

발간등록번호

11-1543000-000433-01

토마토수출연구사업단

(Research Center for tomato Export)

상명대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “토마토수출연구사업단” 과제의 보고서로 제출합니다.

2014 년 04 월 19 일

주관연구기관명 : 상명대학교
단 장 : 김 영 식
부 단 장 : 안 범 준
세부(협동)연구기관명 : 첨부 참조
세부(협동)연구책임자 : 첨부 참조
연 구 원 : 첨부 참조

요 약 문

I. 제 목

토마토수출연구사업단

II. 토마토수출연구사업단의 목적 및 필요성

토마토는 우리나라의 수출가능 과채류 중 가장 생산량이 많기 때문에 수출잠재력이 가장 높은 작물이다. 그러나 2000년 이후 국내 가격상승과 일본의 잔류농약 포지티브제도 도입 등으로 지속적으로 수출량이 감소하고 있어 이러한 수출상황을 타개하기 위해서는 수출전략과 이를 실행할 수 있는 전략적 기지가 필요하다.

이에 토마토수출연구사업단은 토마토 수출의 전략적 기지로서 수출관련 제반 기술을 개발하고 이를 수출종사자에게 보급함으로써 수출을 증대하는 것을 목표로 한다.

III. 토마토수출연구사업단 연구개발 내용 및 범위

토마토수출연구사업단은 다음과 같이 재배 관리, 병충해 관리, 농자재 개발, 유통 관리, 수출 관리, 사업단 운영 및 관리 분야로 나누어 연구를 수행하였다.

1. 재배 관리

- 수출용 토마토 공정묘의 효율적인 시스템과 저장조건 확립
- 코이어 수경재배 배양액 관리 및 생리장해 경감기술 개발

2. 병·해충 관리

- 토마토 바이러스병 예찰 및 관리 기술 개발
- 토마토 세균 및 진균병에 대한 진단기술 및 친환경적 방제 기술 개발
- 토마토 세균병의 친환경적 방제 기술 개발

3. 농자재 개발

- 토마토 재배온실의 보온성능 개선 기술 개발
- 에너지 절감을 위한 이중 공기막 플라스틱하우스 현장적용 연구 및 산업화
- 토마토 재배온실의 냉방 및 환기 개선 기술 개발

4. 유통 관리

- 토마토 수출시장 다변화를 위한 유통기한 연장 기술 개발
- 수출용 방울토마토 자동 품질선별 영상시스템 개발
- 수출품 다변화를 위한 가공식품 개발

5. 수출 관리

- 수출농가 관리
- 수출전략 및 마케팅

6. 사업단 운영 및 관리

IV. 토마토수출연구사업단 연구수행 결과

1. 재배 관리

- 수출용 토마토 공정묘의 효율적인 시스템 및 저장조건 확립
수출용 토마토의 접목 활착율 향상을 통해 수출용 토마토의 품질을 향상시키고 접목 순화 최적 조건 탐색을 통해 접목 환경을 개선하였다. 그리고 공정육묘 생산체계 확립과 수출 시 저장/유통 조건을 제시함으로써 고품질 안정생산 및 수출확대를 유도하였다. 그리고 상토 재사용 연구를 통해 경영비 절감에 기여하였다.
- 코이어 수경재배 배양액 관리 및 생리장해 경감기술 개발
코이어 배지의 배양액 공급량은 암면, 펄라이트에 비해 10~20% 정도 더 많아야 했고 배양액량이 부족할 때는 다른 배지보다 ΔEC 값이 급격하게 올라가므로 간이 점검구를 설치하여 꾸준한 배양액 모니터링이 필요할 것으로 판단되었다. U자형 베드에서 코이어 자루배지의 습해를 줄이기 위해서 배양구 설치가 필요한 것으로 판단되며 코이어 배지는 2작기 이상 사용 시 배지 내부가 과습되기 쉬어 상품수량이 떨어지기 시작하는 것으로 나타났다.

2. 병·해충 관리

- 토마토 바이러스병 예찰 및 관리 기술 개발
토마토 감염 주요 바이러스의 시기별 지역별 분포도를 작성하였고 월동기주 오염원을 탐색하였다. 그리고 정확도 및 고감응 바이러스 진단 시스템(핵산 기반 PCR 진단 시스템과 단백질 기반 항체 진단 시스템)을 개발하였다. 토마토에서 분리한 HYVV의 감염성 클론을 집중한 *Nicotiana benthamiana* 감염성 양적 분석 및 숙주범위를 조사하였고 TYLCV 바이러스 감염성 클론 합성 및 아그로접종(agroinoculation)한 상업용 토마토 품종의 TYLCV에 대한 저항성 및 감염성의 양적 분석을 하였다.
- 토마토 세균 및 진균병에 대한 진단기술 및 친환경적 방제 기술 개발
토마토 주요 병원 세균, 진균에 대한 신속동정을 위해 *Pseudomonas syringae* pv. tomato와 *Fusarium oxysporum*의 검출마커를 개발하였고 *In vitro* 항진균 효과 평가, 배양액 추출물을 이용한 항진균 효과 평가, 길항세균 추출물 처리 후 전사체 분석, 메카니즘 분석 등을 통하여 식물병원성 곰팡이 길항세균의 특성을 조사하였다. 그리고 수출농가에서 발생한 병해 진단 서비스와 컨설팅을 수행하였다.
- 토마토 세균병의 친환경적 방제 기술 개발
0.005% 이상 농도의 clove oil이 효과적으로 토마토 꽃마름병을 방제했고 고운손, 포미사

이드, 가스란, 방범대 등의 기존 화학 살균제와 과산화수소 및 산화질소의 혼합처리도 토마토 풋마름병을 감소시키는 것으로 나타났다. 녹차 추출물과 일부 비타민은 토마토 풋마름병에 대하여 항균 활성을 가지고 있었으나 뚜렷한 병 방제 효과는 나타나지 않았다.

토마토 역병, 균핵병, 잿빛곰팡이병균에 대하여 몇몇 식물정유는 항균활성을 가지고 있었고 carvacrol, cinnamon oil, eugenol 등은 토마토 잎에서의 잿빛곰팡이병 발생을 감소시켰다.

3. 농자재 개발

- 토마토 재배온실의 보온성능 개선 기술 개발

한국형 공기주입 이중 피복 플라스틱하우스의 설계기술을 확립하였고 플라스틱 피복 온실의 피복재 교체시기 및 교체 주기를 제시하였다. 그리고 피복방식에 따른 광합성유효광량자속 투과 특성과 관류열전달계수를 제시하였다. 마지막으로 환경조절에 따른 플라스틱 온실 내부의 온습도환경 분포도와 겨울철 온실의 결로 발생 억제 기술을 제시하였다.

- 에너지 절감을 위한 이중 공기막 플라스틱하우스 현장적용 연구 및 산업화

공기주입 시 압력유지장치를 설치하였을 때 이중 공기막 내 공기압력 유지 시간이 증가하였고 송풍기 가동시간이 약 50% 감소되었다. 공기막 압력은 에어필터 체크기에 따라 감소되었으나 1.0mm에서 영향이 거의 나타나지 않았으므로 이하의 조건에서 송풍팬의 용량을 증가시킨다면 압력을 유지시킬 수 있을 것으로 판단된다.

공기막 두께가 증가할수록 관류열량이 감소하는 경향이 나타났으며 이중 공기막의 적정 두께는 10-30cm 범위내, 압력은 0.22-0.33mbar로 설정하는 것이 가장 효과적이었다. 동일한 이중 공기막 두께 내에서 내부공기 투입 시 외부공기 투입에 비해 관류열량이 감소되어 실제 농가에 적용하였을 때 난방비 절감이 예상된다.

우리나라는 난방재배 시설면적이 약 13 천ha로 총 시설면적의 약 26.5%를 차지하고 있고 난방비가 생산비의 40% 내외를 점유하는 있는 실정이므로 이중 공기막 플라스틱하우스를 표준 규격화하여 보급하는 것이 경제적으로 유리할 것으로 판단된다.

- 토마토 재배온실의 냉방 및 환기 개선 기술 개발

토마토 재배온실의 자연환기 극대화 방안과 공기유동시스템 관련 설계자료를 구축하고 유동팬 배치와 설계기준을 제시하였다. 그리고 이류체 포그시스템을 이용한 온실 냉방 설계 프로그램과 제어 알고리즘을 개발하여 효율적인 이용방안을 제시하였다. 마지막으로 유동팬 사용과 이류체 포그시스템 분사를 통한 고온기 스트레스 경감 방안을 제시하였다.

4. 유통 관리

- 토마토 수출시장 다변화를 위한 유통기한 연장 기술 개발

완숙토마토와 방울토마토의 수확용 Color Chart를 만들었고 규소를 이용한 경도 증진 재배 기술과 UVc 및 ClO₂ 가스를 이용한 적정살균 기술을 개발하였다.

수출국 유통조건별 적정관리 매뉴얼을 작성하였고 품종별 유통 저장성 비교 실험 후 적정 품종을 제시하였다. 그리고 품종별 수출국 유통조건별 비천공 통기성 필름을 이용한 소포장 조건을 제시하였다.

- 수출용 방울토마토 자동 품질선별 영상시스템 개발
수출용 방울토마토를 선별하기 위해 방울토마토의 내·외부 품질을 종합적으로 평가할 수 있는 시스템을 개발하였다. 방울토마토의 외부품질로는 숙성도, 이상과, 소형과를 측정하였으며, 내부품질로는 당도를 측정하였다.
개발한 자동 품질선별 영상시스템은 선별과정은 다음과 같다. 제일 먼저 분광분석 장치로 당도를 측정하여 당도가 낮거나 숙성도가 적합하지 않은 방울토마토를 선별하도록 하고 그 다음 외부 품질을 측정하도록 했다. 마지막으로 합격된 방울토마토를 드럼식 선별기에서 크기를 선별하도록 했다.
- 수출품 다변화를 위한 가공식품 개발
수출품 다변화와 비상품과 이용을 통한 부가가치 창출을 위해 토마토 정과, 토마토 시럽, 토마토 양갱을 개발하였고 이 중 토마토 시럽과 토마토 양갱은 상품화하였다.

5. 수출 관리

- 수출농가 관리
수출종사자 애로사항을 발굴하고 해결방안 제시하였으며 토마토 관련 책자를 제작하고 보급을 하였다. 과학적 영농물품 제공, 주기적 현장 방문 및 원격컨설팅 실시, 진단서비스, 농가정보시스템운영 등을 통해 체계적이고 효율적으로 수출 농가를 관리하였다. 그리고 농가 집합교육을 통해 선진화된 농장관리 및 경영 기법을 보급하였고 수출의식을 고취시켰으며 수출종사가 요구하는 기술을 연구하고 거점농가에 보급함으로써 주변으로 확산하도록 하였다.
- 수출전략 및 마케팅
국내외 토마토 시장 동향과 주요 토마토 수출시장 조사 및 분석을 통해 수출확대 전략을 도출하였고 국외 출장을 통한 해외시장 조사 및 바이어 상담, 해외바이어 초청 및 QR code 활용, 공동마케팅, 홍보자료 제작 및 배포 등을 통해 전략적 수출 마케팅을 실행을 하였다. 그 결과 한국토마토 수출은 2008년 대비 수출물량 427%, 수출금액 537% 신장하였다.

6. 사업단 운영 및 관리

- 사업단 관리 프로그램 운영
모든 세부과제의 연구과정과 성과를 체계적으로 관리하기 위하여 독자적인 프로그램을 개발/운영하였다.
- 과제 평가 프로그램 운영
모든 세부과제를 객관적이고 체계적으로 평가하기 위하여 독자적인 프로그램을 개발/운영하였다.

7. 주요결과

- 수출증대 : 616톤('08) → 1,553톤('13) / 3,248 천USD ('08) → 9,895 천USD ('13)
- 특허 출원 15건 / 등록 5건
- 논문 SCI 17편 / 비SCI 54편

- 학술발표 158편
- 유전자원등록 12건
- 기술이전 75건
- 상품화 6건
- 정책자료 6건
- 컨설팅 2,688건
- 집합교육 402건
- 영농활용 15건
- 책자 및 자료발간 62건
- 홍보 95건

SUMMARY

(영문요약문)

I. Title

Research Center for Tomato Export

II. Objectives of Research Center for Tomato Export

Tomato is one of the most important crops for export because of its production volume among fruit vegetables exported. The tomato export status, however, is in difficult situation due to its high domestic price and the positive list system for pesticide residues in Japan. There are needed export strategy and strategic domain to overcome the difficult situation in tomato export.

Research Center for Tomato Export as an organization specialized for tomato export has goals to develop techniques related to tomato export and supply those to people or companies related to tomato export. With its activities, it aims to contribute enhancement of tomato export.

III. Contents and Scope of the researches

1. Management of production
2. Management of diseases and insects
3. Development of agro-materials
4. Management of distribution
5. Management of export
6. Operation and management of the center

IV. Results of the researches

1. Cultivation management

- Establishment of efficient system and storage condition of tomato seedlings for export

We improved quality of tomato seedlings through improving acclimation rate of grafting for tomato, and made the grafting environment better through elucidating optimum conditions for seedling acclimation. We contributed stable production and export enhancement of seedlings through proposing production system and conditions of storage and shipment for those export. We also studied ways to save management costs by reuse of raising substrate.

- Development of nutrient solution management techniques in coir cultivation and physiological disorder alleviation technique

The quantity of nutrient solution supply was 10~20% higher in case of coir than in

rockwool and perlite. The real time investigation of nutrient solution should be needed by installation of system to check its EC because Δ EC (EC of drainage – EC of supplied solution) rose up drastically than the other substrates when the drainage solution was in shortage. The appropriate check system of drainage solution should be installed to decrease problems due to high wet condition when using U shape bed. The marketable yield began to decrease when we used the coir substrate more than 2 years due that the substrate coir was apt to be wet too easily.

2. Management of diseases and insects

- Development of prediction & management technology of tomato virus disease

We investigated geographical and seasonal distribution of major virus disease in tomato plants in Korea, characterized their genes and genomes and constructed phylogenetic trees. To detect viruses in tomato plants in greenhouses, we developed nucleic acid based diagnostic PCR and antigen-antibody based immunological methods. To determine host range of *Honeysuckle yellow vein virus* (HYVV), we constructed an infectious clone of HYVV isolate, agroinoculated into *Nicotiana benthamiana*, and analyzed the infectivity, the accumulation level of virus genes qualitatively and quantitatively. To screen resistant, tolerant and susceptible cultivars against *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), we constructed infectious clones of TYLCV isolates, agroinoculated into commercial tomato cultivars, and analyzed the infectivity, the accumulation level of virus genes and proteins qualitatively and quantitatively.

- Development of diagnostic methods and eco-friendly control against tomato fungal and bacterial diseases

Disease diagnostics for pathogenic bacteria, nematodes and fungi were successfully performed to help tomato exporting farmers during the present research periods. Specific molecular markers for *Pseudomonas syringae* pv. tomato and *Fusarium* spp. detection were developed using a PCR approach. Information on the major diseases of tomato occurred in Korea was established. The information was written in a disease management booklet including non-biological disease. Antifungal activities of a bacterial culture extract was obtained through in vitro test system and genes repressed in the tested fungus by the extract were observed by transcriptome analysis. Overall, our study generated useful disease detection and management skills and technology, and disease information that help tomato exporting farmers.

- Development of eco-friendly control of tomato bacterial disease

Efficacy of different control methods was evaluated for disease management of tomato bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum*. Chemical pesticides copper hydroxide (CH), copper hydroxide-oxadixyl mixture (CH+ O), copper

oxychloride-kasugamycin (CO+K) and streptomycin-validamycin (S+V) showed disease protection in pot analyses. Clove oil could be used for prevention of bacterial wilt disease of tomato plants without any phytotoxicity. Both H₂O₂ and SNP have *in vitro* antibacterial activities against *R. solanacearum* in a dose-dependent manner, and H₂O₂+SNP mixture significantly decreased disease severity. Antifungal activities and disease suppression effects of various essential oils and vitamins were also demonstrated against grey mold fungus *Botrytis cinerea*. Thus, we suggest that these have potency as an eco-friendly controlling agent of tomato diseases.

3. Development of facilities or equipments for tomato production

- Techniques improving level of heat conservation of tomato greenhouse

We established design techniques for double layer plastic greenhouse specialized for Korean situation. The time to change covers was recommended as well. According to covering methods were elucidated characteristics penetrating photosynthetically active radiation and heat transmission coefficient. Finally, we studied distribution of temperature and humidity environment inside greenhouses and recommended techniques to suppress dew condensation.

- Studies on the application of air filled double layer plastic house for energy saving and its industrialization

The time maintaining the air pressure inside double layer was increased when we installed pressure maintaining equipment in the greenhouse and the time needed to insert air inside was decreased by about 50%. The air pressure inside was decreased as the sieve size of air filter got smaller. The influence of filter was, however, not appeared further when we used the sieve size of 1.0mm. It is suggested that the air pressure needed can be maintained if the capacity of air blower was increased.

The amount of heat transmission tended to decrease as the width between two layers got thickened. The recommendation was 10~30cm in case of the width between two layers, and 0.22~0.33mbar in case of air pressure inside of layers. The amount of heat transmission was decreased when we put the air from inside of greenhouse instead of using the air from outside of greenhouse with the same width between two layers. It means we can save heating energy more.

In Korea the greenhouse area with heating equipment is about 13,000ha (about 26.5% of the whole greenhouse area) and the heating cost occupies 40% of the total production cost. The air filled double layer plastic house can be economically applicable in greenhouse industry.

- Development of techniques of cooling and ventilating in tomato production

greenhouses

We established the way maximizing natural ventilation and the design related to air circulation system. We also suggested the efficient way to use cooling design program and its control algorithms when we use two fluid fogging system. Finally we recommended methods to use circulation fans and how to decrease crop stress by extremely high temperature by using fogging system.

4. Management of distribution

- Development of shelf-life extension technique for diversification of tomato export markets

We made color chart to be used for table and cherry tomatoes. We developed technique to enhance fruit firmness by using silicon and also reliable disinfection technique using UVc 및 ClO₂ gas.

The management manuals were made for each of distribution cases. Several varieties were recommended from the experiments comparing shelf-life. Through this research were suggested the small package conditions using the several types of non-perforated breathable film with laser pulses for import countries distribution cases.

- Development of automated quality evaluation imaging system for export cherry tomato

The online sorting system that evaluates the external and internal quality of cherry tomato was developed for sorting the export cherry tomato. External quality, such as abnormal shape, small size, over ripe and under ripe cherry tomatoes, and internal quality, such as sugar content of cherry tomato were measured non-destructively.

The sorting process of the developed automatic quality evaluation system is as follows. Firstly, sugar content of cherry tomatoes was measured by an embedded spectrometer to sort out low sugar content, under ripe, and over ripe cherry tomatoes. Secondly, low externally quality of cherry tomatoes were sorted out. After the quality sorting process, cherry tomatoes were transported to a drum-type sorting system to be sorted by size.

- Development of processed tomato products for the product diversification

There were developed sweet tomato chip, tomato syrup, and tomato bean jelly to diversify product lines and improve added value using unsalable tomatoes. Among those products, tomato syrup and tomato bean jelly were commercialized.

5. Management of export

- Management of farms exporting tomatoes

We surveyed and analyzed farmers' difficulties, and proposed their solutions. The books related to tomato industry were published and supplied to farmers. Farmers exporting tomatoes were supported by the center through several materials needed for scientific farming, consulting on site and remotely, diagnosis service, information system for farmers and so on. The state-of-the-art farm management methods and enlightenment toward farmers were spreaded out through meetings and education.

- Strategy and marketing for export

The strategy enhancing export were proposed through investigation and analysis of domestic and world tomato market trend. Some of those were world market investigation through business trip and business meeting with importers, invitation of buyers, enhancement of consumers perception for Korean tomato through QR code system, joint marketing, supply of publicity materials, and so on.

6. Management of the center

- Operation of management program of the center

The center developed and operated our own program to manage systematically research processes and achievements for all research teams.

- Operation of evaluation program for each research teams

The center developed and operated our own program to evaluate systematically all research teams.

CONTENTS

(영 문 목 차)

Chapter 1. Overview of Research Center for tomato Export

- 1.1 Object of the center
- 1.2 Needs for the center
- 1.3 Research fields of the center

Chapter 2. Present status of domestic and world tomato industry and level of related techniques

Chapter 3. Methods and results of the researches

- 1.1 Management of production
- 1.2 Management of diseases and insects
- 1.3 Development of agro-materials
- 1.4 Management of distribution
- 1.5 Management of export
- 1.6 Operation and management of the center

Chapter 4. level of achievement and contribution to related fields

Chapter 5. Outcome of research results and plan to its application

Chapter 6. Technical information worldwide obtained during the research

Chapter 7. Present situation for the facilities and equipments of the center

Chapter 8. Cited literatures

목 차

- 제 1 장 토마토수출연구사업단의 개요
 - 제 1 절 토마토수출연구사업단의 목적
 - 제 2 절 토마토수출연구사업단의 필요성
 - 제 3 절 토마토수출연구사업단의 연구범위

- 제 2 장 국내외 토마토 산업 및 기술개발 현황

- 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과
 - 제 1 절 생산 관리
 - 제 2 절 병해충 관리
 - 제 3 절 농자재 개발
 - 제 4 절 유통 관리
 - 제 5 절 수출 관리
 - 제 6 절 사업단 운영 및 관리

- 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

- 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

- 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 제 7 장 연구시설·장비 현황

- 제 8 장 참고문헌

제 1 장 토마토수출연구사업단의 개요

제 1 절 토마토수출연구사업단의 목적

토마토수출연구사업단은 토마토 수출관련 제반 기술을 종합적이고 체계적으로 개발하고 이를 수출중사에게 보급함으로써 수출을 증대하는 것을 목표로 한다.

제 2 절 토마토수출연구사업단의 필요성

토마토는 우리나라의 수출가능 과채류 중 가장 생산량이 많기 때문에 수출잠재력이 가장 높은 작물이다. 그러나 2000년 이후 국내 가격상승과 일본의 잔류농약 포지티브제도 도입 등으로 지속적으로 수출량이 감소하고 있어 이러한 수출상황을 타개하기 위해서는 수출전략과 이를 실행할 수 있는 전략적 기지가 필요하다.

1. 국내 토마토 수출동향

- 국내 토마토 수출은 주로 신선토마토 형태로 1995년부터 백만 달러를 넘기 시작하여 2000년 까지 급속히 증가하여 12,678톤(22,949천불) 수출된 이후 크게 감소함.
- 국내 토마토의 주 수출시장은 일본으로 2000년 11월에 일본으로 수출된 토마토에서 잔류농약 성분이 검출된 이후 검역이 강화됨에 따라 대일 수출량이 감소하기 시작함. 그리고 2002년 이후에는 국내 가격상승과 일본의 잔류농약 포지티브제도 도입(2006. 5)으로 지속적으로 감소함.

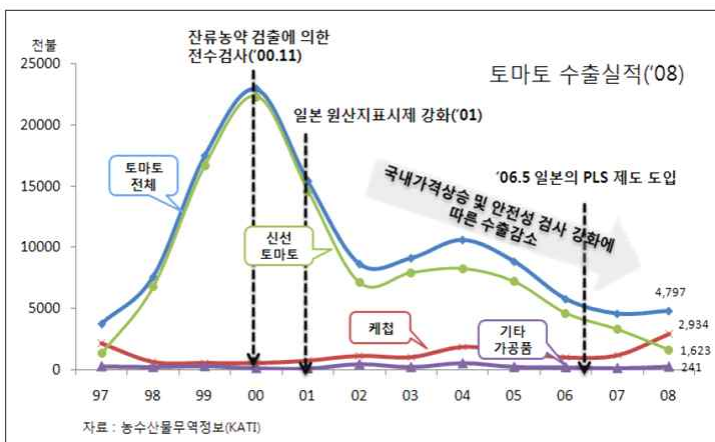


그림. 국내 토마토 수출동향

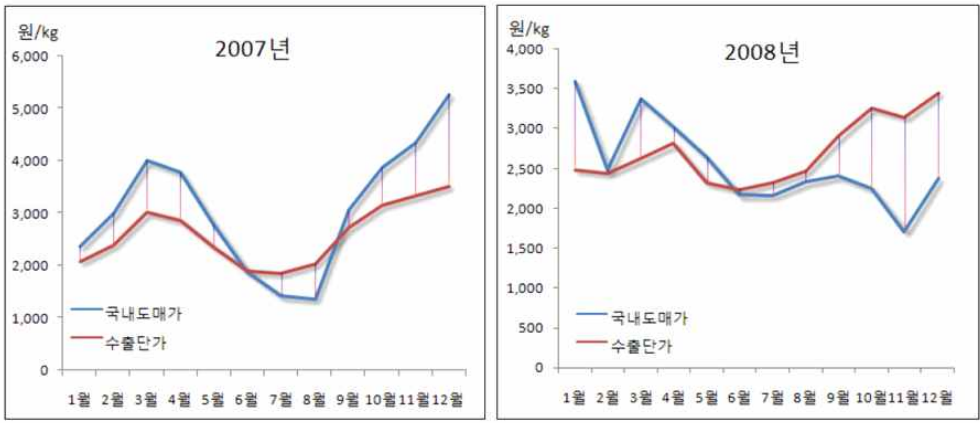
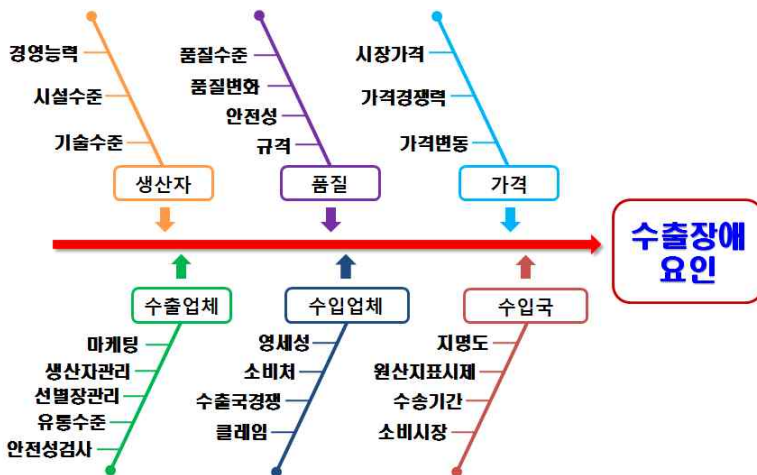


그림. 방울토마토 국내 도매가 및 수출단가 비교

2. 국내 토마토 수출의 장애요인



가. 가격

- 국내가격이 높아서 수출가격경쟁력이 낮음. 유럽의 평균 수출단가는 1,500원/kg 정도임.
- 국내 가격의 연도별 시기별 높은 변동성
- 국내시장가격이 고가일 경우 농민이 출하를 기피하여 안정된 물량 확보가 어렵고 농민이 계약단가 조정을 요구하여 안정된 경영이 힘들

나. 품질

- 일반적으로 국내출하시보다 수출품의 품질요구도가 높음.
- 생산자별 품질 차이가 큼.
- 일본의 경우 방울토마토는 당도 7~8도를 요구하나 당도가 낮음.
- 일반적으로 5~6도 밖에 안 되는 이유 중 하나는 다수확중심의 생산방식 및 미숙과를 수확하기 때문임.
- 시기별 품질 차이가 존재하여 수출에 장애가 됨.
- 고온기에는 유통 중 열과 발생하는 등 저장성이 약하여 일반토마토의 경우 미국산에 열위이며, 방울토마토의 경우 홍콩 등으로의 수출이 어려움.

- 저온기에는 당도 저하.
- 안전성 부족
- IPM 적용 미흡.
- 적시적약 방제 개념 부족에 의한 잔류농약 검출.
- 규격(크기)
- 수입국에서는 방울토마토의 경우 M사이즈(13-16g), 일반토마토의 경우 M사이즈(140-160g)를 가장 선호한다. 반면에 생산자는 일반토마토 중심의 생산방식을 취하기 때문에 피리감이 있음.
- 수출농가의 경우 수출규격의 수확물을 수출하고, 다른 크기의 것을 국내 시장에 출하할 경우, 도매시장에서 다른 지역보다 경매가격을 낮게 설정하여 농가가 피해를 입는 사례가 있음.
- 사례) 다른 지역이 25,000원/5kg 이라면, 2만원만 책정

다. 생산자

- 경영능력 부족.
- 경제성(토마토 수출에 대한 장점)에 대한 인식이 낮음.
- 전작을 쉽게 함.
- 시설
- 생산기반시설의 규모가 작음.
- 시설이 낙후됨.
- 설비 및 장치가 낙후됨.
- 기술
- 다수확 위주의 생산관리 → 수출대상국에 맞는 규격품(고품질) 생산 미흡.
- 기술력 부족 및 학습능력 부족으로 생산성 낮음.
- 병해충에 의해 안전생산물 생산이 어려움.

다. 수출업체

- 마케팅능력
- 수출업체의 비전문성(수출업체의 변동성이 심함).
- 수출시장 개척 능력 부족으로 수출국 한정.
- 수출시장이 지나치게 일본에 편중되어 수출지역 다변화 지수가 높고, 안정성이 낮음.
- 동남아 판매에 어려움.
- 단가
- 물량수집의 어려움(수확되는 사이즈의 변동이 심함).
- 한국산 방울토마토는 일본으로 수출되면 95%이상이 업무용으로 판매. 부재료로 토마토를 취급하고 있어, 현재로는 브랜드화도 어렵고 수출가격을 높일 수 없음.
- 병영세하여 국제시장 변화에 지나치게 민감함.
- 선적량이 작아 혼재함.

사례) A수출업체의 경우 연 3500-4000박스(3kg) 수출 (1만-만2천톤). 일회 800박스 정도 수출. 컨테이너를 채우지 못해서 보통 파리고추나 파프리카와 혼재함.

- 농산물 거래 형태: 신용장거래비율이 낮고 주로 T/T송금거래임 (물건을 보고 1주일 안에 송금).
- 생산자관리능력 낮음.
- 생산자 장악 능력이 낮음.
- 생산자가 산재하여 농가관리 어려움.
- 선별장(APC) 관리능력 낮음.
- 운영의 비효율.
- 다품목 취급에 의해 전문성 낙후.
- 중량 선별
- 대부분 드럼식 선별이기 때문에 선별의 균일성 부족.
- 선별장 작업 시 신선도 유지 방법 낙후.
- 유통수준 낮음.
- 수확직후부터 집하장까지 수송 중 신선도 유지 방법 낙후.
- 유통기일이 많이 소요되어 품질저하가 발생함.
- 여러 곳으로 분산되어 있는 생산품을 수집하기 때문에 비용이 발생하고 품질이 떨어짐.
- 산지수집상을 이용하는 경우가 있음.
- 안전성 검사
- 잔류농약 검사에 따른 비용 발생.
 사례) 전남 화순 도곡 APC의 경우
 7농가 7000평에서 1회당 1000박스
 (2400원*3kg=720만원)를 수출.
 검사비용이 2%임 (이 비용을 줄여주기를 원함)
- 검사필증을 생산농가 지역의 국립농산물품질관리원(이하 농관원)이 아니라 수출지역의 농관원에서 발급함.
- 농관원의 능력이 부족함.
 (2달에 1번꼴로만 검사/ 김해대동작목반의 경우 6개월에 2~3회 검사)
- 토마토 적용 약제의 신속한 사용등록.

라. 제도

- 외국 수출의 경우 정부 간 검역계약이 전제조건(현재 중국에 수출 불가능)
- 검역에서 농약이 검출될 경우, 정부의 수출업체에 대한 지원이 2년간 중단되는 규제를 받는데, 이는 수출업체의 잘못이라기보다는 농가의 문제인 경우가 많으므로 농가 수준을 높일 제도를 고려할 필요가 있음.
- 생산자에게는 수매 후 1주일 이내에 결제해야 하나, 수입업체로부터는 1-2주일 후에 입금이 되므로, 자금회전이 좋지 않음. 운영활성화지원사업(수출사업자지원자금)의 경우 수출실적을 감안하지만 담보능력이 요구되는데, 영세한 수출업체로서는 운영자금이 부족함.
- 농협의 경우 국내단가보다 수출단가가 낮을 때에는 농가 수취가에 대해 일시적으로 적자가 발생하는데 이러한 상황이 감사에서 지적받아 수출의지를 꺾음.

마. 수입업체

- 수입업체의 영세성
 - 대형 바이어가 적어서 소비자 유통이 어려움.
 - 마케팅능력이 부족해서 고가 시장이 적음.
- 업무용 소비처 중심
 - 수출물량이 전적으로 업무용 업체를 대상으로 하고, 직접 도매시장 등을 경유한 소비자 대상이 아니기 때문에 수입업체의 힘이 큼.
- 다른 국가의 상품과 경쟁함
 - 일본: 일반토마토는 미국, 캐나다 등과 경쟁.
 - 홍콩 및 러시아: 네덜란드, 이스라엘 등과 경쟁
- 클레임
 - 일부분의 하자 발생 시 전체에 대한 클레임이 존재. 특히 소포장의 경우 심각함.
 - 수입국내 유통 중 발생한 문제에 대해서도 수출업체에 클레임을 제기하는 경우 존재함.

마. 수입국

- 일본의 경우 ID제도 도입에 따라 등록된 수출업체는 명령검사가 없어졌으나, 그 이외의 수출업체의 경우 잔류농약검사 등으로 신규 업체의 신장에 어려움이 있음.
- 원산지표시제 및 생산이력제로 외국산 판로에 애로.
- 한국산의 품질 및 이미지가 일본산에 비해 낮음.
- 일본 식물검역 시 진딧물, 총채벌레 등이 검출되면 폐기 또는 훈증처리 후 통관이 가능함. 일본과 한국의 동일한 해충인 경우에는 제재 없이 통관 요망.
- 홍콩 및 싱가포르: 고온 및 긴 수송기간에 의해 수출에 어려움.
- 러시아의 극동지역: 작은 소비시장으로 수출효과가 작음.

3. 토마토수출연구사업단의 역할

가. 목표달성을 위한 Market Research

- 수요공급분석 및 예측
- Target Customer의 Needs 파악
- 창조적 사고기법을 이용한 수요창출방안 마련

나. 토마토 수출관련 장애 기술의 종합적이며 체계적인 해결

- 수출종사자 현장애로기술 발굴 및 해결
- 수출관련 장애 기술의 해결 전문가 네트워킹 및 현장 지도

다. 수출관련 산업(생산자, 수출업체)에 연구개발 결과물 지도, 적용

- 생산자 기술 및 마케팅 종합지원
- 수출업체 유통 및 마케팅 종합지원
- 농자재 산업의 기술 개발 종합지원
- 연구개발 데이터베이스 종합지원

라. 생산자, 물류센터 및 수출업체 의 단일 체제 구축 방안 확립

- 단일 체계 업체 중심의 개발 기술 보급: 선택과 집중
- 사업단 개발 특허의 단일 체계 업체 우선 협상
- 국가 및 지방자치단체의 지원금 우선 배정 전략 추진
- 수출업체의 생산자 교육장으로 활용
- 수출 현장의 애로기술을 연구에 활용: 업체와의 교류방안 구축

마. 생산자의 수출 기여도 증대 방안 확립

- 생산규모 증대 지도: 대규모 첨단 시설의 경제성 연구 개발 및 보급
- 수출대상 생산법 지도: 연구개발 결과의 체계적 보급
- 생산 프로세스 공정화: 모든 생산단계의 매뉴얼화
- 생산 현장의 애로기술을 연구에 활용: 생산자와의 교류 방안 구축

바. 수출관련 전문 및 종합 매뉴얼 제작 및 보급

- 전문 매뉴얼 및 동적 매뉴얼의 제작 네트워킹 구축
- 토마토에 관한 모든 수출관련 정보를 전문지식별 및 종합적으로 보급

사. 수출토마토생산자협의회를 통한 수출증대

- 수출토마토생산자협회 결성
- 수출토마토생산자협회 회원에 대한 선택과 집중 지원
- 수출토마토생산자협회를 통한 사업 발굴

아. 타 연구사업단과의 협력 체계 구축

- 전문가의 공유, 협력 방안 구축
- 개발 기술의 공유
- 공통 수출업체의 공동 협조 방안 확립
- 수출증대 관련 각종 사업에의 공동 대응

자. 타 기관과의 협력 체계 확립

- 유통공사와의 협력 체계 구축: aT의 수출컨설팅의 수출지원
- 지자체와의 공동 협력 방안 구축: 연구결과 지원, 기술지원단 지원

제 3 절 토마토수출연구사업단의 연구범위

생산 관리

<수출용 토마토 공정묘의 효율적인 생산시스템 확립 및 저장조건 구명>

- 공정묘 생장억제 기술 개발
- 근권부 생장 촉진을 위한 친환경 소재 탐색
- 재사용 상토의 이화학적 특성 구명 및 관리 기술 개발

- 고온기 접목 활착율 향상을 위한 적정 환경조건 탐색
- 토마토 접목 순화 최적 조건 탐색
- 토마토 실생묘(自根苗)의 이식 방법이 토마토 묘의 생육 및 근권부에 미치는 영향
- 규산처리가 근권부 생육 및 환경스트레스 내성에 미치는 영향
- 토마토 공정묘의 최적 저온 저장 조건 구명
- 토마토 공정육묘 시 soil block 활용기술 개발

<코이어 수경재배 배양액 관리 및 생리장해 경감기술 개발>

- 목표 재배 화방 및 품종별 영양요구량 구명
- 재배 EC 및 생육단계별 흡수 영양분 구명
- 토마토 수경재배 Coir배지 사용농가 실태 조사
- 코이어 배지에서 공급 EC에 따른 토마토 생육 및 배액 조사
- 배지에 따른 배액률 및 생육특성 비교 연구
- U자형 베드에서 코이어 자루배지의 배액구 제작 방법
- 코이어 배지의 사용 연한 설정 연구

<장기 수경재배 최적관리모델 개발>

- 철 결핍 대책을 위한 킬레이트철 효과 구명
- 측지유인 시기 구명
- 접목묘 2줄기 유인시기 구명
- 수경재배 초기생육 관리방법 구명
- 생육초기 급액량 조절방법 구명
- 고온기 착과수 조절방법 구명

<고당도 저단 밀식 재배 체계 개발>

- 육묘 기간 중 품종 별 배양액의 EC에 따른 생육
- 온실 내 육묘 기간 중 배양액의 EC에 따른 생육
- 폐쇄형 육묘 시스템 내 육묘 기간 중 배양액의 EC에 따른 생육
- 정식 후 배양액의 EC의 증진이 토마토의 과중, 당도 및 배꼽 썩음과에 미치는 영향

<수경재배 최적 급액 관리 체계 개발>

- 배액전극법을 이용한 고품배지경 급액관리 기술 개선연구
- 고온기 급액방법 개선에 의한 최적 급액관리법 구명
- 배액전극센서시스템 적용 베드식 재배법 개발

<고품질 토마토 생산을 위한 최적 생육모델 검증 및 개발>

- 계절적 환경요인(광, 온도)에 따른 토마토 생육 및 수량 패턴 구명
- 토마토 동화산물의 기관별 분배 예측 모형 개발
- TOMSIM(Huevelink, 1996)의 생육량 및 수량 예측 시뮬레이션 모델 보정 및 검증을 통한 생육 모델 개발

- 일몰 후 야간온도 관리가 방울토마토의 생육에 미치는 영향
- 육묘기 온도와 광의 상호관계가 방울토마토의 생육에 미치는 영향 구명
- 고품질 방울토마토 생산을 위한 최적 생육 모델 개발

병·해충 관리

<토마토 바이러스병 예찰 및 관리 기술 개발>

- 토마토 감염 주요 바이러스의 시기별 지역별 분포도 작성 및 월동기주 오염원 탐색
- 정확도 및 고감응 바이러스 진단시스템 개발I (핵산 기반 PCR 진단 시스템 개발)
- 정확도 및 고감응 바이러스 진단시스템 개발II (단백질 기반 항체 진단 시스템 개발)
- 토마토에서 분리한 Honeysuckle yellow vein virus (HYVV)의 감염성클론을 접종한 *Nicotiana benthamiana* 감염성 양적 분석 및 숙주범위 조사
- TYLCV 바이러스 감염성 클론 합성

<토마토 세균 및 진균병에 대한 진단기술 및 친환경적 방제 기술 개발>

- 토마토 진균 병해 진단 실험실 운영
- 토마토 진균·세균병에 대한 진단 마커 개발
- 친환경적 곰팡이병해 관리법 개발

<토마토 세균병의 친환경적 방제 기술 개발>

- 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과
- 식물 정유에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과
- 토마토 풋마름병 방제를 위한 녹차 및 홍차 추출물 효과
- 과산화수소와 산화질소에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과
- 식물 정유를 이용한 난균 및 진균류 토마토 병해 방제
- 토마토 풋마름병 방제를 위한 비타민 효과
- 토마토 잿빛곰팡이병 방제를 위한 비타민 처리 효과
- 미량 원소 함량 변화에 따른 토마토 풋마름병 발생 변화

<토마토 충해 예찰 및 관리기술 개발>

- 시기별 해충 발생양상 조사 및 친환경농자재 수집
- 바이러스 매개충 탐색
- 방충망을 이용한 담배가루이 방제
- TYLCV 저항성 품종 선발
- 유인식물을 이용한 해충 방제 연구
- 저압포그노즐을 이용한 미세곤충(온실가루이) 방제법 개발

농자재 개발

<토마토 재배온실의 보온성능 개선 기술 개발>

- 에너지절감형 공기주입 이중피복 플라스틱 온실구조 개발

- 한국형 공기주입 이중피복 플라스틱온실의 설계기술 개발
- 플라스틱온실의 이중피복방법에 따른 광합성유효광량자속 투과 및 열관류 특성
- 환경조절에 따른 시설내부 환경인자 분포특성 분석
- 일중 및 이중피복 플라스틱피복 온실의 관류열손실 특성 비교
- 상업용 플라스틱 온실의 광합성유효광량자속 변화
- 이층커튼 온풍난방 플라스틱온실의 겨울철 포차 및 결로량 변화
- 플라스틱온실의 피복방식에 따른 보온 및 광투과 성능 평가

<에너지 절감을 위한 이중 공기막 플라스틱하우스 현장적용 연구 및 산업화>

- 에너지 절감형 온실의 시설 내 환경조사 및 재배환경 분석, 시공자재 성능조사
- 에너지 절감형 복층비닐하우스용 시공자재 개발 및 성능테스트
- 이중 공기막 실험용 온실 제작
- 이중 공기막 하우스용 공기압 유지 장치 개발
- 이중 공기막 하우스 현장 적용시험 추진
- 이중 공기막 플라스틱하우스 공기 송풍 및 압력유지 장치 개발
- 이중 공기막 플라스틱하우스의 표준규격 제작
- 기존 토마토 온실의 이중 공기막 적용 및 리모델링
- 이중 공기막 플라스틱하우스의 에너지 절감을 평가

<토마토 재배온실의 냉방 및 환기 개선 기술 개발>

- 온실의 공기유동 제어기술 개발
- 저압 에어포그 냉방시스템의 효율적 이용방안
- 이류체 포그냉방시스템의 제어알고리즘 개발
- 이류체 포그시스템을 이용한 고온기 작물 스트레스 경감기술 개발
- 상업용 토마토온실 냉방을 위한 이류체 포그시스템의 적용
- 고온기 냉방 및 습도조절용 이류체 포그시스템 개발 및 현장실증시험
- 환기시설 관리 기술 개발
- 다연동 온실의 환기성능 평가

<기타 자재 개발>

- 고품질 고생산성 최적 복합환경조절시스템 개발
- 청정 순환 제트환기시스템 개발(8inch, 전압효율 75%, 단단 축류식 터보팬 개발)
- 배지종류별 함수율 간이측정기 개발
- 유비쿼터스 온실 모니터링 시스템 개발

유통 관리

<토마토 수출시장 다변화를 위한 유통기한 연장 기술 개발>

- 수출국 유통조건별 토마토 수확 후 관리 기준 수립
- 장기유통을 위한 저장 전 처리 기술 개발
- 장기유통을 위한 포장방법 개발

- 수확 color chart 정립을 위한 품종별 착색 패턴 조사

<수확 후 최적 유통관리 시스템 개발>

- 수확 후 국내 유통라인의 분석 및 수출 시 품질관리 현황 분석
- 수출현장에서의 종합적인 품질관리시스템연구

<수출용 포장(재)기술 개발 및 상품화 >

- MAP(Modified Atmosphere Packaging) 기술 연구
- 항균포장 (Antimicrobial packaging) 기술 연구
- 항균물질을 코팅한 MA 포장재 적용 기술 연구
- 신선 토마토 수출용 포장재 특성 분석 및 사용 실태 조사
- 기능성포장재를 적용한 수출용 토마토의 신선도 유지
- 신선토마토 수출용 포장재의 포장 구조설계
- 수출토마토 선도유지를 위한 이산화염소 가스 처리 효과 연구
- 저장 중 이산화염소 가스 처리를 위한 sachet 개발 연구
- 수출토마토 선도유지를 위한 유기물 탈산소제 개발 연구
- 유기물 탈산소제 개발에 따른 유통 중 토마토의 품질열화 요인 분석
- 이산화염소 가스 Sachet과 유기물 탈산소제 적용을 통한 수출 토마토 품질유지 및 유통기한 연장에 관한 연구

<수출용 방울토마토 자동 품질선별 영상시스템 개발>

- 영상처리 알고리즘 개발을 위한 기초실험
- 영상처리를 이용한 방울토마토 선별 알고리즘 개발

<수출품 다변화를 위한 가공식품 개발>

- 방울토마토 건조 방법 구명
- 토마토 정과 시제품 개발
- 비상품과 방울토마토를 이용한 토마토 시럽 개발
- 토마토 시럽을 이용한 양갱 제조

수출 관리

<수출농가 관리>

- 수출종사자 애로사항 수집
- 토마토 관련 기술의 DB화를 위한 프로그램 활용
- 토마토 관련 책자 제작 및 보급
- 수출농가지원
- 수출종사자 니즈기술 연구 및 현장보급
- 토마토 수출확대를 위한 수출단지 전문화와 체계화

<수출전략 및 마케팅>

- 국내외 세계 토마토 시장 동향 조사 및 분석
- 주요 토마토 수출시장 분석을 통한 수출확대 전략 도출
- 국외 출장 및 해외바이어 초청을 통한 수출확대 실행
- 전략적 마케팅을 통한 수출확대 실행
- 수출관리시스템(TEMS, Tomato Export Management System) 개발 및 운영
- 수출업체협의회 결성 및 운영

사업단 운영 및 관리

- 사업단 운영 전략 및 실행방안 도출
- 세부과제 관리
- 전략기술기획회의 운영
- 워크숍 개최

제 2 장 국내외 토마토 산업 및 기술개발 현황

1. 세계 토마토 산업동향

가. 토마토 생산동향

세계 토마토 생산면적 및 생산량은 꾸준히 늘고 있으며 주요생산국은 중국, 인도, 미국 터
키로 중국이 세계 토마토 재배면적의 20%, 세계 토마토 생산량의 30%를 차지하고 있음.



그림. 세계 토마토 면적 및 생산량 추이

출처: FAOSTAT

표. 세계 토마토 재배면적 및 생산량

순위	국가	재배면적(천ha)	순위	국가	생산량(천tone)
	전체	4,752		전체	159,347
1	중국	981	1	중국	48,450
2	인도	865	2	인도	16,826
7	미국	147	3	미국	12,526
92	네덜란드	1.7	25	네덜란드	815
67	한국	5.9	43	한국	368

출처: FAOSTAT 2011

나. 토마토 교역동향

세계 토마토 교역규모는 매년 증가하고 있는 추세이며 품목별로는 신선토마토의 교역규모가 가장 큰 편으로 수출의 경우 세계 수출액의 52.0%, 수입액의 63.1%를 차지하고 있으며, 신선토마토 다음으로는 토마토페이스트, 토마토조제품, 토마토케첩 및 소스, 토마토주스 순으로 교역규모가 큼.

세계 토마토 수출액

: 9,296백만불(2006) → 13,027(2008) → 12,577(2009) → 13,603(2010) → 14,138(2011)

세계 토마토 수입액

: 9,509백만불(2006) → 12,331(2008) → 12,166(2009) → 13,115(2010) → 13,670(2011)

세계 각국의 신선토마토 수출은 매년 증가하고 있으며 주 수출국은 멕시코, 네덜란드, 스페인, 터키, 시리아 등이고 멕시코가 세계 수출량의 20%를 차지하고 있음. 신선토마토 수입은 수출에 비례하여 증가추세이며 주수출국은 미국, 독일, 러시아, 영국이고 미국이 세계 수입량의 22.7%를 차지하고 있음.

표. 세계 토마토 교역량

수출				수입			
순위	국가	수출량(천톤)	수출단가(\$/kg)	순위	국가	수출량(천톤)	수입단가(\$/kg)
	전체	7,336			전체	6,724	
1	멕시코	1,510	1.06	1	미국	1,532	1.22
2	네덜란드	943	1.85	2	러시아	699	1.10
3	스페인	739	1.47	3	독일	681	1.96
4	터키	574	0.83	4	프랑스	501	1.22
5	시리아	408	0.44	5	영국	387	1.74
	한국	1	3.73		-	-	-

출처: FAOSTAT(2010), 신선토마토

다. 토마토 소비동향

토마토는 전 세계적으로 널리 소비되고 있으며, 2010년 북미지역을 제외한 모든 지역에서 토마토 소비는 증가하고 있는 추세임. 특히 아시아와 아프리카 지역의 상승률이 큼. 그리고 대륙별로 소비규모가 큰 지역은 아시아로 2010년 세계 소비량의 33.9%를 차지고 있음.

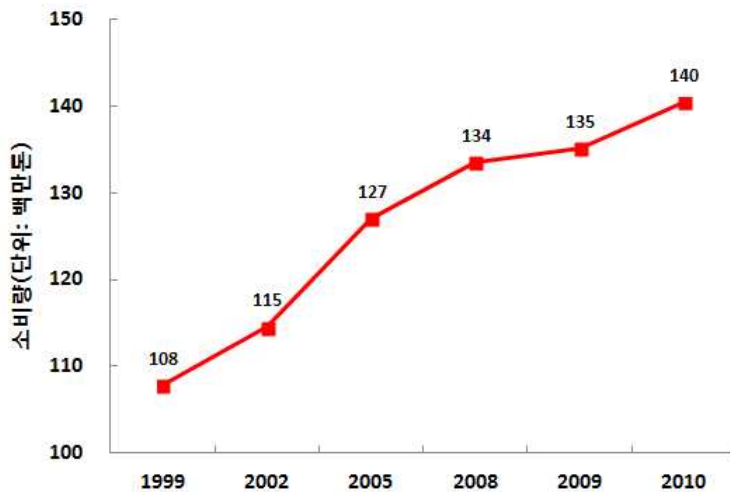


그림. 세계 토마토 소비량 추이

표. 세계 지역별 토마토 소비량 추이

(단위: 천톤)

	1999	2002	2005	2008	2009	2010
계	107,800	114,547	127,054	133,541	135,172	140,435
북미	6,991	16,547	15,156	17,852	15,595	16,347
남미	6,708	7,494	7,909	8,067	8,828	8,702
EU27	6,293	13,702	17,336	15,516	15,098	16,742
기타유럽	12,797	14,280	15,722	15,790	17,280	17,564
아프리카	15,286	16,357	18,165	20,818	21,610	22,708
중동	7,518	7,861	8,971	9,726	9,186	9,837
아시아	31,602	37,684	43,064	45,041	46,639	47,677
오세아니아	605	622	731	731	936	858

출처: World Processing Tomato Council

라. 세계 토마토 산업의 경쟁력 동향

(1) 토마토 교역지역 특징

- 수입국(녹색): 산업이 발달되고 인구밀도가 높은 극한지역 임.
- 수출국(붉은색): 열대 또는 아열대 지역이고 국민소득(농업국)이 낮은 편임.
- 네덜란드: 일반적인 수출국과 달리 경영농업을 하고 있으며 국민 소득이 높음.

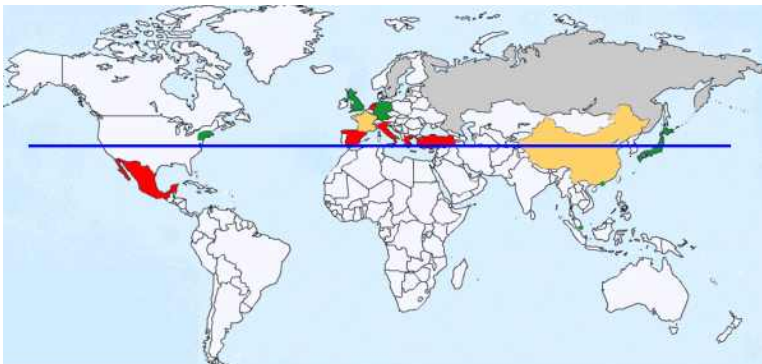


그림. 세계 토마토 교역지역

(2) 네덜란드의 경쟁력 동향

과거 경쟁력 확보	미래 경쟁력 약화
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 경영농업 ▪ 고비용 ▪ 고품질 높은 생산성 ▪ 뛰어난 마케팅능력 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 경쟁국의 확대 ▪ 경쟁국의 저비용 생산에 의한 가격경쟁력 약화 ▪ 품질의 평준화 확대 ▪ 마케팅 수준의 평준화 확대 ▪ 유통의 시장교섭력 증대

- 미래 경쟁력 변수

- 경쟁국간의 유통비용: 가격에서 유통이 차지하는 비율의 방향에 따라 수입국과 인접한

네덜란드의 경쟁력이 변화될 수 있음.

- 국제관계의 변화: 네덜란드는 매우 안정된 국가이지만 수출경쟁국 중에는 상대적으로 불안정한 국가들이 있으며 이들의 국내정세뿐만 아니라 유럽과 중동 및 북아프리카 등의 국제관계에 따라서도 경쟁력이 변화될 수 있음.
- 국가브랜드의 변화: 현재 지중해 지역의 품질이 향상되고 있으나 전체적으로 시설이 열악하므로 네덜란드의 국가브랜드의 향배에 따라 경쟁력이 변화될 수 있음.

(3) 한국의 경쟁력 동향

과거	미래
경쟁력 확보	경쟁력 약화
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우리나라의 경쟁력이 높아져서 아니라 무역장벽에 의해 수입이 어려워져서 경쟁력이 확보될 수 있었음. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우리나라의 경쟁력이 높아지지 않을 경우, 언젠가 무역장벽이 낮아져서 중국으로부터의 수입이 가능해지면 약화될 가능성이 있음.

- 미래 경쟁력 변수

- 중국: 중국을 크게 서해연안과 내륙으로 구분할 경우, 농촌지역의 도시집중 속도, 그리고 서해연안의 소득향상에 따른 고품질 소비증가가 농업지역의 생산성 및 품질 향상의 속도보다 빠를 경우에는 서해연안 지역의 중국은 토마토 수입국으로 전략할 가능성이 있음.
- 일본: 정부정책이 가족농 중심에서 벗어나지 않을 경우, 농가수 감소, 고령화, 투자부진 등에 의해 수입압력이 높아질 것이며, 1인 가구의 증가에 따라 조리용 토마토의 수요가 증가할 가능성이 크므로 수입량이 증가될 것으로 예상됨. 단, 한국의 가격경쟁력이 있을 경우에 우리나라가 수혜자가 될 것으로 예상됨.
- 북한: 향후 북한에서 토마토 생산이 급격히 증가될 변수가 생길 경우 이는 개성공단처럼 우리나라로의 수출을 전제로 한 것임.
- 국제관계의 변화: 북한, 중국, 일본과의 국제관계는 매우 동적이기 때문에 동북아시아의 국제정세 변화에 따라 경쟁력이 변화될 수 있음.
- 국가브랜드의 변화: 향후 중국의 품질이 향상될 것으로 예상되므로 국가브랜드의 향배에 따라 경쟁력이 변화될 수 있음.

2. 국내 토마토 산업동향

가. 토마토 생산 동향

(1) 생산 현황

토마토 생산액은 2011년 기준 7,040억 원으로 과채류 품목 중 딸기, 수박에 이어 세 번째로 생산액이 큰 품목으로 건강에 대한 관심 증가로 매년 성장세를 나타내고 있으며 주로 신선 토마토로 소비되고 있음. 국내 토마토 가공산업은 토마토 페이스트 형태를 수입하여 2차적으로 케첩이나 소스로 가공하는 산업구조임.

국내 토마토 재배면적 및 생산량은 2007년도까지 증가하였으나 2008년 토마토 재배면적은 2007년 대비 16.4% 감소하였는데 이는 기상호조로 연중 공급이 많고 가격이 평년에 비해

낮게 형성되면서 전남, 전북지역에서 오이나 수박으로 재배를 전환하거나 2기작 재배를 줄였기 때문에 파악되고 있음.¹⁾ 그리고 2010년 겨울철 일조부족과 여름철 고온으로 생산량이 감소하였으나 2011년 이후 출하기 가격 상승 기대와 지자체 시설지원 사업, 다른 작목에서의 전환 등으로 증가하고 있음.

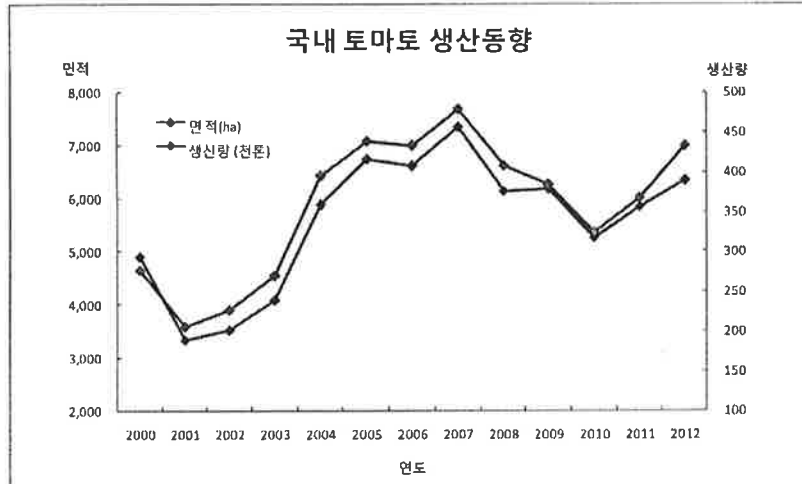


그림. 국내 토마토 생산동향

출처: 농림축산식품부, 시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적 2013

토마토 재배는 노지재배와 시설재배로 나뉘는데, 노지재배가 시설재배 대비 매우 미비하여 2010년 이후 시설재배가 기준이 되어가고 있음. 토마토 재배 농가수는 감소하는 추세에 있으며 2010년 기준 농가수는 13,751호로 평균 영농규모가 적은 것이 특징임

토마토 재배 농가수는 다소 감소하는 추세이며, 2010년 기준 농가수는 13,751호로 전체 재배농가의 약 79%가 0.5ha미만으로 영세하고 농가 경영수준에 따라 소득 현황 차이도 매우 큰 편임.

표. 국내 토마토 생산동향

(단위: 억원, 천톤, ha, 호)

구분	생산액	생산량	재배면적	농가수
2000	1,895	277	4,916	10,335
2005	6,287	439	6,749	13,751
2006	6,243	433	6,613	-
2007	6,642	480	7,353	-
2008	5,778	408	6,144	-
2009	6,028	384	6,188	-
2010	6,001	325	5,270	10,306
2011	7,039	368	5,850	-
2012	-	433	6,344	-
2000년 대비	-	17.7% ↑	8.4% ↑	-

출처: 농업총조사, 농산물수출입 통계자료

1) 농촌경제연구원, 농업전망 2009

토마토 재배지역은 전국적으로 분포되어 있고 10개 시·군을(부산 강서, 강원 춘천, 충남 부여, 충남 논산, 광주 광산, 경남 김해, 대구 달성, 전북 익산, 전남 담양, 경북 김천) 중심으로 주산지 형성되어 전체 토마토 30% 수준을 생산하고 있으며 충남지역이 최대 주산임.

(2) 재배품종

국내 토마토 종자시장은 120억원 규모(전체 채소종자 시장의 8%를 차지함)로 100여 품종이 유통되고 있으며 가격은 3천원에서 30만 원선으로 편차가 큰 편임.

재배품종은 가정원예용을 제외한 70% 이상이 외국품종으로 과거에는 이 중 대부분이 일본에서 육성된 분홍색계였으나 최근 유럽계 품종의 재배면적이 증가되고 있음. 반면 일본, 미국, 네덜란드는 자국 품종 재배율이 90% 이상을 차지하고 있음.

현재 국내 품종개발 회사는 3곳뿐이며 국산품종은 내병성, 균일성 등 부족으로 선호도 낮은 편임.

(3) 생산기술

국내 토마토 재배는 1년 2기작으로 연중 생산하고 있으며 재배작형의 중복되는 시기인 4~6월에 전체 생산량의 43.5%가 생산되고 있음.

단위면적당 생산량은 네덜란드의 28% 수준으로 재배환경 및 양·수분관리 기술수준이 네덜란드에 비해 낮음

구 분	한 국	일 본	미 국	중 국	네덜란드
단수(톤/10a)	13(2기작)	15(2기작)	6.6(1기작)	7.9(1기작)	46(1기작)
생산비(천원/10a)	7,872	10,726	1,352	768	50,574
노동시간(hr/10a)	505.5	904.0	62.5	434.4	-
상품화율(%)	60	70	-	50	80
재배시설 - 시설환경관리 - 양·수분관리	단순환경조절 수시인적점검	복합환경조절 실시간 제어	복합환경조절 실시간 제어	-	복합환경조절 실시간 제어
수확후 전처리 - 예냉, 세척 등	적용초기단계	실용화	실용화	-	실용화
재배품종 사용현황	90% 이상 일본품종	90% 이상 자국품종	90% 이상 자국품종	90% 이상 자국품종	90% 이상 자국품종
토마토 가격(원/kg)	2,276	2,491	-	247	929
호당 경영규모(ha)	0.35	-	-	-	1.4
호당 소득(백만원)	19.3	-	-	-	62

(4) 소득현황

토마토 재배농가의 단위당 소득은 다른 작목에 비해 높은 편으로 농가의 생산성, 품질, 재배방식, 경영기법 등에 따라 농가간의 소득 및 경영비가 다름.

단위당 소득은 상·하위간, 영농규모별, 지역별 차이가 크고 품종별 경영비는 일반토마토 반축성, 일반토마토 축성, 방울토마토 순으로 높음.

(가) 경영수준별 소득현황

상위 10% 농가소득이 하위 10% 농가소득보다 6.6배(생산량 40%, 출하가격 86% 높음) 높는데 이는 전문적 재배기술을 통한 고품질화, 영농규모화, 수확기간 연장(21일), 연중 재배, 과감한 경영비 투자(26%↑, 친환경비료, 광열동력비, 포장비 등), 자가노력 추가투입(18%↑) 등에 기인함.

표. 경영수준별 10a당 소득 현황 (일반토마토, 반축성) 단위: 천원

경영수준	조수입	경영비	소득
상위 10%	17,480	6,328	11,152
평균	11,358	5,567	5,792
하위 10%	6,712	5,030	1,682

(나) 영농규모별 소득현황

0.7ha이상 규모의 농가소득이 0.3~0.5ha 규모의 농가보다 38%높음(생산량 12%, 출하가격 14% 높음).

표. 영농규모별 10a당 소득 현황(일반토마토) 단위: 천원

영농규모	조수입	경영비	소득
0.3~0.5ha	11,019	5,573	5,446
0.7ha이상	14,024	6,479	7,546

(다) 지역별 소득현황

지역 및 기후 특성을 고려한 장기 재배 등을 통해 달성군이 화천군보다 생산량 40%, 출하가격 53% 높음.

표. 지역별 10a당 소득 현황(일반토마토) (단위: 천원)

지역	조수입	경영비	소득
달성군	16,552	5,940	10,612
화천군	7,688	5,946	1,741

(5) 생산 시 애로사항

(가) 구조적 측면

작목전환이 많고 재배농가의 노령화에 따라 노동력 부족으로 노동력을 많이 요구하는 작물재배를 기피하는 경향이 큼. 예로 상대적으로 노동력을 적게 요구하는 일반토마토의 재배면적은 증가하였으나 방울토마토의 재배면적은 소폭 증가함. 그리고 투자비, 수확기 노동력과 인건비 과다 소요 등의 경제적 문제로 규모가 작은 농가들이 많고 영세함. 현재 국내에는 생산과 유통을 모두 하는 진정한 의미의 법인이 적음. 대부분의 영농조합법인은 1인 농장의 범위에 머물고 있음

경영비 측면을 볼 때 유가상승과 자재비 및 인건비 상승으로 토마토 생산비가 과다하게 소요되고 있는데 예로써 재배면적에 관계없이 보온커튼, 온풍기, 제습기, 무인방제기 등 각종 자재가 필요하며 천적, 무농약 등 친환경 재배가 다른 과채류에 비해 발달하였으나 많은 비용이 요구됨.

(나) 생산자 측면

생산자의 고령화와 타 산업에 비해 낮은 학습능력으로 새로운 재배기술이나 농장경영에 대한 노하우 습득이 어려움.

- 생산방식이 낙후됨.

다수확 위주의 토마토 생산관리로 품질이 낮고 수경재배면적이 낮음.

- 생산기술이 낮음

생산성이 낮고 환경관리기술 및 병충해 관리기술이 미흡함.

- 연작장해

기온상승으로 인한 고온성 세균병 및 연작으로 인한 토양전염성 병해가 심하고 시설재배지의 61%가 EC 2.0dS/m 이상으로 생리장해 발생이 극심함. 그리고 미숙퇴비, 유기물 과다 사용, 제4종 복합비료 등을 과다 투입하여 생리장해를 유발하거나 염류집적 피해가 증가되고 있음.

(다) 생산물 가격 측면

가격이 불안정함 예로 2007년도에는 생산량 급증, 수출 감소 및 소비둔화 등으로 수급불균형 현상이 발생하여, 채소수급안정화 사업추진과 함께 가격 급락 시 산지폐기 등을 추진하였고 2010년도에는 생산량 감소 등으로 수급불균형 현상이 발생하여 가격이 급등함.

(라) 생산물 종류(고부가가치화) 측면

생산물량이 집중될 때 농가에서 물량 조절을 위한 1차 가공 혹은 반가공 기술 개발이 미흡하고 국내에서 생산되는 토마토 가공제품 원료는 대부분 외국산을 사용하고 있음.

(마) 정부정책 측면

정부정책이 융자가 아니라 보조금 위주로 집행되어 정부지원에 대한 의존도가 매우 높음. 아무리 필요한 것이 있어도 정부지원사업을 통해서 보조를 받으려 하고 반대로 필요 없어도 보조사업이기 때문에 선택하는 경우가 있음.

정부지원사업이 지방자치단체를 통해서 선정이 되는 경우가 많아 공업단지나 주택단지처럼 특정 지역에 선진 복합 지원이 이루어지지 않고 전국에 산재되는 형태로 나타남으로써 산업발전에 기여하는 정도가 약함.

정부지원사업을 통해서 사업이 이루어지는 경우에 농가 자부담을 회피하고 이면계약을 하는 경우가 많아 사업의 품질이 낮아지고 성과가 낮음.

나. 토마토 유통동향

(1) 토마토 소비현황

토마토 수요는 토마토가 건강식품으로 인식되면서 1인당 소비량이 꾸준히 증가하고 있으며

1990년대는 1인당 소비량이 연평균 14% 증가했음에 불구하고 가격은 거의 변화가 없었는데 반해 2000년대에는 1인당 소비량인 연평균 12% 증가함에 따라 가격 또한 연평균 11% 증가함.

국내 토마토 자급률은 90% 이상으로 대부분 국내에서 생산되어 국내에서 소비되고 있으며 대부분 신선형태로 소비되고 있으며 국내에서 생산되는 토마토는 색상, 과육부족, 무름 등 특성상 가공용으로 부적합함.

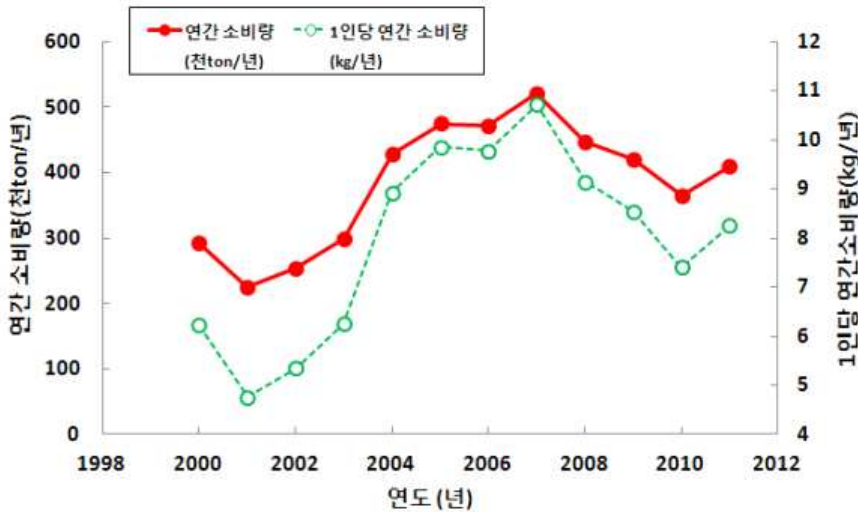


그림. 국내 토마토 소비동향(1인당 연간 소비량은 연간소비량을 총인구수로 나눈 값임)

(2) 토마토 유통현황

(가) 국내 토마토 유통 경로

국내 토마토는 도매시장을 경유하여 유통되는 물량이 전체 85%로 비중이 높은 편이며 나머지 14%는 대형유통업체를 통해 유통되고 있음. 또한 도매시장을 경유하여 유통되는 물량 중 55%는 대형유통업체로 다시 유통되고 있으며 최근 지방시세가 좋아 서울 가락시장으로 반입되는 비중이 30%로 이하로 줄어들고, 지방권이나 대형유통업체로 출하하는 비율이 높아지는 추세임. 가격은 산지공급량이 많아 유통업체(인)이 가격을 주도하고 있음.

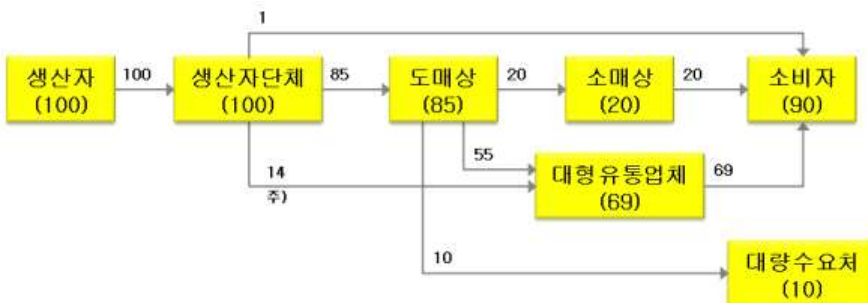


그림. 국내 토마토 유통 경로

출처: 농수산물유통공사

- 국내 외식업체용 토마토 수급방법

국내 외식업체용 토마토의 수요량은 집계되고 있지 않고 있으나 그 물량은 점차 증가추세에 있는 것으로 추산됨. 주로 생산자와 직접계약하거나 도매시장에서 구매하는 방법으로 조달하고 있음.

- 국내 가공용 토마토 수급방법

우리나라에서는 진정한 의미에서의 가공용 토마토를 생산하고 있지 않음(가공용 토마토는 강수량이 적은 지역에서만 생산되기 때문에 중국, 지중해연안 국가, 미국 등의 건조한 지역에서 대량으로 노지에서 생산되고 있으며 국내 하우스에서는 채산성이 맞지 않아 생산하지 않음). 국내 가공업체의 토마토 수요량은 집계되고 있지 않지만 그 물량은 점차 증가하고 있는 것으로 추산됨. 주로 반가공원료(페이스트 혹은 퓨레 등)를 수입해서 사용하고 있으며 중간 유통업체를 통하여 구매하고 있음.

(나) 국내 토마토 가격 동향

국내 토마토 연평균 도매가격은 2005년 대비 2009년~2010년 가격이 크게 상승하였는데 이는 일기불순에 의해 작황이 나빠졌기 때문임.

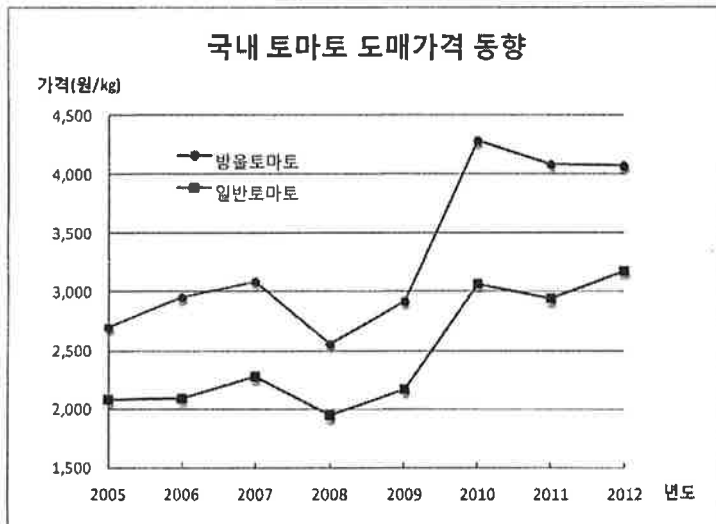


그림. 국내 토마토 도매가격 동향

출처: 농수산물유통공사 농산물유통정보(www.kamis.co.kr)

국내 토마토 가격은 일반적으로 9월에서부터 이듬해 4월경까지 높은 가격을 형성하고 6월부터 8월까지 낮은 가격을 형성하는데 최근 평지 시설재배의 고온장애로 여름물량을 고랭지에서 생산하는 특수성 때문에 가격이 크게 차이가 나지 않음.

[방울토마토]월간 평균가격

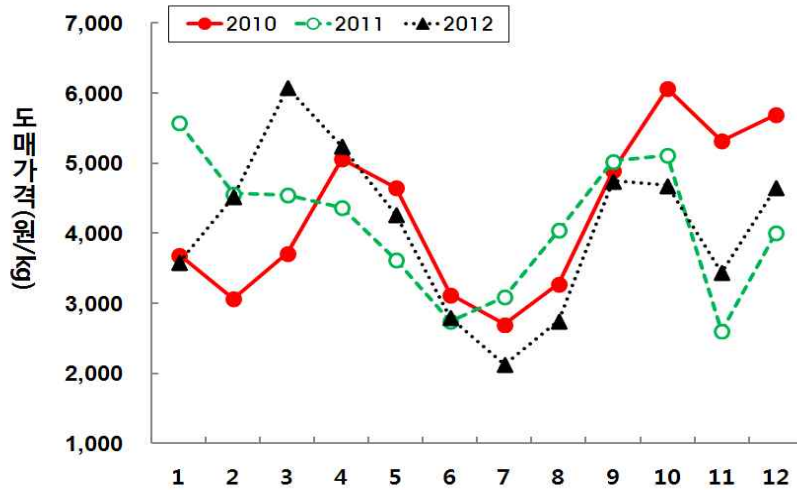


그림. 방울토마토 월간 평균가격

출처: 농수산물유통공사 농산물유통정보(www.kamis.co.kr)

(3) 유통 시 애로사항

공동선별, 공동 정산을 하지 않는 산지유통시설이 존재하고 공동선별, 공동정산을 하되 등급에 따라 차등 정산하는 것이 원칙이나 아직 품질에 대한 인식이 부족하여 물량에 따른 정산이 이루어지는 곳이 있음. 그리고 계약재배 비율이 저조하고 수급이 안정되지 못함

(가) 유통시설 측면

예냉 처리시설, 냉장탑차 등 유통시설이 부족하여 선도유지 기간이 짧아 완숙단계에 출하가 어려움. 그리고 최근 설치되고 있는 APC 중 경제성을 고려하지 않은 곳이 많이 운영에 애로사항이 많음.

(나) 마케팅 측면

규모화·전문화된 산지유통조직이 부재하여 소비지에 대한 체계적인 마케팅이 미흡하고 가격 경쟁력이 약함.

(다) 유통단계 측면

도매시장 경유 비중이 높고 유통단계가 복잡하여 각종 증가비용이 발생함.

(라) 가공 측면

국내에서 생식용 품종 생산에 치중하여 가공품 생산이 거의 없고 가공품 원료 대부분을 수입에 의존하고 있음. 일부 국내산 가공품이 있으나 수입원료에 비해 가격 경쟁력이 부족하여 품질이 확실히 우월한 고가의 신선 주스 등만 생산하고 있는 실정임.

다. 토마토 수출입 동향

(1) 토마토 수출 동향

우리나라의 토마토 수출은 주로 신선품 위주로 1995년부터 백만불을 넘기 시작하여 2000년까지 급격히 증가하여 12,678톤(22,949천불) 수출된 이후 크게 감소하는 추세임. 우리나라의 주 수출시장은 일본으로 2000년 11월에 일본으로 수출된 토마토에서 잔류농약 성분이 검출된 이후 검역이 강화된에 따라 대일 수출량이 감소하기 시작하였으며 2002년 이후에는 국내 가격상승과 주수출국인 일본의 잔류농약 포지티브제도 도입(2006.5)으로 지속적인 감소 추세를 보이다 2010년부터 증가 추세로 전환됨.

토마토는 신선토마토, 케첩, 페이스트, 소스, 주스, 기타 가공품 등의 형태로 수출이 이루어지고 있으며, 우리나라 토마토 수출은 대부분 신선토마토와 토마토케첩으로 신선토마토는 일본에 주로 수출되고 있으며 수출되고 있는 신선토마토의 95%가 방울토마토임. 가공토마토는 페이스트를 수입하여 케첩으로 2차 가공한 제품을 중국, 러시아, 대만 등지에 수출하고 있으며 2007년까지는 신선토마토의 수출량과 수출액이 가장 많았으나 2008년에는 토마토케첩의 수출량과 수출액이 처음으로 신선토마토 수출을 앞서기도 함.

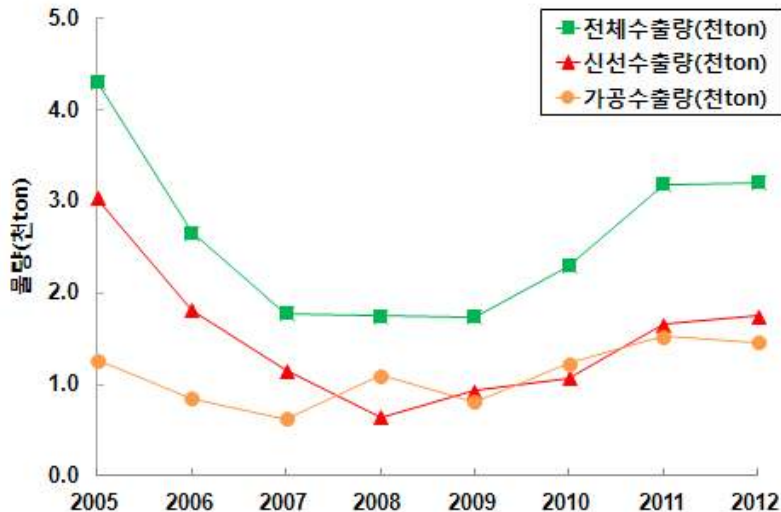


그림. 연간 토마토 수출량

(2) 토마토 수입 동향

토마토 수입은 수입물량 100%가 가공용 원료 토마토(페이스트, 조각상 등)로 수입이 되고 있으며 주요 수입국은 미국, 중국, 이탈리아, 칠레 등 임. 신선토마토는 일본 이외의 국가에서는 식물방역법상 수입이 금지되고 있음.

3. 국내외 기술동향

(1) 생산

○ 장기간 생산 역사가 오히려 수출에는 장애물로 작용하고 있음. 즉, 영농자의 지식수준, 연령, 관행 생산방법의 고집, 영농 규모, 농약 및 영양제에 대한 높은 의존도, 원예수출전문단지 규모, 작목반의 후진성, 경영능력 부재 등에 의해 발달 속도가 파프리카 같은 신작목에 비해 느림.

- 연작장해와 생리장해 발생 증가.

- 육묘 방법의 후진성으로 생산성 낮음.
 - 환경친화적 생산 능력이 낮음.
- 대규모, 첨단 시설, 선진 생산방법, 고급인력 투입 등을 실현한 대규모 생산단지를 육성할 필요가 있음.
- 새로운 병충해 피해 증가.
 - 시설하우스 후진성으로 노동력소요 증가 및 생산성 저하.
 - 계절별 출하량 변화로 지속적 수출이 어렵고, 가격등락이 큼.
 - 단동 위주의 생산으로 노동생산성이 낮고, 자동화수준이 낮음.
- 다양한 병충해에 의한 토마토의 질 및 양적 손실은 매년 증가추세이나 방제법은 답보상태임. 이로 인한 유통 및 수출의 걸림돌이 되고 있으며 경제적 피해 증가. 농가의 친환경방제법의 기피 및 농약의 과다 오용으로 인한 병해충의 약제저항성 증가추세임.
- 새롭게 출현하는 병해충에 대한 정보 및 방제법 미비.
 - 국내 토마토 병해충의 분류, 지역별 분포, 시기별 분포 등 DB 구축 미비.
 - 토마토 병해충의 초기예찰이 가능한 바이오마커가 미비.
 - 병해저감 및 생산성 향상을 위한 고효율 환기장치에 관한 연구 미비.
 - 토마토 안전생산 및 국제적 인증시스템의 결여.
 - 시설 및 재배지 내의 토마토 주요 병해충에 대한 환경친화적 방제시스템 결여.
 - 정확신속한 병해충 진단기술 결여.
 - 병해충에 대한 효과적인 길항균 및 천적 결여.
 - 시설하우스에 장착된 일반용 환기팬은 병충해 발생저감에 효과 미비.
 - GAP 인증시스템 결여.

(2) 농자재

- 1990년대 정부의 농어촌구조개선 사업에 의한 농업투자의 증가에 따라 농자재 업체가 급격히 증가함. 1997년 외환위기와 시설 직접 보조의 감축에 따라 대부분의 농자재 업체가 도산하거나 업종을 변경함. 현재는 영세 업체가 외국 상품을 수입 유통시키거나, 자체 개발 상품을 지역적으로 유통하는 형태로 명맥을 유지하고 있음. 즉, 전국적인 Market share를 가지고 있으며, 유통망을 가지고, 개발 능력을 갖추고 있는 업체가 거의 없음.
- 네덜란드에서는 완전폐쇄형 온실을 개발하여 병해충을 근본적으로 해결하고, 에너지를 절감하는 차원까지 발전함.
- 캐나다, 스페인 등과 같이 토마토수출국가에서는 국가 특유의 방식을 도입하고 있음.
 - 국내에서는 multi-span의 대단위 온실에 대한 개발조차 미비한 상황임
 - 국내의 보급 수준은 한국형시설의 개선 정도에 머물고 있는 실정임.
 - 국내 온실 형태는 에너지 절감을 위해 광투과율을 희생하는 방식이기 때문에 동절기 생산성이 낮음.
- 복합자동환경제어, 센서 등의 개발을 통하여 생산현장에 활용하는 추세임.
- 복합환경조절 시스템은 네덜란드의 회사 (PRIVA, Hortimax)와 이스라엘 (Netafim)의 제품이 생산농가들에게 설치 운영되고 있지만, 제어 알고리즘을 이해하기위한 학습 부족과 달러

수준의 제어 방식이 공개되지 않아 제어 소프트웨어의 활용이 미흡한 실정임. 네덜란드산 제품은 영문 소프트웨어로 이뤄져 있는 실정이며, 제어 방식이 변화되면 소프트웨어의 생산 능가 추가 비용 부담이 있음. 소프트웨어가 한글화되어 있더라도 생산농가들의 환경제어에 관한 학습이 매우 부족한 실정임. 국산의 경우, 아직 완전한 복합환경조절 시스템의 단계까지는 이르지 못하고 있음.

- 첨단생산시스템에 대한 종합적이 연구수준이 낮고, 생산자 현장 적용 수준도 낮음
 - 네덜란드에서는 배지의 동적 측정에 의해 급액, 배양액공급의 선진체계를 구축함.
 - 우리나라는 급액관리시스템 후진성으로 물이용효율, 비료효율 및 생산효율 낮음.
 - 수경재배 특유의 동적 배양액관리가 취약함.
 - Grodan, Agroperl 등과 같은 높은 수준의 배지 회사가 국내에 없음.
 - 스페인의 경우 Himarcan이 급액관리로 뛰어난 성과를 나타내고 있음.
- 개발 능력, 시장 개척 능력, A/S 능력, 전국적 유통망 등을 갖춘 복수의 업체를 육성할 필요가 있음.
 - PRIVA와 같은 전문업체가 없음.

(3) 수출 및 유통

- 2007년 UFPA (united fresh produce association) 주최로 미국에서 개최된 컨퍼런스 의 농산물 선도 유지 부분에 미국 및 선진국에서 수확후 저장 및 유통중 신선 농산물의 품질유지에 관한 예냉, 저온저장, Active MAP를 비롯한 다양한 첨단 수확후 저장 및 유통 시스템 기술들이 선보였으나 국내의 기술 수준 및 상업화는 많이 부족한 실정임
- 미국, 독일과 네덜란드 등의 유럽에서는 일반토마토 등 과채류에서 수확 후 선도유지를 위하여 예냉처리, 열처리, 고이산화탄소처리 등이 산업화 기술로 정착되어 상업화에 적용되고 있으나 국내는 도입 적용 단계 수준임
- 수확후 관리, 예냉, 냉장 수송, 포장, 보관 등 전 과정에 걸친 cold chain system이 이루어지지 않아 상품성 유지가 안 되고 있어 유통과정에서 농산물의 품질을 크게 떨어뜨리고 있음.
- 2006년 유통공사 자료에 의하면 전국 317개 산지유통 센터, 14817개 저온저장고, 873개 선별장 및 601개 예냉시설이 있으나 수출용 작물의 활용도는 미비하고, 고품질화를 위해서 수출대상국의 맞춤형 유통 시스템 개발이 절대적으로 필요함
- 주요 수출국인 일본에서 타 국가 토마토에 비해 국내산 토마토 중 완숙과와 방울토마토가 경쟁 우위에 있음에도 이들을 위한 국내 유통관리 산업이 체계적으로 연구 개발 되지 못했음
- 국내 수출 및 유통 업체의 영세성, 지역성 및 경영능력 부족 등에 의해 도산과 창업이 빈번하고, 수출 작물 변경이 많아 신뢰성이 높지 않은 상황임
- 수확 후 전처리 관리 업체, 포장 업체, 계측기 및 품질 판정 기술업체 등 유통 관련업체들의 내수 제품 상품화에 편중 및 수출용 설비 투자 및 기술 개발 미비함
- 수집과 선별기법이 단순 중량선별 수준에서 머물고 있으며, 색깔 등의 품질에 의한 선별이 실용화 되어 있지 않음
- 국내 농산물 포장 및 유통 운반용 박스시장은 대략 6,000억 규모로, 접는 골판지박스가 70-80%, 스티로폼 5%, 플라스틱용기 5-10%, 기타 로 구성되어 있으며, 국내 골판지상자의 최대 수요분야는 22.5% 비중을 차지하는 농수산물부문이며 식음료 20.1%, 전기전자 18.2% 등 3부문이 약 60%를 차지하고 있다. 따라서 수출 농산물의 성장은 국내 포장 소재산업의

성장 확대 기여함.

- 현재 전 세계적으로 일회용 제품이나 환경에 유해한 난분해성 소재인 플라스틱 필름 사용을 지양하고, 포장 소재의 사용을 금하고 있는 상황에서 농산물의 포장에 있어 환경친화적인 지류 포장 소재의 사용이 급증할 것으로 예상됨.
- 미주, 유럽 등지에서는 PE계나, PP계의 필름으로 MA 포장을 활용하고 있지만 농산물이 발생시키는 에틸렌 가스나 미생물 등에 있어서는 효과가 적어 가스흡착이나 항균기능을 갖는 포장재 개발이 일본을 중심으로 이루어져 오고 있음.
- 또한 국내 유통되는 선도유지를 위한 항균성 및 방담등 기능성 농산물 포장재 및 포장재 제조 기계는 전량 외국 선진 기술에 의존하고 있는 실정임
- 미국, 일본 등 농업수출 선진국들이 선도유지 뿐만 아니라 포장규격, 재질, 구조, 외부표시 사항, 디자인, 가격 등은 유통경로, 수입국의 환경조건 및 물류체계 등을 충분히 고려하여 다양한 포장기법 및 기술을 도입하고 있는데 반해 국내 포장은 선진 기술을 따라가지 못하는 실정임
- 수출용 토마토의 유통기간 증대와 더불어 다른 대상국과의 경쟁력을 갖추기 위해서는 농산물 수출시 포장 방법 및 소재 개발을 통한 상품성 유지 및 안정성 확보가 절대적임
- 저가 보급형 최적의 저장 및 유통 시스템을 개발하여 APC 및 중소 농가에서도 구입하여 활용 가능함으로 다양한 수출 경로 유지 효과 및 수출 토마토 가격인하 효과를 부여함
- Dole, Sunkist, Delmont와 같은 상품화를 위한 브랜드 파워 및 마케팅 능력이 부족하며, Greenery, Zespri와 같은 공동 마케팅에 대한 시도조차도 없음.
- 생산자-APC-수출업체를 하나의 공동체로 하여, 확실한 기술력과 강력한 브랜드 파워를 갖고, 선진 마케팅 능력을 갖춘 수출 단위를 육성할 필요가 있음.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 재배 관리

<수출용 토마토 공정묘의 효율적인 생산시스템 확립 및 저장조건 구명>

1. 공정묘 생장억제 기술 개발

(1) Diniconazol 처리 지속성이 토마토 육묘 및 정식 후 생육에 미치는 영향

가. 연구기간: 2008. 8. ~ 2009. 7

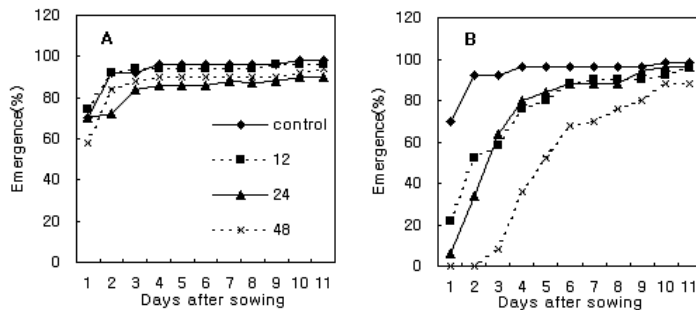
나. 연구방법

강원대학교 원예학과 유리온실에서 공시작물은 홍농종묘(주) ‘서광토마토’를 사용하였다. Diniconazol 처리농도는 $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 및, 무처리(대조구) 이고 침지처리시간은 12시간, 24시간, 및 48시간 처리하였고, 무처리는 각각 증류수로 같은 시간을 침지 처리하였다. 펠트리디쉬에 각각 50개씩 담은 후 각 농도별로 15ml씩 넣은 후 24°C , 암상태에서 파종하였다. 파종 후 1일부터 매일 육묘 출현율을 조사하였다.

파종 17일(본엽 2매) 이후부터 5일 간격으로 생육조사를 하였고, 육묘 중 약제 처리 $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 종자침지, $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (6시간, 12시간) $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (3시간, 6시간), $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (1시간, 3시간) 및 무처리(대조구)를 처리하였다. Diniconazol를 경엽처리 일부터 5일 간격으로 초장, 하배축, 엽수, 엽록소, 경경을 측정하였고 최종조사는 초장, 하배축, 절간장, 엽수, 엽록소, 경경, 엽면적, 생체중, 건물중, T/R율(지상부/지하부)을 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

종자처리 결과 농도가 높고 침지시간이 길수록 육묘 출현율이 느렸다. $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 은 침지시간이 길수록 육묘 출현율이 조금 낮긴 하였으나 무처리와 유의차가 없었고, 그 외의 농도에서는 농도가 높을수록 침지시간이 길수록 육묘 출현율이 현저히 낮았다. 그러나 파종 10일 후면 90%이상 육묘가 출현하였다(그림. 1-1). 이는 pacrobutrazole 종자 처리한 마리골드, 제라늄, 토마토(Pasian과 Bennett, 2001;Shin 2002), 오이(Cho, 2002), 고추(Shin, 2002)에서 농도가 높을수록 침지 시간이 길수록 육묘 출현율이 느리다는 보고와 유사하였다.



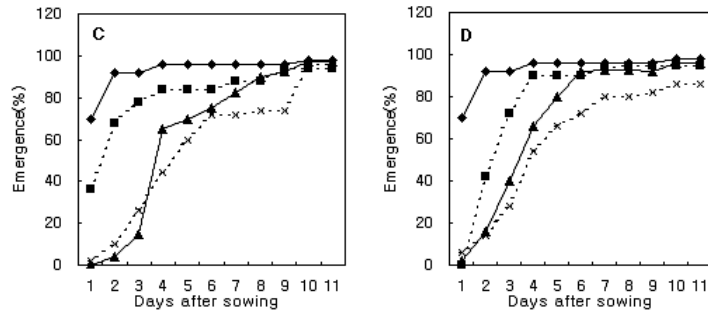


그림 1-1. Emergence(%) of tomato seedlings after sowing seeds which were soaked in diniconazol. A; $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, B; $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, C; $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, D; $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

Diniconazol의 농도와 침지 시간에 따른 종자 처리가 묘의 생육에 미치는 영향을 보면 농도가 높을수록 침지시간이 길수록 하배축 신장 억제의 경향이 뚜렷하게 나타났으며, 또한 초장의 신장억제 현상도 뚜렷한 경향이 나타났다(표 1-1). 이는 triazole계 약제가 pyrimidine유도체로써 gibberellin합성을 저해함으로써 세포분열 능력을 저해하여 영양생장을 억제시키고 식물체의 절간신장을 억제하여 한다고 보고하였다(Mc Daniel, Wample 등, 1983)

표 1-1. Effects of the growth characteristics of tomato seedlings with soaking seeds in diniconazol

Concentration ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Soaking hours	Plant height	Hypocotyl (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	Leaf area (cm^2)	Leaf with (mm)
control (no spray)		40.6a ^y (100) ^x	4.7s	3.9cd	6.2a	119.4a	0.42bc
1	12	37.8b (93)	3.6b	3.7d	6.2a	78.0bc	0.40c
	24	34.0c (84)	2.6c	3.7d	6.0a	85.0b	0.42a-c
	48	32.7d (81)	1.7ef	4.0b-d	6.0a	76.4bc	0.40c
10	12	29.6e (73)	2.2de	3.8d	6.4a	90.8b	0.40c
	24	24.5f (60)	1.7ef	3.8d	6.0a	66.8bc	0.44a-c
	48	16.1k (50)	1.8ef	4.1b-d	5.8a	52.0ef	0.46ab
50	12	22.8g (56)	1.6f	4.8a	6.2a	80.2bc	0.43a-c
	24	17.9j (44)	2.0d-f	4.4b	6.0a	56.6de	0.45a-c
	48	16.7k (41)	2.0d-f	4.1b-d	5.8a	38.8f	0.44a-c

^yMean separation by duncan's multiple range test at 5% level.

^xIncrement of tomato plant height.

최종 조사에서 $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 12시간, 24시간, 48시간에서 각각 6.9%, 16.3%, 19.5%의 왜화를 나타냈으며 $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서는 12시간에서 27.9%의 왜화율을 나타내 가장 적당한 왜화율을 나타내었다. 그 이상의 침지 시간과 농도에서는 묘가 과도하게 억제가 되어 건묘로써는 적합하지 않았다(표 1-1, 그림. 1-2)

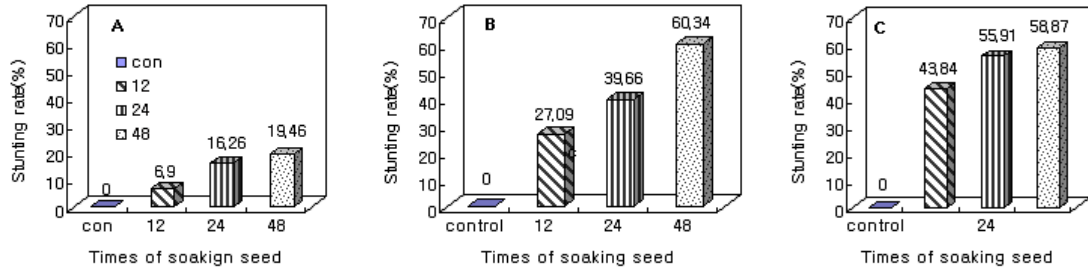


그림 1-2. Effect of the stunting ratio of tomato seedlings with soaking seeds in diniconazol. A; $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, B; $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, C; $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

줄기의 직경은 처리농도와 침지시간에 따른 일정한 경향이 없었으며 엽면적은 $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 유의차는 없었으나 농도가 높을수록 엽면적이 감소하였으며 침지시간이 길수록 엽면적이 감소하였다. 엽두께는 농도 및 침지시간간의 일정한 경향이나 유의차는 없었으나 $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 이 무처리에 비해 엽두께가 약간 두꺼웠다. 엽수는 차이가 없었다(표 1). 침지시간이 너무 길거나 농도가 과도하게 높으면 초장, 하배축, 경경, 엽수, 엽면적 등 과도하게 생육이 억제되는 경향이 나타났고, 생육이 현저함을 볼 수 있었다.

Diniconazol 약제 농도 및 침지 시간에 따른 토마토 및 오이의 초장신장의 변화를 본 결과 농도가 높을수록 초장의 신장억제 경향이 뚜렷하였으며 $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서는 침지 시간에 따른 경향이 뚜렷하였으나 $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서는 침지시간간의 유의 차이가 없이 과도한 초장의 신장억제 경향을 나타내었다(그림. 1-3).

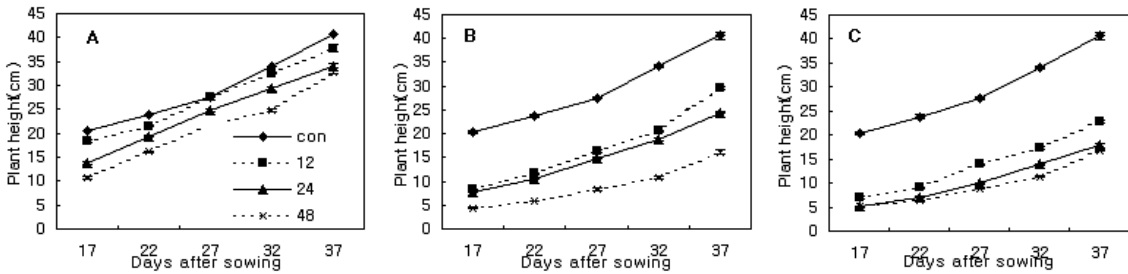


그림 1-3. Plant height of tomato plant with soaking seeds in diniconazol. Soaking seed time: 12, 24 and 48hours. A; $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, B; $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, C; $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

Diniconazol 농도에 따른 종자 처리가 묘의 절간장에 미치는 영향(표 1-3)을 보면 하배축 신장 억제와 마찬가지로 1절 모두 절간장이 억제되었다. $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 과 $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 은 침지시간에 따른 유의성이 있었으나 $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서는 유의성이 없었고 하배축과 마찬가지로 과도하게 절간이 억제 되었다. 저농도 일수록 절간장의 신장 회복이 빨랐으며 고농도이고 침지시간이 길수록 절간장의 신장 억제 기간이 길고 회복도 늦었다(표 1-3).

표 1-3. Effect of internode length of tomato seedlings with soaking seeds in diniconazol

Concentration (mg · L ⁻¹)	Soaking hours	Internode length(cm)					
		1 ^z	2	3	4	5	6
Control (no spray)		7.04a ^y	4.32ab	6.56a-c	5.36b	5.86ab	3.22a
1	12	6.02b	5.88a	7.60a	5.38b	4.56b-d	1.80abc
	24	5.00c	4.94ab	7.12ab	5.18bc	5.24a-cd	1.74abc
	48	2.76d	3.80bc	6.10bc	6.54a	5.88ab	3.06a
10	12	2.68d	2.66cd	5.72cd	4.92b-d	6.02a	2.30ab
	24	1.98de	2.48cd	4.68de	4.76b-d	3.82de	1.96a-c
	48	1.32e	1.46d	3.54fg	2.62e	2.00f	-
50	12	1.68e	1.66d	3.70fg	3.84ce	5.32a-c	2.48ab
	24	1.80de	1.32d	3.16fg	3.64de	2.66ef	1.36bc
	48	1.88de	1.84d	2.56fg	3.60de	1.66f	-

^zNumbers of internode

^yMean separation by duncan's multiple range test at 5% level.

1mg · L⁻¹에서는 지상부, 지하부, 생체중 및 건물중의 일정한 경향이 없었으나 그 외의 농도에서는 침지시간이 길수록 지상부, 지하부의 생체중과 건물중이 감소하는 것을 볼 수 있었다. T/R율은 일정한 경향이 없었다(표 1-4).

표 1-4. Effects of Fresh weight, Dry weight, T/R ratio and LAR of tomato seedlings with soaking seeds in diniconazol

Concentration (mg · L ⁻¹)	Soaking hours	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		T/R ratio	LAR ^x
		shoot	root	shoot	root		
control (no spray)		10.4a ^z	2.02a	1.02a	0.15a	6.83a-d	102.0ab
1	12	7.34cd	1.38bcd	0.77c	0.13ab	6.09a-d	88.1cd
	24	8.8b	1.54b	0.71d	0.12a-c	6.01a-d	102.2ab
	48	7.6c	1.56b	0.76c	0.11b-d	7.61ab	87.9cd
10	12	8.16bc	1.68b	0.71d	0.14ab	8.21a	108.0a
	24	7.34cd	1.52b	0.72b	0.07e	6.14cd	69.3e
	48	5.42fg	1.08d	0.54e	0.08c-e	6.52a-d	83.8d
50	12	8.08bc	1.38bcd	0.78c	0.11b-d	7.53a-c	86.5cd
	24	6.14ef	1.24cd	0.54e	0.09c-e	6.12a-d	91.1cd
	48	4.64g	1.18cd	0.37f	0.07e	5.45b-d	90.5cd

^zMean separation by duncan's multiple range test at 5% level.

^xLeaf area/dry weight of a tomato seedling

LAR에서는 10mg · L⁻¹-12시간이 가장 높았다. Triazole계 살균제들이 발근에 미치는 영향에 관하여 Kim등(1998)은 triazole계 화합물 처리로 왜화 된 박의 대목묘를 단근삼목 하였을 때 발근이 정상적으로 이루어졌다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 종자 침지 시 고농도로 갈수록 발육속도가 느린 것을 볼 수 있었다.

경엽처리 5mg · L⁻¹과 종자처리 10mg · L⁻¹-6시간 처리가 각각 32.9%, 29.8%로 왜화효과를 나타내었다. 종자처리에서 농도가 높아도 종자침지 시간이 극히 짧으면 약제효과가 상쇄되어 무처리와 유의차가 없었고, 저농도라고 하여도 침지시간이 길면 종자에 영향을 주어 초장이 억제되는 것을 볼 수 있었다. 하배축은 침지시간이 길수록 짧아지는 경향이 나타났으며 농도간의 일정한 경향은 없었다. 경엽처리와 무처리는 엽수가 유의차가 없었으나 종자

처리에서는 엽수가 감소하였다. 그러나 종자처리가 경엽처리보다 엽면적은 컸으며 엽두께에서는 경엽처리가 종자처리보다 두꺼웠다(표 1-5).

표 1-5. Effects of foliar spray and soaking seeds in diniconazol on the growth characteristics of tomato seedlings

Concentration (mg · L ⁻¹)	Soaking hours	Plant height	Hypocotyl (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Leaf thickness (mm)
Control (no spray)		28.9a ^z (100) ^x	3.8a	5.0a	6.9a	230.0a	0.47c
	5 ^y	18.8d (65)	2.9b	4.9ab	6.5ab	107.0d	0.59a
5	6	28.9a (0)	2.7bc	4.4cd	6.1b	139.0bc	0.46c
	12	25.9bc(90)	2.0de	4.7a-c	6.1b	120.1cd	0.47c
10	3	23.5c (81)	2.3cde	4.3d	6b	120.8cd	0.46c
	6	20.3d (70)	1.9e	4.5cd	6.1b	108.4d	0.53b
50	1	27.8ab(96)	2.4cd	4.6b-d	6.1b	151.1b	0.49bc
	3	25.4bc(88)	2.1de	4.5cd	6.1b	127.6b-d	0.47c

^zMean separation by duncan's multiple range test at 5% level.

^yFoliar spray treatment at 26days after seeding.

^xIncrement of tomato plant height.

절간수는 무처리와 경엽처리에서는 유의차가 없었으나 종자처리는 5mg · L⁻¹-6시간을 제외하고 절간수가 감소하였다. 절간장 길이는 경엽처리가 종자처리보다 더 억제되었고 종자처리는 하배측에서 억제를 보였으나 절간장에서는 빠른 회복을 보였다(표 1-6).

표 1-6. Effect of foliar spray and soaking seeds in diniconazol on the internode length of tomato seedlings

Concentration (mg · L ⁻¹)	Soaking hours	Internode length(cm)					
		1	2	3	4	5	6
control (no spray)		5.7a ^z	4.4a	5.1b	4.0a	3.2ab	1.3a
	5 ^y	2.8d	2.0c	3.1c	2.5c	1.9d	1.2a
5	6	6.0a	5.2a	6.8a	4.4a	4.1a	1.0ab
	12	3.7bc	3.6b	5.3b	3.6a-c	2.3b-d	-
10	3	4.1b	4.8a	5.0b	3.6a-c	2.5b-d	-
	6	3.1cd	3.6b	3.7c	3.0bc	2.0cd	-
50	1	4.2b	5.5a	5.5a	4.2ab	2.7bcd	-
	3	4.2b	3.5b	6.8b	4.1ab	2.7bcd	-

^zMean separation by duncan's multiple range test at 5% level.

^yFoliar spray treatment at 26days after seeding.

엽록소 함량은 파종 31일 후 엽록소가 감소하였다. 그러나 엽처리를 한 토마토에서 엽록소 함량은 변화가 없이 무처리와 다른 처리구보다 높았다. 잎의 농록화 현상은 pacrobutrzol 또는 uniconazole을 처리한 비자나무(Lecain 등, 1986)와 쥐똥나무에서도 보고되었다.

Susan(1991)은 성숙한 잎에 약제를 처리했을 경우 약제 영향을 받지 않아 엽록소 함량에는 변화가 없다고 보고하였다. 약제 처리한 잎이 다시 확장되었을 때는 오히려 무처리보다 엽록소함량이 적다고 보고하였다. Uniconazole을 처리한 밀에서는 엽록소 크기를 증가시켰고 (Gao 등, 1988), 무궁화에서는 엽록소함량을 증가시켰다고 보고하였다(Wang과 Gregg, 1989). 그러나 Stephen 등(1985)은 pacroburazol이 사과와 배의 새로 난 줄기와 단가지의 경우

그 엽록소 함량에는 영향을 미치지 못하였다고 보고하였다.

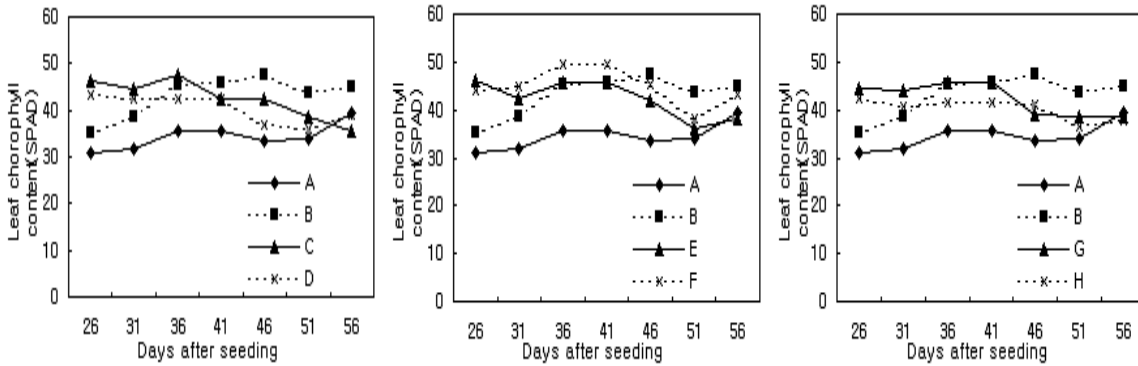


그림 1-4. Effect of foliar spray and soaking seeds in diniconazol on the plant height of tomato seedlings. Control: A, Foliar spray treatment: B- $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Seed treatment: C- $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (6hours), D- $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (12hours), E- $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (3hours), F- $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (6hours), G- $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (1hour), H- $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (3hours)

오히려 약제 처리 및 재배 방법에 따라 엽록소 함량에 영향을 미친다고 보고하였다. 본 실험에서도 종자 처리된 토마토의 약제 효과가 떨어지면서 잎이 확장되어 엽록소 함량이 줄어드는 것으로 생각되어지며 엽처리는 다 성숙하지 않은 잎에 직접 처리함으로써 약제 영향을 직접 받아 엽이 확장 되지 않아서 농록화 현상과 엽록소함량이 변화하지 않은 것으로 여겨진다. Diniconazol의 엽처리와 종자처리가 토마토의 생체중, 건물중, 및 T/R율에 미치는 영향은 토마토는 무처리에 비해 생체중이 작았으나 $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ -6시간을 제외하고 처리간의 유의차는 없었다. T/R율은 $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ -12시간, $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ -3시간, 6시간이 가장 좋은 것으로 나타났다. 엽처리 한 $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 이 다른 처리구에 비해 엽무게가 나가는 것은 엽면적은 적었으나 잎이 두꺼워지고 그 만큼 조직이 치밀해졌기 때문이라 생각된다(표 1-7).

표 1-7. Effects of foliar spray and soaking seeds in diniconazol on the fresh weight, dry weight, T/R ratio and LAR of tomato seedlings

Concentration ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Soaking hours	Fresh weight(g/plant)			Dry weight(g/plant)			T/R ratio
		Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root	
control (no spray)		8.31a ^z	5.36a	1.45abc	0.85a	0.46a	0.13a	10.09a
5 ^y		6.21b	3.53c	1.55ab	0.67b	0.31bc	0.12a	8.01ab
5	6	6.56b	4.63b	1.38bc	0.51c	0.30bc	0.10a	7.82ab
	12	5.45b	4.61b	1.59ab	0.48cd	0.26cd	0.10a	7.48b
10	3	5.48b	3.58c	1.18c	0.54c	0.29bcd	0.09a	7.26b
	6	4.23c	3.40c	1.69a	0.40d	0.23d	0.12a	7.04b
50	1	6.09b	4.75ab	0.81e	0.53c	0.34b	0.08a	10.12a
	3	5.58b	4.01bc	1.13d	0.49c	0.27cd	0.13a	10.00a

^zMean separation by duncan's multiple range test at 5% level.

^yMean foliar spray treatment at 26days after seeding.

경엽처리와 종자처리를 비교해 본 결과 경엽처리 $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 과 종자처리 $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ -6시간이 각각 32.9%, 29.8%로 가장 이상적인 왜화율을 보였다. 하배축 억제에 있어서도 경엽처리 종자처리 모두 효과적이었으나 종자처리가 농도와 침지시간에 따라 더 효과적으로 나타났다. 그러나 경경, 엽두께에서 경엽처리가 종자처리보다 굵고 두껍게 나타났으며 엽수와 절간수에서도 경엽처리에는 영향을 미치지 않았으나 종자처리는 경엽처리에 비해 감소함을

볼 수 있었다. 엽면적도 경엽처리가 종자처리보다 작고 농록화 현상이 더 진하게 나타나 묘의 강건함을 더해주었다. 종자 처리는 파종 후 유묘 출현 속도에 영향을 주는데 농도가 높고 침지 시간이 길거나 약제농도가 낮고 침지 시간이 길면 유묘출현속도는 느려 묘간의 생육의 차이가 많이 났다.

그러나 농도가 높고 침지시간이 짧거나 농도가 낮고 침지시간이 짧으면 유묘 출현 속도가 빨라지고 묘간의 생육차이도 거의 없었다. 이러한 경우 약제 지속 효과도 빨리 상쇄되는 효과가 있으나 육묘기간 중 도장억제문제를 해결하는데 어려움이 있다. 본 실험에서 시간이 지나면서 종자 처리한 토마토 묘가 경엽처리보다 빠른 초장의 신장회복이 보였으나 줄기의 직경이 얇아지고 단단하지 않아 쉽게 도장이 나타나고 발육속도도 무처리보다 느린 경향을 나타냈다. 그러나 경엽처리는 묘의 발육속도에 거의 영향을 미치지 않았으며 왜화되는 기간은 종자처리보다 다소 길었으나 줄기가 단단하고 엽이 두껍고 잎이 더욱 진하게 나타나 농가에서 건묘로써 재배하기가 더 적합한 것으로 판단된다. 그러나 정식 후 약제 지속성과 전반적 생육에 미치는 영향을 더 비교 연구해야할 필요성이 있다.

(2) Diniconazol처리가 토마토 묘의 도장억제에 미치는 영향

가. 연구기간: 2008. 8. ~ 2009. 7

나. 연구방법

본 실험은 강원대학교 원예학과 유리온실에서 수행하였다. 공시작물은 흥농종묘(주) '서광 토마토'로써 암조건에서 최아 후 원예상토를 사용하여 72공 trail에 파종 하였으며, 파종 54 일 후 35공 trail에 가식하였다. 시비는 일본 원시배양액을 1/2농도로 (EC 1.1MS/cm, PH6.5)로 1주일에 3번 육묘 종료까지 두상관수 하였다.

Diniconazol 처리농도는, $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $20\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 및 무처리(대조구) 5 수준으로 처리하였고, 약제처리 시기는 파종 후 25일째 처리 후 7일 간격으로 각각 32일, 39일 3단계 처리하였다. Diniconazol은 유효성분은 5%인 (주)동방아그로 '빈나리'를 사용하였다. 약제 처리는 해질 녘에 경엽처리를 하였고 식물체에 전체적으로 약제가 묻도록 충분히 뿌려 주었다. 최종조사는 초장, 하배축, 절간장, 경경, 엽수, 엽록소, 엽면적, 생체중, 건물중, T/R율(지상부/지하부), LAR(엽면적/작물의 건물중)과 토마토육묘 기간 중에 diniconazol 약제가 정식 후에도 토마토에 미치는 영향을 알아보려고 육묘 종료 후 비닐하우스에 처리시기별 농도처리 당 5개체씩 사경배드에 정식 후 7일 간격으로 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

토마토 육묘시기에 따른 Diniconazol 처리농도가 묘에 미치는 영향을 보면 약제 농도가 높을수록 처리시기가 빠를수록 초장의 신장억제가 더 잘 나타났다(표 1). 처리시기 1단계 저농도 $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서는 24.2%의 왜화율을 나타냈으며 2단계에서는 10.2%의 왜화율을 나타냈다. 1단계 고농도 $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 43.9%의 과도한 왜화를 나타냈으나 2단계에서는 38.9%, 3단계에서는 18.4%로 처리시기가 늦을수록 왜화율이 감소되는 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 육묘시기가 늦을수록 묘가 diniconazol의 약제에 대한 영향을 적게 받는 것으로 나타났다(표 1-8, 그림 1-5)

표 1-8. Effects of diniconazol treatment on the growth characteristics of tomato seedlings

Growth stage	Concentration (mg · L ⁻¹)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No .of leaves	Leaf chlorophyll content(SPAD)	Leaf area (cm ²)
Control (no spray)		24.4a ^y (100) ^x	4.8d	8.0a	38.4e	202.0a
1st stage 25days ^z	5	18.5de (76)	5.7a-c	8.0a	43.5cd	180.7a-c
	10	15.1g (62)	5.4bc	8.1a	47.9a-c	164.0b-e
	20	14.2g (58)	5.5bc	7.4b	51.6a	153.0d-f
	50	13.7g (56)	6.1a	7.3b	50.6ab	138.6f
2nd stage 32days	5	21.9b (90)	5.8ab	8.1a	42.8d	184.8a-c
	10	18.2ef (75)	5.9ab	8.0a	43.5d	177.4b-d
	20	16.8f (69)	5.4bc	7.9a	46.3b-d	147.2ef
	50	14.9g (61)	5.5bc	8.0a	47.4a-c	145.2ef
3rd stage 39days	10	21.9b (90)	5.9ab	8.0a	42.5d	193.3ab
	20	20.7bc (87)	5.5bc	8.1a	43.6cd	174.1b-d
	50	19.9cd (82)	5.2cd	8.3a	44.6c	168.1c-e

^zDays after seeding

^yMean separation by duncan's multiple range test at 5% level.

^xIncrement of tomato plant height

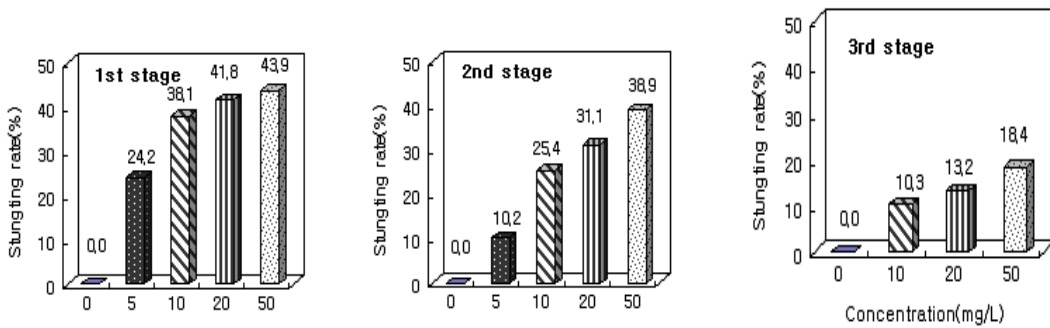


그림 1-5. Effect of diniconazol treatment on the stunting rate(%) of tomato seedlings

줄기의 직경은 처리시기 및 처리농도간의 유의성은 없었으나 무처리 보다는 줄기의 직경의 굵기가 굵게 나타났다. 엽수는 처리시기 및 농도간의 일정한 경향과 유의성은 없었으나 1 단계 처리 20mg · L⁻¹, 50mg · L⁻¹이 다소 무처리에 비해 엽수가 적어짐을 볼 수 있었다. 엽록소 함량은 고농도로 갈수록 높았으며 처리시기간의 유의성은 없었으며 엽면적은 처리농도가 높을수록 감소하였다(표 1-8). 이는 Strerrett(1985)등은 사과에서 Stang과 Weis(1984)는 딸기에서 Suh와 Chung(1986)은 오이에서 pacrobutrazole을 처리했을 때 엽면적이 감소한다는 보고와 일치하였다. 또한 약제 처리된 잎들이 처리 농도가 높을수록 darker green 이 되는 경향이 있는데 이것은 잎의 단위 면적당 chlorophyll농도의 증가 때문이라고 보고 되었다(Sankhla 등, 1985; Fletcher 와 Arnold 1986; Flethcher 등, 1988; Suh, 1986). Diniconazol 처리시기별 약제처리가 토마토 묘의 절간신장에 미치는 영향을 보면 처리시기가 빠를수록 농도가 높을수록 절간신장이 더 억제되는 것을 볼 수 있었다(그림. 1-6).

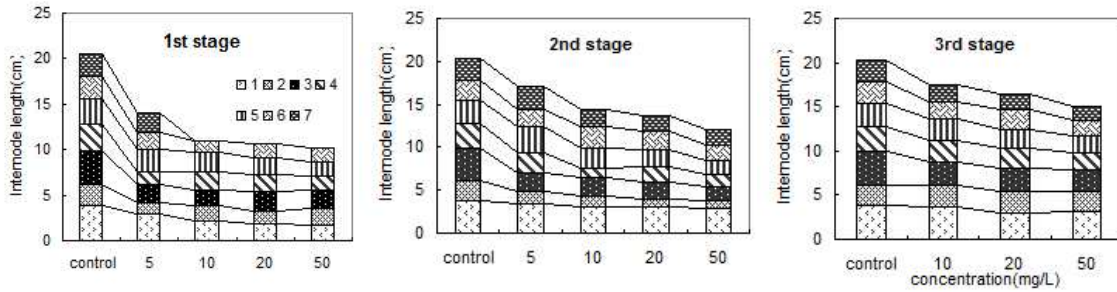


그림 1-6. Effect of diniconazole treatment on the internode length of tomato seedlings

1단계에서 diniconazole 약제처리는 본엽 2매 때 처리하였는데 모두 1절부터 약제의 영향을 받아 1절의 절간신장이 억제되었고 농도가 높아질수록 1절 절간신장의 억제현상이 더 크게 나타나는 경향이 있었다. $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서는 4절까지는 계속 억제를 보였고 5절에서는 회복을 나타냈으나 나머지 처리구에서는 절간신장이 계속 억제되었다. 2단계는 본엽 3~4매 때 처리하였는데 1절에서는 다소 절간신장이 억제되었으나 무처리와 차이가 없었으며 2절부터 절간신장 억제 현상이 나타났다. 4절까지 모두 절간신장이 억제되었으며 5절부터 절간신장이 회복되는 경향이 나타났다. 3단계는 3절에서 약제 영향을 받아 농도가 높아질수록 3절 절간신장이 짧아지는 것을 볼 수 있었으나 나머지 절간에서는 처리간의 큰 차이는 없었다. 결과로 처리시기가 빠를수록 농도가 높을수록 억제되는 절간수가 많은 것을 알 수 있었으며 처음에 약제를 닿는 부위가 가장 절간신장 억제가 심하게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 이는 Fisher 등(1996)과 Gent(1997)도 생장 억제의 지속효과는 처리시기와 농도에 대략적으로 비례한다는 보고와 유사하였다. 또한 처음 약제처리를 받은 절간장에서 가장 크게 약제의 영향을 받았으며 거의 성숙된 절간장에서는 약제를 처리하여도 약제 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타났다.

생체중, 건물중 모두 처리시기별 일정한 경향이 보이지 않았다. 1단계에서는 처리농도가 높을수록 잎과 줄기의 생체중, 건물중이 감소했고 뿌리는 $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 을 제외한 농도에서는 무처리보다 높았으나 건물중에서는 유의성이 없었다. T/R율은 처리시기 및 처리농도에 따른 유의성이 없었다. 1단계 $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 T/R율이 가장 낮았으나 작물의 충실도를 보기 위해 LAR을 한 결과 1단계 $5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 이 가장 높은 것으로 나타났다(표 1-9). triazole계 약제들이 지상부에는 크게 영향을 미치나 지하부에는 지상부만큼 영향을 미치지 않는 보고와 유사했으나(Flectchr 등 1986; Sekimoto 등 1998; Seong, 2003; Zhang, 2003) 본 실험에서 T/R율로 건묘를 판단하기에는 적합하지 않은 것으로 나타났다.

표 1-9. Effects of diniconazol treatment on Fresh weight, Dry weight, T/R ratio and LAR of tomato seedlings

Growth stage	Concentration (mg · L ⁻¹)	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (g/plant)			T/R ratio	LAR ^x
		Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root		
Control (no spray)		9.4ab ^y	5.1a-c	4.2a-d	0.9ab	0.47a	0.31a	4.8a-c	119.8ab
1st stage 25days ^z	5	10.0a	4.0ef	3.5d	0.9ab	0.33d	0.24a	5.3ab	126.0ab
	10	8.0b	4.4c-f	4.4a-d	0.8bc	0.34cd	0.30a	3.8de	115.6a-c
	20	9.2ab	4.6b-e	5.3ab	0.9ab	0.36b-d	0.33a	4.0c-e	94.5c-e
	50	8.0a	4.8b-d	4.8a-d	0.6c	0.43a-c	0.32a	3.6e	105.4a-e
2nd stage 32days	5	10.2a	5.1a-c	3.6cd	1.1a	0.43a-c	0.28a	5.4a	108.1a-e
	10	9.0ab	4.8b-d	3.3d	0.9ab	0.38b-d	0.27a	5.0ab	113.8a-d
	20	8.8ab	3.8f	5.4a	1.0ab	0.37b-d	0.34a	4.0c-e	89.6e
	50	9.4ab	4.1def	3.4d	0.9ab	0.34d	0.29a	4.4b-e	97.6b-e
3rd stage 39days	10	9.8a	5.2ab	4.0a-d	1.0ab	0.45ab	0.31a	4.7a-e	112.8a-d
	20	9.1ab	4.8b-d	3.9bcd	1.0ab	0.45ab	0.28a	5.5a	99.7b-e
	50	10.0a	5.5a	5.0abc	1.1a	0.48a	0.36a	4.8abc	91.8de

^zDays after seeding

^yMean separation by duncan's multiple range test at 5% level.

^xLeaf area/Dry weight of a tomato seedling

약제 지속성이 생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 처리시기에 따라 농도별로 diniconazol을 처리 후 7일 마다 초장의 신장 변화를 보았다(그림. 1-7). 1단계 처리(본엽 2매, 4/2약제 처리)에서는 모든 처리구가 무처리에 비하여 초장이 현저하게 신장하는 것을 볼 수 있었다. 특히 5mg · L⁻¹을 제외하고 그 외의 농도에서는 농도에 관계없이 무처리에 비해 과도하게 초장의 신장이 억제되었다. 2단계(본엽 3~4매, 4/9약제 처리) 5mg · L⁻¹에서는 다른 처리구와 마찬가지로 약제처리 4주(5/7)까지는 무처리 비해 초장이 과도하게 억제되었으나 그 이후부터는 빠른 회복을 나타내어 무처리의 신장속도를 거의 따라가는 것을 볼 수 있었다. 그러나 그 외의 농도에서는 1단계 5mg · L⁻¹을 제외한 농도와 마찬가지로 육묘 종료 때에는 무처리 비해 현저하게 초장의 신장이 억제되는 것을 볼 수 있었다. 3단계(본엽 4~5매, 4/16약제처리)에서는 약제처리 후 모든 처리구가 다소 무처리보다 초장이 억제되었으나 육묘 종료 때는 모든 처리구가 무처리를 거의 따라 갔으며 다른 처리시기에 비해 초장의 신장억제가 감소된 것을 볼 수 있다. 위의 결과에서 1단계, 2단계 5mg · L⁻¹은 약제처리 후 초장은 신장억제가 나타났으나 일정한 시간이 지나면 빠른 회복을 보였고 그 외의 농도에서는 초장의 신장억제가 계속 나타났다. 이처럼 시기가 늦을수록 초장의 신장억제가 감소하는 것을 볼 수 있었다. 3단계에서는 약제의 영향을 받기는 하나 초장의 억제기간이 짧고 빨리 회복 되어 무처리와 비슷하게 신장하는 경향을 보였다. 처리시기가 늦을수록 토마토 묘의 초장의 신장에 diniconazol 약제가 미치는 영향이 감소하는 것을 알 수 있었다.

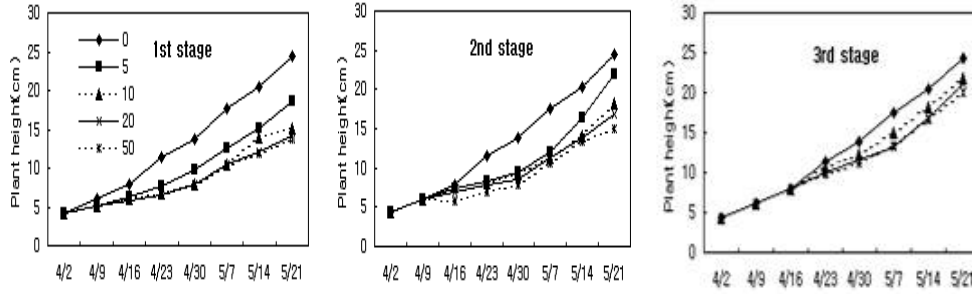


그림 1-7. Effect of dniconazole treatment on the plant height of tomato seedlings. Concentration:5, 10, 20, 50(mg · L⁻¹) and control

7일마다 초장조사를 통해 초장의 성장량의 변화를 본 결과 약제 처리 후 모두 무처리에 비해 성장량이 감소한 것을 볼 수 있었다. 1단계에서는 모든 처리구가 약제처리 1주 후 14.2~15.6%의 성장률이 감소하였고, 2단계에서는 약제처리 1주 후 5mg · L⁻¹, 10mg · L⁻¹은 각각 성장률이 5% 감소하였으나 20mg · L⁻¹, 50mg · L⁻¹에서는 각각 11.9%, 13.5%의 성장률이 감소하였다. 3단계에서는 약제 처리 1주 후 모두 5%이상의 성장률이 감소하는 경향을 볼 수 있었다. 약제 처리 1주 후면 시기별 농도에 관계없이 약제 효과가 나타나는 것을 볼 수 있었으며 1단계 5mg · L⁻¹에서는 계속 성장량이 증가가 없이 일정하였고 약제 처리 28일째 무처리보다 성장량이 증가 하였다. 그 외의 처리에서는 21일째 현저히 성장량이 감소하였다가 28일부터 증가하여 35일째 모든 처리구가 무처리와 거의 동일한 성장량을 나타내는 것을 볼 수 있었다. 2단계에서는 약제 처리 2, 3주 후 모두 급격하게 성장량이 감소하였고 약제 처리 후 4주(28일)부터 5mg · L⁻¹과 10mg · L⁻¹은 무처리와 성장량이 비슷하였고 20mg · L⁻¹, 50mg · L⁻¹은 무처리보다 성장량이 증가 하였다. 이때부터 성장량이 다시 회복된 것으로 생각되어진다. 3단계에서는 약제 처리 1주 후 농도간의 성장량의 차이가 확실하게 나타났고 2주까지 계속 감소하는 경향을 나타냈으나 처리 4주(35일)부터 무처리보다 성장량이 증가하였다. 1단계에서는 약제 지속기간이 5주, 2단계, 3단계는 각각 4주, 4주 정도 지속효과가 나타났다. 그러나 성장량의 증감으로 볼 때 2단계에서 가장 급격히 성장량이 감소하였다가 증가하였으며 3단계에서는 성장량이 감소하기는 하였으나 1단계, 2단계만큼 성장량에는 영향을 주지 않는 것으로 보인다. 처리시기가 빠르고 처리농도가 높을수록 약제 지속효과가 오래 지속됨을 알 수 있었으며 처리시가 늦을수록 약제 영향을 받으나 빨리 회복하는 것을 볼 수 있었다(그림. 1-8).

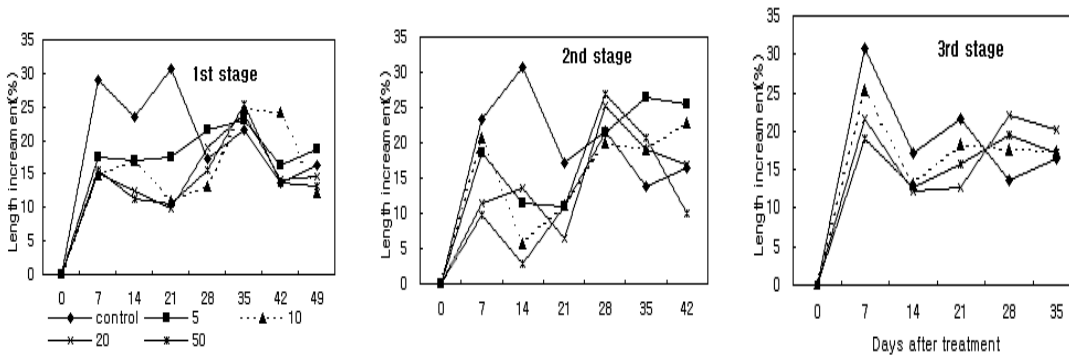


그림 1-8. Effect of diniconazol treatment on the length increment of tomato seedlings. Concentration:5, 10, 20, 50(mg · L⁻¹) and control

육묘 종료 후 사경배드에 각 처리시기별 정식 후 초장의 신장을 조사한 결과 1단계, 2단계, 3단계에서 $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 은 모두 무처리(대조구)와 거의 같은 신장을 나타내었고 $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 은 초기 1단계 때 처리한 것은 너무 어린시기에 고농도로 처리를 하여 초장의 신장 속도가 다소 느린 것을 볼 수 있었다. 2단계, 3단계 때는 정식 후 28일까지는 다소 늦게 초장이 신장하였으나 그 후에는 무처리와 유의차 없이 초장이 신장하는 것을 볼 수 있었다. 너무 높은 diniconazol 농도로 육묘초기에 처리했을 경우는 정식 후에도 신장하는데 영향을 주는 것을 볼 수 있었으며 처리시기가 늦을수록 약제 지속성이 떨어지는 것을 알 수 있었다(그림. 1-9)

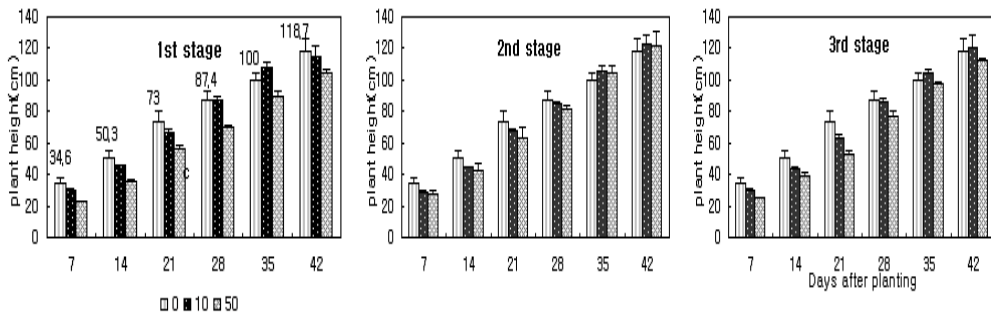


그림 1-9. Effect of diniconazol treatment on plant height of tomato plant after planting. Concentration; 10, 50($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) and control

약제의 지속성은 대략적으로 처음에 처리한 약제의 농도와 비례한다고 Fisher 등(1996)이 보고하였다. Dicks 와 Charles Edwafds(1973)은 daminozide를 처리한 Chrysanthemum morifolium(식용국화)에서 수확 후에도 줄기 신장률을 결정하는 것은 줄기에 남아있는 daminozide의 농도에 관계된다고 보고하였다. 식용 국화내의 약제의 처음 처리된 농도는 daminozide 처리 양과 비례되나 점차 시간이 지남에 따라 줄기에서 daminozide농도가 줄어들었다고 보고하였다. 이처럼 토마토도 생물량이 빨리 증가하기 때문에 약제의 농도가 희석되어 빨리 회복이 된 것으로 여겨진다.

2. 근권부 성장 촉진을 위한 친환경 소재 탐색

(1) 규산액제 농도별 토마토의 생육에 미치는 영향

가. 연구기간: 2009. 8 ~ 2010. 1

나. 연구방법

시험에 공시한 규산질 비료(새턴바이오텍, Korea)는 규산함량 4.5~4.7% 첨가된 토양시비용인 규산입제와 규산함량28% 첨가된 엽면시비용인 규산액제 두 가지로 사용하였다. 시험포장은 춘천시 동내면 지내 리에 있는 호반 영농조합에서 수행하였다. 시험작물로는 토마토를 파종 2주 후에 32 공 플러그 트레이로 이식하였고 규산처리를 하였다. 규산입제로는 토마토에 0, 1, 3, 5, 11 g/plant를 한번 씩 처리하였다. 규산액제로는 토마토에 0, 1600, 800, 400, 200, 100, 50, 25배를 5일 간격으로 4번 처리하였다. 생육조사는 농촌진흥청 농사시험 연구조사기준(Rural Development Administration)에 준하여 초장, 엽장, 엽폭, 엽두께, 엽수, 경경, 지상부 생체중과 건물중, 지하부 생체중과 건물중 등 측정하였다. 엽록소측정에서는 Chlorophyll meter(SPAD502, Minolta, Japan) 를 이용하였고, 경경은 Mitutoyo (CD20

CPX, Japan)로 측정하였다. 통계처리는 Duncan의 다중비교 (DMART) 로 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

다. 연구결과 및 고찰

규산처리가 플러그묘의 생육에 미치는 영향을 조사했다. 먼저 토마토에 규산입제를 처리하였을 때 규산 5g에서 초장이 37.9cm되어 다른 처리구에 비해 세력이 우세하였다. 11g/plant 처리구는 생장은 억제되었으며 장애 없이 잘 활착되어진 것이라 생각되어진다 (그림2-1).

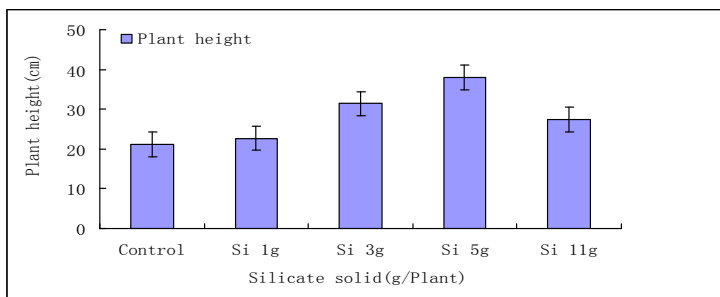


그림 2-1. Changes of silicate solid treated on plant height of offspring tomato

규산액제를 저농도로 처리하였을 때 토마토 초장은 우세하였고 400배에서 초장은 52.5cm로 가장 높은 것을 나타내었다(Fig 2-2). 고농도일수록 초세가 억제되며 25배로 사용하려면 생장은 대단히 억제되었고 12.5배로 처리하면 흡수를 못 하여 생육장애가 심각하였고, 뿌리가 갈변되면서 썩기 때문에 토마토묘가 고사한 것이라 생각되어진다.

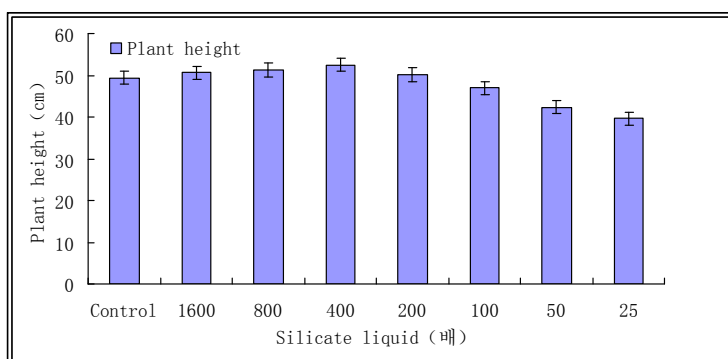


그림 2-2. 규산액제 처리농도별 토마토 육묘의 초장비교

파종 후 24일까지 토마토 생육에 변화가 없었으나 34일에 토마토 초장이 34.94cm로 다른 처리구에 비해 가장 생육이 우세하게 나타났으며, 25 배 처리구는 17.08cm로 가장 저조하였다(Fig 2-3). Fig 4를 보면 규산 처리구가 control과 비교하여 뿌리량이 증진된 것을 확인할 수 있었다. 또한 엽크기(엽장, 엽폭), 엽록소, 생체중의 지상부와 지하부는 유의성을 나타냈고 엽두께, 경경, 잎수, 건물중은 차이가 보이지 않았다(표 2-1, 표 2-2).

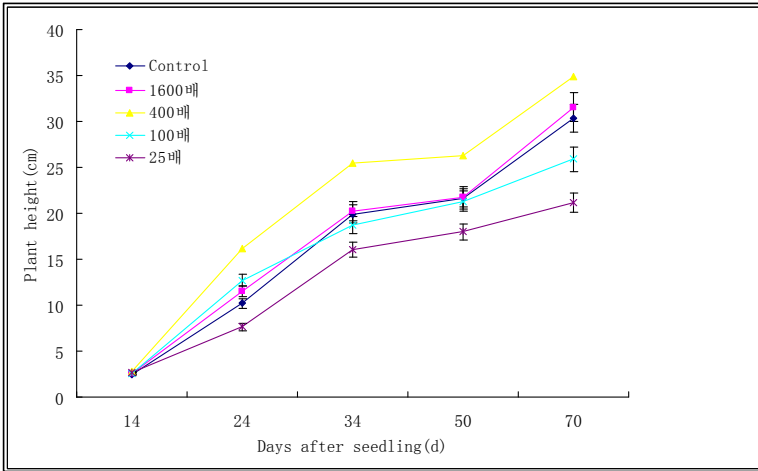


그림 2-3. 규산 처리농도별 토마토 육묘의 초장비교(파종 55일후)



그림 2-4. 규산 처리농도별 초기생육비교 (파종 35일후)

표 2-1. 규산 처리농도별 토마토 육묘의 생육비교(파종 55일후)

	leaf length (cm)	leaf width (cm)	leaf thickness (mm)	Chlorophyll (SPAD)	Stem diameter (mm)	No. of Leaves
control	10.81c ^y	7.91b	0.32b	31.91b	4.90ab	9.5bc
1600배	17.43b	12.34a	0.39a	33.97ab	5.04a	9.67bc
400배	18.65ab	13.25a	0.33b	34.59a	4.82ab	10.11ab
100배	19.65a	13.12a	0.30b	32.46ab	5.07a	10.67a
25배	11.37c	8.46b	0.32b	34.26a	4.49b	9.44c

^y means separation within columns by Duncan's multiple range test, 5%

표 2-2. 규산 처리농도별 토마토 육묘의 생체중 및 건물중 비교(파종 55일후)

	Fresh Weight			Dry Weight		
	Shoot(g)	Root(g)	S/R ratio	Shoot(g)	Root(g)	S/R ratio
control	16.62by	4.73ab	0.28	1.10b	0.25b	0.23
1600배	22.65a	5.30a	0.23	1.31ab	0.32ab	0.24
400배	22.68a	5.03a	0.22	1.45a	0.30ab	0.21
100배	25.3a	5.11a	0.2	1.50d	0.34a	0.22
25배	17.83a	4.10b	0.23	1.01b	0.25b	0.25

* y means separation within columns by Duncan's multiple range test, 5%

(2) 규산처리가 토마토의 환경 스트레스 내성에 미치는 영향

가. 연구기간: 2009. 8 ~ 2010. 1

나. 연구방법

규산처리 된 토마토에 대한 환경 스트레스의 내성을 알아보기 위하여 규산액제로는 토마토에 0, 1000, 500, 250배를 7일 간격으로 4번씩 처리하였다. 또한 24시간 1번씩 두상관수하였으며 상온(20℃)과 고온 조건(42±0.5℃) 하에서 수행하였다. 생육조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(Rural Development Administration)에 준하여 초장, 엽장, 엽폭, 엽두께, 엽수, 경경, 지상부 생체중과 건물중, 지하부 생체중과 건물중 등 측정하였다. 엽록소측정에서는 Chlorophyll meter(SPAD 502, Minolta, Japan) 를 이용하였고, 경경은 Mitutoyo (CD20 CPX, Japan)로 측정하였다. 통계처리는 Duncan의 다중비교 (DMART) 로 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

다. 연구결과 및 고찰

그림 5에서는1600, 400배 처리구는 시비횟수에 따라 생육을 촉진한 효과가 나타났으며400 배 처리구에서는 초장이 41.13cm 되었다. 25배 처리구는 생육을 억제하였고 초세가 가장 저조하였다(그림 2-5).

같은 환경 조건에서는 규산 처리구는 control에 비해 우세가 뚜렷히 보일 수 있었다(Saeed, 2009). 규산액제 500배에서는 control에 비해 확연한 차이를 나타냈다(그림 2-6). 상온(20℃)에서는142 hr 때 control 처리구는 먼저 전체적으로 시들었으며 규산시비농도에 따라 토마토는 건조 스트레스에 대한 내성이 우세하였다. 물을 준 7 hr 때는 250배 처리구는 회복한 개체수가 가장 많았다(그림 2-7, 그림 2-8). 규산 농도를 높을수록 작물 수명은 무처리보다 길어진다는 Lee(2009)보고와 일치하였다.

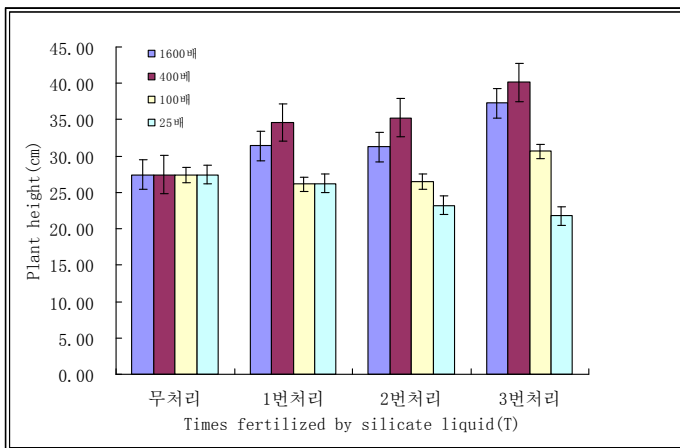


그림 2-5. 규산 처리횟수별 초기생육 토마토 초장비교(파종 35일후)

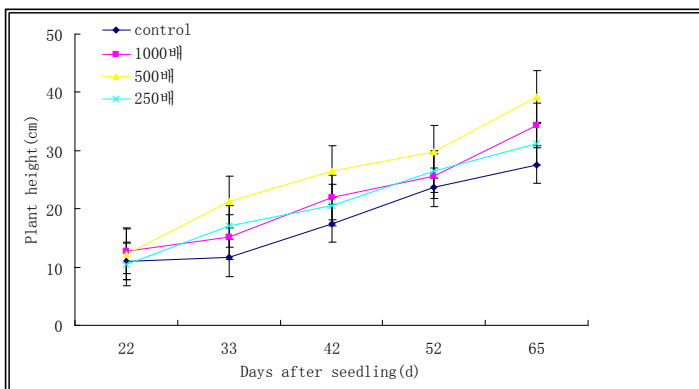


그림 2-6. 규산액제 처리구별 초기생육 토마토 초장비교

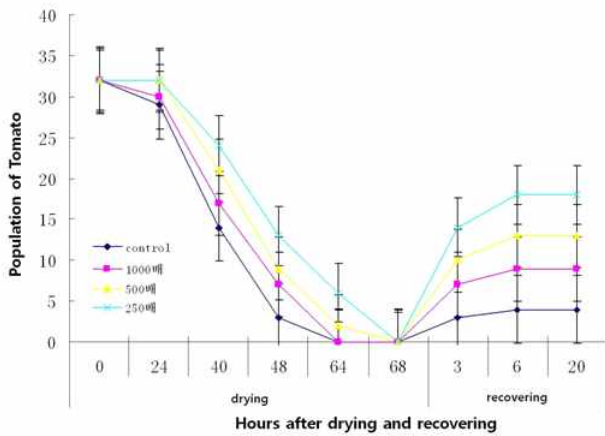


그림 2-7. 규산액제 처리구별 토마토의 건조(20°C)스트레스 및 회복력비교

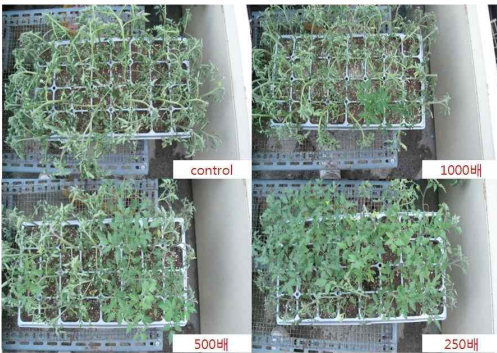


그림 2-8. 규산액제 처리구별 초기생육 토마토 건조(20°C)스트레스에 있어 생존개체수 비교(건조 142hr)

42±0.5°C로 설정되었으며 64 hr시기에 control, 1000배 2개 처리구에서는 전체적으로 시들었으며, 250배 처리구에서는 68 hr에서 전체적으로 시들었다. Control 처리구에서는 토마토 묘가 회복하지 못하여 4개만 활착되었으며 250배 처리구에서는 활착된 개체수가 18개 되었고, 생존율56% 가장 높았지만 control 처리구에서는 건전률은 12.5% 초과되었다(최, 2009) (그림 2-9). 고온 (42±0.5°C)에서는 46hr 때 control 처리구에서는 완전히 시들었으며 규산 시비농도에 따라 토마토는 고온, 건조스트레스에 대한 내성이 강해진 경향을 확인할 수 있었다 (그림 2-10). Control, 1000, 500배 처리구에서는 생장점이 죽었으며 250배 처리구에서는 생장점이 뚜렷하게 활착되었다(그림 2-11).

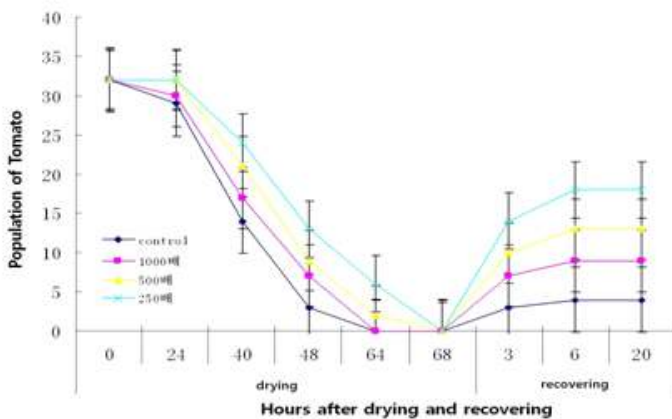


그림 2-9. 규산액제 처리구별 초기생육 토마토의 건조(42±0.5°C) 스트레스 및 회복력비교



그림 2-10. 규산액제 처리구별 초기생육 토마토 건조(42±0.5℃)스트레스 초장비교(건조 48hr)



그림 2-11. 규산액제 처리구별 성장점 고사 비교

3. 재사용 상토의 이화학적 특성 구명 및 관리 기술 개발

(1) 재사용상토의 이화학적특성 분석

가. 연구기간: 2010. 6. 13 ~ 2010. 9. 29

나. 연구방법

본 실험은 Mix#5(Sungro co., Ltd)의 신규상토(Commercial soil), 공정육묘장에서 대목으로 사용되어진 상토를 120℃, 1.5기압에서 30분 동안 증기소독하여 채로 떨어진 상토인 재사용상토(Reused Soil)를 사용하였다. 공시품종은 몬산토코리아(주)의 ‘청강’ 토마토종자와 신젠타코리아(주)의 ‘한강맛백다다기’ 오이종자를 가지고 27℃에서 최아 후 각각 128공 트레이에 파종하였다. 파종 후 25일경 본 잎이 2~3매 일 때 각각 32공 트레이로 가식하여 지하수로 각 작물별 1일 1회 두상 관수하였다. 실험기간 중 온실의 야간최고온도는 15℃이상, 주간최고온도는 27℃로 유지하였다. 조사주수는 15주로 하였으며 난괴법 3반복으로 배치하였다.

(가) 물리성 분석

본 실험 전에 유럽표준분석방법(CEN분석법)으로 신규상토와 재사용상토의 물리성 분석을 수행하였는데, 추다짐법을 이용하여 상토를 105℃에 16시간 건조시켜 상토 중에 있는 수분을 완전 제거 후 자연스럽게 식힌 후에 압력이 가해지지 않도록 주의하였다. 그리고 105℃로 16시간 건조된 상토를 실린더 캡이 결합된 100ml 금속 실린더(Core)에 상토를 채우고 500g추를 상토에 올려놓고 3분간 방치한 후 내리는 것을 원칙으로 토양 삼상계(DIK-1130)를 이용하여 고상용적(Solid Volume), 기상용적(Air Volume), 입자밀도(Particle Density), 공극률(Pore Space Ratio), 용적밀도(Bulk Density)을 분석하였다.

(나) 보수력 측정

상토의 보수력측정에 있어 수분중량함량은 건조상토의 단위 무게당 수분의 무게를 말하며, 이 시험방법은 샌드박스(Eijkelkamp)을 이용하여 3반복 시험으로 상토를 거름천(filter cloth)으로 하단을 막은 시료관(2 Inch Core-직경 5.08cm, 용적 100cm³)에 하단으로부터 물을 2일간 포화수분장력 1kPa에서 3일간 물을 배수 시킨 무게를 측정하였다. 그 이후 105℃에 16시간 건조시켜 수분을 완전 제거 후 데시케이터에 넣고 상온으로 식힌 후 건조 시료의 무게를 측정하였다.

(다) 화학적 분석

상토의 화학성분석은 생육실험 전후를 토양분석기(Soil spectrophotometer; OPTIZEN 1412SA, Mecasys Co., Ltd., 그림 4.)를 이용하여 NO₃-N, P₂O₅, K, Mg, Ca, SiO₂, CEC, OM의 침출액을 사용하여 상토를 1시간동안 진탕 후 여과지를 사용하여 여과한 액을 각각의 원소의 분석시료와 혼합하였다. 그 이후 Water Bath를 이용하여 1시간동안 반응시킨 후 각각 원소의 상징액을 측정하여 생육실험 전후의 상토내 필수원소의 함량을 측정하였다. 상토의 수소이온농도분석을 위해 pH meter(Fish-20, USA)와 상토의 염류이온농도를 측정하기 위해 EC meter(Orion-50, USA)를 이용하였다. 통계분석은 SAS 9.1을 이용하여 T-검정방법과 Duncan의 다중검정으로 실시하였다.

다. 연구결과 및 고찰

생육실험 전 CEN 상토분석법에 따라 분석한 상토의 물리적 특성은 표 1에 나타내었다. 재사용상토가 39.19g으로 신규상토 14.61g 에 비해 약 2.0~2.5배정도 무거운 것을 나타내었으며, 공극률은 재사용상토가 신규상토에 비해 약 26%가 낮은 것으로 나타났다. 이와 다르게 용적밀도는 공극률과 반비례한 결과를 나타내었다. 보수력은 신규상토가 66.39%로 가장 높았으며, 재사용상토가 50.06%로 신규상토 대비 시 낮은 경향을 나타내었다.

표. 3-1. 신규상토와 재사용상토의 생육 시험 전 물리성 분석

Group	Core (g)	Soil (g)	Air Volume	Paticle ^z Density	Solid Volume	Pore Space Ratio	Bulk ^x Density	Water Retention(1bar) ^y		
								Water wt	Soil wt	Total(%)
commercial soil	108.16	14.61	88.59	1.24	11.41	88.13	0.15	7.44	11.20	66.39%
reused Soil	107.51	39.19	61.70	1.01	38.30	61.10	0.39	6.91	14.19	50.06%

^xBulk Density = Substrates / 100

^yWater Retention(%) = water weight / soil weight x 100

^zPaticle Density = Substrates / Solid Volume

상토의 화학적인 특성을 분석한 것으로 생육실험 전 pH는 신규상토가 6.22로 재사용상토 6.13에 비해 다소 높은 결과를 나타내었으며 토마토와 오이 생육실험 이후에도 실험전과 유사한 결과를 나타내었다. EC(전기전도도)는 실험 전후 별다른 차이를 보이지 않았다. CEC(양이온치환능력)은 생육실험 후 토마토의 신규상토가 재사용상토보다 약 0.30 cmol/kg, 오이의 신규상토가 재사용상토보다 약 0.30 cmol/kg 높은 결과를 나타내었는데 상토내에 상토교질물이 많이 존재하고 이 상토교질물에 영양성분들이 많이 붙어있어서 식물에 성장하기에 필요한 영양성분이 우수한 것을 알 수 있다. OM(유기물, %)은 CEC와 유

사하게 실험 전 신규상토가 재사용상토에 비해 0.60% 큰 차이를 보였다. NO₃-N은 실험 전 후 토마토의 신규상토에서 113.13mg.kg⁻¹에서 32.73mg.kg⁻¹, 재사용상토에서는 101.87mg.kg⁻¹에서 65.22mg.kg⁻¹로 나타났다. 이것은 신규상토가 재사용상토보다 실험 전 후 결과 값의 차이가 크게 나타나 식물체내에 흡수가 우수한 것을 알 수 있다. 오이에서도 마찬가지로 신규상토에서 흡수가 더욱 좋은 것을 나타내었다. P₂O₅, K, Mg, SiO₂에서도 신규상토가 재사용상토보다 식물에 흡수가 우수한 것으로 나타났다. Ca에서는 실험전후로 별다른 차이를 보이지 않았다. 이로써 재사용상토의 품질이 신규상토와 비교 시 전반적으로 품질이 저조한 것을 나타내었다(표 3-2).

표 3-2. 신규상토와 재사용상토의 토마토와 오이 생육시험 전/후 화학성 분석

Crop	Treatment	pH	EC	CEC	OM (%)	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Mg	Ca	SiO ₂
			(mS /cm)	(cmol /kg)							
No cultivation	Commercial soil	6.22	0.16	1.39	4.14	113.13	64.10	167.17	44.52	53.18	124.00
	Reused Soil	6.13	0.10	0.85	3.50	101.87	88.59	85.73	57.73	48.36	139.85
tomato	Commercial soil	6.10	0.14	1.10	3.48	32.73	21.14	111.02	22.45	42.40	117.61
	Reused Soil	6.01	0.13	0.78	3.45	65.22	47.72	51.36	46.16	49.92	125.90
cucumber	Commercial soil	6.15	0.18	1.20	3.86	47.06	44.54	90.97	32.12	57.35	76.88
	Reused Soil	6.04	0.10	0.64	3.22	75.04	40.65	98.56	41.38	48.92	125.90

(2) 재사용상토와 신규상토의 과채류 생육특성비교

가. 연구기간: 2010. 6. 13 ~ 2010. 9. 29

나. 연구방법

본 실험은 재사용상토와 신규상토를 이용하여 생육특성비교를 위하여 시험을 수행하였다. 생육조사는 토마토와 오이를 각각 파종 후 45일과 40일이 경과한 시점에 실시하였으며, 초장, 엽장, 엽폭, 엽록소(Minolta Chlorophyll Meter SPAD-502, Japan), 엽수, 엽면적(Delta-T, Devices Ltd., England), 지상부와 지하부의 생체중과 건물중(Shellab-1501 건조기로 80℃에서 72시간 건조 후 측정), 생체중(지상부, 지하부), 건물중(지상부, 지하부), T/R율(지상부 건물중/지하부 건물중), Compactness(조직의충실도: 건물중과 초장과의 비율), SLA(specific leaf area: 엽면적과 엽건물중의 비율)의 작물생육 관련 조사항목은 2003년 농촌진흥청 발행농사시험연구 조사기준에 의하여 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

그림 3-1은 신규상토와 재사용상토와 비교 시 토마토와 오이의 초장비교를 측정된 것으로 토마토에서 재사용상토가 신규상토에 비해 약 3cm 작은 경향을 보였으며 오이에서는 신규상토와 재사용상토가 별다른 차이를 보이지 않았다

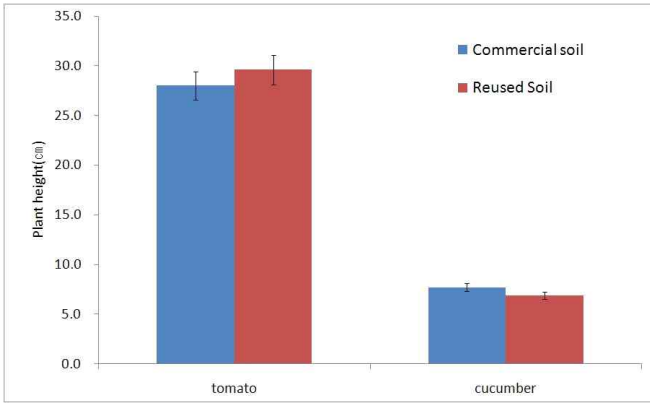


그림 3-1. Effect of reused soil on the plant height of tomato and cucumber. Vertical bars represent \pm SD

재사용상토에 파종 후 45일 되어 진 토마토의 초기생육을 측정한 것으로 엽수에서는 재사용상토가 다른 처리 상토에 비해 유의성 있는 차이를 보였으며, 엽면적도 신규상토와 비교 시 재사용상토가 약 14cm^2 정도 큰 차이를 나타내었다. 잎의 두께의 역수를 의미하는 비엽면적(SLA)은 같은 엽면적 조건하에서 작을수록 바람직한데 여기서 보면 재사용 상토가 다른 상토에 비해 현저하게 높은 수치를 나타내었으며, 묘 조직의 충실도(compactness)를 보면 재사용상토가 신규상토에 비해 약 $7\text{mg}\cdot\text{cm}^{-1}$ 정도 낮은 수치를 보였으며 0.01%의 유의성 있는 보였다. 이것은 묘소질이 신규상토에 비해 품질이 불량한 것을 알 수 있었다. 그리고 파종 후 40일이 된 오이의 초기생육을 보면, 경경, 엽장, 엽폭에서는 유의성 있는 차이를 나타내지 않았으나 엽록소, 엽수는 재사용상토와 비교하였을 때 신규상토가 근소하게 큰 차이를 보였다. 엽면적은 신규상토가 재사용상토에 비해 약 6cm^2 큰 경향을 보였으며 비엽면적에서는 재사용상토가 $105\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ 로 신규상토와 비교하였을 때 약 $9\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ 가 큰 결과를 나타내었다(표 3-3).다음으로 재사용상토가 다른 처리 상토별 토마토의 생체중, 건물중, T/R율을 나타내는데, 생체중의 잎은 신규상토가 재사용상토에 비해 약 0.70g 높은 결과를 보였으며, 줄기는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 건물중의 잎과 뿌리는 유의성 있는 차이를 보이지 않았으며, 지상부와 지하부의 비율인 T/R율을 보면 신규상토가 재사용상토와 비교 시 0.08%로 다소 차이를 나타내었지만 유의성 있는 차이를 보이지 않았다(표 3-4).

표 3-3. Effects on early growth under different treatments of reused soil in tomato (after seedling 45 Day)

Crop	Treatment	Stem diameter (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Leaf chlorophyll (SPAD)	No. of leaves	Leaf area (cm^2)	Specific leaf area ^x ($\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$)	Compactness ^z ($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-1}$)
tomato	commercial soil	4.76	16.0	11.5	39.0	10.1	241.6	311.9	57.5
	reused Soil	4.90	16.1	11.3	38.1	9.5	227.0	340.1	50.8
significant		**	ns	*	ns	*	**	*	*

^z compactness is the values of the plug dry weight divided with the plug height.

^x Specific leaf area is the values of leaf area divided by the leaf dry weight

ns,*,** Nonsignificant or significant by t-test at $P = 0.05, 0.01\%$ level, respectively

표 3-4. Effect of reused Soil on the growth characteristics of tomato seedling such as fresh weight, dry weight, and T/R ratio

Crop	Treatment	Fresh weight			Dry weight			T/R ratio
		Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root	
tomato	commercial soil	6.66	5.28	4.79	0.79	0.49	0.34	2.04
	reused Soil	5.93	5.06	5.21	0.67	0.49	0.35	2.16
significant		*	ns	*	*	ns	*	NS

ns,*,** Nonsignificant or significant by t-test at $P = 0.05, 0.01\%$ level, respectively

(3) 상토 재사용을 위한 적정 혼합비율 구명

가. 연구기간: 2010. 6. 13 ~ 2010. 9. 29

나. 연구방법

(가) 재사용상토와 신규상토의 혼합비율에 따른 이화학적특성 및 과채류 생육특성비교

대조구(control)로 신규상토(commercial soil)와 재사용상토(reused soil), 그리고 재사용상토를 사용하여 100ml 비커에 재사용 상토 혼합 25%(신규상토:재사용상토 =75ml:25ml), 재사용상토 혼합 50%(신규상토 : 재사용상토 = 50ml : 50ml), 재사용상토 혼합 75%(신규상토 : 재사용상토 = 25ml : 75ml)로 대조구와 비교하여 실험을 수행하였다. 기타작물관리 및 환경관리, 실험방법은 실험 1과 동일하였다.



그림 3-2. Comparison of treatment ratio of Commercial soil and Reused Soil ratio (up - Control[commercial soil, reused soil], down- reused soil ratio[25%, 50%, 75%])

(나) 재사용상토가 펠라이트 첨가비율에 따른 이화학적특성 및 과채류 생육특성비교

본 실험은 재사용상토(Reused Soil)에 펠라이트 0%, 5%, 10%, 20%를, 그리고 신규상토 와 재사용상토 1:1 혼합비율(v:v)인 혼합상토(Mixed Soil)에 펠라이트 0%, 5%, 10%, 20%를, 마지막으로 대조구로 신규상토(Commercial soil)를 사용하였다. 펠라이트 첨가 비율(%)은 100ml 비커에 0ml(무첨가), 5ml, 10m, 20ml의 부피로 각각 혼합하였다. 기타 작물관리 및 환경관리, 실험방법은 실험 1과 동일하였다.



그림 3-3. Comparison of Reused Soil, Mixed Soil + Perlite 0%, 5%, 10%, 20% and Commercial soil(Above - Reused Soil, Middle-Mixed Soil, Under-Commercial soil)

다. 연구결과 및 고찰

(가) 재사용상토와 신규상토의 혼합비율에 따른 이화학적특성 및 과채류 생육특성비교

표 3-5는 대조구로 신규상토(commersial soil)와 재사용상토(reused soil), 그리고 재사용상토(reused soil)의 혼합비율(%)에 따른 물리적 특성을 분석한 것이다. 상토의 중량은 신규상토가 가장 가벼웠으며, 재사용상토 혼합비율(%)이 증가할수록 중량이 증가한 것을 나타내었다. 입자밀도(paticle density)는 신규상토가 재사용상토에 비해 약 $0.20\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 수치를 보였으며 공극률(pore space)은 신규상토가 재사용상토에 비해 다소 높은 결과를 나타내었다. 재사용상토 혼합비율(%)이 높아질수록 재사용상토와 근접한 결과를 보였다. 특히 재사용상토 혼합 75%와 재사용상토는 유사한 결과를 보였다. 용적밀도(bulk density, 가비중)는 입자밀도와 공극률과 다르게 재사용상토가 가장 높은 결과를 보였다. 보수력(water retention)은 신규상토가 69.1%, 재사용상토 혼합 25%가 67.4%, 재사용상토 혼합 50%가 67.3%, 재사용상토 혼합 75%가 64.3%, 재사용상토가 61.6%로 재사용상토 혼합비율에 따라 상토의 품질에 다소 차이를 나타내었다. 위의 결과로 보아 재사용상토 혼합25%가 신규상토와 가장 근접한 결과를 보였다. 그리하여 신규상토가 재사용상토 혼합비율과 재사용상토와 비교하였을 때 공극률과 보수력이 다소 높은 결과로 보아 배수성과 수분 보유력이 우수한 것이라 판단된다.

표 3-5. 신규상토와 재사용상토, 혼합 상토(25%,50%,75%)의 생육 시험 전 물리성 분석

Treatment	Core (g)	Soil (g)	Air Volume	^z Paticle Density ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Solid Volume	Pore Space (%)	^x Bulk Density	^y Water Retention(1bar) Water wt	Soil wt	Total(%)	
control	commercial soil	109.25	17.26	91.66	2.07	8.35	91.66	0.17	5.0	7.5	69.1
	reused soil	108.65	28.19	84.54	1.95	15.46	84.54	0.28	6.8	11.0	61.6
reused soil	25%	109.36	21.08	88.49	1.43	11.51	88.49	0.21	6.0	9.0	67.4
	50%	108.89	24.80	87.94	1.79	12.06	87.94	.021	6.2	9.2	67.3
	75%	108.92	27.78	84.97	1.85	15.03	84.97	0.28	6.4	9.9	64.3

^x Bulk Density = Substrates / 100

^y Water Retention(%) = water weight / soil weight x 100

^z Paticle Density = Substrates / Solid Volume

표 3-6은 토마토 생육실험 전 후 대조구인 신규상토와 재사용상토, 그리고 재사용상토 혼합비율(%)의 화학적인 특성을 분석한 것이다. Hanan(1997)과 Nelson (1991)은 대부분의 작물생육에 적합한 토양 pH는 5.5~6.2의 범위라고 제시한 바 있으며 이 실험에서 모든 처리구의 pH는 위의 범위에 들었으며 별다른 차이를 보이지 않았다. 전기전도도 (EC)는 0.23~0.30mS/cm의 범위값을 나타내었으며 실험 전후로 별다른 차이를 나타내지 않았다. 실험 전 NO₃-N에서는 신규상토가 재사용상토에 비해 약 75.00mg.kg⁻¹ 큰 차이를 나타내었고, P₂O₅와 K함량도 위와 유사하게 신규상토가 다소 큰 결과를 보였다. 실험 후 와 실험 전 NO₃-N, P₂O₅, K, Mg함량이 신규상토에서 많은 차이를 나타내었는데 원인이 있을 것으로 생각된다. Ca함량 실험 전후 별다른 차이를 보이지 않았다.

표 3-6. 신규상토와 재사용상토, 혼합 상토(25%,50%,75%)의 토마토와 오이 생육 시험 전/후 화학성 분석

Treatment	pH	EC (mS /cm)	CEC (cmol /kg)	OM (%)	mg.kg ⁻¹						
					NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Mg	Ca	SiO ₂	
before	commercial soil	6.15	0.27	0.98	4.70	181.12	331.15	110.84	58.45	41.01	71.56
	reused soil	5.95	0.29	0.88	4.57	106.61	289.75	66.68	49.90	36.66	54.95
	reused soil 25%	6.08	0.20	0.98	4.65	178.01	295.58	102.91	55.15	42.41	42.06
	reused soil 50%	6.10	0.23	0.95	4.56	157.63	275.77	81.22	42.29	44.91	55.87
	reused soil 75%	6.10	0.25	0.89	4.58	111.75	274.86	77.35	39.88	39.17	55.88
after	commercial soil	6.10	0.28	0.87	4.38	56.65	103.14	40.17	23.44	37.24	42.88
	reused soil	5.94	0.28	0.87	4.48	48.65	223.14	40.17	43.44	33.24	42.88
	reused soil 25%	6.05	0.20	0.84	4.37	55.48	122.73	46.12	35.12	39.21	19.98
	reused soil 50%	6.04	0.22	0.85	4.40	57.30	154.63	44.11	21.91	44.54	41.45
	reused soil 75%	6.09	0.24	0.84	4.31	44.64	192.21	58.94	30.24	38.10	35.45

표 3-7은 오이의 생육실험 전 후 화학성 분석결과를 나타낸 것이다. 실험 전 pH는 신규상토가 재사용상토와 재사용상토 혼합비율(%)보다 다소 높은 결과를 나타내었다. 실험 전 CEC는 신규상토가 다른 처리구에 비해 높았으며 NO₃-N, P₂O₅, SiO₂도 위와 같았다. NO₃-N, P₂O₅, K 함량은 실험 전 후 신규상토와 재사용상토 혼합 25%에서 많이 감소한 것으로 보아 원인이 있을 것이라 생각된다.

표. 3-7. Comparison of chemical characteristics under control and reused soil ratio before and after cultivation in cucumber raising seedling

Treatment	pH	EC (mS /cm)	CEC (cmol /kg)	OM (%)	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Mg	Ca	SiO ₂	
											mg.kg ⁻¹
before	commercial soil	6.24	0.12	0.60	4.20	111.87	241.64	281.21	42.12	48.74	180.54
	reused soil	6.05	0.15	0.51	4.28	76.81	148.28	206.86	39.90	36.66	154.90
	reused soil 25%	6.10	0.20	0.59	4.17	108.07	235.91	275.21	41.91	42.14	172.12
	reused soil 50%	6.12	0.17	0.59	4.45	87.36	202.71	288.17	39.91	40.18	167.44
	reused soil 75%	6.10	0.21	0.52	4.43	78.16	144.27	273.57	34.98	40.17	154.39
after	commercial soil	6.13	0.09	0.54	4.14	45.89	98.08	144.70	35.04	34.14	157.24
	reused soil	6.03	0.09	0.50	4.14	57.89	110.08	174.70	36.04	34.14	142.24
	reused soil 25%	6.05	0.14	0.55	3.97	52.17	122.35	108.65	35.28	35.16	149.81
	reused soil 50%	6.07	0.15	0.56	4.39	48.52	108.41	190.45	30.91	37.40	154.31
	reused soil 75%	6.05	0.20	0.50	4.46	54.15	104.38	196.24	29.41	37.02	148.45

(나) 재사용상토가 펄라이트 첨가비율에 따른 이화학적특성 및 과채류 생육특성비교

그림 3-4는 대조구인 신규상토와 재사용상토, 그리고 재사용상토 혼합비율(%)별 토마토의 초장비교를 나타내었는데, 대조구인 재사용상토가 신규상토와 비교하였을 때 약 4cm 큰 차이를 보였다. 또한 재사용상토 25%와 50% 혼합은 신규상토와 별다른 차이를 보이지 않았다. 재사용상토 혼합 75%는 재사용상토와 다소 유사한 결과를 나타내었다. 재사용상토 혼합비율(%)이 높을수록 초장이 감소하는데 원인이 있을 거라 생각된다.

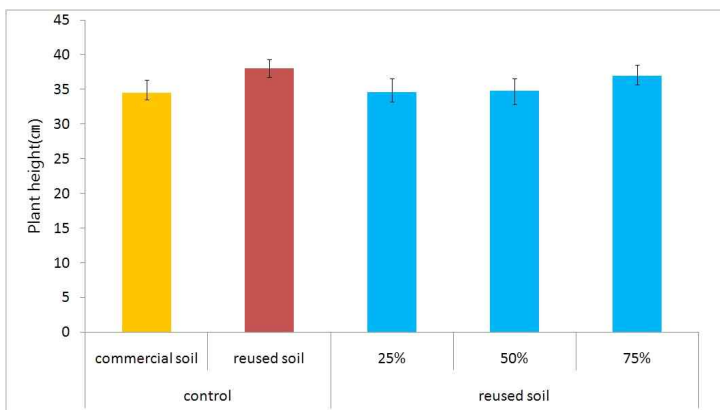


그림 3-4. Comparison of plant height of tomato on control and reused soil ratio. Vertical bars represent \pm SD (상토 처리구별 토마토의 초장의 변화)

대조구와 재사용상토의 혼합비율(%)별 토마토 생육특성을 보면 재사용상토가 신규상토와 비교하였을 때 유의성 있는 차이를 보였다. 재사용상토 혼합 75%도 25%와 50%와 비교 시 유의성 있는 차이를 나타내었다. 엽장, 엽폭, 엽록소, 엽수는 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다. 엽면적은 신규상토가 재사용상토에 비해 약 50cm² 넓은 차이를 나타내었다. 재사용상토 혼합비율(%)이 높을수록 엽면적이 감소하는 결과를 보였다. 엽면적률(SLA:잎의 두께의 역수를 의미)은 재사용상토 혼합 75%와 재사용상토가 유사한 결과를 나타내었다. 묘의 품질을 보는 compactness(조직충실도)를 보면 신규상토가 73.2mg.cm⁻¹로 다른 처리구에 비

해 높은 결과를 나타내었다. 재사용상토 혼합비율(%)이 높아질수록 감소하는 결과를 나타냈으며, 재사용상토와 재사용상토 혼합 75%가 유사한 결과를 보였다. 신규상토와 재사용상토 혼합비율(%)이 적을수록 compactness가 높아지는데 원인이 있을 거라 생각된다(표 3-8). 그리고 대조구와 재사용상토 혼합비율별 토마토의 생체중, 건물중, T/R율을 보면 우선 생체중의 잎, 줄기, 뿌리는 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다. 건물중의 잎에 있어 신규상토는 다른 처리구에 비해 다소 큰 차이를 나타내었다. 줄기는 재사용상토가 신규상토와 재사용상토 혼합비율과 비교하였을 때 높은 차이를 나타내었다. T/R율은 신규상토가 4.77%로 재사용상토 5.40%와 비교하였을 때 다소 큰 차이를 보였으며, 재사용상토 혼합 25%가 신규상토와 가장 근접한 결과를 나타내었다(표 3-9).

표. 3-8. 상토 처리구별 토마토의 생육비교(과중 55일 후)

Treatment	Stem diameter (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Leaf chlorophyll (SPAD)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Specific leaf area ^x (cm ² ·g ⁻¹)	Compactness ^z (mg·cm ⁻¹)	
control	commercial soil	4.76a ^y	15.49a	11.17a	32.88a	12.29a	405.8a	362.3b	73.2a
	reused soil	5.16a	14.13a	11.35a	30.14a	11.94a	349.0c	387.7a	66.5b
reused soil	25%	4.84a	14.63a	10.49a	33.04a	11.94a	386.8ab	364.9b	70.3ab
	50%	4.73a	14.13a	11.04a	31.04a	12.25a	383.2ab	372.1ab	69.5ab
	75%	4.71a	14.71a	10.41a	31.01a	12.13a	360.7b	383.7a	67.3b

^z compactness is the values of the plug dry weight divided with the plug height.

^x Specific leaf area is the values of leaf area divided by the leaf dry weight

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표. 3-9. 상토 처리구별 토마토의 생체중, 건물중, T/R율 비교(과중 55일 후)

Treatment	Fresh weight			Dry weight			T/R ratio	
	Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root		
control	commercial soil	8.69a ^y	7.98a	5.87a	1.12a	0.98b	0.44a	4.77b
	reused soil	8.22a	8.20a	5.60a	0.90b	1.37a	0.42a	5.40a
reused soil	25%	8.51a	8.44a	5.89a	1.06ab	0.97b	0.42a	4.83b
	50%	8.54a	8.24a	5.80a	1.03ab	0.99b	0.41a	4.92b
	75%	8.36a	8.21a	5.67a	0.94b	1.15ab	0.40a	5.22a

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

(4) 상토 재사용 기술개발

가. 연구기간: 2010. 6. 13 ~ 2010. 9. 29

나. 연구방법

(가) 재사용상토의 펄라이트의 혼합비율에 따른 이화학적 특성조사

시험에 공시된 원예용 상토는 시판용 플러그 상토인 Mix#5(Sungro co., Ltd.)의 신규상토(NPM: New Plug Media)와 동일 상토를 공정 육묘장에서 오이와 토마토의 대목용으로 1회 사용한 뒤 폐기된 상토를 본 시험을 통해 설계, 제작된 상토소독기(그림. 3-5, 그림. 3-6)에

120°C, 15기압에서 30분 동안 증기소독한 후 일정기간 실외에서 풍건시킨 상토를 재사용상토(UPM: Used Plug Media)로 규정하여 실험 재료로 사용하였다. 시험은 신규상토와 재사용상토의 이화학적 특성을 조사하고, 각각의 상토에서 토마토와 오이의 묘소질을 비교검토하였다.

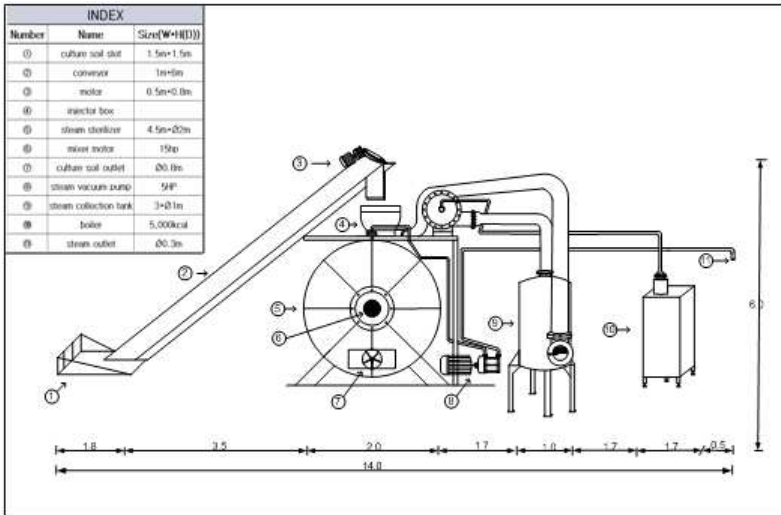


그림 3-5. 증기소독기(상토재생기) 설계도면

① 1회 사용 상토 투입 ② 컨베이어 시스템에 의해 ④번의 상토 투입구를 통해 ⑤번의 상토 증기소독기에서 상토 소독, 소독 완료된 상토는 ⑦번의 상토 토출구를 통해 토출됨



그림. 3-6. Picture of the plug media sterilizer system.



그림. 3-7. 재사용상토 살균 과정.

(나) 재사용상토의 펄라이트 혼합비율이 과채류의 묘소질에 미치는 영향

과채류 플러그 육묘시 재사용상토의 활용 가능성을 타진하기 위해 NPM과 UPM에서 토마토의 묘소질을 비교, 검토하였다. 공시품종은 문산토코리아(주) ‘청강’토마토를 27°C에서 최아 후 각각 128공 트레이에 파종하였다. 파종 후 25일 경 본 잎이 2~3매 일 때 각각 32공 트레이로 가식하여 지하수로 각 작물별로 생육단계에 딸 1일 1~2회 두상 관수하였다. 시비는 토마토 관주용 양액비료인 ‘토마토한방’을 묘의 생육 stage에 맞추어 EC 1.5~2.0수준으로 희석하여 주 2~3회 처리 구별로 동일하게 시비하였다. 실험기간 중 온실의 야간 최고온도는 15°C 이상, 주간최고온도는 27°C로 유지하였다. 조사주수는 처리구당 30주로 하였으며 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였다. 생육조사는 토마토를 파종 후 45일이 경과한 시점에 실시하였으며, 초장, 엽장, 엽폭, 엽록소(Minolta Chlorophyll Meter SPAD-502, Japan),

엽수, 엽면적(Delta-T, Devices Ltd., England), 지상부와 지하부의 생체중과 건물중(Shellab-1501 건조기로 80℃에서 72시간 건조 후 측정), T/R율(지상부 건물중 / 지하부 건물중), Compactness(조직의 충실도: 건물중과 초장과의 비율), SLA(Specific Leaf area: 엽면적과 엽건물중의 비율)등을 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

(가) 재사용상토의 펄라이트의 혼합비율에 따른 이화학적 특성조사

재사용상토에 펄라이트를 혼합하였을 때 비율이 높아질수록 상토의 중량은 다소 감소하였고 용적밀도는 감소하였으나 공극률은 조금 높아졌다. 혼합상토에 펄라이트 혼합하였을 때 비율이 높아질수록 상토의 중량은 감소하였고 펄라이트를 0% 첨가가 5, 10, 20%첨가 비교 시 공극률이 낮은 수치를 보였다. 신규상토에서는 재사용상토와 혼합상토에 비해 공극률이 2~6% 높게 나타났다. 또한 보수력은 신규상토가 재사용상토와 혼합상토에 비해 5~10% 높게 나타났다. 이것은 신규상토가 수분보유능력이 우수한 것으로 생각된다(표 3-10).

표. 3-10. 펄라이트의 혼합비율에 따른 물리성 분석

Group	Perlite	Core (g)	Soil (g)	Air Volume	Paticle Density	Solid Volume	Pore Space (%)	Bulk Density	Water Retention(1bar)		
									Water wt	Soil wt	Total (%)
reused soil	0%	108.19	31.31	75.68	1.28	24.81	75.19	0.31	6.7	10.8	62.2
	5%	108.12	30.68	75.95	1.28	24.03	75.98	0.31	7.0	11.2	62.3
	10%	108.02	28.90	75.91	1.20	24.09	75.91	0.29	6.6	10.8	61.2
	20%	106.32	27.58	76.68	1.18	23.32	76.68	0.28	7.4	12.1	61.4
mixed soil ^w	0%	109.00	25.43	79.34	1.18	25.15	74.85	0.25	5.9	8.8	67.1
	5%	109.21	23.63	78.98	1.12	21.02	78.98	0.24	6.0	9.1	65.8
	10%	108.46	21.47	80.05	1.08	19.95	80.05	0.21	6.2	9.4	65.5
	20%	109.29	21.93	79.51	1.07	20.49	79.51	0.22	5.9	9.3	64.0
commercial soil		109.38	14.31	81.65	0.98	18.35	81.65	0.18	5.2	7.3	70.8

* ^x Bulk Density = Substrates / 100

^y Water Retention(%) = water weight / soil weight x 100

^z Paticle Density = Substrates / Solid Volume

^w mixed Soil = Control:Reused Soil(v:v)=1:1

표 3-11와 표 3-12를 보면 pH가 5.50~6.80의 결과를 보였으며 생육전후로 별다른 특이한 결과를 보이지 않았다. EC는 생육실험 전 재사용상토와 혼합상토에 비해 신규상토가 약 0.10mS/cm⁻¹ 낮게 나타났다. 또한 재사용상토에 펄라이트 첨가비율이 많을수록 P₂O₅, K, Mg, Ca 함량이 높게 나타났으며 혼합상토 20%에서 NO₃-N, P₂O₅, K, Mg 함량이 다른 펄라이트 처리구에 비해 낮게 나타났다. 생육실험 후 재사용상토에 펄라이트 10% 첨가 시 NO₃-N 함량이 가장 낮은 결과를 나타내었고, P₂O₅와 K 함량이 20%에 비해 약 2배 이상의 결과를 나타냈다. 혼합상토 펄라이트 20%첨가하였을 때, NO₃-N, P₂O₅, K, Mg 함량이 펄라이트 0%와 비교하였을 때 큰 차이를 보였다. 생육실험 전후를 비교 시 전반적으로 재사용상토 10%와 20%, 혼합상토 20%에서 NO₃-N, P₂O₅, K, Mg 함량이 흡수가 좋았다고 생각되어진다. 신규상토도 생육실험전후 pH가 약 0.20 증가하였으며, P₂O₅, K, Mg, SiO₂ 함량이 감소한 것을 나타냈다. 표 10과 표 16를 보면 표 11와 표 12과 같이 생육실험 전후를 비교

하였을 때 재사용상토 10%와 20%, 혼합상토 20%에서 NO₃-N, P₂O₅, K, Mg, SiO₂함량이 흡수가 좋았다고 생각된다. 신규상토는 생육실험 전후로 보면 P₂O₅·함량이 확연하게 감소한 것을 나타낸다(표 3-11 ~ 3-15).

표 3-11. 펠라이트의 혼합비율에 따른 화학성 분석

Treatment	Perlite	pH	EC (mS /cm)	CEC (cmol /kg)	OM (%)	mg.kg ⁻¹						
						NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Mg	Ca	SiO ₂	
before	reused soil	0%	6.42	0.32	1.06	3.83	33.74	227.28	150.11	15.17	53.57	69.52
		5%	6.58	0.31	0.99	3.88	14.07	241.60	166.91	13.70	50.82	78.21
		10%	6.76	0.29	1.01	3.92	28.70	281.23	254.64	24.23	56.92	68.63
		20%	6.80	0.28	1.09	3.83	29.30	262.56	128.55	24.76	58.58	73.72
	mixed soil ^w	0%	6.40	0.25	1.11	3.68	23.91	81.73	73.020	29.15	89.26	37.44
		5%	6.38	0.20	1.10	3.80	34.92	86.68	87.42	30.28	82.91	45.21
		10%	5.55	0.33	0.98	3.90	29.20	79.45	89.80	25.73	81.76	39.78
		20%	5.52	0.30	0.87	3.96	20.92	57.77	65.49	19.03	76.15	40.52
	commercial soil		5.22	0.16	0.99	3.73	21.30	66.65	108.46	86.02	31.49	41.80

* ^w Mixed Soil = Control:Reused Soil(v:v)=1:1

표 3-12. 펠라이트의 혼합비율에 따른 화학성 분석

Treatment	Perlite	pH	EC (mS /cm)	CEC (cmol /kg)	OM (%)	mg.kg ⁻¹						
						NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Mg	Ca	SiO ₂	
before	reused soil	0%	6.42	0.32	1.06	3.83	33.74	227.28	150.11	15.17	53.57	69.52
		5%	6.58	0.31	0.99	3.88	14.07	241.60	166.91	13.70	50.82	78.21
		10%	6.76	0.29	1.01	3.92	28.70	281.23	254.64	24.23	56.92	68.63
		20%	6.80	0.28	1.09	3.83	29.30	262.56	128.55	24.76	58.58	73.72
	mixed soil ^w	0%	6.40	0.25	1.11	3.68	23.91	81.73	73.020	29.15	89.26	37.44
		5%	6.38	0.20	1.10	3.80	34.92	86.68	87.42	30.28	82.91	45.21
		10%	5.55	0.33	0.98	3.90	29.20	79.45	89.80	25.73	81.76	39.78
		20%	5.52	0.30	0.87	3.96	20.92	57.77	65.49	19.03	76.15	40.52
	commercial soil		5.22	0.16	0.99	3.73	21.30	66.65	108.46	86.02	31.49	41.80

^wMixed Soil = Control:Reused Soil(v:v)=1:1

표 3-13. 펠라이트의 혼합비율에 따른 화학성 분석

Treatment	Perlite	pH	EC (mS /cm)	CEC (cmol /kg)	OM (%)	mg.kg ⁻¹						
						NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Mg	Ca	SiO ₂	
after	reused soil	0%	6.41	0.33	1.02	3.79	12.26	204.28	139.88	10.80	51.67	68.10
		5%	6.55	0.33	0.98	3.85	15.55	215.43	119.74	10.71	50.47	72.73
		10%	6.66	0.29	0.88	3.86	11.11	234.77	206.56	17.71	53.47	70.77
		20%	6.72	0.28	0.94	3.77	14.66	102.27	96.02	18.18	52.26	69.00
	mixed soil ^w	0%	6.38	0.25	1.11	3.68	26.57	67.07	73.20	21.35	84.81	33.07
		5%	6.41	0.20	1.10	3.64	25.31	56.68	80.22	24.87	54.22	43.21
		10%	5.94	0.34	0.98	3.79	19.57	42.82	83.81	15.73	76.27	37.52
		20%	5.72	0.31	0.87	3.75	13.70	37.94	83.29	16.01	72.41	40.19
	commercial soil		5.46	0.20	0.99	3.73	21.30	40.75	68.46	26.02	30.34	31.29

^wMixed Soil = Control:Reused Soil(v:v)=1:1

표 3-14. 펄라이트의 혼합비율에 따른 화학성 분석

Treatment	Perlite	pH	EC	CEC	OM (%)	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Mg	Ca	SiO ₂
			(mS/cm)	(cmol/kg)							
before	reused Soil	0%	6.07	0.10	2.98	95.62	44.31	109.45	51.15	49.21	127.37
		5%	6.14	0.14	3.02	94.78	41.96	106.24	48.07	48.66	121.44
		10%	6.11	0.13	3.31	98.05	49.37	124.14	50.21	49.34	133.98
		20%	6.06	0.22	3.28	97.41	62.56	151.12	55.25	52.19	144.64
	mixed Soil ^W	0%	6.10	0.13	3.84	97.45	60.83	142.21	67.54	53.71	151.86
		5%	6.18	0.17	3.77	102.27	61.80	147.09	62.51	54.05	158.71
		10%	5.99	0.21	4.05	101.02	64.50	159.10	64.33	59.87	167.76
		20%	6.02	0.29	4.06	106.92	73.71	151.11	74.53	67.24	171.52
	commercial soil		5.90	0.24	4.09	105.22	75.24	160.34	80.56	70.44	134.09

^Wmixed soil = control:reused soil(v:v)=1:1

표 3-15. 펄라이트의 혼합비율에 따른 화학성 분석

Treatment	Perlite	pH	EC	CEC	OM (%)	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Mg	Ca	SiO ₂
			(mS/cm)	(cmol/kg)							
after	reused Soil	0%	6.17	0.12	3.12	70.94	39.14	99.45	41.21	46.24	102.49
		5%	6.10	0.18	2.87	68.21	37.52	98.21	44.32	47.60	104.17
		10%	6.14	0.24	3.11	55.47	32.45	91.11	48.31	43.21	95.65
		20%	6.04	0.17	2.79	54.19	29.51	84.75	47.21	49.87	91.42
	mixed Soil ^W	0%	6.08	0.09	3.74	59.22	44.64	112.74	61.12	50.09	103.20
		5%	6.24	0.11	3.52	58.12	47.34	103.10	54.14	51.19	94.25
		10%	6.15	0.17	3.57	54.97	40.99	89.01	43.97	55.87	104.54
		20%	6.09	0.10	3.21	46.21	39.15	64.21	41.87	61.21	84.38
	commercial soil		6.05	0.24	4.16	70.87	31.15	105.17	76.54	68.24	94.84

^Wmixed soil = control:reused soil(v:v)=1:1

(나) 재사용상토의 펄라이트 혼합비율이 과채류의 묘소질에 미치는 영향

그림 3-8은 재사용상토와 혼합상토 펄라이트 혼합비율에 따른 토마토의 초장 비교로 재사용상토에 펄라이트 첨가비율이 높아질수록 초장이 조금씩 감소하였으며, 혼합상토도 재사용상토와 유사하게 감소하였다. 신규상토는 혼합상토 펄라이트 10%와 20% 첨가하였을 때 유사한 경향을 보였다.

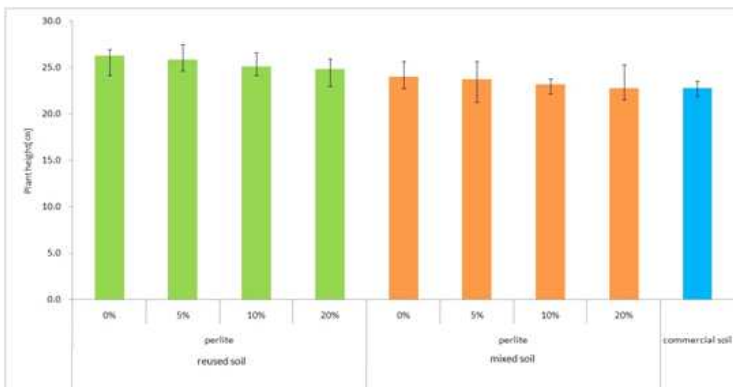


그림 3-8. 상토 처리구별 토마토의 초장 비교

재사용상토에 펄라이트를 첨가하였을 때 20%에서 엽수는 다른 혼합첨가비율과 신규상토보다 약 1.4~2.0장 증가되었다. 엽면적은 오차 값이 크게 차이남에 따라 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 재사용상토에서 비엽면적은 펄라이트 20%에서 compactness(조직충실도)는

펄라이트 20%에서 다른 혼용비율과 신규상토 대비 시 가장 좋은 결과를 보였다. 혼합상토에 펄라이트 첨가하였을 때 경경은 유의성 있는 차이를 보이지 않았으며, 엽면적은 펄라이트 0%와 10%에서 높은 경향을 보였으며 비엽면적은 20%에서 가장 낮은 결과를 나타냈다. 신규상토와 비교 시 재사용상토 20%와 혼합상토 10%에서 전반적으로 유사한 결과를 보였다(표 3-16). T/R율(지상부 건물중과 지하부 건물중의 비율)을 보면 재사용상토 펄라이트 5%와 10%가 신규상토와 유사한 결과를 보였으며, 혼합상토 펄라이트 20%에서는 펄라이트 0%, 5%, 10%과 신규상토에 비해 약 0.30~0.60% 정도 낮은 경향을 보였다. 신규상토와 비교 시 재사용상토, 혼합상토 펄라이트 첨가비율을 전반적으로 비교하였을 때, 혼합상토 펄라이트 20%가 신규상토보다 다소 좋은 결과를 보였다(표 3-17).

표 3-16. 상토 처리구별 토마토의 생육비교(파종 55일 후)

Treatment	Perlite	Stem diameter (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Leaf chlorophyll (SPAD)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Specific leaf area ^x (cm ² ·g ⁻¹)	Compactness ^z (mg·cm ⁻¹)
commercial soil		4.86a	12.2a	7.5a	45.2a	9.8b	296.2a	464.1b	33.4ab
	0%	4.60ab ^y	12.5a	7.9a	42.7ab	10.1b	261.5a	578.8ab	30.2b
	5%	6.36b	12.3a	7.7a	40.0b	9.5b	280.1a	568.0ab	32.3b
	10%	4.53ab	12.6a	8.0a	39.2b	9.8b	313.5a	597.0a	39.5ab
reused Soil	20%	4.63ab	11.9a	7.6a	39.9b	11.5a	250.9a	540.5ab	43.6a
	commercial soil	4.86a	12.2a	7.5a	45.2a	9.8a	296.6a	546.8ab	40.0a
	0%	4.93a	12.0a	7.7a	43.2a	10.1a	268.1a	557.9a	37.4a
	5%	4.93a	11.7a	7.2a	42.7a	10.5a	284.9a	533.0ab	41.3a
mixed Soil	10%	4.50a	12.1a	7.3a	44.4a	10.0a	258.8a	524.7ab	41.3a
	20%	4.63a	11.9a	7.9a	42.6a	9.7a	250.9a	464.1b	43.6a

* ^z compactness is the values of the plug dry weight divided with the plug height.

^x Specific leaf area is the values of leaf area divided by the leaf dry weight

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 3-17. 상토 처리구별 토마토의 생체중, 건물중 및 T/R율 비교(파종 55일 후)

Treatment	Perlite	Fresh weight			Dry weight			T/R ratio
		Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root	
commercial soil		2.83a ^y	1.22a	1.24a	0.37a	0.07a	0.07ab	1.38a
	0%	2.10b	1.12a	1.11a	0.33a	0.09a	0.06b	1.90a
	5%	1.90b	1.13a	1.03a	0.32a	0.09a	0.07ab	1.69a
	10%	1.78b	1.18a	1.07a	0.36a	0.10a	0.09a	1.51a
reused Soil	20%	1.91b	1.07a	1.13a	0.39a	0.09a	0.09a	1.49a
	commercial soil	2.83a	1.22a	1.24a	0.37a	0.07b	0.07ab	1.38a
	0%	2.12b	1.03a	1.08a	0.37a	0.09ab	0.08abc	1.49a
	5%	2.19b	1.07a	1.25a	0.36a	0.10a	0.09ab	1.56a
Mixed Soil ^w	10%	2.05b	1.18a	1.22a	0.35a	0.10a	0.09abc	1.54a
	20%	1.92b	1.16a	1.35a	0.34a	0.11a	0.10a	1.45a

* ^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

4. 고온기 접목 활착률 향상을 위한 적정 환경조건 탐색

(1) 규산처리가 근권부 생육에 미치는 영향

가. 연구기간: 2009. 7 ~ 2010. 1

나. 연구방법

규산액제로는 토마토, 오이와 단호박은 0, 1000, 500, 250, 25배를 7일 간격으로 4번씩 처리하였다. 근권부함량 측정은 WinRHZO.09 (Win BHI.70, Canada)를 이용하였으며 생육조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(Rural Development Administration)에 준하여 초장, 엽장, 엽폭, 엽두께, 엽수, 경경, 지상부 생체중과 건물중, 지하부 생체중과 건물중 등 측정하였다. 엽록소측정에서는 Chlorophyll meter(SPAD 502, Minolta, Japan)를 이용하였고, 경경은 Mitutoyo (CD20 CPX, Japan)로 측정하였다. 통계처리는 Duncan의 다중비교(DMART)로 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

다. 연구결과 및 고찰

토마토와 오이 모두 규산 시비 농도에 따라 근권부가 증가되는 경향을 보임.(그림 4-1,2)

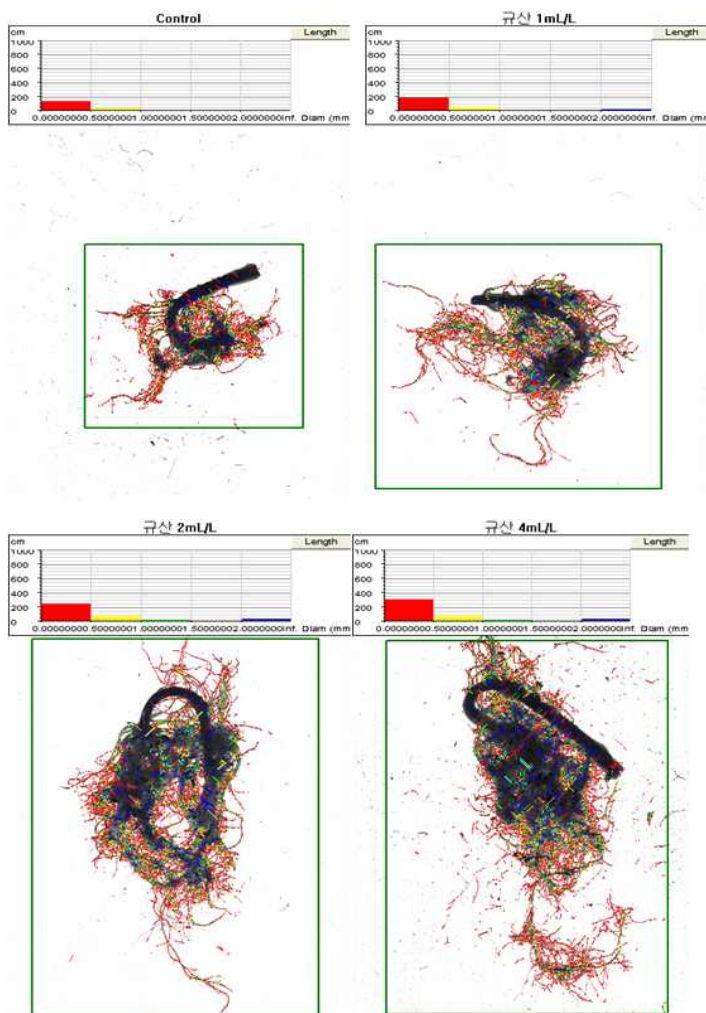


그림 4-1. 규산 액제 처리구별 토마토의 근권부 함량 측정(WinRHZO.09)

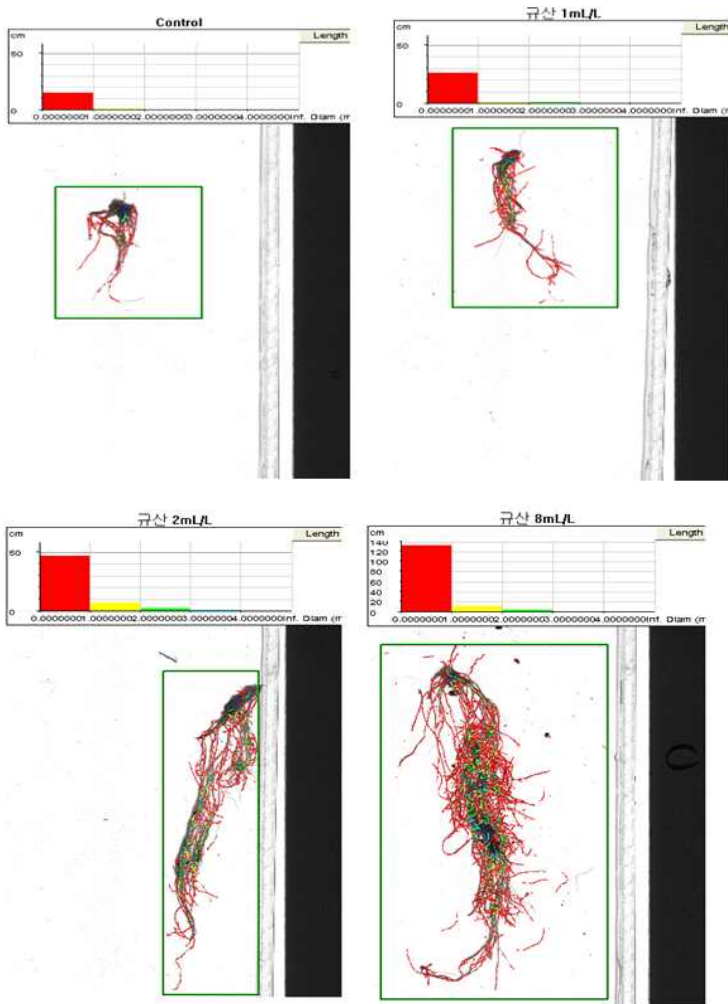


그림 4-2. 규산 액제 처리구별 오이의 근권부 함량 측정(WinRHZO.09)

(2) 고온기 접목 활착률 향상을 위한 적정 환경조건 탐색

가. 연구기간: 2011. 7 ~ 2012. 1

나. 연구방법

공시재료는 토마토 ‘호용’(사까다 종묘)과 대목‘간바루네’를 7월3일 파종한 뒤 본엽이 2~3매 출엽된 7월 20일 맞접으로 접목하였다. 시험구 배치는 접목 활착실의 온도를 17(±2), 20(±2), 23(±2)℃ 및 26(±2)℃의 4처리구를 설계한 뒤 각 온도구별로 상대습도를 70(±5), 80(±5), 90(±5) %로 설계하여 접목활착률을 조사하였다. 접목 2~3일 후 접수가 시들지 않은 것을 초기 활착률, 접목 7일후 생존주수를 최종 활착률로 간주하여 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

접목활착실의 온도는 23(±2)℃ > 17(±2)℃ > 20(±2)℃ > 26(±2)℃ 순으로 초기 활착률과 최종 활착률이 높은 것으로 조사 되었으며, 상대습도는 높을수록 활착률은 양호한 결과를 나타냈다. 단 상대습도가 90%이상 처리구에서는 곰팡이병에 의한 이병주 발생도 같이 증가하는 경향을 나타냈다. 이상의 결과 고온기 접목활착실의 환경관리는 23도 전후의 온도에서 80(±5)%의 상대습도로 관리하는 것이 건묘생산에 적합할 것으로 판단되었다.(표 4-1)

표. 4-1. 온도 처리구별 상대습도가 고온기 접목활착률에 미치는 영향

온도(°C)	상대습도(%)	접목 공시주수	접목 활착률(%)		이병주수 (본)	건묘 생산율(%)
			초기(2일 후)	최종(7일 후)		
17(±2)	90(±5)	128	113(88)	97(76)	11	86(67)
	80(±5)	128	106(83)	95(74)	5	90(70)
	70(±5)	128	93(73)	56(44)	0	56(44)
20(±2)	90(±5)	128	111(87)	101(79)	7	94(73)
	80(±5)	128	109(85)	91(71)	8	83(65)
	70(±5)	128	101(79)	83(65)	0	83(65)
23(±2)	90(±5)	128	119(93)	113(88)	18	95(74)
	80(±5)	128	122(95)	119(93)	6	113(88)
	70(±5)	128	117(91)	92(72)	2	90(70)
26(±2)	90(±5)	128	93(73)	83(65)	12	71(55)
	80(±5)	128	99(77)	79(62)	15	64(50)
	70(±5)	128	75(59)	68(53)	7	61(48)

(3) 규산처리가 환경 스트레스의 내성에 미치는 영향

가. 연구기간: 2009. 8 ~ 2010. 1

나. 연구방법

규산처리 된 토마토에 대한 환경 스트레스의 내성을 알아보기 위하여 규산액제로는 토마토에 0, 1000, 500, 250배를 7일 간격으로 4번씩 처리하였다. 또한 24시간 1번씩 두상관수하였으며 상온(20°C)과 고온 조건(42±0.5°C) 하에서 수행하였다. 생육조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(Rural Development Administration)에 준하여 초장, 엽장, 엽폭, 엽두께, 엽수, 경경, 지상부 생체중과 건물중, 지하부 생체중과 건물중 등 측정하였다. 엽록소측정에서는 Chlorophyll meter(SPAD 502, Minolta, Japan)를 이용하였고, 경경은 Mitutoyo (CD 20 CPX, Japan)로 측정하였다. 통계처리는 Duncan의 다중비교 (DMART) 로 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

다. 연구결과 및 고찰

토마토에 규산입제를 처리하였을 때 규산 5g에서 초장이 37.9cm되어 다른 처리구에 세력이 우세하게 나타났다. 규산액제를 저농도로 처리하였을 때 토마토 초장은 우세하였고 400배에서 초장은 52.5cm로 가장 높은 것으로 나타남. 고농도일수록 초세가 억제되며 25배로 사용하려면 생장은 대단히 억제되었고 12.5배로 처리하면 흡수를 못하여 생육장해가 심각하였는데 이는 뿌리가 갈변되면서 썩기 때문에 토마토 묘가 고사한 것으로 보임.

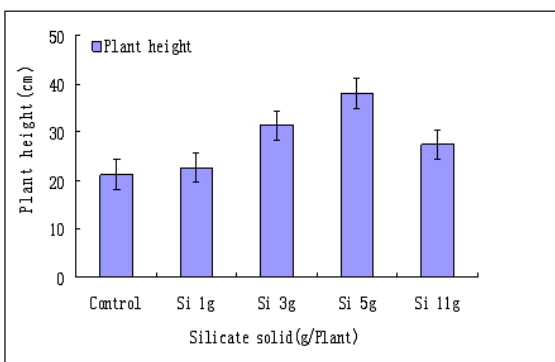


그림 4-3. 규산입제 처리구별 토마토의 초장 비교

표 4-2. 규산액제 처리구별 토마토의 생육 비교

	leaf length (cm)	leaf width (cm)	leaf thickness (mm)	Chlorophyll (SPAD)	Stem diameter (mm)	Leaf number (P)
control	10.81c ^y	7.91b	0.32b	31.91b	4.90ab	9.5bc
1600배	17.43b	12.34a	0.39a	33.97ab	5.04a	9.67bc
400배	18.65ab	13.25a	0.33b	34.59a	4.82ab	10.11ab
100배	19.65a	13.12a	0.30b	32.46ab	5.07a	10.67a
25배	11.37c	8.46b	0.32b	34.26a	4.49b	9.44c

* ^y means separation within columns by Duncan's multiple range test, 5%

표 4-3. 규산액제 처리구별 토마토의 생체중, 건물중 및 T/R을 비교

	Fresh Weight		Dry Weight		T/R ratio
	Top(g)	Root(g)	Top(g)	Root(g)	
control	16.62b ^y	4.73ab	1.10b	0.25b	0.23
1600배	22.65a	5.30a	1.31ab	0.32ab	0.24
400배	22.68a	5.03a	1.45a	0.30ab	0.21
100배	25.3a	5.11a	1.50d	0.34a	0.22
25배	17.83a	4.10b	1.01b	0.25b	0.25

* ^y means separation within columns by Duncan's multiple range test, 5%

토마토의 경우 같은 환경 조건에서는 규산 처리구는 control에 비해 우세가 뚜렷이 보였고, 규산액제 500배에서는 control에 비해 확연한 차이를 나타냄. 상온(20℃)에서는 142 hr 때 control 처리구는 먼저 전체적으로 시들었으며 규산시비농도에 따라 건조 스트레스에 대한 내성이 우세하였다. 물을 준 7 hr 때는 250배 처리구는 회복한 개체수가 가장 많음

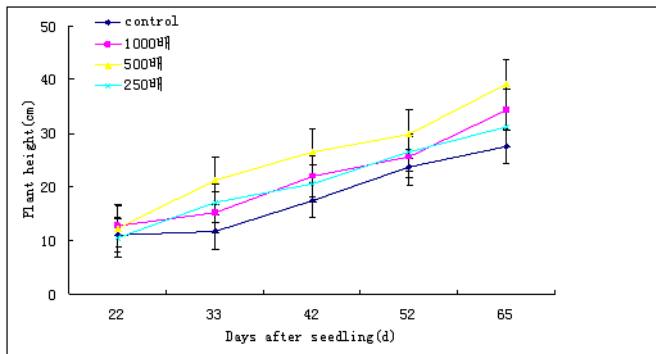


그림 4-4. 규산액제 처리구별 토마토의 초장 비교

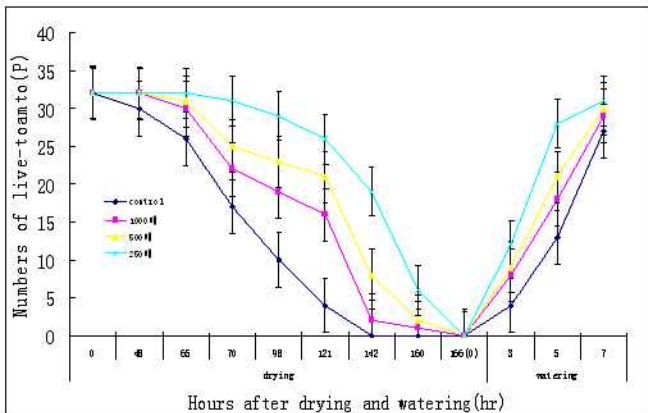


그림 4-5. 규산액제 처리구별 상온(20℃)에서 토마토의 건조스트레스 및 회복력 비교

42±0.5℃로 설정되었으며 64 hr시기에 control, 1000배 2개 처리구에서는 전체적으로 시들었으며, 250배 처리구에서는 68 hr에서 전체적으로 시들. Control 처리구에서는 토마토묘가 회복하지 못하여 4개만 활착되었으며 250 배 처리구에서는 활착된 개체수가 18개 되었고, 생존율56% 가장 높았지만 control 처리구에서는 건전율은 12.5% 로 가장 낮은 수치를 보임 고온 (42±0.5℃)에서는 46hr 때 control 처리구에서는 완전히 시들었으며 규산시비농도에 따라 토마토는 고온, 건조스트레스에 대한 내성이 강해진 경향을 보임. Control에서는 거의 회복(10%)하지 못하고 대부분 생장점이 죽었으며 250배 처리구에서는 Control에 비해 약 4배 이상의 개체(45%)가 회복함

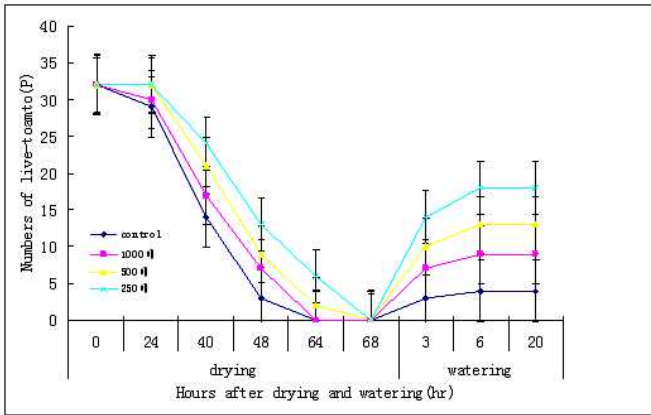


그림 4-6. 규산액제 처리구별 고온(42±0.5℃)에서 토마토의 건조스트레스 및 회복력 비교

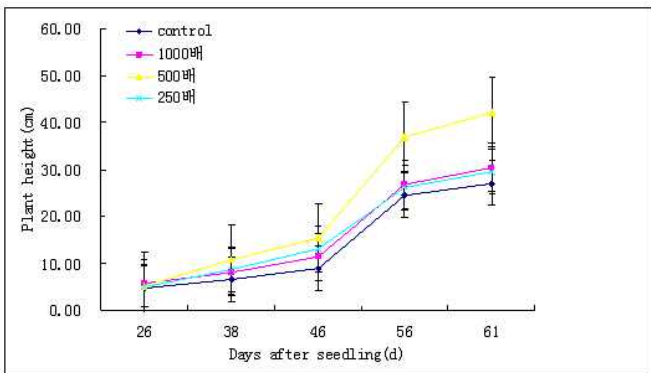


그림 4-7. 규산액제 처리구별 오이의 초장 비교

(4) 수출용 토마토 공정묘의 최적 저온 저장 조건 구명

가. 연구기간: 2011. 8 ~ 2012. 1

나. 연구방법

공시재료는 일본 수출용 토마토 (대안길일 미소라64(접수), 간바루네 트립타(대목))를 사용하였으며 시험구는 일본수출 과정중인 토마토 묘를 각 온도별 향온기에 배치하였다. 처리구는 control, 7℃, 10℃, 13℃를 놓았으며, 수출용 토마토 묘를 각각 낮 20~25℃, 밤 5~10℃를 유지하는 플라스틱 하우스와 각각 7℃, 10℃, 13℃의 온도를 지속적으로 유지하였다. 조사는 3일 간격으로 실시하였으며, 조사방법과 통계처리는 생육조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(Rural Development Administration)에 준하여 초장, 엽장, 엽폭, 엽두께, 엽수, 경경, 지상부 생체중과 건물중, 지하부 생체중과 건물중 등 측정하였다. 엽록소측정에서는 Chlorophyll meter (SPAD 502, Minolta, Japan)를 이용하였고, 경경은 Mitutoyo (CD20 CPX, Japan)로 측정하였다. 통계처리는 Duncan의 다중비교 (DMART) 로 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

다. 연구결과 및 고찰

온도에 따른 토마토 묘의 생육은 다음과 같다.

표 4-4. 저장온도 및 처리기간에 따른 토마토 생육 비교(1차 실험)

Treatment	처리일수	경경 (cm)	엽장	엽폭	엽록소 (SPAD)	엽면적 (cm ²)	엽수
Control	0	4.96	11.64	8.05	41.16	62.7	6.1
	3	5.34	12.35	8.65	44.60	74.9	7.0
	6	5.68	13.30	8.98	46.52	101.6	7.6
	9	5.99	13.79	9.37	46.73	172.1	7.9
7℃	0	4.96	11.64	8.05	41.16	78.0	6.1
	3	5.06	11.87	8.30	42.94	86.3	6.0
	6	5.15	12.26	8.43	46.37	101.6	6.4
	9	5.30	12.55	8.94	47.59	103.5	6.9
10℃	0	4.96	11.64	8.05	41.16	62.7	6.1
	3	5.14	12.26	8.83	41.47	65.2	6.5
	6	5.15	12.40	9.11	46.12	115.4	6.9
	9	5.46	13.00	9.24	47.59	122.2	7.0
13℃	0	4.96	11.64	8.05	41.16	62.7	6.1
	3	5.28	11.97	8.81	41.21	89.7	7.0
	6	5.68	13.14	9.46	44.75	119.8	7.1
	9	5.85	13.49	9.59	46.75	138.5	7.1

저장온도, 처리일수에 따른 묘의 생육상황을 보면 경경, 엽장, 엽폭, 엽면적 공히 온도처리구에 관계없이 일수 경과에 따라 증가하였으나, 저장개시(대조구)때와의 차는 무처리구에 비해 매우 적어 저온에 의한 생육억제가 확인되었다.



그림. 4-8. 토마토 육묘의 저장온도 및 기간에 따른 토마토 생육비교

표 4-5. 저장온도에 따른 3일차 토마토 생육 비교(2차 실험)

Treatment	Stem diameter (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Leaf chlorophyll (SPAD)	No. of leaves
Control	5.73a	13.79a	9.24a	46.38a	6.63ab
7℃	4.54a	11.97a	8.00a	43.73ab	6.31b
10℃	4.90a	12.55a	8.65a	41.39b	6.58ab
13℃	5.18a	13.00a	8.83a	41.38b	6.83a

표 4-6. 저장온도에 따른 6일차 토마토 생육 비교(2차 실험)

Treatment	Stem diameter (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Leaf chlorophyll (SPAD)	No. of leaves
Control	5.99a	13.30a	9.46a	46.72a	7.58a
7°C	4.76b	11.87b	8.43a	46.34a	6.42c
10°C	5.23ab	12.40ab	8.81a	46.26a	6.53bc
13°C	5.46ab	13.14ab	8.98a	46.77a	7.08ab

표 4-7. 저장온도에 따른 9일차 토마토 생육 비교(2차 실험)

Treatment	Stem diameter (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Leaf chlorophyll (SPAD)	No. of leaves
Control	6.08a	14.35a	9.59a	44.93a	7.89a
7°C	5.15b	12.26a	8.94a	47.62a	6.92b
10°C	5.25b	12.26a	9.11a	47.62a	6.89b
13°C	5.98a	13.49a	9.37a	44.79a	7.08b

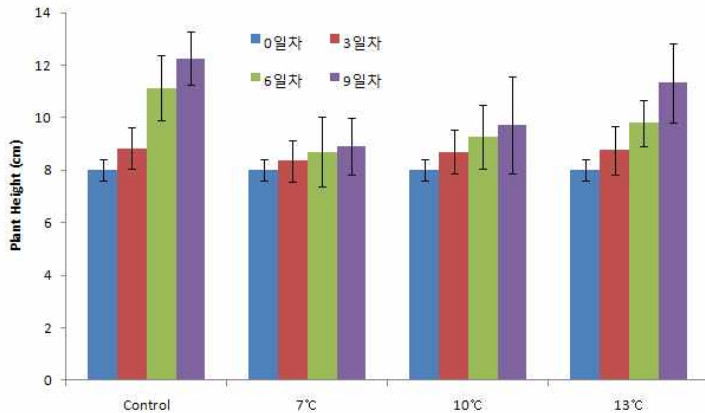


그림 4-9. 토마토 육묘의 저장온도에 따른 정식 후 토마토 초장 비교

(5) 접목 활착률에 미치는 토마토 품종 간 차이 구명

가. 연구기간: 2012. 6 ~ 2012. 10

나. 연구방법

일본계 대과품종(도색계 품종)으로 한국다끼이 종묘의 ‘도태랑 T-93’과 ‘도태랑 다이아’, 사카타코리아의 ‘호용’과 ‘로쿠산마루’와 적색계의 유럽계 품종인 ‘메디슨’, ‘데피니스’(신젠타종묘), ‘라피토’(몬산토코리아)의 7개 품종과 방울토마토 4개 품종(‘Sweet’, ‘Choice’, ‘Sun Cherry 250’, ‘Unicon’)을 공시하여, 접목 활착률을 조사하였다. 접목작업 후 각 처리구별로 128구 플러그에 트레이에 정식하였고, 접목활착실의 온도는 23(±2)°C, 상대습도는 90(±5) %로 유지하였으며, 접목 2~3일 후 접수가 시들지 않은 것을 초기 활착률, 접목 7일 후 생존주수를 최종 활착률로 간주하여 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

접목 활착률에 미치는 토마토 품종 간 차이를 표4-8에 나타냈다. 대과종 토마토의 초기접목 활착률은 ‘Momotaro -Dia’ = ‘Rafito’ > ‘Hoyong’ > ‘Madison’ > ‘Rokusan maru’순으

로 80%이상의 초기 활착률을 보인데 비해 'Momotaro - T93'은 75%로 상대적으로 활착률이 다소 저조하였다.

표 4-8. 고온기 접목 활착률에 미치는 토마토 품종 간 차이

	품종	접목 공시주수	접목 활착률(%)		이병주수 (본)	건묘 생산율(%)
			초기(3일후)	최종(7일후)		
일본계 대과	'Momotaro - T93'	128	98(75)	97(76)	4	93(73)
	'Momotaro -Dia'	128	110(86)	102(80)	0	102(80)
	'Hoyong'	128	107(84)	95(74)	0	95(74)
	'Rokusan maru'	128	103(80)	99(77)	7	92(72)
유럽계 대과	'Madison'	128	105(82)	104(81)	0	104(81)
	'Dafnis'	128	101(79)	97(76)	0	97(76)
	'Rafito'	128	110(86)	89(69)	4	85(66)
소과종	'Sweet'	128	108(84)	98(75)	7	91(71)
	'Choice'	128	99(77)	95(74)	11	84(66)
	'Sun Cherry 250'	128	110(86)	100(78)	11	89(70)
	'Unicon'	128	105(82)	105(82)	4	101(79)

* 활착실 환경: 온도 :23(±2)℃, 상대습도:90(±5)%

그러나 최종 활착률은 공시 품종 모두 70~82% 범위에 들었으며, 이병주를 고려한 건묘 생산율은 'Rafito'의 66%를 제외하고는 70%이상으로 동일 활착 조건에서 품종 간 차이는 크지 않았다. 방울토마토의 경우도 초기 활착률은 공시 4품종 모두 77~86%, 최종 활착률은 74~82% 범위로 75%이상의 접목활착률을 나타냈다. 이상의 결과 각각의 개별 품종 간 활착률의 차이는 나타났으나, 대과종 품종과 소과종 품종 간 및 대과종 품종 내에서 일본계통과 유럽계통간의 활착률 차이에 일정한 경향이 나타나지 않았다. 다만, 방울토마토 품종들이 대과종 토마토에 비해 접목 활착기간에 곰팡이병 등 이병주 발생이 다소 높은 경향을 보였으나, 이러한 차이가 계통 간 차이인지 품종 간 차이인지는 금후 재검토가 요구된다.

(6) 대목의 종류 및 활착온도가 토마토 접목 활착률에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 6 ~ 2012. 10

나. 연구방법

공시품종으로 접수는 사카다 종묘의 'Super-Top'을 각각 품종을 4가지 대목 품종 'Kanbarune'(애삼종묘), 'B-Blocking', 'Solution'(한국 타끼이), 'Magnet'(사카다 종묘)에 접목하여 접목 활착률을 조사하였다. 대목은 6월 1일 파종하고, 접수는 2일 늦은 6월 3일 파종하여 본엽이 2~3매 전개된 6월 19일 맞접을 하였다. 처리구는 대목의 종류 4처리구와 온도 3처리구 도합 12개 처리구를 설계하였고, 각 처리구당 50주씩 3반복으로 처리하여 통계 처리를 하였다. 접목 후 활착실 온도를 20(±1), 23(±1), 27(±1)℃, 상대습도는 90(±5) %로 유지하였으며, 접목 2~3일 후 접수가 시들지 않은 것을 초기 활착률, 접목 7일후 생존주수를 최종 활착률로 간주하여 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

대목의 종류 및 활착온도가 토마토 접목 활착률에 미치는 영향에 대한 결과를 표4-9에 나타냈다. 초기 활착률은 'Kanbarune'의 27(±1)℃와 'Solution'의 20(±1)℃를 제외하고는 대목의 종류와 관계없이 모든 온도 처리구에서 83%이상 양호한 활착률을 보였으나, 최종 활착률에서는 처리 온도 간에 뚜렷한 유의적 차이를 나타내, 23(±1)℃에서만 대목의 종류와 관계없이 85%에서 90%전후의 활착률을 보였고, 20(±1)와 27(±1)℃에서는 65~75% 정도로 활착률이 저하되었다. 특히, 27(±1)℃에서는 이병주의 증가로 건묘 생산율은 모든 대목 처리구에서 65% 이하였다. 일반적으로 알려져 있는 고온기 접목활착 최적온도인 23(±1)℃에서는 대목의 종류에 따른 건묘 생산율은 84~88% 전후로 대목 품종 간 유의적 차이는 없었다.

표 4-9. 대목의 종류 및 활착온도가 토마토 접목 활착률에 미치는 영향

	온도℃	접목 공시주수	접목 활착률(본수)		이병주수 (본)	건묘 생산율(%)
			초기(3일후)	최종(7일후)		
'Kanbarune'	20(±1)	50	45.7 ab	37.7 bc	0	75.4 b
	23(±1)	50	47.0 a	43.5 ab	0	87.0 a
	27(±1)	50	37.5 c	34.3 c	2.3	64.5 bc
'B-Blocking'	20(±1)	50	46.4 a	32.3 c	2.5	62.0 b
	23(±1)	50	45.0 ab	45.0 a	1.3	88.5 a
	27(±1)	50	41.3 bc	39.0 bc	4.3	68.3 b
'Magnet'	20(±1)	50	44.7 ab	41.7 b	1.0	81.5 ab
	23(±1)	50	49.3 a	44.3 a	1.5	85.7 a
	27(±1)	50	42.3 bc	32.3 c	6.0	52.3 c
'Solution'	20(±1)	50	39.0 c	37.0 bc	1.7	69.5 b
	23(±1)	50	43.7 b	42.0 ab	0	84.0 a
	27(±1)	50	43.0 bc	34.7 c	5.3	58.7 c

(7) 대목의 접목부위가 토마토 접목 활착률 및 묘소질에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 6 ~ 2012. 10

나. 연구방법

토마토 대목의 접목부위에 따른 접목 활착률 등을 조사하기 위하여 7월9일 문산토 코리아의 'Unicon'을 파종하여 자엽전개시에 128공 플러그 트레이에 이식한 후 육묘하였다. 8월1일에 'Unicon'을 공대('Unicon'/'Unicon')로 하여 그림. 1에서처럼 접목부위를 자엽 위, 아래로 나누어 합접방식으로 접목하였다. 접목 후에 온도 20(±1), 상대습도 85(±5) %로 유지된 접목 활착실에서 10일간 양생하였다. 접목 10일후 생존주수를 최종 활착률로 간주하였고, 생육조사는 접목 활착실에서 유리온실로 옮긴 후, 5일간 육묘한 후에 조사하였다. 처리구당 30주씩 3반복으로 처리구를 설계하여 통계처리 하였다.

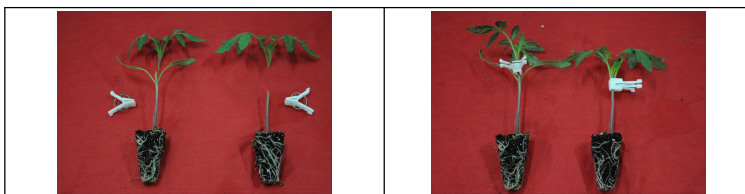


그림 4-10. Grafting position(left: Above cotyledon leaf, right: Under cotyledon leaf)

다. 연구결과 및 고찰

토마토 대목의 접목부위별 활착률과 묘소질에 미치는 영향을 표3과 표 4에 나타냈다. 본 실험은 토마토 공정육묘 시 고온기나 일조가 부족한 장마철에는 접목 활착률이 일시적으로 저하되어 공정육묘장 운영에 심각한 차질을 초래하고 있는 점과 이러한 시기에 대목의 자엽유무가 활착률에 영향을 미칠 것이라는 가정 하에 시도된 시험이었으나, 금번 시험에서는 접목활착률은 자엽의 유무와 관계없이 100%의 활착률을 보여 접목위치에 따른 활착률의 차이는 구명하지 못했다. 이는 대목으로 접수와 같은 품종(공대)을 사용하였다는 점과 묘령(苗齡), 활착환경 등이 양호하여 차이를 나타내지 못하였던 것으로 판단되어, 금후 대목의 품종과 활착환경 등을 변경하여 재검토할 예정이다. 묘의 소질은 초장, 엽수, 엽록소함량, 엽면적 등에서는 처리 간 유의적 차이를 나타내지 않았으나, 경경은 대목에 자엽이 있는 경우가 3.13mm로 자엽 아래에서 접목한(자엽이 없는) 처리구의 2.86mm보다 굵어서 유의적 차이를 나타냈다. 생체중과 건물중에서도 지상부, 지하부 관계없이 대목의 자엽을 부착한 상태에서 접목한 경우가 반대의 경우에 비해 유의적으로 높았다. 반면에 T/R율은 자엽이 제거된 상태에서 접목을 한 경우가 높아 자엽이 부착된 경우가 지상부 생육의 증가보다는 지하부 생육의 증가율을 높이는 것으로 추정되었다.

표 4-10. Effect of grafting position on the survival and quality of grafted tomato seedlings

Treatments	Survival rate after 10 days (%)	Diseased plant (%)	Final survival rate (%)
Above cotyledon leaf	100	0	100
Under cotyledon leaf	100	0	100

표 4-11. Effect of grafting position on growth of grafted tomato seedlings

Grafting Position	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	SPAD	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Above cotyledon leaf	6.70 a ^x	3.13 a	4.90 a	42.17 a	19.70 a	5.72 a	3.57 a
Under cotyledon leaf	7.10 a	2.86 b	4.70 a	44.69 a	19.40 a	5.86 a	3.76 a

표 4-12. (Continued) Effect of grafting position on growth of grafted tomato seedlings

Treatment	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio
	Top	Root	Top	Root	
Above cotyledon leaf	1.972 a ^x	0.127 a	0.465 a	0.037 a	4.267 b
Under cotyledon leaf	1.730 b	0.100 b	0.348 b	0.026 b	4.933 a

* ^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05 n=10

WinRHZO.09를 이용하여 근권부의 발육상태를 조사한 결과 Total root length와 root tip의 수는 처리간의 유의적 차이를 나타내지 못했으나, 전 뿌리면적은 자엽 아랫부분(자엽이 제거된)에 접목한 처리구에서, 평균 근경은 자엽 윗부분(자엽이 부착된)에 접목한 처리구에서 유의적으로 높았다(그림 3.). 이는 접목 후 자엽의 역할이 뿌리의 개수나 뿌리분화(root

tip)의 증가에 영향을 주기보다는 생성된 뿌리의 굵기에 영향을 주어 접목 활착률이나 묘의 소질에 영향을 줄 수 있다는 사실을 시사하는 결과로 금후 보다 세밀한 추가 시험을 통해 자엽과 묘의 생육과의 관계를 구명할 예정이다.

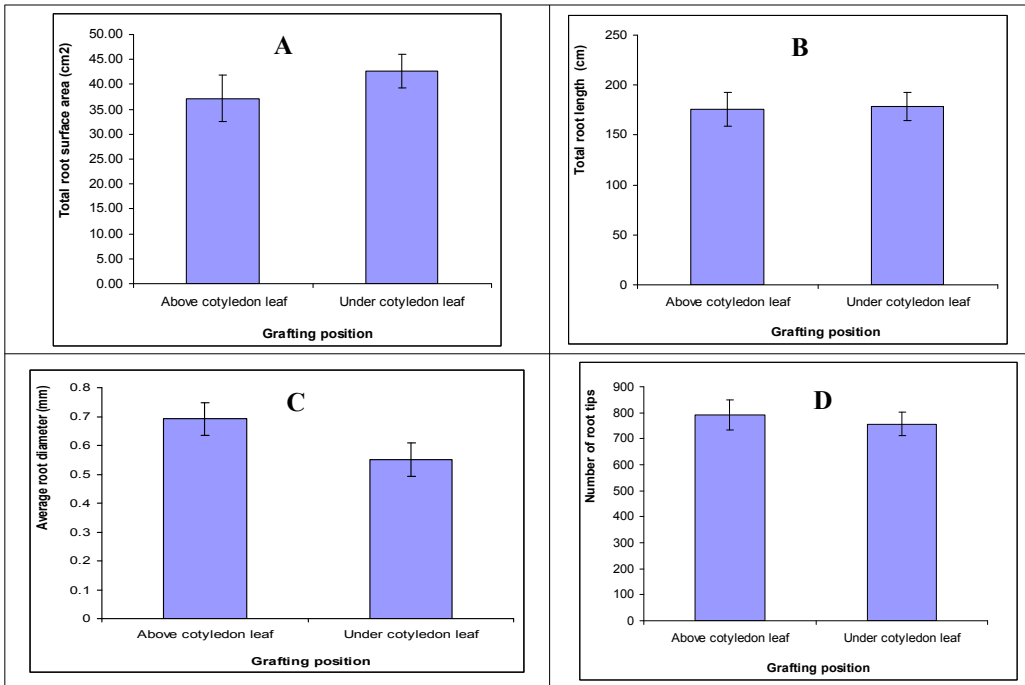


그림 4-11. Effect of grafting position on root morphology of grafted tomato seedlings. Total root surface area (A), Total root length (B), Average root diameter (C), and total root tip number (D) of tomato seedlings. Vertical bars represent standard errors

표 4-13. Effect of water content in the substrate on the survival and quality of grafted tomato seedlings

Water content	Survival rate after 10 days (%)	Plant ht. (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	SPAD	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Average	100	6.80 b ^x	3.13 a	4.70 a	42.17 b	19.70 ab	5.72 b	3.57 b
Maximum	100	7.43 a	2.93 a	4.70 a	43.31 b	20.10 a	6.34 a	4.11 a
Minimum	95.3	6.92 b	2.93 a	4.60 a	48.9 a	18.50 b	5.17 c	3.48 b

* ^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05 n=10

(8) 접목 후 상토 내 수분함량이 접목 활착률 및 묘소질에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2012. 11

나. 연구방법

접목작업 후 플러그 상토 내 관수량의 차이가 접목 활착률 및 묘소질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 상기의 '접목부위가 접목 활착률 및 묘소질에 미치는 영향'의 시험에서와 같이 7월 9일 과중한 방울토마토 'Unicon'을 공대('Unicon'/'Unicon')로 하여 8월 1일 합접방식으로 접목하였다. 접목 후 128공 트레이에 식재한 뒤, 관수량을 평균관수(Average), 소량관수(통상관수량의 20% 절감), 다량관수(통상관수량의 20 증가)의 세 처리구로 설계하여

접목 활착실에서 10일간과 유리온실내의 자연조건에서 5일간, 총 15일간 설계된 처리구의 함수량을 유지되도록 관리하였다. 접목활착실내 환경은 온도 20(±1), 상대습도 85(±5) %로 하였으며, 유리온실로 옮긴 뒤에는 자연조건하에서 육묘하였다. 접목 10일후 생존주수를 최종 활착률로 간주하였고, 생육조사는 접목 활착실에서 유리온실로 옮긴 후, 5일간 육묘한 후에 조사하였다. 처리구당 30주씩 3반복으로 처리구를 설계하여 통계처리 하였다.

다. 연구결과 및 고찰

플러그 트레이내의 수분함량 차이에 따른 접목 활착률은 소량관수구가 95%로 다소 떨어졌으나, 다량관수와 통상관수구에서는 100%활착률을 보였다(표 4-13). 이는 상기의 ‘대목의 접목부위가 접목 활착률에 미치는 영향’에 대한 시험에서와 마찬가지로 대목으로 접수와 같은 품종(공대)을 사용하였다는 점과 묘령, 활착실 환경 등이 양호하여 큰 차이가 나타나지 못한 것에 기인한 결과로 보여 진다. 접목활착 조건을 포함한 육묘 초기 단계에서 상토내 수분함량은 접목활착률과 묘소질에 매우 중요한 요인이므로 이에 대한 보다 정밀한 검토가 요구된다. 묘소질의 결과를 보면, 경경과 염수에는 세 처리구간 차이가 없었으나, 초장과 잎의 생육지표(엽면적, 엽장, 엽폭)는 다량관수구가 양호하였으며, 전반적으로 소량관수구가 가장 저조한 것으로 나타났다. 단지 SPAD함량은 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, T/R율에는 통상관수구와 다량관수구 간에는 유의적 차이가 없었다.(표 4-14)

WinRHZO.09를 이용하여 근권부의 발육상태를 조사한 결과 Total root surface area, Total root length, total root tip number는 다량 관수구가 가장 높았고, 통상 관수구와 소량 관수구간에는 유의적 차이가 나타나지 않았다. 반면에 평균 뿌리의 굵기는 통상 관수구가 타 처리구보다 우수한 결과를 나타냈다(그림 4-12).

표 4-14. Effect of water content in the substrate on the survival and quality of grafted tomato seedlings

Water content	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio
	Top	Root	Top	Root	
Average	1.972 a ^x	0.445 a	0.127 a	0.037 a	4.267 b
Maximum	1.955 a	0.422 a	0.129 a	0.031 ab	4.849 b
Minimum	1.633 b	0.287 c	0.120 a	0.028 b	6.100 a

Water content	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio
	Top	Root	Top	Root	
Average	1.972 a ^x	0.445 a	0.127 a	0.037 a	4.267 b
Maximum	1.955 a	0.422 a	0.129 a	0.031 ab	4.849 b
Minimum	1.633 b	0.287 c	0.120 a	0.028 b	6.100 a

* ^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05 n=10

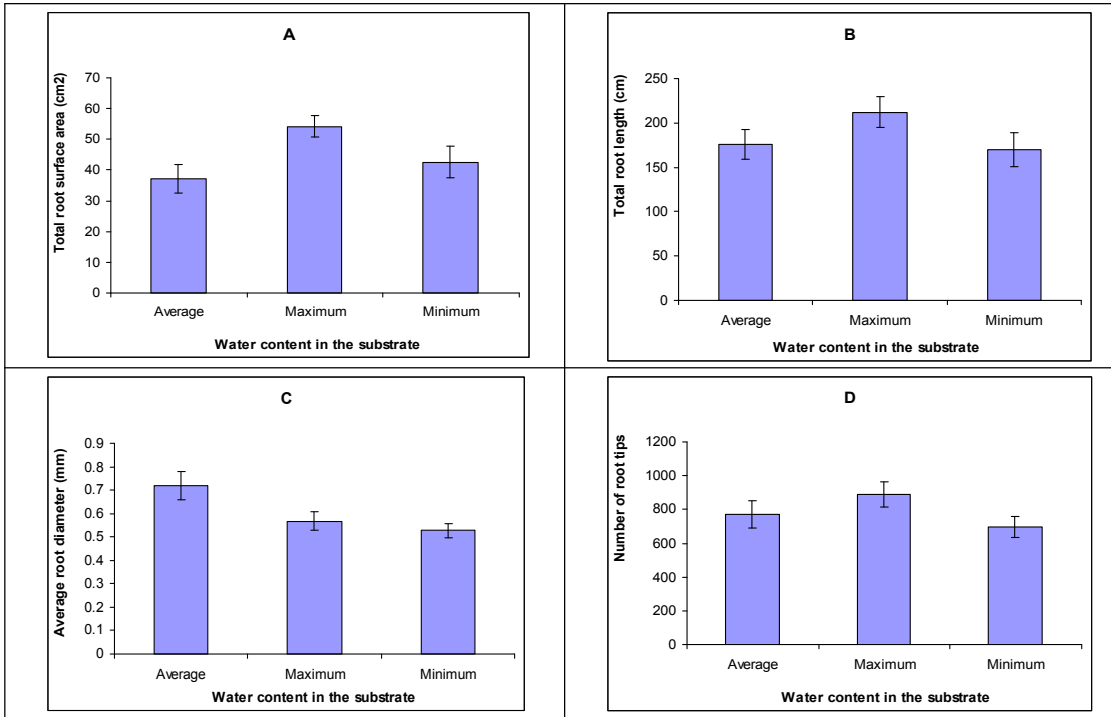


그림. 4-12. Effect of water content in the substrate on root morphology of grafted tomato seedlings. Total root surface area (A), Total root length (B), Average root diameter (C), and total root tip number (D) of tomato seedlings. Vertical bars represent standard errors.

(9) 접목활착실내 상대습도 조건에 따른 접목 활착률 및 묘소질에 미치는 영향
 가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2012. 11

나. 연구방법

7월 9일 파종한 방울토마토 ‘Unicon’을 공대(‘Unicon’/‘Unicon’)로 하여 7월 29일 합접방식으로 접목한 후 128공 트레이에 식재한 뒤, 상대습도가 75(±5)%와 90(±5)%로 유지되는 2곳의 접목 활착실을 준비하여, 75%에 10일간 처리(H0), 90% 1일 및 75% 9일간 처리(H1), 90% 2일 75% 8일간 처리(H2), 90% 3일 75% 7일간 처리(H3) 및 90%에 10일간 처리(H4)의 4처리구를 설계하여 활착률과 묘소질을 조사하였다. 조사는 처리구당 30주씩 3반복으로 처리구를 설계하여 통계처리 하였다.

다. 연구결과 및 고찰

토마토 접목순화장치 개발을 위한 기초실험의 일환으로 활착기간 중 접목활착실내 상대습도의 조건의 변경이 접목활착률과 묘소질에 미치는 영향을 조사한 결과를 표 4-15, 16과 그림4-13에 나타냈다. 최종 활착률은 초기 2~3일간은 상대습도를 90%로 유지하고 나머지 7~8일간은 75% 정도로 유지하는 처리구(H2, H3처리구)에서 100% 접목활착 성공률을 나타냈고, 전 기간 90%로 유지한 H4처리구와 1일 90%, 9일간은 75%로 유지한 H2처리구에서는 90%전후의 성공률을 나타냈다. 전반적으로 높은 상대습도 유지기간이 길수록 초기 활착률은 증가하는 경향을 보였으나, 고습도에서 장기간 묘를 양생할 경우, 곰팡이병 발생 등으로 최종 건묘생산율은 감소하므로, 초기 2~3일간만 90%전후로 유지하고 나머지 구간은 75% 전후로 유지하는 것이 고온기 토마토 접목 활착률 향상을 위한 바람직한 조건이라 판

단되었다. 다만 본 시험은 타 품종에 비해 비교적 발아세가 우수하고 비교적 초기 묘소질이 강건한 품종인 ‘Unicon’을 대상으로 공대(Unicon/Unicon)접목의 시험결과이므로 접목순화시 상대습도 조건을 확정하기 위한 자료로는 매우 미흡한 편이라 판단된다. 금후 일본계와 유럽계, 대과종과 소과종 및 대목품종별로 대표품종을 각각 3~4품종을 선별하여 추가 시험을 실시하여 접목순화장치 개발을 위한 자료로 삼을 예정이다. 각 처리 간 묘소질에는 큰 차이를 나타내지 않았으나, 전반적으로 활착률이 양호했던 H2와 H3처리구에서 묘소질이 타 처리구에 비해 상대적으로 좋았다. 이러한 경향은 특히 근권부의 형태적 특성을 조사한 그림 5에서 비교적 명료하게 나타났다.

표 4-15. Effect of humidity on growth of grafted tomato seedlings

Treatment ^z	Survival rate(%)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	SPAD	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
H0	83	7.07 b ^y	3.06 a	4.75 a	40.58 a	19.9 a	6.05 b	3.51 a
H1	89	7.27 ab	3.04 a	4.80 a	44.97 a	19.9 a	6.24 b	3.87 a
H2	100	7.28 ab	3.02 a	4.70 a	46.62 a	19.4 a	6.34 b	3.80 a
H3	100	7.26 ab	3.08 a	4.90 a	42.17 a	19.7 a	6.42 b	3.57 a
H4	92	7.87 a	3.03 a	4.90 a	41.34 a	20.4 a	7.08 a	3.61 a

^z H0 Humidity 75% in 10days

H1 Humidity 90% in 1 day and then transfer to humidity 75% in 9 days

H2 Humidity 90% in 2 day and then transfer to humidity 75% in 8 days

H3 Humidity 90% in 3 day and then transfer to humidity 75% in 7 days

H4 Humidity 90% in 10 days

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05 n=10

표 4-16. Effect of humidity on growth of grafted tomato seedlings

Treatment	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio
	Top	Root	Top	Root	
H0	1.985 a ^x	0.350 b	0.126 a	0.030 b	5.713 a
H1	2.015 a	0.369 ab	0.128 a	0.030 b	5.508 a
H2	2.071 a	0.359 ab	0.128 a	0.033 ab	5.840 a
H3	2.050 a	0.385 a	0.127 a	0.037 a	5.326 a
H4	2.054 a	0.388 a	0.132 a	0.035 a	5.312 a

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05 n=10

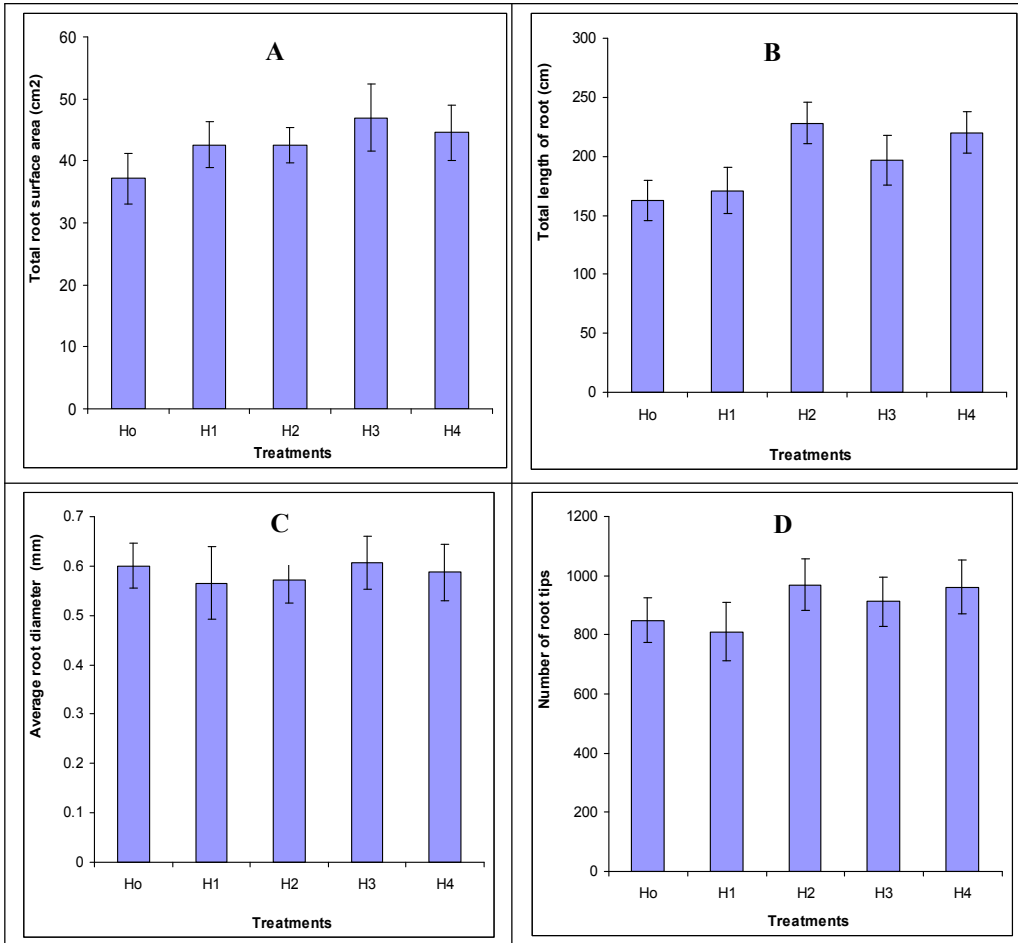


그림 4-13. Effect of humidity on root morphology of grafted tomato seedlings. Total root surface area (A), Total root length (B), Average root diameter (C), and total root tip number (D) of tomato seedlings. Vertical bars represent standard errors

5. 토마토 접목 순화 최적 조건 탐색

(1) 광조사 여부가 접목활착률 및 묘소질에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2013. 1

나. 연구방법

공시품종으로 접수는 방울토마토 ‘Choice’(다끼이 종묘)를, 대목품종은 B-Blocking ‘Kanbarune’, ‘High-Power’를 사용하였다. 7월 7일 과종하여 7월 27일 각각의 대목품종에 합접으로 접목한 후, 온도 20(±1)℃, 상대습도 75(±5)%로 유지된 접목 활착실에서 양생하였다. 시험구는 암흑처리구와 적색LED 처리구 2개의 시험구를 설계하여 10일간 처리한 후, 8월 6일에 접목 활착률을 조사하였다. 8월 6일 이후에는 모든 처리구의 묘를 유리온실로 옮겨 자연조건하에서 15일간 육묘한 뒤 묘소질과 뿌리의 형태적 특성을 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

접목활착실내에서 활착률은 적색 LED광 조사구가 암흑처리구보다 대목의 종류에 관계없이 20~60%정도 높았다(표 5-1). 이병주를 고려한 최종 활착률은 LED광 조사구에서는 ‘Kanbarune’대목이 94%로 제일 좋았고, ‘High-Power’와 ‘B-Blocking’이 각각 88%, 87%의 활착률을 나타냈다. 암흑처리에서는 대목의 종류에 따른 활착률의 차이가 커서

‘B-Blocking’은 70% 전후로 비교적 양호하였으나, ‘High-Power’와 ‘Kanbarune’는 50%이하로 활착률이 매우 저조하였다. 특히, ‘Kanbarune’는 광조사시에는 다른 대목품종보다 활착률이 제일 높았으나, 암흑처리에서는 35% 정도로 타 품종 보다 매우 낮은 활착률을 보여, 이러한 상이한 결과에 대해서는 추가 검토가 필요하다고 판단되었다.

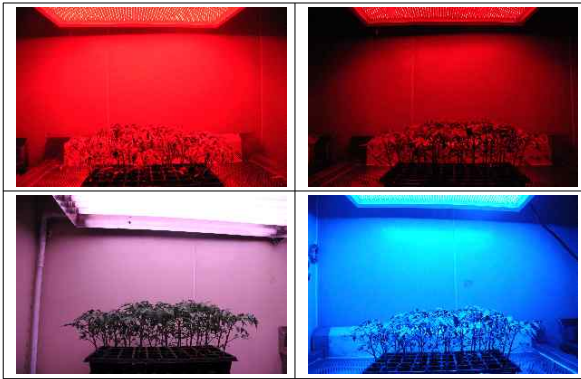


그림 5-1. 광조사 전경

‘B-Blocking’(left: dark, right: red LED)



Kanbarune(left: dark, right: red LED)



High-Power(left: dark, right: red LED)



그림 5-2. 접목활착실내 광 조사 유무가 대목의 종류별 활착률에 미치는 영향

표 5-1. Effect of red LED and darkness on the survival and quality of grafted tomato seedlings

Treatments	Varieties	Survival rate after 10 days (%)	Diseased plant (%)	Final survival rate (%)
Dark	‘B-Blocking’	72.58	4.84	67.74
	‘Kanbarune’	38.71	3.71	35.00
	‘High-Power’	50.82	3.29	47.54
Red LED	‘B-Blocking’	90.16	3.28	86.89
	‘Kanbarune’	98.21	1.79	96.43
	‘High-Power’	93.44	3.92	89.52

접목활착실내 광 조사 유무가 대목의 종류별 묘소질에 미치는 영향과 뿌리의 형태적 특성에 대한 조사 결과를 표 5-2와 그림 5-3에 나타냈다. 접목 후 10일간 LED적색광 처리 후, 15일간 자연조건에서 육묘한 뒤 묘의 생육을 조사한 결과 대부분의 생육지표에서 암흑처리

에 비해 적색LED광 처리구의 성적이 좋았다. 대목종류별로는 ‘B-Blocking’이 다소 우세했으며, ‘Kanbarune’와 ‘High-Power’간에는 큰 차이가 나타나지 않았다. 뿌리의 형태적 특성에서도 이와 유사한 경향을 보였으나, 평균 근경에서는 광처리구 보다는 암흑처리에서 다소 높은 경향을 보였다(그림 5-3).

표 5-2. Growth characteristics of tomato seedlings measured on 15 days after grafting under treatment the irradiation of red LED and darkness on 10days

Treatments	Varieties	High plant (cm)	Stem diameter (mm)	No of leaves	SPAD	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm ²)
Dark	‘B-Blocking’	6.88 c ^x	2.57 ab	4.20 c	45.05 a	6.56 c	4.90 a	15.10 b
	‘Kanbarune’	6.58 c	2.32 c	4.40 bc	44.11 a	6.09 c	4.28 b	13.50 b
	‘High-Power’	6.67 c	2.45 bc	4.50 bc	43.74 ab	6.48 c	4.28 b	13.20 b
Red LED	‘B-Blocking’	8.93 a	2.73 a	5.00 a	40.95 b	9.03 a	5.18 a	19.20 a
	‘Kanbarune’	7.64 b	2.49 bc	4.30 bc	44.84 a	7.59 b	5.25 a	17.70 a
	‘High-Power’	7.39 b	2.54 b	4.70 ab	42.93 ab	8.19 d	5.33 a	19.30 a

* ^xMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at P=0.05 n=10

표 5-3. Growth characteristics of tomato seedlings measured on 15 days after grafting under treatment the irradiation of red LED and darkness on 10days

Treatments	Varieties	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio
		Top	Root	Top	Root	
Dark	‘B-Blocking’	0.987 c ^x	0.248 a	0.094 b	0.016 ab	4.21 ab
	‘Kanbarune’	0.820 d	0.148 b	0.081 c	0.011 b	4.96 ab
	‘High-Power’	0.802 d	0.177 b	0.081 c	0.012 b	4.75 ab
Red LED	‘B-Blocking’	1.383 a	0.274 a	0.119 a	0.021 a	5.05 a
	‘Kanbarune’	1.089 bc	0.286 a	0.123 a	0.021 a	4.13 b
	‘High-Power’	1.181 b	0.244 a	0.118 a	0.020 a	4.81 ab

* ^xMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at P=0.05 n=10

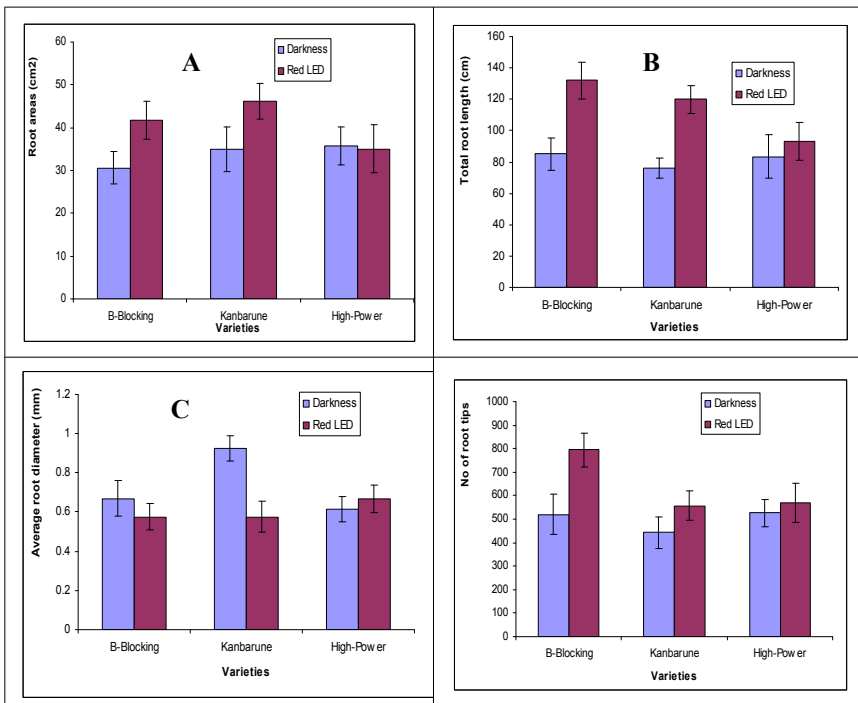
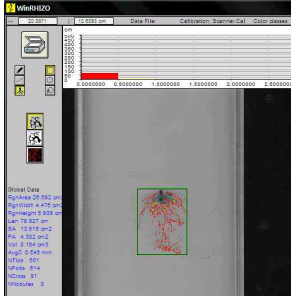
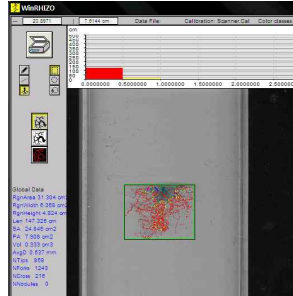


그림 5-3. Total root surface area (A), Total root length (B), Average root diameter ©, and total root tip number (D) of tomato seedlings treat at Red LED and Darkness

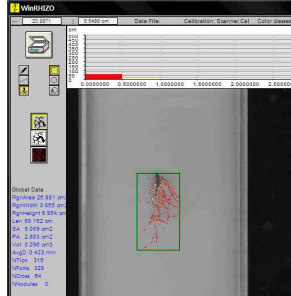
B-Blocking (Darkness)



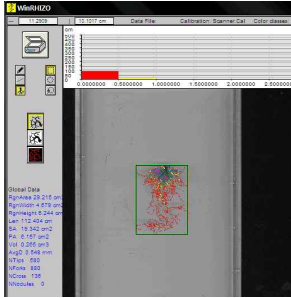
B-Blocking (Red LED)



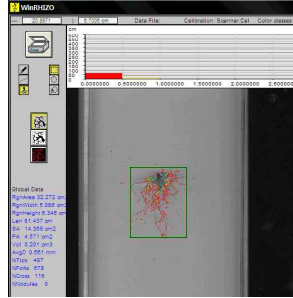
Kanbarune (Darkness)



Kanbarune (Red LED)



High-Power (Darkness)



High-Power (Red LED)

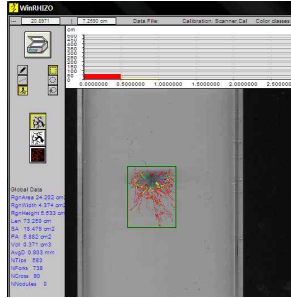


그림 5-4. Image of root morphology by LED lighting

(2) 광원별 단기간 광조사가 초기 묘생육에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2013. 1

나. 연구방법

광원별 단기간 광조사가 초기 묘생육에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 방울토마토 'Choice'(다끼이 종묘)를 7월7일 파종하여 자엽이 전개된 후, 128구 플러그 트레이에 이식하여 육묘한 묘를 대상으로 7월 25일 20(±1)℃, 상대습도 75(±5)%로 유지된 성장실에 반입하여 광처리를 하였다. 광처리는 근적색광(Far-red LED), 적색광(red LED), 청색광(blue LED), 백색형광등(WFL)을 15일간 조사한 처리구의 묘소질을 자연일장구(대조구)와 비교하였다. 생육조사는 처리 후 10일, 15일, 20일, 25일 30일에 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

15일간 근적색광, 적색광, 청색광, 백색광(식물성장용 형광등) 조사 후 묘소질을 조사한 결과를 표5-4에 나타냈다. 초장, 경경, 엽수, 엽면적 등은 자연일장 처리구에 비해 LED 광원별 처리구에서 저하되었다. 인공광원 처리구에서는 WFL처리구가 가장 좋아, 자연일장구와 유사한 생장을 보였으며, LED광원 중에는 적색광이 청색광이나 근적색광 보다 몇몇 생육지표에서는 다소 좋은 성적을 나타냈다.

15일간 광조사 후, 육묘온실로 옮겨 자연일장하에서 30일간 육묘한 뒤의 생육사항도 광조사 기간이 종료된 시점에서 조사한 결과와 유사한 경향을 보였다(표 5-5, 표5-6). 다만, 광조사후 육묘기간이 길어짐에 따라 인공광원 처리구의 생육 증가율이 자연일장구의 증가율보다 높아 몇몇 생육지표에서는 자연일장구에서의 생육과 근소한 차이만을 나타내어 좀 더 육묘기간이 길어지거나, 정식 후 일정기간이 지나면 초기 생육에는 광원별 큰 차이는 없을 것으로 추정되었다. 인공광원 종류별 생육도 생육이 진전되면서 광원에 따른 차이가 적어져 근적색광을 제외하고 Red LED, Blue LED, WFL광원 간에 유의적 차이는 크지 않았다.

여러 생육지표 중에 이러한 경향은 엽록소함량, 초장, 경경, 엽수 등에서 비교적 선명하게 나타났는데 이를 도식화하여 나타낸 것이 그림.5-5이다.

표 5-4. Growth characteristics of tomato measured on 15 days under the irradiation of Far-Red LED, Red LED, Blue LED, and fluorescent lamps

Light treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	SPAD
Control (Natural light)	11.94 ^x a	4.04 a	9.33 a	9.49 b	6.37 b	48.51 b
Far-red LED	8.54 b	2.64 c	4.53 e	7.77 cd	5.25 d	31.66 e
Red LED	8.80 b	2.70 c	5.67 c	8.27 c	5.91 c	44.83 c
Blue LED	8.54 b	2.67 c	4.93 d	7.43 d	5.75 c	37.57 d
WFL	12.51 a	3.17 b	7.67 b	11.25 a	7.25 a	53.81 a

* ^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05 n = 15
WFL: White fluorescent lamps.

표 5-5. Growth characteristics of tomato measured on 30 days under 15 days the irradiation of Far-Red LED, Red LED, Blue LED, and fluorescent lamps and 15days transplant to natural condition

Light treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	SPAD
Control (Natural light)	29.16 a ^x	4.99 a	12.40 a	10.05 d	7.47 b	40.28 bc
Far-red LED	16.29 e	4.24 c	10.13 c	10.52 d	7.09 b	48.85 a
Red LED	22.41 c	4.64 b	11.20 b	11.59 c	7.39 b	48.97 a
Blue LED	20.70 d	4.33 c	10.47 c	12.42 b	8.33 a	38.99 c
WFL	26.43 b	4.28 c	11.60 b	13.09 a	8.83 a	41.67 b

* ^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05 n = 15

표. 5-5. Growth characteristics of tomato measured on 30 days under 15 days the irradiation of Far-Red LED, Red LED, Blue LED, and fluorescent lamps and 15days transplant to natural condition.

Light treatment	Leaf areas (cm ²)	SLA m ² kg ⁻¹	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio	Healthy index
			Top	Root	Top	Root		
Control (Natural light)	187.1 b ^x	20.1 d	13.8 a	2.69 a	1.59 a	0.28 a	5.68 c	0.03 a
Far-red LED	125.6 d	27.1 b	6.53 d	1.06 e	0.60 d	0.06 d	10.21 a	0.02 d
Red LED	163.3 c	27.4 b	8.72 c	1.77 c	0.86 c	0.10 c	8.60 b	0.02 c
Blue LED	183.1 b	32.2 a	8.70 c	1.37 d	0.80 c	0.10 c	8.72 b	0.02 c
WFL	204.1 a	24.8 c	10.4 b	2.20 b	1.29 b	0.21 b	6.23 c	0.02 b

* ^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05 n = 15

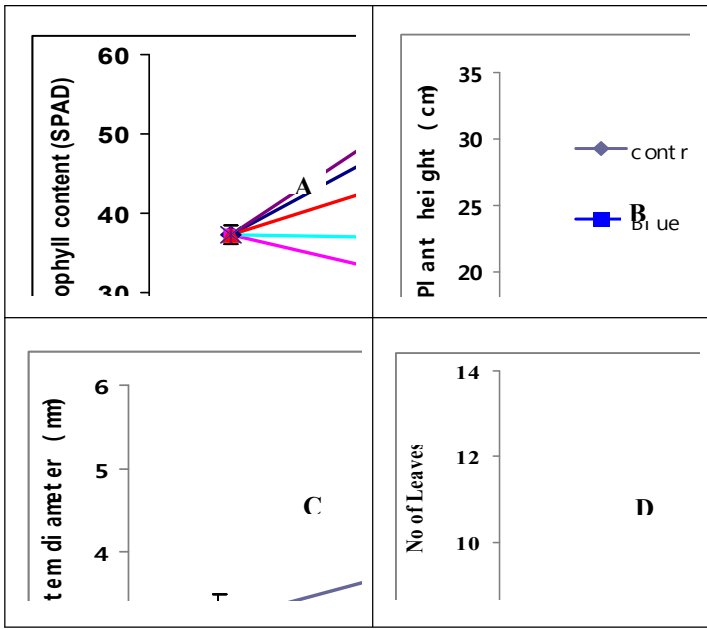


그림 5-5. Regulation of the growth of tomato seedlings under 15 days the irradiation of Far-Red LED, Red LED, Blue LED, and fluorescent lamps and 15days in natural condition. (A. Leaf chlorophyll content; B. Plant height; C. Stem diameter; D. Number of leaves). Vertical bars represent standard errors

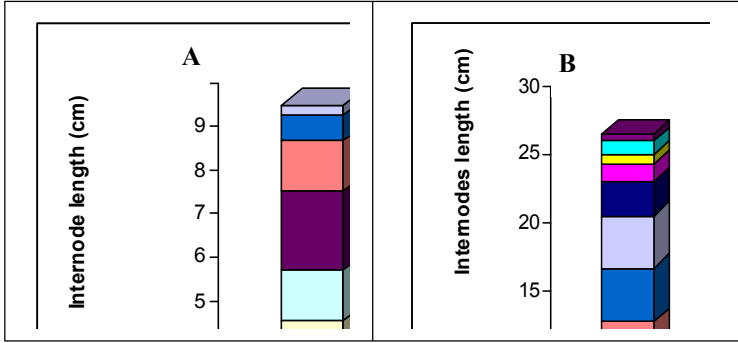


그림 5-6. Effect of different light irradiations of LED and fluorescent lamps on internodes length of tomato seedling on 15 days (A) and 30 days (B)

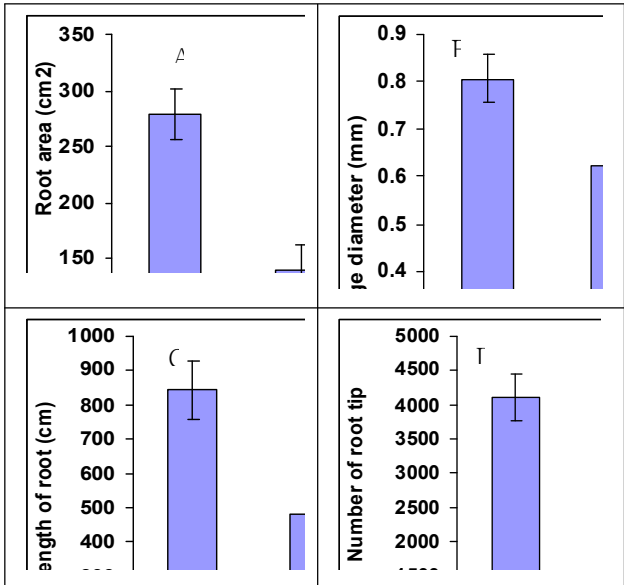


그림 5-7. Regulation of root morphological of tomato seedling under 15 days the irradiation of Far-Red LED, Red LED, Blue LED, and fluorescent lamps and 15days in natural condition. Total root surface area (A), Average root diameter (B), Total root length (C), and total root tip number (D) of tomato seedlings. Vertical bars represent standard errors

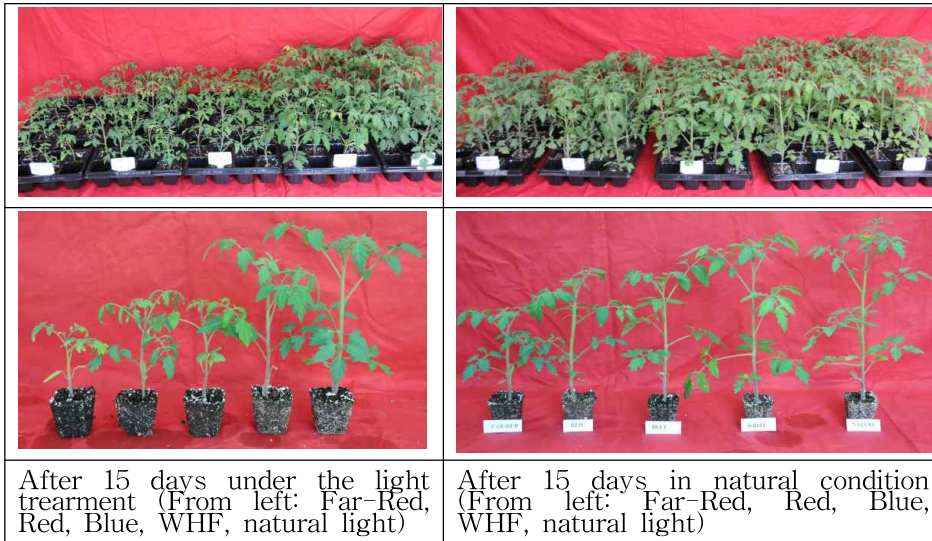


그림 5-8. 광조사 전 후
의묘의 생육상태

그림 5-6에는 광처리 직후(A)와 처리 30일 후(B)의 절간장의 변화양상을 나타낸 것으로 처리30일 후 7~8마디부터는 모든 인공광원 처리구의 성장량이 자연일장구와 유사했음을 나타내고 있다.

광질별 뿌리의 형태적 특성을 그림 5-7에 나타냈다. 뿌리 전체의 표면적은 자연일장 처리구가 270cm²정도로 가장 넓었으며, WHF를 제외한 적색LED, 근적색 LED, 청색LED광원 처리구는 1500cm²전후로 자연일장구의 60% 정도였으며, 전근장, 뿌리 원기수에서도 이와 비슷한 경향을 보였다. 단지 평균 뿌리 굵기는 근적색광을 제외하고 타 인공광원 처리구와 자연일장 처리구간의 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 광조사 전후의 묘의 생육상태를 보면(그림5-8) 광조사 직후 생육초기에는 자연일장구에 비해 인공광원 처리구의 묘생육이 격단적으로 부진하였으나, 광조사 후 온실로 옮겨 15일간 자연일장하에서 육묘하면 근적색광 처리를 제외하고 대부분의 인공광원 처리구에서 자연일장구와 유사한 생육을 하고 있음을 나타내고 있다.

(3) 토마토 육묘시 야간의 광조사가 묘소질에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2013. 1

나. 연구방법

‘슈퍼도태랑’(다끼이 종묘)을 7월 30일 파종하여 본엽 전개 후 128구 플러그 트레이에 이식하여 육묘하였다. 육묘시 야간조명이 토마토 묘소질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 적색LED, 청색LED, WHF(백색형광등)광조사구와 대조구(야간 비조명)의 4처리구를 설계하였다. 광조사는 8월20일부터 9월19일까지 30일간 18:00시부터 익일 8:00시 까지 14시간 광원별로 20(±1)°C, 상대습도 75(±5)%로 유지된 생장실에 반입하여 광처리를 하였다. 주간에는 생장실에서 유리온실로 이동하여 자연조건에서 관리하였으며, 대조구는 전 생육기간을 생장실에 반입하지 않고 유리온실의 자연 조건에서 육묘하였다.

다. 연구결과 및 고찰

일몰 후 야간 조명이 토마토 묘소질에 미치는 영향을 표 5-6, 그림. 5-9, 5-10에 나타냈다.

대조구에 비해 엽록소함량이외 대부분의 생육지표에서 야간조명에 따른 생육증진효과는 나타나지 않았으며, 특히 지상부와 지하부의 생체중과 건물중 및 T/R율에서는 처리 간 유의적인 차이를 없었다. 광원별로는 적색광>청색광>WHF 순으로 생육지표가 좋은 것으로 나타났다. 뿌리의 형태적 특성에서도 처리 간 일정한 경향은 나타나지 않았다. 일몰 후 적색광조사가 도장을 억제하고 묘의 충실도를 일정 부분 향상시킬 수 있다는 기존의 연구결과를 고려할 때, 금후 추가적인 시험이 필요하다고 판단되었다.

표. 5-6. Growth characteristics of tomato seedling under the irradiation of Red LED, Blue LED, fluorescent lamps on the evening

Light treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	SPAD	Leaf areas (cm ²)	SLA (m ² kg ⁻¹)
Control (non-lightning)	33.86 a ^x	5.30 ab	14.50 b	12.23 a	8.04 b	35.41 c	263.5 a	19.49 a
Red LED	34.75 a	5.43 ab	15.80 a	12.01 ab	8.65 a	39.77 b	232.1 b	19.49 a
Blue LED	30.19 b	5.45 a	14.60 b	11.62 ab	8.16 b	38.79 b	239.1 b	17.54 b
WHF	30.78 b	5.19 b	14.20 b	11.36 b	8.26 ab	41.66 a	151.7 c	14.79 c

* ^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05 n=10
WHF; White fluorescent lamps

표 5-6. Growth characteristics of tomato seedling under the irradiation of Red LED, Blue LED, fluorescent lamps on the evening

Light treatment	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio	Healthy index
	Top	Root	Top	Root		
Control(non-lightning)	17.58 a ^x	3.07 a	2.40 ab	0.36 a	5.24 a	0.041 b
Red LED	17.69 a	3.21 a	2.29 ab	0.37 a	5.49 a	0.044 ab
Blue LED	18.68 a	3.19 a	2.46 a	0.37 a	5.52 a	0.048 a
WHF	14.51 b	3.09 a	2.11 b	0.36 a	5.15 a	0.043 ab

* ^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05 n=10
WHF; White fluorescent lamps

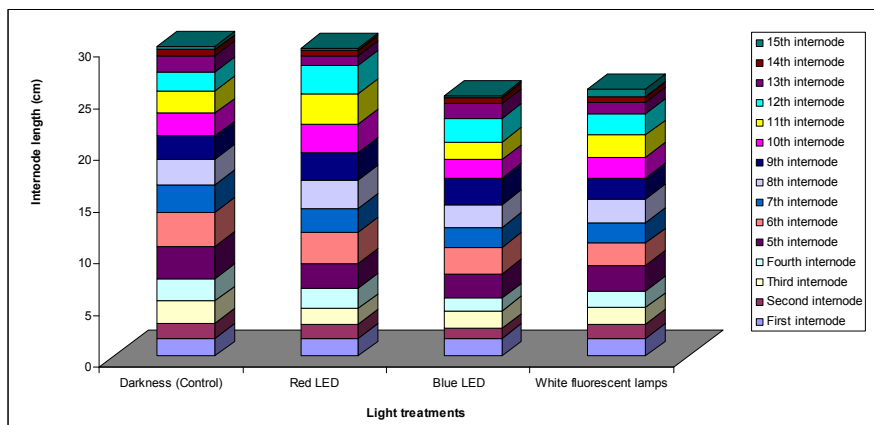


그림 5-9. Effect of different light irradiations of LED and fluorescent lamps on internodes length of tomato seedling

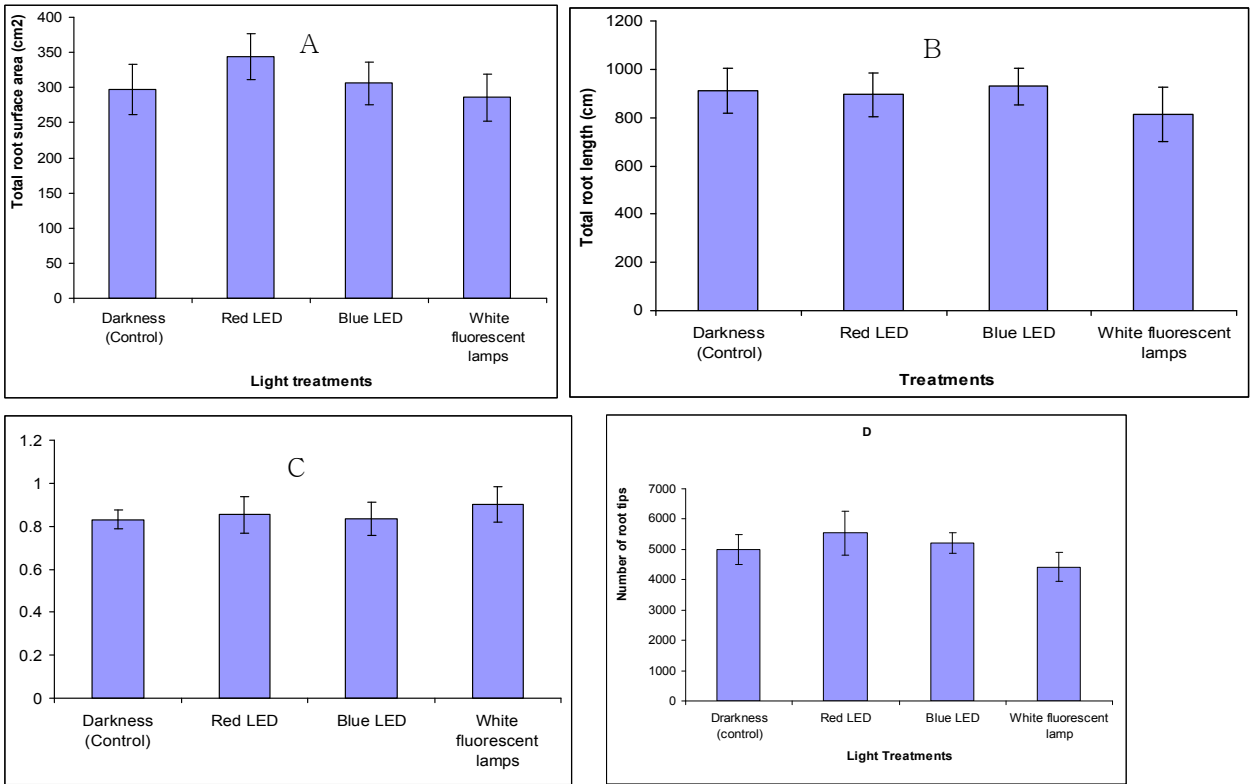


그림 5-10. Regulation of root morphological of tomato seedling by the irradiation of LED and fluorescent lamps on the evening (A. Root area; B Root average diameter; C. Total length of root; D. Number of root tips)



그림 5-11. 광원별 야간 조명에 따른 묘소질(좌로부터 적색광, 청색광, WFL, 대조구)과 정식 후 생육상황

6. 토마토 실생묘(自根苗)의 이식 방법이 토마토 묘의 생육 및 근권부에 미치는 영향

(1) 토마토 실생묘(自根苗)의 이식 방법이 토마토 묘의 생육 및 근권부에 미치는 영향

가. 연구기간: 2011. 7 ~ 2012. 1

나. 연구방법

고온기 토마토 공정육묘 시 무접목 실생묘의 경우는 하배축이 도장하여 육묘관리에 어려움을 초래한다. 이러한 단점을 보완 할 목적으로 파프리카 암면 큐프이식 시 사용하는 U자 절곡 방식을 토마토 육묘에 적용하여 묘의 생육과 근권부 발육에 미치는 영향을 조사하였다. 처리구는 기본 관행 방법인 I 자형으로 이식하는 방법과 근권이 위로 향하게 하여 U자 형태를 만들어서 이식하는 U자형 절곡을 이용하였으며 각각 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽록소, 엽수, 엽면적, 생체중(지상부와 지하부), T/R율의 기본 생육을 조사하였으며, 근권부는 WinRHZO.09를 이용하여 root area, root average diameter, total root length root tips 수를 조사하였다.

다. 연구 결과 및 고찰

생육면에서는 관행보다 U자형 절곡이 좋은 모습을 나타내었다. 초장에서는 4cm 가량 큰 모습을 나타내었으며, 경경이나 엽장에서 차이도 보였으며, 엽수도 U자형 절곡이 1매 가량 많았다. 지상부와 지하부의 생체중 또한 U자형 절곡이 더 우세하였고, T/R 또한 U자형이 미세하게 좋은 것을 볼 수 있었으며, 근권부에서도 U자형이 I자형 관행에 비해 우세한 모습을 나타내었다. WinRHZO.09를 이용하여 조사한 뿌리의 형태적 특성에서도 관행방식보다 U자형 절곡방식으로 플러그에 이식한 묘가 근장, 근경, 뿌리원기 수에서 우수했으며 특히 여러 지표 중 전 뿌리표면적이 30%정도 높은 것으로 나타났다.

표. 6-1. I자형(관행) 이식과 U자형 절곡 이식의 생육비교

	초장 (cm)	경경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소 (SPAD)	엽수	엽면적 (cm ²)	생체중 (g)		T/R율
								지상부	지하부	
I자형 (관행)	13.92	3.68	8.90	7.50	44.42	7.00	96.00	4.65	1.76	2.69
U자형 (절곡)	14.64	3.86	11.04	7.10	41.82	8.00	113.60	5.95	2.38	2.55

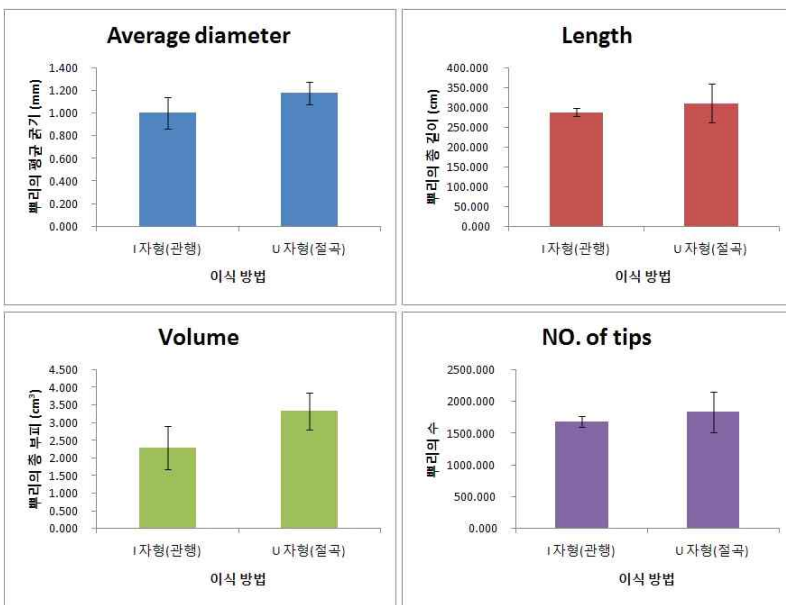


그림 6-1. I자형(관행) 이식과 U자형 절곡 이식의 근권부 비교

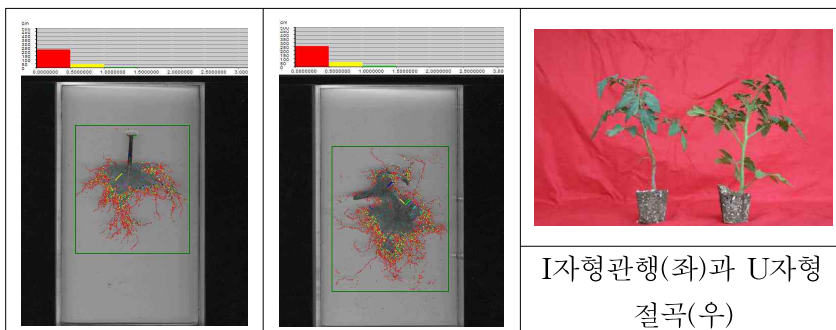


그림 6-2. I자형 관행(왼쪽)과 U자형 절곡(오른쪽)의 근권부 사진과 묘의 생육상태

I자형관행(좌)과 U자형 절곡(우)

7. 규산처리가 근권부 생육 및 환경스트레스 내성에 미치는 영향

(1) 규산(silicic acid)처리 농도가 플러그묘의 묘소질에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2013. 1

나. 연구방법

몬산토코리아의 'Rafito'를 공시하여 규산처리가 묘소질과 지하부 발육에 미치는 영향을 조사하였다. 규산처리는 새턴바이오텍(주)의 수용성 규산이 25%이상 함유되어 있는 규산 액제(상품명:큰손 규산액상비료)를 각각 25배, 100배, 200배, 400배로 희석하여 7일 간격으로 2회 처리하였다. 처리구별 생육에 대해 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽록소, 엽수, 엽면적, 생체중의 기본생육을 조사하였다.

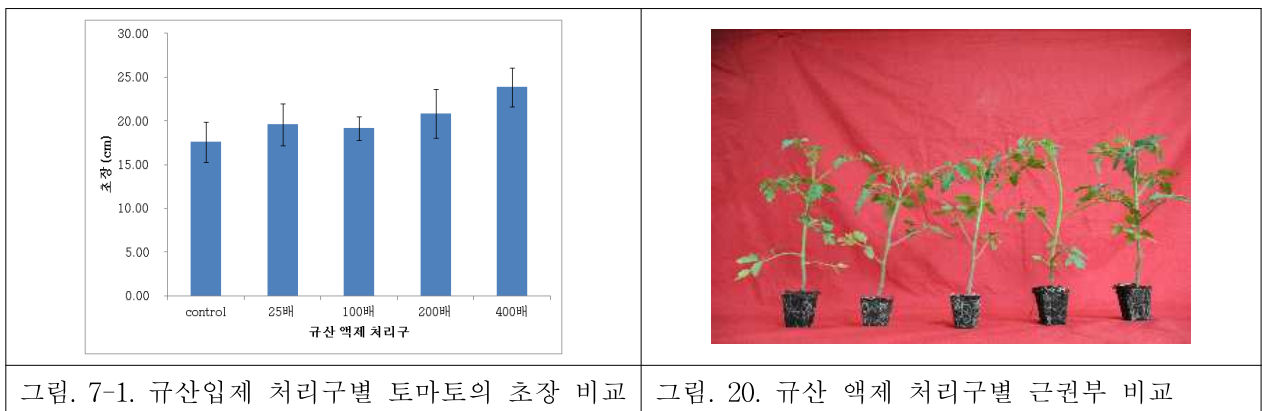
다. 연구결과 및 고찰

수용성 규산의 처리가 고농도(25배 희석처리)처리구를 제외하고는 대조구(비처리구)에 비해 초장등 대부분의 생육지표가 향상되는 경향을 보였다. 그러나 처리구간의 통계적 유의성은 미미하여 경경에는 전농도구에서, 엽장, 엽폭, 엽면적, 생체중은 100배 이상의 농도구에서는 대조구와 유의적 차이를 나타내지 않았다. 근권부의 형태적 특성에서도 고농도처리구인 25배 희석처리를 제외하고는 근장, 뿌리원기 수, 뿌리 표면적에서 대조구와 통계적 유의성이 없었으며, 동일 처리구내에서도 조사 개체 간 오차가 커서 본 시험의 결과만으로 적정 규산처리 농도를 확정하기에는 많은 문제를 내포하고 있을 것으로 판단되었다. 토마토 육묘기간이 2~3달 이내의 단기간이라는 점과 식물체내 규산의 흡수속도나 흡수량 등이 질소 등 타 무기원소보다는 느리고 양도 미미한 점 등을 종합적으로 고려할 때 토마토 육묘시 규산처리의 영향을 구명하기 위해서는 적정 처리농도 보다는 처리횟수를 늘리는 것이 필요하다고 생각되어 추가시험을 실시하였다.

표. 7-1. 규산 처리가 '라피토'묘의 생육에 미치는 영향

처리	경경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소 (SPAD)	엽수	엽면적 (cm ²)	생체중(g)		T/R율
							지상부	지하부	
control	3.67 a ^y	10.83 b	7.53 b	39.3 a	9.0 a	99.2 c	5.79	2.62	2.26
400배	3.82 a	11.85 a	8.10 a	37.45 ab	8.5 b	148.9 a	9.34	3.45	2.71
200배	3.90 a	12.21 a	7.81 ab	38.41 ab	8.2 bc	121.7 b	7.95	3.09	2.60
100배	3.74 a	11.70 ab	7.63 b	38.51 ab	7.9 c	105.2 c	7.27	3.01	2.46
25배	3.93 a	11.60 ab	7.59 b	36.81 b	8.2 bc	104.1 c	6.91	2.49	2.82

^y means separation within columns by Duncan's multiple range test, 5%



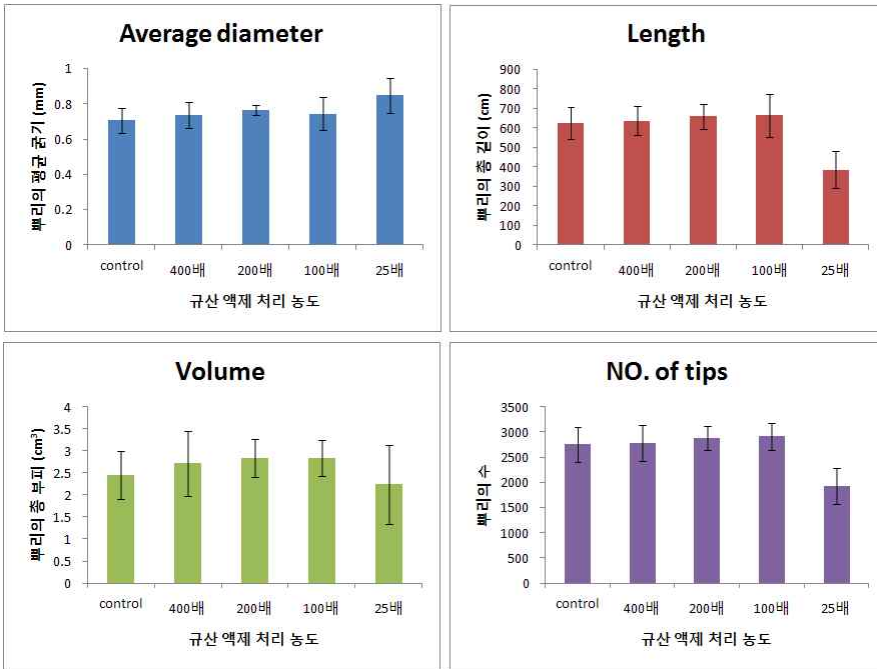


그림 7-2. 규산 액제 처리구별 근권부 비교 (WinRHZO.09)

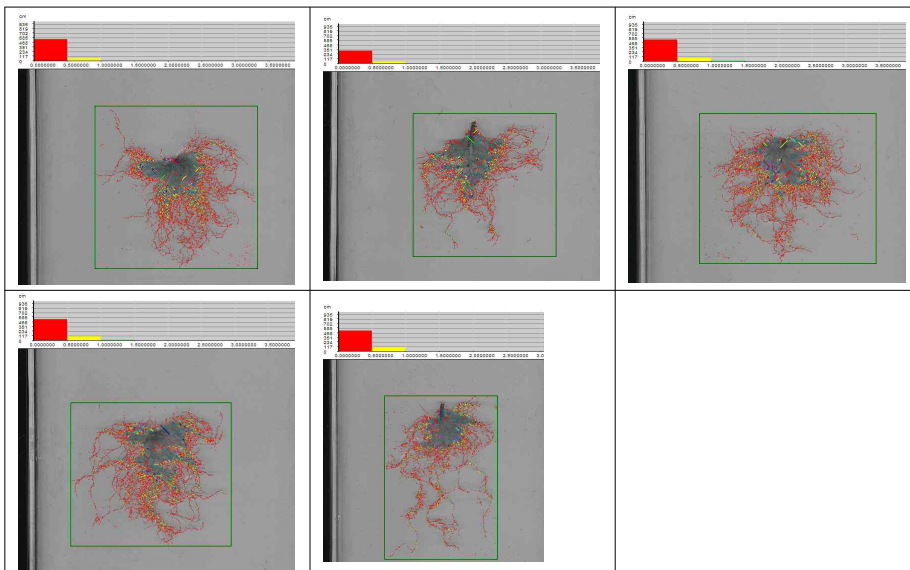


그림 7-3. 규산 처리 농도별 처리구별 근권부 함량(좌로부터 상: 무처리, 25x, 100x, 하: 200x, 400x).

(2) 규산(silicic acid)처리 횟수가 플러그묘의 묘소질에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2012. 10

나. 연구방법

전 실험에서 규산 처리농도에 따른 묘소의 영향이 미미하고, 고농도에서는 생육억제 현상이 일부 나타난 결과를 토대로 규산 처리횟수(처리기간)가 플러그묘의 묘소질에 미치는 영향을 조사하였다. 방울토마토 'Unicon'을 공시하여 7월 25일 파종하여 본엽 전개 후 128구 플러그 트레이에 이식하여 육묘하였다. 규산처리는 새턴바이오텍(주)의 규산 액제(상품명:큰손 규산액상비료)를 500배로 희석하여 8월 13일부터 9월 2일 까지 20일간 관주처리하였다. 시험구는 매일처리(20회처리), 2일 간격으로 처리(10회처리), 3일 간격처리(6회처리)와 비처리구(대조구)의 4 처리구를 설계하여 처리 종료 25일 후 묘소질을 검토 하였다.

다. 연구결과 및 고찰

규산처리 횟수가 토마토 묘소질에 미치는 영향을 표 7-2에 나타냈다. 초장, 엽면적, 지하부의 생체중과 건물중에서만 무처리구에 비해 생장이 증진되는 효과를 나타냈으며, 경경, 엽수, SPAD함량, 엽장과 엽폭 등은 무처리구와 통계적 유의성이 없었다. 처리구간에는 대부분의 생육지표에서는 차이가 없었으나, 10회 이상 처리구에서는 타 처리구에 비해 생육이 다소 감소하는 경향을 보였다. 뿌리의 형태적 특성을 조사한 결과를 보면, 무처리구에 비해 전 뿌리표면적, 근장, 근뿌리원기 수는 처리횟수에 관계없이 증가하는 경향을 보였으나, Average root diameter는 무처리구에 비해 감소하였다(그림 7-4).

표 7-2. Effect of different times treat silicate solution on growth of tomato seedlings

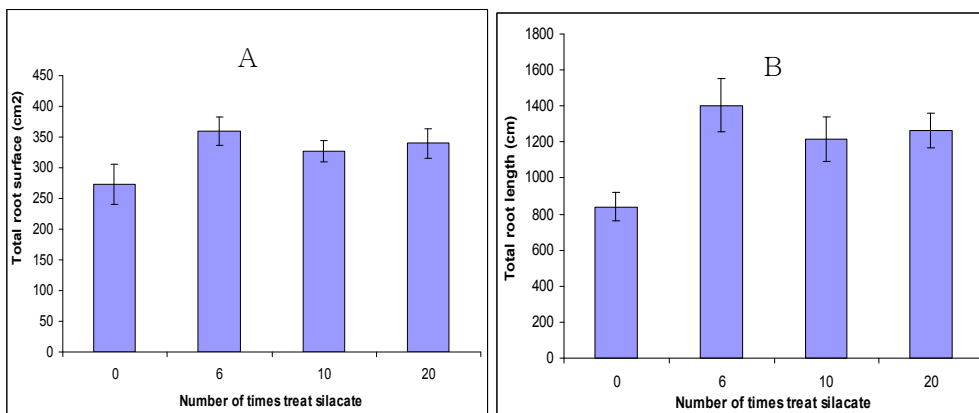
Number of times treat silicate	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	SPAD	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm ²)
0	28.16 b	4.99 a	12.40 a	40.28 a	10.07 a	7.23 a	187.88 b
6	32.63 a	5.12 a	12.47 a	39.75 a	10.70 a	7.34 a	194.12 a
10	32.64 a	5.05 a	12.80 a	39.84 a	10.38 a	7.39 a	187.37 a
20	32.18 a	5.07 a	12.33 a	40.73 a	10.34 a	7.20 a	186.25 a

* ^xMean separation within columns by Duncan'smultiplerangetestatP=0.05n=15

표 7-2. Effect of different times treat silicate solution on growth of tomato seedlings

Number of times treat silicate	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R
	Top	Root	Top	Root	
0	13.69 b	2.57 b	1.59 a	0.27 b	5.21 a
6	14.24 ab	3.06 a	1.65 a	0.32 a	4.71 b
10	14.75 a	2.86 ab	1.65 a	0.33 a	5.16 a
20	14.46 ab	2.83 ab	1.63 a	0.28 b	5.14 a

* ^xMean separation within columns by Duncan'smultiplerangetestatP=0.05n=15



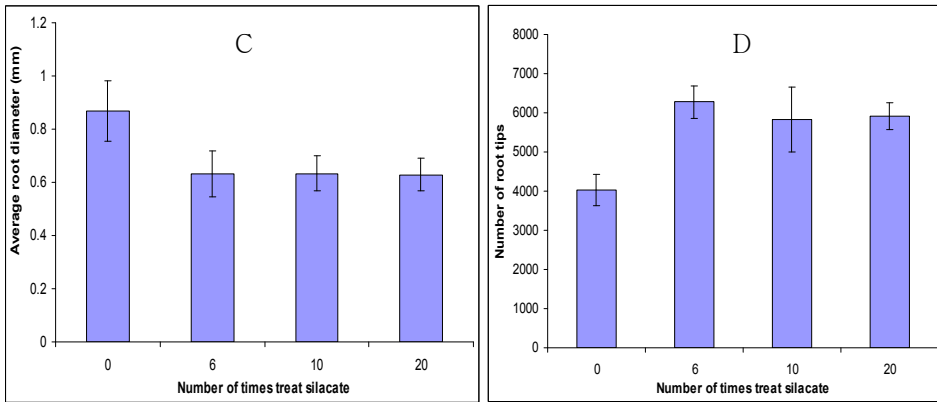


그림 7-4. Effect of silicate treatments on root morphology of tomato seedlings. Total root surface area (A), Total root length (B), Average root diameter (C), and total root tip number (D) of tomato seedlings. Vertical bars represent standard errors

(3) Silicon dioxide처리가 토마토 묘의 저온 및 건조 내성에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2012. 10

나. 연구방법

환경스트레스 내성에 미치는 규소의 영향을 파악하고자 7월31일 ‘슈퍼도태랑’을 파종하여 본엽 전개 후 128구 플러그 트레이에 이식한 뒤, 생육이 진전되면서 32구로 이동하여 육묘하였다. 규소처리는 silicon dioxide(Sigma-Aldrich)를 100, 500, 1,000 및 2,000mg/ℓ로 조정하여 8월 20일부터 9월 19일까지 30일간 매일 관주처리 하였다. 처리 완료 후 각 처리구 당 20주씩 생육조사와 뿌리의 형태적 특성을 조사하였고, 나머지 처리묘를 대상으로 직경 12cm의 플라스틱 포트에 이식하여 5일간 육묘한 뒤 내냉성과 내건성 시험에 공시하였다. 내냉성 시험은 4°C로 제어된 성장상에 각 처리구별 20주씩 반입하여 매일 1°C씩 성장상의 온도를 낮추어 4일후에는 1°C로 유지하면서 저온장해 수준을 5단계로 나누어 매일 조사하였다. 내건성 시험은 시험이 시작되는 시점부터 관수를 중단하고 처리구별로 위조정도를 매일 체크하였으며, 대조구의 묘가 고사한 시점(5, 6일 후) 관수를 개시하여 위조 후 회복되는 정도를 측정하였다.

다. 연구결과 및 고찰

Silicon dioxide을 각 농도별로 30일간 처리한 후의 묘의 생육과 뿌리의 형태적 특성을 조사한 결과를 표 7-3에 나타냈다. 초장, 경경, 엽수, 엽면적 및 지상부의 생체중과 건물중은 무처리구에 비해 silicate처리구가 다소 생육이 증가한 결과를 나타냈으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 다만 근권부의 생육은 모든 처리농도구에서 대조구에 비해 유의적으로 높은 성적을 나타냈다. 뿌리의 형태적 특성은 뿌리 원기수와 뿌리 표면적의 500mg/ℓ와 1,000mg/ℓ 처리구에서는 대조구에 비해 유의적 차이를 나타냈으나, 기타 항목에서는 처리간 차이가 크지 않았다. 이상은 규산 액제를 처리한 앞의 다른 시험과도 유사한 경향으로 규소원의 종류에 따른 영향은 크지 않을 것으로 사료되었다.

㉟. 7-3. Effect of different silicate concentration on growth of tomato seedlings

Treatment (mg/ℓ)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	SPAD	Leaf area (cm ²)
Control	34.19 b	5.09 b	13.00 b	32.51 a	153.13 b
100	36.09 ab	5.17 ab	13.63 ab	28.68 b	184.00 ab
500	35.93 ab	5.29 ab	14.13 a	29.93 b	181.63 ab
1,000	36.31 ab	5.28 ab	14.00 a	31.90 a	178.00 ab
2,000	38.33 a	5.44 a	13.88 a	31.95 a	192.63 a

㊦ 7-3. Effect of different silicate concentration on growth of tomato seedlings

Treatment (mg/ℓ)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R
	Top	Root	Top	Root	
Control	16.84 b	4.11 c	1.87 b	0.48 c	3.85 a
100	18.05 ab	5.21 ab	1.93 ab	0.53 ab	3.66 a
500	18.97 a	5.85 a	1.96 ab	0.54 a	3.64 a
1,000	18.32 a	5.03 b	2.07 a	0.50 ab	3.90 a
2,000	19.64 ab	5.21 ab	1.95 ab	0.51 ab	3.55 a

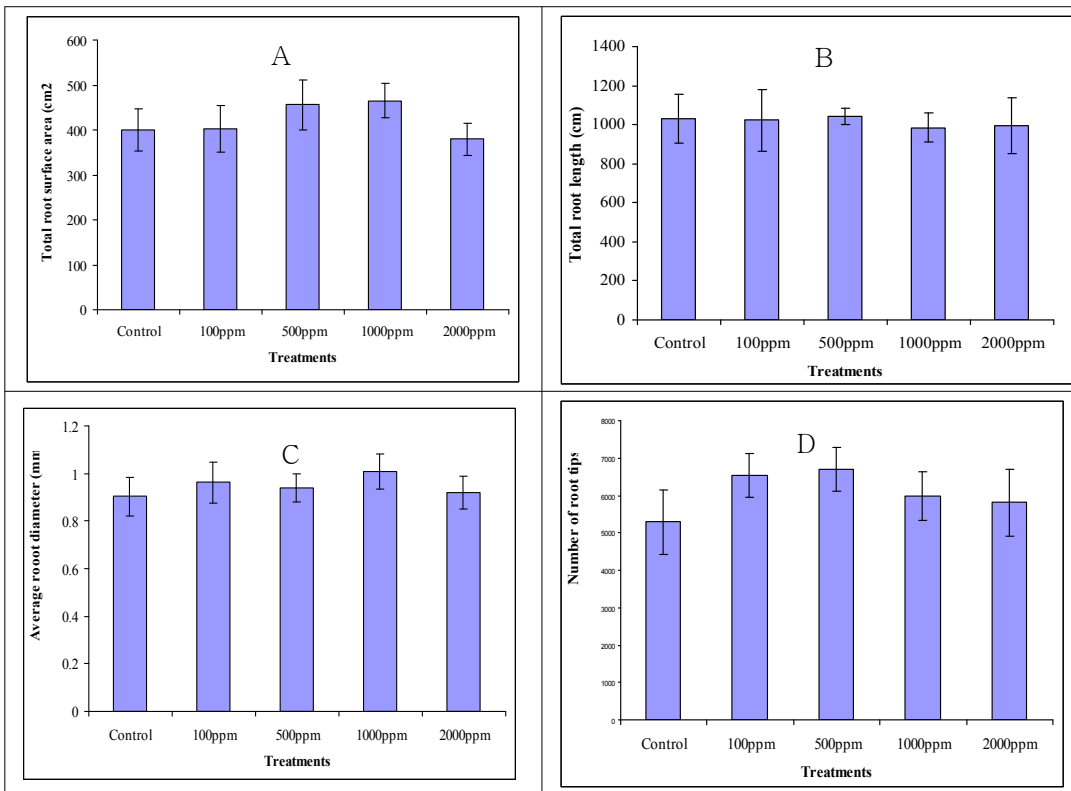


그림 7-5. Effect of different silicate concentration on root morphology of tomato seedlings Total root surface area (A), Total root length (B), Average root diameter (C), and total root tip number (D). Vertical bars represent standard errors

Silicon dioxide처리가 내냉성과 내건성에 미치는 영향을 조사한 결과를 그림 22와 23에 나타냈다. 내건성에 미치는 영향을 보면 무처리구와 100mg/ℓ 처리구는 단수 96시간부터 위조하기 시작하여 135시간이 경과해서는 모든 개체가 고사하였으나, 500mg/ℓ 이상의 처리

구에서는 위조개시 시점이나 전 개체가 고사하는 시점도 무처리구에 비해 12시간에서 20시간 정도 늦었다. 고사 직전 재관수시 위조에서 회복되는 시점도 처리농도가 높을수록 빨라지는 경향을 보였다(그림 7-6). 내냉성에 대한 규소 처리효과도 처리농도가 높을수록 효과적이어서, 처리농도가 높을수록 저온장해 시작시점은 늦어지고 모든 개체가 장해를 입는 시점은 늦어지는 경향을 보였다. 1,000mg/ℓ 처리구의 경우 규소 무처리구에 비해 저온장해 시작시점은 30시간, 전 개체가 저온장해를 입는 시점은 36시간 정도 늦어지는 효과를 보여(그림 7-7), silicare처리가 내한성과 내건성 등 육묘시 환경 스트레스 내성 증가에 효과적임이 증명되었다.

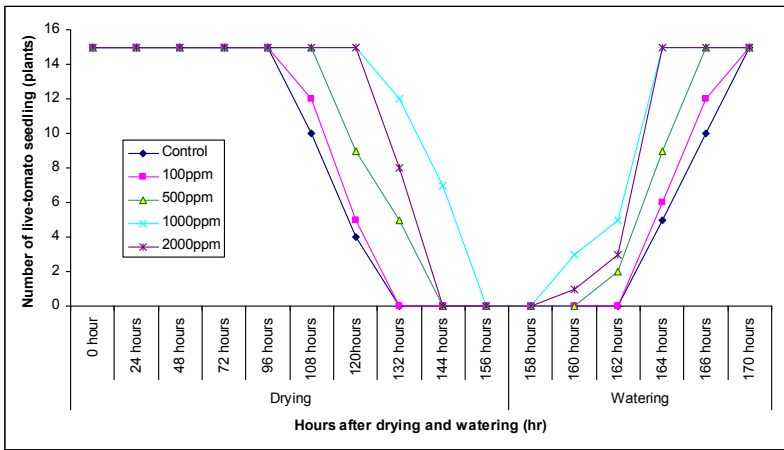


그림 7-6. Effect of silicate concentration on numbers of live-tomato seedlings by without irrigation during 156 hours and watering 12 hours

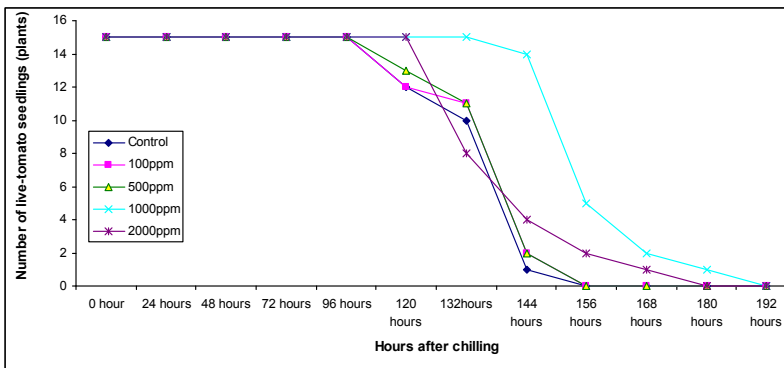


그림 7-7. Effect of silicate concentration on numbers of live-tomato seedlings by chilling condition (temperature reduce from 4°C to 1°C)

8. 토마토 공정묘의 최적 저온 저장 조건 구명

(1) 저온저장이 토마토 묘생육에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 5 ~ 2012. 9

나. 연구방법

방울토마토 ‘산체리 250’을 공시하여 5월 4일 과중하여 본엽 전개 후 128구 플러그 트레이에 이식한 뒤, 생육이 진전되면서 32구로 이동하여 낮 25~30°C, 밤 15~20°C 를 유지하는 플라스틱 하우스에서 육묘하였다. 육묘 후 7월 1일 7°C, 10°C, 13°C로 제어된 성장실에 반입하여 토마토묘의 저온 저장이 묘소질에 미치는 영향을 조사하였다. 조사는 3일 간격으로 실시하였으며, 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽록소, 엽수 등의 생육을 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

저장온도, 처리일수에 따른 묘의 생육상황을 보면 경경, 엽장, 엽폭, 엽면적 공히 온도처리구에 관계없이 일수 경과에 따라 증가하였으나, 저장 온도가 낮을수록 무처리구에 비해 모든 생육지표에서 생육이 억제되었다(표 8-1).

표 8-1 저장온도 및 처리기간에 따른 토마토 생육 비교

Treatment	처리일수	초장 (cm)	경경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽록소 (SPAD)	엽수
Control	0	9.50	3.53	8.67	6.15	44.14	5.33
	3	13.32	3.72	9.84	7.21	38.74	5.73
	6	16.85	3.78	10.65	7.60	33.41	6.53
	9	21.85	4.81	12.37	7.80	39.75	8.13
7℃	0	9.50	3.53	8.67	6.15	44.14	5.33
	3	9.69	3.39	9.50	6.71	38.26	5.27
	6	9.69	3.45	10.18	7.10	34.86	5.33
	9	10.34	3.50	10.15	8.16	37.13	5.67
10℃	0	9.50	3.53	8.67	6.15	44.14	5.33
	3	10.97	3.40	9.20	6.56	40.17	5.80
	6	11.03	3.50	9.39	7.50	41.53	5.90
	9	11.27	3.77	10.09	7.80	40.16	6.00
13℃	0	9.50	3.53	8.67	6.15	44.14	5.33
	3	10.07	3.30	9.00	7.13	43.03	5.30
	6	10.18	3.27	9.20	7.49	41.23	5.60
	9	10.80	3.45	9.50	7.62	37.15	5.70



그림 8-1. 토마토 육묘의 저장온도 및 기간에 따른 토마토 생육비교 (좌로부터 대조구, 7℃, 10℃, 13℃)

(2) 저온 저장 시 규산처리가 묘소질에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2012. 9

나. 연구방법

방울토마토 ‘Unicon’을 공시하여 7월 20일 파종하여 본엽 전개 후 128구 플러그 트레이에 이식하여 육묘한 묘를 대상으로 규산처리구와 무처리구의 두 개의 시험구를 설계하여 규산처리가 저온저장 시 묘소질에 미치는 영향을 조사하였다. 규산처리는 새턴바이오텍(주)의 규산 액제(상품명:큰손 규산액상비료)를 500배로 희석하여 8월 13일부터 9월 2일 까지 20일간 매일 관주처리 하였다. 처리 완료 후에 묘를 7℃와 10℃로 제어된 생육실에 반입하여 저장중 묘소질과 저온장해에 미치는 영향을 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

육묘중에 규산처리 여부에 따른 7℃와 10℃에서 10, 15 및 20일간 저장 후 묘생육을 조사한 결과를 표8-2에 나타냈다. 저온저장 기간 중에 묘의 생육은 매우 미미하였으나, 전반적

으로 7℃보다는10℃에서, 규산 무처리보다는 규산처리구에서의 생육이 다소 좋았다. 저장중 경엽이 말린 정도를 기준으로 나타낸 chilling injury index를 보면 저장온도가 낮고, 저장 기간이 길어질수록 심하였으나, 이러한 저온장해 현상은 규산처리에 의해 상당부분 완화되는 효과를 나타냈다.

표. 8-2. Effect of silicate treatments on the growth and chilling injury of tomato seedling at 7°C and 10°C storage condition

Treatments	Temp. (°C)	Storage duration (days)	Plant height (cm)	No of leaf	SPAD	Time of expanding leaf(days)	Chilling injury index ^z
Control	7	10	28.15	12.83	24.73	3.17	1.83
		15	28.37	12.33	24.70	3.50	2.67
		20	30.07	14.83	25.12	3.50	3.83
	10	10	28.33	13.57	28.10	2.14	1.00
		15	28.73	12.71	27.49	3.50	1.86
		20	31.40	14.17	26.88	3.50	2.86
Silicate	7	10	32.39	12.86	25.49	2.86	1.17
		15	33.14	12.14	21.01	3.14	1.25
		20	34.28	14.17	22.13	3.14	2.67
	10	10	33.07	13.33	27.58	2.57	0.05
		15	34.14	12.71	25.97	2.86	1.07
		20	35.02	14.33	24.63	2.86	1.29

*^z 0: non-chilling injury, 1: 0~20%, 2: 21~40%, 3: 41~40%, 4: 61~80%, 5: 81~100% chilling injury.

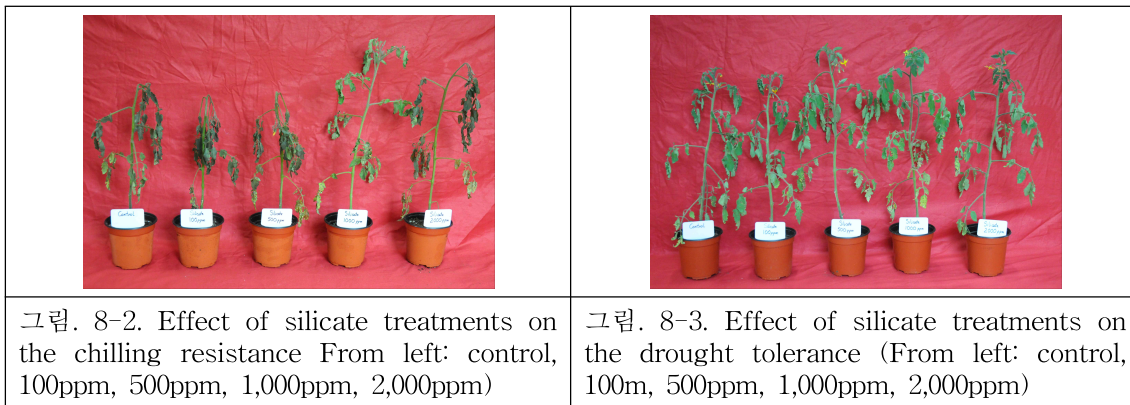


그림. 8-2. Effect of silicate treatments on the chilling resistance From left: control, 100ppm, 500ppm, 1,000ppm, 2,000ppm)

그림. 8-3. Effect of silicate treatments on the drought tolerance (From left: control, 100ppm, 500ppm, 1,000ppm, 2,000ppm)

(3) 야간의 광조사 유무가 저장 시 토마토 묘소질에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2012. 10

나. 연구방법

토마토 묘 도장억제를 목적으로 ‘슈퍼도태랑’(다끼종묘)을 공시하여 야간의 저장온도와 광조사 유무가 묘소질과 근권부 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 시험구는 10°C, 15°C, 20°C의 3개의 야간 온도처리구를 설계하여 각 온도구별로 백색형광등(WFL)조사와 암흑처리구로 구성하였다. 처리는 18:00시부터 익일 8:00까지는 각 온도로 제어된 생장실내에서 주간에는 유리온실의 자연일장 하에서 8월 23일부터 9월 24일 까지 1달간 처리하였다. 대조구는 주야간 모두 유리온실내의 자연조건에서 육묘하였다.

다. 연구결과 및 고찰

초장은 광조사 유무와 관계없이 모든 온도처리구에서 대조구에 비해 15%~45% 정도 저하되어 도장억제효과가 나타났다(표 8-3, 그림. 8-4). 초장, 경경, 엽수는 각 온도처리구내에서는 야간의 광조사 유무와 관계없이 유의적 차이를 나타내지 않았으나, 엽면적과 지상부 생체중은 야간 광조사가 암흑처리에 비해 양호했다. 뿌리의 형태적 특성은 야간 저장 온도, 광조사 유무간의 일정한 경향을 보이지 않았다(그림. 8-5).

표. 8-3. Growth characteristics of tomato seedling under different temperature in the evening

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	SPAD	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
10°C Control	37.85 a	5.78 a	13.10 a	33.67 b	17.09 a	11.48 a
10°C WFL	18.92 d	5.65 ab	12.00 bc	37.19 a	12.43 c	10.26 b
10°C Dark	19.52 d	5.83 a	11.30 d	34.04 b	13.68 b	9.08 c
15°C WFL	29.74 b	5.22 c	12.20 bc	32.91 b	13.75 b	11.07 a
15°C Dark	30.60 b	5.33 bc	12.56 ab	33.06 b	15.01 b	8.27 d
20°C WFL	25.98 c	5.57 ab	11.70 cd	34.26 b	13.89 b	9.87 b
20°C Dark	25.90 c	5.61 ab	11.80 cd	32.95 b	13.94 b	10.01 b

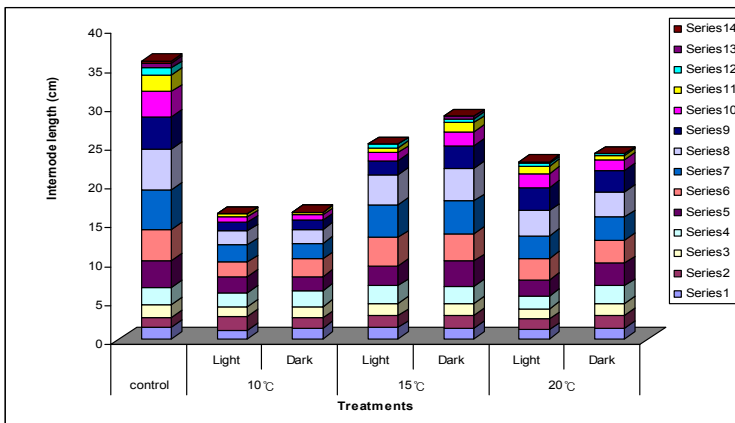


그림. 8-4. Effect of different temperature on internodes length of tomato seedling

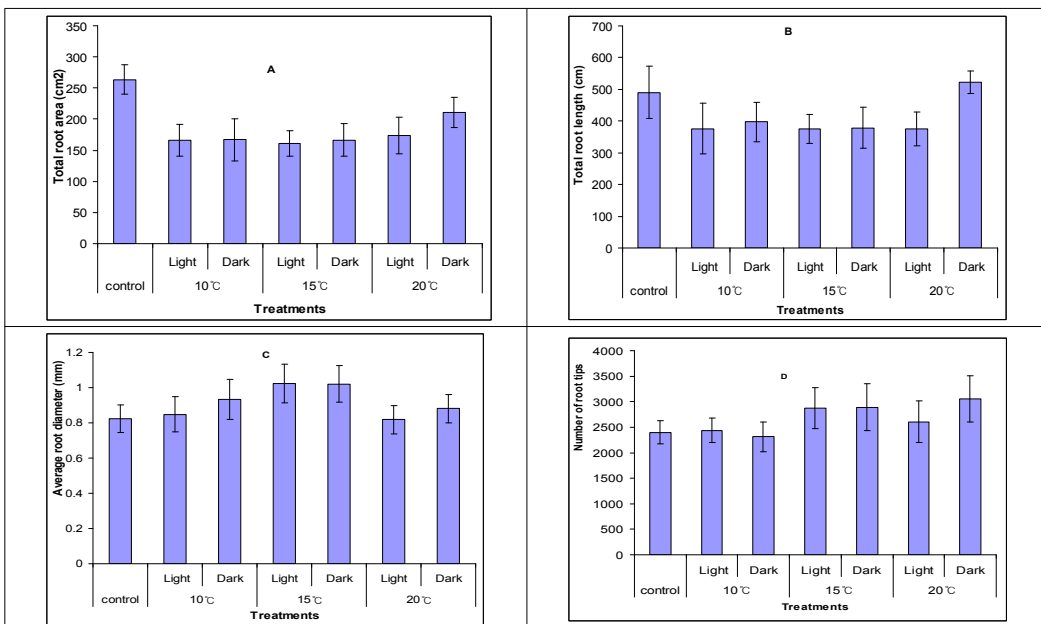


그림. 8-5. Root morphological of tomato seedling by the different temperature on the evening

9. 토마토 접목 순화 최적조건 탐색

(1) 접목 전 단기간 광조사 여부가 접목활착률과 묘소질에 미치는 영향

가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2012. 10

나. 연구방법

접목 전 광조사 여부가 접목 활착률에 미치는 영향을 조사하기 위해 'Rapito' 품종을 공시하여, 128구 플러그 트레이에 육묘한 후, 과중 23일째 본잎이 2~3장 전개한 묘를 'B-Blocking' 대목에 맞접을 하였다. 시험 처리구는 적색 LED, Far-red LED, 청색LED, 형광등의 4개의 인공광 처리구와 자연일장구 및 암흑 처리구의 총 6개 처리구를 설계하였으며, 처리기간은 접수, 대목 공히 접목 1주일 전부터 접목 당일 까지 7일간 실시하였다. 접목 후 10일간 광 $30\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 상대습도 85~90%, 온도 23°C로 제어된 식물 성장실에서 순화시킨 후 접목 활착률과 묘소질을 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

접목 실시 전 광조사 여부에 따른 접목 활착률과 묘소질에 미치는 영향을 표9-1에 나타냈다. 접목 활착률은 자연일장구의 96%보다는 현저히 떨어졌으나, 인공광 조사구가 49~67% 정도로 나타내었다.

표. 9-1. Effect of short-term light irradiation before grafting on the graft-take ratio and growth of grafted tomato seedlings

Treatments	Graft-take ratio(%)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	chlorophyll content (SPAD)	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Nature	96.67 a ^z	8.74 a	2.47 a	4.00 a	36.93 b	17.03 a	7.92 a	5.06 b
Darkness	27.78 d	6.70 b	2.13 c	3.00 c	35.80 b	9.00 c	5.60 d	4.17 c
WFL	64.81 b	8.23 a	2.46 a	4.10 a	43.44 a	21.50 a	8.27 a	5.90 a
Red	66.67 b	7.77 a	2.49 a	3.90 a	39.93 ab	18.90 a	7.48 b	5.12 b
Far-red	49.02 c	8.44 a	2.21 bc	3.50 b	37.16 b	13.90 b	6.97 c	4.82 b
Blue	55.77 c	8.29 a	2.27 b	4.00 a	39.83 ab	14.70 b	7.00 c	4.90 b

* ^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$ (n=10 for growth characteristics, n=3 for graft-take ratio)

암흑구의 27%보다 2배 이상 향상되는 효과를 보여 접목 전 묘소질이 접목 활착률에 상당한 영향을 주는 것으로 나타났다. 광질 별로는 적색LED>형광등>청색LED>Far-red 순으로 높았으나, 적색LED와 형광등간에는 통계적 유의차는 없었다. 처리구간 묘소질도 접목활착률과 유사한 경향을 보였으며, 형광등과 적색LED구의 생체중과 건물중, 묘의 충실도는 자연일장구와 대등한 묘소질을 보였다(표9-2).

광처리에 따른 근권부의 형태적 특성을 그림 9-1.에 나타냈다. 뿌리 전 면적, root tip 수, 전 근장 모두 묘소질과 유사한 경향을 보여 형광등과 적색광은 자연일장구와 유사한 성적을 보였다.

㉔. 9-2. Effect of short-term light irradiation before grafting on growth of grafted tomato seedlings (measured on 15 days after grafting)

Treatments	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio	Compactness
	Shoot	Root	Shoot	Root		
Nature	1.200 a ^z	0.255 a	0.097 a	0.020 a	5.104 b	12.16 a
Darkness	0.577 c	0.113 d	0.044 c	0.013 c	5.006 b	6.60 c
WFL	1.184 a	0.208 b	0.099 a	0.017 ab	5.653 a	11.45 a
Red	1.150 a	0.192 b	0.096 a	0.016 ab	5.774 a	12.07 a
Far-red	0.873 b	0.139 c	0.064 b	0.012 c	5.649 a	7.71 b
Blue	0.916 b	0.164 c	0.069 b	0.014 b	4.897 b	8.18 b

* ^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$ (n=10)

T/R is the values of the shoot dry weight/root dry weight

Compactness is the values of the dry weight divided by the plug height

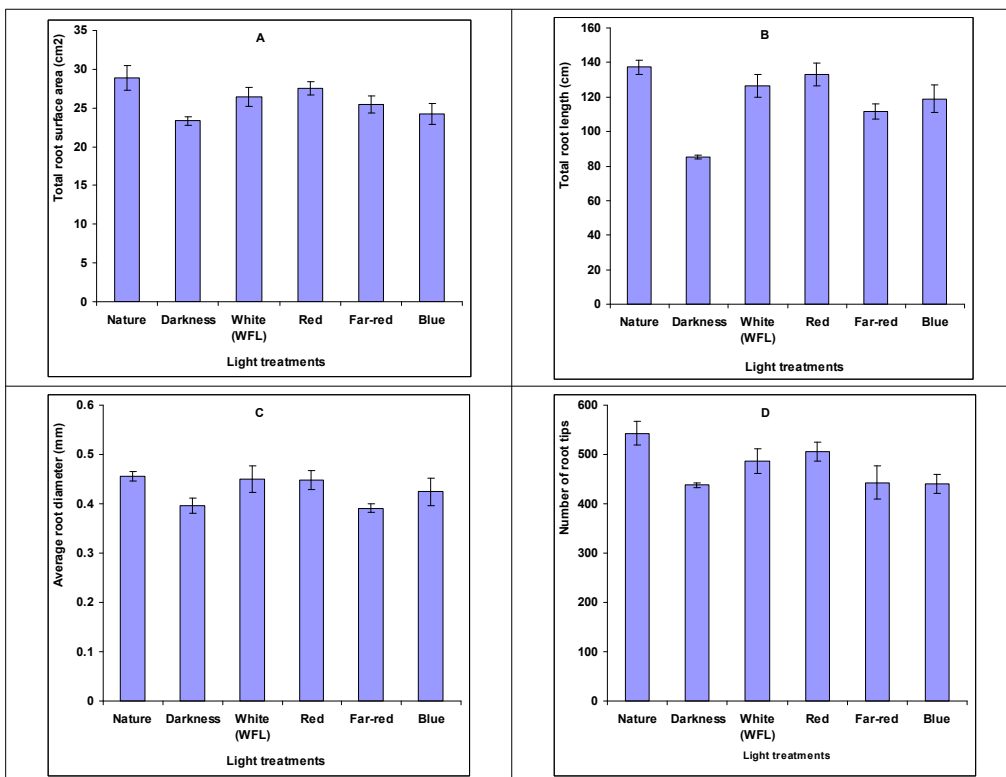


그림. 9-1. Effect of short-term light irradiation before grafting on root morphology of grafted tomato seedlings. Total root surface area (A), Total root length (B), Average root diameter (C), and total root tip number (D) of tomato seedlings. Vertical bars represent standard errors (n = 10)

(2) 접목 활착기간 중 활착실내 광질에 따른 접목 활착률과 묘소질의 차이

가. 연구기간: 2012. 7 ~ 2012. 10

나. 연구방법

접목활착실내 적정 광환경을 구명하기 위해 활착실내 광질에 따른 접목 활착률과 묘소질의 차이를 조사하였다. 접목 후 10일간 적색 LED, Far-red LED, 청색LED, 형광등(광질별 광도는 $30\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 유지) 및 암흑 처리구의 총 5개 처리구를 설계한 뒤, 상대습도 85~90%, 온도 23°C로 제어된 식물 성장실에서 순화시킨 후 접목 활착률과 묘소질을 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

접목활착 기간 중 인공광 조사는 접목 활착률이 암흑처리구에 비해 30%이상 향상되는 효과를 보여, 단기간 광조사가 활착률 향상에 유효함을 나타냈다. 광질별로는 원적색광이나 청색광보다 적색광과 형광등이 우수하였으며, 묘소질에 있어서도 형광등과 적색LED광 사이에는 통계적 유의차가 없었다(표 9-3).

표. 9-3. Effect of short-term light irradiation before grafting on the graft-take ratio of grafted tomato seedlings

Treatments	Graft-take ratio (%)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	Leaf chlorophyll content (SPAD)	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Darkness	68.52 c ^z	8.93 c	2.57 b	4.44 a	44.69 a	26.33 b	8.02 b	6.04 b
WFL	98.15 a	11.02 a	2.69 a	4.89 a	42.31 a	36.30 a	9.23 a	6.30 a
Red	100.0 a	10.88 a	2.68 a	4.67 a	44.19 a	35.50 a	9.29 a	6.56 a
Far-red	94.44 b	9.91 b	2.44 b	3.78 b	41.93 b	21.56 c	8.88 a	5.79 b
Blue	94.34 b	9.18 c	2.61 a	4.67 a	43.13 a	28.00 b	8.00 b	5.96 b

접목 후 10일간 활착실에서 순화 후 육묘온실에서 25일간 육묘한 후의 묘소질을 보면(표 9-4), 육묘 초기와는 달리(표 9-3) 각 처리구간 생육의 차이는 상당부분 회복되어 잎의 생장에는 처리 간 유의차가 없었다. 이러한 경향은 생체중과 건물중, 묘의 충실도 등에서도 유사한 결과로 나타났다(표 9-5). 이와는 달리 근권부 생장은 적색LED광원이 타 처리구에 비해 총 뿌리면적, 전 근장, root tip수에서 가장 많았으며, Far-red광이 제일 낮아 암흑처리구 보다도 적어 지상부 생육과는 상이한 결과를 나타냈다(그림. 9-2).

표. 9-4. Effect of short-term light irradiation after grafting on growth of grafted tomato seedlings (measured on 35 days after transplanting)

Treatments	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	Leaf chlorophyll content (SPAD)	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Darkness	18.70 b ^z	4.66 b	9.70 a	35.83 b	99.00 a	11.42 a	8.80 a
WFL	20.20 a	4.57 b	9.70 a	31.05 c	93.50 b	12.02 a	8.45 a
Red	20.80 a	5.01 a	9.80 a	34.86 b	102.90 a	12.77 a	9.44 a
Far-red	16.50 c	4.30 c	8.90 a	38.53 a	71.90 c	11.51 a	8.66 a
Blue	18.28 b	4.98 a	9.40 a	35.67 b	95.80 b	11.82 a	9.11 a

* ^zMean separation within columns by Duncan's multiplier range test at $P=0.05$ ($n=10$)

표. 9-5. Effect of short-term light irradiation after grafting on growth of grafted tomato seedlings (measured on 35 days after transplanting)

Treatments	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		SLA	T/R ratio	Compactness
	Shoot	Root	Shoot	Root			
Darkness	8.84 b ^z	1.29 a	0.96 a	0.16 b	16.68 b	6.00 c	45.28 b
WFL	8.26 c	1.32 a	0.96 a	0.15 b	18.06 a	6.45 b	40.06 c
Red	9.75 a	1.36 a	1.05 a	0.17 a	17.82 a	6.43 b	47.76 a
Far-red	6.52 d	0.98 b	0.71 b	0.12 c	17.83 a	6.18 c	39.97 c
Blue	8.39 c	1.35 a	0.93 a	0.15 b	17.83 a	7.26 a	45.91 b

* ^zMean separation within columns by Duncan's multiplier range test at $P=0.05$ ($n=10$) SLA is the values of the leaf area/leaf dry weight

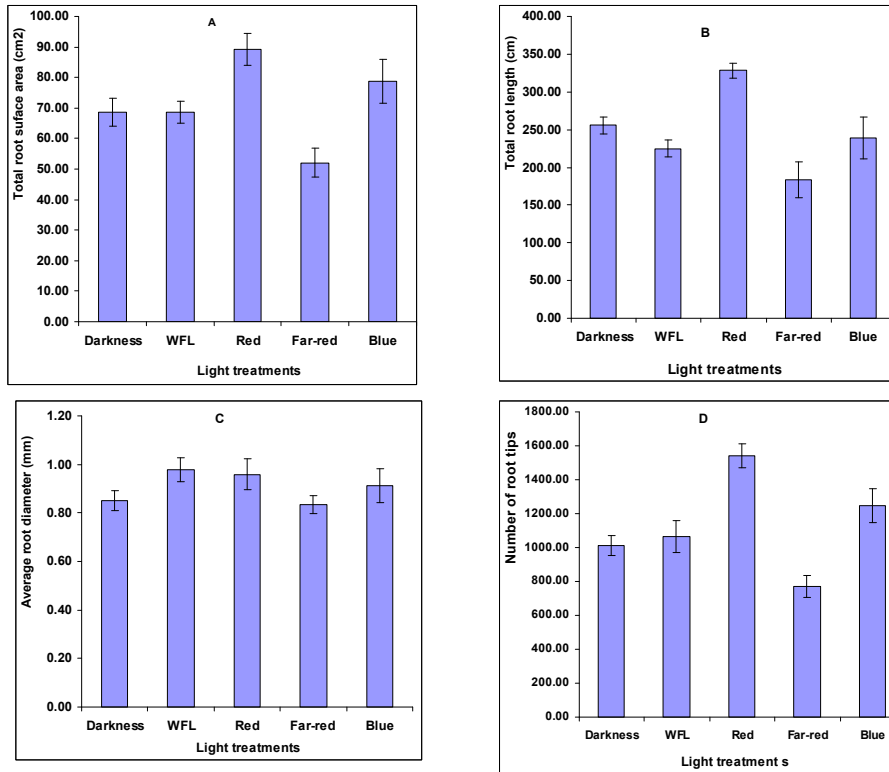


그림. 9-2. Effect of light quality during the healing and acclimatization period on root morphology of grafted tomato seedlings. (measured on 35 days after transplant). Total root surface area (A), total root length (B), Average root diameter (C), and total root tip number (D) of tomato seedlings. Vertical bars represent standard errors (n = 10)



(3) 접목 전·후 상토 내 수분함량이 접목 활착률 및 묘소질에 미치는 영향

가. 연구기간: 2013. 7 ~ 2013. 11

나. 연구방법

- 공시품종 : 접목 : 'Choice', 대목 : 'Solution'
- 128구 플러그 트레이에 파종, 22일간 육묘
- 상대습도 85~90%, 온도 23°C, 광조건광 $30\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
- 수분 스트레스는 접목 전·후 각 3일 씩 총 6일을 줌

다. 연구결과 및 고찰

- 접목활착 기간 중 수분 스트레스 조사는 접목 활착률이 높은 수분 함량일 경우 100% 활착하는 것을 알 수 있었다. 단기간 수분 스트레스가 접목 활착률에 유효함을 나타냈다.(표. 9-6.) 수분 스트레스에 관하여 생육조사 사이에는 통계적 유의차가 없었다(표 9-7).

⌘. 9-6. Effect of water stress under pre-and post grafting on graft-take ratio of grafted tomato seedlings

Scion	Rootstock	Graft-take ratio
High	High	100
	Mid	96.8
	Low	78.1
Mid	High	100
	Mid	96.9
	Low	81.3
Low	High	100
	Mid	93.8
	Low	75.0

⌘. 9-7. Effect of water stress under pre-and post grafting on growth characteristics of grafted tomato seedlings

Scion	Rootstock	Plant height(cm)	Number of leaf	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)	SPAD	Stem diameter (mm)
High	High	7.87 ab ^z	3.3 a	9.08 a	5.48 ab	34.60 b	2.96 a
	Mid	7.61 ab	3.3 a	8.02 ab	5.68 a	36.90 ab	3.02 a
	Low	7.28 b	3.2 a	7.75 ab	5.24 ab	38.88 a	2.60 b
Mid	High	7.96 ab	3.2 a	9.96 a	5.64 a	35.47 ab	3.05 a
	Mid	7.89 ab	3.5 a	8.99 a	5.74 a	35.67 ab	2.97 a
	Low	7.16 b	3.2 a	7.87 ab	4.83 b	37.58 a	2.77 b
Low	High	8.21 a	3.8 a	9.97 a	5.34 ab	30.41 c	2.86 a
	Mid	7.73 ab	3.4 a	8.45 ab	5.47 ab	36.33 ab	2.69 b
	Low	7.12 b	3.2 a	7.01 b	5.09 b	37.96 a	2.50 c

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$

⌘. 9-8. Effect of water stress under pre-and post grafting on leaf area, dry weight of shoot and root, T/R ratio, and compactness of grafted tomato seedlings

Scion	Rootstock	Leaf area (cm ²)	Dry weight (g)		T/R ^z ratio	Compactness ^v (mg·cm ⁻¹)
			Shoot	Root		
High	High	12.8 a ^x	0.114 a	0.025 a	4.251 b	13.22 ab
	Mid	11.7 ab	0.109 ab	0.023 ab	4.915 a	13.39 ab
	Low	11.8 ab	0.094 b	0.022 ab	5.004 a	13.02 ab
Mid	High	13.8 a	0.129 a	0.026 a	5.236 a	15.04 a
	Mid	12.2 ab	0.108 ab	0.025 a	4.387 b	13.51 ab
	Low	10.7 b	0.098 b	0.020 ab	4.894 a	12.69 b
Low	High	13.7 a	0.119 a	0.026 a	4.080 b	14.98 a
	Mid	12.3 a	0.106 ab	0.024 a	4.922 a	12.50 b
	Low	10.0 b	0.090 b	0.018 c	5.525 a	11.04 c

^zT/R ratio is shoot dry weight/root dry weight ratio

^vCompactness is the values of the dry weight divided by the plug height

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$

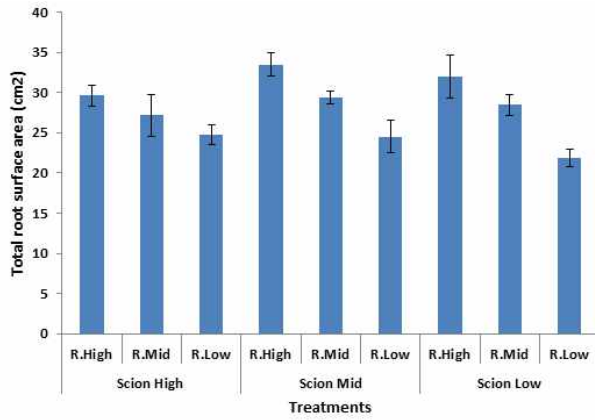


그림. 9-3. Effect of water stress under pre-and post grafting on total root surface area

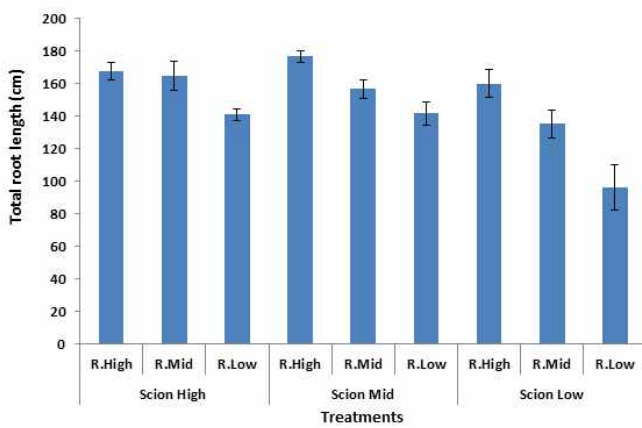


그림. 9-4. Effect of water stress under pre-and post grafting on total root length

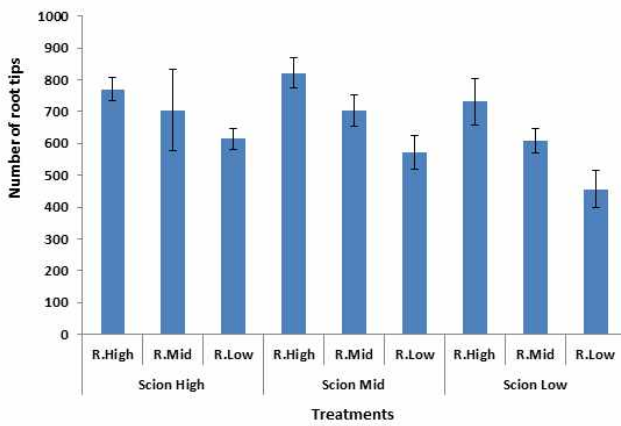
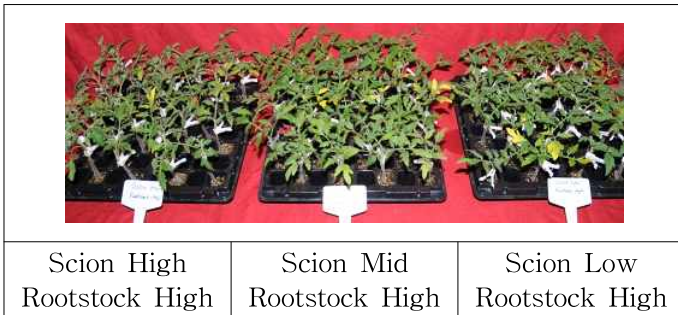


그림. 9-5. Effect of water stress under pre-and post grafting on number of root tips



Scion High	Scion Mid	Scion Low
Rootstock Low	Rootstock Low	Rootstock Low



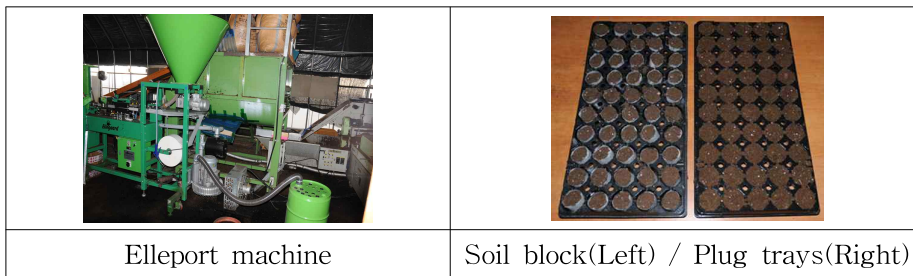
10. 토마토 공정육묘 시 soil block 활용기술 개발

(1) 토마토 공정육묘 시 soil block 활용기술 개발

가. 연구기간: 2013. 7 ~ 2013. 11

나. 연구방법

- 공시품종: 'Rapito'
- 128구 플러그 트레이에 파종, 22일간 육묘 후, soil block과 50구 플러그 트레이에 이식 후 35일간 육묘. 이식 후 7일 간격으로 묘의 생육과 근권부 발육 상태를 조사.
- 근권부는 WinRHzo. 09를 이용하여 뿌리의 평균 굵기, 총 근장, 부피, 뿌리수를 조사



다. 연구결과 및 고찰

이식 후 25일 쯤 묘의 생육상태를 표10-1에 나타냈다. 초장을 제외한 경경, 엽수, SPAD합량, 엽장, 엽폭 모두 plug cell보다는 soil block이 다소 우세하였으나, 통계적 유의차는 없었다. 그러나 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, 묘의 충실도는 soil block이 우세한 경향을 보였으며 (표. 10-1.), 이러한 경향은 뿌리의 형태적 특성에서 더 분명하게 나타났다

(그림. 10-1). 근권부 생육의 경시적 변화를 보면 총 뿌리 표면적, 근장, root tip수 모두 이식 초기인 7일 후부터 3주 까지는 soil block의 생육 상승 폭이 증가하다 4주 이후부터는 상승폭이 저하되어 플러그 트레이에서의 생육상황과 비슷해지는 경향을 보였다(그림 10-2).

㉔. 10-1. Effect of soil block on the growth of tomato seedlings (25 days after treatment)

Treatments	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	chlorophyll content (SPAD)	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Plug trays	23.4 b ^x	5.26 a	8.0 a	37.8 a	142.8 a	13.3 a	10.4 a
Soil block	24.6 a	5.33 a	8.0 a	36.7 a	155.7 a	13.6 a	10.6 a

* ^xMean separation within columns by Duncan's multiplier test at P=0.05, n=10

㉔. 10-2. Effect of soil block on the growth of tomato seedlings (25 days after treatment)

Treatments	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio	Compactness
	Shoot	Root	Shoot	Root		
Control	13.19 b ^x	2.54 b	1.45 b	0.23 b	6.29 a	9.88 b
Soil block	14.08 a	2.85 a	1.57 a	0.25 a	6.27 a	11.02 a

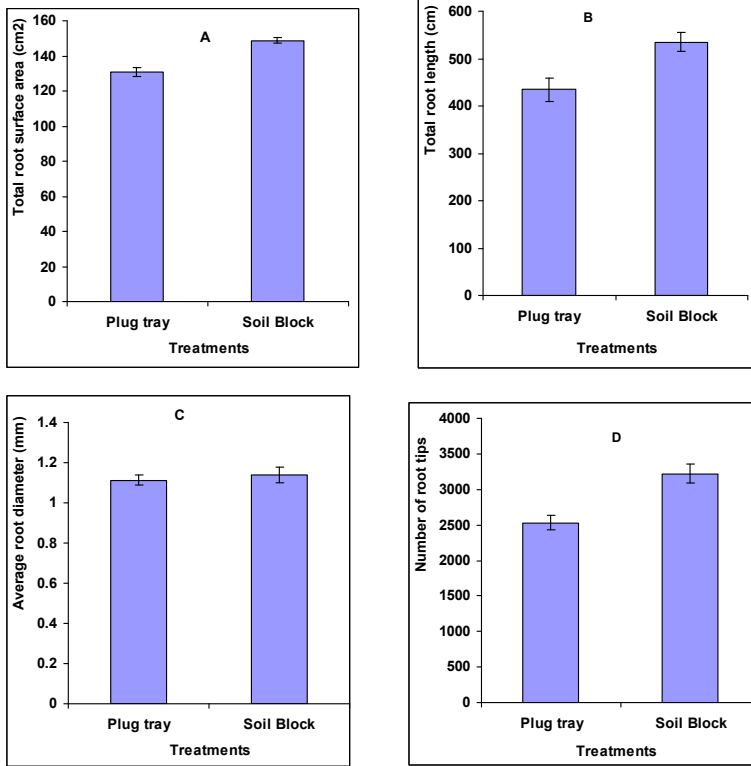


그림. 10-1. Effect of soil block on the root morphology tomato seedlings (measured on 25 days after treatment). Total root surface area (A), Total root length (B), Average root diameter (C), and total root tip number (D) of tomato seedlings. Vertical bars represent standard errors, n = 10

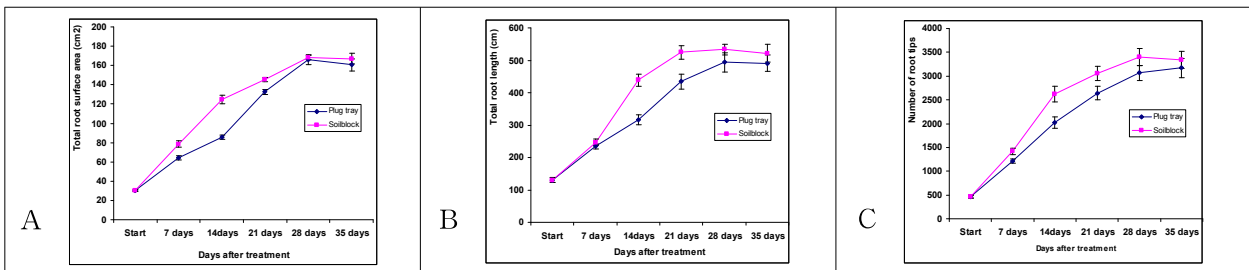


그림. 10-2. Effect of soil block on the root morphology tomato seedlings. Total root surface area (A), Total root length (B), and total root tip number (C) of tomato seedlings



11. ABA처리가 근권부 생육 및 환경내성에 미치는 영향 검토

(1) ABA처리 적정 농도 구명

가. 연구기간: 2013. 7 ~ 2013. 11

나. 연구방법

- 공시품종 : 방울토마토 ‘유니콘’(4월 20일 파종, 5월 12일 32구 플러그 트레이에 이식) 토마토 ‘Rapito’(5월 13일 파종, 6월 5일 포트 이식)
- ABA처리
 - ‘유니콘’: (+)-S-Abscisic Acid를 사용하여 10, 50, 100, 150, 200 mg/L농도로 조제하여, 이식 3일후부터 매일 1회 10일간 엽면살포
 - ‘Rapito’ : (+)-S-Abscisic Acid를 사용하여 50, 100mg/L농도로 조제하여, 본잎이 4~5매 전개한 6월 15일부터 매일 1회씩 3일간 엽면살포
- 생육조사: ABA처리 종료 10일후 묘소질, 지하부 발육상태 조사
- 건조 스트레스 내성 조사: 한 처리구당 2개의 플러그 트레이(32구)를 대상으로 관수를 중단한 채 성장실내(상대습도 40~50%, 온도 25°C, 광조건광 30 μ mol.m⁻².s⁻¹)에 입고 후 건조내성을 조사

다. 연구결과 및 고찰

- ABA처리 농도가 높아질수록 초장은 감소하였으나, 경경, 엽수, SPAD함량, 엽장과엽폭의 생육 변화는 10~100ppm 농도 범위까지는 미미하였다. 150ppm 이상에서는 전 생육지표가 대조구에 비해 감소하였다(표 11-1). 지상부와 지하부 생체중과 건물중 역시 저농도인 10ppm에서는 대조구와 유의차가 없었으나, 고농도로 갈수록 저하되는 결과를 나타냈다. 근권부의 생육도 지상부와 유사한 경향을 보였다(그림. 11-1).
- ABA처리에 따른 건조 내성은 농도가 증가할수록 증가하여 대조구는 관수 중단 2일째부터 위조가 시작되어 3일째에는 모든 개체가 위조되었으나, 10ppm 처리구는 2일과 3일째 각각 9%, 31%위조가 되어 4일째 전 개체가 위조하였다. 농도가 높아질수록 위조개시일은 상승하여 50ppm은 3일째, 100ppm은 4일째, 200ppm 처리구는 5일째부터 위조가 시작되었으며 위조 정도도 농도가 증가할수록 억제되는 경향을 보였다.(표 11-2, 그림 11-2).

㉟. 11-1. Effect of (+)-S-Absciscic acid concentrations on growth of tomato seedling

Treatments (ppm)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	chlorophyll content (SPAD)	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	SLA
Control	15.5 a ^x	4.90 a	8.00 a	46.08 a	101.3 a	13.58 a	10.33 a	170.1 b
10	15.3 a	5.23 a	7.75 a	45.75 a	100.0 a	12.90 a	8.93 ab	171.0 b
50	13.6 b	5.05 a	7.50 a	44.90 ab	87.8 b	12.88 a	8.75 ab	202.7 a
100	12.8 b	4.80 a	7.50 a	44.80 ab	68.3 bc	13.13 a	8.50 ab	194.8 a
150	9.9 c	4.83 a	6.75 b	42.73 b	59.0 c	11.05 b	7.43 b	201.6 a
200	9.0 c	4.48 b	6.50 b	42.95 b	49.3 c	10.18 b	7.03 b	207.3 a

* ^xMean separation within columns by Duncan's multiplerangetestatP=0.05

㊱. 11-1. Effect of (+)-S-Absciscic acid concentrations on growth of tomato seedling

Treatments (ppm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio	Compactness
	Shoot	Root	Shoot	Root		
Control	9.50 a ^x	1.98 a	0.83 a	0.14 a	6.13 a	5.34 a
10	8.35 a	1.60 b	0.75 b	0.13 a	5.93 a	4.92 a
50	7.78 b	1.35 c	0.59 c	0.10 b	6.01 a	4.31 b
100	6.45 bc	1.30 c	0.46 d	0.09 b	5.08 b	4.34 b
150	5.08 c	1.25 c	0.43 d	0.08 c	5.38 b	4.28 b
200	3.78 d	0.88 d	0.31 d	0.06 c	5.08 b	3.49 c

㊲. 11-2. Effect of (+)-S-Absciscic acid concentrations on plant wilting in tomato seedling after without irrigation at 25°C

Treatments	Percentage of wilted plant after without irrigation					
	1st day	2nd day	3rd day	4th day	5th day	6th day
Control	0	31.3	100	100	100	100
10	0	9.4	31.3	100	100	100
50	0	0	12.5	37.5	78.1	100
100	0	0	0	18.8	43.8	100
150	0	0	0	6.3	40.6	93.8
200	0	0	0	0	31.3	87.5

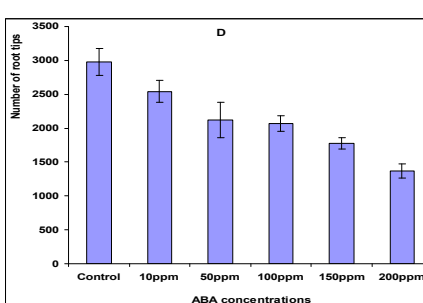
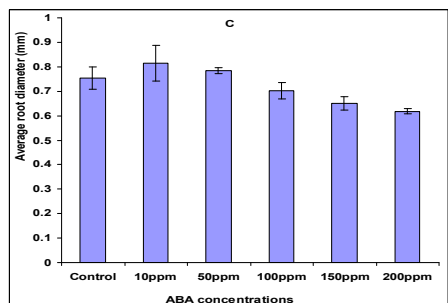
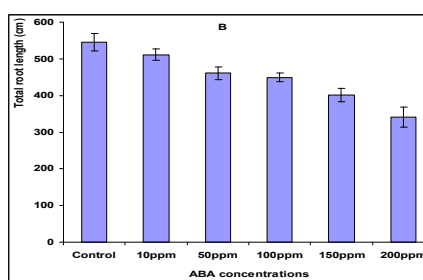
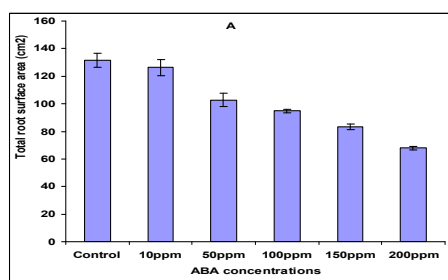


그림. 11-1. Effect of (+)-S-Absciscic acid concentrations on root morphology of tomato seedling. Total root surface area (A), Total root length (B), Average root diameter (C), and total root tip number (D) of tomato seedlings. Vertical bars represent standard errors.

- ABA처리에 따른 근권부 생육상황을 그림. 11-3.에 나타냈다. ABA처리 농도가 증가할수록 근장, 표면적, 근경, root tip수 모두 감소되는 결과를 보였다. 다만 저농도인 10ppm 농도에서는 root tip수를 제외한 총 뿌리 표면적, 근장, 근경은 무처리구와 통계적 유의차는 나타나지 않았으며, 뿌리생육 지표중 표면적과 root tip발생 수는 처리농도 증가에 따라 현저히 감소하였으나 근경과 근장의 감소정도는 미미한 수준이었다.



그림. 11-3. Plant on third day after without irrigation

- ‘Rapito’를 공시하여 50및 100mg/L농도로 3회 처리한 후 15일 후의 생육사항을 표 11. 12에 나타냈다. 50mg/L에서는 초장을 제외하고 조사한 모든 생육지표가 대조구와 유의차가 없었으나, 100mg/L에서는 초장은 27%, 엽면적은 30%, 엽장, 엽폭, SLA지표는 15%정도 감소하였다. 지상부와 지하부의 생체중과 건물중 역시 ABA처리에 따라 감소하였으나 감소폭은 지하부보다 지상부의 감소폭이 크게 나타났다. 묘의 충실도 지표로 사용되는 Compactness는 ABA처리와 대조구간의 유의차는 없었다.

표. 11-3. Effect of (+)-S-Abscisic acid concentrations on growth of tomato seedling (measured on 15 days after treatment)

Treatments (mg/L)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	Leaf chlorophyll content (SPAD)	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	SLA
Control	45.5 a ^x	6.72 a	10.17 a	45.0 a	444.2 a	28.08 a	21.00 a	113.3 a
50	38.3 b	6.65 a	9.50 a	44.2 a	403.0 a	27.58 a	20.23 a	111.7 a
100	33.3 c	6.53 a	9.33 a	47.8 a	306.3 b	25.65 b	17.95 b	96.5 b

표. 11-3. Effect of (+)-S-Abscisic acid concentrations on fresh and dry weight of shoot and root, T/R, and compactness of tomato seedlings (measured on 15 days after treatment)

Treatments (mg/L)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio	Compactness
	Shoot	Root	Shoot	Root		
Control	51.37 a ^x	6.52 a	6.72 a	0.65 a	10.39 a	14.77 a
50	43.60 b	4.70 b	5.85 b	0.57 b	10.37 a	15.32 a
100	36.85 c	6.03 a	5.05 c	0.60 b	8.19 b	15.17 a

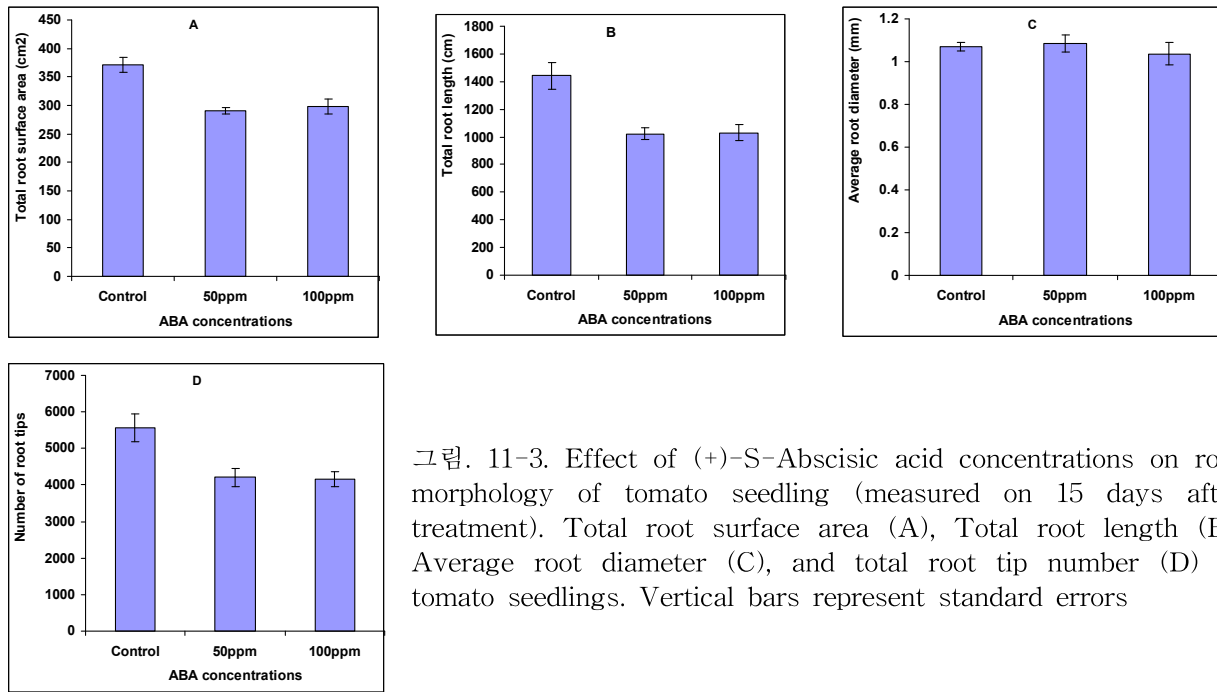


그림. 11-3. Effect of (+)-S-Absciscic acid concentrations on root morphology of tomato seedling (measured on 15 days after treatment). Total root surface area (A), Total root length (B), Average root diameter (C), and total root tip number (D) of tomato seedlings. Vertical bars represent standard errors

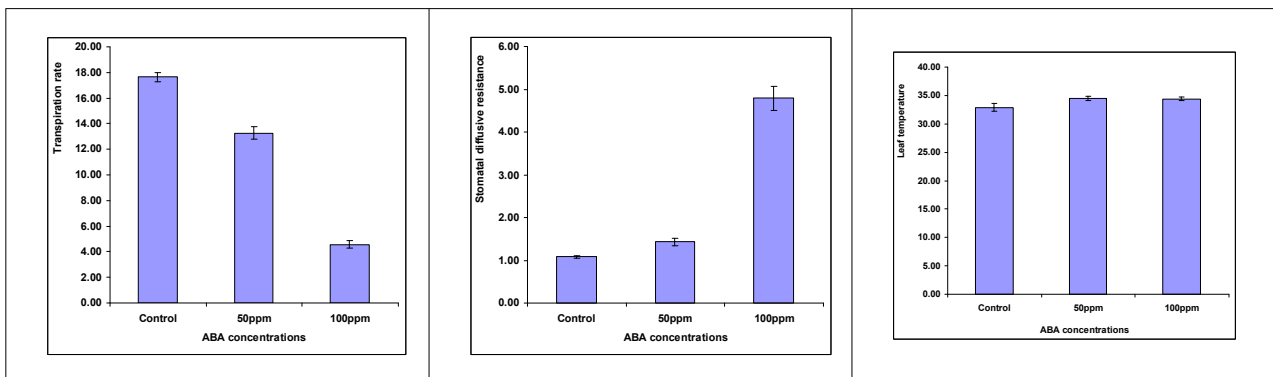


그림. 11-4. Effect of (+)-S-Absciscic acid on transpiration rate ($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), stomatal diffusive resistance($\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$), and leaf temperature($^{\circ}\text{C}$) of tomato seedling(measured on 15days after treatment in greenhouse). Vertical bars represent standard errors, n=5

- ABA처리가 증산율과 기공저항에 미치는 영향을 보면 처리농도가 높아질수록 증산율은 급격히 저하되어 대조구의 $18 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에 비해 50mg/L와 100mg/L는 각각 13.8, 5.3 $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 정도로 50mg/L는 무처리구의 75%, 100mg/L는 30% 수준에 머물렀다(그림. 11-4). 반면에 기공저항은 ABA처리에 따라 상승하여 100mg/L는 무처리구의 5배정도 높은 수치를 나타냈다. 엽온의 변화는 처리 간 큰 차이를 나타내지 않았다.
- ABA처리가 토마토묘의 건조내성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 ABA처리 24시간 후 시험에 공시한 시험구 전체를 충분히 관수한 뒤, 수분 증발을 억제하기 위하여 각각의 포트를 비닐로 완전 밀봉한 채 매일 pot중량(포트+작물체)을 측정하여 증산량(g/plant)계산한 결과를 그림 11-5에 나타내었다. 무처리구는 측정 3일째 까지는 증산량이 미미하게 증가하다가 4일째에는 작물체의 위조와 더불어 증산량이 급속히 감소하여 5일째에는 전개체가 위조, 고사하였다. 50mg/L 및 100mg/L처리구도 1일째와 2일째의 증산량은 변화가 없었으나,

3일째 공히 증가하였고 4일째부터는 급속히 감소하여 50mg/L는 7일째, 100mg/L는 9일째 완전 위조, 고사하였다(표 11-4). 3일까지의 초기의 1일 증산량은 무처리구 > 50mg/L > 100mg/L 순으로 증산량이 많아 ABA처리에 따른 증산억제 효과가 토마토 공정묘의 건조내성 증진에 충분히 활용될 수 있을 것으로 사료되었다.

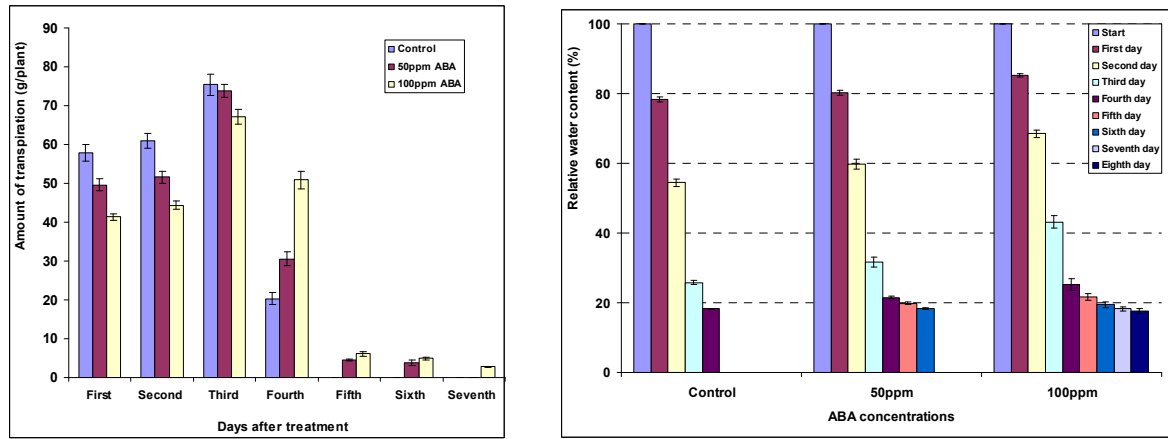


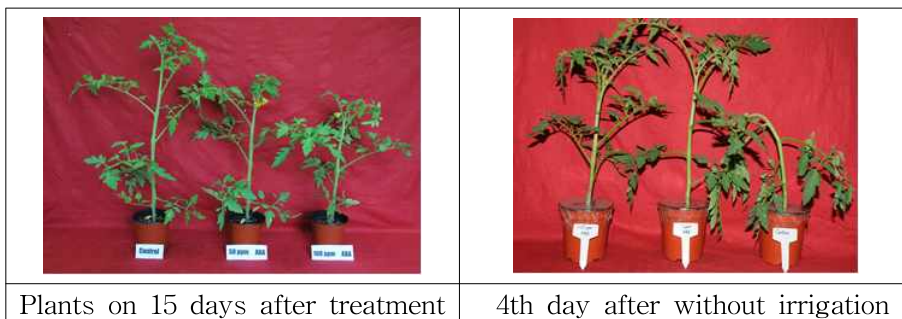
그림. 11-5. Effect of (+)-S-Absciscic acid concentrations on relative water content of tomato seedling. Vertical bars represent standard errors, n = 8

표. 11-4. Effect of (+)-S-Absciscic acid concentrations on plant wilting in tomato seedling after without irrigation at 25°C

Treatments (ppm)	Days after treatments						
	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th
Control	12.5	87.5	100.0	-	-	-	-
50	0	0	37.5	100	-	-	-
100	0	0	0	0	12.5	75.0	100



The pots of seedlings were covered with vinyl film to prevent water loss from the substrate surface



Plants on 15 days after treatment

4th day after without irrigation

(2) ABA처리 적정 횟수 구명

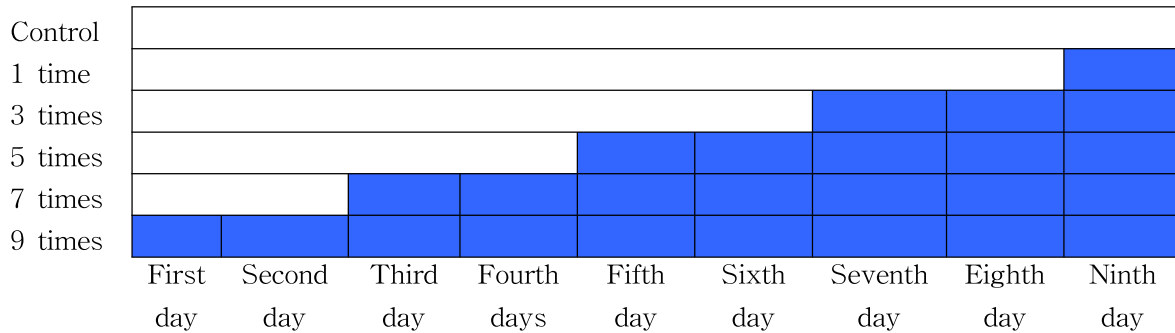
가. 연구기간: 2013. 7 ~ 2013. 11

나. 연구방법

- 공시품종 : 토마토 'Rapito'

파종 후 20일 된 묘를 32플러그 트레이로 이식 후 5일 후 (+)-S-Abscisic Acid with 100ppm ABA를 아래와 같이 처리하였다.

- Method for treatments



다. 연구결과 및 고찰

표. 11-5. Effect of number (+)-S-Abscisic Acid treatments on growth of tomato seedling (measured on 6 days after finish treatment)

Number ABA treatments	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	Leaf chlorophyll content (SPAD)	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	SLA
Control	20.50a	5.45a	10.00a	51.08a	131.25a	15.58a	10.95a	192.79a
1times	19.00a	5.43a	9.75a	52.00a	130.00a	14.90a	10.18a	191.10a
3 times	17.63b	5.25ab	9.50a	49.90a	117.75ab	14.88a	9.75a	213.21a
5 times	17.75 b	5.25ab	9.25ab	49.90a	115.00ab	14.88a	9.75a	219.40a
7 times	15.55c	5.03b	9.00b	47.73a	95.25b	14.30a	9.30a	195.07a
9 times	14.93c	5.03b	9.00b	48.23a	94.50b	14.18a	9.23a	198.20a

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

표. 11-6. Effect of number (+)-S-Abscisic Acid treatments on fresh and dry weight of shoot and root, T/R, and compactness of tomato seedlings (measured on sixth day after finish treatment)

Number ABA treatments	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio	Compactness
	Shoot	Root	Shoot	Root		
Control	15.50a	2.28a	1.29a	0.23a	5.75a	6.29ab
1times	15.18a	2.23a	1.26a	0.22a	5.75a	6.63a
3 times	13.78ab	2.08ab	1.15a	0.20ab	5.62a	6.52a
5 times	13.18ab	2.03ab	1.10b	0.20ab	5.50a	6.19ab
7 times	11.63b	1.81b	0.97b	0.18b	5.38b	6.03b
9 times	11.08b	1.7b	0.92b	0.17b	5.35b	6.05b

*Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

T/R Shoot dry weight/root dry weight

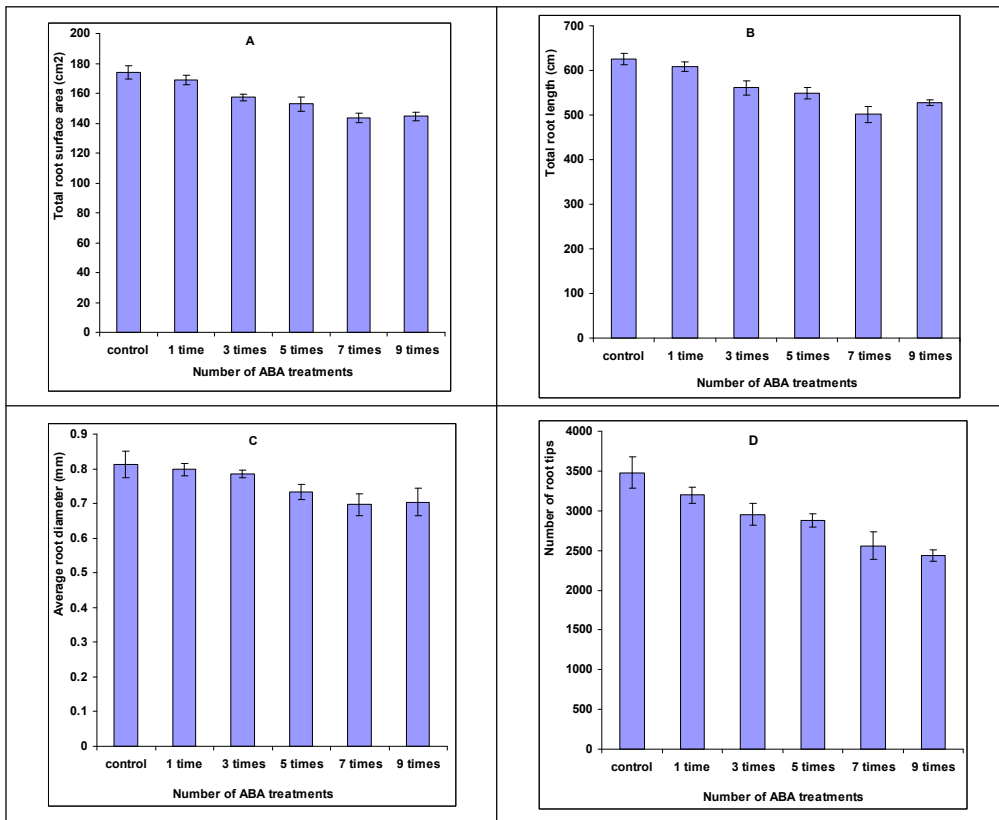


그림. 11-6. Effect of number (+)-S-Abcsic treatments on root morphology of tomato seedling (measured on 6 days after finish treatment). Total root surface area (A), Total root length (B), Average root diameter (C), and total root tip number (D) of tomato seedlings. Vertical bars represent standard errors

표. 11-7. Effect of number (+)-S-Abcsic treatments on plant wilting in tomato seedling after without irrigation at 25°C

Treatments	Percentage of wilted plant after without irrigation (%)					
	First days	Second day	Third day	Fourth day	Fifth day	Sixth day
Control	0.0	43.8	100.0	100.0	100.0	100.0
1 time	0.0	0.0	0.0	43.8	100.0	100.0
3 times	0.0	0.0	0.0	31.3	81.3	100.0
5 times	0.0	0.0	0.0	12.5	62.5	100.0
7 times	0.0	0.0	0.0	12.5	50.0	100.0
9 times	0.0	0.0	0.0	6.3	37.5	93.8



그림. 11-7. Seedlings at second day after without irrigation

(3) 배양액내 ABA처리가 묘소질 및 건조내성에 미치는 영향

가. 연구기간: 2013. 7 ~ 2013. 11

나. 연구방법

- 공시품종 : ‘Momotaro Daia’
- 파종 후 25일 된 묘를 9cm pot에 이식, 간이 hydroponic system에서 육묘
- ABA처리: 배양액내에 (+)-S-Abscisic acid를 0, 0.5, 1, 2, 3 mg/L농도로 첨가하여 육묘
- 생육조사: 처리 5일 및 10일에 지상부 및 지하부의 생육조사
- 건조내성 측정: PEG 8000용액을 이용 Osmotic Pressure(OP)을 -5 bar로 조정된 배양액에 침지시켜 처리, OP처리 10, 20, 30, 40 및 50hr에 수확하여 생육 및 위조정도 조사

다. 연구결과 및 고찰

- ABA가 첨가된 배양액에서 단기간(10일간) 육묘 시 지상부와 지하부 공히 생육이 억제되는 경향을 보였으나, 2mg/L 이하의 농도에서는 무처리구와 유의적 차이가 미미하였다(표 11-8)
- 지상부 생육은 2 mg/L 이상의 농도에서는 억제정도가 통계적 유의성을 나타냈으나, 지하부의 생육은 0.5와 1 mg/L의 농도에서는 근면적, 근장, root tip수는 오히려 무처리구보다 증가하는 경향을 보였으며, 3 mg/L의 농도에서 생육 억제도 미미한 수준이었다(그림. 11-8). ABA처리 농도에 따른 증산율, 기공저항, 엽온의 변화를 그림. 11-9에 나타냈다.
- 처리농도가 증가함에 따라 기공저항은 증가하였고, 기공저항의 증가와 더불어 증산율은 비례적으로 감소하다. 처리 간 엽온은 유의적 차이를 나타내지 않았다.

표. 11-8. Effect of (+)-S-Abscisic acid concentrations on growth of tomato seedling (measured on 10 days after treatment)

Treatments (ppm)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	SPAD	Leaf area (cm ²)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Control	20.38 a ^x	7.85 a	8.00 a	41.31 a	335.33 a	22.70 a	16.15 a
0.5	19.31 a	7.08 b	7.63 ab	41.99 a	306.75 a	20.51 ab	14.59 ab
1	19.13 a	7.14 b	8.00 a	40.18 a	311.75 a	21.00 ab	15.11 ab
2	17.31 b	6.93 b	7.25 b	39.85 a	240.75 b	20.65 ab	14.09 b
3	17.25 b	6.40 c	7.00 b	39.50 a	216.75 b	19.25 b	12.74 c

* ^xMean separation within columns by Duncan'smultiplerangetestatP=0.05

표. 11-8. Effect of (+)-S-Abscisic acid concentrations on fresh and dry weight of shoot and root, T/R, and compactness of tomato seedlings (measured on 10 days after treatment)

Treatments (ppm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio	Compactness
	Shoot	Root	Shoot	Root		
Control	26.41 a ^x	3.91 b	1.98 a	0.26 b	7.62 a	9.71 a
0.5	25.74 a	4.08 b	1.80 a	0.25 b	7.34 a	9.32 a
1	24.72 a	4.89 a	1.85 a	0.30 a	6.14 b	9.65 a
2	17.95 b	4.14 b	1.34 b	0.23 c	5.91 b	7.75 b
3	16.64 b	3.77 c	1.17 c	0.22 c	5.63 b	6.80 b

* ^xMean separation within columns by Duncan'smultiplerangetestatP=0.05

T/R Shoot dry weight/root dry weight

Compactness is the values of the dry weight divided by the plug height

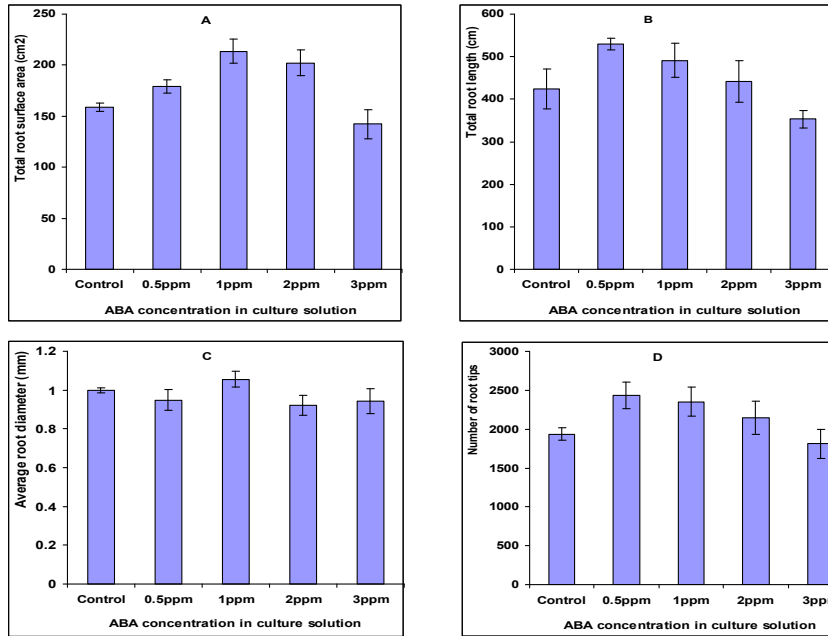


그림. 11-8. Effect of (+)-S-Abscisic acid concentrations on root morphology of tomato seedling (measured on 10days after treatment)

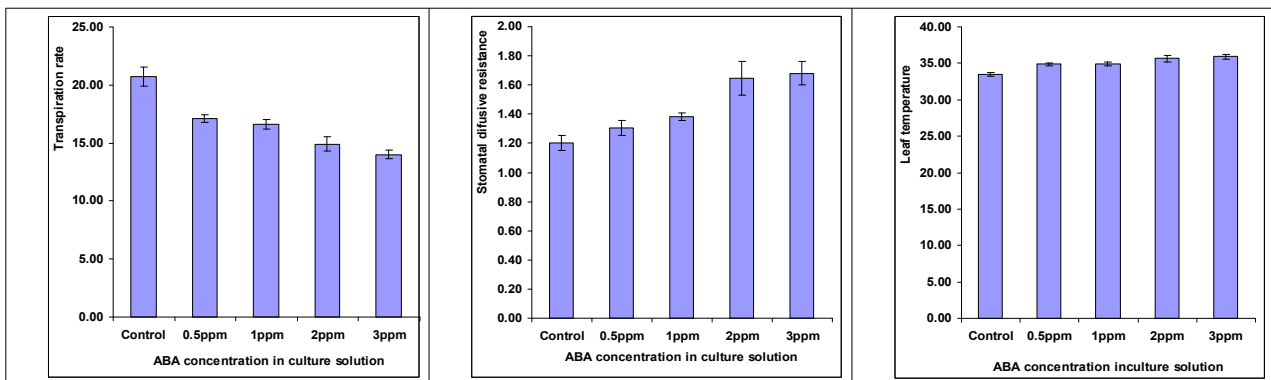


그림. 11-9. Effect of (+)-S-Abscisic acid concentration in culture solution on transpiration rate (mg*cm⁻²*s⁻¹), stomatal diffusive resistance (s*cm⁻¹), and leaf temperature (°C) of tomato seedling (measured on 10days after growing in hydroponics system in greenhouse). Vertical bars represent standard errors, n=5

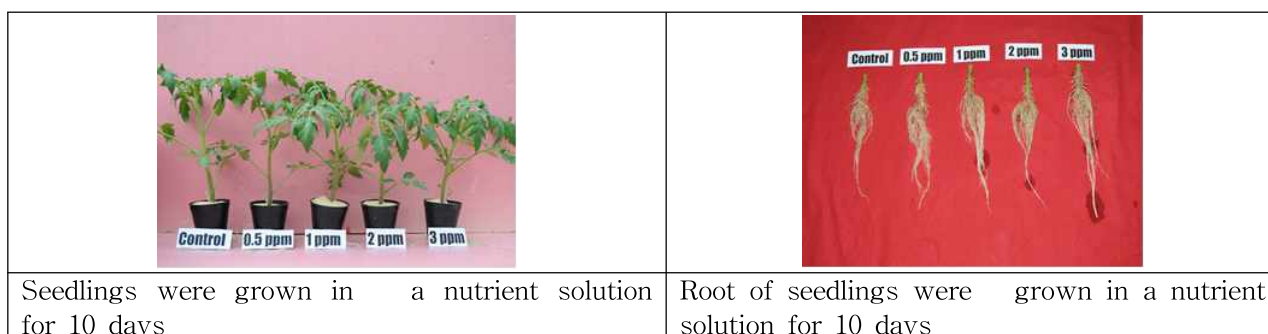
- 배양액 내 ABA처리가 건조내성에 미치는 영향에 대한 결과를 표 11-9, 11-10에 나타냈다. ABA가 첨가된 배양액에 5일간 육묘된 묘를 -5 bar로 조정된 PEG용액에 침지시켰을 경우 무처리구는 처리 10시간부터 30% 정도가 위조가 시작되어 20시간 이후에는 모든 개체가 위조되었으나, 0.5mg/L와 1mg/L 농도에서는 침지 30시간 후부터 위조가 시작되어 50시간이 경과되어야 전 개체가 위조하였으며, 위조된 묘에 다시 수분을 공급하면 100% 회복되었다. 처리농도 간 위조 억제효과는 시험 설계구 내에서 고농도인 2mg/L와 3mg/L농도 처리구 보다 저농도인 0.5mg/L와 1mg/L처리구가 양호한 결과를 나타냈으며 이러한 경향은 ABA가 첨가된 배양액에 10일간 배양된 묘를 대상으로 한 시험에서도 유사한 경향을 보였다.

35. 11-9. Effect of (+)-S-Abscisic acid concentration in culture solution on plant wilting and recovering in tomato seedlings

Treatments (ppm)	Percentage of wilted plant after treating in -5 bars of PEG (Seedlings were grown in ABA culture solution for 5days)					Recovered seedlings after 2 days in water(%)
	10 hours	20 hours	30 hours	40 hours	50 hours	
Control	33.3	100	100	100	100	0
0.5	0	0	16.7	50.0	100	83.3
1	0	0	16.7	66.7	100	66.7
2	0	0	33.3	100	100	0
3	0	0	50.0	100	100	0

36. 11-10. Effect of (+)-S-Abscisic acid concentration in culture solution on plant wilting and recovering in tomato seedlings

Treatments (ppm)	Percentage of wilted plant after treating in -5 bars of PEG (Seedlings were grown in ABA culture solution for 10 days)					Recovered seedlings after 2 days in water(%)
	10 hours	20 hours	30 hours	40 hours	50 hours	
Control	16.7	66.7	100	100	100	16.7
0.5	0	0	16.7	50.0	100	100
1	0	0	16.7	50.0	100	100
2	0	0	33.3	83.3	100	66.7
3	0	0	33.3	83.3	100	50.0





Seedlings were grown in a nutrient solution for 10 days then transfer to -5 bars of PEG in growth chamber at 25°C . The photograph was taken 2days after treated water stress

Recovered seedlings after 2 days in water

<코이어 수경재배 배양액 관리 및 생리장해 경감기술 개발>

1. 목표 재배 화방 및 품종별 영양요구량 구명

가. 연구기간 : 2008. 7. 20~ 2009. 8. 10

나. 연구방법

- 조사화방

품 종	조사화방
도색계(도태랑프로, 호용)	3, 6, 9, 12, 15화방
텐텐	5, 10, 15, 20, 25, 30화방
요요	5, 10, 15, 20, 25, 30화방

※ 적심화방별 토마토 재배 종료까지 결순, 엽, 과일, 줄기 등 식물체를 전부 수집 건조, 조사 주수 5포기 이상

- 재 배 법

과종기	정식기	재식거리(cm)	비 고
호용, 텐텐 (08.7.30)	호용, 텐텐 (08.09.02)	160×20 cm	· 재배양식 : 수경재배 배양액 : 야마자끼액 재배장소 : 유리온실
요요캡틴, 도태랑프로	요요캡틴 도태랑프로		
(08.9.05)	(08.10.10)		

- 주요조사항목 : 품종별 적심화방별 다량원소 함량(T-N, K, Ca, Mg, P 등)

다. 연구결과 및 고찰

방울토마토를 30화방까지 장기재배(1년)하였을 경우 요요캡틴은 엽+측지의 무게가 1,921g/주였으며 꼬꼬는 1,595g/주 이었다. 줄기의 무게는 요요캡틴이 738g/주, 꼬꼬는 755g/주였으며 과일의 무게는 요요캡틴 6,286g/주, 꼬꼬 6,052g/주였다. 5화방의 생체중은 요요캡틴 엽+측지 487g, 줄기 203g, 과일 1,123g 있었으며 꼬꼬는 엽+측지 515g, 줄기 159g, 과일 1,140g 이었다(표 1). 품종에 따른 차이는 크지 않았으며 수확화방이 증가하면서 생체중은 비례하여 증가하였다.

표1. 방울토마토 재배 화방별 생체중

품 종	적심화방	엽+측지(g)	줄기(g)	과일(g)
요요캡틴	5	487 ± 31	203 ± 12	1,123 ± 69
	10	798 ± 43	331 ± 26	2,130 ± 115
	15	1,094 ± 52	446 ± 21	3,142 ± 87
	20	1,399 ± 65	546 ± 34	4,173 ± 146
	25	1,674 ± 83	642 ± 25	5,102 ± 108
	30	1,921 ± 70	738 ± 45	6,286 ± 341
꼬 꼬	5	515 ± 29	159 ± 18	1,140 ± 82
	10	796 ± 27	259 ± 10	2,212 ± 98
	15	1,107 ± 61	379 ± 19	3,177 ± 91
	20	1,441 ± 74	514 ± 20	4,349 ± 321
	25	1,721 ± 84	652 ± 25	5,247 ± 180
	30	1,959 ± 55	755 ± 23	6,052 ± 130

일반토마토를 15화방까지 장기재배(10월)하였을 경우 호용은 엽+측지의 무게가 1,899g/주였으며 도태랑프로는 1,730g/주 이었다. 줄기의 무게는 호용이 529g/주, 도태랑프로는 642g/주였으며 과일의 무게는 호용 12,772g/주, 도태랑프로 13,539g/주였다. 3화방의 생체중은 호용 엽+측지 515g, 줄기 117g, 과일 2,994g 있었으며 도태랑프로는 엽+측지 613g, 줄기 144g, 과일 3,231g 이었다(표 2). 품종에 따른 차이는 크지 않았으며 수확화방이 증가하면서 생체중은 비례하여 증가하였다. 방울토마토와 비교하여 엽+측지의 무게는 일반토마토가 높았으나 줄기의 무게는 방울토마토가 높았다.

표2. 일반토마토 재배 화방별 생체중

품 종	적심화방	엽+측지(g)	줄기(g)	과일(g)
호 용	3	515 ± 18	117 ± 9	2,994 ± 102
	6	887 ± 60	210 ± 10	5,264 ± 186
	9	1,193 ± 67	314 ± 13	8,253 ± 171
	12	1,591 ± 67	420 ± 24	10,740 ± 417
	15	1,899 ± 93	529 ± 28	12,772 ± 517
도태랑프로	3	613 ± 23	144 ± 12	3,231 ± 201
	6	817 ± 28	247 ± 14	6,106 ± 181
	9	1,128 ± 87	362 ± 16	8,678 ± 421
	12	1,447 ± 53	506 ± 11	11,987 ± 769
	15	1,730 ± 37	642 ± 35	13,539 ± 622

방울토마토를 30화방까지 장기재배(1년)하였을 경우 요요캡틴은 엽+측지의 건물중은 200g/주였으며 꼬꼬는 191.6g/주 이었다. 줄기의 건물중은 요요캡틴이 146.4g/주, 꼬꼬는 159.8g/주였으며 과일의 건물중은 요요캡틴 348.8g/주, 꼬꼬 359.4g/주였다. 5화방의 건물중은 요요캡틴 엽+측지 40.8g, 줄기 49.4g, 과일 68.0g 있었으며 꼬꼬는 엽+측지 51.6g, 줄기 31.1g, 과일 64.8g 이었다(표 3). 품종에 따른 차이는 크지 않았으며 수확화방이 증가하면서 건물중은 비례하여 증가하였다. 표1과 비교하면 토마토의 수분 함량은 엽+측지는 92% 과일은 95%, 줄기는 80%임을 알 수 있었다.

표3. 방울토마토 재배 화방별 건물중(dry matter)

품 종	적심화방	엽+측지(g)	줄기(g)	과일(g)
요요캡틴	5	40.8 ± 2.1	49.4 ± 3.6	68.0 ± 3.7
	10	80.6 ± 4.1	66.2 ± 4.4	126.4 ± 5.7
	15	108.2 ± 2.8	87.4 ± 2.7	190.0 ± 8.1
	20	140.8 ± 6.1	109.6 ± 6.8	253.1 ± 9.5
	25	167.4 ± 8.7	125.8 ± 5.0	307.8 ± 4.9
	30	191.6 ± 6.0	146.4 ± 3.4	348.8 ± 7.7
꼬 꼬	5	51.6 ± 2.8	31.1 ± 3.2	64.8 ± 4.7
	10	79.6 ± 2.9	52.2 ± 1.7	130.2 ± 7.4
	15	110.4 ± 6.4	76.2 ± 3.4	161.4 ± 6.8
	20	144.6 ± 7.3	103.6 ± 6.7	218.8 ± 15.7
	25	171.2 ± 9.3	131.8 ± 5.3	292.2 ± 27.4
	30	200.0 ± 7.2	159.8 ± 7.8	359.4 ± 15.1

일반토마토를 15화방까지 장기재배(10월)하였을 경우 호용은 엽+측지의 건물중은 190.6g/주 였으며 도태랑프로는 174.0g/주 이었다. 줄기의 건물중은 호용이 105.4g/주, 도태랑프로는 120.0g/주였으며 과일의 건물중은 호용 713.0g/주, 도태랑프로 645.0g/주 였다. 3화방의 건 물중은 호용 엽+측지 51.8g, 줄기 23.8g, 과일 149.6g 있었으며 도태랑프로는 엽+측지 61.8g, 줄기 28.8g, 과일 159.4g 이었다(표 4).

표4. 일반토마토 재배 화방별 건물중(dry matter)

품 종	적심화방	엽+측지(g)	줄기(g)	과일(g)
호용	3	51.8 ± 2.2	23.8 ± 1.9	149.6 ± 4.1
	6	89.0 ± 6.0	41.6 ± 2.7	261.2 ± 8.8
	9	119.8 ± 7.1	63.0 ± 2.4	412.6 ± 8.5
	12	158.6 ± 6.6	84.0 ± 4.9	539.4 ± 10.1
	15	190.6 ± 9.8	105.4 ± 5.4	645.0 ± 17.2
도태랑프로	3	61.8 ± 2.3	28.8 ± 2.3	159.4 ± 8.6
	6	82.0 ± 2.8	49.2 ± 4.8	306.4 ± 8.1
	9	112.4 ± 8.7	73.0 ± 2.8	400.4 ± 9.7
	12	145.8 ± 5.3	100.6 ± 2.4	578.6 ± 41.1
	15	174.0 ± 6.7	120.0 ± 3.1	713.0 ± 36.1

표5. 품종 및 부위별 무기성분 함량(dry matter)

품종	조사부위	T-N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Mo	Mn
		%					mg/kg			
요요캡틴	과일	2.0	0.41	2.4	0.09	0.11	15	73	2	10
	엽	3.5	0.47	2.5	3.69	0.63	95	87	3	153
	줄기	2.1	0.55	2.6	1.09	0.21	22	61	2	44
꼬꼬	과일	2.1	0.50	2.1	0.12	0.09	16	55	1	10
	엽	2.8	0.51	2.4	3.47	0.52	98	77	3	141
	줄기	1.9	0.51	2.0	1.27	0.23	21	68	3	37
호용	과일	2.4	0.40	2.8	0.18	0.13	18	91	1	13
	엽	3.0	0.71	2.0	3.87	0.70	84	81	2	128
	줄기	1.9	0.26	1.8	1.56	0.47	20	56	2	31
도태랑프로	과일	1.7	0.34	2.5	0.12	0.11	20	57	6	10
	엽	3.6	0.65	2.6	3.38	0.63	73	77	3	100
	줄기	1.9	0.36	2.6	1.36	0.31	22	49	2	29

품종 및 재배 화방별 영양요구량(1000주)은 N의 경우 30화방 재배 시 “요요캡틴” 품종은 16,731±448g, “꼬꼬” 품종은 16,179± 667g, 15화방 재배 시 “호용” 품종이 23,201±809g, “도태랑프로” 품종은 20,665±913g이었다.

P요구량은 30화방 재배 시 “요요캡틴” 품종은 3,132±82g, “꼬꼬” 품종은 3,631±152g, 15화방 재배 시 “호용” 품종이 4,207±153g, “도태랑프로” 품종은 3,987±177g이었다. K 요구량은 30화방 재배 시 “요요캡틴” 품종은 16,947±439g, “꼬꼬” 품종이 15,539 ± 646g, 15화방 재배 시 “호용” 품종이 23,769±775g, “도태랑프로” 품종은 25,469 ±1,157g이었다.

시험연구 결과 품종 및 재배화방에 관계없이 질소 요구량과 칼리요구량이 1:1로 유사하였다. 또한 품종 및 화방에 상관없이 엽에서 Ca, N, Mg 함량이 높았으며, 일반토마토가 방울 토마토 보다 엽에서의 P의 함량이 높았다(표 5).

표 6. 품종 및 재배 화방 별 영양요구량(1,000주)

품종	재배 화방	N	P	K	Ca	Mg
		g				
요요캡틴	5	3,825 ± 223	742 ± 45	3,936 ± 235	2,105 ± 120	436 ± 25
	10	6,739 ± 350	1206 ± 67	6,770 ± 235	3,809 ± 204	786 ± 41
	15	9,422 ± 362	1,768 ± 61	9,537 ± 334	5,116 ± 140	1,073 ± 63
	20	12,291 ± 546	2,302 ± 105	12,443 ± 558	6,618 ± 308	1,395 ± 63
	25	14,651 ± 547	2,741 ± 97	14,843 ± 513	7,813 ± 382	1,656 ± 77
	30	16,731 ± 448	3,132 ± 82	16,947 ± 439	8,953 ± 272	1,894 ± 55
꼬 꼬	5	3,396 ± 238	746 ± 54	3,221 ± 230	2,264 ± 144	399 ± 27
	10	5,955 ± 269	1,323 ± 60	5,688 ± 260	3,581 ± 109	650 ± 28
	15	7,927 ± 387	1,759 ± 84	7,563 ± 364	4,993 ± 274	894 ± 47
	20	10,612 ± 661	2,359 ± 150	10,137 ± 265	6,596 ± 422	1,187 ± 56
	25	13,434 ± 936	3,006 ± 211	12,881 ± 904	7,966 ± 423	1,456 ± 85
	30	16,179 ± 667	3,631 ± 152	15,539 ± 646	9,402 ± 367	1,731 ± 69
호용	3	5,596 ± 201	1,028 ± 38	5,653 ± 193	2,645 ± 122	669 ± 29
	6	9,729 ± 442	1,784 ± 85	9,843 ± 415	4,563 ± 290	1,158 ± 66
	9	14,693 ± 463	2,665 ± 90	15,083 ± 423	6,362 ± 327	1,669 ± 72
	12	19,300 ± 533	3,502 ± 100	19,787 ± 503	8,419 ± 349	2,206 ± 84
	15	23,201 ± 809	4,207 ± 153	23,769 ± 775	10,181 ± 494	2,667 ± 116
도태랑프로	3	5,481 ± 273	1,048 ± 52	6,341 ± 335	2,670 ± 212	653 ± 31
	6	9,095 ± 569	1,752 ± 63	11,071 ± 401	3,807 ± 257	1,006 ± 42
	9	12,239 ± 531	2,302 ± 100	14,830 ± 542	5,272 ± 448	1,374 ± 75
	12	16,995 ± 936	3,277 ± 183	20,870 ± 1,227	6,990 ± 705	1,866 ± 87
	15	20,665 ± 913	3,987 ± 177	25,469 ± 1,157	8,369 ± 702	2,252 ± 91

2. 재배 EC 및 생육단계별 흡수 영양분 구명

가. 연구기간: 2009. 2. 5 ~ 2010. 1. 30

나. 연구방법

- 시험재료 : 방울(텐텐)
- 처리 : 배양액 EC 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 dS/m
- 주요조사항목 : T-N, K, Ca, Mg, P 등 다량원소 함량

과종기	정식기	재식거리(cm)	비 고
'09년 2월 9일	'09년 3월 23일	160×20cm	· 재배양식 : 수경재배 배양액 : 야마자끼액 재배장소 : 플라스틱 온실

※ 화방 별 직하엽 무기성분 조사

과종기	정식기	재식거리(cm)	비 고
'09년 2월 9일	'09년 3월 23일	160×20cm	· 재배양식 : 수경재배 배양액 : 야마자끼액 재배장소 : 플라스틱 온실

다. 연구결과 및 고찰

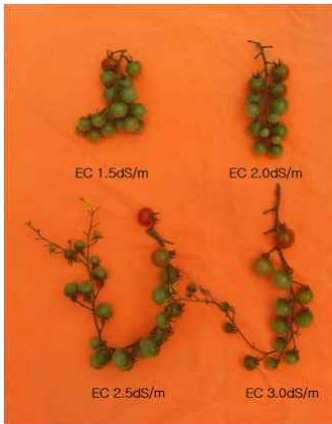


그림1. 공급 배양액 EC처리별 1화방 사진

표 7. 처리별 식물체 무기성분 분석(dry matter)

○ 1화방 직하엽

처리 EC (dS/m)	T-N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Mo	Mn
	%					mg/kg			
1.5	3.4	0.44	2.9	3.4	0.78	49	104	4	126
2.0	3.7	0.47	3.1	3.1	0.77	51	107	4	121
2.5	3.8	0.47	3.3	3.0	0.74	67	105	5	132
3.0	3.9	0.49	3.4	2.7	0.64	66	114	5	138

※시료채취 : 2009. 4. 28

○ 2화방 직하엽

처리 EC (dS/m)	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Mo	Mn
	%				mg/kg			
1.5	0.48	2.8	2.8	0.72	59	104	4	116
2.0	0.46	2.7	2.5	0.73	49	72	4	114
2.5	0.50	2.8	2.4	0.68	48	69	3	119
3.0	0.49	2.7	2.4	0.67	54	80	4	132

※시료채취 : 2009. 5. 11

표 8. 처리별 초장 및 경경

처리 EC (dS/m)	초장	경경(mm)		
		1화방	2화방	3화방
1.5	103 ± 5.4	12.7 ± 0.5	16.0 ± 0.8	15.7 ± 0.5
2.0	102 ± 7.9	13.0 ± 0.8	16.7 ± 0.9	15.7 ± 0.9
2.5	105 ± 8.0	13.0 ± 1.4	16.0 ± 0.7	16.3 ± 0.8
3.0	106 ± 2.5	13.0 ± 1.0	16.5 ± 2.5	16.0 ± 0.0

※ 조사일 : 2009. 5. 20

표 9. 처리별 엽 생육 및 엽록소 함량(화방 별 직하엽)

처리 EC (dS/m)	엽중(g)			1화방(cm)		2화방(cm)		3화방(cm)		엽록소함량 ^d (SPAD)
	1화방 ^a	2화방 ^b	3화방 ^c	엽장	엽폭	엽장	엽폭	엽장	엽폭	
1.5	19.4±1.0	30.7±4.3	34.3±0.2	25.5±2.5	26.5±2.8	35.6±2.4	35.6±2.4	35.0±1.5	35.2±3.6	53.9±1.1
2.0	20.0±1.0	30.7±3.7	37.9±4.0	26.2±0.7	26.8±0.3	36.6±0.9	38.4±2.4	37.4±2.7	40.3±2.8	54.0±1.4
2.5	21.5±1.1	31.2±2.0	41.8±6.2	26.9±1.6	25.4±2.6	37.2±2.4	37.3±3.0	37.7±3.2	42.3±1.0	53.0±1.1
3.0	22.3±1.3	32.1±4.8	40.5±3.4	28.1±4.0	27.7±3.6	37.5±2.4	35.7±4.0	36.5±0.9	43.0±1.1	53.8±0.7

※ 조사일 ^a : 2009. 4. 28, ^b : 2009. 5. 11, ^c : 2009. 5. 27, ^d : 2009. 5. 26

공급 EC(dS/m)에 따라 초장 및 경경의 차이는 나타나지 않았으나 엽중 및 엽장 엽폭은 증가하는 경향을 보였으며 엽록소 함량은 차이를 보이지 않았다. 처리별 무기성분은 1화방 직하엽에서는 EC가 높아질수록 Ca 및 Mg의 함량은 감소하고 K는 증가 하였다. 2화방 직하엽에서는 K는 차이를 보이지 않았으나 1화방 직하엽에서와 같이 Ca, Mg함량은 감소하였다. 그림3 에서와 같이 공급배양액 EC가 높아질수록 화방이 길어졌다.

3. 토마토 수경재배 Coir배지 사용농가 실태 조사

가. 연구기간: 2009. 2. 5 ~ 2010. 1. 30

나. 연구방법

(1) 국내 유통중인 coir 배지를 수거 물리 화학성 조사

- CEC, pH, 흡수력, 양이온

(2) Coir 재배농가의 사용 실태 및 배양액 조사

- 급액, 배액, 배지내 배양액의 EC, pH, 이온농도 조사, 생리장해 발생 정도

다. 연구결과 및 고찰

시판 Coir 배지의 물리성을 비교한 결과(표 1) 대부분의 시판 배지는 원사지가 스리랑카 엽음에도 배지별 물리성은 매우 다른 것으로 나타났다. 밀도는 0.07~0.19까지 두 배 이상 차이가 났으며 유효수분 보유력 역시 25~41%로 매우 다양하였다. 펄라이트와 유사한 배지부터 peat moss에 유사한 수분 보유력을 보였으며 Dust와 Chip+Fiver의 비율이 다양하게 나타났다. 서원양해의 KoKo mix 제품의 경우 같은 회사의 제품임에도 불구하고 2009년, 2011년에 생산 판매한 제품에서 물리성이 매우 다르게 나타났다.

표 10. 시판 Coir 배지의 물리성 비교

제품명	판매사	생산국	밀도 g/cm ³	포화 후 용적수분량(%)	유효수분 보유력(%)	Dust : Chip+Fiver(%)
한그린	플라 루트리	스리 랑카	0.11	135	28	65:35
Koko world	코코물산	스리 랑카	0.07	86	25	32:68
MSC	명성플라콘	스리 랑카	0.08	99	33	32:68
Bio grow	대영지에스	스리 랑카	0.08	76	40	30:70
KoKo mix	서원양행('09)	스리 랑카	0.09	49	20	51:49
KoKomix	서원양행('11)	스리 랑카	0.11	34	39	13:87
Green Isle		스리 랑카	0.14	111	41	76:24
En green coir		스리 랑카	0.10	103	40	45:55
green coir		스리 랑카	0.19	68	36	39:61
Peat moss		캐나다	0.12	67	31	38:72
펄라이트		한국	0.18	49	18	-
뿌리짚(상토)		한국	0.19	68	27	-

표 11은 Coir 배지를 이용한 수경재배 농가를 조사한 것으로 배꼽씩이와 착색불량과 같은 생리장해가 발생하였다. 이러한 생리장해는 수분부족에 의해 오는 생리장해로 이들 농가들이 토마토 급액관리에서 공급량을 실패하였음을 의미한다. 농가들이 시중에서 구입하는 Coir 배지역시 대부분 스리랑카에서 수입된 제품들이었다.

표 12는 Coir 배지를 이용한 수경재배 농가들의 배양액과 배액을 조사한 것으로 대부분의 농가에서 배액의 EC가 매우 높은 것으로 나타났다. 이러한 이유는 배양액을 절약하기 위해서 배액량을 10%이하로 관리하고 있었으며 일부 농가에서만 정상적인 20~40% 배액량을 지키고 있었다. 함양 9의 배액량은 전혀 나오지 않았으며 그 결과 배양액과의 delt EC 8이상 나타나는 것으로 나타났다. 이러한 포장에서는 표 2와 같이 배꼽씩이와 착색불량 같은 생리장해가 다 발생하였다. 함양 6,7 과 같이 delt EC 2 이하인 농가들은 배액관리를 20~30% 정도 관리하고 있었다.

배양액 공급에 실패한 경우 배양액보다 배액의 Ca 및 K의 함량이 5-7배 정도 높아 이것이 배액의 EC와 pH를 높인 원인으로 판단된다.

표 11. 농가 Coir 배지 별 생리장해 발생 현황

조사지역	제품명	생산국	품종	경식일	생리장해
경남 함안1	KoKo	스리랑카	메디슨, 올메카	2. 5	배꼽씩이, 착색불량과
“2	KoKo	스리랑카	메디슨, 올메카	2. 5	“
“3	Phongphat	베트남	메디슨	10. 8	“
“4	Bio grow	스리랑카	올메카		-
“5	Koko mix	스리랑카	메디슨		배꼽씩이, 착색불량과
“6	KoKo	스리랑카	올메카	2. 5	-
“7	Bio grow	스리랑카	까메오,메디슨	2. 5	배꼽씩이, 착색불량과
“8	KoKo	스리랑카	메디슨	1.27	“
“9	En green coir	스리랑카	까메오	10. 7	-
충남 부여1	Koko mix	스리랑카	지코	3.5	배꼽씩이
충남 부여 1-1	Koko mix	스리랑카	미니찰	8.5	-
충남 부여 2	Koko mix	스리랑카	미니찰	2.10	-
충남 보령1	Koko mix	스리랑카	유니콘	7. 5	착과제피해

표 12. Coir 배지 배양액 관리 실태

조사지역	배양액	pH	EC	NO ₃	PO ₄	SO ₄	NH ₄	K	Ca	Mg	B	Fe
경남 함안1	급액	6.6	2.1	1,457	88.0	237	13.1	177.0	191.8	55.6	0.51	0.93
	배지 내	6.7	2.9	1,844	113.2	280	11.5	196.2	285.3	79.6	0.48	1.06
	배액	7.5	3.9	2,309	64.6	478	0.4	200.6	412.2	139.4	0.69	0.58
“2	급액	6.9	2.2	928	68.5	295	12.6	201.0	206.4	47.1	0.39	0.70
	배지 내	7.2	2.8	518	27.4	583	4.7	204.1	310.5	77.6	0.67	0.42
	배액	7.4	3.2	731	30.0	821	1.9	227.6	307.0	119.0	0.85	0.64
“3	급액	6.9	2.4	889	114.9	477	10.2	261.6	185.0	50.0	0.48	1.07
	배지 내	7.1	4.5	1,820	156.8	1,366	3.8	502.2	467.0	140.8	1.08	2.14
	배액	7.0	3.7	1,457	140.5	996	1.6	352.8	308.2	98.9	0.85	0.71
“4	급액	6.6	2.6	1,084	106.0	450	9.4	261.7	205.0	55.3	0.42	0.51
	배지 내	7.6	6.5	2,882	62.8	1,793	3.6	551.2	614.6	214.2	1.40	0.08
	배액	7.2	2.2	443	65.0	438	10.6	247.1	191.2	55.8	0.36	0.25
“5	급액	6.6	2.7	588	49.3	1,137	16.0	154.3	295.2	31.2	1.38	0.92
	배지 내	7.6	6.2	553	7.2	3,503	410.8	56.4	806.4	78.6	4.60	1.06
	배액	7.1	2.9	149	2.0	1,804	208.2	50.0	797.0	29.1	1.71	0.43
함안6	급액	7.4	2.6	459	21.4	1,086	11.0	149.4	331.9	35.0	1.43	0.64
	배지 내	8.0	3.7	155	5.7	1,610	2.5	163.5	462.8	57.6	2.08	0.15
	배액	7.9	3.8	205	9.3	2,131	231.8	165.0	456.9	63.1	2.32	0.15
“7	급액	6.7	2.0	824	89.5	259	14.8	235.4	138.1	35.9	0.37	1.68
	배지 내	7.6	5.0	1,846	57.4	562	4.8	485.6	432.6	121.8	1.24	0.98
	배액	7.1	3.4	1,357	32.8	461	3.2	300.7	300.0	93.3	0.99	0.15
“8	급액	6.8	2.9	826	71.0	408	11.6	230.0	194.1	32.2	0.48	1.78
	배지 내	7.2	4.9	1,518	78.2	1,479	7.8	419.8	593.8	105.2	1.33	1.40
	배액	7.0	4.7	1,805	76.4	1,012	3.4	446.6	473.4	95.6	1.34	1.76
“9	급액	6.8	2.0	902	106.6	194	5.8	221.1	150.3	38.8	0.25	1.17
	배지 내	7.2	10.3	4,304	155.6	1,541	18.0	943.6	732.2	284.4	1.40	1.16
	배액	7.4	9.6	4,028	71.6	1,136	3.6	649.2	1912.0	260.0	1.28	0.44

표 12는 농가 컨설팅 후 배액량을 배양액 대비 30% 정도로 고정 시킨 후 조사한 것이다. 부여 1-1 농가는 컨설팅 전 배액량을 10% 이하로 관리하여 delta-EC가 2 이상 차이가 났으며 배꼽씩음과 같은 생리장해가 발생하였다. 그러나 배액을 30%로 고정 시킨 후 delta-EC 0.5이하로 떨어졌으며 생리장해도 발생하지 않았다. 부여 2, 보령 1 도 배액을

30%로 고정시킨 결과 delta-EC 1 이하로 나타났다. 배양액 공급을 실패하였을 경우 표 2
 에서와 같이 배액에서 Ca와 K의 함량이 급격하게 증가하여 배지의 pH를 높이는 문제가
 나타났다.

표 13. 농가 컨설팅 후 Coir 배지 배양액 및 배액

지역	배양액	pH	EC	NO ₃	PO ₄	K	Ca	Mg	B	Fe
부여 1-1 컨설팅전	급액	6.7	1.6	1,200	26	171	98	45	0.6	4.3
	배지 내	7.2	4.7	1,102	32	354	135	67	0.5	3.7
	배액	7.3	4.8	1,240	25	321	153	69	0.5	3.5
부여 1-2 컨설팅후	급액	6.9	1.6	-	25	182	105	51	0.5	4.8
	배지 내	7.0	1.5	-	22	215	124	74	0.5	3.9
	배액	6.9	1.5	-	18	223	136	83	0.6	3.4
부여2	급액	6.6	2.1	-	27	193	115	52	0.5	4.5
	배지 내	7.1	2.9	-	23	243	132	64	0.4	3.3
	배액	7.0	2.8	-	24	289	125	74	0.4	3.9
보령 1	급액	6.6	1.6	-	24	194	118	56	0.5	4.2
	배지 내	7.3	2.5	-	26	220	134	69	0.4	3.8
	배액	7.4	2.6	-	25	218	128	72	0.4	3.6

Coir 배지에서 토마토 생육단계별 양분 흡수 특성 조사 시험을 위해서 그림 1과 같이 배드
 위에 배드를 올려 나오는 배액을 갖고 배액량을 측정하고 분석하였다. 배액량은 고온기에
 정식하였으므로 40%로 하였다. 그림 2는 토마토 재배에서 배지 및 생육에 따른 EC 변화
 로 처음에는 펄라이트나 인공(우레탄)배지보다 배액의 EC가 높았으나 시간이 지남에 따라
 배지별 차이는 나타나지 않았다. 또 7월 31일 배액의 EC가 급격하게 상승한 것은 기계에
 고장으로 배양액이 적절하게 공급되지 않아서이다. 이러한 결과로 볼 때 고온기 재배에서
 는 배지에 따른 delta EC의 차이보다는 배양액 공급량의 차이에 따른 차이가 큰 것으로 판
 단된다.

4. 코이어 배지에서 공급 EC에 따른 토마토 생육 및 배액 조사

가. 연구기간: 2012. 1. 20 ~ 2013. 1. 19

나. 연구방법

(1) 코이어 배지에서 공급 EC 차이에 따른 배액 변화 및 생육 차이

(가) 처리별 EC를 다르게 하여 배양액 공급

① 시험 1

- 품종 : 도태랑다이아
- 배양액 : 야마자끼 토마토 전용액
- EC 처리
 - EC1.5→3.0dS/m
 - EC3.0→1.5dS/m
 - EC1.5→1.5dS/m
 - EC3.0→3.0dS/m
- 조사내용 : 배액 EC 및 pH, 배양액 및 배액 양이온 및 음이온, 생육, 토마토 생산량

② 시험 2

- 품종 : 미니찰
- 배양액 : 야마자끼 토마토 전용액
- EC 처리
 - EC1.0→2.5dS/m
 - EC2.5→1.0dS/m
 - EC1.0→1.0dS/m
 - EC2.5→2.5dS/m
- 조사내용 : 배액 EC 및 pH, 배양액 및 배액 양이온 및 음이온, 생육, 토마토 생산량

다. 연구결과 및 고찰

처리별 상품수량은 EC1.5, EC3.0→1.5, EC1.5→3.0처리 순이었으며 EC3.0 처리가 가장 낮았다 소과 수량은 EC3.0이 가장 높았으며 EC1.5 처리가 가장 낮았다. 이것은 수분스트레스에 의한 것으로 판단된다.

표14. 처리별 상품수량

처리(EC)	총수량(g/5주)	상품수량(g/5주)	소과(<100g)(g/5주)
1.5→3.0	15,940bc ^y	12,468bc	3,472b
3.0→1.5	17,098b	13,353b	3,745b
1.5→	18,932a	16,579a	2,353c
3.0→	14,707c	10,462c	4,245a

^yDMRT 5%

처리별 SPAD 값으로 Perlite가 Coir와 비교 전반적으로 높았고 EC 3.0 처리에서 가장 높은 값을 보였는데 이것은 수분 스트레스를 받아 높은 것으로 판단된다.

표15. 처리별 SPAD 값

처리 배지	EC 1.5→3.0dS/m		EC 3.0→1.5dS/m		EC 1.5→1.5dS/m		EC 3.0→3.0dS/m	
	Perlite	Coir	Perlite	Coir	Perlite	Coir	Perlite	Coir
6월1일	61.9*	59.8	64.9	58.2	64.5	60.1	64.3	61.8
6월26일	62.6	57.7	62.7	60.7	57.7	55.6	66.2	58.5

처리별 생육차이로 큰 차이를 보이지 않았으나 코이어 배지가 펄라이트 배지와 비교 엽장 엽 폭이 넓었다. 이것은 코이어 배지가 펄라이트보다 영양생장이 더 강함을 보여준다.

표16. 처리별 생육 상황

처리(dS/m)	배지	초장(cm)	절간장(cm) (2~3화방)	경경(mm)		엽장(cm)	엽폭(cm)
				2화방	4화방		
EC 1.5→3.0	Perlite	135	25	12	10	43	40
	Coir	133	26	14	12	46	41
EC 3.0→1.5d	Perlite	124	23	11	9	39	38
	Coir	125	25	13	11	43	43
EC 1.5→1.5	Parlite	135	23	11	9	41	37
	Coir	129	21	12	11	46	40
EC 3.0→3.0	Perlite	137	24	9	7	36	32
	Coir	129	24	11	10	49	47

조사일 : 6월 28일

그림 2는 처리별 배액의 EC 변화를 나타낸 것으로 EC1.5 및 EC3.0→1.5처리에서 배액 EC가 안정적이었으나 EC 1.5→3.0, EC3.0처리에서는 배액의 EC가 매우 높게 나타났다.

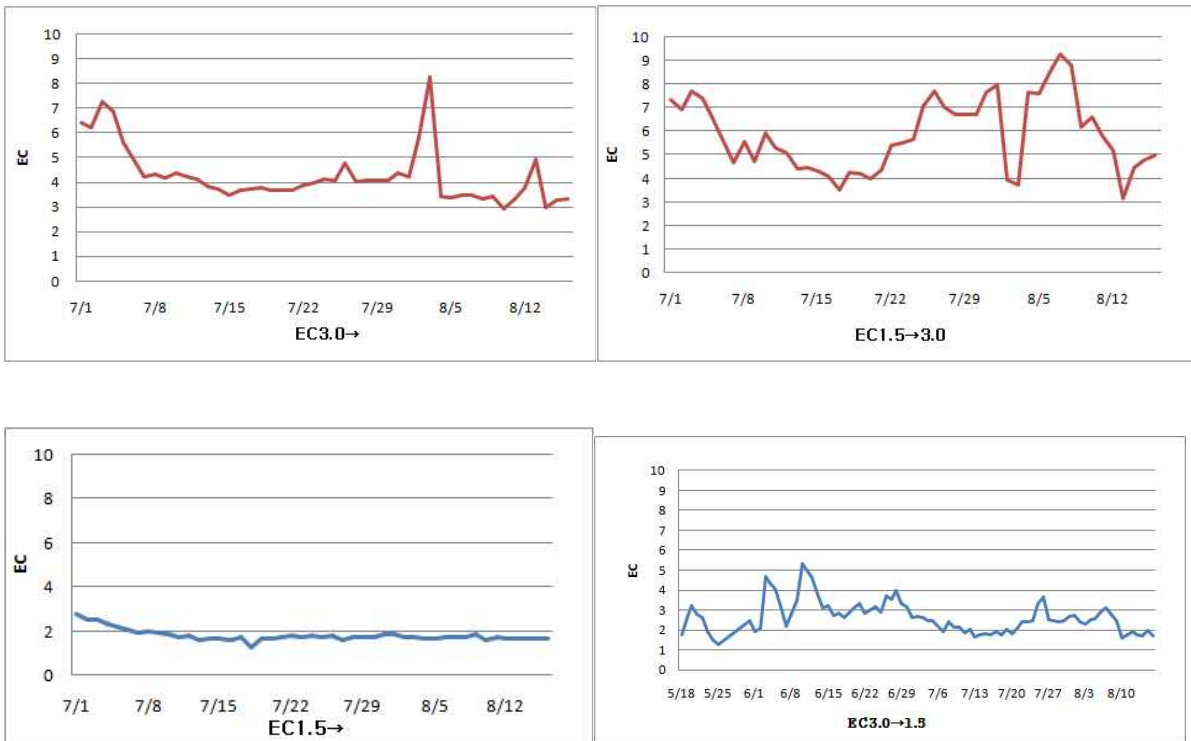


그림2. 공급 EC 농도 처리에 의한 배액 EC 변화

그림 3은 공급 EC 농도 처리에 따른 pH 변화이다. 처리별 차이는 보이지는 않았다.

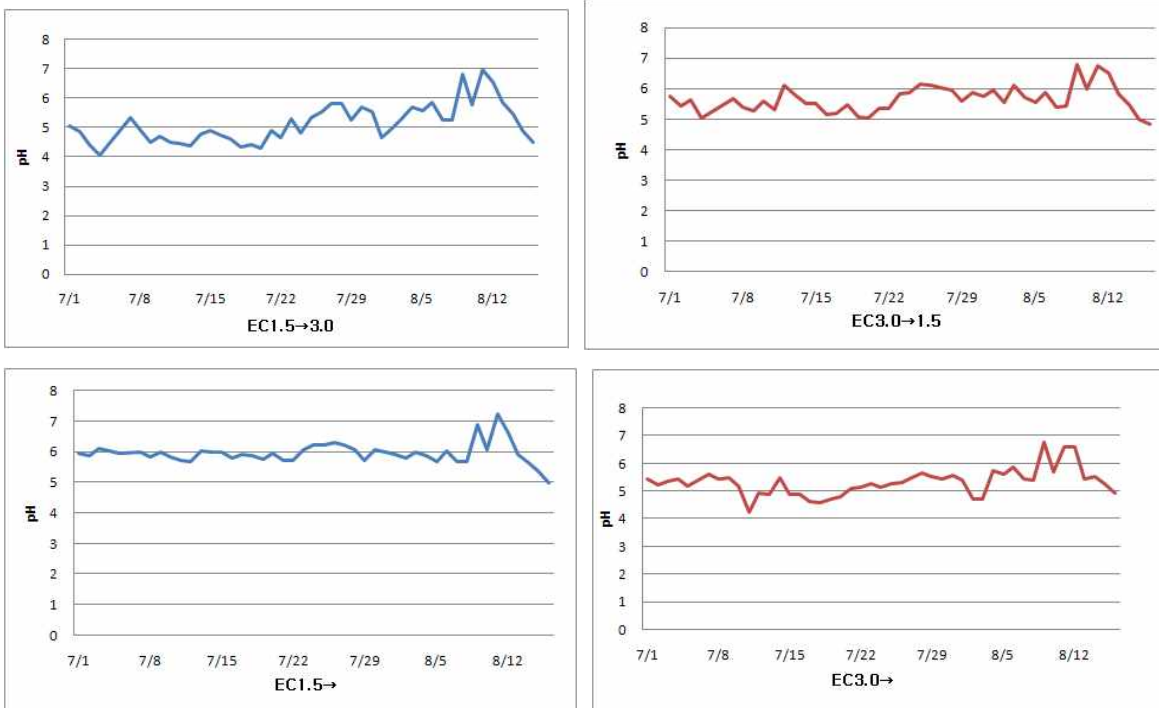


그림3. 공급 EC 농도 처리에 의한 배액 pH 변화

처리별 배액의 EC 변화이다. EC2.5→1.0 처리는 재배가 길어짐에 따라 배액 EC가 안정적으로 관리가 되었으며 EC1.0처리는 변화가 없었다. EC1.0→2.5, EC2.5처리는 점차 배액 EC가 높아졌다.



그림4. 공급 EC 농도 처리에 의한 배액 pH 변화

5. 배지에 따른 배액률 및 생육특성 비교 연구

가. 연구기간: 2012. 1. 20 ~ 2013. 1. 19

나. 연구방법

- 시험품종 : 라피토(일반토마토)
- 처 리 : 코이어, 암면, 필라이트
- 정식일: 3월 25일
- 배액률 조절방법: 배액전극법
- 배양액 종류: 야마자끼토마토 전용액
- 시험구배치 : 완전임의배치 3반복
- 조사내용: 코이어 대비 암면, 필라이트의 배액률 차이, 배액률에 따른 ΔEC 변화, 상품수량

다. 연구결과 및 고찰

그림 5은 배지 및 배액별 ΔEC 를 나타내는 것으로 배액률이 20%였을 때는 ΔEC 가 0.6이하로 안정적이었으나 배액률이 10%였을 때에는 온도가 올라감에 따라 ΔEC 가 증가하였다. 코이어 배지가 암면이나 필라이트와 비교 ΔEC 의 변화가 심하였다.



그림5. 배지 및 배액률에 따른 시기별 배액 ΔEC

그림 6는 배액 조절을 실패하였을 때 ΔEC 의 변화를 보여주는 것으로 코이어 배지가 다른 배지와 비교 ΔEC 의 변화가 높았다. 배액률이 높았을 경우 ΔEC 의 변화가 적었다. 코이어를 사용할 경우에는 다른 배지보다 더욱 정교한 배액률 관리가 필요하다.

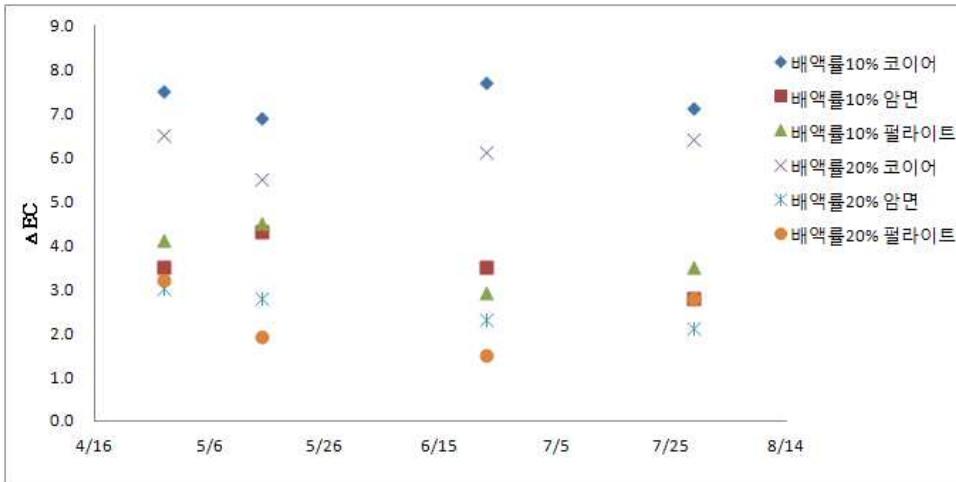


그림6. 배지 및 배액률에 따른 배양액 공급 실패 후 배액 Δ EC 변화

표17. 배지 및 배액률에 따른 배양액 공급량

배지종류 및 배액률(%)	코이어	암면	펄라이트	코이어	암면	펄라이트
배액률(%)	10	10	10	20	20	20
배양액 공급량(주/L)	245	213	205	298	264	257

조사기간 : 2013. 4. 1 ~ 8.8

표18. 배지 및 배액률에 따른 상품수량

배지종류 및 배액률(%)	코이어	암면	펄라이트	코이어	암면	펄라이트
배액률(%)	10	10	10	20	20	20
상품수량(kg/10a)	6,674b ^T	7,385ab	6,622b	7,825a	8,388a	7,928a

조사기간 : 2013. 5. 16 ~ 7. 31, ^TDMRT 5%

6. U자형 베드에서 코이어 자루배지의 배액구 제작 방법

가. 연구기간: 2012. 1. 17 ~ 2014. 1. 18

나. 연구방법

- 시험품종 : 미니찰(대추형 방울)
- 처리 : 밑 뚫기, L자 뚫기, I자 뚫기
- 정식일 : 2012. 8. 16
- 배양액 종류: 야마자끼 토마토 전용액
- 시험구배치 : 완전임의배치 3반복
- 토마토상품수량, 뿌리발달정도

다. 연구결과 및 고찰



I자 찢기



L자 찢기



밑 찢기

그림7. 배액구 제작 방법

실험에 사용된 코이어 자루배지의 무게는 모든 처리구에서 평균 2.7kg 정도였으며 포습 후 자루에 처리별로 배액구를 만들어 24시간이 경과 한 다음 배지의 무게를 측정한 결과, I자형 찢기는 14.2kg, L자형 찢기는 13.8kg, 밑 찢기는 12.8kg로 밑 찢기가 가장 가벼웠다. 포습 24시간 후 1일 관수하여 무게를 측정한 결과에서도 I자형 찢기는 14.5kg, L자형 찢기는 14.2kg, 밑 찢기는 13.3kg로 밑 찢기가 가장 가벼웠다.

표19. 배액구 타입에 따른 코이어 자루배지 무게

Slit type	Coir weight before watering	Coir weight 24 hours after saturation	Coir weight after once of irrigation after 24 hours since saturation
I-form slit	2.7kg	14.2kg a ^T	14.5kg a ^T
L-form slit	2.7kg	13.8kg a	14.2kg a
Bottom slit	2.7kg	12.8kg b	13.3kg b

^TDMRT 5%

자루 찢는 방법에 따른 지체부의 부정근 발생 정도를 조사한 결과 I자 찢기와 L자 찢기에서는 부정근이 160 및 170개 발생하였으나 밑 찢기에서는 부정근이 53개로 현저하게 발생이 적었다. Steven과 Cray(1990)는 토마토의 부정근 발달정도와 위치가 침수에 대한 저항성 정도를 의미하한다고 하였으며, Vincent 등(2010)은 뿌리에 장애가 있을 때 부정근이 발생한다고 하였다. 본 실험의 처리에서는 배지 내 수분의 양(Table 1)과 부정근의 발생량이 매우 상관성이 있는 것으로 조사되었다. I자 찢기와 L자 찢기에서는 다수의 부정근 발생은 배지 내 과습이 원인이 되는 것으로 사료되었다. 따라서 U자형 배드에 코이어 자루배지를 이용하여 토마토를 재배할 때에는 배액구의 위치를 밑에 두는 것이 부정근 발생을 줄이고, 배지의 과습을 완화하여 습해를 예방하고, 지하부 생육에 적절한 환경을 제공할 수 있는 방법이 될 것으로 사료되었다.

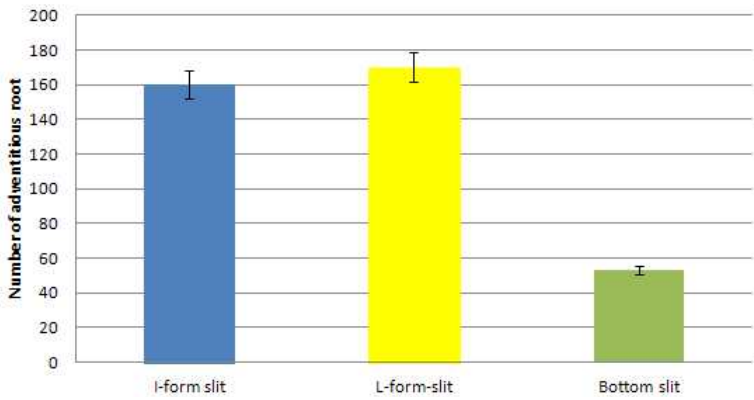


그림8. 배액구 설치 타입에 따른 지상부 10cm에서의 기근 발생량

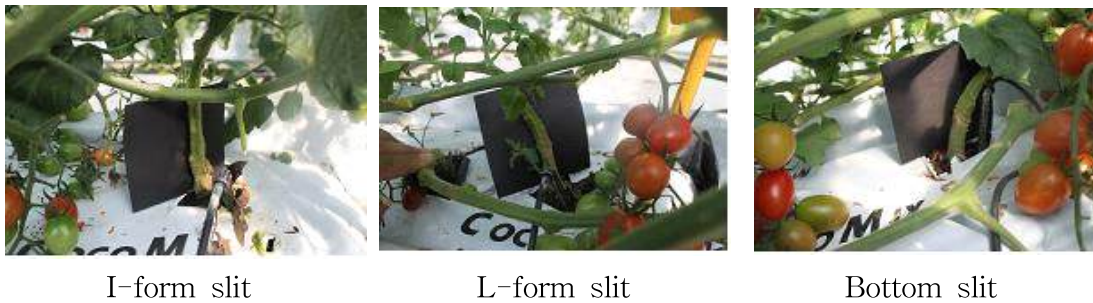


그림9. 배액구 타입에 따른 기근 발생

처리별 5포기를 대상으로 조사한 뿌리의 건물중은 밑 찢기 처리구에서 57g으로, I자형의 23g 및 L자형 찢기의 25g과 비교해 2배 이상 많았다. 뿌리길이도 밑 찢기 처리구에서 31.4cm로 다른 찢기 방법과 비교하여 길었다.

표20. 배액구 처리 별 뿌리 건물 중 및 길이

Slit type	Root dry weight (g/5plant)	Root length (cm)
I-form slit	23b ^z	25.4
L-form slit	25b	29.2
Bottom slit	57a	31.4

Root dry weight from 3 replicates, root length from 5 plants

^zDMRT 5%

20포기당 총수량은 밑 찢기 처리구에서 26.5kg/20주 으로 I자형 19.7kg/20주 및 L자형 찢기 24.0kg/20주 대비 높은 수량성을 보였다. 찢기 방법에 따른 뿌리 발생량은 아래 뚫기의 경우 뿌리 건물중이 I자형 찢기와 L자형 찢기와 비교하여 많았다.

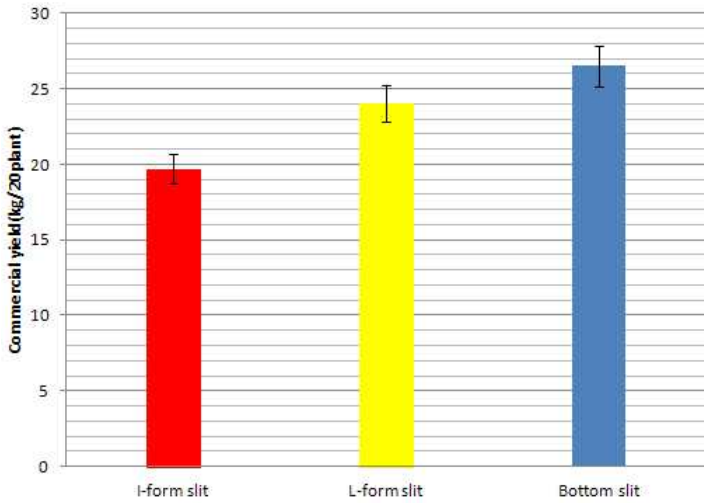


그림10. 배액구 처리별 상품수량 (Yield for 52 days from Oct. 9 ~ Nov. 30 in 2012)



그림11. 배액구 처리별 뿌리 량

I자형 찢기, L자형 찢기, 밑 찢기 처리로 배액구의 위치를 달리하여 배지의 무게, 지체부의 부정근 발생정도 및 수확량을 조사한 결과, 밑 찢기 처리구에서 기근발생이 통계적 유의성 있게 적었으며, 지하부의 생육이 가장 우수하였고, 수확량도 가장 많은 것으로 조사되었다. 이와 같은 결과는 배액구의 위치를 밑에 두었기 때문에 다른 처리에 비해 배지가 상대적으로 과습하지 않았기 때문으로 사료되며, 따라서 U자형 베드에서 코이어 자루배지를 이용하여 토마토를 재배할 경우에는 배지의 밑 찢기를 하여 배액구를 배지의 밑에 위치하는 방법이 작물의 생육과 수확에 가장 효과적인 것으로 판단되었다. 또한 U자형 베드에서 자루의 측면을 찢는 기존의 방법으로는 배액의 원활한 배출이 어려운 것으로 나타났다. 따라서 농가에서 사용하는 베드 하부의 모양에 따라 배액구를 만드는 방법이 달라야 하며, U자형 베드의 경우에는 밑을 찢는 것이 가장 적절한 방법으로 사료되었다.

7. 코이어 배지의 사용 연한 설정 연구

가. 연구기간: 2012. 1. 17 ~ 2014. 1. 18

나. 연구방법

- 시험품종 : 유니콘(방울토마토)
- 처리 : 시험배지사용연한 0, 1, 2, 3년
- 정식일: 7월 29일
- 배양액 종류: 야마자끼 토마토 전용액
- 시험구배치 : 완전임의배치 3반복
- 조사내용: 코이어 배지의 연차별 물리·화학적, 상품수량

다. 연구결과 및 고찰



그림12. 사용연한에 따른 코이어 변화

배지사용 연한에 따른 상품수량을 보면 1년차에서 4,734g/5주로 가장 높았으며 2년차에서 수량이 4,005g/5주로 급격하게 수량이 떨어졌다

표21. 배지사용 연한별 상품수량

사용연수	0년	1년	2년	3년
상품수량(g/5주)	4,384ab ^z	4,734a	4,005ab	3,662b
과일수(개)	375	372	320	332

6화방 수확, 5주 3반복, ^zDMRT 5%

배지사용 연한에 따른 함수량은 0년차와 1년차에서 유사하였으나 2년차부터 함수량이 급격하게 증가하였다.

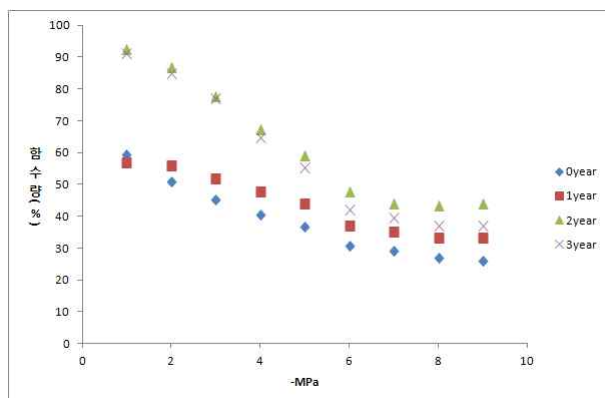


그림13. 사용연한에 따른 함수량 변화

<장기 수경재배 최적관리모델 개발>

1. 철 결핍 대책을 위한 킬레이트철 효과 구명

가. 연구기간: 2008. 8. 20 ~ 2009. 8. 19

나. 연구방법

- 시험품종: 레전드 썸머, 마이로꾸, 라피토, 수퍼선로드, 레드요요
- 경종개요

구분	과종 (월.일)	정식 (월.일)	재식주수 (주/슬라브)	배지종류
1차시험	2008. 10. 8	2008. 11. 3	5	코코피트
2차시험	2008. 12. 6	2009. 2. 3	5	코코피트

- 시험구배치법: 난괴법 3반복

다. 연구결과 및 고찰

(1) 연구결과

표. 토마토 재배농가 철 결핍 발생 현황

지역	농가수	품종	배지종류	원수 pH	중탄산함량 (mg/l)	슬라브 PH	사용 철	발생시기
사천	3	라피토	코코피트	7.0~7.4	78.3~	7.0~7.4	Fe-EDTA	11월중
진주	1	라피토	코코피트	7.2	199.0	7.2	Fe-EDTA	3월중순
하동	1	랩소디	암면	7.1	106.4	7.3	Fe-EDTA	4월하순
거제	1	랩소디	암면	6.9	41.0	7.2	Fe-EDTA	5월상순

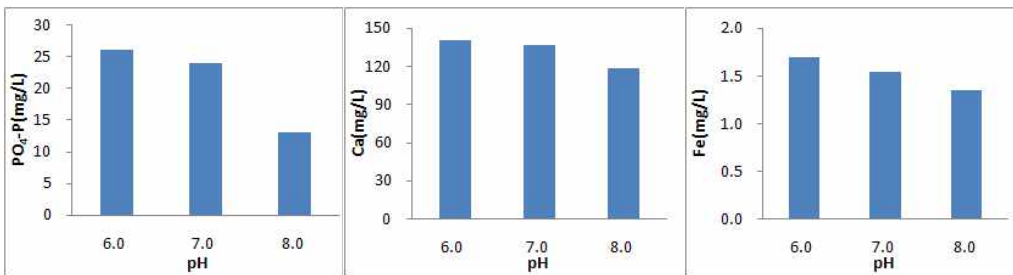


그림. 양액의 pH 증가에 따른 양분의 불용화(공급한 철 : EDTA-Fe)

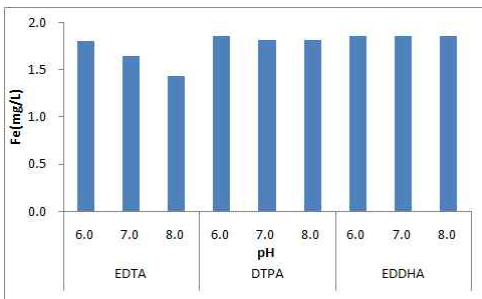


그림. 양액의 pH 증가에 따른 킬레이트 종류별 철의 불용화 비교

표. 양액의 킬레이트 철 종류 및 pH 공급 수준별 토마토 엽의 성분 함량 비교

구 분		T-N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Fe
킬레이트 종류	공급 pH	----- % -----					mg/kg
EDTA-Fe	6.0	3.7	0.9	2.6	2.6	0.9	80
	7.0	3.5	0.8	2.8	2.6	1.0	94
	8.0	3.7	0.8	2.6	2.6	1.0	89
DTPA-Fe	6.0	3.9	0.8	2.8	2.5	0.9	82
	7.0	3.9	0.8	2.7	2.5	1.0	83
	8.0	3.7	0.7	2.8	2.3	0.9	78
EDDHA-Fe	6.0	3.7	0.7	2.6	2.6	0.9	78
	7.0	3.8	0.8	2.5	2.8	1.0	92
	8.0	4.0	0.7	2.5	2.6	0.9	81

킬레이트 철 공급 농도 : 2.0 mg/L

표 3. 토마토 재배 양액 공급 후 폐양액의 성분

구분		pH	EC (dS/m)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	Na	Fe
킬레이트 종류	공급pH			----- mg/L -----							
EDTA-Fe	6.0	6.5	3.5	2.9	150	21.4	243	196	87	216	0.11
	7.0	7.1	3.2	2.5	175	2.9	271	124	68	116	0.04
	8.0	7.1	2.9	1.8	151	3.2	298	71	54	100	0.02
DTPA-Fe	6.0	6.3	4.3	3.1	160	16.3	314	292	112	311	2.29
	7.0	6.9	5.4	2.5	125	3.1	701	178	95	349	1.83
	8.0	7.2	3.5	2.6	133	0.4	350	70	66	179	0.44
EDDHA-Fe	6.0	6.5	2.5	2.4	109	3.1	331	154	87	211	0.59
	7.0	6.6	2.9	2.5	175	10.7	246	243	90	201	0.66
	8.0	7.4	3.7	2.3	130	0.8	351	58	51	190	0.35

표. 토마토 품종별 철결핍 유도 후 DTPA-Fe 공급에 따른 엽록소 함량 변화

품 종	DTPA-Fe		DTPA-Fe 공급 일수별 엽록소 함량(mg/g)			
	공급시	상태	0일	3일	5일	7일
라피토	정 상		10.9	10.6	10.3	11.1
	철 결핍		9.3	9.4	9.3	10.7
레드요요	정 상		10.3	9.9	11.2	10.7
	철 결핍		9.4	9.5	11.0	10.9
슈퍼선로드	정 상		10.0	9.4	10.5	10.4
	철 결핍		8.8	8.8	10.7	10.8

DTPA-Fe 공급농도 : 2.0mg/L, 양액공급 3회/일

표. 토마토 묘종 품종별 DTPA-Fe 공급 전·후 엽의 철 함량 분석

품 종	결 필 유 무	엽의 철 함량(mg/kg)	
		DTPA-Fe 공급 0일	DTPA-Fe 공급 7일후
라 피 토	정 상	243±7 [¶]	254±13
	철 결핍	194±12	241±6
레드요요	정 상	256±9	244±12
	철 결핍	201±11	252±14
슈퍼선로드	정 상	287±11	262±11
	철 결핍	204±9	248±15

DTPA-Fe 공급농도 : 2.0mg/L, 양액공급 3회/일

표. 철 결핍 시 킬레이트 철 종류 및 농도별 엽록소와 철 함량 분석에 의한 회복 능력

구 분	킬레이트 철 종류	농 도 (mg/L)	철 공급 전		철 공급 7일 후	
			엽록소 함량 (mg/g)	철 함량 (mg/kg)	엽록소 함량 (mg/g)	철 함량 (mg/kg)
철 결핍	EDTA-Fe	1.0	12.1±0.3 [¶]	173±10 [¶]	13.2±0.1 [¶]	
		2.0	11.8±0.2	178±11	14.3±0.1	
		3.0	12.2±0.2	182±14	17.3±0.3	
	DTPA-Fe	1.0	12.1±0.1	169±2	14.5±0.4	
		2.0	12.4±0.3	172±10	15.1±0.2	분석중
		3.0	11.8±0.3	174±12	15.0±0.2	
	EDDHA-Fe	1.0	12.4±0.2	170±9	15.5±0.3	
		2.0	11.9±0.2	175±7	17.9±0.3	
		3.0	12.2±0.2	168±5	16.9±0.2	
정 상 [†]		16.5±0.3	223±18	16.5±0.3		

- †) 정식 시작부터 EDTA-Fe 2.0mg/L 양액으로 공급



<라피토 묘종 철 결핍>



<DTPA-Fe 2.0mg/L처리 5일후>



<처리 7일후>

(2) 고찰

- 양액의 pH가 증가하면 양액중의 인산, 칼슘 및 철은 불용화되는 것으로 나타났음
- EDTA-Fe 형태로 철을 공급했을 때 pH의 증가에 의해 철의 불용화가 나타났으나 DTPA-Fe와 EDDHA-Fe의 경우 pH의 증가에 의해 철의 불용화는 없었음
- 양액의 철 성분을 2.0 mg/L로 공급하였을 때 킬레이트 철 종류 및 pH 수준에 따른 토마토 엽의 철 결핍 증상은 일어나지 않았으며, 엽의 성분에도 차이가 없었음
- 실제 공급양액의 pH와는 다르게 코코피트 내에서 pH는 조절되는 것으로 나타났으며, pH

6.0으로 양액 공급 시 폐양액은 6.3~6.5 범위로, 8.0은 7.1~7.4 범위로 변화되었음.

- 토마토 묘종에서 철 결핍장애 유도 후 DTPA-Fe 2.0 mg/L 공급 시 회복에 소요되는 일수를 엽록소 함량과 철 함량을 분석한 결과 레드요요와 슈퍼선로드는 5일, 라피토는 7일 정도 소요되었음
- DTPA와 EDDHA 형태의 철로 공급하였을 때 철 결핍장애 회복 정도가 빨랐음.

2. 측지유인 시기 구명

가. 연구기간: 2008. 8. 20 ~ 2009. 8. 19

나. 연구방법

- 시험품종: 라피토, 요요
- 경종개요

과종 (월.일)	정식 (월.일)	재식거리 (cm)	수확 (월.일)	배지종류
2008. 10. 8	2008. 11. 14	200*20	2009. 1.19 ~ 5.18	코코피트

- 시험구배치법: 난괴법 3반복

다. 연구결과 및 고찰

(1) 연구결과

표. 유인시기별 생육(2009. 1. 12 조사)

품 종	유인시기	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)	개화화방 (화방)	개화일 (월.일)
라피토	무처리	51.3	53.1	9.6	5.0	1.11
	1월상순	52.3	53.1	9.5	5.0	1.11
	1월중순	51.3	51.7	9.4	5.0	1.11
	1월하순	51.7	53.1	9.2	5.0	1.11
레드요요	무처리	41.5	41.5	11.5	6.2	1.11
	1월상순	42.7	43.2	11.8	5.9	1.10
	1월중순	43.7	43.6	12.1	6.0	1.11
	1월하순	42.6	42.2	11.8	5.9	1.10

* 경경 측정 : 3화방 아래

** 1월 상순 유인 : 라피토(3화방 아래 착생), 레드요요(4화방 아래 착생)

표. 유인시기별 생육(2009. 2. 6 조사)

품 종	유인시기	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경(mm)		측지개화일 (월.일)
				주지	측지	
라피토	무 처 리	49.2	49.8	9.5	0.0	-
	1월 상순	49.0	50.5	9.5	8.7	1.12
	1월 중순	49.3	51.0	9.1	8.3	1.23
	1월 하순	49.1	51.0	9.3	7.8	2.03
레드요요	무 처 리	40.4	41.2	11.3	0.0	-
	1월 상순	40.8	42.0	10.9	9.4	1.06
	1월 중순	41.3	41.9	11.1	8.4	1.19
	1월 하순	40.8	41.2	10.6	9.6	2.01

* 경경 측정 : 7화방 아래

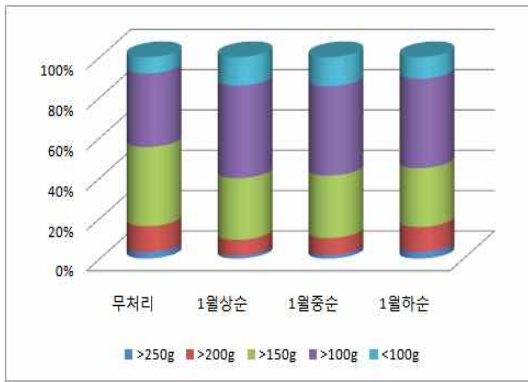
표. 유인시기별 엽면적 및 엽면적 지수(2009. 2. 16 조사)

품 종	유인시기	엽면적(m ² /주)			엽면적지수
		주지	측지	계	
라피토	무 처 리	0.76	0.00	0.76	1.91
	1월 상순	0.76	0.65	1.41	2.21
	1월 중순	0.76	0.46	1.22	2.14
	1월 하순	0.76	0.16	0.92	2.04
레드요요	무 처 리	1.05	0.00	1.05	2.62
	1월 상순	1.05	0.49	1.54	2.86
	1월 중순	1.05	0.37	1.42	2.81
	1월 하순	1.05	0.25	1.30	2.75

표. 유인시기별 수량

품 종	유인시기	수확화방 (화방/주)		1과중 (g)	수확과수 (개/주)	상품수량 (kg/10a)	지수	총수량 (kg/10a)	지수
		주지	측지						
라피토	무 처 리	11.1	0.0	155.6	37.7	12,747	100	12,762	100
	1월 상순	11.2	7.0	142.6	43.6	11,928	94	12,012	94
	1월 중순	11.2	5.0	146.8	39.8	11,147	87	11,197	88
	1월 하순	11.1	4.7	148.1	40.0	12,223	96	12,277	96
레드요요	무 처 리	13.2	0.0	10.6	302.1	5,523	100	8,025	100
	1월 상순	13.0	7.5	10.5	319.3	5,455	99	8,412	105
	1월 중순	13.2	7.2	10.5	310.2	5,166	94	8,115	101
	1월 하순	13.1	5.5	10.4	312.8	5,409	98	8,157	102

* 레드요요 수확개시기 : 2009.1.19, 라피토 수확개시기 : 2009.1. 28



<라피토>



<레드요요>

그림. 유인시기에 따른 과실크기별 수량 분포

(2) 고찰

- 정식 60일 후 개화화방은 라피토 품종은 5화방, 레드요요 품종은 약 6화방이었음
- 측지 유인후 처리별 생육은 비슷하였으며, 주지의 경경은 라피토는 9.5mm 내외, 레드요요는 11mm 내외였음
- 엽면적에서 라피토와 레드요요의 주지는 각각 6m²/주, 1.05m²/주 었으며, 측지는 유인 시기가 빠를수록 높았고, 엽면적 지수는 무처리에 비해 측지유인 처리에서 높았음
- 유인시기별 1과중은 무처리와 측지유인이 늦을수록 높았고, 수확과수는 측지유인시기가 빠를수록 많았으며, 수량은 무처리에서 높았음
- 과실크기별 수량분포는 라피토와 레드요요 품종은 각각 무처리에서는 150g과 15g 이상 과실이 측지유인처리에서는 100g과 10g 이상 과실의 분포가 많았음

3. 접목묘 2줄기 유인시기 구명

가. 연구기간: 2008. 8. 20 ~ 2009. 8. 19

나. 연구방법

- 시험품종: 레드요요, 라피토, 맥시포트(대목)
- 경종개요

과종 (월.일)	접목 (월. 일)	정식 (월.일)	재식거리 (cm)	수확 (월.일)	배지종류
2008. 10. 8	2008. 10.31	2008. 11.14	200*25	2009. 1.19 ~ 5.18	코코피트

- 시험구배치법: 난괴법 3반복

다. 연구결과 및 고찰

(1) 연구결과

표. 접목후 2줄기 유인방법별 묘생육

품 종	처리내용	초장 (cm)	경경 1 (mm)	경경 2 (mm)	엽수 (매)	생체중 (g)	건물중 (g)	건물률 (%)
라피토	무 접 목	61.2	6.2	-	12.2	70.2	5.2	7.4
	접목(2줄, 2엽)	46.7	6.2	5.0	8.0	148.3	10.7	7.2
	접목(2줄, 4엽)	42.6	5.6	5.2	5.2	159.5	11.7	7.3
레드요요	무 접 목	50.8	7.5	-	10.2	160.7	11.9	7.4
	접목(2줄, 2엽)	42.1	6.2	5.7	6.5	114.7	7.8	6.8
	접목(2줄, 4엽)	38.2	4.1	4.3	3.7	150.2	9.8	6.5

* 경경 1 : 2줄기 유인의 아래 줄기, 경경 2 : 2줄기 유인의 윗 줄기

표. 접목묘 2줄기 유인방법별 생육(2009.1.12조사)

품 종	처리내용	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)	개화화방 (화방)	개화일 (월.일)
라피토	무 접 목	47.7	48.3	9.7	4.9	1.12
	접목(2줄, 2엽)	52.0	51.6	13.3	2.1	1.09
	접목(2줄, 4엽)	50.5	50.9	11.7	1.8	1.12
레드요요	무 접 목	39.4	39.1	13.0	6.0	1.13
	접목(2줄, 2엽)	49.0	42.8	14.8	2.7	1.13
	접목(2줄, 4엽)	50.3	45.0	13.5	2.3	1.11

표. 접목묘 2줄기 유인방법별 생육(2009. 2. 6 조사)

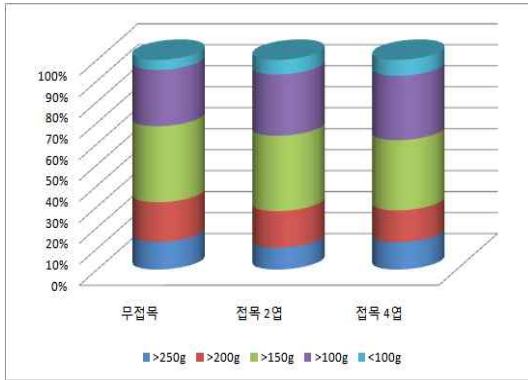
품 종	처리내용	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경 (mm)
라피토	무 접 목	46.3	49.0	9.3
	접목(2줄, 2엽)	50.8	55.0	13.6
	접목(2줄, 4엽)	52.3	57.3	13.6
레드요요	무 접 목	38.2	37.5	12.5
	접목(2줄, 2엽)	44.6	45.7	15.2
	접목(2줄, 4엽)	46.3	47.4	14.8

표. 접목묘 2줄기 유인방법별 수량

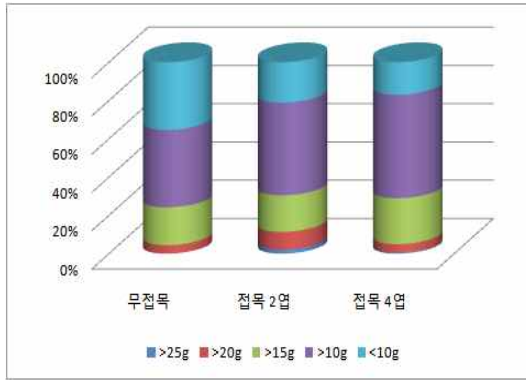
품 종	처리내용	수확화방 (화방/주)	1과중 (g)	상품수량 (kg/10a)	지수	총수량 (kg/10a)	지수
라피토	무 접 목	11.1	171.8	11,342	100	11,442	100
	접목(2줄, 2엽)	9.4	165.7	9,285	82	9,355	77
	접목(2줄, 4엽)	9.1	165.4	8,787	77	9,103	73
레드요요	무 접 목	12.2	10.7	4,424	100	6,839	100
	접목(2줄, 2엽)	8.3	13.0	4,796	108	6,072	89
	접목(2줄, 4엽)	8.3	12.3	5,049	114	6,077	89

* 자근묘 수확개시기 : 레드요요(2009. 1.19), 라피토(2009. 2. 9)

접목묘 수확개시기 : 레드요요(2009. 2.19), 라피토(2009. 3.12)



<라피토>



<레드요요>

그림. 접목묘 2줄기 유인에 따른 과일크기별 수량 분포

(2) 고찰

- 접목 후 묘생육에서 초장, 경경, 엽수, 건물률은 무접목에서 높았음
- 정식 후 생육은 접목묘에서 높았음
- 1과중과 수확과수는 무접목에서 높았으며, 수량도 무접목에서 높았음
- 과일크기별 수량분포는 두 품종 모두 150g과 15g 이상 과실에서 높았음

4. 저온기 측지유인 시기 구명

가. 연구기간: 2009. 8. 20 ~ 2011. 1. 19

나. 연구방법

- 시험품종: 레드 요요
- 경종개요

과종 (월.일)	정식 (월.일)	재식거리 (cm)	수확기간 (월.일)	배지종류
2009. 8. 22	9. 24	180*20	2009. 11. 19-2010. 6. 10	코코피트

- 시험구배치법: 난피법 3반복

다. 연구결과 및 고찰

표. 측지 유인시기별 엽면적 및 엽면적 지수(2010. 2. 16 조사)

측지 유인시기	엽면적(m ² /주)			엽면적 지수
	주지	측지	계	
무 처 리	1.05	0.00	1.05	2.62
1월 상순	1.05	0.49	1.54	2.86
1월 중순	1.05	0.37	1.42	2.81
1월 하순	1.05	0.25	1.30	2.75

표. 측지 유인시기별 생육 및 엽면적(2010. 4. 9 조사)

측지 유인시기	초장 (cm)	엽수 (매)	경경 (mm)	개화 화방	엽면적 (cm ² /주)	엽면적 지수
무처리	591.0	21.0	10.1	21.0	9,360	2.53
1월 상순	592.3	20.7	10.7	21.3	8,504	2.89
측지	260.3	22.0	10.9	8.0	9,856	-

표. 측지 유인시기별 수량(2009. 11. 19 ~ 2010. 3. 31, 측지에서 수확이전)

측지 유인시기	상품과율 (%)	1과중 (g)	수량(kg/10a)				
			상품	지수	비상품	총	지수
무유인	89.1	10.9	6,688	100	389	7,077	100
1월 상순	91.0	10.9	6,476	97	299	6,775	96
1월 중순	90.1	10.9	6,580	98	364	6,944	98
1월 하순	89.0	10.8	6,539	98	386	6,925	98

표. 측지 유인시기별 수량(2010. 4. 1 ~ 2010. 6. 5, 측지 수확 시작)

측지 유인시기	상품과율 (%)	1과중 (g)	수량(kg/10a)				
			상품	지수	비상품	총	지수
무유인	95.3	12.1	5,404	100	103	5,507	100
1월 상순	96.3	12.4	6,138	114	86	6,224	113
1월 중순	96.1	12.0	6,057	112	94	6,151	112
1월 하순	94.6	11.6	5,614	104	129	5,743	104

표. 측지 유인시기별 수량(2009. 11. 19 ~ 2010. 6. 5)

측지 유인시기	상품과율 (%)	1과중 (g)	수량(kg/10a)				
			상품	지수	비상품	총	지수
무유인	91.6	11.4	12,092	100	492	12,584	100
1월 상순	93.3	11.6	12,614	104	385	12,999	103
1월 중순	92.7	11.4	12,638	105	457	13,095	104
1월 하순	91.4	11.2	12,154	101	515	12,669	101

5. 수경재배 초기생육 관리방법 구명

가. 연구기간: 2009. 8. 20 ~ 2011. 1. 19

나. 연구방법

- 시험품종: 라피토, 레드 요요
- 경종개요

과중 (월.일)	정식 (월.일)	재식거리 (cm)	수확기간 (월.일)	배지종류
2009. 12. 19	2010. 02. 12	180*20	2010. 04. 15-2010. 05. 30	코코피트

- 시험구배치법: 난괴법 3반복

다. 연구결과 및 고찰

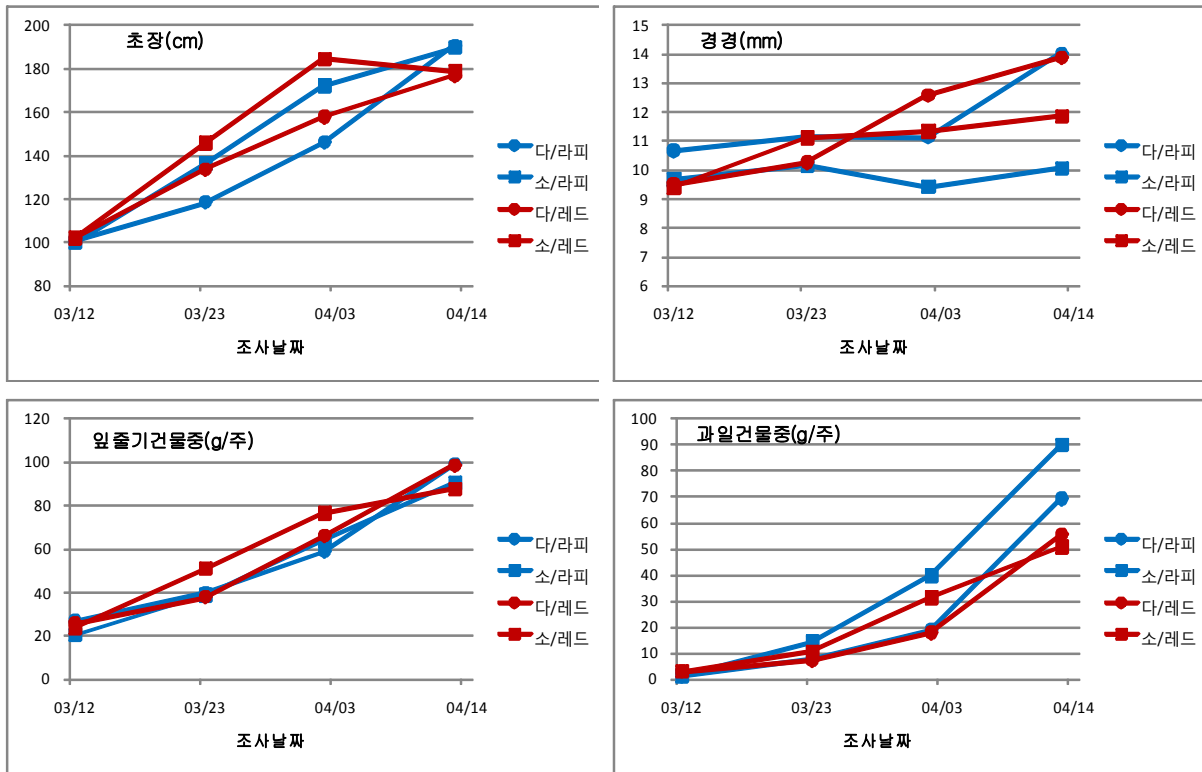


그림. 토마토 품종과 관수량별 생육의 경시적 변화

표. 처리별 첫꽃 개화일

처리내용	화방별 첫꽃 개화일(월. 일)					
	1화방	2화방	3화방	4화방	5화방	
라피토	다관수	2. 21	3. 12	3. 22	-	-
	소관수	2. 20	3. 11	3. 21	-	-
레드요요	다관수	2. 13	2. 27	3. 12	3. 21	4. 01
	소관수	2. 13	2. 26	3. 10	3. 21	3. 29

표. 처리별 수량

처리내용	상품과율 (%)	1과중 (g)	수량(kg/10a)			
			상품	비상품	총	
라피토	다관수	96.4	207.4	8,705	361	9,066
	소관수	94.6	216.4	9,448	368	9,816
레드요요	다관수	83.4	15.9	3,973	213	4,186
	소관수	86.2	14.5	3,913	191	4,104

* 수확기간: 라피토 소관수(4.19~5.31), 라피토 다관수(4.19~5.31), 레드요요 ; 4.15~5.31

6. 생육초기 급액량 조절방법 구명

가. 연구기간: 2011. 1. 20 ~ 2012. 1. 19

나. 연구방법

- 시험품종: 라피도
- 경종개요

과종 (월.일)	이식 (월.일)	정식 (월.일)	재식거리 (cm)	수확기간 (월.일)
2010. 12. 07	2010. 12. 24	2011. 01. 12	180*25	2011. 3. 24- 5. 09

- 시험구배치법: 난괴법 3반복

다. 연구결과 및 고찰

표. 배지의 물리적 특성

배지종류	규격 (cm)	배지무게(g/개)		함수비
		포수 전	포수 후(중력수)	
대	100*10*20	2,067	13,043	6.3
소	90*15*13	1,992	9,216	4.6

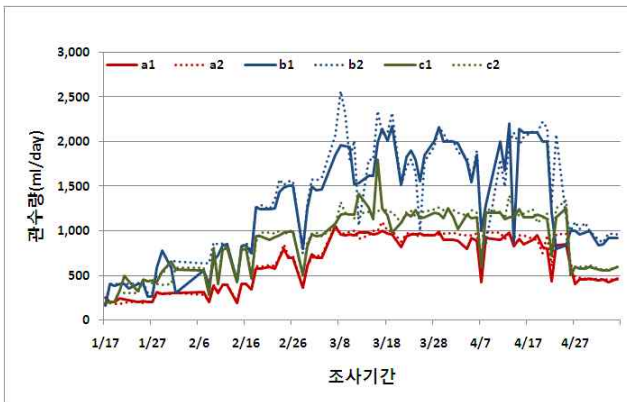


그림. 배지의 물리적 특성

* 배지 종류 대 : 1, 소 : 2, 표준량 : a, 2배량 : b, 2배수 : c

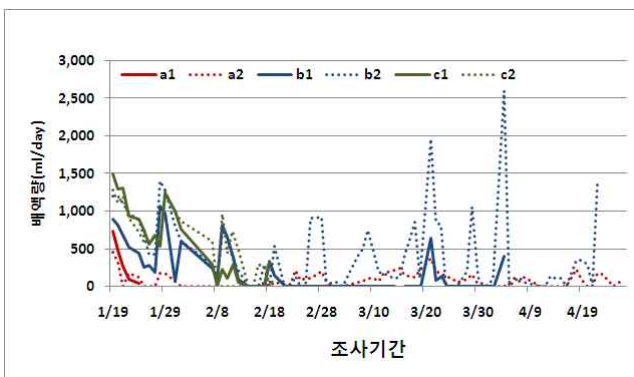


그림. 처리별 배액량 변화

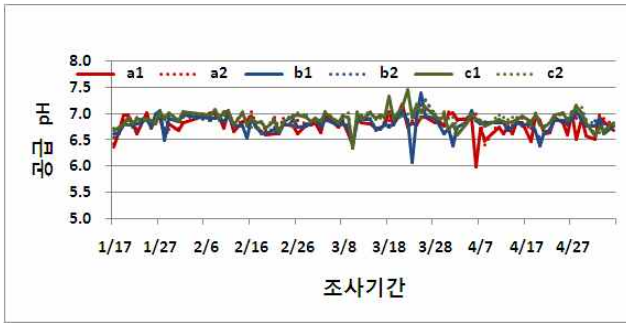


그림. 처리별 공급 pH량 변화

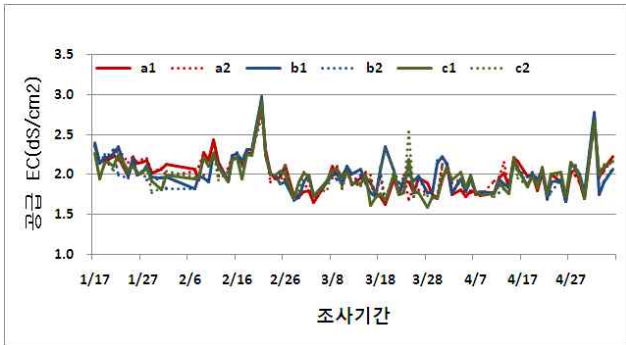


그림. 처리별 공급 EC 변화

표. 처리별 생육변화

조사일	금액량	배지크기	초장	경경	엽수	엽면적	건물중	
							줄기	과실
1. 14	처리전	-	26.6	5.4	7.1	1111.2	4.2	-
	표준	대	45.0	9.2	10.0	777.5	3.6	-
1.24	2배량	대	54.3	9.6	10.3	1005.3	5.4	-
		소	51.0	9.1	10.3	790.7	4.0	-
	2배수	대	53.7	9.4	10.3	1045.3	5.1	-
		소	48.3	8.9	10.3	793.2	4.3	-
2.1	표준	대	76.7	10.9	13.0	1857.6	12.1	-
		소	73.7	10.0	12.3	1535.5	10.1	-
	2배량	대	81.7	10.6	13.0	1856.4	11.9	-
		소	80.3	10.3	12.7	1666.5	13.3	-
	2배수	대	78.0	10.3	13.0	1934.9	13.8	-
		소	76.7	10.2	12.3	1587.8	9.9	-
2.11	표준	대	114.0	12.3	16.7	4651.1	29.9	0.3
		소	105.7	11.7	16.3	3861.9	25.4	1.2
	2배량	대	120.7	12.3	16.3	3326.4	25.9	0.6
		소	120.7	12.4	17.0	4493.7	31.1	0.5
	2배수	대	110.5	11.6	16.3	4220.1	27.2	0.6
		소	116.7	11.3	15.7	4158.8	25.3	0.3
2.21	표준	대	150.0	13.1	19.3	6725.8	59.6	14.6
		소	132.7	12.9	19.3	5338.7	50.4	7.2
	2배량	대	149.0	12.8	19.3	6496.0	53.1	6.0
		소	146.7	13.3	19.7	6719.5	58.0	4.9
	2배수	대	152.3	13.5	19.3	7791.3	56.1	10.0
		소	142.7	13.0	19.0	6224.7	57.1	-

표. 초기 금액량과 배지크기에 따른 과실특성 및 수량

금액량	배지크기	당도 (brix)	1과중 (g)	상품과율 (%)	수량(kg/10a)		
					상품	비상품	총
표준	대	6.9	153.1	57.3	4,812	3,469	8,281
	소	6.8	144.9	53.8	3,892	3,349	7,241
2배량	대	5.7	166.5	74.4	9,905	3,367	13,272
	소	6.1	167.7	73.4	9,112	3,299	12,410
2배수	대	6.4	168.3	70.8	8,690	3,472	12,162
	소	6.0	160.1	69.7	7,485	3,253	10,738

* 양액공급량 : 표준(120cc, 2 ~ 6회), 2배량 : 240cc(2 ~ 6회), 2배수(120cc, 4 ~ 8회)

7. 고온기 착과수 조절방법 구명

가. 연구기간: 2011. 1. 20 ~ 2012. 1. 19

나. 연구방법

- 시험품종: 라피도
- 경종개요

과중 (월.일)	이식 (월.일)	정식 (월.일)	재식거리 (cm)	수확기간 (월.일)
2011. 4. 6	2011. 4. 28	2011. 5. 20	180*25	2011. 7. 5- 8. 8

- 시험구배치법: 난괴법 3반복

다. 연구결과 및 고찰

표. 착과수별 생육변화

조사 날짜	착과수	초장 (cm)	엽수 (매)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경경(mm)		생체중(g/주)		건물중(g/주)	
						지제부	화방 아래	잎 줄기	과실	잎 줄기	과실
6/2	-	119.7	17.0	47.2	41.5	9.6	10.5	248.9	7.7	30.5	0.8
6/11	2개	145.3	20.0	49.7	41.7	12.0	8.6	410.4	101.4	49.0	8.4
	3개	141.3	18.7	50.0	42.3	10.3	7.5	353.6	105.6	41.2	8.4
	4개	144.3	20.0	48.7	48.0	11.5	9.7	369.4	160.4	33.3	11.5
	5개	148.0	19.0	48.7	42.7	11.8	9.7	412.4	166.0	46.0	11.7
6/20	2개	180.3	23.7	48.0	49.3	13.4	7.4	618.6	420.9	82.9	26.8
	3개	170.7	23.3	47.7	46.0	11.5	7.5	506.9	502.4	66.2	31.3
	4개	177.0	22.3	46.3	42.3	10.5	8.5	479.4	559.0	61.9	35.7
	5개	177.3	23.0	47.0	42.7	11.4	7.9	433.7	638.2	55.0	40.8
6/27	2개	211.7	27.0	46.0	48.0	12.7	9.6	761.9	803.7	88.9	47.0
	3개	219.0	25.7	49.3	43.3	11.7	7.4	588.5	1091.2	78.6	44.7
	4개	208.7	26.3	44.7	44.3	11.4	7.8	599.4	1360.2	64.0	65.5
	5개	220.3	27.7	47.3	46.0	11.7	8.3	655.9	1389.6	72.4	50.1
7/4	2개	231.0	30.7	48.0	47.3	14.3	9.4	813.4	1105.2	99.4	56.1
	3개	229.7	27.3	46.0	48.0	11.6	5.6	651.7	1316.3	77.5	66.5
	4개	237.0	29.0	45.3	45.7	13.2	6.6	719.6	3257.6	84.3	81.7
	5개	236.3	29.0	45.0	44.3	12.0	6.2	622.3	1807.8	77.4	86.6

표. 화방당 착과수

착과수	화방당 착과수(개)				
	1화방	2화방	3화방	4화방	5화방
2	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9
3	3.0	3.0	2.6	3.0	2.0
4	4.2	3.6	3.3	2.9	1.5
5	4.9	4.4	4.4	3.5	2.1

표. 착과수별 과실특성 및 수량

착과수	1과중 (g)	상품과율 (%)	수확과수 (개/화방)	수량(kg/10a)		
				상품	비상품	총
2개	179.5	68.5	1.9	3,056	1,276	4,332
3개	167.3	63.1	2.6	3,532	1,811	5,343
4개	162.3	65.3	3.0	4,119	1,867	5,986
5개	148.3	65.6	3.5	4,480	2,109	6,589

<고당도 저단 밀식 재배 체계 개발>

1. 육묘 기간 중 품종 별 배양액의 EC에 따른 생육

가. 연구기간: 2008. 8. 20 ~ 2009. 8. 19

나. 연구방법

- ‘슈퍼모모타로(SM)’, ‘선글로브(SG)’, ‘로쿠산마루(RS)’, ‘서광(SK)’, ‘선명(SM)’을 공시함.
- 파종은 무비 상토를 충전한 128공 셀 트레이에 하였고 유리 온실에서 육묘함.
- 파종 후 양액 농도를 달리하는 처리를 함(표 1).

표 1. 파종 후 일수에 따른 양액 농도

처리구	파종 후 일수			
	16-19	20-24	25-30	31-32
대조구(C)	1.4	1.4	1.4	1.4
처리1(T1)	1.4	2.7	4.1	5.4
처리2(T2)	1.4	4.1	6.8	9.5
처리3(T3)	1.4	5.4	9.5	13.5

다. 연구결과 및 고찰

- 모든 품종에서 생육은 T1처리구가 엽색이 진하며 초장이 컸음(그림 1).
- 배양액 EC에 대한 반응은 품종에 따라 차이가 있었고, SM, SG 및 RS 품종이 상대적으로 염류 장애 증상이 적었음.
- 공시 품종 모두 T2 및 T3(각각 배양액의 최대 EC 9.5 및 13.5dS m⁻¹)처리구에서 토마토 잎에서 염류 장애가 관찰되었음.
- 특히 ‘SK’와 ‘SM’ 품종의 염류 장애가 심하였음(그림 2).

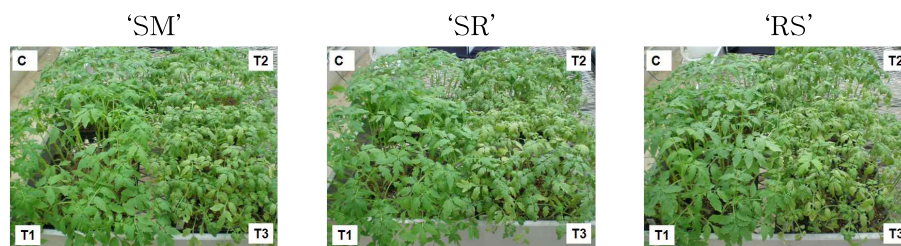


그림 1. 파종 후 32일의 각 품종 및 처리간의 묘의 생육 사진.



그림 2. SK 및 SM’에서 나타난 잎의 생리장애.

2. 온실 내 육묘 기간 중 배양액의 EC에 따른 생육

가. 연구기간: 2008. 8. 20 ~ 2009. 8. 19

나. 연구방법

- ‘슈퍼모모타로(SM)’, ‘선글로브(SG)’ 및 ‘로쿠산마루(RS)’를 공시하였음.
- 파종은 무비 상토를 충전한 128공 셀 트레이에 하였고 유리 온실에서 육묘함.
- 배양액의 EC를 파종 후 15일부터 30일까지 각각 2.7, 4.7, 8.7 및 15.6dS m⁻¹로 하여 처리함.
- 파종 후 30일에 초장, 경경, 지상부 및 지하부 생체중과 건물중을 조사함.
- 파종 후 30일의 ‘RS’의 줄기 단면을 광학현미경을 이용하여 관찰함.

다. 연구결과 및 고찰

- 배양액의 EC 2.7dS m⁻¹처리구에서 모든 공시 품종의 엽색이 진하며 초장이 컸고, 배양액의 EC가 높아질수록 토마토 묘의 초장, 경경, 생체중 및 건물중이 감소하며, 위조 현상을 보임(그림 3).
- 배양액의 EC 2.7dS m⁻¹처리구에서 ‘SM’, ‘SG’, 및 ‘RS’의 초장은 각각 288, 249 및 330mm였고, 배양액의 EC 2.7dS m⁻¹처리구 대비 15.6dS m⁻¹처리구에서 초장은 각각 60, 63, 및 65%정도 감소하였음(그림 4).
- 배양액의 EC 15.6dS m⁻¹ 처리구에서 경경이 다른 처리구에 비해 모든 품종에서 가장 작았으며, 특히 ‘SG’의 경경은 배양액의 EC 2.7dS m⁻¹처리구 대비 15.6dS m⁻¹처리구에서 약 64%로 가장 크게 감소하였음.
- 지상부 및 지하부의 생체중은 공시 품종 모두 배양액의 EC 2.7dS m⁻¹처리구 대비 15.6dS m⁻¹처리구에서 80%이상 감소하였으며, ‘SG’의 지상부 생체중과 건물중이 각각 약 88% 및 79%로 가장 크게 감소하였음.
- 높은 EC처리에 의해 토마토 묘의 생육이 저해되었음.

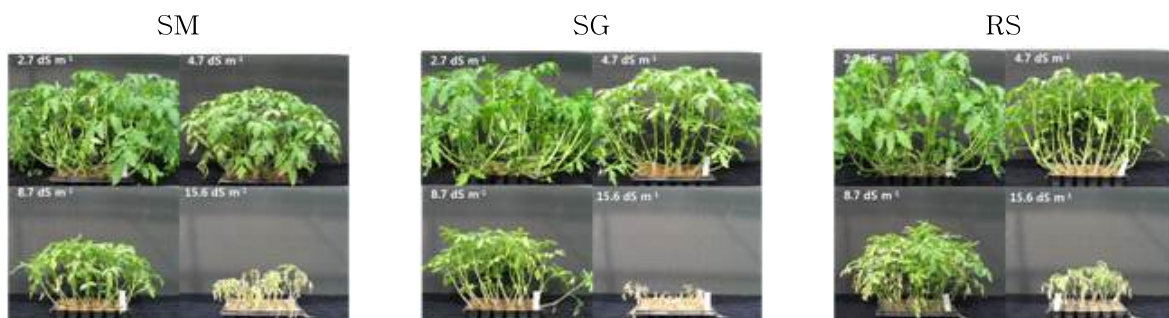


그림 3. 파종 후 30일의 묘의 생육 사진.

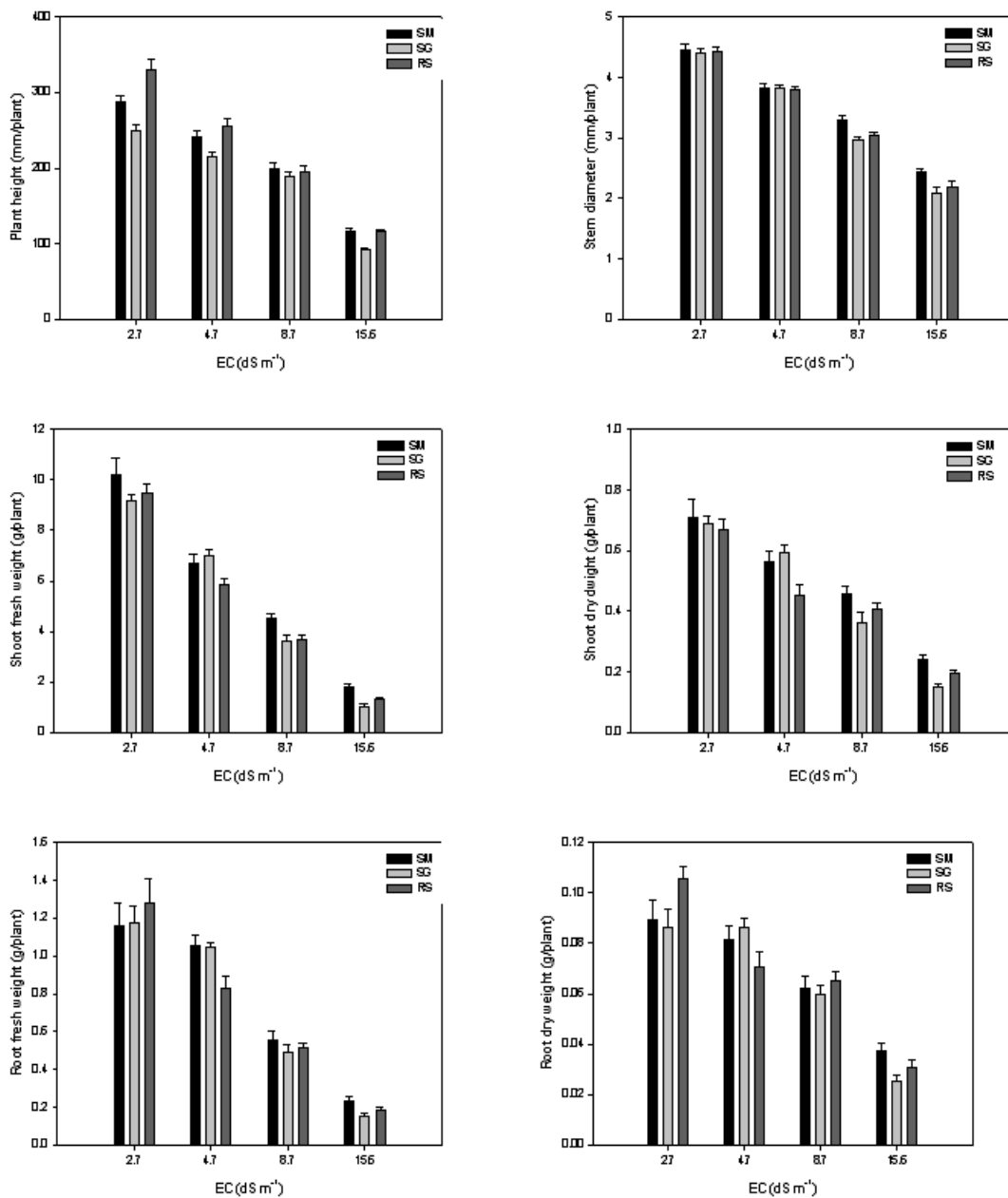


그림 4. 파종 후 30일의 토마토 묘의 생육.

- 배양액의 EC 15.6dS m⁻¹처리구에서 유관속계는 수축되었고 피층은 얇아졌음(그림 5).
- 육묘기간 중 배양액의 EC를 지속적으로 높게 공급하면, 토마토의 유관속계가 수축되고, 이는 양수분 이동을 물리적으로 제한시켜 생리 장애 및 위조 현상을 발생시키는 것으로 사료됨.

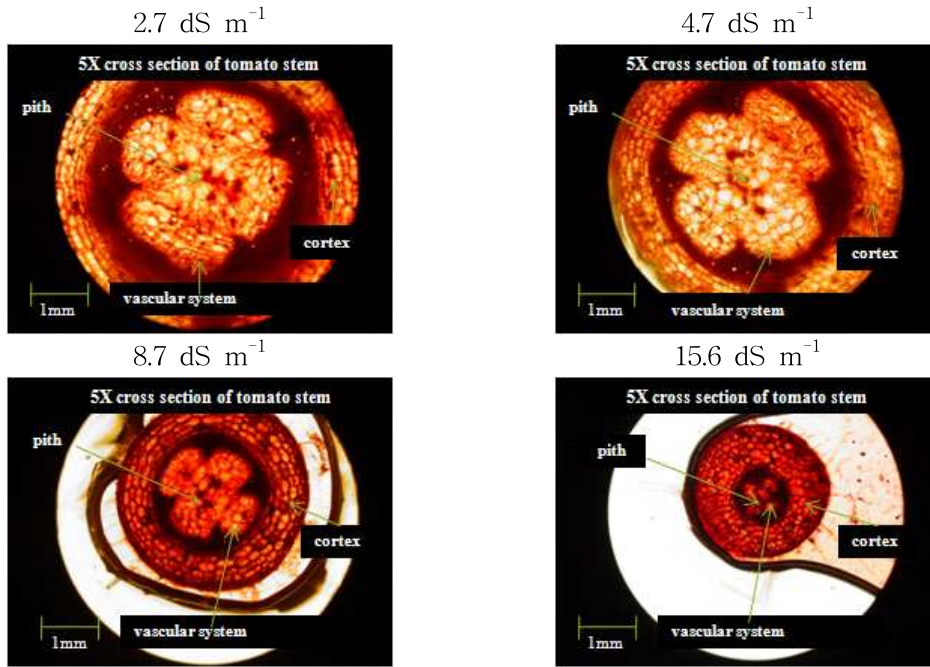


그림 5. 파종 후 30일의 ‘선글로브’ 토마토 줄기의 형태적 특성

3. 폐쇄형 육묘 시스템 내 육묘 기간 중 배양액의 EC에 따른 생육

가. 연구기간: 2008. 8. 20 ~ 2009. 8. 19

나. 연구방법

- ‘슈퍼모모타로(SM)’, ‘선레드(SR)’ 및 ‘핑크탑(PT)’을 공시하였음.
- 파종은 무비 상토를 충전한 128공 셀 트레이에 하였음.
- 배양액의 EC를 파종 후 15일부터 30일까지 각각 2.7, 4.7, 8.7 및 15.6dS m⁻¹로 하여 처리함.
- PPF와 일장은 각각 230μmol m⁻² s⁻¹ 및 16h d⁻¹ 설정된 육묘 모듈을 사용(그림 7).
- 파종 후 30일에 초장, 경경, 지상부 및 지하부 생체중과 건물중을 조사함.

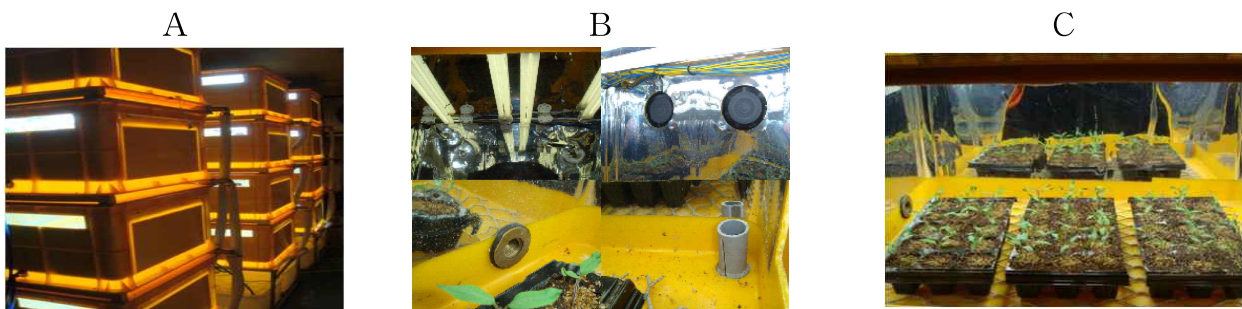


그림 6. 육묘 모듈(A), 광원부, 공조부, 급수 및 배수부(B) 및 토마토 묘(C).

다. 연구결과 및 고찰

- 배양액의 EC 4.7dS m⁻¹ 처리구에서 모든 공시 품종의 초장이 컸고, 높은 EC 처리구에서 묘의 초장이 작아졌음(그림 7).
- 온실 내 육묘 실험과는 상이하게 높은 EC 처리구에서 생리장해 및 위조현상이 나타나지 않았고 엽색은 짙어짐.

- 배양액의 EC 4.7dS m^{-1} 처리구에서 ‘SM’, ‘SR’, 및 ‘PT’의 초장은 각각 262, 250 및 230mm로 타 처리구에 비해 가장 컸으며, 배양액의 EC 2.7dS m^{-1} 처리구 대비 15.6dS m^{-1} 처리구에서 초장은 각각 57, 49, 및 51%정도 감소하였음(그림 9).
- 배양액의 EC 15.6dS m^{-1} 처리구에서 경경이 다른 처리구에 비해 모든 품종에서 가장 작았으며, 배양액의 EC 2.7dS m^{-1} 처리구 대비 15.6dS m^{-1} 처리구에서 ‘SM’, ‘SR’, 및 ‘PT’의 경경은 각각 30, 29 및 33%가 감소하였음.
- ‘SM’, ‘SR’, 및 ‘PT’의 지상부 생체중은 배양액의 EC 2.7dS m^{-1} 처리구 대비 15.6dS m^{-1} 처리구에서 각각 69, 66 및 72% 감소하였고, 지하부 생체중은 각각 48, 41 및 50% 감소하였음.
- ‘SM’, ‘SR’, 및 ‘PT’의 지상부 건물중은 배양액의 EC 2.7dS m^{-1} 처리구 대비 15.6dS m^{-1} 처리구에서 각각 30, 25 및 33% 감소하였고, 지하부 생체중은 각각 38, 36 및 31% 감소하였음.
- 온실 육묘 실험 결과와 유사하게 높은 EC 처리에 의해 묘의 생육이 저해됨.
- 모든 품종 및 처리에서 폐쇄형 육묘 시스템에서 육묘한 경우 온실에서 육묘한 것보다 초장은 작아졌고 경경은 커졌음.
- 모든 품종에서 폐쇄형 육묘 시스템에서 육묘한 경우, 높은 EC 처리에 따른 생중 및 건물중 감소 정도는 온실에서 육묘한 경우보다 낮았음.
- 폐쇄형 육묘 시스템을 활용하여 다양한 배양액의 EC 조건에서 토마토 묘의 생육을 확인하였고, 연중 안정적이며 균일한 토마토 묘를 공급하기 위해서는 이 시스템을 적극 활용 할 필요성이 있음.

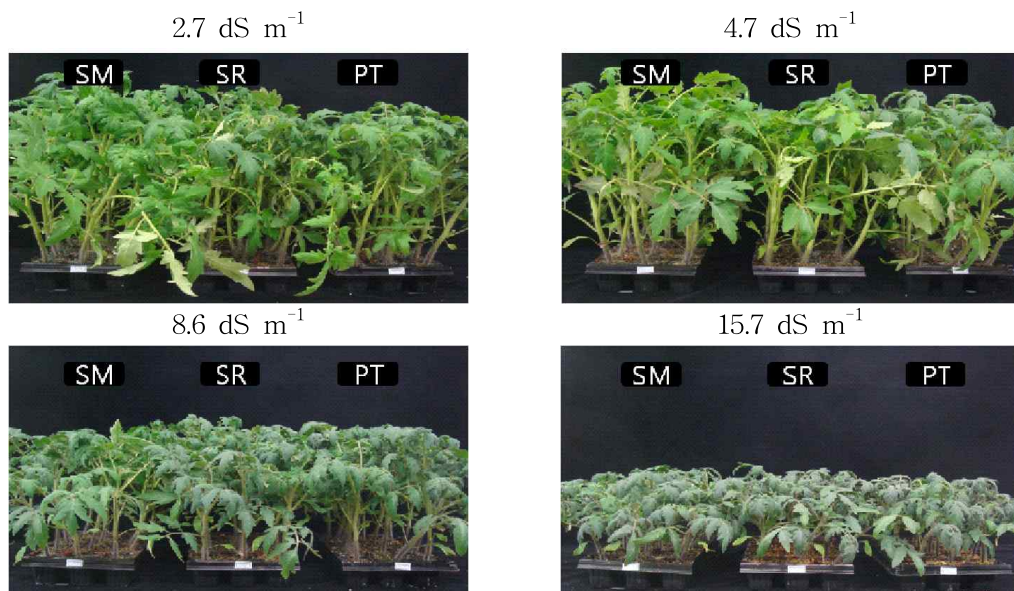


그림 7. 파종 후 30일의 각 품종 및 처리간의 묘의 생육.

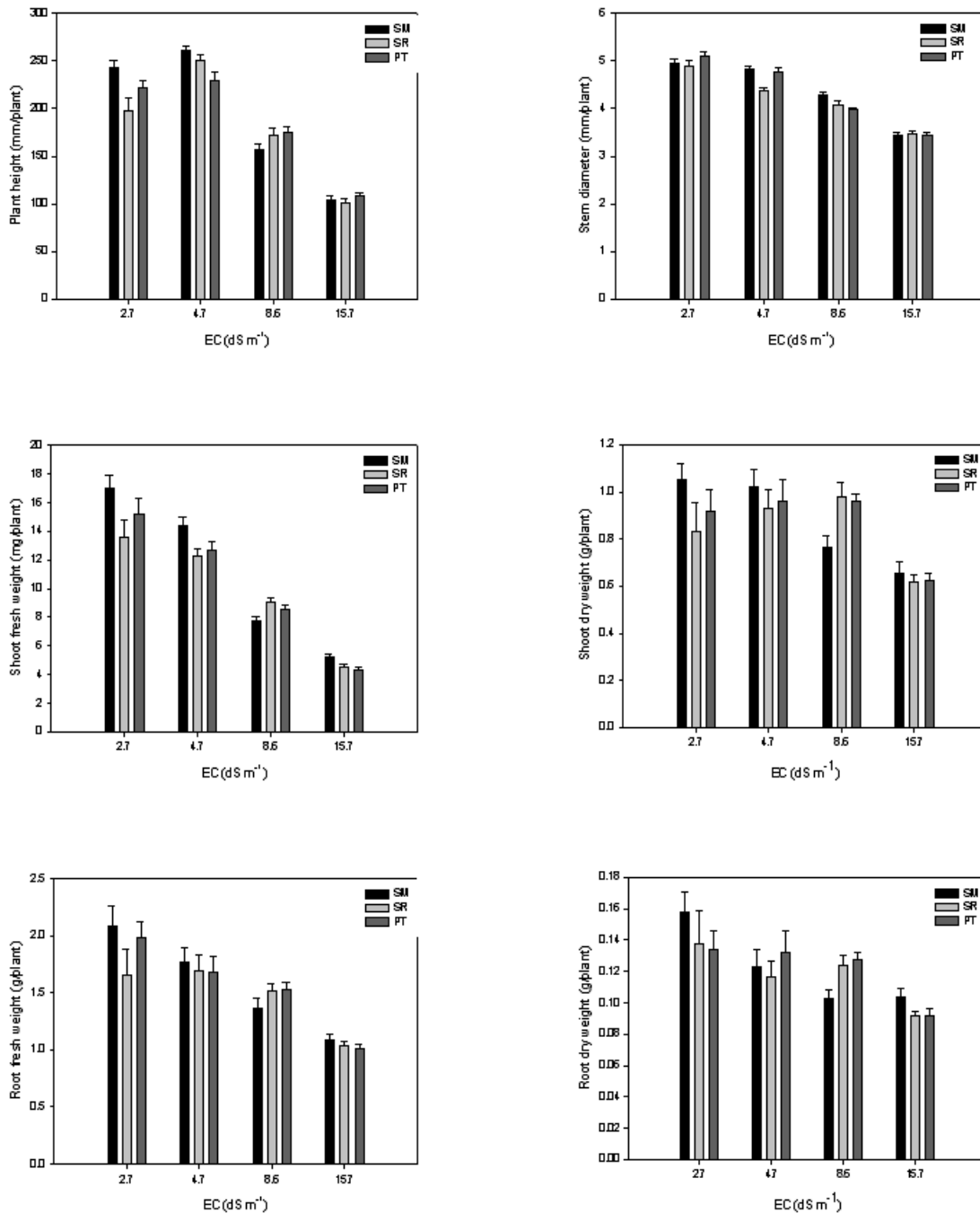


그림 8. 과중 후 30일의 토마토 묘의 생육

4. 정식 후 배양액의 EC의 증진이 토마토의 과중, 당도 및 배꼽 씹음과에 미치는 영향

가. 연구기간: 2008. 8. 20 ~ 2009. 8. 19

나. 연구방법

- ‘슈퍼모모타로(SM)’, ‘선글로브(SG)’ 및 ‘로쿠산마루(RS)’를 공시 품종으로 하였음.
- EC를 각각 0, 0.7, 1.4, 2.8, 5.4 및 8.1로 육묘 기간 중에 처리한 묘를 정식묘로 사용함.
- 5L 플라스틱 포트에 펠라이트를 충진 하여 정식하고 주당 1.5L씩 매일 점적 관수함.
- 정식 후 양액의 EC를 3에서 21dS m⁻¹로 점진적으로 증가시킴(표 2).

- 1 및 2화방의 평균 과중과 당도 및 배꼽 썩음과를 정식 후 54일에 조사함

표 2. 정식 후 양액의 EC

	정식 후 일수						
	1-20	21-27	28-32	33-40	40-47	48-51	52-53
배양액의 EC(dS m ⁻¹)	3	6	9	12	15	18	21

다. 연구결과 및 고찰

- ‘SM’, ‘SG’ 및 ‘RS’의 최저 평균 과중은 각각 24, 28 및 31g이었고, 최대 평균과중은 38, 50 및 40g이 었음(표 3).
- 최대 평균 당도는 8.0°Brix로 일반 관행 재배에서 생산된 토마토의 당도 보다 높았으나 공시 품종 모두 평균 과중이 크게 감소함.
- ‘SM’, ‘SG’ 및 ‘RS’의 최저 배꼽 썩음 과율은 각각 33.3 46.1 및 20.0%이었고, 최대 배꼽 썩음 과율은 61.5, 100.0 및 84.6%이였음.
- 배꼽 썩음과율은 일반 관행 토마토 재배에서 발생하는 비율보다 전반적으로 높았으나 육묘 기간 중 에 배양액을 높은 EC로 관리한 묘를 정식묘로 이용한다면 그 비율을 낮출 수 있음.

표 3. 정식 후 54일의 토마토의 평균 과중 및 당도와 배꼽 썩음과

품종	육묘기간 중			
	배양액 EC(dS m ⁻¹)	과중(g/plant)	당도(°Brix)	배꼽 썩음 과율(%)
SM	0	-	-	33.3
	0.7	33.0	7.6	61.5
	1.4	38.3	7.3	61.5
	2.8	24.0	6.7	56.3
	5.4	37.6	7.4	35.7
	8.1	35.0	6.0	46.7
	SG	0	37.5	7.3
0.7		27.6	7.8	90.0
1.4		50.0	7.0	61.5
2.8		36.0	6.8	60.0
5.4		31.0	5.8	46.1
8.1		37.3	6.8	50.0
RS	0	-	-	20.0
	0.7	40.0	7.7	45.5
	1.4	33.6	7.0	84.6
	2.8	32.0	7.1	53.8
	5.4	30.9	8.0	66.7
	8.1	39.0	6.8	46.7

<수경재배 최적 급액 관리 체계 개발>

1. 배액전극법을 이용한 고품배지경 급액관리 기술 개선연구

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

본 연구는 경기도농업기술원 한국형 유리온실과 실험실에서 수행되었다. 2007년 연구된 배액전극법을 이용한 전극센서시스템의 배지 확대 적용기술을 개발하고자 공시작물 토마토(로꾸산마루, 사카다종묘)를 이용하여 배지종류 암면매트(W150 × L1000 × H100mm, 흑백비닐피복, 한국UR암면)와 코이어자루(W200 × L1,000 × H120mm, 서원양행) 두 종류의 배지에 급액관리법으로 일사량 급액법(대조)과 배액전극법을 처리하였으며, 시험구 배치는 완전임의배치 3반복 하였다.

사용 배양액은 토마토용 Yamazaki 배양액 이었으며, 토마토 배양액의 공급 pH는 6.1, EC는 1.0 이었다. 배양액의 희석은 자동 공급 장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하였다. 관수 제어는 일사량과 배액전극법 처리별로 급액 하였다. 1회 관수량은 배액을 10% 선에서 관수 시간으로 조절 하였다. 측지는 5cm 이상일 때 제거했으며 수확이 종료된 화방 이하의 하엽은 제거하였다. 5화방 개화 후 상위 엽 2매를 남겨두고 적심하여 5단 적심 외대 가꾸기로 재배하였다. 개화 후 매주 월, 수, 금에 착과제로 토마토 톤을 살포했다.

급·배액량은 weighing sensor를 사용하여 재배되고 있는 자루베드를 매달아 측정하였다. weighing sensor는 load cell (model: SB-50L, CAS Corporation)을 사용했으며, 최대 허용중량은 50kg였다. 중량값은 indicator(NY-501A, CAS Corporation)를 통해 24channel multiplexer (MOXA)에 연결되도록 설계하였다. multiplexer에 모든 종류의 처리에서 계측되는 값을 받은 후, 전용 software인 Multi Indicator Data Acquisition System (MIDAS2000)에서 계측값을 처리, 저장하도록 구축했다. 중량 감소는 10분마다 측정하였다. 사용한 실험용 베드는 배지가 놓이는 부분, 집액구 부분으로 나뉜다. 집액구 부분은 배지부분보다 6cm 낮았다. 배지는 암면매트와 코이어자루 두 종류를 사용하였다. 배지와 집액구 부분 사이에는 친수성흡습매트를 깔아서 모세관현상을 이용해서 두 부분 간에 배양액 이동을 원활히 하는 역할을 하도록 했다. 각 mat는 폭 48 × 길이 110cm으로 잘랐으며, 이를 각각의 배지아래 바닥에 부착시킨 다음, 실험용 베드에 위치시켰다. 이 때 배지의 바닥은 폭 10 × 길이 20cm로 중앙부를 기준으로 균형을 맞추어 3군데의 절단면을 내고 주변에 양면테이프를 붙이고 친수성흡습매트를 배지 밑면에 배양액 이동의 심지 역할을 하도록 붙였다.

코이어 자루를 사용하기 위하여 안정화 작업을 하였다. 배지내의 염소와 나트륨 농도를 낮추고 화학적 성분을 균일하게 하기 위하여 질산칼슘($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)을 1,000L당 3kg 희석하여 자루 1개당 24L 관수하여 포습을 시킨 후 72시간 경과 후 물을 공급하여 폐액 EC가 1.0 이하로 떨어질 때 까지 세척하였다. 정식 전 초기 공급 EC는 하루정도 1.5배 정도 높게 공급하여 배지 EC농도 안정화를 시키고 정식 후 부터는 정상 EC로 공급하였다. 자루당 재식간격은 40cm로 하여 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였다. 암면자루는 정식 전날 1시간가량 포수한 후, 정식 직전 배액구를 뚫은 다음, 자루 당 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였다. 재식간격은 40cm로 하였다. 전년도에 연구 개

발하여 상품화 시킨 배액전극법을 이용한 전극센서시스템의 배지종류별 급액제어 가능여부와 관수와 식물체의 증산작용에 의한 배지 수분변화를 조사하였다.

수확은 토마토가 90%정도 착색 되었을 때 그루별, 처리별, 화방별로 수확하여 100g이하(소과), 100g~200g, 200~300g, 300g~400g, 400g이상의 중량, 기형과(배꼽, 창문), 당도 등을 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

암면배지와 코이어배지에서 배액전극관수시스템과 일사량관수시스템의 배지 내 수분 변화를 베드무게를 측정하여 조사한 결과 그림 1과 같은 결과를 얻었다. 배지종류에 관계없이 배액전극관수시스템을 사용한 암면배지의 무게는 22kg±1kg 범위에서 일정하게 유지되었으며 코이어배지에서도 19kg±1kg 범위에서 일정하게 유지되었다. 반면 일사량관수시스템의 베드무게는 암면배지에서 최고 19kg에서 14kg까지 5kg의 무게 변화가 반복적으로 나타났으며 코이어배지에서도 마찬가지로 최고 17.5kg에서 13.5kg까지 4kg의 무게변화가 반복적으로 나타났다.

그림 2는 흐린 날과 맑은 날의 적산일사량에 따른 배액전극관수시스템과 일사량 관수시스템의 급액횟수를 비교한 것으로 흐린 날의 배액전극관수시스템은 암면배지에서 4회 관수되었고 코이어배지에서 5회 관수되었다. 반면 일사량제어에서는 식물의 증산작용과 온실내의 습도에 관계없이 일사량을 기준으로 하므로 1회만 급액 되었다. 또한 흐린 날에는 배액전극관수시스템의 암면배지에서 9회 관수되었고 코이어배지에서 11회 관수되면서도 배지의 무게는 일정하게 유지되어 배지수분이 적정하게 유지되는 것을 간접적으로 알 수 있었으나 일사량제어에서는 9회가 관수되면서도 배지의 무게가 늘어나고 있어 식물체의 증산작용에 의한 수분흡수와는 무관하게 관수되고 있음을 알 수 있다.

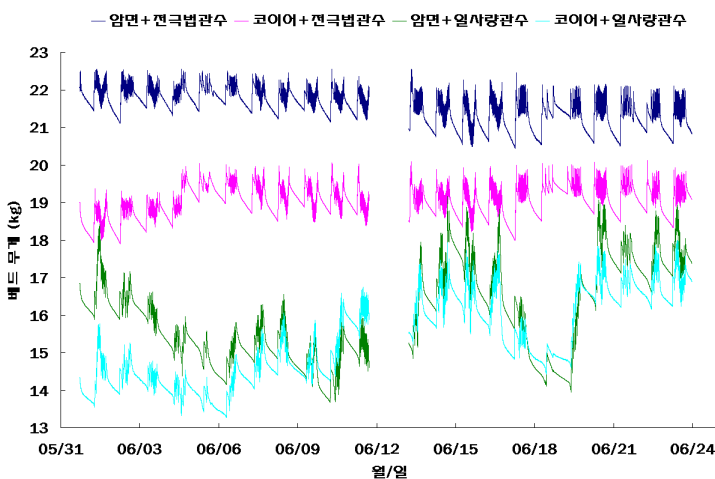


그림 1. 배지종류별 급액제어 방법에 따른 재배기간 중 경시적인 베드무게 변화

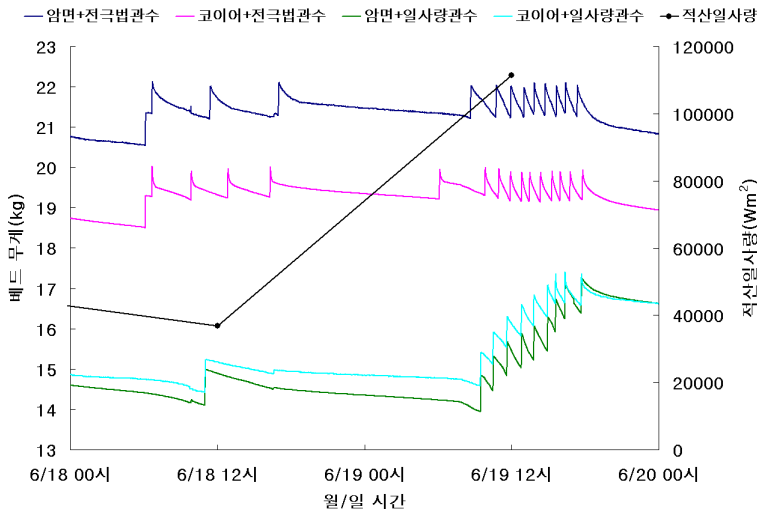


그림 2. 흐린 날과 맑은 날의 배지종류별 급액제어 방법에 따른 관수횟수 비교

배지 종류별 급액제어 방법에 따른 토마토의 생육 및 수량을 살펴보면 먼저 암면배지에서 일사량관수에 비해 배액전극관수처리에서 초장, 엽장, 엽폭, 생체중이 다소 높게 나타났으며 상품수량도 일사량관수 4,359kg/10a에 비해 배액전극관수처리에서 5,756kg/10a로 32% 증수되는 결과를 얻었다. 또한 기형과도 일사량관수 400kg/10a에 비해 배액전극관수처리에서 51kg/10a로 1/8이하로 줄어드는 결과를 얻었다(표 1, 2).

코이어배지에서의 토마토 생육은 일사량관수와 배액전극관수처리간 큰 차이가 없었으나 상품수량에서는 일사량관수 4,388kg/10a에 비해 배액전극관수처리에서 6,045kg/10a로 38% 증수되었다. 또한 기형과도 일사량관수 158kg/10a에 비해 배액전극관수처리에서 60kg/10a로 1/3 수준으로 줄어드는 결과를 얻었다(표 3, 4).

이상의 결과에서 배액전극관수시스템은 일사량관수시스템에 비하여 암면이나 코이어배지에 구매 받지 않고 배지수분 유지에 우수한 관수제어법이라는 사실을 알 수 있었다. 또한 관수제어의 정밀성에 기초하여 작물생육도 양호하였으며, 기형과는 감소하고 수량은 증가하는 결과를 얻었다.

표 1. 암면배지의 급액제어 처리별 토마토 생육

처 리	초 장(cm)	엽 장(cm)	엽 폭(cm)	경 경(mm)	생체중(g)
일사량관수	181.2	49.3	51.9	15.0	960
배액전극관수	188.2	51.6	53.8	14.8	1,044

표 2. 암면배지의 급액제어 처리별 토마토 수량

처 리	총수량 (kg/10a)	소형과 (<100g)	기형과 (kg/10a)	상품수량 (kg/10a)	상품수량 지수(%)
일사량관수	4,959 b ^z	199	400	4,359 b	100
배액전극관수	6,074 a	268	51	5,756 a	132

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

표 3. 코이어배지의 급액제어 처리별 토마토 생육

처 리	초 장(cm)	엽 장(cm)	엽 폭(cm)	경 경(mm)	생체중(g)
일사량관수	182.9	50.8	52.9	16.0	969
배액전극관수	180.1	51.5	49.9	16.6	951

표 4. 코이어배지의 급액제어 처리별 토마토 수량

처 리	총수량 (kg/10a)	소형과 (<100g)	기형과 (kg/10a)	상품수량 (kg/10a)	상품수량 지수(%)
일사량관수	4,821 b ^z	274	158	4,388 b	100
배액전극관수	6,394 a	290	60	6,045 a	138

Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05^z$

본 시험은 배액전극법을 이용한 전극센서시스템의 배지 확대 적용 기술을 개발하고자 암면배지와 코이어 배지를 대상으로 일사량 급액제어와 배액전극 급액제어 처리를 하여 효율적이고 식물체에 적합한 관수제어 우수성을 규명하여 전극센서시스템의 배지 확대적용을 목적으로 토마토 작물을 대상으로 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 재배기간 중 배지종류별 급액방법에 따른 경시적인 배드 무게변화를 보면 배지종류에 관계없이 배액전극관수에서 배지의 무게가 일정하게 유지되었으며 일사량관수는 배지 무게변화가 심하였다.
- 배액전극관수와 일사량관수의 흐린 날과 맑은 날의 관수횟수를 비교하면 배액전극관수법에서 흐린 날 암면배지가 4회, 코이어배지가 5회 관수되었고 맑은 날은 9회, 11회 관수되어 암면배지가 코이어 배지에 비해 수분 보유력이 좋은 것으로 나타났으며 일사량관수는 배지종류에 따른 관수차이가 없어 식물체의 수분요구에 능동적으로 부응하지 못하는 것으로 나타났다.
- 암면배지에서 토마토의 생육은 배액전극관수 다소 좋았으며 상품수량도 배액전극관수에서 5,756kg/10a로 일사량관수 4,359kg/10a에 비해 32%높았다.
- 코이어배지에서 토마토의 생육은 관수방법에 따라 큰 차이 없었으나 상품수량은 배액전극관수에서 6,045kg/10a로 일사량관수 4,388kg/10a에 비해 38%높았다.
- 전극센서시스템은 암면과 코이어배지에서도 일사량 관수에 비해 상품수량과 상품수량 지수가 높아 배지종류에 관계없이 현장 적용하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

2. 고온기 급액방법 개선에 의한 최적 급액관리법 구명

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

본 연구는 경기도농업기술원 벤로형 유리온실과 실험실에서 수행되었다. 공시품종인 대과용 토마토 630(SAKATA, Japan)을 2008년 5월 28일 50공 공정 육묘 판에 파종하였고 고온기인 7월 11일 본엽이 6매 일 때 정식하고, 즉시 처리를 시작했다. 정식용 펠라이트 자루의 규격은 W 340 × L 1,200 × H 150mm, 용량 40L를 사용하였으며, 정식 전날 1시간가량 포수한 후, 정식 직전 배액구를 뚫은 다음, 펠라이트 자루 당 3개의 식재 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였다. 재식간격은 40cm로 하였다.

시험처리는 급액관 노출 급액(대조)과 급액관 단열재설치 흑백필름 피복 급액 두 처리를 두고 완전임의배치 2반복으로 시험구 배치하였다.

사용 배양액은 토마토용 Yamazaki 배양액 이었으며, 토마토 배양액의 공급 pH는 6.3, EC

는 1.0 이었다. 배양액의 희석은 자동 공급 장치(HP 6000, Spain)를 이용하였다. 관수 제어는 6시, 8시, 10시, 12시, 13시, 14시, 16시에 타이머로 급액 하였다. 1회 관수량은 배액을 10~20% 선에서 관수 시간으로 조절 하였다. 측지는 5cm 이상일 때 제거했으며 수확이 종료된 화방 이하의 하엽은 제거하였다. 5화방 개화 후 상위 엽 2매를 남겨두고 적심하여 5단 적심 외대 가꾸기로 재배하였다. 개화 후 매주 월, 수, 금에 착과제로 토마토 톤을 살포했다.

급액관의 온도측정은 midi LOGGER(GL800, GRAPHTEC)를 이용하여 관수라인 주 배관과 마이크로 튜브, 점적핀 바로 옆의 배지온도를 1초 간격으로 측정하면서 관수시점의 급액온도 변화를 측정하였다.

수확은 토마토가 90%정도 착색 되었을 때 그루별, 처리별, 화방별로 수확하여 100g이하(소과), 100g~200g, 200~300g, 300g~400g, 400g이상의 중량, 기형과(배꼽, 창문), 당도 등을 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

필라이트자루재배 에서 여름철 고온기 급액관의 온도상승으로 인한 식물체 열수 피해를 해소하기 위해 단열재 설치와 흑백비닐 피복처리를 한 후 일중 급액온도의 변화를 조사한 결과 그림 1에서 보는바와 같이 단열재 설치와 흑백비닐 피복 처리에서 급액관노출 대조구에 비해 최고 5°C 정도 급액온도 상승 억제효과를 나타내었다. 또한 급액관 노출이 온도상승과 하강 폭이 큰 반면 단열재 설치와 흑백비닐 피복처리는 완만한 온도변화를 나타내어 열수에 의한 식물체 근권부의 스트레스가 적을 것으로 판단되었다. 또한 14시 24분에서 16시 48분 사이의 한차례 급액온도 하강과 상승 그래프의 변화는 동서동의 시설에서 일조 방향의 변화에 의한 급액관에 직사광선이 닿지 않아 나타난 것으로 생각 된다.

그림 2는 급액관 내의 1초 단위 급액온도 데이터를 분산값으로 표기하여 분산분포를 나타낸 그래프로서 분산값의 범위가 큰 시간대가 급액관의 온도상승 폭이 높은 시간대로서 처리효과가 크게 나타나는 시간임을 알 수 있다.

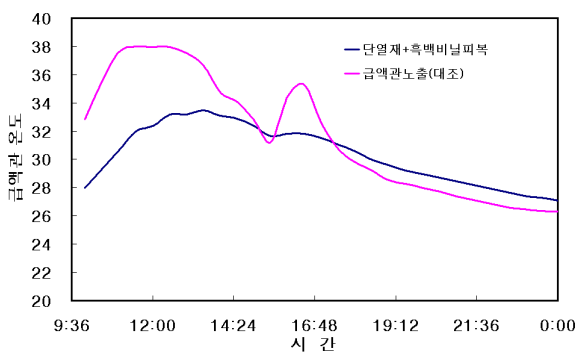


그림 3. 급액관 단열재설치 와 흑백필름 피복에 따른 일중 급액온도 변화

* 조사일 : 7월 20일

* 1초 단위 데이터를 30분씩 평균값으로 표기

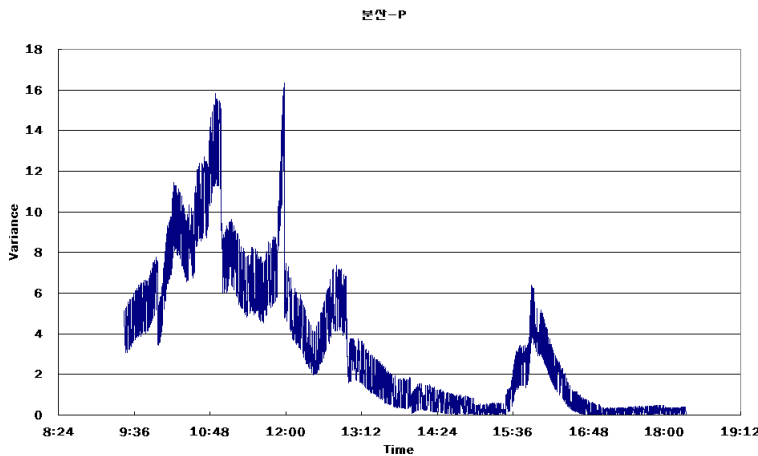


그림 4. 급액관 내의 급액 온도 분산분포
* 1초 단위 데이터를 분산값으로 표기

급액관 단열재설치와 흑백비닐 피복에 따른 토마토의 생육을 비교해보면(표 1) 급액관 노출 급액(대조) 처리와 단열재설치 흑백필름 피복 급액에서 초장을 제외한 생육차이는 크게 나타나지 않았으나 토마토의 수량은 표 2 에서와 같이 급액관 단열재설치 흑백필름 피복 급액에서 상품수량 4,871kg/10a로 급액관 노출 급액(대조) 4,722kg/10a에 비해 3% 수량이 높았다.

이상의 결과는 단열재설치 흑백필름 피복 처리가 고온기의 토마토의 초기 활착과 수량에 유의성 있는 처리임을 알 수 있으며 보다 적극적인 고온기 시설냉방 처리로서 관수시간과 관수량 조절에 의한 급액관리 연구와 고온기 차광에 의한 급액관리 연구, 고온기 포그냉방에 의한 급액관리 연구 등의 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

표 1. 급액관 단열재설치와 흑백비닐 피복에 따른 토마토의 생육

처 리	초 장(cm)	엽 장(cm)	엽 폭(cm)	경 경(mm)	마디수(개)
급액관 노출 급액(대조)	199.2	41.2	38.6	11.98	22.4
급액관 단열재설치 흑백 필름 피복 급액	210.8	41.0	38.0	11.20	22.2

표 2. 급액관 단열재설치와 흑백비닐 피복에 따른 토마토의 수량

처 리	총수량 (kg/10a)	소형과 (<100g)	기형과 (g/주)	상품수량 (g/주)	상품수량 지수(%)
급액관 노출 급액(대조)	5,193 b ^z	308	162	4,722 b	100
급액관 단열재설치 흑백 필름 피복 급액	5,408 a	398	137	4,871 a	103

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

여름철 고온기 농가현장에서 식물체 정식 후 직사광선에 의한 급액관내 배양액 온도상승에 따른 근권부 열수 피해 문제를 보온재피복처리를 이용하여 해결하고자 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

- 일중 급액관내 온도 변화를 보면 급액관 노출 급액(대조)이 최고 38℃까지 상승한 반면 급액관 단열재설치 흑백필름 피복 급액 처리에서는 33℃까지 상승하여 5℃정도의 온도 상승

억제 효과가 있었다.

- 급액관의 온도 분산분포를 보면 오전 10시부터 오후 1시까지의 분산편차가 커서 처리효과가 높게 나타남을 알 수 있으며 이 시간대를 이용하여 차광처리나 냉방처리, 관수시간, 관수량 처리를 해주면 급액온도 상승문제를 해결할 수 있을 것으로 판단된다.
- 토마토의 생육은 급액관 노출 급액(대조)과 급액관 단열재설치 흑백필름 피복 급액에서 큰 차이가 없었다.
- 토마토의 수량은 급액관 단열재설치 흑백필름 피복 급액에서 상품수량 4,871kg/10a로 급액관 노출 급액(대조) 4,722kg/10a에 비해 3% 수량이 높았다.
- 이상의 결과로 여름철 고온기 관수관은 단열재설치와 흑백필름 등 직사광선으로부터 급액관내 온도상승을 차단 할 수 있는 적극적인 처리가 필요하며 급액관 단열재설치와 흑백필름 피복 급액처리가 유효한 것으로 판단된다.

3. 배액전극센서시스템 적용 베드식 재배법 개발

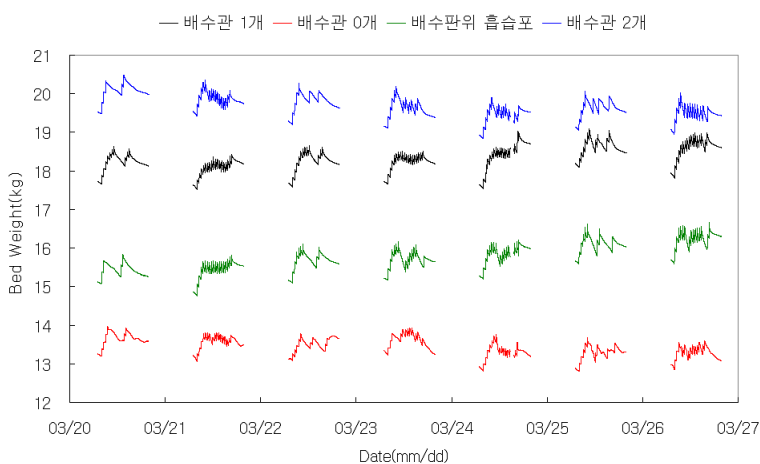
가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2011. 01. 19

나. 연구방법

- 시험작목 : 완숙토마토
- 시험처리
 - 1차 재배-반원형배수관 0, 1, 2개 처리, 배수관위 흡습포 처리
 - 2차 재배-반원형배수관 0, 2개 처리, 배수관위 흡습포 처리, 관행(타이머관수)
- 연구내용 : 배액전극시스템의 베드식 제어방법 고안 및 시작품 제작

다. 연구결과 및 고찰

- 파종(정식) : 1차 - 12월 9일(1월 26일), 2차 - 5월 3일(6월 16일)
- 1차 시험 성적



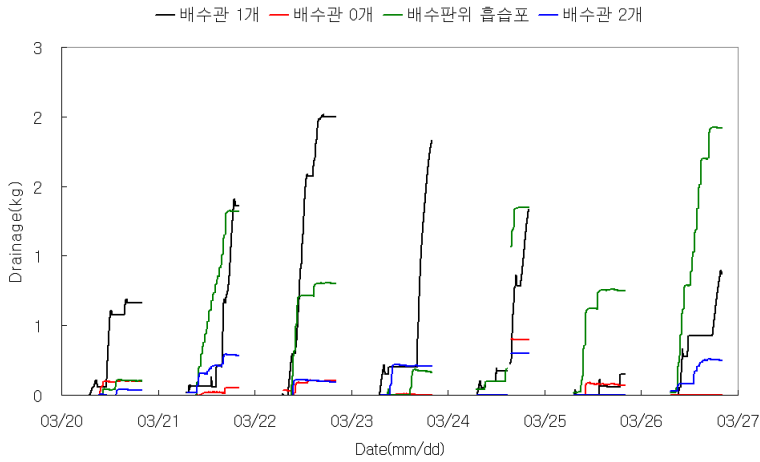


표. 토마토 수량

처 리	총수량 (g/주)	소형과 (<100g/주)	상품수량 (g/주)	상품수량 지수(%)
배수관 1개	1,737.2	127.3	1,609.3	92.7
배수관 0개	1,665.2	121.9	1,543.3	92.7
배수관위 흡습포	1873.2	95.4	1777.7	94.9
배수관 2개	2,080.0	70.1	2,009.9	96.6

- 1차 시험 결과 배수관 2개 처리와 배수관위 흡습포 처리가 관수제어 양호함
- 1차 시험 결과 배수관 2개 처리가 가장 수량이 높았음
- 2차 시험은 대조(타이머 관수) 처리를 두고 시험처리중임
- 문제점 및 대책

농가상황에 맞게 맞춤형 설치를 하여야 하는 번거로움 → 현장 적용 시험 및 매뉴얼 제작

<고품질 토마토 생산을 위한 최적 생육모델 검증 및 개발>

1. 계절적 환경요인(광, 온도)에 따른 토마토 생육 및 수량 패턴 구명

가. 연구기간: 2008. 8. 20 ~ 2009. 8. 19

나. 연구방법

(1) 토마토 재배 시설별 내·외부 환경(광량, 온도)에 따른 생산성 비교 분석

- 재배장소: 희망농원(3,300m², 비닐온실, 김제), 새만금농원(11,550m², 유리온실, 김제)

- 품종: Rapsody(Round red tomato, Seminis)

- 재식밀도: 희망농원: 3.15stems/m², 새만금농원: 3.5stems/m²

- 재배기간: 2006년 7월 15일 ~ 2007년 7월 15일

· 파 종: 2006년 7월 15일 / · 정 식: 2006년 8월 30일

· 첫 수확일: 2006년 10월 11일 / · 수확종료일: 2007년 7월 15일

- 작물재배

· 고품배지경

· 배양액 처방: PBG 표준 처방

· 근권부 관리: 급액 EC 3.5 dS/cm ~ 4.0 dS/cm, pH 5.5 ~ 6.0

· 시설내부 환경관리: 24시간 평균온도 20℃, 습도 70%-

- 조사항목

· 온실별 외부광량(Integro 724, Priva), 시설내부 24시간 평균온도(Integro 724, Priva), 수확량

(2) 방울토마토의 일중 수광 패턴 분석

- 재배장소: 전남대학교 농업생명과학대학 표준벤로형유리온실내 12*9.6m의 구역

- 품종: Junita(Cherry tomato, De Ruiter Seeds, Netherlands)

- 재식밀도: 2.7plants/m²

- 재배기간: 2008년 9월 25일 ~ 2009년 2월 10일

· 파 종: 2008년 9월 25일(240구 암면과종판, EC 3.0 dS/cm 포습)

· 이 식: 2008년 10월 7일(10*10cm 암면 큐브, EC 3.0 dS/cm 포습)

· 정 식: 2008년 10월 28일(90*15*7.5cm 암면 슬라브, EC 3.0 dS/cm 포습)

- 작물재배

· 근권부 관리: 급액 EC 3.5 dS/cm ~ 4.0 dS/cm, pH 5.5 ~ 6.0

· 시설내부 환경관리: 24시간 평균온도 - 19℃, 습도 - 70%

- 조사항목

· 조사일시: 2009. 1. 8

· 광센서(Line quantum sensor, Li-COR, USA)를 통한 시설내부 광량, 작물 수광량

· Data logging (LI 1400, Li-COR, USA) at interval 5 minutes.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 토마토 재배 시설별 내·외부 환경(광량, 온도)에 따른 생산성 비교 분석

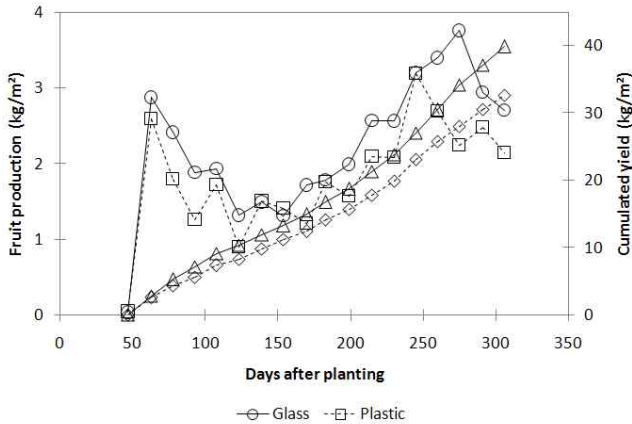


그림 1. Fruit production and cumulated yield of tomato, cv. 'Rapsody' grown under glasshouse and plastic greenhouse (planting on 30 August 2006 = day 1). Tomato fruits were harvested from October 11, 2006 to July 15, 2007

- 연중 재배작형의 유리온실과 비닐온실에서 재배된 완숙 토마토의 생산성은 유리온실 39.9 kg/m², 비닐온실 32.7 kg/m²으로 유리온실의 생산성이 약 22% 높았음.

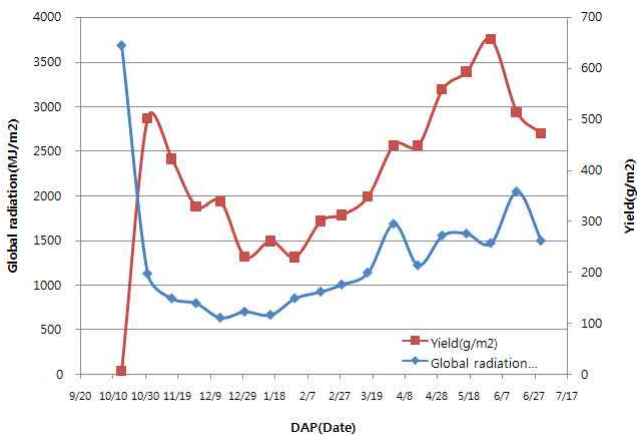


그림2. Outside global radiation sum and periodic yield pattern of tomato, cv. 'Rapsody' harvested from October 11, 2006 to July 15, 2007

- 정식 후 50일부터 수확을 시작하여 300일까지 수확이 지속되었으며, 수확시작 첫 1주일간 수량이 많고 일주일 후부터 수량이 감소하다가(Yield flushing) 정식 150일 후부터 수량이 증가되었음.
- 첫 수확 이후 93일까지 수량이 감소한 것은 광량의 감소에 따라 동화산물 생산이 감소하였기 때문이며 108일까지 생산량이 다소 증가한 것은 과실 수확에 따른 동화산물의 축적이 가능했기 때문으로 판단됨.
- 수량 감소 기간을 줄이고 수량의 안정화를 위하여 재배 기술 개발(정식시기 조절, 24시간 온도관리 등)을 모색해야 할 것으로 사료됨.

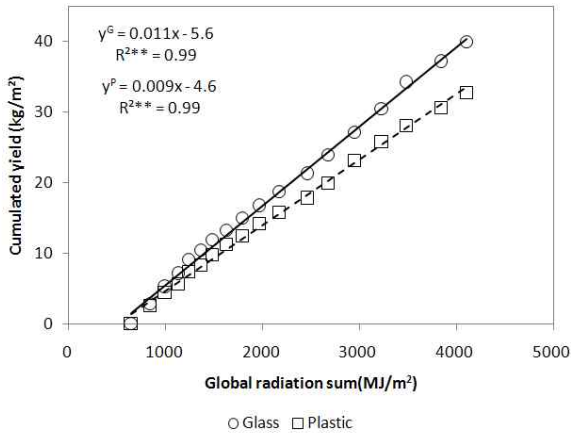


그림3. Correlationship between global radiation sum and cumulated yield of tomato, cv. 'Rapsody' grown under glasshouse and plastic greenhouse. Tomato fruits were harvested from October 11. 2006 to July 15. 2007 ($P < 0.001 = ***$, $P < 0.01 = **$, $P < 0.05 = *$)

- 동일한 외부광량 대비 유리온실과 비닐온실의 생산성이 차이가 나는 것은 피복재에 의한 광투과율에 의한 것으로 사료됨.

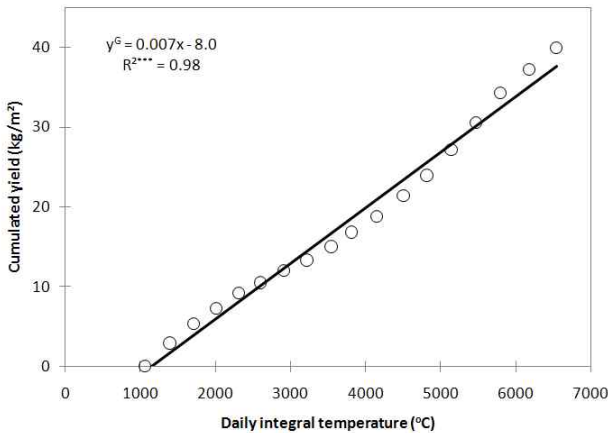


그림4. Cumulated yield as a function of daily integral temperature of tomato, cv. 'Rapsody'. Tomato fruits were harvested from October 11. 2006 to July 15. 2007 ($P < 0.001 = ***$, $P < 0.01 = **$, $P < 0.05 = *$)

- 온실내부 적산온도 1°C가 증가할 시 토마토의 생산성은 7g/m²으로 매우 유의한 선형적인 관계가 있으나, 온실내부의 높은 온도는 작물 유지호흡량에 영향을 미치는 가장 중요한 요소임. 온실내부 광투과율이 낮은 비닐온실의 경우 광합성량이 유리온실에 비해 낮기 때문에 정확한 투광률을 측정하고 그에 따른 시설내부 24시간 평균온도 관리가 이루어져야함.
- 기존 온실작물의 시설내부 온도는 외부광량에 의존하여 관리되어 균락주위의 광량에 관심을 두지 않았지만 작물을 중심으로 정확한 시설내부 온도관리를 위하여 균락주위에 광센서를 설치하여 작물주위의 광량에 따른 24시간 평균온도 관리가 필요할 것으로 판단됨.

(2) 방울토마토의 일중 수광 패턴 분석

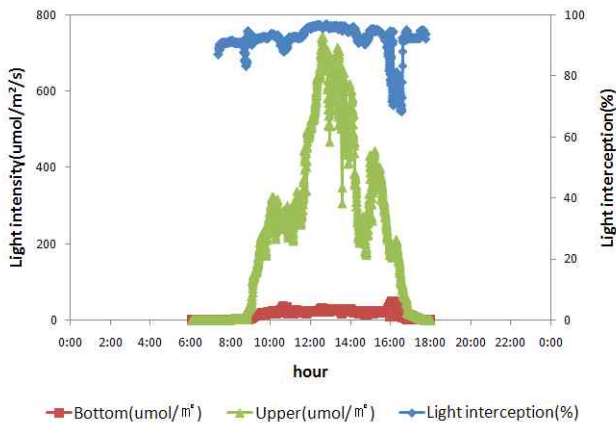


그림5. Pattern of daily light interception in cherry tomato crop at LAI 2.1 cv 'Junita' (Measuring date: January 8, 2009)

- 방울토마토의 엽면적 지수 2.6에서 일중 평균 수광률은 92.2%로 시설내부로 유입되는 광을 균락이 대부분 흡수하였음.
- 완숙토마토의 경우 엽면적 지수 3에서 수광률이 90%라고 보고 된 바(Heuvelink, 1996), 엽 형이 다른 방울토마토와의 비교 연구를 통하여 정식 후 첫 적엽시기와 일정 엽면적지수 유지 기술에 대한 과학적 접근이 필요할 것으로 판단됨.
- 맑은 날 오전 7:30 일출을 기점으로 외부 광도가 급격히 증가하는 시기인 일출 후 2시간 후부터 시설내부 광도 마찬가지로 급격히 증가하여 정오를 기점으로 점점 감소하여 일몰 2시간 전부터 급격히 감소하여 17:30 일몰을 기점으로 광도가 0이 됨.
- 외부 광도가 급격히 증가하는 시기에 시설내부 온도 마찬가지로 급격히 증가되는데 이에 따른 과실의 결로가 발생되지 않게 시설내부 공기 유동팬과 환기창을 통해서 결로를 방지하여야 함.

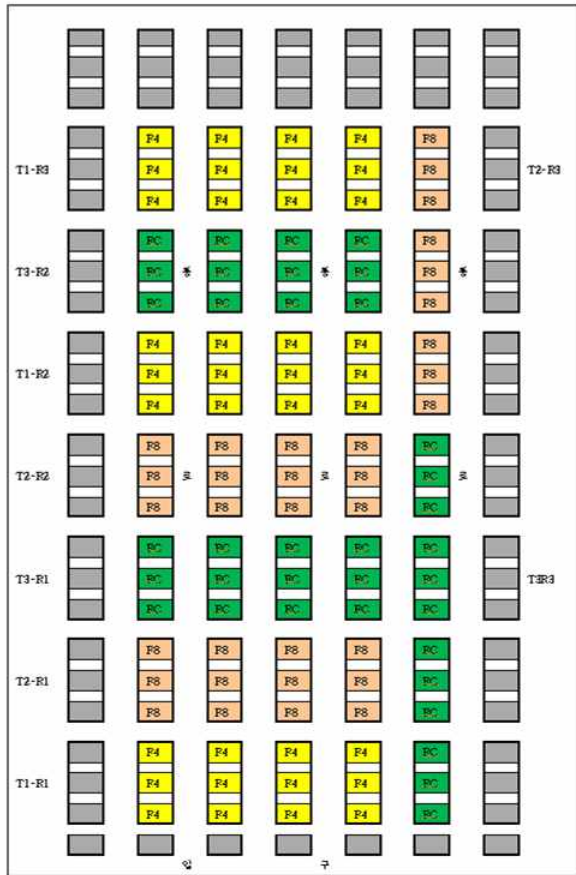
2. 토마토 동화산물의 기관별 분배 예측 모형 개발

: 화방 당 착과 수 조절을 통한 방울토마토의 건물생산량 및 기관별 건물분배 패턴 분석

가. 연구기간: 2008. 8. 20 ~ 2009. 8. 19

나. 연구방법

- 재배장소: 전남대학교 농업생명과학대학 표준벤로형유리온실내 12*9.6m의 구역
- 품종: Junita (방울토마토, De Ruiter seed, Netherlands)
- 재식밀도: 2.7plants/m² (실험재배 라인 5 rows, border lines: 2 rows)
- 재배기간: 2008년 9월 25일 ~ 2009년 2월 10일
 - 파 종: 2008년 9월 25일(240구 암면과종판, EC 3.0 mS/cm 포습)
 - 이 식: 2008년 10월 7일(10*10cm 암면 큐브, EC 3.0 dS/cm 포습)
 - 정 식: 2008년 10월 28일(90*15*7.5cm 암면 슬라브, EC 3.0 mS/cm 포습)
- 작물재배
 - 근권부 관리: 급액 EC 3.5 ~ 4.0 mS/cm, pH 5.5 ~ 6.0
 - 시설내부 환경관리: 24시간 평균온도와 상대 습도는 19℃, 70%
- 실험설계 및 실험구 배치



F4: 화방당 4개 과실 착과 / F8: 화방당 8개 과실 착과 / FC: 대조구

- 조사항목

- 식물체 파괴조사: 기관별 생체중 및 건물중, 엽면적(Li 3100 meter, Li-COR, USA)

다. 연구결과 및 고찰

표 1. Plant growth characteristics of cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss at final measurement on 10 February 2009 (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, FC: without removed fruits)

Treatment	Total dry weight (g/m ²)	Plant height (cm)	LAI (m ² /m ²)	No. of leaves (no/m ²)
F4	607.6±33.5	347.3±20.9	2.8±0.2	120.3±1.2
F8	549.6±23.8	358.6±15.5	2.4±0.2	119.4±1.3
FC	476.2±26.3	393.0±3.2	2.4±0.1	121.8±0.8
LSD (5%)	18.36	24.43	0.36	1.1
F pr.	<0.001	0.002	0.123	0.261

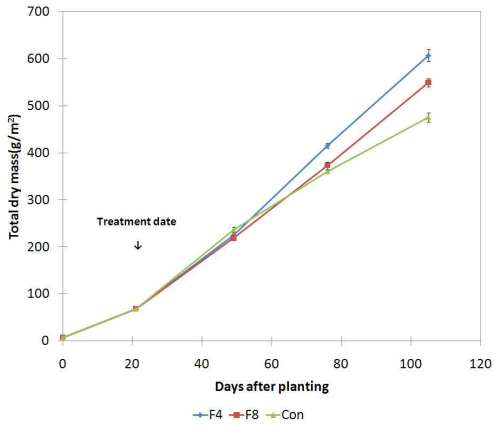


그림 6. Total dry mass production as a function of days after planting in cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, Con: control). Tomato plant were grown from October 28. 2008 to February 10. 2009. Bars indicate standard error of means

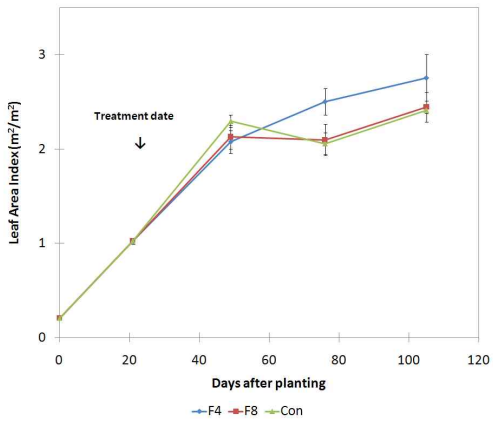


그림 7. Leaf area index as a function of days after planting in cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, Con: control). Tomato plant were grown from October 28. 2008 to February 10. 2009. Bars indicate standard error of means

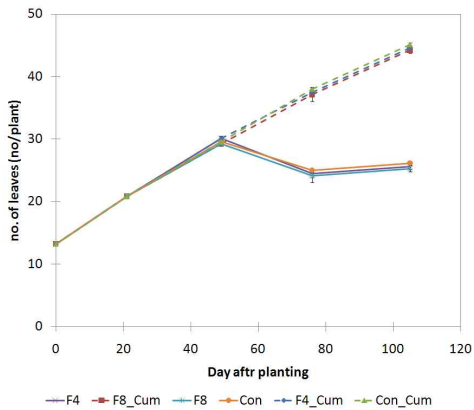


그림 8. Number of leaves as a function of days after planting in cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, Con: control). Tomato plant were grown from October 28. 2008 to February 10. 2009. Dot lines indicates number of removed leaves. Bars indicate standard error of means

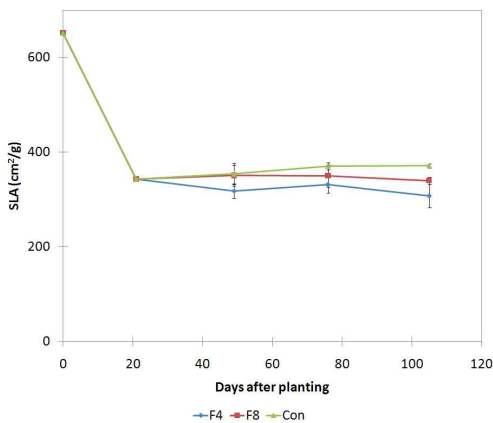


그림 9. Specific leaf area (SLA) as a function of days after planting in cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, Con: control). Tomato plant were grown from October 28. 2008 to February 10. 2009. Bars indicate standard error of means

표 2. Dry weight each plant organs of cherry tomato crop, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, FC: control) at final harvest data on 10 February, 2009

Treatment	Stem dry weight (g/m ²)	Petiole dry weight (g/m ²)	Leaf dry weight (g/m ²)	Truss stock dry weight (g/m ²)	Fruit dry weight (g/m ²)	Flower dry weight (g/m ²)
F4	180.4±10.7	81.9±3.0	171.8±6.4	11.5±0.9	161.9±14.3	0.1±0.01
F8	124.4±10.0	59.8±1.2	130.5±2.9	14.6±0.8	220.0±14.2	0.4±0.05
FC	87.4±2.0	48.7±0.4	112.7±1.0	14.3±0.7	212.4±23.4	0.6±0.01
LSD* (5%)	16.5	5.03	11.1	1.61	29.88	0.093
F pr.	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

* Least significant different at 5% level

- 방울토마토의 화방 당 과실수에 따른 건물생산량은 F4에서 607.6g/m²로 F8에 비해 10.6%, FC에 비해 27.5%의 건물을 더 많이 생산하였음. (표 1)
- 건물생산량의 차이는 F4에서 엽면적지수가 5.2로 다른 처리에 비해 더 높아 더 많은 광을 수광한 결과로 판단됨.
- 전체 재배 기간 동안 방울토마토의 성장률은 F4처리에서 5.5 g/m²/day로 가장 높았으며, F8 5.0 g/m²/day, Control 4.4g/m²/day였으며, 일중 광량 당 작물 성장률 또한 F4 처리에서 가장 높은 것은 엽면적에 따른 수광량이 많고 다른 처리구에 비해 광합성 효율이 높은 것으로 사료됨.

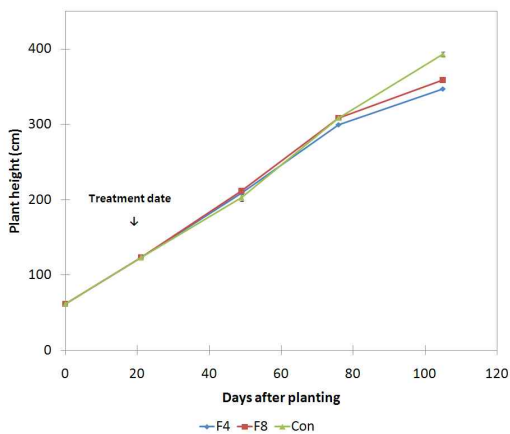


그림 10. Plant height as a function of days after planting in cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, FC: control). Tomato plant were grown from October 28, 2008 to February 10, 2009. Bars indicate standard error of means

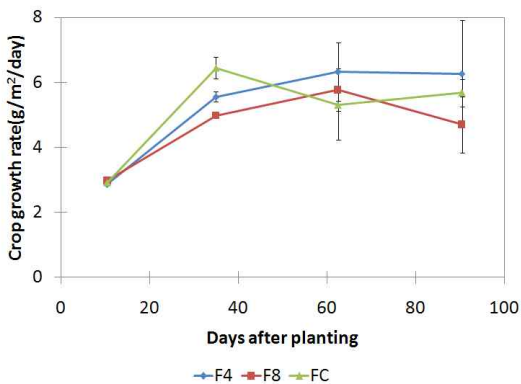


그림 11. Crop growth rate as a function on days after planting in cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, FC: control). Tomato plant were grown from October 28, 2008 to February 10, 2009. Bars indicate standard error of means

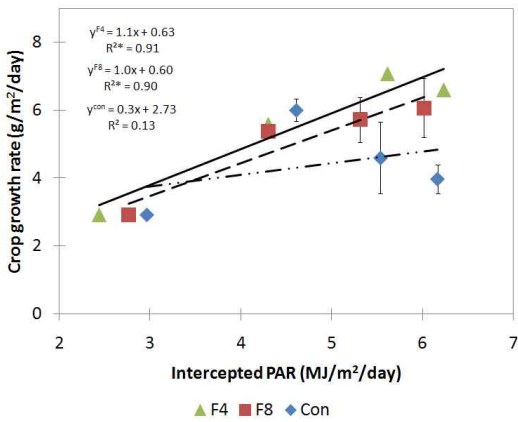


그림 12. Crop growth rate as related to intercepted photosynthesis active radiation (PAR) inside greenhouse in cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, Con: control). Tomato plant were grown from October 28. 2008 to February 10. 2009. ($P < 0.001 = ***$, $P < 0.01 = **$, $P < 0.05 = *$). Bars indicate standard error of

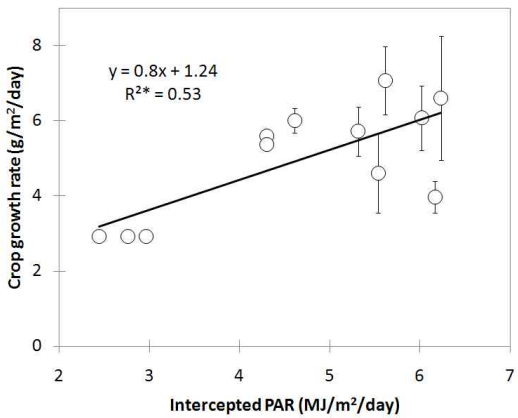


그림 13. Crop growth rate as related to intercepted photosynthetically active radiation (PAR) in cherry tomato, cv. 'Junita' grown with four fruits (F4), eight fruits (F8) per each truss and control during whole growing period from October 28. 2008 to February 10. 2009 ($P < 0.001 = ***$, $P < 0.01 = **$, $P < 0.05 = *$). Bars indicate standard error of means

- 일중 광량 1MJ이 증가하면 방울토마토의 성장률은 $0.8g/m^2/day$ 증가하고 증가량은 F4처리에서 가장 높았음. (그림 12, 그림 13.)

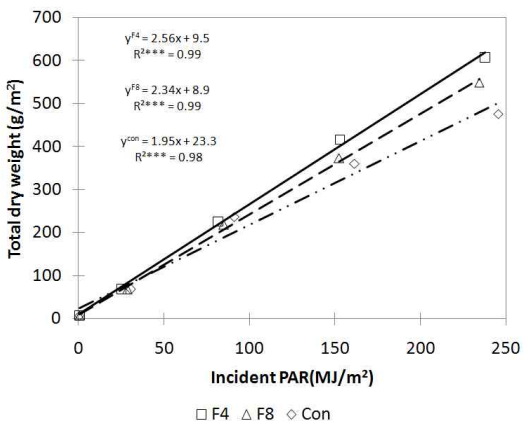


그림 14. A linear relationship between incident photosynthetically active radiation (PAR) and total dry weight of cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, Con: control). Tomato plant were grown from October 28. 2008 to February 10. 2009. ($P < 0.001 = ***$, $P < 0.01 = **$, $P < 0.05 = *$)

- 처리별 광이용효율(LUE, g/MJ)은 화방당 과실을 가장 적게 남긴 F4에서 $2.56 g/MJ$ 로 가장 높았고, F8 $2.34 g/MJ$, Control에서 $1.95 g/MJ$ 로 가장 낮았음.
- 처리별 광이용효율(LUE, g/MJ)의 차이는 F4에서 엽면적지수(LAI)가 가장 높아, 수광량이 가장 높아 광합성량이 가장 높고, 과실로의 동화산물 분배가 제한되었을 것으로 판단됨.

표 3. Dry matter contents(DMC) of cherry tomato crop, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, FC: control) at final harvest data on 10 February, 2009

Treatment	Total plant DMC(%)	Stem (%)	Petiole (%)	Leaf (%)	Truss stock (%)	Fruit (%)	'Flower (%)
F4	10.1±0.5	14.4±1.0	9.0±0.3	11.1±0.5	16.5±0.8	7.3±0.4	10.6±0.5
F8	9.1±0.4	12.0±1.3	8.3±0.1	11.3±0.2	17.0±0.8	7.2±0.3	17.0±1.1
FC	7.8±0.1	9.2±0.1	7.4±0.1	10.1±0.1	14.5±0.2	6.4±0.1	12.2±0.5
LSD* (5%)	0.575	1.63	0.3878	0.571	1.1	0.4289	4.313
F pr.	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

* Least significant different at 5% level

- 총 식물체 건물함량은 화방당 과실수가 가장 적은 F4처리에서 10.1%로 가장 높았으며, 이는 높은 엽면적지수를 바탕으로 작물 수광량이 가장 많아 광합성량이 다른 처리에 비해 높을 것으로 판단되며, 적과를 통해 생식생장 기관으로의 건물 분배율이 낮아 잉여 동화산물이 영양생장기관에 집적된 것으로 사료됨.

표4. Dry matter partitioning ratio(DMPR) of cherry tomato crop, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, FC: control) at final harvest data on 10 February, 2009

Treatment	Stem (%)	Petiole (%)	Leaf (%)	Truss stock (%)	Fruit (%)	Flower (%)
F4	29.7±0.4	13.5±0.4	28.4±0.6	1.9±0.04	26.6±1.2	0.02±0.001
F8	22.6±2.1	10.9±1.2	23.8±2.1	2.6±0.3	40.0±5.1	0.07±0.021
FC	18.4±2.4	10.3±0.9	23.8±1.6	3.0±0.3	44.3±4.0	0.14±0.022
LSD* (5%)	1.867	0.92	1.976	0.1517	2.851	0.01765
F pr.	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

* Least significant different at 5% level

- 처리 간 기관별 건물 분배율은 영양기관(줄기, 엽, 엽병) F4 71.6%, F8 57.3%, FC 52.5%로 화방 당 과실수가 증가 할수록 건물 분배율이 감소하였고, 생식생장기관(화방대, 과실, 꽃) F4 24.8%, F8 42.7%, FC 47.5%로 화방 내 착과수가 증가 할수록 생식생장기관으로 건물 분배율은 높아짐.

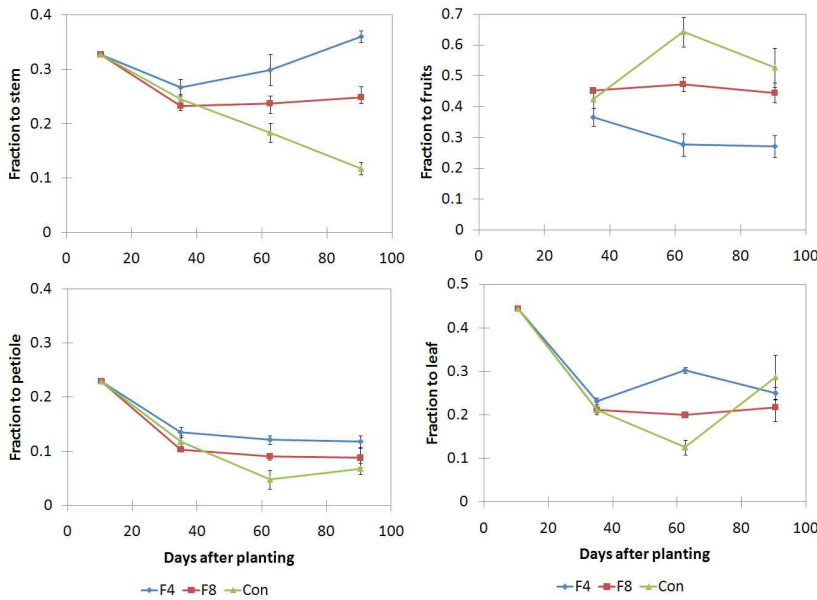


그림 15. Fraction of total dry matter distributed to stem, fruits, petiole and leaf as a function of days after planting in cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, Con: control). Tomato plant were grown from October 28, 2008 to February 10, 2009. Bars indicate standard error of means

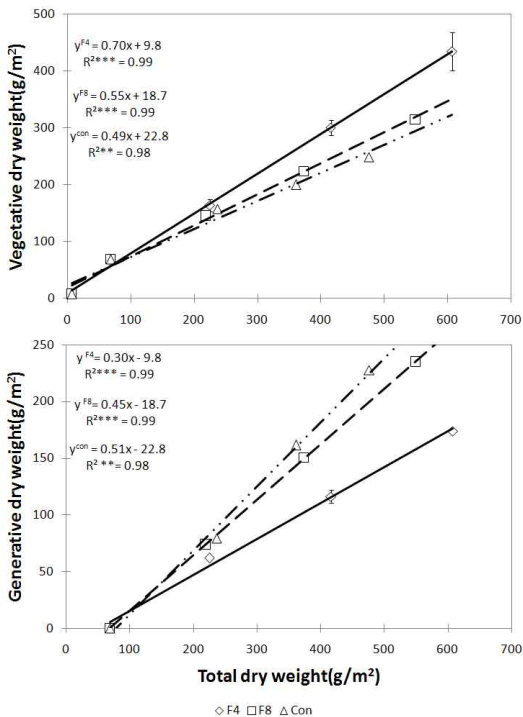


그림 16. Allometric relation between cumulative total dry weight and vegetative or generative dry weight in cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruits per truss (F4: 4 fruits per truss, F8: 8 fruits per truss, Con: control). Tomato plant were grown from October 28, 2008 to February 10, 2009. ($P < 0.001 = ***$, $P < 0.01 = **$, $P < 0.05 = *$). Bars indicate standard error of means

3. TOMSIM(Huevelink, 1996)의 생육량 및 수량 예측 시뮬레이션 모델 보정 및 검증을 통한 생육 모델 개발

가. 연구기간: 2008. 8. 20 ~ 2009. 8. 19

나. 연구방법

(1) 시설 내·외부 환경에 따른 방울토마토 화방 내 착과 속도 분석

과 속도는 0.4 fruit/truss/day로 감소하였음.

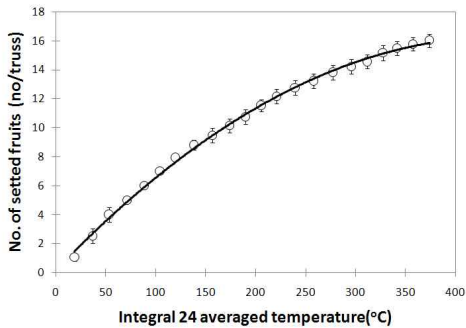


그림 18. Number of setting fruits as a function of 24hr averaged temperature integral. The fruit set were observed at third truss in cherry tomato, cv. 'Junita'. Bars indicate standard error of means

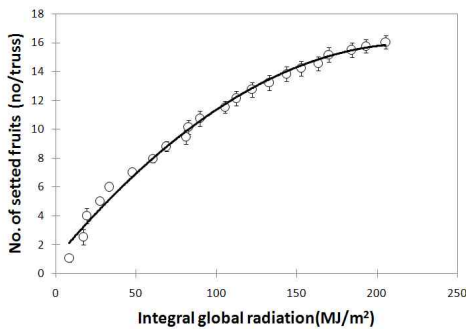


그림 19. Number of setting fruits as a function of global radiation integral. The fruit set were observed at third truss in cherry tomato, cv. 'Junita'. Bars indicate standard error of means

- 방울토마토의 화방 내 과실이 착과되기까지 일중 24시간 평균온도의 적산온도는 374.2 °C, 누적 외부광량은 205.4 MJ/m²로, 이중 특히 시설내부 24시간 평균온도 관리는 식물 발육속도에 영향을 미쳐 시설내부 24시간 평균온도관리에 따라 화방 내 과실의 착과속도가 영향을 크게 받을 것으로 사료되어 수확시기 조절 및 수출물량 조절이 시설내부 환경관리를 통하여 가능할 것으로 사료 됨. (그림. 18, 그림. 19)

(2) 시설 내·외부 환경에 따른 방울토마토 화방 출퇴속도 분석

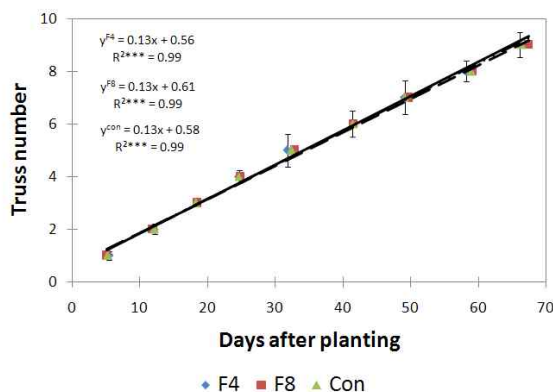


그림 20. Pattern of truss appearance rate as a function of days after planting(28. October. 2008 = 1 day) at 1st to 9th truss in cherry tomato, cv. 'Junita' with different number of fruit per truss ($P < 0.001 = ***$, $P < 0.01 = **$, $P < 0.05 = *$). Bars indicate standard error of means

- 방울토마토의 정식 후 각 화방의 첫 번째 꽃이 개화되는 시점을 기준으로 화방 출퇴 속도는 0.13 truss/plant/day, 평균 7.6일마다 한 화방이 출퇴되는 속도로 9화방까지 출퇴하였음.
- 각 화방 내 첫 번째 꽃이 착화된 후 과실이 착과되기까지는 평균 6.3일이 소요됨.

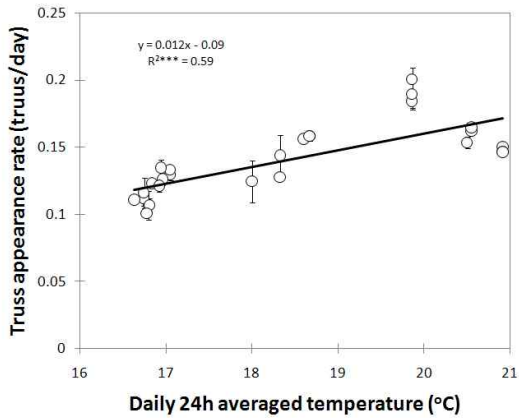


그림 21. Truss appearance rate as a function of daily 24h averaged temperature at 1st to 9th truss in cherry tomato, cv. 'Junita' ($P < 0.001=***$, $P < 0.01=**$, $P < 0.05=*$). Bars indicate standard error of means

- 화방이 출퇴되고 그 다음 화방이 출퇴할 때까지의 기간 동안 시설내부 24시간 평균온도가 1°C 증가하면 화방출퇴 속도는 0.012일이 빨라지며

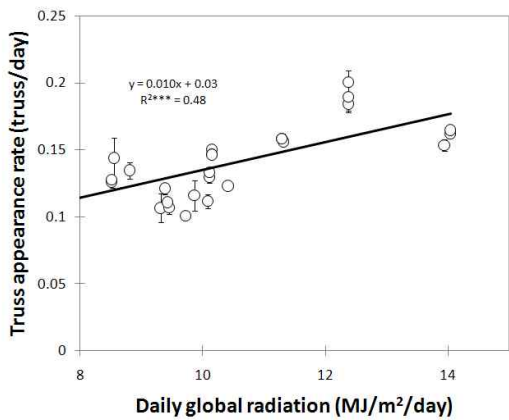


그림 22. Truss appearance rate as a function of daily global radiation at 1st to 9th truss in cherry tomato, cv. 'Junita' ($P < 0.001=***$, $P < 0.01=**$, $P < 0.05=*$). Bars indicate standard error of means

- 광량 1MJ이 증가할수록 화방의 출퇴 속도는 한 화방 당 0.01일이 빨라지는 경향을 보였음.
- 시설내부 24시간 평균온도 관리와 시설내부로 유입되는 광량을 조절함에 따라 토마토의 식물 발육속도를 조절하여 화방 출퇴 및 착과속도를 조절함으로써 생산자 및 수출업자가 원하는 수확시기 조절 및 수출 물량의 출하조절이 가능할 것으로 사료됨. (그림. 21, 그림. 22)

4. 일몰 후 야간온도 관리가 방울토마토의 생육에 미치는 영향

가. 연구기간: 2009. 8. 20 ~ 2011. 1. 19

나. 연구방법

- 재배장소: 전남대학교 농업생명과학대학 벤로형유리온실(12*9.6m)
- 품종: 유니콘(방울토마토, 세미니스, 몬산토코리아)
- 재식밀도: 3.7plants/m²
- 재배기간: 2010년 1월 08일 ~ 2010년 6월 12일
 - 파 종: 2010년 1월 08일(240구 암면과종판, EC 3.0 dS/cm 포습)
 - 정 식: 2010년 3월 10일(90*15*8cm 코코슬라브, EC 3.0 dS/cm 포습)

- 조사항목
 - 줄기 길이, 두께, 착과 수 등을 비파괴를 통해 조사
 - 각 기관별 생체중과 건물 중 파괴 조사

다. 연구결과 및 고찰

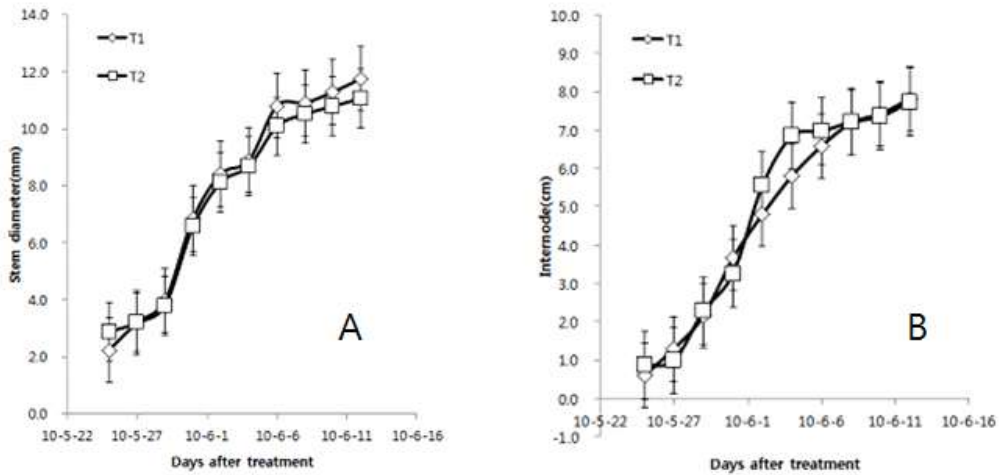


그림 23. Stem diameter (A) and internode length (B) of cherry tomato, cv. Unicon with different pre-night temperature. Perform non-destructive measurement on stem node using ruler. T1(18°C) T2(20°C)

- 일몰 후 야간온도 관리에 따른 방울토마토의 생육을 비교한 결과, 줄기두께의 증가는 야간 온도에 따라 처리 간 통계적 유의성은 나타나지 않았으나, 일몰 후 초저녁온도가 낮은 온실에서 약간 두꺼운 경향을 보였다(그림 23 A). 방울토마토 마디의 생장은 초저녁 대조구 및 저온 처리에서 일정한 성장 패턴은 확인 되지 않았다(그림 23 B). 꽃의 출현 수는 야간 온도 편차는 있었지만, 초저녁 저온의 적용 시간이 짧고, 높게 관리된 주간온도로 인해 일중 평균온도의 차이 크게 발생하지 않아 방울토마토 식물체의 발달 속도에는 영향을 주지 않은 것으로 사료된다(그림 24).

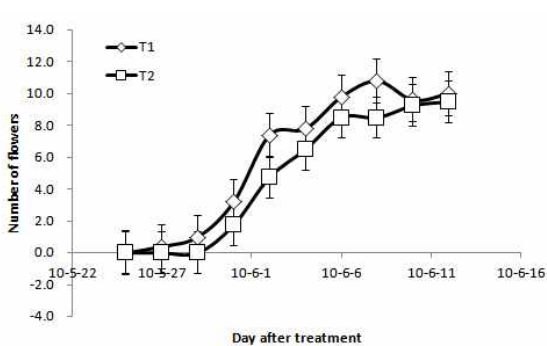


그림 24. Number of flowers in the truss as a function of day of year with different pre-night temperature in cherry tomato. T1(18°C) T2(20°C)

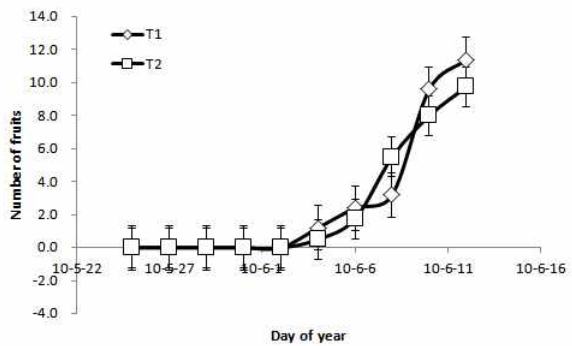


그림 25. Number of fruits as function of day of year treatment with different pre-night temperature in cherry tomato. T1(18°C) T2(20°C)

- 식물체에 착과된 과실 수는 초기 증가량은 초저녁 온도를 높게 관리한 T2처리에서 T1 처리구에 비해 상대적으로 높은 경향을 보였으나, 6월 9일 이후 T1 처리구의 과실 수가 많은 경향을 보였다(그림 25). 조사 기간 동안 수확된 총 과실 중량은 대조구에서 높게 나타났지만(표 5), 비파괴 조사를 통해 수집된 착과 수를 고려하면, 수확 기관 및 재배 기간 연장 시 총 과실 수 및 중량의 차이는 없거나, 초저녁 온도가 낮았던 처리에서 더 높게 나타났을 것으로 사료된다(그림 25)

표 5 Actual dry weight of each organ in cherry tomato at final destructive measurement day. Treated different pre-night temperature on cherry tomato, and noted dry matter partitioning rate of each organ in the bracket

	Actual dry weight (g m ⁻²)			
	Stem	Leaf	Fruits	Total
T1	272.5(37.9)	79.2(11.0)	365.7(50.9)	717.5
T2	254.2(34.4)	73.8(10.0)	409.4(55.5)	737.4
	NS	NS	NS	NS

5. 육묘기 온도와 광의 상호관계가 방울토마토의 생육에 미치는 영향 구명

가. 연구기간: 2009. 8. 20 ~ 2011. 1. 19

나. 연구방법

- 재배장소: 전남대학교 농업생명과학대학 벤로형유리온실(12*9.6m)
- 품종: 유니콘(방울토마토, 세미니스, 몬산토코리아)
- 재식밀도: 50plants/m²
- 재배기간: 2010년 9월 04일 ~ 2010년 9월 24일
 - 파 종: 2010년 1월 08일(240구 암면파종판, EC 3.0 dS/cm 포습)
 - 가 식: 2010년 9월 04일(90*15*8cm 코코슬라브, EC 3.0 dS/cm 포습)
 - 급 액: EC 2.5 dS/cm로 광량에 따라 1~2일 간격 급액
- 조사항목
 - 초장, 엽수, 엽면적, 각 기관별 생체중과 건물중 조사

다. 연구결과 및 고찰

- 낮은 온도 처리구(저온 처리구)의 재배기간 동안 평균 주간과 야간 온도는 27.8±0.5°C와 19.9±0.1°C 반면에 온도 높은 처리구(대조구)는 평균 주간과 야간 온도는 28.6±0.5°C와 24.1±0.4°C로 높았다. 토마토 육묘 재배 기간 동안의 주간 평균 온도는 27.8±0.5°C와 28.6±0.5°C 비슷한 경향을 보였으나 야간 온도 관리는 대조구에 비해 저온 처리구에서 4.1°C 낮게 관리 되었다 (그림 26).

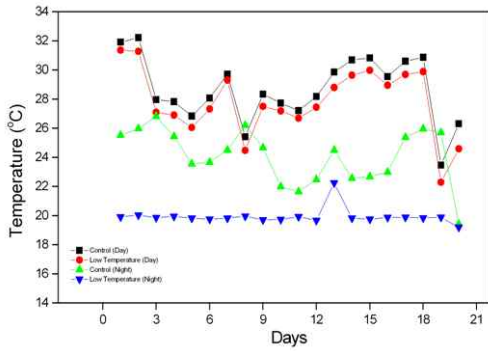


그림 26. Average day and night temperature for 20 days after treatment. High (control) and low temperature at day time and night time indicate 28.6 and 27.8, and 24.1 and 19.9°C, respectively

- 차광률 (30%와 50%) 처리구보다 차광 하지 않은 처리구에서 토마토 육묘 초장이 촉진되었다 (그림 27). 처리 16일째 차광률이 높을수록 토마토 초장 길이가 감소하였고 차광률이 가장 높은 50% 처리구에서 토마토 육묘 초장 생장이 현저하게 감소하였다.

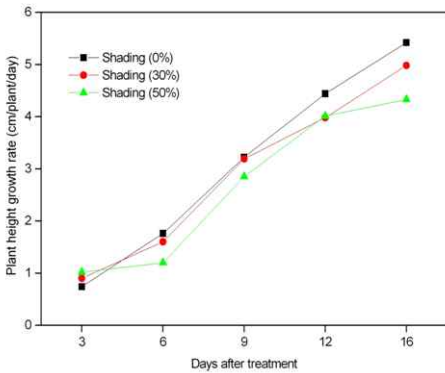


그림 27. Effect of shading ratio on the plant height growth rate of cherry young tomato plants. Shading 0, 30 and 50% denotes no shading, 30% shading and 50% shading through cheese cloth, respectively

- 처리 9일째에 저온 처리구에서 대조구에 비해 초장 성장률이 낮은 반면에 처리 16일째는 현저하게 높았다(그림. 28). 처리 16일째는 저온 처리구는 5.56 (cm/plant/day)인 반면에 대조구는 4.25 (cm/plant/day)으로 차광이 진행될수록 저온 처리구에서 초장 성장률이 촉진되었다. 저온과 차광률이 30% 처리구에서 5.57 (cm/plant/day)로 가장 초장 성장률이 높았다.

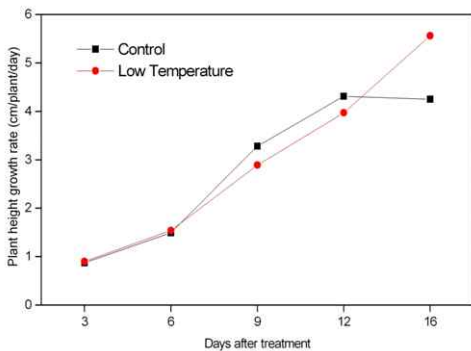


그림 28. Effect of temperature on the plant height growth rate of cherry young tomato plants. Symbol square (■) and circle (●) in the box indicates high temperature and low temperature, respectively

- 차광률의 처리에 따른 엽 확장률을 살펴보면 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타냈다 (그림 29). 처리 6일째와 12일째는 차광을 하지 않는 처리구에 비해 차광률 30%와

50% 처리구에서 엽 확장률이 현저하게 감소하였다. 차광률 50% 처리구에서 다른 처리구에 비해 엽 확장률이 감소하였다. 차광률을 높이면 엽 생산을 감소하는 경향을 나타냈다.

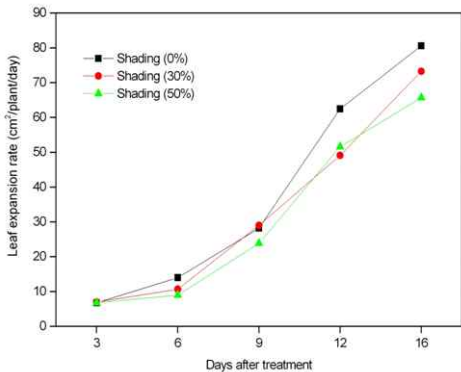


그림 29. Effect of shading ratio on leaf expansion rate of cherry young tomato plants. Shading 0, 30 and 50% denotes no shading, 30% shading and 50% shading through cheese cloth, respectively

- 온도처리에 따른 엽 확장률을 살펴보면 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타냈다. 처리 12일째까지는 온도 처리간에 통계적인 유의성이 인정되지 않았는데 처리 16일째에서 저온 처리구에서 대조구에 비해 엽 확장률이 현저하게 높았다 (그림 30). 엽 확장률을 증가하려면 주 야간의 온도 차이가 있고 차광이 되지 않는 처리구에서 높았다. 이는 주 야간의 온도 차이로 인해 동화산물이 엽으로 축진된 것으로 사료 된다.

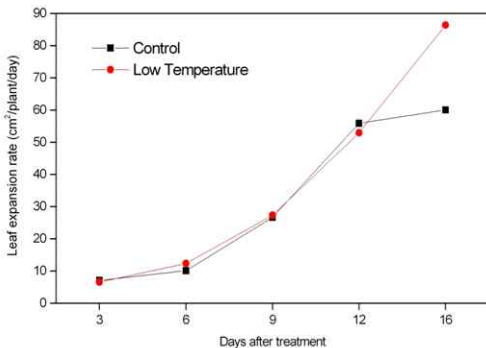
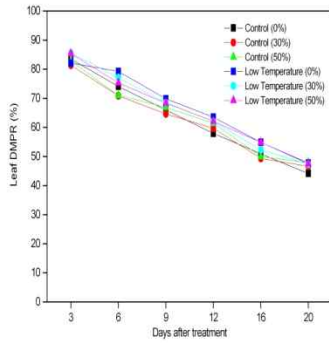


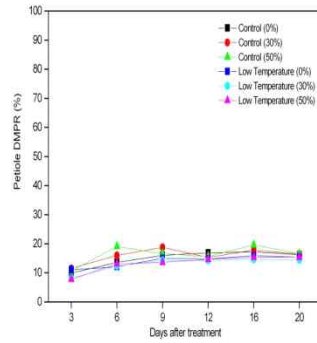
그림 30. Effect of shading ratio on the plant height growth rate of cherry young tomato plants. Symbol square (■) and circle (●) in the box indicates high temperature and low temperature, respectively

- 처리 20일 후 토마토의 줄기, 엽, 엽병으로 건물분배율을 살펴보았다 (그림 31). 엽 건물분배율은 실험기간이 경과할수록 감소하는 패턴을 보인 반면에 줄기 건물분배율은 증가하였다. 엽병 건물 분배율은 일정한 패턴으로 유지되었다. 주·야간의 온도 차이가 있을 때 동화산물이 엽으로 이동함을 알 수 있었다. 주야간의 온도 차이가 7.9°C인 저온 처리구에서 대조구(4.5°C)에 비해 엽 건물분배율이 현저하게 높았다 (그림 31 A-2). 그러나 차광에는 엽 건물 분배율에 영향을 미치지 않았다. 엽병 건물 분배율도 온도에 영향을 받지만 차광 처리에는 영향을 미치지 않았다 (그림 31 B1-3). 저온 처리구보다 온도가 높은 처리구에서 엽병 건물 분배율이 높았다. 줄기 건물 분배율은 거의 온도와 차광률 처리구에서 유의성이 통계적인 차이가 보이지 않았다 (그림 31 C1-3).

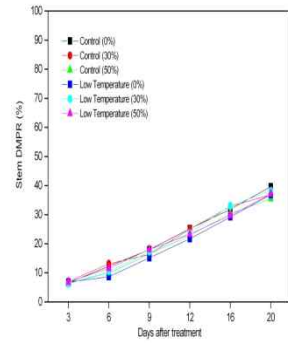
A



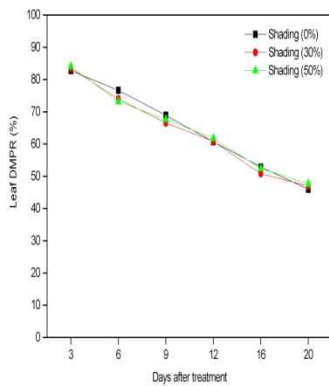
B



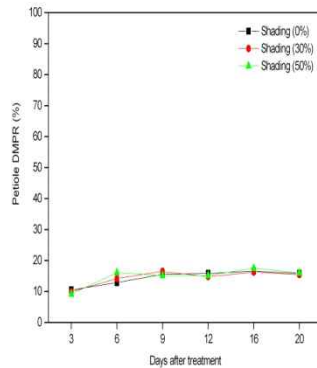
C



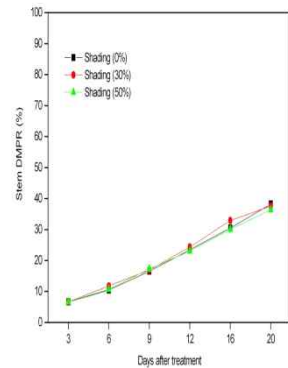
A-1



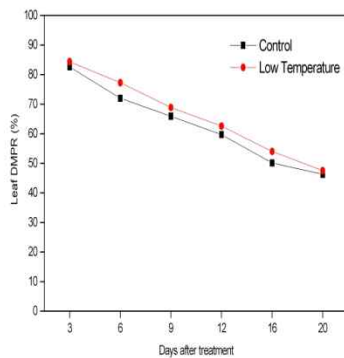
B-1



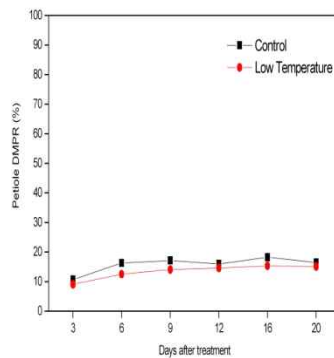
C-1



A-2



B-2



C-2

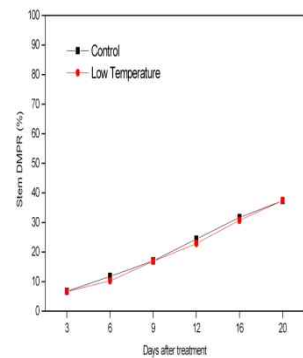


그림 31. Dry matter partitioning ratio (DMPR) of vegetative parts to total dry matter of cherry young tomato plants. Shading 0, 30 and 50% denotes no shading, 30% shading and 50% shading through cheese cloth. Symbol square (■) and circle (●) in the box indicates high temperature and low temperature, respectively

- 총 건물중과 엽면적 관련은 직선회귀식으로 LAI 당 건물중을 0.82g 생산하였다 (그림 32). 엽면적 증대를 위해 주·야간의 온도차이가 있고 무 차광 조건하에서 엽 확장률이 증대 되

었다. 주야간의 온도가 4.5°C 보다 7.9°C 처리구와 무차광에서 엽면적 증가를 초래한다. 엽면적 증가는 엽면적 지수를 높이고 총 건물생산량을 상호 연관이 있음을 알 수 있었다. 토마토 육묘시기에 주·야간의 온도 관리와 무 차광 처리가 토마토 육묘 생장에 영향을 줄 것으로 사료된다.

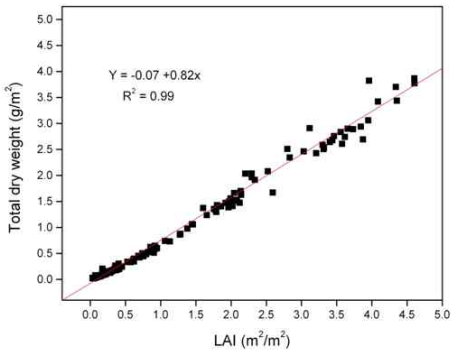


그림 32. Linear relationship between leaf area index and total dry weight of cherry young tomato crop grown from 4 September to 24 September 2010 on rockwool cubes

6. 고품질 방울토마토 생산을 위한 최적 생육 모델 개발

가. 연구기간: 2009. 8. 20 ~ 2011. 1. 19

나. 연구방법

(1) 화방 내 착과수가 방울토마토의 생육에 미치는 영향

- 재배장소: 전남대학교 농업생명과학대학 벤로형 유리온실(12*9.6m)
- 품종: 유니콘(방울토마토, 세미니스, 몬산토코리아)
- 재식밀도: 3.7plants/m²
- 재배기간: 2010년 1월 08일 ~ 2010년 6월 12일
 - 과 중: 2010년 1월 08일(240구 암면과중판, EC 3.0 dS/cm 포습)
 - 정 식: 2010년 3월 10일(90*15*8cm 코코슬라브, EC 3.0 dS/cm 포습)
- 조사항목
 - 처리에 따른 기관별 생체중 및 건물중 조사

(2) 화방 내 착과수가 방울토마토의 엽광합성 특성에 미치는 영향

- 재배장소: 전남대학교 농업생명과학대학 벤로형 유리온실(12*9.6m)
- 품종: 유니콘(방울토마토, 세미니스, 몬산토코리아)
- 재식밀도: 3.7plants/m²
- 재배기간: 2010년 1월 08일 ~ 2010년 6월 12일
 - 과 중: 2010년 1월 08일(240구 암면과중판, EC 3.0 dS/cm 포습)
 - 정 식: 2010년 3월 10일(90*15*8cm 코코슬라브, EC 3.0 dS/cm 포습)
- 조사항목
 - 휴대용 광합성 측정기(LI-6400, Li-Cor, USA) 이용
 - CO₂ 400 μmol mol⁻¹, T_{block} 20°C, Flow 500 μmol s⁻¹ 설정
 - 오전(9:00~12:00), 오후(14:00~17:00), 야간(21:00~24:00)에 광량자속밀도(0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 500, 800, 1100, 1400, 1700, 2000, 2500 μmol m⁻²s⁻¹)에 따른 leaf

photosynthetic rate, intercellular CO₂ concentration, stomata conductance, transpiration rate 측정

- Negative exponential curve를 이용한 엽광합성곡선 fitting(SPSS)으로 Maximum leaf photosynthetic rate, respiration rate, Initial light use efficiency를 추정함

(3) 방울토마토 화방 간 신엽 적엽을 통한 엽면적지수의 조절이 식물체 성장량과 수량에 미치는 영향

- 재배장소: 전남대학교 농업생명과학대학 벤로형 유리온실(12*9.6m)
- 품종: 주니타(방울토마토, 세미니스, 몬산토코리아)
- 재식밀도: 3.7plants/m²
- 재배기간: 2009년 4월 07일 ~ 2009년 8월 5일
 - 파 종: 2009년 4월 07일(240구 암면과종판, EC 3.0 dS/cm 포습)
 - 정 식: 2009년 5월 08일(90*15*8cm 코코슬라브, EC 3.0 dS/cm 포습)
- 처리방법: 화방사이의 신엽 중 한 잎을 제거한 것과 대조구
- 조사항목
 - 처리에 따른 기관별 생체중과 건물중 조사
 - 개별 과실 무게, 당도를 측정하고, 정기적 수확을 통한 수확조사 실시

다. 연구결과 및 고찰

(1) 화방 내 착과수가 방울토마토의 생육에 미치는 영향

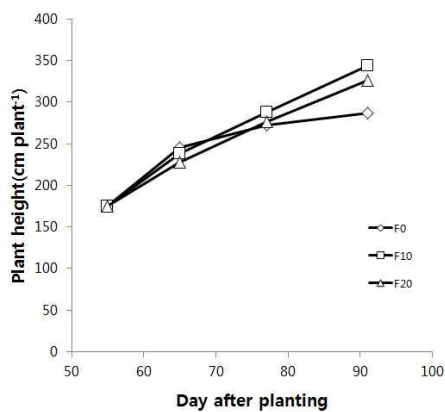


그림 33.. Plant height of cherry tomato, cv. Unicon with different number of fruits in every trusses (F0: no fruit, F10: 10 fruits per truss, F20: 20 fruits per truss). The plants were grown by substrate culture from 7 April to 5 August, 2010

- 화방 내 착과수 조절을 위해 적과를 실시하였을 때, 식물체 초장의 변화를 관찰 할 수 있었다(그림 33). 전체적인 식물체 초장은 화방 당 과실을 10개 남긴 처리에서 가장 컸으며, 대조구와의 통계적 차이는 나타나지 않았다. 하지만 F0 처리의 경우 처리 10일 이후 초장 증가량이 감소하였으며, F10과 F20처리 간에는 유의성이 없었다(그림 34). 식물체의 초장 신장률은 화방을 완전히 제거한 실험구가 처리 후 감소하였으며, 동화산물 수용부 감소로 인해 줄기와 잎이 두꺼워지고, 초장이 작아졌다(표 6).

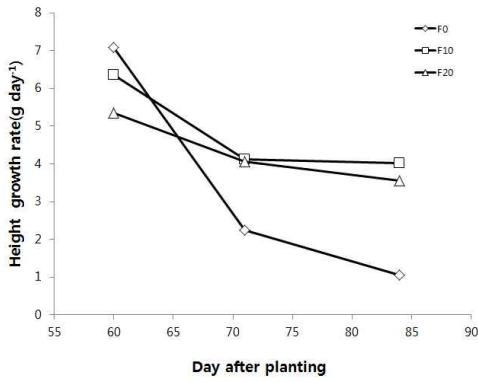


그림 34. Height growth rate of cherry tomato, cv. unicon as function of growing date with different number of fruit in every truss (F0: no fruit, F10: 10 fruits per truss, F20: 20 fruits per truss). The plants were grown by substrate culture from 7 April to 5 August, 2010

- 단위 엽면적당 건물 생산량은 F10에서 86.5 g m^{-2} , 대조구는 87.9 g m^{-2} 로 F10과 대조구는 차이가 없었으나, F0에서 103.2 g m^{-2} 로 F10, 대조구에 비해 15% 정도 건물생산량이 높았다(그림 35). 하지만 F0처리의 잎으로 분배된 건물동화산물의 양은 F20과 비교해 약 2배 정도 차이가 나지만, 총 건물생산량의 차이는 거의 없는 것으로 미루어 수용부의 동화산물 요구도 감소로 인한 광합성률이 감소하였을 것으로 사료되며, 이 결과에 대한 분석은 적과 처리별 광합성률 분석을 통한 추가 조사가 필요할 것이다.

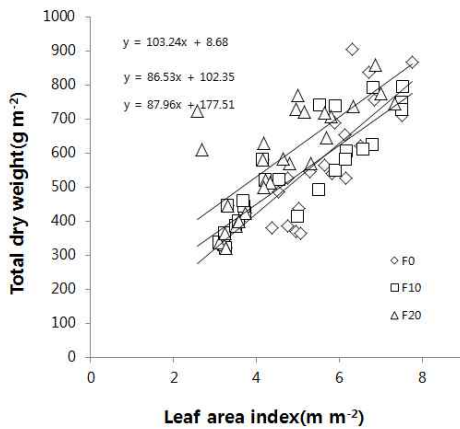


그림 35. Relation between leaf area index and total dry weight with different number of fruit set in every truss (F0: no fruit, F10: 10 fruits per truss, F20: 20 fruits per truss). The plants were grown by substrate culture from 7 April to 5 August, 2010

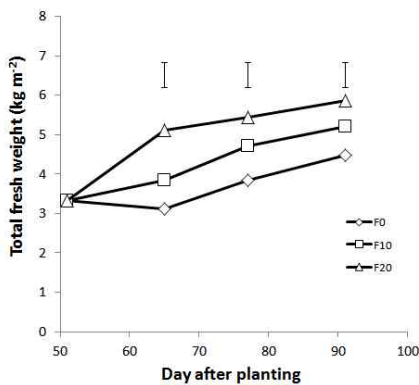


그림 36. Total fresh weight as function of day after planting with different number of fruit set in every truss (F0: no fruit, F10: 10 fruits per truss, F20: 20 fruits per truss). The plants were grown by substrate culture from 7 April to 5 August, 2010

표 6. Actual dry weight of stem, leaves, fruits, and total dry weight with different number of fruit set in every truss (F0: no fruit, F10: 10 fruits per truss, F20: 20 fruits per truss). The plants were grown by substrate culture from 7 April to 5 August, 2010

	Actual dry weight (g m ⁻²)			
	Stem	Leaves	Fruits	Total
F0	417.4(73.0)	154.2(26.9)	·	571.6
F10	290.2(57.1)	96.8(19.0)	120.8(23.7)	508.0
F20	246.8(44.4)	73.8(13.8)	235.1(42.3)	555.7

(2) 화방 내 착과수가 방울토마토의 엽광합성 특성에 미치는 영향

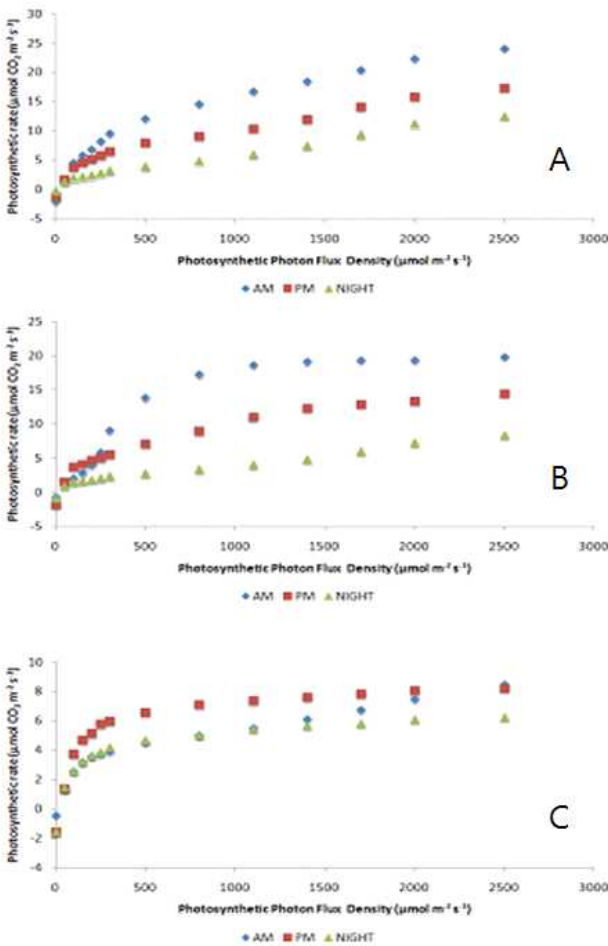


그림 37. Leaf photosynthetic rate with all fruits remained (A), 10 fruits remained (B), and removed all trusses on the cherry tomato plant(C). Photosynthetic rate was measured by portable photosynthesis system(LI-6400, Li-Cor, USA) in cherry tomato plant, cv.Unicon, in moning (9:00 - 12:00), evening (14:00 - 17:00), and night (21:00 - 24:00)

- 화방 내 착과수를 제한하였을 때 방울토마토의 일중 엽광합성의 특성은 대조구에서 오전, 오후, 야간의 순으로 광합성량의 차이를 나타냈으며, 과실수를 10개로 제한한 처리구에 있어서도 같은 경향을 나타냈다. 반면에 화방을 제거한 처리구에 있어서는 오전 보다는 오후의 광합성량이 더 높게 나타났는데 이는 꽃이나 과실과 같은 생식기관이 없으면 대부분의 과채류들에 있어서 동화산물의 전류가 억제되어 엽을 포함한 영양기관에 동화산물의 과잉으로 기공전도도와 광합성률의 감소를 초래한다는 Kriedemann의 보고와 같은 경향을 나타냈다.

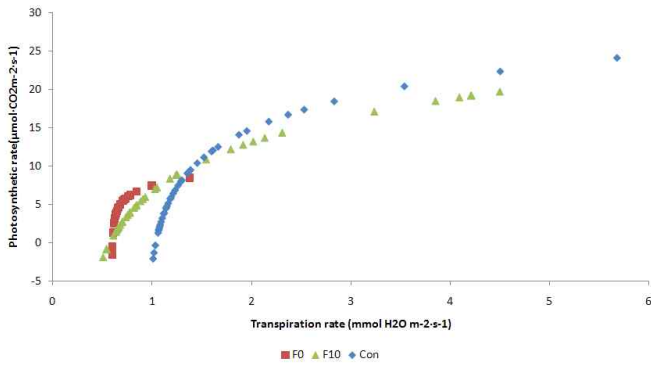


그림 38. Fitted curve on relationship between photosynthetic rate and transpiration rate with pruning(F0: no fruit, F10: 10 fruits in truss, F20: Control) treatment. Photosynthetic rate measuring by portable photosynthesis system(LI-6400, Li-Cor, USA) in cherry tomato plant, cv.Unicon, in morning (9:00 - 12:00), evening (14:00 - 17:00), and night (21:00 - 24:00)

- 일중 엽광합성과 증산율의 관계를 보면 대조구에서 증산율이 높아질수록 엽광합성량이 증가하는 것으로 나타났고 이는 F10과 F0에서도 같은 경향을 보였으나 F10에서는 최대 엽광합성량이 다소 감소하는 것으로 나타난 반면 F0에서는 증산율도 높지 않을 뿐만 아니라 이에 따라 엽광합성량의 증가도 크지 않은 것으로 나타났다(그림 38).

표 7. Leaf photosynthetic rate(P_g) as a function of absorbed photosynthetically photon flux density(I) by the leaf. $P_g = A_{max} (1 - \exp(-\alpha * I / A_{max})) + R_m$, A_{max} : maximum gross photosynthetic rate, α : initial light use efficiency rate, R_m : respiration rate

	Amax ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	α	Rm ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
AM			
Control	22.49±1.23	0.031±0.005	0.66±0.86
F20	22.09±0.84	0.046±0.006	-1.84±0.75
F0	8.02±1.02	0.040±0.013	-1.58±0.96
PM			
Control	17.19±2.58	0.014±0.003	1.72±0.73
F20	13.27±0.99	0.020±0.005	0.681±0.75
F0	8.82±0.42	0.061±0.007	-1.26±0.40
Night			
Control	17.19±2.58	0.014±0.003	1.72±0.73
F20	25.795±35.12	0.004±0.001	0.813±0.296
F0	6.54±0.459	0.041±0.007	-0.935±0.436

- 각 처리에 따른 오전, 오후, 야간의 광합성 측정값을 이용하여 각 처리별 엽광합성 추정모델을 알아보하고자 negative exponential function을 이용하여 인수를 추정하였다. 오전중 A_{max} 값은 대조구에서 높았으나 F20과 유의차가 없었다. 오전과 오후 모두 전체 적과처리구인 F0에서 A_{max} 가 가장 낮은 추정치가 계산되었으나 야간의 경우에는 엽광합성의 A_{max} 가 가장 높게 나타나 야간에 순광합성량이 높은 것으로 나타났다(표 7).

(3) 방울토마토 화방 간 신엽 적엽을 통한 엽면적지수의 조절이 식물체 성장량과 수량에 미치는 영향

- 화방사이의 잎을 제거하지 않은 대조구와 화방사이의 세장의 엽중 한 장을 제거한 처리구

간의 방울토마토의 생육을 비교 연구 하였다. 초장의 변화는 처리 초기에는 처리간의 차이를 보이지 않다가 정식 후 20일 이후 대조구의 초장이 적엽 처리구와 비교해 상대적으로 큰 경향을 계속적으로 보였으나 통계적 차이는 나타나지 않았다(그림 39).

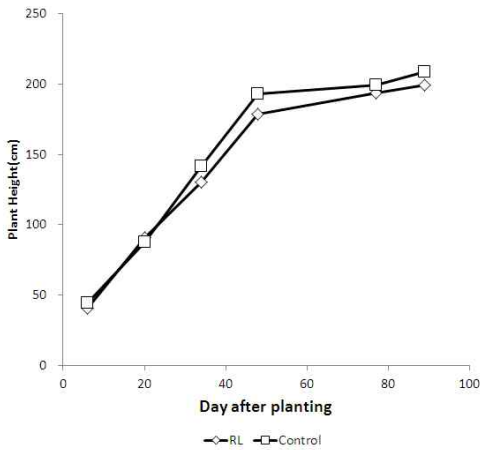


그림 39. Plant height as a function of days after planting in cherry tomato, cv. 'Junita' with removal of a leaf between every two truss (RL: removed leaf). The plant were grown from April 10. 2009 to August 5. 2009

- 정식 89일의 총 건물중은 적엽 165.9g plant⁻¹, 대조구 199.4g plant⁻¹으로 통계적으로 유의하게 처리구가 낮게 나타났으나, 개별 엽면적은 적엽 처리구가 22%정도 높게 나타났다(표 28). 잎은 광합성을 통해 동화산물을 생산하는 기관이지만, 신엽의 비대과정에서 에너지를 소모하는 기관이기도 하므로, 신엽 형성을 위한 에너지 사용 감소와 신엽으로 분배 되지 않은 잉여 동화산물의 재분배로 개별 엽면적 차이가 발생한 것으로 생각되어 진다(표 28). 총 건물중 또한 처리간 통계적으로 유의한 차이가 발생 하였으며, 엽면적 지수의 차이로 총 동화산물 생산량의 차이로 인한 것으로 사료된다(그림 40).

표 8. Actual dry weight of leaves, stem, fruits and total dry weight in cherry tomato, cv. 'Junita' with removal of a leaf between every two truss (RL: removed leaf). The plant were grown from April 10. 2009 to August 5. 2009. Fraction(%) of actual total dry weight in the different organs is given between baskets

	Actual dry weight(g plant ⁻¹)				
	Leaf	Petiole	stem	fruits	total
RL	31.1(18.7)	13.1(7.9)	40.7(24.5)	81.1(48.9)	165.9
Control	39.7(19.9)	17.6(8.8)	49.0(24.6)	93.2(46.7)	199.4
LSD	3.679	1.605	3.818	12.07	15.17

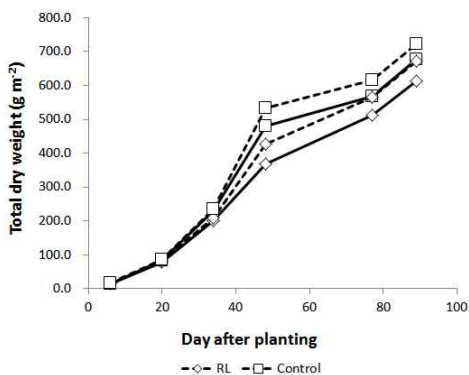


그림 40. Plant total dry weight as a function of days after planting in cherry tomato, cv. 'Junita' with removal of a leaf between every two truss (RL: removed leaf). Dot lines indicates weight of removed bottom leaves. The plant were grown from April 10. 2009 to August 5. 2009

- 방울토마토의 신엽 적엽에 따른 과실의 생산량은 대조구 1049.7kg/m², 처리구 963.3kg/m²로 대조구가 상대적으로 많았으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 적엽 처리구에서 건물 함량과 가용성 당함량은 대조구에 비해 낮았지만, 개별 과중은 처리구에서 더 높았다(표 9)

표 9. Fruit characteristics of cherry tomato, cv. 'Junita' with removal new leaf between trusses (RL) and control. The plant were grown from April 10. 2009 to August 5. 2009

Treatment	Fresh weight (kg/m ²)	Average fruit fresh weight (gram/ea)	Dry Matter Content(%)	Circumference (cm)	Soluble Solid Content(°Brix)
RL	963.3	10.4	6.6	8.5	5.1
Control	1049.7	10.0	6.9	8.3	5.4
F pr.	N.S.	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

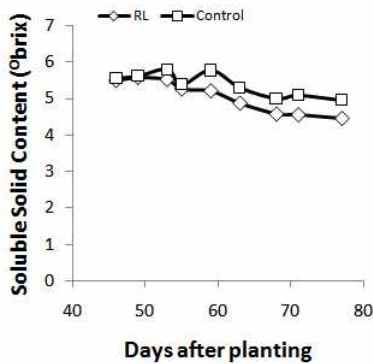


그림 41. Fruit soluble solid content as a function of days after planting in cherry tomato, cv. 'Junita' with removal of a leaf between every two trusses (RL: removed leaf). The plant were grown from April 10. 2009 to August 5. 2009.

- 두 처리구에서 가용성 당함량은 수확초기에는 차이가 없었지만, 수확기간이 진전될수록 감소하는 경향을 보였다(그림 41). 두 처리의 가용성당 함량 차이는 엽면적 지수(그림 39)차이에 의해 전체 동화산물 생산량이 대조구에서 더 많았던 것으로 사료된다. 재배기간이 봄철과 여름철의 고광도 및 고온조건에서 재배되어진바, 신엽적엽은 단위면적당 균락광합성량이 낮았을 것이며, 단위면적당 순동화산물이 대조구에서 상대적으로 낮아 과실의 품질에 부정적인 영향을 주었으나, 과실의 동화산물의 을 증가 시켜 줄 수 있었다. 특히 저광기와 온도 낮은 계절에는 본 연구결과와 반대적인 경향을 보일 것으로 추정된다.

제 2 절 병·해충 관리

<바이러스병 예찰 및 관리 기술개발>

1. 토마토 감염 주요 바이러스의 시기별 지역별 분포도 작성 및 월동기주 오염원 탐색

가. 연구기간: 2008-2011년

나. 연구방법

(1) TYLCV

① 시료

- 부산, 전남 보성, 경기 화성, 제주도, 충남논산의 토마토 재배 시설하우스에서 TYLCV 만연함 (2008-2009년)
- 각 시설하우스에서 전형적인 TYLCV 병징을 보이는 토마토 시료 3주씩 수집
- 충남논산의 토마토 재배 시설하우스에서 담배가루이 채집
- 충남논산의 토마토 재배 시설하우스에서 담배가루이로 오염된 무병징 가지와 호박 채집

② 유전자 및 유전체(genome) 합성 및 클로닝

- 감염된 토마토와 담배가루이로부터 PCR을 이용하여 바이러스 탐색함
- 잎, 줄기, 열매, 뿌리(100 mg)로부터 유전체 DNA 분리한 후 각 유전자 및 유전체 특이적 프라이머를 이용하여 PCR 합성함
- pGEM-T Easy vector 클로닝 및 *Escherichia coli* DH5 형질전환

③ 염기서열 결정, 계통수 분석, 재조합 분석

- 염기서열 GenBank에 등록: GQ141873 (TYLCV-Bus), GU325634 (TYLCV-Bos), GU126513 (TYLCV-Hwas), GU325633 (TYLCV-Jeju), GU325632 (TYLCV-Nons).
- 알려진 TYLCV 분리주들과 일치하는 유전체 부위의 염기서열을 alignment한 후 동질성 분석: DNAMAN software version 5.2.9 (Lynnon Biosoft, Quebec, Canada)
- 계통수 작성: PAUP*4.0b10 (heuristic search algorithm)을 이용하여 neighbor-joining tree 구축함 (Jukes & Cantor correlated distance), bootstrap 분석은 1000 반복 수행함
- 재조합 분석: Recombination Detection Program, RDP version 3.42 (Bonferroni corrected P value cut-off 0.01 및 window size 30)

(2) HYVV

① 유전자 및 유전체(genome) 합성

- 감염 토마토 잎으로부터 유전체 DNA 분리 및 PCR 합성
- pGEM-T easy 벡터 클로닝 및 염기서열 결정
- 염기서열 및 아미노산 동질성 결정
- GenBank database에 등록: FJ434943 (HYVV-Jeju)와 HQ189431 (HYVV-DJ)

② 계통수 분석

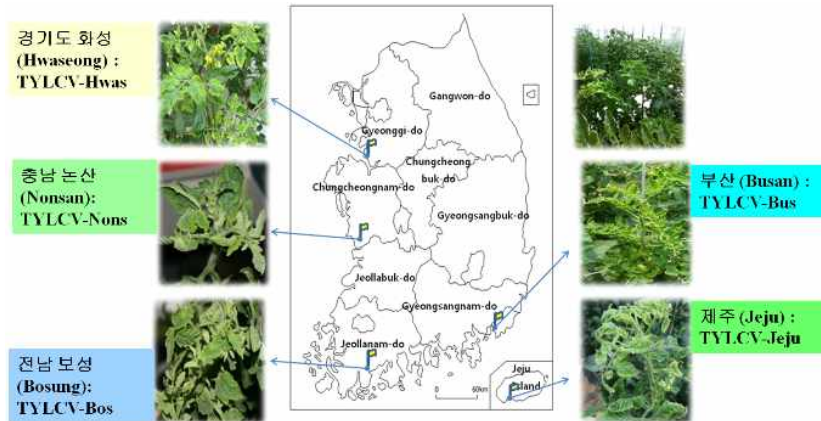
- 염기 alignment: Clustal X 프로그램 이용

- 분석1: Maximum-likelihood / PAUP*4.0b10 (heuristic 알고리즘, TbLCThV-outgroup), 염기치환: HKY85 모델, Bootstrapping: 1000 반복
- 분석2: MrBayes method / PAUP*4.0b10 (Monte Carlo Markov chain 알고리즘, TbLCThV-outgroup), 염기치환: Generalised time-reversible (GTR) 모델

다. 연구결과 및 고찰

(1) TYLCV

① 분포도 및 병징 (그림. 1)



② 지역별 수집 감염 일으로부터 TYLCV 탐색

- TYLCV-V1 유전자 특이적 프라이머를 이용하여 5 장소에서 수집된 토마토 잎 시료로부터 V1 유전자 (777 bp) 및 유전체 합성함 (그림. 2)

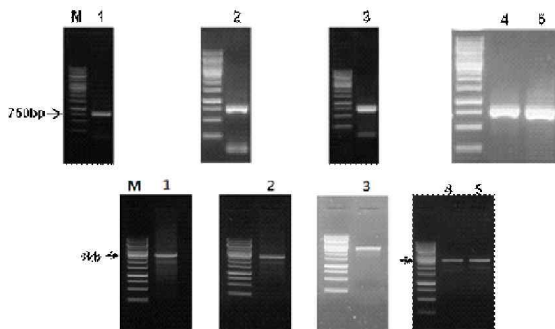


그림. 2. Agarose gel (1%) electrophoresis of the PCR amplified products of the V1 gene (upper) and the full-length genome (lower) of TYLCV from the five Korean isolates. Lanes 1-5 represent TYLCV-Bus, -Hwas, -Jeju, -Nons and -Bos and lane M represents 1kb DNA Ladder

③ 토마토 조직별 시료로부터 TYLCV 탐색

- 토마토 조직 부위별 TYLCV 탐색: 잎, 줄기, 열매, 뿌리로부터 PCR을 이용하여 TYLCV -V1 유전자 777 bp 증폭함 (그림. 3a)
- nonsan 토마토 시설하우스에서 수집된 담배가루이로부터 TYLCV-V1 유전자 777 bp 증폭함 (그림. 3b)
- nonsan 토마토 시설하우스에서 수집된 담배가루이로 뒤덮인 무병징 가지와 호박으로부터 1074 bp TYLCV-C1 유전자 증폭함 (오염원)

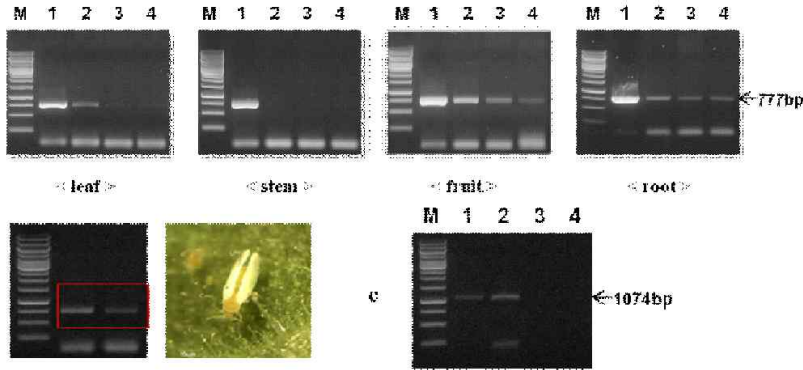


그림. 3. Agarose gel (1%) electrophoresis of the PCR amplicons of TYLCV DNA fragments from different samples. a: TYLCV-V1 gene amplicon from different tissues of tomato plant infected with TYLCV-Hwas. Lanes 1-4 represent $MgCl_2$ concentration of 1.5 mM, 2.5 mM, 3.5 mM and 4.5 mM and Lane M is 1kb DNA Ladder. b: TYLCV-V1 gene amplicon from whiteflies collected on the tomato leaves infected with TYLCV-Nons (left) and a photo of whiteflies used for PCR detection of TYLCV (right). Lanes 1-2 represent TYLCV-V1 gene amplicon and Lane M is 1kb DNA Ladder. c: TYLCV-C1 gene amplicon of about 1074 bp. Lanes 1-2 represent symptomless eggplant and pumpkin leaves, which were covered with numerous whiteflies, and Lanes 3-4 represent healthy eggplant and pumpkin leaves without white flies, respectively

④ 유전체 분석

- 바이러스 명명: 부산 (TYLCV-Bus), 전남 보성 (TYLCV-Bos), 경기 화성 (TYLCV-Hwas), 제주도 (TYLCV-Jeju), 충남 논산 (TYLCV-Nons)
- DNA B component나 satellite DNA 탐색되지 않음
- 유전체 크기: 2774 bp (TYLCV-Bus and -Bos, 그림.4a) 혹은 2781 bp (-Hwas, -Jeju, and -Nons, 그림. 4b)를 알려진 begomovirus 들과 비교함 (표 1)
- IR의 크기: 306 bp (TYLCV-Bus, -Bos), 313 bp (TYLCV-Hwas, -Jeju, -Nons)
- IR에서 발견되는 stem-and-loop 구조: TYLCV-Bus 및 -Bos (nt # 140-172), -Hwas (nt # 2756-7), -Jeju 및 -Nons (nt # 147-179)

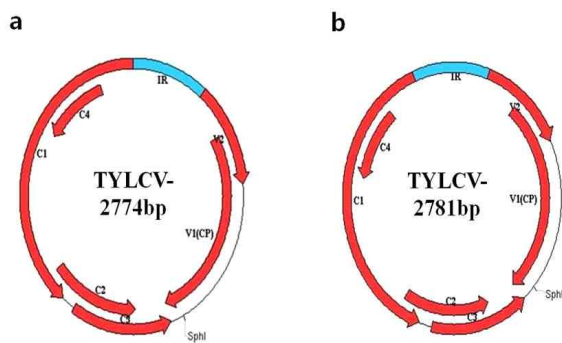


그림. 4. Genome size and organization of TYLCV-Bus and -Bos (a) and TYLCV-Hwas, -Jeju and -Nons (b) using Plasmid Map program in EnCyclon website

표 1. List of begomoviruses used in this study

Isolate	Accession no.	Genome length	Year isolated	Country origin
TYLCV-[Bus]	GQ141873 -	2774	2009	Korea
TYLCV-[Hwas]	GU126513	2781	2009	Korea
TYLCV-[Jeju]	GU325633	2781	2009	Korea
TYLCV-[Nons]	GU325632	2781	2009	Korea
TYLCV-[Bos]	GU325634	2774	2009	Korea
TYLCV-[IL]	X15656	2787	1988	Israel
TYLCV-[Omu]	AB116630	2774	1999	Japan
TYLCV-[Mis]	AB116631	2774	2000	Japan
TYLCV-[Miy]	AB116629	2774	2001	Japan
TYLCV-[Ng]	AB110217	2774	2003	Japan
TYLCV-[Tosa]	AB192965	2781	2004	Japan
TYLCV-[Han]	AB192966	2781	2009	Japan
TYLCV-[AH1]	FJ646611	2786	2009	China
TYLCV-[ZJ3]	AM698117	2781	2008	China
TYLCV-ZJHZ12	FN256256	2781	2009	China
TYLCV-[SH2]	AM282874	2781	2006	China
TYLCV-Sh10	EU031444	2781	2007	China
TYLCV-[DO]	AF024715	2781	1994	Dominican Republic
TYLCV-[CU]	AJ223505	2781	1997	Cuba
TYLCV-IR	AJ132711	2771	1997	Iran
TYLCV-[EG:Ism]	AY594174	2781	2000	Egypt
TYLCV-Mld[PT]	AF105975	2793	1995	Portugal
TYLCV-Mld[ES7297]	AF071228	2791	1997	Spain
TYLCMLV-[ET]	DQ358913	2785	2003	Ethiopia
TYLCSV	X61153	2773	1988	Italia
TYLCTHV-[MM]	AF206674	2746	1999	Myanmar
TYLCV-[Gua]	FJ012358	2781	2009	Mexico
ToLCSV-[Yem]	EF110891	2781	2007	USA
PepYVMV-[ML]	AY502935	2786	2008	USA

⑤ 염기서열 분석

- 유전체 DNA: TYLCV-Bus와 -Bos는 99.8% 염기 동질성을 가지며, 이들은 일본계 TYLCV-Ng(99.5%), -Omu(99.6%), -Mis(99.5%), -Miy(99.4%)와 높은 동질성을 가짐 (표 2와 6). TYLCV-Hwas는 일본계 TYLCV-Han과 -Tosa와 99.7%, 중국계 TYLCV-ZJ3와 -SH2와 99.5% 염기 동질성을 가짐 (표 3). TYLCV-Jeju는 중국계 TYLCV-ZJHZ12(99.4%), -Sh10(99.4%), 국내 TYLCV-Nons와는 99.4%의 높은 동질성을 가짐 (표 4). TYLCV-Nons는 중국계 TYLCV-ZJHZ12(99.5%), -Sh10(99.6%), 국내 TYLCV-Jeju(99.4%)와 높은 염기 동질성을 가짐 (표 2)
- IR DNA: TYLCV-Bus와 -Bos는 99.7% 염기 동질성을 가지며, 이들은 일본계 TYLCV-Ng(99.0 및 99.4%), -Omu(99.4 및 99.6%), -Mis(99.4 및 99.7%), -Miy(98.7 및 99.0%)와 높은 동질성을 가짐 (표 2와 6). TYLCV-Hwas는 일본계 TYLCV-Han과 -Tosa와 98.7%, 중국계 TYLCV-ZJ3(97.8%)와 -SH2(98.4%)와 높은 염기 동질성을 가짐 (표 3). TYLCV-Jeju는 중국계 TYLCV-ZJHZ12(98.4%), -Sh10(98.7%), 국내 TYLCV-Nons와는 98.4%의 높은 동질성을 가짐 (표 4). TYLCV-Nons는 중국계 TYLCV-ZJHZ12(98.7%), -Sh10 (99.0%), 국내 TYLCV-Jeju(98.4%)와 높은 염기 동질성을 가짐 (표 5)
- 국내 5개 분리주들은 공통적으로 IR 부위에 virion-sense 방향으로 CAAT

박스(CCAAT)와 프로모터 TATA 박스(TATATA)를 갖고 있으며, complementary-sense 방향으로 CAAT 박스(CCAAAT)와 TATA 박스(TATAAA)를 가짐

- ORF1, V1 단백질(아미노산 259개): TYLCV-Bus는 -Bos와 100% 아미노산 동질성을 가지며, 이들은 TYLCV-Omu, -Mis, -Miy, -Ng, -EG:Ism과 99.2% 아미노산 동질성을 가짐 (표 2와 6). TYLCV-Hwas는 TYLCV-AH1, -ZJ3, -SH2, -Han, -Tosa, -Mid[PT]와 100% 아미노산 동질성을 가짐 (표 3). TYLCV-Jeju는 TYLCV-Bus, -Bos, -Nons and -Sh10과 99.8% 아미노산 동질성을 가짐 (표 4). TYLCV-Nons는 -Sh10과 99.6%의 가장 높은 아미노산 동질성을 가짐 (표 5)

표 2. Percentage nucleotide or amino acid sequence identities of TYLCV-Bus with selected begomoviruses

Isolate	Nucleotide sequences		Amino acid sequences					
	Total DNA	IR	V1(CP)	V2	C1	C2	C3	C4
	TYLCV-Bus		TYLCV-Bus					
TYLCV-Hwas	97.3	91.1	98.0	99.1	97.8	95.6	95.5	97.9
TYLCV-Jeju	97.1	91.1	98.8	97.4	98.0	96.3	94.8	97.9
TYLCV-Nons	97.2	91.4	98.5	98.3	97.8	96.3	94.8	96.9
TYLCV-Bos	99.8	99.7	100	99.1	100	99.3	98.5	100
TYLCV-[IL]	98.2	95.2	96.9	100	97.8	97.0	97.0	98
TYLCV-Ng	99.5	99.0	99.2	100	99.2	98.5	98.5	100
TYLCV-[Omu]	99.6	99.4	99.2	100	99.4	98.5	98.5	100
TYLCV-[Mis]	99.5	99.4	99.2	100	99.4	98.5	98.5	100
TYLCV-[Miy]	99.4	98.7	99.2	100	99.2	98.5	97.8	99.0
TYLCV-[EG:Ism]	98.4	96.2	99.2	100	97.5	97.0	96.3	97.9
TYLCV-[DO]	97.9	95.9	98.5	100	97.2	97.0	95.5	99.0
TYLCV-[CU]	97.9	95.2	98.8	100	97.2	97.0	95.5	99.0
TYLCV-[IR]	90.5	77.7	97.7	99.1	85.5	96.3	92.5	64.7
TYLCV-Mld[PT]	91.5	80.1	98.1	99.1	87.7	97.0	99.3	47.0
TYLCV-Mld[ES7297]	91.3	79.3	97.7	98.3	88.3	96.3	99.3	47.0
TYLCV-[Tosa]	97.6	93.0	98.1	99.1	97.5	95.6	95.5	97.9
TYLCV-[Han]	97.6	93.0	98.1	99.1	97.5	95.6	95.5	97.9
TYLCV-[Gua]	97.6	93.0	98.1	99.1	98.3	96.3	95.5	99.0
TYLCV-[AH1]	96.8	87.7	98.1	99.1	97.2	94.8	92.5	97.9
TYLCV-[ZJ3]	97.5	92.3	98.1	99.1	97.5	94.8	93.3	97.9
TYLCV-ZJHZ12	97.3	92.3	98.1	98.3	97.8	94.8	94.8	96.9
TYLCV-[SH2]	97.4	92.7	98.1	99.1	97.2	94.1	93.3	97.9
TYLCV-Sh10	97.3	92.0	98.5	98.3	97.8	95.6	94.0	97.9
TYLCSV	76.3	59.1	95.4	81.9	77.2	67.4	64.2	47.5
TYLCTHV-[MM]	74.2	67.0	72.9	70.7	77.8	58.5	68.7	62.6
TYLCMLV-[ET]	86.8	76.5	95.4	98.3	83.3	82.2	82.1	48.0
ToLCSV-[Yem]	80.6	69.6	77.5	94.0	82.2	77.8	81.3	-
PepYVMV-[ML]	78.2	63.4	89.5	88.8	74.4	71.1	75.4	44.3

- ORF2, V2 단백질(아미노산 117개): TYLCV-Bus는 TYLCV-Omu, -Mis, -Miy, -Ng, -IL, -EG:Ism, -Do, -CU와 100% 아미노산 동질성을 가짐 (표 2). TYLCV-Hwas는 TYLCV-AH1, -ZJ3, -SH2, -Han, -Tosa, -Mld[PT], -Gua와 100% 아미노산 동질성을 가짐 (표 3). TYLCV-Jeju는 TYLCV-ZJHZ12 및 -Sh10과 99.1% 아미노산 동질성을 가짐 (표 4). TYLCV-Nons는 TYLCV-ZJHZ12 및 -Sh10과 100%의 가장 높은 아미노산 동질성을 가짐 (표 5). TYLCV-Bos는 TYLCV-Bus, -IL, -Omu, -Mis, -Miy, -Ng, -EG:Ism, -DO 및 -CU와 99.1%의 가장 높은 아미노산 동질성을 가짐 (표 6)

표 3. Percentage nucleotide or amino acid sequence identities of TYLCV-Hwas with selected begomoviruses

Isolate	Nucleotide sequences		Amino acid sequences					
	Total DNA	IR	V1(CP)	V2	C1	C2	C3	C4
	TYLCV-Hwas		TYLCV-Hwas					
TYLCV-Bus	97.3	91.1	98.1	99.1	97.8	95.6	95.5	97.9
TYLCV-Jeju	98.5	94.6	98.5	98.3	98.6	99.3	99.3	97.9
TYLCV-Nons	98.7	94.9	99.2	99.1	98.3	99.3	99.3	96.9
TYLCV-Bos	97.3	91.4	98.1	98.3	97.8	96.3	95.5	97.9
TYLCV-[IL]	97.7	92.3	97.3	99.1	97.8	96.3	97.0	95.9
TYLCV-Ng	97.7	91.4	98.8	99.1	98.0	97.0	97.0	97.9
TYLCV-[Omu]	97.8	91.7	98.8	99.1	98.3	97.0	97.0	97.9
TYLCV-[Mis]	97.7	91.7	98.8	99.1	98.3	97.0	97.0	97.9
TYLCV-[Miy]	97.6	91.1	98.8	99.1	98.0	97.0	96.3	96.9
TYLCV-[EG:Ism]	98.1	93.9	98.8	99.1	98.0	96.3	98.5	95.9
TYLCV-[DO]	97.9	94.3	98.1	99.1	97.8	96.3	97.0	96.9
TYLCV-[CU]	97.8	93.6	98.5	99.1	97.8	96.3	97.0	96.9
TYLCV-[IR]	90.4	75.0	98.1	98.3	86.1	97.0	94.8	64.7
TYLCV-Mld[PT]	92.3	81.3	100	100	88.0	98.5	97.8	47.0
TYLCV-Mld[ES7297]	92.1	81.2	99.6	99.1	88.6	96.3	97.8	47.0
TYLCV-[Tosa]	99.5	96.8	100	100	99.7	100	100	100
TYLCV-[Han]	99.5	96.8	100	100	99.7	100	100	100
TYLCV-[Gua]	99.1	96.2	99.2	100	98.9	99.3	100	99.0
TYLCV-[AH1]	98.9	92.8	100	100	99.4	99.3	97.0	100
TYLCV-[ZJ3]	99.3	95.9	100	100	99.7	99.3	97.8	100
TYLCV-ZJHZ12	98.7	95.5	99.2	99.1	98.3	99.3	99.3	96.9
TYLCV-[SH2]	99.3	96.5	100	100	99.4	98.5	97.8	100
TYLCV-Sh10	98.7	95.2	99.6	99.1	98.3	98.5	98.5	97.9
TYLCSV	75.8	54.4	88.4	81.0	77.4	68.2	66.4	48.5
TYLCTHV-[MM]	74.4	63.1	73.3	69.8	78.1	58.5	71.6	62.6
TYLCMLV-[ET]	87.1	73.2	96.5	97.4	83.8	84.4	85.8	48.0
ToLCSV-[Yem]	80.6	67.7	77.5	93.1	82.5	79.3	85.1	-
PepYVMV-[ML]	77.9	56.6	89.9	87.9	73.8	73.3	77.6	45.4

- ORF3, C1 단백질(아미노산 358개): TYLCV-Bus는 -Bos와 100% 아미노산 동질성을 가짐 (표 2와 6). TYLCV-Hwas는 TYLCV-ZJ3, -Han, -Tosa와 99.7% 아미노산 동질성을 가짐 (표 3). TYLCV-Jeju는 TYLCV-Nons, -ZJHZ12, -Sh10과 99.7% 아미노산 동질성을 가짐 (표 4). TYLCV-Nons는 TYLCV-Jeju와 99.7%의 가장 높은 아미노산 동질성을 가짐 (표 5)
- ORF4, C2 단백질(아미노산 136개): TYLCV-Bus는 -Bos와 99.3% 아미노산 동질성을 가짐 (표 2와 6). TYLCV-Hwas는 TYLCV-Han과 -Tosa와 100% 아미노산 동질성을 가짐 (표 3). TYLCV-Jeju는 TYLCV-Nons와 100% 아미노산 동질성을 가지며, 이들은 TYLCV-ZJHZ12 및 -Gua와 100%의 가장 높은 아미노산 동질성을 가짐 (표 4과 5). TYLCV-Bos는 TYLCV-Bus, -Omu, -Mis, -Miy, -Ng와 99.3%의 가장 높은 아미노산 동질성을 가짐 (표 6)

표 4. Percentage nucleotide or amino acid sequence identities of TYLCV-Jeju with selected begomoviruses

Isolate	Nucleotide sequences		Amino acid sequences					
	Total DNA	IR	V1(CP)	V2	C1	C2	C3	C4
	TYLCV-Jeju		TYLCV-Jeju					
TYLCV-Bus	97.1	91.1	98.8	97.4	98.0	96.3	94.8	97.9
TYLCV-Hwas	98.5	94.6	98.5	98.3	98.6	99.3	99.3	97.9
TYLCV-Nons	99.4	98.4	98.8	99.1	99.7	100	98.5	99.0
TYLCV-Bos	97.1	91.4	98.8	97.4	98.0	97.0	94.8	97.9
TYLCV-[IL]	97.5	93.3	96.5	97.4	98.0	97.0	96.3	95.
TYLCV-Ng	97.4	92.0	98.1	97.4	98.3	97.8	96.3	97.9
TYLCV-[Omu]	97.5	91.7	98.1	97.4	98.6	97.8	96.3	97.9
TYLCV-[Mis]	97.4	91.7	98.1	97.4	98.6	97.8	96.3	97.9
TYLCV-[Miy]	97.3	91.1	98.1	97.4	98.3	97.8	95.5	96.9
TYLCV-[EG:Ism]	97.8	94.3	98.1	97.4	98.3	97.0	97.8	95.9
TYLCV-[DO]	97.5	94.6	97.3	97.4	98.0	97.0	96.3	96.9
TYLCV-[CU]	97.5	93.9	97.7	97.4	98.0	97.0	96.3	96.9
TYLCV-[IR]	90.3	76.3	97.3	96.6	86.4	97.8	94.0	66.7
TYLCV-Mld[PT]	91.9	81.6	98.5	98.3	88.3	99.3	97.0	47.0
TYLCV-Mld[ES7297]	91.9	82.8	98.1	97.4	88.9	97.0	97.0	47.0
TYLCV-[Tosa]	98.8	96.5	98.5	98.3	98.3	99.3	99.3	97.9
TYLCV-[Han]	98.8	96.5	98.5	98.3	98.3	99.3	99.3	97.9
TYLCV-[Gua]	98.9	97.1	98.5	98.3	99.2	100	99.3	99.0
TYLCV-[AH1]	98.0	91.5	98.5	98.3	98.0	98.5	96.3	97.9
TYLCV-[ZJ3]	98.6	95.5	98.5	98.3	98.3	98.5	97.0	97.9
TYLCV-ZJHZ12	99.4	98.4	98.5	99.1	99.7	100	98.5	99.0
TYLCV-[SH2]	98.6	96.2	98.5	98.3	98.0	97.8	97.0	97.9
TYLCV-Sh10	99.4	98.7	98.8	99.1	99.7	99.3	97.8	100
TYLCSV	76.1	56.8	88.8	81.0	77.4	67.4	67.2	48.5
TYLCTHV-[MM]	74.7	65.8	73.6	71.6	78.4	57.8	70.9	64.7
TYLCMLV-[ET]	87.1	73.5	95.7	97.4	84.4	85.2	86.6	48.0
ToLCSV-[Yem]	80.7	68.7	76.7	94.8	83.3	79.3	84.3	-
PepYVMV-[ML]	78.7	63.5	90.3	87.9	74.7	74.1	78.4	45.4

- ORF5, C3 단백질(아미노산 135개): TYLCV-Bus는 TYLCV-Mld[PT] 및 Mld[ES7297]과 99.3% 아미노산 동질성을 가짐 (표 2). TYLCV-Hwas는 TYLCV-Han, -Tosa, -Gua와 100% 아미노산 동질성을 가짐 (표 3). TYLCV-Jeju는 TYLCV-Nons와 99.3% 아미노산 동질성을 가지며, 이들은 TYLCV-Han, -Tosa 및 -Gua와 99.3%의 가장 높은 아미노산 동질성을 가짐 (표 4과 5). TYLCV-Bos는 TYLCV-Mld[ES7297]과 99.3% 아미노산 동질성을 가짐 (표 6)
- ORF6, C4 단백질(아미노산 98개): TYLCV-Bus는 -Bos와 100% 아미노산 동질성을 가지며, 이들은 TYLCV-Omu, -Mis, -Ng와 100% 아미노산 동질성을 가짐 (표 2와 6). TYLCV-Hwas는 TYLCV-Han, -Tosa, -AH1 및 -ZJ3와 100% 아미노산 동질성을 가짐 (표 3). TYLCV-Jeju는 TYLCV-Sh10과 100% 아미노산 동질성을 가짐 (표 4). TYLCV-Nons는 TYLCV-Jeju 및 -Sh10과 99.0% 아미노산 동질성을 가짐 (표 5)

Table 5. Percentage nucleotide or amino acid sequence identities of TYLCV-Nons with selected begomoviruses

Isolate	Nucleotide sequences		Amino acid sequences					
	Total DNA	IR	V1(CP)	V2	C1	C2	C3	C4
	TYLCV-Nons		TYLCV-Nons					
TYLCV-Bus	97.2	91.4	98.5	98.3	97.8	96.3	94.8	96.9
TYLCV-Hwas	98.7	94.9	99.2	99.1	98.3	99.3	99.3	96.9
TYLCV-Jeju	99.4	98.4	98.8	99.1	99.7	100	98.5	99.0
TYLCV-Bos	97.2	91.7	98.5	97.4	97.8	97.0	94.8	96.9
TYLCV-[IL]	97.7	93.6	97.3	98.3	97.8	97.0	96.3	94.9
TYLCV-Ng	97.5	91.7	98.8	98.3	98.0	97.8	96.3	96.9
TYLCV-[Omu]	97.6	92.0	98.8	98.3	98.3	97.8	96.3	96.9
TYLCV-[Mis]	97.6	92.0	98.8	98.3	98.3	97.8	96.3	96.9
TYLCV-[Miy]	97.5	91.4	98.8	98.3	98.0	97.8	95.5	95.9
TYLCV-[EG:Ism]	98.0	94.6	98.8	98.3	98.0	97.0	97.8	94.9
TYLCV-[DO]	97.6	94.9	98.1	98.3	97.8	97.0	96.3	95.9
TYLCV-[CU]	97.7	94.3	98.5	98.3	97.8	97.0	96.3	95.9
TYLCV-[IR]	90.5	76.6	98.1	97.4	86.4	97.8	94.0	66.7
TYLCV-Mld[PT]	92.1	82.2	99.2	99.1	88.0	99.3	97.0	46.0
TYLCV-Mld[ES7297]	92.1	83.1	98.8	98.3	88.6	97.0	97.0	46.0
TYLCV-[Tosa]	99.0	96.8	99.2	99.1	98.0	99.3	99.3	96.9
TYLCV-[Han]	99.0	96.8	99.2	99.1	98.0	99.3	99.3	96.9
TYLCV-[Gua]	99.1	97.4	99.2	99.1	98.9	100	99.3	97.9
TYLCV-[AH1]	98.1	91.2	99.2	99.1	97.8	98.5	96.3	96.9
TYLCV-[ZJ3]	98.7	95.9	99.2	99.1	98.0	98.5	97.0	96.9
TYLCV-ZJHZ12	99.5	98.7	99.2	100	99.4	100	98.5	97.9
TYLCV-[SH2]	98.7	96.5	99.2	99.1	97.8	97.8	97.0	96.9
TYLCV-Sh10	99.6	99.0	99.6	100	99.4	99.3	97.8	99.0
TYLCSV	76.1	55.3	88.8	81.0	77.7	67.4	65.7	47.5
TYLCTHV-[MM]	74.7	65.8	73.6	70.7	78.4	57.8	71.6	63.6
TYLCMLV-[ET]	87.3	73.9	96.5	98.3	84.4	85.2	85.1	48.0
ToLCSV-[Yem]	80.7	69.3	77.5	94.0	83.0	79.3	84.3	-
PepYVMV-[ML]	78.9	64.4	90.3	88.8	74.7	74.1	76.9	44.3

- TYLCV-Bus와 -Bos (제 1 클레이드): 일본계 TYLCV-Mis, -Omu, -Ng, -Miy와 클러스터링(100% bootstrap support). 이 결과는 TYLCV-Bus와 -Bos가 1996년부터 발생한 일본의 구세대 TYLCV로부터 유래되었음을 암시함
- TYLCV-Jeju와 -Nons (제 2 클레이드): 중국계 TYLCV-ZJHZ212와 -Sh10과 클러스터링. 이 결과는 TYLCV-Jeju와 -Nons가 2006년 중국 상해로부터 처음 발생하여 여러 지역으로 전파된 중국계 TYLCV로부터 유래되었음을 암시함
- TYLCV-Hwas (제 3 클레이드): 일본계 TYLCV-Han, -Tosa와 중국계 TYLCV-AH1, -ZJ3, -SH2와 클러스터링. 이 결과는 TYLCV-Hwas 및 중국계 TYLCV-AH1, -ZJ3, -SH2가 신일본계 TYLCV-Tosa로부터 유래되었음을 암시함

⑦ 재조합 분석

- 재조합 부위: C1 단백질 코딩 부위(염기# 2055-2232 및 2441-2540)
- RDP 프로그램의 분석 한계로 인해 염기동질성이 높은 TYLCV 분리주 간에 분석 불가
- 현재로는 유전적으로 근연관계가 먼 TYLCV-Mld[PT]를 major parent, TYLCTHV-MM을 minor parent의 재조합에 의해 발생한 것으로 유추함

(2) HYVV

① 시료

- 2007년 7월 제주도 및 2009년 8월 당진의 시설하우스에 재배중인 뚜렷한 바이러스 병징을 보이는 토마토 채집함



그림. 6. Tomato foliar symptoms (arrows) showing curling and yellowing on the edges, caused by HYVV-Jeju isolated from Jeju Island in Korea

② 바이러스 동정 및 특성 규명

- 유전체 크기 : HYVV-Jeju는 2763개 염기로 구성, HYVV-DJ는 2764개 염기로 구성
- 유전체 구성: 6개 ORF (2개 ORF는 virion strand, 4개 ORF는 역방향)
- 유전체 전체염기 동질성: HYVV-Jeju는 HYVV-Masuda와 92.8%로 가장 높은 동질성을 보였고, HYVV-DJ는 HYVV-Jeju와 91.9%로 가장 높은 동질성을 보임
- 명명: Geminiviridae과, Begomovirus속에 속하는 바이러스 간에 89% 이상동질성을 나타내는 경우 같은 종으로 분류, 반면에 89% 미만일 경우 다른 종으로 분류함. 따라서 HYVV-Jeju와 HYVV-DJ로 명명하였음

表 7. Percentage nucleotide (nt) and deduced amino acid (aa) sequence identities between HYVV-Jeju and other begomovirus isolates

Virus isolates ^a	Total	IR	V1	V2	C1	C2	C3	C4
	nt	nt	nt / aa	nt / aa	nt / aa	nt / aa	nt / aa	nt / aa
HYVV-[Masuda]	92.8	90.4	92.2 /96.9	88.0 /89.7	95.1 /84.9	91.9 /89.6	91.9 /86.6	96.6 /92.8
TbLCJV-[Koc]	92.6	89.7	93.9 /98.4	93.3 /94.7	93.4 /84.0	92.9 /90.4	92.1 /90.3	93.5 /83.5
HYVMV-[HY12]	90.5	85.9	90.1 /93.4	86.6 /85.3	92.9 /82.6	91.9 /88.2	89.6 /85.8	94.9 /86.6
TbLJV-[Iba:06]	90.4	84.1	93.4 /97.3	87.5 /89.7	91.4 /92.0	89.0 /85.2	89.4 /86.6	93.2 /86.6
TbLCJV-[JP3]	89.8	87.3	92.6 /98.1	86.8 /86.2	91.7 /82.0	88.5 /85.2	89.6 /84.3	96.3 /90.0
HYVMV-[FK1]	90.2	89.3	85.4 /86.0	86.9 /88.8	94.6 /92.6	88.2 /84.4	88.6 /85.1	96.9 /93.8
TbLCJV-2007 ^b	89.7	85.6	92.9 /96.9	87.5 /87.9	91.4 /82.0	89.0 /85.2	88.6 /85.1	93.5 /87.7
TbLCJV-1999 ^b	87.1	68.8	91.3 /96.1	88.9 /87.9	89.9 /90.9	88.7 /85.2	88.9 /83.6	93.2 /83.5
HYVMV-[OT2]	90.3	88.9	85.5 /86.8	86.6 /88.8	94.8 /82.4	88.2 /83.7	88.9 /85.1	96.9 /93.8
TbLCJV-[JP2]	89.4	86.6	91.2 /96.1	86.9 /87.1	91.5 /81.8	88.5 /85.2	88.9 /82.8	95.6 /87.6
HYVMV-[OT1]	89.8	89.7	85.4 /86.0	86.3 /88.8	94.1 /92.8	88.2 /82.2	87.9 /83.6	97.3 /93.8
HYVV-[HYVVNZ1]	87.5	59.2	90.1 /94.2	87.2 /87.9	90.1 /88.7	92.2 /88.2	90.1 /86.6	92.2 /83.5
HYVV-[Fukui]	87.8	59.9	91.3 /97.7	86.9 /85.3	83.3 /72.5	91.7 /88.2	90.1 /85.1	91.8 /82.5
HYVMV-[Nar1:06]	89.5	87.2	85.9 /88.0	86.3 /86.2	92.7 /82.4	89.7 /85.2	89.9 /85.8	93.3 /85.9
HYVMV--[TobKG5]	88.7	85.1	85.5 /85.2	84.3 /85.3	92.1 /92.6	88.5 /84.4	89.4 /85.1	94.2 /86.6
HYVMV-[Yam]	87.2	67.4	86.2 /86.8	86.0 /87.9	91.8 /93.1	91.7 /88.2	90.6 /86.6	92.2 /82.5
HYVMV-[Miyazaki]	86.8	67.8	86.6 /88.7	86.9 /87.1	91.8 /91.2	89.0 /83.7	88.2 /82.1	66.0 /62.9
HYVMV-[Nar2:06]	86.4	68.5	85.5 /87.9	85.2 /84.5	90.7 /91.5	90.7 /85.9	89.1 /85.1	93.2 /83.5
HYVMV-[SP1:00]	85.8	70.5	85.3 /87.6	84.3 /80.2	88.9 /76.9	90.2 /85.2	89.0 /77.8	91.2 /80.4
EpYVV-[Suya]	81.6	52.4	85.5 /87.9	83.8 /84.5	85.8 /78.8	82.0 /69.1	84.2 /79.1	91.2 /79.4
EpYVV-[Kagawa]	80.6	49.5	85.5 /88.7	84.6 /84.5	85.6 /88.2	82.8 /71.1	85.4 /79.1	91.2 /80.4
EpYVV-[Yam]	80.5	48.0	85.8 /88.7	84.6 /83.6	85.3 /86.5	82.4 /71.9	85.2 /79.9	62.4 /55.7
EpYVV-[MNS2]	80.5	46.2	84.9 /88.3	82.9 /84.5	85.4 /86.8	82.8 /71.1	85.4 /79.1	62.4 /55.7
EpYVV-[SOJ3]	79.0	63.9	84.8 /87.9	83.2 /86.2	79.3 /81.8	84.1 /72.6	85.2 /79.9	67.6 /44.1
HYVV-[UK1]	86.5	57.4	91.2 /96.1	86.9 /87.1	83.0 /81.4	91.2 /86.7	89.1 /85.1	49.3 /44.3
HYVV-[UK2]	87.1	58.4	90.6 /94.6	86.6 /86.2	89.8 /88.2	91.7 /88.2	89.6 /85.8	91.8 /82.5
SgYVGdV	76.3	49.8	74.8 /79.7	72.7 /62.5	82.6 /85.4	76.4 /61.8	80.0 /75.4	84.4 /68.0
PaLCuCNV	72.7	43.1	75.6 /79.8	76.9 /75.0	83.1 /85.1	72.6 /60.7	73.8 /68.7	86.4 /71.1
TbLCZWV	69.0	43.7	69.8 /72.5	69.2 /63.8	75.0 /74.9	67.7 /52.6	72.8 /67.2	68.4 /47.4
TbLCYV-[Y136]	73.1	46.0	74.6 /73.9	71.4 /68.9	80.4 /68.6	71.8 /59.3	73.1 /66.4	74.2 /52.6
TbLCThV	72.8	44.8	75.2 /75.5	72.2 /71.4	81.0 /84.0	72.8 /60.0	73.6 /70.2	84.0 /70.1
HYVV-DJ	91.9	70.2	95.2 /98.1	98.3 /97.4	92.6 /94.5	95.8 /94.8	97.3 /97.0	93.9 /85.6

^aGenBank accession numbers: HYVV-Jeju (FJ434943), HYVV-[Masuda] (AB236325), TbLCJV-[Koc] (AB055009), HYVMV-[HY12] (AB178946), TbLJV-[Iba:06] (AB287439), TbLCJV-[JP3] (AB079689), HYVMV-[FK1] (AB178945), TbLCJV-2007 (EF620536), TbLCJV-1999 (AB028604), HYVMV-[OT2] (AB178948), TbLCJV-[JP2] (AB055008), HYVMV-[OT1] (AB178947), HYVV-[HYVVNZ1] (FJ817425), HYVV-[Fukui] (AB236321), HYVMV-[Nar1:06] (AB287440), HYVMV--[TobKG5] (AB178949), HYVMV-[Yam] (AB079765), HYVMV-[Miyazaki] (AB236323), HYVMV-[Nar2:06] (AB287441), HYVMV-[SP100] (AB182261), EpYVV-[Suya] (AB300463), EpYVV-[Kagawa] (AB433979), EpYVV-[Yam] (AB079766), EpYVV-[MNS2] (AJ438936), EpYVV-[SOJ3] (AJ438937), HYVV-[UK1] (AJ542540), HYVV-[UK2] (AJ543429), SgYVGdV (AM238692), PaLCuCNV (AJ876548), TbLCZWV (AF350330), TbLCYV-[Y136] (AJ512761.1), TbLCThV (DQ871221) and HYVV-DJ (HQ189431).

^b*Tobacco leaf curl Japan virus* (EF620536) and *Tobacco leaf curl Japan virus* (AB028604) are described as TbLCJV-2007 and -1999 in this study.

표 8. Percentage nucleotide (nt) and deduced amino acid (aa) sequence identities between HYVV-DJ and other begomovirus isolates

Virus isolates ^a	Total nt	IR nt	V1 nt / aa	V2 nt / aa	C1 nt / aa	C2 nt / aa	C3 nt / aa	C4 nt / aa
HYVV-[Masuda]	89.4	69.3	91.9/ 96.5	90.9/ 91.4	92.9/ 94.8	91.7/ 89.6	90.9/ 87.3	94.2/ 86.6
TbLCJV-[Koc]	88.8	69.3	93.0/ 97.3	93.6/ 96.5	90.7/ 92.3	91.2/ 88.9	91.6/ 89.6	92.9/ 84.5
HYVMV-[HY12]	86.9	62.8	89.8/ 93.8	89.5/ 87.1	90.4/ 93.9	91.9/ 88.9	89.1/ 86.6	91.5/ 79.4
TbLJV-[Iba:06]	87.5	68.6	93.7/ 97.7	88.3/ 91.4	88.3/ 90.6	89.5/ 85.9	88.4/ 85.8	90.5/ 81.4
TbLCJV-[JP3]	87.0	67.0	92.1/ 96.9	89.8/ 87.9	89.0/ 92.3	89.0/ 84.4	88.2/ 83.6	91.5/ 78.4
HYVMV-[FK1]	86.6	65.2	85.0/ 86.0	87.5/ 90.5	92.4/ 93.9	89.0/ 86.7	88.6/ 84.3	93.5/ 86.6
TbLCJV-2007 ^b	87.3	68.7	93.2/ 97.3	90.6/ 89.7	88.4/ 90.4	89.5/ 85.9	87.7/ 84.3	90.8/ 82.5
TbLCJV-1999 ^b	89.1	84.8	91.1/ 94.9	89.5/ 89.7	89.2/ 92.8	89.2/ 84.4	87.4/ 82.8	90.5/ 76.3
HYVMV-[OT2]	86.7	65.1	85.1/ 86.8	89.5/ 90.5	92.5/ 94.5	89.0/ 85.9	88.9/ 84.3	93.5/ 86.6
TbLCJV-[JP2]	86.8	66.7	91.7/ 94.9	90.1/ 88.8	89.0/ 92.0	89.0/ 84.4	87.4/ 82.1	91.5/ 78.4
HYVMV-[OT1]	86.2	65.5	85.0/ 86.0	86.9/ 90.5	91.9/ 93.7	88.2/ 83.7	87.7/ 82.8	93.9/ 86.6
HYVV-[HYVVNZ1]	88.0	77.0	90.4/ 94.6	87.8/ 89.7	89.0/ 89.3	91.7/ 88.9	89.6/ 87.3	90.5/ 79.4
HYVV-[Fukui]	87.9	75.6	91.1/ 98.1	89.8/ 87.1	89.0/ 82.9	91.4/ 88.2	89.4/ 85.8	90.1/ 78.4
HYVMV-[NarI:06]	85.9	66.9	85.4/ 87.9	89.2/ 87.9	89.4/ 92.8	90.4/ 85.9	89.4/ 85.8	92.2/ 79.8
HYVMV--[TobKG5]	85.4	66.6	85.5/ 85.2	85.5/ 87.1	88.6/ 90.6	86.8/ 84.4	89.1/ 85.1	90.8/ 79.4
HYVMV-[Yam]	87.5	73.6	85.9/ 86.8	86.9/ 89.7	90.8/ 92.6	90.7/ 89.7	90.1/ 86.6	92.5/ 84.5
HYVMV-[Miyazaki]	86.5	72.8	86.1/ 88.7	87.8/ 88.8	89.9/ 90.6	87.3/ 83.7	87.9/ 82.1	64.8/ 59.3
HYVMV-[Nar2:06]	87.4	83.1	85.3/ 87.9	85.8/ 86.2	89.7/ 93.4	90.7/ 86.7	88.2/ 83.6	90.5/ 96.3
HYVMV-[SP1:00]	85.9	75.7	85.0/ 87.6	87.1/ 81.9	88.3/ 89.0	90.7/ 85.9	88.0/ 76.5	89.5/ 76.3
EpYVV-[Suya]	83.7	75.5	85.5/ 88.7	86.0/ 84.5	85.1/ 87.6	80.3/ 69.1	83.5/ 78.4	89.8/ 78.3
EpYVV-[Kagawa]	83.5	72.2	85.4/ 88.7	84.1/ 83.6	85.6/ 88.1	81.9/ 71.1	84.7/ 79.1	90.1/ 78.4
EpYVV-[Yam]	81.8	57.4	85.9/ 88.7	84.3/ 82.8	84.8/ 87.1	81.6/ 71.8	84.7/ 80.6	62.2/ 53.6
EpYVV-[MNS2]	81.3	57.9	84.5/ 89.1	82.6/ 84.5	84.8/ 87.1	81.1/ 71.1	84.7/ 78.4	62.2/ 53.6
EpYVV-[SOJ3]	79.0	60.7	84.8/ 88.7	83.5/ 87.1	78.2/ 81.5	82.4/ 72.6	84.4/ 79.1	66.3/ 41.2
HYVV-[UK1]	86.7	55.0	91.0/ 95.8	87.5/ 88.8	82.3/ 82.7	91.2/ 87.4	88.6/ 85.8	47.3/ 40.2
HYVV-[UK2]	87.7	76.6	90.1/ 94.2	87.2/ 87.9	89.0/ 89.3	91.7/ 88.9	89.1/ 86.6	90.1/ 78.4
SgYVGdV	77.5	64.5	74.3/ 79.7	72.2/ 65.0	82.7/ 84.9	75.7/ 61.0	80.3/ 74.6	84.0/ 67.0
PaLCuCNV	75.8	54.6	76.2/ 78.6	78.7/ 73.3	82.7/ 84.9	72.1/ 60.7	74.4/ 67.9	86.1/ 71.1
TbLCZwV	70.8	58.5	69.9/ 72.5	69.2/ 62.1	74.9/ 74.7	68.1/ 51.9	72.6/ 67.9	68.7/ 47.4
TbLCYV-[Y136]	74.0	55.8	75.2/ 74.7	76.3/ 72.3	79.7/ 78.6	71.6/ 60.0	72.6/ 66.4	75.2/ 51.6
TbLCThV	74.2	50.5	75.5/ 75.1	73.3/ 74.0	80.8/ 83.5	71.8/ 59.3	72.8/ 69.4	83.7/ 67.0
HYVV-Jeju	91.9	70.2	95.2/ 98.1	98.3/ 97.4	92.6/ 94.5	95.8/ 94.8	97.3/ 97.0	93.9/ 85.6

- Intergenic region(IR)의 특징: 289개의 염기로 구성된 IR부위에는 33개의 염기로 형성하는 stem-loop 부위가 (5'-GCGGCCATCCGTATAATATTACCGGATGGCCGC-3') 존재하는데, 특히 begomovirus에서 알려진 9개 보존염기(nonanucleotide motif)는 바이러스 증식과 관련된 단백질(replication-associated protein; Rep)에 부착에 관여하는 것으로 알려짐

③ 계통수 I (Maximum-likelihood)

- HYVV-Jeju 및 HYVV-DJ를 포함하여 표 1과 2에 명시된 begomovirus의 계통수 분석 결과 2개의 클레이드(Clade)로 분류할 수 있음 (그림. 7)
- Clade II는 EpYVV 분리주 (EpYVV-MNS2, -Yam, -Kagawa, -SOJ3, -Suya)들로만 클러스터링된 반면, Clade I은 5개 Subclade A, B, C, D, E로 분류됨
- Subclade A: 주로 HYMMV 분리주들로 클러스터링
- Subclade B는 주로 HYVV 분리주들로 클러스터링
- Subclade C는 HYVMV-TobkG5 와 -Miyazaki로 클러스터링
- Subclade D는 TbLCJV-1999, -2007, -JP-2, -JP-3, Iba:06로 클러스터링
- Subclade E는 TbLCJV-Koc, HYVMV-HY12, HYVV-Masuda, -Jeju, -DJ로 혼합형 클러스터링

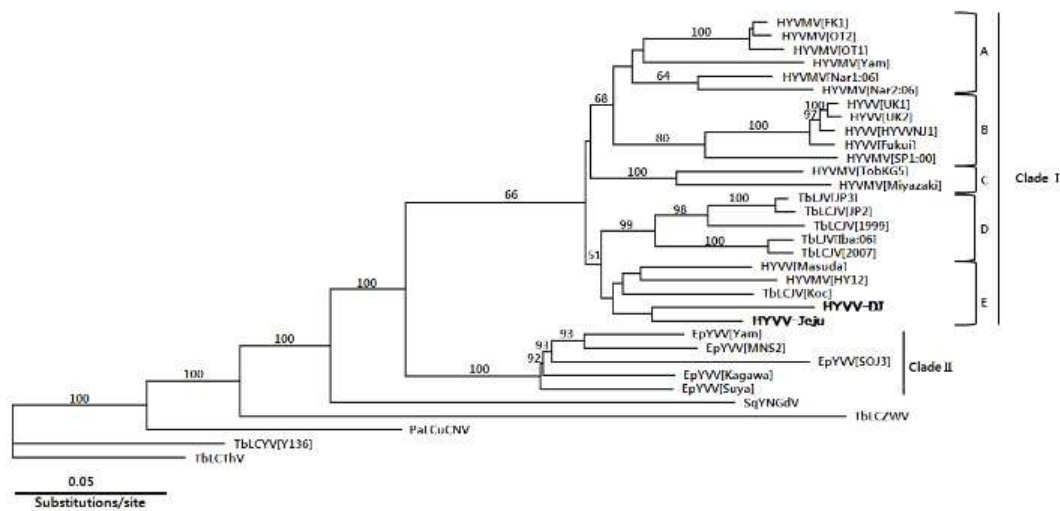


그림. 7. Phylogenetic tree constructed based on nucleotide sequences of the full genome in begomoviruses worldwide using the maximum likelihood method in PAUP*4.0b10. The numbers at each branch indicate the percentage of 1000 bootstraps, which support the grouping at that node. Bootstrap scores > 50% are shown at major nodes. TbLCThV is the outgroup

④ 계통수 II (MrBayes method)

- 계통수 I 처럼 2개의 클레이드(Clade)로 분류할 수 있음 (그림. 8)
- Clade II는 EpYVV 분리주 (EpYVV-MNS2, -Yam, -Kagawa, -SOJ3, -Suya)들로만 클러스터링된 반면, Clade I은 5개 Subclade A, B, C, D, E로 분류됨
- Subclade A는 주로 HYMMV 분리주들로 클러스터링
- Subclade B는 주로 TbLCJV 분리주들로 클러스터링
- Subclade C는 HYVV 분리주들로 클러스터링
- Subclade D는 3종의 다른 바이러스들로 클러스터링
- Subclade E는 HYVV-Jeju와 -DJ로 클러스터링
- MrBayes 분석에 따르면 국내 HYVV 분리주 2가지는 알려진 begomovirus와 유전적으로 약간 상이함

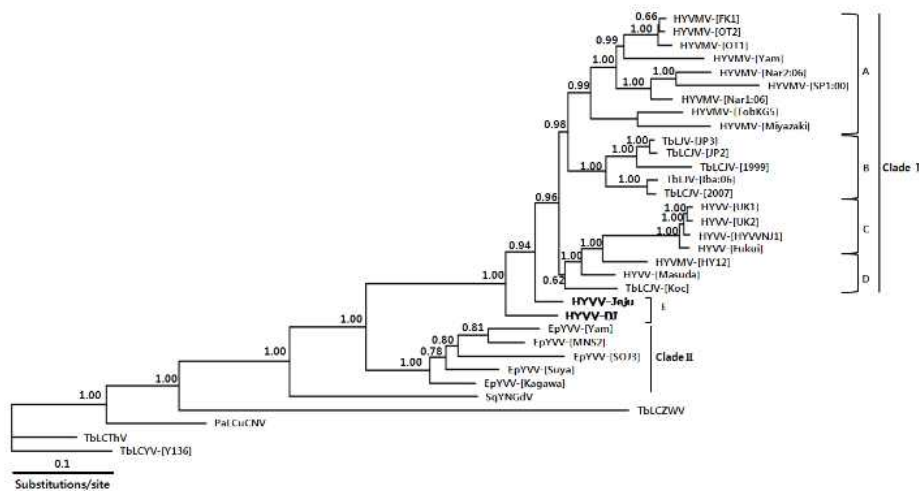


그림. 8. The full genome of begomoviruses phylogeny inferred by Bayesian analysis corresponding to the consensus of 35000 trees. The numbers at each branch indicate the posterior probability of each split. TblLCThV is the outgroup

⑤ 재조합분석

- HYVV-Jeju 와 -DJ의 C3 ORF (nt 1129-1226)가 재조합 부위로 분석될 경우 HYVMV-SP1:00 (major 양친형)와 EpYVV-Suya (minor 양친형)의 유전체로부터 유래되었을 가능성 있음
- HYVV-DJ의 IR 부위가 재조합 부위로 분석될 경우 HYVV-Jeju (major 양친형)와 EpYVV-Suya (minor 양친형)의 유전체로부터 유래되었을 가능성 있음

표 9. Identification of potential recombination region of HYVV-Jeju and -DJ genomes and their parental viruses using RDP 3.44

Recombinant	Region (nt)	Parent isolates		Detected by	Average P-value
		Major	Minor		
HYVV-Jeju/ HYVV-DJ	1129-1226	HYVMV-[SP1:00]	EPYVV-[Suya]	RDP	3.050×10^{-1}
				GENECONV	4.169×10^{-2}
				BootScan	2.500×10^{-2}
				MaxChi	-
				Chimaera	3.861×10^{-2}
				SiScan	2.177×10^{-14}
				3Seq	-
HYVV-DJ	2567-2732	HYVV-Jeju	EPYVV-[Suya]	RDP	1.157×10^{-20}
				GENECONV	1.613×10^{-18}
				BootScan	9.739×10^{-17}
				MaxChi	2.638×10^{-10}
				Chimaera	3.581×10^{-11}
				SiScan	3.835×10^{-10}
				3Seq	1.107×10^{-11}

2. 정확도 및 고감응 바이러스 진단시스템 개발I (핵산 기반 PCR 진단 시스템 개발)

가. 연구기간: 2008-2010년 (2년)

나. 연구방법

(1) CMV (*Cucumber mosaic virus*): PCR 합성 시스템 최적화

※ CP 유전자 특이적(specific) 프라이머

㉠ forward primer: 5'-GAATTCGACAAATCTGAATCAACCAGT-3'

㉡ reverse primer: 5'-GAATTCTCARACTGGGAGCACT-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 30 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 57도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

(2) TMGMV (*Tobacco mild green mosaic virus*): PCR 합성 시스템 최적화

※ CP 유전자 특이적(specific) 프라이머

㉠ forward primer: 5'-GAATTCTCGAGTACGTTTTAATCAAT-3'

㉡ reverse primer: 5'-GAATTCATTTTAGGAAATCTCACAAC-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 30 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 52도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

(3) TYLCV: 유전자별 PCR 합성 시스템 최적화

※ 유전자 특이적 (specific) 혹은 일반적 (universal) 프라이머

- V1 (외피단백질) 유전자

㉠ forward primer: 5'-GAATTCATGTCGAAGCGWCCA-3'

㉡ reverse primer: 5'-GAATTCCTTAATTKRTAYTGAATCATAGAA-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 30 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 54도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

- V2 유전자

㉠ forward primer: 5'-GAATTCATGTGGGACCCACTTCTT-3'

㉡ reverse primer: 5'-GAATTCCTCAGGGCTTCGATACATTC-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 30 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 60도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

- C1 (Rep 단백질) 유전자

㉠ forward primer: 5'-ATGCCTCGTTTATTTAATATATATGCC-3'

㉡ reverse primer: 5'-TTACGCCTTATTGGTTTCTTCTTG-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 30 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 52도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

- C2 (TrAP) 유전자

㉠ forward primer: 5'-GAATTCATGCAACCTTCGTCACCC-3'

㉡ reverse primer: 5'-GAATTCCTAAATACTCTTAAGAAATGACCAGT-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 30 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 57도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

- C3 (REn)유전자

㉠ forward primer: 5'-GAATTCATGGATTTCACGCACA-3'

㉡ reverse primer: 5'-GAATTCTTAATAAAAATTTATATTTTATATCATGA-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 30 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 50도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

- C4 유전자

㉠ forward primer: 5'-GAATTCATGGGGAACCACATCTCC-3'

㉡ reverse primer: 5'-GAATTCCTTAATATATTGAGGGCCTCGG-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 30 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 57도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

(4) HYVV: 유전자별 PCR 합성 시스템 최적화

※ 유전자 특이적(specific) 혹은 일반적(universal) 프라이머

- V1 (외피단백질) 유전자

㉠ forward primer: 5'-GAATTCATGTCGAAGCGWCCA-3'

㉡ reverse primer: 5'-GAATTCCTTAATTKRTAYTGAATCATAGAA-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 30 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 52도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

- C1 (Rep 단백질) 유전자

㉠ forward primer: 5'-ATGGCTCCACCGAAACGTTTTAGAAATAACA-3'

㉡ reverse primer: 5'-TCAATCCTCCTCCTGCGTGGTTGT-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 30 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 59도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

- C2 (TrAP) 유전자

㉠ forward primer: 5'-ATGCAACCTTCGTCACCCTCTACG-3'

㉡ reverse primer: 5'-TTAAATACCCTCAAGAAATGCGAAGTCTGAG-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 30 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 59도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

다. 연구결과 및 고찰

(1) CMV: CP 유전자 진단

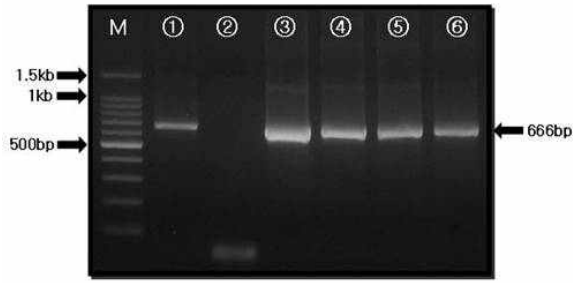


Fig. M; 100bp DNA ladder, 1; Positive control, 2 Negative control, 3-6; 1.5mM, 2.5mM, 3.5mM, 4.5mM MgCl₂

그림. 1. PCR amplification CMV coat protein gene DNA (666 bp) under various MgCl₂ concentration using tomato leaf tissue

(2) TMGMV: CP 유전자 진단

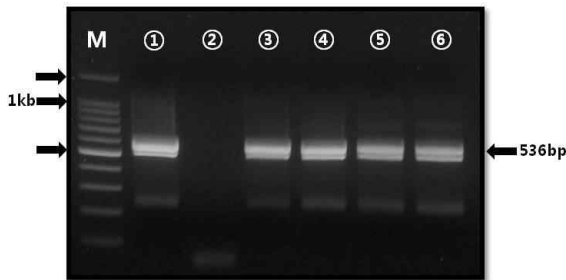


Fig. M; 100bp DNA ladder, 1; Positive control, 2 Negative control, 3-6; 1.5mM, 2.5mM, 3.5mM, 4.5mM MgCl₂

그림. 2. PCR amplification TMGMV coat protein gene DNA (536 bp) under various MgCl₂ concentration using tomato leaf tissue

(3) TYLCV 유전자

- V1, V2, C1, C2, C3, C4 유전자 진단

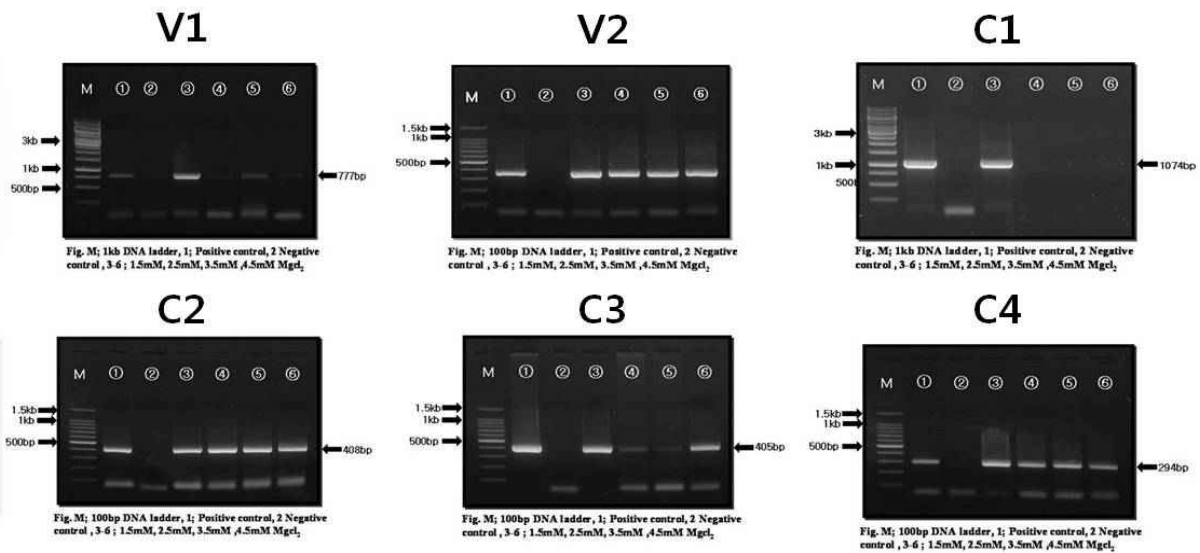


그림. 3. PCR amplification TYLCV V1 gene DNA (777 bp), V2 gene DNA (351 bp), C1 gene DNA (1074 bp), C2 gene DNA (408 bp), C3 gene DNA (405 bp) and C4 gene DNA (294 bp), respectively, under various MgCl₂ concentration using tomato leaf tissue

(4) HYVV 유전자: V1, C1, C2 유전자 진단

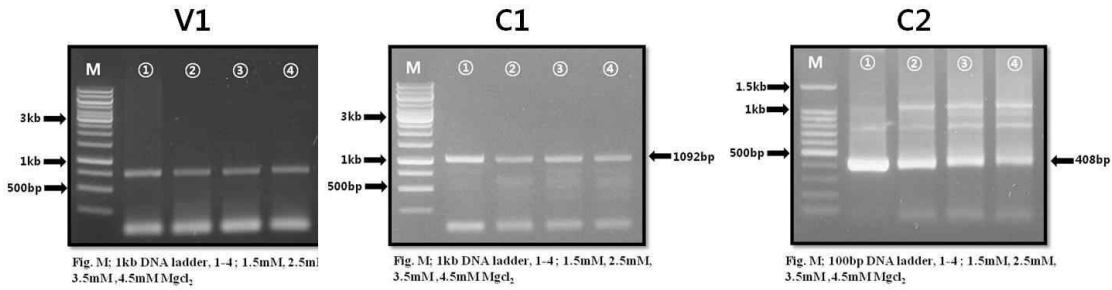


그림. 4. PCR amplification HYVV V1 gene DNA (777 bp), C1 gene DNA (1092 bp) and C2 gene DNA (408 bp), respectively, under various MgCl₂ concentration using tomato leaf tissue

3. 정확도 및 고감응 바이러스 진단시스템 개발II (단백질 기반 항체 진단 시스템 개발)

가. 연구기간: 2009-2011년 (2-3년)

나. 연구방법

(1) 바이러스 유전자 단백질 발현 벡터

- 벡터: *E. coli* 단백질 발현벡터인 pET28a를 분리정제하여 본 실험에 사용함 (그림. 1)

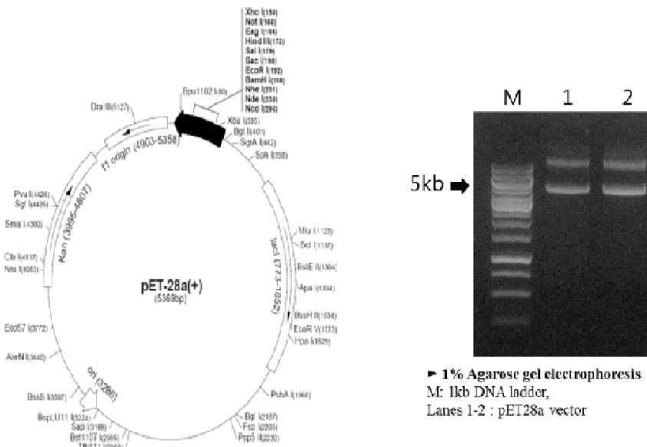


그림. 1. Map of pET-28a vector for the expression of target gene of interest in *Escherichia coli* (left) and size of pET-28a DNA (right)

(2) HYVV: V1 단백질 유전자 합성 및 재조합 pET28a 벡터 클로닝

- pRI-HYVV-V1을 template로 이용하여 V1 유전자 PCR 합성 (774 bp)

㉠ forward primer: 5'-GAATTCATGTCGAAGCGWCCA-3'

㉡ reverse primer: 5'-GTCGACTTAATTTKRTGAATCATAGAA-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 35 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 54도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

→ extension: 94도 1분 → 56도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

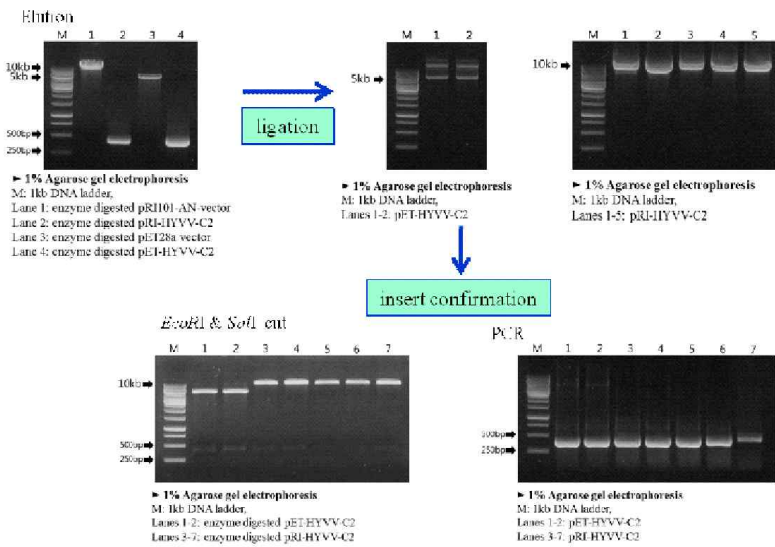


그림. 4. pET-28a vector cloning for HYVV-C2 protein. Elution of a pET-28a vector and an amplified product of C2 gene after digestion with same restriction enzymes (upper left). Ligation of the vector and the insert, resulting in pET28-HYVV-C2 (upper middle). Confirmation for the presence of the insert in pET28-HYVV-C2 by restriction enzyme digestion (lower left) and by PCR (lower right).

④ C4 단백질 유전자 합성 및 재조합 pET28a 벡터 클로닝

- C4 유전자 PCR 합성 (294 bp)

㉠ forward primer: 5'-GAATTCATGGGAGCCCTCATCTCCAC-3'

㉡ reverse primer: 5'-GTCGACATATAGACAACGCCGATGACTTTGATC-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 35 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 56도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

HYVV cloning - C4

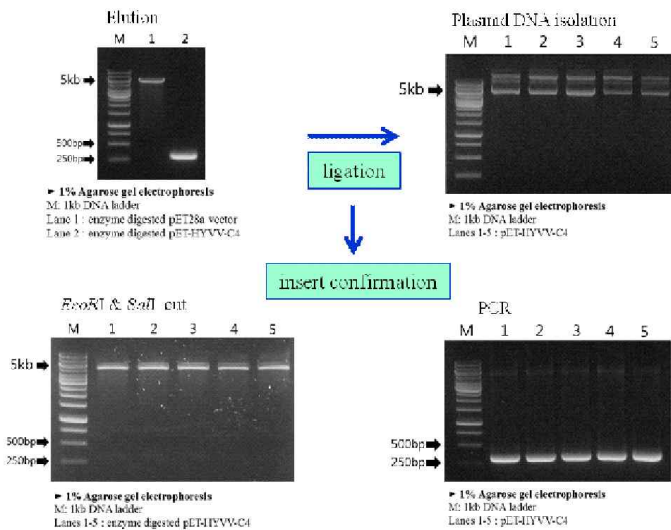


그림. 5. pET-28a vector cloning for the expression of HYVV-C4 protein. Eluted the restriction enzyme-digested pET-28a vector (lane 1) and amplified product of C2 gene to insert (lane 2, upper left). Ligation of the insert into the vector, resulting in pET-HYVV-C4 (upper right). Confirmation for the presence of the insert in the pET-HYVV-C4 by restriction enzyme digestion (lower left) and by PCR (lower right)

(3) TYLCV

① TYLCV-V2 단백질 유전자 합성 및 재조합 pET28a 벡터 클로닝

- TYLCV-V2 유전자 PCR 합성 (351 bp)

㉠ forward primer: 5'-ATCGAATTCATGTGGGACCCACTTCTTA-3'

㉡ reverse primer: 5'-ATCCTCGAGGGGCTTCGATACATTCTG-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 35 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 62도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

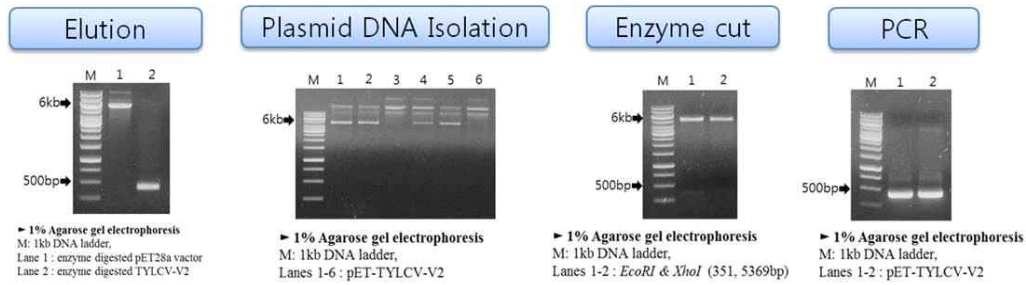


그림. 6. pET-28a vector cloning process and determination of the optimal IPTG concentration to induce V2 protein. Eluted pET-28a vector and the amplified product (V2 gene), both of which were digested with same restriction enzymes (from left 1). Ligation of the insert into pET28a vector, resulting in pET-TYLCV-V2 (from left 2). Confirmation for the presence of the insert into the pET28a by restriction enzyme digestion (from left 3) and by PCR (from left 4)

② C2 단백질 유전자 합성 및 재조합 pET28a 벡터 클로닝

- C2 유전자 PCR 합성 (408 bp)

㉠ forward primer: 5'-GGATCCATGCAACCTTCGTCACCCCTCTAC-3'

㉡ reverse primer: 5'-AAGCTTCTAAATACTCTTAAGAAATGACCAGTCTGA-3'

㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 35 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 56도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

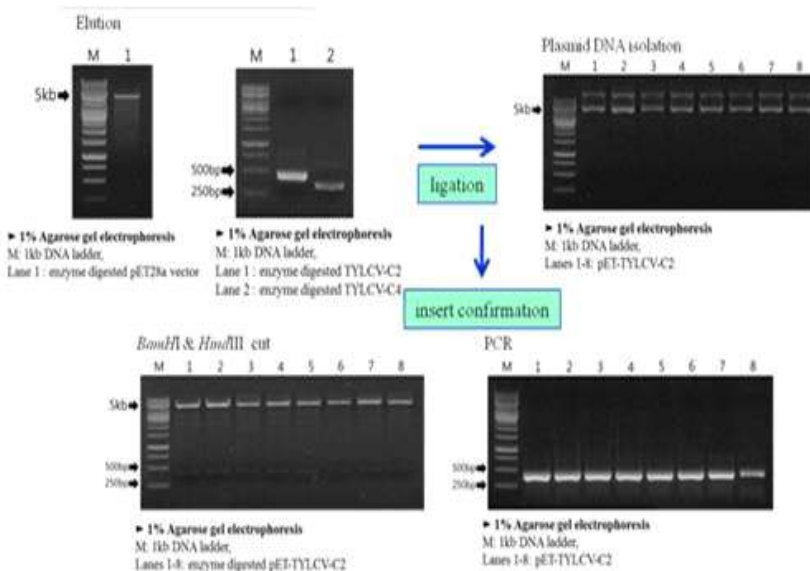


그림. 7. pET-28a vector cloning for the expression of TYLCV-C2 protein. Eluted the restriction enzyme-digested pET-28a vector (upper left) and the amplified product of C2 gene to insert (upper middle). Ligation of the insert into the vector, resulting in pET-TYLCV-C2 (upper right). Confirmation for the presence of the insert in the pET-TYLCV-C2 by restriction enzyme digestion (lower left) and by PCR (lower right)

③ C4 단백질 유전자 합성 및 재조합 pET28a 벡터 클로닝

- C4 유전자 PCR 합성 (294 bp)
- ㉠ forward primer: 5'-GAATTCATGGGAACCACATCTCCATGTG-3'
- ㉡ reverse primer: 5'-AAGCTTATATATTGAGGGCCTCGGATTTACTG-3'
- ㉢ 증폭 사이클: denaturation 1사이클 (95도 2분), 35 사이클 (denaturation → annealing → extension: 94도 1분 → 56도 2분 → 72도 3분), extension 1 사이클 (72도 7분)

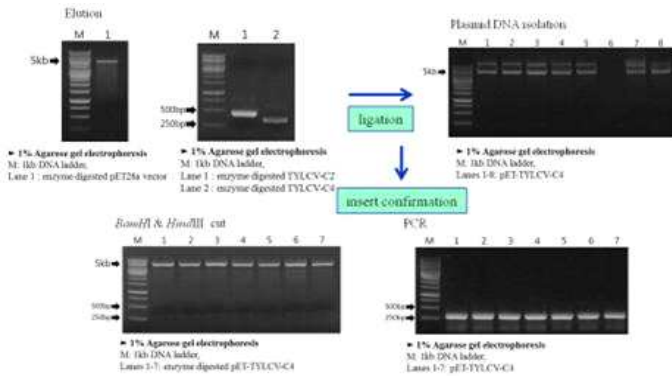


그림. 8. pET-28a vector cloning for the expression of TYLCV-C4 protein. Eluted the restriction enzyme-digested pET-28a vector (lane 1, upper left) and amplified product of C2 gene to insert (lane 2, upper middle). Ligation of the insert into the vector, resulting in pET-TYLCV-C4 (upper right). Confirmation for the presence of the insert in the pET-TYLCV-C4 by restriction enzyme digestion (lower left) and by PCR (lower right)

(4) HYVV 및 TYLCV 표적유전자 재조합단백질 발현

- ① IPTG 최적농도 결정
 - 0.1-5 mM 범주, 처리온도: 37℃
- ② 대장균으로 총 단백질 추출(soluble 및 insoluble 분획)
 - SDS-PAGE 분석: 분자량 및 과대발현 조사
- ③ 재조합단백질 분리정제
 - Ni-NTA resin chromatography
 - 변성조건(denaturing condition)에서 수행함

(5) 항혈청 생산, 정제 및 분석

- ① 항원: 분리정제된 재조합단백질 6종
 - HYVV-V1, TYLCV-V2, HYVV-C2, TYLCV-C2, HYVV-C4, TYLCV-C4
- ② 실험동물 : 쥐
 - 주사 3회 (2주 간격) 및 채혈(주사 후 1주일)
 - ㉠ 1차 주사: 재조합단백질 (농도 100 μ g) + complete adjuvant → 채혈
 - ㉡ 2차 주사: 재조합단백질 (농도 50-100 μ g) + complete adjuvant → 채혈
 - ㉢ 3차 주사: 재조합단백질 (농도 50 μ g) → 채혈
- ③ IgG 분리정제
- ④ Western blot
 - SDS-PAGE 후 membrane으로 electrotransfer

- 1차항체: 각 재조합단백질에 대한 다클론항체(1:1000으로 희석한항혈청 및 1:1000-10000으로 희석한 IgG)
- 2차항체: Goat anti-rat IgG AP-conjugate
- 기질: nito blue tetrazolium + 5-bromo-4-chloro-3-indoyl phosphate 용액

다. 연구결과 및 고찰

(1) HYVV

① V1 단백질

- SDS-PAGE 분석: 재조합 HYVV-V1단백질은 insoluble 분획에서 과대발현 (overexpression)되었고 분자량은 약 33 kDa으로 측정됨 (그림. 9)
- 그러나 IPTG 첨가 후 발현이 잘 되지 않아 N-terminal부위에 존재하는 immunogenic domain만 합성하여 약 19 kDa으로 발현시킴 (그림. 10)

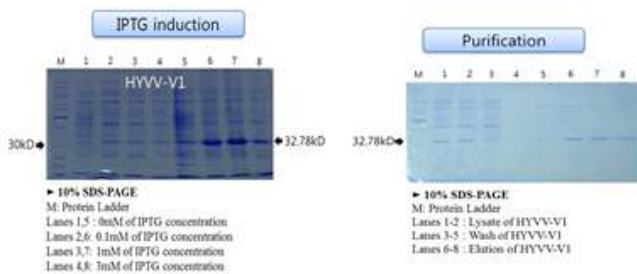


그림. 9. IPTG induction for the expression of pET-28a vector containing HYVV-V1 gene under various IPTG concentration at 37°C (left panel). Purification of the recombinant HYVV-V1 protein by Ni-NTA resin chromatography under denaturing conditions (right panel)



그림. 10. IPTG induction for the expression of pET-28a vector containing partial (immunogenic domain)HYVV-V1 gene under various IPTG concentration at 37°C. Lanes 1-3 represent soluble fraction and lanes 4-6 represent insoluble fraction of bacterial lysates (left panel). Purification of the recombinant HYVV-V1 protein by Ni-NTA resin chromatography under denaturing conditions (right panel)

② V2 단백질

- SDS-PAGE 분석: 재조합 HYVV-V2단백질은 insoluble 분획에서 과대발현 (overexpression)되었고 분자량은 약 17 kDa으로 측정됨

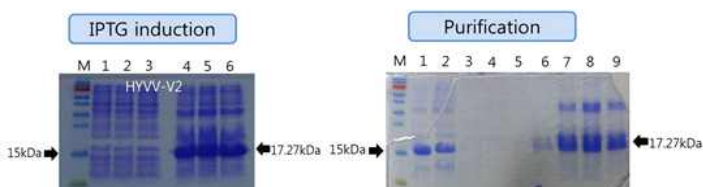


그림. 11. IPTG induction for the expression of pET-28a vector containing HYVV-V2 gene under various IPTG concentration at 37°C. Lanes 1-3 represent soluble fraction and lanes 4-6 represent insoluble fraction of bacterial lysates (left panel). Purification of the recombinant HYVV-V2 protein by Ni-NTA resin chromatography under denaturing conditions (right panel)

③ C2 단백질

- SDS-PAGE 분석: 재조합 HYVV-C2 단백질은 insoluble 분획에서 과대발현 (overexpression)되었고 분자량은 약 21 kDa으로 측정됨

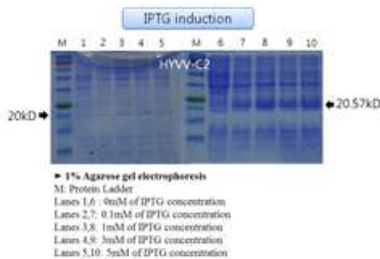


그림. 12. IPTG induction of the expression of pET-28a vector containing HYVV-C2 gene under various IPTG concentration at 37°C. Lanes 1-5 represent soluble fraction and lanes 6-10 represent insoluble fraction of bacterial lysates (Left panel). Purification of the recombinant HYVV-C2 protein by Ni-NTA resin chromatography under denaturing conditions (right panel).

④ C4 단백질

- SDS-PAGE 분석: 재조합 HYVV-C4 단백질은 insoluble 분획에서 과대발현 (overexpression)되었고 분자량은 약 16.3 kDa으로 측정됨

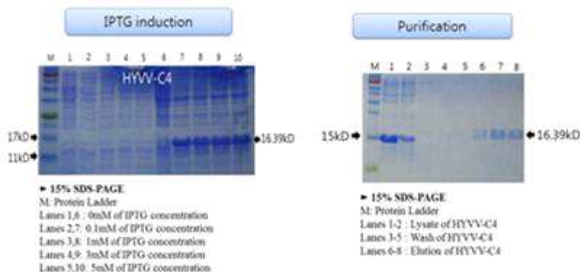


그림. 13. IPTG induction for the expression of pET-28a vector containing HYVV-C4 gene under various IPTG concentration at 37°C. Lanes 1-5 represent soluble fraction and lanes 6-10 represent insoluble fraction of bacterial lysates (left panel). Purification of the recombinant HYVV-C4 protein by Ni-NTA resin chromatography under denaturing conditions (right panel)

(2) TYLCV

① V2 단백질

- SDS-PAGE 분석: 재조합 TYLCV-V2 단백질은 insoluble 분획에서 과대발현 (overexpression)되었고 분자량은 약 17 kDa으로 측정됨

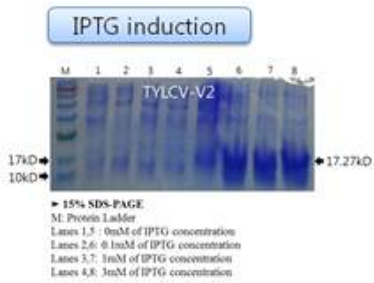


그림. 14. IPTG induction for the expression of pET-28a vector containing TYLCV V2 gene under various IPTG concentration at 37°C

② C2 단백질

- SDS-PAGE 분석: 재조합 TYLCV-C2 단백질은 insoluble 분획에서 과대발현 (overexpression)되었고 분자량은 약 20 kDa으로 측정됨

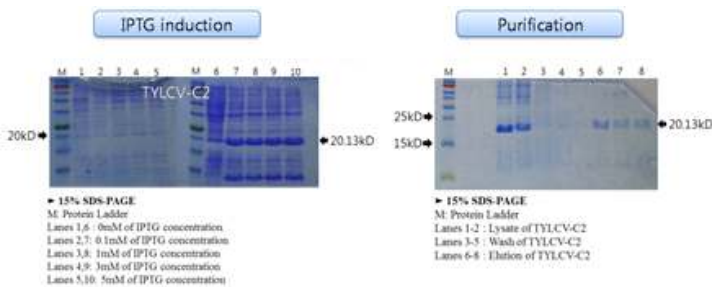


그림. 15. IPTG induction for the expression of pET-28a vector containing TYLCV-C2 gene under various IPTG concentration at 37°C. Lanes 1-5 represent soluble fraction and lanes 6-10 represent insoluble fraction of bacterial lysates (left panel). Purification of the recombinant TYLCV-C2 protein by Ni-NTA resin chromatography under denaturing conditions (right panel)

③ C4 단백질

- SDS-PAGE 분석: 재조합 TYLCV-C2 단백질은 insoluble 분획에서 과대발현 (overexpression)되었고 분자량은 약 16 kDa으로 측정됨 (그림. 9)

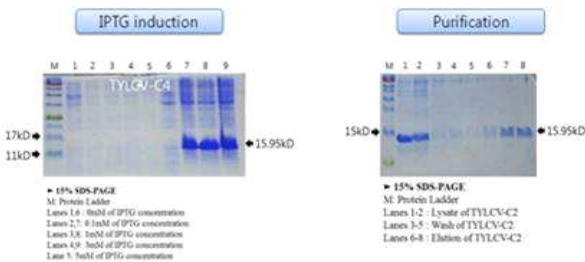


그림. 16. IPTG induction for the expression of pET-28a vector containing TYLCV-C4 gene under various IPTG concentration at 37°C. Lanes 1-5 represent soluble fraction and lanes 6-10 represent insoluble fraction of bacterial lysates (left panel). Purification of the recombinant TYLCV-C4 protein by Ni-NTA resin chromatography under denaturing conditions (right panel)

(5) HYVV 항혈청 생산, IgG 분리정제 및 분석 : Western blot

- ① 항혈청으로부터 분리한 HYVV-V1 IgG를 이용하여 동질적인 HYVV-V1 재조합단백질과 Western blot을 실시한 결과 항원-항체 반응이 선명하게 관찰됨
 - HYVV-V1 IgG의 Western blot 탐색의 한계: 항원 0.5 µg
- ② 항혈청으로부터 분리한 HYVV-V2 IgG를 이용하여 동질적인 HYVV-V2 재조합단백질과 Western blot을 실시한 결과 항원-항체 반응이 선명하게 관찰됨

- HYVV-C2 IgG의 Western blot 탐색의 한계: 항원 1 μg
- ③ 항혈청으로부터 분리한 HYVV-C4 IgG를 이용하여 동질적인 HYVV-C4 재조합단백질과 Western blot을 실시한 결과 항원-항체 반응이 선명하게 관찰됨
- HYVV-C4 IgG의 Western blot 탐색의 한계: 항원 0.5 μg

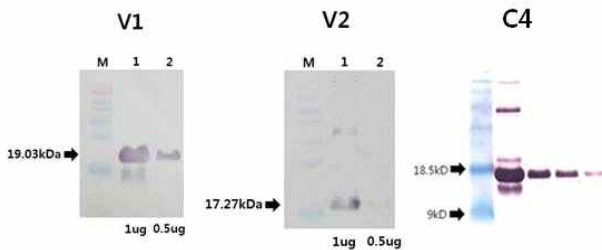


그림. 17. Western blot analysis of different concentration of recombinant proteins, probed with the IgG purified from antiserum against HYVV-V1 recombinant protein (lanes 1-2: 1 and 0.5 μg), HYVV-V2 recombinant protein (lanes 1-2: 1 and 0.5 μg) and HYVV-C4 recombinant protein (lanes 1-4: 10, 5, 1 and 0.5 μg), respectively

(6) TYLCV 항혈청 생산, IgG 분리정제 및 분석: Western blot

- ① 항혈청으로부터 분리한 TYLCV-C2 IgG를 이용하여 동질적인 TYLCV-C2 재조합단백질과 Western blot을 실시한 결과 항원-항체 반응이 선명하게 관찰됨
 - TYLCV-C2 IgG의 Western blot 탐색의 한계: 항원 0.5 μg
- ② 항혈청으로부터 분리한 TYLCV-C4 IgG를 이용하여 동질적인 TYLCV-C4 재조합단백질과 Western blot을 실시한 결과 항원-항체 반응이 선명하게 관찰됨
 - TYLCV-C4 IgG의 Western blot 탐색의 한계: 항원 0.5 μg

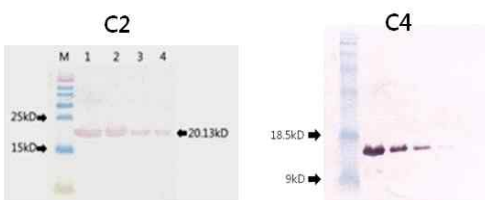


그림. 18. Western blot analysis of the recombinant TYLCV-C2 and C4 proteins using the purified IgG from polyclonal antiserum against the purified TYLCV-C2 and -C4 proteins, respectively. Lanes 1-4 represent 10, 5, 1 and 0.5 μg of the recombinant TYLCV-C2 and -C4 proteins

(7) C4 단백질 항체의 이중간 교차반응

- ① HYVV-C4 항혈청을 이용하여 동질적인 HYVV-C4 재조합단백질 및 이질적인 TYLCV-C4 재조합단백질과의 교차반응을 조사
 - 이질적인 TYLCV-C4 재조합단백질과 비교하여 동질적인 HYVV-C4 단백질과 보다 강하게 반응함
 - HYVV-C4 항혈청의 Western blot 탐색의 한계: 항원 1 μg

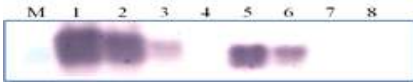


그림. 19. Western blot analysis of different concentration of recombinant proteins, probed with the antiserum against HYVV-C4 recombinant protein. Lanes 1-4 represent 10, 5, 1 and 0.5 μg of HYVV-C4 recombinant protein and lanes 5-8 represent 10, 5, 1 and 0.5 μg of TYLCV-C4 recombinant protein

- ② TYLCV-C4 항혈청을 이용하여 동질적인 TYLCV-C4 재조합단백질 및 이질적인 HYVV-C4 재조합단백질과의 교차반응을 조사
- 이질적인 HYVV-C4 재조합단백질과 비교하여 동질적인 TYLCV-C4 단백질과 보다 강하게 반응함
 - TYLCV-C4 항혈청의 Western blot 탐색의 한계: 항원 5 μg



그림. 20. Western blot analysis of different concentration of recombinant proteins, probed with the antiserum against TYLCV-C4 recombinant protein. Lanes 1-4 represent 10, 5, 1 and 0.5 μg of HYVV-C4 recombinant protein and lanes 5-8 represent 10, 5, 1 and 0.5 μg of TYLCV-C4 recombinant protein

4. 토마토에서 분리한 Honeysuckle yellow vein virus (HYVV)의 감염성클론을 접종한 *Nicotiana benthamiana* 감염성 양적 분석 및 숙주범위 조사

가. 연구기간: 2011-2013년 (2년)

나. 연구방법

(1) HYVV 감염성클론 제작을 위한 벡터 구성 및 설계

- ① HYVV-[DJ]의 지놈을 함유하고 있는 pGEM T-Easy 벡터를 주형으로 HYVV 지놈 특이적 프라이머를 (표 1) 이용하여 full-length 지놈 monomer(1mer)를 PCR 합성함
- ② 합성된 1mer 지놈을 1% 아가로스젤에 전기영동한 후 PCR quick-spin kit를 (Intron, Korea) 이용하여 제조사의 방법에 따라서 분리정제하고 제한효소 *SaI*과 *EcoRI*을 처리함
- ③ 제한효소 *SaI*과 *EcoRI*을 처리한 식물발현벡터인 pRI-AN (Takara, japan) 벡터에 ligation 수행하고 이를 pRI-HYVV-1mer라고 명명함 (그림. 1a)
- ④ 지놈의 일부분인 0.3mer (829 bp)를 HYVV-0.3merF와 HYVV-0.3merR을 이용하여 PCR 합성하고 제한효소 *EcoRI*을 처리한 후 이를 제한효소 *EcoRI*을 처리한 pRI-HYVV-1mer에 ligation 하여 pRI-HYVV-1.3mer라고 명명함 (그림. 1b)
- ⑤ 위와 같은 방법으로 1mer 지놈을 다시 합성하고 제한효소 *EcoRI*을 처리한 후 *EcoRI*으로 절단한 pRI-HYVV-1mer에 ligation을 수행하여 이를 pRI-HYVV-2mer라고 명명함 (그림. 1c)
- ⑥ 3종류의 클론을 각각 *Agrobacterium tumefaciens* C58C1에 형질전환시킴

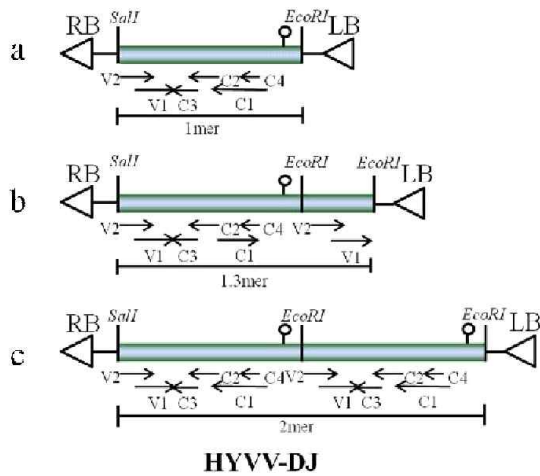


그림. 1. Diagram of the plasmid constructs of three infectious clones of HYVV-[DJ] DNA-A. The open circles indicate the stem-loop-forming region. The arrows represent predicted open reading frames in both orientations (V for viral sense and C for complementary sense). The restriction sites were used for cloning. Constructs from top to bottom are 1mer (a), 1.3mer (b) and 2mer (c) of HYVV genome

(2) HYVV 감염성클론 제작

- ① 합성된 각각의 PCR 산물을 그림. 1에 제시된 제한효소를 이용하여 절단한 후 같은 제한 효소로 절단한 pRI101-AN 벡터에 ligation을 실시하도록 실험 설계함
- *Escherichia coli*로부터 pRI101-AN 벡터를 정제함

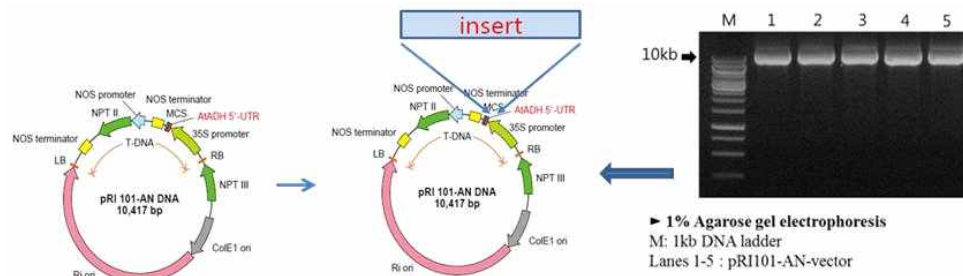


그림. 2. Ligation of the insert (1mer, 1.3mer and 2mer genome of HYVV, respectively) into pRI101-AN that was purified from agarose gel

표 1. List of PCR primers for the amplification of HYVV genome and V1 gene

Primers	Nucleotide sequences (5'-3')
HYVV-1merF ^a	ACGCGTCGACATGTGGGATCCTTTA
HYVV-1merR ^b	GAATTCCTCACACCGTTAGGGCT
HYVV-0.3merF ^c	GGAATTCATGTGGGATCCTTTA
HYVV-0.3merR ^d	GGAATTCCTAATTCTGTACTGAATCATAGAAATACACTCT
HYVV-V1F	GAATTCATGTGCGAAGCGWCCA
HYVV-V1R	GAATTCCTAATTTKRTGAATCATAGAA

^aForward primer contains *SalI* site (underline). ^bReverse Primer contains *EcoRI* site (underline).

^cForward primer contains *EcoRI* site (underline). ^dReverse Primer contains *EcoRI* site (underline).

② HYVV 유전체 1mer (그림. 3), 1.3mer 및 2mer (그림. 4) 클로닝 과정

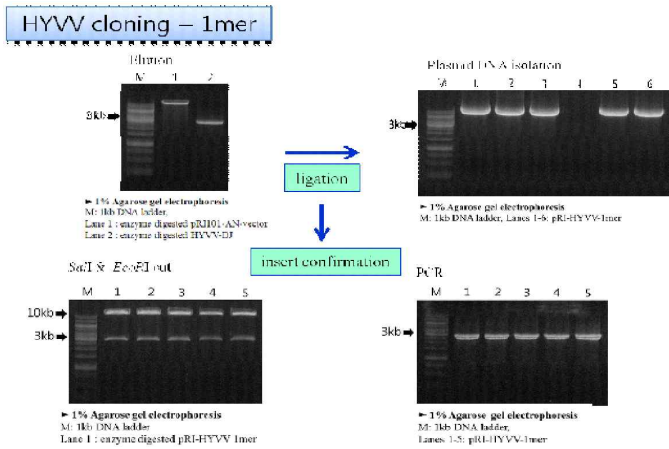


그림. 3. Cloning of HYVV genome (1-mer) into pRI101-AN DNA

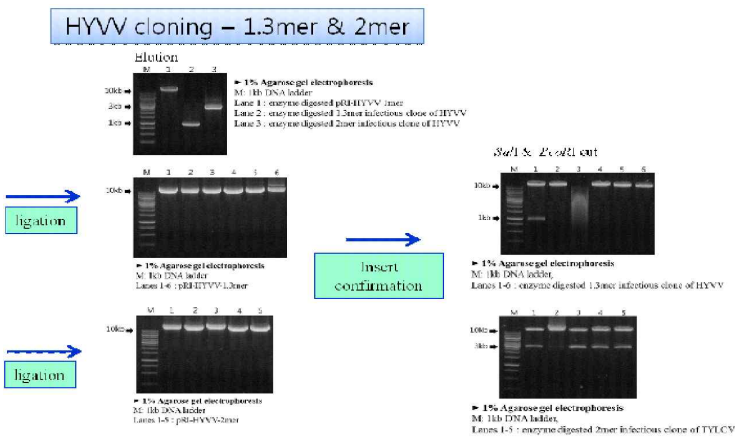


그림. 4. Cloning of HYVV genome (1.3-mer and 2-mer) into pRI101-AN DNA

(3) Agrobacterium 형질전환(transformation)

- ① 전기천공법(electroporation)을 이용하여 *Agrobacterium tumefaciens strain* C58C1에 형질전환
 - HYVV 유전체 1-mer, 1.3-mer, 2-mer를 각각 함유한 재조합 pRI101-AN백터를 배양된 *Agrobacterium*으로부터 분리 정제함
 - 분리 정제된 각각의 재조합 pRI101-AN백터가 HYVV 유전체 1-mer, 1.3-mer, 2-mer를 각각 포함하고 있는 것을 결정하기 위해 HYVV genome 특이적 프라이머를 이용하여 PCR 합성을 실시함 (그림. 5).

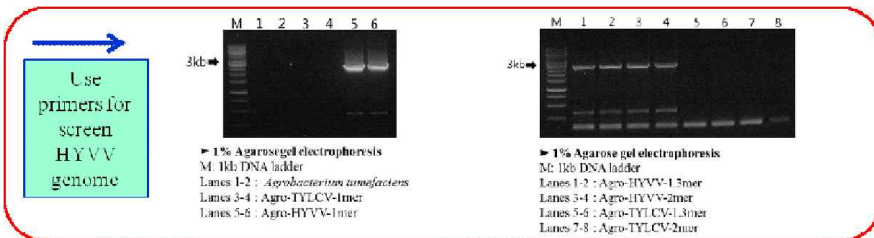


그림. 5. Confirmation of the presence of HYVV genome (1-mer, 1.3-mer and 2-mer) in pRI101-AN vector by PCR using HYVV genome-specific primers

(4) Agroinoculation 및 숙주범위 조사

- ① *Nicotiana benthamiana*: pRI101-AN 재조합 벡터 (HYVV 유전체 1-mer, 1.3-mer 및 2-mer)를 함유한 *Agrobacterium*
- ② 8과 18종 식물에 접종함 (HYVV 유전체 1-mer, 1.3-mer 및 2-mer)



그림. 6. Agroinoculation using needle-less syringae filled with *Agrobacterium* culture containing either HYVV or TYLCV genome (1-mer, 1.3-mer and 2-mer) in pRI101-AN vector

(5) HYVV 감염의 양적 분석

- ① SYBR Green real-time qPCR
 - Real-time qPCR용 V1 유전자 부분조각 (96 bp) 합성용 프라이머를 이용하여 Stratagene Mx3005P cycler로 합성함 (표 2)
 - Real-time qPCR용 C2 유전자 부분조각 (97 bp) 합성용 프라이머를 이용하여 Stratagene Mx3005P cycler로 합성함 (표 2)
 - Real-time qPCR용 C4 유전자 부분조각 (109 bp) 합성용 프라이머를 이용하여 Stratagene Mx3005P cycler로 합성함 (표 2)
 - Standard curve: HYVV-[DJ] full-length clone 1 ng을 희석 (10-fold dilution)하여 V1 유전자 프라이머, C2 유전자 프라이머, C4 유전자 프라이머를 각각 이용하여 Ct 값을 측정하고 이를 기준으로 V1 DNA 표준곡선 (standard curve), C2 DNA 표준곡선 및 C4 DNA 표준곡선을 작성함
 - 각 클론을 접종한 *N. benthamiana*에서 매주 3개 접종식물로부터 침단부의 상엽 1개씩 수확하여 DNA 추출함
 - 음성대조구 (no template DNA 및 mock-infiltrated *N. benthamiana* DNA) 포함
 - 3개 유전자 프라이머와 각 시료 DNA를 이용하여 SYBR Green real-time qPCR을 수행하여 Ct 값 측정함
 - Standard curve를 이용한 공식에 각 시료의 Ct 값을 대입하여 HYVV-V1, -C2 및 -C4 DNA 농도를 측정함

표 2. List of SYBR Green real-time qPCR primers for the amplification of V1, C2 and C4 gene partial DNA fragments

Primers	Nucleotide sequences (5'-3')
HYVV-1merF ^a	ATGTCGAAGCGTCCAGCAGATAT
HYVV-1merR ^b	AGCGCACGGTTGGCATAACG
HYVV-0.3merF ^c	TCGTGATTTTCAAATATAGGGGATTTGG
HYVV-0.3merR ^d	ATGGATTCACGCACAGGGGTC
HYVV-V1F	GGATGAAATGTGCTGACCTGG
HYVV-V1R	ATGGGAGCCCTCATCTCCACAT

Template DNA was isolated from *Nicotiana benthamiana* leaves agroinoculated with clones containing pRI-HYVV-1mer, pRI-HYVV-1.3mer and pRI-HYVV-2mer, respectively.

다. 연구결과 및 고찰

(1) HYVV 감염성클론을 접종한 *N. benthamiana* 병징의 비교

- pRI-HYVV-1mer, pRI-HYVV-1.3mer 및 pRI-HYVV-2mer를 각각 함유한

*Agrobacterium*을 주사기를 이용한 주입법으로 HYVV 지표식물인 *N. benthamiana*에 접종한 결과는 다음과 같음

- ① HYVV 유전체 2mer를 함유한 *Agrobacterium* 접종 후 1주일부터 *N. benthamiana*에 상엽이 오그라드는 초기 증상이 나타났으며, 1.3mer는 약 10일 후부터 초기증상이 나타남
- ② 접종 후 4주경에는 1.3mer와 2mer는 1mer 및 음성대조구와 비교하였을 때 식물 길이 성장에서 큰 차이를 나타냄 (그림. 7a)
- ③ 1.3mer보다는 2mer를 접종한 식물이 더 심한 stunting을 나타냄
- ④ 1mer의 경우 외향적으로는 음성대조구와 유사하게 병징을 보이지 않았지만 접종상엽을 PCR로 검색한 결과 바이러스가 존재함이 증명됨 (그림. 7b). 아마도 바이러스의 농도가 매우 낮기 때문에 병징이 뚜렷하게 나타나지 않은 것으로 사료됨

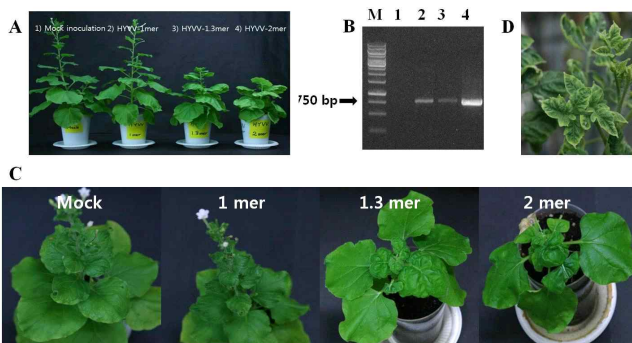


그림. 7. (A) Stunting symptom of *Nicotiana benthamiana* agroinoculated with mock, pRI-HYVV-1mer, pRI-HYVV-1.3mer and pRI-HYVV-2mer, respectively, at 4 weeks post-inoculation. (B) The presence of viral DNA in the leaf tissues agroinoculated with respective clone was confirmed by PCR using HYVV-V1 gene-specific primers. Lane 1: mock inoculated, lane 2: pRI-HYVV-1mer, lane 3: pRI-HYVV-1.3mer and lane 4: pRI-HYVV-2mer. (C) Leaf symptoms of *N. benthamiana* agroinoculated with mock, pRI-HYVV-1mer, pRI-HYVV-1.3mer and pRI-HYVV-2mer, respectively, at 4 weeks post-inoculation. (D) Symptom of tomato leaf agroinoculated with pRI-HYVV-2mer at 4 weeks post-inoculation

(2) PCR과 real-time qPCR의 민감도 비교

- ① PCR : V1은 10^{-8} , C2는 10^{-6} , C4는 10^{-9} ng plasmid DNA
- ② real-time qPCR: V1은 10^{-9} , C2는 10^{-8} , C4는 10^{-9} ng plasmid DNA
- ③ 민감도(sensitivity): real-time qPCR이 PCR에 비해 10^1-10^2

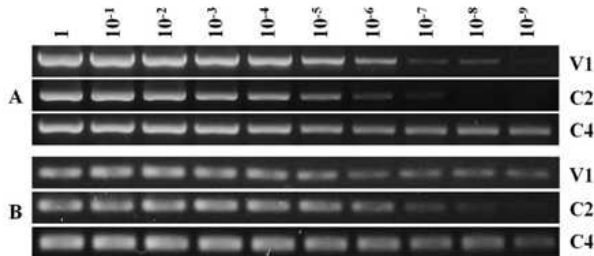


그림. 8. Determination of detection end-point of HYVV genes (V1, C2 and C4) between PCR (A) and real-time qPCR (B)

(3) real-time qPCR 분석을 위한 표적유전자의 선택

- ① 병원성(pathogenicity) : 질적 분석
 - 병원성을 양적으로 분석하기 위해서는 virulence(발병력 혹은 독성)를 측정함
 - Virulence의 요인은 바이러스의 단백질이므로 아래 3종의 표적유전자 선정함
- ② V1 유전자: ORF V1, 외피단백질
 - 전신감염, 바이러스 입자 형성, 곤충매개, DNA-binding 등에 관여함
- ③ C2 유전자
 - 바이러스 sense 유전자 발현에 활성화자, 숙주범위 결정, 병원성 결정, RNA silencing 억제자
- ④ C4 유전자
 - 바이러스 이동, 전신감염, 병징발달, RNA silencing 억제자, 저항성유전자 극복 등에 관여함

(4) real-time qPCR의 표준곡선(standard curve)

- ① HYVV 지놈 전장을 함유한 plasmid DNA를 1/10 배율로 희석하여 결정하여 Ct값 결정
 - DNA 농도가 커질수록 Ct값은 감소함
 - 회귀분석을 통해 얻어진 공식을 이용하여 각 유전자 DNA 농도 환산함
- ② V1 유전자 DNA 표준곡선
 - 공식: $y = -3.081\log(x) + 20.05$; $r^2 = 1.000$ 및 efficiency 111%
- ③ C2 유전자 DNA 표준곡선
 - 공식: $y = -3.131\log(x) + 17.74$; $r^2 = 0.994$ 및 efficiency 108.6%
- ④ C4 유전자 DNA 표준곡선
 - 공식: $y = -3.216\log(x) + 21.64$; $r^2 = 0.973$ 및 efficiency 104.6%

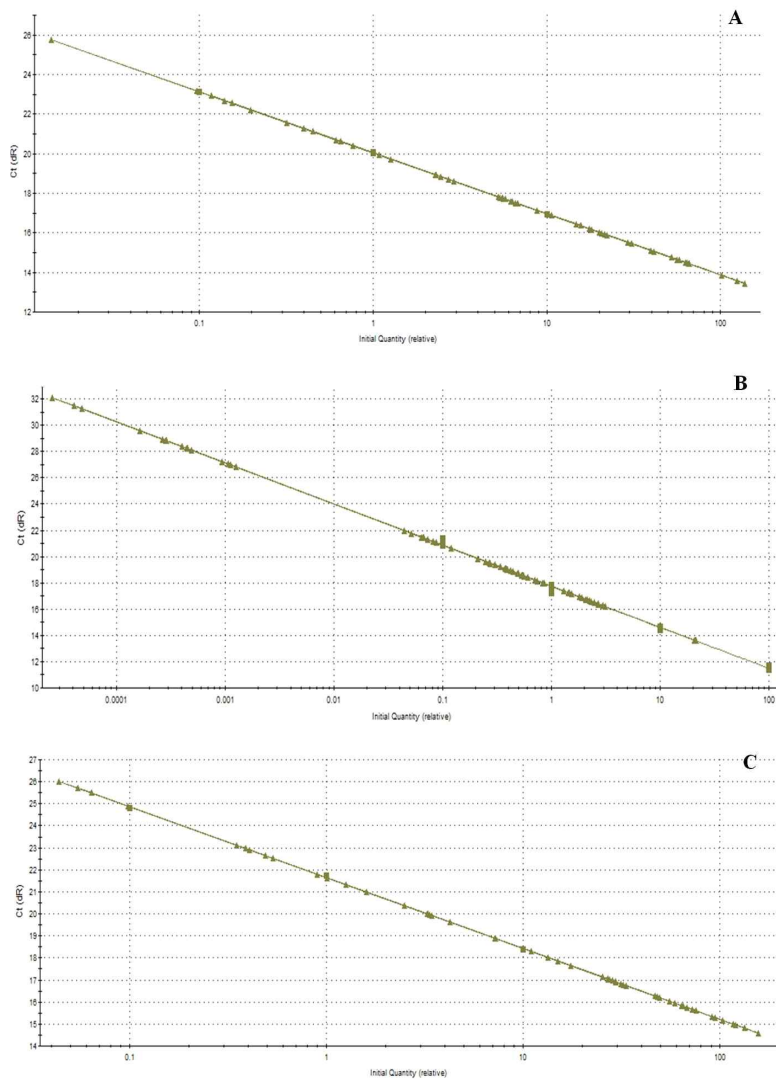


그림. 9. Standard curves of V1 gene (A), C2 gene (B) and C4 gene (C) obtained for the absolute quantification of respective gene in *Nicotiana benthamiana* leaves agroinoculated with clones. Each plot indicates the correlation between the Ct values and the log of the amount of respective gene DNA expressed as pg. DNA standard samples were prepared by 10-fold diluting a full-length genome clone

(5) 감염성클론을 접종한 *Nicotiana benthamiana* 잎에서 HYVV 병원성 양적 검정을 위한 real-time qPCR 분석

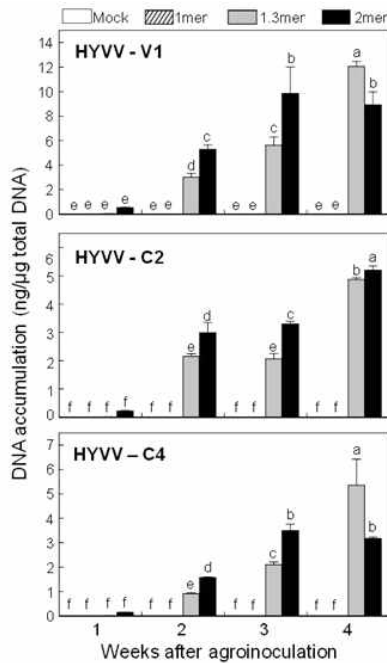


그림. 10. Average amount of V1, C2 and C4 DNAs quantified by SYBR Green real-time PCR in leaf tissues of 3 different plants of *N. benthamiana* at 1, 2, 3 and 4 weeks post-agroinoculation with pRI-HYVV-1mer, -1.3mer and -2mer, respectively. Mean separation by Duncan's multiple range test at P = 0.05. The same letter above bars represented no significant difference between treatments

- ① 각 클론을 접종한 식물 잎에서 추출한 DNA 1μg에서 분석함
 - 음성대조구(mock-inoculated)에서는 signal 탐색되지 않음
 - V1, C2 및 C4 유전자 특이적 프라이머를 이용하여 측정된 결과 1.3mer와 2mer를 접종한 식물에서는 지속적으로 각 유전자 산물이 탐색됨
 - 각 클론별, 접종 후 주별로 유의성 있는 차이점이 측정됨
- ② V1 DNA 축적: 최소 0.001 ng(1mer, 접종 1주) ~ 최대 12.040 ng(1.3mer, 접종 3주)
- ③ C2 DNA 축적: 최소 0.000 ng(1mer, 접종 1주) ~ 최대 5.195 ng(2mer, 접종 4주)
- ④ C4 DNA 축적: 최소 0.001 ng(1mer, 접종 1주) ~ 최대 5.362 ng(1.3mer, 접종 3주)
- ⑤ 클론 1mer의 경우 각 유전자 DNA가 4주 동안 무시할 정도의 미량 축적됨
- ⑥ 클론 1.3mer의 경우 각 유전자 DNA가 접종 1주에 미량 탐색되었으나 4주 후 최대 축적량을 나타냄
- ⑦ 클론 2mer의 경우 V1 및 C4 유전자 DNA가 접종 3주 후 최대 축적량을 나타내었으나 4주 후 오히려 감소함
 - C2 유전자의 경우는 4주 후 최대 축적량을 나타냄
 - 따라서 C2 단백질이 병징심화도 및 병원성과 관련됨을 암시
- ⑧ V1 DNA 축적량을 고려할 때 바이러스의 농도와 virulence는 일반적 관계가 아님을 암시
 - 클론 2mer를 접종한 식물에서는 3주 후 최대 축적량을 보이나, 클론 1.3mer를 접종한 식물에서 4주 후 최대 축적량을 보임
 - 클론 2mer를 접종한 식물에서 4주 후 가장 심한 병징심화도를 보이나 1.3mer 보다 바이러스 농도가 낮음

	<i>Gossypium indicum</i>	0/15	-	0/15
Asteraceae	<i>Zinnia elegans</i>	0/6	-	0/6
Balsaminaceae	<i>Impatiens balsamina</i>	6/17	stunting	6/17
Brassicaceae	<i>Brassica juncea</i>	6/21	stunting	6/21
Chenopodiaceae	<i>Beta vulgaris</i>	0/10	-	0/10
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita moschata</i>	0/10	-	0/10
Lamiaceae	<i>Perilla frutescens</i>	0/20	-	0/20

^aThree plants of each test species were agroinoculated with HYVV-2mer clone, and the experiment was conducted in duplicate (symptomatic plants/inoculated plants)

^bSymptoms were determined weekly interval

^cPCR was performed at 35 dpi

5. TYLCV 바이러스 감염성 클론 합성

가. 연구기간: 2011-2012년 (1년)

나. 연구방법

(1) 감염성 클론 합성 설계 및 벡터 구축(Experimental design of infectious clones and vector construction)

- 감염성 클론 합성 설계

- ① TYLCV 유전체 1mer를 PCR로 합성하여 제한효소 *SaI*과 *EcoRI*으로 절단한 후 동일한 2종의 제한효소로 절단한 pRI101-AN 벡터에 삽입 (pRI-TYLCV-1mer, 그림. 1, top).
- ② 1mer 유전체를 합성하고 제한효소 *EcoRI*으로 절단한 후 동일한 제한효소로 절단한 pRI-TYLCV-1mer에 ligation(1mer + 1mer)을 하여 2mer를 합성 (pRI-TYLCV-2mer, 그림. 1, bottom).

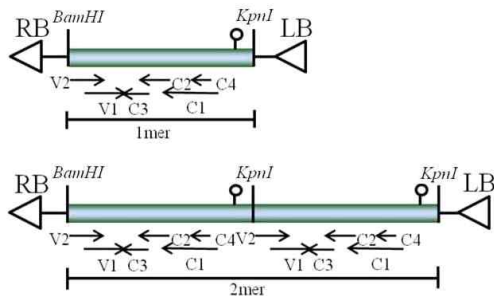


그림. 1. Construction of infectious clone of TYLCV-Bus. The open circles indicate the stem-loop-forming region. The arrows represent predicted open reading frames in both orientations (**v** for viral sense and **c** for complementary sense). The restriction sites used for cloning. Constructs are monomer (1mer, top) and dimer (2mer, bottom) of TYLCV genome

- TYLCV 유전체 2mer 클로닝 과정 (그림. 2)

- ① 벡터와 TYLCV 유전체 1mer 각각을 동일한 제한효소로 처리함
- ② 처리된 벡터와 TYLCV 유전체 1mer를 ligation하고 대장균에 형질전환한 후 재조합 벡터를 재분리함
- ③ TYLCV 유전체 1mer를 PCR 합성하고 분리정제하여 *SaI* 및 *EcoRI*을 처리하였고, 이를 동일한 제한효소로 처리한 pRI-TYLCV-1mer에 ligation한 후 재조합벡터

pRI-TYLCV-2mer를 합성함

- ④ 재조합벡터 pRI-TYLCV-2mer에 TYLCV 유전체 2mer가 도입된 것을 확인하기 위해 제한효소 처리 및 PCR로 확인함

(2) Agrobacterium 형질전환(transformation) 및 agroinoculation

- ① 전기천공법(electroporation)을 이용하여 *Agrobacterium tumefaciens* strain C58C1에 형질전환시킨 후 4종의 항생제가 처리된 고체배지에서 표적 콜로니를 선발함
- ② 선발된 콜로니를 4종의 항생제가 배양된 액체배지에 배양함
- ③ 재조합벡터 pRI-TYLCV-2mer를 배양된 Agrobacterium으로부터 분리정제함
- ④ 분리정제된 재조합벡터가 TYLCV 유전체 2-mer를 포함하고 있는 가를 결정하기 위해 TYLCV 유전체 및 유전자 특이적 프라이머를 이용하여 PCR 합성을 실시함
- ⑤ pRI101-AN 재조합벡터(TYLCV 유전체 2mer)를 함유한 Agrobacterium을 선발된 *Nicotiana benthamiana*에 접종

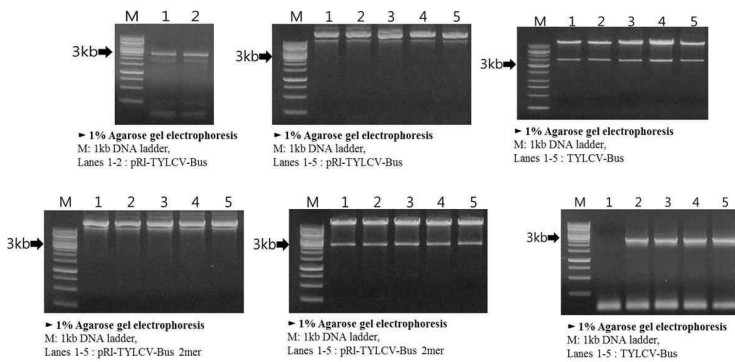


그림. 2. Cloning of TYLCV genome (1mer and 2mer) into pRI101-AN DNA and transformation into *Escherichia coli*

다. 연구결과 및 고찰

(1) Agroinoculation-pRI101-AN 재조합벡터-TYLCV

- ① 접종 후 5주경에는 TYLCV 유전체 2-mer는 음성대조구와 비교하였을 때 식물 길이 성장에서 큰 차이를 나타냄



그림. 1. Symptom development in *Nicotiana benthamiana* inoculated with Agrobacterium harboring pRI101-AN with TYLCV genomes (2mer) in 5 weeks after inoculation

6. TYLCV 감염성 클론 아그로접종(agroinoculation)한 상업용 토마토 품종의 TYLCV에 대한 저항성 및 감염성 양적 분석

가. 연구기간: 2012-2014년 (2년)

나. 연구방법

(1) 감염성 클론 및 토마토 품종

- ① pRI-TYLCV-2mer를 각각 8개 상업용 토마토 품종에 접종하였다 (표 1).
- ② 접종 후 4주, 6주, 8주 후 감염률 및 병징심화도를 관찰하였다.
 - 8개 품종 중 Pinkie107, Hoyong 및 Blackkiss20은 Ty 저항성유전자가 결여된 이병성 품종으로 알려져 있으며, Keri-TY, Rubyking, Tabor는 Ty 저항성유전자를 보유한 저항성 품종으로 알려짐 (부여 토마토시험장 제공)
 - 2개 품종 Supersunroad와 Goldsugar는 Ty 유전자의 유무가 결정되지 않음
 - 양성대조구로 무명의 TYLCV에 의해 심하게 자연감염된(담배가루이 매개) TY Miracle 품종을 분석시료로 사용함
 - 8개 품종은 온습도가 제어되는 유리온실에서 재배됨

(2) 감염성클론 agroinoculation, 병징심화도 (symptom severity) 및 감염률 (infection rate) 평가

- ① 재배된 토마토 품종 3-4엽 시기에 감염성클론을 마늘을 제거한 주사기를 이용하여 아그로주입법 (agroinfiltration)에 의해 접종함
 - ② 접종 10주 후 각 품종별 접종 buffer 만을 주입한 음성대조구와 병징발달을 비교함
 - ③ 병징은 Lapidot 등(2001) 및 Pietersen과 Smith(2002)의 평가법에 따라서 심화도를 결정함
 - ④ 병징심화도 평가 기준: 0 = 육안으로 관찰하기에 식물의 정상적인 성장발달하는 경우, 1 = 식물 말단부의 잎 가장자리에 황화(yellowing)가 관찰되는 경우, 2 = 식물의 말단부 및 측지에서 잎의 황화, 주름(crinkling) 및 말림(curling)이 관찰되는 경우, 3 = 식물의 말단부 및 측지에서 잎의 심한 황화, 주름 및 말림이 관찰되고 성장이 약하게 위축되는 경우, 4 = 잎의 전형적인 병징을 수반한 식물의 성장발달이 중지된 왜화현상(stunting)이 관찰되는 경우
 - ⑤ 감염률은 접종 10주 후 각 품종별로 수확한 모든 식물의 잎에서 DNA를 추출하여 TYLCV 지놈 특이적 프라이머를 이용하여 PCR로 탐색하여 결정함
- (3) 감염성클론을 접종한 토마토 품종에서 C4단백질의 축적을 분석하기 위한 ELISA 분석
- ① PCR 탐색 결과 감염이 확인된 품종의 4개 식물에서 상엽을 수확하여 1.5% SDS를 함유한 PBS 용액으로 총단백질을 추출함 (buffer만 접종한 음성대조구 포함)
 - ② ELISA coating 용액(35 mM NaHCO₃, 15 mM Na₂CO₃, pH 9.6)으로 각 시료에서 추출한 총단백질을 1 µg/µL로 적정하고 ELISA 분석용 plastic plate에 처리한 후 4°C에서 철야시킴
 - ③ 다음 날 plate의 well을 PBST 용액(PBS 용액에 0.05%(w/v) Tween 20 함유)으로 5회 세척하고 200 µL 1%(w/v) BSA를 함유한 PBS 용액에 37°C에서 2시간 처리함
 - ④ Plate의 well에 1차 항체(TYLCV-rC4-IgG) 100 µL를 처리하고 37°C에서 2시간 후 PBST 용액으로 5회 세척함
 - ⑤ Plate의 well에 2차 항체(goat-anti-rat IgG-alkaline phosphatase conjugate, PBS 용액으로 1:20000 희석) 100 µL를 처리하고 37°C에서 2시간 후 PBST 용액으로 5회 세척함
 - ⑥ Plate의 well에 100 µL 기질용액(alkaline phosphatase yellow liquid substrate for ELISA, Sigma, USA)을 처리하고 암실에서 30분 실온 처리한 후 흡광치(A_{405 nm}) 측정함
 - ⑦ 시료의 흡광치가 음성대조구의 흡광치에 3배 이상인 경우만 양성 값으로 판정함
 - ⑧ 각 토마토 품종 잎의 C4단백질 양은 측정된 흡광치를 아래와 같이 준비한 standard

curve의 공식에 대입하여 환산함

- ⑨ Standard curve: 재조합 C4단백질을 희석(0.1-0.4 ng/μL)한 시료를 위와 같은 방법으로 수행한 후 흡광치를 3반복 측정하여 작성함
- ⑩ 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System, version 9.1, USA) 프로그램에 의해 유의성 검정하고, 평균치는 Duncan's multiple range로 비교하고 그래프는 SigmaPlot 10.0 (Systat Software Inc, USA)로 작성함

(4) 감염성클론을 접종한 토마토 품종에서 C4 DNA 축적량 비교

- ① 접종 10주 후 각 토마토 품종의 상엽을 수확하여 DNA를 추출하고 바이러스의 농도를 real-time qPCR로 결정하였다.
- ② SYBR Green real-time qPCR (Stratagene Mx3005P cycler)
 - Real-time qPCR용 C4 유전자 부분조각 (109 bp) 합성용 프라이머 set
 - ㉞ Forward primer (5'-GATGACGTAGACCCGCATTATTTAAAG-3')
 - ㉟ Reverse primer (5'-GATTGCAGAGGAAGATAGTGGGAATT-3')
 - Real-time qPCR용 tomato reference gene 25s rDNA 합성용 프라이머 set
 - ㉞ Forward primer (5'-ATAACCGCATCAGGTCTCCA-3')
 - ㉟ Reverse primer (5'-CCGAAGTTACGGATCCATTT-3')
 - Standard curve: pRI-TYLCV-1mer clone 1 ng을 희석 (10-fold dilution)하고 C4 유전자 프라이머 set를 이용하여 real-time qPCR 실시
 - Ct값을 측정하고 C4 DNA 표준곡선을 작성함
 - pRI-TYLCV-2mer를 접종한 각 토마토 품종의 상엽 3개씩 수확하여 DNA 추출함
 - 음성대조구 (no template DNA 및 mock-infiltrated 토마토) 포함
 - 각 유전자 프라이머 set와 각 시료 DNA를 이용하여 SYBR Green real-time qPCR을 수행하여 Ct 값 측정함
 - Standard curve를 이용한 공식에 각 시료의 Ct 값을 대입하여 TYLCV-C4 DNA 농도를 측정함

다. 연구결과 및 고찰

(1) 감염성클론 접종 후 병징심화도(symptom severity) 및 감염률(infection rate) 평가

- ① TLCV-IL[KR:Bus] 감염성클론을 접종한 후 10주차에 8개 토마토 품종의 병징심화도 및 감염률을 평가함 (표 1)
- ② 품종 병징심화도 평균값의 범위는 0-3.5
- ③ 실험결과 병징심화도에 기준하여 품종을 다음과 같이 분류함을 제시함
 - 고도 저항성 (highly resistant): 병징심화도 = 0
 - 고도 내성 (tolerant): 0<병징심화도<0.5
 - 온건 내성 (moderately tolerant): 0.5≤병징심화도<1
 - 온건 이병성(moderately susceptible): 1≤병징심화도<2
 - 이병성(susceptible): 2≤병징심화도<3
 - 고도 이병성(severely susceptible): 3≤병징심화도

표 1. Reaction of agroinoculated commercial tomato cultivars with TYLCV-Bus clone at 10 weeks post-inoculation

Cultivar (Type)	Company/ origin	Symptom	Severity ^b		Infection rate ^c	Ty gene ^d		
			Mean	Range		Ty1	Ty2	Ty3
Ty Miracle ^e (cherry)	Sky Seed/ Korea	20/20	3.5	3-4	20/20	<i>Ty-1ty-1</i>	<i>ty-2ty-2</i>	<i>Ty-3ty-3</i>
Pinkie 107 (globe)	Konong Seed/ Korea	11/12	1.8	1-2	11/12	<i>ty-1ty-1</i>	<i>ty-2ty-2</i>	<i>ty-3ty-3</i>
Hoyong (globe)	Sakata Korea/ Japan	9/11	3.0	1-4	9/11	<i>ty-1ty-1</i>	<i>ty-2ty-2</i>	<i>ty-3ty-3</i>
Keri TY (globe)	Sunseed/ Korea	4/17	0.3	0-1	5/17	<i>Ty-1ty-1</i>	<i>ty-2ty-2</i>	<i>ty-3ty-3</i>
Blackkiss (cherry)	Shinnan Seed/ Korea	15/16	2.1	0-4	15/16	<i>ty-1ty-1</i>	<i>ty-2ty-2</i>	<i>ty-3ty-3</i>
Supersunroad (globe)	Sakata Korea/ Japan	16/18	2.6	0-4	16/18	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>
Rubyking (cherry)	Bunong Seed/ Korea	0/20	0	0	4/20	<i>ty-1ty-1</i>	<i>Ty-2ty-2</i>	<i>ty-3ty-3</i>
Goldsugar (plum)	Bunong Seed/ Korea	11/12	2.6	0-4	11/12	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>
Tabor (globe)	Pungnong Research Institute/ Korea	0/10	0	0	6/10	<i>Ty-1ty-1</i>	<i>ty-2ty-2</i>	<i>Ty-3ty-3</i>

^aSymptomatic plants/inoculated plants. / ^bMean was calculated from total score of symptomatic plants/total plants.

^cTYLCV positive/inoculated plants. TYLCV positive was determined by PCR detection.

^dTy genes were determined by researchers in Tomato Experimental Station in Korea (nd: not determined).

^eA naturally infected cultivar, TY Miracle, with TYLCV was found in a whiteflies-infested greenhouse and used as a positive control in this work.

- ④ 가장 높은 병징심화도를 보인 품종은 TY Miracle (병징심화도 평균값 3.5 및 병징 20 symptomatic / 20 total): 자연감염 상태에서 Ty1 및 Ty3 저항성이 무너진 것이 입증됨
- ⑤ 따라서 새로운 변종 혹은 고농도의 TYLCV 감염에 의한 것인지 추후 연구가 필요함
- ⑥ 감염성클론을 접종한 품종의 병징심화도 순위: Hoyong > Goldsugar > Supersunroad > Blackkiss20 > Pinkie107 > Keri-TY > Tabor & Rubyking
- ⑦ Hoyong은 접종 후 3주내로 처음 병징을 나타낸 품종으로서 4주내에 잎의 황화 및 말림을 나타내고, 5-8주내 완전히 성장이 멈추는 위축현상을 나타냄
 - 병징심화도 평균값 3.0 (9개 병징/11개 접종식물)
 - 병징을 보인 9개 식물 모두 PCR 양성
 - 따라서 고도 이병성 품종으로 고려됨
- ⑧ Supersunroad, Goldsugar 및 Blackkiss20는 2번째 그룹으로서 접종 후 3-5주내 잎의 황화현상, 4-6주내에 잎말림을 보이고 식물에 따라서 5-10주내에 식물 위축을 보임
 - 병징심화도 평균값은 각각 2.6 (16개 병징/18개 접종식물), 2.6 (11개 병징/12개 접종식물) 및 2.1 (16개 병징/18개 접종식물)
 - 위 결과에 근거해서 Supersunroad와 Goldsugar는 Ty 저항성유전자가 결여된 품종들로서 3개 품종은 이병성 품종으로 고려됨
- ⑨ Pinkie107은 접종 후 5-6주에 잎의 황화 및 말림 병징이 나타남
 - 접종 10주 후까지 위축현상을 보이지 않음

- 병징심화도 평균값은 1.8 (11개 병징/12개 접종식물)
- 위 결과에 근거해서 Pinkie107은 온건 이병성 품종으로 고려됨
- ⑩ Keri TY는 일부 식물만이 잎가장자리가 황화현상을 보임
 - 병징심화도 평균값은 0.3 (4개 병징/17개 접종식물)
 - 17개 식물 중 5개 식물이 PCR 양성반응
 - 위 결과에 근거해서 Keri TY는 고도 내성 품종으로 고려됨
 - 기존 연구에 의하면 *Ty1* 저항성유전자를 가진 토마토의 경우 병징과 바이러스 농도가 감소한다는 보고가 있음
 - 그러나 최근 보고에 의하면 *Ty1* 저항성유전자가 바이러스 계통(strain)을 선택하는 것이 궁극적으로 저항성이 무너질 가능성이 있음을 암시함
- ⑪ Rubyking과 Tabor는 접종 식물 모두 무병징을 보임
 - 병징심화도 평균값은 각각 0(0개 병징/20개 접종식물) 및 0(0개 병징/10개 접종식물)
 - 그러나 Rubyking은 20개 식물 중 4개 식물이, Tabor는 10개 식물 중 6개 식물이 PCR 양성반응을 나타냄
 - 병징 결과에 근거할 경우 2개 품종은 고도 저항성 품종으로 고려되나 PCR 판정에 의한 감염 여부에 근거할 경우 고도 내성 품종으로 고려됨

(2) ELISA에 의한 감염 외에 축적된 C4단백질의 측정

① Standard curve

- 회귀분석 결과 상관계수(correlation coefficient)는 0.959, 회귀선의 공식은 $Y=124.631X-3.755$

- 각 품종의 식물 잎에서 측정된 ELISA 값을 공식에 대입하여 C4 단백질 양 계산함

② 각 품종에서 선발된 식물의 잎에서 PCR 양성반응을 보인 시료에서만 총 단백질을 추출하여 ELISA 수행함

- C4단백질 축적량 순서: TY Miracle (136.01 ng/ 100 µg 총 단백질) > Pinkie107 (68.61 ng/ 100 µg 총 단백질) > Blackkiss20 (67.91 ng/ 100 µg 총 단백질) > Supersunroad (64.11 ng/ 100 µg 총 단백질) > Hoyong (59.55 ng/ 100µg 총 단백질) > Tabor(56.26 ng/ 100 µg 총 단백질) > Goldsugar (54.43 ng/ 100 µg 총단백질) > KeriTY (41.13 ng/ 100µg 총 단백질) > Rubyking (34.74 ng/ 100 µg 총 단백질)
- Goldsugar 및 Tabor를 제외하고는 일반적으로 이병성 품종이 저항성 품종보다 C4단백질을 더 축적했음
- 그럼에도 불구하고 접종된 품종에서 C4단백질의 축적량은 각 품종의 병징심화도와 필수적으로 일치하는 것은 아님

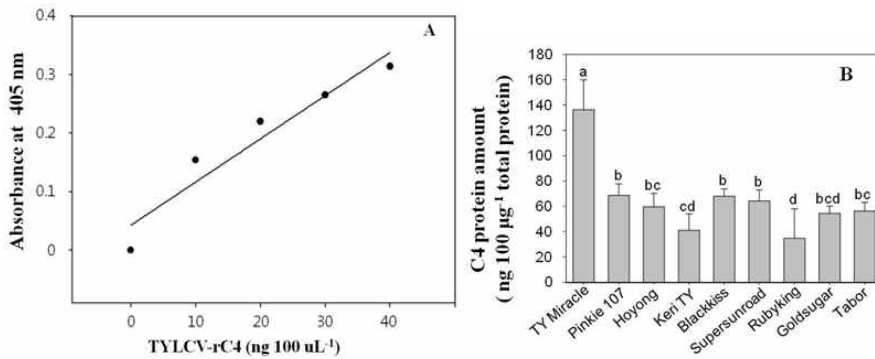
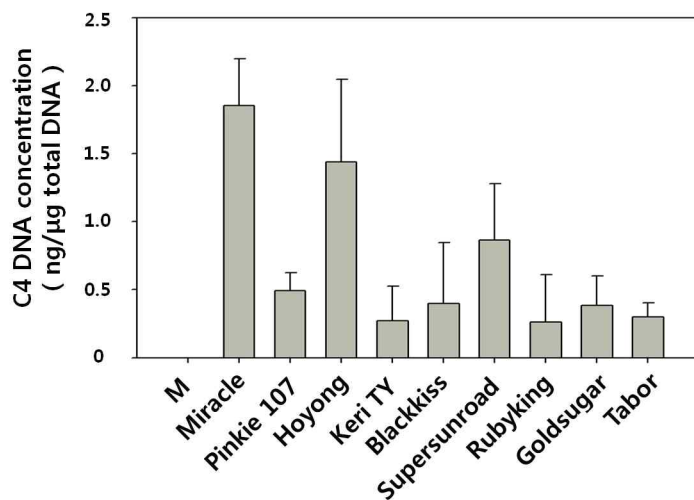


그림. 1. Determination of TYLCV-C4 protein by ELISA probed with polyclonal rat IgG (1: 1000 dilution with 1x PBS) against TYLCV-rC4 protein. Standard curve was prepared by a dilution series (0.1-0.4 ng/ μ L) of TYLCV rC4 protein with coating buffer to a total volume of 100 μ L per well in triplicate (A). Comparison of TYLCV-C4 protein concentration in commercial tomato cultivars agroinoculated with a TYLCV clone, except Miracle that was naturally infected with TYLCV, probed with antibody to TYLCV-rC4 protein in ELISA (B). Absorbance ($A_{405\text{ nm}}$) was recorded 30 min after addition of substrate at room temperature and representative value was the mean value obtained from four independent assays. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$. The same letter above bars represented no significant difference between treatments

(3) real-time qPCR에 의한 감염 잎에 축적된 C4 DNA의 측정

① Standard curve : $Y=0.0002X + 0.0011$ ($r=$)



<토마토 병해진단 및 친환경 방제 기술 개발>

1. 토마토 진균 병해 진단 실험실 운영

(1) 선충 피해진단

가. 연구기간: 1차년도 ~ 5차년도

나. 연구방법 및 결과

○ 충남 논산시 수경재배 농가 선충피해 진단 1

- 농가 재배 현황

- 품종 : 방울-꼬꼬
- 배지 : 펠라이트자루재배, 펠라이트 베드층진
- 농가 측에서 뿌리 부분 뿌리혹 선충 피해인지 여부 진단 의뢰함.

- 농가 피해 현황



그림 1. 시들음 증상으로 고사한 토마토



그림 2. 시들음 증상을 보이는 토마토의 뿌리 사진

- 조사 사항

- 3개 이병식물체 뿌리에서 선충 존재 여부 검출
- 검출된 선충의 뿌리혹 선충 여부 진단
- 펠라이트 내에 선충 존재 여부 파악 및 뿌리 상태 검정

○ 충남 논산시 토경재배 농가 선충피해 진단

- 농가 재배 현황

- 품종 : 방울-꼬꼬 / · 재배형태 : 수경재배
- 배지 : 펠라이트자루재배, 펠라이트 베드층진

- 농가 측에서 뿌리 부분 뿌리혹 선충 피해인지 여부 진단 의뢰함.
- 시료 : 농가에서 이병식물 한 뿌리와 흙을 제공함.

- 조사 사항

- 제공된 이병식물체 뿌리에서 선충 존재 여부 검출
- 검출된 선충의 뿌리혹 선충 여부 진단
- 펠라이트 내에 선충 존재 여부 파악

○ 충남 논산시 수경재배 농가 선충피해 진단 2

- 농가 재배 현황

- 재배형태 : 수경재배.
- 배지 : 펠라이트자루재배, 펠라이트 베드층진
- 농가 측에서 뿌리 부분 뿌리혹 선충 피해인지 여부 진단 의뢰함.
- 시료 : 농가에서 이병식물 3 뿌리를 제거하여 조사함

- 조사 사항

- 제공된 이병식물체 뿌리에서 선충 존재 여부 검출
- 검출된 선충의 뿌리혹 선충 여부 진단
- 펠라이트 내에 선충 존재 여부 파악

○ 충남 논산시 수경재배 농가 선충피해 진단 3

- 농가 재배 현황

- 품종 : 방울-꼬꼬
- 배지 : 펠라이트자루재배, 펠라이트 베드층진

- 농가 피해 현황



그림 3. 시들음 증상을 보이는 토마토의 뿌리 사진

- 조사 사항

- 3개 이병식물체 뿌리에서 선충 존재 여부 검출 (Baermann 깔대기법)
- 검출된 선충의 현미경 관찰
- 검출된 선충의 유전자 분석을 통한 동정

종 동정을 위해 사용된 유전자 부위는 28S rDNA의 D2-D3영역으로, 유전자 증폭을 위해 D2A (5' - A C A A G T A C C G T G A G G G A A A G T T G - 3') 와 D3B(5'-TCGGAAGGAACCAGCTACTA-3')을 이용하였다 (Subbotin *etal.*,2006). PCR반응은 premix (Bioneer)를 사용하여 template DNA, primer를 첨가한 후, 최종부피 20 μ l이 되도록 증류수로 채웠고, 반응조건은 아래 표와 같다.

표 1. 선충의 28S rDNA의 PCR 반응조건

Temp.	Time	No. of cycles
95°C	3 min	1
95°C	45 sec	35
55°C	1.5 min	
72°C	2 min	
72°C	10 min	1

○부여 국내 신규발생 추정 병해 조사

- 농가 피해 현황
- 신규발생 추정 병해가 발생하여 감염주에서 균 분리.



그림 4. 국내 신규발생 추정 병해 병징

(2) 토마토 세균 및 곰팡이 피해진단

가. 연구기간: 1차년도 ~ 5차년도

나. 연구방법 및 결과

(가) 병원진균의 분자유전학적 분류

- 토마토에 탄저병을 일으키는 진균에 대한 분류 지표로서 기존에 알려진 ITS rDNA 이외의 또 다른 분류 지표로서 병원성과 관련이 있는 것으로 알려진 멜라닌 합성에 관여하는 효소유전자 분석을 시도함. - Scytalone dehydratase 효소의 유전자 일부인 536 bp를 *Colletotrichum acutatum*로부터, 그리고 516 bp를 *C. coccodes*로부터 PCR 클로닝을 통하여 얻은 후 DNA 염기서열분석을 실시하였고 DNA 데이터베이스 검색을 통하여 성공

적인 유전자 클로닝을 확인함.

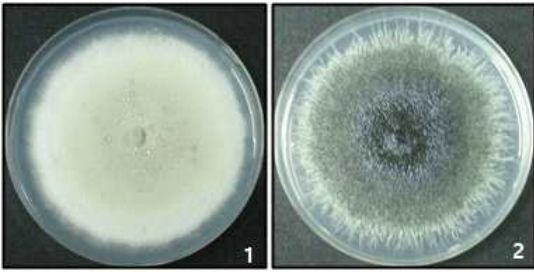


그림 5. 토마토 병원성 곰팡이 *C. acutatum* (1)과 *C. coccodes* (2)

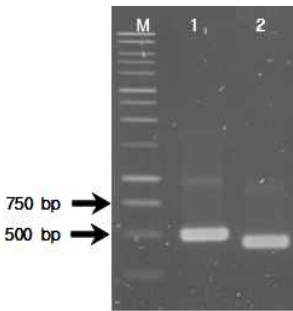


그림 6. 토마토 병원성 곰팡이의 SD 유전자 증폭

- Lane M: 1kb ladder marker, Lane 1: *C. coccodes*, Lane 2: *C. acutatum*.- RACE PCR을 통하여 scytalone dehydratase 효소 유전자의 complete sequence를 얻기 위한 클로닝 작업을 수행
- 염기서열 분석이 끝나면 Phylogenetic analysis 분석을 통하여 유전적 관계를 평가하고 분류 지표가 되는 마커를 개발.
- 2009년 춘계 한국식물병리학회 발표함, Comparison of scytalone dehydratase gene between *Colletotrichum* species infecting tomato

(나) 토마토 식물 병반으로부터 세균 및 진균의 분리 동정- 국내 토마토 재배 포장에서 식품 오염균의 존재를 알아보려고 천안 지역 노지재배 토마토 잎에서 세균 3 개 균주를 분리하여 동정함- DK-B1과 DK-B2 균주는 노란색, DK-B3 균주는 흰색의 집락을 NA 배지에서 형성함

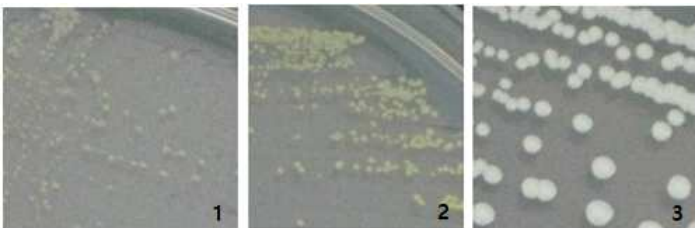


그림 7. 토마토 잎 병반에서 분리된 세균. 1. DK-B1, 2. DK-B2, 3. DK-B3

- 16S rDNA를 PCR로 증폭하여 염기서열을 분석한 결과 크기는 DK-B1은 1403 bp, DK-B2는 1444 bp, 그리고 DK-B3는 1441 bp로 각각 확인됨.

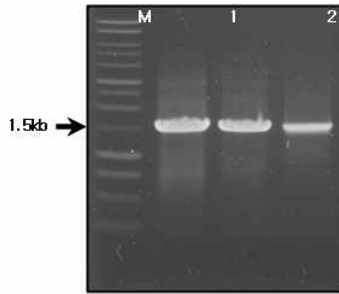


그림 8. 토마토 잎 병반에서 분리된 세균의 16S rDNA의 증폭. Lane M: 1kb ladder marker, Lane 1: DK-B1, Lane 2: DK-B2, Lane 3: DK-B3

- 계통도 분석 결과 분리된 세균 DK-B1은 *Curtobacterium citreum*로, DK-B2는 *Staphylococcus pasteurii*로, 그리고 DK-B3는 *Staphylococcus cohnii*로 각각 동정함- 채소에 오염을 일으키는 균인 *Staphylococcus pasteurii*가 존재할 가능성을 확인함 (기초과학논문집 논문게재. 2008. vol. 142:67-72. 토마토 (*Lycopersicon esculentum*) 잎에서 분리된 세균의 정).

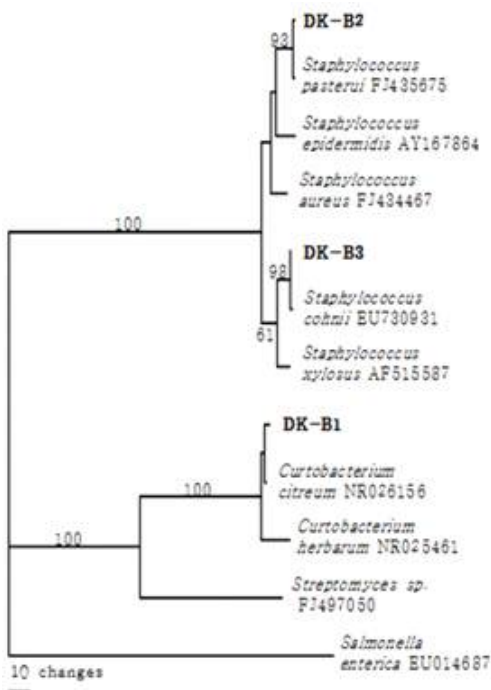


그림 9. 토마토 잎에서 분리된 3 개 균주의 16S rDNA 염기서열 기반의 계통도 분석

- 2차 천안 및 공주 주변 시설하우스에서 토마토 병반을 채집하여 분리된 세균과 곰팡이를 동정 작업. 현재 토마토의 잎 병반에서 총 3 종의 곰팡이를 분리하였음. 분리된 균주의 ITS rDNA의 크기는 약 550 bp로 확인하였음. 토마토 잎에서 분리된 3 개 균주의 ITS rDNA 염기서열을 분석한 결과 DK-F1 균주는 *Bionectria ochroleuca*과, DK-F2 균주는 *Alternaria tenuissima*와 그리고 DK-F3 균주는 *Didymella bryoniae*로 각각 동정되었음.

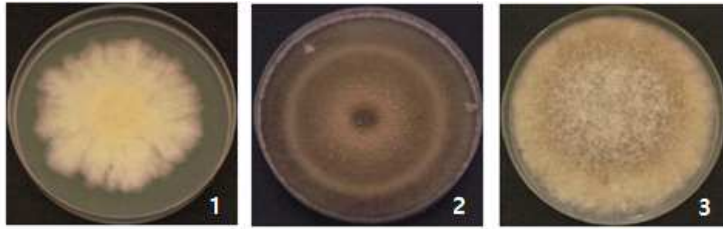


그림 10. 토마토 잎 병반에서 분리된 곰팡이. 1. DK-F1, 2. DK-F2, 3. DK-F3

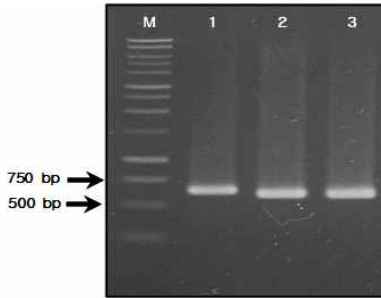


그림 11. 토마토 잎 병반에서 분리된 곰팡이의 ITS rDNA의 증폭. Lane M: 1kb ladder marker, Lane 1: DK-F1, Lane 2: DK-F2, Lane 3: DK-F3

(다) 종자 감염균 분리

- 토마토 종자에서 세균 및 곰팡이 분리

국내외 총 23개 품종의 종자에서 곰팡이 및 세균을 분리하기 위해 액체 배양법과 종자 절개법을 이용하였다. 세균의 분리를 위해서 LB 배지를 사용하였고 곰팡이의 분리를 위해서 PDA 배지를 이용하여 25℃ 배양기에서 실시하였다.

실험에는 중국 (키스꿀토마토, 미니찰토마토, 소분 8호, 대가노랑, 우내황, GAISHI-998, 홍석루, 봉화속보석, 흠홍보), 타이완 (요요토마토, 요요포시즌), 일본 (탑-3, 세븐스타, 윈더플 핑크계), 네덜란드 (골드비엔나, 레드비엔나), 유럽 (지코레드, 지코노랑, 골덴미니, 다이아나 레드계, 바이패스 레드계, 포르테 레드계), 한국 (큐피랑 토마토)의 품종을 사용하였다.



그림 12. 종자에서 미생물 분리를 위한 액체 배양법(좌) 및 절개를 통한 고체배지 방법(우)

(라) 청고병 진단

- 농가 재배 현황

- 품종 : 캐리 TY
- 시료 : 청고병 의심 토마토 시료

- 조사 사항
 - 줄기의 단면 관찰
 - 줄기에서 세균의 분리는 멸균수에 조직을 분쇄한 후 LB 배지에 희석법으로 도말하여 28℃ 배양기에서 배양하였다.
 - 16S rDNA를 이용한 분리된 세균의 동정

- 세균 동정에 이용되는 16S rDNA의 증폭은 27F (5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3')와 1492R (5'-GGYTACCTTGTTACGACTT-3') 프라이머를 이용하였다. PCR 조건은 표 2와 같다. PCR 산물은 1% agarose gel에서 확인한 후 정제하여 염기서열 분석을 의뢰하였다.

(마) 토마토에서 분리된 곰팡이 동정

- 농가 재배 현황
 - 품종 : 완숙
 - 시료 : 검은 반점 병징을 보이는 토마토 열매



그림 13. 검은 반점을 띠는 토마토의 표면 및 단면

- 조사 사항
 - 열매의 단면 관찰
 - 열매의 병징 부위에서 세균 및 곰팡이 분리
 - 분리된 곰팡이의 ITS 부위와 *tef1-a* 염기서열 분석을 통한 동정

- PCR 반응을 위한 프라이머는 곰팡이의 염기보존 서열인 ITS rDNA의 경우 ITS1F forward primer (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3')와 ITS4 reverse primer (5'-TCCTCCGCTTATGATAT - 3')를 사용하였고, *tef1-a*의 경우 Ef-1 (5'-ATGGGTAAGGARGACAAGAC - 3')와 Ef-2 (5'-GGARGTACCAGTSATCATGTT - 3')을 사용하였다. PCR 반응 조건은 표 2와 같고, 증폭된 PCR 반응 산물은 1% agarose gel상에서 전기영동으로 확인하였고, PCR 반응 산물을 정제하여 염기서열 분석을 의뢰하였다.

표 2. *tef1-a*의 PCR 반응 조건

Temp.	Time	No. of cycles
95°C	5 min	1
95°C	30 sec	30
55°C	30 sec	
72°C	1 min	
72°C	10 min	1

(바) 토마토에서 분리된 곰팡이 동정

- 토마토에서 분리된 2 개의 곰팡이의 동정을 위해 ITS 부위 및 *tef1-a* 염기서열을 분석하였다. PCR 반응을 위한 프라이머는 곰팡이의 염기보존 서열인 ITS rDNA의 경우 ITS1F forward primer (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3')와 ITS4 reverse primer (5'-TCCTCCGCTTATTGATAT-3')를 사용하였고, *tef1-a*의 경우 Ef-1 (5'-ATGGGTAAGGARGACAAGAC-3')와 Ef-2 (5'-GGARGTACCAGTSATCATGTT-3')을 사용하였다. 증폭된 PCR 반응 산물은 1% agarose gel상에서 전기영동으로 확인하였고, PCR 반응 산물을 정제하여 염기서열 분석을 의뢰하였다.

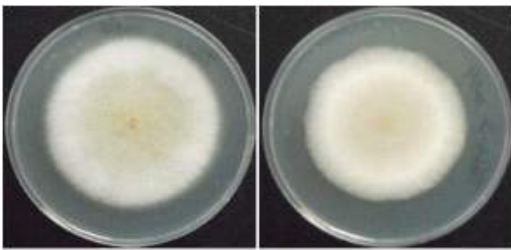


그림 14. 검은 반점을 띠는 토마토의 표면 및 단면에서 분리한 곰팡이

(3) 수출농가 병해진단 서비스

(가) 감염주에서 세균 및 곰팡이 분리 및 배양

감염주로부터 세균의 분리는 NA 배지에 희석법을 사용하여 도말 후 25°C에서 3일 배양 후 순수분리 하였고, 곰팡이는 감염주의 병반 부위를 작게 잘라 70% ethanol로 1분간 표면 살균한 다음 멸균수에 1 분간 세척하여 물기를 제거한 후 PDA 배지에 올려 25°C에서 3~5일 동안 배양한 다음 균을 분리하였다. 배양된 곰팡이는 단포자 분리법을 이용하여 순수분리 하여 실험에 사용하였다. 분리된 세균은 5% DMSO, 곰팡이는 10% glycerol을 이용하여 보존하였다.

(나) 현미경 관찰 및 gDNA 추출

감염주에서 분리된 세균 및 곰팡이의 형태적 관찰을 위해 광학 현미경을 사용하였고, 일부 샘플의 경우 주사전자현미경을 이용하여 미세구조를 관찰하였다. 곰팡이의 gDNA는 glass bead를 이용하여 phenol법으로 추출하였다. 추출된 gDNA는 종 동정을 위한 PCR에 사용되었다.

(다) 동정을 위한 PCR 수행 및 염기서열 분석

PCR 반응을 위한 프라이머는 곰팡이의 염기보존 서열인 ITS 부위의 경우 ITS1F forward primer (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3')와 ITS4 reverse primer (5'-TCCTCCGCTTATTGATAT-3')를 사용하였고, *tef1-a*의 경우 Ef-1 (5'-ATGGGTAAGGARGACAAGAC-3')와 Ef-2 (5'-GGARGTACCAGTSATCATGTT-3')을 사용하였다. 세균의 동정에는 16S rDNA를 증폭하는 27f (5'-AGAGTTTGTACMTGGCTCAG-3')와 1492r (5'-GGYTACCTTGTACACTT-3') 프라이머를 사용하였다. PCR 조건은 표 3의 조건으로 수행하였다. 증폭된 PCR 반응 산물은 1% agarose gel상에서 전기영동으로 확인하였고, PCR 반응 산물을 정제하여 염기서열 분석을 의뢰하였다. 분석된 염기서열은 BlastN search를 통해 동정을 하였다

표 3. 염기서열 분석에 사용된 PCR 조건

ITS	Target genes		Cycles
	Tef1- α	16S rDNA	
95°C for 3 min	95°C for 3 min	95°C for 3 min	1
95°C for 20 sec	95°C for 20 sec	95°C for 20 sec	30
56°C for 20 sec	56°C for 20 sec	52°C for 20 sec	
72°C for 30 sec	72°C for 30 sec	72°C for 60 sec	
72°C for 5 min	72°C for 5 min	72°C for 5 min	1

(라) 토마토에서 분리된 *F. oxysporum* 균의 병원성 검정

시들음 증상을 보인 토마토에서 분리된 *F. oxysporum* 균의 병원성 검정을 위해 토마토에 접종하여 병원성을 검정하였다 (표 4). *F. oxysporum* 균을 PDA 배지에서 25°C 조건으로 7일간 배양한 다음 포자현탁액을 1.0×10^6 conidia/ml로 만들어 사용하였다. 토마토는 총 14개 품종을 사용하였으며 (표 5), 토마토 유묘의 배지를 제거하고 뿌리에 상처를 준 다음 포자현탁액에 30분간 침지를 한 다음 다시 심어서 시들음 증상여부를 확인하였다.

표 4. 병원성 검정에 사용된 *F. oxysporum* 균주

순번	균주명	품종
1	<i>F. oxysporum</i> 화순 1	대프니스 (일반)
2	<i>F. oxysporum</i> 화순 2	대프니스 (일반)
3	<i>F. oxysporum</i> 김해	대프니스 (일반)
4	<i>F. oxysporum</i> 부안1	지코노랑 (방울)
5	<i>F. oxysporum</i> 부안2	미니찰 (방울)



그림 15. 포자현탁액에 침지된 토마토 유묘(좌)와 처리 후 재식된 유묘(우)

표 5. 병원성 검정에 사용된 토마토 품종

순번	품종	저항성
1	폰테로사	무저항성
2	슈퍼선로드	R1, R2
3	마그네트	R1, R2, J3
4	RSTM0001	R1, R2, J3
5	RSTM0002	R1, R2, J3
6	한방	R1, R2, J3
7	신청강	R1, R2, J3
8	B블로킹	R1, R2, J3
9	올키퍼	R1, R2, J3
10	바이킹	R1, R2, J3
11	비케이오	R1, R2, J3
12	올라운드	R1, R2, J3
13	칸바루네	R1, R2, J3
14	씨포트	R1, R2, J3

2. 토마토 진균·세균병에 대한 진단 마커 개발

가. 연구기간: 3차년도 ~ 4차년도

나. 연구방법 및 결과

(1) 병원세균의 분자유전학적 분류

- 현재까지 토마토 청고병을 일으키는 것으로 보고된 *Pseudomonas syringae* 세균은 기주 범위가 매우 넓은 연유로 병원형(pathovar)에 따라 분류하고 있는데 세계적으로 50여 가지의 병원형이 존재하는 것으로 알려짐
- 이중 토마토에 특이적으로 병을 일으키는 병원형으로는 *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* 와 *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola*가 있음
- 그 동안 여러 가지 연구가 진행되었지만 아직 까지 이들 2가지 병원형을 구분 할 수 있는 방법은 영양원과 기주 접종을 통한 병원성 평가 말고는 없는 실정이기 때문에 이들을 구분 하는 방법은 아직도 많은 어려움이 있음
- 이에 따라 빠른 시간 안에 이들을 구분 할 수 있는 DNA 마커개발을 시도함
 - 먼저 51개의 *Pseudomonas syringae* 병원형 균주에 대하여 REP-PCR과 URP-PCR 분석을 실시하여 *Pseudomonas syringae* 병원형 중 토마토에 병을 일으키는 병원형들과 유전적으로 가까운 그룹에 대한 분류 지표를 마련함
 - 동시에 *Pseudomonas syringae* 토마토 병원형 중에 유전적으로 다른 2가지 그룹이 존재하는 것 확인함
 - 즉 *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* 와 *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* 가 분리됨
- 이상의 결과를 확인하기 위하여 토마토의 저항성 반응을 일으키는 유전자인 hypersensitive response gene(hrp)의 구성 요소인 hrpV, hrpT, hrcC 유전자를 PCR cloning 하여 DNA 염기서열 분석을 하고 계통수 분석을 실시하여 REP-PCR과 URP-PCR 분석의 결과를 재차 확인함

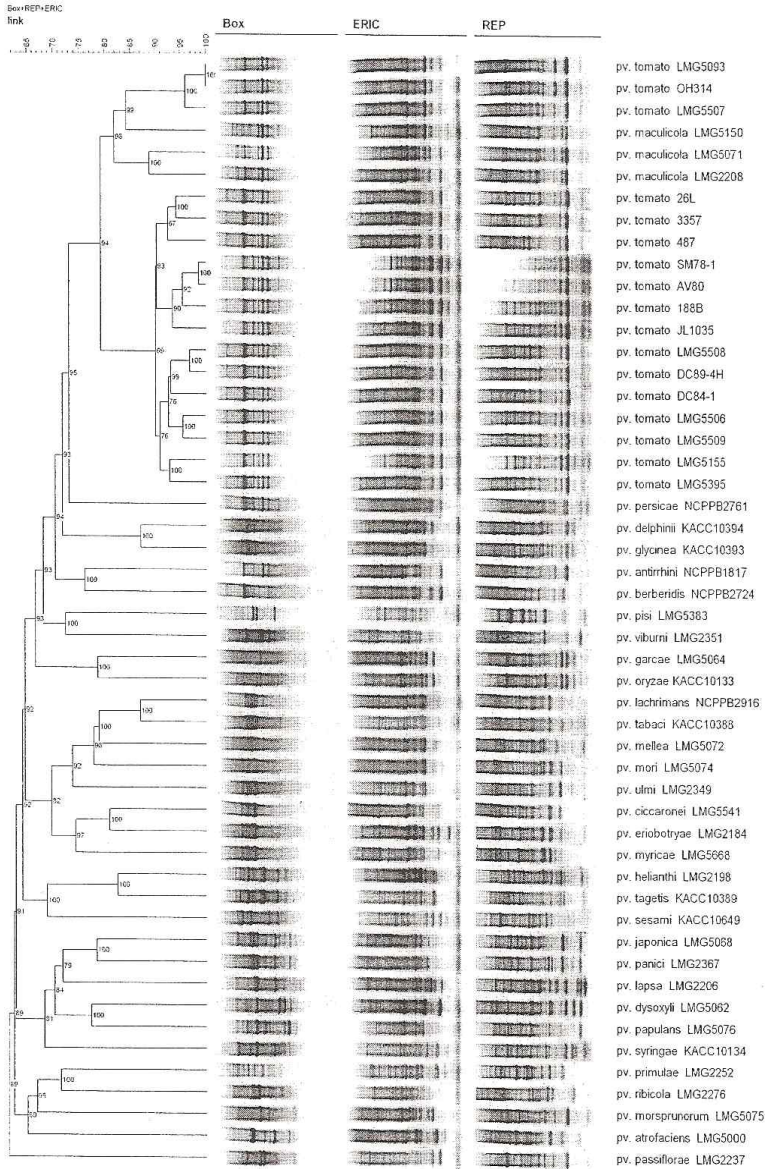


그림 16. Box, Eric, Rep primers를 이용한 REP-PCR에 의한 51개 *Pseudomonas syringae* pasovars 균주의 DNA fingerprinting 분석

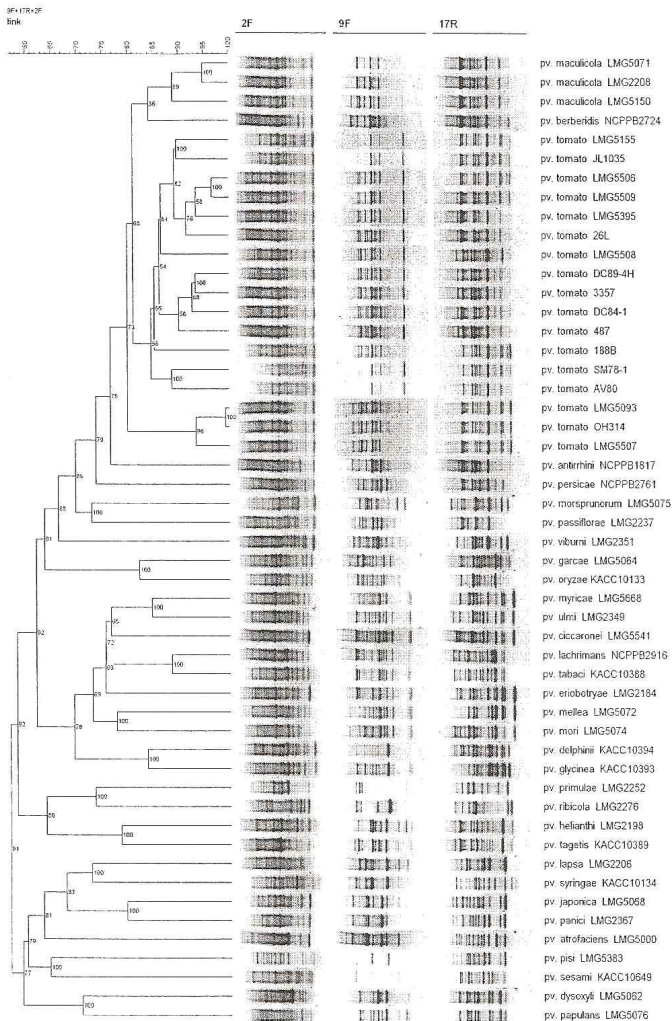


그림 17. 2F, 9F, 17R 등 URP primers를 이용한 URP-PCR에 의한 51개 *Pseudomonas syringae pasovars* 균주의 DNA fingerprinting 분석

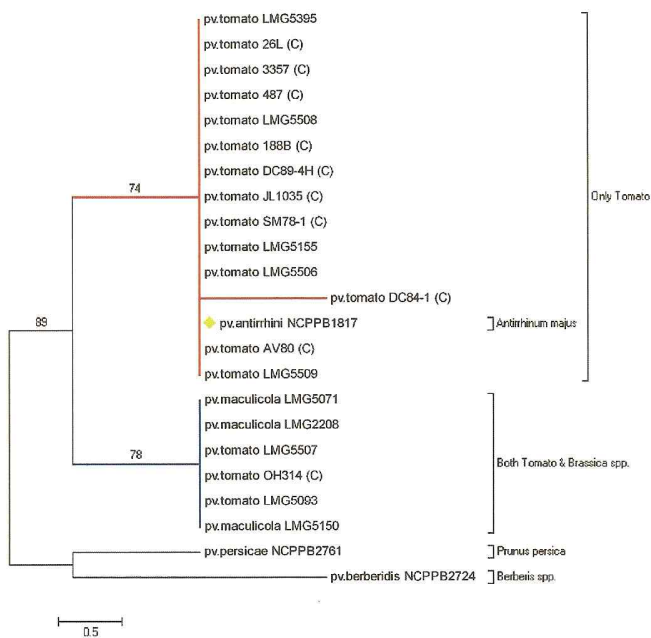


그림 18. REP-PCR 과 URP-PCR에서 구분된 *Pseudomonas syringae* 병원형중 토마토를 기주로 하는 원형에 2가지 유전적으로 다른 그룹이 있음을 보여주는 hrpV, hrpT, hrcC 유전자의 염기서열에 근거한 계통수

- REP-PCR과 URP-PCR 분석 및 hrpV, hrpT, hrcC 유전자 분석결과에 따라 나타난 토마토에 병을 일으키는 병원형 균주와 이들과 유전적으로 가까운 병원형 그룹에 속하는 균주에 특이적인 분자 마커로서 Hypothetical 단백질 유전자를 기반으로 하는 PCR 검출마커를 개발함.
- Southern blot 분석으로 검출 마커 primer의 특이성을 재확인 함.

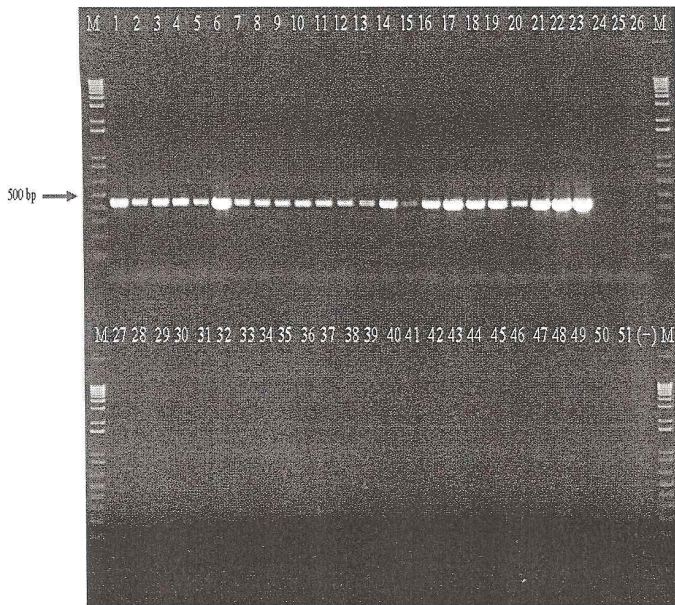


그림 19. Hypothetical 단백질 유전자를 기반으로 제작한 primer를 이용하여 51개 *Pseudomonas syringae* 병원형 균주 중 토마토를 기주로 하는 병원형 및 이들과 유전적으로 매우 가까운 2가지 그룹인 23개 균주를 특이적으로 PCR 증폭한 결과 사진

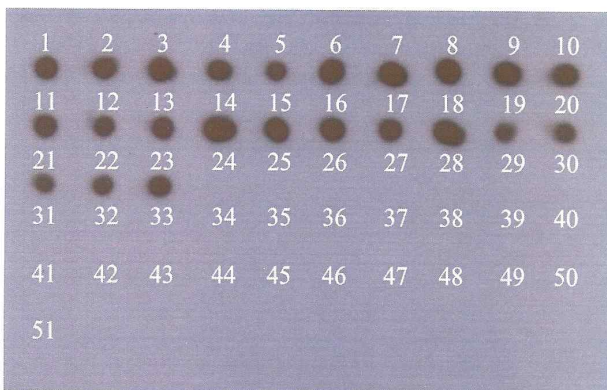


그림 20. Hypothetical 단백질 유전자를 기반으로 제작한 primer를 이용하여 51개 *Pseudomonas syringae* 병원형 균주 중 토마토를 기주로 하는 병원형 및 이들과 유전적으로 매우 가까운 2가지 그룹인 23개 균주를 특이적으로 PCR 증폭한 후 Southern dot blot 분석으로 증폭된 DNA 산물에 대해 유전적 동질성을 확인한 사진. - 살충독소 단백질 유전자를 기반으로 *Pseudomonas syringae* pathovar 중 유전적으로 한데 묶이는 *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* 및 *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola*에만 특이적인 PCR 마커를 개발함 (국제적 수준의 성과로 사료됨)

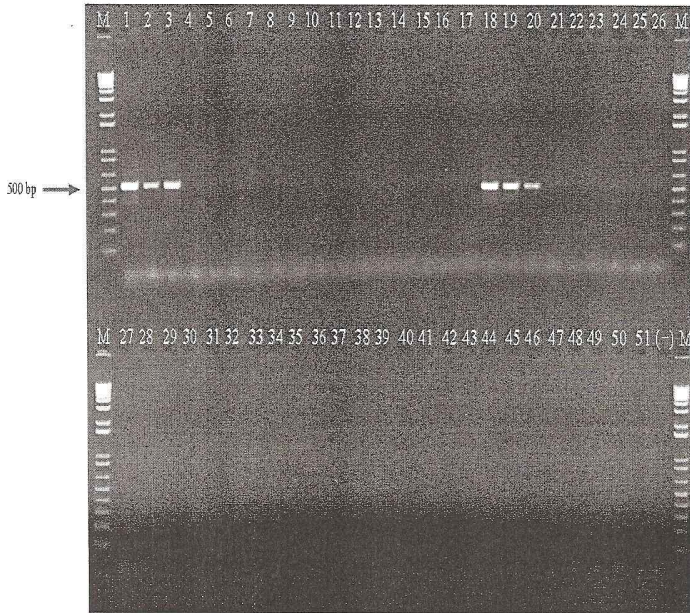


그림 21. 살충독소 단백질 유전자를 기반으로 제작된 primer를 이용하여 6개의 *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (1,2,3) 및 *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* (18,19,20) 균주만 특이적으로 PCR 증폭한 결과 사진

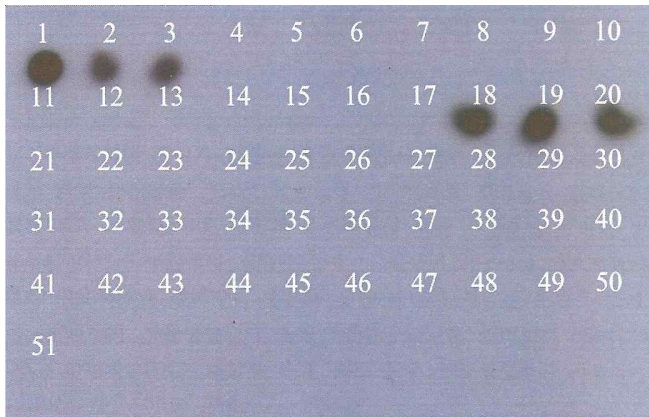


그림 22. 살충독소 단백질 유전자를 기반으로 제작된 primer를 이용하여 6개의 *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* 및 *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* 균주만 특이적으로 PCR 증폭 후 Southern dot blot 분석으로 증폭된 DNA 산물에 대해 유전적 동질성을 확인한 사진

- 2008년 추계 한국식물병리학회 발표함, 초록집 p. 139, Molecular taxonomy of the phytopathogenic bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* and *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola*.
- 2009년 6월 20일 캐나다 식물병리학회 학술대회 2편 발표. 제출 초록. Molecular Differentiation of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* Groups That Infects Only Tomato and Both Tomato and *Barssica* spp. 및 Genetic Differentiation of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* from *Pseudomonas syringae* pathovars using REP-PCR and URP-PCR)

3. 친환경적 곰팡이병해 관리법 개발

가. 연구기간: 2차년도 ~ 3차년도

나. 연구방법

(1) 세균 분리

토마토 병원균을 친환경적으로 방제할 수 있는 길항 세균을 산림토양 및 농경지 토양에서

분리하였다.

(2) 토마토 병원균 길항 세균 탐색

길항 세균의 선발은 토마토 병원성 곰팡이로 알려진 *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum* spp., *Phytophthora* sp., *Pythium* sp, *Sclerotinia minor*, *Alternaria solani*, *Fusarium* sp. 등과 대치 배양을 통해 이루어졌다.

(3) 길항 미생물 동정

분리된 길항 미생물 DUCC 501 균주의 주사전자 현미경을 통한 포자 관찰 및 16S rDNA 분석을 통한 동정을 수행하였다. 주사전자 현미경 관찰을 위한 처리는 고정액 (2% glutaraldehyde, 0.5% triton X, 0.1 M sodium cacodylate)을 첨가하여 전고정한 다음 1% osmic acid 로 1 시간 동안 후 고정 하였다. 50%, 75%, 90%, 95%, 100% 에탄올을 순서대로 탈수 시킨 후 100% amyle acetate로 치환하였다. 건조와 백금으로 코팅하여 주사전자 현미경 (HITACHI 4300, Japan)으로 형태를 관찰하였다. 또한 PAUP* 4.0 프로그램을 이용하여 16S rDNA 기반의 계통도 분석을 수행하였다.

(4). 토마토 및 식물 병원성 곰팡이 균주 수집

항진균 효과 평가에 사용할 토마토 병원균 및 고추, 파프리카 등의 식물 병원성 곰팡이를 분리하고 KACC로부터 분양을 받았다. 균주 목록은 아래 표에 정리되었다.

(5). *In vitro* 항진균 효과 평가

수집된 토마토 병원성 곰팡이와 분리된 길항 미생물 DUCC 501균주의 항진균 효과 평가를 위해 대치배양법을 이용하였다. PDA 배지의 한쪽에 DUCC 501 균주를 스트릭한 후 3일 동안 배양을 한 후 40 mm 거리에 곰팡이를 접종하여 25℃ 배양기에서 배양한 후 균사 길이를 측정하여 control 과 비교하였다.

(6). 배양액 추출물을 이용한 항진균 효과 평가

길항 미생물 DUCC 501 균주를 ISP 2 액체배지에 30℃ 배양기에서 250 rpm 조건으로 7일 동안 배양한 후 원심분리를 통해 균체를 제거하고 배양액을 회수한 후 ethyl acetate와 1:1 비율로 섞어준 후 40℃ 조건으로 감압 농축하였다. 배양액 추출물의 항진균 효과 평가는 paper disc method를 이용하여 평가하였다. control은 methanol을 사용하여 실험구와 비교하였다.

표 6. 항진균 효과 평가에 사용된 균주 목록

	Test organisms	Sources	Disease
1	<i>Alternaria solani</i> KACC40570	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Early blight
2	<i>Botrytis cinerea</i> KACC40574	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Gray mold
3	<i>Colletotrichum acutatum</i> KACC40805	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Athracnose
4	<i>C. coccodes</i> KACC40802	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Anthracnose
5	<i>C. gloeosporioides</i> CGF	<i>Fragaria</i> sp.	Athracnose
6	<i>C. gloeosporioides</i> CNKJ1	<i>Capsicum annuum</i>	Athracnose
7	<i>Corynespora cassiicola</i> DUCC 3-1	<i>Capsicum annuum</i> var. <i>grossum</i>	-
8	<i>Fusarium oxysporum</i> DUCC FO-2	<i>Zingiber officinale</i>	Fusarium rot
9	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> KACC40047	-	Fusarium wilt race 1
10	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> KACC40044	-	Fusarium wilt race 2
11	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> KACC40032	-	Fusarium wilt race 3
12	<i>F. oxysporum</i> DUCC FO-1	<i>Capsicum annuum</i> var. <i>grossum</i>	Fusarium rot
13	<i>F. proliferatum</i> DUCC FC	imported seed of <i>C. var. grossum</i>	Fusarium rot
14	<i>Mucor racemosus</i> KACC41012	<i>Lycopersicon esculentum</i>	-
15	<i>M. racemosus</i> f. <i>racemosus</i> KACC41332	-	-
16	<i>Nectria haematococca</i> DUCC FB	imported seed of <i>C. var. grossum</i>	Black spot
17	<i>Phialophora cinerescens</i> MAFF425142	Ceda pine	Phialophora wilt
18	<i>Phialophora fastigiata</i> MAFF425144	Japanese red pine	Phialophora wilt
19	<i>Phytophthora</i> sp. KACC40401	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Phytophthora root rot
20	<i>Sclerotinia minor</i> KACC41068	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Sclerotinia rot

(7). 전사체 분석을 통한 길항 메카니즘 분석

전사체 분석에는 탄저병균인 *Colletotrichum acutatum* KACC40805를 이용하였다. PDA 배지에서 5일간 배양한 다음 멸균수를 이용하여 포자를 회수하여 PD 액체배지에 접종하여 3일 동안 25°C에서 진탕배양하였다. *Streptomyces* sp. DUCC501 배양액에서 추출한 물질(12.5 ppm)을 첨가한 조건과 대조구로 methanol을 첨가하여 2시간동안 25°C에서 배양한 다음 균사체를 회수하여 액체질소로 마쇄하여 trizol 법을 이용하여 total RNA를 추출하였다. Illuminar High-seq으로 전사체 분석을 수행하였다.

Trinity으로 어셈블 된 탄저병균(*ColletotrichumAcutatum*)의 annotation은 JGI <http://genome.jgi-psf.org/Gloac1/Gloac1.home.html>에서 제공하는 *Glomerella acutata*의 유전자(protein sequence)을 이용한다. 유전자의 비교는 제공받은 유전자를 6 frame으로 전환한 후 BLASTP를 사용하여 비교하였으며, alignment filter 기준은 E-value ≤ 1e-06을 사용하였다. Normalization은 DESeq 방식과 read의 총량을 동일하게 보정하는 TC를 추가로 적용하여 분석을 수행하였다. DEG 분석을 통하여 두 샘플 간 유의하게 발현되었다고 판단되는 유전자를 추출하였다.

나. 연구결과 및 고찰

(1) 토마토 진균병해 진단 실험실 운영

(가) 선충 피해진단

○ 충남 논산시 수경재배 농가 선충피해 진단 1

- 토마토 뿌리로부터 선충 분리

시료에 흙이 있는 부분에서 동일한 한 가지 선충을 분리함

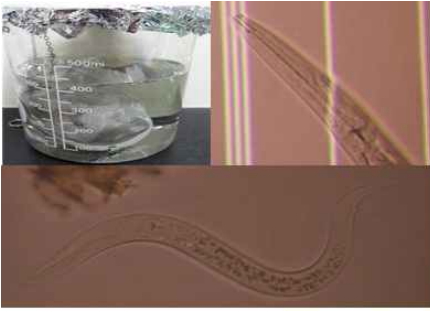


그림 23. 감염된 뿌리에서 선충 분리 및 분리된 선충의 광학 현미경 관찰

- 검출된 선충의 뿌리혹 선충 여부 진단
 - 뿌리혹 선충 특이적 유전자 검출시도: 음성반응
 - 생물자원관 선충분류 전문가와 함께 형태적 특성 검정: 비병원성 토양 서식 선충종의 하나로 판명됨
 - 뿌리혹으로 보이는 부분을 잘게 잘라 현미경으로 선충 존재 여부 조사하였으나 존재하지 않았음.
- 펠라이트 내에 선충 존재 여부 파악
펠라이트 내에서는 선충이 분리되지 않음.
- 뿌리 상태 검정
오래전 뿌리가 갈변한 것이 많이 보임. 주근에서 곰팡이 존재 확인. 배양 분리 후 형태적 특성과 유전자 분석을 실시하여 *Fusarium solani* 균으로 잠정적 동정함.
- 결론
농가에서 의뢰한 이병식물체의 뿌리는 뿌리혹 선충에 의한 감염된 것이 아닌 것으로 사료된다. 향 후 뿌리에서 분리된 시들음이나 궤양을 일으키는 것으로 알려진 곰팡이 종의 토마토 병원성 여부 파악이 필요할 것으로 사료된다.

○ 충남 논산시 토경재배 농가 선충피해 진단

- 결과
제공된 이병식물체 뿌리에서 선충 존재 여부 검출 결과 선충이 뿌리와 흙에서 분리되지 않았다.
- 결론
두 번째 농가에서 의뢰한 이병식물체의 뿌리는 뿌리혹 선충에 의한 감염된 것이 아닌 것으로 사료된다.

○ 충남 논산시 수경재배 농가 선충피해 진단 2

- 2개 이병식물체 뿌리에서 선충 존재 여부 검출.
시료에 흙이 있는 부분에서 동일한 한 가지 선충을 분리함. 1번 농가와 동일한 선충으로 판명되었다. 아래 사진참조.



그림 24. 뿌리 주변의 흙에서 분리된 선충의 현미경 관찰

- 펠라이트 내에 선충 존재 여부 파악
선충 분리되지 않음.

- 결론

3 번째 농가에서 의뢰한 검사한 이병식물체의 뿌리는 뿌리혹 선충에 의한 감염된 것이 아닌 것으로 사료됨.

○ 충남 논산시 수경재배 농가 선충피해 진단 3

- 토마토 뿌리로부터 선충 분리 및 동정

감염된 토마토 및 뿌리에서 분리된 선충의 형태적 관찰 결과, 뿌리혹선충의 특징은 구침 구조가 없는 것으로 확인되었다. 또한 뿌리 조직내에 뿌리혹선충의 암컷이 관찰되지 않았다. 이로써 토마토 뿌리 및 토양에서 식물체에 영향을 주는 식물기생선충이 아님을 확인하였다. 정확한 종 동정을 위해 사용된 유전자 부위는 28s rDNA의 D2-D3영역이고, 약 960 bp로 분석되었다. 분석된 염기서열의 Blast 검색 결과 4개체 (S1, S5, Q6, Q7) 모두 *Acrobelloides* 와 99%의 similarity를 보였다. 또한 분석된 4개의 선충과 *Meloidogyne* (뿌리혹선충)는 유전적 거리가 먼 것으로 분석됐다. 결론적으로 뿌리혹선충에 의한 피해가 아닌 것으로 판단된다.

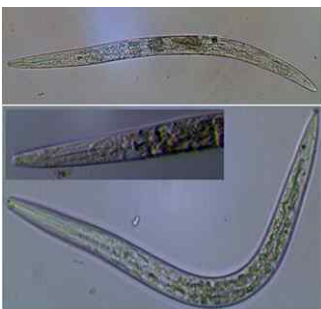
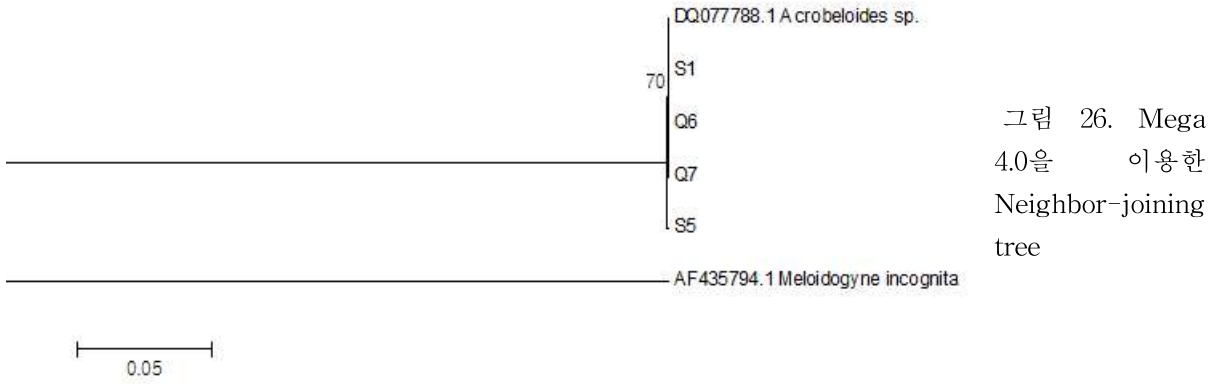


그림 25. 분리된 선충의 형태 관찰

표 7. 확보된 염기서열의 Blast 검색결과

Sample	Blast results			Final identity
	Description	Acc.No.	Similarity(%)	
S1	<i>Acrobelloides</i> sp.	DQ077788.1	99	<i>Acrobelloides</i> sp
S5	<i>Acrobelloides</i> sp.	DQ077788.1	99	<i>Acrobelloides</i> sp
Q6	<i>Acrobelloides</i> sp.	DQ077788.1	100	<i>Acrobelloides</i> sp
Q7	<i>Acrobelloides</i> sp.	DQ077788.1	99	<i>Acrobelloides</i> sp



○ 부여 국내 신규발생 추정 병해 조사

- 결과

감염된 식물의 줄기 표면에서 그림 8과 같은 구조를 확인하였고 그 내부에 세균이 존재함을 확인하였다. 이곳에서 분리된 세균은 *Bacillus cereus*로 동정되었고, 감염된 식물 내부 조직에서 분리된 세균은 *Bacillus cereus*와 *Pseudomonas citronellolis*로 동정되었다. 하지만 아직까지 *Bacillus* 속과 *Pseudomonas citronellolis*이 식물에 병을 일으키는 보고가 없기 때문에 병원성 검정의 수행이 필요하다.

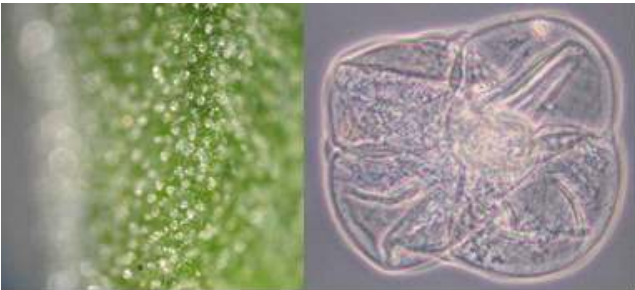


그림 27. 감염된 식물의 줄기 표면 모습



그림 28. 감염된 식물에서 분리된 세균의 콜로니(좌) 및 광학현미경 관찰(우) 모습

(2). 토마토 세균 및 곰팡이 피해진단

(가) 종자 감염균 분리

- 토마토 종자에서 세균 및 곰팡이 분리

23개의 토마토 품종 중 탐-3, 키스꽃토마토, 바이패스, 세븐스타, 레드비엔나에서 세균이 분리되었고, 미니찰토마토, 세븐스타, 요요토마토, 지코노랑에서 곰팡이가 분리되었다. 각 품종에서 동정된 세균 및 곰팡이는 아래 표와 같다.

표 8. 23개 토마토 품종에서 분리·동정된 세균 및 곰팡이

토마토 품종	분리·동정된 세균	분리·동정된 곰팡이
키스꿀토마토	<i>Bacillus pumilus</i>	-
바이패스	<i>Bacillus megaterium</i>	-
레드비엔나	<i>Bacillus megaterium</i>	-
담-3	<i>Paenibacillus polymyxa</i> , <i>Bacillus megaterium</i>	-
세븐스타	<i>Pantoea stewartii</i>	<i>Mucor racemosus</i>
미니 찰 토마토	-	<i>Aspergillus flavus</i>
지코노랑	-	<i>Aspergillus niger</i>

(나) 청고병 진단

감염된 토마토 줄기의 단면을 살펴본 결과 청고병 병징이 관찰되지 않았다. 줄기 내부로부터 세균을 분리한 결과 매우 적은 개체의 세균이 분리되었다. 16S rDNA 염기서열 분석 결과 병원성이 아닌 *Flavobacterium* sp.가 동정되었다. *Flavobacterium*은 식물 병원성 세균으로 보고된 적이 없으며, 결과적으로 청고병에 의한 피해가 아님을 확인하였다.



그림 29. 감염된 줄기단면 (좌)과 세균 분리 배양(중앙) 그리고 16S rDNA 증폭사진 (우)

(다) 토마토에서 분리된 곰팡이 동정

감염된 토마토의 열매에서 곰팡이를 분리하였다. 분리된 곰팡이의 ITS 및 *tef1-a* 유전자의 염기서열을 분석한 후 BlastN 검색을 통해 *Phytophthora capsici* 임을 확인하였다. 최종적으로 열매에 검은 병증을 일으키는 Buckeye Rot임을 확인하였다.

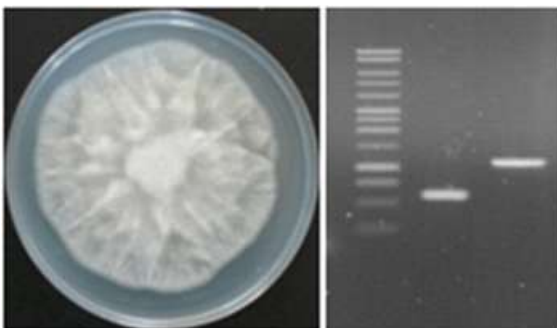


그림 30. 감염된 열매에서 순수 분리된 곰팡이 (좌)와 ITS 및 *tef1-a* 증폭사진 (우)

표 9. 확보된 염기서열의 Blast 검색결과

Genes	Blast results	
	Description	Similarity(%)
ITS	<i>Phytophthora capsici</i>	98
tef1-a	<i>P. capsici</i> <i>P. tropicalis</i>	99

(라) 토마토에서 분리된 곰팡이 동정

ITS, tef1-a, 28S rDNA 유전자 분석을 통한 곰팡이 동정을 수행하였다. ITS 유전자의 BlastN 검색 결과 시료 1은 *Fusarium solani*와 98%, 시료2는 *Alternaria tenuissima* 와 99%, *A. ricini* 와도 99의 유사성을 보였다. 시료 1은 tef1-a 분석 결과 *F. solani*와 99% 유사성을 보여 *F. solani*로 동정하였다. 시료 2의 경우 28S rDNA 분석결과도 정확한 동정이 이루어지지 않아 *Alternaria* sp.로 동정하였다.



그림 31. *F. solani* (좌)와 *Alternaria* sp. (중앙)의 포자 관찰 사진과 ITS와 tef1-a의 전기영동 사진

표 10. 확보된 염기서열의 Blast 검색결과

Samples		Blast results	
		Description	Similarity(%)
1	ITS	<i>Fusarium solani</i>	98
	tef1-a	<i>Fusarium solani</i>	99
2	ITS	<i>Alternaria tenuissima</i> , <i>A. ricini</i>	99
	28S rDNA	<i>A. tenuissima</i> <i>A. alternata</i>	100

(마) 충남 부여 무름병 진단

토마토 줄기의 단면 관찰 결과 갈변 현상이 관찰되었고, 갈변 조직을 멸균수에 현탁시켜 LB 배지에 도말한 결과 아래 그림과 같이 무수히 많은 세균 콜로니가 관찰되었다. 총 3개의 세균을 분리하였고, 분리된 세균의 16S rDNA 염기서열을 분석하였다. BlastN 검색 결과 *Erwinia carotovora*, *Arthrobacter nicotinovorans*, *Pseudomonas* sp.로 각각 동정되었다. 최종적으로 *Erwinia carotovora*에 의한 무름병(soft rot)임을 확인하였다.



그림 32. 감염된 줄기단면 (좌)과 세균 분리 배양(중앙) 그리고 16S rDNA 증폭사진 (우)

표 11. 확보된 염기서열의 Blast 검색결과

Sample	Blast results	
	Description	Similarity(%)
1	<i>Erwinia carotovora</i>	99
2	<i>Arthrobacter nicotinovorans</i>	99
3	<i>Pseudomonas</i> sp.	99

(바) 토마토 열매 곰팡이병 진단

감염된 열매에서 2 개의 곰팡이를 분리하여 광학 현미경을 통해 포자를 관찰한 결과 아래 그림과 같이 *Colletotrichum* sp. 와 *Penicillium* sp.로 확인되었다. 종 수준의 동정을 위해 ITS 부위 PCR 법으로 증폭하여 Blast 검색을 수행하였다. *C. gloeosporioides*와 *Penicillium* sp.로 동정되었다. *C. gloeosporioides* 는 토마토의 탄저병균으로 알려져 있다.

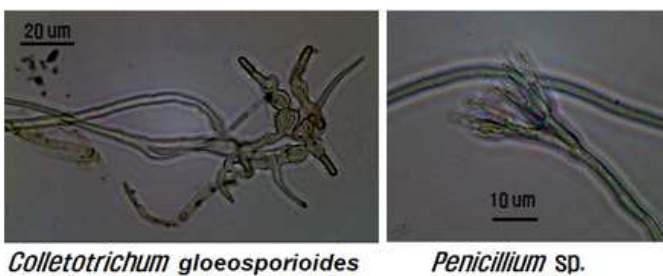


그림 33. 분리된 곰팡이의 포자 관찰

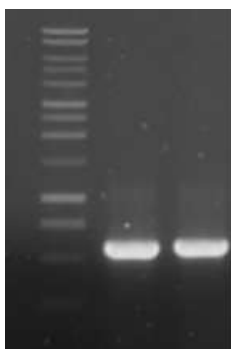


그림 34. 분리된 곰팡이의 ITS region 증폭

표 12. 확보된 염기서열의 Blast 검색결과

Sample	Blast results	
	Description	Similarity(%)
1	<i>C. gloeosporioides</i>	99
2	<i>Penicillium</i> sp.	98

(3). 수출농가 병해진단 서비스

(가) 경남 김해 농가 진단

수출 농가로 *Fusarium* 시들음병을 확인하는 의뢰를 받아 수행하였다. 농가는 코이어 배지를 이용하여 수경재배를 하고 있으며, 테프니스 품종을 재배하고 있다. 감염된 줄기에서는 *Fusarium* 균이 분리되지 않았으나 배지 부분에는 시들음병균의 포자가 다수 확인되었고, 배양하여 (그림 37.) *tef 1 alpha* 유전자를 분석하였다 (그림 38). 염기서열 분석 결과 시들음병 균주인 *F. oxysporum* 균주와 99%의 상동성을 보였다. 결론적으로 *F. oxysporum*에 의한 시들음병으로 진단하였다.



그림 35. 감염된 토마토 줄기(좌)와 배지에서 분리되어 배양된 *F. oxysporum* 균주(우)

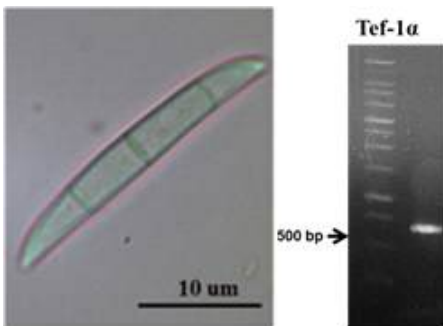


그림 36. 분리된 *F. oxysporum* 균주의 대형 포자(좌)와 *tef 1 alpha* 유전자의 PCR 산물 확인(우)

(나) 충남 논산 농가 진단

수출 농가이며 펄라이트 배지를 이용하여 수경재배를 하고 있으며, 지코노랑과 미니찰 품종을 재배하고 있다. 감염된 줄기에서 갈변 증상을 확인하였고, 두 품종 모두에서 *Fusarium* 균을 분리하였다(그림 39). 분리된 균을 배양하여 *tef 1 alpha* 유전자를 분석한 결과 시들음병 균주인 *F. oxysporum* 균주와 99%의 상동성을 보였다. 이 또한 *Fusarium* 시들음병으로 진단하였다.

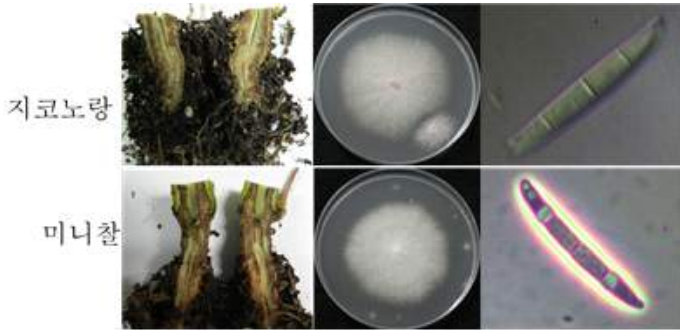


그림 37. 감염된 토마토 지코노랑과 미니찰에서 분리되어 배양된 *F. oxysporum* 균주

(다) 충남 부여 농가 진단

토양 재배를 하고 있는 농가로 방울토마토인 유니콘을 재배하고 있다. 흰가루병과 잎곰팡이병이 복합적으로 발생하고 있었다. (그림 40). 잎곰팡이병의 확실한 종 동정을 위해 분리 및 동정을 수행하였다. ITS 염기서열 분석 결과 *Cladosporium fulvum*과 98%의 상동성을 보여 잎곰팡이병임을 확인하였다. 또한 잎곰팡이병이 발생한 잎에서 *Trichothecium roseum* 균이 동정되었다 (그림 41). 이 균은 pink mold rot을 일으키는 균으로 외국에서는 보고가 있으나 국내에서는 토마토에서 보고가 없다. 국내에서는 딸기, 메론, 사과, 배에서만 보고가 되어있었다. 콜로니는 PDA 배지에서 핑크색을 띠며, 중앙에 원을 그리는 형태이고, 분생포자는 타원형이며 2개로 나뉘어져 있다. 분리된 균은 배지는 oatmeal agar, 온도는 20과 25°C, pH는 5, 7, 9에서 균사 생장이 가장 빠르다. 또한 농약 저항성 테스트 결과 benomyl과 tebuconazole은 10 ppm, azoxystobin은 50 ppm, triflumizole은 200 ppm이상에서 감수성을 보였고, dimethomorph는 200 ppm 에서도 저항성을 보였다 (그림 42). 28S rDNA를 이용한 계통도 분석에서도 *T. roseum*과 같은 clade로 묶였다 (그림 43). 분리된 균을 토마토 잎과 열매에 접종 테스트를 수행하여 병원성을 확인하였다(그림 44).

본 병은 토마토에서 국내 처음 보고되는 병으로 농가에서 그 피해가 얼마나 심한지 향후 조사가 필요하다. African Journal of Microbiology Research 학술지에 그 발생을 투고하였고 KACC에 균주를 기탁하였다.



그림 38. 흰가루병과 잎곰팡이병이 발생한 잎

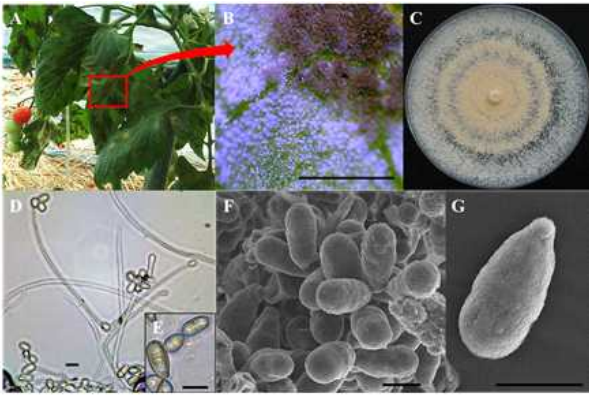


그림 39. 토마토 앞에서 분리된 *Trichothecium roseum*. A and B, symptom; C, colony morphology; D-F, conidiophore and conidia

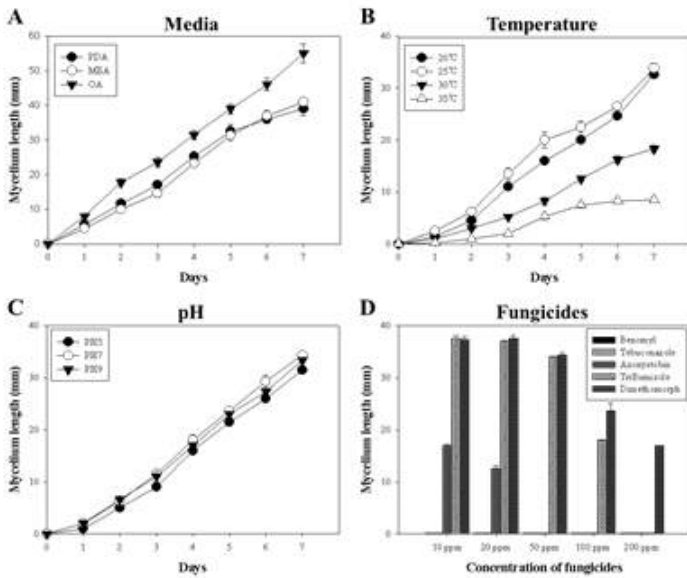


그림 40. 분리된 *Trichothecium roseum* 균의 배지, 온도, pH에 따른 성장 측정 및 농약 감수성 검정. A, 배지; B, 온도; C, pH; D, 농약

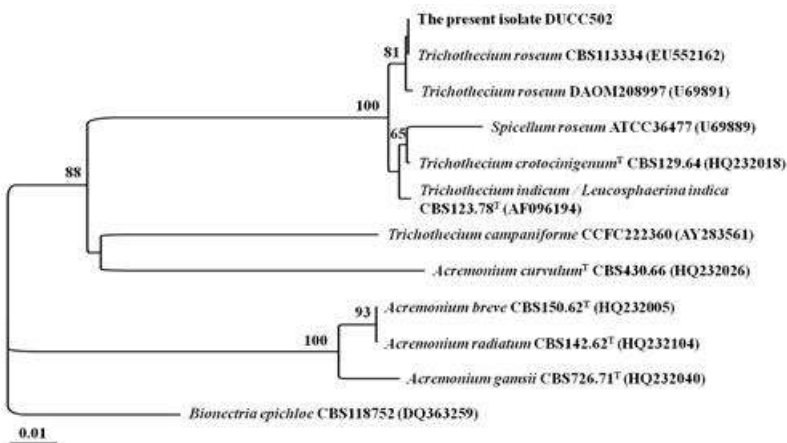


그림 41. Neighbor-joining법을 이용한 *Trichothecium* 속 및 근연종의 28S rDNA 염기서열 계통도. Bootstrap은 1,000번 수행하였고, *B. epichloe*는 outgroup으로 이용하였다

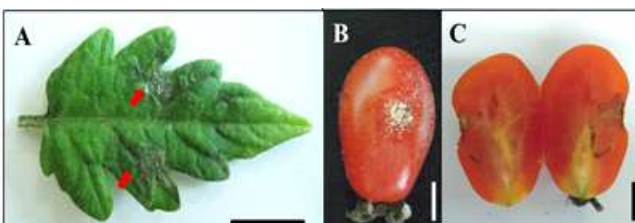


그림 42. 분리된 *Trichothecium roseum* 균의 병원성 검정. A, 잎; B, 열매; C, 열매 수직단면

(라) 강원도 농가 진단

강원도에 위치한 농가로 Fusarium 시들음병을 확인하는 의뢰를 받아 수행하였다. 감염주의 뿌리 쪽은 갈변 증상이 없었으나 줄기에서는 약한 갈변 증상을 확인하였다. 갈변 증상을 확인한 줄기를 2일 동안 습식처리한 후 Fusarium 균을 분리하였다 (그림 45). 분리된 균을 순수 분리하여 현미경으로 포자를 관찰하였고, PCR을 이용하여 약 600 bp의 tef-1 alpha 유전자를 증폭하여 염기서열 분석을 하였다 (그림 46). 분석 결과 시들음병 균주인 *F. oxysporum* 균주와 99%의 상동성을 보였다. 따라서 *F. oxysporum*에 의한 시들음병으로 진단하였다.

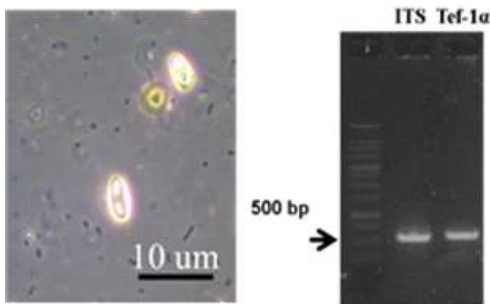


그림 43. 분리된 곰팡이의 포자 관찰 및 ITS와 tef-1alpha 유전자 증폭 산물

(마) 경북 문경 농가 진단

암면배지를 이용하여 케리TY 품종을 재배하는 농가이고, 7월에 정식하였으며 포장에서 한주만 시들음 증상이 발생하여 진단 의뢰를 받았다. 감염주의 뿌리 위쪽 줄기는 갈변이 없었고 중간 줄기에서 갈변 병증을 확인하였다(그림 47). 또한 줄기를 잘라 액침법을 하였을 때 하얀 ooze를 확인 할 수 있었다. 줄기에서 분리한 세균의 16S rDNA 염기서열 분석 결과 *Rlstonia solanacearum*과 99%의 상동성을 보였다(그림 48). 병증 및 유전자 분석 결과 세균성 풋마름병(청고병)으로 진단하였다.



그림 44. 감염된 토마토 줄기 단면과 액침법 확인

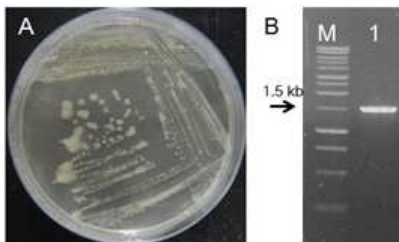


그림 45. 분리된 *R. solanacearum* (A)과 16S rDNA 증폭산물 전기영동 (B). M, 1kb ladder marker; Lane 1, isolate

(바) 전남 화순 농가 진단

자루형 암면배지를 이용하여 수경재배를 하고 있으며, 대프니스 품종을 재배하고 있다. 청고병 여부 확인을 의뢰하였으나, 줄기에서 ooze 확인이 되지 않아 갈변된 줄기 부분에서 곰팡이 분리를 수행하였다. 갈변된 줄기에서 *Fusarium* 균을 분리하였다(그림 46). 분리된 균을 배양하여 *tef 1 alpha* 유전자를 분석한 결과, 시들음병 균주인 *F. oxysporum* 균주와 99%의 상동성을 보였다. 최종적으로 *Fusarium* 시들음병으로 진단하였다.

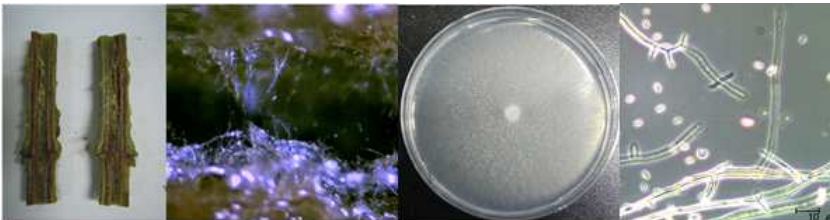


그림 46. 감염주의 갈변된 줄기 단면과 분리된 *F. oxysporum* 균주의 균집 및 포자 형태

자루형 코이어배지를 이용하여 수경재배를 하고 있는 농가로 대프니스 품종을 재배하고 있다. 앞의 시료와 마찬가지로 청고병 여부 확인을 의뢰 받았으나 *fusarium* 균이 분리되었다. 분리된 균을 배양하여 *tef 1 alpha* 유전자를 분석한 결과, 시들음병 균주인 *F. oxysporum* 균주와 99%의 상동성을 보였다. 최종적으로 *Fusarium* 시들음병으로 진단하였다.



그림 47. 감염주의 갈변된 줄기 단면과 분리된 *F. oxysporum* 균주의 콜로니 및 포자 형태

(사) 충남 논산 농가 진단

자루형 암면배지를 이용하여 수경재배를 하고 있는 농가로 다불 품종을 재배하고 있다. 줄기의 시들음 증상이 발생하여 청고병 또는 *fusarium* 시들음병 여부 확인을 의뢰 받았다. 감염주의 줄기 단면에 갈변 병징이 없었으며 청고병균이나 *Fusarium* 균도 분리되지 않았다. 최종적으로 곰팡이나 세균에 의한 시들음 증상이 아닌 것으로 진단하였다.



그림 48. 시들음 증상주의 줄기 단면

(아) 전북 부안 농가 진단

자루형 암면배지를 이용하여 수경재배를 하고 있는 농가로 윌리엄 품종을 재배하고 있다. 줄기의 시들음 증상이 발생하여 분석을 의뢰하였다. 시들음 증상 토마토 줄기 속 부분 갈변 및 괴사를 확인하였고, 다수의 부정균 생성을 확인하였다. 갈변된 줄기에서 곰팡이는 분리되지 않았으며, 세균 ooze 확인 후 분리하여 16S rDNA를 분석하여 동정한 결과, *Pseudomonas* 에 의한 줄기속 썩음병으로 진단되었다.



그림 49. 시들음 증상 감염주의 갈변된 줄기 및 부정균

(자) 충남 부여 농가 진단

자루형 코이어배지를 이용하여 수경재배를 하고 있는 농가로 다볼 품종을 재배하고 있다. 토마토의 시들음 증상이 발생하여 병 진단을 의뢰하였다. 감염된 토마토 줄기 단면에서 갈변이 확인되었고, 줄기로부터 *Fusarium* 균이 분리되었다. 분리된 균을 배양하여 *tef 1 alpha* 유전자를 분석한 결과, 시들음병 균주인 *F. oxysporum* 균주와 99%의 상동성을 보였다. 최종적으로 *Fusarium* 시들음병으로 진단하였다.



그림 50. 감염주의 갈변된 줄기 단면과 분리된 *F. oxysporum* 균주의 콜로니

(차) 강원 춘천 농가 진단

베드형 코이어배지를 이용하여 수경재배를 하고 있는 농가로 마스카라 품종을 재배하고 있다. 토마토의 시들음 증상이 발생하여 병 진단을 의뢰하였다. 감염된 토마토 줄기 단면에서 갈변이 확인되었고, 줄기로부터 *Fusarium* 균이 분리되었다. 분리된 균을 배양하여 *tef 1 alpha* 유전자를 분석한 결과, 시들음병 균주인 *F. oxysporum* 균주와 99%의 상동성을 보였다. 최종적으로 *Fusarium* 시들음병으로 진단하였다.



그림 51. 감염주의 갈변된 줄기 단면과 분리된 *F. oxysporum* 균주의 사진

4. 토마토 진균·세균병에 대한 진단 마커 개발

(1) 시들음병 진단기술 개발

가. 시들음병 및 그 외 병원성 균주 수집

KACC 및 FRC에서 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersicirace*, *F. solani*, *F. graminearum*, *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *F. verticillioides*, *F. semitectum*, *F. asiaticum*, *F. semitectum* var. *majus*, *F. stilboides* 등의 균주를 분양 받았다.

표 13. 시들음병 마커 개발을 위해 분양 받은 균주 목록

Species	Origin	Source
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersicirace</i> 3	-	KACC 40032
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersicirace</i> 2	-	KACC 40037
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersicirace</i> 2	-	KACC 40038
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersicirace</i> 1	-	KACC 40047
<i>F. solani</i>	root of <i>Phalaenopsis</i> sp.(호접란)	KACC 41092
<i>F. solani</i>	Bulb of <i>Cymbidium ensifolium</i>	KACC 41093
<i>F. oxysporum</i>	<i>Cucumis sativus</i> (오이)	KACC 40053
<i>F. graminearum</i>	wheat	Z03639
<i>F. graminearum</i>	wheat	Z03643
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i>	tomato MR13	FRC O1090
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i>	tomato Ontario Pink	FRC O1092
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i>	tomato	FRC O1097
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cubenserace</i> 1	Banana cultivar Lady's Finger	FRC O1564
<i>F. solani cucurbitae</i> race 1	-	FRC S0687
<i>F. solani cucurbitae</i> race 2	-	FRC S0201
<i>F. verticillioides</i> (A+)	-	M21
<i>F. semitectum</i>	Fruit melon	GS2-2
<i>F. fujikuroi</i>	-	JA10
<i>F. asiaticum</i> (13818)	barley	F16
<i>F. semitectum</i> var. <i>majus</i>	-	CBS 145.44
<i>F. stilboides</i>	-	CBS 319.73

나. 수집된 균주의 유전자 염기서열 분석

translation elongation factor 1-alpha (*TEF1*) 유전자, RNA polymerase II subunit 2 (*RPB2*) 유전자, calmodulin M (*calM*) 유전자의 염기 서열을 분석하였다. RPB2 유전자는 약 970 bp 로 분석되었으며 마커 개발을 위한 프라이머 디자인을 위해 alignment를 수행하였다. *calM* 유전자는 약 530 bp이며 13 개 곰팡이는 염기서열 분석을 완료 하였다. *TEF1* 유전자는 추가로 진행하였다.

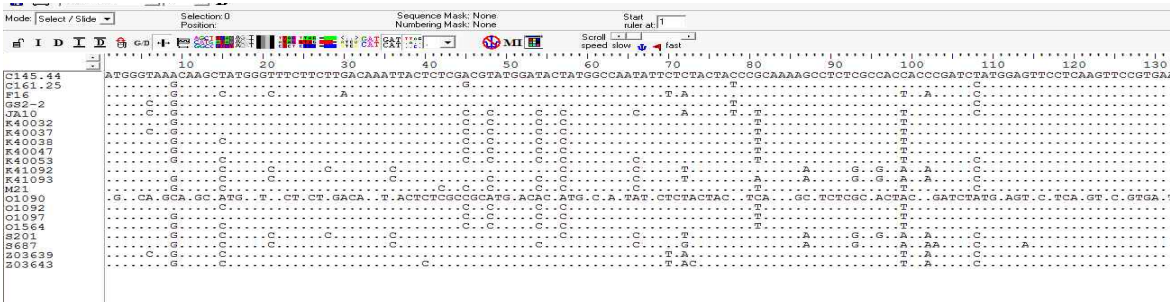


그림 52. *Fusarium* spp.의 RNA polymerase II subunit 2 (*RPB2*) 유전자 alignment

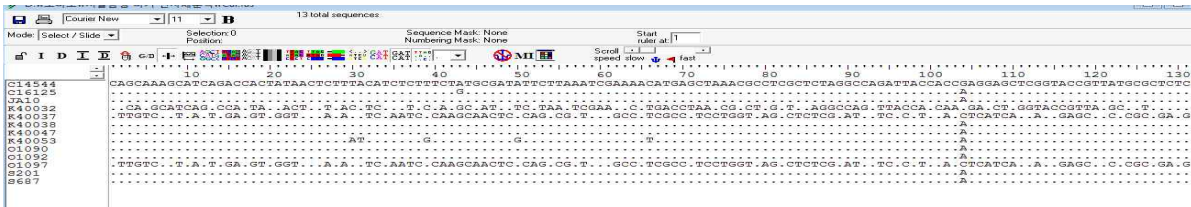


그림 53. *Fusarium* spp.의 calmodulin M (*calM*) 유전자 alignment

(1) 시들음병 진단기술 개발

가. 시들음병 및 그 외 병원성 균주 수집

5. 친환경적 곰팡이병해 관리법 개발

가. 길항 미생물 동정

분리된 길항 미생물 DUCC 501 균주는 나선형의 긴 포자로 이루어져 있고 타원형의 분절 포자를 이루고 있었다. 16S rDNA 분석 결과 *Streptomyces* sp.로 동정이 되었고 계통도 분석 결과 *S. costaricanus* 균과 가장 근접한 것으로 분석 되었다. 분리된 길항 미생물을 *Streptomyces* sp. DUCC 501 균주로 명명하였다.

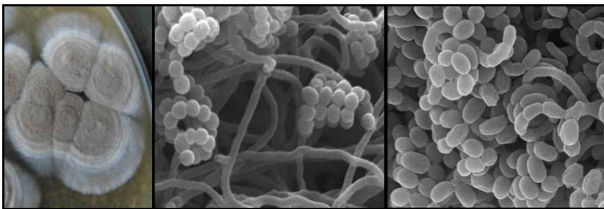


그림 54. *Streptomyces* sp. DUCC 501 균주의 colony(좌), 나선형의 분절 포자 (중앙, 우)

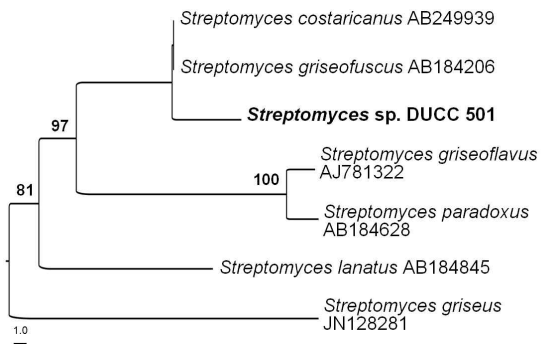


그림 55. 16S rDNA 기반으로 한 *Streptomyces* sp. DUCC 501 균주의 phylogenetic 위치

나. *In vitro* 항진균 효과 평가

분리된 길항 미생물 *Streptomyces* sp. DUCC 501 균주와 식물 병원성 곰팡이의 대치배양 결과 실험에 사용된 20 개 균주 모두에서 길항력을 보였다. 특히 *Alternaria solani* KACC40570 (86.3%), *C. coccodes* KACC40802 (100%), *Sclerotinia minor* KACC41068 (98.4%), *Botrytis cinerea* KACC40574 (89.3%), *Fusarium oxysporum* DUCC FO-2 (78%), *Phytophthora* sp. KACC40401 (90%) 에서 높은 항진균 효과를 보였다.

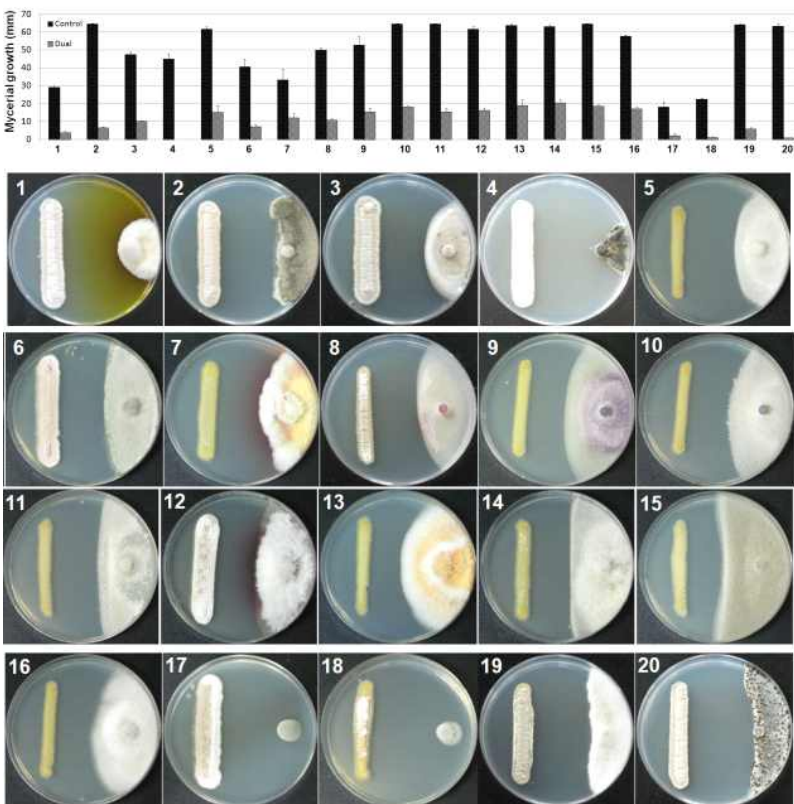


그림 56. *In vitro* 항진균 효과 평가. Top: control 과 대치배양의 균사 길이 측정. Bottom: *Streptomyces* sp. DUCC 501 균주와의 대치배양. 1: KACC40570, 2: KACC40574, 3: KACC40805, 4: KACC40802, 5: CGF, 6: CNKJ1, 7: DUCC 3-1, 8: DUCC FO-2, 9: KACC40047, 10: KACC40044, 11: KACC40032, 12: DUCC FO-1, 13: DUCC FC, 14: KACC41012, 15: KACC41332, 16: DUCC FB, 17: MAFF425142, 18: MAFF425144, 19: KACC40401, 20: KACC41068

다. 배양액 추출물을 이용한 항진균 효과 평가

Streptomyces sp. DUCC 501 균주를 ISP 2 액체배지 배양액을 감압 농축하여 100 mg 을 얻었다. methanol에 녹여 항진균 효과 평가에 사용하였다. 추출물의 항진균 효과에는 총 10개 균주를 사용하였다. 실험 결과 테스트한 10 개 균주 모두에 대해 항진균 효과를 보였다. *Alternaria solani* KACC40570, *C. coccodes* KACC40802, *C. acutatum* KACC40805,

Sclerotinia minor KACC41068, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora infestans*. KACC43072 에서 높은 항진균 효과를 보였다.

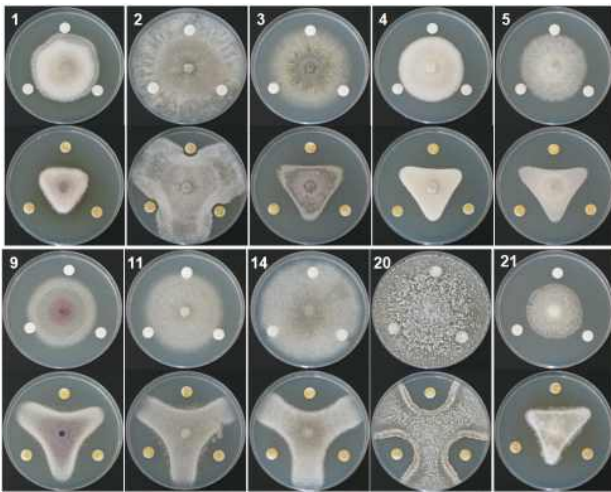


그림 57. *Streptomyces* sp. DUCC 501 균주 배양액의 ethyl acetate 추출물을 이용한 항진균 평가. 1: KACC40570, 2: KACC40574, 3: KACC40805, 4: KACC40802, 5: CGF, 9: KACC40047, 11: KACC40032, 14: KACC41012, 20: KACC41068, 21: KACC43072

- *Streptomyces* sp. DUCC501 균주의 물질추출

항균 물질은 배양액에서 유기용매를 이용하여 추출하였다. 추출물은 연한 노란빛을 띠며 5 리터 배양액에서 약 1 g 을 얻었다.

라. *Botrytis cinerea*와 *Fusarium oxysporum* 균주의 포자 발아 억제 실험

Streptomyces sp. DUCC501 균주의 배양액에서 추출한 물질을 처리한 포자 현탁액은 16시간 배양 후 포자 발아를 99% 이상 억제함을 확인하였다. 이러한 결과는 *B. cinerea*와 *F. oxysporum*에서 동일하게 나타났다. 또한 control은 *Botrytis cinerea*와 *Fusarium oxysporum*에서 각각 96%와 95%의 발아율을 보였다. 지난 실험에서는 추출물질의 균사 생장 억제를 확인하였으며 이번 실험으로 곰팡이 포자 발아억제 효과도 있음을 확인하였다.

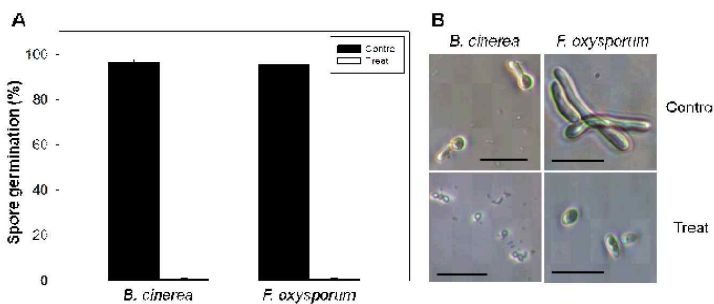


그림 58. *Streptomyces* sp. DUCC501 배양액에서 추출된 물질의 *B. cinerea*와 *F. oxysporum*에 대한 포자발아율 평가. A, 포자발아율; B, 대조구와 처리구의 포자 관찰.

마. 전사체 분석을 통한 길항 메카니즘 분석

*C. acutatum*의 전사체는 길항 물질 처리구와 대조구 각 1개 샘플씩 수행하였다. 전사체 분석 결과 총 34,798개의 contig를 얻었으며, E-value값이 “0”인 contig는 5,612개로 분석되었다. 이 중에서 대조구에 비해 2배 이상 상향조절된 contig는 745개, 2배 이상 하향조절된 contig는 1,368개로 분석되었다. 탄저병균(*ColletotrichumAcutatum*)의 gene ontology 정보를 이용하여 전체 유전자의 functional category를 구분하였다.

이 정보를 기반으로 이후에 선발한 유의하게 발현한 유전자 (DEG; Differentially Expressed Genes)의 기능을 비교 분석하였다. Biological process category에서는 길항미생물을 처리한 샘플에서 transport, response to stress, response to chemical stimulus, regulation of biological process, lipid metabolic process, developmental process 등이 down-regulation 되었다. cellular component category에서는 plasma membrane, nucleus, mitochondrion, membrane, endoplasmic reticulum 등이 down-regulation 되었다. Molecular function category에서는 protein binding, oxidoreductase activity, isomerase activity, enzyme regulator activity 등이 down-regulation 되었다. 상향 조절된 contig들을 BlastN으로 검색을 해보니 drug efflux pump와 관련된 ABC transporter 유전자들이 있었고, 하향 조절된 contig들은 glycolysis, TCA cycle, ergosterol 합성에 관련된 유전자들이 많았다. 특히 ergosterol 합성 과정에 관여하는 유전자들의 하향 조절도 확인 되었다. 이는 추출된 길항 물질이 ergosterol의 합성을 저해하여 길항 작용을 나타내는 증거로 볼 수 있다.

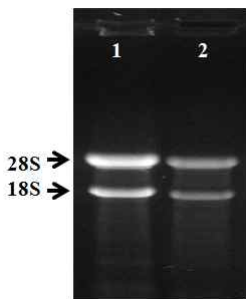


그림 59. *C. acutatum* 균주의 total RNA 전기영동. 1, control; 2, treat

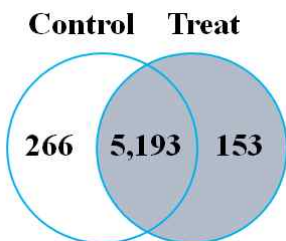


그림 60. 길항 물질 처리에 의한 *C. acutatum*의 발현전사체 contig 수 분석

표 14. 길항 물질 처리에 의해 상향/하향 조절되는 유전자

Name	Control -fpkm	Treat -fpkm	Ratio (C/T)	Length (bp)	Description
Drug efflux pump					
comp7097_c0_seq1	1.44	5.74	0.25	2905	ABC transporter
comp1970_c0_seq1	18.35	48.27	0.38	4113	ABC transporter
comp1924_c0_seq1	9	20.22	0.45	7752	ABC transporter
comp8433_c0_seq2	0	5.46	0.00	1984	MFS transporter
Glycolysis					
comp201_c0_seq2	201.14	66.43	3.03	3587	hexokinase
comp995_c1_seq1	216.82	116.13	1.87	177	glucose-6-phosphate dehydrogenase
comp429_c0_seq1	274.98	89.13	3.09	1412	pyruvate kinase
comp4908_c0_seq1	11.94	3.45	3.46	850	phosphoglycerate mutase
comp150_c0_seq1	634.81	191.12	3.32	249	phosphoglycerate kinase
comp28_c0_seq1	3563.2	351.55	10.14	430	glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase
comp10376_c0_seq1	4.24	1.25	3.39	739	triosephosphate isomerase
comp993_c0_seq1	227.24	18.57	12.24	865	6-phosphofructokinase
TCA cycle					
comp8102_c0_seq1	4.13	2.92	1.41	1768	citrate synthase
comp1181_c0_seq1	155.98	52.5	2.97	1723	isocitrate dehydrogenase
comp12334_c0_seq1	20.5	1.55	13.23	292	succinate dehydrogenase complex subunit A
comp7174_c0_seq3	4.01	0.23	17.43	1971	malate dehydrogenase, partial
Ergosterol synthesis pathway					
comp4480_c0_seq1	16.04	9.85	1.63	3846	ergosterol biosynthesis ERG4/ERG24
omp10885_c0_seq1	7.01	0	0.00	408	sterol-C5-desaturase (fungal ERG3)

표 15. DEG 후보군의 biological process category

Category	GO term	Term 별 Colletotrichum의 유전자 수	Term 별 Colletotrichum의 DEG 수	
			Up-regul	Down-regul
GO_BP_2	carbohydrate metabolic process	504	11	13
GO_BP_2	cell adhesion	49	-	-
GO_BP_2	cell cycle	338	3	1
GO_BP_2	cellular amino acid metabolic process	394	2	9
GO_BP_2	cellular homeostasis	187	2	6
GO_BP_2	cellular membrane organization	85	-	2
GO_BP_2	cellular protein modification process	388	6	3
GO_BP_2	cellular respiration	73	-	2
GO_BP_2	Conjugation	51	-	1
GO_BP_2	Cytokinesis	65	4	1
GO_BP_2	developmental process	1,203	21	35
GO_BP_2	DNA metabolic process	264	-	1
GO_BP_2	establishment of nucleus localization	14	-	-
GO_BP_2	establishment of vesicle localization	3	-	-
GO_BP_2	filamentous growth	73	3	-
GO_BP_2	lipid metabolic process	465	6	25
GO_BP_2	organelle organization	592	3	2
GO_BP_2	Pathogenesis	85	2	3
GO_BP_2	protein catabolic process	188	2	3
GO_BP_2	protein folding	117	1	2
GO_BP_2	regulation of biological process	1,184	5	22
GO_BP_2	response to chemical stimulus	741	4	29
GO_BP_2	response to stress	759	2	26
GO_BP_2	ribosome biogenesis	120	-	-
GO_BP_2	RNA metabolic process	825	3	5
GO_BP_2	secondary metabolic process	178	2	5
GO_BP_2	sexual sporulation	80	5	2
GO_BP_2	signal transduction	296	2	6
GO_BP_2	transcription, DNA-dependent	575	3	3
GO_BP_2	Translation	219	-	3
GO_BP_2	Transport	1,011	16	23
GO_BP_2	Transposition	3	-	-
GO_BP_2	vitamin metabolic process	35	-	2

표 16. DEG 후보군의 cellular component category

Category	GO term	Term 별 Colletotrichum 의 유전자 수	Term 별 Colletotrichum의 DEG 수	
			Up-regul	Down -regul
GO_CC_2	cell cortex	83	-	-
GO_CC_2	cell wall	74	3	-
GO_CC_2	chromosome	225	1	-
GO_CC_2	cytoplasmic membrane-bounded vesicle	72	-	6
GO_CC_2	cytoskeleton	258	3	2
GO_CC_2	cytosol	1,204	12	17
GO_CC_2	endomembrane system	305	4	11
GO_CC_2	endoplasmic reticulum	477	10	24
GO_CC_2	extracellular region	291	4	10
GO_CC_2	Golgi apparatus	278	10	7
GO_CC_2	membrane	1,525	17	42
GO_CC_2	mitochondrion	861	4	23
GO_CC_2	nucleolus	221	-	2
GO_CC_2	nucleus	1,812	10	23
GO_CC_2	peroxisome	84	-	4
GO_CC_2	plasma membrane	542	7	24
GO_CC_2	ribosome	183	-	1
GO_CC_2	site of polarized growth	80	3	1
GO_CC_2	vacuole	241	2	8

표 17. DEG의 molecular function category

Category	GO Term	Term 별 Colletotrichum 의 유전자 수	Term 별 Colletotrichum의 DEG 수	
			Up-regul	Down -regul
GO_MF_2	enzyme regulator activity	149	-	8
GO_MF_2	hydrolase activity	968	15	19
GO_MF_2	isomerase activity	92	-	5
GO_MF_2	ligase activity	169	-	3
GO_MF_2	lyase activity	135	3	4
GO_MF_2	oxidoreductase activity	624	6	35
GO_MF_2	transferase activity	614	11	7
GO_MF_2	DNA binding	468	2	1
GO_MF_2	protein binding	731	2	21
GO_MF_2	RNA binding	193	-	3
GO_MF_2	structural molecule activity	205	-	-

<토마토 세균병의 친환경적 방제 기술 개발>

1. 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과

가. 연구기간: 2010. 01. 20 ~ 2011. 01. 19

나. 연구방법

(1) 항균성 물질의 준비

- 화학 살균제

기존 농약 지침서에 근거하여 고추 세균성 점무늬병 방제를 위하여 제안되는 약제 중 6 종을 선발하였다. Copper hydroxide(상품명: 고운손, 52% 유효성분), copper hydroxide-oxadixyl(상품명: 포미사이드, 각각 62%, 8% 유효성분), copper oxychloride-dithianon(상품명: 델란케이, 각각 42%, 13% 유효성분), copper oxychloride-kasugamycin (상품명: 가스란, 각각 45%, 5.75% 유효성분), streptomycin-validamycin A(상품명: 방범대, 각각 5%, 15% 유효성분), oxine-copper-polyoxin B(상품명: 정밀포리동, 각각 45%, 5% 유효성분)의 6 종의 살균제를 사용하였다.

(2) In vitro 항균 활성 검정법

- 살균제의 최소 억제 농도 결정법

최소억제농도 구명 실험은 micro well-plate(4×6 wells)에서 실시하였다. Micro well-plate의 각 well에 해당 액체 배지 1 ml, 0, 10, 20, 50, 100, 200, 300, 400 µg/ml 농도의 각 살균제, 50 µl의 세균 현탁액을 넣고 28 °C 진탕배양기에서 이틀 동안 배양하여, 세균이 전혀 자라지 못한 약제의 농도를 최소억제농도로 결정하였다.

- 흡광기를 이용한 세균 성장 측정법

30°C 진탕 배양기에서 triphenyl tetrazolium chloride(TTC) broth에 12시간 배양한 *Ralstonia solanacearum* GMI 1000 균주의 세균 현탁액을 12,000 rpm에서 2분간 2회 멸균수로 세척한 후, 균 침점물을 멸균수로 재현탁하였다. 균 농도를 600nm에서 흡광도가 0.15가 되게 한 후, 이를 희석하여 10⁷ cfu/ml의 균 농도가 되도록 조정한다. 4개의 15ml conical tube에 TTC broth 4 ml을 분주 하고, 다양한 항균 물질들을 농도별로 각각 처리하여, 10⁷ cfu/ml 균 농도로 희석 된 GMI 1000을 40µl씩 접종 한 뒤, 30°C 진탕 배양기에서 20시간 배양 하여 600nm에서 흡광도를 측정하여 세균 성장을 측정하였다. 무처리구에서의 세균 성장의 흡광도가 0.25 ± 0.02 정도 되었을 때에 항균 물질 처리구에서의 세균 성장을 상대적으로 측정하여 표시하였다.

- Paper disc 분석법

8mm paper disc를 소독 후 건조 시켜 사용할 물질을 클린벤치 안에서 paper disc 윗면에 피펫을 이용하여 점적(dropping) 하였다. 점적 시 주의할 점은 paper disc의 한 번의 최대 흡수량이 약 50µl 이어서 100 µl drop시 50µl 먼저 drop 후 살짝 건조시킨 다음 나머지를 점적해야 한다. 풋마름병 세균의 현탁액을 10⁷ cfu/ml로 제조하고 100 µl의 세균 현탁액을 TTC 배지에 도말(smearing) 하였다. 잣빛곰팡이병에 대해 항균 물질들의 효과를 조사하기 위해서는 진균의 균사 현탁액을 PDA 배지에 도말하였다. 이 세균 현탁액 도말 배지 위의 점적된 paper disc는 소독된 핀셋을 이용하여 점적된 부분이 배지위에 닿게 뒤집어

서 올렸다. 2일간 30 °C 배양기에서 배양 후 형성된 clear zone의 지름을 측정하여 항균 활성을 표현하였다.

- 대치 배양법

역병균(*Phytophthora capsici*)와 균핵병균(*Sclerotinia sclerotiorum*)은 지름 5mm 짜리 cork borer를 이용하여 준비한 균사 plug를 PDA 배지 위에서 식물정유를 함유하고 있는 paper disc와 대치배양을 하였다. 병원균의 균사가 무처리구의 paper disc에 닿을 시점에 식물정유 처리가 된 paper disc와의 거리를 측정하였다.

(3) 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법

- 토마토 엽병 접종법

6엽기 토마토 식물의 4엽을 이용하여 토마토 풋마름병에 대한 방제 효과를 빠르고 간단한 방식으로 검정하였다. 10^6 또는 10^7 cfu/ml의 토마토 풋마름병균의 현탁액이 담긴 시험관에 항균 활성을 시험하고자 하는 다양한 물질을 첨가하였다. 토마토 제 4엽을 세균 현탁액에 담그기 전에 생체중을 측정하고, 접종 후에 생체중의 변화를 매일 측정하였다. 접종 3일 후 감소된 생체중의 상대적인 비율로서 항균 활성 물질의 효과를 표현하였다.

- 토양 관주법

토마토 유묘가 자라는 포트(~200 cm³)에 2×10^8 cfu/ml 농도의 풋마름병 세균 현탁액 10 ml를 토양 관주하고 토마토 식물의 시들음 증상을 병 피해도에 따라 매일 평가하였다. 14 일 동안 평가한 병 피해도[병피해도 0, 완전히 건전한 식물; 병피해도 1, 1-25%의 식물 위조; 병피해도 2, 26-50%의 식물 위조; 병피해도 3, 51-75%의 식물 위조; 병피해도 4, 76% 이상의 식물 위조]를 근거로 AUDPC(Area Under Disease Progress Curve, 병진전곡선하 면적) 값을 구하여 무처리구와 처리구에서의 AUDPC 값을 표시하였다.

- 분생 포자 점적 접종법

젯빛곰팡이병균의 분생포자를 2×10^5 conidia/ml의 현탁액 농도로 준비하였다. 토마토 식물의 제 3엽을 취하고 이의 잎 위에 7 µl 씩 점적 접종하였다. 이 잎을 20 °C의 조건으로 습실을 처리하고 4 일 후에 병반의 지름을 측정하였다. 항균 물질 처리의 효과는 무처리구와 처리구에서의 병반 지름의 상대적인 감소 정도로 표시하였다.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 토마토 풋마름병균에 대한 화학 살균제의 in vitro 성장 억제

본 연구에서는 기존 상용화된 살균제 중 고추 세균성 점무늬병에 고시된 살균제를 근거로 6종의 살균제를 구입하여 사용하였다. 최소억제 농도를 결정한 결과는 표 1과 같다. Copper hydroxide(고운손), copper hydroxide-oxadixyl(포미사이드), copper oxychloride-dithianon(텔란케이)의 최소억제농도는 200 µg/ml였고, copper oxychloride-kasugamycin(가스란)의 최소억제농도는 100 µg/ml, streptomycin-validamycin A(방범대)과 oxine-copper-polyoxin B(정밀포리동)의 최소억제 농도는 10 µg/ml 였다. 이들의 최소억제농도는 고추 세균성 점무늬병균인 *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*에 대해서보다 상대적으로 높은 수준으로 나타났다.

Table 1. Minimum inhibitory concentrations (MICs) of different chemical pesticides against *Ralstonia solanacearum*, as determined by the microtiter broth dilution method

Pesticides	Type	MICs (µg/ml)
Copper hydroxide (CH)	WG	200
Copper hydroxide + Oxadixyl (CH+O)	WP	200
Copper oxychloride + Dithianon (CO+D)	WP	200
Copper oxychloride + Kasugamycin (CO+K)	WP	100
Streptomycin + Validamycin A (S+V)	WP	10
Oxine copper + Polyoxin B (OC+PB)	WP	10

WG, wettable granule; WP, wettable powder

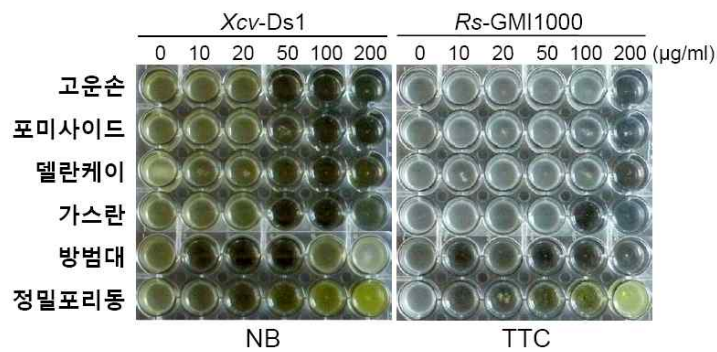


그림1. Determination of minimum inhibitory concentrations of fungicides against *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* strain Ds1 and *Ralstonia solanacearum* strain GMI1000

(2) 토마토 풋마름병균에 대한 화학 살균제의 병 방제 효과

토마토 풋마름병에 대한 각 살균제의 방제효과를 검정하기 위하여 토마토 절단 잎을 사용하였다. 엽병을 낫은 세균 현탁액에 1 mg/ml의 살균제를 첨가하고 토마토 잎의 시들음 현상을 평가하였다. 10^6 cfu/ml의 농도로 접종되었을 때에 접종 3일 후에 모든 약제는 방제 효과가 나타났다. 접종 5일 후에 모든 6 종의 약제는 방제 효과를 지속적으로 나타내었다. 10^7 cfu/ml의 농도로 세균 현탁액의 접종원을 늘렸을 때에 접종 3일 후 정밀포리동은 방제 효과를 보이지 않았으나 나머지 5종의 약제는 방제효과가 나타났다. 접종 5일 후에도 병 방제 효과에 있어서 유사한 경향이 나타났다.

포트에서 키운 토마토 유묘에 토양 관주로 살균제와 풋마름병균을 동시 접종하여 병 진전을 관찰하고 이에 근거하여 AUDPC의 상대적인 경향을 분석하였다. 접종 10일 동안의 병 피해도를 측정하였을 때, 고운손, 포미사이드, 가스란, 방법대는 방제 효과가 있었으나 델란케이와 정밀포리동은 방제 효과가 없었다.

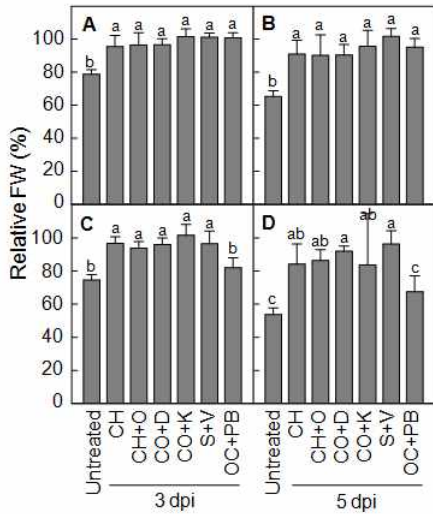


그림 2. Effect of pesticides on tomato bacterial wilt disease. Relative fresh weight of detached tomato leaves by petiole-inoculated with *R. solanacearum* strain GMI1000 for 3 and 5 days. Disease protection by pesticide treatment against tomato bacterial wilt was presented as relative FW (%) of treated leaves compared with that of the untreated leaves. (A and B) One mg/ml of pesticides and 10^6 cfu/ml of bacterial suspension, (C and D) One mg/ml of pesticides and 10^7 cfu/ml of bacterial suspension. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$. The same letter above bars represented no significant difference between treatments

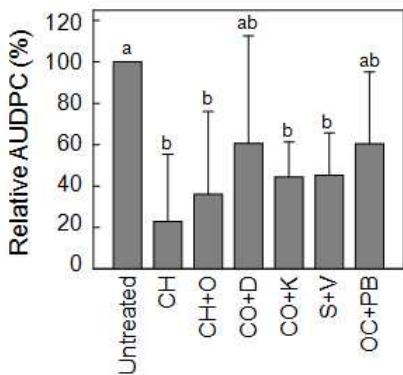


그림 3. Effect of pesticides on tomato bacterial wilt disease. Relative area under disease progress curve (AUDPC) used to evaluate bacterial disease caused by *R. solanacearum* strain GMI1000 for 10 days after soil-drench inoculation. Values presented are means and standard errors from four independent experiments. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$. The same letter above bars represented no significant difference between treatments

2. 식물 정유에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과

가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2012. 01. 19

나. 연구방법

(1) 항균성 물질의 준비

- 식물 정유

carvacrol, cinnamon oil, 1,8-cineole, trans-cinnamaldehyde, citral, clove oil, p-cymene, eugenol, geraniol, limonene, linalool, menthone, (1R)-(+)- α -pinene, (1S)-(-)- α -pinene, β -pinene 등 15종을 사용하였다. 각 식물 정유는 에탄올을 이용하여 20% 용액을 제조하고 이를 이용하여 disc 당 2, 5, 8 μ l의 원액 양이 첨가되도록 하였다.

(2) In vitro 항균 활성 검정법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 In vitro 항균 활성 검정법과 동일

(3) 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법과 동일

다. 연구결과 및 고찰

항균 효과가 알려진 식물 정유 6종에 대하여 토마토 풋마름병균에 대한 항균 활성을 paper disc 분석법을 이용하여 분석하였다(표 2). Cinnamon oil은 2 µl 처리에 의하여 처음 효과가 나타났으며, 5-10 µl 처리에 의하여 효과가 뚜렷하게 증가하였다. 시험한 6 개의 식물 정유 중 가장 좋은 효과를 나타내었다. Citral, clove oil, eugenol, geraniol들도 처리 농도에 따라 풋마름병 세균의 생육을 억제하였다. 그러나 limonene은 본 연구에 사용한 농도에 의하여 풋마름병 세균의 생장을 억제하지 못하였다.

토마토 절단 잎을 이용하여 식물 정유들의 풋마름병 방제 효과를 검정하였다. 초기 접종원 농도를 10⁶ cfu/ml로 시작하고 병원균 접종 후 3일과 5일에 토마토 절단 잎의 생체중을 측정하였다. 접종 3일에 cinnamon oil, clove oil, eugenol 만이 효과가 있었으며, 5일 후에 cinnamon oil과 clove oil 만이 효과를 보였다. 따라서 두 식물 정유의 풋마름병 방제 효과가 초기 접종원 농도 10⁷cfu/ml이었을 때에도 효과적인지 검정하였다. 접종 후 cinnamom oil과 clove oil 처리한 지 3일과 5일 후 생체중을 측정한 결과 cinnamon oil은 0.02% 농도 처리구에서만 유일하게 방제 효과가 있었으며, 0.05% 농도 처리에 의해서는 오히려 약해 발생과 더불어서 생체중의 감소를 초래하였다. Clove oil은 시험한 농도 0.01, 0.02, 0.05%의 농도 처리에 의해서 3일후와 5일후 모두 방제 효과가 뚜렷하였다.

Clove oil의 방제 효과를 포트에서 생육하는 토마토 전체 유묘를 대상으로 검정하였다. 0.005, 0.01%의 농도에 의하여 뚜렷한 AUDPC 값의 감소를 관찰할 수 있었다. 그러나 0.002% clove oil은 병 방제 효과가 나타나기에 낮은 농도였음을 알 수 있었다.

Table 2. *In vitro* inhibitory activity of various essential oils against *Ralstonia solanacearum* strain GMI1000 (Rs-GMI1000) shown by diameter of inhibition zone (mm)

Bacteria	Dose (µl)/disc	Cinnamon oil	Citral	Clove oil	Eugenol	Geraniol	Limonene
Rs-GMI1000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	41.74	7.50	11.50	16.75	7.25	0.00
	5	53.00	10.00	25.00	26.75	14.25	0.00
	10	56.50	14.50	34.00	28.00	22.25	0.00
	LSD _{0.05}	5.02	1.00	2.28	5.70	2.97	ns

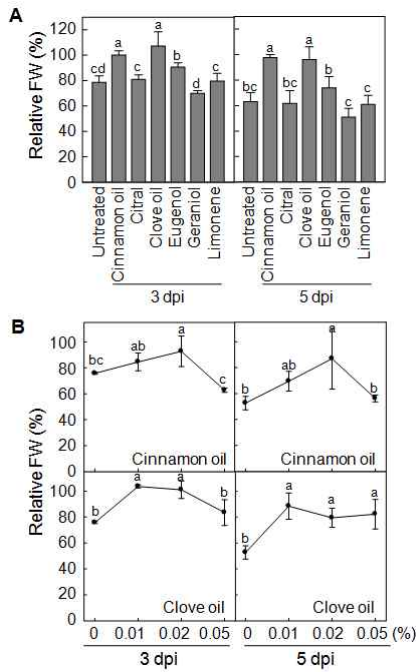


그림. 4. Effect of essential oils on tomato bacterial wilt disease. (A) Relative FW of detached tomato leaves by petiole-inoculated with *R. solanacearum* GMI1000 (10^6 cfu/ml) for 3 and 5 days. Protection by 0.01% of each essential oil treatment against tomato bacterial wilt was presented as relative FW (%) of treated leaves compared with that of the untreated leaves. (B) Effect of cinnamon oil and clove oil on disease protection against bacterial wilt caused by high inoculum concentration (10^7 cfu/ml). Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$. The same letter above bars represented no significant difference between treatments

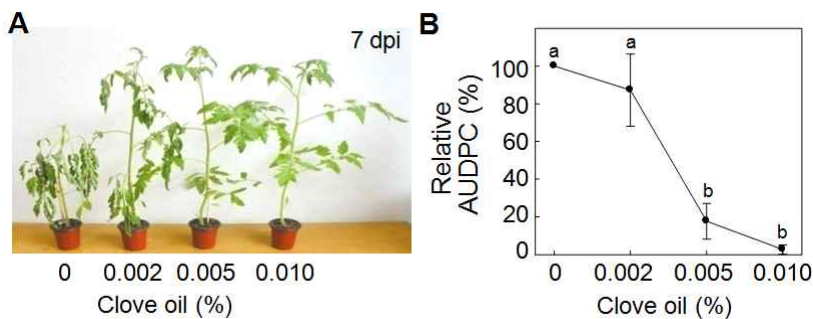


그림. 5. Effect of clove oil on tomato bacterial wilt disease. (A) Disease symptoms of tomato plants in pots soil-drenched with the bacterial suspension with or without clove oil application. Photo was taken 7 days after bacterial inoculation. (B) Relative area under disease progress curve (AUDPC) used to evaluate bacterial disease caused by *R. solanacearum* strain GMI1000 for 10 days after soil-drench inoculation. Values presented are means and standard errors from four independent experiments. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$. The same letter above bars represented no significant difference between treatments

3. 토마토 풋마름병 방제를 위한 녹차 및 홍차 추출물 효과

가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2012. 01. 19

나. 연구방법

(1) 항균성 물질의 준비

- 녹차 및 홍차 추출물 제조

세 가지 유기 용매 에탄올, 메탄올, 아세톤의 농도별(20, 40, 60, 80, 100%) 용액을 준비하였다. 녹차와 홍차 분말 1 g 당 해당 용매 10 ml를 넣고 상온에서 shaking 하면서 24 시간 동안 추출하였다. 추출액을 0.2 μ m 유기용매용 membrane filter를 이용하여 살균을 하였다. 열수 추출물을 제조하기 위하여 증류수 10 ml을 녹차 분말 1 g에 첨가하고 vortexing 한 후에 80 °C에서 3 시간 동안 열처리를 수행하고, 수용성 membrane filter로

살균하여 paper disc 분석에 사용하였다. 유기용매 추출물은 사용 전 최소한 1주일 안 제조하였으며, 열수 추출물은 사용 직전에 제조하였다.

(2) In vitro 항균 활성 검정법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 In vitro 항균 활성 검정법과 동일

(3) 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법과 동일

다. 연구결과 및 고찰

식물 추출물을 이용한 환경 친화적인 토마토 풋마름병 방제법 개발을 위하여 다양한 용매를 이용하여 녹차와 홍차 추출물을 제조하였다. 에탄올 농도별 용매와 열수로 추출된 10% 녹차와 홍차 추출물, 열수를 이용하여 paper disc 분석을 수행하였으며, 배지에서 clear zone의 형성된 지름을 측정하였다.

녹차 추출물들의 토마토 풋마름병균에 대한 직접적인 항 세균 효과가 발견되었다. 20-80% 에탄올 추출물의 항세균 활성에는 차이가 없었으며, 100% 에탄올 추출물은 항세균 효과가 감소하였다. 열수 추출물을 이용하여 항 세균 활성을 조사한 결과, 농도별로 녹차 추출액의 양이 늘었을 때 저지원의 크기가 커짐을 알 수 있었다.

홍차 추출물도 상대적으로 낮은 수준으로 항 세균 효과를 가지고 있음이 밝혀졌다. 40 - 80%의 에탄올 추출물이 가장 효과가 좋았으며, 20% 추출물 및 100% 추출물은 상대적으로 항균 활성이 낮았다. 녹차와 홍차의 열수 추출물에서도 항균 활성이 발견되었다. 그러나 홍차 추출물에서의 항균 활성은 상대적으로 미미하였다.

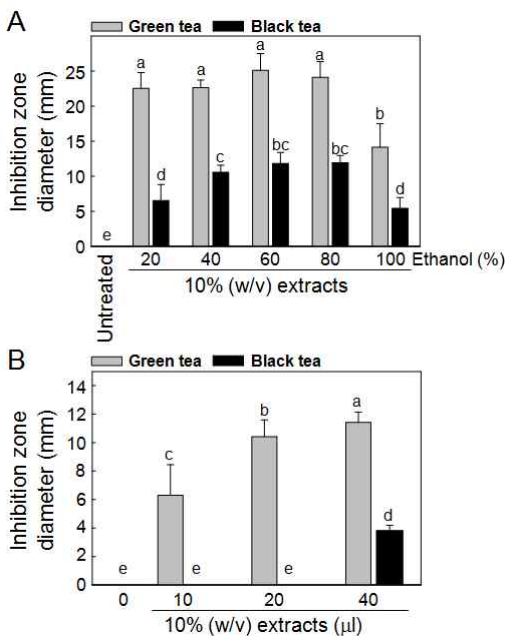


그림. 1. Effect of tea extracts on *in vitro* growth of *Ralstonia solanacearum* revealed by paper disc diffusion assay. (A) *In vitro* inhibitory activity of green tea and black tea crude extracts prepared by different concentrations of organic solvents (20, 40, 60, 80 and 100%) against *R. solanacearum* GMI1000 shown by diameter of inhibition zone (mm). Each paper disc contained 40 l of the 10% (w/v) tea extracts. (B) *In vitro* inhibitory activity of hot water prepared green tea and black tea extracts against *R. solanacearum* GMI1000 shown by diameter of inhibition zone (mm). Error bars represent the standard deviation of the means of four replications. The same letter above bars represented no significant difference between treatments. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$

녹차와 홍차의 80% 에탄올 추출물과 열수 추출물이 보이는 직접적인 항 세균 활성을 액체 배양 중에 조사하였다. 에탄올 추출물의 항균 활성을 검증하기 위하여 에탄올 그 자체가 가지는 항균 활성을 우선적으로 측정하였다. 에탄올은 0.2-0.4% 농도 처리는 풋마름병 세균에 대하여 항세균 활성을 가지지 않았다. 그러나 0.8% 에탄올의 처리로 약 24.9%의 세균 생장이 억제되었고, 1.2% 에탄올 처리로 43.9%의 세균 성장 억제 효과가 있었으며, 1.6% 에탄올 처리로 71.9%의 세균 성장 억제가 나타났다. 이러한 결과는 에탄올만을 이용하여 토마토 풋마름병균에 대한 직접적인 항세균 효과가 있음을 보여주는 것이며, 에탄올을 이용하여 토마토 풋마름병 방제 가능성을 제시하였다. 이후 연구를 통하여 에탄올 토마토 식물에 약해를 주지 않으면서 풋마름병 방제 효과를 얻을 수 있는 에탄올의 처리 농도를 구명할 예정이다.

80% 에탄올로 추출한 녹차와 홍차 추출물을 이용하여 액체 배양 중의 토마토 풋마름병균 생장의 *in vitro* 억제 효과를 평가하였다. 녹차 추출물은 0.005% 농도의 처리에 의하여 40% 가량의 생육 억제가 나타났으며, 0.0125%의 녹차 추출물은 약 87%의 성장 억제를 가져왔으며 0.025 및 0.05% 처리는 10% 미만의 세균 성장만이 가능하였다. 홍차 추출물도 녹차추출물과 마찬가지로 0.005% 농도에서 처음으로 항 세균 활성이 나타났으나, 그 효과는 10% 미만의 미미한 수준이었다. 0.0125%의 홍차 추출물 처리로 약 24%의 세균 성장만이 가능하였으며 그 이상의 농도에서 비슷한 수준의 세균 생장이 관찰되었다.

녹차와 홍차의 열수 추출물을 이용하여 액체 배양 중의 토마토 풋마름병균 생장의 *in vitro* 억제 효과를 평가하였다. 녹차 추출물 0.005% 처리는 약 64%의 생육 억제 효과를 가지고 왔으며, 이후 0.01%의 녹차 추출물의 처리로 10% 미만의 세균 생장이 가능하였다. 그 이상의 농도 처리에 의해서도 더 이상 세균 성장 억제는 관찰되지 않았다. 홍차 열수 추출물은 녹차 열수 추출물에 비하여 상대적으로 낮은 수준의 항 세균 활성만을 가지고 있었다. 0.005%의 홍차 추출물은 오히려 세균의 성장을 촉진하였으며, 0.01-0.02%의 홍차 추출물로 약 50%의 생육 억제가 나타났다. 0.05% 홍차 추출물 처리로 약간 생육이 억제되었으며 0.2% 농도 처리까지 차츰 세균 생장이 억제 되었으나 녹차 추출물 처리보다는 낮은 수준으로 일어났다.

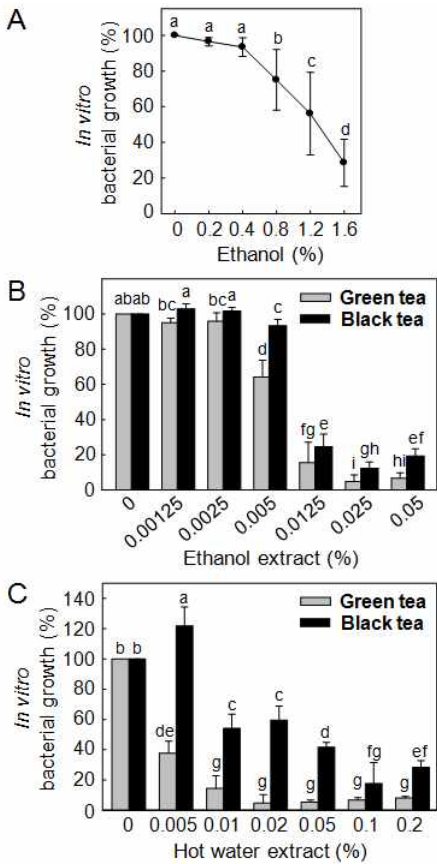


그림. 2. Effect of tea extracts on *in vitro* growth of *Ralstonia solanacearum* during liquid bacterial culture. (A) Suppression of the bacterial growth by increasing dose of ethanol. (B and C) Dose-dependent *in vitro* antibacterial activity of green tea and black extracts prepared in (B) 80% ethanol and in (C) hot water. Bacterial number was indirectly measured using spectrophotometer with optical density (OD) at 600 nm. Relative bacterial growth in tea extract-treated cultures was expressed as percentage (%) compared to that in non-treated cultures. Error bars represent the standard deviation of the means of four replications. The same letter above bars represented no significant difference between treatments. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$

4. 과산화수소와 산화질소에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과가. 연구기간: 2012. 01. 20 ~ 2013. 01. 19

나. 연구방법

(1) 항균성 물질의 준비

- 산화질소 및 과산화수소의 처리

산화질소(nitric oxide)의 처리를 위해 공여체인 sodium nitroprusside(SNP)를 수용액 상태로 사용하였다. 풋마름병 세균의 *in vitro* 세균 생장을 검정하기 위하여 0.0005, 0.001, 0.002, 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 1, 2 mM를 이용하였으며, 식물 병 방제 효과를 검정하기 위하여 0.001, 0.01, 0.1, 0.2, 0.5 mM의 농도를 사용하였다. 풋마름병 세균의 *in vitro* 세균 생장을 검정하기 위한 과산화수소의 농도는 0.0005, 0.001, 0.002, 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2 mM로 사용하였으며, 식물 병 방제 효과 검정을 위해서 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 mM의 농도를 이용하였다.

(2) In vitro 항균 활성 검정법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 In vitro 항균 활성 검정법과 동일

(3) 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 병원균 인공

다. 연구결과 및 고찰

(1) 토마토 풋마름병 발생 동안 토마토 엽병에서 활성산소류의 집적과 지질 과산화

토마토 풋마름병 발생 기작을 이해함으로써 토마토 풋마름병의 발생을 억제하려는 목적으로 병 발생 동안의 활성 산소류의 축적을 조사하였다. Superoxide 음이온의 축적을 검출하기 위하여 접종 엽병을 NBT로 염색하여 남보라색의 발색을 관찰한 결과, 접종 3일 후부터 약간의 superoxide가 축적되며, 이의 축적은 병이 진전되며 더욱 뚜렷하게 일어났다. H₂O₂의 축적을 관찰하기 위한 DAB 염색 결과, 붉은 갈색의 침전물이 병진전과 함께 접종 후 3일부터 5일 후까지 꾸준히 증가하였다. 스트레스에 의하여 식물은 막의 과산화가 일어나는데 이를 막의 지질 과산화를 검출할 수 있는 Schiff's reagent로 염색하였다. 활성 산소의 축적이 나타나기 시작한 접종 후 3일에는 지질 과산화를 관찰 할 수 없었으나, 접종 4일과 5일에 걸쳐서 병이 진전되면서 분홍색의 염색이 진전되었다. 이는 토마토 엽병에서 풋마름병의 진전 중에 지질의 과산화 과정이 동반되며, 지질 과산화 과정 이전에 이미 활성 산소의 축적이 나타난다는 사실을 시사해주었다. 활성 산소의 축적이 기주 식물의 적극적인 방어 반응의 일환인지 병원균이 이러한 활성 산소로 인하여 더욱 빠른 병진전을 촉진할 수 있는지 여부는 기초적인 연구가 더욱 필요하다.

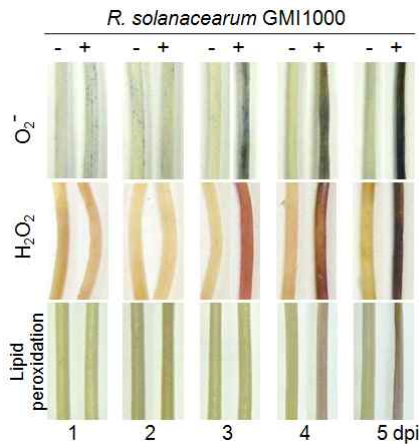


그림. 1. Accumulation of reactive oxygen species (ROS) and lipid peroxidation in tomato petioles during pathogenesis of *Ralstonia solanacearum* GMI1000 strain. Superoxide anion (O₂⁻) (dark blue colored), hydrogen peroxide (H₂O₂) (red brown colored) and lipid peroxidation (pink colored) in the tomato tissues were histochemically detected by stainings with NBT, DAB and Schiff's reagent, respectively. -, mock-treated; +, inoculated. dpi, days post-inoculation

(2) 과산화수소와 산화질소 처리에 의한 토마토 잎의 반응

과산화수소와 산화질소의 처리가 토마토 잎의 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위하여 토마토 엽병을 다양한 농도의 과산화수소(0, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 mM) 용액과 SNP 용액(0, 0.001, 0.01, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2 mM)에 담그고 3일과 5일에 생체중을 측정하였다.

과산화수소 처리 3일 후에, 1 mM 처리에 의해서 생육의 증감이 관찰되지 않았으나, 2 mM의 과산화수소에 의해 약간의 생육 증가가 관찰되었다. 5 - 10 mM 농도의 과산화수소 처리에 의해 다시 생육은 무처리와 같은 수준으로 감소하였다. 20 mM 이상의 과산화수소 농도의 처리에 의해 약간의 생육 감소가 나타났다. 처리 5일 후에, 1 - 2 mM의 과산화수소 처리에 의해 생육 증진이 나타났으나 5 - 20 mM 이상의 농도 처리구에서 생육은 다시

무처리와 같았다. 50 mM과 100 mM로 증가되며 생체중의 감소가 뚜렷하여졌다. 따라서 일정 구간의 저농도의 과산화수소 처리는 토마토 잎 생육을 촉진하지만 특정 농도 이상의 과산화수소의 처리는 오히려 토마토 잎 생육을 다소간 감소 시켰음을 알 수 있었다. 산화질소 처리 3일 후에 0.5 - 2 mM 처리구의 토마토 잎은 급격한 조직의 괴사와 함께 생체중의 감소를 나타내었다. 처리 5일 후에 동일한 농도 범위의 SNP 처리에 의해서 더 심각한 스트레스 현상이 관찰되었으나 그 이하의 농도 처리에 의해서는 여전히 건전한 생육을 유지 하였다.

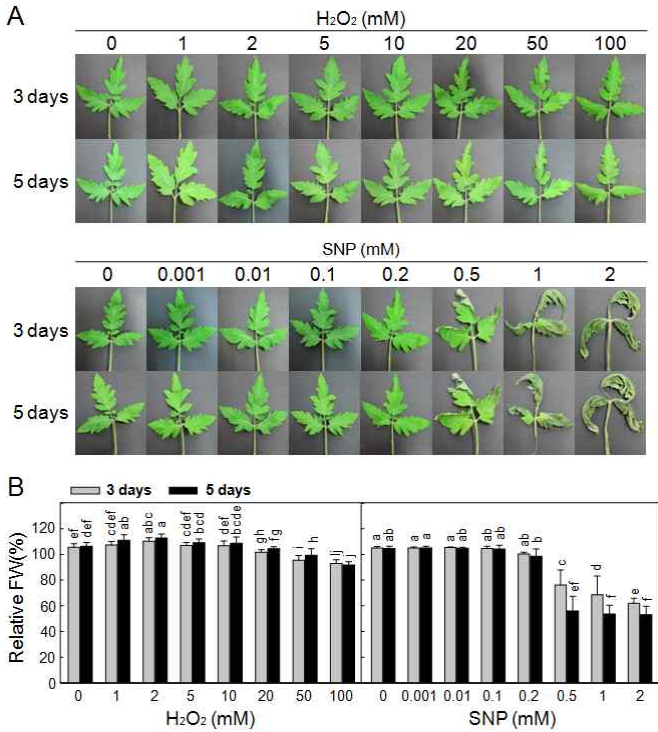


그림. 2. Effect of H₂O₂ and sodium nitroprusside (SNP) nitric oxide releaser on the growth of detached tomato leaves. (A) Different responses of the tomato leaves to H₂O₂ and SNP treatments. Photos were taken at 3 and 5 days after petiole dipping in the different concentrations of H₂O₂ and SNP. (B) Relative fresh weight (FW) of detached tomato leaves treated with different concentrations of H₂O₂ and SNP treatments by petiole dipping at 3 and 5 days. Independent experiments were performed 4 times with similar results. The data points are the mean FW ± standard errors. Mean separation by Duncan's multiple range test at P=0.05. The same letter above bars represented no significant difference between treatments

(3) 과산화수소 단독 처리에 의한 풋마름병 방제 효과

과산화수소 처리에 의한 토마토 풋마름병균의 생장 억제를 in vitro 액체 배양을 통하여 조사하였다. 10⁵ cfu/ml의 농도로 세균 배양을 시작하였을 때에 0.0005 mM의 과산화수소 처리가 풋마름병균 생장을 감소시켰다. 0.001 - 0.01 mM 과산화수소의 처리로 풋마름병균의 감소는 유지 되었고 0.02 mM의 과산화수소가 다시 세균의 생장을 억제하여 약 20% 생장 억제를 초래하였다. 0.05 mM의 과산화수소의 처리로 풋마름병 세균의 생장은 무처리와 비교하였을 때 약 35% 가량 일어났다. 0.1과 0.2 mM의 과산화 수소 처리에 의해서 풋마름병 세균은 전혀 성장하지 못하였다.

10⁶ cfu/ml의 농도로 세균 배양을 시작하였을 때에 0.002 mM의 과산화수소가 처리 되었을 때에 가장 처음으로 세균의 생장 억제가 나타났다. 그리고 0.005 - 0.02 mM 처리에 의하여 약간의 생장 억제가 일어 났고 0.1과 0.2 mM의 과산화수소 처리로 거의 세균이 성장하지 못하였다.

10⁶과 10⁷ cfu/ml의 풋마름병균 감염 중 과산화수소의 농도별 처리가 병 발생에 대하여 어떠한 효과가 있는 엽병 접종 시험법을 통하여 검정하였다. 10⁶ cfu/ml 농도의 풋마름병 접종에 의해 감소되는 토마토 잎의 생체중을 기준으로 과산화수소의 처리가 얼마나 병감소

효과가 있었는지 평가하였더니, 1 mM 과산화수소 처리는 전혀 병 방제 효과가 없었으나, 2 mM 이상의 과산화수소 처리는 모두 병 방제 효과를 보였다. 5 mM 과산화수소가 가장 좋은 병 방제 효과를 보였으며 100 mM에서의 생체중이 약간 감소한 것은 고농도의 과산화수소 처리에 의한 약해로 생각되었다. 이 병 방제 효과는 5일에도 뚜렷하게 지속되었다. 10^7 cfu/ml의 고농도 세균의 접종에 의해서도 병 접종 3일 후에 2 - 100 mM 과산화수소 처리에 의해 생체중 감소가 지연되었으며, 5일 후에 2 mM 과산화수소 처리는 더 이상 생체중 감소를 방지하지 못하였으나 5 mM 이상의 농도는 효과적으로 토마토 잎의 생체중을 증가시켰다.

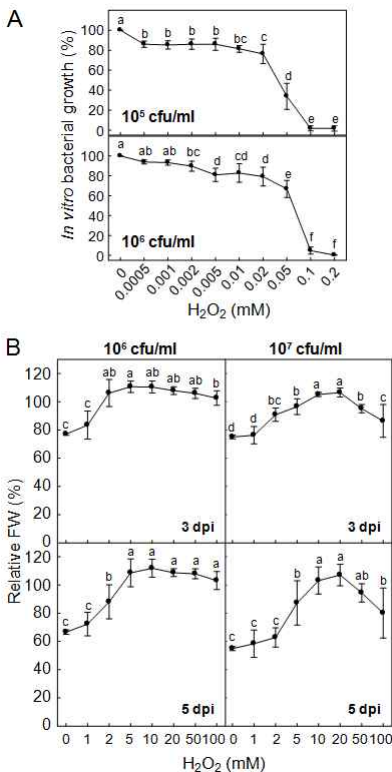


그림. 3. Effect of H₂O₂ on *Ralstonia solanacearum* growth and bacterial wilt disease of detached tomato leaves. (A) *In vitro* bacterial growth of *R. solanacearum* in liquid cultures supplemented with different concentration of H₂O₂. Initial inoculum doses for the bacterial cultures were shown in upper (10^5 cfu/ml) and lower (10^6 cfu/ml) graphs. Relative bacterial growth in response to H₂O₂ treatment was demonstrated as percentage (%) compared to that in untreated bacterial culture. (B) Relative fresh weight (FW) of detached tomato leaves inoculated with two different *R. solanacearum* doses (10^6 and 10^7 cfu/ml) in the absence or presence of H₂O₂ at 3 and 5 days post-inoculation (dpi). Independent experiments were performed 4 times with similar results. The data points are the mean FW \pm standard errors. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P=0.05$. The same letter above bars represented no significant difference between treatments

(4) 산화질소 단독 처리에 의한 풋마름병 방제 효과

Nitric oxide 공여체인 sodium nitroprusside(SNP)에 대한 토마토 풋마름병 세균의 *in vitro* 성장을 조사하였다. 10^5 cfu/ml로 세균 배양을 시작하였을 때에 시험한 가장 낮은 SNP 농도인 0.0005 mM의 농도가 이미 세균 생육의 20% 정도를 억제 시켰으며, 0.002 mM에서 약간 생육이 증가하였으나 0.01 mM 처리 이후에는 지속적으로 세균 생장이 억제되어 2 mM SNP 처리에 의해서 토마토 풋마름병균의 생장이 약 10% 수준으로 억제되었다. 10^6 cfu/ml로 세균 배양을 시작하였을 때에도 10^5 cfu/ml로 세균 배양을 시작하였을 때와 유사한 정도의 세균 성장 정도가 나타났다. SNP 처리에 의해 얼마나 많은 양의 nitric oxide가 생성되는지 알 수 없으나 매우 낮은 농도의 nitric oxide에 의해서 토마토 풋마름병 세균의 생육이 억제될 수 있음을 보여주었다.

Nitric oxide의 항 세균성을 이용하여 토마토 풋마름병의 병 억제 여부를 관찰하였다. 10^6 cfu/ml의 농도의 세균 현탁액으로 엽병 접종 3 일 후 SNP 무처리구에서는 병 발생으로 인

하여 약 21%의 생체중 감소가 나타났다. 0.001 mM SNP 처리는 병 방제 효과가 없었으나, 0.01 mM SNP의 처리에 의해서 처음으로 병 억제 효과를 볼 수 있었다. 0.1 mM 처리의 SNP 처리에 의해 생체중 감소가 완화되어 병 방제효과를 간접적으로 입증하였으나 약간의 시들음 현상이 관찰되었으나, 0.2 mM의 SNP에 의해서는 토마토 풋마름병에 의한 시들음 현상을 전혀 관찰할 수 없었다. 0.5 mM의 SNP에 의해서 약간의 생체중 감소가 나타났다, 이는 병 발생 증가보다는 고농도의 SNP 처리에 의해 토마토 생육이 다소 지연된 것으로 생각되었다. 접종 5일 후 무처리구의 생체중이 약 65%에 도달하였을 때, 0.2 mM과 0.5 mM의 SNP 처리에 의해서는 상당한 생체중 감소 억제가 관찰되었다.

상대적으로 고농도인 10^7 cfu/ml의 세균 현탁액을 접종하여 0.1 mM SNP 처리는 병 발생에 의한 생체중 감소를 초래하지 않았으며, 0.2 mM 처리에 의해 가장 좋은 병 보호 효과를 가져왔다. 0.5 mM SNP에 의해서는 전체적인 생체중이 오히려 감소하였다. 접종 5 일 후에도 SNP 0.1 mM과 0.2 mM 처리에 의해서 나타난 병 보호 효과는 지속되었다.

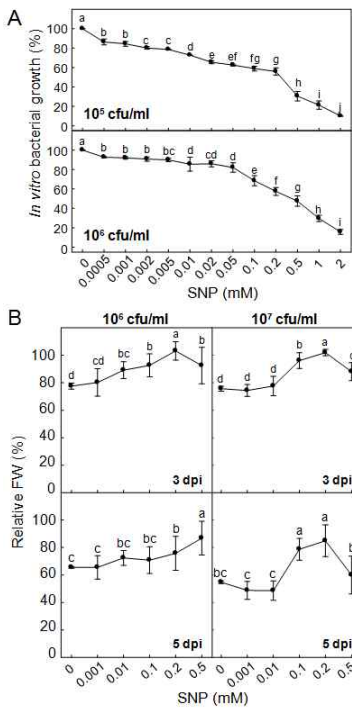


그림. 4. Effect of sodium nitroprusside (SNP) nitric oxide releaser on *Ralstonia solanacearum* growth and bacterial wilt disease of detached tomato leaves. (A) *In vitro* bacterial growth of *R. solanacearum* in liquid cultures supplemented with different concentration of SNP. Initial inoculum doses for the bacterial cultures were shown in upper (10^5 cfu/ml) and lower (10^6 cfu/ml) graphs. Relative bacterial growth in response to SNP treatment was demonstrated as percentage (%) compared to that in untreated bacterial culture. (B) Relative fresh weight (FW) of detached tomato leaves inoculated with two different *R. solanacearum* doses (10^6 and 10^7 cfu/ml) in the absence or presence of SNP at 3 and 5 days post-inoculation (dpi). Independent experiments were performed 4 times with similar results. The data points are the mean FW \pm standard errors. Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test. The same letter above bars represented no significant difference between treatments

(5) 과산화수소와 산화질소 혼합 처리에 의한 풋마름병 방제 효과

과산화수소와 산화질소의 단독 처리로 풋마름병균의 *in vitro* 생장이 억제되었다. 절단 잎을 가지고 수행한 병 방제 효과 시험에서도 이들 두 물질의 처리는 풋마름병 병징의 진전을 상당히 억제하였음을 알 수 있었다. 과산화수소와 산화질소를 동시에 혼합 처리하였을 때 세균의 *in vitro* 생장이 더욱 억제되고 병 방제 효과도 상승하는지 조하였다.

초기 *in vitro* 농도를 10^5 cfu/ml과 10^6 cfu/ml로 시작한 세균 배양액에 다양한 농도의 과산화수소와 산화질소 공여체를 조합으로 첨가하였다. 두 실험구에서 모두 정도의 차이는 있으나 과산화수소와 산화질소의 동시 처리는 세균의 생장을 급격하게 감소시켰다. 두 물질의 혼합 처리에 의하여 세균은 더욱 스트레스를 받은 것으로 생각되었다.

풋마름병 방제 효과가 기대되는 과산화수소의 농도와 산화질소의 농도를 단독으로, 혼합으

로 식물 포트에 토양 관주하고 토양에 접종한 풋마름병균으로 인한 병 발생을 어느 정도 감소시키는지 조사하였다. 절단 잎을 가지고 수행한 병 방제 효과 검증에서는 효과가 있다고 밝혀진 과산화수소와 산화질소의 농도가 포트 유묘 식물을 가지고 수행한 연구에서는 효과를 보이지 않았다. 그러나 두 물질을 혼합한 경우에는 뚜렷한 풋마름병 감소를 관찰할 수 있었다.

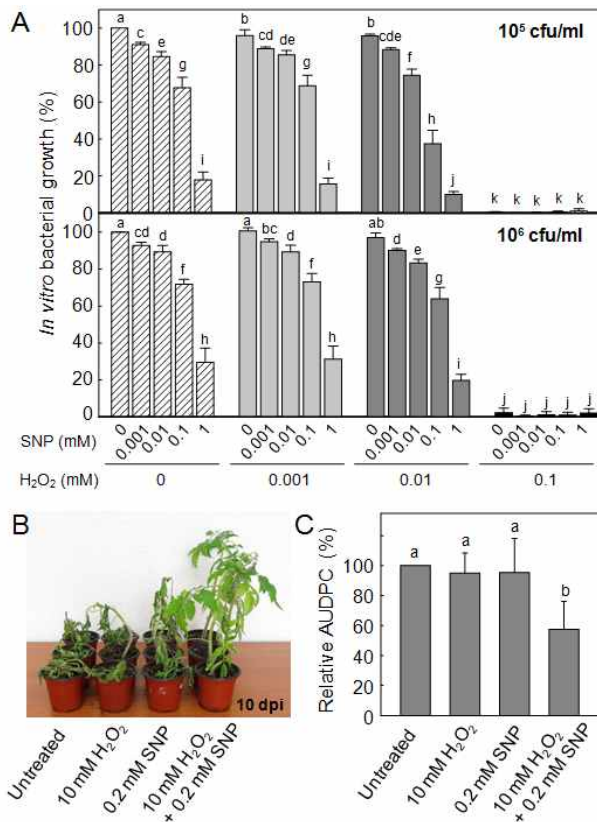


그림. 5. Protective effect of H₂O₂ and/or SNP on bacterial wilt disease of tomato seedling in pots. (A) *In vitro* synergistic bactericidal effect of H₂O₂ and SNP treatment on the growth of *Ralstonia solanacearum* in liquid cultures. Initial inoculum doses for the bacterial cultures were shown in upper (10⁵ cfu/ml) and lower (10⁶ cfu/ml) graphs. (B) Wilting symptoms of tomato plants in pots soil drench-inoculated by *R. solanacearum* in the presence or absence of H₂O₂, SNP and H₂O₂ + SNP treatment. Photo was taken 10 days after bacterial inoculation. (C) Relative area under disease progress curve (AUDPC) used to evaluate tomato bacterial wilt by *R. solanacearum* for 14 days after soil-drench inoculation. Independent experiments were performed 4 times with similar results. The data points are the mean AUDPC ± standard errors. Mean separation by Duncan's multiple range test at P=0.05. The same letter above bars represented no significant difference between treatments

5. 식물 정유를 이용한 난균 및 진균류 토마토 병해 방제

가. 연구기간: 2013. 01. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

(1) 항균성 물질의 준비

- 식물정유

carvacrol, cinnamon oil, 1,8-cineole, trans-cinnamaldehyde, citral, clove oil, p-cymene, eugenol, geraniol, limonene, linalool, menthone, (1R)-(+)- α -pinene, (1S)-(-)- α -pinene, β -pinene 등 15종을 사용하였다. 각 식물 정유는 에탄올을 이용하여 20% 용액을 제조하고 이를 이용하여 disc 당 2, 5, 8 μ l의 원액 양이 첨가되도록 하였다.

(2) In vitro 항균 활성 검증법

“화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 In vitro 항균 활성 검증법과 동일

(3) 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법과 동일

다. 연구결과 및 고찰

Clove oil을 비롯한 식물 정유(essential oil)가 풋마름병 세균에 직접적인 항균 효과와 병 방제 효과를 보임이 선행 연구를 통해서 밝혀졌다. 따라서 다양한 식물정유가 난균 및 진균성 토마토 병해에 대해서도 방제 효과를 보일 것인지를 paper disc assay 법을 이용하여 검정하였다. 토마토 병해로 균핵병균(*Sclerotinia sclerotiorum*), 역병균(*Phytophthora capsici*), 잿빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*)를 대상으로 하였다. carvacrol, cinnamon oil, 1,8-cineole, trans-cinnamaldehyde, citral, clove oil, p-cymene, eugenol, geranoil, limonene, linalool, menthone, (1R)-(+)- α -pinene, (1S)-(-)- α -pinene, β -pinene 등 15종의 식물 정유의 항균 효과가 검정되었다.

토마토 잿빛곰팡이병균에 대하여 우수한 in vitro 항균 활성을 보인 식물 정유는 carvacrol, cinnamon oil, trans-cinnamaldehyde, clove oil, eugenol, geranoil 등이었으며, 잿빛곰팡이 병 방제 효과는 carvacrol, cinnamon oil, eugenol 등 이었다. In vitro 항균 활성 검정을 실시한 결과 토마토 균핵병균에 대해서 carvacrol, citral 등이 효과가 좋았고, 토마토 역병균에 대해서 carvacrol, linalool, menthone 등이 가장 효과가 좋았다. 토마토 균핵병균과 역병균 감염에 대한 식물정유의 병 방제 효과를 수행할 필요가 있다.

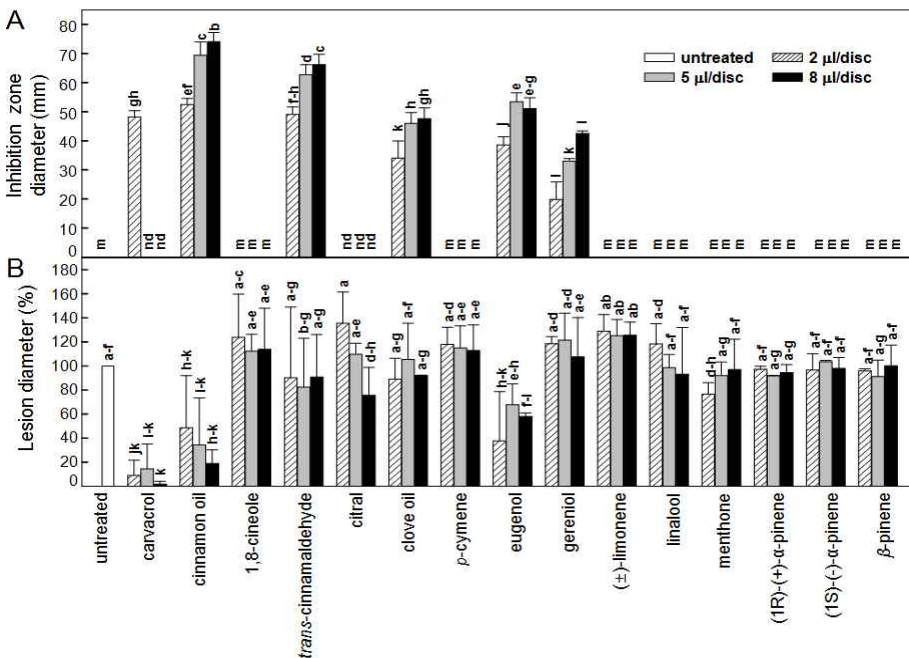


그림. 1. Effect of different plant essential oils on in vitro growth of *Botrytis cinerea* and disease development of gray mold on tomato plants. (A) In vitro inhibitory activities of various plant essential oils against *B. cinerea* shown by diameter of clear inhibition zone (mm). (B) Relative disease protection measured by reduced lesion diameter formed on the detached tomato leaves inoculated by dropping conidial suspension (10^5 conidia/ml) with different essential oil vapors. Lesion diameter was measured 4 days after inoculation. Values presented are means and error bars represent the standard deviation of the means of four replications. Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test

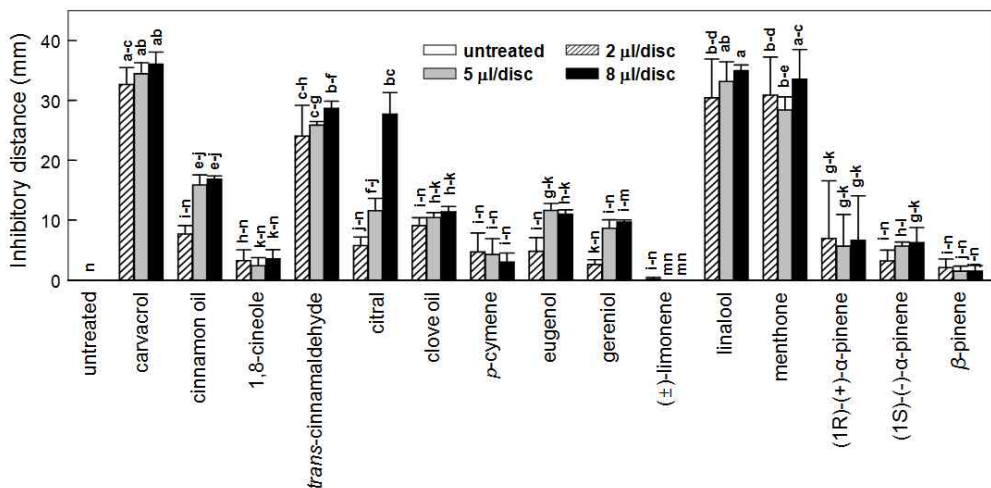


그림. 2. Effect of different plant essential oils on *in vitro* growth of *Sclerotinia sclerotiorum* and disease development of Sclerotinia rot on tomato leaves. Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test. Error bars represent the standard deviation of the means of four replications

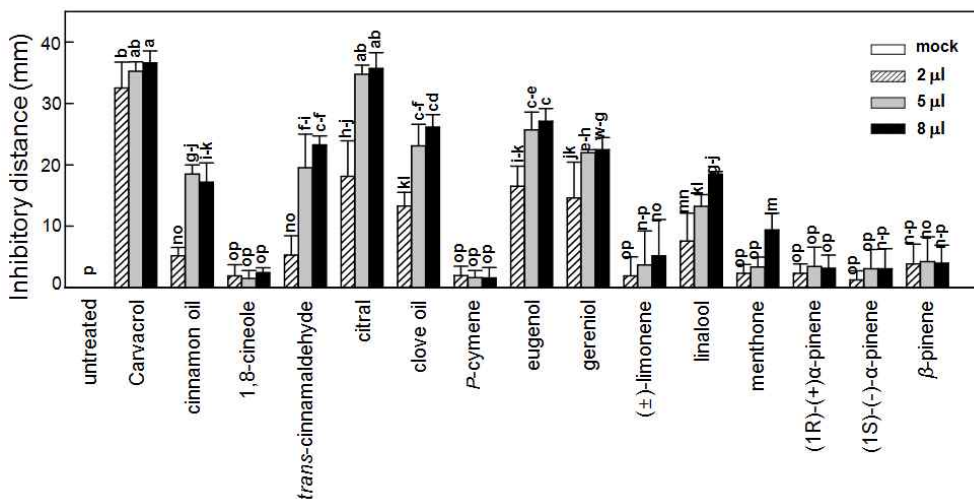


그림. 3. *In vitro* inhibitory activities of various essential oils against *Phytophthora capsici* shown by inhibitory distance (mm). Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test. Error bars represent the standard deviation of the means of four replications

6. 토마토 풋마름병 방제를 위한 비타민 효과

가. 연구기간: 2013. 01. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

(1) 항균성 물질의 준비

- 비타민

항균 활성을 측정하기 위해 네 종류의 비타민을 사용하였다. Thiamine hydrochloride(비타민 B1), nicotinic acid sodium salt(비타민 B3), pyridoxine hydrochloride(비타민 B6), menadione sodium bisulfite(비타민 K3)의 수용액을 제조하였다.

(2) In vitro 항균 활성 검정법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 In vitro 항균 활성 검정법과 동일

(3) 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법과 동일

다. 연구결과 및 고찰

(1) 비타민 처리에 의한 풋마름병 세균 생육 억제

4종의 비타민이 *in vitro*에서 항세균 활성을 가지는지 여부를 조사하였다. Thiamine, niacin, pyridoxin, menadione은 모두 *in vitro*에서 풋마름병균에 대해 직접적인 항균 활성을 가지고 있음이 발견되었다. 각 비타민을 농도별로 처리한 결과, 모든 비타민의 농도가 높아질수록 토마토 풋마름병균의 생장이 뚜렷하게 감소하였다. Thiamine 5 mM 처리에 의해서는 세균의 생장이 억제되지 않았으나, 10 mM 처리로 인해 무처리에서의 생육 대비 34.5%의 세균 성장만이 나타났다. 20 mM thiamine 처리로 세균 생장은 완전히 억제되었다. Niacin 처리는 thiamine 처리만큼 항균 효과가 높지는 않았으나 10 mM 처리는 약 90%의 세균 생장을, 20 mM 처리는 약 70%의 세균 생장을 가져왔다. Pyridoxine은 thiamine과 유사한 경향의 항균 활성을 나타내었다. Menadione은 저농도의 처리로도 급격한 항균 활성을 나타내었다. 단지 0.5 mM menadione 처리는 약 60% 만의 세균 생장을 가능하게 하였고, 1 mM menadione에 의해서는 20%의 세균 성장만 일어났다. 2 mM 이상의 menadione은 세균 생장을 전혀 불가능하게 만들었다.

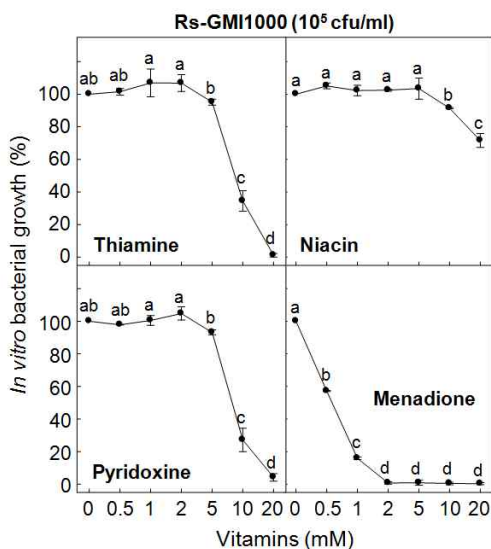


그림. 1. Effect of different vitamins on *in vitro* growth of *Ralstonia solanacearum*. *In vitro* bacterial growth in response to different concentrations of 4 vitamins (thiamine, niacin, pyridoxine and menadione) during liquid cultures. Bacterial number was indirectly measured using spectrophotometer with optical density (OD) at 600 nm. Relative bacterial growth in the vitamin-treated cultures was expressed as percentage (%) compared to that in non-treated cultures. Error bars represent the standard deviation of the means of four replications. The same letter above bars represented no significant difference between treatments. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$

(2) 비타민 단독 처리에 의한 풋마름병 방제 효과

네 가지의 비타민이 토마토 풋마름병 방제 효과가 있는지 여부를 토마토 엽병 접종법을 이용하여 평가하였다. 10^6 cfu/ml의 세균 농도로 접종한지 3일 후의 병 접종에 의해 감소된

생체중을 근거로 하여 상대적인 병 보호 효과를 조사하였다. Thiamine 2-20 mM 처리로 인하여 병 발생이 감소하였으나, 5 mM 이상의 thiamine 처리는 토마토 잎에 약해를 초래하였기 때문에 응용적으로 사용이 곤란하다고 밝혀졌다. 2 mM 이상 고농도의 niacin 처리는 오히려 식물에 약해를 주면서 생체중을 감소시켰다. Pyridoxine는 10 mM 농도로 처리했을 경우에만 병 발생 억제 효과가 있었다. Menadione은 5-10 mM농도에서만 병 억제효과를 나타내었으나, 이들 농도 역시 토마토 잎에 약해를 일부 발생시켰다. 이 연구 결과 4 종류의 비타민 중에서 thiamine 처리가 가장 효과적임을 알 수 있었으며, 특히 직접적인 항균활성이 없는 2 mM 농도에서 병 방제 효과를 보였다는 점은 thiamine에 의해 토마토 풋마름병에 대한 유도저항성이 발현되어 병 감소현상이 이루어졌을 가능성을 말하여 준다. Thiamine 처리로 10^6 cfu/ml 접종원 농도의 토마토 풋마름병 세균 접종에 대하여 방제 효과가 발견되었다. 따라서 풋마름병 세균의 고농도 현탁액(10^7 cfu/ml)으로 접종하였을 때 병방제 효과가 여전히 나타나는지 관찰하였다. 접종 3일 후에 5 mM의 thiamine 처리만이 병 방제 효과가 있었으며, 나머지 농도의 thiamine 처리는 병 방제 효과가 나타나지 않았다. 접종 5일 후에는 어떠한 농도의 thiamine 처리도 병 방제 효과가 보이지 않았다. 이로부터 토마토 풋마름병 방제를 위한 thiamine 처리는 낮은 수준의 병 발생에 대해서만 효과가 있음을 알 수 있었다. 따라서 thiamine 단독 처리보다는 다른 병 방제 물질과의 혼합처리를 통하여 병 방제 효과를 증진시킬 수 있는지 여부를 조사할 필요가 있다.

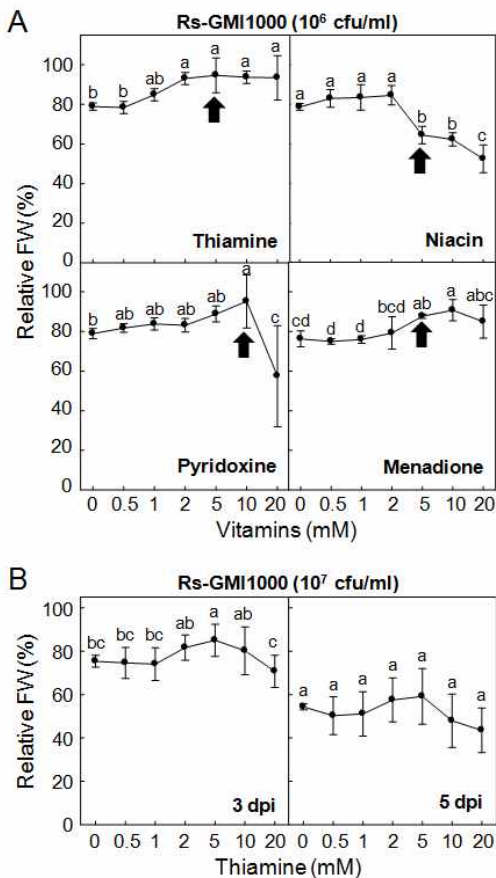


그림. 2. Disease protection by vitamin treatments against bacterial wilt of detached tomato leaves. (A) Different concentrations of 4 vitamins (thiamine, niacin, pyridoxine and menadione) were evaluated for disease development of tomato bacterial wilt for 3 days. Relative fresh weight (FW) of detached tomato leaves by petiole-inoculation with *R. solanacearum* GMI1000 (10^6 cfu/ml) was shown. Protection by vitamin treatment against tomato bacterial wilt was presented as relative FW (%) of treated leaves compared with that of the inoculated leaves without any vitamin. Arrows indicate the minimum visible phytotoxic doses of each vitamin to detached tomato leaves. (B) Relative disease protection against tomato bacterial wilt by *R. solanacearum* GMI1000 (10^7 cfu/ml) with thiamine treatment 3 and 5 days post-inoculation (dpi). Error bars represent the standard deviation of the means of four replications. The same letter above bars represented no significant difference between treatments. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$

(3) 비타민 혼합 처리에 의한 풋마름병 방제 효과

식물에 약해를 주지 않은 농도 범위에서 토마토 풋마름병 방제 효과를 기대하기 위하여 두

가지 항균성 비타민을 저농도에서 혼합 처리하여 상승적으로 풋마름병균에 대한 항세균 효과가 나타나는지 조사하였다. 2 mM의 thiamine이 *in vitro*에서 직접적인 항 세균 효과를 가지지 않지만 niacin, pyridoxin, menadione과 혼합처리 하였을 때, 상승적으로 항균 효과가 나타남을 알 수 있었다. Niacin 또는 pyridoxine 처리가 thiamine 단독 처리보다 세균 성장 억제에 효과적이었으며, menadione과의 혼합처리는 이보다 더욱 효과적이었다. Menadione 단독처리보다는 오히려 thiamine과의 혼합처리 효과가 감소하는 것은 의외의 현상이었다. 2 mM의 niacin 단독처리 역시 세균 성장 억제 효과는 나타나지 않았으나, pyridoxine과의 혼합처리는 세균 성장을 더 억제할 수 있었다. Menadione과의 혼합 처리는 niacin 단독처리나 menadione 단독처리보다 효과적으로 세균 성장을 억제하였다. Pyridoxine 2 mM 처리는 항세균 효과가 나타나지 않지만 menadione과의 혼합 처리는 뚜렷하게 항 세균 효과가 증가하였다. 그러나 이 경우에도 menadione 단독 처리만큼의 항 세균 효과보다 더 증가 한 것은 아니었다. 지금까지 연구 결과 비타민의 혼합 처리에 의하여 토마토 풋마름병균에 대한 항 세균 효과의 상승을 관찰 할 수 있음을 알 수 있었다. 각각의 비타민의 저농도 처리는 토마토 식물에 약해를 초래하지 않는 대신에 병 억제 효과를 크게 기대할 수 없었다.

비타민의 혼합 처리가 식물에 풋마름병 발생 억제 효과가 있는지 검정하였다. 2 mM thiamine 단독처리는 여전히 유도저항성 효과를 보여 병 감소 현상을 나타내었다. 그러나 다른 세 종류의 비타민과 혼합처리에 의해서 병 방제 효과가 증가되지 않고 오히려 상쇄되었다. 다른 비타민들의 상호 조합에 의해서도 상승적인 병 방제 효과가 관찰되지 않았다.

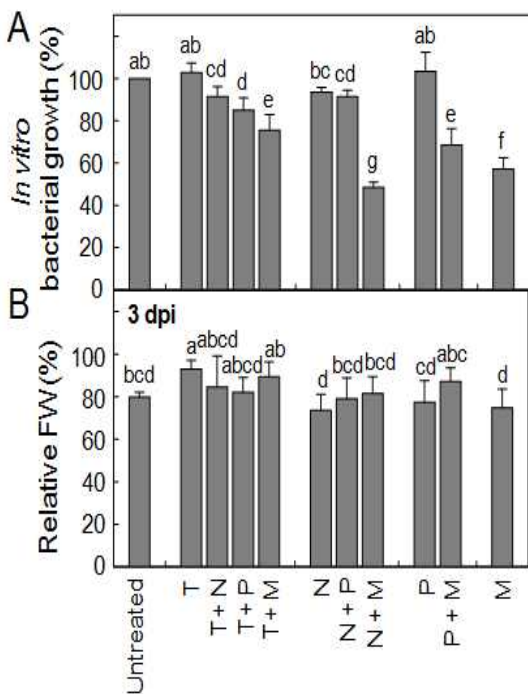


그림. 3. Synergistic effect of different vitamins on *in vitro* antibacterial activities and *in planta* disease protection. (A) Relative *in vitro* growth of *Ralstonia solanacearum* during liquid cultures supplemented with combination of two different vitamins. Bacterial number was indirectly measured using spectrophotometer with optical density (OD) at 600 nm. Relative bacterial growth in vitamin-treated cultures was expressed as percentage (%) compared to that in non-treated cultures. (B) Relative disease protection against tomato bacterial wilt by *R. solanacearum* GMI1000 (10^6 cfu/ml) with different combinations of vitamins 3 days post-inoculation (dpi). T, 2 mM thiamine; N, 2 mM niacin; P, 2 mM pyridoxine; M, 0.5 mM menadione. Error bars represent the standard deviation of the means of four replications. The same letter above bars represented no significant difference between treatments. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$

7. 토마토 잿빛곰팡이병 방제를 위한 비타민 처리 효과

가. 연구기간: 2013. 01. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

(1) 항균성 물질의 준비

- 비타민

항균 활성을 측정하기 위해 네 종류의 비타민을 사용하였다. Thiamine hydrochloride(비타민 B1), nicotinic acid sodium salt(비타민 B3), pyridoxine hydrochloride(비타민 B6), menadione sodium bisulfite(비타민 K3)의 수용액을 제조하였다.

(2) In vitro 항균 활성 검정법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 In vitro 항균 활성 검정법과 동일

(3) 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법과 동일

다. 연구결과 및 고찰

(1) 비타민 처리에 의한 토마토 잿빛곰팡이병균의 분생 포자 발아 억제

비타민의 처리가 잿빛곰팡이병균의 포자 발아와 군사 생장에 미치는 영향을 조사하여 잿빛곰팡이병 방제용 약제로의 개발 가능성을 검정하였다. Thiamine은 5 mM 이하 농도 처리에 의하여 포자 발아가 억제 되지 않았으나 10 mM 처리로 약 10%, 20 mM 처리로 약 25%의 발아를 억제하였다. Niacin은 시험에 사용한 모든 농도 구간에서 전혀 발아를 억제하지 못하였다. Pyridoxine은 10 mM 이하의 농도 처리에 의해서는 전혀 발아가 억제되지 않았으나 20 mM 농도로 처리하였을 때는 약 23%의 발아 억제를 보였다. Menadione은 2 mM 까지는 큰 발아율 억제가 나타나지 않았으나 5 mM 처리에 의해서 약 6%의 발아 억제를 보였다. 그러나 그 이상의 농도를 처리하였을 때에는 급격한 발아율 감소를 초래하여 10 mM 처리에 의해서는 약 20%의 포자가 발아하였으며, 20 mM에 의해서는 전혀 포자가 발아하지 않았다.

(2) 비타민 처리에 의한 토마토 잿빛곰팡이병균의 군사 생장 억제

Thiamine은 10 mM 이하의 농도에 의하여 군사 생육을 억제하지 않았고 20 mM 농도 처리에 의하여 약 10% 군사 생육 감소를 보였다. Niacin과 pyridoxine은 어떠한 농도도 군사 생육에 영향을 미치지 않았다. Menadione은 가장 낮은 농도인 0.5 mM 처리에 의해서도 약 40%의 군사생장을 보였으며 1 mM 이상의 농도에서는 전혀 군사 생장을 관찰 할 수 없었다.

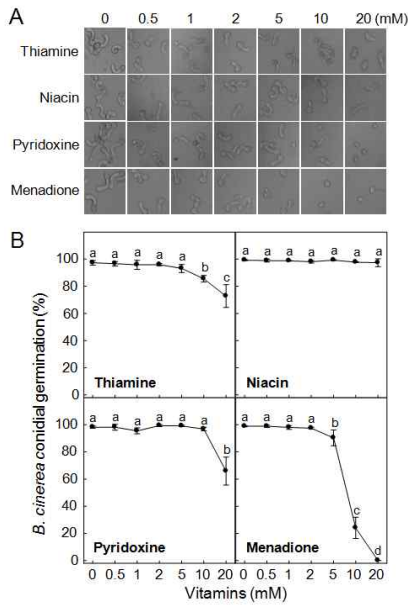


그림. 4. Effect of different vitamins on *in vitro* conidial germination of *Botrytis cinerea*. Relative conidial germination in the vitamin-treated cultures was expressed as percentage (%) compared to that in non-treated conidia and mycelia. Error bars represent the standard deviation of the means of four replications. The same letter above bars represented no significant difference between treatments. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$

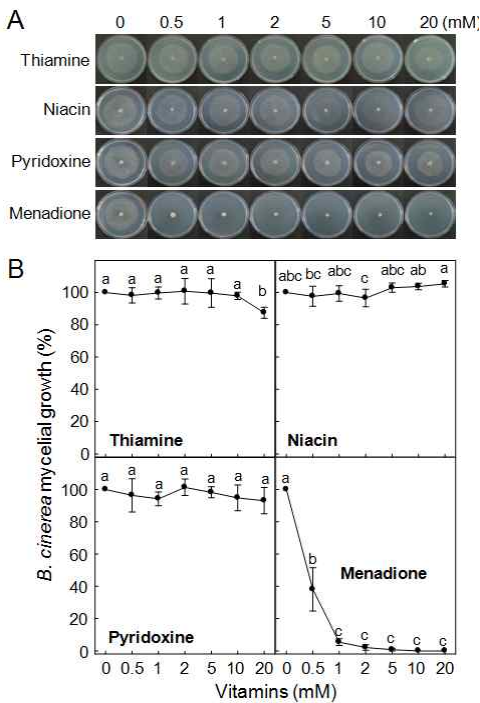


그림. 5. Effect of different vitamins on *in vitro* mycelial growth of *Botrytis cinerea*. Relative mycelial growth in the vitamin-treated cultures was expressed as percentage (%) compared to that in non-treated conidia and mycelia. Error bars represent the standard deviation of the means of four replications. The same letter above bars represented no significant difference between treatments. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$

8. 미량 원소 함량 변화에 따른 토마토 풋마름병 발생 변화

가. 연구기간: 2013. 01. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

(1) In vitro 항균 활성 검정법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 In vitro 항균 활성 검정법과 동일

(2) 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법

“ 화학 살균제에 의한 토마토 풋마름병 세균의 생육 억제와 병 방제 효과”의 병원균 인공 접종 및 식물병 발생 평가법과 동일

다. 연구결과 및 고찰

미량 원소의 변화가 토마토 풋마름병균의 생장과 풋마름병 발생에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 2 μM 철(FeCl_2) 처리로 약 12%의 성장 억제가 나타났고 100 μM 의 농도로 증가할 때까지 큰 생장의 변화를 보이지 않았다. 200 μM 농도 처리로 풋마름병균의 생장은 약 30% 감소되었다. 현재 망간(MnCl_2), 아연(ZnCl_2)의 처리에 의한 토마토 풋마름병균의 성장 억제 효과를 시험 중이다.

철 이온의 처리가 토마토 풋마름병 발생 억제 효과가 있는지 일단 잎을 이용하여 검정하였다. 접종 후 3일째 10 - 20 μM 처리구에서 약간의 병 방제 효과가 나타났으며, 100 μM 농도 처리로 뚜렷한 방제 효과를 볼 수 있었다. 200 μM 철 처리는 여전히 병 방제 효과를 유도하였으나 100 μM 처리구에서의 방제 효과보다 약간 감소하였다. 접종 5일째에는 유일하게 100 μM 처리에 의해서만 병 방제 효과가 나타났다. 현재 망간(MnCl_2), 아연(ZnCl_2)의 처리에 의한 토마토 풋마름병 방제 효과를 시험 중이다.

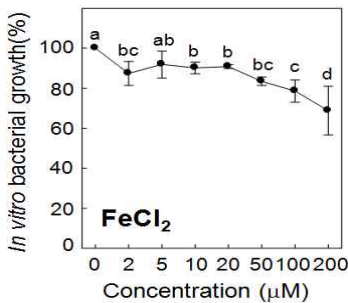


그림. 1. Effect of FeCl_2 on *in vitro* growth of *Ralstonia solanacearum*. Bacterial number was indirectly measured using spectrophotometer with optical density (OD) at 600 nm. Relative bacterial growth in the vitamin-treated cultures was expressed as percentage (%) compared to that in non-treated cultures. Error bars represent the standard deviation of the means of four replications. The same letter above bars represented no significant difference between treatments. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$

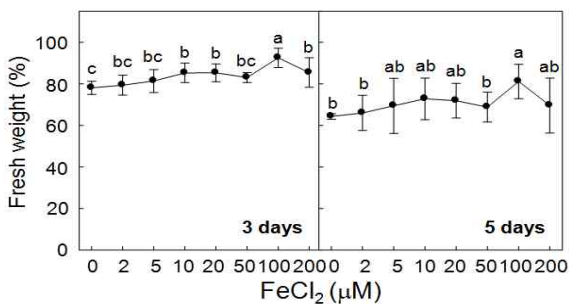


그림. 2. Disease control of bacterial wilt of detached tomato leaves by FeCl_2 treatment. Disease development of inoculated detached leaves was evaluated for 3 and 5 days. Relative fresh weight (FW) of detached tomato leaves by petiole-inoculation with *R. solanacearum* GMI1000 (10^6 cfu/ml) was shown. Control of tomato bacterial wilt by FeCl_2 against was presented as relative FW (%) of treated leaves compared with that of the inoculated leaves without the treatment. Error bars represent the standard deviation of the means of four replications. The same letter above bars represented no significant difference between treatments. Mean separation by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$

<토마토 충해 예찰 및 관리기술 개발 >

1. 시기별 해충 발생양상 조사 및 친환경농자재 수집

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

- 조사기간 : 연중(토마토 전 생육기간)
- 조사지역 : 토마토주산단지
- 주요조사항목 : 시기별 발생정도 및 자재수집

다. 연구결과 및 고찰

- 재배시기별 해충 발생 조사

구 분	조사 시기 (월)	해충 종류별 발생정도				
		온실가루이 (성충, 마리)	담배가루이 (약충, 개)	잎굴파리 (이병엽률)	녹응애 (이병주)	선충 (이병주율)
일반농가	2	0	0	0~1	0	0
	3	0~2	0~1	0~5	1	0
	4	1~5	1~3	0~5	1	0
시험장	2	0~1	0	2	0	0
	3	0~2	1	3~4	0	0
	4	0~3	1~3	3~4	0	0

2. 바이러스 매개충 탐색

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

- TYLCV 매개 담배가루이 (*Bemisia tabaci*) : 1점
- 바이러스 획득시간 (virus acquisition period) 30분 후
- 바이러스 접종시간 (virus inoculation period) 48 시간 후
- 접종식물 : *Nicotiana tabacum Xanthi* (무병징), *Capsicum annum* (무병징) *N.benthamiana* (병징)
- PCR 탐색

다. 연구결과 및 고찰

Whitefly-transmitted TYLCV PCR 탐색

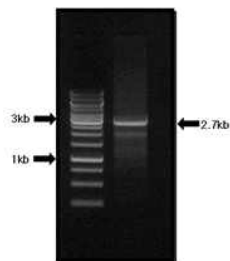


Fig. PCR amplification of TYLCV infected plant. M; 1kb DNA ladder, 1; *N.benthamiana*

TYLCV Complete genome

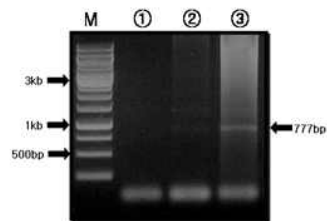


Fig. PCR analysis of TYLCV infected plant. M; 1kb DNA ladder, 1; *Nicotiana tabacum Xanthi*, 2; *Capsicum annum*, 3; *N.benthamiana*

TYLCV CP gene

3. 방충망을 이용한 담배가루이 방제

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2011. 01. 19

나. 연구방법

- 품종 : 호 용
- 재배법

파종기	정식기	재식거리(cm)
2010. 3. 15	2010. 4. 29	80 × 40

- 처리내용 : 0.3mm, 0.6mm, 무처리
- 주요조사항목 : 처리별 담배가루이 밀도

다. 연구결과 및 고찰

- 4월29일 정식한 0.3mm, 0.6mm 모두에서 정식 후 45일까지는 발생이 되지 않았으나 52일이 지나면서 담배가루이가 발생하기 시작하였음
- 0.3mm, 0.6mm에서 발생양상이 비슷한 것으로 보아 담배가루이는 방충망을 뚫고 들어온 것이 아니라 작업자가 출입하면서 들어온 것으로 판단됨
- 방충망을 사용하여도 정식 후 45일 정도가 지나면 약제방제를 하여야 한다고 사료됨. 하우스 내 온도는 0.3mm > 0.6mm > 무처리 순이었으나 무처리와 0.6mm사이에는 큰 차이는 보이지 않았음
- 습도는 최고습도에서는 차이를 보이지 않았으나 최저습도는 0.3mm, 0.6mm망 모두에서 무처리와 비교 낮게 나타남.



그림. 무처리구



그림. 방충망 0.6mm 처리구



그림. 방충망 0.3mm 처리구

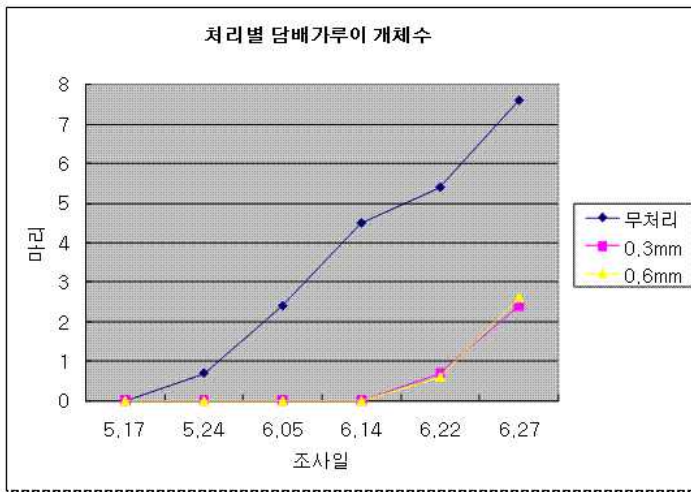


그림. 처리 별 하우스 온도변화

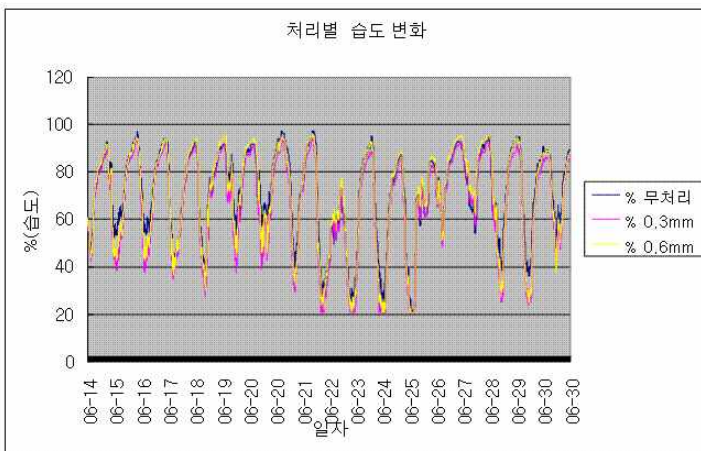


그림. 처리 별 하우스 습도 변화

4. TYLCV 저항성 품종 선발

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2011. 01. 19

나. 연구방법

- 재배법 : 수경재배
- 처리품종 : 미니찰, 세븐스타, NO915, 도태랑프로, 꼬꼬, NO2, 요요포시즌, AS248, AS249, 호용, 캐딜락, 라피토, 썸머킹

다. 연구결과 및 고찰

- AS248은 TYLCV가 발생하지 않은 것으로 보아 저항성 품종으로 사료됨
- 꼬꼬와 NO915는 중간정도의 저항성을 보임
- 농가에서 많이 재배되고 있는 도태랑골드, 도태랑프로, 미니찰, 썸머킹, 호용, 라피토, 캐딜락, 요요캡틴, 유니콘 등은 감수성 품종임

표. 품종별 황화잎말림바이러스병(TYLCV) 저항성 정도

품종	저항성	발병주수
썸머킹	약	98/100
꼬 꼬	중	10/20
호 용	약	50/50
도태랑프로	약	60/60
도태랑골드	약	20/20
AS248	강	0/6
라피토	약	59/60
캐딜락	약	7/7
미니찰	약	12/12
NO915	중	7/10
유니콘	약	20/20
요요캡틴	약	20/20

5. 유인식물을 이용한 해충 방제 연구

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2011. 01. 19

나. 연구방법

- 시험품종 : 일반토마토(호용)
- 처리내용(유인식물) : 오이, 가지, 참외, 토마토(대조)
※ 토마토 10주 당 1주씩 유인식물 식재)
- 재 배 법
 - 1차 파 종 : 2009. 11. 01 / 정 식 : 2009. 12. 22
 - 2차 파 종 : 2010. 05. 04 / 정 식 : 2010. 06. 24
- 주요조사항목 : 해충밀도(온실가루이, 담배가루이 등)

다. 연구결과 및 고찰

(1) 1차 실험

(가) 유인식물 생육상황

- 참 외

조사일자	엽수(cm)		초장(cm)		엽폭(cm)	
	하우스입구	하우스중간	하우스입구	하우스중간	하우스입구	하우스중간
2009. 2. 03	12	-	45	-	10	-
2009. 3. 20	30	25	178	132	18	13
2010. 4. 06	34	29	205	134	16	13

- 가 지

조사일자	엽수(cm)		초장(cm)		엽폭(cm)	
	하우스입구	하우스중간	하우스입구	하우스중간	하우스입구	하우스중간
2010. 2. 03	7	-	19	-	12	-
2010. 3. 20	14	13	43	40	16	17
2010. 4. 06	18	16	51	44	16	14

- 오 이

조사일자	엽수(cm)		초장(cm)		엽폭(cm)	
	하우스입구	하우스중간	하우스입구	하우스중간	하우스입구	하우스중간
2010. 2. 03	5	-	25	-	8	-
2010. 3. 20	16	14	122	130	23	24
2010. 4. 06	22	19	151	171	24	24

(나) 유인식물별 가루이 발생 조사

- 유인식물 : 참외, 가지, 오이, 토마토(대조)
- 조 사 : 5회(2010. 1. 5 ~ 5. 24)
- 조사결과 : 5월 24일 시험 종료 시까지 저온 및 광 부족으로 담배가루이 미발생

(다) 결론

- 1차 시험에서는 온실가루이 및 담배가루이의 발생은 저온 및 광 부족으로 없었음
- 유인식물의 생육에서 가지의 경우 하우스입구에 심은 것과 하우스 중간에 심은 것의 생육 차이는 크지 않았으나 식물체 크기가 토마토에 비해 비교적 작았음
- 참외의 경우 하우스입구의 생육이 하우스 중간보다 양호하였으며 전체적으로 잎이 위축되는 등 생육은 좋지는 않았음
- 오이는 하우스 입구 및 중간 지점 모두에서 생육이 좋았으며 잎과 줄기 등이 모두 정상이었음
- 축성재배에서 해충 피해 경감을 위한 유인식물 재배 시 저온성 작물을 선택 정식하는 것이 유리하다고 판단됨

(2) 2차 실험

(가) 유인식물 별 가루이 발생 조사

구분	위치	유인 식물	토마토									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
가지	입구	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	중간	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	뒤	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
참외	입구	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	중간	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	뒤	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
오이	입구	2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	중간	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	뒤	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
토마토	입구	1.5	0.5	0.5	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0.5
	중간	1.0	1	0	0.5	0.5	0	0	0.5	0	0	0.5
	뒤	0	0.5	0	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0

※조사일 : 2010. 7. 15

(나) 유인식물 약제 방제 후 가루이 발생 조사

구분	위치	유인 식물	토마토									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
가지	입구	2.3	0.6	0.3	0.3	0.3	0	0.6	0.3	0.3	0	0
	중간	1.6	0	0	0.3	0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0
	뒤	2.0	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0.3	0
참외	입구	2.0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	1	0	0
	중간	3.3	0.3	0.3	0.3	0	0.3	0.3	0.3	0.6	0.3	0
	뒤	2.3	0.3	0.3	0.6	0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0
오이	입구	2.0	0.3	0.3	0	0.3	0	0	0.3	0	0	0
	중간	1.4	0	0.3	0	0	0	0.3	0.3	0.3	0.3	0
	뒤	2.3	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0
토마토	입구	1.5	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	0	0.5
	중간	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0	0	0	0
	뒤	0.5	0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	1	0.5	0.5	0

※살충제 처리일 : 2010. 7. 27, 처리살충제 : pyriproxyfen(10%), milbemectin(1%)

※조사일 : 2010. 7. 30

(다) 결론

- 가지의 생육은 하우스입구에 심은 것과 하우스 중간에 심은 것의 생육 차이는 크지 않았으나 식물체 크기가 토마토에 비해 비교적 작았음
- 참외는 입구와 중간 모두 양호했으나 포복성으로 토마토의 생육량이 증가하면 관리가 어려울 것으로 판단됨
- 오이는 입구 중간 모두 생육이 양호했으며 유인방법이 토마토와 비슷하여 관리가 용이하였음
- 담배가루이의 발생은 유인식물 모두에서 입구 쪽이 많이 발생하였음
- 유인식물로 가지를 처리한 경우는 0.6~1.3마리 참외는 0.5~2.9마리, 오이는 0.6~2.6마리 발생하였으며 토마토에서는 미발생 하였으며, 유인식물이 없는 곳에서는 0~1.5마리가 발생하였음
- 유인식물에 살충제(pyriproxyfen(10%), milbemectin(1%))를 살포하고 3일 후 조사에서 살충제를 뿌리기 전과 같이 유인식물에 담배가루이가 유인되었음

6. 저압포그노즐을 이용한 미세곤충(온실가루이) 방제법 개발

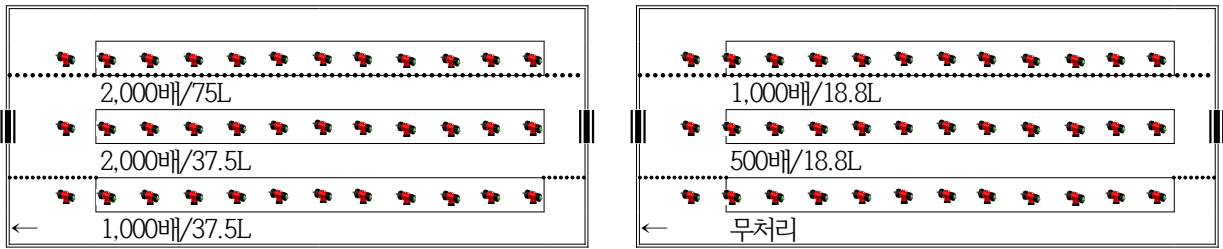
가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2012. 01. 19

나. 연구방법

- 시험작목: 완숙토마토
- 대상해충: 온실가루이
- 적용약제: 에마멕틴벤조에이트 유제(에이팜)
- 시험처리
 - ① 2,000배/75L/50평
 - ② 2,000배/37.5L/50평
 - ③ 1,000배/37.5L/50평
 - ④ 1,000배/18.8L/50평
 - ⑤ 500배/18.8L/50평

⑥ 무처리

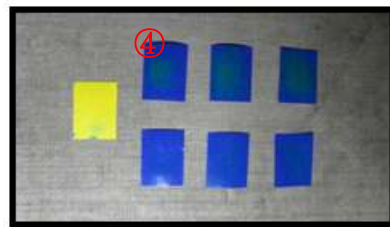
- 저압포그노즐을 이용한 약제살포 처리
- 시험포장 포그노즐 배치도



- 조사내용: 약해발생 정도, 방제효과, 약제부착 정도 등
- 감수지를 이용한 약제부착 정도 조사



- ① 감수지 설치(30, 100, 180cm 높이의 앞 뒷면에 양면테이프로 부착)
- ② 처리농도와 처리시간에 맞추어 약제 살포 장면



- ③ 약제 살포 후의 30cm 높이의 앞 뒷면 감수지 변색(황색→청색)
- ④ 감수지 조사
 - 살포 전→황색, 살포 후→180cm높이 전·후면, 100cm 전·후면, 3cm 전·후면

다. 연구결과 및 고찰

- 저압분무장치 약제 살포 효과(10월 11일 처리)

시험구	희석배수		살포물량		약제(농약)사용량		살포 시간	사전 밀도(마리)	약제처리 후 밀도(마리) 및 방제가(%)					
	배수	증감률	물량(ℓ)	증감률(%)	약량(ml)	증감률(%)			1일 후		3일 후		7일 후	
									밀도	방제가	밀도	방제가	밀도	방제가
①	2,000	기본	75	기본	37.5	기본	37.5	2.6	0.3	96.1	0.8	93.0	1	92.9
②	2,000	기본	37.5	-50	18.8	-50	18.75	1.3	0.2	97.4	0.8	93.0	0.5	96.4
③	1,000	+2배	37.5	-50	37.5	기본	18.75	5	1.4	81.6	1.6	86.0	3	78.6
④	1,000	+2배	18.8	-75	18.8	-50	9.38	3.7	1.1	85.5	1.5	86.8	1.8	87.1
⑤	500	+4배	18.8	-75	37.5	기본	9.38	1.8	0	100.0	1	91.2	1.2	91.4
⑥	무처리							6	7.6	-	11.4	-	14	-

※ 방제가(%) : (무처리 밀도 - 처리구 밀도)/무처리 밀도×100

- 저압포그노즐 약제 살포 시험 결과 살포입자가 작아 공기중 체류효과가 좋고 막힘없이 살포가 용이함.
- 시험처리별 방제가는 2,000배 표준희석 배수의 표준물량과 살포물량을 반으로 줄인 처리, 살포물량을 1/4로 줄이고 약제 표준량을 희석한 500배 처리에서 방제가가 90%이상으로 높게 나왔으며, 특히 살포물량과 약제의 양을 반으로 줄인 ②번 처리에서 방제가가 높았음.
- 감수지를 식물체의 30, 100, 180cm 높이의 잎 앞뒷면에 양면테이프로 부착하여 조사한 결과 약제 부착정도는 골고루 잘 부착되어 우수한 살포효과를 나타냄.

제 3 절 농자재 개발

<토마토 재배온실의 보온성능 개선 기술 개발>

1. 에너지절감형 공기주입 이중피복 플라스틱 온실구조 개발

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009년 08. 19

나. 연구방법

(1) 공기층내의 정압변화 실험

팬용량 및 필터설치에 따른 피복층 내부의 정압변화를 분석하기 위한 실험장치는 그림. 1과 같다. 실험장치는 송풍팬, 공기튜브, 유출구 및 정압측정기로 구성되어 있다. 유출구는 직경이 14.5mm인 구멍 8개를 뚫어 공기층의 정압크기를 조절하도록 하였다.

표 1은 이중피복온실에 적합한 송풍기의 종류를 구명하기 위하여 실험에 사용한 4가지 전향원심 송풍기의 특성을 나타낸 것이다. 그림. 2(a)와 같은 일반용인 FAN-1과 FAN-2는 그림 2(b)의 버너용인 FAN-3와 FAN-4에 비해 상대적으로 압력은 낮고 풍량은 많은 형태의 송풍기이다.

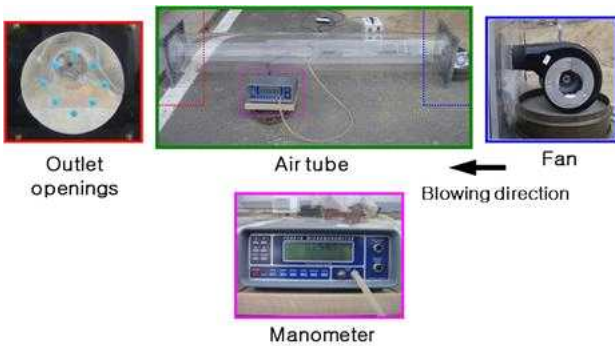


그림. 1 Experimental apparatus for analyzing variation of static pressure in air tube

표 1 Characteristics of experimental fans

Fan type \ Characteristic	General fan		Fan for burner	
	FAN-1	FAN-2	FAN-3	FAN-4
Outlet area(m ²)	0.0020	0.0045	0.0011	0.0017
Air flow(m ³ /min)	1.7	4.1	1.5	3.3
Pressure(mmAq)	11.0	26.0	33.0	66.0



그림. 2 Types of forward centrifugal fans for experiment

- (a) General fan (b) Fan for burner

(2) 공기주입 이중피복온실 붕괴실험

그림. 3은 온실에 이중피복을 설치하고 이중피복층에 공기를 주입하였을 때 온실구조에 미치는 영향을 분석하기 위한 실험온실이다. 송풍량에 비해 상대적으로 송풍압이 큰 형태인 표 1의 FAN-4 송풍기를 사용하여 송풍하였으며, 그에 따른 온실구조의 붕괴양상을 분석하였다.

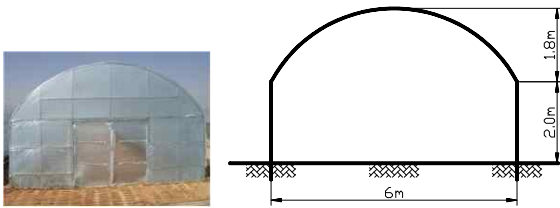


그림. 3 Experimental air-inflated double layer plastic greenhouse

(3) 필터의 종류에 따른 정압변화 실험

이중피복층 내에 먼지가 유입되는 것을 억제할 목적으로 필터의 집진효율에 따른 먼지제거 효과를 분석하기 위하여 그림. 4 및 표 2와 같이 시중에서 사용되고 있는 4가지 종류의 필터를 사용하여 실험을 실시하였다. 실험은 그림. 1의 실험장치를 이용하였고, 송풍팬은 표 1의 Fan-1을 사용하였으며, 송풍팬의 유입부에 필터를 설치하여 필터의 종류별로 개구부의 수에 따른 공기층의 정압변화를 분석하였다.



그림. 4 Types of filters

A B C D

표 2. Filtering efficiencies and thicknesses of filters

Type	Filtering efficiency(%)	Thickness(mm)
A	70	3
B	75	5
C	80	10
D	82	15

(4) 먼지제거 성능 실험

그림. 5는 송풍기 유입구에 먼지제거용 필터를 설치하여 먼지제거 효과를 분석하기 위한 실험장치이다. 송풍기의 송풍량은 $1\text{m}^3/\text{min}$ 이다. 필터는 70, 75, 80% 효율의 세 가지 종류를 사용하였고, 필터를 설치한 각각의 경우에 대하여 유출공을 2개, 1개, 1개씩을 열어 공기층 내부의 초기정압을 10mmAq 에 근접하도록 설정하였다. 시간이 경과함에 따라 먼지로 인해 변화하는 공기층 내부의 정압변화를 분석하여 먼지제거 성능을 분석하였다.



그림. 5 Experimental apparatus for filtering off dust

다. 연구결과 및 고찰

(1) 송풍기 종류별 공기층의 정압 변화

그림. 6은 4가지 종류의 송풍기에 대하여 유출 개구부의 면적에 따른 공기층의 정압변화를 도시한 것이다. FAN-4의 초기압력이 증가하는 부분은 정압이 너무 커서 역류가 발생하였기 때문인 것으로 판단된다. 전체적으로 송풍기의 송풍압이 클수록 개구부 면적에 따른 정압의 감소율이 더 큰 것으로 나타났다. 또한, 개구부의 수가 증가하여 공기유출부의 면적이 늘어날수록 정압이 감소하였다. 이러한 개구부 면적의 증가에 따른 정압의 감소는 송풍기의 효율을 떨어지게 하기 때문에 실제 온실에서는 밀폐도를 높여 개구부의 면적을 줄일 필요가 있을 것으로 판단된다.

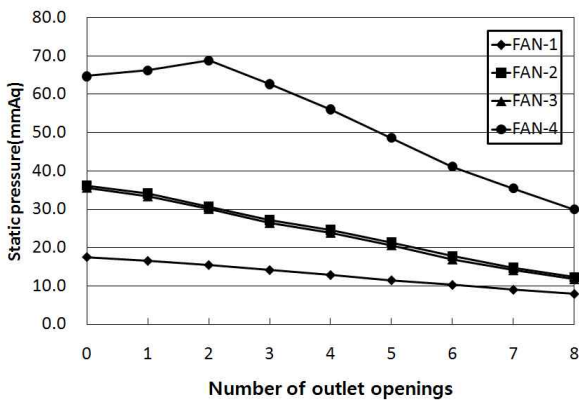


그림. 6 Variation of static pressure along number of outlet openings in air tube

그림. 7은 유출 개구부를 모두 막았을 때 3가지 종류의 송풍기에 대한 공기층의 정압을 비교한 것이다. 일반용인 FAN-2와 버너용인 FAN-3의 경우 풍량이 각각 $4.1\text{m}^3/\text{min}$ 과 $1.5\text{m}^3/\text{min}$ 로 큰 차이가 있음에도 불구하고 공기층내의 정압은 거의 같은 값이 발생하였고, FAN-1의 풍량은 $1.7\text{m}^3/\text{min}$ 로 FAN-3의 $1.5\text{m}^3/\text{min}$ 보다 비록 더 크지만 정압은 오히려 훨씬 낮게 나타났다. Roberts와 Mears(1969)는 이중피복 온실에 사용할 공기주입 송풍기로 공기층의 최대정압을 약 13mmAq 정도로 유지시킬 수 있고 이중피복의 연결부 틈새로 빠져나가는 풍량을 보충해 줄 수 있는 정도의 송풍기를 추천하고 있다. 따라서, 낮은 압력으로 많은 풍량을 공급할 수 있는 FAN-1과 FAN-2와 같은 일반용 전향원심송풍기를 공기주입팬으로 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

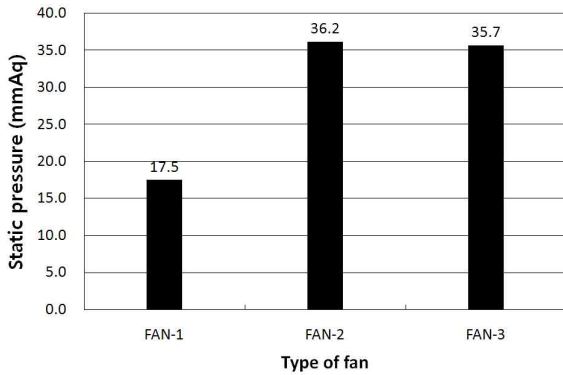


그림. 7 Static pressure for each fan type in air tube with closed outlet openings

(2) 온실의 붕괴 양상

그림. 8은 송풍량에 비해 상대적으로 송풍압이 큰 형태인 FAN-4 송풍기를 사용하여 송풍하였을 때 공기층 내부의 과도한 정압에 의해 온실이 붕괴된 양상을 보여주고 있다. 온실 외부에 과도한 적설이 쌓였을 때 적설하중에 의하여 온실이 파괴되는 전형적인 파괴양상과 동일한 형태로 파괴됨을 알 수 있었다. 이는 밀폐된 온실내부의 대기압이 외부보다 낮아 온실의 이중피복 공기층 내부의 정압이 증가함에 따라 온실의 외부보다 압력이 낮은 온실의 안쪽으로 압력이 작용하여 적설하중이 작용하는 경우와 같은 효과가 나타나게 되어 그림과 같이 적설하중에 의한 파괴양상처럼 아래쪽 즉 온실 안쪽으로 붕괴하게 된 것으로 판단된다. 따라서 온실이 붕괴하지 않고 이중피복의 공기층 내부의 정압을 적절하게 유지하여 공기층의 단열효과를 극대화 할 수 있는 적정 송풍압의 규명이 필요할 것으로 판단된다.



그림. 8. Appearance of experimental greenhouse collapsed by excessive static pressure in air space

(a) Left side (b) Central part (c) Right side

(3) 유출 개구부 면적에 따른 필터종류별 공기층의 정압 변화

그림. 9는 유출 개구부의 수에 따른 집진효율별 공기층의 정압변화를 나타낸 것이다. 필터를 설치하지 않았을 때 개구부의 수가 증가함에 따라 정압이 직선적으로 감소함을 알 수 있었다. 반면에 필터를 설치하였을 때에는 개구부의 수가 증가함에 따라 곡선적으로 감소하여 정압의 감소율이 작아지는 것으로 나타났다. 표 3은 개구부의 수와 정압과의 상관관계를 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 상관식은 2차식으로 잘 나타낼 수 있으며, 필터효율이 클수록 정압의 감소율이 더 작아지는 것으로 나타났다.

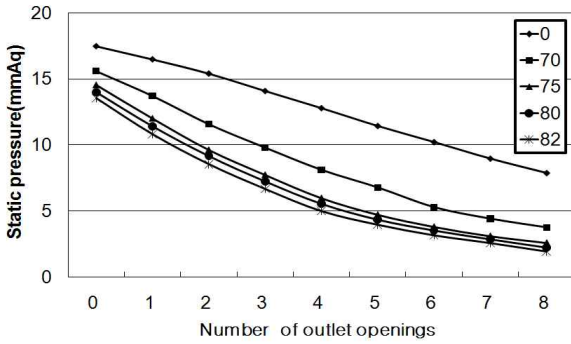


그림. 9 Variation of static pressure along number of outlet openings for different filtering efficiencies

표 3 Correlation between static pressure and outlet area for different filtering efficiencies

Filtering efficiency(%)	Correlation curve	Correlation coefficient
70	$0.096x^2 - 2.467x + 18.12$	0.999
75	$0.158x^2 - 3.074x + 17.48$	0.999
80	$0.162x^2 - 3.089x + 17.09$	0.999
82	$0.165x^2 - 3.071x + 16.35$	0.998

(4) 필터의 집진효율별 공기층의 정압 감소량

그림. 10은 필터의 집진효율별로 필터를 설치하지 않았을 때에 비해 감소된 정압을 나타낸 것이다. 예측할 수 있는 것처럼 집진효율이 높을수록 정압감소량이 큰 것으로 나타났다. 집진효율이 높은 필터일수록 정압이 더 많이 감소하므로 일정한 압력을 유지하기 위해서는 더 큰 용량의 송풍기가 요구된다. 따라서 필터를 결정할 때에는 필터효율과 전기료에 따른 경제성을 동시에 고려하여 결정할 필요가 있다. 이러한 정압감소량의 자료는 필터의 종류와 공기층의 적정압력을 유지하는데 요구되는 송풍기의 용량을 결정하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

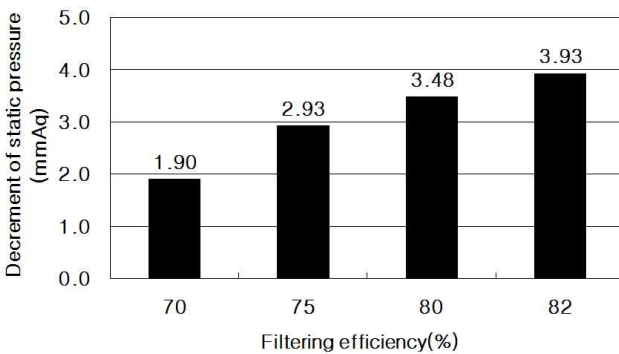


그림. 10. Decrements of static pressure in air tube for different filtering efficiencies

(5) 필터의 집진효율별 먼지제거 성능

본 논문에서 도시하지는 않았지만 필터를 설치하지 않은 경우에는 공기층 내에 먼지와 벌레 등이 많이 유입된 것을 가시적으로 확인할 수 있었으며, 이러한 먼지의 유입은 공기층을 오염시켜 온실의 광투과율을 저하시키는 요인이 될 것이다. 따라서 공기유입장치에는 필터가 반드시 설치되어야 할 것으로 판단된다.

그림. 11은 필터의 집진효율별로 시간이 경과함에 따른 공기층 내부의 정압변화를 도시한

것이다. 3가지 종류의 필터에 대한 초기정압이 다소 차이가 있는 것은 동일한 크기의 공기층과 송풍량의 조건에서 유출 개구부의 수를 달리하여 공기층의 정압을 조절했기 때문이다. 3가지 종류의 필터 모두 시간이 경과함에 따라 공기층의 정압이 감소하였다. 이는 시간이 경과함에 따라 필터를 통과하는 먼지가 필터의 공극을 막게 되어 점점 공극이 줄어들게 되고 그에 따라 정압이 감소하기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 필터의 효율이 높을수록 시간의 경과에 따른 공기층의 정압 감소율이 작아지는 것으로 나타났다. 이는 필터효율이 높을수록 즉 두께가 두꺼울수록 기존의 공극이 적기 때문에 시간이 경과함에 따라 먼지에 의해 막혀 정압을 감소시키는 공극이 그만큼 상대적으로 줄어드는 것을 의미한다. 먼지 제거 효과, 정압감소량, 필터의 두께 등을 전반적으로 고려해 볼 때 두께가 5mm인 75%효율의 필터가 공기유입장치용 필터로 가장 적합한 것으로 판단된다.

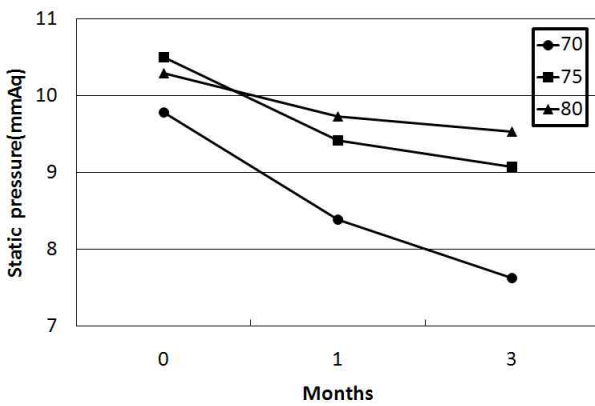


그림. 11 Variation of static pressure in air tube along length of time for different filtering efficiencies

(6) 필터 집진효율에 따른 먼지제거 효과

그림. 12은 집진효율별로 공기층 내부에 먼지가 유입된 상태를 보여주는 사진이다. 효율이 낮을수록 많은 먼지가 유지되었음을 가시적으로 확인할 수 있었다. 그림. 13은 집진효율별로 필터에 먼지가 여과된 상태를 보여주고 있다. 필터를 설치한 후 20일이 경과된 상태이다. 가시적으로는 명확히 먼지제거 효과를 비교하기가 어렵기 때문에 추후 중량이나 공기층 내부의 정압변화를 조사하여 그 효과를 구명할 예정이다. 그림. 14는 공기 유출구를 모두 닫았을 때와 모두 열었을 때의 먼지 이동 상태를 비교한 것이다. 유출구를 모두 열었을 때가 닫았을 때보다 훨씬 먼지의 이동거리가 긴 것으로 나타났다.

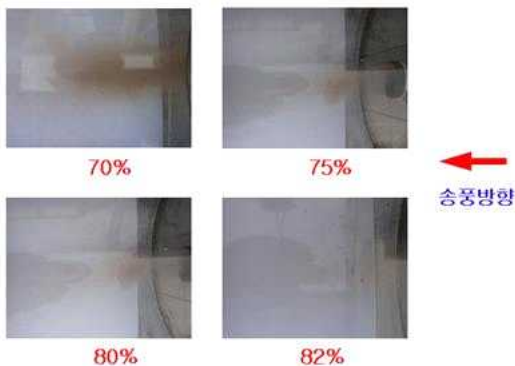


그림. 12. Inflowing dust

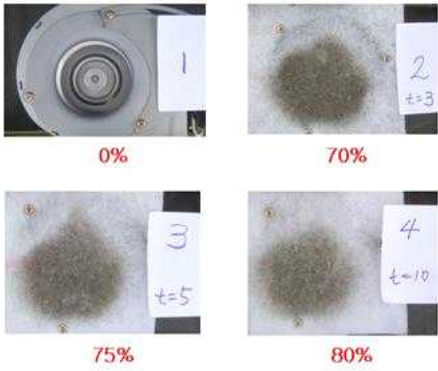


그림. 13. Collected dust on the filter



그림. 14. Dust inflowing state according to opening state

2. 한국형 공기주입 이중피복 플라스틱온실의 설계기술 개발

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

(1) 실험온실

본 실험에 사용된 온실은 경기도 농업기술원(경기도 화성시 기산동 소재)내에 설치되었으며, 아치형과 복숭아형인 두 가지 지붕형태의 단동 6개동과 3연동 온실 2개동이 설치되었다. 그림. 1은 설치된 3가지 형태의 온실을 보여주고 있다. A형은 폭 7.0m, 측고 1.9m, 동고 3.7m이고, B형은 폭 7m, 측고 2.0m, 동고 3.8m이며, 길이는 모두 26m이다. 3연동인 C형은 폭 23.0m, 측고 3.0m, 동고 4.9m, 길이 24m이다. 그림. 2는 온실의 배치도로서 단동 온실은 동서 방향으로 설치되었으며, 3연동 온실은 남북 방향으로 설치되었다.



그림. 1. Shapes of experimental greenhouses

(a) A type (b) B type (c) C type

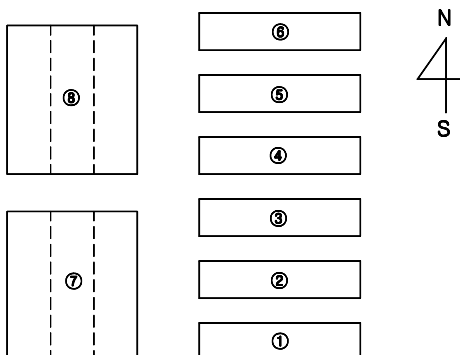


그림. 2. Arrangement of experimental greenhouses

①, ②, ③, ④, ⑤ : Greenhouses of type
 ⑥ : Greenhouse of type B
 ⑦, ⑧ : Greenhouses of type C

그림. 3은 공기주입 이중피복 실험온실의 원리를 도시한 것이다. 온실의 골조위에 두 겹의 피복재를 덮은 후 처마를 비롯한 여러 곳에 고정장치를 사용하여 바람이 새어나오지 않도록 피복재를 고정시켰다. 두 피복층 사이에 공기주입관을 설치하고 송풍팬을 사용하여 공기를 주입하였고, 댐퍼를 이용하여 송풍량을 조절하였다. 송풍팬이 직접 연결되지 않은 공기층에는 분기관을 이용하여 공기를 주입하여 전체면에 공기가 골고루 주입되도록 하였다. 임의의 공기층에 정압측정공을 뚫어 마노메타를 사용하여 공기층의 정압변화를 지속적으로 관찰할 수 있도록 하였다.

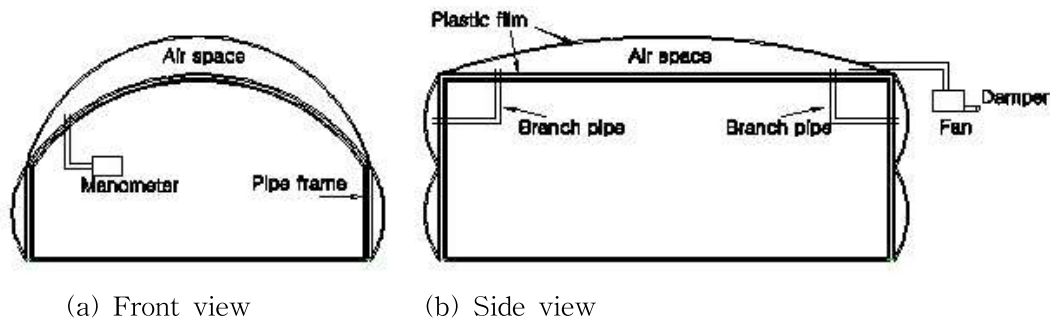


그림. 3. Schematic diagram of air-inflated double-layer plastic greenhouse

(2) 실험 조건

표 1은 온실별 실험조건을 나타낸 것이다. 단동 온실의 실험조건은 이중피복 방식을 관행 방식과 공기주입방식으로 구분하였고, 공기주입 이중피복 온실의 지붕형태는 복숭아형과 아치형으로 구분하였다. 복숭아형 공기주입 이중피복온실에 대하여 이중피복재의 간격 즉 단열층의 두께에 따른 단열효과를 분석하기 위하여 피복재를 설치할 때 피복재를 지붕 골조재 위에 위치시킨 후, 고정시키기 전에 처마부위에서의 여유길이를 0, 5, 10cm로 달리하여 고정시켰다. 피복재를 설치할 때의 여유길이가 클수록 동일한 압력의 공기주입시 공기층의 두께가 두꺼워지게 되며 이는 현장의 시공성을 고려하여 지붕의 공기층 즉 단열층의 두께를 달리하기 위한 방안이다. 공기주입 이중피복 플라스틱온실에서 가장 중요한 장치는 이중피복층에 공기를 주입하는 주입시스템이라고 할 수 있다. 이중피복의 밀폐가 완전하지 못하기 때문에 적정 두께의 공기층을 유지하기 위해서는 일정 압력과 풍량을 가진 송풍기를 이용하여 공기를 주입할 필요가 있다(Aldrich 등, 1989; Nelson 등, 1991; Roberts와 Mears, 1969). 이중피복층내로 공기를 주입하는 송풍기는 공기층의 두께를 일정하게 유지할 수 있고 지나치게 정압이 높게 되어 온실구조가 붕괴되지 않도록 낮은 압력으로 많은 공기량을 공급할 수 있는 일반용 전향 원심송풍기를 사용하였으며(Lee 등, 2009), 공기층내의 정압은 Roberts와 Mears(1969) 및 Nelson(1991)이 제시한 적정정압 5.1~7.6mmAq이 유지되도록 하기 위하여 단동 온실에는 풍량이 1.0과 2.7m³·min⁻¹인 두 가지 송풍팬을 사용하였다. 실험온실의 피복은 H, L, N사의 3가지 종류의 0.1mm 장수필름 제품을 조합하여 사용하였다.

표 1. Experimental conditions of greenhouses

Greenhouse type	Double covering method	Roof shape	Margin length of cladding at eaves(cm)	Air flow of fan ($m^3 \cdot min^{-1}$)	Kind of covering film
Single span	Conventional	Peach			H+L
	Air inflating	Peach	0	1.0	H, N
			5	2.7	
Arch	10	2.7	H		
Three span	Conventional	Arch			N
	Air inflating	Arch	10	8.0	N

3연동 온실의 실험조건도 이중피복 방식을 관행방식과 공기주입방식으로 구분하였고, 지붕 형태는 모두 아치형으로 하였으며, 피복재의 처마에서의 여유길이는 10cm로 하였고, $8.0m^3 \cdot min^{-1}$ 풍량의 송풍팬을 사용하여 이중피복층에 공기를 주입하였다.

(3) 환경계측

2009년 2월에서 4월까지에 걸쳐 공기주입 이중피복온실의 보온효과를 분석하기 위하여 온실내부의 온도를 측정하였고, 이중피복에 따른 광투과 특성을 분석하기 위하여 광합성유효광량자속을 측정하였다. 온도센서는 HOBO센서(H08-004-02)를 각 실험온실내의 중앙에 지면으로부터 1m 높이에 한 점씩 설치하여 1시간 간격으로 순간온도를 측정하고 저장하였다. 광합성유효광량자속의 변화는 LI190SB 광량자센서(400~700nm)를 온실 외부의 지붕높이와 온실내부 중앙의 1.3m 높이에 설치하여 측정하였으며, CR10X micro-logger를 사용하여 15분마다 저장되도록 하였다. 공기층내의 정압을 측정하기 위하여 DWYER사의 경사형 마노메타(측정범위 0~80mm)와 휴대용 디지털마노메타(측정범위 0~100mm)를 사용하였다.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 공기주입 송풍팬의 적정 용량

표 2는 온실의 종류별로 송풍팬의 용량을 달리했을 때 이중피복 공기층 내부의 정압수두를 나타낸 것이다. 단동온실에 $1.0m^3 \cdot min^{-1}$ 의 풍량을 가진 송풍기를 설치하여 유입구의 압력 조절용 댐퍼를 모두 열었을 경우를 보면, 3개의 동일한 형태의 온실에 동일한 풍량의 송풍기를 사용하였음에도 불구하고 정압이 각각 5.2, 1.4, 0.8mmAq로 차이가 크게 발생하였고, 적정최대압력에 도달하지 못하였다. 또한 3연동 온실의 경우에도 댐퍼를 모두 열었음에도 불구하고 공기층에 1.0mmAq의 낮은 정압이 유지되었다. 이는 온실에 피복재를 설치할 때 시공기술이 부족하여 밀폐도가 많이 떨어졌을 뿐만 아니라 서로 시공의 일관성이 부족했기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 일관성 있게 높은 밀폐도를 유지할 수 있는 피복재 설치 기술과 관련 자재의 개발이 절실히 요구된다. 반면에 단동온실에 $2.7m^3 \cdot min^{-1}$ 의 풍량을 가진 송풍기를 설치한 후, 적정정압을 유지하기 위하여 댐퍼를 거의 닫은 결과 7.5와 7.6 mmAq의 정압을 유지할 수 있었다. 이 경우에는 댐퍼를 거의 닫았을 때의 값이기 때문에 본 실험에 사용된 규모의 온실에 대해서는 $2.7m^3 \cdot min^{-1}$ 의 풍량이 다소 과다한 것을 의미한다. 전체적으로 판단해 볼 때 앞으로 밀폐도를 높일 수 있는 피복기술이 어느 정도 확립된다면, 본 연구에 사용된 실험온실의 규모에는 $1.0m^3 \cdot min^{-1}$ 의 풍량을 가진 송풍기로 적정

정압은 유지할 수 있을 것이다. 그러나 Roberts와 Mears(1969)가 제시한 것처럼 외부 풍속이 높을 때 피복재의 떨림을 줄이기 위해서는 약간 더 높은 정압이 필요하며 이를 위해서는 더 큰 풍량의 팬이 요구된다. 또한, Roberts와 Mears(1969) 및 Aldrich과 Bartok(1989)가 제시한 것처럼 피복재가 파손되어 내부공기가 일시적으로 유출될 때에도 일정한 정압을 유지할 수 있도록 송풍기의 용량을 약간 여유를 두는 것이 바람직하다고 판단된다. 따라서 본 실험에 사용된 단동온실의 규모에 적합한 송풍기의 풍량은 $1.5 \sim 2 \text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ 범위가 적절할 것으로 판단된다. 앞으로 추가실험을 통해서 온실의 규모별로 요구되는 적정풍량을 제시할 예정이다.

표 2. Static pressures for different greenhouses type and air flow of fans

Greenhouse type	Air flow of fan ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	Static pressure (mmAq)
Single span	1.0	5.2
		1.4
		0.8
	2.7	7.5
		7.6
Three span	8.0	1.0

(2) 단열효과

그림. 4는 야간 온도가 비교적 낮은 날과 높은 날에 대해 아치형 공기주입온실, 복숭아형 공기주입온실 및 복숭아형 관행온실의 내부온도 변화를 비교한 것이다. 전반적으로 온도가 가장 낮은 온실은 복숭아형 관행온실이었고, 복숭아형 공기주입온실은 이보다 약간 더 높은 온도를 나타내었으며, 온도가 가장 높은 온실은 아치형 공기주입온실이었다. 전체적인 경향으로 판단해 볼 때, 관행의 이중피복온실보다 공기주입 이중피복온실이 보온효과가 약간 더 우수하였으며, 특히 아치형 지붕형태의 공기주입온실이 복숭아 형태의 관행온실에 비해 일평균온도가 2°C 정도 높아 보온효과가 상당히 우수한 것으로 나타났다. 이는 공기주입 이중피복이 관행의 이중피복에 비해 단열효과가 더 우수하고 아치형 지붕이 복숭아형 지붕에 비해 태양광의 입사각이 더 커서 광투과율이 더 높았기 때문인 것으로 판단되며 더 자세한 분석을 위해서는 추가 실험이 요구된다.

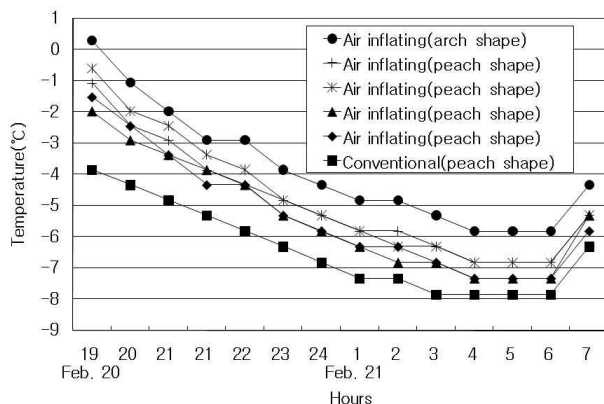
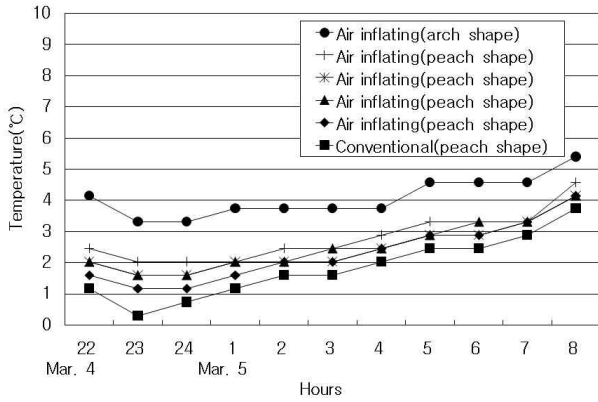


그림. 4. Variation of inside temperature for different greenhouse types



(3) 이중피복재의 적정 간격

그림. 5는 야간 온도가 비교적 낮은 날과 높은 날에 대하여 피복을 설치할 때의 여유길이, 즉 이중피복층의 간격에 따른 온실내부의 온도변화를 도시한 것이다. 공기층의 두께에 따른 보온효과를 분석한 결과 공기층의 두께에 따른 단열효과의 뚜렷한 상관성은 찾아보기 어려웠다. 따라서 이중피복의 간격은 피복재의 시공성을 고려하여 적절한 두께를 결정하면 될 것으로 판단되며, 본 연구에 사용한 실험온실을 시공하는 과정에서 얻은 결과에 의하면 시공성이 가장 우수하고 밀폐도를 높일 수 있는 방식은 여유길이가 0cm인 경우였기 때문에, 피복재를 시공할 때는 온실위에 피복재를 덮은 상태에서 여유길이를 두지 않고 자연스럽게 고정시키는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

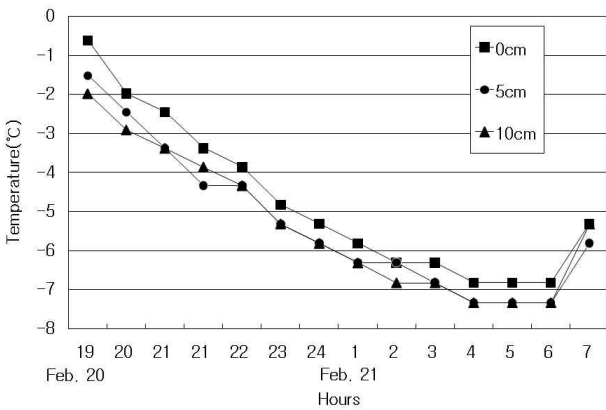
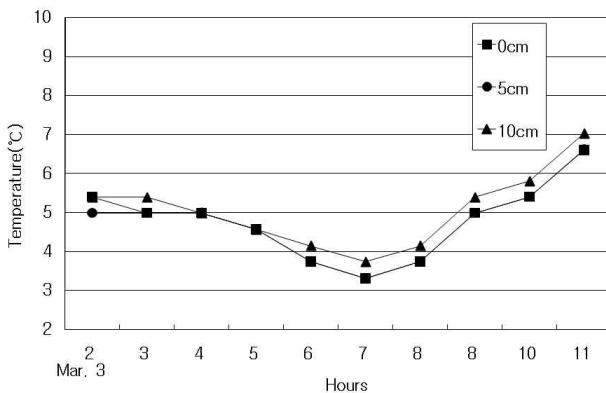


그림. 5. Variation of inside temperature for greenhouses with different air space thickness



(4) 광투과율

그림. 6은 온실형태, 피복방법에 따른 광합성유효광량자속의 투과율을 나타낸 것이다. 투과율은 구름이 없는 맑은 날의 10시~16시의 광량을 평균하여 산정하였다. H필름을 사용한 B, C온실과 N필름을 사용한 D, E, F온실을 비교한 결과 다른 조건에 비해 사용필름의 종류에 따라 광투과율의 큰 차이가 발생함을 확인할 수 있었으며, 피복재를 선택할 때 이러한 광투과율의 차이를 고려하여 선택할 필요가 있을 것으로 판단되었다. 다른 조건들이 동일한 단동온실 B와 C온실을 서로 비교한 결과 복숭아형 지붕인 C온실에 비해 아치형 지붕인 B온실에서 광투과율이 더 높은 것으로 나타났다. 이는 지붕경사각의 차이로 태양광의 입사각이 다르기 때문인 것으로 판단되며, 광투과율을 높이는 측면에서는 온실의 지붕경사각을 철저히 고려하여 온실을 설계하여야 할 것이다. 3연동 온실인 E와 F온실을 비교한 결과 관행 이중피복온실인 E온실에 비해 공기주입 이중피복온실인 F온실이 광투과율이 훨씬 높은 것으로 나타나 아주 긍정적인 효과로 판단된다. 이는 주로 골조율과 이중피복재간의 간격 때문인 것으로 판단되며, 이에 대한 자세한 원인은 앞으로 추가적인 실험을 통해 검증할 예정이다. A온실은 다른 온실들과 다른 종류의 필름을 사용하였기 때문에 서로 비교하는데 어려움이 있었다.

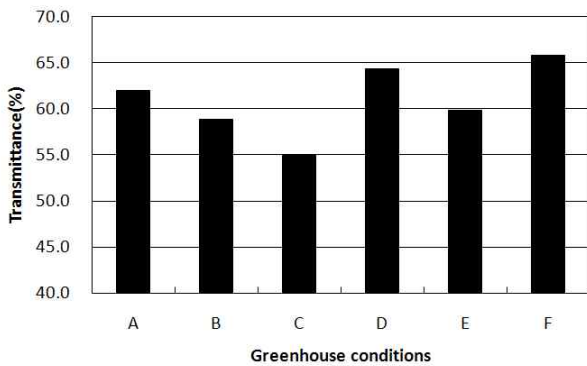


그림. 6. Transmittance for different greenhouse conditions

Greenhouse conditions

- A: One span + Conventional method + Peach shape + H and L film
- B: One span + Air inflating method + Arch shape + H film
- C: One span + Air inflating method + Peach shape + H film
- D: One span + Air inflating method + Peach shape + N film
- E: Three span + Conventional method + Arch shape + N film
- F: Three span + Air inflating method + Arch shape + N film

(5) 결로현상

그림. 7은 3연동 공기주입 이중피복온실과 관행 이중피복온실의 지붕에서 발생된 결로현상을 보여주는 사진이다. 결로의 발생현상을 가지적으로 비교한 결과 공기주입온실보다 관행 온실에서 더 많은 결로가 발생함을 확인할 수 있었다. 그러나 정량적인 비교를 위해서는 장기간의 관측과 이론적인 분석이 필요할 것으로 판단되며, 향후 더 자세한 실험을 통해 규명할 예정이다.



그림. 7. State of condensation occurred on the undersurface of roof

(a) Air inflated greenhouse (b) Conventional greenhouse

3. 플라스틱온실의 이중피복방법에 따른 광합성유효광량자속 투과 및 열관류 특성

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2011. 01. 19

나. 연구방법

(1) 실험온실

본 실험에 사용된 온실의 형태는 그림. 1과 같으며, 경기도 농업기술원(경기도 화성시 기산동 소재)내에 설치된 농촌진흥청 자동화비닐하우스(07-자동화-1형)의 관행형태 이중피복온실과 공기주입식 이중피복온실의 3연동 아치형온실 2개동이다. 온실의 크기는 폭 23.0 m, 측고 3.0 m, 동고 4.9 m, 길이 24 m이다. 그림. 2는 남북방향으로 설치된 실험온실의 배치도를 보여주고 있다. 피복재는 PE필름을 사용하였다.



그림. 1. Shape of experimental greenhouse

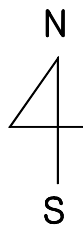
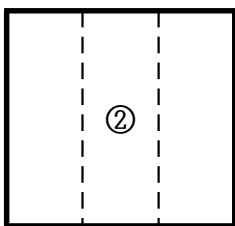
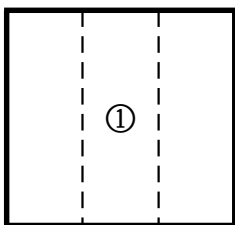


그림. 2. Arrangement of experimental greenhouses

① : Conventional double layers covering greenhouse

② : Air inflated double layers covering greenhouse

(2) 실험조건

(a) Conventional greenhouse



(b) Air inflated greenhouse



그림. 3. Inside view of experimental greenhouses

2개 동의 실험온실에서는 동일한 조건에서 토마토가 수경재배 되었다. 그림. 3에서 보는 바와 같이 관행 이중피복온실의 천창은 처마부위에서 권취식으로 말아올리는 개폐방식이고, 공기주입 이중피복온실의 천창은 용마루 부위에서 랙-피니언 방식으로 개폐하는 창이다. 모든 온실내부의 환경계측은 토마토 재배를 위해 관행적인 이루어지는 환경조절 조건하에서 수행되었다. 천창개폐와 관련하여 관행온실의 경우 고온기에는 온실내부의 온도를 낮추기 위해 천창이 많이 개방되었고, 저온기에는 외기온이 낮기 때문에 최소한의 환기를 위해 극히 일부만 개방되고 거의 닫힌 상태로 유지되었다. 공기주입 이중피복온실의 경우 기존에는 이중피복공기층에 온실외부의 공기를 주입하였으나, 2010년 1월부터는 주입되는 공기 특성에 따른 광투과 특성을 분석하기 위하여 온실내부의 공기를 주입하였다.

(3) 환경계측

온실형태별 광투과 특성을 분석하기 위하여 2009년 5월에서 2010년 5월까지에 걸쳐 온실 내외부의 광합성유효광량자속 (Photosynthetic photon flux, PPF)을 측정하였고, 온실형태별 피복재를 통한 열관류 특성을 분석하기 위하여 지붕을 통한 열관류량과 온실내외부의 온도를 측정하였다. 온실 내부의 광합성유효광량자속은 미국 campbell scientific사의 LI190SB 광량자센서 (400~700nm)를 각 온실 내부 중앙의 3.0 m 높이에 설치하여 측정하였으며, CR10X micro-logger를 사용하여 5 분마다 저장되도록 하였다. 일조시간은 수원기 상대의 자료를 이용하였다. 온실 내외부의 온도는 PT 100 Ω을 설치하여 측정하였고, 열관류량은 일본 EKO사의 MF-9을 사용하여 측정하였으며, 일본 YOKOGAWA사의 MV1000을 사용하여 5 분 간격으로 저장되도록 하였다. 온도센서는 야간에 보온커튼의 설치를 감안하여 보온을 위해 설치된 보온커튼과 외부피복재 사이의 공간과 온실 외부에 각각 설치하였다. 열관류센서는 그림. 4에서 보는 바와 같이 각 온실의 약 3 m 높이의 지붕표면에 설치하였다.

관류열전달계수 (kcal · m⁻² · h⁻¹ · °C⁻¹)는 다음 식 (Kim et al., 2000)을 이용하여 계산하였다.

$$q = \frac{(T_i - T_o)}{R} \tag{1}$$

여기서, q는 관류열량 (kcal · m⁻² · h⁻¹)이고, T_i는 온실내부의 온도 (°C)이며, T_o는 온실 외부의 온도 (°C)이다.



그림. 4 Location of heat flow sensor on greenhouse surface

다. 연구결과 및 고찰

(1) 월별 일일적산 광합성유효광량자속의 차이

그림. 5는 2009년 5월부터 2010년 5월까지 공기주입 이중피복온실과 관행 이중피복온실의 일일적산 광합성유효광량자속 차이의 월평균 값을 도시한 것이다.

2009년 5월~10월에는 공기주입 이중피복온실이 관행온실에 비해 광량이 더 작은 것으로 나타났으며, 이는 관행온실의 경우 주간에 온실내부의 온도를 낮추기 위해 천창을 권취식으로 말아 올려 환기를 하였기 때문에 개방된 곳을 통해 더 많은 광량이 투과되었기 때문이다. 반면에 11월~12월에는 공기주입 이중피복온실 내부의 광량이 관행온실에 비해 더 큰 것으로 나타났다. 이는 관행온실의 경우, 저온기에 최소한의 환기를 위해 극히 일부만 천창을 개방하고 거의 대부분 닫은 상태로 재배하였기 때문에 내부피복재 상부표면에 쌓인 먼지 등으로 인해 광투과율이 저하되었기 때문이며, 관행온실의 경우 온실구조의 골조가 이중으로 되어 있기 때문에 골조에 의한 차광의 영향도 다소 있을 것으로 판단된다. 저온기인 겨울철에 특히 광량이 많이 부족한 점을 감안한다면 투과광량이 더 많은 공기주입 이중피복온실이 관행온실에 비해 광투과면에서 더 우수한 것으로 판단되었다.

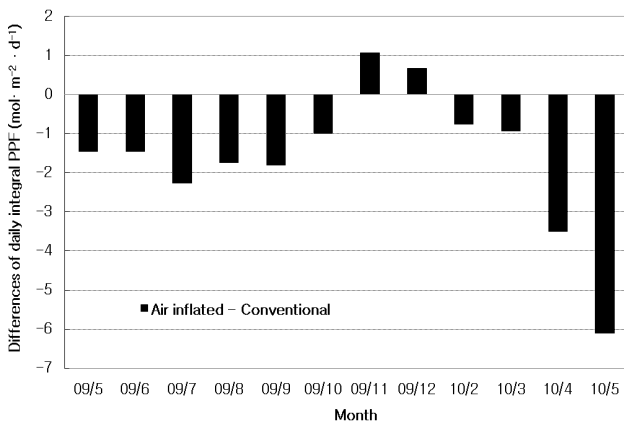


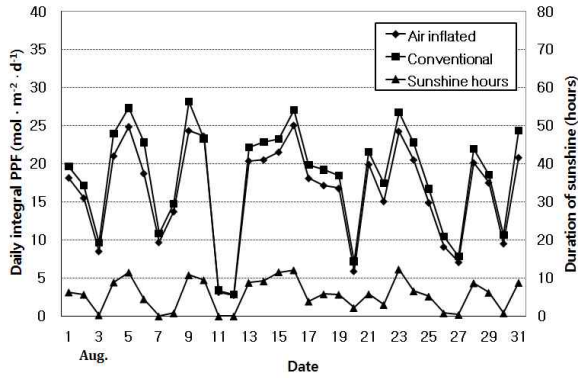
그림. 5 Differences of daily integral PPF between air inflated and conventional greenhouses for each month

2010년 2월~5월에는 모든 달에 공기주입온실이 관행온실에 비해 광합성유효광량자속이 더 작은 것으로 나타났다. 특히 2월에는 필요환기량이 극히 작은 저온기이기 때문에 두 가지 형태 온실 모두 이중피복이 거의 닫힌 상태에서 재배 되었음에도 불구하고 공기주입온실이 관행온실에 비해 광량이 더 낮은 것으로 나타났다. 이는 공기주입온실의 이중피복공기층 내부에 온실외부의 공기 대신 온실내부의 공기를 주입함에 따라 공기층 내부에 결로가 발생함을 가시적으로 확인할 수 있었고 이로 인해 광투과율이 낮아졌기 때문이며, 이러한 광투과율의 저하는 2월에서 5월로 감에 따라 현저히 더 커져 시간이 경과함에 따라 더 커지는 것으로 나타났다. 이와 같은 피복재의 광투과율을 저하시키는 요인이 발생하지 않도록 하기 위해서는 공기주입온실의 이중피복 공기층에 주입하는 공기는 반드시 온실 외부의 공기를 사용하여야 할 것으로 판단된다.

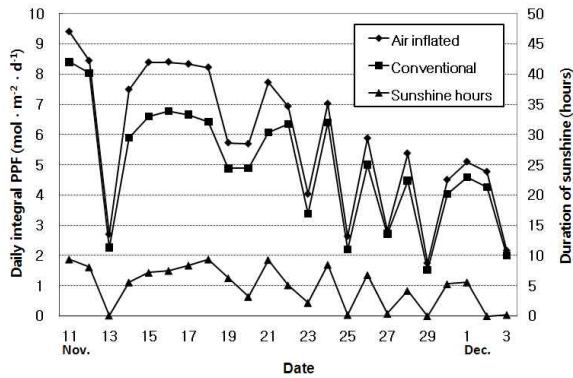
(2) 일일적산 광합성유효광량자속의 변화

그림. 6은 공기주입 이중피복온실과 관행 이중피복온실의 일일적산 광합성유효광량자속 및 일조시간의 변화를 도시한 것으로, 그림. 6(a)는 2009년 8월에 환기를 위해 천창이 많이 개방된 경우의 광량변화를 도시한 것이고, 그림. 6(b)는 2009년 11월경에 외기온이 비교적 낮아 천창을 통한 최소한의 환기가 이루어진 경우의 광량변화를 도시한 것이며, 그림. 6(c)는 2010년 5월에 천창환기가 비교적 많이 이루어진 경우로 공기주입온실의 공기층에 온실내부의 공기를 주입하였을 때의 광량변화를 도시한 것이다.

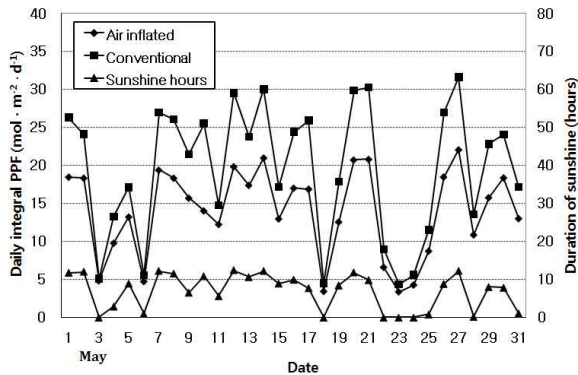
그림. 6(a)에서 2009년 8월의 일일적산 광합성유효광량자속의 변화를 살펴보면, 전 기간에 걸쳐 관행온실이 공기주입온실에 비해 더 큰 것으로 나타났으며, 일조시간에 따른 변화는 공기주입온실이 $2.8 \sim 25.1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 범위였고 관행온실이 $2.9 \sim 28.2 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 범위였으며, 그 변화폭은 각각 약 22.3과 $25.1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 큰 변화를 보였다. 최대값은 관행온실이 공기주입온실에 비해 약 $3.1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 더 크게 나타났다. 반면에 그림. 6(b)에서 2009년 11월경의 일일적산 광합성유효광량자속의 변화는 전 기간에 걸쳐 공기주입온실이 관행온실에 비해 더 큰 것으로 나타났으며, 일조시간에 따른 변화는 공기주입온실은 $1.8 \sim 9.4 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 범위였고 관행온실은 $1.5 \sim 8.4 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 범위였으며, 그 변화폭은 각각 약 7.6과 $6.9 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 변화를 보였다. 최대값은 공기주입온실이 관행온실에 비해 약 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 더 크게 나타났다. 토마토재배온실에서 재배를 위한 적정 일일적산광량은 약 $7 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 정도로 알려져 있으며(Lee, 2010), 변환계수(Giacomelli et al., 1988; Lee et al., 2002; Lee, 2003)를 곱하여 일일적산광합성유효광량자속으로 환산하면 약 $14 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 정도가 된다. 이 값을 기준으로 하면 8월에는 일조시간이 아주 적은 몇 일만을 제외하고는 토마토 재배를 위한 광량이 충분하고, 또한 이 시기는 온도상승을 억제하기 위해 차광재를 사용하여 오히려 광량을 줄이는 시기이므로 상대적으로 광량이 적은 공기주입온실이 관행온실에 비해 더 바람직할 것으로 판단된다. 반면에 11월경에는 두 온실 모두 광량이 토마토 재배를 위한 적정광량인 $14 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 에 비해 상당히 부족하기 때문에 상대적으로 투과광량이 더 많은 공기주입온실이 광의 이용측면에서 더 우수한 것으로 판단된다. 그림. 6(c)에서 2010년 5월의 일일적산 광합성유효광량자속은 전 기간에 걸쳐 관행온실이 공기주입온실에 비해 훨씬 더 큰 것으로 나타났으며, 일조시간에 따른 변화는 공기주입온실이 $3.4 \sim 22.1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 범위였고 관행온실이 $4.3 \sim 31.6 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 범위였다. 관행온실의 최대광량이 공기주입온실에 비해 약 $10 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 정도 훨씬 더 크게 나타났으며, 이는 공기주입온실의 이중피복공기층 내부에 온실외부의 공기 대신 온실내부의 공기를 주입함에 따라 공기층 내부에 결로가 발생하여 광투과율이 많이 낮아졌기 때문이며, 주입공기의 특성이 피복재의 광투과 특성에 큰 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다.



(a) August, 2009



(b) November, 2009



(c) May, 2010

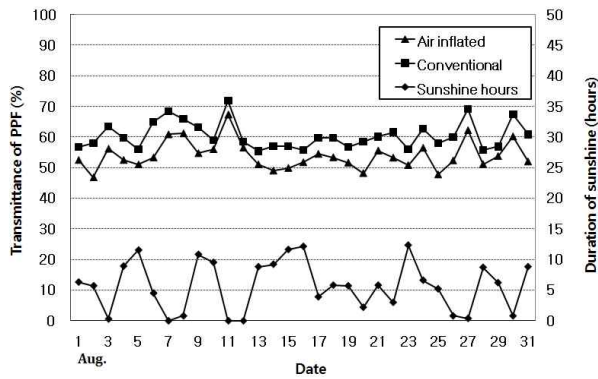
그림. 6 Variation of daily integral PPF and duration of sunshine

(3) 광합성유효광량자속의 투과율

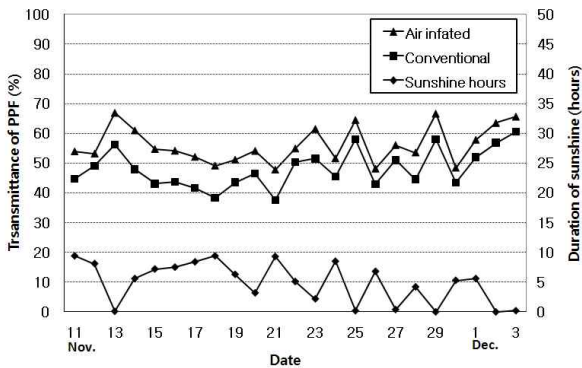
그림. 7은 8월과 11월경에 공기주입온실과 관행온실의 광합성유효광량자속의 투과율과 일조시간의 변화를 도시한 것이다.

그림. 7(a)에서 8월의 광합성유효광량자속 투과율 변화를 살펴보면, 관행온실은 평균 60.4 %이고 공기주입온실은 평균 54.0 %로 관행온실이 공기주입온실에 비해 약 6.4%정도 더 높게 나타났다. 반면에 그림. 7(b)에서 11월의 경우는 공기주입온실이 평균 55.6 %이고 관행온실이 48.5 % 로 공기주입온실이 관행온실에 비해 광투과율이 평균 약 7.1 % 정도 더 높게 나타났다. 공기주입온실의 경우에는 8월과 11월간의 광투과율의 차이가 1.6 % 정도로 동절기와 하절기 사이에 광투과율이 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 관행온실의 경우에는 차이가 약 12 % 정도로 큰 차이가 발생하였다. 이는 공기주입온실의 경우 용마루 부위에 설치된 랙-피니언 방식의 천창의 개폐가 광투과에 큰 영향을 미치지 않음을 의미하

며, 반면에 관행온실의 경우 고온기에는 온실내부의 온도를 낮추기 위해 천창을 권취식으로 말아 올려 환기를 하였기 때문에 개방된 곳을 통해 더 많은 광량이 투과되었고, 저온기에는 최소한의 환기를 위해 극히 일부만 천창을 개방하고 거의 대부분 닫은 상태로 재배하였기 때문에 내부피복재 상부표면에 쌓인 먼지 등으로 인해 광투과율이 저하되었기 때문에 계절에 따른 차가움이 광투과에 큰 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다.



(a) August, 2009



(b) November, 2009

그림. 7 Variation of PPF transmittance and duration of sunshine in air inflated and conventional greenhouses

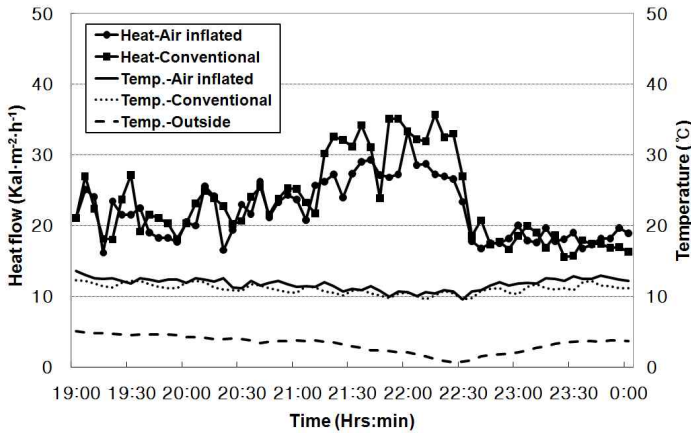
(4) 열관류량 변화

그림. 8(a)는 외기온이 0 °C 이상인 비교적 온도가 높을 때 공기주입온실과 관행온실의 열관류량 및 온도변화를 비교한 것이며, 그림. 8(b)는 외기온이 0 °C보다 낮을 때의 변화를 도시한 것이다.

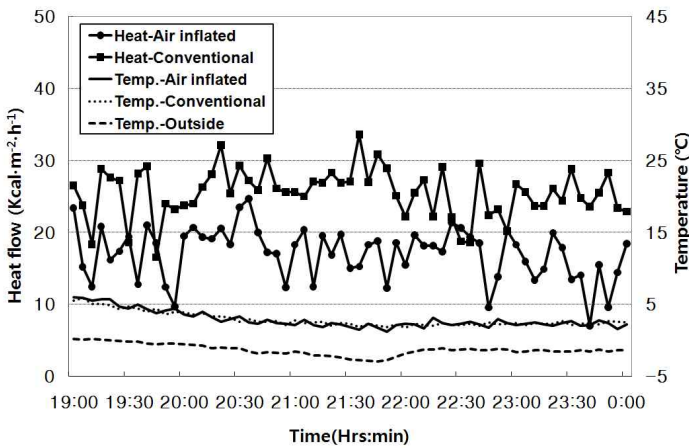
그림. 8(a)에서는 외기온이 약 0.7~5.1 °C 범위에서 변화할 때 온실내부의 온도는 약 9.6~13.6 °C 범위에서 변화하였다. 온실 내부의 평균온도는 공기주입온실과 관행온실이 각각 12.1 °C와 11.5 °C로 비슷하였고, 외부의 평균온도는 약 3.6 °C였다. 이때 열관류량은 공기주입온실이 16.0~33.3 kcal·m⁻²·h⁻¹ 범위로 평균 약 20.3 kcal·m⁻²·h⁻¹였고, 관행온실은 16.0~35.7 kcal·m⁻²·h⁻¹ 범위로 평균 약 21.1 kcal·m⁻²·h⁻¹였으며, 차이는 0.8 kcal·m⁻²·h⁻¹로 거의 비슷한 값을 보여 주었다. 외기온이 낮아진 22시를 전후로 하여 관행온실이 공기주입온실에 비해 관류열량이 약간 더 컸으나 전체적으로 거의 비슷한 값을 보여주고 있다. 그림. 8(b)에서는 외기온이 약 -3.0~0 °C 범위에서 변화할 때 온실내부의 온도는 두 형태 모두 약 6.0~1.5 °C 범위에서 변화하였다. 온실 내부의 평균온도는 두 온실 모두 약 2.9 °C였고, 외부의 평균온도는 약 -1.3 °C였다. 이때 열관류량은 공기주입온실이 7.1~24.7 kcal·m⁻²·h⁻¹ 범위로 평균 약 17.1 kcal·m⁻²·h⁻¹였고, 관행온실은 16.6~32.1 kcal·m⁻²·h⁻¹ 범위로 평균 약 24.4 kcal·m⁻²·h⁻¹였고, 관행온실이 공기주입온실에 비해 관류열량이 약간 더 컸으나 전체적으로 거의 비슷한 값을 보여주고 있다.

$^2 \cdot h^{-1}$ 범위로 평균 약 $25.5 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 였으며, 차이는 $8.4 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 큰 차이를 보여주고 있다. 동일한 온실에서 시간에 따른 관류열량의 변동 폭이 큰 것은 관류열 손실량이 온실내외의 온도차이 뿐만 아니라 외부의 바람 등 다른 요인들의 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다(Mihara and Hayashi, 1979). 그림. 8(a)의 경우 전체적으로 두 가지 온실의 열관류량이 비슷하지만 외기온이 낮아지는 일부시간대에서 관행온실의 열관류량이 더 컸고, 그림. 8(b)에서는 전체적으로 관행온실의 열관류량이 더 크게 나타나 공기주입온실이 관행온실에 비해 단열성능이 더 우수한 것으로 분석되었다.

(1)식을 이용하여 관류열전달계수를 산정한 결과 그림. 8(a)의 경우 공기주입온실의 평균관류열달계수가 약 $2.4 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ 였고, 관행온실은 약 $2.7 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ 로, 차이는 $0.3 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ 로 나타났다. 그림. 8(b)의 경우에는 공기주입온실이 약 $4.2 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ 였고, 관행온실이 약 $6.2 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ 로, $2.0 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ 의 차이를 나타내었다. Minagawa and Tachibana (1982)의 일중피복온실의 열관류 특성에 관한 연구결과에 의하면 동일한 피복재에서도 온실내부와 외부의 온도차이가 $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 이하로 작을 경우에는 관류열전달계수가 $10 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ 이상 차이가 발생하여 온실내부와 외부의 온도차에 따라 관류열전달계수가 크게 차이가 발생하는 것으로 나타났으나 온실내외부의 온도차이가 $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 이상인 경우에는 동일한 피복재에 대해서 관류열전달계수의 큰 차이가 없이 안정된 값을 보여주었다. 따라서, 본 연구 결과인 그림. 8(a)의 경우에는 온실내외부의 온도차이가 약 $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 정도이고, 그림. 8(b)의 경우에는 약 $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 정도로 모두 $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 이하의 비교적 온도차이가 작은 경우이기 때문에 두 가지 온실내외부 온도차이의 조건에 대한 관류열전달계수가 서로 큰 차이가 발생한 것으로 판단된다. 그러나 두 경우 모두 공기주입온실이 관행온실에 비해 관류열전달계수가 더 작은 것으로 나타나 단열성능은 공기주입온실이 더 우수한 것으로 판단되었다. Kim et al. (2000)과 Hanan (1998)은 동일한 종류의 피복재라 할지라도 온실구조의 조건에 따라서 관류열전달계수는 크게 달라진다고 지적하면서 이중플라스틱피복의 관류열전달계수를 약 $3.5 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ 로 제시하였고, Japan Greenhouse Horticulture Association (1994)는 $3.1 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ 을 제시하였다. 이러한 값이 얻어진 실험조건에 대한 정확한 내용을 알 수 없기 때문에 제시된 값과 본 연구의 결과를 직접 비교하기에는 어려움이 있다. 그러나 본 연구 결과 중 관행온실에서의 온실내외부 온도차이가 더 큰 조건이 가장 근접한 조건으로 추정되며 이때 관류열전달계수가 약 $2.7 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ 로 기존에 제시된 값과 약간의 차이를 보여주고 있다. 이러한 차이는 온실구조 조건과 풍속조건 등 여러 가지 측정조건에 따라 차이가 발생할 수 있고(Mihara and Hayashi, 1979; Hanan, 1998), 특히 온실의 내부와 외부의 온도차이에 따른 관류열전달계수의 차이가 상당히 크기 때문에(Minagawa and Tachibana, 1982) 앞으로 추가적인 실험을 통하여 관행온실과 공기주입온실에 대한 설계용 관류열전달계수의 정확한 규명이 필요할 것으로 판단된다.



(a) March 11



(b) March 18

그림. 8 Variation of heat flow and temperature in air inflated and conventional greenhouses

4. 환경조절에 따른 시설내부 환경인자 분포특성 분석

가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2012. 01. 19

나. 연구방법

(1) 실험온실

본 실험에 사용된 온실의 형태는 경기도 농업기술원(경기도 화성시 기산동 소재)내에 설치된 농촌진흥청 자동화비닐하우스(07-자동화-1형)의 관행형태 이중피복온실과 공기주입식 이중피복온실의 3연동 아치형온실 2개동이다. 온실의 크기는 폭 23.0 m, 측고 3.0 m, 둥고 4.9 m, 길이 24 m이다. 피복재는 PE필름을 사용하였다.

(2) 환경조절

2개 동의 실험온실에서는 동일한 조건에서 토마토가 수경재배 되었다. 모든 온실내부의 환경계측은 토마토 재배를 위해 관행적인 이루어지는 환경조절 조건하에서 수행되었다. 온실의 피복은 2011년 2월 27일 경에 이루어졌다.

환기방식의 경우 관행 이중피복온실의 천창은 처마부위에서 권취식으로 말아 올리는 개폐 방식이고, 공기주입 이중피복온실의 천창은 용마루 부위에서 락-피니언 방식으로 개폐하는 창이다. 천창개폐와 관련하여 관행온실의 경우 고온기에는 온실내부의 온도를 낮추기 위해 천창이 많이 개방되었고, 저온기에는 외기온이 낮기 때문에 최소한의 환기를 위해 극히 일부만 개방되고 거의 닫힌 상태로 유지되었다. 천창환기는 4월부터 실시하였다.

보온은 두 동 모두 동일한 방법으로 내부 보온커튼을 사용하여 보온하였으며, 오전 8시 30분경에 커튼을 열고 오후 5시경에 닫았다. 난방은 온풍난방기를 사용하였고, PE필름을 사용하여 제작한 온풍덕터를 설치하여 온풍을 골고루 분배하였다. 냉방은 저압분무식 포그노즐을 사용하여 증발냉각을 실시하였다. 포그노즐은 빗물받이 바로 아래쪽에 4m 간격으로 설치하여 서로 2m 간격으로 엇갈리게 설치하였다. 포그의 수압은 $4\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$, 공기압은 $2\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$, 노즐 1개당 물분사량은 $6\text{l} \cdot \text{hr}^{-1}$ 이며, 압축공기의 공급을 위해 20마력 용량의 컴프레서 1대를 사용하였다. 포그의 분사간격은 공기주입온실은 2분 30초간 분사하고 1분간 정지하였고, 관행온실은 2분간 분사한 후 1분간 정지하도록 하였다. 온도가 28도 이상이 되면 가동하도록 하였고 습도는 70%이상이 되면 정지되도록 하였다.

(3) 환경계측

그림. 1은 온실내의 온습도, 일사 및 광합성유효광량자속을 측정하기 위한 센서의 배치도를 나타낸 것이다. 온습도센서(UE-TH100, 한국)는 각 온실에 총 21점을 설치하였고, 일사센서(UE-150, 한국)와 광합성광량자속센서(UE-130, 한국)는 각 온실의 중앙동과 바깥 동에 각 1점씩 1개 온실에 2점씩 설치하였으며, 측정 데이터는 데이터로그(ZF-10MX, 한국)를 사용하여 10분 간격으로 연속 저장하였다.

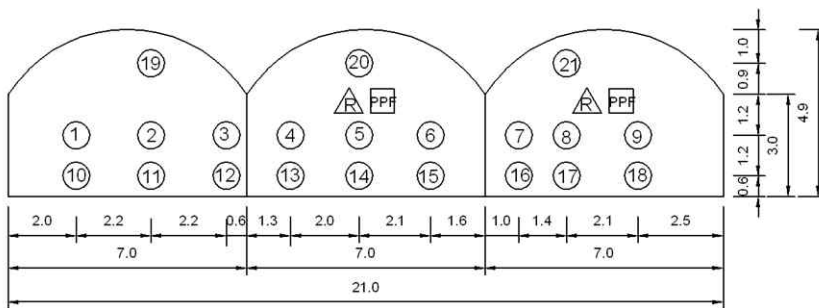


그림. 1. Location of sensors

○: 온습도 센서, △: 일사 센서, □: 광합성유효광량자속 센서

(1) 온습도 분포도 비교

(가) 야간의 난방시

그림. 2는 겨울철 난방기간 중 맑은 날 야간에 외기온이 -4.5°C 정도일 때 온실내부의 온도 분포를 도시한 것이다. 보온커튼 안쪽의 온도분포는 상하와 좌우방향 모두 균일한 분포를 보여주고 있으며, 두 온실 사이에 1°C 정도의 차이는 온풍난방기 설정온도 제어값의 오차 때문인 것으로 판단된다. 커튼과 피복재 사이의 온도는 두 가지 온실이 거의 비슷한 값을 보여주고 있어 두 가지 이중피복방식의 보온효과는 거의 동일한 것으로 나타났다. 그림. 3은 겨울철 난방기간 중 맑은 날 야간에 외부습도가 78% 정도일 때 온실내부의 습도분포를 도시한 것이다. 커튼 안쪽의 습도분포는 상하와 좌우로 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 난방으로 인해 외부습도보다 낮게 유지되었다. 그러나 커튼과 피복재 사이의 습도는 거의 100%로 유지되어 결로 발생이 용이한 환경이 되었다.

(나) 주간 우천시

그림. 4는 3월의 우천시에 외기온이 6°C일 때의 주간 온도분포를 도시한 것이다. 주간임에도 불구하고 일사가 없기 때문에 온도의 분포가 두 온실 모두 아주 균일한 공간분포를 보여주고 있다. 내부온도의 값은 공기주입온실이 미소하게 높지만 22°C 정도로 거의 동일하여 보온효과는 거의 비슷한 것으로 나타났다. 그림. 5는 우천시 주간에 외부습도가 83% 정도일 때 온실내부의 습도분포를 도시한 것이다. 두 온실 사이에 습도의 큰 차이는 발생하지 않았다. 두 온실 모두 상부로 갈수록 습도가 약간씩 높아져 수직편차가 미소하게 발생하였다.

(다) 주간 천창 환기시

그림. 6은 봄철 맑은 날 주간에 천창 환기시 외기온이 21.5°C 정도일 때 온실내부의 온도분포를 도시한 것이다. 두 온실 모두 일사로 인해 상하방향으로 온도의 편차가 크게 발생하였고, 공기주입온실이 관행온실에 비해 미소하게 온도가 더 낮게 나타나 환기효과가 더 우수한 것으로 판단된다. 그림. 7은 외부습도가 61% 정도일 때 온실내부의 습도분포를 도시한 것이다. 온도분포와 마찬가지로 상하방향으로 습도편차가 크게 발생하였으며, 공기주입온실이 관행온실에 비해 습도가 약간 더 높게 나타나 환기효과가 더 우수한 것으로 판단된다.

(a) Air inflated greenhouse

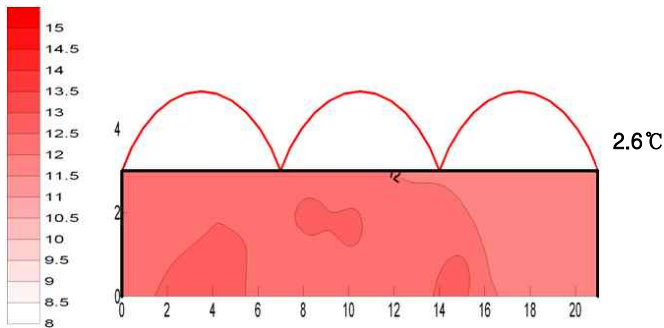
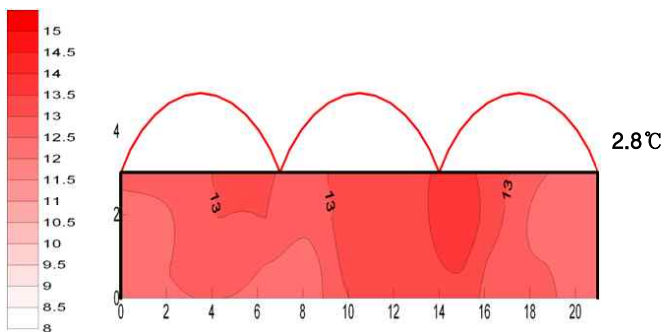


그림. 2. Distribution of temperature in heating condition during the nighttime

(b) Conventional greenhouse



(a) Air inflated greenhouse

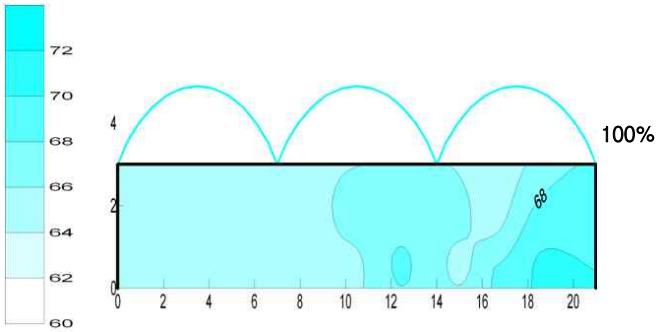
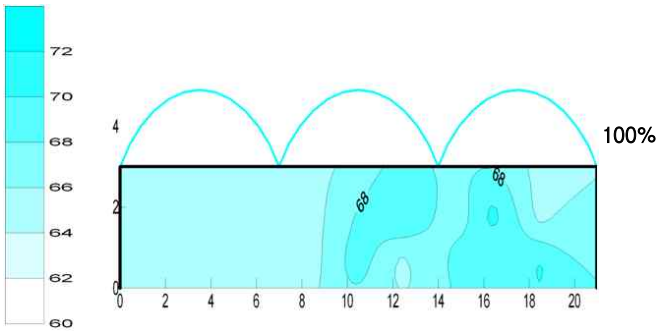


그림. 3. Distribution of humidity in heating condition during the nighttime

(b) Conventional greenhouse



(a) Air inflated greenhouse

(b) Conventional greenhouse

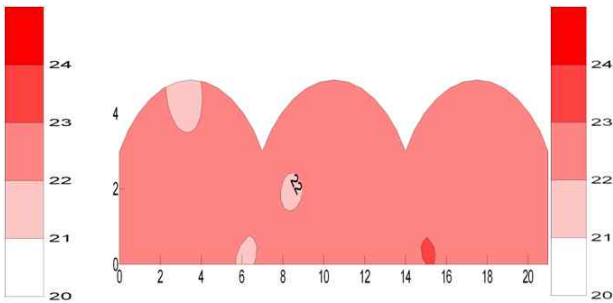
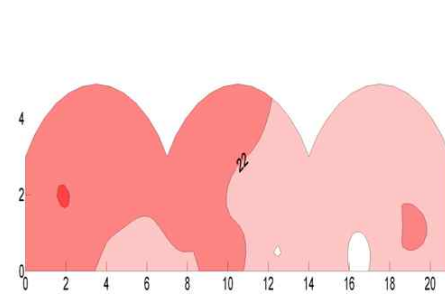


그림. 4. Distribution of temperature during the daytime in the rainy day

(a) Air inflated greenhouse



(b) Conventional greenhouse

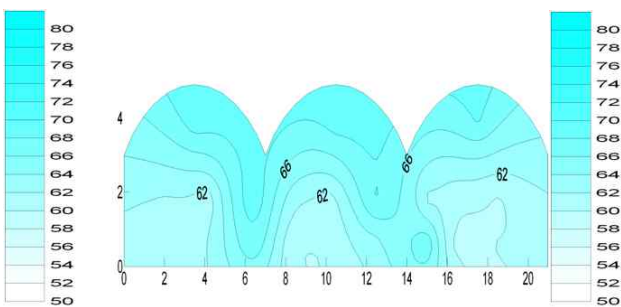
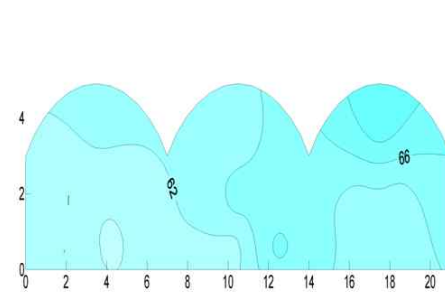


그림. 5. Distribution of humidity during the daytime in the rainy day

(a) Air inflated greenhouse



(b) Conventional greenhouse

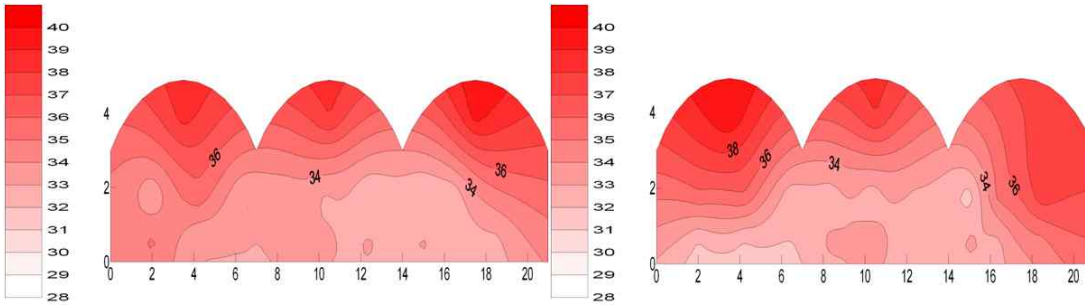


그림. 6. Distribution of temperature under roof ventilation during the daytime

(a) Air inflated greenhouse

(b) Conventional greenhouse

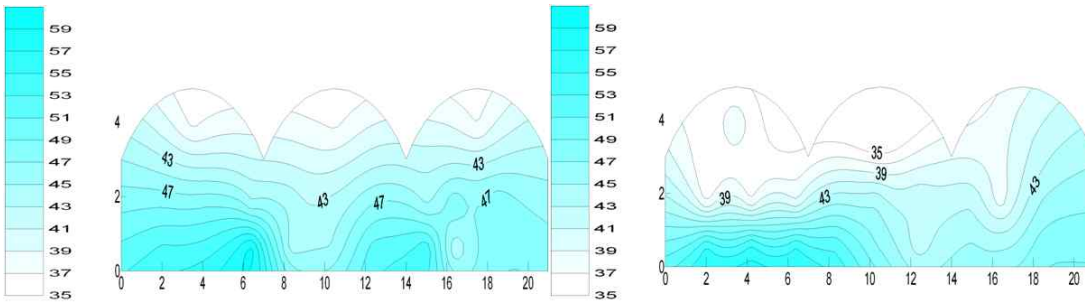


그림. 7. Distribution of humidity under roof ventilation during the daytime

(라) 야간의 천창환기시

그림. 8은 봄철 맑은 날 야간에 천창 환기시 외기온이 16℃정도일 때 온실내부의 온도분포를 도시한 것이다. 두 온실 모두 주간과는 달리 일사가 없기 때문에 온실내부 전체적으로 균일한 온도분포를 보여주고 있다. 그림. 9는 외부습도가 81%정도일 때 온실내부의 습도분포를 도시한 것이다. 온도분포와 마찬가지로 온실내부 전체적으로 높은 습도가 균일하게 분포되어 있다.

(마) 주간 포그냉방시(두 온실 모두 냉방시)

그림. 10은 8월의 맑은 날 냉방기간 중 외부온도가 27℃정도일 때 포그를 2분 30초간 분사하고 1분간 정지하도록 하였을 때 온도분포를 도시한 것이다. 두 온실 모두 상하좌우로 비교적 균일한 온도분포를 보여주고 있으며, 공기주입온실은 평균 32℃이고 관행온실은 32.5℃로 거의 동일한 냉방효과가 있는 것으로 나타났다. 그림. 11은 외부습도가 58%일 때 온실내부의 습도분포를 도시한 것이다. 포그냉방을 실시한 두 온실 모두 내부습도가 54% 정도로 비슷하게 나타났고 상하좌우로 비교적 균일한 습도분포를 보여주고 있다.

(바) 주간 포그냉방시(공기주입온실만 냉방시)

그림. 12는 맑은 날 냉방기간중 외부온도가 31℃정도일 때 관행온실에는 냉방을 하지 않고 공기주입온실에만 연속적으로 포그를 분사하였을 때 온실내부의 온도분포를 도시한 것이다. 포그냉방을 실시한 공기주입온실의 경우 포그냉방을 실시하지 않은 관행온실에 비해 공간 전체적으로 균일한 온도분포를 보여주고 있다. 공기주입온실이 평균 33.5℃이고 관행온실이 37℃로 약 3.5℃정도의 냉방효과가 있는 것으로 나타났다. 그림. 13은 외부습도가

45%일 때 온실내부의 습도분포를 도시한 것이다. 포그냉방을 실시한 공기주입온실의 경우 좌우 중앙에서 습도가 높고 가장자리에서 습도가 낮게 나타났으며, 이는 측창환기가 잘 이루어져 외부공기가 유입되었기 때문인 것으로 판단된다. 평균습도는 공기주입온실이 48%이고 관행온실이 37%로 약 11%의 차이가 있었다.

(사) 주간 포그냉방시(관행온실만 냉방시)

그림. 14는 맑은 날 냉방기간중 외부온도가 28℃정도일 때 공기주입온실은 냉방을 하지 않고 관행온실에만 연속적으로 포그를 분사하였을 때 온실내부의 온도분포를 도시한 것이다. 포그냉방을 실시한 관행온실의 경우 냉방을 실시하지 않은 공기주입온실에 비해 훨씬 균일한 온도분포를 보여주고 있으나, 양측 가장자리가 안쪽보다 2℃ 정도 더 높게 나타났다. 이는 측창환기로 인한 효과로 판단된다. 공기주입온실은 평균 34℃이고 관행온실이 31℃로 약 3℃정도의 냉방효과가 있는 것으로 나타났다. 그림. 15는 외부습도가 42%일 때 온실내부의 습도분포를 도시한 것이다. 포그냉방을 실시한 관행온실의 경우 비교적 균일한 습도분포를 보여주고 있으나, 냉방을 하지 않은 공기주입온실은 상하방향으로 습도차이가 발생하였다. 습도는 공기주입온실이 평균 42%이고 관행온실이 47%로 5%정도 차이가 있었다.

(a) Air inflated greenhouse

(b) Conventional greenhouse

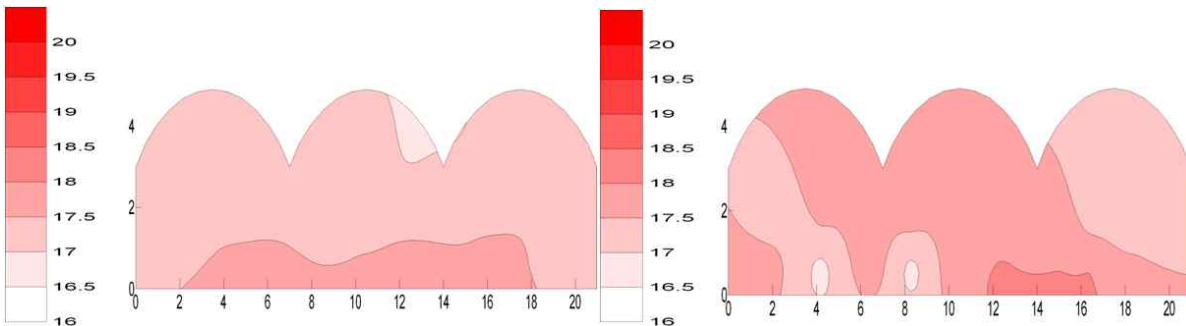


그림. 8. Distribution of temperature under roof ventilation during the nighttime

(a) Air inflated greenhouse

(b) Conventional greenhouse

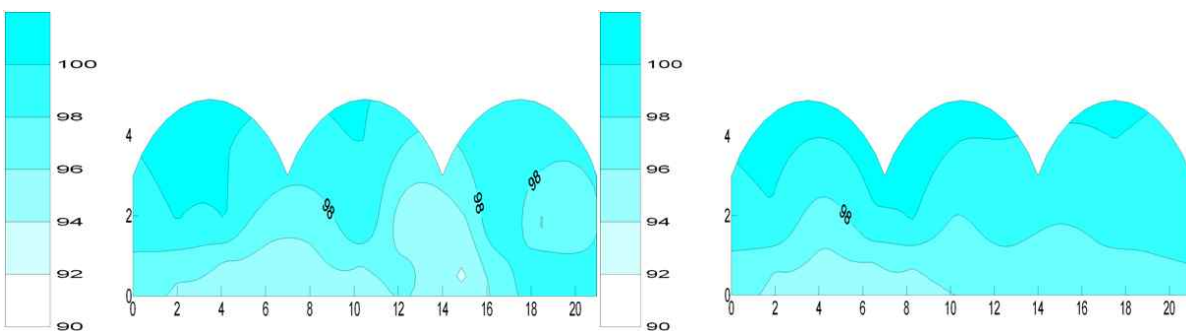
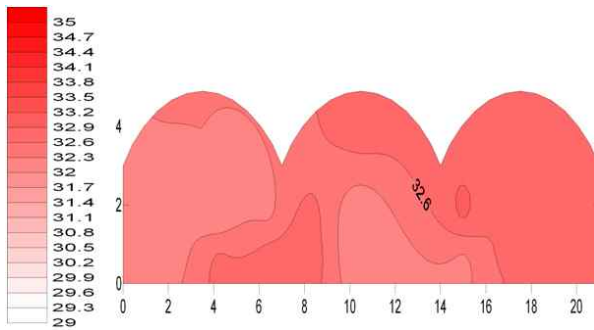


그림. 9. Distribution of humidity under roof ventilation during the nighttime

(a) Air inflated greenhouse(fogging)



(b) Conventional greenhouse(fogging)

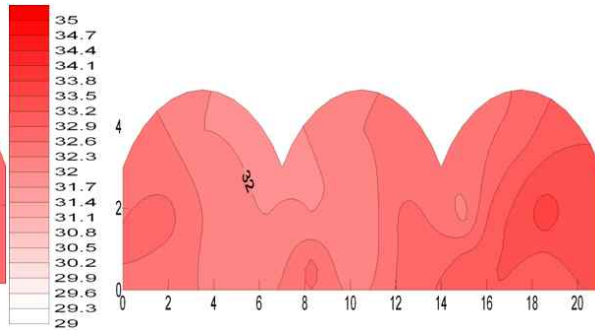
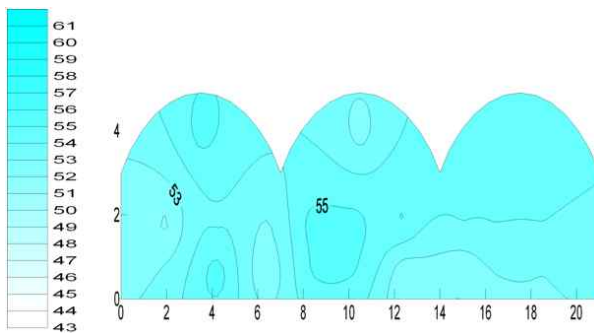


그림. 10. Distribution of temperature in fog cooling condition

(a) Air inflated greenhouse(fogging)



(b) Conventional greenhouse(fogging)

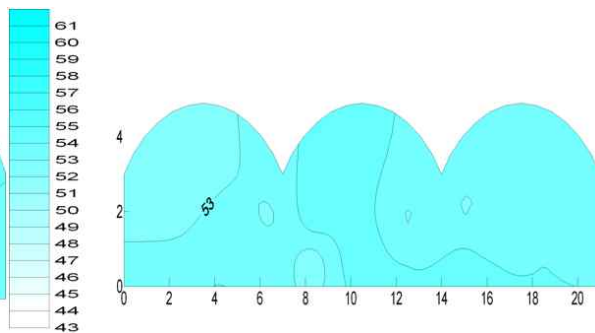
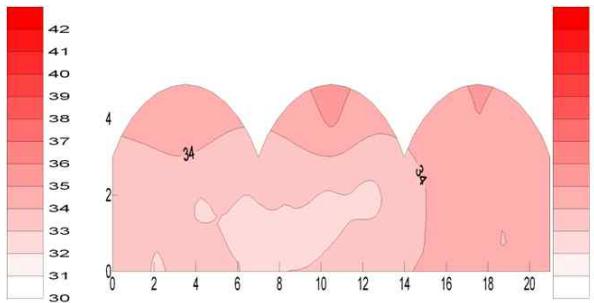


그림. 11. Distribution of humidity in fog cooling condition

(a) Air inflated greenhouse(fogging)



(b) Conventional greenhouse(without fogging)

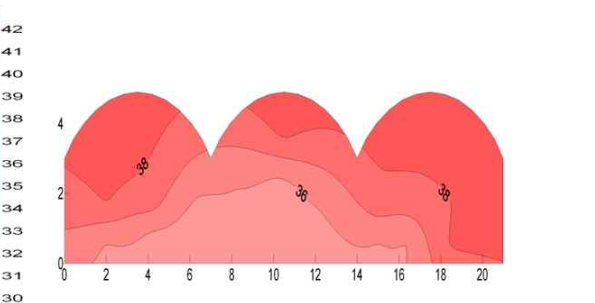
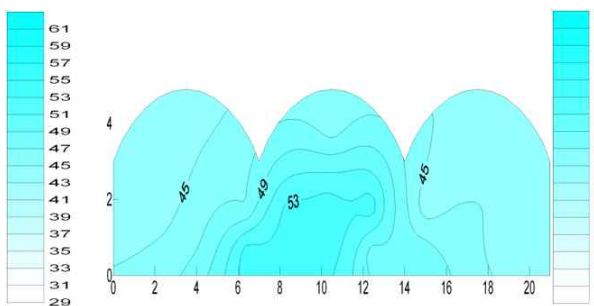


그림. 12. Distribution of temperature in fog cooling condition

(a) Air inflated greenhouse(fogging)



(b) Conventional greenhouse(without fogging)

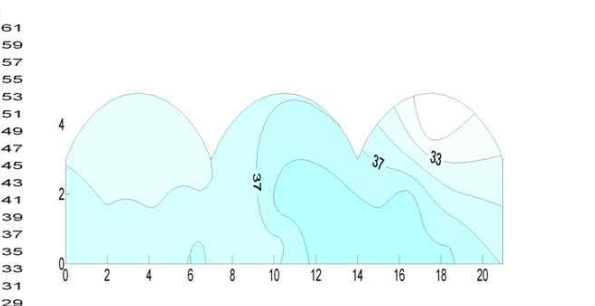


그림. 13. Distribution of humidity in fog cooling condition

(a) Air inflated greenhouse(without fogging)

(b) Conventional greenhouse(fogging)

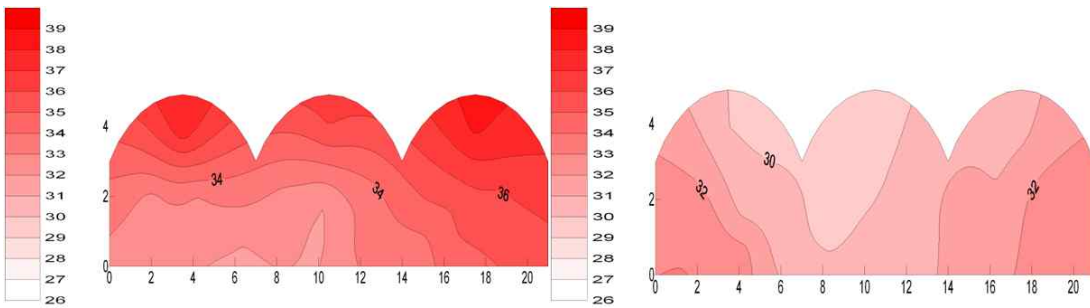


그림. 14. Distribution of temperature in fog cooling condition

(a) Air inflated greenhouse(without fogging)

(b) Conventional greenhouse(fogging)

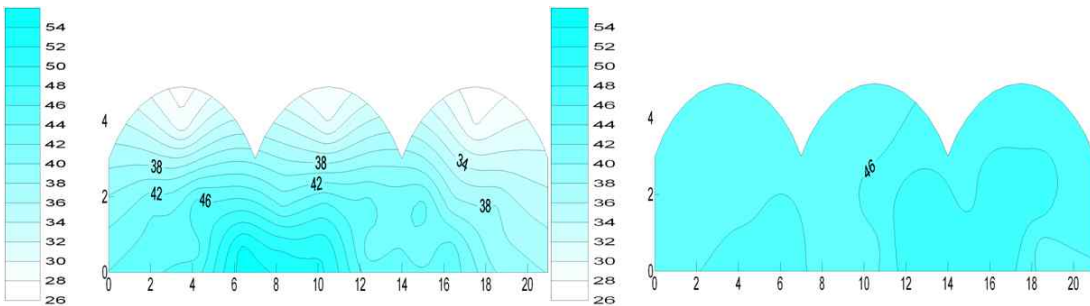


그림. 15. Distribution of humidity in fog cooling condition

(2) 결로 발생 분석

그림. 16은 야간에 커튼과 지붕피복재 사이의 공간에 대한 상대습도, 절대습도, 내부온도, 내부피복재의 표면온도, 노점온도의 시간에 따른 변화를 도시한 것이다.

상대습도의 변화는 오후에 온도가 낮아짐에 따라 증가하기 시작하여 19시경에 약 100%에 도달한 후 일정한 값을 유지하다가 오전에 일출과 함께 온도가 증가함에 따라 감소하였다. 이는 절대습도가 동일하다 할지라도 온도가 낮아지면 상대습도는 증가하기 때문이다. 절대습도의 변화를 살펴보면 피복재의 온도가 노점온도보다 낮아지기 시작하면서 피복재에 발생하는 결로로 인하여 절대습도가 낮아지기 시작하여 일정한 값을 유지하다가 일출과 함께 증가하기 시작하였다. 오전에 커튼을 열었을 때 지붕에 맺힌 결로가 바닥으로 떨어지기 시작하는데 이러한 결로들은 저녁에 피복재의 온도가 노점온도보다 낮아지기 시작하면서 맺히기 시작하여 밤 동안 생긴 결로 방울이다. 거의 커튼을 닫는 시점에서 피복재의 온도가 노점온도 이하로 낮아지기 시작하기 때문에 커튼을 닫음과 동시에 제습기를 사용하여 지붕과 커튼 사이 공간의 공기에 함유되어 있는 수증기를 제거한다면 지붕의 내부피복재의 안쪽에서 발생하는 결로를 억제할 수 있을 것으로 판단된다. 본 실험온실에서 온실길이를 50m로 가정하였을 때 커튼과 지붕사이의 공간체적은 약 $1,330\text{m}^3$ 이 된다. 커튼을 닫은 시점인 17시 경에 커튼과 지붕피복재 사이의 내부온도가 25°C 이고 상대습도가 52%이므로 노점온도가 14.5°C 가 되어 피복재온도와 거의 같아지게 되어 결로가 시작되는 것으로 나타났으며, 이때 커튼과 지붕피복재 사이의 절대습도는 약 $0.010283\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 이며 총 수증기량은 약 16L로 계산되었다. 내부온도가 3°C 로 최저가 되는 5시경에 피복재온도인 -0.5°C 보다 노점온도를 낮게 유지하여 결로가 발생하지 않도록 하기 위해서는 절대습도가 $0.003621\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$

보다 낮게 유지 되어야 하며 이때 총 수증기량은 약 6L로 계산되었다. 따라서 이 경우에 결로를 방지하기 위해 제거해야 할 수증기의 양은 총 10L인 것으로 나타났다. 환경조건에 따라 결로 방지를 위해 제거해야할 수증기량은 다소 차이는 있겠지만 계산결과 온실규모에 비해 제거해야할 총 수증기량이 많지는 않기 때문에 저온에서 습기를 제거할 수 있는 경제적인 제습기술이 개발된다면 결로 문제는 해결이 가능할 것으로 판단된다.

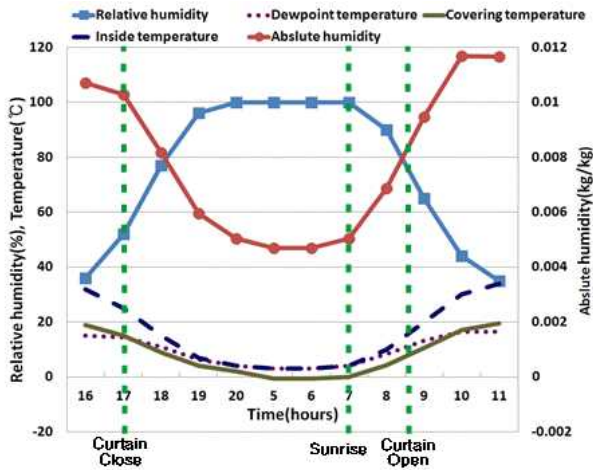


그림. 16. Variation of temperature and humidity with time above curtain in greenhouse

(3) 광합성유효광량자속의 투과율 변화

그림. 17은 피복재의 사용기간에 따른 광투과율의 감소량을 도시한 것이다. 사용기간이 경과함에 따라 공기주입온실에 비해 관행온실이 광투과율이 더 감소하는 것으로 나타났으며, 11개월경과 후 관행온실이 공기주입온실에 비해 광투과율이 약 7.5% 정도 더 감소하는 것으로 나타났다. 이는 그림. 18에서 볼 수 있는 바와 같이 관행온실의 경우 온실내부 피복재를 권취식으로 교체하는 과정에서 먼지와 결로수로 인해 오염되고 시간이 경과함에 따라 먼지가 더 누적되기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 피복재의 광투과율이 감소되는 것을 방지하기 위해서는 피복재의 권취식 교체방식을 지양하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

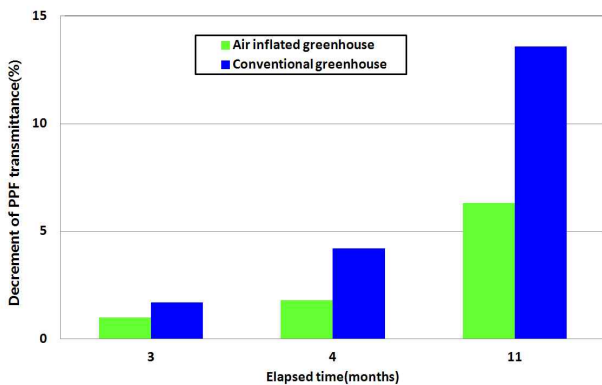


그림. 17. Difference of PPF transmittance with time between air inflated and conventional greenhouse



그림. 18. Surfaces of inside covering material of greenhouse

(a) Air inflated greenhouse (b) Conventional greenhouse

5. 일중 및 이중피복 플라스틱피복 온실의 관류열손실 특성 비교

가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2012. 01. 19

나. 연구방법

실험에 사용한 온실은 교내 농장에 설치된 온실로 그림. 1(a)와 같이 한 개의 스펠이 7.0m, 측고 3.0m, 동고 4.5m, 길이 50m인 남북방향의 3연동 온실과 스펠이 5.0m, 측고 1.2m, 동고 2.6m, 길이 30m인 단동온실이다. 실험용 피복재는 농가에 많이 보급되어 사용되고 있는 I사에서 생산된 S제품이며, 그 특성은 표 1과 같다. 이 피복재는 폴리에틸렌계열의 필름이며 무적 및 내후 처리가 된 필름으로 제조회사에서 가장 많이 생산되고 판매되는 제품이다. 그림. 1(b)는 풍속측정을 위한 센서와 장비를 보여주는 사진이다. 풍속은 03101-L 풍속센서(CAMPBELL SCIENTIFIC, 미국)를 21X(L) 데이터로그(CAMPBELL SCIENTIFIC, 미국)에 연결하여 5분 간격으로 저장되도록 하였다. 그림. 1(c)는 관류열량을 측정하기 위해 피복재 표면에 설치한 관류열센서를 보여주는 사진이다. 관류열량은 MF-180 관류열센서(EKO, 일본)를 MP-75 데이터로그(EKO, 일본)에 연결하여 5분 간격으로 저장되도록 하였으며, 3개의 센서에서 측정된 값을 평균하여 사용하였다. 온도는 HOBO 온도센서(ONSET, 미국)를 온실 내외부에 각각 3점씩 설치하여 5분 간격으로 저장되도록 하였다. 모든 측정은 2011년 1월 1일부터 4월 20일까지 실시하였다.

관류열전달계수는 다음 식을 이용하여 계산하였다(Albright 등, 1985).

$$q = U(T - T_o) \quad (1)$$

여기서, U는 관류열전달계수($\text{kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$), q는 온실내부에서 외부로의 열흐름량($\text{kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$), T_i 는 온실내부온도(°C), T_o 는 온실외부온도(°C)이다. 이때 열흐름량은 야간(오후 9시부터 익일 오전 5시까지)의 값만 사용하였다.

(a) Experimental greenhouses



그림. 1. Experimental greenhouses, wind speed and heat flow sensors

(b) Wind speed sensor (c) Heat flow sensors

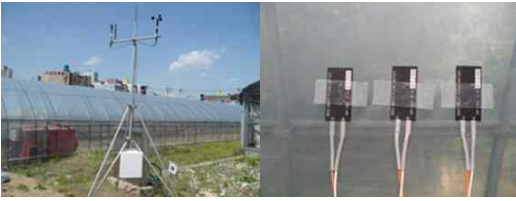


표 1. Physical properties of covering material for experiment

Thickness (mm)	Heat transfer coefficient ($W \cdot m^{-2} \cdot k^{-1}$)	Insulation ratio (%)	Transmittance (%)	Haze (%)
0.1	62.7	18.8	91	8.2

다. 연구결과

(1) 온실 내외부 온도차에 따른 관류열전달계수의 변화

그림. 2는 일중피복온실과 이중피복온실에 대한 온실 내부와 외부의 온도차에 따른 피복재의 관류열전달계수의 변화를 도시한 것이다. 온실 내외부의 온도차이가 5°C미만의 작은 값에서는 온도차이가 증가함에 따라 관류열전달계수가 급격히 감소하다가 온도차이가 어느 정도 커지게 되면 감소율이 점점 적어지면서 거의 일정한 값이 유지되는 것으로 나타났다. 또한, 관류열전달계수가 거의 일정한 값에 도달하게 되는 온실 내외부 온도차이의 값은 일중피복의 경우가 이중피복의 경우보다 약간 더 큰 것으로 나타났다. 일중피복의 경우는 약 8°C정도 이상이 되었을 때 3.3~5.7 $kcal \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ 범위의 비교적 안정된 값을 나타내었으며, 이중피복의 경우는 적어도 온실 내외부 온도차이가 약 5°C 이상이 되었을 때 1.8~3.2 $kcal \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ 범위의 안정된 값을 나타내었다. 따라서 피복의 층수에 따라 안정된 관류열전달계수를 나타내게 되는 온실 내외부 온도차의 값이 다르다는 사실을 확인할 수 있었으며, 온실 피복재에 대한 관류열전달계수를 결정할 때에는 피복층수별로 안정된 값을 나타내는 온실 내외부 온도차 범위에서의 관류열전달계수를 채택하여야 할 것이다. 본 연구에서 얻어진 온실내외부 온도차이에 따른 관류열전달계수의 변화 경향은 Minagawa와 Tachibana(1982)와 Feuilloley와 Issanchou(1996)의 연구결과와 잘 일치하였으나 안정된 값을 나타내는 온도차이는 각각 약 15°C와 20°C 정도로 세 가지 연구 결과 모두 다르게 나타났기 때문에 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

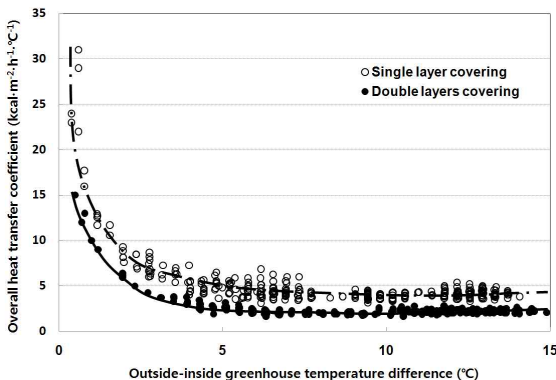


그림. 2. Variations of overall heat transfer coefficient with the inside-outside temperature difference for experimental plastic greenhouses

(2) 풍속에 따른 관류열전달계수의 변화

그림. 3은 플라스틱온실의 외부 풍속에 따른 피복재의 관류열전달계수의 변화를 도시한 것이다. Hanan(1998)은 많은 연구자들이 관류열전달계수와 풍속의 관계를 선형관계로 보고 있다고 하였으며, 본 연구에서도 선형식을 유도하여 비교분석 하였다. 풍속에 따른 관류열 전달계수의 증가율은 측정 날짜에 따라 다소 차이가 있었으며, 그림. 3은 피복방식별로 대표적인 변화경향을 보여주는 그림이다.

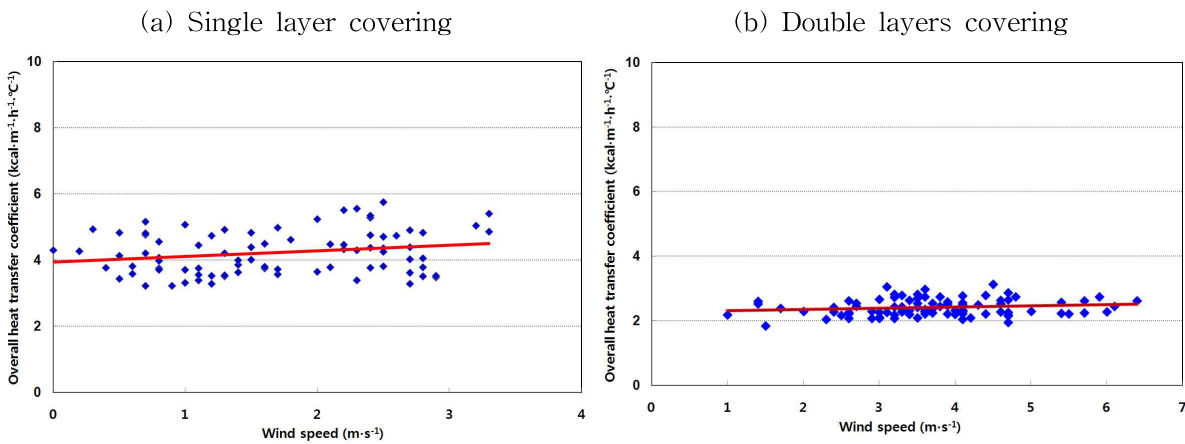


그림. 3. Variations of overall heat transfer coefficient with the wind velocity for experimental plastic greenhouses

그림. 3(a)는 풍속의 변화가 비교적 적은 날인 1월 26일의 일중피복온실에 대한 풍속에 따른 관류열전달계수의 변화를 나타낸 것으로 풍속이 증가함에 따라 관류열전달계수는 증가하는 것으로 나타났으며, 일중피복온실의 풍속에 따른 관류열전달계수의 증가율은 측정 날짜에 따라 다소 차이가 있었으며 대체로 0.2내외인 것으로 나타났다. 그림. 3(b)는 풍속의 변화가 비교적 큰 날인 3월 15일의 이중피복온실에 대한 풍속에 따른 관류열전달계수의 변화를 나타낸 것으로 일중피복온실과 마찬가지로 풍속이 증가함에 따라 관류열전달계수는 증가하였으며, 풍속에 따른 관류열전달계수의 증가율은 일중피복과 마찬가지로 측정 날짜에 따라 차이가 있었으나 그 값은 대체로 0.05내외로 일중피복온실보다 적은 것으로 나타났다.

Feuilleley와 Issanchou(1996)는 일중피복의 플라스틱필름온실과 유리온실에 대한 풍속에 따른 관류열전달계수의 증가율을 각각 0.026과 0.031로 제시하였고, Albright(1985) 등은 일중피복온실은 풍속에 큰 영향을 받는 것으로 보고 증가율을 모든 종류의 피복재에 대해 0.5로 제시하였으며, Garzoli와 Blackwell(1981)은 일중피복온실에 대해 증가율을 3.8로 제시하였고, Hanan(1998)은 베로유리온실에 대해 증가율을 1.2로 제시하여 연구자에 따라 풍속에 따른 관류열전달계수의 증가율이 많은 차이가 있음을 알 수 있었다. Seginer(1988) 등은 일중폴리에틸렌 피복온실에 대해서는 0.5를 제시하였고, 이중폴리에틸렌 피복온실에 대해서는 0.1을 제시하였으며, 본 연구의 결과는 이 결과보다 전체적으로 값이 약간 낮게 나타났다. Mihara와 Hayashi(1979)는 일중피복의 유리온실과 PVC온실에 대해 각각 0.4 및 0.54로 제시하였고, 커튼을 설치한 동일한 피복온실에 대해서는 더 작은 0.1~0.2범위의 값을

제시하였다. 이러한 결과를 종합해 볼 때 이중피복온실이나 커튼을 설치한 온실과 같이 보온성을 높인 온실은 일중피복온실에 비해 풍속에 따른 관류열 손실이 더 작다는 사실을 확인할 수 있었다.

(3) 관류열전달계수의 비교

표 2는 관류열전달계수에 대한 기존의 연구결과들을 비교한 것으로 폴리에틸렌 일중피복온실과 이중피복온실에 대해 제시된 값이며, Papadakis 등(2000), Seginer 등(1988), Njijskens 등(1984), Minagawa와 Tachibana(1982) 등의 연구결과에는 측정 조건이 제시되어 있으나 현재 온실설계에 많이 활용되고 있는 Japan protected horticulture association(1994)와 ASABE(2008)의 결과에는 측정 조건이 제시되어 있지 않다. 전체적으로 연구자에 따라 차이가 있음을 알 수 있으며, Njijskens 등(1984)과 Minagawa와 Tachibana(1982)는 흐린 날과 맑은 날로 나누어 서로 다른 값을 제시함으로써 날씨의 맑음 정도에 따라 차이가 있음을 보여 주고 있고, Seginer 등(1988)은 첨가물이 첨가된 경우에는 관류열전달계수가 감소됨을 보여 주고 있어 동일한 폴리에틸렌 피복재 온실일지라도 여러 가지 조건에 따라 관류열전달계수가 많은 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 이와 같이 관류열전달계수는 외부기온, 풍속 및 천공상태 등의 기상조건, 피복재의 표면조건, 피복재 내외부 표면의 대류열전달 방식, 장파복사열교환량, 틈새환기량, 피복면적, 온실형태, 온실바닥면적, 보온커튼의 유무 등 여러 가지 조건에 따라 달라지므로(Papadakis 등, 2000) 관류열전달계수를 결정할 때의 실험이나 이론적 시뮬레이션의 환경조건들에 대해 표준화할 필요가 있을 것으로 판단된다. 특히 본 연구결과가 차이가 다소 크게 발생한 것은 기존의 연구들은 제한된 특수 조건에서 얻어진 값인 반면에 본 연구의 결과는 관류열센서를 실제 온실의 피복재 내부표면에 부착하여 관류열량을 직접 측정된 결과로 특수한 조건이 아닌 기상변화가 많은 자연적인 조건에서 측정된 값이며, 피복재에 무적성과 내후성을 높이기 위해 첨가물을 이용한 표면처리가 되었기 때문으로 판단된다. 따라서 국내 온실의 정확한 난방부하량을 산정하는데 필요한 적절한 관류열전달계수를 제시하기 위해서는 우선 측정을 위한 표준화된 환경기준이 마련될 필요가 있으며, 또한 국내에서 실제로 사용되고 있는 주요 피복재별로 구체적인 관류열전달계수가 구해져야 할 것이다.

표 2. Different overall heat transfer coefficients of polyethylene greenhouse
(kcal · m⁻² · h⁻¹ · °C⁻¹)

Covering method	Papadakis etc.(2000) ¹	Seginer etc. (1988) ²		Njijskens etc. (1984) ²		Minagawa and Tachibana(1982) ³		Japan protected horticulture association (1994)	ASABE (2008)	This study
		Regular	With additives	Clear sky	Overcast sky	Clear sky	Overcast sky			
Single	5.2~6.9	8.6	8.2	7.7	6.2	7.2	6.2	5.8	5.3	3.3~5.7
Double	3.6~5.2	6.3	5.9	5.5	4.1	-	-	3.5	3.4	1.8~3.2

1Results measured at wind speed of 4m · s⁻¹

2Results measured at wind speed of 4m · s⁻¹, radiative outside temperature of -28°C, outside air temperature of -10°C, inside air temperature of 20°C

3Results measured at inside-outside temperature difference of 30°C

6. 상업용 플라스틱 온실의 광합성유효광량자속 변화

가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2013. 01. 19

나. 연구방법

대표적인 온실형태 및 피복형태들에 대한 온실내부의 투과광량 변화를 비교분석하기 위하여 표 1 및 그림. 1과 같이 충청남도 논산지역에 설치되어 운영되고 있는 수출용 토마토를 재배하는 4가지 형태의 상업용 온실을 선정하고 온실 내부의 광합성유효광량자속을 측정하였다. 온실 A는 전형적인 1-2W형태의 이중피복 8연동온실이며 내부와 외부피복재 모두 PE필름으로 피복되어 있다. 온실 B는 온실 A와 마찬가지로 내외부 피복재 모두 PE필름으로 피복된 이중피복 온실이지만 내부피복재를 온실 A와는 달리 그림. 1(b)에서 보는 바와 같이 중앙에서 양쪽 가장자리로 권취하여 개방하는 방식으로 피복되어 있다. 온실 C는 광폭형 단동온실로 외부피복은 PO필름으로 피복되어 있고, 내부피복은 PE필름으로 피복되어 있다. 온실 D는 온실 B와 온실구조 및 이중피복 방법은 동일하지만 그림. 1(d)에서와 같이 외부피복이 처마부에 위치한 개폐부분은 PE필름으로 피복되어 있고 그 위쪽은 PO필름으로 피복되어 있으며 내부피복은 모두 PE필름으로 피복되어 있다. 4가지 실험온실의 피복 방식은 모두 이중피복방식이며 피복재의 사용기간은 표 1에서와 같이 온실마다 차이가 있었다. 온실내부의 광합성유효광량자속은 광합성광량자속센서(UE-130, 한국)를 온실 폭 방향 중앙부의 중방 높이에 설치하여 측정하였으며, 측정 데이터는 데이터로그(ZF-10MX, 한국)를 사용하여 10분 간격으로 연속 저장하였다. 측정은 2009년 7월부터 2012년 4월 까지 2년 10개월간 측정하였다.

표 1. Characteristics of experimental greenhouses

Greenhouse	Type	Covering method	Covering Material	Replacement time	Number of span(width)	Direction
A	Multi span	Double layers	PE	2009.6	8(7m)	N-S
B	Multi span	Double layers	PE	2009.11 2010.11 2011.11	8(7m)	N-S
C	Wide single span	Double layers	PO(Outside) PE(Inside)	2010.6 2010.6	1(24m)	N-S
D	Multi span	Double layers	PO & PE (Outside) PE(Inside)	2005.9 2009.9 2010.11 2011.11	7(7m)	N-S

(a) Greenhouse A



(b) Greenhouse B



그림. 1. Inside and outside view of commercial greenhouses for experiment

(c) Greenhouse C



(d) Greenhouse D



다. 연구결과 및 고찰

(1) 월중 일일적산 광합성유효광량자속의 변화

그림. 2는 2010년 1월 동안의 일조시간 및 실험온실 4곳에서 측정된 온실내부의 일일적산 광합성유효광량자속의 변화를 도시한 것이다. 광량의 변화경향은 4가지 온실 모두 일조시간의 변화 경향과 대체로 잘 일치하는 것으로 나타났으나, 온실 간에 일일적산 광량의 차이는 상당히 큰 것으로 나타났다. 이는 온실의 형태, 피복재의 종류, 피복재의 사용기간 및 오염정도 등의 차이 때문인 것으로 판단되며(Nelson, 1991; Lee et al., 2010), 광량이 낮은 온실에 대해서는 광 환경을 개선할 수 있는 대책이 수립되어야 할 것으로 판단되었다. 또한 흐린 날과 맑은 날 사이에도 일일적산 광량의 차이가 크게 발생하는 것으로 나타났다. 토마토 재배온실에서 재배를 위한 적정 일일적산광량은 약 $7 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 정도로 알려져 있으며, 변환계수(Giacomelli et al., 1988; Lee et al., 2002)를 곱하여 일일적산 광합성유효광량자속으로 환산하면 약 $14 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 정도가 된다(Lee et al., 2010). 이 값을 기준으로 하면 1월 중에는 모든 온실이 토마토 생육에 필요한 적정 광량에 미치지 못하는 것으로 나타났다.

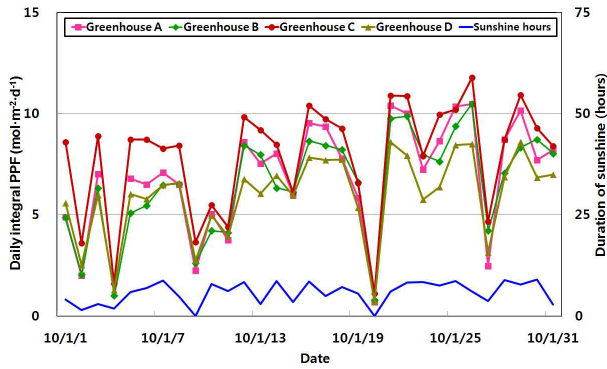


그림. 2. Variation of daily integral PPF in January 2010

(2) 월평균 일일적산 광합성유효광량자속의 연중 변화

그림. 3은 4가지 실험대상 온실에 대하여 광량이 부족한 12월, 1월, 2월의 일일적산 광합성 유효광량자속의 평균을 도시한 것이고, 그림. 4는 연도별 평균을 도시한 것이다. 온실 A와 B의 경우 2009년 12월~2010년 2월의 광량변화를 보면 피복재의 종류가 PE필름으로 같고 교체시기도 비슷하기 때문에 광량이 비슷하게 나타났으나 1년이 경과한 후에는 B온실은 피복재를 교체하였고 A온실은 피복재를 교체하지 않음에 따라 A온실의 투과광량이 상대적으로 약간 감소한 것으로 나타났다. 이중플라스틱피복 온실의 주된 광투과율 감소원인은 내부피복재 위에 먼지가 쌓인 상태에서 권취식으로 개폐함으로 인하여 내부피복재가 오염되기 때문인 것으로 보고되고 있지만(Lee et al., 2010). 본 연구에서 조사한 4가지 실험온실 모두 투과광량을 높이기 위하여 겨울철에도 내부피복재를 대부분 개방하였기 때문에 내부피복재의 오염으로 인한 광투과율의 저하는 미미하였으며 주로 외부피복재의 오염으로 인해 투과광량이 감소하는 것으로 분석되었다. 따라서 온실 B의 경우 3년 가까이 피복재를 교체하지 않았지만 투과광량의 감소가 크지 않은 것은 내부피복재의 오염에 의한 광 손실 영향은 미미하고 주로 외부피복재의 오염에 의한 감소이기 때문인 것으로 분석되었다. 온실 C의 경우 외부피복은 PO필름으로 피복되었고 내부피복은 PE필름으로 피복된 광폭형 단동온실이다. 외부피복이 PO필름으로 피복된 단동온실이기 때문에 일반적으로 알려진 바와 같이 광량은 높게 나타났으며(JGHA, 1994), 2010년 6월에 피복재를 교체한 이후 기간인 2010년 12월~2011년 2월과 2011년 12월~2012년 2월에는 광량이 훨씬 더 높게 나타나 PO필름으로 피복된 단동온실의 광 투과 성능이 매우 우수하다는 사실을 확인할 수 있었다. 피복재를 더 효율적으로 사용하기 위해서는 피복재의 교체시기를 겨울철 광량이 부족한 시기가 시작되기 전인 10월 또는 11월경으로 하여 더 많은 광량이 투과될 수 있도록 하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다. 온실 D는 비록 온실 C와 마찬가지로 외부피복이 PO필름으로 피복되어 있고 내부피복은 PE필름으로 피복되어 있지만 다른 온실들보다 투과광량이 적게 나타났으며, 이는 외부피복재를 교체한지 약 6년 이상 경과하여 외부피복재의 광투과율이 감소되었을 뿐만 아니라 연동온실이고 결로받이 등 내부의 광 차단 요인도 더 많기 때문인 것으로 판단된다. C온실과 비교해 보면 2012년의 경우 광량이 최대 40%정도까지 차이가 나기 때문에 D온실의 경우 피복재를 즉시 교체하여 광투과율을 높이는 것이 경제 적일 것으로 판단된다.

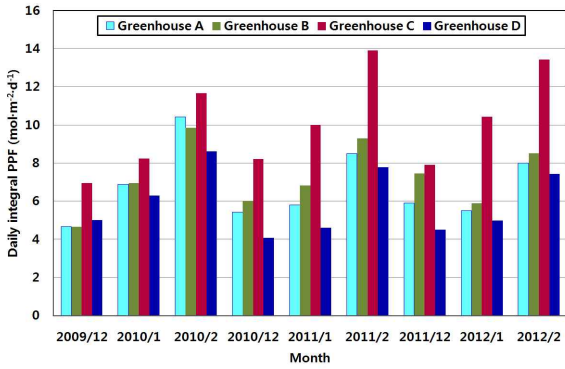


그림. 3. Comparison of monthly average of daily integral PPF

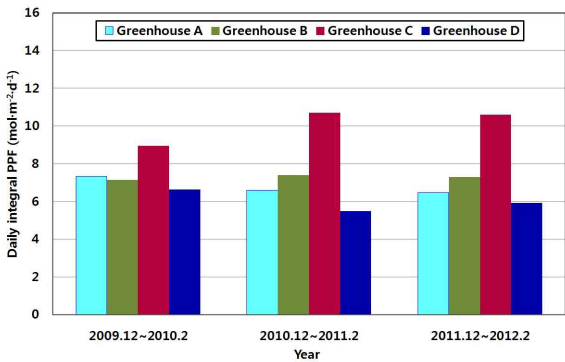


그림. 4. Comparison of average daily integral PPF by year

(3) 온실의 투과광량 감소요인 분석

그림. 5는 온실내부의 투과성을 떨어뜨리는 요인들을 비교분석하기 위한 온실내부전경을 보여주는 사진이다. 4가지 온실형태 모두 낮에 걸어둔 보온커튼이 광 투과 성능을 낮추는 요인이 되고 있기 때문에 보온커튼에 의한 광 차단을 감소시킬 수 있는 방안이 필요할 것으로 판단되었다. 4가지 실험대상 온실 모두 겨울철 낮 동안에 광투과율을 높이기 위해 열 손실이 커짐에도 불구하고 내부피복재를 열어 둔 상태로 유지하였다. 그러나 그림. 5에서 볼 수 있는 바와 같이 내부피복재를 완전히 열어둔 상태가 아니기 때문에 일부 닫혀 있는 오염된 내부피복재가 크지는 않지만 투과성을 떨어뜨리는 요인이 되는 것으로 분석되었다. 동일한 온실구조와 피복방식으로 만들어진 온실 B와 D의 경우에는 온실 폭 방향 중앙에 위치한 결로받이가 투광을 방해하는 요인으로 분석되었다. 온실 C의 경우에는 비교적 넓은 온실 폭의 중앙에 보온커튼과 내부피복재를 걸어 두고 있기 때문에 온실 전체 폭에 비해 걸쳐 있는 보온커튼과 내부피복재의 폭이 비교적 작아 다른 온실에 비해 광 손실이 상대적으로 적을 것으로 분석되었다.

종합적으로 검토해 볼 때 온실 C가 광 투과 측면에서 가장 우수한 것으로 나타났고 B와 D형태가 가장 바람직하지 못한 것으로 분석되었다.

(4) 피복재 교체시기 및 교체주기 제시

광량은 겨울철에 부족하기 때문에 플라스틱피복재의 교체 시기는 환기를 위해 피복재를 거의 개방하지 않는 겨울철이 되기 직전의 추위 때문에 설치작업에 방해를 받지 않는 시기인 10월~11월경이 적절할 것으로 판단된다. 외부피복재의 교체주기는 오염정도에 따라 달라지겠지만 2~3년마다 교체하되 광량을 지속적으로 측정하여 측정결과를 분석하여 최종적으로

로 결정할 필요가 있다. 내부피복재는 온실의 설치지역의 겨울철 외기온에 따라 개폐여부가 달라지기 때문에 겨울철 동안 내부피복을 개방하지 않는 경우는 매년 교체할 필요가 있으며 그렇지 않은 경우는 2~3년마다 교체할 필요가 있다.



그림. 5. The main inside factors to interrupt PPF incidence in greenhouse

7. 이중커튼 온풍난방 플라스틱온실의 겨울철 포차 및 결로량 변화

가. 연구기간: 2012. 01. 20 ~ 2014년 01. 19

나. 연구방법

(1) 실험온실

본 실험에 사용된 온실은 경기도 농업기술원(경기도 화성시 기산동 소재)내에 설치된 내재해형 규격시설 자동화비닐하우스 07-자동화-1형(농림수산식품부 고시 제2010-128호)의 이중피복온실 3연동 아치형온실이다. 온실의 크기는 폭 23.0 m, 측고 3.0 m, 동고 4.9 m, 길이 24 m이다.

(2) 환경조절 및 측정

실험온실에서는 토마토가 수경재배 되었다. 모든 온실내부의 환경계측은 토마토 재배를 위해 관행적으로 이루어지는 환경조절 조건하에서 수행되었다. 온실의 피복은 2010년 12월 27일 경에 이루어졌다. 온실의 보온은 온실내부에 옥스퍼드(600×600) 이중보온커튼을 사용하여 보온하였으며, 오전 8시 30분경에 커튼을 열고 오후 5시경에 닫았다. 난방은 온풍난방기를 사용하였고, PE필름을 사용하여 제작한 덕트를 설치하여 온풍을 온실에 골고루 분배하였으며, 설정온도는 15℃로 하였다.

겨울철 난방기간 중 온실 내외부의 온습도 및 피복재 표면온도를 측정하기 위하여 온습도 센서 및 피복재 표면온도 센서를 설치하였다. 온습도센서(UE-TH100, 한국)는 온실내부에 총 21점을 설치하였고, 외부에 2점을 설치하였으며, 내부피복재의 표면에 3점의 표면온도센서를 설치하였다. 측정온도를 평균하여 사용하였다. 데이터로그(ZF-10MX, 한국)를 사용하여 10분 간격으로 데이터를 측정해 연속 저장하였다.

(3) 포차 및 결로량 계산

포차는 다음 식(Hanan, 1998)을 사용하여 계산하였다.

$$PD = v_{p_{at}} - v_{p_{air}} \quad (1)$$

여기서, VPD는 포차(Pa), $v_{p_{sat}}$ 는 포화수증기압(Pa), $v_{p_{air}}$ 는 실제 공기의 수증기압(Pa)이다.

$$p_{at} = e^{(-B/T - C \ln T)} \quad (2)$$

여기서, e는 로그지수, A는 57.96, B는 6,731, C는 4.796, T는 절대온도(K)이다.

$$vp_{air} = vp_{sat} \times H \div 100 \quad (3)$$

여기서, RH는 상대습도(%)이다.

시간에 따른 결로량을 다음 식(Bakker 등, 1995; Hanan, 1998)을 사용하여 계산하였다.

$$C = g_{cnd} \times (\chi_a - \chi_r^*) \quad (4)$$

여기서, C는 결로량($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), g_{cnd} 는 전도도($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), χ_a 는 내부공기의 절대습도($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), χ_r^* 는 피복재에서의 포화습도($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)이다.

$$g_{cnd} = \frac{A_r}{A_g} \times 1.64 \times 10^{-3} \times (T_a - \tilde{T}_r)^{1/3} \quad (5)$$

여기서, A_r 은 지붕의 피복면적(m^2), A_g 은 온실의 바닥면적(m^2), T_a 는 내부공기의 가상온도(K), \tilde{T}_r 는 피복재 표면의 가상온도(K)이다.

가상온도는 다음 식(Hanan, 1998)을 사용하여 계산하였다.

$$T_v = \left. \begin{array}{l} T \\ 1 - \frac{e_a}{P}(1 - \epsilon) \end{array} \right\} \quad (6)$$

여기서, T_v 는 가상온도(K), e_a 는 수증기압(Pa), P 는 대기압(101.3 kPa), ϵ 은 물과 공기의 분자량 비(0.622)이다.

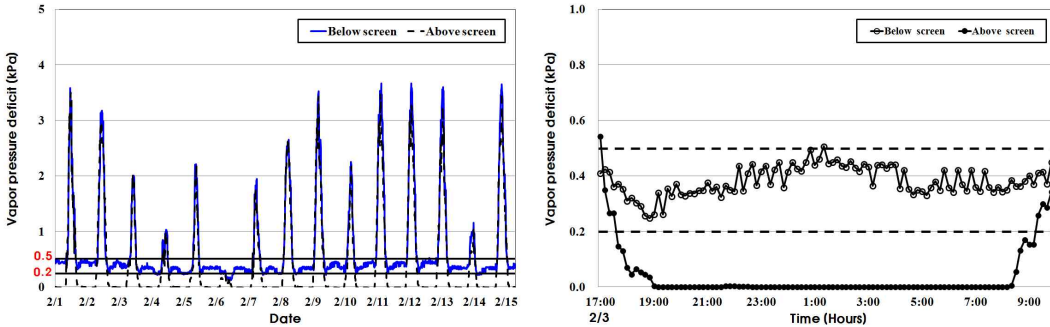
다. 연구결과 및 고찰

(1) 포차 변화

곰팡이균은 0.43 kPa 미만의 포차에서 가장 잘 생존하고 병 발생은 0.2 kPa 미만에서 잘 발생하는 것으로 알려져 있다(Prenger와 Ling, 2000). 또한, 온실 작물의 최적 생장을 위해 권장되는 최소포차는 0.2~0.3 kPa이고, 제습을 결정하는데 임계포차로 사용되는 값은 0.5 kPa이다(Hand, 1988). 또한 양분흡수나 광합성 등 생육에 적절한 포차의 범위는 0.4~0.7 kPa로 알려져 있다(Kim 등, 2012). 그림. 1(a)는 2011년 2월의 주야간 및 2월 3일의 야간에 대하여 그리고 그림. 1(b)는 2012년 2월의 주야간 및 2월 3일의 야간에 대하여 실험온실내 보온커튼 상부와 하부 위치에서의 포차 변화를 도시한 것이다. 커튼이 닫혀 있는 야간에 커튼 상부는 포차가 거의 0 kPa로 유지되었고 작물이 자라는 하부는 0.2~0.6 kPa 범위로 유지되었으며, 커튼이 열려 있는 주간에는 상부와 하부 공간에서 거의 동일한 포차가 유지되었다. 작물의 최적 생장을 위해 권장되는 최소포차인 0.2 kPa과 제습을 결정하는데 임계

포차로 사용되는 0.5 kPa을 기준으로 분석한 결과, 야간에 보온커튼 하부의 포차는 두 해 모두 대부분의 날에 0.2 kPa 보다는 크나 0.5 kPa 보다는 작게 나타났다. 실험온실의 경우 포차가 병 발생을 유발하기 쉬운 한계포차인 0.2 kPa 보다 더 크게 유지되어 온습도환경이 양호한 것으로 판단되었고 0.5 kPa 보다는 작게 나타나 제습이 필요한 것으로 판단되었다. 주간 포차는 2012년의 경우 1.7 kPa 이하로 낮게 유지되어 2011년에 비해 온습도 관리가 잘 된 것으로 분석되었다.

(a) February 2011



(b) February 2012

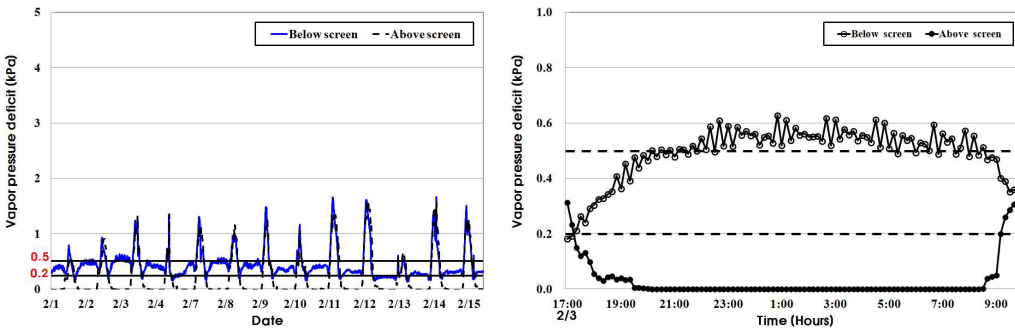


그림. 1. Variation of vapor pressure deficit in experimental greenhouse

(2) 온도 변화

그림. 2는 야간에 외부온도가 비교적 낮을 때와 높을 때 온실의 내부온도 및 내부피복재 표면온도의 변화를 도시한 것이다. 커튼 하부의 온도는 온풍난방의 설정온도인 15°C가 잘 유지되고 있는 것으로 나타났다. 그림. 2(a)에서 보는 바와 같이 커튼 상부의 온도는 비록 외부온도가 -11~16°C 범위로 낮게 유지되었지만 1.5~3.0°C 범위의 영상의 값으로 유지되었으며 이는 이중피복의 보온효과 때문인 것으로 판단된다. 내부피복재의 표면온도는 외부온도와 커튼상부온도의 평균값 보다 약간 더 큰 것으로 나타났으며, 대체로 외부온도의 변화에 비례하여 변화하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 내부피복재에 발생하는 결로량을 산정하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

(a) Outside temperature: lower than -10°C

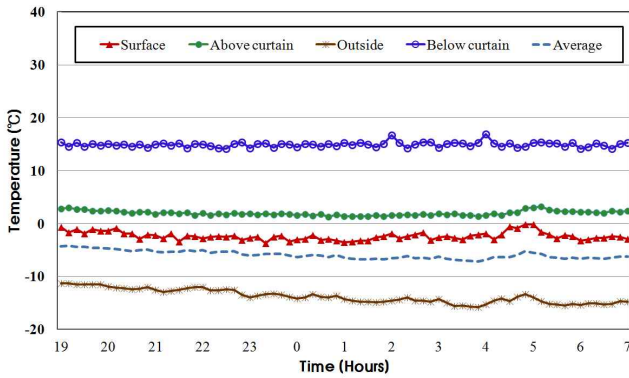
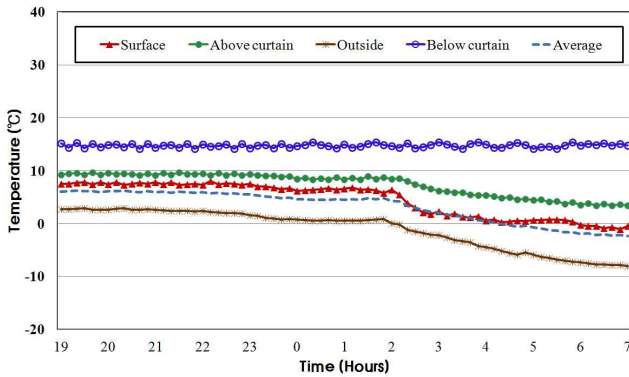


그림. 2. Temperature variation at each part of experimental greenhouse

(b) Outside temperature: higher than -10°C



(3) 습도 변화

그림. 3은 야간에 외부온도가 비교적 낮을 때와 높을 때 커튼 상부 및 하부의 습도변화를 도시한 것이다. 외부의 온도 및 습도 변화에 상관없이 커튼 상부의 습도는 거의 100%에 가까운 상대습도를 유지하여 결로발생이 용이한 조건인 것으로 나타났다. 커튼하부의 습도는 내부습도의 큰 변화에도 불구하고 75~90% 정도로 안정된 값을 유지하였으며, 이는 온풍난방을 실시하여 온도를 15°C 로 유지하였기 때문이다. 이러한 결과는 온실내부의 습도관리와 내부피복재에 발생하는 결로량을 산정하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

(a) Outside temperature: lower than -10°C

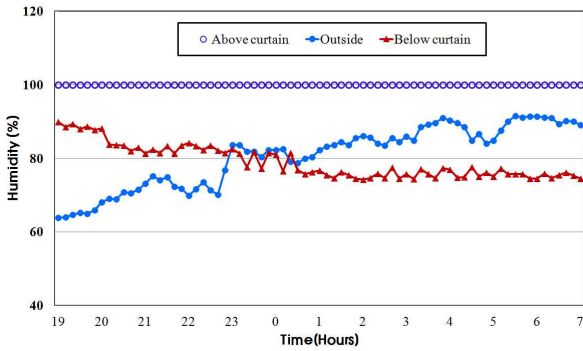
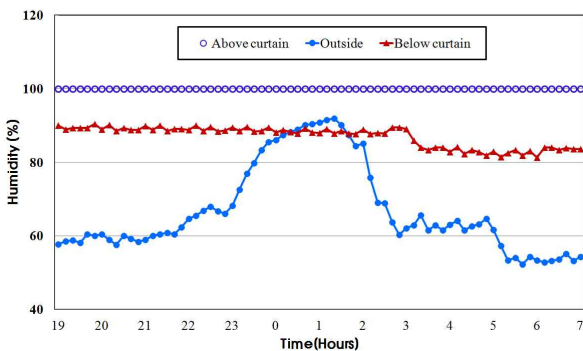


그림. 3. Humidity variation with outside temperature condition in experimental greenhouse

(b) Outside temperature: higher than -10°C



(4) 피복재의 결로량 분석

그림. 4는 야간에 내부피복재와 커튼 사이 공간에서의 여러 가지 온도조건에 대하여 내부 피복재 표면에 발생하는 결로량의 시간에 따른 변화를 도시한 것이다. 결로량이 평균온도가 5.6°C 에서는 $5.0\text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ($18.0\text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)이었고, 7.6°C 에서는 $4.2\text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ($15.1\text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)이었으며, 2.8°C 에서는 $6.6\text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ($23.8\text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)로 나타나 온실내부의 온도가 낮을수록 결로 발생량은 더 큰 것으로 나타났다. 이는 Granados 등 (2011)의 연구결과와 잘 일치하고 있다. 기존의 결로량 측정관련 연구결과들을 살펴보면 1쌍의 폴리에틸렌필름 덕트 내부로 각각 9°C 와 38°C 의 공기(상대습도 72~100%)를 불어 넣었을 때 측정된 결로량은 $39\sim 162\text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이었다(Delwiche와 Willits, 1984). 이스라엘의 전기난방 일중 폴리에틸렌필름피복온실에서 야간에 온실내부의 온도가 $11.7\sim 37.0^{\circ}\text{C}$ 범위이고 외부온도가 $10.2\sim 29.7^{\circ}\text{C}$ 범위이며 온실내부습도가 15~99% 범위일 때 결로량은 $2.9\sim 23.8\text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이었다(Seginer와 Kantz, 1986). 스페인 남부의 오이재배용 온수난방 베로유리온실에서 야간에 온실내부 설정온도가 14°C 이고 외부온도가 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 이며 온실내부 최대상대습도가 90~95% 범위일 때 결로량은 $0\sim 15.6\text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이었다(Granados 등, 2011). 그리스 동부 해안지역의 일중 폴리에틸렌필름피복온실에서 온수난방만 사용하였을 때(온실내부온도 $14\sim 16^{\circ}\text{C}$, 외부평균온도 8.0°C , 평균상대습도 78.5%)의 결로량은 $13.7\text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이었고, 온수난방과 온풍난방을 동시에 사용하였을 때(온실내부온도 $14\sim 16^{\circ}\text{C}$, 외부평균온도 4.6°C , 외부평균상대습도 74.0%)에는 결로량이 $2.3\text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이었다(Bartzanas 등, 2005). 이와 같이 실험조건 및 피복재의 종류 등에 따라 결로 발생량은 많

은 차이가 있었다. 본 연구의 결과는 Seginer와 Kantz(1986)의 연구결과와 가장 잘 일치하는 것으로 나타났으나 다른 온실실험 결과들과는 약간의 차이를 보여주고 있기 때문에 앞으로 실험을 통해서 더 자세한 검증을 거친다면 앞으로 우리나라 온실 피복재에 발생하는 결로량을 분석하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

(a) February 5 to 6

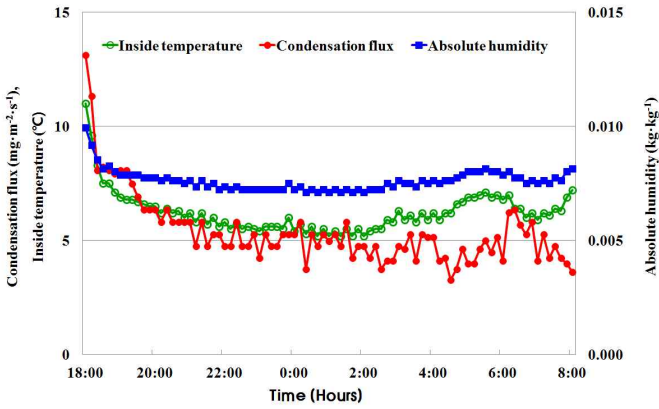
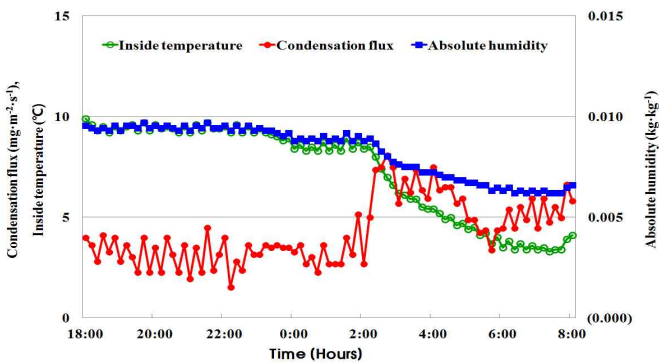
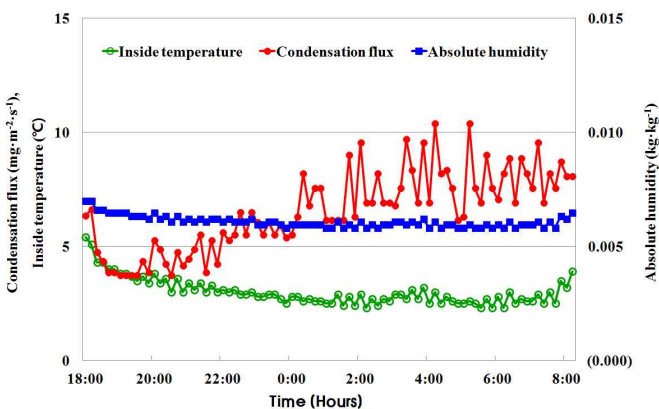


그림. 4. Condensation flux at the inner surface of cover

(b) February 6 to 7



(c) February 7 to 8



(5) 결로억제 기술

본 연구에서 분석된 결로억제 기술을 응용하여 그림. 5와 같은 시스템을 사용하는 결로억제 기술에 대한 특허를 출원하였으며 관련 기술에 대한 자세한 명세는 다음과 같다.

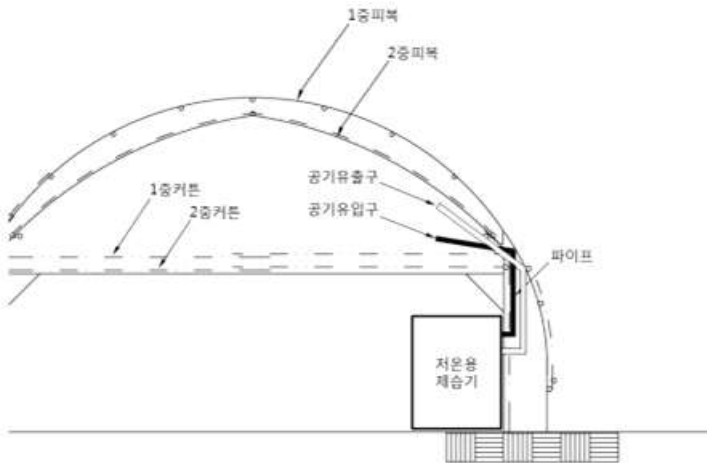


그림. 5. Schematic diagram for installation of dehumidifier

- 기술분야

결로 발생 억제 온실 및 이러한 온실의 제어 방법이다. 보다 상세하게는, 온실의 상부를 덮는 피복부와 이러한 피복부 아래에 위치한 커튼부 사이의 공간에서 발생하는 결로를 효율적으로 제거할 수 있어, 온실의 지붕 내부 피복부의 안쪽에서 발생하는 결로를 억제하여 온실 내 농작물로 결로가 떨어지는 것을 방지하고 충분한 광합성 유효 광량자속을 확보할 수 있는, 결로 발생 억제 온실 및 이러한 온실의 제어 방법이다.

- 발명의 배경이 되는 기술

비닐하우스와 같은 온실은 기밀성과 투광율이 높아 보온력이 우수할 뿐 아니라 피복재가 가벼워 설치비가 저렴한 이점이 있다. 일반적인 비닐하우스와 같은 온실은 지면과 수직으로 설치되는 기둥프레임과, 이러한 기둥골조의 상부에 반원의 형태로 설치되는 지붕프레임으로 구성되고, 각 프레임의 상부에 비닐 필름과 같은 피복재를 덮어 밀폐가 이루어지도록 구성된다. 온실의 상부 피복재와 농작물 사이에는 커튼이 구비되어 농작물의 추가적인 보온을 유지할 수 있다. 온실의 커튼과 피복재 사이 공간의 상대습도 변화는 오후에 온도가 낮아짐에 따라 증가하기 시작하여 커튼을 닫은 이후 일정시간 경과한 후 약 100%에 도달한 후 일정한 값을 유지하게 된다. 그런데, 이러한 피복재와 커튼 사이의 공간에는 야간에 결로가 발생되면, 온실 내부로의 광투과율이 억제되어 농작물의 생육이 나빠지고, 결로수가 작물 위에 떨어지게 되면 질병발생 확률이 높아지게 된다.

- 해결하고자 하는 과제

본 발명의 실시 예에 따른 목적은, 온실 내부의 피복재와 커튼 사이의 공간에 발생할 수 있는 결로를 효과적으로 억제하는 결로 발생 억제 온실 및 이의 제어 방법을 제공하는 것이다. 또한, 본 발명의 실시예에 따른 목적은, 일반적인 온실에 결로 발생을 위한 수단을 추가 설치함으로써, 비교적 간편하고 저비용으로 효율적인 광투과율을 확보할 수 있는 결로 발생 억제 온실 및 이의 제어 방법을 제공하는 것이다.

- 과제의 해결 수단

본 발명의 실시 예에 따른 결로 발생 억제 온실은, 온실 골격을 형성하는 프레임, 상기 프레임의 상부를 덮는 적어도 하나의 피복부, 상기 피복부의 하부에 개폐 가능하게 배치되는 적어도 하나의 커튼부, 및 상기 피복부와 상기 커튼부 사이 공간의 공기 중의 습기를 제거하는 제습부를 포함한다.

상기 제습부는 저온용 제습기(0~10℃)이고, 상기 저온용 제습기는 제습기 본체, 공기유입 배관 및 건조공기유출배관을 포함하고, 상기 제습기 본체는 상기 커튼부의 하부에 배치되고, 상기 공기유입배관의 공기유입구 및 상기 건조공기유출배관의 건조공기유출구는 상기 피복부와 상기 커튼부 사이의 공간으로 연통되도록 배치될 수 있다.

상기 피복부는 온실의 외부와 접하는 제1 피복재 및 상기 제1 피복재의 아래에 배치되는 제2 피복재를 포함하고, 상기 제2 피복재의 하면에는 습기를 흡수하는 제습시트가 구비될 수 있다.

상기 커튼부는 제1 커튼 및 상기 제1 커튼의 아래에 배치되는 제2 커튼을 포함하고, 상기 제1 커튼의 상면에는 습기를 흡수하는 제습시트가 구비될 수 있다.

본 발명의 실시 예에 따른 결로 발생 억제를 위한 온실의 제어 방법은, 상기 온실 상부를 덮는 피복부와 상기 피복부의 하부에 개폐 가능하도록 배치되는 커튼부 사이의 공간을 구비하는 온실의 제어 방법에 관한 것으로, 상기 커튼부가 닫히는 단계, 상기 커튼부의 닫힘과 동시에 상기 피복부와 상기 커튼부 사이의 공간에 있는 공기 중의 습기를 제거하는 단계, 상기 커튼부가 열리는 단계, 및 상기 커튼부가 열림과 동시에 상기 피복부와 상기 커튼부 사이의 공간에 있는 공기 중의 습기 제거를 멈추는 단계를 포함한다.

상기 커튼부가 닫히고 상기 피복부와 상기 커튼부 사이의 공간에 있는 공기 중의 습기 제거를 시작하는 단계는 일몰을 감지하여 일몰 후에 이루어질 수 있다.

상기 커튼부가 열리고 상기 피복부와 상기 커튼부 사이의 공간에 있는 공기 중의 습기 제거를 멈추는 단계는 일출을 감지하여 일출 후에 이루어질 수 있다.

- 발명의 효과

본 발명의 실시 예에 따르면, 온실 내부의 피복재와 커튼 사이의 공간에서 결로가 발생할 경우 이러한 결로문제는 광투과율을 나쁘게 하여 농작물의 발육에 악영향을 줄 수 있으므로, 이러한 결로의 발생을 효과적으로 억제할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시 예에 따르면, 저온에서의 습기 제거가 비교적 간편하고 경제적으로 실현될 수 있는 효과가 있다. 또한, 본 발명의 실시 예에 따르면, 기존 온실의 큰 구조적 변경 없이 추가적인 구성요소의 설치를 통해서 결로 발생을 억제함으로써 광투과율을 효율적으로 확보할 수 있는 이점이 있다.

8. 플라스틱온실의 피복방식에 따른 보온 및 광투과 성능 평가

가. 연구기간: 2013. 01. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

(1) 실험온실

본 실험에 사용된 온실은 경기도 농업기술원(경기도 화성시 기산동 소재)내에 설치된 내재해형 규격시설 자동화비닐하우스 07-자동화-1형(농림수산식품부 고시 제2010-128호)의 관행형태 이중피복온실(일중피복온실 실험에도 사용)과 공기주입식 이중피복온실의 3연동 아치형온실 2개동이다. 온실의 크기는 폭 23.0m, 측고 3.0m, 동고 4.9m, 길이 24m이다. 2009년 12월~2012년 10월 사이의 1차 실험에서는 관행이중피복온실과 공기주입 이중피복온실에 대한 비교실험이 수행되었고, 2012년 12월~2013년 3월 사이의 2차 실험에서는 일중피복온실과 공기주입 이중피복온실에 대한 비교실험이 수행되었다. 이때 관행이중피복온실과 일중피복온실은 동일한 구조재에 피복상태만 달리하여 실험을 실시하였다. 1차 실험온실은 0.1mm 두께의 PE필름으로 2009년 4월 15일에 피복되었고 2010년 12월 27일에 교체되었으며, 2차 실험온실은 2012년 11월 16일에 피복되었다. 그림. 1은 실험온실의 내부전경을 보여주는 사진이다. 환기방식은 관행이중피복온실과 일중피복온실의 경우 천창을 처마부위에서 권취식으로 말아 올리는 개폐방식이고, 공기주입 이중피복온실은 용마루 부위 설치된 나비형 천창을 랙-피니언 방식으로 개폐하는 방식이다.

실험온실에서는 토마토가 수경재배 되었다. 모든 온실내부의 환경계측은 토마토 재배를 위해 관행적으로 이루어지는 환경조절 조건하에서 수행되었다. 보온은 그림. 2(a)와 같이 온실내부에 옥스퍼드(300×600) 이중보온커튼을 설치하여 보온하였으며, 오전 8시 30분경에 커튼을 열고 오후 5시경에 닫았다. 난방은 그림. 2(b)와 같이 온풍난방기(BH-60, 한국)를 사용하였고, 그림. 2(c)와 같이 PE필름을 사용하여 제작한 온풍덕트를 설치하여 온풍을 온실에 골고루 분배하였으며, 설정온도는 13℃로 하였다.

(a) Conventional double layers (b) Air inflated double layers (c) Single layer



그림. 1. Inside view of experimental greenhouses

(a) Thermal screen



(b) Hot air heater



(c) Hot-air duct



그림. 2. Thermal screens and hot air heating system in experimental greenhouse

(2) 환경계측

겨울철 난방기간 중 온실 내외부의 온습도, 광합성유효광량자속 및 피복재 관류열량을 측정하기 위하여 그림. 3과 같이 온습도 센서, 광합성광량자속센서 및 관류열량 측정센서를 설치하였다. 온습도센서(UE-TH100, 한국)는 각각의 실험온실내부에 총 21점씩을 설치하였고 외부에 2점을 설치하였으며, 광합성유효광량자속은 광합성광량자속센서(UE-130, 한국)를 온실 폭 방향 중앙부의 중방 높이에 2점씩을 설치하고 외부에 2점을 설치하여 측정하였고 모든 측정 데이터는 데이터로그(ZF-10MX, 한국)를 사용하여 10분 간격으로 연속 저장하였다. 피복재의 관류열량은 관류열센서(MF-180, 일본)를 데이터로그(MP-75, 일본)에 연결하여 10분 간격으로 저장되도록 하였다.

(a) Temp. and humidity sensors (b) PPF sensors (c) Heat flow sensors



그림. 3. Air temperature, humidity, PPF and heat flow sensors installed in experimental greenhouse

(3) 결로량 측정

피복재 표면의 결로로 인해 온실에서 발생하는 가장 큰 문제점은 입사광의 반사로 인한 광투과율의 저하이다(Papadakis 등, 2000; Pieters 등, 1997; Pollet와 Pieters, 1999). 이와 같이 온실의 광환경을 해치는 결로의 발생정도를 분석하기 위하여 피복방식별 결로발생량을 측정하고 비교하였다.

그림. 4는 피복재 표면에 발생한 결로를 수거하고 무게를 측정하는 광경을 보여주고 있다. 각 실험온실의 피복재 내부표면 위에 서까래와 도리에 의해 나누어진 구역 3곳씩을 택하여 각 구역의 결로를 수거하고 저울(SW, 한국)을 이용하여 중량을 측정하고 단위면적당 결로발생량을 산정한 후 3곳의 값을 평균하여 결로량을 결정하였다. 결로량의 수거를 위해 주방용 종이타월을 사용하였고 종이타월로 피복재 표면의 물방울을 빨아들인 상태에서 중량을 측정한 후 종이타월의 중량을 제하여 결로량을 구하였다. 2013년 1월 18일부터 3월 8일까지 매일 오전 9시 30분에 피복재 표면의 결로량을 측정하고 1시간이 경과한 10시 30분에 동일한 표면에서 발생된 결로량을 측정하였다.

(a) Collection of condensation water (b) Measurement of weight



그림. 4. Measurement of condensation water on covering surface

(4) 관류열전달계수

피복방법에 따른 온실의 보온효과를 정량적으로 분석할 목적으로 관류열전달계수를 산정하

였다. 관류열전달계수는 기상자료를 이용하여 계산한 난방용 연료소비량이 실험온실에서 실제로 소모된 연료소비량과 같다고 하였을 때 얻어진 관류열전달계수 값으로 결정하였다. 이때 실제로 소비된 난방용 연료는 피복재를 통한 관류열손실부하에 의해서만 소비되었다고 가정하였다. 1차 및 2차 실험에서 온풍난방을 위해 사용한 일일경유소비량을 각각 2개월간씩(2011년 1월~2011년 2월 및 2012년 12월~2013년 1월) 매일 측정하였다. 연료 소비량의 계산은 다음 식을 사용하였다(JGHA, 1994).

$$V = \frac{q}{\beta \cdot \eta} \quad (1)$$

여기서, V는 연료 소비량(L · d⁻¹), q는 온실의 야간난방부하량(kcal · d⁻¹), β는 연료의 발열량(경유: 9,050kcal · L⁻¹), η는 난방시스템의 열 이용효율(0.85)이다(RDA, 2008). 야간난방부하량은 다음 식(JGHA, 1994)을 사용하여 계산하였다.

$$q = A_g \cdot h \cdot DH - A_s \cdot q_{sn} \quad (2)$$

여기서, A_g는 온실의 피복면적(m²), h는 관류열전달계수(kcal · m⁻² · h⁻¹ · °C⁻¹), DH는 야간 난방디그리아워(°C · h · d⁻¹), A_s는 온실의 바닥면적(m²), q_{sn}는 야간의 지표전열부하량(kcal · m⁻² · dm⁻² · h⁻¹ · °C⁻¹)이다. 이때 지표전열부하량은 -150kcal · m⁻² · night⁻¹로 가정하여 산정하였다(JGHA, 1994).

온실의 난방은 야간에만 실시되었기 때문에 난방디그리아워는 야간난방 디그리아워 산정식인 다음 식을 사용하여 계산하였다(JGHA, 1994).

T_s ≥ (7T_h + 5T_l)/12 시간일 때,

$$DH_{nt} = 14T_s - (49T_h + 119T_l)/12 \quad (3)$$

T_s < (7T_h + 5T_l)/12 시간일 때,

$$DH_{nt} = 12(T_s - T_l) / (T_h - T_l) \quad (4)$$

여기서, DH_{nt}는 일 야간난방 디그리아워(°C · h · d⁻¹), T_s는 난방설정온도(°C), T_h는 일최고 외기온(°C), T_l는 일최저 외기온(°C)이다.

Diop 등(2012)이 제시한 핫박스를 이용한 방법을 사용하여 실외에서 관류열전달계수를 측정하였으며, 측정실험은 2013년의 1월~4월에 걸쳐 수행되었다. 표 1은 시험재료 및 처리조건을 나타낸 것이다. 일중PE필름피복 및 이중PE필름피복과 2층의 폴리에스테르 보온재(옥스퍼드, 300 × 600)의 조합조건에 대하여 관류열전달계수를 측정하였다.

표 1. Test matrix of covering materials with thermal screens

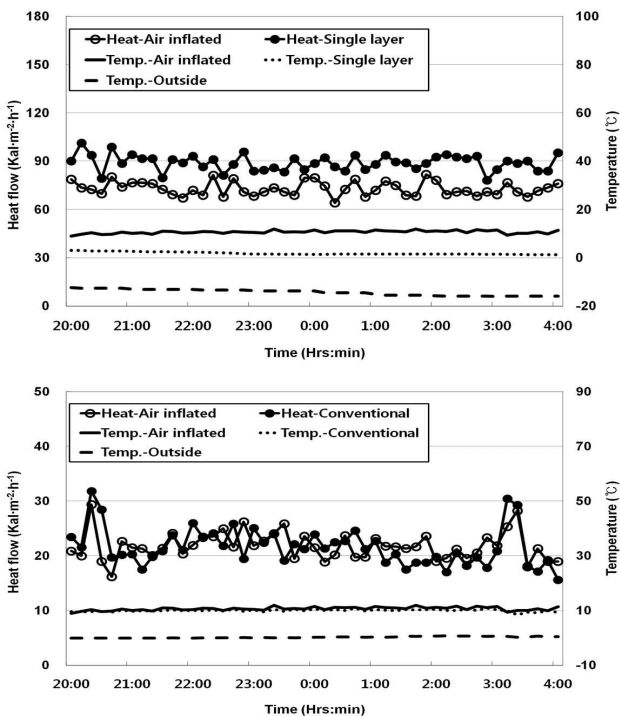
Treatments	Covering materials	Thermal screens
1	1 layer of PE film	2 layers of white polyester z
2	2 layers of PE film	2 layers of white polyester

^zApparent density 890.1 kg·m⁻², thickness 0.4mm, referred to as oxford 300 x 600 in the market(Kim et al., 2009).

다. 연구결과 및 고찰

(1) 관류열손실량의 비교

그림. 5는 3가지 피복조건에 대한 관류열손실량을 열관류센서로 측정된 결과이다. 그림. 5(a)는 공기주입 이중피복온실과 일중피복온실의 관류열손실량을 비교한 것으로 보온 커튼을 설치하지 않고 온풍난방기를 최대로 가동하였을 때의 온실내의 온도와 관류열손실량의 변화를 보여주고 있다. 일중피복온실이 공기주입 이중피복온실보다 관류열손실량이 약 30kcal·m⁻²·h⁻¹ 더 큰 것으로 나타났으며, 일중피복온실 내부의 온도가 공기주입 이중피복온실 내부의 온도보다 더 낮게 유지되었다. 이는 난방기에서 공급되는 열량은 동일하나 일중피복온실이 공기주입 이중피복온실에 비해 피복재를 통한 관류열손실이 더 크기 때문이다. 그림. 5(b)는 공기주입 이중피복온실과 관행 이중피복온실에 대해 보온커튼이 설치된 상태에서 측정된 관류열손실량을 비교한 것이다. 두 온실의 관류열손실량이 비슷한 것으로 나타났으며, 이는 관행 이중피복형태와 공기주입 이중피복형태의 보온효과가 거의 동일함을 의미한다.



a) Comparison of heat flow between single layer and air inflated double layers greenhouse

b) Comparison of heat flow between conventional and air inflated double layers greenhouse

그림. 5. Comparison of heat loss among three types of covering methods

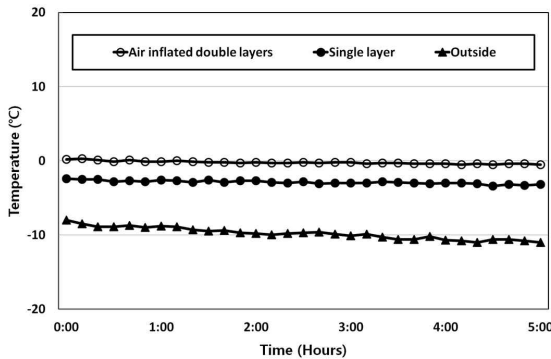
(2) 온실내부 온도변화 비교

그림. 6은 온실피복 형태별로 피복재와 보온커튼 사이의 온도 및 외부온도의 변화를 도시

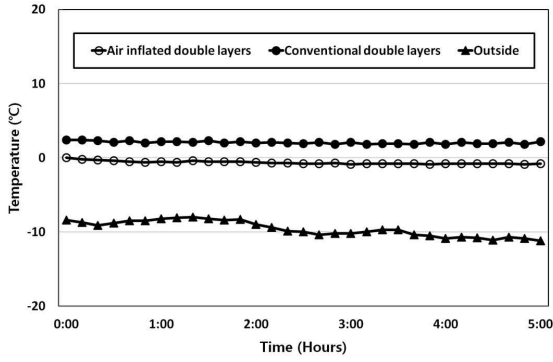
한 것이다. 외부온도가 -10°C 내외로 비슷하게 변화할 때 피복재와 커튼 사이의 온도는 관행 이중피복온실이 가장 높고 공기주입 이중피복온실이 그 다음으로 낮았으며 일중피복온실이 가장 낮았다. 이는 일중피복온실의 관류열손실이 가장 크고 관행 이중피복온실의 관류열손실량이 가장 적음을 의미한다. 앞에서 열관류센서로 측정된 결과에 의하면 공기주입 이중피복온실의 관류열손실량이 관행 이중피복온실의 관류열손실량과 거의 비슷한 것으로 나타났으나, 피복재와 보온커튼 사이의 온도는 공기주입 이중피복온실이 더 낮게 나타난 것은 공기주입 이중피복온실의 경우 천창의 틈새로 인한 환기전열손실이 크기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 공기주입 이중피복온실에서 나비식 천창을 사용할 경우 틈새 환기전열손실을 줄일 수 있는 대책이 수립되어야 할 것으로 판단된다.

(3) 관류열전달계수

그림. 7은 관류열전달계수를 계산하기 위하여 산정된 연료소비량, 실제로 측정된 연료소비량 및 일일평균외기온의 변화를 도시한 것이다. 측정된 일일 경유소비량의 변화와 평균외기온의 변화를 비교한 결과 증감의 양상이 정확하게 일치하지는 않았지만 비슷한 변화를 나타내었다. 또한 그림. 7의 (c)와 (d)에서 보는 바와 같이 2개월 동안 일평균외기온과 경유소비량의 전체적인 변화 경향은 평균외기온이 증가함에 따라 연료소모량이 감소하여 잘 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 표 2는 온실실험과 모형실험에서 얻어진 온실 피복형태별 관류열전달계수를 나타낸 것이다. 온실실험에서 얻어진 관류열전달계수는 일중피복온실이 $3.09\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ 로 가장 컸고, 그 다음이 공기주입 이중피복온실로 평균 $2.73\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ 이었고 관행 이중피복온실이 $2.12\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ 로 가장 낮게 나타났다. 앞에서 언급한 것처럼 동일한 이중피복온실임에도 불구하고 관류열전달계수가 차이가 있는 것은 공기주입 이중피복온실의 경우 천창 틈새를 통한 환기전열손실이 다소 크게 발생하기 때문인 것으로 판단된다. 온실실험결과와 모형실험결과를 비교한 결과 일중피복온실과 관행이중피복온실 모두 비슷한 값을 보여주었다. 이는 일중피복온실과 관행이중피복온실의 경우 피복재가 잘 밀폐되어 있어 대부분의 열손실이 관류열손실로 인해 발생되었기 때문으로 판단된다. 온실실험과 모형실험의 일치된 결과는 측정된 관류열전달계수가 타당성 있는 값을 보여준다. 이러한 관류열전달계수는 향후 온실의 난방설계시 직접 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

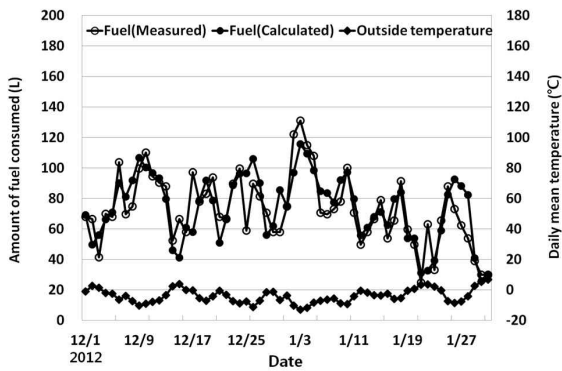


a) Comparison between single layer and air inflated double layers greenhouse

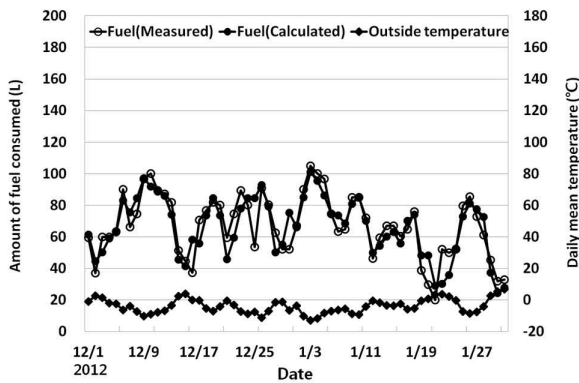


b) Comparison between conventional and air inflated double layers greenhouse

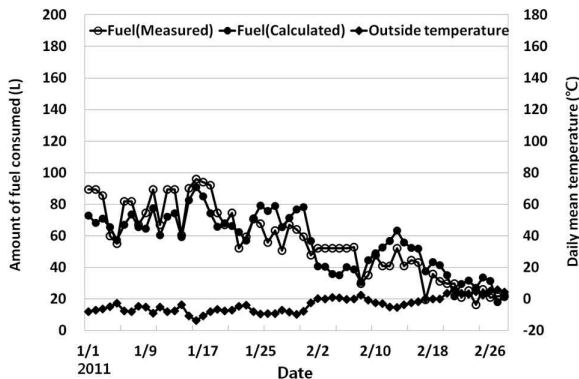
그림. 6. Variation of temperature between covering material and thermal screen according to outside temperature



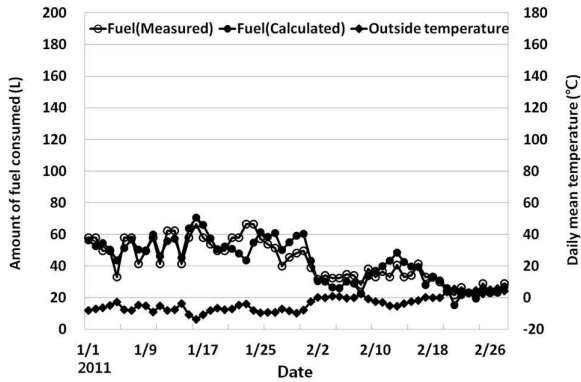
a) Single layer greenhouse(overall heat transfer coefficient of 3.09)



b) Air inflated double layers greenhouse(overall heat transfer coefficient of 2.80)



c) Air inflated double layers greenhouse(overall heat transfer coefficient of 2.66)



d) Conventional double layers greenhouse(overall heat transfer coefficient of 2.12)

그림. 7. Variation of measured and calculated fuel amount and daily mean temperature for each covering method

표 2. Overall heat transfer coefficient for each covering method
($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

Experimental method	Covering method		
	Single layer	Air inflated double layers	Conventional double layers
Greenhouse	3.09	2.73 ^z	2.12
Model	2.93	-	2.20

^zAverage value of two experiment results.

(4) 투광량 비교

그림. 8은 3가지 피복형태에 대하여 12월중의 일일적산 광합성유효광량자속 및 일조시간을 비교한 것이다. 3가지 피복형태 모두 일조시간에 따른 광량의 변화경향은 잘 일치하는 것으로 나타났다. 비록 측정연도는 다르지만 온실의 투과광량은 일중피복이 가장 크고 그 다음이 공기주입 이중피복이며 관행이중피복이 가장 낮았다. 공기주입 이중피복온실의 투과광량은 일중피복온실의 79%로 나타났고 이는 Iwasaki 등(2011)의 연구결과인 80%와 아주 비슷한 값이었으며 관행이중피복온실은 공기주입 이중피복온실의 88%정도였다. 표 3은 온실 피복형태별 일일적산 광합성유효광량자속 투과율을 나타낸 것이다. 공기주입 이중피복온실의 투과율은 평균 57.2%로 나타났고, 일중피복온실보다는 14.7% 낮았으며 관행이중피복온실보다는 7%정도 높았다. 이는 11월의 공기주입 이중피복온실과 관행이중피복온실의 광투과율의 차이가 7.1%라는 Lee 등(2010)의 연구결과와도 잘 일치한다. 공기주입 이중피복온실이 비록 일중피복온실보다 광투과율이 크게 낮으나 동일한 이중피복온실인 관행이중피복온실보다 광투과율이 높기 때문에 보온을 위해서 이중피복을 설치할 경우에 광투과율을 확보하기 위해서는 공기주입 이중피복방식을 채택하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

- a) Comparison between single layer and air inflated double layers greenhouse b) Comparison between conventional and air inflated double layers greenhouse

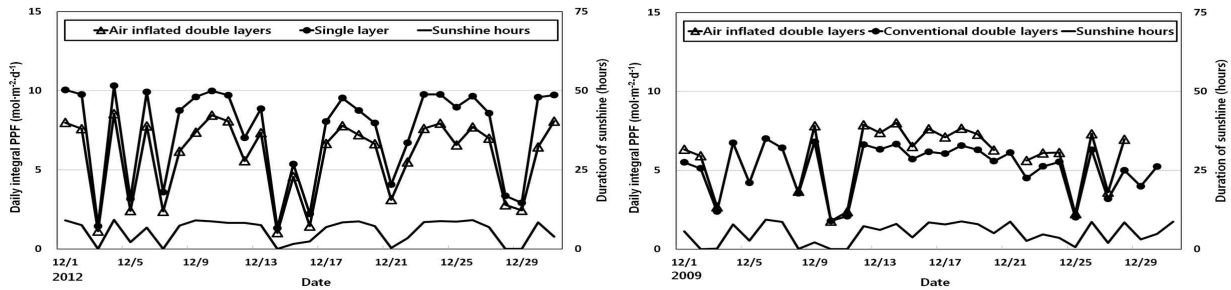


그림. 8. Variation of daily integral PPF among three types of covering methods

표 3. PPF transmittance for each covering method

Covering method	Single layer	Air inflated double layers	Conventional double layers
PPF transmittance(%)	71.9	57.2	50.2

(5) 결로량 비교

표 4는 공기주입 이중피복온실과 일중피복온실의 피복재 표면에서 발생하는 결로량을 오전 9시 30분과 10시30분에 측정된 결과이다. 결로발생량은 공기주입 이중피복온실은 13.3~44.3ml·m⁻²의 범위이고 일중피복온실은 26.3~149.2ml·m⁻²의 범위로 변화폭이 상당히 큰 것으로 나타났다. 오전 9시 30분에 처음으로 측정된 결로량은 일중피복온실이 공기주입 이중피복온실에 비해 평균 3배 이상 큰 것으로 나타났다. 결로를 수거한 후 1시간이 지난 10시 30분에 측정된 결로량은 일중피복온실의 경우는 초기량과 비슷하였으나 공기주입 이중피복온실의 경우는 크게 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 결로의 양은 일중피복이 훨씬 큰 것으로 나타났다. 공기주입 이중피복온실에 비해 일중피복온실의 피복재 내부표면에서 발생하는 결로량이 큰 이유는 일중피복온실의 피복재 내부표면온도가 훨씬 낮기 때문에 피복재에서의 포화습도가 작아져 내부공기의 절대습도와 차이 증가하기 때문인 것으로 판단된다(Hanan, 1998). 지붕피복재 표면에서의 결로발생을 억제하는 측면에서는 일중피복에 비해 이중피복방식이 더 우수함을 확인할 수 있었다. 10시 30분에 측정된 량은 1시간 동안에 발생된 결로량이므로 시간당 발생량으로 볼 수 있으며 그 값은 이중피복온실이 4.4~44.3 ml·m⁻²·h⁻¹이었고 일중피복온실이 17.6~70.2ml·m⁻²·h⁻¹이었다. 기존의 연구결과를 보면 PE필름으로 피복된 모형실험장치에서 측정된 결로량은 39~162 ml·m⁻²·h⁻¹이었고(Delwiche와 Willits 1984), 이스라엘의 일중피복플라스틱온실에서 측정된 야간의 평균 결로량은 3.6~25.2ml·m⁻²·h⁻¹이었다(Seginer와 Kantz, 1986). 또한 그리스의 일중피복플라스틱온실에서 측정된 값은 온수난방의 경우는 13.7ml·m⁻²·h⁻¹이었고 온수 및 온풍난방을 동시에 사용하였을 때에는 2.3ml·m⁻²·h⁻¹이었다(Bartzanas 등, 2005). 이와 같이 온실의 설치지역과 환경조절방법 등에 따라 결로량이 많은 차이가 있었다. 특히 동일한 일중피복플라스틱온실조건인 프랑스와 그리스의 실험결과에 비해 본 연구의 결과가 훨씬 더 큰 값을 나타낸 것은 본 실험에서의 외부기온이 상대적으로 많이 낮은 조건이었기 때문으로 판단된다.

☒ 4. Quantity of condensation water on covering surface($\text{ml} \cdot \text{m}^{-2}$)

Date	Air inflated double layers (Time)		Single layer (Time)	
	9:30	10:30	9:30	10:30
Jan. 18	35.4	31.0	39.5	35.1
21	13.3	13.3	26.3	35.1
22	26.6	13.3	79.0	35.1
23	17.7	13.3	74.6	39.5
24	22.2	13.3	87.8	39.5
25	31.0	35.4	140.4	57.0
28	39.9	31.0	61.4	30.7
29	22.2	17.7	136.0	30.7
30	22.2	17.7	100.9	17.6
31	22.2	17.7	52.7	17.6
Feb. 1	13.3	4.4	39.5	17.6
4	44.3	26.6	65.8	35.1
5	17.7	17.7	57.0	30.7
6	35.4	35.4	100.9	70.2
7	31.0	44.3	83.4	57.0
8	44.3	39.9	149.2	65.8
12	17.7	26.6	57.0	35.1
13	22.2	31.0	96.5	43.9
14	17.7	26.6	87.8	39.5
15	22.2	26.6	92.1	43.9
18	17.7	17.7	26.3	30.7
19	17.7	22.2	26.3	48.3
20	26.6	22.2	61.4	65.8
21	22.2	31.0	79.0	52.7
22	17.7	31.0	105.3	48.3
25	22.2	31.0	87.8	52.7
26	17.7	22.2	140.4	35.1
27	31.0	22.2	96.5	39.5
28	26.6	26.6	57.0	35.1
Mar. 4	26.6	44.3	92.1	39.5
5	31.0	35.4	87.8	61.4
6	31.0	26.6	83.4	52.7
7	17.7	13.3	35.1	17.6
8	26.6	22.2	175.5	39.5
Average	25.0	25.1	79.0	41.1

<에너지 절감을 위한 이중 공기막 플라스틱하우스 현장적용 연구 및 산업화>

1. 에너지절감형 온실의 시설 내 환경조사 및 재배환경 분석, 시공자재 성능조사

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

본 연구는 경기도농업기술원 원예연구과 채소시험포장의 1-2W 단동형 비닐하우스 6동과 신축한 3연동 하우스 2동에서 수행되었다.

토마토재배온실의 난방현황 및 재배환경 분석과 에너지 절감형 온실의 시설내 환경 조사를 위하여 먼저 토마토의 생육온도를 조사한 결과 야간 적온은 17℃이며 지온은 20~23℃인 것으로 나타났다(표 1). 토마토의 시설형태별 연간 난방 연료 소요량을 조사한 결과 남부지역인 전남과 경남에 비해 강원과 경기에서 2배가량 연료가 많이 소요되었으며 시설형태 차이에 따라서도 유리온실과 비닐하우스의 경우 유리온실에서 6.3%의 연료를 더 소요로 하였다(표 2). 또한 토마토 재배시 경영비에서 난방비의 비중은 토마토축성재배시 35%, 방울 토마토 재배시 31%를 차지해 경영비의 1/3을 차지하고 있다는 것을 알 수 있다(표 3).

표 1. 토마토의 생육온도

주 야	적 온	생육 정지	기형과 발생 생육 저하	지 온	
				적온	생육저하
낮 밤	25~27℃ 17℃	5℃ 이하	7℃이하 10℃이하	20~23℃	13℃이하, 33℃이상

표 2. 토마토의 시설형태별 연간 난방 연료 소요량 (단위 : L/10a · 년)

시설형태	중북부		중남부		남부	
	강원(홍천)	경기(화성)	충남(유성)	전북(남원)	전남(구례)	경남(밀양)
유리온실	14,720	11,611	10,650	9,389	6,687	7,351
비닐하우스	13,852	10,926	10,022	8,835	6,293	6,918

표 3. 토마토재배 경영비의 난방비 비중 (단위 : 원/10a)

구 분	경영비(A)	광열동력비(B)	비율(B/A)
토마토(축성)	6,302,682	2,208,102	35%
방울토마토	8,516,727	2,598,858	31%

이상과 같이 토마토 시설재배에 있어서 생산비 절감요인이 큰 난방비를 줄여서 수출경쟁력을 키우고자 에너지 절감형 온실의 개발을 위하여 공기주입 이중피복 플라스틱 하우스를 설치하고 시설내 온도 조사 및 부속 자재의 성능을 테스트하였다.

공기주입 이중피복 플라스틱 3연동하우스 525m² 를 설치하고 내부시설로 락 앤 피니언방식 천창개폐시스템과 2중 보온커튼을 설치했으며 기존 표준형 연동하우스의 내부 2중 철골조를 제거하고 외부 피복자재로 장수비닐 0.1mm를 이용하여 공기주입 이중피복을 설치하였다. 이와 대조하기 위한 하우스로 대조 표준형 3연동하우스를 1-2W형태로 525m² 를 설치하고 권취형 천창개폐시스템과 2중 보온커튼을 설치하였다. 내부 2중 철골조를 설치하고 피복자재로 장수비닐 0.1mm를 이용하여 내부와 외부피복을 설치하였다. 조사항목으로 시

설내의 온도변화를 측정하였으며 이중피복 플라스틱 하우스에 설치된 공기주입 팬의 성능을 조사하기 위해 이중피복내의 공기압력을 조사하였다. 또한 단동형 하우스의 공기주입 이중피복적용을 위하여 단동형 하우스 6동을 대상으로 1동 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 5cm, 2동 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 5cm, 천창이 설치, 3동 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 10cm, 4동 : 하우스 형태가 뽕족형이고 대조 관행 이중하우스, 5동 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 0cm, 6동 : 하우스 형태가 둥근형이고 양측면 비닐여백을 15cm의 피복공기층 두께처리를 하여 시설내의 기온 및 이중피복내의 공기압력을 조사하였다.

다. 연구결과 및 고찰

시험수행결과 3연동 시공과정에서 도출된 이중피복 플라스틱하우스 장점은 먼저 시공노동력의 절감, 비닐 내구연한 증가, 2중 비닐 오염방지로 투광량 증가, 2중 철골에 의한 차광방지, 하우스 밴드비닐 설치에 의한 비닐 손상 및 오염 방지, 하우스 내부 경작면적 증대, 연동하우스 천창 설치로 권취식에 비해 환기효율 증대, 2중 철골 철거로 중방높이를 높일 수 있어 재배환경 개선, 2중 시설 설치비 절감, 2중 비닐 시공에 의한 시설 밀폐도 확보로 보온력 증대 및 에너지 절감 실현이 기대되었다.

단점으로는 정전인 경우 환기팬 작동불능으로 비닐 손상 및 보온력 저하 우려, 작업도구에 의한 비닐의 손상, 조류(새)의 발톱에 의한 비닐 손상, 여름철 고온에 의한 비닐 피복의 과도한 팽창 우려(적정 압력에서 고온에 의한 0.1mm비닐 늘어날 우려), 측창 개폐 곤란 등의 단점이 도출 되었으며 극복해야 할 과제로 나타났다(표 4).

표 4. 공기주입 이중피복 플라스틱하우스 장·단점

장 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비닐교체 시공 노동력 절감 : 기존하우스에 비해 한번에 2중을 시공하므로 1/3의 노동력은 절감 될 것으로 추정 ○ 비닐 내구연한 증가 : 기존 권취식 시스템에 비해 천창개폐방식 사용으로 비닐의 마찰에 의한 손상이 없어 내구성이 늘어남 ○ 2중 비닐 오염 방지로 투광량 증가 : 기존하우스 2중에 쌓이는 먼지를 방지하므로 비닐하우스 사용연한 증가에 의한 먼지 투광량 저하를 막을 수 있음 ○ 2중 철골에 의한 차광 방지 : 그늘 방지로 투광량 극대화 ○ 하우스 밴드비닐 설치에 의한 비닐 손상 및 오염 방지 : 하우스 밴드를 설치 않음으로 설치비, 노동력절감 및 밴드인 경우 바람에 의한 손상, 비닐인 경우 강우에 의한 오염을 방지할 수 있음 ○ 하우스 내부 경작면적 증대 : 기존 2중 철골 설치에 의한 면적을 줄일 수 있어 실 경작 면적 증대 ○ 연동하우스 천창 설치로 권취식에 비해 환기효율 증대 : 기존 2중 권취방식은 하우스 중앙부에 더운 공기층이 존재하였으나 천창방식으로 해소 ○ 2중 철골 철거로 중방높이를 높일 수 있어 재배환경 개선 ○ 2중 시설 설치비 절감 : 2중 철골 비용으로 천창설치 비용 대치(단동형 천창 설치비와 2중 철골 비용 2만원/평 으로 시설비 같음) ○ 2중 비닐 시공에 의한 시설 밀폐도 확보로 보온력 증대 및 에너지 절감 실현
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정전인 경우 환기팬 작동불능으로 비닐 손상 및 보온력 저하 우려 ○ 작업도구에 의한 비닐의 손상에 주의를 요함 ○ 조류(새)의 발톱에 의한 비닐 손상 주의 ○ 여름철 고온에 의한 비닐 피복의 과도한 팽창 우려(적정 압력에서 고온에 의한 0.1mm비닐 늘어날 우려) ○ 측창 개폐 곤란

이중피복 플라스틱하우스의 공기압 조사결과 처음설치를 하여 측정된 공기압은 3월 5일 1동에서 0.60mm이었으나 한달 후의 4월 4일 공기압은 0.52mm로 압력이 차츰 떨어지는 것을 알 수 있었다. 이렇게 공기압이 떨어지는 현상은 모든 처리구에서 같은 경향을 보였는데 이는 기존의 비닐피복용 일자스프링철사를 이용하여 피복한 결과 처음 시공당시와 시간이 지남에 따라 인장력에 의한 밀폐도가 떨어져 유출되는 공기가 많아지는 것에 기인한 것으로 판단된다. 이에 따른 문제점을 해결하기위해서 공기주입 이중피복하우스에 적합한 시공자재의 개발이 시급하다(표 5).

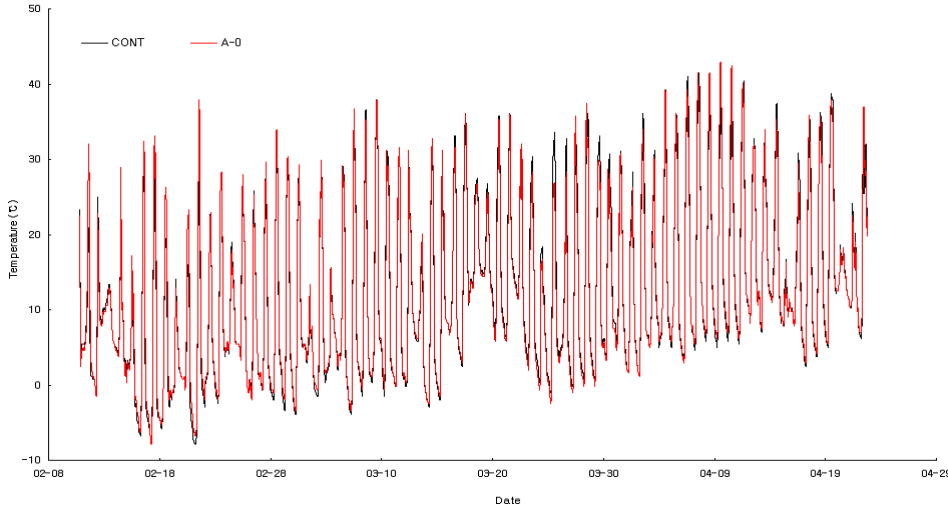
표 5. 공기주입 이중피복 플라스틱하우스 공기압 조사

조사일 (월. 일)	1동 (mm)	2동 (mm)	3동 (mm)	4동 (대조)	5동 (mm)	6동 (mm)	3연동 (mm)	비고
3. 05	0.60	0.16	0.16		0.80	0.97	0.80	
3. 15	0.50	0.10	0.10		0.85	0.89	0.08	
3. 20	0.44	0.15	0.08		0.80	0.79	0.07	
3. 25	0.55	0.12	0.08		0.80	0.79	0.10	
4. 04	0.52	0.14	0.08		0.75	0.76	0.05	

* 송풍기 용량 1동~3동, 5동, 6동 : 2.7m³/min, 3연동 6m³/min
 1동 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 5cm
 2동 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 5cm, 천창이 설치
 3동 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 10cm
 4동 : 하우스 형태가 뽕족형이고 대조 관행 이중하우스
 5동 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 0cm
 6동 : 하우스 형태가 둥근형이고 양측면 비닐여백을 15cm
 3연동 : 하우스 형태가 3연동이고 양측면 비닐여백을 5cm

단동형 공기주입 이중피복 플라스틱하우스의 양측면 비닐여백 처리 0, 5, 10, 15cm와 대조 하우스와 기온비교 그래프를 보면 전체적으로 공기주입 이중피복 플라스틱하우스의 기온이 다소 높은 경향을 보였으며(그림 3, 4, 5, 6) 그림 6의 2월 25일부터 3월 15일 까지의 비닐여백 15cm 처리의 온도가 높은 것은 난방기의 가동에 의한 것이다.

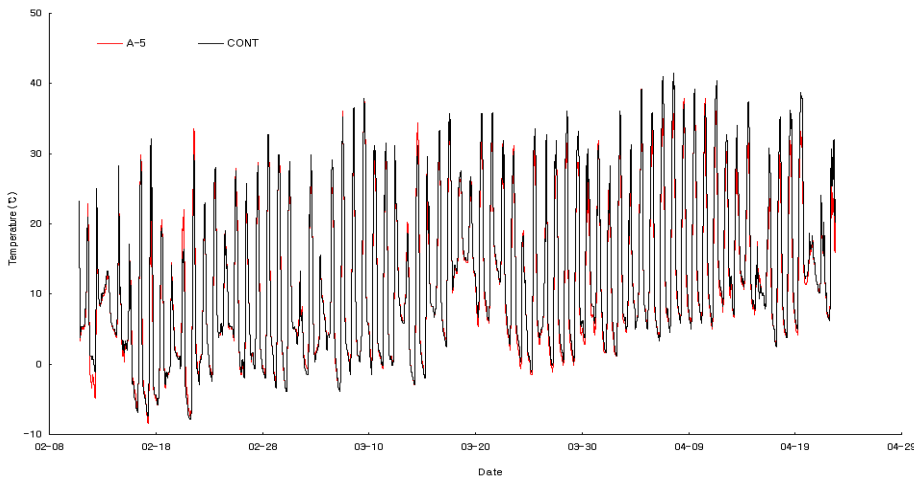
그림 7의 단동형 공기주입 이중피복 플라스틱하우스의 처리별 일중 최저기온에서 대조 관행 이중하우스의 최저기온을 뺀 온도차이 비교그래프를 보면 A0-C : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 0cm, A5-C : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 5cm, A10-C : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 10cm, A15-C : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 15cm, A5R-C : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 5cm, 천창 설치 처리가 전체적으로 온도가 높았으며 대조구에 비해 -1~3℃의 온도편차를 보였다.



* CONT : 하우스 형태가 뽕족형이고 대조 관행 이중하우스

* A-0 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 0cm

그림 3. 단동형 공기주입 이중피복 플라스틱하우스 양측면 비닐여백을 0cm와 대조하우스의 기온비교

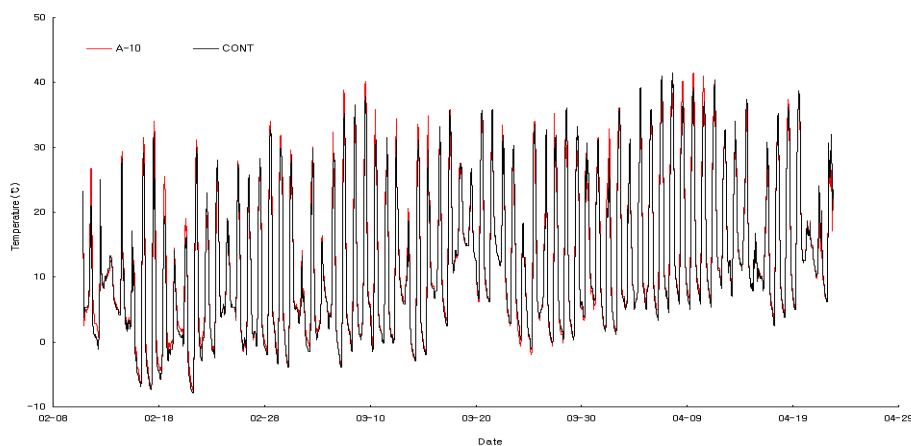


* CONT : 하우스 형태가 뽕족형이고 대조 관행 이중하우스

* A-5 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 5cm

*

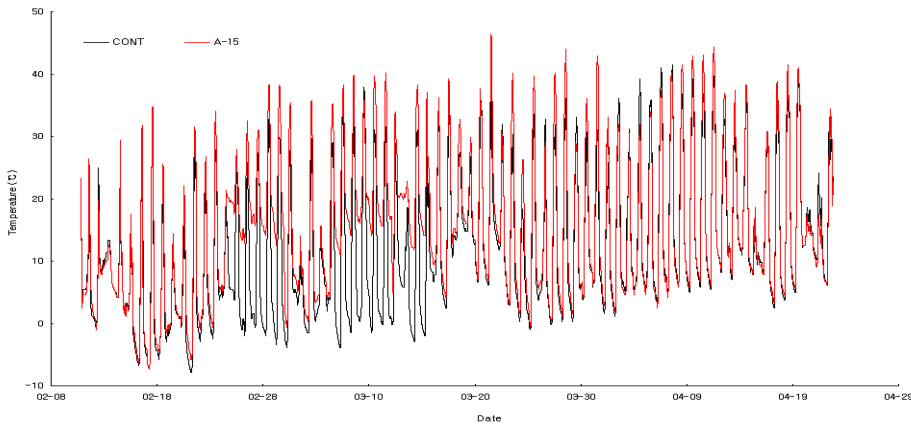
그림 4. 단동형 공기주입 이중피복 플라스틱하우스 양측면 비닐여백을 5cm와 대조하우스의 기온비교



* CONT : 하우스 형태가 뽕족형이고 대조 관행 이중하우스

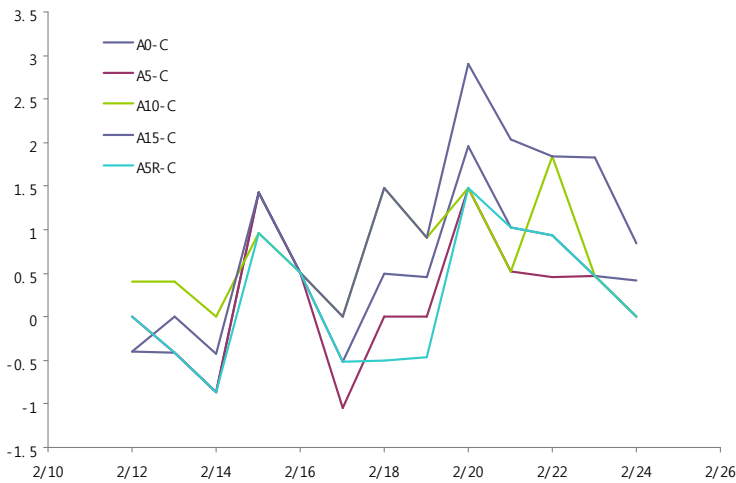
* A-10 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 10cm

그림 5. 단동형 공기주입 이중피복 플라스틱하우스 양측면 비닐여백을 10cm와 대조하우스의 기온비교



* CONT : 하우스 형태가 뽕족형이고 대조 관행 이중하우스
 * A-15 : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 15cm

그림 6. 단동형 공기주입 이중피복 플라스틱하우스 양측면 비닐여백을 15cm와 대조하우스의 기온비교



* C : 하우스 형태가 뽕족형이고 대조 관행 이중하우스
 A0-C : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 0cm
 A5-C : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 5cm
 A10-C : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 10cm
 A15-C : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 15cm
 A5R-C : 하우스 형태가 뽕족형이고 양측면 비닐여백을 5cm, 천창 설치

그림 7. 단동형 공기주입 이중피복 플라스틱하우스의 처리별 일중 최저기온에서 대조 관행 이중하우스의 최저기온을 뺀 온도차이

그림 8의 연동형 공기주입 이중피복 플라스틱하우스와 대조하우스의 기온비교를 보면 3월 7일에서 9일까지는 차이가 없었으나 시간이 지남에 따라 온도 차이가 나는 것을 볼 수 있는데 이는 압선 표 5의 공기압 조사와 연계하여 정체되어야 할 이중피복내 공기가 비닐 고정자재의 틈을 통해 외부로 지속적으로 이동함에 따라 외부공기의 유입이 많아지면서 오히려 대조하우스에 비하여 온도가 떨어진 것으로 판단된다. 이에 대한 대처로서 앞서 언급한 바와 같이 공기주입 이중피복 플라스틱하우스에 적합한 시공자재와 시공기술이 개발되어야 할 것이다.

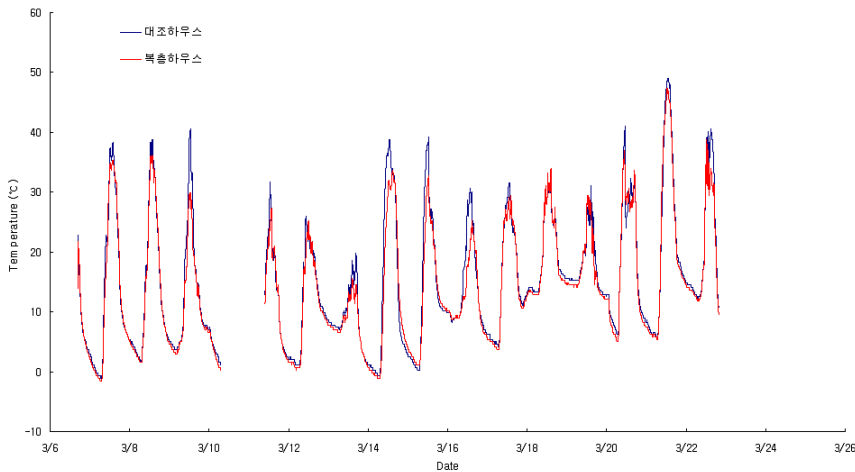


그림 8. 연동형 공기주입 이중 피복 플라스틱하우스와 대조하우스의 기온비교

표 6. 공기주입 이중피복 플라스틱하우스 설치비 비교

내역	1-2W 원형 (7m*24m*3연동)		비가림하우스 (7m*24m)		
	공기주입 2중	일반-2중시설	공기주입 2중	일반-2중시설	일반-1중시설
	복층피복, 천창개폐장치(랙&피니언)	일반피복(2중), 천창개폐장치(권취식)	복층피복, 천창개폐장치(랙&피니언)	일반피복(2중), 천창개폐장치(권취식)	일반피복(1중), 천창개폐장치(권취식)
1. 기초 및 가설공사	1,776,659	1,776,659	-	-	-
2. 1중 골조공사	15,124,811	15,124,811	3,082,700	3,119,880	3,119,880
3. 2중 골조공사	-	5,611,648	-	1,331,574	-
4. 피복공사	5,571,977	5,343,987	1,053,778	1,280,972	776,358
5. 천창개폐시설공사	6,073,416	-	1,945,032	-	-
6. 수평커튼설치공사	5,509,671	5,509,671	-	-	-
7. 자동화공사	7,212,700	6,952,000	1,039,500	918,500	612,700
8. 제비율적용	3,483,240	3,411,518	579,899	552,461	368,059
[합 계]	44,752,474	43,730,294	7,700,909	7,203,387	4,876,997

동절기 토마토 시설재배 농가에서 고유가 시대에 대비한 저비용·고효율의 에너지 절감을 위한 새로운 에너지 절감형 이중플라스틱 비닐하우스의 효과를 구명하여 수출촉진을 위한 경영비 절감기술을 제공하고자 수행한 결과는 다음과 같다.

- 이중피복 플라스틱하우스 장점은 먼저 시공노동력의 절감, 비닐 내구연한 증가, 2중 비닐 오염방지로 투광량 증가, 2중 철골에 의한 차광 방지, 하우스 밴드비닐 설치에 의한 비닐 손상 및 오염 방지, 하우스 내부 경작면적 증대, 연동하우스 천창 설치로 권취식에 비해 환기효율 증대, 2중 철골 철거로 중방높이를 높일 수 있어 재배환경 개선, 2중 시설 설치비 절감, 2중 비닐 시공에 의한 시설 밀폐도 확보로 보온력 증대 및 에너지 절감 실현이 기대되었다.
- 단점으로는 정전인 경우 환기팬 작동불능으로 비닐 손상 및 보온력 저하 우려, 작업도구에 의한 비닐의 손상, 조류(새)의 발톱에 의한 비닐 손상, 여름철 고온에 의한 비닐 피복의 과도한 팽창 우려(적정 압력에서 고온에 의한 0.1mm비닐 늘어날 우려), 측창 개폐 곤란 등의 단점이 도출되었다.

- 이중피복 플라스틱하우스의 공기압 조사결과 압력이 차츰 떨어지는 현상은 기존의 비닐피복용 시공자재인 일자스프링철사를 이용하여 피복한 결과 처음 시공당시와 시간이 지남에 따라 인장력에 의한 밀폐도가 떨어져 유출되는 공기가 많아지는 것에 기인한 것으로 생각된다.
- 단동형 공기주입 이중피복 플라스틱하우스의 양측면 비닐여백 처리 0, 5, 10, 15cm와 대조하우스와 기온비교 그래프를 보면 전체적으로 공기주입 이중피복 플라스틱하우스의 기온이 다소 높은 경향을 보였다.
- 연동형 공기주입 이중피복 플라스틱하우스와 대조하우스의 기온비교를 보면 3월 7일에서 9일까지는 차이가 없었으나 10일 후에는 비닐 고정자재의 틈을 통해 외부공기의 유입이 많아지면서 오히려 대조하우스에 비하여 온도가 떨어졌다.
- 상기의 결과로 공기주입 이중피복 플라스틱하우스에 적합한 시공자재와 시공기술이 개발되어야 할 것이다.

2. 에너지 절감형 복층비닐하우스용 시공자재 개발 및 성능테스트

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2012. 01. 19



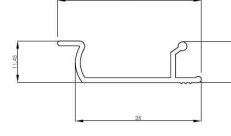
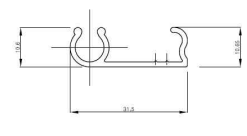










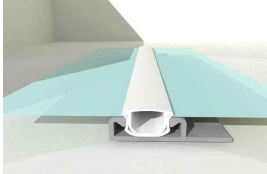
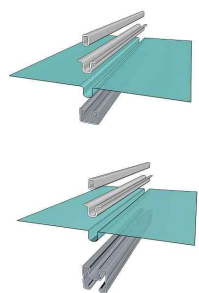


나. 연구방법

- 복층비닐하우스용 패드 개발
- 개발된 복층비닐하우스용 패드 성능테스트
 - 시설형태 및 규모 : 3연동 2동 10a(300평)
 - 조사내용 : 복층비닐 하우스의 재배환경 비교, 운영상 문제점 등

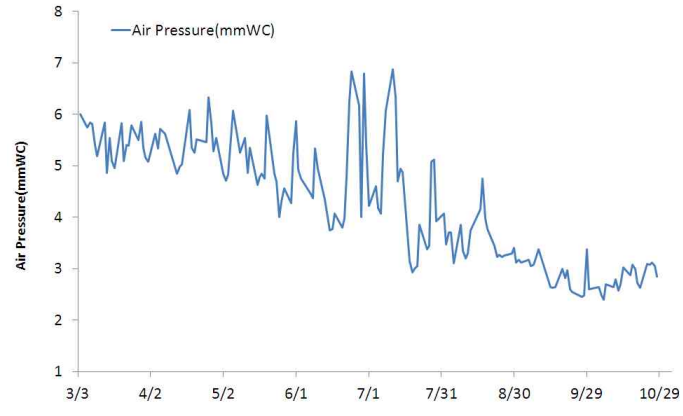
다. 연구결과 및 고찰

(1) 복층비닐하우스용 패드 제작 및 테스트

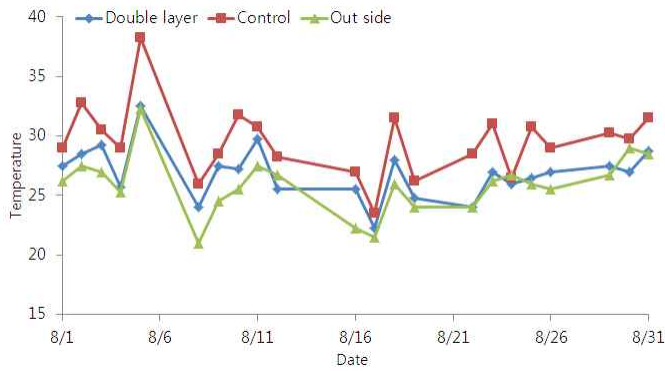
- 복층비닐하우스용 패드 설계 및 금형보완
 - 1차: 알루미늄(비닐 피복 여러겹을 겹칠 경우 덮개가 벗겨짐, 굴곡부 시공어려움)
 - 2차: 고무(작업성 떨어짐, 모양이 안나옴, 스프링 공간이 떠서 밀착도 떨어짐)
 - 3차: 연질플라스틱-밀폐력 떨어짐 경질플라스틱 밀폐력 좋으나 작업중 비닐 손상됨
 - 4차: 비닐손상을 막기 위해 패드 날개를 만들 (작업성이 떨어짐-스프링 끼우기 전 고정
이 어려움)
 - 5차: 한쪽면만 고정 - 마감벽이나 좌우필름의 경우 한쪽면은 비닐이 손상됨
 - 6차: 강화플라스틱 사용

1차	 	 <p style="text-align: center;">표도일계 상생도 2014. 11. 20</p>	 <p style="text-align: center;">표도 상생도 2014. 11. 20</p>	
2차	 			
3차				
4차				
5차				
6차		  <p style="text-align: center;">< 제작된 복층비닐 하우스용 패드 ></p>		

- 복층비닐하우스용 패드개발에 따른 기밀성 테스트 공기압 조사(2월 26일 시공)



- 저압포그노즐 분무에 따른 복층비닐하우스 기온변화



- 강화프라스틱으로 비닐손상이 적고 밀폐도가 높아 압력유지에 적합 함
- 개선된 패드 시공 후 복층비닐 내부의 공기압은 3~6mm WC로 압력손실 없이 잘 유지되었음.
- 고온기 온도상승에 대한 대책으로 저압포그노즐을 설치하여 실험한 결과 관행하우스 대비 1.5°C 정도 낮았음.
- 산업재산권 출원 : 제2010-0132895호(비닐하우스 프레임장치)
- 고온기 과다 팽창과 비닐이 늘어남 → 공기압 적정 유지장치 개발 필요
- 고온기 온도상승에 대한 대책이 필요함 → 포그노즐 설치 운영 중

3. 이중 공기막 실험용 온실 제작

가. 연구기간: 2012. 01. 20 - 2013. 01. 19

나. 연구방법

(1) 실험용 온실 개요

(가) 규모: 394 m²(120평)

- 단일 피복 하우스 1동(176 m², 53평)
- 2중 공기막 하우스 1동(176 m², 53평)
- 관리동 1동(42 m², 13평)

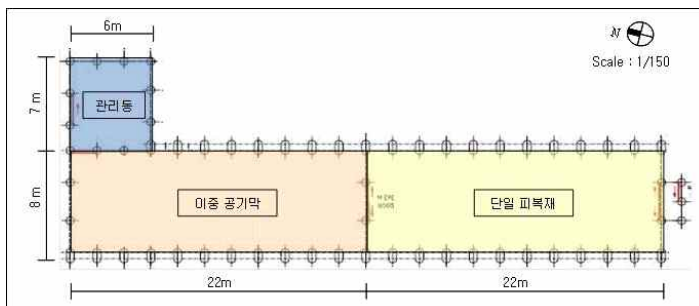


그림 1. 실험용 온실 평면도

(나) 사용 재료

- 피복재 재질: 폴리에틸렌(PE)
- 단일 피복재: 내피 T=0.15mm

- 이중공기막 피복재: 외피 T=0.2mm, 내피 T=0.15mm

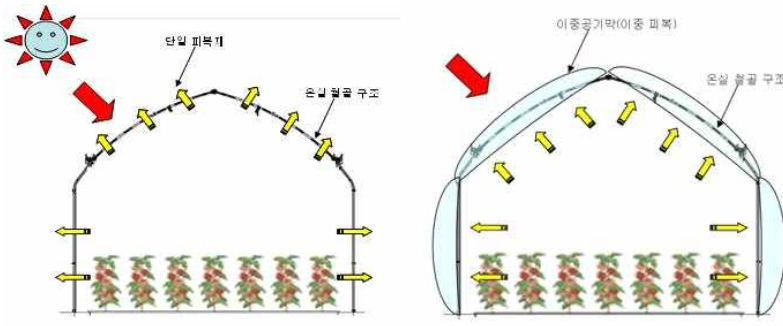


그림 2. 단일 피복재 및 이중공기막 피복재 온실 개념도

(다) Air Chamber Fan 사양

R.P.M max	Rated Power(kW)	Air Flow(m ³ /h)	Weight(Kg)
2,800	0.37	1,400	9.5

다. 연구결과 및 고찰



(1) 실험용 온실

(가) 이중공기막 패드 및 피복재 설치

- 단일 및 이중 피복재 적용을 위한 온실 제작
- 신규 플라스틱하우스의 적용
- 이중공기막 패드 설치 및 피복재 설치

(나) 이중공기막 하우스의 에어 챔버(공기 송풍기) 및 배관 설치



에어 챔버 설치	단일 피복재 설치	이중 피복재 설치
		
공기 배관 설치(정면)	공기 배관 설치(지붕, 천창)	공기 배관 설치(측면)
		
공기 배관 설치(중간 벽면)	외부공기 유입구 설치	완료
		

(다) 에어 챔버 시험 운행

- 에어 챔버 가동후 공기막 형성까지 약 10분 소요

(a) 공기 투입 전경

(b) 단일 피복 및 이중공기막 전경



그림 3. 공기투입 및 전체 전경

4. 이중공기막 하우스용 공기압 유지 장치 개발

가. 연구기간: 2012. 01. 20 - 2013. 01. 19

나. 연구방법 및 결과

(1) 압력스위치를 이용한 공기압 유지 장치 설계

- 송풍팬의 작동 상·하한점을 두어 잦은 ON/OFF가 일어나지 않도록 함

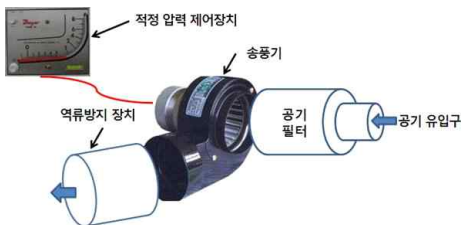


그림 4. 공기압 유지 장치 모식도

(2) 공기유입구 제습필터 설치로 건조공기 유입 장치 설계

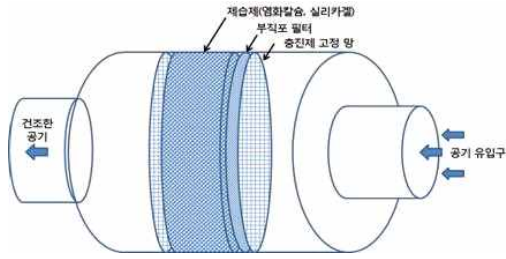


그림 5. 외부 건조공기 유입 장치

(3) 역류방지 장치설치로 송풍팬 정지 시점 공기유출 방지

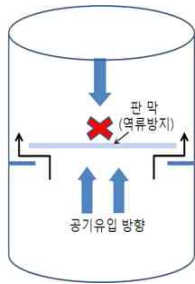


그림 6. 역류방지 장치

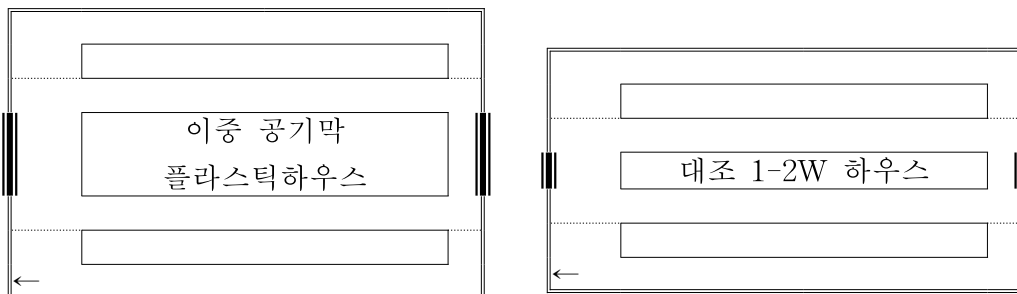
5. 이중공기막 하우스 현장 적용시험 추진

가. 연구기간: 2012. 01. 20 - 2013. 01. 19

나. 연구방법

(1) 기존 플라스틱하우스와 이중 공기막 플라스틱하우스 환경 비교

- 시험작목: 완숙토마토(로꾸산마루)
- 경기도농업기술원 시험포장 배치도



- 조사내용 : 생육 및 수량, 이중공기막의 공기압력 변화, 기온변화 등

(2) 이중 공기막 플라스틱하우스 현장 설치

- 농 가 명: 안형천
- 시험장소: 광주시 퇴촌면 금사리 186
- 시험면적: 10a(300평, 농가보급형 1-2W, 2연동하우스)
- 실증시험 기술
 - 기존 비닐하우스를 이용한 이중공기막 하우스 설치
 - 비닐고정패드 교체, 랙피니언방식 천창(폭 140cm 설치 등)
 - 외피복 0.15mm PO필름, 내피복 0.15mm PO필름
 - 전 후 벽면 이중 바람막이 설치

- 농가 일반현황

- 토마토 품종: 빅스타(완숙, 부농종묘), 골드슈가(대추형 방울, 부농종묘)
- 정 식: 8월 6일
- 주요작물: 토마토, 방울토마토
- 난방방식: 펠렛보일러, 전기히터난방

- 이중 공기막 플라스틱하우스 설치 온실(폭7×길이72m, 2연동)



그림 4. 설치 예정 온실 전경



그림 5. 설치 과정

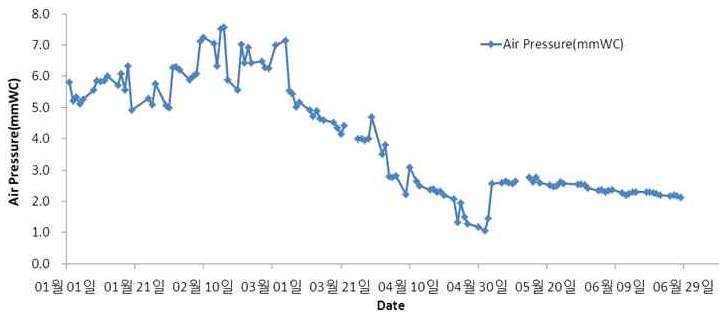
다. 연구결과 및 고찰

(1) 기존 플라스틱하우스와 이중 공기막 플라스틱하우스 환경 비교

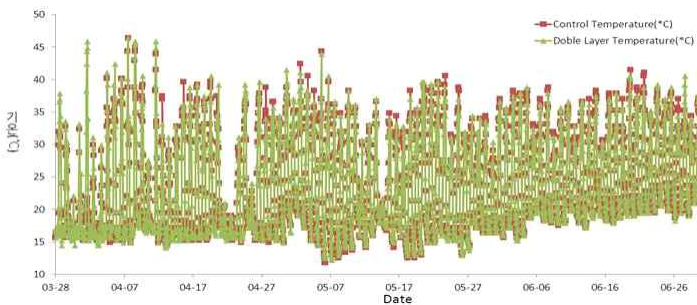
(가) 이중 공기막 플라스틱하우스와 기존 플라스틱하우스의 토마토 생육 비교

처 리	초장(cm)	엽장(cm)	엽폭(cm)	경경(mm)	마디수(개/주)
이중공기막	101.8	41.8	38.2	14.0	36.2
대조 1-2W형	102.4	43.3	36.3	14.6	36.7

(나) 이중 공기막 플라스틱하우스의 공기압력 변화



(다) 이중 공기막 플라스틱하우스와 기존 플라스틱하우스의 기온 비교



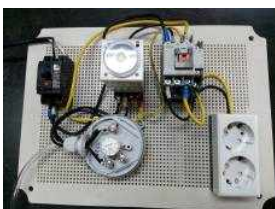
6. 이중 공기막 플라스틱하우스 공기 송풍 및 압력유지 장치 개발

가. 연구기간: 2013. 1. 20 - 2013. 11. 19

나. 연구방법

(1) 공기 송풍 및 압력유지 장치 개발

- (가) 이중 공기막 플라스틱하우스의 에너지 절감 효율성 향상을 개선하기 위해 이중공기막 내의 적절한 공기압력의 조절 및 유지를 위한 송풍장치를 제작함.
- (나) 공기 송풍 및 압력유지 장치는 이중공기막의 공기압력이 설정 최대압력에 도달되면, 공기압력 스위치(pressure switch)에 의해 공기주입 송풍팬은 정지되고 자동밸브가 닫히면서 공기막내의 압력이 역류되어 누출되는 것을 차단하도록 구성됨. 또한 이중공기막 내의 공기압력의 설정 최하압력으로 떨어지면 전동식 자동밸브는 열리고 송풍팬은 가동되어 공기가 주입됨.
- (다) 미세한 압력 변화에 의한 송풍 및 압력유지 장치의 잦은 작동(ON/OFF)은 장치에 무리를 주어 고장 및 장치의 내구성에 영향을 미칠 수 있으므로 지연장치(delay timer)를 설치하여 미연에 방지함.



(a) 송풍 및 압력 유지 장치



(b) 역류방지용 전동식 자동밸브

그림 1. 공기 송풍 및 압력유지 장치

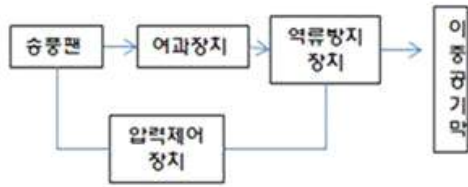


그림 2. 압력유지 및 역류방지장치 원리

(2) 공기 여과장치 설치

- (가) 외부공기를 주입할 경우, 밀폐된 이중공기막 내에 이물질(비산먼지, 황사 등) 또는 수분 등 유입되면 피복재를 오염시켜 온실내의 광투과율을 저하시켜 생물성장을 저하시키므로, 에어필터를 설치하여 이물질 및 수분의 유입을 차단함.
- (나) 공기 여과장치에는 필터가 설치되어 있어 미세먼지 및 이물질을 차단해주고 중간에 제습제를 설치하여 유입되는 공기내의 수분을 차단함.
- (다) 유입되는 공기압력은 여과장치에 의해 감소되어 적정 이중공기막을 유지하는데 영향을 미치므로, 필터의 체크기(0.22mm, 0.27mm, 0.39mm, 1.0mm)에 따른 이중공기막 내의 유입되는 공기 압력을 측정하여 적정 공기압력을 유지하도록 함.



(a) 공기 여과장치



(b) 여과장치 구성물

그림 3. 공기 여과장치



(a) 에어필터 (4종)



(b) 에어필터 설치 전경

그림 4. 에어필터

(3) 현장적용

- (가) 개발된 송풍 및 압력유지 장치의 현장적용성을 평가하기 위해 경기도농업기술원의 이중 공기막 플라스틱하우스에 설치하고 장치의 작동 유무를 확인하고 압력계를 이용하여 공기주입 시간 및 이중공기막의 공기압력 유지 상태를 측정함.
- (나) 여과장치(필터의 체크기)의 설치로 인한 이중공기막에 유입되는 공기 압력의 변화를 측정함.



그림 5. 현장 적용 전경

다. 연구결과 및 고찰

(1) 송풍 및 압력유지 장치에 의한 이중공기막 공기압력 측정 결과

- (가) 이중 공기막 플라스틱하우스(경기도농업기술원)에 개발된 송풍 및 압력유지 장치를 설치하여 공기압력을 측정함.
- (나) 압력조절 장치의 설정 압력을 2.0mmWC로 설정하여 송풍 및 압력유지장치를 가동하여 공기 투입시간 및 압력유지 시간을 측정한 결과, 공기막 압력 범위가 평균 2.2 ~ 3.3mmWC에서 제어가 이루어짐. 또한 송풍기의 가동시간을 측정하니 약 15.6분 동안 송풍기가동(ON)하고 약 13분 동안 송풍기 정지(OFF)가 유지됨.
- (다) 송풍 및 압력유지장치에 의한 이중 공기막 플라스틱하우스의 압력 상태를 측정한 결과, 아래 표 1과 그림 7과 같이 일정한 주기를 보이며 압력이 유지되고 있음.
- (라) 압력조절 장치의 설정에 따라 압력 조절이 가능하고 압력유지 장치를 설치하지 않은 경우에 비해, 이중공기막 내의 공기압력 유지 시간이 증가하였고 송풍기의 가동 시간도 현저하게 감소시킴.

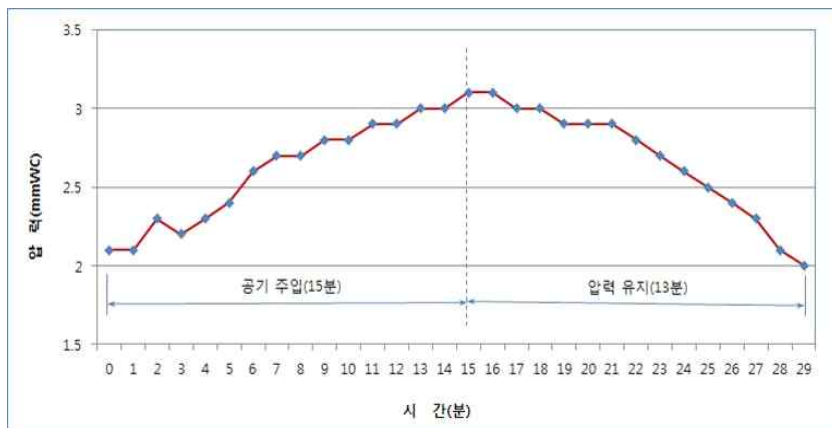


그림 6. 이중공기막 공기압력 측정 결과

표 1. 송풍기 작동에 따른 공기압력 및 소요시간

구 분	송풍기 작동	공기 압력(mmWC)	소요시간(분)	비 고
1회	ON	2.1	16	
	OFF	3.2	10	
2회	ON	2.4	16	
	OFF	3.6	13	
3회	ON	2.4	15	
	OFF	3.6	14	
4회	ON	2.2	16	
	OFF	3.3	11	
5회	ON	2.0	15	
	OFF	3.2	13	
6회	ON	2.1	15	
	OFF	3.3	11	
7회	ON	2.1	16	
	OFF	3.2	12	
8회	ON	2.4	16	
	OFF	3.3	11	
평 균	ON	2.2	약 15.6분	
	OFF	3.3	약 12.0분	

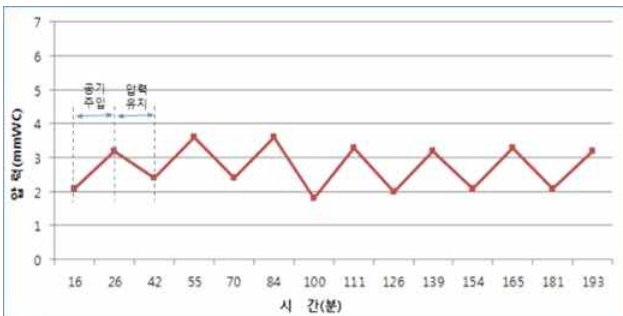


그림 7. 송풍기 작동 따른 시간당 압력변화

(2) 여과장치의 에어필터 체크기에 따른 이중공기막 공기압력 측정 결과

- (가) 여과장치에 에어필터 체크기(0.22mm, 0.27mm, 0.39mm, 1.0mm)에 대하여 시간경과에 따른 이중공기막플라스하우스(경기도농업기술원)의 공기압력을 측정함.
- (나) 에어필터 체크기(0.22mm)를 설치한 경우, 송풍팬에 의해 공기가 주입되고 약 20분이 경과되어 공기압력이 4.1mmWC로 측정되었고 그 이상의 압력 상승이 이루어지지 않았다. 에어필터 체크기(0.27mm)와 체크기(0.39mm)의 공기압력은 초기에는 일정하게 상승하다가 각각 4.2mmWC와 4.4 mmWC를 유지함.
- (다) 에어필터 체크기(1.0mm)는 공기 주입 후 약 30분 경과되고 공기압력이 4.8mmWC 도달하였고, 이는 에어필터를 설치하지 않은 경우의 소요시간과 거의 동일한 결과를 보였음.
- (라) 이중공기막에 주입되는 공기중의 이물질 제거하고자 여과장치에 에어필터를 설치함으로 인해 공기막 압력은 에어필터의 체크기에 따라 감소되지만, 에어필터의 체크기(1.0mm)에서는 영향이 거의 없었으며 체크기(1.0mm)이하에 대해서는 송풍팬의 용량을 증가시킨다면 소요시간을 최소화하면서 공기압력을 유지할 수 있을 것으로 사료됨.

표 2. 에어필터 크기 변화에 따른 공기압력

필터크기 \ 소요시간(분)	0.22mm	0.27mm	0.39mm	1.0mm
0	2	2	2	2
5	2.3	2.6	2.8	2.6
10	3.1	3.0	3.1	2.9
15	3.8	3.0	3.5	3.2
20	4.1	3.2	3.6	3.9
25	4.1	3.7	3.8	4.4
30	4.1	4.2	4.4	4.8
35	4.1	4.2	4.4	4.8

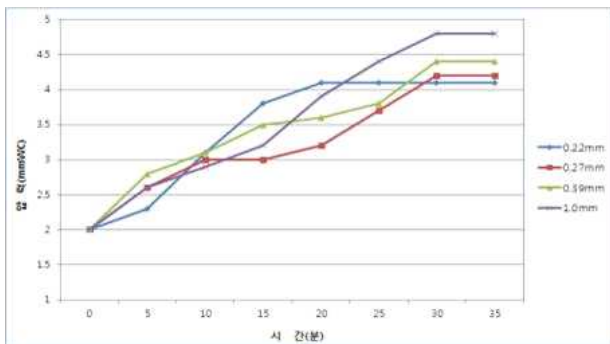


그림 8. 에어필터 크기 변화에 따른 공기압력

7. 이중 공기막 플라스틱하우스의 표준규격 제작

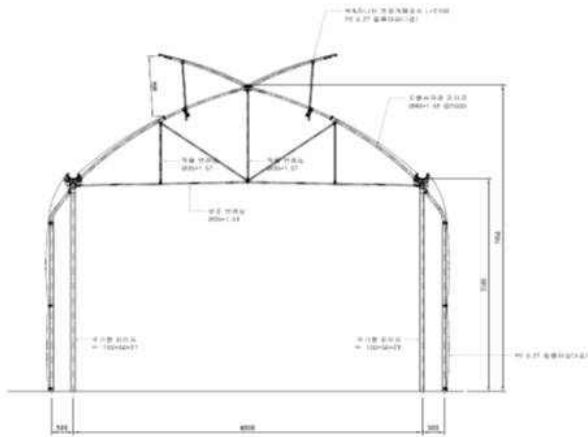
가. 연구기간: 2013. 1. 20 - 2013. 11. 19

나. 연구방법

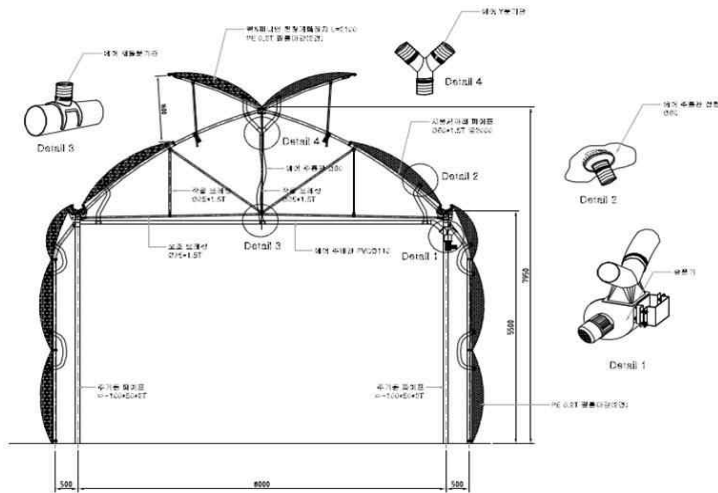
- 고정식 다중피복의 일종인 이중피복방식은 시설비가 적게 들고 공기층이 단열층의 역할을 하기 때문에 내부 피복재와 찬 공기의 접촉을 막을 수 있는 좋은 수단이 됨(Aldrich와 Bartok, 1989). 이외에도 피복재 교체 이외에는 별다른 관리가 필요 없으며 내부의 결로를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 적설하중과 풍과중에 대하여 구조적으로 안전성이 높다는 점 등의 우수성이 알려져 있음.
- 국내 이중 공기막 플라스틱하우스의 적용성 및 보급성을 확대하기 위해 표준모델 및 규격을 제시하고자 내재해형 보급형 기존온실(1-2W)에 이중공기막을 설치한 것(A type)과 신축 온실(B type)을 실험용으로 제작하여 비교 분석하고자 하였음.

나. 연구결과 및 고찰

- 신축온실(B type)은 서까래 간격이 기존온실 0.6m 보다 4배 이상 증가하여 2.5m으로 골조율을 감소시켜 투광량이 증대되어 이중 필름에 의한 광량이 감소하는 문제를 일부 해소할 것으로 예상함. 이때 구조적으로 보강하기 위하여 구조재를 $\varnothing 32$ 에서 $\varnothing 60$ 으로 대체하여 사용함(그림 11).



a) 공기주입 전



b) 공기주입 후

그림 10. 이중 공기막 플라스틱하우스 실험용 신축온실 단면도





A type(기존온실 - 이중공기막 설치)	B type(신축온실 - 이중공기막 설치)
	
	

그림 11. 온실 구조 및 서까래 간격 비교

8. 기존 토마토 온실의 이중 공기막 적용 및 리모델링

가. 연구기간: 2013. 1. 20 - 2013. 11. 19

나. 연구방법

(1) 천창 회전재 및 서까래 개발

- (가) 일반적으로 고정식 다중피복방식의 경우 국내에서는 자동화 비닐하우스의 이중피복 방식이 오래전부터 일반화되어 지금까지 사용되어지고 있다. 이러한 피복방식은 골조가 이중으로 구성되어 있고 각각의 골조위에 피복재를 설치하도록 되어있으며, 천창은 처마에서 권취식으로 말아 올리는 방식이다.
- (나) 이러한 피복방식은 피복재의 권취식 개폐에 따른 피복재의 오염으로 인해 겨울철 광투율이 저하되고 구조물에 물이 고이는 등의 문제가 발생한다(Lee 등, 2010). 또한 이중공기막을 적용하였을 때, 측창에 의한 개폐가 불가하므로 이에 따른 온실 내부 환기율 대책으로 환기창을 기존 대비 확대하여 한국형 플라스틱온실의 천창개선과 환기율 확보 및 구조적 개선에 의한 구조 보강(온실 골조, 결속구, 서까래 등)을 하고자 수행되었다.
- (다) 기존 온실 지붕에 환기창(천창)을 설치하기 위해서는 구조적인 안정성을 확보해야하며 개폐 시 원활한 회전이 이루어져야한다. 또한 천창이 양쪽으로 개폐되고 온실 구조물인 용마루와 안정적으로 고정되어야 한다. 이를 위해 천창 회전재를 개발하여 온실의 지붕 서까래 및 용마루와 결합되고 양쪽 천창의 회전이 이루어지도록 하였다. 그리고 천창의 개폐 시 풍하중에 의한 뒤틀림 또는 변형을 방지하기 위해 서까래 구조를 적용하여 온실 규모에 따라 필요한 환기율 확보를 위해 천창의 크기를 자유롭게 확대 혹은 축소할 수 있도록 구조적으로 안정되도록 설계함.
- (라) 랙 & 피니언 구동 방식 적용 : 개발된 천창의 구동을 위한 방식으로 랙 & 피니언 방식을 적용하였다. 랙 & 피니언 방식은 일정한 간격의 랙과 피니언의 기어에 의해 구동됨으로 천창 개폐 시, 정밀하고 균일한 구동이 이루어져 천창 구조의 내구성과 유지 관리가 매우 용이함.



1층 마감벽 치마필름



2층 구조물 물고임

그림 12. 기존온실의 권취식 개폐

표. 5. 천창 회전재 및 서까래 개발 내역

개발 자재	특 징	개발 과정
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 용마루: 40*40mm ◦ 천창 받침바: 40*40mm ◦ 천창 서까래: 40*20mm ◦ 랙피니언: L=1951mm ◦ 재질: 대부분 STEEL 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기존 알루미늄으로 제작된 제품에서 발생하는 뒤집힘을 보완함. ◦ 천창 개폐 각도 조절이 용이하며 랙의 길이에 따라 다양함. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 1차년도(2009): 천창폭 1.0m ◦ 4차년도(2012): 천창폭 1.4m ◦ 5차년도(2013): 천창폭 2.0m

천창 개폐장치



부속품 제작



그림 13. 천창 개폐장치 및 부속품

다. 연구결과 및 고찰

(1) 천창 회전재 및 서까래 개발

- 개발된 천창(양개형 폭 2.0m× 4.6m)의 천창 회전재 및 서까래를 실제 현장에 적용함. 천창의 개폐가 원활히 이루어지며, 기존 천창 폭 1.4m에 비해 자연환기가 증가되어 여름철 고온장애를 예방하고 환경조절이 용이 할 것으로 사료됨.



그림 14. 천창 개폐 테스트 전경(전/후)

9. 이중 공기막 플라스틱하우스의 에너지 절감율 평가

가. 연구기간: 2013. 1. 20 - 2013. 11. 19

나. 연구방법

(1) 이중공기막 온실의 에너지 절감율 조사

- (가) 2012.11월, 경기도 광주(퇴촌면)의 기존 플라스틱온실(경기도 광주, 7m×71m×2연동=994m²)에 이중공기막을 적용한 이중 공기막 플라스틱하우스를 시공함.
- (나) 이중공기막 온실의 에너지 절감율을 조사 및 분석하기 위해 기존 플라스틱 온실의 동절기 난방사용 비용(2011.10~2012. 3)과 이중공기막을 적용한 이후의 온실 동절기 난방사용 비용(2012. 10~2013. 3)을 조사하여 비교함.
- (다) 온실에 사용된 난방방식은 펠릿 난방과 전기 방열기(스토브)를 병행하여 사용하고 있고 주로 전기 방열기를 이용하여 난방을 하다가 기온이 큰 폭으로 떨어질 때 펠릿 난방을 추가적으로 사용하고 있음. 본 조사기간에 사용된 펠릿 난방에 소비된 사용량은 과년도와 거의 동일한 것으로 조사되어, 에너지 절감율 평가에는 전기 방열기 소비량만을 비교하여 분석함.

(2) 이중공기막 관류열량 측정 샘플 제작

- (가) 겨울철 난방 중 온실의 열손실 형태는 관류열, 환기전열, 지중전열 등으로 3가지로 구분되는데, 전체 열손실량의 60-100% 정도로 대부분을 차지하기 때문에 난방부하량을 산정하는데 가장

중요한 요소임(Japan Protected Horticulture Association, 1994). 온실의 피복면을 관류하며 발생하는 열손실로써 피복재의 단열성과 보온성에 의해 좌우되므로, 온실의 피복재로써 이중공기막에 대한 관류열 손실을 측정하여 이중공기막을 적용한 온실의 보온성 및 난방 부하를 예측하고자 함.

- (나) 이중공기막의 관류열 손실을 측정하기 위해, 다양한 조건(온도, 공기막 두께)의 변화에 따라 측정함. 이중공기막은 투입되는 공기의 온도 및 공기막의 두께에 따라 영향을 받는 것으로 추정됨으로, 공기막 두께(단일, 11.5cm, 17.5cm, 22.5cm) 각각의 경우에 대해 주입되는 공기의 온도를 아래 표와 같이 변화시켜(CASE 1~4) 측정함. 실험은 농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부에 의뢰하여 진행함.
- (다) 이중공기막의 관류열을 측정하기 위해 공기막 두께(단일, 11.5cm, 17.5cm, 22.5cm)에 따른 이중공기막 샘플(1m × 1m × t)을 제작함.

표 3. 이중공기막 관류열량 측정 조건

		CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
온도	설계외기온(℃)	-10			
	공기막에 주입된 공기온도(℃)	-10		0	15
	난방설정온도(℃)	0	15	0	15



단일 피복 이중공기막(11cm) 이중공기막(17.5cm) 이중공기막(22.5cm)

그림 15. 이중공기막 샘플

- (라) 이중공기막 샘플의 관류열 측정을 위해 송풍 및 압력유지 장치는 이중공기막플라스틱 하우스(경기도농업기술원) 현장에 적용하고 있는 장치를 적용하였음. 그러나 현장에 적용되고 있는 역류방지 자동밸브는 전동식으로 개폐에 약 3초정도의 시간이 소요되며, 그 시간 동안 압력이 저하되어 즉각적으로 개폐가 이루어지는 공압식 자동밸브를 적용함. 또한 공기막 샘플의 밀폐성을 높이고 피복재와 패드사이의 공기압 누출을 최소화하기 위해 실리콘처리를 하였음. 그 결과, 약 4초간 공기 투입되고 역류방지 장치가 가동된 후 약 5~7분 동안 공기압력이 유지됨.

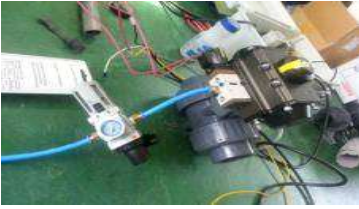


그림 16. 샘플 제작과정

(3) 이중공기막 관류열량 측정 방법

- (가) 온도 조절($0 \sim -30^{\circ}\text{C}$)이 가능한 대형 챔버 안에 외부의 영향을 받지 않도록 밀폐와 단열이 잘 이루어지는 소형 챔버($1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$)를 제작함. 내부 챔버는 온실내부의 온도 환경을 모사하며 이중공기막 샘플의 온실의 피복재를 모사하여, 겨울철 난방이 이루어질 때의 이중공기막에 의한 복사와 열전달로 온실내부에서 외기로 방열되는 열량을 측정하고자 함.
- (나) 관류열량 측정 방법은 설계실외온도, 난방설정온도 등이 설정범위 내에서 일정하게 안정된 후, 이중공기막 샘플 1개당 약 10시간 동안 관류열량을 측정함.
- (다) 이중공기막의 관류열 측정은 설계실외온도는 -10°C 이고 난방설정온도가 0°C 와 15°C 일 때, 이중공기막의 두께(단일, 11.5cm, 17.5cm, 22.5cm)를 변화시켜 관류열을 측정하고, 이중공기막 샘플에 주입되는 공기를 설계실외온도인 -10°C 주입, 난방설정온도인 0°C 와 15°C 의 공기를 주입하여 이중공기막 두께의 변화에 따른 관류열을 측정함.

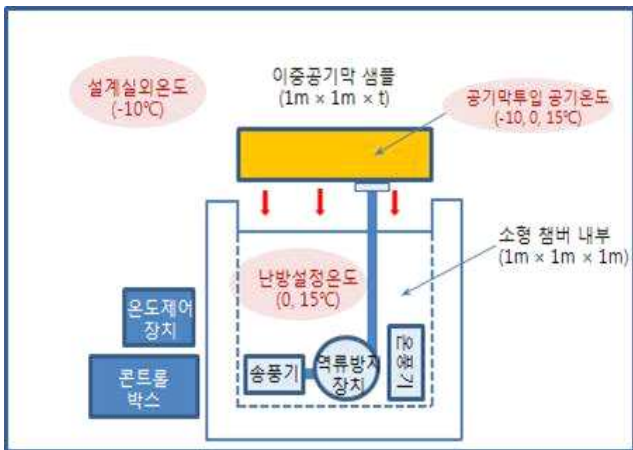


그림 17. 관류열량 측정 개념도



그림 18. 열관류량 측정 부대장치 전경

다. 연구결과 및 고찰

(1) 이중공기막 온실의 동절기 난방비용 분석 결과

- (가) 경기도 광주(퇴촌면) 이중공기막 온실의 동절기 난방 사용비용(전기료)을 조사하였음.

그 결과, 아래의 표와 같이 이중공기막을 적용한 이후, 과년도 동일기간에 비해 난방을 위해 사용한 비용이 약 1.5~2배정도 감소하였음.

- (나) 과년도의 기상자료는 기상청의 월평균기온(℃)을 참고하였고, 관측지점은 경기도 광주지역과 인접한 경기도 양평관측소의 자료를 참고함.
- (다) 동절기 야간(저온)에 이중공기막 온실은 단일 피복 온실에 비해 보온력이 높게 유지되었으며(약 3~4℃), 하절기 주간(고온)에 이중공기막 온실이 단일 피복 온실 보다 외부의 고온의 유입이 다소 억제됨(약 2~3℃)



(a) 이중공기막 온실 전경



(b) 난방기 (전기 방열기)

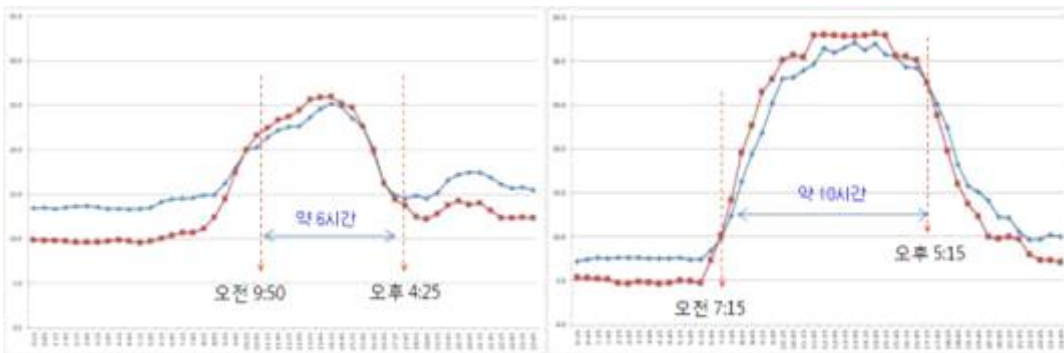
그림 19. 이중공기막(경기도 광주) 온실 및 난방기기 전경

표 4. 이중공기막 온실 동절기 난방사용량 비교

		기존 플라스틱 온실				이중공기막 온실	
		외부기온 (℃)	난방비용 (원)			외부기온 (℃)	난방비용 (원)
2011년	10월	12.1	354,640	2012년	10월	12.9	173,170
	11월	9.6	342,620		11월	4.4	218,770
	12월	-1.5	604,150		12월	-5.2	270,520
2012년	1월	-3.6	644,580	2013년	1월	-5.1	380,890
	2월	-2.5	56,140		2월	-1.4	115,950
	3월	5.2	398,270		3월	5.2	239,420
합 계		-	2,002,130	합 계		-	1,159,300
평균		3.2	400,066	평균		1.8	233,120

* 온실 내부기온은 평균 12℃로 유지함.

A : 2012. 11. 30 (최저 : -4℃, 최고: 8℃) B : 2013. 4. 1 (최저 : -1℃, 최고: 17℃)



* 범례 —●— 이중공기막 온실 —■— 단일 피복 온실

그림 20. 온실내부 온도 비교

(2) 이중공기막 관류열량 측정 결과

- (가) 우선 소형 챔버의 내부온도와 공기막에 투입되는 공기의 온도를 동일하게 0℃와 15℃로 설정하여 열관류량을 측정한 결과는, 이중공기막 샘플 두께가 11cm일 때 투입되는 공기온도 0℃는 열관류량이 22.8W/m²이고 와 15℃일 때는 65.8W/m²으로 나타났음. 또한 이중공기막 두께가 증가할수록 열관류열량은 증가하는 것으로 측정되었음.
- (나) 이중공기막에 투입되는 공기의 온도가 -10℃이고 소형 챔버의 내부온도를 0℃와 15℃로 나누어 측정한 결과는, 이중공기막 샘플 두께가 11cm이고 소형 챔버 내부온도가 0℃ 일 때 열관류열량이 28.0W/m²이고 소형 챔버 내부온도가 15℃일때는 72.2W/m²로 측정되었음. 그리고 이중공기막의 두께가 증가할수록 열관류량은 감소하였음.
- (다) 즉, 소형 챔버의 내부온도와 공기막에 투입되는 공기의 온도가 동일한 경우에는 이중공기막 두께가 증가할수록 관류열량이 증가하는 경향을 보였고, 공기막에 투입되는 공기온도가 설계실외온도와 동일한 -10℃ 일때는 이중공기막 두께가 증가할수록 열관류량은 감소하는 것으로 나타났음.

(a) 온도 센서 부착

(b) 데이터 측정



그림 21. 이중공기막 샘플 관류열량 측정

표 5. 이중공기막 관류열량 측정 결과

공기막 두께(cm)		온도(℃)		관류열량 (W/m ²)	관류열전달계수 (W/m ² ·℃)
		소형 챔버	공기막		
단일피복		0	-	46.1	4.6
		15	-	125.2	5.0
소형챔버와 공기막 온도 동일	11.0	0		22.8	2.3
	17.5	0		25.6	2.6
	22.5	0		25.0	2.5
	11.0	15		65.8	2.6
	17.5	15		74.9	3.0
	22.5	15		70.1	2.8
소형챔버와 공기막 온도 비동일	11.0	0	-10	28.0	2.8
	17.5	0	-10	24.1	2.4
	22.5	0	-10	25.0	2.5
	11.0	15	-10	72.2	2.8
	17.5	15	-10	67.8	2.7
	22.5	15	-10	66.8	2.7

<토마토 재배온실의 냉방 및 환기 개선기술 개발>

1. 온실의 공기유동 제어기술 개발

가. 연구기간: 2008. 8. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

- (1) 토마토재배 온실의 공기유동 제어기술 개발을 위한 기초분석
 - 환기, 냉·난방, 공기유동 실태조사
 - 온실의 난방 방식별 실내 온습도 분포의 균일도 실측 분석
 - 유동팬 및 덕트 시스템에서의 풍속 및 온도 분포 실측 분석
 - 온실의 환기 설계를 위한 열수지 모델의 증발산계수 추정 실험
- (2) 온실유형별 자연환기 극대화 방안 연구
 - 온실구조의 개선방안 검토
 - 환기구조 개선방안 검토
 - 단동온실의 천창(굴뚝식) 환기 분석 실험
- (3) 온실의 냉방 및 고온극복기술 탐색 및 효율비교
 - 이용 가능한 고온극복기술 탐색 및 특징 분석
 - 온실의 종류별 고온극복 설비 수준 검토
 - 온실의 경제적 고온극복 방안 도출
 - 증발냉각방식의 효율비교
 - 팬·패드 앤 덕트 냉방시스템 개발을 위한 기초실험
- (4) 온실의 공기유동시스템 설계방법 정립
 - 공기유동팬의 적정용량, 최적배치 결정방법 검토 및 정립
 - 덕트시스템 설계방법 및 배치방법 검토

다. 연구결과 및 고찰

(1) 토마토재배 온실의 공기유동 제어기술 개발을 위한 기초분석

(가) 환기, 냉·난방, 공기유동 실태조사

① 일반현황

표 1. 조사대상 토마토 재배온실 일반현황(충남 부여군 세도면)

시설종류		시설면적		재배작기	
구분	농가수(%)	구분	농가수(%)	구분	농가수(%)
철골유리온실	0(0.0)	0.3ha 미만	26(19.1)	9월~6월	10(7.4)
연동비닐하우스	27(19.9)	0.3~0.5ha	30(22.1)	10월~6월	107(78.7)
단동비닐하우스	105(77.2)	0.5~0.7ha	51(37.5)	11월~6월	6(4.4)
복합비닐하우스	4(2.9)	0.7~1.0ha	19(14.0)	12월~6월	6(4.4)
(단동+연동)		1.0ha 이상	10(7.3)	기 타	7(5.1)
계	136(100)	계	136(100)	계	136(100)

② 환기실태

표 2. 토마토 재배온실의 환기설비 현황

측 창		천 창		환기팬	
구 분	농가수(%)	구 분	농가수(%)	구 분	농가수(%)
권취식	129(94.9)	권취식(연동)	31(22.8)	설 치	18(13.2)
창문식	7(5.1)	창문식(단동)	13(9.6)	비설치	118(86.8)
없 음	0(0.0)	굴뚝식(단동)	21(15.4)	-	-
-	-	없 음(단동)	71(52.2)	-	-
계	136(100)	계	136(100)	계	136(100)

- 권취식 측창 ; 개폐폭 1.4±0.5m (p=0.05), 작동방식 자동(79.4%), 수동(20.6%)
- 권취식 천창 ; 개폐폭 1.8±0.9m (p=0.05), 작동방식 자동(88.6%), 수동(11.4%)
- 굴뚝식 천창 ; 설치간격 6.2±3.2m (p=0.05), 직경 56±13cm (p=0.05)
작동방식 자동(81.0%), 수동(19.0%)
- 환기팬 설치 ; 10a 당 2.8±2.2대 (p=0.05), 제어방식 자동(66.7%), 수동(33.3%)

③ 냉방실태 ; 냉방설비 설치 농가는 하나도 없음.

④ 난방실태

표 3. 토마토 재배온실의 난방설비 현황

난방방식		온풍덕트	
구 분	농가수(%)	구 분	농가수(%)
온 풍	61(44.9)	전체배열	88(64.7)
온 수	10(7.3)	방사형	36(26.5)
온풍+온수	63(46.3)	없 음	12(8.8)
무난방	2(1.5)	-	-
계	136(100)	계	136(100)

- 난방기 용량 ; 10a 당 127,000±78,000kcal/hr (p=0.05)
- 덕트설치 ; 모든 고랑에 설치한 농가 33.3%, 일부에만 설치한 농가 66.7%
전체 고랑수에 대한 덕트 설치 비율은 66.7±11.2% (p=0.05)
- 덕트구멍 ; 덕트 설치 농가 중 구멍을 뚫지 않은 농가 11농가(8.9%)
구멍크기 5.4±2.4cm (p=0.05), 배기공 간격 3.2±1.8m (p=0.05)

⑤ 공기유동실태

- 유동팬 설치 농가수 ; 8농가(5.9%)
- 유동팬 제어방식 ; 자동 12.5%, 수동 87.5%
- 설치높이 ; 1.9±0.3m
- 설치간격 ; 길이방향 13.5±8.5m, 폭방향 9.0±4.9m
- 10a당 설치대수 ; 3.1±1.5대

(나) 온실의 난방 방식별 실내 온습도 분포의 균일도 실측 분석

- ① 실험온실 ; 토마토재배, 단동비닐하우스(토경, 온풍난방, 온수난방), 연동비닐하우스(수경, 온풍난방, 온수난방)

② 계측기간 ; 2008년 11월 1일 ~ 2009년 4월 6일

③ 계측항목 및 센서배치 ; 온도(실내 12점, 실외 1점), 상대습도(실내 12점, 실외 1점), 광(PAR, 실내 2점, 실외 1점), 센서배치도 참고

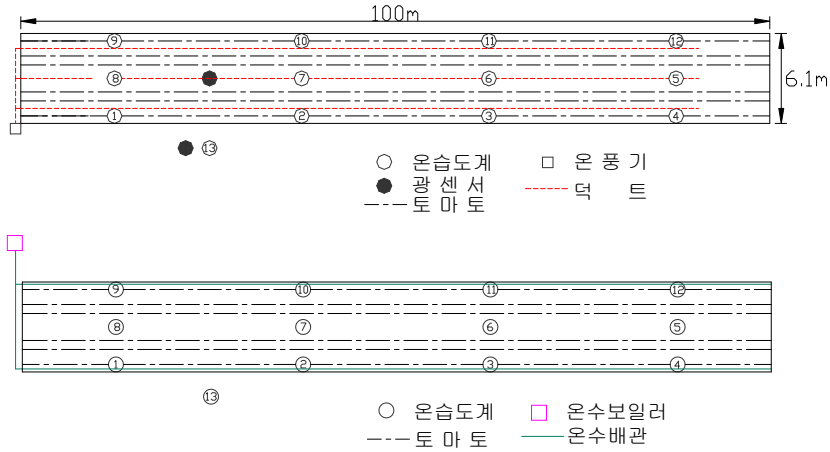


그림 1. 센서배치도(단동비닐 하우스, 온풍(상), 온수(하))

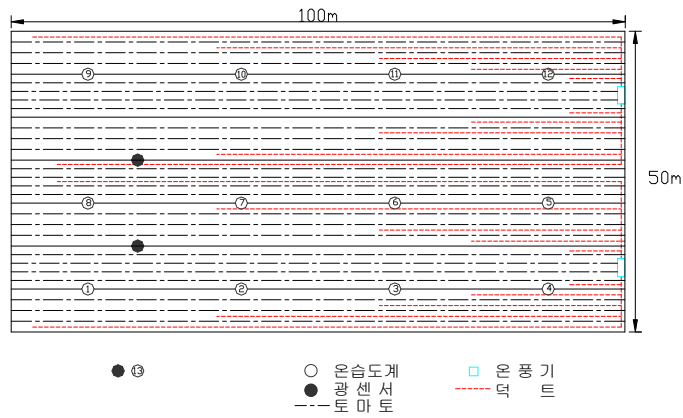


그림 2. 센서배치도(연동비닐 하우스, 온풍난방)

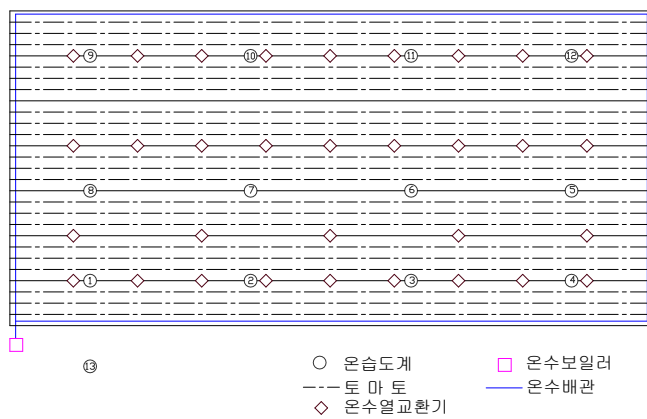


그림 3. 센서배치도(연동비닐하우스, 온수난방)

④ 온습도 균일도의 정의(Nam and Kim, 2007) ; $\text{균일도} = (1 - \frac{\text{표준편차}}{\text{평균}}) \times 100(\%)$

⑤ 균일도와 최대편차와의 관계 분석

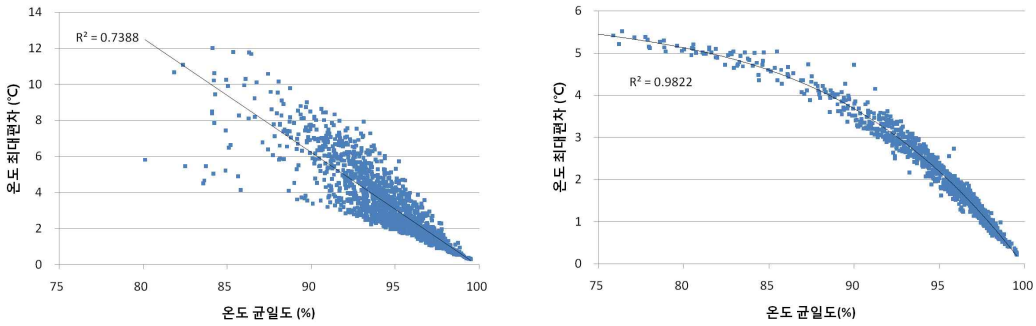


그림 4. 실내 온도분포의 균일도와 최대편차와의 관계(좌; 주간, 우; 야간)

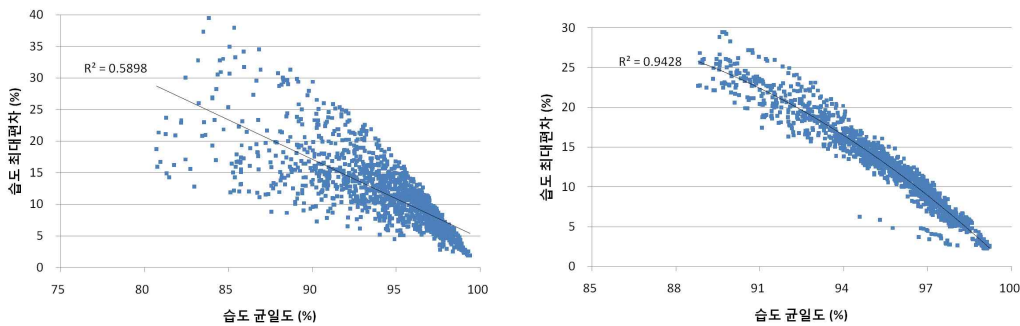


그림 5. 실내 습도분포의 균일도와 최대편차와의 관계(좌; 주간, 우; 야간)

⑥ 온실유형(단동, 연동), 난방방식(온풍, 온수)별 온도분포 비교

- 분석 자료 ; 07:00~19:00(주간), 19:00~07:00(야간)으로 나누어 분석
- 자료 기간 ; 2008.11.01(연동, 온풍), 11.06(연동, 온수), 11.20(단동)~2009.04.06

표 4. 온실유형, 난방방식별 온도분포 비교(주간)

월	최대편차(°C)				균일도(%)			
	단동		연동		단동		연동	
	온풍	온수	온풍	온수	온풍	온수	온풍	온수
11	1.9	1.2	2.2	2.9	96.4	97.1	96.4	95.0
12	3.0	1.9	2.6	3.3	94.5	95.5	95.2	94.0
1	4.3	2.1	3.4	3.4	92.3	95.7	93.9	94.3
2	3.4	2.5	2.9	3.5	94.4	95.2	94.9	94.3
3	3.9	4.0	3.5	4.2	94.2	93.7	94.8	94.0
4	3.2	3.4	3.5	3.9	94.8	94.5	94.8	94.1
평균	3.3	2.5	3.0	3.5	94.4	95.3	95.0	94.3

표 5. 온실유형, 난방방식별 온도분포 비교(야간)

월	최대편차(°C)				균일도(%)			
	단동		연동		단동		연동	
	온풍	온수	온풍	온수	온풍	온수	온풍	온수
11	1.2	0.8	1.9	2.2	96.5	97.5	95.6	95.1
12	1.4	1.2	2.1	1.9	94.6	95.8	94.2	95.8
1	2.3	1.3	2.9	1.1	93.0	96.0	91.6	97.4
2	2.1	1.5	2.1	1.5	94.2	95.3	94.5	96.5
3	1.6	1.8	2.2	2.8	95.9	95.1	94.9	92.1
4	1.5	1.7	2.4	3.4	96.0	95.1	94.4	89.2
평균	1.7	1.4	2.3	2.1	95.1	95.8	94.2	94.3

⑦ 온실유형(단동, 연동), 난방방식(온풍, 온수)별 습도분포 비교

표 6. 온실유형, 난방방식별 습도분포 비교(주간)

월	최대편차(%)				균일도(%)			
	단동		연동		단동		연동	
	온풍	온수	온풍	온수	온풍	온수	온풍	온수
11	5.4	4.8	5.9	8.9	97.2	97.5	96.7	95.7
12	8.2	5.9	6.5	11.8	96.0	97.3	96.8	94.5
1	10.6	7.1	10.1	16.1	95.6	97.0	95.8	93.6
2	9.3	9.7	10.0	11.8	95.6	96.0	95.3	94.7
3	10.5	10.0	12.4	11.1	93.7	94.3	92.9	92.9
4	9.7	12.1	12.5	10.2	94.3	93.0	93.1	93.6
평균	9.0	8.3	9.6	11.6	95.4	95.8	95.1	94.2

표 7. 온실유형, 난방방식별 습도분포 비교(야간)

월	최대편차(%)				균일도(%)			
	단동		연동		단동		연동	
	온풍	온수	온풍	온수	온풍	온수	온풍	온수
11	3.2	2.7	3.5	10.7	98.3	98.8	98.9	96.1
12	3.7	4.7	5.8	13.6	98.7	98.3	98.1	94.6
1	6.3	4.8	5.4	18.4	97.9	98.4	98.2	93.5
2	4.8	5.8	4.2	13.1	98.4	98.1	98.6	95.2
3	5.1	6.4	4.2	9.7	98.2	98.0	98.7	96.6
4	4.7	5.6	4.4	7.6	97.9	97.7	98.6	97.0
평균	4.6	5.0	4.6	12.2	98.2	98.2	98.5	95.5

⑧ 온실유형(단동, 연동), 난방방식(온풍, 온수)별 온습도분포 종합

표 8. 온실유형, 난방방식별 온습도분포 비교(95% 신뢰수준)

구분		실내온도분포(℃)				실내습도분포(%)			
		단동		연동		단동		연동	
		온풍	온수	온풍	온수	온풍	온수	온풍	온수
최대편차 (℃, %)	주간	8.2	6.3	6.2	7.6	21.6	18.9	21.2	23.4
	야간	3.2	2.8	3.9	4.2	10.6	11.3	8.3	24.1
균일도 (%)	주간	87.8	89.5	89.8	88.8	88.0	90.0	87.3	87.1
	야간	90.4	91.6	89.0	87.2	96.2	96.1	97.2	90.7

- 단동온실 ; 온수난방방식이 온풍난방방식에 비하여 온도 편차는 작고, 온도 균일도는 높음. 야간이 주간보다 편차 작고, 균일도 높음(야간에는 다중의 보온커튼을 사용하여 밀폐도가 높기 때문으로 판단됨). 주간의 습도분포는 온도분포와 유사하지만 야간에는 큰 차이는 없으나 반대로 나타나는 경우도 있음(야간 습도가 매우 높아 센서의 추적성에 문제가 있는 것으로 판단됨)
- 연동온실 ; 본 실험에서 온수난방방식의 경우 두상배관 및 열교환기 방식으로써 지상에 온풍덕트를 설치한 온풍난방방식보다 온습도 균일도가 떨어지는 것으로 나타남

⑨ 온실유형별 광투과율 비교 ; 연동>단동(다층 보온커튼의 영향으로 판단됨)

- 단동비닐하우스 평균 광투과율 49.3%
- 연동비닐하우스 평균 광투과율 52.5%

(다) 유동팬 및 덕트 시스템에서의 풍속 및 온도 분포

- ① 농가 사용 유동팬의 풍속 ; 팬 정면 1m 거리에서 2.1m/s, 5m 거리에서 0.3m/s, 10m 정도의 거리까지 공기유동을 일으킬 수 있는 것으로 나타남(그림 6)
- ② 온풍난방 온실에서 온풍덕트의 온도와 풍속 분포
 - 덕트를 방사형으로 배치한 연동온실(덕트에 구멍을 뚫지 않음)에서 덕트 길이별 출구온도와 풍속은 그림 7과 같음. 덕트길이 10m에서 온도 36~37℃, 풍속 4.8~5.8m/s였으나 95m 길이에서는 온도 24~25℃, 풍속 3.6~3.8m/s로 떨어져 편차가 심함
 - 덕트를 고랑에 일직선으로 3열 배치한 단동온실(5m 간격으로 직경 5cm의 구멍을 뚫음)에서 1열과 3열의 덕트 길이별 배기온도와 배기풍속은 그림 8과 같음. 연동에 비하여 온도, 풍속 모두 편차가 더 심함
 - 온수난방(두상배관, 열교환기 방식)에서 열교환기 주변의 풍속 및 온도분포(그림 9). 열교환기 팬의 풍속은 유동팬보다 높았고 팬축 높이에서의 온도편차는 3℃정도로 나타남

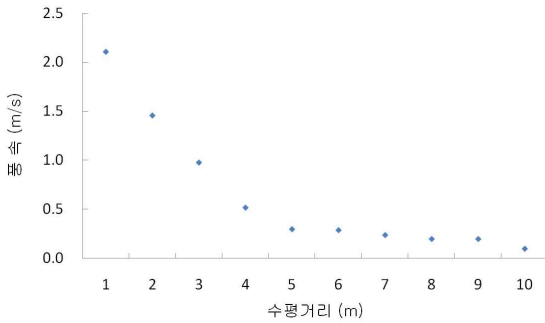


그림 6. 수평 유동팬의 팬축에서의 거리에 따른 변화

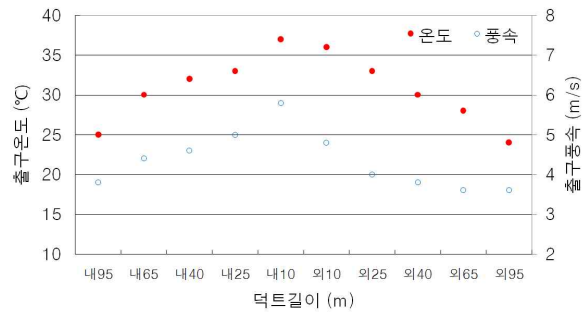


그림 7. 연동온실에서 온풍 덕트의 온도와 따른 풍속 분포

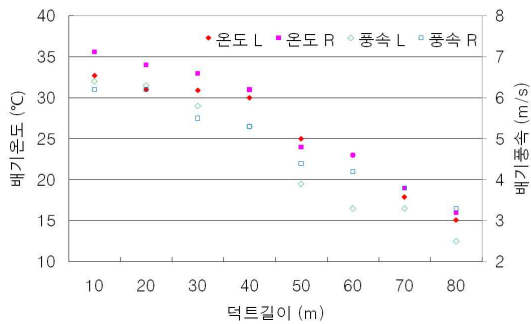


그림 8. 단동온실에서 온풍 덕트의 온도와 풍속

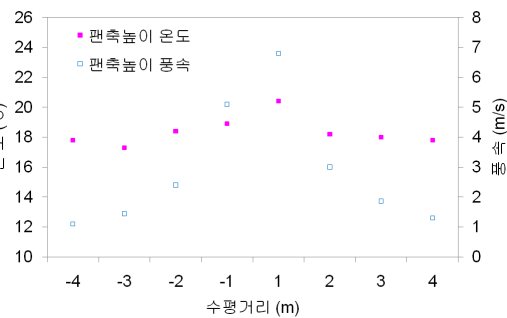


그림 9. 온수 열교환기 팬축에서의 거리에 따른 온도와 풍속 분포

(라) 온실의 환기 설계를 위한 열수지 모델의 증발산계수 추정

- ① 환기실험에 의한 증발산계수 추정
 - 열수지모델 ; 태양복사유입량=환기전열량+관류열손실+증발산손실
 - 증발산계수=(태양복사량-환기전열량-관류열손실)/태양복사량
 - 환기실험 ; 권취식 측창과 원형 굴뚝식 천창이 설치된 토마토재배 단동 비닐하우스에서 환

기량 실측(환기창의 단면수직풍속을 측정하여 환기량 산정, $Q=AV$). 실험기간은 2009년 3월 15~30일(토마토 수확기)

- 일사량, 실내외 온도 실측자료로부터 증발산손실을 제외한 모든 항 산정가능
- 20분 간격으로 측정된 상태가 양호한 조건의 데이터 141세트를 분석에 이용하였고, 1시간 간격으로 평균한 47세트의 태양복사량과 각 열수지항 및 증발산열의 비율은 그림 10, 그림 11과 같음
- 증발산계수는 0.62 ± 0.23 ($p=0.05$)으로 분석됨(그림 12)

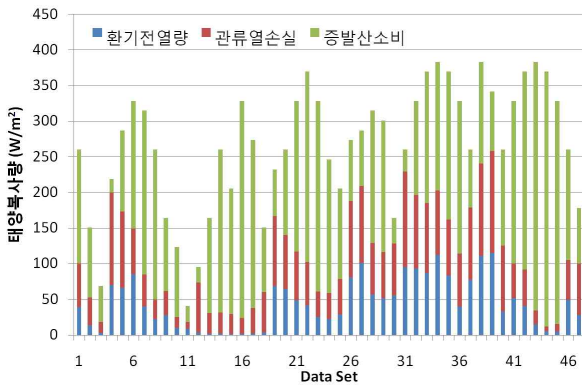


그림 10. 태양복사량과 환기전열량, 관류열손실, 증발산소비의 변화

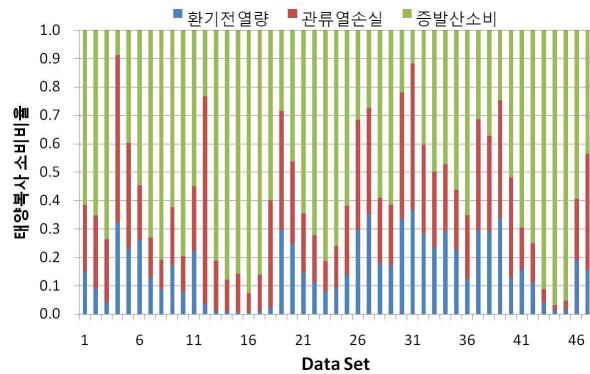


그림 11. 태양복사에 대한 환기전열, 관류열, 증발산열의 비율

- ASAE(1997)는 작물이 작거나 증발냉각 중인 온실에서는 0.1~0.2, 성숙한 작물이나 습도비가 낮은 경우 0.8~0.9를 제시하고 있으며, Hellickson(1983)은 왕성하게 자라는 작물에 대해서 0.5~1.0(설계값은 0.5를 권장)으로, Tachibana(1980)는 0.5~0.65를 제시함

(2) 온실유형별 자연환기 극대화 방안

(가) 온실구조의 개선

- 우리나라의 온실은 기본적으로 겨울철 에너지 절약을 위한 보온형 구조로 되어 있어서 여름철 고온 극복에는 불리한 구조로 되어 있음. 따라서 자연환기를 극대화하기 위해서는 온실 구조의 개선이 필요
- 4계절 활용할 수 있는 온실 구조는 많은 에너지를 투입해야 하므로 이원화 방향도 고려해 볼 필요가 있을 것으로 판단됨. 즉, 겨울철의 보온에 유리한 온실 구조로 하여 혹서기에는 휴경하는 시설을 남부지방에 보급하고, 여름철의 고온극복에 유리한 온실 구조로 하여 혹한기에는 휴경하는 시설을 강원도나 고랭지 등에 보급하는 것

(나) 환기구조 개선

- 자연환기를 극대화하기 위해서는 현행 온실의 환기 구조를 개선할 필요가 있음
- 단동의 비닐하우스는 현재 대부분 권취식 측창뿐이나 천창을 설치할 수 있는 구조로 개선해야 함
- 연동의 비닐하우스는 권취식 천·측창을 갖추고 있으나 연동곡부의 천창은 환기효율이 떨어짐. 따라서 연동곡부의 천창을 지붕 아치 상부로 이동하는 방법, 천·측창 개구 면적의

확대 방안 등의 구조 개선이 필요

- 연동수의 제한이 필요하며, 다연동을 설치할 때에는 4~5연동 마다 분리하여 설치하는 것이 바람직
- 철골 온실의 경우에도 측면은 유리나 경질판 대신 연질필름으로 피복하여 권취식 측창 구조로 하면 환기면적을 확대시킬 수 있음
- 작물체 분무나 포그시스템의 가동 등에도 환기는 필수조건이므로 자연환기가 극대화될 수 있는 모든 방법을 동원해야 하며, 필요시에는 강제환기의 도입도 적극적으로 검토할 필요가 있음

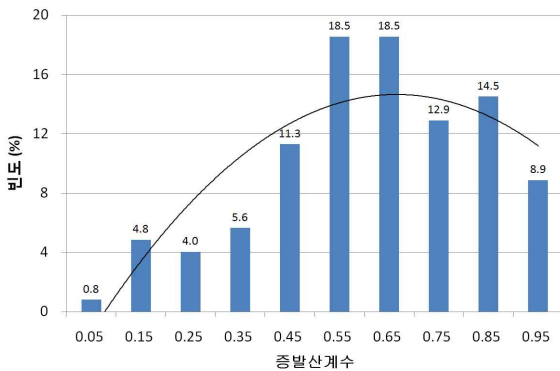


그림 12. 열수지 모델 실험에서 증발산계수의 분포

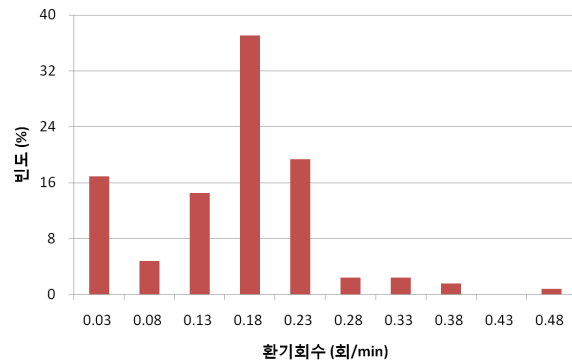


그림 13. 굴뚝식 천창을 설치한 단동하우스의 환기회수 빈도 분포

(다) 단동온실의 천창(굴뚝식) 환기 분석

- 직경 60cm의 원통형 굴뚝식 천창을 8m 간격으로 설치한 단동온실의 자연환기 성능을 실험한 결과 환기회수는 분당 0.17 ± 0.15 회($p=0.05$)로 나타남(그림 13)
- 이 경우 천창 면적은 측창면적의 2.4%에 불과함
- 여름철 권장 환기율은 0.75~1.0회/분(Hellickson, 1983)이므로 환기창 설치간격을 2m 정도로 설치해야할 것으로 판단되며, 봄철 환기에는 6m 정도의 설치간격이면 적당할 것으로 판단됨

(3) 온실의 냉방 및 고온극복기술 탐색 및 효율비교

(가) 이용 가능한 고온극복기술

① 증발냉각법

- 패드앤팬시스템 ; 온실 측벽 부분에 패드를 설치하고 여기에 물을 유하시키며, 이것을 통하여 외부 공기를 실내로 도입하는 방법. 외부공기는 패드부분을 통과할 때 가습냉각되어 냉각공기가 온실내로 유입되고 반대측 벽면에 있는 압력형 환기팬으로 배출. 온실의 규모가 커서 팬과 패드 사이의 거리가 길게 되면 내부를 공기가 통과하면서 온도가 상승하여 기온이 불균일하게 되므로 대형 연동온실에서는 적당하지 않음(Kim 등, 2000).
- 포그시스템 : 직경 0.05mm이하의 세무(fog)를 온실내로 분무하여 가습 냉각하는 방식. 온실의 흡기구 부분에서 세무를 노즐로 분무하고 이것을 통과하여 가습 냉각된 공기는 온실 내부를 통과한 후 천창측 또는 반대측의 환기팬으로 배출. 온실의 길이가 30~40m이상인

경우에는 실내에서도 세무를 분무시켜 기온이 불균일하게 되는 것을 피함. 세무 입경을 가늘게 하기 위해서는 노즐의 분무 구멍을 작게 하면 되지만 그에 따라서 구멍이 막히기 쉬우므로 실용상의 문제가 있고, 사용하는 물의 수질과 필터의 사용이 필수적(Nam 등, 2008)

- 수막식 세무냉방장치 : 이 방식은 온실의 상부에 수막커튼을 설치하고 그 위에서 세무를 분무. 외부공기는 천창으로 들어오고 커튼 위에서 냉각된 공기는 온실 안을 통과한 후 양 끝에 설치된 환기팬으로 배기. 세무에 의한 작물체의 젖음을 방지할 수 있으나 일사 투과율이 저하되기 때문에 강광을 필요로 하지 않는 작물에 적합. 구조는 수막커튼 난방방식과 거의 같으므로 분무량을 10배 정도로 많게 하면 겨울철 수막커튼 난방방식으로 겸용 가능

② 국부냉방법

- 작물체 주위 국부냉방 : 대표적인 국부냉방 방식으로는 과실 주위에 튜브를 설치하여 그 안에 냉기를 불어넣는 방식이 있는데 이 방법으로 토마토의 배꼽 썩음병을 방제하는 효과가 있음이 보고됨. 또한 벤치 재배용으로 고안된 시스템으로서 작물체 부근과 근권부의 국부냉방을 목적으로 하는 덕트쿨러 방식이 있음.
- 근권부 냉각(배양액 냉각) : 양액의 냉각에는 히트펌프를 이용하는 방식과 지하수를 이용하는 방식이 있음. 지하수를 이용하는 방식의 경우 양액 탱크 내에 튜브를 설치하고 그 안에 지하수를 흘려주는 방식과 열교환기를 이용하는 방식으로 나눌 수 있는데, 전자의 경우 충분한 냉각을 위해서는 막대한 양의 지하수가 필요
- 근권부 냉각(지중 냉각) : 최근 온실밀감 또는 화훼류의 화아분화 유도의 목적으로 지중냉각 시스템이 일부에서 시험적으로 도입됨. 지표면은 차광시트로 덮고 지중 5~10cm에 직경 20mm의 PVC파이프를 30cm간격으로 매설하고 그 안에 5℃로 냉각된 물을 흘려주면, 여름철에 표층 수십cm의 지온을 15℃이하로 낮추어 줄 수 있음
- 작물체 분무 : 미스트 노즐 등을 사용해서 작물체를 적시고 기화냉각에 의해서 작물체 자체의 온도를 하강 시키는 방법. 난 재배 등에서 일부 채용되고 있으나 우리나라와 같이 여름철 습도가 높은 지역에서는 적당하지 못함

③ 야간냉방

- 히트펌프 : 야간에는 일사 부하가 없으므로 냉방으로 제거해야할 열량이 대략 주간 10~20% 정도임. 야간에는 습도가 높기 때문에 증발냉각 방식은 사용 불가능. 히트펌프 냉방 시스템이 딸기 등의 화아 분화 유도 또는 야냉 육묘 등에 사용되고 있으며, 야간냉방에 적용 가능한 작물은 보다 확대될 전망. 약광하에서 재배가 가능한 호접란 등은 80%이상의 차광 병행으로 주간에도 적용할 수 있음

④ 보조냉방법

- 냉수(지하수)냉방법 : 지하수 온도는 다소의 지역차이는 있으나 여름철에도 15~18℃정도임. 그러므로 지하수를 물-공기 열교환기에 흘려서 열교환하면 20~25℃정도의 냉풍을 얻을 수 있음. 그러나 온실 전체를 냉방하기 위해서는 막대한 양의 지하수가 필요하므로, 덕트 등을 이용해서 작물체 부근에 냉풍을 보내는 국부냉방이나 냉방부하가 작은 야간냉방에 이용이 가능.
- 피복(차광) : 이상에서 살펴본 여러 가지 냉방방법들은 단독으로 실행할 때보다는 차광과 함께 실시할 때 훨씬 효율이 높으며, 냉방부하가 크지 않은 경우에는 차광만으로도 고온극복의 수단이 될 수 있음
- 피복(열선흡수유리) : 가시광선을 투과시키면서 적외선(열선)을 흡수하는 열선흡수 유리를

피복재로 사용하여 시설내의 온도상승을 억제하는 방법. 열선흡수 유리는 보통유리에 비하여 적외선 흡수율은 높지만 재복사가 많고 광합성에 유효한 적색광 부근의 광이 차단되는 결점이 있어 좀 더 보완된 제품의 개발이 필요

- 지붕살수 : 지붕의 바깥면에 물을 뿌려서 지붕면을 냉각시키고, 그로 인해서 실내온도를 하강시키는 방법. 온도하강 효과는 대략 1℃ 정도로 그다지 크지 않으므로 보조적인 수단으로 사용되고 있음

(나) 온실의 종류별 고온극복 설비 수준 검토

표 9. 온실의 종류와 투자수준별 고온극복 설비 수준 선택

투자비 수준	고온극복 설비										해당온실의 종류
	증발냉각		차광설비			환기설비			기타		
	패드	포그	알미늄 스크린	외부 이차광	흑색 차광 망	강제 환기	천창 개폐	측창 개폐	지붕 살수	근권 냉각	
매우높음	△	○	◎	△		○	◎	◎	◎	○	칠골 온실 (유리, 경질판)
높음		△	△	○		○	◎	◎	△	○	자동화 연동온실
보통			△		○	○	◎	◎	△	○	일반 연동온실 광폭형 단동온실
낮음					○		○	◎		△	일반 단동온실
매우낮음					△		△	○			터널형 온실

주) ◎ 기본시설, ○ 적극적인 권장설비, △ 선택적인 권장설비

(다) 온실의 경제적 고온극복 방안

- 자연환기의 극대화 및 적극적인 강제환기 시스템의 도입 : 온실구조 개선/이원화, 환기구조 개선, 연동수 제한 등
- 적정 차광 및 차광의 효율적인 제어 : 외부설치 구조, 스크린(열린 구조) 선택, 광강도에 의한 제어 등
- 보조적인 고온극복 방법의 적극적인 도입
- 자연에너지의 적극적인 활용 및 온실 구조개선
- 고부가가치 시설에서는 증발냉각시스템의 다각적인 도입

(라) 증발냉각방식의 효율비교

- 팬 앤 패드시스템과 포그시스템 가동 온실의 효율을 비교 분석한 결과, 패드시스템이 냉방 성능은 더 높지만 온도경사가 심하고 설치비와 물 및 에너지 소비량이 훨씬 큰 것으로 분석됨(표 10, 표 11, 그림 14)

표 10. 팬 앤 패드시스템과 포그시스템 설치 온실의 실내온도분포 비교

	No.	외부기상		실내온도분포(°C)			
		온도(°C)	습도(%)	평균	표준편차	최대편차	변동계수(%)
팬 앤 패드 시스템	1	34.5	29.1	31.6	3.9	9.4	12.3
	2	35.5	20.1	27.1	2.8	6.4	10.3
	3	38.1	16.6	29.0	3.0	6.9	10.3
	4	36.5	18.5	28.4	2.6	5.9	9.2
	5	37.2	16.7	28.1	2.4	5.6	8.5
	6	39.5	12.3	28.6	2.6	5.9	9.1
포그시스템	1	36.6	17.2	32.3	1.6	3.8	5.0
	2	37.1	16.6	31.6	2.3	5.2	7.3
	3	37.4	16.5	29.9	1.3	2.9	4.3
	4	37.3	16.3	32.0	1.9	4.4	5.9
	5	37.2	16.8	29.1	1.4	2.8	4.8
	6	37.5	16.2	32.6	1.6	3.5	4.9

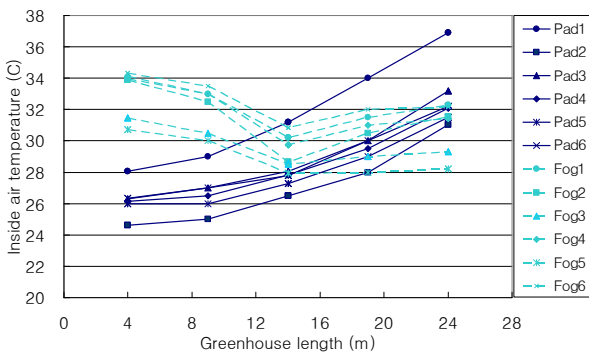


그림 14. 패드와 포그시스템 설치온실의 실내온도경사 비교

- 우리나라의 실정으로는 포그시스템이 더 유리할 것으로 판단되지만 강제환기를 추가하면 대체로 비슷할 것이므로 자연환기방식으로 하고 환기성능을 극대화할 수 있는 방안을 강구하며, 순환팬을 설치하여 제습 및 증발효율을 높이도록 하고 관수, 농약살포 등 포그노즐을 다목적으로 이용할 수 있는 시스템으로 구성하는 것이 경제성을 높일 수 있는 방안이 될 것으로 생각
- 팬 앤 패드시스템의 경우에는 온도경사를 줄일 수 있는 팬, 패드 앤 덕트시스템의 개발이 필요할 것으로 판단됨

표 11. 팬 앤 패드시스템과 포그시스템의 온실냉방 효율 비교

구 분	패드시스템 (A)	포그시스템 (B)	A/B	비 고
설치비(원/㎡)	10,970	7,460	1.47	강제 환기시설 포함 가격
냉방성능(°C)	8.1	5.9	1.37	외기온 대비 평균 냉방온도
물소비량(kg/hr)	380	228	1.67	유량계에 의한 측정값
에너지소비량 (kWh/day)	22.5	12.4	1.81	펌프 및 팬의 전력소비량과 가동시간으로부터 추정된 값

(4) 온실의 공기유동시스템 설계방법 정립

(가) 유동팬 설계

① ASAE 설치 기준

- 단동온실에서 팬은 팬 축방향이 온실의 길이 방향에 평행하게 설치하고, 측벽으로부터 온실 폭의 1/4 정도의 간격을 뒀. 공기는 측벽을 따라 평행하게 순환되도록 하고, 한쪽 측벽을 따라 출발하여 다른 쪽 측벽을 따라 되돌아오게 함
- 연동온실에서 공기의 순환은 어떤 한 구역에서 출발하여 다른 구역을 거쳐 되돌아올 수 있음. 팬은 각각의 구역에서 작물 위에 설치하되 작물군락 상단으로부터 최소한 0.6~0.9m 위에 팬을 설치. 0.9m보다 높게 설치하면 작물 군락 위의 공기만 유동시키고 작물 군락 내의 공기는 유동시키지 못하는 경향이 있음
- 공기 흐름 방향으로 팬 직경의 30배 이하의 간격으로 팬을 배치하고 끝벽으로부터 4.5~6.0m 떨어진 위치에 설치. 전체 팬 용량은 온실바닥면적(m²)당 0.6m³/min 정도인 것을 선택. 작물 군락 부근에서의 유속이 1.0m/s를 초과하지 않도록 팬 설치 높이 조정

② NRAES 설치 기준(유, 2008)

- NRAES(Northeast Regional Agricultural Engineering Service)에서 제시한 순환팬 설치 기준(그림 15). 온실 길이가 약 15m 더 길어지면 1열의 팬을 추가로 설치. 3연동 온실에서는 바깥쪽 2동의 기류방향을 같게 함. 홀수개의 연동 온실에서는 가운데 3개 연동에서의 기류 방향을 같게 설치
- 온실에 필요한 전체 팬 용량(m³/min)은 온실 체적의 25%(1/4)가 되도록 함. 일반적으로 1/15마력의 모터에 팬 직경 40cm이면 충분



그림 15. 온실 공기유동시스템의 팬 배치 (NRAES)

③ Hellickson(1983) 등의 설치 기준

- 수평팬 유도 공기순환 방법은 저렴하고 지름이 38~61cm인 소형팬을 사용하고, 팬 용량은 온실 부피의 30% 이상을 권장
- 수평 공기 흐름과 순환 형태를 만들기 위하여 작물군락 위에 팬을 일정한 간격으로 배치. 길이가 15~20m 정도 또는 그보다 짧은 단동 온실에서 두 팬은 온실의 대각선으로 서로 맞은편 구석에 끝벽으로부터 약 3m 정도, 측벽으로부터 온실 폭의 1/4 정도 떨어진 곳에 배치
- 온실의 측벽을 따라 공기가 흐르게 함 ; 그림 16(a)
- 길이가 15~20m 이상의 온실에서는 완전한 공기 순환을 위해서 두 개의 보조팬을 사용. 두 보조팬은 시설물의 측벽에 서로 반대 방향으로 배치 ; 그림 16(b)
- 단경간 협폭 연동온실에서는 공기가 아래로 유동하며, 인접 동을 거쳐 다시 위로 순환 됨 ; 그림 16(c)
- 폭이 7m 또는 그 이상 되는 장경간 광폭 연동온실에서는 공기가 각 하우스 내에서 순환됨. 이 경우 인접동에서의 공기 흐름은 역방향이며, 온실의 연동 곡부를 따른 공기 흐름은 같은 방향 ; 그림 16(d)

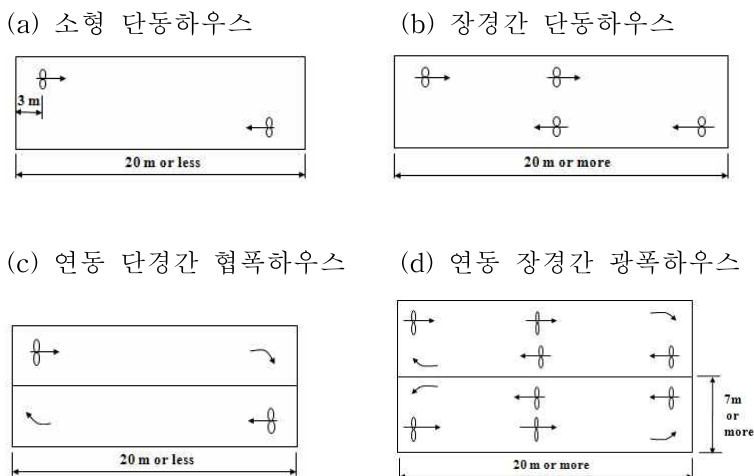


그림 16. 온실 수평공기 유도시스템의 팬배치

(나) 덕트 설계

- 온풍덕트의 배치는 온실의 크기 및 방향, 난방기의 위치 등에 따라 달라짐
- 덕트를 배치할 때 처음부터 온도분포를 균일하게 하는 것은 어렵기 때문에 분기덕트를 길게 해서 온도분포를 점검하면서 길이를 조정하고, 덕트에 배기공을 뚫음. 덕트의 지름은 온풍기의 풍량을 기준으로 결정. 배기공의 크기는 구멍 면적의 합이 덕트 단면적과 같도록 하는 것이 이상적(Kim 등, 2000)
- 온풍덕트의 배기공 간격을 온풍난방기로부터 멀어질수록 감소시킨 덕트를 사용할 때 등간격의 배기공을 가진 덕트를 사용한 경우보다 온도편차를 50% 이상 줄일 수 있는 것으로 보고함(윤 등, 2009)

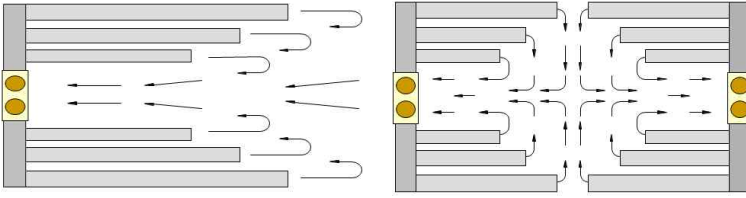


그림 17. 온풍덕트 배치방법 개선

2. 저압 에어포그 냉방시스템의 효율적 이용방안

가. 연구기간: 2010.1.20-2011.1.19

나. 연구방법

(1) 에어포그노즐을 설치한 온실의 냉방설계 프로그램 개발

(가) 열평형식의 구성

- 미국농공학회의 Design Standards(ASABE, 2008)에서 제시하고 있는 온실의 환기 및 냉방 (팬 앤 패드 시스템)에 관한 열평형식을 기초로 수정식을 구성하였다.
- 환기시스템의 열평형식

$$\alpha I_s A_f - UA_c (T_i - T_o) - \frac{QC_p}{V} (T_i - T_o) = 0 \quad (1)$$

$$\alpha = (1 - E)(\tau)(1 - r_s) \quad (2)$$

- 여기서, E는 태양복사에 대하여 작물의 증발산에 의해 잠열형태로 소비되는 에너지의 비율, τ 는 피복재의 일사 투과율, r_s 는 차광율, I_s 는 외부 수평면 일사량(W/m^2), U는 열관류율($W/m^2\text{ }^\circ C$), A_f 는 온실의 바닥면적(m^2), A_c 는 온실의 표면적(m^2), T_i 와 T_o 는 실내 및 실외 설계온도($^\circ C$), Q는 환기량(m^3/s), C_p 는 공기의 비열($J/kg\text{ }^\circ C$), V 는 실내공기의 비체적(m^3/kg)이다.

- 패드시스템의 열평형식

$$T_o' = T_o - \varepsilon (T_o - T_w) \quad (3)$$

- 팬 앤 패드 시스템의 열평형식은 환기시스템과 같으나, 환기전열항의 T_o 대신 T_o' 을 사용한다. 여기서, T_o' 은 패드시스템의 출구온도($^\circ C$), T_w 는 외기의 설계 습구온도($^\circ C$), ε 은 증발냉각 효율이다. 증발수량 E_w (kg/s)는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$E_w = \frac{Q}{V} (W_o' - W_o) \quad (4)$$

- 여기서, W_o 는 실외 습도비(kg/kg), W_o' 은 패드시스템을 통과한 공기의 습도비이다.

- 포그시스템의 열평형식

$$A_f - UA_c + \frac{QC_p}{V} (T_i - T_o) - \lambda M = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\beta I_s A_f}{\lambda} + M - \frac{Q}{V} (W_i - W_o) = 0 \quad (6)$$

$$\beta = (E)(\tau)(1 - r_s) \quad (7)$$

- 포그시스템의 열평형식은 환기시스템의 열평형식에 실내에 분무된 물의 증발에 의한 잠열 손실항이 추가되어 식(5)와 같이 되며, 이 때의 수분평형식은 식(6)으로 표현 할 수 있다. 여기서, M 은 포그노즐의 분무량(kg/s), λ 는 수분증발잠열(J/kg), W_i 는 실내 습도비(kg/kg);

목표 온도 및 상대습도로부터 계산), W_o 는 실외 습도비(kg/kg ; 설계용 기상자료로 제공 또는 건습구 온도로부터 계산)이다.

- 한편 식(6)을 로 정리하여 식(5)에 대입하면 식(8)을 유도할 수 있고, 식(6)을 M 으로 정리하여 식(5)에 대입하면 식(9)를 유도할 수 있다.

$$M = \frac{\alpha I_s A_f - (T_i - T_o)(UA_c + \frac{C_p}{(W_i - W_o)} \frac{\beta I_s A_f}{\lambda})}{(T_i - T_o) C_p + \lambda} \quad (8)$$

$$Q = v \frac{(\alpha + \beta) I_s A_f - UA_c (T_i - T_o)}{C_p (T_i - T_o) + \lambda (W_i - W_o)} \quad (9)$$

(나) 포그냉방 설계 프로그램 개발

- 식(8)과 식(9)를 이용하여 주어진 설계조건으로부터 에어포그 시스템의 분무수량과 필요환기량을 구할 수 있는 엑셀 프로그램을 개발하였다.
- 입력자료와 설계조건 및 프로그램 이용방법은 연구결과에서 설명한다.

(2) 에어포그노즐의 설치기준 작성

(가) 에어포그 설치 가이드라인

- 앞에서 개발한 포그냉방 설계프로그램으로부터 목표온도와 습도, 위험율별 설계용 외부기상데이터(TAC 1%, 2.5%, 5%)에 따라 필요한 환기율과 분무수량 등의 기본정보를 제공할 수 있는 에어포그 설치 가이드라인을 작성하였다.
- 포그냉방 설계 기본정보로부터 필요한 노즐의 수와 노즐 설치간격을 구할 수 있는 이론식을 구성하고, 사례조사 및 이론분석을 통하여 노즐의 설치높이를 설정하였으며, 에어포그 노즐의 설치기준을 작성하였다.

(나) 에어포그 분사각도 이론적 분석

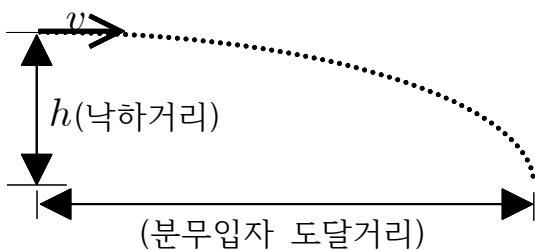


그림. 1. Schematics of fog sprayed horizontally

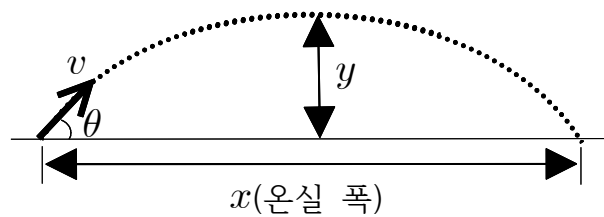


그림. 2. Schematics of fog sprayed parabolically

$$= v \frac{2h}{g} \quad (10)$$

$$x = \frac{v \sin 2\theta}{g} \quad (11)$$

$$= \frac{v \sin^2 \theta}{2g} \quad (12)$$

- 노즐에 대한 기술자료 ; 공기압과 수압에 따른 분사거리
- 주어진 공기압과 수압에서의 노즐의 분사거리를 , 설치높이를 h 로 하면 식(10)에서 노즐에서의 초기속도 v 가 구해진다. 이 초기속도를 이용하여 온실의 폭 x 에서 증발 되지 않은 입자가 노즐과 동일한 높이를 유지하기 위해서는 식(11)에서 θ 의 분사각을 가져야 한다.

(3) 에어포그노즐의 제어방법별 냉방효율 시험

(가) 실험온실 및 환경계측

- 실험온실의 규격과 계측센서 및 에어포그노즐의 배치는 그림. 3과 같다.
- 계측센서와 에어포그노즐의 사양은 표 1과 같다.

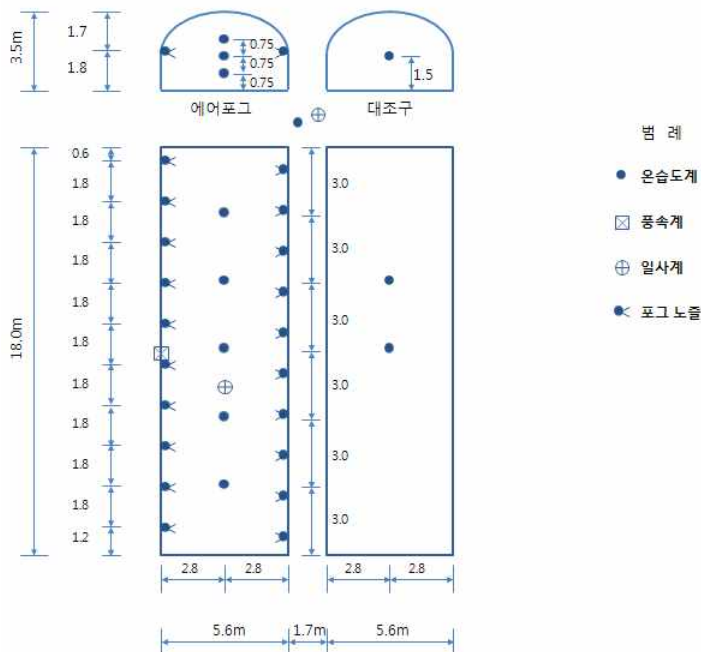


그림. 3. Location of air fog nozzles and sensors in experimental greenhouses

표 1. Specifications of sensors and air fog cooling system

계측센서	온습도계	HTR10 (Hans system)
	일사계	LI200X (Campbell scientific Inc.)
	풍속계	CTV100 (Kimo instrument)
에어포그	노즐구경	0.8 mm
	입자크기	20~40 μm
	수 압	250~360 kPa
	공기압	190~210 kPa
	분사거리	6~8 m
	분무량	6.0 ℓ/h

(나) 제어방법별 냉방실험

- 제어방법은 온도제어, 습도제어, 온습도제어, 타임제어로 설정하였다.

- 각 제어방법별 에어포그 시스템 가동조건은 표 2와 같다.
- 타임제어는 가동시간을 3단계로 조정하여 추가로 실험하였다.

표 2. Experimental conditions for cooling performance by control types

구 분	온도조건	습도조건	On-drain-off 시간(s)	실험기간
온도 제어	30℃ 이상	(90%)	120-15-30	7/01~7/21
습도 제어	(25℃)	70% 이하	120-15-30	7/22~8/08
온습도제어	30℃ 이상	70% 이하	120-15-30	8/09~8/31
타임제어1 타임제어2 타임제어3	(25℃)	(90%)	120-15-30 60-15-30 45-15-30	9/01~9/20

(다) 냉방효율 분석

- 냉방효과는 기본적으로 대조구온실과 냉방온실의 온도차로 비교하였다.
- 추가적으로 외기온과 냉방온실의 온도차, 외기, 대조구, 냉방온실의 습도차를 비교하였다.
- 이론적으로 냉방가능온도에 대한 냉방효율을 다음 식(13)으로 구하였다.

$$\text{냉방효율} = \frac{T_{unfog} - T_{fog}}{T_{nfog} - T_{Bfog}} \times 100(\%) \quad (13)$$

- 여기서, T_{fog} , T_{unfog} , T_{WBfog} 는 각각 포그냉방온실의 건구온도(℃), 대조구온실의 건구온도(℃), 포그냉방온실의 습구온도(℃)이다.

(4) 에어포그노즐 설치 온실의 운영실태와 만족도 조사

(가) 조사대상

- 2009년 에어포그노즐 개발, 2010년부터 보급 시작
- 2010년 및 2011년 7월까지 설치 완료한 농가 리스트 확보(그린누리) ; 44농가
- 에어포그 냉방시스템 설치 온실 44농가를 대상으로 운영실태와 개선방안 조사

(나) 조사방법 및 조사항목

- 조사방법 : 현장방문 조사 및 전화설문 조사 병행
- 조사항목 : 설치면적, 동형태(단동, 연동), 재배작목, 온실규격(폭, 길이, 측고, 동고), 노즐수, 분무량, 워터펌프용량, 수압, 에어콤프레샤 용량, 공기압, 노즐설치간격, 노즐설치높이, 제어방법(온도, 습도, 온습도, 타임), 타임세팅(ON, OFF시간), 설정값(온도, 습도), 환경계측(실내외 온도, 습도, 광도, 재배중인 작물의 엽온), 냉방효과 정도, 만족도, 문제점 및 애로사항 등

다. 연구결과 및 고찰

(1) 에어포그노즐을 이용한 온실 냉방설계 방법

(가) 입력자료 구성

- ① 설계조건 : 목표온도, 목표습도, 외기온도, 외기습도, 일사량
 - 외기온도, 습도, 일사량은 지역의 과거 기상관측자료로부터 위험율별(Technical Advisory Committee, 미국공기조화냉동공학회) 설계자료를 사용(ASHRAE, 2010): 대전지방의 설계

자료 예 ; 표 3

- 미국(Lindley와 Whitaker, 1997)은 농업시설 설계시 TAC 2.5%를 권장, Nam(2000)은 유리온실 TAC 1%, 플라스틱온실 TAC 2.5%를 제안, 김 등(2001)은 TAC 1%를 유리온실 설계에 적용

표 3. Weather data for cooling design in Daejeon region

TAC	온도(℃)	습도(%)	일사량(W/m ²)	비 고
1%	33.5	49.5	960	유리온실
2.5%	32.3	52.5	932	플라스틱온실
5%	31.0	54.6	900	간이시설

- ② 온실조건 : 상면적, 표면적, 부피, 차광율, 연동수
- ③ 특성값입력 : 피복재의 광투과율, 열관류율, 작물의 증발산계수, 노즐의 분무수량
- ④ 특성값계산 : 공기비열, 비체적, 증발잠열, 수증기압, 습도비, 매개변수
 - 외기온도, 습도, 일사량은 지역의 기상관측자료로부터 위험율별(TAC, ASHRAE방식)

(나) 프로그램 실행

- ① 상기의 입력자료를 입력하여 프로그램을 실행하면 목표 실내온도별 분무수량과 필요환기율이 계산되고 원하는 설계값이 출력된다(그림. 4).
- ② 자연환기 온실에서는 필요환기율을 만족시킬수 없으므로 실현 가능한 환기율로부터 목표 온도를 수정하고 그 때의 분무수량을 설계값으로 취한다. 이를 위해 환기율과 분무수량 및 온도와의 관계를 나타내는 VST(Ventilation, Spray and Temperature)차트를 생성하도록 프로그램을 구성하였다(그림. 5와 그림. 6).
- ③ 프로그램 사용방법
 - 입력자료 중 온실조건, 설계조건, DataBase에 해당되는 값을 입력한다.
 - 출력값의 목표온도에 해당하는 필요환기율을 검토한다.
 - 자연환기 온실의 가능한 환기율은 측창만 설치된 단동온실 0.2~0.6회/min, 측창과 천창을 설치한 단동 온실 0.7~0.8회/min, 연동온실 0.8~1.1회/min 정도이다.
 - VST 차트를 이용하여 실현 가능한 환기율로부터 목표온도를 수정한다. 예를 들면, 그림. 6에서 환기율을 0.6회/min까지 가능하다면 목표온도는 33℃가 될 수 있다. 환기율을 증대시킬 수 있다면 목표온도를 더 낮게 잡아도 된다.
 - 수정된 목표온도로부터 필요한 분무수량을 구한다. 그림. 6에서 목표온도를 33℃로 정했다면 분무수량은 18 L/min이다.

VST(Ventilation, Spray and Temperature)차트 계산시트

【입력 자료】		【출력 자료】		목표온도	습도비차	분무수량	노즐수	환기회수	
		필요환기	분무수량	ΔT (°C)	T_i (°C)	ΔW	EA	회/min	
온실조건		110 m ³ /s	1,219 Liter/hr	-3.0	29.3	0.0020	87.64	591	7.80
실면적	2,000 m ²	외부포화수증기압	4,839.9 Pa	-2.5	29.8	0.0026	49.59	334	3.99
표면적	3,000 m ²	외부수증기압	2,540.9 kPa	-2.0	30.3	0.0031	36.22	244	2.66
부피	6,000 m ³	외부습도비(월대습도)	0.0160 kg/kg'	-1.5	30.8	0.0037	29.37	198	1.98
차광율	0 %			-1.0	31.3	0.0043	25.19	170	1.57
연동수	3 동			0.0	32.3	0.0055	20.31	137	1.10
설계조건				1.0	33.3	0.0068	17.51	118	0.83
목표온도	32 °C			2.0	34.3	0.0082	15.67	106	0.67
목표습도	70 %			3.0	35.3	0.0096	14.33	97	0.55
외기온도	32.3 °C			4.0	36.3	0.0111	13.31	90	0.46
외기습도	52.5 %			5.0	37.3	0.0127	12.47	84	0.40
일사량	932 W/m ²			6.0	38.3	0.0144	11.77	79	0.35
				7.0	39.3	0.0161	11.16	75	0.30
Database		실내공기 특성값		(공기압 2 kgf/cm ² , 수압 4 kgf/cm ² , 600평 기준)					
피복재	열관류율 6.8 W/m ² °C	보외증기	수증기압	습도비	증발잠열	비체적			
관투과율	88 %	4.078.4	2.8549	0.0180	2,430	0.882			
작물 증발산계수	0.5 소수	4.197.5	2.9383	0.0186	2,429	0.884			
노즐의 분무수량	8.9 L/hr	4.319.7	3.0238	0.0191	2,428	0.886			
Parameters		4.445.0	3.1115	0.0197	2,426	0.888			
공기비열	1,006 J/kg°C	4.573.4	3.2014	0.0203	2,425	0.891			
비체적	0.888 m ³ /kg	4.839.9	3.3879	0.0215	2,423	0.895			
증발잠열	2,424 kJ/kg	5.119.7	3.5838	0.0228	2,420	0.900			
Alpha	0.44 소수	5.413.6	3.7895	0.0242	2,418	0.905			
Beta	0.44 소수	5.721.9	4.0053	0.0256	2,416	0.910			
		6.045.3	4.2317	0.0271	2,413	0.915			
		6.384.4	4.4691	0.0287	2,411	0.920			
		6.739.9	4.7179	0.0304	2,408	0.925			
		7.112.3	4.9786	0.0321	2,406	0.931			

그림. 4. An example of Excel program for design of air fog cooling system

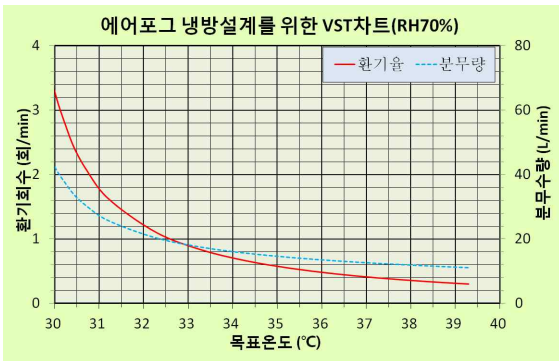


그림. 5. An example of VST chart for design of air fog cooling system(70%)

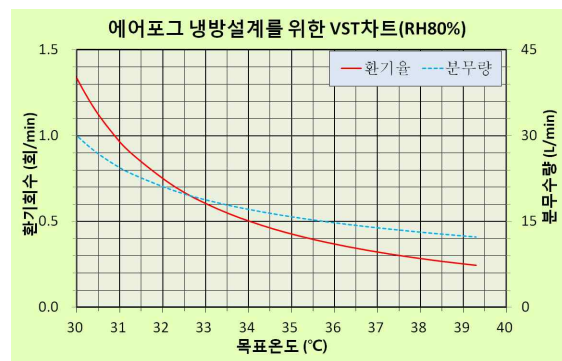


그림. 6. An example of VST chart for design of air of air fog cooling system(80%)

(2) 에어포그노즐의 설치기준 작성

(가) 에어포그 설치 가이드라인

- 포그냉방 설계프로그램으로부터 목표온도와 습도에 따른 필요 환기율과 분무수량을 구할 수 있는 에어포그 설치 가이드라인을 작성하였다(표 4, 표 5, 표 6).
- 목표온도 범위 30~35°C. 목표습도 70~80%로 설정
- 온실조건은 플라스틱 온실의 대표값으로 하고 차광은 하지 않음
- 습공기 특성값은 프로그램에서 계산, 노즐의 특성값은 제조사 기술자료 이용
- 작물은 토마토 재배조건으로 설정(작물계수)
- 외부 설계기상자료는 대전지방 TAC 1%, 2.5%, 5%의 값 이용(냉방설계용 표준기상자료, 대한설비공학회(2011) 제공)

표 4. An example of installation guideline for air fog cooling system(TAC 1%)

목표온도 (℃)	습도 70%			습도 80%		
	환기율	분무량	노즐수	환기율	분무량	노즐수
30	-	-	-	1.62	2,308	259
31	3.24	2,978	335	1.12	1,798	202
32	2.31	2,299	258	0.85	1,512	170
33	1.06	1,373	154	0.67	1,327	149
34	0.82	1,182	133	0.56	1,144	129
35	0.66	1,056	119	0.47	1,098	123

(환기율:회/min,분무량:L/hr,노즐수:개,공기압:2bar,수압:4bar, 면적; 600평 기준)

표 5. An example of installation guideline for air fog cooling system(TAC 2.5%)

목표온도 (℃)	습도 70%			습도 80%		
	환기율	분무량	노즐수	환기율	분무량	노즐수
30	3.46	2,655	298	1.34	1,810	204
31	1.82	1,662	187	0.97	1,470	166
32	1.24	1,306	147	0.76	1,272	143
33	0.91	1,101	124	0.61	1,132	127
34	0.72	973	110	0.51	1,031	116
35	0.59	884	100	0.43	952	108

(환기율:회/min,분무량:L/hr,노즐수:개,공기압:2bar,수압:4bar, 면적; 600평 기준)

표 6. An example of installation guideline for air fog cooling system(TAC 5%)

목표온도 (℃)	습도 70%			습도 80%		
	환기율	분무량	노즐수	환기율	분무량	노즐수
30	1.99	1,540	173	1.03	1,376	155
31	1.29	1,175	132	0.78	1,175	132
32	0.94	988	111	0.63	1,042	117
33	0.73	872	98	0.52	946	106
34	0.60	792	89	0.44	872	98
35	0.50	730	82	0.38	812	91

(환기율:회/min,분무량:L/hr,노즐수:개,공기압:2bar,수압:4bar, 면적; 600평 기준)

(나) 에어포그노즐 설치기준

- 총 분무수량(공급수량)은 다음 식(14)로 구한다.

$$\text{분무수량} = \frac{\text{단위면적당 분무량} \times \text{설치면적}}{\text{증발효율}} \quad (14)$$

- 노즐의 수는 다음 식(15)로 구한다.

$$\text{노즐의 수} = \frac{\text{총 분무수량}}{\text{노즐 1개당 분무수량}} \quad (15)$$

- 노즐의 설치간격은 다음 식(16)으로 구한다.

$$\text{설치간격} = \frac{2 \times \text{온실길이} \times \text{동수}}{\text{총 노즐수}} \quad (16)$$

- 노즐의 설치높이는 측고(처마높이)에 설치하되 가능한 작물의 균락높이 보다는 높게 설치한다. 측고가 너무 낮은 경우에는 적당한 높이의 가로대에 설치한다.
- 노즐의 분사각도는 표 7과 같이 분사압력과 노즐의 설치 높이에 따라 15~20도 상향으로 설치하는 것이 효과적이다. 이때 분사압력은 제조사의 기술자료에서 에어포그 시스템의

수압과 공기압에 따른 분사거리(표 7의 분사거리 등가압력)로부터 얻을 수 있다.

표 7. Upward spray angle for installation of air fog nozzles

분사거리 등가압력	분사각도(°, 상방향), 온실 폭 6~7m 기준 낙하거리, 노즐설치높이			
	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
6.0m	15.0	20.9	28.2	45.0
6.5m	12.6	17.3	22.6	29.2
7.0m	10.8	14.7	18.9	23.6
7.5m	9.3	12.6	16.1	19.9
8.0m	8.2	11.0	14.0	17.1

(3) 에어포그 시스템의 제어방법별 냉방효율

(가) 분석데이터의 평균기상조건

- 실험기간동안 잦은 비와 높은 습도로 냉방효과를 검토하기 어려운 날이 많았다.
- 7, 8월 중 강우일 43일, 강수량 1,008mm, 평균 운량이 5이하인 맑은 날이 8일뿐이었다.
- 비교분석에 사용한 데이터는 비교적 맑은 날로 동일한 자료수를 갖도록 제어조건별로 4일 간의 데이터를 선별하였다(타임제어의 경우에는 조건별로 3일치 데이터 사용).
- 에어포그 냉방시스템의 가동은 오전 9시부터 오후 6시까지 하였고, 분석에는 오전 10시부터 오후 5시까지 10분 간격으로 측정한 데이터를 사용하였다.

표 8. Average weather conditions for analyzed data by experimental treatments

구분	외부기상		일사량(W/m ²)			측창풍속 (m/s)
	온도(°C)	습도(%)	실외	실내	투과율(%)	
온도 제어	34.2	52.3	592.7	426.1	71.9	0.42
습도 제어	33.9	57.4	432.2	326.9	75.6	0.40
온습도제어	33.6	54.7	499.8	355.8	71.2	0.36
타임제어1	33.7	43.7	583.1	386.5	66.3	0.40
타임제어2	31.1	45.8	504.4	332.0	65.8	0.33
타임제어3	33.7	51.3	500.4	305.7	61.1	0.31

- 표 8은 분석에 사용한 데이터의 제어조건별 평균 기상조건을 나타낸 것이다.
- 각 제어조건별 외부기상조건은 대체로 비슷한 범위에 있었으나, 타임제어2의 온도가 비교적 낮았고 타임제어1, 2의 습도가 비교적 낮게 나타났다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 7, 8월의 기상여건으로 실험이 늦어져 타임제어는 9월에 이루어졌기 때문이다.
- 환기율의 지표가 되는 측창풍속은 대체로 비슷한 범위에 있어서 자연환기 조건은 제어조건별로 큰 차이가 없는 것으로 판단할 수 있다.

(나) 제어방법별 전력소비량

- 제어방법별로 전력 소비량을 측정한 결과를 표 9에 정리하였다.
- 하루에 평균 5.5~15.5 kWh의 전력을 소비하고, 에어컴프레샤의 전력소비량이 많았다.
- 기상여건이 동일하지 않아 직접 비교하기는 곤란하지만 타임제어1과 습도제어가 전력소비량이 많은 것으로 나타났다.
- 평균작동시간은 전력소비량을 기기의 소비전력으로 나누어 구하였다.
- 대체로 에어컴프레샤의 작동시간이 워터펌프의 작동시간 보다 많았다.

표 9. Average power consumption of air fog system by control types

구분	에어컴프레서 (kWh/day)	워터펌프 (kWh/day)	계 (kWh/day)	평균작동시간(h/day)		비고
				에어컴프	워터펌프	
온도 제어	6.79	1.59	8.38	3.09	2.65	소비전력(kW) 에어컴프: 2.2 워터펌프: 0.6
습도 제어	10.91	1.62	12.53	4.96	2.70	
온습도제어	4.43	1.06	5.49	2.01	1.77	
타임제어1	12.06	3.44	15.50	5.48	5.73	
타임제어2	7.80	1.90	9.70	3.55	3.17	
타임제어3	4.52	1.30	5.82	2.05	2.17	

(다) 제어방법별 냉방효과

- 표 10은 외부, 냉방온실 및 대조구 온실의 평균기온을 제어방법별로 나타낸 것이다.
- 에어포그 냉방온실의 기온은 실외기온 대비 0.4~3.0℃ 상승하고, 대조구 온실 대비 0.7~3.3℃ 낮게 유지되었다.
- 표 11은 외부, 냉방온실 및 대조구 온실의 평균습도를 제어방법별로 나타낸 것이다.
- 에어포그 냉방온실의 습도는 실외습도 대비 -2.7~5.9%의 범위를 보였고, 대조구 온실 대비 3.5~13.5% 높게 유지되었다.
- 표 12는 대조구 온실과 비교한 에어포그 냉방온실의 제어방법별 냉방효과와 가습효과를 나타낸 것이다.
- 냉방효과는 평균 0.7~3.3℃, 최대 4.3~7.0℃를 보였고, 가습효과는 평균 3.5~13.5%, 최대 14.3 ~24.4%를 보였다.
- 타임제어 방식이 가장 높은 냉방효과와 가습효과를 보이는 것으로 나타났다.
- 온습도제어 방식이 온도제어나 습도제어와 같은 단일항목 제어에 비해서는 냉방효과와 가습효과가 높았다.
- 단일항목 제어에서는 습도제어가 온도제어에 비하여 냉방효과가 높았으나, 가습효과는 온도제어가 습도제어보다 높았다.
- 타임제어에서는 분무시간이 길수록 냉방효과와 가습효과가 높았지만 큰 차이는 없었다.
- 기상여건과 실험설비의 제약조건으로 분무시간만 120초, 60초, 45초로 변화시키면서 실험을 수행하여 큰 차이를 발견할 수 없었다.
- 비가 내리든가 날씨가 흐려서 일사량이 매우 낮고 습도는 매우 높은 경우와 같이 외부의 기상 조건을 기준으로 시스템의 가동 여부를 판단하고, 에어포그 시스템의 제어는 타임제어로 하는 것이 효율적인 것으로 사료된다.
- 따라서 에어포그 시스템의 가동 여부 판단기준 설정과 효과적인 타임제어 시간(On-Off 시간 간격) 설정을 위한 추가실험이 요망된다(차년도 과제).
- 그림. 7과 그림. 8은 각 실험 처리별로 가장 맑은 날(1일 적산일사량이 가장 큰 날)을 선정하여 외부, 냉방온실, 대조구 온실의 온도변화와 습도변화를 제어방법별로 나타낸 것이다.

표 10. Average air temperature difference between the fogged and un-fogged greenhouses by control types

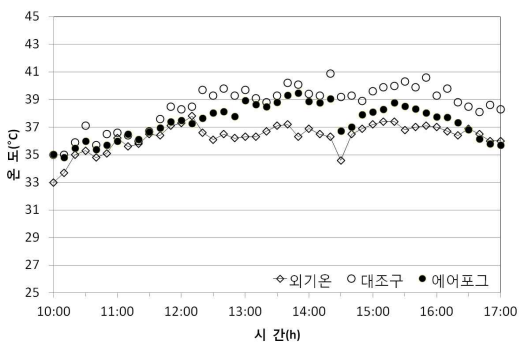
구분	온도(°C)			온도차이(°C)	
	외부기온(A)	냉방온실(B)	대조온실(C)	B-A	B-C
온도 제어	34.2	35.4	36.1	1.2	-0.7
습도 제어	33.9	36.2	37.2	2.3	-1.0
온습도제어	33.6	36.1	38.0	2.5	-1.9
타임제어1	33.7	34.1	37.4	0.4	-3.3
타임제어2	31.1	33.0	36.0	1.9	-3.0
타임제어3	33.8	36.8	39.8	3.0	-3.0

표 11. Average relative humidity difference between the fogged and un-fogged greenhouses by control types

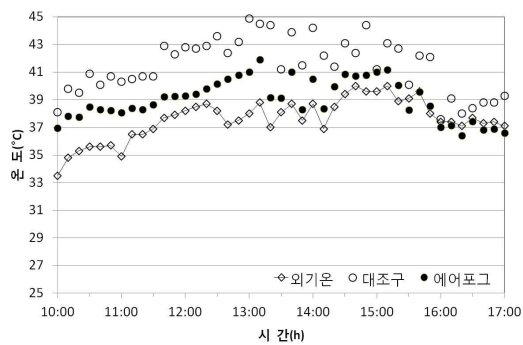
구분	상대습도(%)			습도차이(%)	
	외부습도(A)	냉방온실(B)	대조온실(C)	B-A	B-C
온도 제어	52.3	55.7	48.0	3.4	7.7
습도 제어	57.4	54.7	51.2	-2.7	3.5
온습도제어	54.7	52.4	44.2	-2.3	8.2
타임제어1	43.7	49.6	36.1	5.9	13.5
타임제어2	45.8	48.7	35.6	2.9	13.1
타임제어3	51.3	49.7	37.1	-1.6	12.6

표 12. Effect of cooling and humidify in the fogged greenhouse

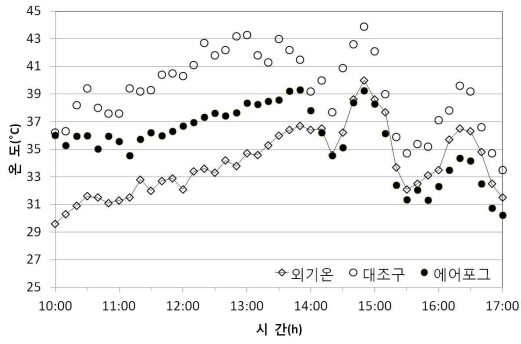
구분	냉방효과(°C)			가습효과(%)		
	평균	표준편차	최대	평균	표준편차	최대
온도 제어	0.7	1.5	4.3	7.7	4.7	20.4
습도 제어	1.0	1.4	5.2	3.5	4.6	14.3
온습도제어	1.9	2.4	7.0	8.2	7.8	23.8
타임제어1	3.3	1.5	6.7	13.5	4.6	24.4
타임제어2	3.0	1.8	6.7	13.1	4.8	23.7
타임제어3	3.0	2.3	5.9	12.6	5.4	21.4



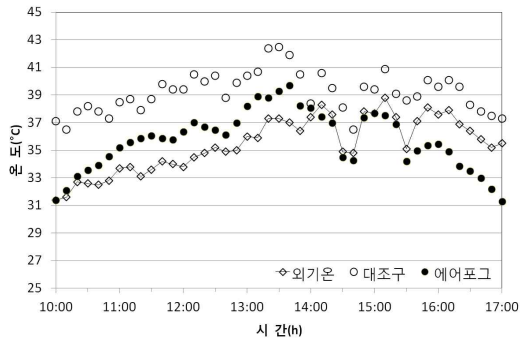
(a) 온도제어 (7월 20일)



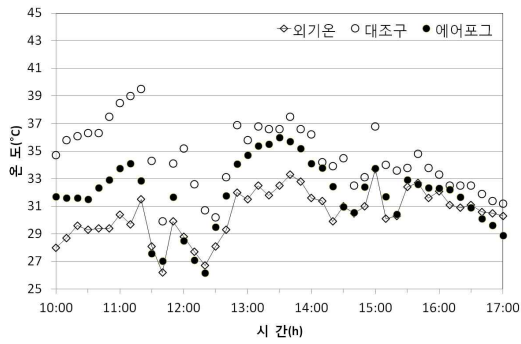
(b) 습도제어 (8월 5일)



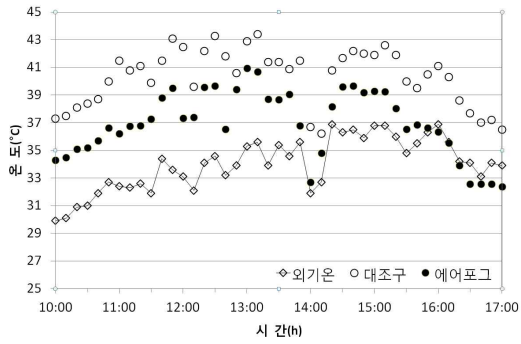
(c) 온습도제어 (8월 28일)



(d) 타임제어1 (9월 2일)

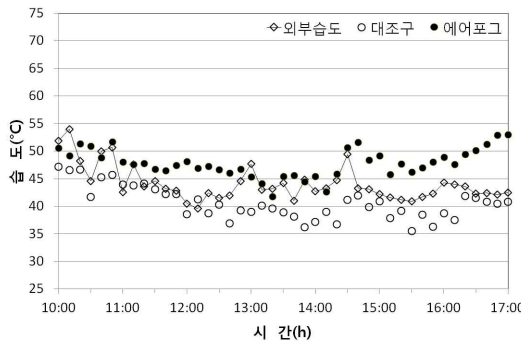


(e) 타임제어2 (9월 6일)

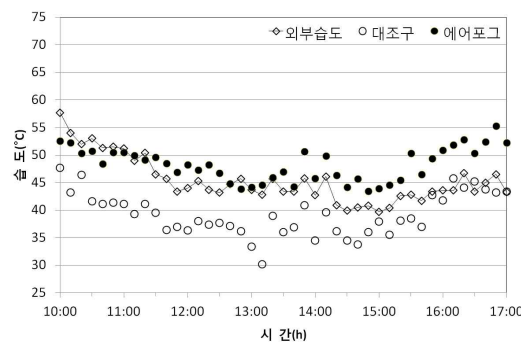


(f) 타임제어 3 (9월 16일)

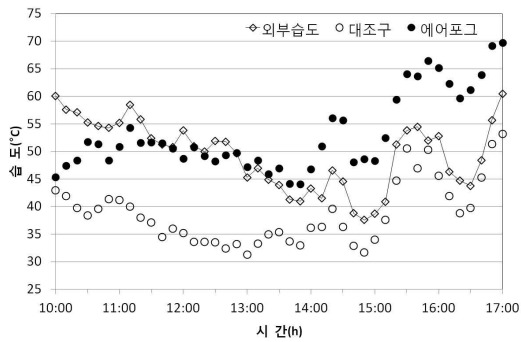
그림. 7. Air temperatures in the fogged, un-fogged greenhouses and the outside for the low pressure air fog system



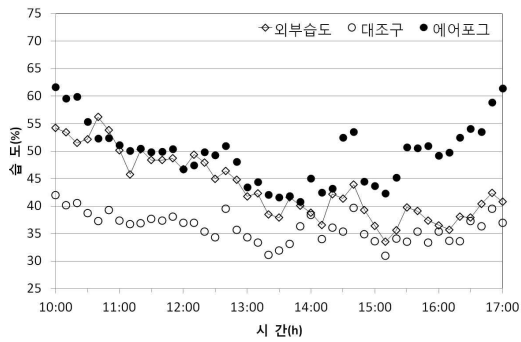
(a) 온도제어 (7월20일)



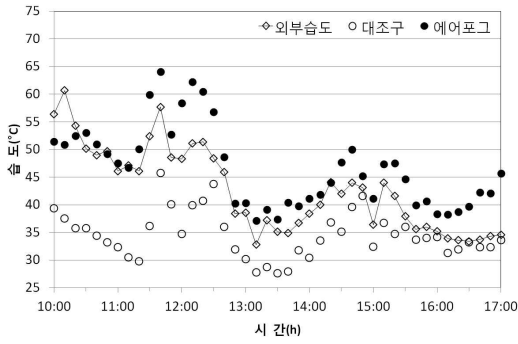
(b) 습도제어 (8월 5일)



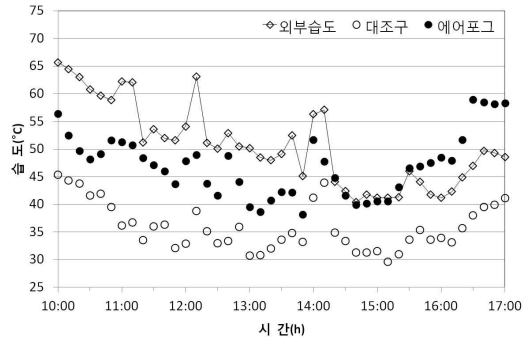
(c) 온습도제어 (8월 28일)



(d) 타임제어1 (9월 2일)



(e) 타임제어2 (9월 6일)



(f) 타임제어 3 (9월 16일)

그림. 8. Relative humidity in the fogged, un-fogged greenhouses and the outside for the low pressure air fog system

(라) 에어포그 냉방온실의 온습도 분포

- 에어포그 냉방온실의 온습도 균일도를 알아보기 위하여 온실의 길이방향으로 계측한 5점의 온습도와 온실 중앙의 높이별로 계측한 3점의 온습도를 분석하여 편차를 구하였으며 그 결과는 표 13과 같다.
- 온도편차는 수평방향으로 1.6~2.9℃, 수직방향으로 1.4~2.1℃를 나타냈다.
- 습도편차는 수평방향으로 7.4~9.2%, 수직방향으로 4.5~5.7%를 나타냈다.
- 온습도 편차는 제어방식별로 큰 차이점이나 뚜렷한 경향을 발견하지 못하였다.
- 온습도 편차가 팬 앤 패드 방식 보다는 훨씬 작게 나타났으나 보다 균일한 환경을 조성하기 위해 개선의 여지는 있는 것으로 판단된다.
- 유동팬을 도입하여 실내 공기를 유동시킴으로써 온습도 편차를 줄이고 냉방효율을 높힐 필요가 있을 것으로 사료된다.
- 표 13 중 습도제어와 타임제어3의 경우 수직방향 온습도 기록계의 오류로 데이터를 얻지 못하였다.

표 13. Average difference of air temperature and relative humidity in the fogged greenhouses by control types

구분	온도편차(℃)		습도편차(%)	
	수평	수직	수평	수직
온도 제어	1.6	1.7	7.5	5.2
습도 제어	1.9	-	7.4	-
온습도제어	2.3	2.1	7.4	5.7
타임제어1	2.0	1.4	7.4	4.5
타임제어2	2.7	1.5	9.0	4.8
타임제어3	2.9	-	9.2	-

표 14. Average cooling efficiency of the air fog system by control types

구분	에어포그온실 건구온도(℃)	에어포그온실 상대습도(%)	에어포그온실 습구온도(℃)	대조구온실건 구온도(℃)	냉방효율 (%)
온도 제어	35.4	55.7	27.7	36.1	8.3
습도 제어	36.2	54.7	28.1	37.2	11.0
온습도제어	36.1	52.4	27.6	38.0	18.3
타임제어1	34.1	49.6	25.3	37.4	27.3
타임제어2	33.0	48.7	24.2	36.0	25.4
타임제어3	36.8	49.7	27.6	39.8	24.6

(마) 제어방법별 냉방효율

- 식(13)을 이용하여 제어방법별로 냉방효율을 구하면 표 14와 같다.
- 냉방효율은 평균 8.3~27.3%로 나타나 미국(Li와 Willits, 2008)에서 실험한 고압포그(53%)와 저압포그(43%)에 비하여 매우 낮게 나타났다(그림. 9).
- 이 결과로 볼 때 에어포그의 경우 분무입자의 증발율이 상당히 낮을 것으로 판단된다.
- 제어방법별 냉방효율은 냉방효과(대조구 온실과 냉방온실의 온도차이)와 거의 같은 경향을 나타냈으며 타임제어가 가장 컸다.
- 온도제어의 효율이 가장 낮았다. 온도제어의 경우 그림. 10에서 보는바와 같이 습도가 높아도 온도가 설정 값보다 높으면 무조건 포그를 분사하므로 증발하지 못한 분무입자가 온실을 가득 채워 짙은 안개가 낀 상황을 연출하는 것을 확인할 수 있다.
- 따라서 앞의 냉방효과에서 언급한 바와 같이 효율적인 제어로직을 개발하기 위한 추가실험이 필요하다.

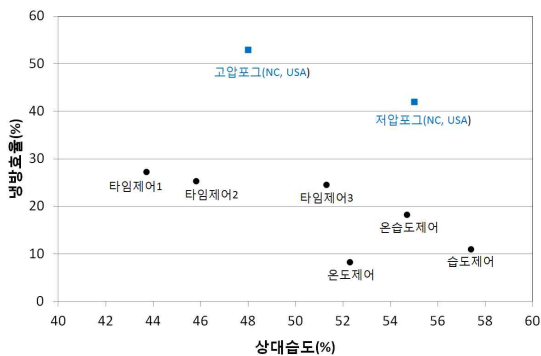


그림. 9. Cooling efficiency vs. outside relative humidity by control types.



그림. 10. A view of air fog sprayed in high humidity conditions.

(4) 에어포그노즐 설치 온실의 운영실태와 개선방안

(가) 에어포그 설치 농가수(온실)

- 2010년 : 7농가 5,400평
- 2011년 7월까지 : 37농가 25,400평
- 계 : 44농가 30,800평
- 농가당 평균 설치면적 : 700평 (대부분 600평)
- 면적별 분포 : 600평 미만(4농가), 600평(27농가), 600평 초과(13농가)

- 지역별 분포 : 충남 12농가(27.3%), 경기 15농가(34.1%), 강원 17농가(38.6%)
- 작목별 분포 : 토마토(14), 딸기(9), 엽채류(7), 분화류(4), 고추(3), 파프리카(2), 오이(2), 기타(3)

(나) 실태조사 농가수

- 현장방문조사(12농가), 전화설문조사(22농가), 계 34농가(77.3%)
- 단동 23농가(67.6%), 연동 11농가(32.4%)

(다) 환경실측조사 결과

- 평균 광투과율 : 59.2%
- 실내온도 29.6~34.7℃, 실외온도 29.2~34.3℃, 엽온 27.8~33.6℃
- 실내습도 50~78%, 실외습도 48~81%

(라) 에어포그 설치제원

- 워터펌프 ; 용량은 모두 600W, 압력은 3~4 kg/cm²
- 에어컴프레샤 ; 용량은 5~20마력, 압력은 2.0~2.5 kg/cm² (그림. 11)
- 그림. 11에서 보는바와 같이 에어컴프레샤 용량이 면적에 따라 일정한 기준 없이 설치되고 있으며 대부분이 전체면적을 동시에 가동하기에는 부족한 용량이다.
- 노즐설치간격 및 높이 ; 노즐 설치간격은 대부분 3m, 설치높이는 측고 바로 아래로 나타남(표 15), 측고가 1.6m 이하로 낮은 경우에는 측고보다 높게 가로대에 설치하고, 측고가 2.5m 이상으로 높은 경우에는 측고보다 낮추어서 설치하는 경우가 많았다(그림. 12).

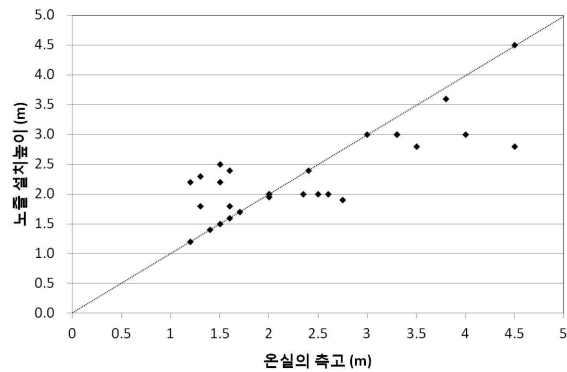
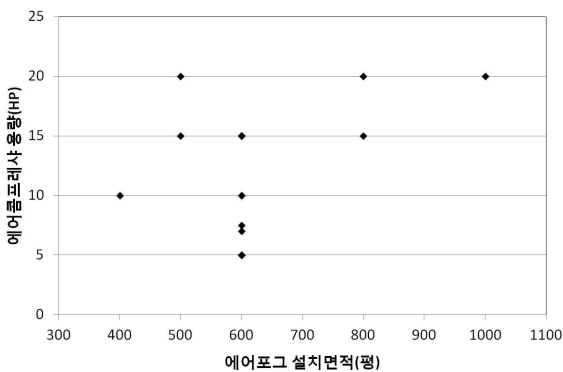


그림. 11. Capacity of air compressor according to installation area of air fog

그림. 12. Relationship between height of greenhouse and nozzle installed

표 15. Height of greenhouses and location of air fog nozzles

구 분	온실높이(m)		노즐위치(m)	
	동 고	측 고	높 이	간 격
평 균	4.2	2.4	2.3	3.0
표준편차	1.5	1.0	0.7	0.4

(마) 제어방식과 설정값

- 제어방식 ; 온도제어 4농가, 습도제어 2농가, 온습도제어 16농가, 모름 12농가

- 온도 설정값 ; 평균 27.0℃, 표준편차 3.5℃ (범위 20~35℃)
- 습도 설정값 ; 평균 71.8%, 표준편차 6.4% (범위 60~85%)
- ON 설정값 ; 평균 121.6초, 표준편차 46.1초 (범위 30~200초)
- OFF 설정값 ; 평균 76.1초, 표준편차 119.5초 (범위 15~450초)
- 가장 많이 사용하는 타임 설정값 ; 120초 ON, 20초 OFF
- 제어기의 사용법을 모르는 농가가 많았고, 제어방식에 대한 이해가 부족했으며, 온도, 습도, ON-OFF시간 등의 설정값에 편차가 매우 크게 나타남
- 제어방법 및 설정값에 대한 교육과 가이드라인 제정이 시급한 것으로 판단됨

(바) 냉방효과와 만족도

- 1년 또는 2년에 걸친 여름철 재배에 사용한 경험을 토대로 냉방효과와 사용에 대한 만족도를 조사한 결과 그림. 13 및 그림. 14와 같이 나타남
- 냉방효과가 좋다는 응답이 절반을 약간 넘음 : 매우 좋다(17.6%), 좋다(35.3%)
- 사용에 만족한다는 응답이 44%로 나타남 : 매우 만족(17.6%), 만족(26.5%)

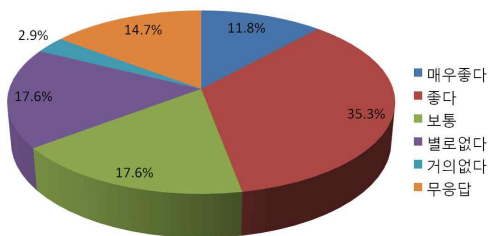


그림. 13. Survey result on cooling effect

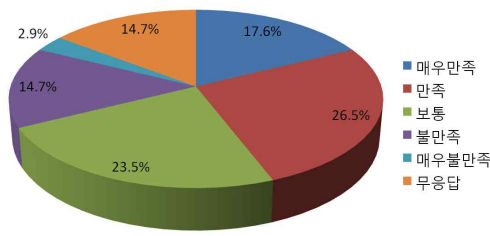


그림. 14. Survey result on user satisfaction

(사) 문제점

- 설치비 부담, 전력소모량이 많아 운영비 가중 (5)
- 전기용량, 에어컨프레샤 용량 부족, 구역으로 나누어 가동, 효과 떨어짐 (5)
- 시공불량으로 물이 샘, 전문가 설치, 빠른 수리 요망 (5)
- 설치만 하고 사용하지 않음(딸기에는 부적합) (4)
- 증발하지 않고 엽면 부착 경로, 병해충 발생 (4)
- 사용법 어려움 교육 필요 (3)
- 겨울에 펌프, 노즐 물제거 안돼 동해피해 (1)
- 제어기 고장 (1)

(아) 냉방 이외 다른 목적으로 사용하는 예

- 약제 살포용으로 사용 (3)
- 서리피해 방지용으로 사용 (2)

(자) 개선방안

- 약제 살포용으로 사용할 때는 관계없으나 냉방을 목적으로 하는 경우에는 에어컨프레샤의

용량을 충분히 확보하여 구역별 순환 사용을 줄인다.

- 누수나 오작동 등을 막기 위해 전문가의 시공을 유도하고, 고장에 신속히 대처하기 위해 A/S체계를 구축한다.
- 농민이 쉽게 사용할 수 있도록 제어방법을 포함한 제어값 설정 등 쉬운 사용법 교본을 제작 보급하고, 교육을 실시한다.
- 분무입자의 입경을 줄여 증발효율을 높일 수 있도록 노즐을 개량하고, 최적조건의 공기압과 수압을 유도한다.
- 냉방, 가습, 약제살포, 서리방지 등 다목적으로 사용하여 경제성을 높이기 위해서는 이들에 대한 성능 검증시험 및 가이드라인 제정 등의 후속 대책이 요구된다.

3. 이류체 포그냉방시스템의 제어알고리즘 개발

가. 연구기간: 2012.1.20.-2013.1.19

나. 연구방법

(1) 이류체 포그냉방시스템의 제어조건별 냉방 시험

(가) 실험온실 및 환경계측

- 실험온실의 규격과 계측센서 및 이류체 포그노즐의 배치는 3차년도와 같다.
- 계측센서와 이류체 포그노즐의 사양은 3차년도와 같다.

(나) 제어조건별 냉방실험

- 제어조건은 3차년도 실험결과와 일반 포그냉방 실험 문헌을 참고하여 다양한 조건의 타임 제어로 설정하였다.
- 각 제어조건별 이류체 포그냉방시스템 가동조건은 표 1과 같다.
- 실험은 2012년 6월 1일부터 9월 3일까지 수행하였다.
- 실험기간과 기후조건의 제한으로 분무시간 45초에 대한 실험은 수행하지 못하였다. 단, 분무사이클과 분무비율에 대한 분석을 위해 60초-45초(S-11)와 45초-45초(P-11)는 2011년에 실험한 데이터를 사용하였다.
- 분무사이클, 분무비율, 정지비율에 따른 냉방효율을 분석하기 위하여 표 1의 실험조건을 구분인자별로 분류하여 표 2에 표시하였다.

표 1. Experimental conditions for cooling performance by fogging cycles

On-Off 시간	Off time (s)				On-Off 조건	
	15	30	45	60		
On time (s)	15	S-1	S-2	S-3	S-4	Fogging On ; 온도 25℃이상, 습도 95%미만 Fogging Off ; 온도 25℃미만, 습도 95%이상
	30	S-5	S-6	S-7	S-8	
	60	S-9	S-10	S-11	S-12	

Off 시간에는 drain 시간 포함, S-11과 P-11(45초 On, 45초 Off)은 2011년 data 사용

(2) 냉방효율 분석 및 제어알고리즘 개발

(가) 냉방효율 분석

- 냉방효과는 기본적으로 대조구 온실과 냉방온실의 온도차로 비교하였다.

- 추가적으로 외기온과 냉방온실의 온도차, 외기, 대조구, 냉방온실의 습도차를 비교하였다.
- 이론적으로 냉방가능온도에 대한 냉방효율은 3차년도와 같다.

(나) 제어알고리즘 개발

- 실험 결과로부터 타임제어를 위한 최적의 분무간격 도출
- 증발효율이 현저히 낮아 포그 냉방이 불가능한 조건 탐색; 실내외 온도, 상대습도, 포차, 일사 등
- 이류체 포그냉방시스템의 제어알고리즘 개발 및 효율적 이용방안 도출

표 2. Data sorting for analysis of cooling performance by fogging cycles

구 분	구분인자	분무간격 On-off time(s)	실험조건	비 고
분무사이클	Cycle = 30s	15-15	S-1	분무량 일정
	Cycle = 60s	30-30	S-6	
	Cycle = 90s	45-45	P-11	
	Cycle = 120s	60-60	S-12	
분무비율	Off = 15s	15-15	S-1	정지시간 일정
		30-15	S-5	
		60-15	S-9	
	Off = 30s	15-30	S-2	
		30-30	S-6	
		60-30	S-10	
	Off = 45s	15-45	S-3	
		30-45	S-7	
		60-45	S-11	
	Off = 60s	15-60	S-4	
		30-60	S-8	
		60-60	S-12	
정지비율	On = 15s	15-15	S-1	분무시간 일정
		15-30	S-2	
		15-45	S-3	
		15-60	S-4	
	On = 30s	30-15	S-5	
		30-30	S-6	
		30-45	S-7	
		30-60	S-8	
	On = 60s	60-15	S-9	
		60-30	S-10	
		60-45	S-11	
		60-60	S-12	

다. 연구결과 및 고찰

(1) 냉방 및 가습효과

- 비교분석에 사용한 데이터는 비교적 맑은 날로 동일한 자료수를 갖도록 제어조건별로 4일 간의 데이터를 선발하였다(제어조건별로 1주일 동안 시험을 하였으며 비가 온 날은 가동을 하지 않았음)
- 이류체 포그냉방시스템의 가동은 오전 9시부터 오후 6시까지 하였고, 분석에는 오전 10시부터 오후 5시까지 10분 간격으로 계측한 데이터를 사용하였다.
- 온실은 측창만 개방한 자연환기 온실이며, 풍속과 환기율의 변화를 고려하는 것은 어렵기 때문에 1일 평균과 제어조건별 평균을 기준으로 분석 비교하였다(환기율의 지표가 되는 측

- 창 풍속은 평균 0.3~0.4m/s의 범위에 있어서 평균적으로 보면 냉방효과의 상대적인 비교는 큰 문제가 없을 것으로 판단됨).
- 표 3은 외부, 냉방온실 및 대조구 온실의 평균기온을 제어조건별로 나타낸 것이다.
 - 이류체 포그냉방 온실의 기온은 실외기온 대비 2.9~6.3℃ 상승하고, 대조구 온실 대비 1.2~4.0℃ 낮게 유지되었다.
 - 표 4는 외부, 냉방온실 및 대조구 온실의 평균습도를 제어조건별로 나타낸 것이다.
 - 이류체 포그냉방 온실의 습도는 실외습도 대비 -12.5~4.7%의 범위를 보였고, 대조구 온실 대비 4.6~17.4% 높게 유지되었다.
 - 표 5는 대조구 온실과 비교한 이류체 포그냉방 온실의 제어조건별 냉방효과와 가습효과를 나타낸 것이다.
 - 냉방효과는 평균 1.2~4.0℃, 최대 3.8~8.7℃를 보였고, 가습효과는 평균 4.6~17.4%, 최대 9.7~34.2%를 보였다.
 - 60초 분무, 15초 정지(S-9) 조건이 가장 높은 냉방효과와 가습효과를 보이는 것으로 나타났고, 15초 분무, 60초 정지(S-4) 조건이 가장 낮은 냉방효과와 가습효과를 보이는 것으로 나타났다.
 - 그림. 1과 그림. 2는 냉방효과가 평균인 날(7월 23일)을 선정하여 외부, 냉방온실, 대조구 온실의 온도변화와 습도변화를 나타낸 것이다(냉방효과 평균 2.1℃).
 - 이류체 포그냉방 온실의 온습도 균일도를 알아보기 위하여 온실의 길이방향으로 측정한 5점의 온습도와 온실 중앙의 높이별로 측정한 3점의 온습도를 분석하여 편차를 구하였으며 그 결과는 표 6과 같다.
 - 온도편차는 수평방향으로 1.3~2.7℃, 수직방향으로 1.2~2.5℃를 나타냈다.
 - 습도편차는 수평방향으로 3.9~9.5%, 수직방향으로 1.9~5.5%를 나타냈다.
 - 온습도 편차는 제어조건별로 큰 차이점이나 뚜렷한 경향을 발견하지 못하였다.
 - 온습도 편차가 팬 앤 패드 방식 보다는 훨씬 작게 나타났으나 보다 균일한 환경을 조성하기 위해 개선의 여지는 있는 것으로 판단된다.
 - 유동팬을 도입하여 실내 공기를 유동시킴으로써 온습도 편차를 줄이고 냉방효율을 높일 필요가 있을 것으로 사료된다.

표 3. Average air temperature difference between the fogged and un-fogged greenhouses by fogging cycles

구분	온도(℃)			온도차이(℃)	
	외부기온(A)	냉방온실(B)	대조온실(C)	B-A	B-C
S-1	30.5	34.7	37.1	4.2	-2.4
S-2	30.1	36.4	38.0	6.3	-1.6
S-3	32.0	37.3	39.1	5.3	-1.8
S-4	34.4	40.0	41.3	5.5	-1.3
S-5	31.7	35.8	39.4	4.1	-3.6
S-6	32.9	38.3	39.6	5.4	-1.3
S-7	30.9	35.2	36.7	4.3	-1.5
S-8	31.1	37.1	38.5	5.9	-1.5
S-9	34.3	37.3	41.2	2.9	-4.0
S-10	35.8	41.1	43.3	5.3	-2.2
S-12	37.9	42.6	44.7	4.6	-2.1

표 4. Average relative humidity difference between the fogged and un-fogged greenhouses by fogging cycles

구분	상대습도(%)			습도차이(%)	
	외부습도(A)	냉방온실(B)	대조온실(C)	B-A	B-C
S-1	36.6	35.1	26.3	-1.5	8.8
S-2	43.6	35.1	28.9	-8.5	6.2
S-3	38.5	33.1	27.7	-5.5	5.4
S-4	61.0	48.5	43.9	-12.5	4.6
S-5	52.3	51.6	35.9	-0.8	15.7
S-6	38.2	32.7	27.2	-5.6	5.5
S-7	51.6	53.1	44.1	1.5	9.0
S-8	42.6	35.6	29.7	-7.1	5.9
S-9	52.4	57.1	39.7	4.7	17.4
S-10	46.8	42.5	34.0	-4.4	8.5
S-12	40.9	37.3	31.8	-3.6	5.5

표 5. Effect of cooling and humidify in the fogged greenhouse by fogging cycles

구분	냉방효과(℃)			가습효과(%)		
	평균	표준편차	최대	평균	표준편차	최대
S-1	2.4	0.9	5.7	8.8	2.9	17.3
S-2	1.6	1.2	5.8	6.2	3.5	16.2
S-3	1.8	1.8	6.7	5.4	3.0	13.5
S-4	1.2	2.0	7.1	4.6	3.2	12.9
S-5	3.6	1.0	6.1	15.7	3.9	29.1
S-6	1.3	1.0	4.2	5.5	1.8	9.7
S-7	1.5	0.8	3.8	9.0	3.7	20.3
S-8	1.5	1.1	5.6	5.9	2.9	15.9
S-9	4.0	1.7	8.7	17.4	5.6	34.2
S-10	2.2	1.5	6.8	8.5	5.0	20.2
S-12	2.1	0.8	4.8	5.5	1.9	11.6

표 6. Average difference of air temperature and relative humidity in the fogged greenhouses by fogging cycles

구분	온도편차(℃)		습도편차(%)	
	수평	수직	수평	수직
S-1	1.8	1.2	5.9	2.4
S-2	1.8	1.5	4.4	2.7
S-3	1.9	1.7	3.9	2.5
S-4	1.8	2.5	4.5	4.7
S-5	2.6	1.2	9.4	3.1
S-6	2.2	1.3	5.1	1.9
S-7	1.3	2.4	4.7	5.5
S-8	2.6	1.9	5.7	3.0
S-9	2.3	1.5	9.5	4.1
S-10	2.7	2.5	7.4	4.7
S-12	2.6	1.3	5.9	2.6

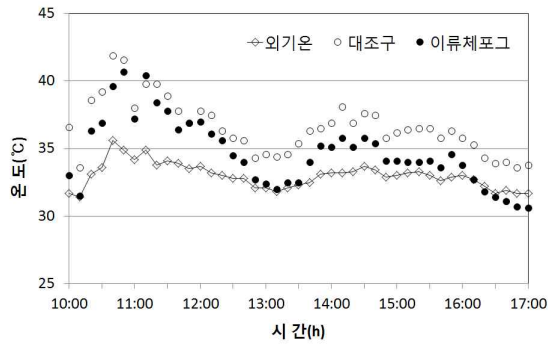


그림. 1. Air temperature change (July 23)

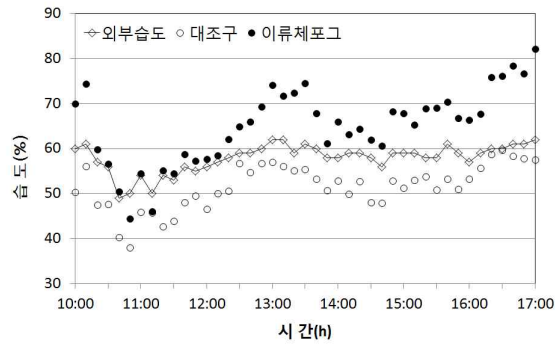


그림. 2. Relative humidity change (July 23)

in the fogged, un-fogged greenhouse and the outside on the day of the average cooling effect

(2) 냉방효율

- 제어조건별로 냉방효율을 구하여 평균한 것을 표 7에 나타내었다.
- 냉방효율은 평균 8.2~32.9%로 나타나 미국에서 실험한 고압포그의 53%와 저압포그의 43%에 비하여는 매우 낮게 나타났으나, 우리나라와 기후조건이 비슷한 일본에서 실험한 고압포그의 19.7~29.5%와는 비슷한 수준을 보였다(Abdel-Ghany와 Kozai, 2006).
- 이 결과로 볼 때 이류체 포그시스템의 경우 저압이지만 압축공기를 이용함으로써 고압 포그시스템과 비슷한 정도의 냉방효율을 얻을 수 있음을 알 수 있고, 노즐의 막힘 문제 등에서 유리할 수 있을 것으로 판단된다.
- 제어조건별 냉방효율은 냉방효과(대조구 온실과 냉방온실의 온도차이)와 거의 같은 경향을 나타냈으며 냉방효율과 냉방효과 사이의 관계는 그림. 3과 같았다.

$$= 7.42\Delta \tag{1}$$

- 여기서, E_c 는 냉방효율(%), ΔT 는 냉방효과(°C)이다.
- 냉방효과와 냉방효율 사이에는 거의 직선적인 관계를 보였으며 효율을 계산하지 않고 온도 계측만으로 표시한 냉방효과로 냉방성능을 평가해도 문제가 없을 것으로 판단되었다.

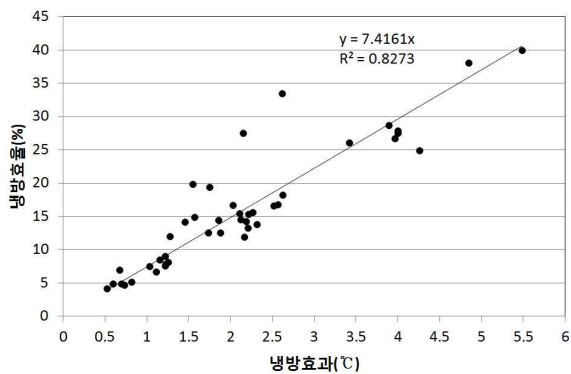
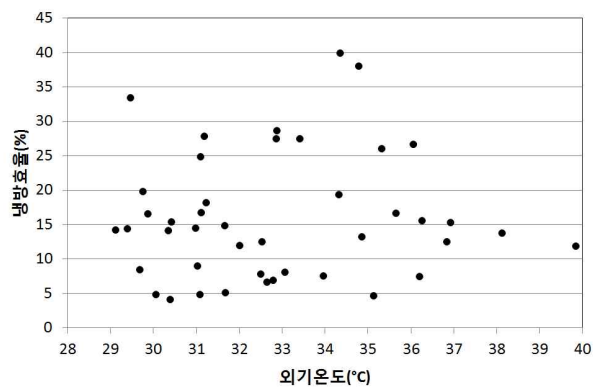


그림. 3. Cooling efficiency vs. cooling effect in the fogged greenhouse

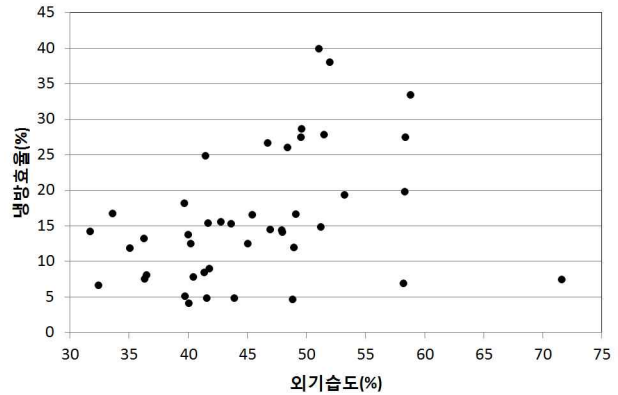
- 본 연구에서는 냉방효율을 중심으로 제어알고리즘 개발을 위한 각종 분석을 수행하였다.
- 외부기상조건(온도, 습도, 일사량, 포차)에 따른 냉방효율을 비교하였으나 뚜렷한 경향을 발견할 수 없었다(그림. 4). 대체로 맑은 날의 데이터를 선별하여 분석하였기 때문에 평균적으로 외부기상은 큰 영향을 미치지 못한 것으로 판단된다.

표 7. Average cooling efficiency of the two-fluid fog system by fogging cycles

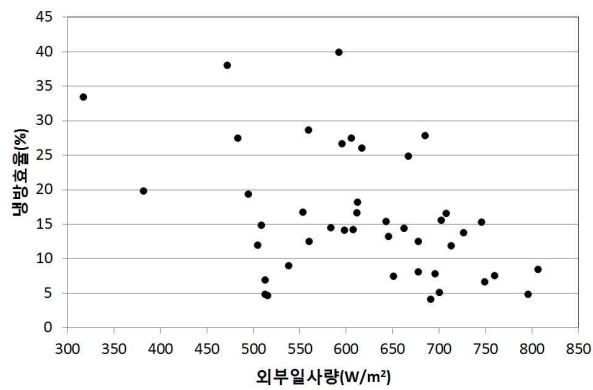
구분	냉방온실의 건구온도(°C)	냉방온실의 습구온도(°C)	대조온실의 건구온도(°C)	냉방효율(%)	
				평균	표준편차
S-1	34.7	22.4	37.1	16.2	1.5
S-2	36.4	23.6	38.0	11.2	4.6
S-3	37.3	23.8	39.1	11.1	8.0
S-4	40.0	29.7	41.3	11.3	5.8
S-5	35.8	26.9	39.4	29.4	2.4
S-6	38.3	24.4	39.6	8.2	3.3
S-7	35.2	26.8	36.7	15.2	2.9
S-8	37.1	24.3	38.5	10.3	3.7
S-9	37.3	29.4	41.2	32.9	6.2
S-10	41.1	29.1	43.3	16.0	7.8
S-12	42.6	28.9	44.7	13.4	1.3



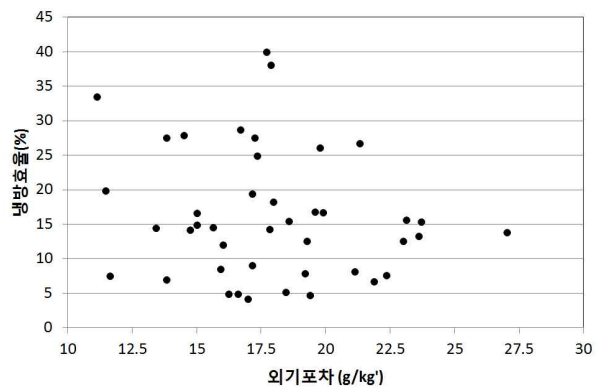
(a) Air temperature



(b) Relative humidity



(c) Solar radiation



(d) Saturation deficit

그림. 4. Cooling efficiency in the fogged greenhouse by the outside weather condition

- 분무사이클, 분무비율, 정지비율에 따른 이류체 포그시스템의 냉방효율을 그림. 5 ~ 그림. 7에 나타내었다.
- 분무사이클은 분무시간과 정지시간을 같게 하고 각각의 지속시간만 다르게 설정한 것으로 일정시간 동안의 분무량은 동일하다. 그림. 5에서 보는바와 같이 90초(45초 on, 45초 off)일

때 가장 효율이 좋았다. Li와 Willits(2008)은 저압의 경우 짧은 사이클이 좋고, 고압은 긴 사이클이 더 좋다고 하였으며 저압 포그시스템의 경우 15초 on, 15초 off의 분무사이클이 적당하다고 보고하였다. 본 연구의 이류체 포그시스템은 압축공기를 이용하여 분사하므로 보통의 저압 포그시스템과는 특성이 상이한 것으로 판단된다.

- 그림. 6과 그림. 7은 분무시간과 정지시간을 달리하면서 냉방효율을 비교한 결과이다. 대체로 분무시간이 길수록, 정지시간이 짧을수록 냉방효율은 좋아지는 것으로 나타났다.

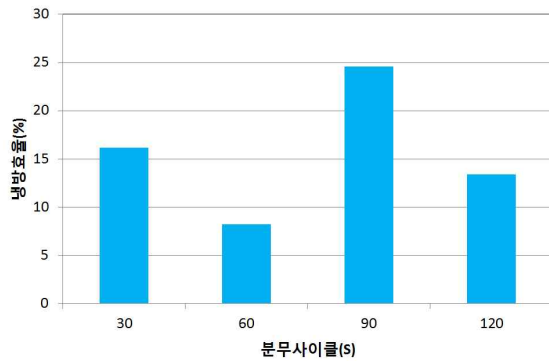


그림. 5. Comparison of average cooling efficiency the fogged greenhouse by fogging cycle

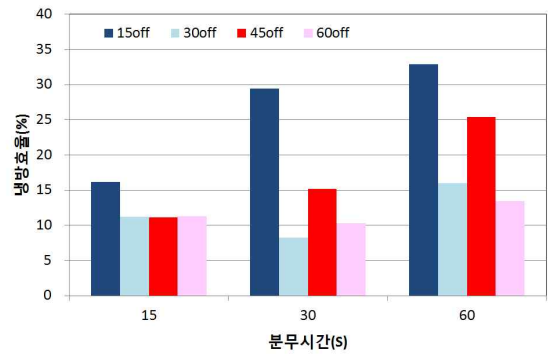


그림. 6. Comparison of average cooling in efficiency in the fogged greenhouse by fog-on period

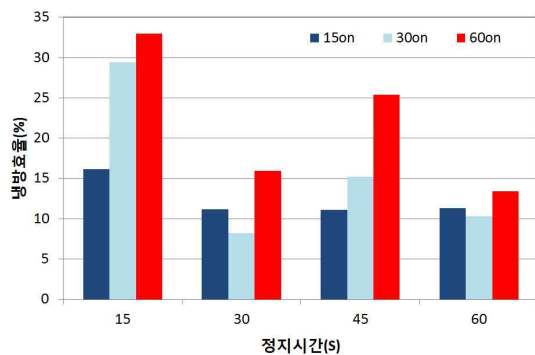


그림. 7. Comparison of average cooling efficiency in fogged greenhouse by fog-off period

- 그림. 8은 분무량에 따른 냉방효율을 나타낸 것이다. 분무량이 많을수록 냉방효율이 높아지는 것을 확인할 수 있었다.
- 그림. 9는 냉방효율에 따른 실내공기와 실외공기의 절대습도차를 나타낸 것이다. 효율이 높으면 실내공기의 절대습도는 증가(포차는 감소)하게 된다. 그러면 실내와 실외의 절대습도차는 커지고 W_o 가 커짐에 따라 환기에 의한 수증기 제거(배출)가 잘 되고, 그에 따라 다시 증발효율을 상승시키므로 냉방효율이 높아지는 순환구조를 갖게 되는 것으로 판단된다.
- 냉방효율과 뚜렷한 경향을 보이는 분무량 및 실내의 절대습도차와의 관계를 회귀식으로 표현하면 다음과 같다.

$$E_c = 1.81(W_i - W_o) + 19.11S_m \quad (2)$$

- 여기서, E_c 는 냉방효율(%), W_i 와 W_o 는 실내 및 실외 절대습도(g/kg'), S_m 은 분무량

(kg/m²h)이다. 유의성은 회귀식(p<0.001), W_o (p<0.05), S_m (p<0.001)으로 매우 높게 나타났다.

- 그림. 10은 냉방효율에 따른 실내공기의 포차(saturation deficit) 변화를 나타낸 것이다. 냉방효율이 높다는 것은 증발이 많이 일어난다는 것이므로 증발된 수증기로 인해 실내공기의 포차는 감소하게 된다는 것을 확인할 수 있었다.
- 실험구간 내에서 최대효율일 때 실내공기의 포차는 10~20g/kg'이하로 나타났다. 그림. 8에서 분무량을 더 늘리면 냉방효율을 증가시킬 여지가 남아있는 것으로 생각되며, 그림. 10에서 이를 연장하면 포차가 10g/kg' 이하에서는 증발이 잘 일어나지 않을 것으로 판단되므로 이 때 분무를 멈추고, 포차가 어느 정도 회복된 후에 다시 가동해야할 것으로 생각된다.
- 표 8은 온도와 습도에 따른 포차를 나타낸 것이다. 포차 10g/kg'를 기준으로 할 경우 온도 34℃ 이하에서는 상대습도 70%, 35℃ 이상에서는 75%가 넘으면 가동을 멈춰야 할 것으로 판단된다. 포차 5g/kg'를 기준으로 할 경우는 34℃ 이하에서 85%, 35℃ 이상에서는 87%가 넘으면 분무를 정지하는 것이 적당할 것으로 판단된다(습도상한).
- 냉방효율이 낮은 경우의 포차는 대체로 30g/kg'이상으로 나타나고 있으므로 포차가 30g/kg' 정도가 되기 전에 분무를 시작하면 될 것으로 판단된다.
- 실내공기의 포차에 의한 제어를 수행하기 위해서는 컴퓨터 제어를 도입해야할 것으로 판단된다. 현재 보급되고 있는 이류체 포그시스템의 제어장치는 온도하한, 습도상한, on-off시간만 설정할 수 있으므로 보다 간편한 제어 알고리즘을 개발할 필요가 있을 것으로 판단된다.

표 8. Saturation deficit with air temperature and relative humidity

(unit : g/kg')

온도(℃) \ 습도(%)	32	33	34	35	36	37	38
70	9.5	10.1	10.7	11.4	12.1	12.9	13.7
75	7.9	8.4	9.0	9.5	10.1	10.8	11.4
80	6.4	6.8	7.2	7.7	8.1	8.7	9.2
85	4.8	5.1	5.4	5.8	6.1	6.5	6.9
90	3.2	3.4	3.6	3.9	4.1	4.4	4.6

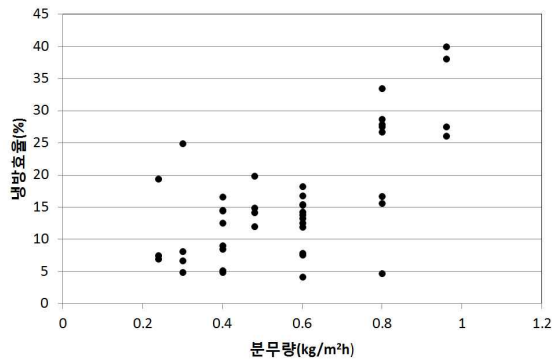


그림. 8. Cooling efficiency of two-fluid fogging system by spray rate

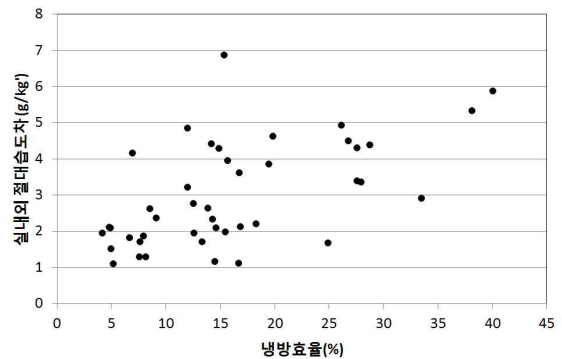


그림. 9. Absolute humidity difference between inside and outside the fogged greenhouse with cooling efficiency

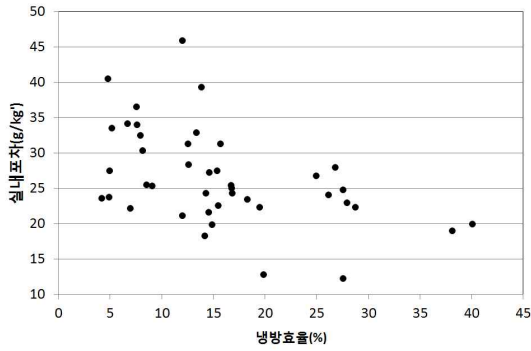


그림. 10. Saturation deficit in the fogged greenhouse with cooling efficiency

- 그림. 11과 그림. 12는 냉방효율이 가장 높은 날(7월 21일)을 선정하여 외부, 냉방온실, 대조구 온실의 온도변화와 습도변화를 나타낸 것이다(냉방효율 40%).

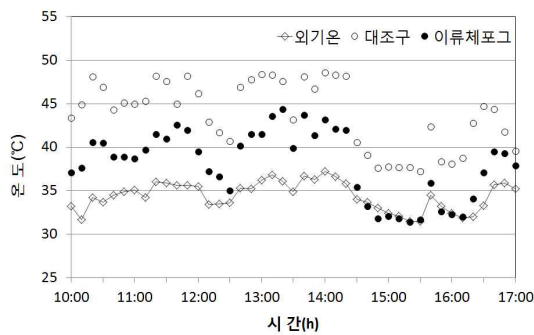


그림. 11. Air temperature change (July 21) on the day of the highest cooling efficiency

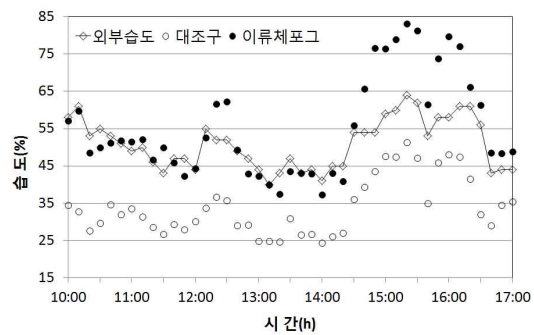


그림. 12. Relative humidity change (July 21)

- 이상의 분석결과로부터 판단할 때 실내공기의 포차를 기준으로 이류체 포그시스템을 제어하는 것이 가장 합리적일 것으로 생각된다. 그러나 현재의 이류체 포그시스템 제어장치와 같은 간편제어를 고려할 때는 습도상한 및 적절한 분사시간과 정지시간을 찾는 것이 중요하다.
- 다음은 분사시간 및 정지시간과 실내공기 포차 사이의 회귀분석 결과이다.

$$22.18 - 0.04S_{on} + 0.12S_{off} \quad (3)$$

$$S_d = 27.49 - 0.095S_{on} \quad (4)$$

$$S_d = 19.61 + 0.184S_{off} \quad (5)$$

- S_d 는 실내공기의 포차(g/kg'), S_{on} 은 분무시간(s), S_{off} 는 정지시간(s)이다. 식(3)의 유의성은 회귀식($p < 0.01$), 분무시간(n.s.), 정지시간($p < 0.01$)로 나타났다. 식(4)의 유의성은 회귀식($p < 0.05$), 분무시간(n.s.), 식(5)의 유의성은 회귀식($p < 0.01$), 정지시간($p < 0.01$)로 나타났다.
- 회귀식은 모두 유의성이 있었으나 분석인자 중에 분무시간은 유의성이 없는 것으로 나타났다. 반면에 정지시간은 유의성이 매우 높게 나타났다. 이류체 포그시스템의 가동이 멈춘 후 실내에 증가된 수증기가 환기에 의해서 제거되는 속도가 일정한 것으로 판단된다.
- 식(5)의 기울기로부터 환기에 의해 $10g/kg'$ 의 수증기가 제거되는 데는 약 54초의 시간이 필요하다. 수증기가 충분히 제거된 후에 다시 포그를 분사하려면 60초 이상의 정지시간이 필요할 것으로 판단된다.
- 식(4)의 기울기로부터 분무에 의해 가습되어 $10g/kg'$ 의 포차가 감소하는데 걸리는 시간은

약 105초가 된다. on-off 시간을 120-60초로 설정하면 약 11g/kg'의 포차 변동 범위에서 제어가 가능할 것으로 판단된다.

- 정지시간을 60초로 제어할 경우 온도상승에 따른 진폭이 커질 것으로 예상되므로 온도편차를 줄이기 위해서는 정지시간을 30초로 하여 60-30초 설정이 적당할 것으로 생각한다.
- 본 실험에서는 60-15초가 가장 효율이 높았으며 그 다음으로 30-15초가 높았다. 분무시간을 45~120초까지 설정했던 2011년도의 실험에서도 비교적 높은 효율을 보였지만 60-15초, 30-15초의 경우 보다는 낮았다.
- 따라서 이류체 포그시스템의 드레인 시간 등을 고려하여 60-30초가 가장 적당할 것으로 판단된다. 그러나 온도의 진폭을 어느 정도 허용하고, 시스템의 공기압축기 용량이 충분하지 못할 경우에는 120-60초로 설정하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

(3) 제어알고리즘

① 컴퓨터 제어시스템을 사용하는 경우

- 비가 오는 날은 포그 분사를 중단한다.
- 외부 일사량이 $100W/m^2$ 이하일 때는 포그 분사를 중지한다.
- 외기 상대습도가 80%를 초과하면 포그분사를 중지한다.
- 실내공기의 포차가 5g/kg' 이하일 때는 포그 분사를 중지한다.
- 설정온도를 초과하고 위의 중지조건에 해당되지 않을 때의 분무 사이클은 60초 on, 30초 off로 유지한다.

② 간편 제어시스템(온도하한, 습도상한, on-off시간만 설정)을 사용하는 경우

- 공기압축기 용량이 충분하고 온도편차가 작은 온실에서는 분무 사이클을 60초 on, 30초 off로 설정하고, 온도하한은 30℃, 습도상한은 75~80%로 설정한다.
- 공기압축기 용량이 불충분하고 온도편차가 비교적 큰 온실에서는 분무 사이클을 120초 on, 60초 off로 설정하고, 온도하한은 32℃, 습도상한은 85~90%로 설정한다.

4. 이류체 포그시스템을 이용한 고온기 작물 스트레스 경감기술 개발

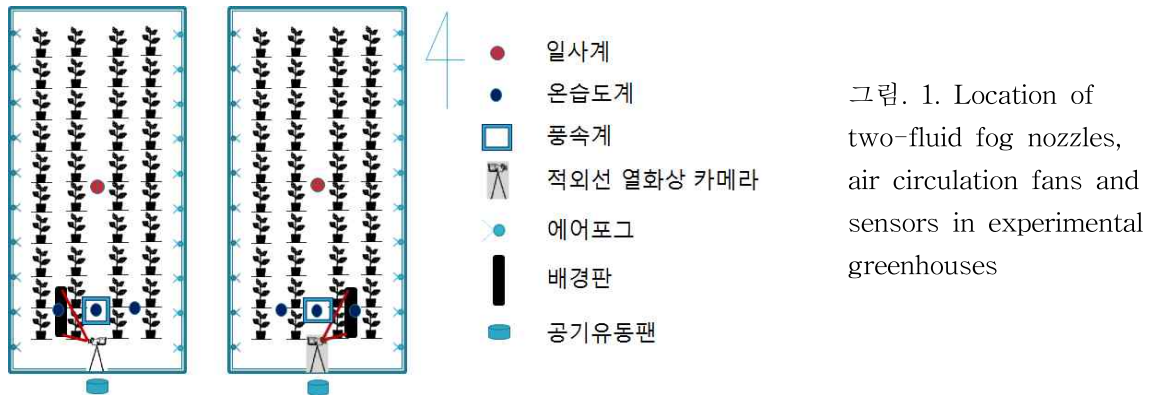
가. 연구기간: 2013.1.20.-2014.1.19

나. 연구방법

(1) 실험온실 및 환경계측

- 실험온실과 계측센서 및 이류체 포그노즐의 배치는 그림. 1과 같다.
- 계측센서와 이류체 포그노즐 및 공기 유동팬의 사양은 표 1과 같다.
- 공시작물은 토마토(유니콘 접목묘)로 2013년 4월 23일 정식하였고, 6월 23일부터 수확을 개시하였다.
- 실험기간 ; 2013년 6월 24일 ~ 2013년 8월 15일
- 실험온실의 규격 ; 충남 천안시 성거읍 석교리에 위치한 폭 9.2m, 길이 40m, 측고 5.5m, 동고 8m(면적 $368m^2$)의 플라스틱 온실, 피복재는 2겹(내피복 PO 0.15mm, 외피복 PO 0.2mm)
- 이류체 포그노즐의 설치 높이는 4.0m, 설치 간격 1.2m
- 유동팬으로부터 4m 떨어진 위치의 토마토 개체를 대상으로 실험
- 적외선 열화상 카메라를 이용하여 작물의 체온을 측정하기 위하여 토마토 개체 뒤쪽에 배

경관을 설치, 계측방향은 배경판이 태양광을 가리지 않도록 오전에는 그림. 1의 좌측, 오후에는 우측 그림과 같은 위치에서 촬영



(2) 처리조건별 온실 환경계측 실험

- 자연환기, 유동팬, 이류체 포그시스템을 이용한 온실의 열환경 계측
- 무처리 자연환기 온실, 유동팬 가동 온실, 이류체 포그시스템 가동 온실, 이류체 포그와 유동팬 가동 온실을 대상으로 온실의 환경요인을 계측하였으며 처리조건은 표 2와 같다.
- 작물체온은 적외선 열화상카메라를 이용하여 계측
- 환경요인에 따른 작물체온과 기온과의 관계 분석
- 온실의 환경조절 목적은 작물체온조절에 있지만 계측의 어려움으로 간접적으로 기온을 조절
- 환경요인에 따른 작물체온과 기온의 관계 분석을 통해 실질적인 체온조절 가능
- 실측자료 분석을 통하여 엽온과 기온의 차이를 환경요인(일사, 포차, 풍속)의 함수로 유도
- 유동팬과 포그분사가 작물체온에 미치는 영향 규명
- 유동팬의 속도를 2단계로 조절하면서 작물체온의 변화를 계측
- 이류체 포그시스템의 분사 간격을 2단계로 조절하면서 작물체온의 변화를 계측
- 유동팬과 이류체 포그시스템을 조합하여 가동하면서 작물체온의 변화를 계측
- 광합성측정기를 이용하여 처리 전후의 광합성 효율 변화를 계측
- 작물체온의 변화 특성을 고려한 온실의 효율적인 고온극복방안 도출

표 1. Specifications of sensors, two-fluid fogging systems and an air circulation fan

계측센서	온습도계	MicroLogProII (Fourtec)
	일사계	LP02/LI19 (Hukseflux)
	풍속계	CTV100 (Kimo instrument)
	적외선열화상카메라	Ti-45 (Fluke)
	광합성측정기	LI-6400 (LI-COR)
이류체포그	노즐구경	0.8 mm
	입자크기	20~40 μm
	수 압	2.5~3.6 $\text{kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$
	공기압	1.9~2.1 $\text{kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$
	분사거리	6~8 m
	분무량	6.0 $\ell\cdot\text{h}^{-1}$
공기유동팬	팬직경	300 mm
	풍량(1단)	12.3 $\text{m}^3\cdot\text{min}^{-1}$
	풍량(2단)	15.7 $\text{m}^3\cdot\text{min}^{-1}$

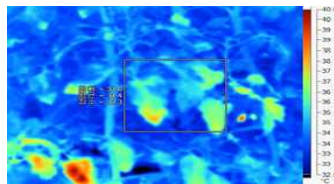
표 2. Experimental conditions for cooling performance by control types

제어조건	구 분	처리조건	비 고
자연환기	S 1-1	무처리	43% 알미늄스크린
	S 1-2	차 광	
공기유동	S 2-1	유동팬 1단	
	S 2-2	유동팬 2단	
포그냉방	S 3-1	포그분사 1단	120초 on, 60초 off
	S 3-2	포그분사 2단	60초 on, 30초 off
공기유동+포그냉방	S 4-1	유동팬 1단 + 포그분사 1단	
	S 4-2	유동팬 1단 + 포그분사 2단	
	S 4-3	유동팬 2단 + 포그분사 1단	
	S 4-4	유동팬 2단 + 포그분사 2단	

다. 연구결과 및 고찰

(1) 처리조건별 엽온 및 실내외 기온의 변화

- 그림. 2는 적외선 열화상카메라를 이용하여 측정한 작물체온 분포의 일례를 나타낸 것이다.
- 실험 결과 처리별 외기온과 실내기온 및 작물체온의 관계 중 일부를 그림. 3 ~ 그림. 6에 나타내었다.
- 그림. 3은 자연환기(무처리) 조건에서 기온과 작물체온의 변화를 나타낸 것이다.
- 온실 내부기온은 외부기온에 비하여 5°C 이상 상승하지만 작물체온은 2~3°C 이내에서 변화하는 것으로 나타났다.
- 그림. 4는 자연환기 온실에서 공기 유동팬을 작동한 조건에서 기온과 작물체온의 변화를 나타낸 것이다.
- 온실 내부기온이 외부기온 보다 낮게 나타나고 있다. 유동팬 만으로 나타난 일반적인 현상은 아닌 것으로 판단되지만 무처리에 비하여 작물체온과 기온 사이의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.



(a) visible image

(b) infrared image

그림. 2. Image view of plant temperature by infrared thermo-graphic camera

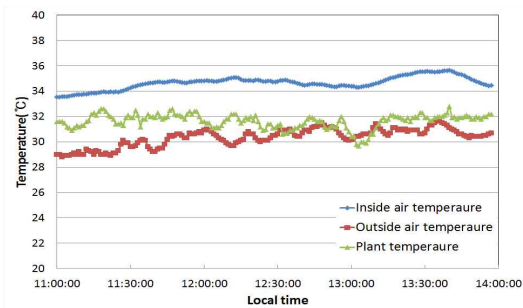


그림. 3. Change of air temperature and plant temperature in naturally ventilated greenhouse

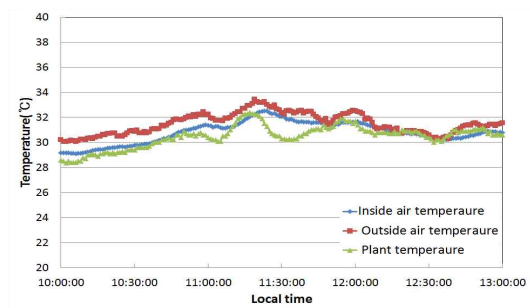


그림. 4. Change of air temperature and plant temperature in naturally ventilated greenhouse with air circulation fans

- 그림. 5는 자연환기 온실에서 이류체 포그냉방을 실시한 조건에서 기온과 작물체온의 변화를 나타낸 것이다.
- 온실 내부기온이 외부기온 보다 낮게 나타났고 작물체온은 기온 보다 더 낮게 나타났다. 역시 일반적인 현상으로 판단하기에는 부족하고 일사량과 다른 환경요인과의 관계를 분석해 봐야 할 것으로 판단된다.
- 그림. 6은 자연환기 온실에서 포그냉방 시스템과 공기 유동팬을 모두 작동시킨 조건에서 기온과 작물체온의 변화를 나타낸 것이다.
- 실내기온은 외부기온에 비하여 1~2℃ 정도 높지만 작물체온은 외기온 보다 낮게 유지되는 것으로 나타났다. 포그냉방과 공기유동을 통하여 얻을 수 있는 여름철 온실 환경 조절의 방향을 제시해 주는 결과로 판단된다.

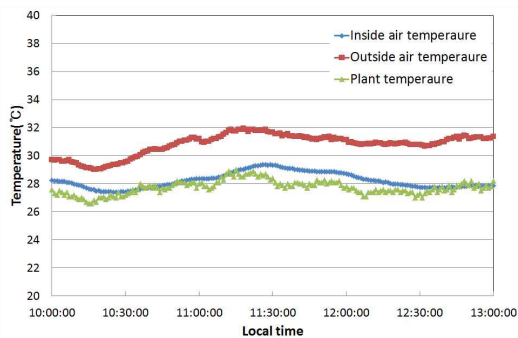


그림. 5. Change of air temperature and plant temperature in naturally ventilated greenhouse with air circulation and fogging systems

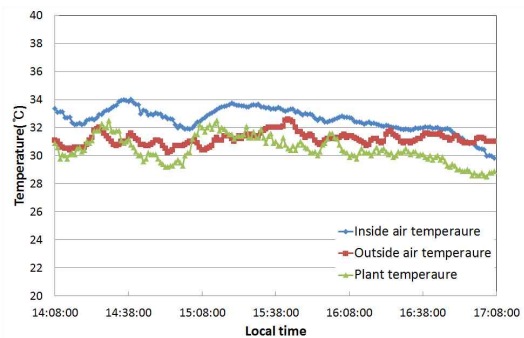


그림. 6. Change of air temperature and plant temperature in naturally ventilated greenhouse with two-fluid fogging systems

(2) 환경요인에 따른 엽온과 기온의 관계

- 일사량이 엽온에 미치는 영향을 규명하기 위해서 일사량에 따른 엽기온차의 변화를 분석하였다. 엽기온차(T_a)와 일사량과의 관계는 그림. 7과 같다.
- 그림. 7에서 T_p 는 토마토의 엽온을 나타내며, T_a 는 작물 주변공기의 온도를 나타낸다. 광도가 높아짐에 따라 엽온과 기온은 모두 상승하고 엽온이 기온보다 훨씬 큰 폭으로 높아졌다(조와 곽, 1994)는 연구결과와 달리 그림. 7에서 보면 실험 결과 엽기온차와 일사량의 관계는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.
- 따라서 전체데이터를 상대습도를 기준으로 상대습도 평균이상(○)과 평균이하(■)로 구분하여 비교해 보았다.
- 상대습도가 평균이상일 때는 조와 곽(1994)의 연구결과와 비슷하게 일사량이 높아지면서 엽기온차의 값이 커지는 경향이 있었다. 하지만 상대습도가 평균 이하일 때는 역시 뚜렷한 경향을 찾을 수 없었다.
- 일사량이 엽기온차에 미치는 영향은 상대습도에 따라서 변하는 것으로 판단된다. 일사량이 증가하면 잎에서 태양열이 흡수되므로 엽온이 크게 증가한다. 그러나 상대습도가 낮아 증산이 왕성하게 일어나면 냉각작용(증발잠열)으로 엽온의 상승을 억제하여 엽기온차는 커지지 않는 것으로 판단된다.
- 풍속이 엽온에 미치는 영향을 규명하기 위하여 풍속의 증가에 따른 엽기온차의 변화를 분석하였으며 그 결과는 그림. 8과 같다.

- 풍속이 증가하면 엽온과 주변온도의 차이는 줄어드는 경향을 보였다. 풍속이 증가하면서 공기유동이 활발해지고 토마토 잎과 주변 공기사이에 열전달이 활발해지면서 엽온과 주변온도가 비슷해지는 것으로 판단된다.
- 이는 조와 곽(1994)의 연구에서 풍속이 증가하면 열전달이 잘 일어나 엽온이 감소하여 주변온도와 비슷해지고 주변온도가 더 높은 경우에는 엽온이 증가하는 경우도 있다고 한 것과 일치한다.
- 전체 데이터를 일사량을 기준으로 평균이상(●)과 평균이하(□)로 구분하여 비교해 보았다.
- 일사량이 평균이하일 때 풍속의 증가에 따라 엽온과 기온이 비슷해지는 경향이 더 뚜렷하게 나타났다.
- 일사량이 클 경우에는 잎에 흡수되는 태양열이 많아 풍속이 증가하여도 엽온이 기온과 같아질 정도로 낮아지지 않기 때문으로 판단된다.

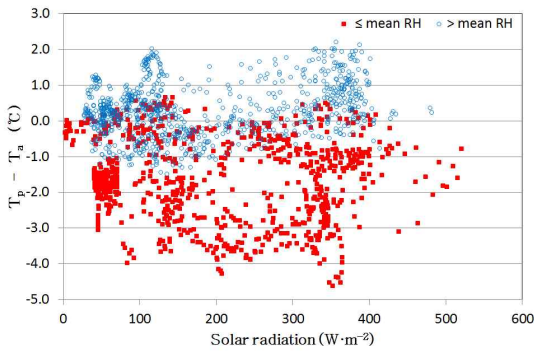


그림. 7. Relationship between T_a and solar radiation in experimental tomato greenhouse

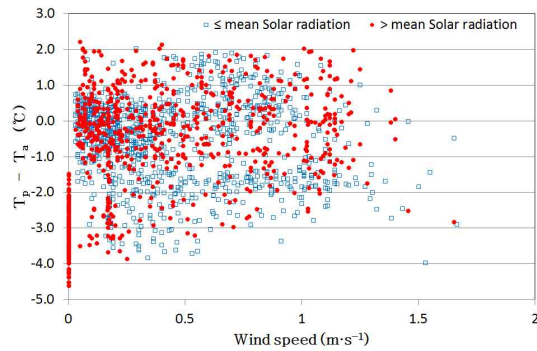


그림. 8. Relationship between $T_p - T_a$ and wind speed in experimental greenhouse

- 포차가 엽온에 미치는 영향을 규명하기 위하여 포차에 따른 엽기온차를 분석하였으며 그 결과는 그림. 9와 같다.
- 포차가 커짐에 따라 엽기온차는 감소(음으로 증가)하는 경향을 뚜렷하게 보이는 것으로 나타났다. 작물 주변의 포차가 커짐에 따라 증산이 왕성하게 일어나고, 그로 인하여 잎이 냉각되어 엽온이 기온보다 낮아지기 때문으로 판단된다.
- 이것은 이와 이(2001)의 연구와 유사한 결과이다. 한편, 포차가 낮으면 증산이 일어나기 어렵고, 포차가 너무 높으면 과도한 증산으로 스트레스를 받기 때문에 적정 포차는 0.5~1.2kPa로 알려져 있는데, 적정 포차일 때 엽기온차는 0°C에 가까워 엽온과 주변온도는 비슷한 것으로 나타났다.

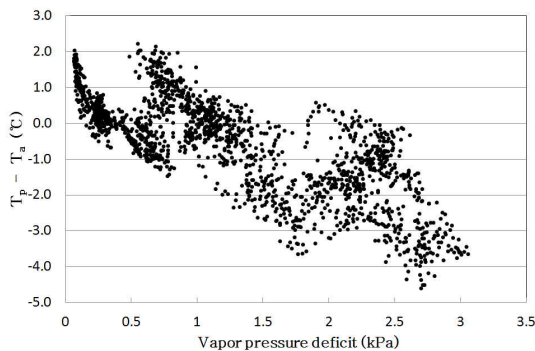


그림. 9. Relationship between $T_p - T_a$ and vapor pressure deficit in experimental tomato greenhouse

- 고온기 작물스트레스 경감을 위해서는 체온(엽온)을 낮추어 줘야한다. 공기유동과 포그분사를 통하여 작물의 엽온을 낮출 수 있는 것으로 분석되었다.
- 그러므로 주변 환경요인에 따른 엽온의 변화를 알면 공기유동과 포그분사를 효율적으로 제어하여 고온기 작물 스트레스를 경감시킬 수 있을 것으로 판단된다.
- 본 절에서는 주변 환경요인과 엽온과의 관계를 도출하기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다. 다중회귀분석은 엽온과 기온의 차이를 종속변수로 하고, 일사량, 풍속, 포차를 독립변수로 하여 다음과 같이 분석하였다.

$$= T - T_a \quad (1)$$

$$\Delta T = f(x_1, x_2, x_3) \quad (2)$$

- 여기서, T 는 엽온(°C), T_a 는 기온(°C), x_1 은 일사량($W \cdot m^{-2}$), x_2 는 풍속($m \cdot s^{-1}$), x_3 는 포차(kPa)이다.
- 다중회귀분석 결과는 표 3에 정리하였다. 표 3에서 보는 바와 같이 엽온차에는 포차가 가장 큰 영향을 미치며 풍속, 일사량의 순으로 나타났다.
- 일사량만의 회귀식은 유의성이 없었으며, 나머지 환경요인과 다중회귀식은 고도로 유의한 것으로 나타났다.
- 최적의 회귀방정식은 일사량, 풍속, 포차를 모두 고려한 것으로써 다음 식으로 유도되었다.

$$\Delta T = 0.0018x_1 + 0.6470x_2 - 1.2757x_3 + 0.4112 \quad (3)$$

- 식(3)을 이용하여 엽온차의 값을 구하고 실측값과 비교한 결과를 그림. 10에 나타냈다. 이 회귀방정식의 RMS오차는 0.8°C였다.
- 온실의 온습도, 일사량, 풍속을 측정하면 본 회귀방정식을 이용하여 엽온을 추정할 수 있으며 토마토 재배온실의 고온기 작물스트레스 경감을 위한 환경조절에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.
- 포그분사와 공기유동이 작물의 고온스트레스 경감에 기여하는지를 검토하기 위하여 처리방법별로 광합성속도를 측정하였다.

표 3. Results of multiple regression analysis

Variable			Regression coefficient			R^2	R^{*2}	Significance
			x_1	x_2	x_3			
x_1			-0.0002			0.0004	-0.0002	N.S.
	x_2			1.2201		0.1021	0.1016	***
		x_3			-1.2455	0.5904	0.5902	***
x_1	x_2		-0.0008	1.2606		0.1068	0.1058	***
	x_2	x_3		0.7756	-1.1934	0.6307	0.6303	***
x_1		x_3	0.0022		-1.3348	0.6289	0.6285	***
x_1	x_2	x_3	0.0018	0.6470	-1.2757	0.6557	0.6552	***

note) x_1 : Solar radiation ($W \cdot m^{-2}$), x_2 : Wind speed ($m \cdot s^{-1}$)

x_3 : Vapor pressure deficit (kPa), *** : $p < 0.001$

- 그림. 11은 토마토의 15개 잎을 선택하여 각 처리방법별 광합성 속도를 측정하여 평균을 나타낸 것이다. 포그분사와 공기유동의 병행 처리에서 광합성 속도가 가장 컸고, 포그분사,

공기유동, 무처리 순으로 나타났다.

- 공기유동의 경우 무처리구에 비하여 약 17%의 광합성속도 증가가 있었고, 포그분사의 경우 약 30% 증가, 포그분사와 공기유동을 병행한 경우 약 39%의 증가를 보이는 것으로 나타났다.
- 공기유동보다는 포그분사에 의한 냉방효과가 컸고, 포그분사에 공기유동까지 병행하면 체온조절효과가 증대하여 작물의 고온스트레스를 경감할 수 있으며 결국 광합성을 증대시킬 수 있는 것으로 판단된다.

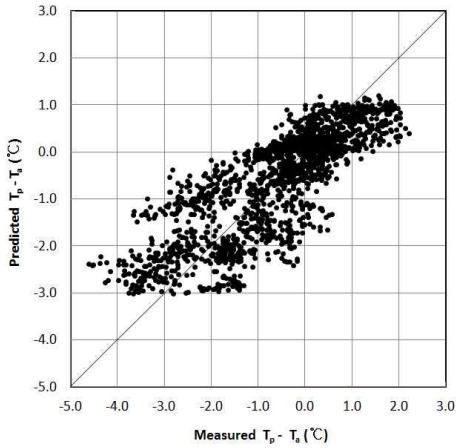


그림. 10. Comparison of predicted and measured temperature difference between plant and ambient air ($T_p - T_a$)

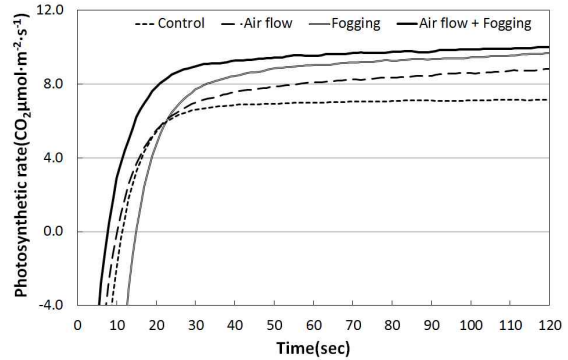


그림. 11. Average photosynthetic rate of tomato leaves by experimental conditions. Chamber : 2×3 cm LED Chamber, CO_2 concentration : $400 mg \cdot L^{-1}$, Light intensity : $1000 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$

5. 상업용 토마토온실 냉방을 위한 이류체 포그시스템의 적용

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2012. 01. 19

나. 연구방법

그림. 1은 실험에 사용한 온실로서 논산지역에 설치되어 있는 상업용 토마토 재배용 온실의 외부와 내부의 전경을 보여주고 있다. 크기는 한 개의 스펠이 7.0m, 축고 3.0m, 동고 4.5m, 길이 100m인 남북방향의 7연동 온실이며, 환기는 천창과 측창을 이용한 자연환기방식으로 이루어졌다. 토마토는 6월 15일에 정식하였다. 표 1은 저압식 포그노즐의 사양을 나타낸 것이며, 그림. 2는 저압식 포그노즐의 외형을 보여주는 사진이다. 저압식 포그노즐은 벤츄리원리를 이용하여 압축공기가 분사되면서 물입자를 미세하게 분무하는 노즐로 저압에서도 물 입자를 아주 미세하게 분무할 수 있다는 장점이 있다. 포그시스템은 전체 7개의 동 중 동쪽의 4개동에 설치하여 포그를 분사하였으며, 서쪽 3개동에는 환경변화를 비교분석하기 위해 포그를 분사하지 않았다. 실험구와 대조구 사이에는 서로 환경영향을 받지 않도록 칸막이를 설치하였으며, 포그가 분사된 동쪽 끝의 두 동과 포그가 분사되지 않은 서쪽 끝 두 동에서 온습도를 측정하여 변화를 비교 분석하였다. 그림. 3은 포그노즐의 배치상태를 보여주고 있다. 노즐은 빗물받이 바로 아래쪽에 4m 간격으로 설치하여 서로 2m 간격으로 엇갈리게 설치하였으며, 4개동에 총 200개의 노즐을 설치하였다. 포그의 수압은 4kg

$f \cdot \text{cm}^{-2}$, 공기압은 $2\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$, 노즐 1개당 물분사량은 $6\text{l} \cdot \text{hr}^{-1}$ 이며, 압축공기의 공급을 위해 20마력 용량의 컴프레서 1대를 사용하였다. 포그의 분사간격은 1차 실험에서는 2개 동에 2분간 분사하고 1분간 정지한 후 나머지 2개 동에 분사하여 2개 동씩 서로 번갈아 가며 분사되도록 하였고, 2차 실험에서는 분사시간을 증가하여 2개 동에 2분 30초간 분사한 후 30초간 정지하도록 하였다. 2개 동씩 나누어 번갈아 가며 분사한 것은 4개의 동에 동시에 포그를 분사하기에는 컴프레서의 용량이 부족했기 때문이다. 그림. 4는 온실내의 온습도를 측정하는 점을 나타낸 것으로 총 20점을 설치하였다. 온실내부 온습도의 측정은 2010년 7월 15일부터 2010년 8월 19일까지 온습도센서(HA-TH100)와 데이터로그(ZFR-N10, 한국)를 사용하여 1분 간격으로 연속 측정하였다.



그림. 1. Commercial greenhouse for fog cooling experiments

(a) Outside view

(b) Inside view

표 1. Specifications of low pressure fog nozzle

Component	Specifications
Diameter of nozzle	1.0mm
Droplet diameter	20~60 μm
Water pressure	2~4 $\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$
Air pressure	1~2 $\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$
Dropping distance	2~8m



그림. 2. Low pressure fog nozzle

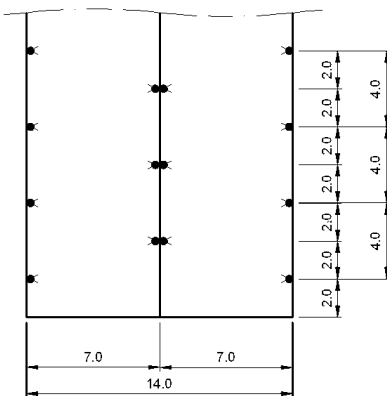


그림. 3. Arrangement of fog nozzles

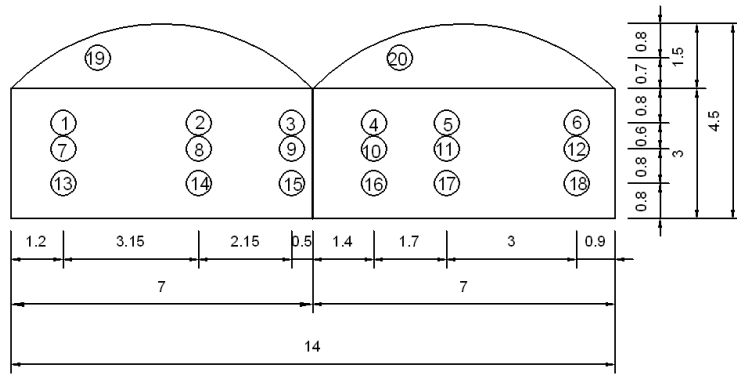


그림. 4. Location of temperature and humidity sensors in experimental greenhouse

다. 연구결과 및 고찰

(1) 포그의 분사시간 간격에 따른 냉방효과 분석

그림. 5는 오후 2시경에 포그를 분사한 온실과 분사하지 않은 온실의 온도분포를 나타낸 것이다. 그림. 5(1)은 2개동에 2분간 분사하고 1분간 정지하도록 하여 2개동씩 서로 번갈아가며 분사되도록 한 경우이고, 그림. 5(2)는 2개동에 2분 30초간 분사한 후 30초간 정지하도록 한 경우의 온도 분포도이다. 포그를 2분간 분사한 경우에는 포그를 분사하지 않은 온실의 평균온도가 36.8℃이고 포그를 분사한 온실은 35.9℃로 분사한 온실이 0.9℃ 더 낮게 나타나 미소한 포그냉방 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 포그를 2분 30초간 분사한 경우에는 포그를 분사하지 않은 온실의 평균온도는 39.0℃이고 포그를 분사한 온실은 37.2℃로 분사한 온실이 1.8℃ 더 낮게 나타나 2분간의 분사시간보다 2분 30초간의 분사시간이 냉방효과가 더 큰 것으로 분석되었다.

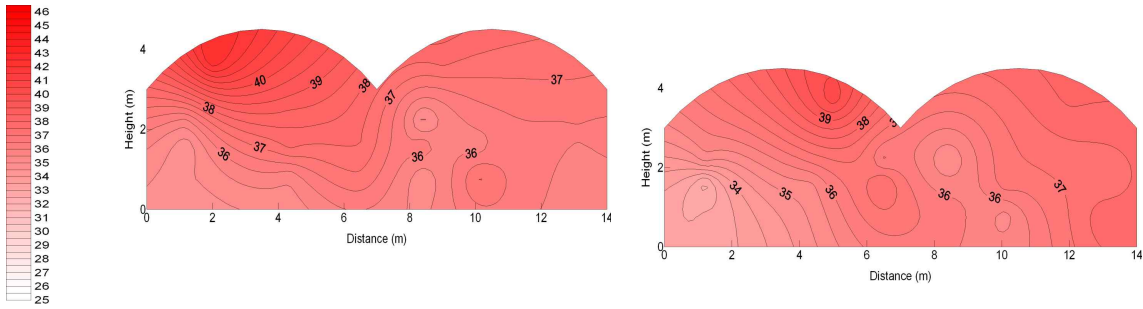
그림. 6은 포그를 분사한 온실과 분사하지 않은 온실의 상대습도분포를 나타낸 것이다. 그림. 6(1)은 2분간 분사한 경우이고, 그림. 6(2)는 2분 30초간 분사한 경우의 상대습도 분포도이다. 포그를 2분간 분사한 경우에는 포그를 분사하지 않은 온실의 평균습도가 43.4%이고 포그를 분사한 온실은 45.6%로 분사한 온실이 2.2% 더 높게 나타나 미소하게 증가한 것으로 나타났다. 또한, 포그를 2분 30초간 분사한 경우에는 포그를 분사하지 않은 온실의 평균습도는 50.6%이고 포그를 분사한 온실은 53.3%로 분사한 온실이 2.7% 더 높게 나타나 두 가지 분사시간의 습도증가량이 거의 비슷한 것으로 나타났다.

Kim 등(2001)은 단동 온실의 포그시스템을 습도를 기준으로 제어할 경우 온실 내 상대습도가 55% 이하일 때 분무하고, 65% 이상일 때 정지하는 것이 효율적이고, 3연동 이상의 온실에서는 온실내 상대습도가 70% 이하일 때 분무하고, 80% 이상일 때 정지하는 것이 효율적이라고 제시하였다. 이러한 사실로 미루어 볼 때 본 실험결과에서는 전체적으로 상대습도가 비교적 낮게 나타나 냉각효과를 충분히 얻지 못한 것으로 판단되며, 포그 분무량을 증대시킨다면 냉방효과를 훨씬 높일 수 있을 것이기 때문에 포그노즐의 설치간격을 더 줄이거나 포그분사 시간을 더 늘리는 등의 조정을 통해서 충분한 냉방효과를 얻을 수 있을 것으로 판단되었다. 앞으로 추가 실험을 통해 자연환기 토마토재배온실의 냉방을 위한 저압포그시스템 설치 및 관리기술을 제시하고자 한다.

(2) 시간경과에 따른 온도분포 변화

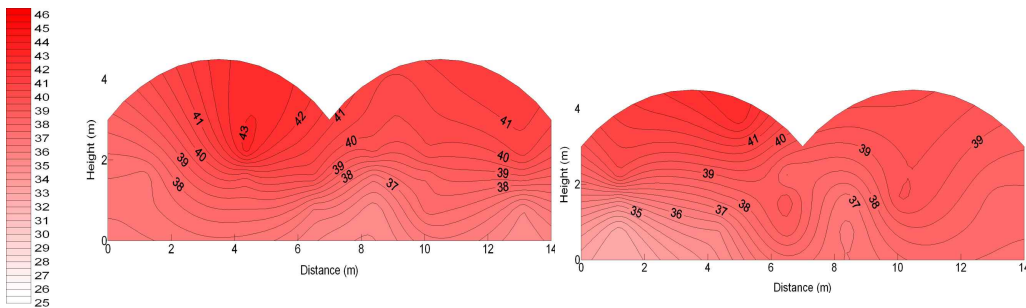
그림. 7은 시간경과에 따른 온도분포의 변화를 알아보기 위하여 오후 2시경의 온도분포를

4분 간격으로 도시한 것이다. 그림. 7(a)은 포그를 분사하지 않은 온실의 온도분포도이며, 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 12분간에 걸쳐 온도분포가 거의 변화가 없음을 알 수 있었다. 그림. 7(b)는 포그를 2분 30초간 분사한 후 30초간 정지하도록 처리한 온실의 온도분포도로서 서로 미세한 차이는 있지만 거의 동일한 것으로 나타나 시간의 경과에 따른 포그분사에 의한 온도분포는 균일함을 확인할 수 있었다.



(a) Without fogging

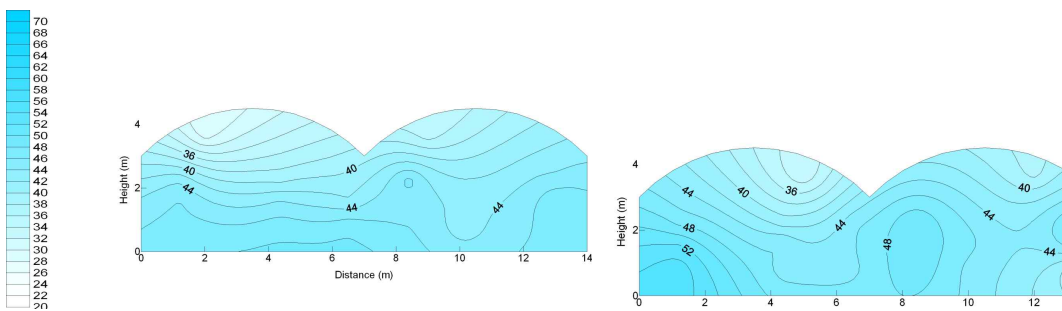
(b) Fogging
(Fogging time of 2 minutes)



(a) Without fogging

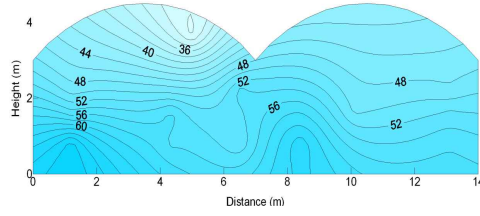
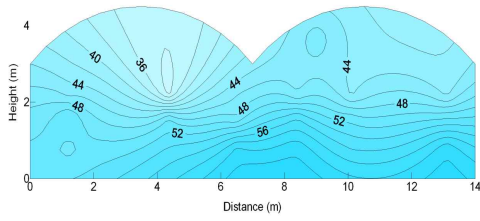
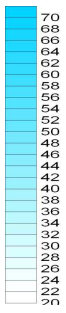
(b) Fogging
(Fogging time of 2 minutes 30 seconds)

그림. 5. Distribution charts of temperature for each fogging time



(a) Without fogging

(b) Fogging
(Fogging time of 2 minutes)



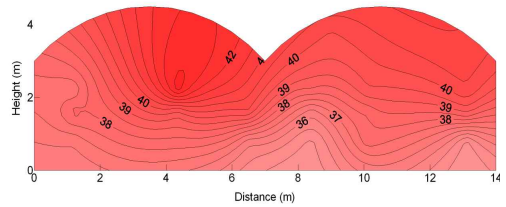
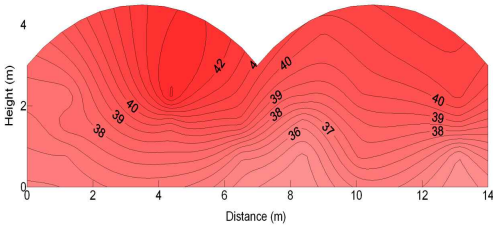
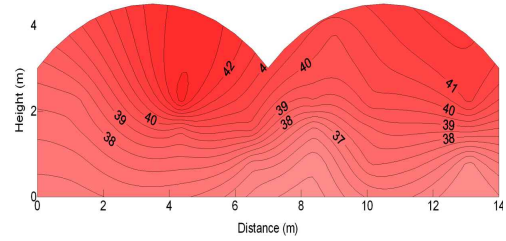
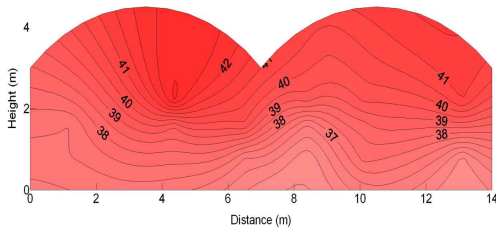
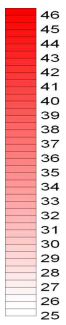
(a) Without fogging

(b)Fogging

(Fogging time of 2 minutes 30 seconds)

그림. 6. Distribution charts of relative humidity for each fogging time

(a) Without fogging



(b) Fogging

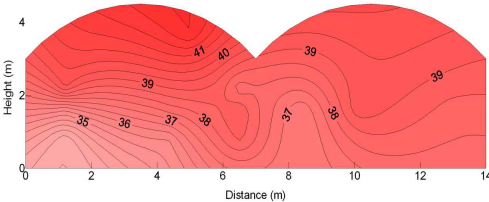
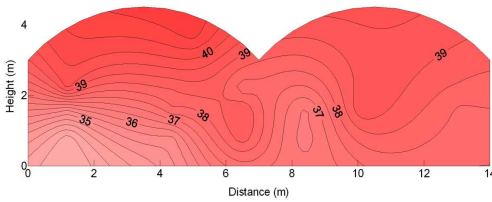
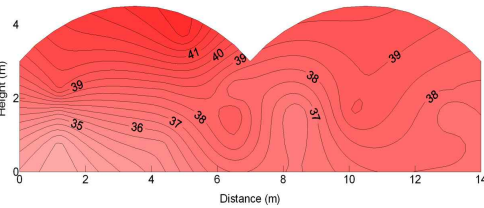
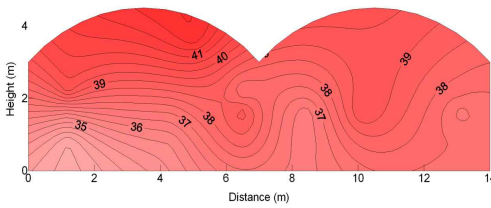
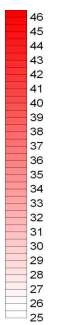


그림. 7. Distribution charts of temperature at 4-minute intervals

(3) 수직 및 수평방향 온도편차

그림. 8과 9는 각각 포그를 2분 30초간 분사했을 때 포그온실 내부에 수직방향과 수평방향으로 설치된 센서별 시간에 따른 온도변화를 도시한 것이다. 그림. 8은 수직방향 각 위치의 센서들의 평균값을 나타낸 것으로 수직방향의 온도편차는 최대 3.3℃, 평균 0.9℃로 나타났다. 그림. 9는 상부에 위치한 센서에서 측정된 값이며, 수평방향으로는 온도편차가 최대 3.3℃ 평균 1.7℃ 정도로 나타나 수직방향에 비해 수평방향에 대한 온도편차가 더 크게 나타났다. “시간경과에 따른 온도분포 변화”에서 살펴본 바와 같이 짧은 시간 동안에는 온도분포의 큰 변화는 없었으나, 하루 동안에는 온도분포의 변화가 다소 크게 나타났다. 이는 포그분사에 따른 온도편차의 발생은 크지 않으나, 일사나 공기유동 등 다른 환경요인들에 의해 발생된 편차가 크기 때문인 것으로 판단된다. 특히 본 자료에는 나타내지 않았지만 온실 하부에서의 수평방향의 온도편차는 더 크게 나타나는 경향이 있었기 때문에 온도편차를 줄일 수 있는 포그시스템 관리방안에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

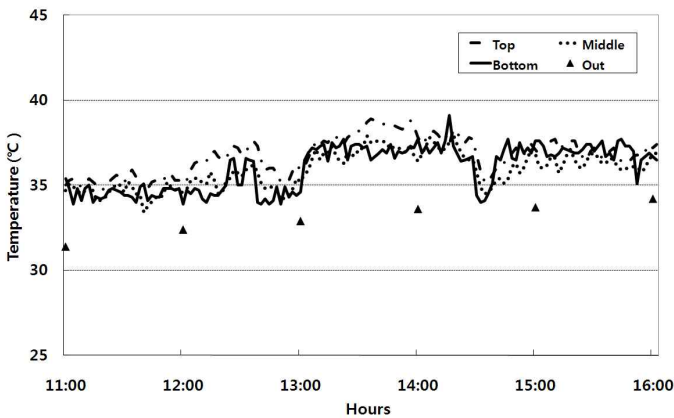


그림. 8. Variations of average temperature for each vertically arranged sensor

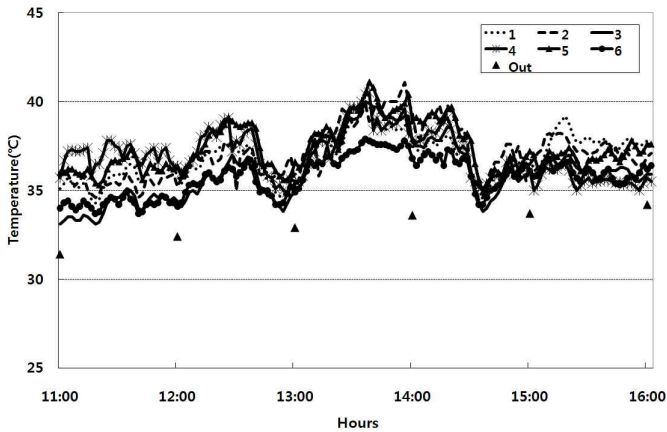


그림. 9. Variations of temperature for each horizontally arranged sensor

6. 고온기 냉방 및 습도조절용 이류체 포그시스템 개발 및 현장실증시험

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2011. 01. 19

나. 연구방법

- 개발내용

저압 분무장치 성능 검정 및 문제점 보완, 금형 수정, 온·습도제어 컨트롤러 제작 등

- 고온기 냉방 및 습도조절용 저압 분무장치 현장실증 연구 추진(민간경상보조)

- 예산 : 700만원 × 3개소 = 2,100만원
- 저압 포그노즐 실증시험 대상농가

대상농가	작목	총면적 (설치면적)
이 돈 *	육계	905평 (300평)
최 인 *	토마토	750평 (300평)
윤 태 *	토마토	1000평 (300평)

- 처리내용 : 개발된 냉방 및 습도조절용 저압 분무장치, 관행재배
- 주요조사항목 : 시설내 환경조사, 경제성 분석 등
- 시공업체 : 그린누리(주)

다. 연구결과 및 고찰

- 낙수 문제 해결을 위한 낙수방지장치 금형수정 및 오링 탄성조정
- 노즐의 내구성 강화 및 탈락 방지를 위한 미늘부분 금형수정 보강
- 온·습도 설정에 의한 자동컨트롤러 제작 테스트 중(습도설정값 우선적용)
- 살포입자가 적어 수적현상이 없고 공기중 체류효과 우수
- 계사의 온도강하 효과는 환기팬과 단열재로 인해 평균 1℃ 낮았음.
- 노즐구경이 커서 미생물제제 살포에 적합할 것으로 판단됨

표. 저압분무장치 금형수정 보완내용



< 포그노즐 부속구성 > < 낙수방지장치 금형수정 >

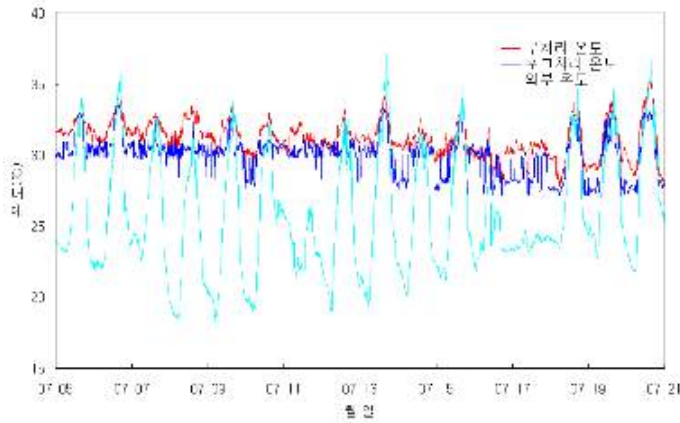


< 미늘부분 보강 > < 오링부분 탄성 조정(60→70→80→50도) >

표. 저압포그 전용 컨트롤러 제작



표. 용인 계사 온도 변화 및 분사 전경



- 문제점 및 대책

무창계사의 경우 단열과 환기팬이 잘 갖추어져 효과가 낮음 → 살포시간과 휴식간격을 조정, 습도유지와 미생물제제 살포에 사용효과를 높이도록 기술지도

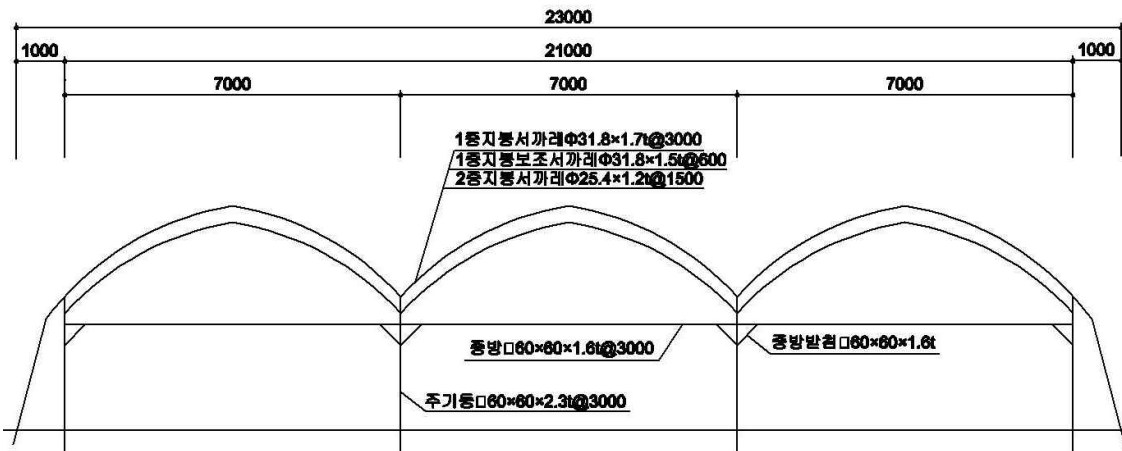
7. 환기시설 관리 기술 개발

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2011. 01. 19

나. 연구방법

본 연구에서는 두 가지 형태의 온실에 대해 각각 비교실험을 실시하였다. 첫 번째 환기실험 온실은 그림. 1과 같이 처마부위에 설치된 관행의 권취식 천창을 가진 이중피복온실과 용마루 부위에 설치된 나비형식의 랙피니언 개폐방식의 천창을 가진 공기주입 이중피복온실에 대한 환기효과를 비교실험 하였다. 두 번째 환기실험 온실은 그림. 2과 같이 춘천지역에 설치되어 있는 권취식 천창이 설치된 상업용 토마토온실을 나비형식의 랙피니언 개폐방식의 천창으로 개조한 온실이며 천창을 개조하기 전의 온실과 개조 후 온실의 온습도변화를 서로 비교하였다. 이들 온실은 그림. 2(a)의 개략도에서 볼 수 있는 바와 같이 4연동으로 중간에 위치한 두 동의 천창만을 개조하였다. 온실의 개수는 총 3동이며 이 중 2개 동을 먼저 개조한 후에 일정기간 지난 뒤 나머지 한 개동을 개조하여 개조한 온실과 개조하지 않은 온실의 온습도 변화를 동시에 비교하였다.

(a) Schematic diagram



(b) Rollup type vent at eave

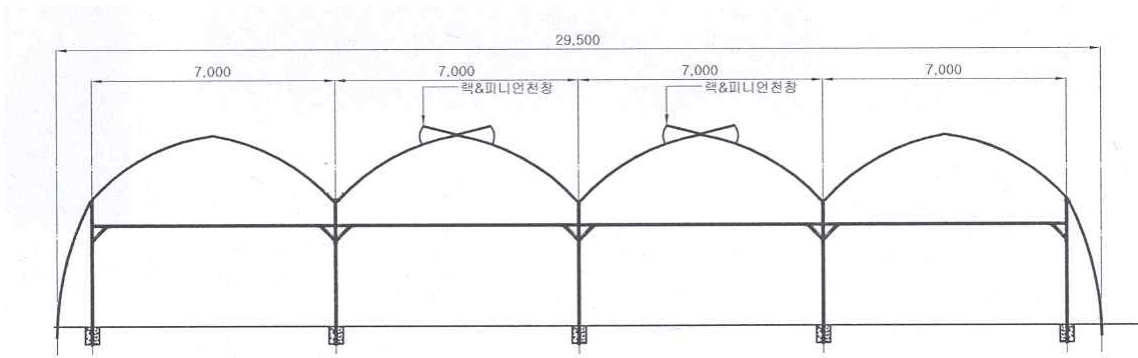


(c) Butterfly type vent at ridge



그림. 1. Greenhouse 1 for ventilation experiment

(a) Schematic diagram



(b) Outside view



(c) Inside view



그림. 2. Greenhouse 2 for ventilation experiment

다. 연구결과 및 고찰

(1) 환기실험용 온실 1의 온습도 변화 분석

그림. 3은 실험온실 1에 대한 실험결과를 나타낸 것으로, 권취식 천창을 가진 관행온실과 나비형식 천창을 가진 공기주입 이중피복온실의 온습도 변화를 비교한 것이다. 야간의 온실내의 온도완 습도는 두 온실이 거의 동일한 값을 유지하는 것으로 나타났다. 습도의 변화를 살펴보면 야간에 높은 값을 유지하던 습도가 아침에 일사의 영향을 받기 시작하면서 낮에는 30%대 까지 감소하여 적정습도에 훨씬 못 미치는 것으로 나타났다. 주간에는 나비형식 천창의 온실이 더 높은 습도가 유지 되어 작물의 적절한 생육환경을 위해서는 더 높은 습도환경이 유지되어야 하는 측면에서 더 바람직한 것으로 판단되었다. 온도의 경우에는 오전에 일사의 영향으로 권취식 천창의 관행온실이 나비형식 천창의 공기주입 이중피복 온실에 비해 더 빨리 증가 하였으며 이는 공기주입 이중피복이 관행이중피복에 비해 유입되는 복사열을 더 많이 차단했기 때문인 것으로 판단된다. 환기가 시작되기 직전까지 권취식 천창온실이 4℃정도 더 높은 온도를 유지하다가 환기가 시작되면서 두 온실 모두가 급속히 낮아진 후에 나비형식 천창온실이 약간 낮은 온도로 유지되다가 거의 비슷한 온도가 되었다. 창을 닫은 후에는 두 온실 모두 온도가 상승하였으며 관행온실의 온도상승폭

이 더 큰 것으로 나타났다. 이는 오전과 마찬가지로 공기주입 이중피복이 유입되는 복사열을 더 많이 차단하였기 때문이며 일사가 사라짐에 따라 온도가 감소하여 야간에는 동일한 온도를 유지하였다.

이상의 결과를 요약해 볼 때 습도조절 측면이나 하절기 온도조절 측면에서는 공기주입 이중피복 방식의 나비형식 천창온실이 관행이중피복의 권취식 천창에 비해 훨씬 우수한 것으로 판단되었다.

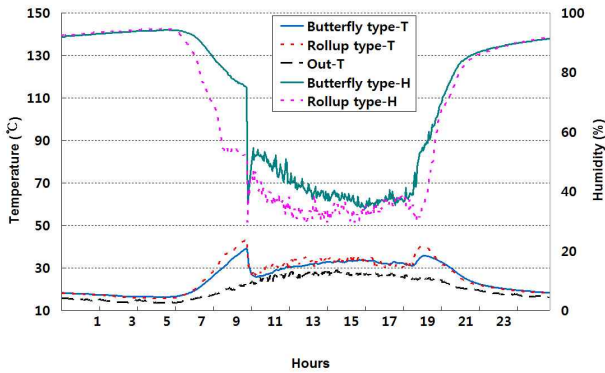


그림 3. Variation of temperature and humidity in greenhouse 1

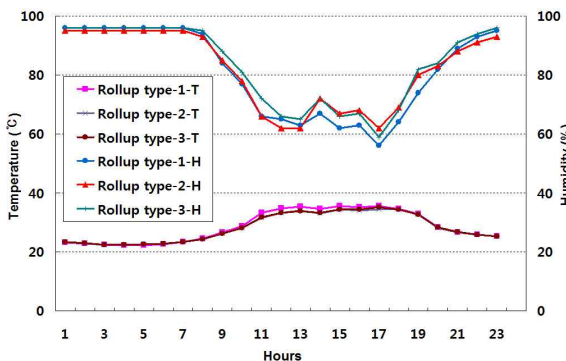
(2) 환기실

협용 온실 2의 온습도 변화 분석

그림. 4는 실험온실 2에 대한 실험결과를 나타낸 것이다. 그림 4.(a)는 천창이 개선되기 전인 권취식 천창 조건에서 8월에 측정한 온실내부의 온습도 변화이다. 3개의 온실이 거의 비슷한 온습도 변화를 보여주고 있으며 특이점은 발견하기 어려웠다. 그림. 4(b)는 1번과 3번의 두 개 온실을 나비형식 천창으로 개조하고 나머지 2번 온실은 개조하지 않고 권취식 천창인 조건에서 6월에 측정한 온실내부의 온습도 변화를 서로 비교한 것이다. 천창을 나비형식으로 개조한 1번과 3번 온실의 습도가 개조하지 않은 권취식 온실에 비해 밤에는 낮고 낮에는 더 높게 유지가 되어 적정습도를 유지하는데 더 우수한 것으로 나타났다. 온실 내부의 온도변화는 3가지 온실 모두 거의 비슷하게 유지되었다.

이상의 결과를 요약해 볼 때 나비형식의 천창온실이 습도조절면에서 더 우수한 것으로 나타났다.

(a) Rollup type vent



(b) Butterfly type vent

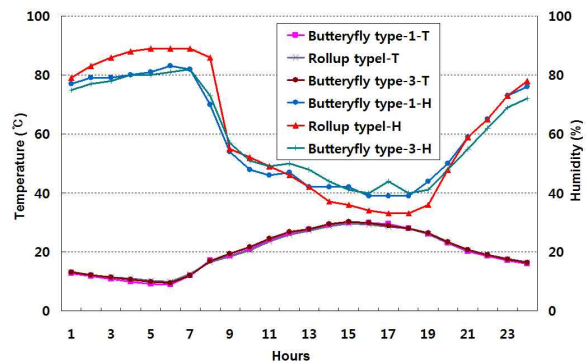


그림. 4 Variation of temperature and humidity in greenhouse 2

8. 다연동 온실의 환기성능 평가

가. 연구기간: 2012.1.20.-2013.1.19

나. 연구방법

(1) 다연동 온실의 현장 환기실험

(가) 실험온실 및 환경계측

- 토마토를 재배하는 다양한 유형의 다연동 온실을 대상으로 환경을 계측하였다.
- 상대적인 환기성능을 비교하기 위해 선정된 유형별 다연동 온실의 제원은 표 1과 같다.

표 1. Dimensions of multi-span plastic greenhouse for experiments

구 분	온실의 제원				위 치	Data Set
	측고(m)	연동수	폭(m)	길이(m)		
측고	2.0	9	5.6	95	충남 논산	S-2-9
	3.0	9	7.0	100	충남 논산	S-3-9
	4.0	9	7.0	90	충남 부여	S-4-9
연동수	3.0	5	8.0	100	충남 논산	S-3-5
	3.0	9	7.0	100	충남 논산	S-3-9
	3.0	14	7.0	80	충북 보은	S-3-14
측창유무	3.0	9	7.0	100	충남 논산	S-3-9
	3.0	9	7.0	100	충남 논산	N-3-9
	3.0	5	8.0	100	충남 논산	S-3-5
	3.0	5	8.0	100	충남 논산	N-3-5
천창위치	5.0	5	7.2	98	전남 화순	S-5-5
	5.0	13	7.2	98	전남 화순	S-5-13

주) 모든 실험온실은 수경재배

- 연동수와 측고가 다른 여러 가지 다연동 온실 농가를 선택하여 재배기간이 수확기인 상태에서 맑은 날을 기준으로 7일 이상 현장실험을 수행하였다.
- 온실의 열수지식을 이용한 환기량 분석을 위하여 실내외 온도, 습도, 일사량, 풍속 등을 계측하였다. 실내온도는 온실 중앙 단면 4등분점의 경계 3점에서 측정하여 평균값을 사용하였다.
- 실험기간과 계측기기의 제한으로 직접 실험을 하지 못한 전남 화순의 데이터는 토마토협력단의 농가 원격계측 데이터를 이용하였다.

(2) 다연동 온실의 환기성능 평가

(가) 온실의 열수지식에 의한 환기량 추정

- Li와 Willits(2008)는 자연환기 포그냉방 온실의 환기율을 다음 식(1)로 산정하였다.

$$S\tau\alpha - U(t_i - t_o)A_c / A_f \nu_o \quad (1)$$

- 여기서, ν_o 는 환기율($m^3/s \cdot m^2$), S 는 외부일사량(W/m^2), τ 는 온실 피복재의 일사투과율, α 는 온실 공기의 엔탈피 증가에 기여하는 실내 일사의 비율, U 는 피복재의 열관류율($W/m^2 \cdot ^\circ C$), t_i, t_o 는 실내 및 실외기온($^\circ C$), A_c 는 온실의 피복재면적(m^2), A_f 는 온실의 바닥면적(m^2), h_i, h_o 는 실내 및 실외공기의 엔탈피(J/kg), ν_o 는 실외공기의 비체적(m^3/kg)이다.
- ASABE(2008)에서는 환기중인 온실의 열수지식으로 다음 식(2)를 제시하고 있다.

$$1 - \tau SA = UA_c(t_i - t_o) + \frac{QA_f C_p}{\nu_o} (t_i - t_o) \quad (2)$$

- 여기서, τ 는 증발산계수, C 는 외부 공기의 비열(J/kg°C)이고, 나머지는 식(1)과 같다.
- 식(1)과 식(2)를 비교하면, $h_i - h_o = C_p(t_i - t_o)$ 이므로 $\alpha = 1 - E$ 만 표현이 다를 뿐 동일하다. 본 연구에서는 τS 를 실내 일사량으로 대체하고 환기율을 환기회수로 환산하여 다음 식(3)을 유도하고, 이 식을 이용하여 환기량을 산정하였다.

$$Q_v = \frac{(1 - E)S_i A_f - UA_c(t_i - t_o)}{C_p V_g(t_i - t_o)} (60)\nu_o \quad (3)$$

- 여기서, Q_v 는 분당 환기회수(회/min), S_i 는 실내 일사량(W/m²), V_g 는 온실의 체적(m³)이다.
- 실내일사량과 실내외 기온은 환경계측 실험값이고, 공기의 비열과 비체적은 실측값에 대응하는 습공기 특성값을 계산으로 구하고, 피복면적, 바닥면적, 온실부피는 실험온실의 규격으로부터 계산하면 된다.
- 열수지식을 이용하여 환기량을 추정하는 방법은 Fernandez와 Baily(1992), Willits 등(2006)에 의하여 tracer gas method로 측정한 결과와 잘 일치하는 것으로 보고되고 있다.
- 이 방법에서 중요한 매개변수는 작물의 증발산계수와 피복재의 열관류율이다. Nam(2000)은 열평형 모델의 예민도 분석 결과 U값 보다 E값이 더 예민한 것으로 보고하였다.
- E값은 작물의 무성한 정도에 따라 다르며 왕성하게 자라는 작물의 경우 0.5~0.9의 범위를 보이며, 온실의 환기설계에서는 0.5를 권장하고 있다(Tachibana, 1980; Hellickson과 Walker, 1983; Albright, 1990). Nam 등(2011)은 토마토재배 온실에서 실험한 결과 수확기에 0.39~0.85의 범위로 나타났고 0.6을 추천하였다.
- 본 연구에서는 0.6을 적용하였다. U값은 단일피복 플라스틱 필름의 6.2 W/m²°C(ASABE, 2008)를 적용하였다. 본 연구는 다연동 온실의 유형별로 상대적인 환기성능을 평가하는 것이 목적이므로 매개변수의 선택이 그렇게 중요하지는 않다.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 다연동 온실의 자연환기성능 평가

- 실험은 2012년 6월 5일부터 8월 25일까지 수행하였다.
- 비교분석에 사용한 데이터는 오전 10시부터 오후 5시까지 10분 간격으로 계측한 데이터를 1시간 간격으로 평균하여 사용하였다. 비가 온 날의 데이터는 분석에서 제외시켰다.
- 표 2는 실험기간동안의 온실의 유형별 평균 기상 조건을 나타낸 것이다. 연구방법에서도 언급한 바와 같이 S-5-5와 S-5-13은 농가의 원격데이터를 이용한 것인데, 외기의 습도측정 데이터가 없었고, 일사량 데이터도 실외 측정값만 있고 간이일사계(파장범위 300-1100nm)를 사용해서 열수지식에 의한 환기량 계산은 불가능하여 실내외 기온차이로만 비교하였다. 또한 측창을 닫고 실험한 N-3-5의 실험에서는 일사계의 오류로 데이터를 얻지 못해 역시 실내외 기온차이로만 비교 분석하였다.
- 표 3은 환기성능의 지표가 되는 실내외 기온차와 식(3)의 열수지식을 이용하여 계산한 환기율을 나타낸 것이다. 실내외 기온차는 환기성능의 지표가 되지만 일사량과 풍속에 따라 크게 달라지므로 직접적인 환기성능의 비교는 곤란하다. 열수지식에 의한 환기율은 기상요소가 반영된 것이므로 직접적인 비교가 가능하다.

- 여기서는 온실의 연동수와 측고, 측창의 유무에 따른 환기성능을 환기율을 통하여 비교하였으며, 실내외 기온차를 통하여는 간접적으로 비교하였다.

표 2. Average weather conditions for analyzed data by experimental treatments

구분	온실외부		온실내부			실험기간
	기온(°C)	습도(%)	기온(°C)	습도(%)	일사(W/m ²)	
S-2-9	33.4	40.4	35.7	40.8	188.6	6/23 - 6/30
S-3-5	27.1	67.0	29.4	62.1	312.1	6/5 - 6/13
S-3-9	31.2	73.4	33.2	68.2	248.4	8/1 - 8/22
S-3-14	31.9	48.0	34.4	49.0	272.2	6/15 - 6/23
S-4-9	27.9	51.4	31.2	43.2	453.6	6/15 - 6/22
S-5-5	26.0	-	26.9	84.3	571.0*	6/5 - 6/28
S-5-13	26.2	-	28.1	70.8	474.0*	6/5 - 6/26
N-3-9	25.8	89.9	28.9	78.5	148.1	8/23 - 8/29
N-3-5	32.2	64.3	31.7	62.5	-	8/1 - 8/7

주) *는 실외 간이일사계(300-1100nm), 나머지는 실내 전천일사계(300-3000nm)

표 3. Air temperature difference between inside and outside the greenhouse and ventilation rate by experimental treatments

구분	실내외 기온차(°C)		환기율(회/min)	
	평균	표준편차	평균	표준편차
S-2-9	2.2	1.4	0.41	0.27
S-3-5	2.3	1.3	0.54	0.49
S-3-9	2.0	1.3	0.46	0.36
S-3-14	2.5	1.6	0.46	0.50
S-4-9	3.3	1.3	0.50	0.38
S-5-5	0.9	0.7	-	-
S-5-13	1.9	1.1	-	-
N-3-9	3.2	1.4	0.15	0.26
N-3-5	3.0	2.1	-	-

- 그림. 1은 9연동 온실을 대상으로 측고에 따른 환기율과 내외기온차를 비교한 것이다. 측고가 높을수록 환기율이 커지는 것을 확인할 수 있었다. 측고 4m온실은 측고 2m온실에 비하여 약 22%의 환기율이 증가하는 것으로 나타났다.
- 측고가 높을수록 내외 기온차는 줄어들지만 측고 4m에서 크게 나타난 이유는 다른 조건과 일사량 차이가 크기 때문이다. 측고 2, 3, 4m 온실의 평균 일사량은 각각 189, 248, 454W/m²이었다. 측고 3m온실은 측고 2m온실에 비하여 일사량은 많지만 온도상승은 적었고, 측고 4m온실은 2m온실에 비하여 일사량이 2배 이상 많지만 온도상승은 1.1°C 증가에 그쳐 측고가 높을수록 환기가 잘 되어 실내온도 상승을 억제할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.
- 그림. 2는 측고 3m인 온실을 대상으로 연동수에 따른 환기율과 내외기온차를 비교한 것이다. 연동수가 많을수록 환기율이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 9연동 온실은 5연동 온실보다 약 17%정도의 환기율이 감소하였으나 9연동 온실과 14연동 온실의 환기율은 거의 같았다.
- 5연동에서 9연동으로 연동수가 증가할 때는 환기율이 상당히 감소하였지만 연동수가 더 증가하면 환기율에는 변화가 거의 없는 것으로 생각된다.

- 연동수가 많을수록 내외 기온차는 증가하지만 5연동 온실에서 크게 나타난 이유는 다른 조건과 일사량 차이가 크기 때문이다. 5, 9, 14연동 온실의 평균 일사량은 각각 312, 248, 272W/m²이었다. 연동수에 따른 실내온도 상승도 일사량을 고려하면 환기율과 비슷한 경향을 보임을 알 수 있었다.

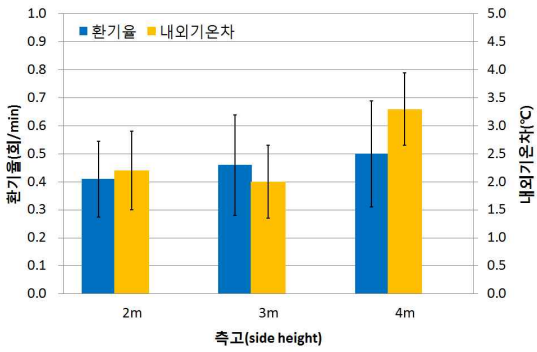


그림. 1. Ventilation rate and temperature difference between inside and outside the greenhouse by side heights (number of span = 9)

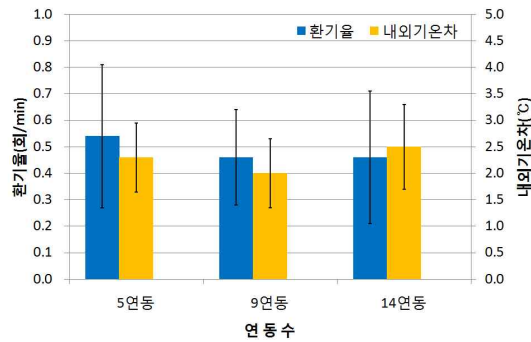


그림. 2. Ventilation rate and temperature difference between inside and outside the greenhouse by number of span (side height = 3m)

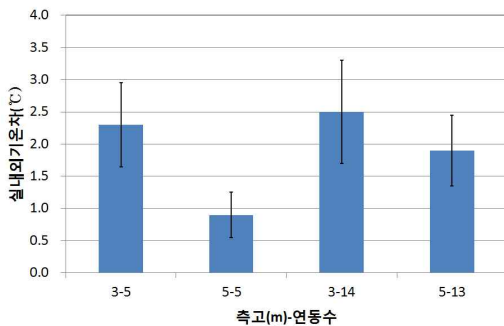


그림. 3. Temperature difference between inside and outside the multi-span greenhouse by side height and number of span

- 최근에 측고를 크게 높이고 연동 플라스틱온실의 곡부천창을 용마루로 옮긴 형태의 신개념 온실이 증가하고 있는 추세이다. 그림. 3은 측고가 5m인 신개념 온실과 측고가 3m인 기존 온실을 대상으로 연동수가 비슷하고 일사조건도 비슷한 온실의 실내온도 상승을 나타낸 것이다.
- 5연동 온실과 13~14연동 온실을 각각 비교해 보면 측고가 높은 신개념 온실의 온도상승이 훨씬 낮아 환기가 잘되고 있음을 확인할 수 있다.
- 측고 3m와 5m의 동일 측고 온실을 각각 비교해 보면 연동수가 많을수록 온도상승이 커짐을 알 수 있었다. 특히 측고가 5m인 신개념 온실에서 연동수 증가에 따른 온도상승의 차이가 큰 것으로 나타났다.
- 최근 측고가 높고 연동수가 많은 대규모 다연동 온실이 증가하는 추세이고, 이러한 온실에서는 천창환기에만 의존하고 측창을 설치하지 않는 경우도 있다.
- 그림. 4는 측고 3m의 9연동 온실에서 측창을 열었을 때와 측창을 열지 않았을 경우의 환기율과 내외기온차를 비교한 것이다.

- 측창을 설치할 경우 측창이 없는 경우보다 약 3배 정도 환기율이 커지는 것으로 나타났다. 온도상승은 환기율에 비하여 상대적으로 크지 않지만, 일사량이 각각 248, 148 W/m²인 것을 고려하면 측창이 없는 경우 환기가 원활하지 못함을 알 수 있다.
- 그림. 5에서 보면 일사량에 따른 실내온도 상승이 측창의 유무에 따라 확연히 차이를 확인할 수 있었다.
- 본 실험은 측고가 3m인 9연동 온실에서 수행하였으므로 측고가 더 높고 연동수가 더 많은 경우에도 동일한 결과가 나올지는 알 수 없지만, 일반적으로 농가에서 많이 사용하는 온실의 경우에는 측창을 설치하는 것이 훨씬 환기에 유리할 것으로 생각된다.
- 그림. 5에서 측창이 없는 경우의 데이터가 측창이 있는 경우보다 훨씬 적은 이유는 동일한 조건의 측창이 없는 온실을 찾을 수가 없어서 측창이 있는 온실에서 농가의 양해 하에 수확이 끝나갈 무렵 측창을 닫고 실험을 수행하였기 때문이다.
- 이상의 결과를 종합할 때 다연동 온실의 환기성능은 측고가 높을수록 좋고, 연동수가 많을수록 떨어지며, 측창이 없으면 현저하게 저하된다. 측고가 높고 용마루 환기창을 설치한 경우의 환기성능이 가장 우수하다.
- 따라서 온실의 자연환기성능을 극대화하기 위해서는 온실의 구조를 측고는 높이고, 지붕 환기창의 위치는 곡부가 아니라 용마루에 설치하며 측창을 설치하고, 연동수는 10연동 내외로 제한하는 등의 개선이 필요하다.

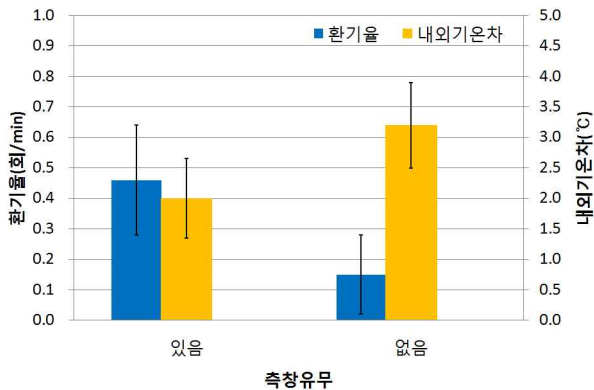


그림. 4. Ventilation rate and temperature difference between inside and outside the greenhouse by existence of side window (side height = 3m, number of span = 9)

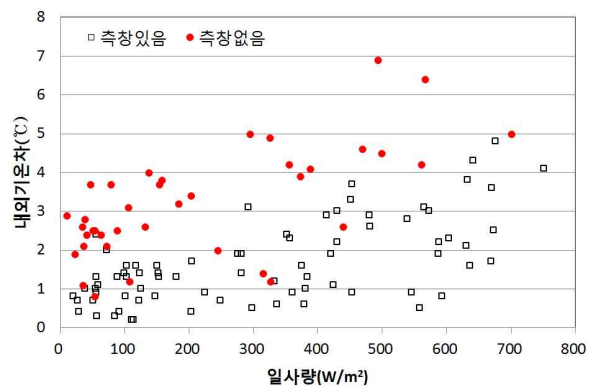


그림. 5. Air temperature difference between inside and outside the greenhouse by existence of side window with solar radiation

<기타 자재 개발>

1. 고품질 고생산성 최적 복합환경조절시스템 개발

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법 및 결과

(1) 천창환기 정밀제어 프로그램 개발

(가) 개발의 필요성

- 온실 내 환경은 외부 환경조건 특히 온도에 따라 큰 영향을 받고 있음.
- 고품질 다수확을 위한 복합환경 조절의 개념을 이용한 재배방식은 전무한 상태임
- 복합 환경조절을 통한 토마토 재배보다는 단순환경요인(온도)을 조절하므로 기본 생육조건만 유지하는 관행적 농법은 균일한 생산성 및 품질을 유지하기 어려움
- 난방 및 환기를 위한 On/Off 제어는 외부온도와 일사량, 실내습도 값과 상관없이 작동하게 되므로 난방의 효율성 제고 및 환기를 위한 효과적인 제어가 어려운 상황임

(나) Dead-Zone 중요성

- Dead-Zone은 난방온도와 환기온도와의 차이를 지칭함
- 온도제어를 위한 Dead-Zone은 온실 내 환기를 위해 주로 이용되는 개념임
- Dead-Zone은 설정온도에 따른 작동시점을 기준으로 $\pm\Delta^{\circ}\text{C}$ 를 설정함으로써 온실 내 효율적인 환기를 도모할 수 있음
- 국내에 보급되어 있는 플라스틱온실의 경우 측창 및 천창의 환기는 권취식 모터를 이용하고 있음
- 권취식 모터의 지속적 사용은 모터의 수명 단축 및 이의 구동에 따른 온실 피복재의 마모와 광 투과율에 영향을 미치게 됨
- 이러한 영향은 $\pm\Delta^{\circ}\text{C}$ 를 설정함으로써 감소시킬 수 있음

(다) Dead-Zone 설정 여부에 따른 온실 환경 변화

- Dead-Zone 설정에 따른 온실내 환경변화 : 환기온도 20 $^{\circ}\text{C}$ 설정, Dead-Zone 2 $^{\circ}\text{C}$ 설정, 천창 개폐온도범위 18~22 $^{\circ}\text{C}$
- Dead-Zone 설정 범위에 의해 온도가 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이내에서는 천창의 개폐가 10%에서 멈춰있음.
- 온도 변화에 따른 천창의 개폐율이 심하게 변하지 않기 때문에 온실내부의 온도와 습도가 일정한 수준으로 유지되고 있음
- 온실내부의 평균온도는 20.5 $^{\circ}\text{C}$ 이며, 온실외부의 평균온도도 20.5 $^{\circ}\text{C}$ 임
- Dead-Zone 설정에 따라 풍하창, 풍상창의 평균 개도범위는 10 $^{\circ}$ 임

시간	환기온도	내부온도	난방온도	외부온도	내부습도	일사량	천창 좌	천창 우
6:49	20	19.1	19.5	18.5	98.2	24	10	10
6:50	20	19.3	19.5	18.5	97.1	28	10	10
6:51	20	19.2	19.5	18.6	98.2	31	10	10
6:52	20	19.3	19.5	18.6	97.4	34	10	10
6:53	20	19.2	19.5	18.7	98.2	35	10	10
6:54	20	19.4	19.5	18.9	96.6	38	10	10
6:55	20	19.4	19.5	19.1	97.2	38	10	10
6:56	20	19.4	19.5	19.2	97.8	39	10	10
6:57	20	19.4	19.5	19.3	98.1	41	10	10
6:58	20	19.5	19.5	19.3	97.6	41	10	10
6:59	20	19.4	19.5	19.3	98.3	41	10	10
7:00	20	19.4	19.5	19.3	98.8	41	10	10
7:01	20	19.6	19.5	19.4	97.4	42	10	10
7:02	20	19.7	19.5	19.4	98.2	44	10	10
7:03	20	19.9	19.5	19.5	96.1	44	10	10
7:04	20	19.9	19.5	19.7	97.4	44	10	10
7:05	20	20.0	19.5	19.8	97.2	45	10	10
7:06	20	20.0	19.5	19.9	97.5	45	10	10
7:07	20	20.1	19.5	20.0	97.5	46	10	10
7:08	20	20.1	19.5	20.2	98.0	46	10	10
7:09	20	20.2	19.5	20.4	97.4	47	10	10
7:10	20	20.2	19.5	20.5	98.2	47	10	10
7:11	20	20.4	19.5	20.7	96.9	50	10	10
7:12	20	20.7	19.5	20.9	95.1	50	10	10
7:13	20	20.8	19.5	21.0	95.3	54	10	10
7:14	20	20.7	19.5	21.0	96.9	56	10	10
7:15	20	20.8	19.5	21.1	96.6	55	10	10
7:16	20	20.9	19.5	21.1	96.3	54	10	10
7:17	20	21.1	19.5	21.1	95.1	59	10	10
7:18	20	21.0	19.5	21.0	95.9	64	10	10
7:19	20	21.1	19.5	21.0	95.8	64	10	10
7:20	20	21.0	19.5	21.1	97.6	67	10	10
7:21	20	21.3	19.5	21.4	96.0	76	10	10
7:22	20	21.4	19.5	21.6	95.3	80	10	10
7:23	20	21.3	19.5	21.7	97.0	84	10	10
7:24	20	21.4	19.5	21.9	95.7	87	10	10
7:25	20	21.5	19.5	22.0	95.5	91	10	10
7:26	20	21.7	19.5	22.0	93.6	91	10	10
7:27	20	21.7	19.5	21.9	94.9	91	10	10
7:28	20	21.8	19.5	21.8	95.0	91	10	10
7:29	20	21.9	19.5	21.8	94.4	95	10	10
7:30	20	21.9	19.5	21.9	95.8	97	10	10
7:31	20	22.0	19.5	22.1	94.6	99	10	10
7:32	20	21.9	19.5	22.2	95.3	101	10	10
7:33	20	21.8	19.5	22.0	96.7	96	10	10

(라) Dead-Zone 미설정에 따른 온실내 환경변화

- Dead-Zone 범위가 설정되지 않았기 때문에 외부온도와 일사량의 변화에 따라 온실내부의 설정온도를 유지하기 위해 풍하창의 개폐가 0~100°까지 지속적으로 변함
- 온실내부의 평균온도는 21.4℃이며 온실외부의 평균온도는 20.2℃임

- Dead-Zone 미설정에 따른 풍하창의 평균 개도는 33.1°이며 풍상창의 평균 개도는 14.7°임

시간	환기온도	내부온도	난방온도	외부온도	내부습도	일사량	천창 좌	천창 우
7:15	20	20.3	19.5	18.2	96.7	80	0	0
7:16	20	20.6	19.5	18.3	95.2	84	0	0
7:17	20	20.4	19.5	18.3	97.0	85	10	0
7:18	20	20.5	19.5	18.4	96.7	85	10	0
7:19	20	20.7	19.5	18.5	96.8	86	10	0
7:20	20	20.9	19.5	18.7	95.6	88	10	0
7:21	20	20.9	19.5	18.8	95.9	88	10	0
7:22	20	21.0	19.5	19.0	96.0	88	10	0
7:23	20	21.0	19.5	19.1	96.4	88	10	0
7:24	20	21.1	19.5	19.2	95.8	91	20	10
7:25	20	21.0	19.5	19.3	95.9	91	20	10
7:26	20	21.1	19.5	19.3	95.2	91	20	10
7:27	20	21.1	19.5	19.4	95.0	91	20	10
7:28	20	21.4	19.5	19.5	93.3	85	20	10
7:29	20	21.3	19.5	19.5	94.2	77	20	10
7:30	20	21.4	19.5	19.6	95.3	59	20	10
7:31	20	21.6	19.5	19.6	94.1	49	24	10
7:32	20	21.9	19.5	19.7	92.3	44	30	10
7:33	20	21.6	19.5	19.7	95.4	41	30	10
7:34	20	21.5	19.5	19.7	96.2	40	30	10
7:35	20	21.3	19.5	19.7	96.0	40	30	10
7:36	20	21.0	19.5	19.7	96.8	43	30	10
7:37	20	20.7	19.5	19.6	98.1	50	20	10
7:38	20	21.0	19.5	19.6	94.6	62	20	10
7:39	20	21.0	19.5	19.6	94.9	73	20	10
7:40	20	20.9	19.5	19.6	95.6	88	20	10
7:41	20	20.7	19.5	19.6	97.6	104	20	10
7:42	20	21.0	19.4	19.9	95.8	117	20	10
7:43	20	21.2	19.4	20.1	93.8	125	20	10
7:44	20	21.1	19.3	20.2	96.2	132	20	10
7:45	20	21.2	19.3	20.5	97.2	135	20	10
7:46	20	21.5	19.3	20.7	96.1	139	20	10
7:47	20	21.7	19.3	21.2	94.9	143	20	10
7:48	20	22.0	19.3	21.5	92.8	145	30	10
7:49	20	22.1	19.3	21.9	93.3	149	40	20
7:50	20	22.1	19.2	22.1	93.2	152	50	20
7:51	20	22.2	19.2	22.2	93.2	154	58	28
7:52	20	22.3	19.2	22.3	92.9	157	66	30
7:53	20	22.3	19.2	22.4	93.6	161	74	34
7:54	20	22.4	19.2	22.5	92.9	164	81	40
7:55	20	22.5	19.2	22.7	93.1	168	90	40
7:56	20	22.6	19.1	22.9	91.7	171	99	50
7:57	20	22.7	19.1	22.9	92.4	173	99	50
7:58	20	22.9	19.1	23.0	91.3	176	100	50
7:59	20	23.0	19.1	23.0	91.0	180	100	50

- Dead-Zone의 설정 여부에 따른 온실내부의 평균온도는 Dead-Zone 설정온실이 0.9℃ 낮게 나타났으며, 온실내부 습도는 1.9% 높았고 풍하창과 풍상창은 평균 23.1°, 4.7°의 차이

를 나타냄

- Dead-Zone의 설정은 권취식 방식의 플라스틱 온실의 잦은 동작을 감소시켰음

(마) 천창환기정밀제어 알고리즘 구현을 위한 Flowchart

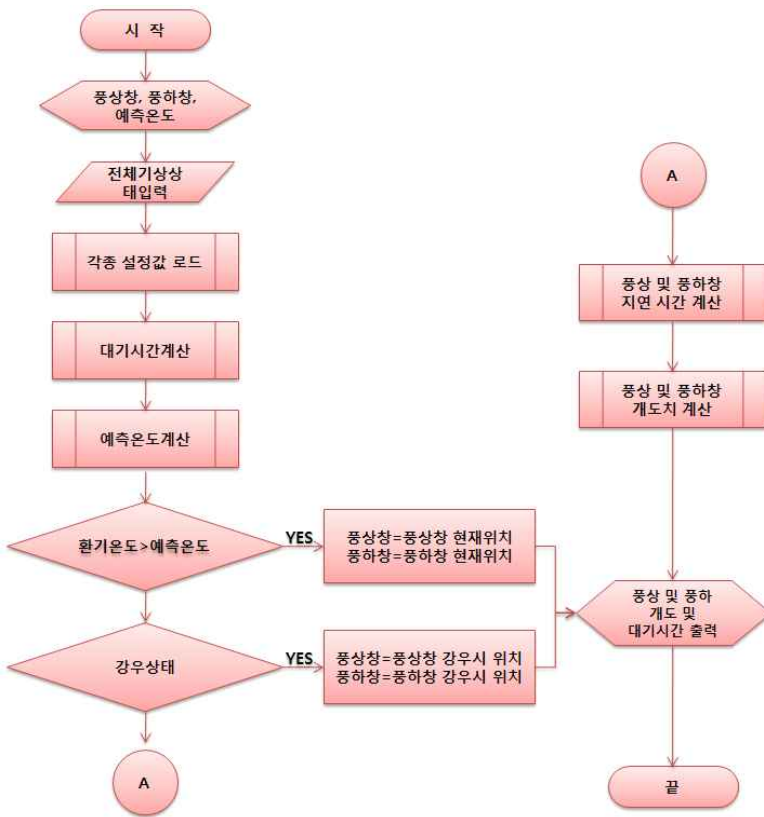


그림 86. 천창제어를 위한 초기 알고리즘

- 천창제어를 위해 다음과 같은 초기 알고리즘을 구현하였음
- 풍상창, 풍하창, 예측온도를 입력 준비 값으로 하여 전체 기상상태를 입력한 후 환기온도, 예측온도, 강우상태를 조건으로 하여 풍상창 및 풍하창에 대한 개도를 개산하였음
- 각종 설정값 로드, 대기시간계산, 예측온도계산, 풍상 및 풍하시간 지연계산, 풍상 및 풍하창 개도치 계산은 모듈화하여 추가 데이터에 따른 변동이 가능하도록 하였음

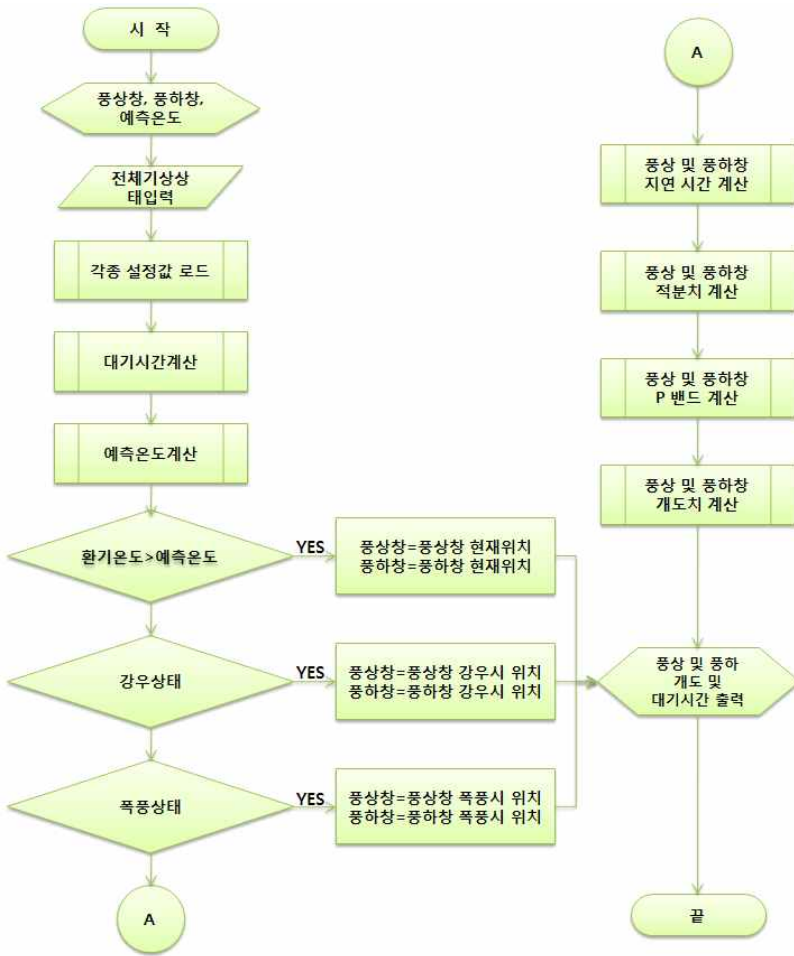


그림 87. 천창제어를 위한 알고리즘 개선

- 초기 알고리즘의 천창환기에 대한 개선을 이루었음
- 풍상창, 풍하창 및 예측온도를 입력준비값으로 할당하였고 환기온도, 예측온도, 강우상태를 포함하여 폭풍상태를 조건으로 추가하였음
- 초기 알고리즘에서 고려되지 않았던 P밴드값과 적분값을 계산하여 더욱 정밀한 제어가 가능하도록 하였음

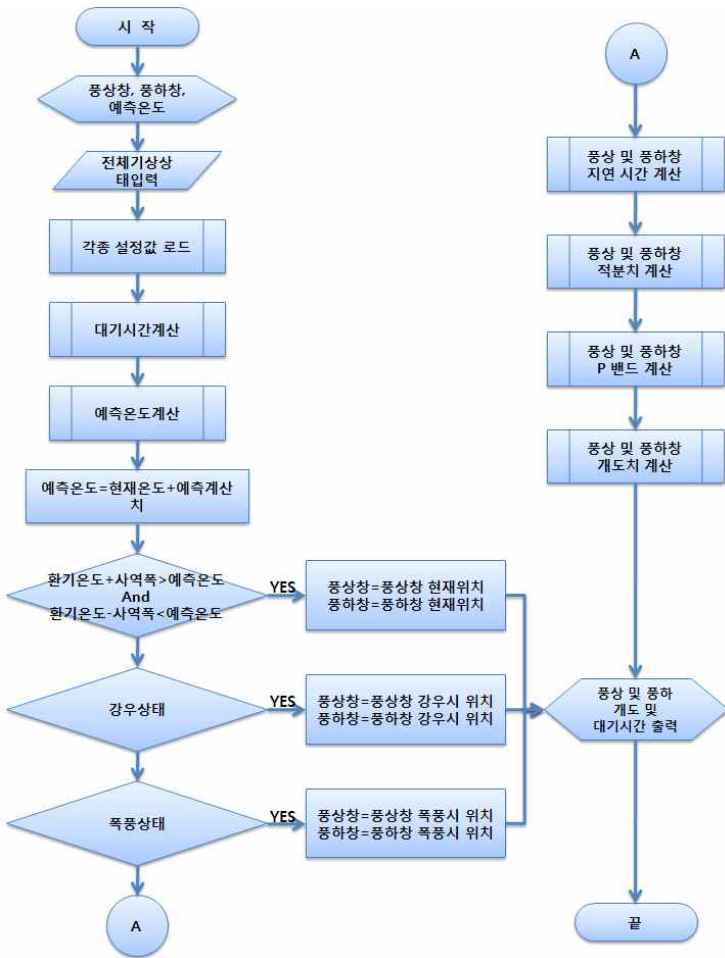


그림 88. Dead-Zone을 감안한 천창환기를 위한 알고리즘

- 두 가지의 알고리즘을 보완하여 시제품에 적용 가능한 알고리즘으로 개선하였음
- 앞서의 두 가지 flowchart에서 고려되었던 입력 준비값에 Dead-Zone 반영을 위한 조건을 추가 하였으며 초기 환기조건에 Dead-Zone에 의한 예측온도 구현이 가능하도록 하였음
- 이를 통한 풍상창과 풍하창의 위치 및 개도의 조절 및 대기시간에 대한 출력이 가능하도록 하였음

(2) 토마토용 복합환경조절 시스템 시제품 개발

(가) 제어기 개발



그림 4. 온실내 환경인자 입출력 및 제어를 위한 메인보드 및 세븐세그먼트출력방식 기판



그림 5. 온실내 환경인자 입출력 제어기

- Dead-Zone을 고려하여 천창환기를 원활하게 하기 위해 개발한 알고리즘을 바탕으로 세븐 세그먼트방식의 제어기 설계 및 개발
- 개발한 세븐세그먼트방식의 제어기는 온실복합 환경조절을 위해 총괄적인 온실 내 환경정보를 보여주기 어렵고 입력값 및 결과값 확인 등 복합적인 자료 출력의 한계가 있어 이에 대한 개선방안이 요구되었음.

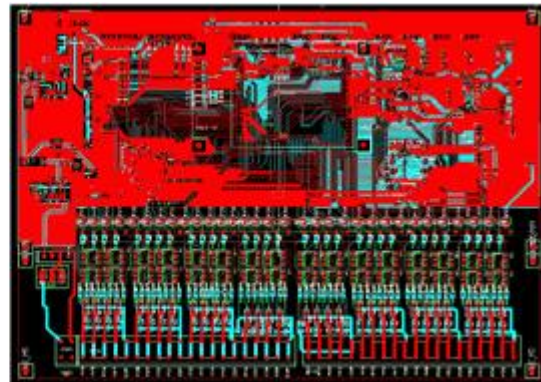
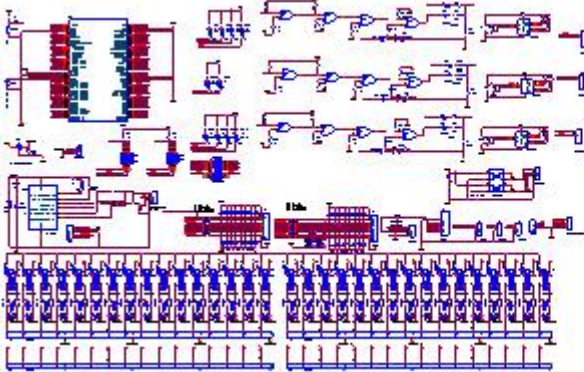


그림 91. 통합보드 회로도 및 구성도



그림 92. 터치 컨트롤러를 이용한 제어

- 세븐세그먼트방식의 제어기는 출력값에 대한 세밀한 표현이 불가능하며 오작동이 있어도 쉽게 찾을 수가 없기 때문에 이를 개선하기 위해 다양한 출력값을 보여주고 총괄적인 설정이 가능한 터치스크린방식을 고려하였음
- 화면크기의 제한으로 다양한 온실 내 환경인자 설정 및 출력이 어려워 효율적인 제어가 어려움
- 온실 내 별도의 공간에 설치하지 않을 경우 광에 의한 화면손상 및 오작동의 문제 발생.



그림 93. PC를 이용한 제어

- Windows XP OS를 기반으로 응용프로그램형태로 제어가 가능하도록 하였음
- 작동 및 설정에 따른 편의성이 고려되었으며 온실 내 환경계측값에 대한 DB화가 가능하였음
- 별도의 설치공간이 필요하였으며 공간이 있을 경우 큰 제약은 없었으나 소규모 온실에 설치에 있어 공간 제약의 문제가 발생
- 온실내 높은 습도에 의해 저장장치의 문제가 발생하였으며 지속적인 이용에 따라 오작동 발생



그림 94. 패널PC를 이용한 온실복합환경제

- 기존에 개발하였던 세븐세그먼트, 터치스크린, PC의 단점을 보완한 제품으로 설치에 따른 공간제약이 없어짐
- 낸드플래시를 저장장치로 이용함으로써 온실 내 급격한 환경변화에 안정적인 동작이 가능하였음
- 부품의 모듈화에 따른 보수 및 교체 등이 용이해짐
- 크기 축소에 따른 국내 모든 형태의 플라스틱온실에서 설치 가능해졌으며 외부 환경의 충격을 효율적으로 완충이 가능한 형태로 개발

(나) 시제품 개발

작동기기 \ 센서	실외온도	실내온도	실내습도	일사	풍향	풍속	강우	CO2
	일중천창	○	○	○	○	○	○	○
이중천창	○	○	○	○	○	○	○	
측창	○	○	○	○	○	○	○	
차광스크린	○	○	○	○				
보온스크린	○	○	○	○				
유동팬		○	○					
CO2공급기			○			○		○

- 천창 제어 알고리즘을 통한 제어기 및 각종 센서의 연계성 고려
- 일중천창 및 이중천창은 실내외 온도, 실내 습도, 일사, 풍향, 풍속, 강우, CO2와의 연계가 이루어져야 함
- 실내 온도의 경우 구역별 온도 또한 고려되어야 하며 소규모 온실의 경우 최소 2곳 이상의 센서 설치를 통한 온도 측정이 필요로 했음
- 환기 및 난방 온도는 Dead-Zone 설정을 통해 동적으로 작동될 수 있도록 하였음.



그림 95. 천창환기 설정 프로그램

- 천창 제어 알고리즘 및 센서 측정값을 고려하여 개발한 천창 환기 설정 프로그램
- Dead-Zone을 온도 사역폭으로 설정하여 개폐모터 수명연장 및 개폐폭 비닐 마모를 최소화하였음
- 하루를 최대 6주기로 나누어 세부적인 설정이 가능하도록 하였음
- 일반설정모드와 전문가설정모드를 두어 제3자에 의한 설정치 변경이 불가능하도록 하였으며 측정 데이터는 DB화하여 이를 효율적으로 이용 가능하도록 하였음

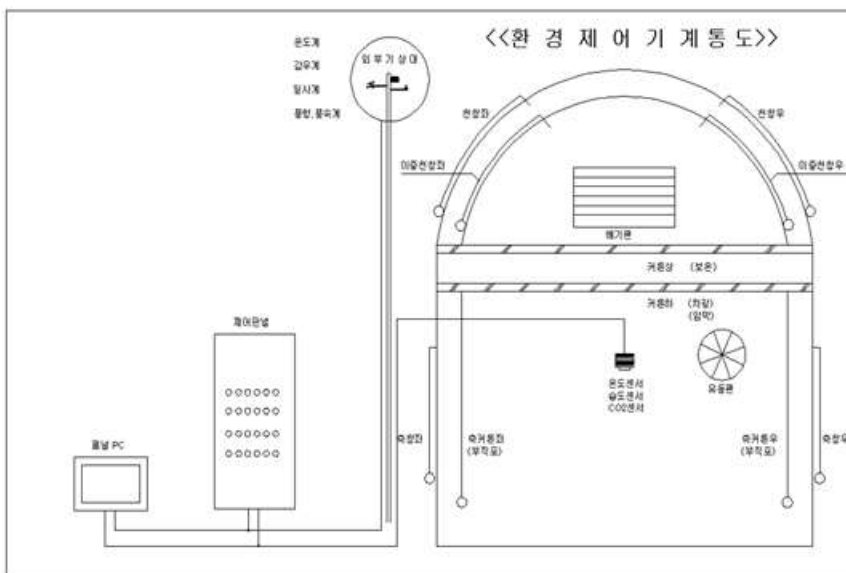


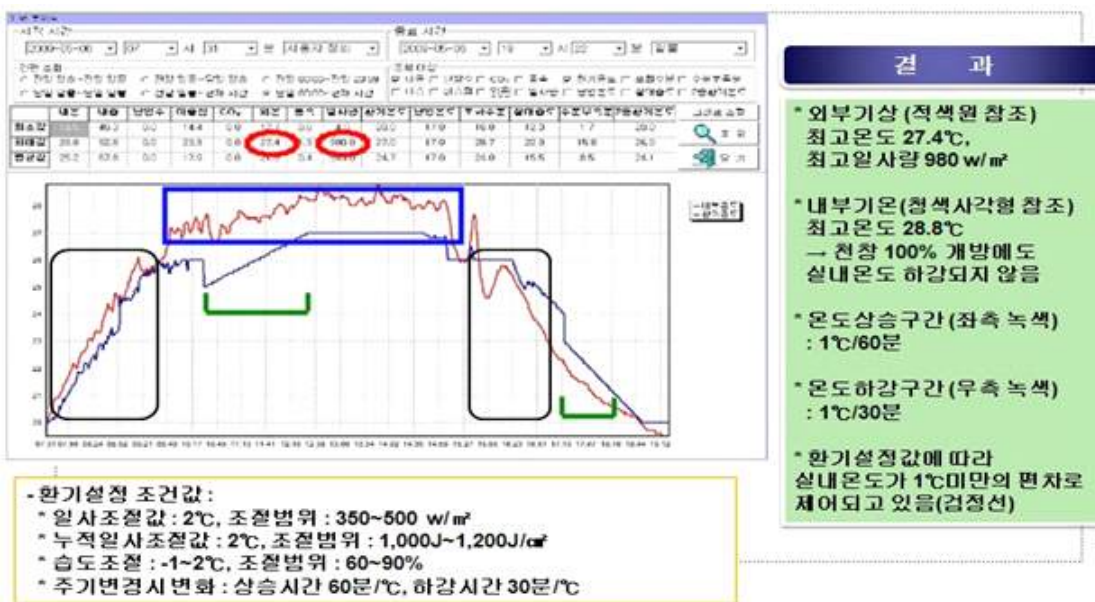
그림 96. 개발제품의 환경제어 기계통도

- 최종 형태의 시제품인 패널PC방식을 이용한 환기제어를 위한 계통도입
- 온실내외부에 각종 센서류를 배치하여 이를 제어판넬로 연결한 후 패널PC에서 계측값을 기준으로 온실환기제어가 가능하도록 하였음
- Dead-Zone 설정은 플라스틱온실의 일중과 이중천칭의 개도를 효과적으로 하여 모터 및 필름의 수명을 효율적으로 이용 가능하도록 하였음

(3) 농가 현장 test

(가) 현장 설치 및 test

- 설치장소 : 경기도 화성시 경기농업기술원
- 설치기간 : 2009년 5월
- 설치 후 데이터값 화면표시



2. 청정 순환 제트환기시스템 개발(8inch, 전압효율 75%, 단단 축류식 터보팬 개발)

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

(1) 단단 축류식 터보팬의 구조, 열유동 경로 및 열신뢰성 개선 연구

(가) 터보팬의 구조

토마토 시설환기용 팬으로 채택된 고속 속도제어 모터 내장형 팬은 지하주차장, 대공간의 환기 및 토마토 재배시설의 열환경 개선을 위해 사용되며 그 구조를 그림 1~3에 나타내었다. 팬(axial fan)은 팬케이스(fan case), 모터, 임펠러(impeller)로 구성되며 이중 모터는 축류팬을 구동시키는 구동부이다. 모터는 그림 2에서 보듯이 스테이터(stator), 코일(coil), 로터(rotor), 인너 플레이트(inner plate), PCB 모듈 및 백커버(back cover)의 일체형 밀폐구조로 구성되어 있다. 특히 모터는 그림 3과 같이 길이 200mm, 직경 110mm의 치수를 갖으며 정격 회전수는 5,000rpm, 가변 회전수 범위는 2,000~5,000rpm의 범위를 갖고 있다. 고속 속도제어 모터 내장형 팬의 상세 제원은 Table 1에 나타내었다.



그림1. Axial fan



그림2. motor parts

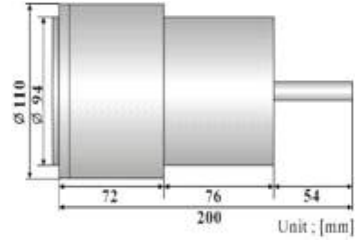


그림 10Dimensions of parts

Table 1 고속 속도제어 모터의 사양

구 조		Interior rotor type motor
정격출력[W]		350 ~ 400
전원 입력	전압[V]	200 ~ 240
	주파수[Hz]	50/60
	최대입력전류[A]	4.5
정격토크[N · m]		0.7
기동토크[N · m]		1.4
정격회전속도[rpm]		5,000
속도제어범위[rpm]		2,000 ~ 5,000
길이[mm]		200

- 열유동 경로

고속 속도제어 모터 내장형 팬의 열유동 경로를 그림 4에 나타내었다. 그림은 모터의 단면을 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 모터는 Back cover, PCB module, Inner plate, Rotor 및 Stator로 구성되며 적색 화살표는 열의 이동 경로를 나타내며, 청색 화살표는 팬에 의한 유인 기류의 이동경로를 나타낸다. 모터에서의 주 발열원은 Rotor 및 PCB module의 각종 전자부품이다. 먼저 Rotor에서 발생된 열은 모터의 상부 및 하부로 전달된다. 상부로 전달된 열은 전도에 의해 Stator로 전달되며 외부기류에 의해 냉각되어 제거된다. 하부로 전달된 열은 전도에 의해 Inner plate로 전달되며 밀폐된 PCB module 공기층과 자연대류 되어 밀폐된 공기층은 정제되어 온도가 올라가는 상황이 발생된다.

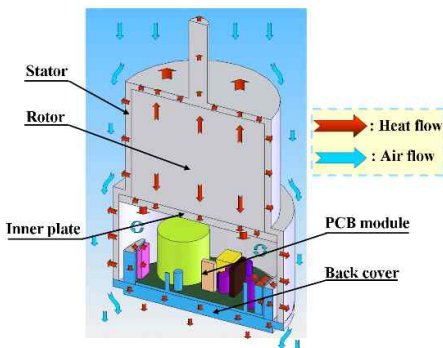


그림 101 모터내부 열유동 경로

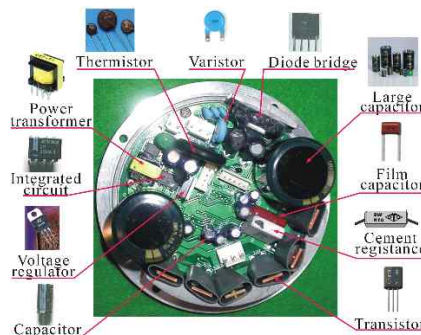


그림 102 PCB 모듈 상세

Table 2 PCB 모듈 전자부품의 종류 및 기능

종 류	기 능
Capacitors	전기를 축적하는 기능을 가지고 있으며, 직류전류를 차단하고 교류전류를 통과시키려는 목적에도 사용됨
Diode	전류를 한쪽 방향으로만 흘리는 반도체 부품
Thermistor	온도가 오르면 전기저항이 증가하는 가변저항 소자로 과전류 보호소자
Coil	동선과 같은 선재(線材)를 나선 모양으로 감은 것으로, 전류의 변화를 안정시키려고 하는 성질이 있음
Transistor	전류를 증폭할 수 있는 부품으로, 아날로그 회로에서는 매우 많은 종류의 트랜지스터가 사용됨
Voltage regulator	출력단의 전압을 일정하게 유지시켜주는 역할을 하며, 교류 전류를 직류로 전환시킬 때 쓰는 장치
Resistance	전류의 흐름을 억제하는 기능을 가지고 있으며, 크게 고정저항기와 가변 저항기로 나누어짐
Transformer	전압 또는 전류를 다른 값으로 변환하는 장치로 텔레비전, 라디오, 통신기등에 사용되는 것을 말함
SVR Varistor	전압에 따라 저항값이 비직선적으로 변화하는 저항체이며, 변화하기 쉬운 저항기(variable resistor)라는 의미함
Integrated Circuit	트랜지스터, 저항, 콘덴서류를 고밀도로 집적하여 패키지화한 것임

또한 PCB module의 각종 전자부품에서 발생하는 열의 일부는 PCB module과 Inner plate 사이의 밀폐된 공기층에 전달되고 일부는 진도에 의해 하부의 Back cover 및 측면의 Stator로 전달되어 외부 기류에 의해 냉각되어 제거된다. 따라서 밀폐된 공기층의 온도는 과열되고 이같이 열적으로 열악한 상황에서 전자부품의 고장이 발생하게 된다. 열적 고장 발생의 주원인이 되는 PCB 모듈의 전자부품의 종류를 그림 5에 나타내었으며 각종 전자부품의 세부 기능을 Table 2에 나타내었다.

(나) 고장사례 및 고장메카니즘

① 고장사례

밀폐형 모터가 장착된 축류팬은 토마토 재배시설의 환기 및 열환경 개선을 위해 사용되며, 설치 시 주로 재배시설 중앙상부에 설치되기 때문에 여름철 열성증화 현상에 의해 45℃이상의 고온 환경에서 운전된다. 그러므로 모터 내장형 팬은 열적으로 상당히 열악한 상황에 노출되어 운전되며, 고온의 열에 의해 모터가 고장 나는 사례가 발생한다. 모터내장형 팬의 고장사례를 그림 6~9에 나타내었다. 그림 7의 경우 고열의 열변형에 의해 임펠러가 열응력을 받아 열변형되어 고장 난 사례를 나타낸다. 그림 9의 경우 모터에서 발생된 열이 방열불량으로 인해 팬케이싱이 정지된 사례를 나타낸다. 이는 팬케이싱의 변형이 고장원인이다. 그림 6의 경우 모터 내장형 팬 제어부 과열에 의해 모터가 고장 난 사례를 나타낸 것이며 고장원인은 모터 열화 소손에 의한 것으로 판단된다.

② 고장메커니즘

고속 속도제어 모터 내장형 팬의 고장은 크게 임펠러 열변형고장, 팬케이싱 열변형고장, 전자부품의 열화고장, 리드 프레임의 크랙 고장 및 트랜지스터 칩의 고장 등으로 분류될

수 있다. 임펠러 열변형 고장의 주 고장 메커니즘은 고온 환경 운전 시 재질의 열팽창 및 열수축에 의해 열변형이 발생되어 임펠러 밸런스 파괴 및 블레이드 변형이며 팬케이스의 열변형 고장은 모터에서 발생한 고온의 열로 인해 팬케이스 재질에 열변형이 발생한 것으로 판단된다(그림 10~11).

전자부품의 열화고장은 고온환경 운전에서 전자부품 내부 전해액 소손 및 내부 열화에 의해 고장이 발생되며 리드프레임 크랙 고장은 고온환경에서 반복적으로 운전됨에 따라 열응력을 반복적으로 받게 되어 리드프레임에 크랙이 발생한 것으로 판단된다. 또한 트랜지스터칩의 고장은 트랜지스터를 감싸고 있는 절연재가 고온환경에서 열화되어 절연 파괴로 인한 고장으로 사료된다. 그림 12~13은 반복 열응력에 의한 리드프레임의 크랙 및 전해액 소손에 의한 캐패시터 열화고장을 보여준다.



그림 103 열변형 팬케이스



그림 104 열변형된 임펠러



그림 105 정상 팬케이스



그림 106 변형된 팬케이스



그림 107 과열된 제어부



그림 108 트랜지스터 고장

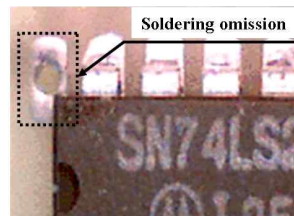


그림 109 리드프레임 크랙

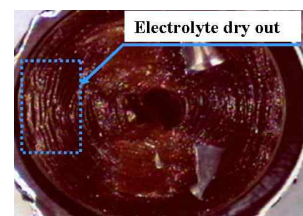


그림 110 전해액 소손

온도 사이클 환경으로 인하여 회전로터의 열팽창 및 열수축으로 인해 분말자석에 크랙(crack)이 발생하고 반복적인 열응력으로 인하고 크랙이 성장하고 분말자석이 떨어져 나가는 고장이 발생하는 것으로 사료된다. 그림 14, 16~19에 로터의 고장이 발생하는 메커니즘을 나타내었다. 기존 및 개선 로터의 비교사진을 그림 15에 나타내었다.

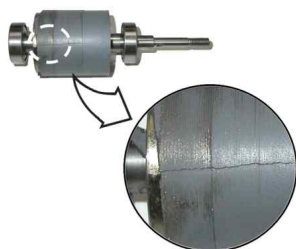


그림 111 로터 파손



그림 112 기존 및 개선 로터 비교

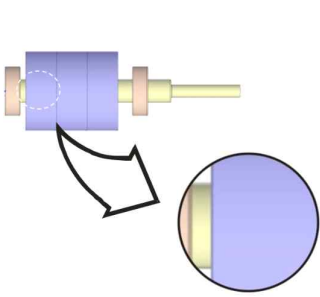


그림 113 정상 로터

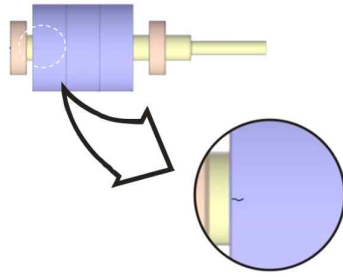


그림 114 열응력에 의한
크랙발생

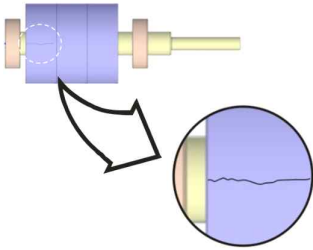


그림 115 크랙 성장

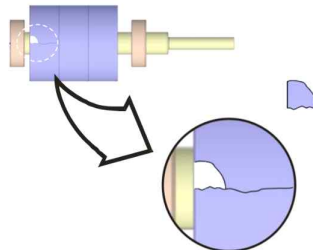


그림 116 로터 고장

분말자석이 떨어져 나가는 로터의 고장이 발생한 경우 분말자석의 파편에 의해 로터의 자기를 측정하여 PCB로 보내는 역할을 하는 홀센서가 손상(그림 20)될 수 있으며 이로 인해 PCB의 오작동으로 인하여 PCB의 고장이 발생하는 2차 고장(그림 21)이 발생하는 경우도 있다.



그림 117 홀센서 파손

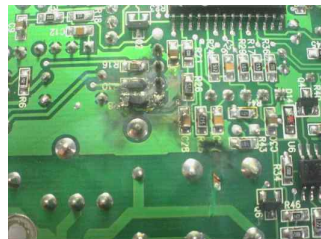


그림 118 PCB 파손

고속회전 로터가 장착된 토마토 환기용 축류식 제트팬이 시설 내에서 초기고장을 일으키는 예상 원인은 조립공정 문제로 인한 로터와 스테이터의 마찰이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 스테이터를 케이스에 압입하는 공정에서 케이스를 200℃로 가열하기 때문에 플라스틱 재질의 인슐레이터가 가열 되어 유연해지면서 밀집된 권선에 의해 가열된 인슐레이터가 안쪽으로 밀리는 현상이 발생하였기 때문이며, 이러한 현상에 대한 개략도를 그림 22에 나타내었다. 이 문제를 해결하기 위하여 권선을 외측으로 밀집시켜 인슐레이터가 안쪽으로 기울어지려는 힘을 최소화하였으며 확장지그를 사용하여 열 압입 시 수축될 가능성이 있는 부분을 확장하였다. 개선된 권선방법에 대한 개략도 및 확장지그를 사용하여 스테이터를 케이스에 압입 후 인슐레이터를 확장하는 방법에 대한 개략도를 그림 23에 나

타내었다.

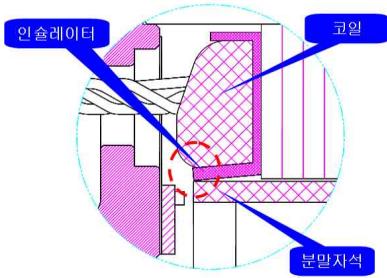


그림 119 기존권선방법

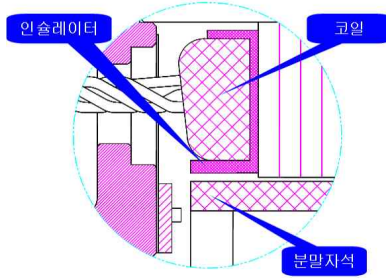


그림 120 개선권선방법

(다) 온도분포 측정실험

고속 속도제어 모터내장형 토마토시설 환기용 제트팬의 표면온도와 모터 내부 PCB 모듈 전자부품의 온도분포를 측정하기 위한 실험 장치를 그림 24와 같이 구성하였다. 실험 장치는 축류팬, 모터, 열유속계(infrared thermometer), 열화상카메라, 하이브리드 레코더, 열전대(thermocouple) 및 컴퓨터로 구성된다. 열화상 카메라를 통해 PCB 모듈 표면의 온도 분포를 파악하고 주요 발열원을 예측하였다.

주요발열원의 온도분포는 20여개의 열전대를 PCB 모듈 표면에 부착하여 이를 하이브리드 레코더를 이용하여 측정하였다. 측정된 데이터는 컴퓨터에 저장되며, 열유속계는 PCB 모듈 전자부품의 열유속을 측정하는데 사용되었다. 온도분포 측정 실험 시의 측정환경은 Table 3과 같다.

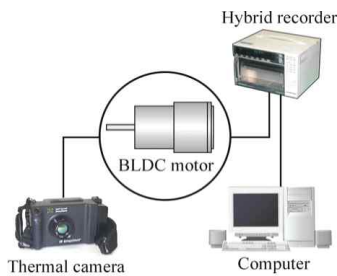


그림 121 온도분포측정 실험장치

Table 3 온도분포 측정실험시의 측정환경

측정 환경	값
실내 온도	21.0 °C
상대 습도	40%
실내 풍속	0~0.01 m/s
motor 가동시간	평균 60분 이상

- 실험결과

온도측정 실험은 열화상카메라와 열전대를 이용하여 측정하였다. 먼저 열화상 카메라를 이용하여 그림 25와 같이 모터에서 PCB 모듈을 분리시킨 후 모터를 가동시켜 모터 케이스 및 PCB 모듈의 표면온도를 측정하여 그 결과를 그림 26~27에 나타내었다. 모터 가동 후 60분 정도 이후에 정상상태에 도달하고 있음을 알 수 있으며 대략적인 온도분포는 28~53°C 정도를 나타내고 있다. PCB 모듈에서의 주요 발열원은 전력 변압기(power transformer), 집적 회로(integrated circuit), 서미스터(thermistor) 및 전압 레귤레이터(voltage regulator) 등의 전자부품이 집중된 영역임을 알 수 있다. 모듈 전자 부품에 열전대를 부착한 위치 및 온도 측정 결과를 그림 28과 Table 4에 나타내었다.

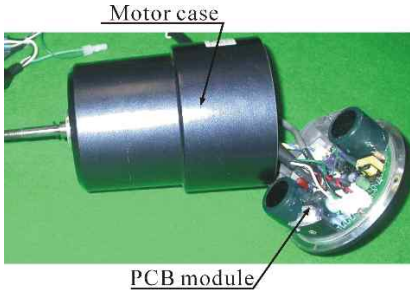


그림 122 온도분포 측정위치

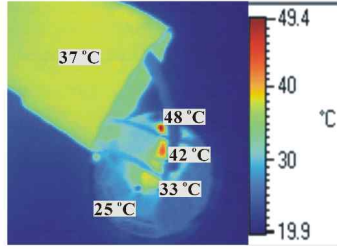


그림 123 30분 후

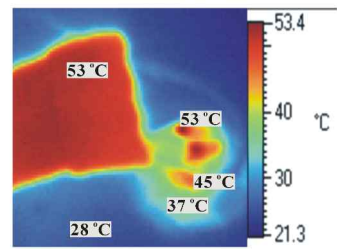


그림 124 60분 후

열화상 카메라를 통해 예측된 주요 발열 부품의 영역 ②~⑤의 온도분포는 38~47°C 정도로 나타나고 있다. 트랜지스터(transistor)가 부착된 영역의 온도는 약 31°C이며 인접한 방열판 영역의 온도는 약 28°C 정도로 트랜지스터에서 발생된 열은 방열판을 통해 원활하게 전달되고 있다.

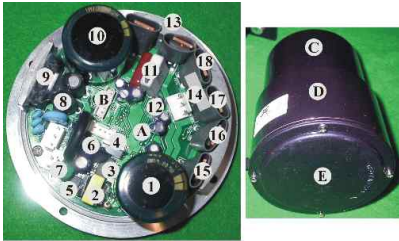


그림 125 온도분포 측정위치

Table 4 온도분포결과

1	34.4°C	7	35.5°C	13	28.3°C	A	23.0°C
2	39.5°C	8	32.0°C	14	27.8°C	B	22.7°C
3	47.0°C	9	30.0°C	15	31.5°C	C	51.5°C
4	41.7°C	10	27.0°C	16	32.0°C	D	50.2°C
5	38.0°C	11	32.8°C	17	31.6°C	E	32.5°C
6	40.0°C	12	33.1°C	18	32.8°C		

임펠러 및 팬케이스 표면의 온도측정 실험은 열화상 카메라와 열전대를 이용하여 측정하였다. 이때 임펠러 및 팬케이스의 재질을 Table 5와 같이 변경한 후 모터를 운전시켜 정상상태 도달 후 온도를 측정하였다. 총 네 가지 경우를 고려하여 측정하였는데, 임펠러의 재질을 알루미늄 및 플라스틱으로 변경하였을 경우와 팬케이스의 표면을 알루미늄 및 플라스틱으로 변경하였을 경우의 온도를 측정하였다. 이때 온도 측정 위치는 그림 29~33과 같이 총 20지점의 온도를 측정하였다. 열화상 카메라를 이용하여 측정된 결과 및 열전대를 이용하여 측정된 결과를 각각 그림 34~38에 나타내었다. 임펠러의 재질을 알루미늄 및 플라스틱으로 변경하여 온도를 측정한 결과 알루미늄의 경우 표면온도는 26~28°C의 온도분포를 보이고 있으며 플라스틱의 경우 26~31°C의 온도분포를 보이고 있다.

Table 5 팬케이스 및 임펠러 재질변경

구 분	팬케이스	임펠러
Case 1	알루미늄	알루미늄
Case 2	알루미늄	플라스틱
Case 3	플라스틱	알루미늄
Case 4	플라스틱	플라스틱

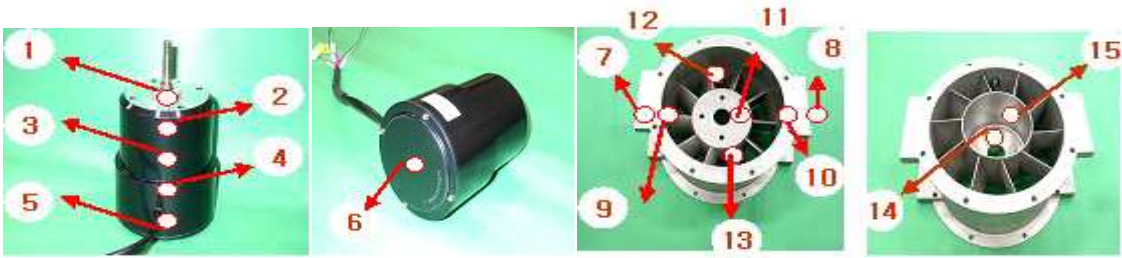


그림 126 모터온도측정위치 그림 127 커버온도측정위치 그림 128 팬케이스온도측정위치 그림 129 팬케이스온도측정위치



그림 130 임펠러온도측정위치

특히 플라스틱 임펠러의 경우 중앙부에 열이 집중되어 임펠러 블레이드 부분과의 온도차가 크게 발생되고 있다. 팬케이스의 재질을 알루미늄 및 플라스틱으로 변경하여 온도를 측정된 결과 플라스틱 팬케이스의 경우 모터에서 발생된 열이 팬케이스를 통해 원활하게 전달되지 않으므로 모터 표면온도가 알루미늄에 비해 10℃이상 높은 온도를 나타내고 있다.

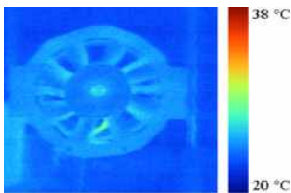


그림 131 Case 1

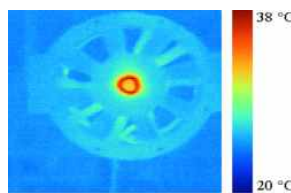


그림 132 Case 2

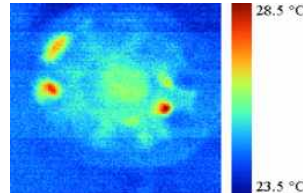


그림 133 Case 3

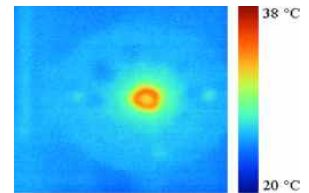


그림 134 Case 4

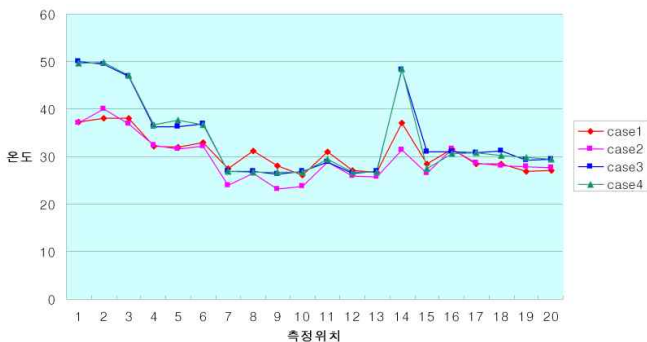


그림 135 팬케이스 및 임펠러 재질에 따른 위치별 온도분포

(라) 터보팬의 신뢰성 향상방안

토마토 재배시설의 하계 시 고온환경에서 최적의 성능을 유지하기 위하여 임펠러 및 팬케이스의 재질을 변경하면서 표면 온도를 측정하여 방열 특성을 확인하였으며 고속 속도제어 모터의 표면온도 및 내부 PCB모듈 전자부품의 표면온도를 측정하였다. 고속 속도 제

어 모터 내장형 팬의 열신뢰성을 향상시킬 수 있는 방안을 크게 세 가지로 구분하여 도출하였다. 임펠러, 팬케이스 및 모터의 열신뢰성 향상을 통해 최종적으로 속도제어 모터 내장형 토마토 시설 환기팬의 열신뢰성 향상방안을 도출하였다.

- 임펠러 및 팬케이스 향상

임펠러의 재질이 알루미늄과 플라스틱인 2가지 경우에 대하여 표면온도를 측정하였다. 알루미늄과 플라스틱 재질에서 표면온도는 각각 26~28℃ 와 26~31℃의 분포를 나타낸다. 특히 플라스틱 임펠러의 경우 중앙부에 열이 집중되어 임펠러 블레이드 부분과의 온도차가 크게 발생하여 열변형에 의한 고장 가능성이 크다. 팬케이스의 재질을 알루미늄 및 플라스틱으로 변경하여 온도를 측정한 결과 플라스틱 팬케이스의 경우 모터에서 발생된 열이 팬케이스를 통해 원활하게 전달되지 않으므로 모터 표면온도가 알루미늄에 비해 10℃ 이상 높은 온도를 나타내고 있다. 이는 팬케이스의 방열성능이 불량한 것으로 팬케이스 열변형에 의한 고장 및 모터 내부의 열적 고장을 가속시킬 수 있다.

열신뢰성이 개선된 임펠러 및 팬케이스를 그림 39~40에 나타내었다. 임펠러의 치수를 재설계하여 기존 임펠러 대비 약 1mm 정도 직경을 줄였으며 임펠러의 재질도 열전도성이 매우 높은 것으로 선택하여 임펠러의 방열 성능을 향상시켰다. 기존의 플라스틱 팬 케이스의 경우 방열불량으로 인해 모터에서 발생된 열이 팬케이스를 통해 원활하게 제거되지 못하기 때문에 팬케이스의 열변형을 야기 시킬 것으로 판단되어 팬케이스의 재질을 알루미늄으로 교체하여 방열성능을 개선시켰다.



그림 136 개선 임펠러



그림 137 개선 팬케이스

- 고속 속도제어 모터 향상

고속 속도제어 모터의 주요 고장은 모터 내부의 PCB 모듈의 전자부품에서 발생된다. 실험 및 이론해석을 통해 밀폐구조의 PCB 모듈 전자부품에서 발생된 열은 외부로 원활하게 전달되지 못하기 때문에 내부열은 정체화되어 고온에 의한 고장이 빈번하게 발생된다. 따라서 PCB 모듈의 냉각성능을 향상시키는 방안이나 PCB 모듈의 열설계를 재검토하여 모터의 열신뢰성을 향상시키고자 한다.

모터의 열신뢰성 향상 방안을 그림 41~42에 나타내었다. 그림에서 보듯이 PCB 모듈의 냉각성능을 향상시킬 수 있는 방안 중의 한가지로 모터 케이스에 냉각 유로를 형성하여 외부의 냉각 공기가 PCB 모듈 내부로 원활하게 유입될 수 방안을 제시하였다. 그러나 이 방안은 냉각 공기의 유입이라는 냉각 성능의 향상을 가져올 수 있지만 먼지 또는 분진 등의 입자가 PCB 모듈 내부로 유입되어 절연과괴 또는 쇼트에 의한 고장을 야기시킬 수 있기 때문에 적용하기가 힘들다. 따라서 그림 43~44와 같이 PCB 모듈의 열설계를 재검토

하여 PCB 모듈 전자부품에서 발생하는 열이 한곳에 집중되지 않고 분산될 수 있도록 개선하였다. 이는 PCB 모듈 내부의 작동 온도를 감소시켜 결과적으로 열신뢰성을 향상시키는 방법이다. PCB 모듈의 열설계를 재검토하여 열신뢰성이 향상된 모터를 그림 45에 나타내었다.

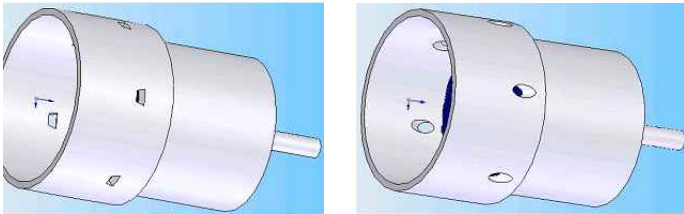


그림 138 냉각공기 유입구 설계안1 그림 139 냉각공기 유입구 설계안2

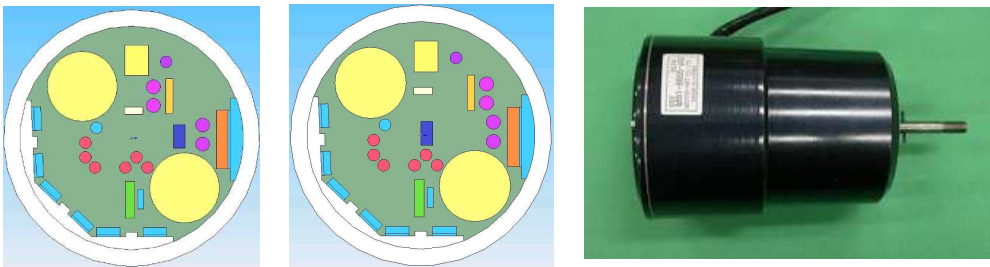


그림 140 PCB 모듈배치안1 그림 141 PCB모듈 배치안2 그림 142 열신뢰성이 향상된 모터

(2) 익형 고정익 및 터보 임펠러 개발 및 내구성 향상 연구

Impeller의 날개구조를 검토하기 위해서 익형 및 익렬의 그림을 각각 그림 46~47에 나타내었다. 그림 36은 Impeller 임의 반경의 원통면을 절단해서 이것을 전개해서 날개 중 1개의 형상을 나타낸 것이며 이를 익형이라 하고 이것들의 나열을 익렬이라 한다. 공기는 왼쪽에서 Impeller의 익형을 향해서 v_m 의 속도로 지나간다. 익형의 선단을 Leading edge, 후단을 Trailing edge라고 하며 이것을 맺는 직선을 Chord, 이 길이를 Chord length라고 한다. 또 익형의 중앙을 지나는 선을 Camber line, chord로부터 Camber line까지의 높이를 Camber라 한다.

고정익은 Impeller에 의해서 생긴 선회속도성분을 없애는 후치 정익형팬이라고 한다. 압력상승은 대부분 동익에서 이루어지며 정익에 의한 압력상승은 비교적 적다. Impeller의 구조를 살펴보면 허브(hub)와 팁(tip)의 날개 각도가 상이하므로 날개이론을 적용하고자 할 때 허브로부터 팁까지 여러 등분해서 계산하여야 한다. Impeller의 익렬과 그 속도선도를 각각 그림 48에 나타내었다. 속도 삼각형에서 u , v 및 w 를 각각 원주속도, 절대 속도 및 상대속도라 하고 첨자 1, 2 및 u 는 각각 Impeller의 입구, Impeller의 출구(고정익의 입구) 및 원주방향 분속도라 한다. 동일 반지름 상에서는 흐름의 어느 점에서도 원주속도 u 와 흐름방향의 속도 v_m 은 같으며 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

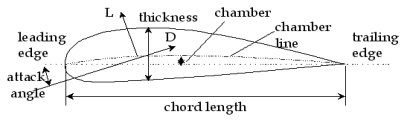


그림 143 임펠러 익형 개념도(1)

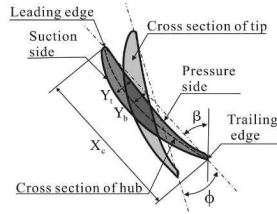


그림 144 임펠러 익형 개념도(2)

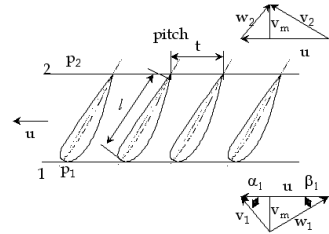


그림 145 속도삼각형 개략도

$$= u = u_2, v_m = v_m = v_{m2}$$

축방향의 분속도는 아래 식으로 표현될 수 있다.

$$v_m = \frac{Q}{\pi(D_i^2 - D_o^2)/4 \times 3600} \quad [m/s]$$

여기서 Q , D , D_i 는 각각 팬의 요구풍량[CMH], Impeller의 외경[m] 및 Impeller 허브의 직경[m]이다. 팁(tip)의 원주속도는 회전수와 Impeller의 직경에 따라서 변하며 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$u = \pi D_o N / 60 \quad [m/s]$$

여기서 N 은 모터 사양에 의해 결정되어지는 회전수[rpm]를 나타낸다.

이상의 구해진 값으로부터 NACA 계열의 익형을 선정하고 익형성능표에서 영각, 날개의 설치각, 날개의 피치, Chord length를 구한다. 이러한 Impeller 설계 방법은 허브로부터 팁까지 상이하므로 미세 등분하여 Impeller의 형상을 구해야만 한다. 이러한 설계방법에 의한 것을 참고치로 해서 Impeller Mock-up를 제작하고 팬 특성실험을 수행해서 요구성능을 만족시키기 위한 Mock-up 수정 또는 익형 선정부터 다시 하는 작업을 필요로 한다. 축류식 제트팬 설계에서는 설계변경과 Mock-up 수정을 수행하였으며 Impeller 설계도를 그림 49~51에 나타내었다. 설계도는 정면도, 평면도 및 측면도로 구성된다.

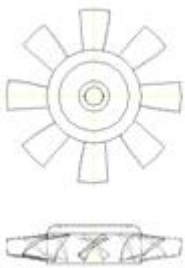


그림 146 Drawing of impeller(1)

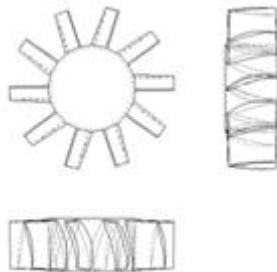


그림 147 Drawing of Impeller(2)

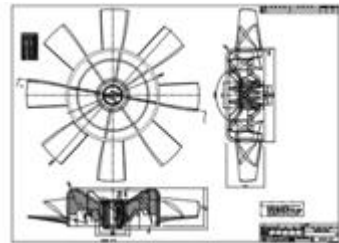


그림 148 임펠러 Mock-up 설계도

(가) Impeller Mock-up 제작

Impeller Mock-up 제작을 위해서는 사전에 성능 시뮬레이션을 수행하고 그 결과가 반영된 도면을 작성하고 최종 완성된 도면에 의해서 제작되어야 한다. 최종 완성된 Impeller Mock-up 사진을 그림 52~53에 나타내었다. 그림에서 보면 중앙부에 황동으로 제작된 보스가 삽입되어 있는 것을 볼 수 있으며 성능증대를 위해서 임펠러의 날개길이를 증대시킨 것을 볼 수 있다. 알루미늄재질의 다이캐스팅 공법으로 제작된 임펠러 최종시작품은 그림 54~55에 나타내었다.

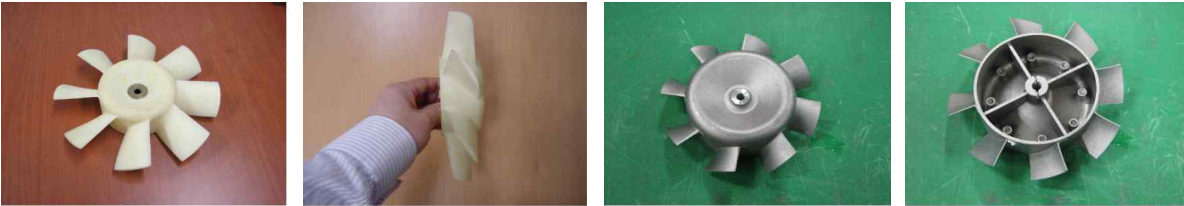


그림 149 Mock-up 전면 그림 150 Mock-up 측면 그림 151 최종시작품 전면 그림 152 최종시작품 후면

(나) 고정압(70mmAq) 구현용 고정익 구조설계

고정익 구조 설계를 위해서는 많은 선행 실험, 시뮬레이션, Mock-up 제작 및 검증 등 일련의 과정을 거쳐야 한다. 고정익의 기류분포는 복잡한 3차원 난류의 특성을 가지므로 이를 분석하기 위한 측정 장비로는 3차원 열선풍속계 또는 5공 프로브(five hole pitot tube)가 많이 사용된다. 본 연구에서는 5공 프로브를 사용하여 속도를 측정하였다.(그림 56~57)

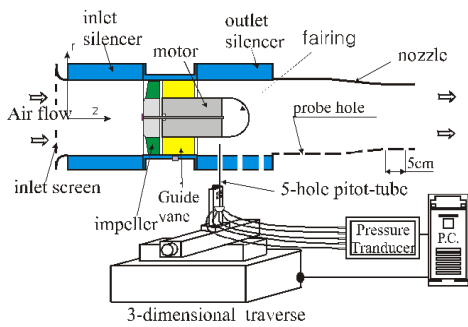


그림 153 기류분포 측정 실험 장치

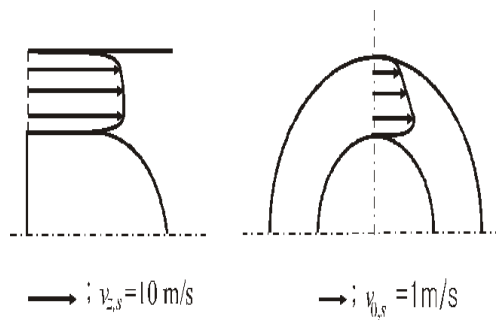


그림 154 고정익 출구 기류분포 실험 결과

고정익 출구면에서의 측정된 주유동 속도분포 $v_{z,s}$ 와 원주속도분포 $v_{\theta,s}$ 는 다음 식에 나타내었다. 여기서 하첨자 s는 모델 제트팬에서의 측정치로서 이후 논의하는 논의의 기준(standard)이 됨을 뜻한다. 주유동 속도 $v_{z,s}$ [m/s]의 분포는 일반적으로 원관에서의 난류 속도분포와 유사하게 나타났으며 그 분포를 다음과 같은 적합곡선으로 나타낼 수 있다. r 은 중심으로부터의 거리 [m]이다.

$$v_{z,s} = 18.7 \times \left(\frac{0.1-r}{0.1} \right)^{\frac{1}{30}}, \text{ at } 0.055 < r \leq 0.1, \quad v_{z,s} = 0, \text{ at } r = 0.055$$

원주속도 $v_{\theta,s}$ [m/s]는 r 의 변화에 따라 거의 선형적으로 변하며 적합곡선화한 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$v_{\theta,s} = -31r + 3.62, \text{ at } 0.055 < r < 0.1, \quad v_{\theta,s} = 0, \text{ at } r = 0.055 \text{ and } r = 0.1$$

윗 식에 의하면 고정익 출구에서의 속도벡터의 크기 V 는 아래 식으로 표현될 수 있다.

$$V = \sqrt{v_{z,s}^2 + v_{\theta,s}^2}$$

수치해석에서는 계산영역의 축방향 길이는 545mm이다. 고정익 출구는 계산영역의 유입구에 해당 한다. 계산영역의 유입구는 내부반경 및 외부반경이 각각 55mm 및 100mm인 링단면이며 유출구는 반경 87.5mm의 원이다.

유입구의 원주속도 성분 크기에 따른 노즐 내부유동의 변화를 고찰하기 위하여 계산영역 유입구 경계조건이 다른 네 가지 조건에 대해서 노즐 유출구의 주유동 속도분포를 그림 58에 나타내었다. 그림에서 보면 유입구측 원주속도를 0배, 1배, 2배 및 3배로 증가시키면 따라 주유동 속도가 감소되면서 동시에 노즐 유출구 속도분포(그림 59)의 불균일도가 증가됨을 볼 수 있다.

이러한 결과는 원주방향 속도의 증가로 인하여 팬 내부에서의 회전기류가 발달되면서 후방 소음기 및 노즐 벽에서의 마찰손실이 커지고 이에 따른 에너지 유실이 증가되기 때문으로 판단된다.

계산영역 유입구 원주속도가 1배, 2배 및 3배로 증가함에 따라 최대 주유동 속도가 나타나는 위치는 (r/R) 값으로 0.50, 0.56 및 0.62로 변화한다. 이러한 결과는 원주속도의 증가에 따라 노즐 내부 공기입자에 작용되는 원심력이 증가함으로써 주유동이 벽면 쪽으로 치우치는 현상으로 판단된다.

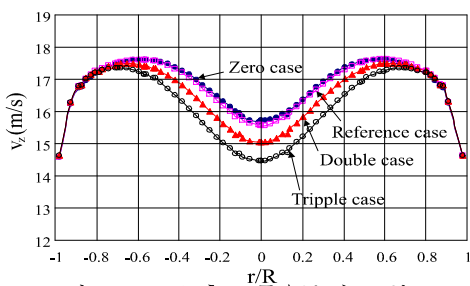


그림 155 노즐 출구 주유동 속도 분포

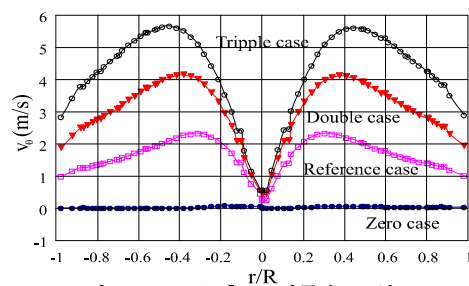


그림 156 노즐 출구 원주속도 분포

(다) 고정익 Mock-up 제작

고정익 Mock-up 제작을 위해서는 Impeller에서 논의 했던 방법과 마찬가지로 사전에 성능 시뮬레이션을 수행하고 그 결과가 반영된 도면을 작성하고 최종 완성된 도면에 의해서 제작되어야 한다. 최종 완성된 고정익 Mock-up 도면을 그림 60~61에 나타내었다. 그림에서 보면 고정익은 모터가 취부될 수 있는 팬케이싱 기능을 갖고 있다. 성능향상 및 내구성 검증을 위하여 1차 Mock-up은 플라스틱 재질 (그림 62~63)로 제작한 후 토마토

채배시설의 환기용 고성능 제트팬으로 개발되는 고정익은 알루미늄 재질로 제작되었다. (그림 64~65)

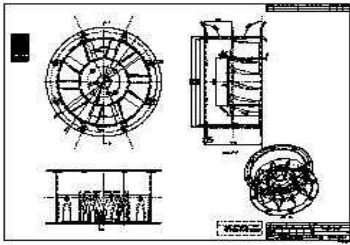


그림 157 고정익 설계도(1)

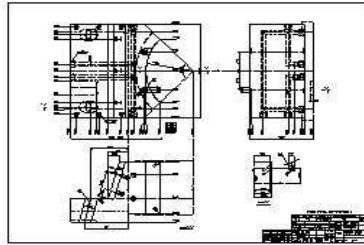


그림 158 고정익 설계도(2)



그림 159 고정익 Mock-up(1) 그림 160 고정익 Mock-up(2) 그림 161 고정익 최종시작품(1) 그림 162 고정익 최종시작품(2)

(3) 도달거리확장을 위한 제트 취출각도(23도 이하) 저감 연구

토마토 채배시설 환기용 고성능, 고정압 제트팬의 제트 도달거리 측정 및 증대를 위한 실험장치 개략도를 그림 66에 나타내었다. 그림에 보이는 바와 같이 도달거리 측정장치는 환기용 제트팬, 자동이송장치(Automatic traversing device)부 및 자료획득부(Data logging device)로 구성된다.

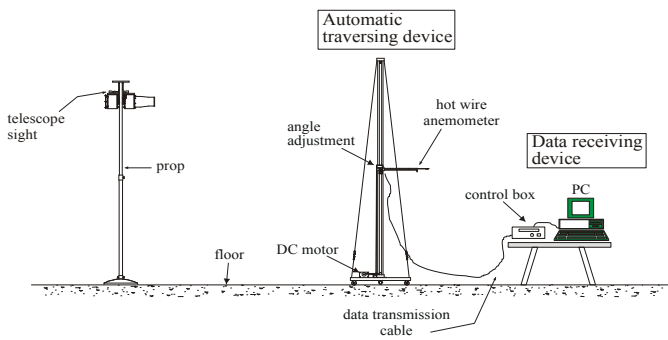


그림 163 도달거리 측정장치

자동이송장치부는 공기유속을 측정하는 열선유속계(hot wire anemometer: TSI-8360), 자동으로 측정장치를 이동시킬 수 있는 직류모터(DC motor) 및 열선유속계로부터 측정된 값을 자료획득부로 전송 하는 전송케이블(data transmission cable)로 이루어져 있다. 환기용 고성능 제트팬에 의한 유동 특성은 제트팬의 노즐에서 멀어질수록 유속은 감소하여 일정거리에 도달하게 되면 1.0m/s의 이하의 속도를 나타내게 된다. 토마토 채배시설 환기용 제트팬에 의한 도달거리 실험은 시스템을 30분 이상 운전시킨 후 대공간 내의 기류가 충분히 정상상태가 된 후에 수행하였다. 측정은 자동 이송장치에 의하여 열선 풍속계가 정해진 위치로 옮겨진지 30초 후부터 진행되며 이후 20초 동안 매초간격으로 수행되었다.

토마토 시설환기용 제트팬의 도달거리 측정결과를 그림 67에 나타내었다. 그림 54에서 횡축은 설치점을 기점으로 한 도달거리를 뜻하며, 종축은 설치점을 기점으로 좌우 폭을 뜻하며 기류속도를 각각의 색으로 구분하여 나타내었다.

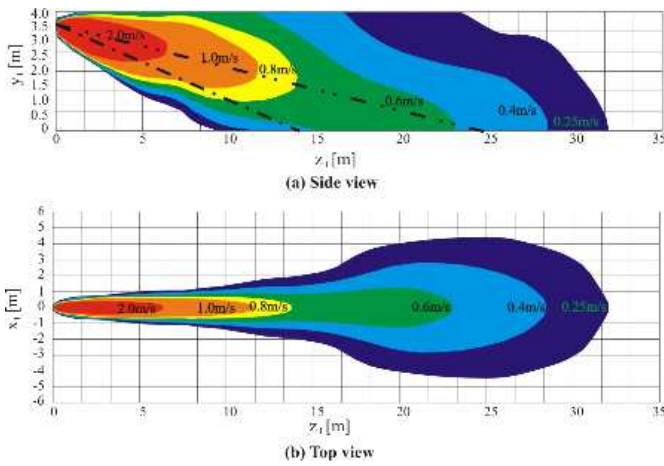


그림 164 도달거리 측정결과

(4) 재배환경 개선을 위한 소음기 흡음성능 향상 연구

토마토 재배시설 환기용 제트팬의 효율과 소음과의 관계는 상반성을 가질 수 있으므로 팬의 효율을 향상시키는 연구와 소음 레벨을 줄이기 위한 연구가 동시에 필요하게 된다. 제트팬의 효율을 향상시키면서 소음 레벨을 줄이기 위한 방법으로서 축류식 터보팬 출구단과 흡입구에 흡음재(sound absorbing materials)를 부착한 소음기를 부착하였다. 이러한 실험을 위해서는 흡음재가 강한 유속에 의해 비산되지 않도록 케이스가 필요하고 공기와 흡음재가 직접 접촉하도록 다공성의 금속 철판이 필요하다. 본 실험에 사용된 소음기의 부품을 그림 68~71에 나타내었다. 또한 흡음재에 따른 소음감쇄 정도를 파악하기 위해서 성능이 각기 다른 흡음재를 소음기 내에 장착해서 소음기를 제작하였다. 실험을 위한 소음기 시작품을 그림 72~73에 나타내었다.



그림 165 다공판(성형전)



그림 166 다공판(성형후)



그림 167 Silencer 케이스(1)



그림 168 Silencer 케이스(2)



그림 169 Silencer 1차 시작품



그림 170 Silencer 최종시작품

(가) 축류식 제트팬 소음 시험장치 및 방법

축류식 터보팬 소음시험 장치는 KS B 6361에 의거하여 그림 64와 같이 구성하였다. 시험 장치는 그림에서 보듯이 축류식 터보팬, 거치대 및 1/3 옥타브 소음 레벨 측정기 등으로 구성된다. 축류식 터보팬은 거치대의 높이를 조절하여 노즐의 토출구 중심이 지면으로부터 1m 높이에 있도록 한다. 소음레벨 측정기는 삼각대에 장착되며 축류식 터보팬 노즐의 토출구 중심과 스크린의 중심을 연결한 중심 선상에서 45도 빗겨나서 대표 길이인 1m 떨어진 위치에 설치한다.

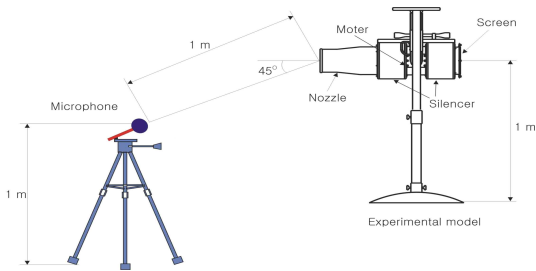


그림 171 Schematic of experimental apparatus

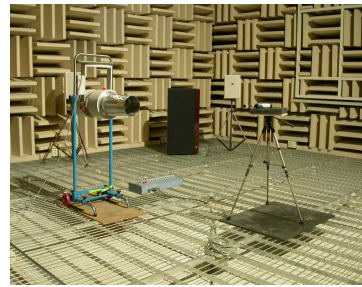


그림 172 무향실 소음측정

회전수 3,450rpm 및 4,900rpm에서 소음기 변화에 따른 단단 축류식 제트팬의 주파수 밴드 별 음압 레벨 스펙트럼을 그림 76~77에 나타내었다. 그림의 횡축에는 1/1 주파수 밴드를 Hz단위로 나타내었으며 종축에는 음압레벨을 dB(A)단위로 나타내었다. Glass Wool 50mm를 장착한 축류식 제트팬의 등가음압레벨은 65.2dB(A)을 나타내었고 자동차용 흡음재로 근래에 각광을 받고 있는 Thinsulate 50mm를 장착한 축류식 제트팬의 등가음압레벨은 62.3dB(A)을 나타내었고 Glass Wool 25mm에 Thinsulate 25mm를 접착한 흡음재를 장착한 축류식 제트팬의 등가음압레벨은 63.5dB(A)을 나타내었다.

이러한 등가음압레벨은 동일 용량의 기존 축류식 제트팬에서 일반적으로 알려진 등가 음압레벨보다 약 10dB(A)가량 작은 값이다. 축류식 제트팬의 등가음압레벨이 일반적인 축류식 제트팬의 등가음압레벨보다 낮게 나타내는 이유는 본 연구의 축류식 제트팬이 일반적인 축류식 제트팬보다 팬의 밸런스(balance)가 양호하기 때문으로 사료된다.

축류식 제트팬의 주파수대역별 음압레벨은 고주파 영역(500Hz 이상 영역)에서 Thinsulate의 흡음 성능이 Glass Wool의 흡음성능보다 약 5dB(A) 가량 우수함을 확인할 수 있었다. 그러나 Thinsulate의 가격이 Glass Wool의 가격 대비 10배 정도하기 때문에 흡음특성상 Glass Wool과 Thinsulate 중간 정도의 성능을 나타내는 Glass Wool 25mm에 Thinsulate 25mm를 접착한 흡음재를 개발하였다.

저주파 영역에서의 토마토 재배시설 환기용 축류식 제트팬의 주파수대역별 음압레벨은 250Hz영역 에서 Glass Wool 25mm에 Thinsulate 25mm를 접착한 흡음재의 흡음특성이 가장 우수한 것으로 나타났다. Thinsulate의 흡음성능이 저주파 영역에서는 Glass Wool의 흡음성능보다 약 2dB(A) 가량 작게 흡음함을 알 수 있다. 이는 각 흡음재를 공급하는 회사에서 제공하는 흡음특성과는 다소 상이한 것으로 본 축류식 제트팬에서 나타나는 특성으로 판단된다.

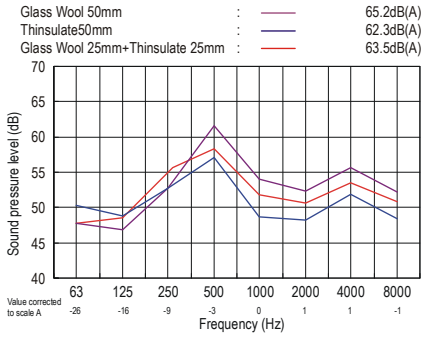


그림 173 3,450rpm에서의 소음레벨 비교

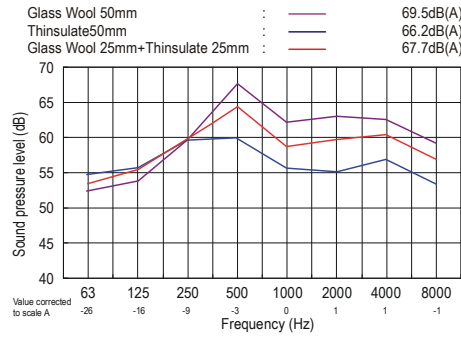


그림 174 4,900rpm에서의 소음레벨 비교

흡음재의 종류, 다공판의 크기 및 소음기 길이에 따라 소음특성은 각각 큰 차이를 보이게 된다. 그러나 대부분의 경우 흡음재의 종류, 다공판의 크기 및 소음기 길이에 따른 소음특성에 관한 연구가 매우 부족하며 소음특성에 관한 자료가 체계적으로 정리되지 못하고 있는 상태이다. 특히 흡음재의 경우 흡음재료가 강한 유속에 의해 비산하게 되므로 환경공해 차원에서 법적으로 사용을 규제받고 있는 경우도 최근 들어 많이 발생하고 있다. 따라서 토마토 재배시설 환기용 단단 축류식 터보팬의 소음저감을 위하여 소음기의 구성 부품인 흡음재의 종류, 다공판의 크기 및 소음기 길이에 따른 1/3 옥타브 밴드별 소음특성 및 A-가중 음압레벨을 분석하여 각각의 요인별 소음성능에 대해 연구하였다.

(나) 흡음재 재질

흡음재의 경우 축류식 터보팬 소음기 내부에 부착되어 축류식 터보팬에서 발생하는 소음을 감소시키는 역할을 한다. 흡음재의 종류에 따라 소음기의 성능에 영향을 끼칠 수 있으므로 본 연구에서는 흡음재의 종류를 Glass Wool, Thinsulate 및 폴리우레탄 폼으로 바꿔가며 소음기를 제작하였다.

흡음재 종류에 따른 소음기를 제작하여 축류식 터보팬에 장착한 후 1/3 옥타브 밴드별 소음특성 및 A-가중 음압레벨을 비교하였다.

(다) 다공판 크기에 따른 소음특성

소음기 다공판크기 변화에 따른 A-가중 음압레벨을 그림 71과 Table 6에 나타내었다. 그림 81과 Table 6을 분석해보면 다공판 크기를 2.5φ, 2φ, 1φ(그림 78~80)로 각각 변화시켰을 경우의 A-가중 음압레벨은 2.5φ크기의 다공판을 사용한 소음기를 기준으로 2φ, 1φ 크기의 다공판을 사용한 소음기에서 각각 1.2dB(A)와 1.6dB(A)정도 낮게 측정되었으며 그 값은 61.8dB(A), 61.4dB(A)이다.

따라서, A-가중 음압레벨 분석을 통해 가장 우수한 소음특성을 갖는 다공판은 1φ크기로 판단된다. 그림 82~84에는 상기에서 언급한 연구를 바탕으로 제작된 소음기를 구성하는 최적 다공판 모듈과 소음기 시작품을 나타낸 것이다.

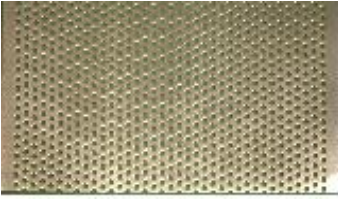


그림 175 직경 2.5mm



그림 176 직경 2.0mm



그림 177 직경 1.0mm

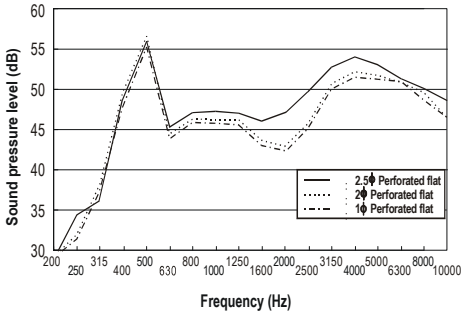


그림 178 다공판 직경별 소음

다공판 직경	A-가중 음압레벨	비고
2.5 φ	63dB(A)	기준
2.0 φ	61.8dB(A)	1.2dB(A) 감소
1.0 φ	61.4dB(A)	1.6dB(A) 감소

Table 6 다공판 직경별 소음 저감도

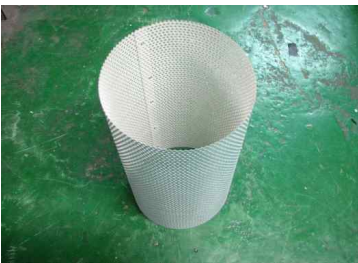


그림 179 다공판 시작품



그림 180 소음기 Assembly



그림 181 소음기 시작품

(라) 소음기 길이에 따른 소음특성

소음기의 길이를 유출구와 유입구에서 각각 2배로 연장했을 경우 A-가중 음압레벨을 그림 85와 Table 7에 나타내었다. Table 7에서 보듯이 길이를 연장하지 않은 기존의 소음기를 기준으로 A-가중 음압레벨은 유입구를 2배 연장한 소음기에서는 2.7dB(A) 작게 측정되었고, 유출구를 2배 연장한 소음기에서는 5.2dB(A) 작게 측정되었으며 그 값은 각각 60.3dB(A), 57.8dB(A)이다.

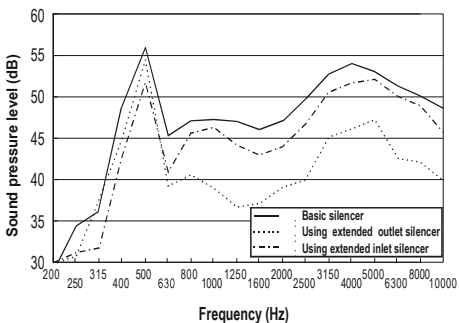


그림 182 소음기길이별 소음

소음기 길이	A-가중 음압레벨	비고
기본 소음기	63dB(A)	기준
Extended inlet silencer	60.3dB(A)	2.7dB(A) 감소
Extended outlet silencer	57.8dB(A)	5.2dB(A) 감소

Table 7 소음기 길이별 소음 저감도

(마) 축류식 제트팬의 진동 및 소음저감 목적 정밀 Balancing 연구

토마토 재배시설 환기용 BLDC 모터 내장 가변풍량형 단단 축류식 제트팬은 회전수 4,900rpm 이상의 고속회전에도 이상 진동 또는 이상 유음이 발생하지 않도록 고정밀 Balance가 요구된다. 제작된 Impeller전량을 Balancing Machine에 장착해서 안전율을 고려한 6,000rpm까지 상승시켜 정밀 Balancing을 수행하였다. Impeller의 고정밀 Balance의 순서를 실험 과정을 기록한 사진으로 그림 86~91에 나타내었다.



그림 183 Balancing Machine



그림 184 영점조정



그림 185 Impeller 장착



그림 186 Impeller 회전(6,000rpm)

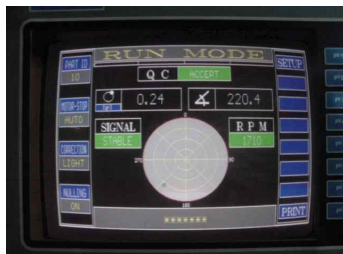


그림 187 허용범위 확인



그림 188 Precision Balancing

(5) 분담면적 확대를 위한 기류취출 효율 향상 연구

(가) 재배시설별 최적환경 조성을 위한 제트팬을 이용한 기류패턴 및 최적배치 연구

일반적으로 내부구조물이 거의 없는 농작물 재배 시설하우스 같은 공간에서는 겨울철 난방을 하여도 따뜻한 공기가 상승하여 상층부에 정체되므로 난방효율이 그다지 높지 못하다. 또한, 여름철에는 태양의 복사열로 인하여 재배작물과 작업자들의 체감온도가 상승하는 문제점이 있다. 그리고 구역별 온도 불균형, 정체영역 발생 및 부유분진 발생 등 환기에 많은 어려움이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 종래의 환기기술로는 상하 희석형 교반류를 형성하는 고속노즐 시스템과 상하순환형 교반류를 형성하는 디퓨저 시스템이 적용되고 있다. 선회류(그림 92)는 상부의 온도 성층화를 제거할 목적으로 1개의 대형기류를 형성하며 제어가 쉽고, 교반류(그림 93)는 온도성층화 제거 및 쾌적성 향상을 위한 다수의 기류를 형성하나 제어가 어렵다. 이송류(그림 94)는 오염물질을 시설외부로 유인배출에 효과적이며 팬 대수 제어 및 설치위치 제어가 필요하다. 그러나, 설비비 및 공사비가 많이 소요되는 등 많은 문제점이 지적되고 있으며 에너지절감효과가 기대치에 미치지 못하는 등 개선필요성이 강조되고 있다. 특히 토마토 등 작물재배시설의 경우 작물 생육조건에 적합하고 작업자가 쾌적하게 느끼도록 적절히 온도, 습도 및 기류를 조절함으로써 작물 재배환경을 향상시킬 필요가 있다.

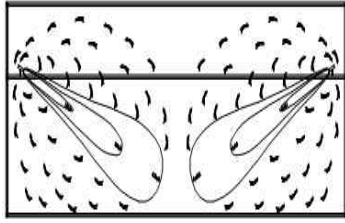


그림 189 선회류

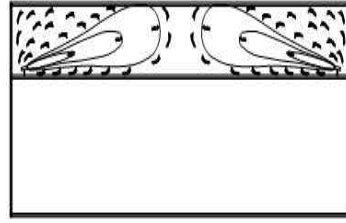


그림 190 교반류

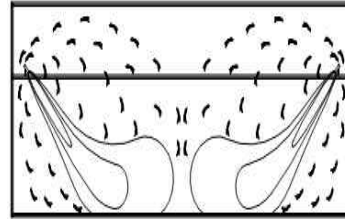


그림 191 이송류

일반적으로 기류패턴은 체육시설, 문화공간, 지하공간 및 산업시설의 공기질 및 다목적성을 고려해서 다양한 기류패턴(그림 92~94)을 적절히 발생시키기 위한 통합 공조 환경 설계기술로서 토목, 건축, 기계, 전기 및 전자 등의 통합이 요구되는 종합기술이다. 따라서 재배시설 내 기류패턴 제어를 통해 신선공기의 원활한 공급으로 공간의 공기질을 향상시키고 상하·좌우의 온도편차를 감소시켜 재배시설 내 생육환경 최적화를 극대화하여 기계설비의 과대설계를 방지하며 에너지 절약 및 생육환경 향상, 작물생산성 향상을 유도할 수 있다.

축류식 제트팬을 이용한 공기의 순환으로 공간의 쾌적도를 향상시키고, 상하·좌우의 기류형성으로 토마토 등 재배작물의 생육환경을 개선하고자 기류패턴제어기술을 적용하였으며, 이러한 농작물 재배시설의 순환기류 제어시스템은 위의 세가지 기류패턴의 장점을 적용하여 최적의 생육환경을 조성하였다. 또한 토마토 재배시설 내 최적환경 조성을 위한 기류를 형성하기 위하여 단동형(그림 95), 2연동형(그림 96), 5연동형(그림 97) 및 6연동형(그림 98) 시설하우스에 축류식 제트팬의 배치간격 연구를 수행하였다.

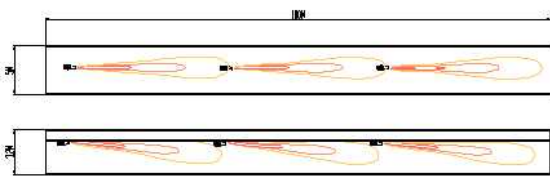


그림 192 단동형 표준재배시설 배치도

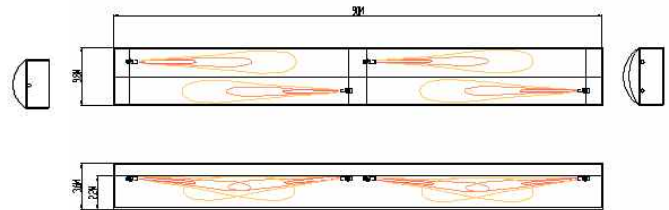


그림 193 2연동형 표준재배시설 배치도

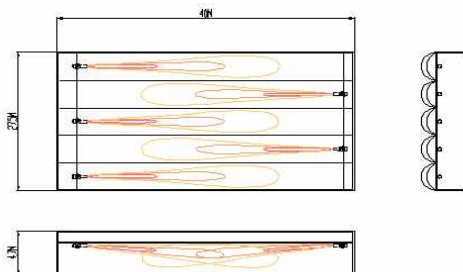


그림 194 5연동형 표준재배시설 배치도

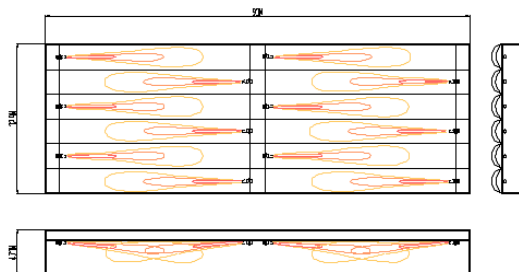


그림 195 6연동형 표준재배시설 배치도

(나) 축류식 제트팬 적용을 통한 재배시설의 기류, 온도 시뮬레이션 결과
 축류식 제트팬의 최적 배치를 통한 재배시설 내의 기류, 온도분포에 대한 시뮬레이션을

열유동해석 프로그램인 FLUENT Ver. 6.1(전산유체역학용 상용 프로그램)을 이용하여 이론적 해석을 수행하였다. 시뮬레이션의 수렴조건을 만족시키기 위하여 약 5,000회의 반복 계산을 수행하였으며, 사용된 컴퓨터 사양은 RAM용량 4GB의 Quad Core(TM)2 2.66GHz으로 하였다.

① 해석모델

제트환기시스템이 구비되지 않은 상태의 기존 시설과 축류식 제트팬 최적 배치에 의한 제트환기 시스템이 적용된 개선시설의 개략도를 그림 99와 100에 나타내었다. 재배시설의 모델 크기는 폭 30.0m, 길이 40.0m, 높이 8.0m로 설정하였다. 그림에서 우측 하단을 원점으로 하여 길이방향을 x축, 높이방향을 z축, 폭방향을 y축으로 설정하였다. 재배작물의 접촉 기류속도는 약 0.2~0.5m/s 정도가 요구된다. 적절한 기류순환을 위해 총 7,800CMH 이상의 송풍량이 요구된다.

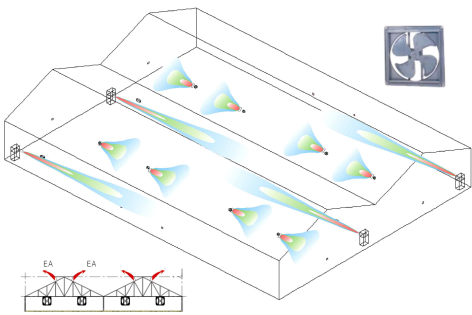


그림 196 기존시스템 개략도

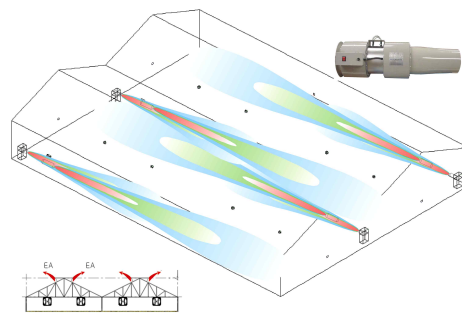


그림 197 개선시스템 개략도

<기존재배시설>

그림 99에서 환기시스템을 살펴보면 측면에 설치되어 있는 4대의 배기팬을 가동하여 재배시설내부를 환기시킨다. 환기를 위해 창문과 문은 모두 개방하며 벽면에 설치되어 있는 월팬은 정지상태에 놓인다. 온풍기 4대가 가동되며 창문, 문 및 월팬 입구를 통해 신선외기가 재배시설 내부로 도입된다. 신선외기의 원활한 분배를 위하여 8대의 430CMH 순환팬이 가동된다.

<개선재배시설>

그림 100에서 보듯이 제트환기시스템은 북쪽 및 남쪽 벽면에 각각 두 대씩 설치되어 있다. 재배시설 내부로 유입되는 공기의 흡입구는 북쪽 및 남쪽 벽면에 바닥에서 약 2m 높이에 있으며, 공기의 배출구는 흡입구 아래에 위치한다. 본 연구에서는 작물재배에 적합한 환경유지를 위해서 송풍량은 8,300CMH로 산정하였다. 토출공기의 원활한 분배를 위하여 4대의 1,500CMH 기류유인팬이 가동된다.

② 지배 방정식 및 경계조건

기류분포를 해석하기 위하여 공간내의 유동을 3차원 정상 비압축성 난류유동으로 가정하였으며 이에 관한 연속방정식, 운동량방정식, 난류운동에너지방정식 및 난류운동에너지 소산율방정식은 다음과 같다. 난류모델로는 부력이 고려된 $k-\epsilon$ 난류모델을 사용하였다.

연속 방정식 :

$$\frac{\partial}{\partial x} (\rho u_i) = 0$$

운동량 방정식 :

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu + \mu_t \right) \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) + \rho g_i \beta (- T_m)$$

난류 운동에너지 방정식 :

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ \left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right\} + G_k + G_b - \rho \epsilon$$

난류 운동에너지 소산율 방정식 :

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i \epsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ \left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right\} + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} (G_k + C_{3\epsilon} G_b) - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k}$$

여기서 u , p , ρ , μ , β , k 및 ϵ 은 각각 공기의 속도, 압력, 밀도, 층류점성계수, 공기의 체적팽창계수, 난류운동에너지 및 난류운동에너지 소산율을 나타낸다. 그리고, 난류점성계수 μ_t , 공기 유동에 의한 난류생성항 G_k , 부력에 의한 난류 생성항 G_b 및 난류 상수값들은 다음과 같다.

$$\mu_t = \frac{C_\mu \rho k^2}{\epsilon}, \quad G_k = \mu_t \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \frac{\partial u_j}{\partial x_i}$$

$$G_b = \frac{\mu_t g_i \beta}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial x_i}$$

$$C_\mu = 0.09, C_{1\epsilon} = 1.44, C_{2\epsilon} = 1.92, C_{3\epsilon} = 1.0$$

$$\sigma_k = 1.0, \sigma_\epsilon = 0.9, \sigma_l = 1.0, \sigma_t = 1.0$$

③ 격자계

채배시설내부의 기류 및 온도 분포를 해석하기 위한 격자계의 구성을 그림 101에 나타내었다. 시설 내부의 공조 상황을 모사하기 위하여 비정렬 격자계를 사용하였으며, 이때 사용된 제어체적의 수는 약 820,000개이다.

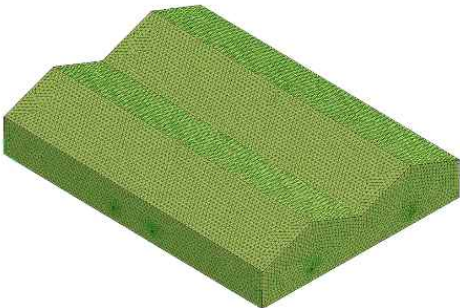


그림 198 격자계

④ 이론해석 방법

지배방정식을 전체 해석영역에 대하여 유한체적법(FVM, Finite Volume Method)과 비엇갈림 격자망(non-staggered grid)방법으로 이산화 하였으며, 해석도구로는 상용코드인 FLUENT Ver 6.1을 이용하였다. 속도 및 온도 분포 해석에는 암시도식(implicit scheme)과 독립연산(segregated solver)을 이용하였고, 격자시스템은 속도 등의 벡터량과 압력, 온도 등의 스칼라량의 존재 위치가 동일한 비 엇갈림 격자(non-staggered grid system)를 사용하였다. 또한 운동량방정식의 압력항을 해석하기 위해서 비교적 계산비용이 저렴하지만 압력 예측이 정확한 SIMPLE 알고리즘이 사용된다. 실제 프로그램 운영에서는 대류항을 계산하기 위해서 상류차분법을 사용하고, 경계면에서의 확산계수를 계산하기 위하여 조화평균을 사용하였다.

(다) 기류분포 결과 및 고찰

기존 재배시설내의 수평 기류분포를 나타낸 그림 102에서 살펴보면 전체적으로 기류는 0.2~0.5m/s 정도의 분포를 나타낸다. 동측벽, 서측벽 부근에서 0.8~1.2m/s 정도의 기류 분포를 형성하고 있고, 일부 국소위치를 제외하고 대부분 낮은 기류분포를 형성하고 있다. 축류식 제트팬이 설치된 재배시설의 수평 기류분포를 나타내는 그림 103에서 보듯이 기류 분포는 0.4~1.6m/s 정도로 나타났다. 4대의 축류식 제트팬을 동측벽과 서측벽에 각각 2대씩 설치되어 있으며 축류식 제트팬 적용한 제트환기시스템에 의한 환기방식은 축류식 제트팬 가까운 곳에서 기류속도가 국소적으로 2m/s이상의 다소 높은 분포를 나타내지만, 기류가 재배시설내부에 전체적으로 순환되어 기류속도에 의한 농작물 피해가 크게 감소될 것으로 판단된다. 따라서 국소적인 위치에서 다소 높은 풍속을 보이거나 대체적으로 전 구역에서 적정 기류분포가 형성됨을 알 수 있다. 기존재배시설 내의 수직방향 기류분포를 살펴보기 위하여 x=6.7간격의 수직단면에서 기류분포를 그림 104에 나타내었다. 기류분포는 0.15~1.0m/s 정도로 나타났다. 기존방식은 기류순환이 이루어지지 않으며, 상하부 모두 정체되어 있다. 기존재배시설 경우 적정 기류속도인 0.5m/s보다 낮게 형성되어 농작물 생육에 도움을 주지 못할 것으로 판단된다. 축류식 제트팬을 적용한 제트 환기시스템이 설치된 재배시설의 x=6.7간격의 단면을 나타내는 그림 105의 기류분포를 살펴보면 제트팬으로부터 시작된 기류가 재배시설의 끝부분까지 원활하게 도달하고 있다. 축류식 제트팬 출구에서 토출되는 기류속도를 제외하고 전체 영역에서 0.3~1.5m/s 정도의 기류가 형성되고 있다. 높은 속도를 보이는 팬 입구에 근접한 영역은 농작물이 위치한 영역의 상부에 설치되기 때문에 직접적으로 농작물에 영향을 주지 못할 것으로 판단된다.

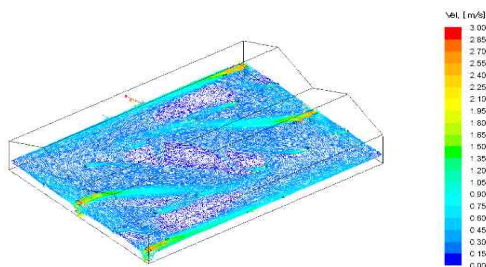


그림 199 기존 시스템 수평단면 속도분포

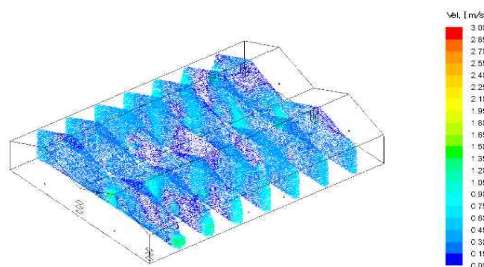


그림 200 기존 시스템 수직단면 속도분포

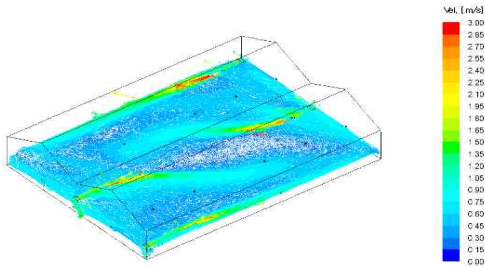


그림 201 개선 시스템 수평단면 속도분포

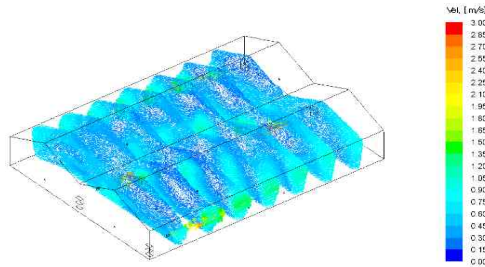


그림 202 개선 시스템 수직단면 속도분포

(라) 온도분포 결과 및 고찰

기존 재배시설내의 온도분포를 나타낸 그림 106~107에서 살펴보면 기류가 도달영역과 정체영역의 온도차가 15℃정도의 분포를 나타낸다. 난방기의 영향으로 동측벽, 서측벽 부근에서 28℃ 정도의 온도분포를 형성하고 있다. 또한, 난방기 기류이송 경로에서는 높은 온도분포를 나타내고 있다. 반면, 난방기 주위와 순환이 발생하는 재배시설의 중앙부는 18~22℃의 낮은 온도 분포를 나타내고 있다. 기류가 정체된 공간일수록 온도가 낮게 형성됨을 알 수 있다. 기존 난방기에서는 재배 시설 내 온도편차가 심하여 농작물 냉해나 고온피해가 심할 것이라 예상된다. 또한 농작물 냉해피해 방지를 위해 난방기를 최대부하로 가동할 경우 에너지 낭비의 원인이 된다. 축류식 제트팬을 적용한 제트환기시스템이 설치된 재배시설의 온도분포를 나타내는 그림 108~109에서 보듯이 온도분포는 26~29℃로 3℃ 내의 온도편차를 보인다. 따라서 기존 재배시설과 비교할 때 재배시설 상하부의 온도불균형이 해소되고 냉해나 고온피해가 감소될 것으로 예상된다. 기존재배시설 내의 수직온도 분포를 나타내는 그림 98을 살펴보면 기류형성이 원활하지 못하여 하부 보다 상부의 온도가 높은 영역이 나타난다. 하부에서 온도가 낮게 형성되어 난방기를 가동하더라도 냉해가 발생할 수 있다.

축류식 제트팬을 적용한 제트환기시스템이 설치된 재배시설의 수직단면을 나타내는 그림 109의 온도분포를 살펴보면 재배시설의 상부표면 주위를 제외하면 공간내부 전체적으로 균일한 온도분포를 나타내고 있다. 재배시설 전체에 균일한 온도분포를 형성시킴으로써 농작물에 최적의 생육환경과 작업자들에게 쾌적감을 제공할 것으로 판단된다.

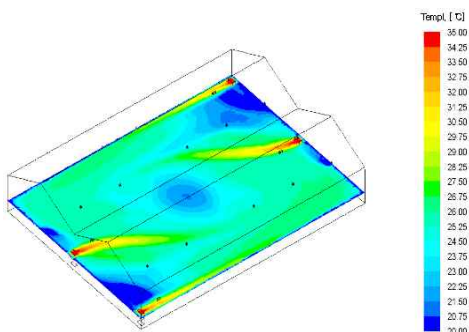


그림 203 기존시스템 수평단면 온도분포

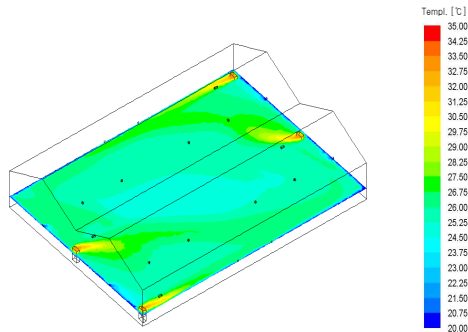


그림 204 개선시스템 수평단면 온도분포

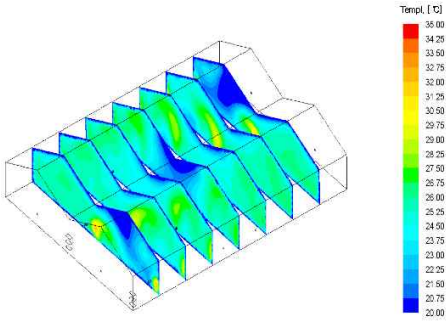


그림 205 기존시스템 수직단면 온도분포

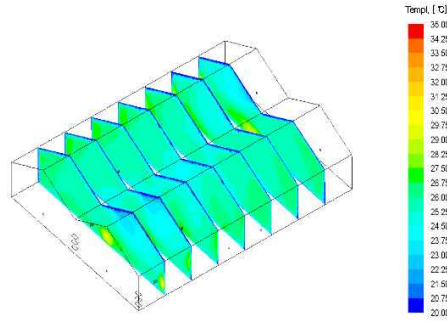


그림 206 개선시스템 수직단면 온도분포

(6) 압력손실 저감을 위한 유동경로 개선 연구

(가) 제트팬 유동경로 최적화 연구, CFD 수행을 통한 설계 도출 및 시작품 제작

Impeller Blade 형상 및 Pitch Angle을 설계하기 위하여 CFD 상용 프로그램인 Fluent를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 임펠러의 형상(그림 110)에 따른 내부 유동특성을 고찰하기 위하여 피치각(Pitch Angle)이 기본설계안인 54°와 수정설계안인 44°, 49°, 59° 및 64°일 때에 대하여 이론해석을 수행하였다. 해석결과를 그림 111~112에 나타내었다.



그림 207 피치각 선정용 임펠러 샘플

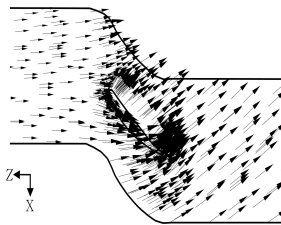


그림 208 Pitch angle 59° 속도분포

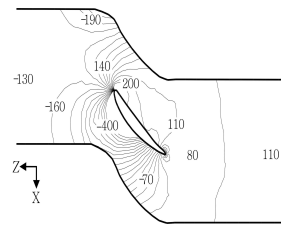


그림 209 Pitch angle 59° 압력분포

그림을 살펴보면 앞서 논의 하였듯이 피치각이 59°인 경우가 기본설계안인 피치각 54°인 경우에 대비하여 차압 및 유량의 경우 각각 113% 및 105%로써 가장 높게 나타나 유량 및 정압상승을 얻기 위한 적정 피치각의 범위는 대략 59° 전 후로 파악된다. 일반적으로 피치각이 증가하게 되면 유량과 팬정압이 커지게 되나 과도하게 크게 될 경우 유동의 박리가 전연 바로 하부에서 발생함으로써 유동이 불균일하게 되며 흡입면의 부압이 압력면까지 영향을 주어 팬정압에도 영향을 주는 것으로 판단된다.

(나) 최종시작품(2종, 가변풍량형(PFA-40), 고정풍량형(PFA-25) 제작 과정

토마토시설 환기용 고성능 제트팬의 부품 및 1차 시작품 제작과정은 다음과 같으며, 그림 113~124에 나타내었다.



그림 210 BLDC 모터



그림 211 벨마우스



그림 212 임펠러

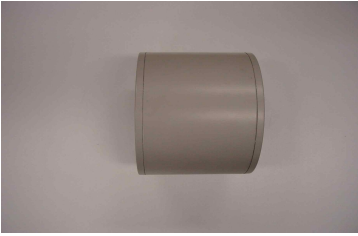


그림 213 소음기



그림 214 팬케이스

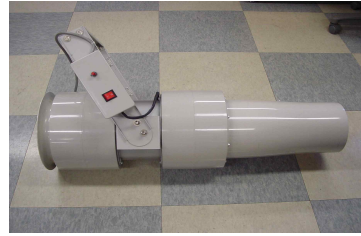


그림 215 1차 시작품



그림 216 팬케이스 모터취부

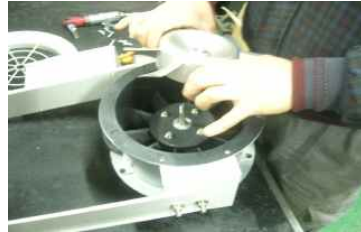


그림 217 모터에 임펠러 취부



그림 218 임펠러 고정



그림 219 팬유닛 취부



그림 220 브라켓 취부



그림 221 벨마우스 고정

(7) 토마토 시설 환기용 고성능 제트팬의 신뢰성 시험

(가) 실험방법

토마토시설 환기용 제트팬의 신뢰성 시험은 고정압 축류식 제트팬의 연속가동 시 모터의 정상가동 여부를 확인하고, 개발된 제트팬의 연속가동시간 목표값인 10,000시간, 소음 목표값인 70dB(A) 구현 및 제트팬의 출구속도 측정에 의한 도달거리 목표값인 25m 확보를 위한 실험을 수행하였다. 제트팬의 장시간 가동에 따른 각 부품들의 손상여부를 점검하였다. 토마토시설 환기용 제트팬은 실제 사용조건에서 신뢰성 시험과 같이 단시간에 많은 작동이 이루어지지 않겠지만 축류식 제트팬의 한계수명을 점검하기 위해서 단시간에 연속 운전하는 가혹 운전조건으로 실험하였다. 터보팬에 관한 신뢰성 시험은 120시간(5일) 연속 운전 후 구조용 부품의 손상여부를 점검하였다.

(나) 실험결과

표 8 신뢰성 시험결과

구분		풍량(CMH)	소음(dB(A))	정압(mmAq)
팬가동시간	5시간	2,411	70	88.1
	10시간	2,403	69	86.4
	20시간	2,412	71	87.1
	40시간	2,420	68	88.2
	60시간	2,404	69	87.4
	80시간	2,391	70	87.1
	100시간	2,412	69	86.2
	120시간	2,391	69	87.1
개발목표값		2,400	70	87.0
판정		합격	합격	합격

신뢰성 시험은 상기에 명기된 방법에 의거해서 수행{실험장소: (주)명진에어테크 풍동}하였으며 그 결과를 표 8에 나타내었다. 실험결과에서 보는 바와 같이 120시간(5일) 연속운전 시험에서 3가지 항목(풍량, 소음, 정압) 모두 개발목표값에 상응하는 결과를 얻을 수 있었다.

(8) 실험용 온실 환기용 제트팬 시범적용 시 배치도(가변풍량형 시작품 적용)

그림 125~127에는 경기도 농업기술원 소재 실험용 온실 내부, 외부 전경 그리고 실험용 온실 내 개발 제트팬의 배치도를 나타내었다. 실험용 온실 공간의 크기를 고려하여 환기용 제트팬 총 3대를 산정하여 배치하였으며, 설치수량은 각 동당 1대이며, 기류취출 방향은 대향형 취출방식을 적용할 계획이다.



그림 222 실험용 온실 내부



그림 223 실험용 온실 외부전경

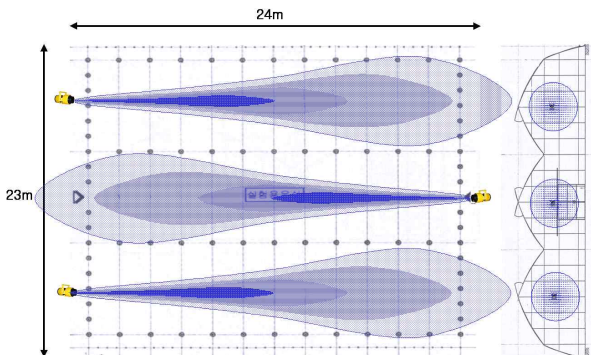


그림 224 실험용 온실 내 제트팬 배치도(계획)

다. 연구결과

그림 128~129에는 토마토 시설 환기용 고성능 제트팬의 분해상세도와 최종시작품(가변풍량형, 고정 풍량형 2종)을 나타내었다. Impeller와 팬하우징은 고강도 Aluminum 다이캐스팅으로 제작하여 Impeller 제작 시 동적, 정적으로 Balancing이 유지되게 하였다. Motor와 Fan을 직렬로 연결하고, 유지보수가 용이하도록 조립, 해체가 쉽게 구성되었고, Component 구조로 구성하여 Spare part 수급이 용이하도록 하였다. 전동기는 절연등급 B종의 고속회전 BLDC 모터를 사용하며 KS C 3309(전동기용 고무절연 인출선)에 규정한 인출선을 이음부위 없이 제작하였다. 공기유입을 부드럽게 하고, 소음발생을 억제할 수 있는 구조로 제작하였다.

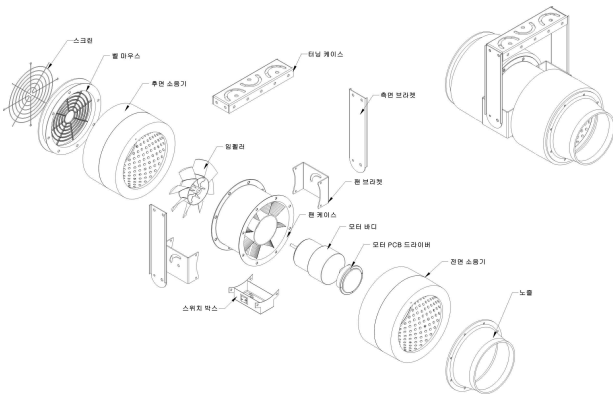


그림 225 토마토 시설 환기용 고성능 제트팬 최종시작품 분해도



그림 226 시작품(2종, 가변풍량, 고정풍량)

Fan의 발생 소음을 감쇄시키는 기능을 위해 전후면에 설치하며 기류유입 및 유출을 부드럽게 하는 원형의 소음기로 흡음타공판, 흡음재 및 외장으로 구성된다. 외부 Casing은 STEEL 1.0mm 이상(Cover sheet는 칼라강판 0.5mm) 다공판으로 마감하여 흡음재의 비산을 막을 수 있는 구조이다. 출구 노즐은 팬부에서 발생된 고속의 공기를 짧은 경로에서 완전 발달된 고속의 제트로 분사되도록 하는 부품으로써 경량의 플라스틱으로 제작하였다.

3. 배지종류별 함수율 간이측정기 개발

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법 및 결과

(1) 기존 센서 및 관수제어 기술 조사 분석

(가) 수분센서 및 관수제어(토양 및 수경재배 관련)에 관한 선행 기술은 인터넷, 전문 DB 등을 이용하여 20-30년간의 자료를 대상으로 수분측정 원리고찰, 국내외 특허·학술논문·산업 및 제품에 대하여 조사하였으며 아래와 같이 수행하였음.

- 학술문헌 조사: 국내외 학술발표와 학술지 게재 논문에 대하여 국내 학술 DB인 Kisti와 국외 학술 DB인 Web of Science를 이용하였으며 농업기계 분야의 수분 센서 및 관수제어에 관한 문헌이 수록되어 있는 미국농공학회(www.asabe.org)의 문헌 조사 도구를 이용하였음
- 특허 등 산업재산권 조사: 국내 산업재산권은 국내 특허 검색 도구인 Kipris를 사용하였고, 국외 산업재산권은 특허청 국외 산업재산권 검색 도구와 WIPS 도구를 사용하였음

- 산업 및 제품: 수분 센서 및 관수제어 산업동향 및 제품을 종합적이고 전문적으로 다루고 있는 www.sowacs.com을 위주로 조사하였음

(나) 수분 측정 원리고찰

- 물체의 수분은 전통적으로 샘플을 채취하여 실험실에서 오븐에 건조시켜 수분함량을 분석하고 있으나, 현장에서의 수분 측정은 크게 수분장력, 수분함량 측정법으로 나눌 수 있음
- 현장 수분 측정법 중, 수분 장력은 대상체에 물이 흡입되어 끌리는 흡인력, 또는 작물이 토양 또는 배지로부터 수분을 섭취하기 위해 필요한 에너지로 bar, Pa, kPa, pF등으로 나타내며, 수분함량은 용적수분함량과 중량수분함량으로 나뉘며 현장 센서에 의한 수분 측정은 주로 용적수분함량(%)으로 얻어짐
- 작물 생육을 위한 수분은 수분장력이 정확한 값으로 수분장력계가 사용되고 있으며, 최근에는 시간 영역 반사율법(time domain reflectometry, TDR)과 주파수 영역 반사율법(frequency domain reflectometry)등 교류전자기파를 이용한 센서로 수분 측정을 대체하려는 노력이 진행되고 있는데, 이는 교류전자기파를 이용한 센서는 측정 속도가 매우 빠르다는 장점이 있기 때문임
- 수분함량 측정값은 수분장력은 수분특성 곡선에 의하여 서로 변환하여 사용할 수 있음

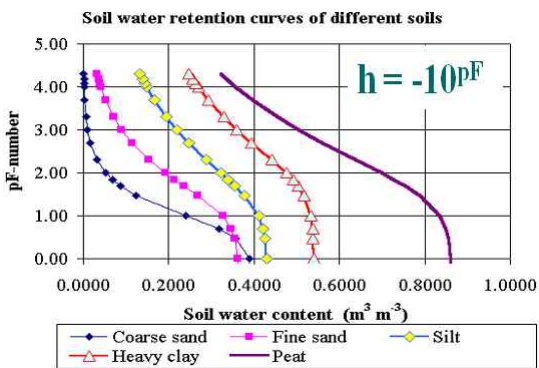


그림. 수분장력과 용적수분함량의 관계를 나타내는 수분특성 곡선

- 수분장력 측정 원리: 다공체 내에 물이 채워진 상태에서 다공체 외벽이 토양 또는 배지와 접촉하고 다공체 외부의 수분장력이 다공체 내부보다 크면 다공체 내의 물이 외부로 빠져나가서 다공체 내의 압력은 점점 감소하게 되며, 이 마이너스 압력이 바로 수분장력임. 주요 설계인자는 측정하고자 하는 수분장력범위에 맞는 다공체 공극크기와 측정속도를 결정하는 다공체 벽두께, 공극 배열 상태임.

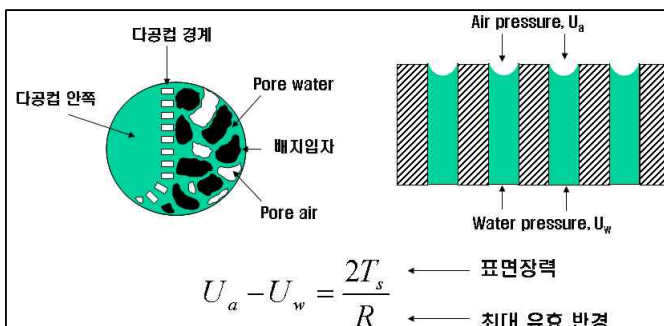


그림. 수분장력계의 원리

- FDR을 이용한 용적수분함량 측정 원리: FDR과 TDR은 모두 교류전기가 매질을 통과할 때의 전자기파의 특성이 매질(토양 또는 배지)의 수분상태에 따라 변하는 것을 이용하는 FDR은 유전율의 변화를 측정하는 것임
- 아래 그림과 같이 FDR 센서는 2개의 전극을 가진 형태, 다수의 전극을 가진 형태, 실린더 썬의 형태로 사용센서를 구분할 수 있으며, 이는 측정하고자 하는 매질의 깊이, 사용하는 주파수 등에 따라 달라짐. 일반적으로 사용하는 교류의 주파수가 높을 수록 작은 체적(sensing volume)을 가짐.

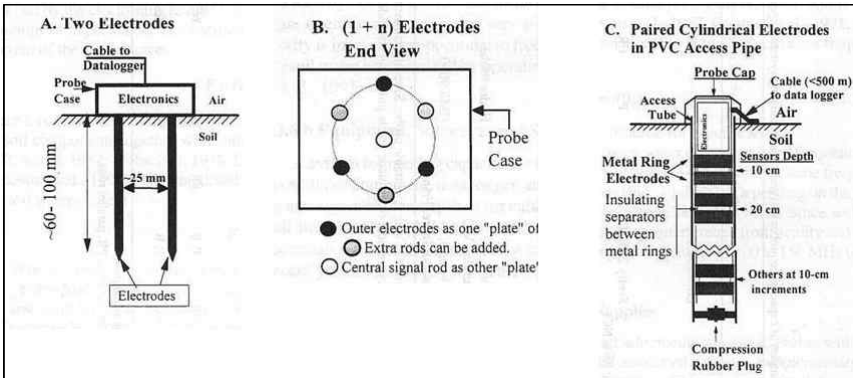


그림. FDR 상용센서의 대표적인 형상 사례

- 쌍을 이루는 전극 사이의 유전상수 또는 정전용량은 전극 사이에 있는 물질의 상태, 즉 배지의 수분상태에 따라 변하게 되며 이는 교류 저항인 임피던스(impedance)를 측정하여 얻을 수 있음

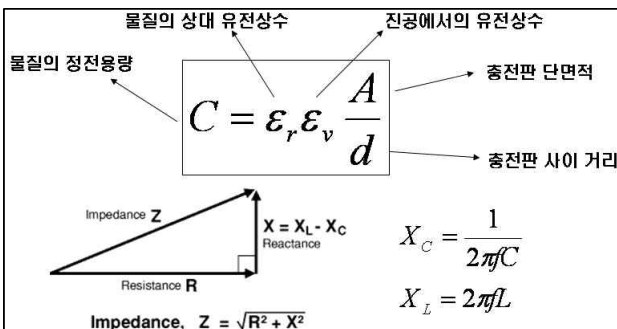


그림. FDR을 이용한 수분 측정 원리

- TDR을 이용한 용적수분함량 측정 원리: 교류전기가 매질을 통과할 때의 전자기파의 특성이 매질(토양 또는 배지)의 수분상태에 따라 변하는 것을 이용하는 FDR은 유전율의 변화를 측정하는 것임

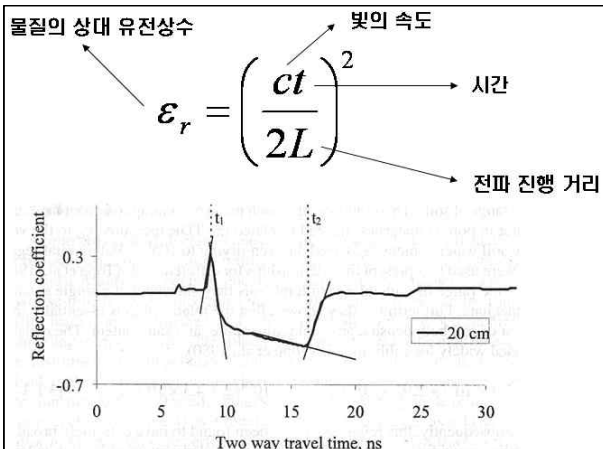


그림. TDR을 이용한 수분 측정 원리

- 위의 결과를 정리하면 아래와 같음
- 수분장력계와 용적수분함량 센서는 측정하고자 하는 매질, 즉 토양 또는 수경재배 배지와 접촉이 충분한 센싱부 형상과 크기를 가져야 함
- 개발하고자 하는 수분센서는 배지종류별로 측도설정(calibration)을 해야 함
- 용적수분 함량 센서는 교류특성을 이용하므로, 온도, 전기전도도(양액 농도), 이물질의 영향을 받을 수 있으므로 이러한 영향을 최소화하거나 보정하는 기법을 개발해야 함
- 또한 용적수분 함량 센서는 사용하는 센서 형상, 측정 물질의 volume, 수분에 대한 민감성 등을 고려하여 주파수를 선정해야 함

(다) 문헌 조사 및 특허 조사 결과

- 작물생육 관수제어를 위한 수분 측정은 주로 토양을 대상으로 연구 개발되었으며, 수경재배 배지와 관련한 문헌은 극히 제한적이었음
- 수경재배 배지용으로 개발된 센서에 관한 연구는 조사되지 못하였으나, 배지의 평균적인 수분상태를 측정하는 방법으로 배액의 양을 측정하는 중량법, 배액전극법 등이 최근에 개발된 것으로 보고되고 있음
- 수분장력계를 변형하여 암면의 수분과 양분함량을 측정하는 장치에 관한 연구가 수행되었음
 - Automated measurement of water content and nutrient concentration in rockwool slabs (Wakoh and Haggett, 1996)
- 최근에는 기존의 FDR, TDR 토양 수분센서를 육묘용 상토, 포트 재배 토양에 적용하는 연구가 진행되고 있으며 대표적인 문헌은 아래와 같음. 문헌으로부터 토양 수분센서를 육묘포트 토양, 화분 인공 배지에 적용했을 경우 센서 설치 위치, 깊이, 각도 등이 영향을 미친다는 것을 알 수 있었고, 따라서 수분상태를 대표할 수 있는 위치, 깊이, 각도의 선정이 중요하였음.
 - Evaluation of soil moisture sensors, and their use to control irrigation systems for containers in the nursery industry (Cornejo et al., 2005)
 - Application of time domain reflectometry to soilless substrate moisture measurement (Ross et al., 2003)
 - A study of lateral moisture migration in container mediums (Hansen and Clark, 2003)

- 또한 아래 표(Fen-Chong et al., 2004)에서 보는 바와 같이 입자 크기 및 공극 크기가 일반 토양보다 큰 경우(예, 4 mm silty granule)도 비교적 접촉면적이 크고 두 전극 사이의 정전용량을 측정하는 방식의 센서는 양호하게 작동함을 알 수 있음. 또한, 건초나 곡물 수확기(forage and crop harvesting combine)의 건초나 곡물 이송부에 정전용량식 센서를 설치하여 수분을 실시간으로 측정하는 사례(e.g., Benning et al., 2004)를 종합해 볼 때, 두 개의 전극을 사용하여 그 사이의 배지 수분을 측정하는 것이 가능할 것으로 판단됨

Review of some water volumetric content in porous media. Other empirical models are reported in [8]. TDR: time domain reflectometry, IM: impedance measurements, CM: oscillator circuit-based capacitive method

Authors' work	Type of porous media	Experimental fit
Topp et al. [9] (TDR, 1 MHz $\leq \nu \leq$ 50 MHz)	Mineral soils with some organic material traces: sandy loams, clay loams + water with 0.01 M CaSO ₄	$\epsilon = 3.03 + 9.3\theta_L + 146.0\theta_L^2 - 76.7\theta_L^3 \pm 1.1$
Topp et al. [9] (TDR, 1 MHz $\leq \nu \leq$ 50 MHz)	Glass beads (30 μ m) + water or water with 2.112 mg/l NaCl	$\dagger \epsilon = 3.6 + 41.4\theta_L + 63.2\theta_L^2 - 26.7\theta_L^3 \pm 0.4$
Campbell [5] (IM, $\nu =$ 50 MHz)	Clay and silty soils with apparent density, mineral density, and porosity close to those of Caen stones + water	$\epsilon = 3.27 + 0.48\theta_L - 0.012\theta_L^2 + 0.00037$
Gaudu et al. [12] (CM, $\nu =$ 38 MHz)	4 mm silty granulates + water	$\epsilon = 2.8 + 27.4\theta_L$
Eller and Denoth [3] (IM, $\nu =$ 32 MHz)	Various soils + water	$\theta_L = 1.484\epsilon - 0.006\epsilon^2 - 0.332$
Gardner et al. [13] (CM, 80 MHz $\leq \nu \leq$ 150 MHz)	Various soils containing sand, silt, clay, and organic carbon + water	$\sqrt{\epsilon} = -1.208 + 9.93\theta_L + 2.454\rho_a$
Gardner et al. [13] (CM, 80 MHz $\leq \nu \leq$ 150 MHz)	Silica sand + water	$\sqrt{\epsilon} = 1.075 + 8.528\theta_L + 0.271\rho_a$
This work (CM, $\nu =$ 33 MHz)	Calcite and quartzite Caen stones + home-distilled water + 70 mg/l Ca ²⁺	$\epsilon = 2.1 + 24.1\theta_L$

\dagger Mean values from four run tests.

- Determination of liquid water content and dielectric constant in porous media by the capacitive method (Fen-Chong et al., 2004)
- Development of a multi-frequency dielectric sensing system for real-time forage moisture measurement (Benning et al., 2004)

(라) 산업 및 제품 조사 결과

- 수분장력 측정기술
 - 국내 독자모델은 없으나 수입업체를 통해 수분장력계 보급되고 있음
 - 정확한 통계는 없으나 현장용 수분장력계 시장이 연간 50억 정도로 추정됨
- 수분함량 측정기술
 - 국내 독자모델이 2-3개 업체를 중심으로 시판되고 있으나 아직 대부분 수입품
 - 현장용 수분함량 측정 센서 시장이 연간 100억 정도로 추정됨
- 관수제어 기술
 - 관수장치는 국내 독자모델 판매, 수분센서를 포함한 통합시스템 수입에 의존
- 수분현장 측정 센서, 관수제어 장치 시장은 향후 시설고도화를 통해 급격한 성장 예상
- 시설재배가 확대되면서 작물의 생육단계별, 토양 및 배지의 수분역학 특성에 기초한 최적 관수 제어기술이 급속히 보급되고 있음
- 미국, 유럽, 일본을 중심으로 관련제품이 생산되고 전 세계로 판매하고 있음
- 대표적인 관련회사는 아래와 같음(www.sowacs.com 참고)

- Delta-T (United Kingdom)
- Soil moisture (USA)
- Irrrometer (USA)
- Decagon (USA)
- Adcon (Austria)
- SDEC (France)
- TRIME (Germany)
- Floricom (Israel)
- EnviroLogix 사의 QuickStix™ Kit : TSWV 진단

(2) 상용센서 개발

- 아래 그림에서 보는 바와 같이 센서는 적용원리(TDR, FDR), 크기, 사용주파수 등에 따라 정밀도가 달라지므로, 이러한 것을 고려하여 5종의 센서를 선발함

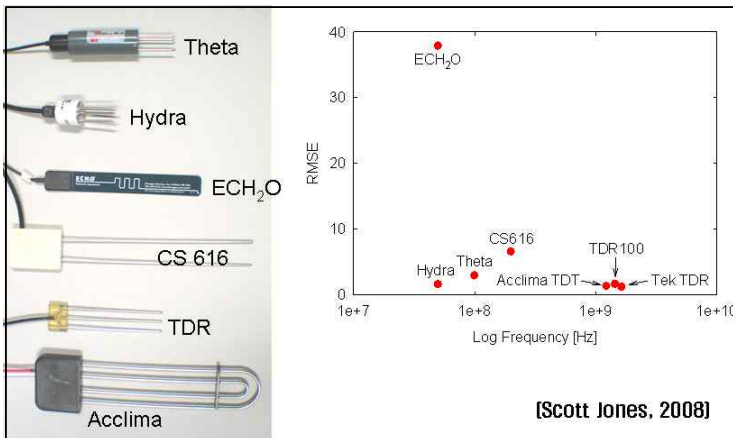
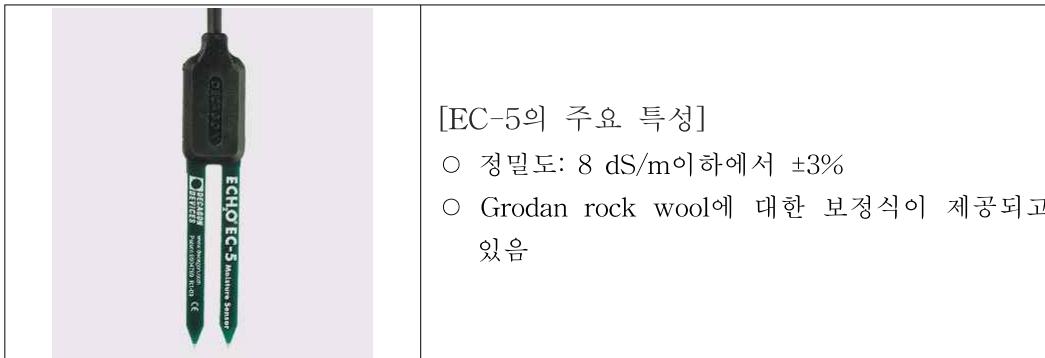
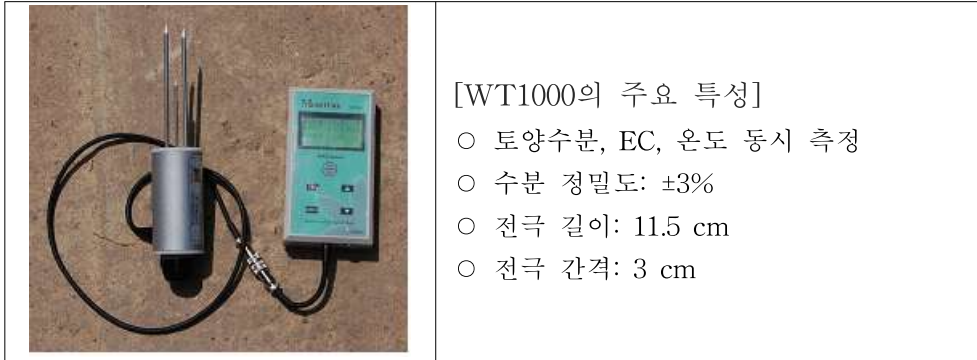


그림. 상용센서 수분 측정 성능 비교 사례

- 선정된 센서는 아래와 같음
 - 토양 수분 센서 TDR 1종: Hydrosense (Campbell Scientific, Inc., Utah, USA)
 - 토양 수분 센서 FDR 2종: WT1000(RFSENSOR, Seoul, Korea), EC-5(Decagon, Washington, USA)
 - 암면 수분 센서 1종: WCM(Grodan, Denmark)
 - 토양 수분 장력계: DIK-3023(Daiki, Japan), 1 bar 용

	<p>[Hydrosense의 주요 특성]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 정밀도: EC 2 dS/m 이하에서 ±3% ○ 전극 길이: 12 cm ○ 전극 간격: 3.2 cm
--	---



(3) 배지 적응성 시험 (1)

(가) 목적: TDR 1종, FDR 1종에 대하여 토마토가 자라는 현장에서 관수시간별, 센서종류별, 배지종류별, 측정위치별 센서 측정값 비교 분석 (실제 수분 함량 검증 못함)

(나) 재료 및 방법

- FDR 1종(Model: WT1000, RFSSENSOR, Seoul, Korea), TDR 1종(Model: Hydrosense, Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, USA)
 - WT1000: 수분 측정 오차가 $\pm 3\%$, 작동 온도 범위는 0-60℃, 2개 전극 길이 11.5 cm, 전극 간 거리 3 cm
 - Hydrosense: CS620 수분 측정부와 디스플레이 부로 구성되어 있으며, CS620의 수분 측정 오차는 전기 전도도가 2 dS/m 이하인 경우 $\pm 3\%$, 분해능 0.25%, 2개 전극 길이 12.0 cm, 전극 간 거리 32 mm
- 배지: 토마토 수경재배에 일반적으로 많이 사용되고 있는 암면(rock wool), 코이어(coir),

펄라이트(perlite) 등 3종을 선택

- 배지 1개에 5주의 토마토를 재배하고 토마토 뿌리부분에 핀 관수를 40-60분에 1회 정도 실시하므로, 관수제어장치(Model: Netaflex, Netafim Ltd., Tel Aviv, Israel)를 이용하여 200 mL/pin을 관수한 직 후 측정을 시작
- 선정된 2종의 센서로 1번 위치에서 9번 위치까지 5회씩 반복 측정하여 평균값을 얻었음. 또한, 1번부터 9번까지 측정하는데 시간차가 있었으며 3번의 시험을 통하여 측정 배지의 순서를 달리하였음. 따라서 센서 2종, 배지 3종, 배지 내 측정 위치 9개소, 측정 횟수 3번, 개소 당 5번 측정으로 총 810회의 측정이 이루어졌으며, 162개의 5회 평균값과 표준편차를 각각 얻었음

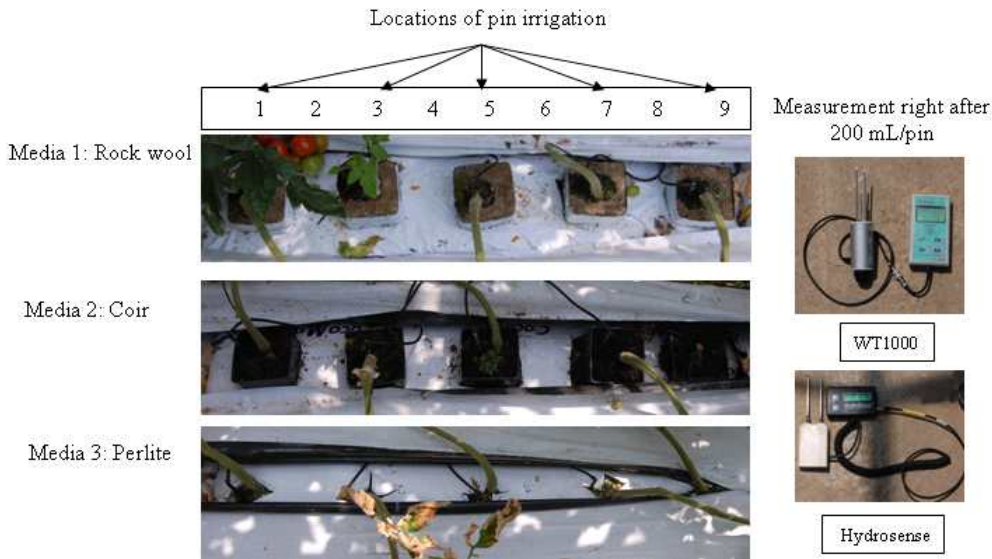


그림. 상용 토양수분 센서 배지 적응성 시험(1)의 방법

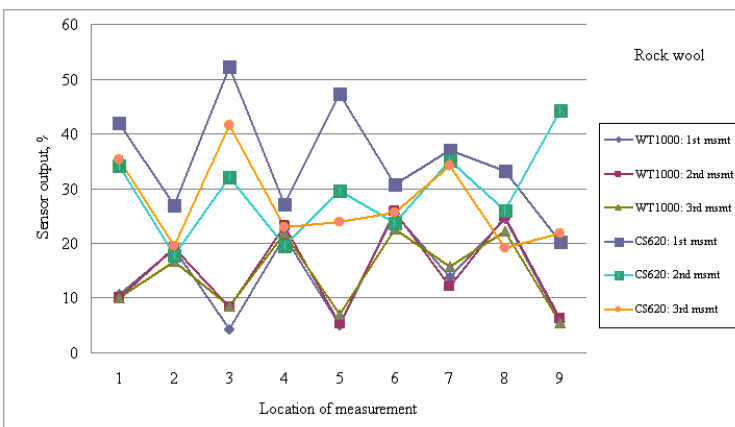
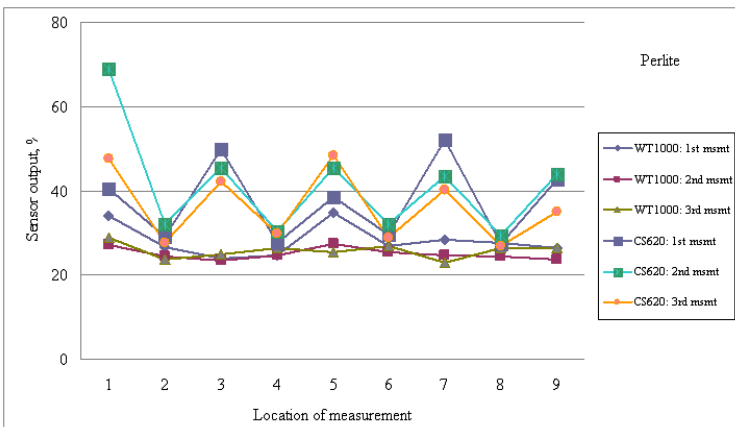
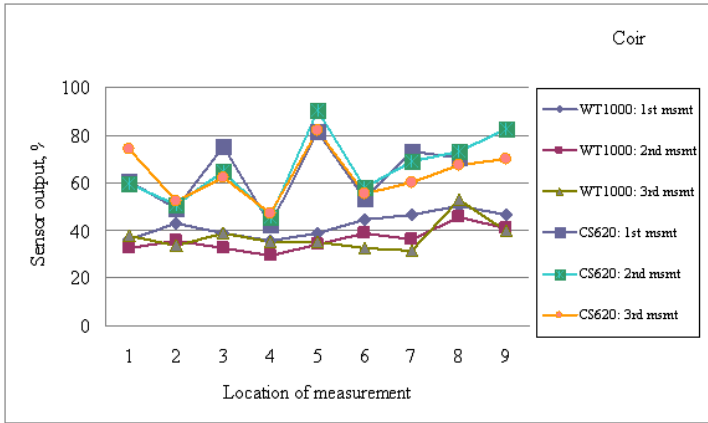
(다) 결과 및 고찰

- 두 종의 센서에 대한 810회 측정의 총 평균값은 WT1000이 26.6%, CS620이 44.3%로 나타나 WT1000이 17.7% 낮은 출력을 주었으며, 5회 평균값들의 표준편차는 WT1000이 10.6%, CS620이 15.4%로 WT1000이 4.8% 작게 나타나 변이계수는 각각 39.8%와 34.9%이었음
- 또한 표준편차의 평균은 WT1000이 2.8%, CS620이 12.1%로 나타났다. 따라서 상용센서를 적용할 경우 선택한 센서에 따라서 수경재배 배지의 수분 측정 출력 값이 큰 차이가 있었음

평균의 총 평균	미래센서	26.6
	Hydrosense	44.3
평균의 표준편차	미래센서	10.6
	Hydrosense	15.4
표준편차의 평균	미래센서	2.8
	Hydrosense	12.1
표준편차의 표준편차	미래센서	1.5
	Hydrosense	1.4

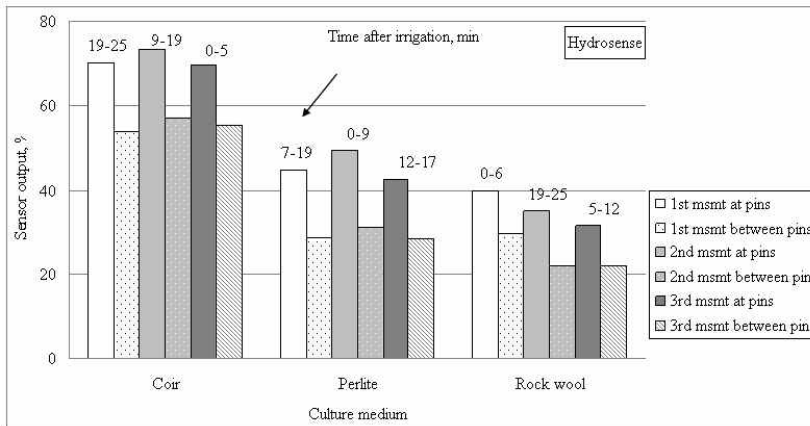
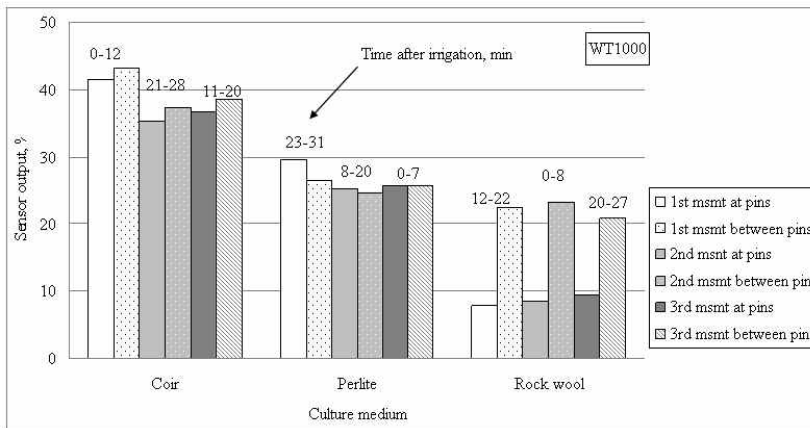
- 아래 그림에서도 CS620이 전체적으로 높은 출력을 보이는 것을 알 수 있고, CS620은 관

수지점이 핀관수 지점 사이 값보다 출력이 높았으나 WT1000은 관수지점이 낮은 출력값을 보였으며 암면의 경우 뚜렷하게 이러한 경향을 보였음.



- 센서별, 배지종류별, 측정 위치별, 관수 후 측정까지 시간별로 센서 출력값을 나타낸 그림에서, 센서별로는 위에서 기술한 바와 같이 전체적으로 CS620이 높은 값을 보였고 배지종류별로는 코이어가 가장 높게 나타났으며, 그 다음 펄라이트, 암면의 순으로 나타났음
- 측정 위치별로는 WT1000은 코이어와 펄라이트 배지에서 관수지점과 관수지점 사이가 유사하게 나타났으나 암면에서는 관수점 보다는 관수점 사이가 더 높게 나타났음. 그러나

CS620은 3종의 배지에 대하여 모두 관수지점이 관수점 사이보다 높게 나타났음. 측정 시간에 따라서는 대략적으로 관수 직후가 높게 나타났으나 그 차이는 크지 않았음



(4) 배지 적응성 시험 (2), (3)

- 시험(2): 선발된 5종의 센서에 대하여 배지 내 수분변이가 없는 상태에서 배지종류별, 센서종류별, 측정자세별 실제 수분 함량 및 양액농도에 대한 출력 특성 비교 분석
- 시험(3): 선발된 4종(장력계 제외)의 센서에 대하여 핀 관수 수행 시 배지종류별, 센서종류별, 관수량별, 양액 농도별, 측정위치별 실제 수분 함량 및 양액농도에 대한 출력 특성 비교 분석
- 현재 센서구매 및 실험장치 구상 중이며 실험결과를 국제 학술지에 게재할 계획임

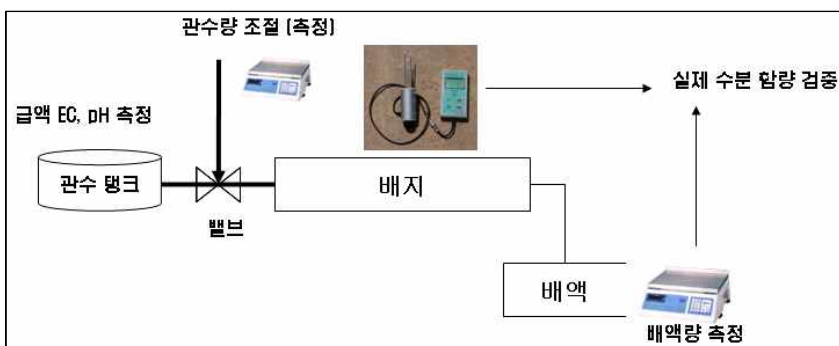


그림. 배지 적응성 시험 (2), (3)의 방법을 설명하는 다이어그램

(5) 독자모델 개발 방향 설정

- 위에서 기술한 사전 기술 조사 결과 2개의 판을 가진 정전용량식(또는 FDR, 유전율 방식)의 센서와 수분장력계 방식 모두 배지에 적용이 가능할 것으로 판단함
- 정전용량식 센서의 형상은 매질의 입자 및 공극이 토양입자 및 공극에 비하여 매우 큰 건조와 곡물 수분센서에도 활용되는 형상이며 최근 토양수분 센서에도 활용되고 있음
- 따라서, 독자 모델 개발의 방향을 다음과 같이 개략적으로 설정하였으며, 구체적인 사항은 상용센서 배지 적응성 시험 (2), (3)의 결과를 토대로 결정할 계획임
 - 우선 FDR 시도, 차후 수분장력법 시도
 - 안정적 수분 측정값을 위한 접촉면적 및 체적 확보할 수 있는 센서 형상 및 크기 결정
 - 수분에 민감한 주파수 선정
 - 온도, EC영향 제거
 - 또한, 가능성이 확인되면 가격 최소화 방안을 강구하고자 함

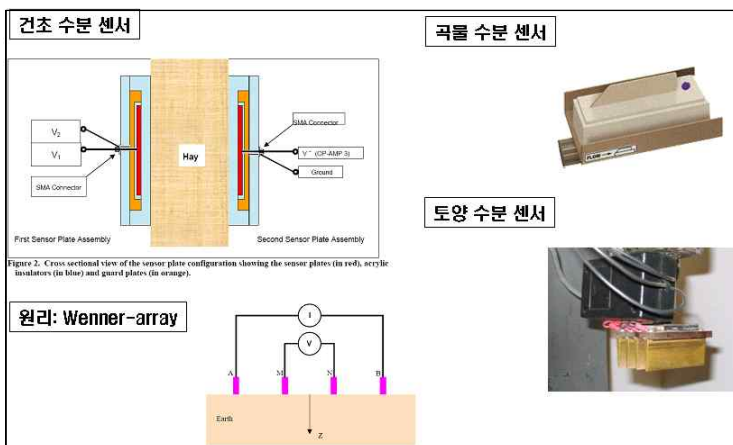


그림. 건조, 곡물 수분 등에 활용되는 정전용량식 센서의 형상



그림. 독자 모델의 방향: 유전율 방식 2종과 장력계 방식 1종

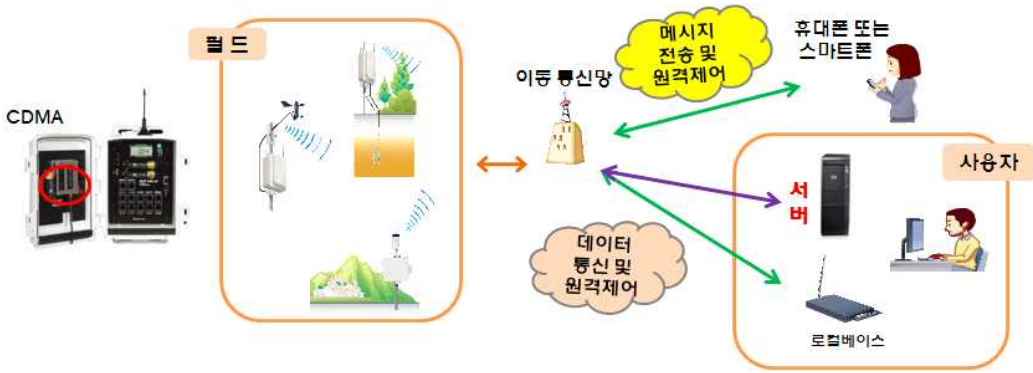
4. 유비쿼터스 온실 모니터링 시스템 개발

가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2012. 01. 19

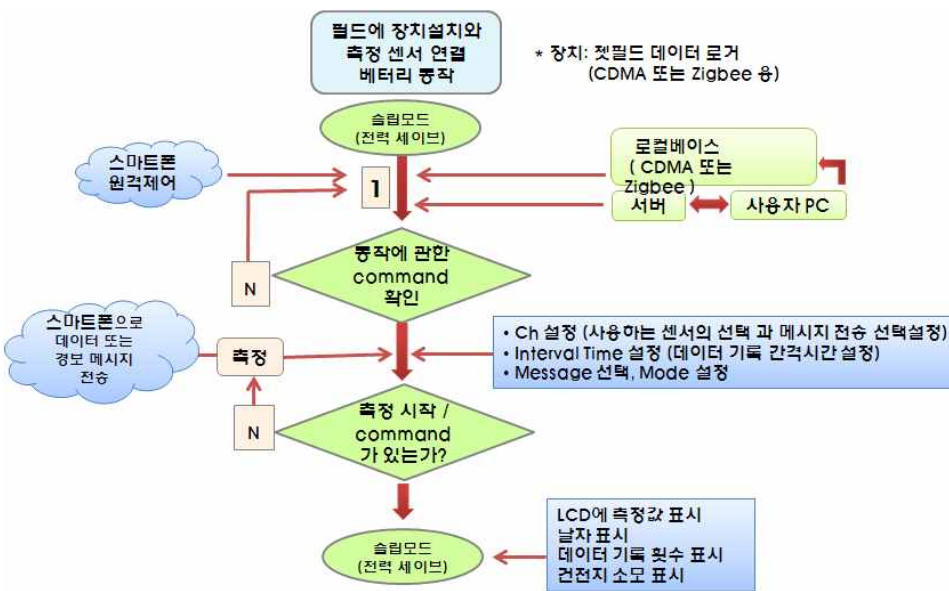
나. 연구방법

(1) 무선 모니터링 시스템 구성

농가(필드)에 무선 센서 장치를 설치하고 원격통신을 하여 데이터 전송 및 스마트 폰으로 메시지를 전송함



(2) 무선 모니터링 시스템의 Flow Chart



(3) 개발 시스템과 서버 데이터 통신

서버시스템과 개발 프로그램 Oracle과 스마트폰 어플리케이션 프로그램 제작용 mac 컴퓨터와 개발 프로그램 x-code를 사용해서 개발함.



다. 연구결과 및 고찰

(1) 연구결과

- 온실의 온·습도 등 센서 데이터를 서버시스템으로 무선 데이터 통신하거나, 사용자가 직접 원격으로 데이터 통신을 함.
- 전원 동작을 감지하여 스마트폰으로 경보 메시지를 전송함,
- 어플리케이션 명(TOMATO)의 스마트폰 데이터 통신과 서버시스템의 실시간 데이터 통신 완료
- u-IT를 구현함으로써 생산자에게 정보를 쉽게 제공하고 관리자가 그 데이터를 분석하여 제공함으로써 과학적이고 체계적인 컨설팅을 가능하게 함.

제 4 절 유통관리

<토마토 수출시장 다변화를 위한 유통기한 연장 기술 개발>

1. 수출국 유통조건별 토마토 수확 후 관리 기준 수립

가. 연구기간: 2008~2014

나. 연구방법

(1) 수출용 대과 토마토의 (원산지 분류) 품종별 수확 후 생리 및 저장성 비교

- 강원도 일대에서 재배한 일본계 품종('도태랑 다이아', '호용', '마스카라')과 3가지 유럽계 품종('랩소디', '메디슨', '트러스터')의 토마토를 breaker (5% 착색), turning(30% 미만 착색), pink(60% 미만 착색) 의 3단계 숙기별로 나누어 수확하였다. 수확한 과실은 호흡속도, 에틸렌 발생량과 과색, 경도, 당도, 산도, 비타민 C 함량을 조사하였다. 과실의 수확 후 생리로 호흡속도와 에틸렌 발생량을 측정하기 위해 과실을 25℃ 상온에서 500mL 밀폐용기에 넣고 3 시간 후 infrared sensor(checkmate, PMB, Demark)를 이용하여 이산화탄소 발생량으로 호흡속도를 측정하였고, 에틸렌발생량은 gas chromatography (GC-2010, Shimadzu, Japan) (Park 등, 2000)로 측정하였다. 과피색은 colorimeter(CR-400, Minolta, Japan) 과실의 경도는 rheometer(compac-100II, Sun scientific, Japan)로, 당도는 굴절당도계(ATAGO NI, Japan)로 산도는 과실산도계(GMK-835F, G-won, Korea), 그리고 비타민 C 함량은 RQ flex reflectometer(Merck RQ flex 2, Darmstadt, Germany)를 이용하여 측정하였다 (Arvanitoyannis 등, 2005). 모든 실험은 4반복으로 진행하였으며 통계처리는 Microsoft Excel 2002 program을 이용하여 표준편차로 나타내었다.

(2) 수출용 토마토의 (원산지 분류) 품종별 저장성 비교 : 6품종의 3가지 숙기별

- 강원도 일대에서 재배한 3가지 일본계 품종('도태랑 다이아', '호용', '마스카라')과 3가지 유럽계 품종('랩소디', '메디슨', '트러스터')의 토마토를 breaker (5% 착색), turning(30% 미만 착색), pink(60% 미만 착색)의 3단계 숙기별로 나누어 수확하였다. 모든 품종은 30% 착색 상태에서 수확하여 12℃, RH 90% 저장고에 box포장하여 저장하였다. 저장 중 생체중감소와 외관상품질을 조사하였고, 과피색은 colorimeter(CR-400, Minolta, Japan) 과실의 경도는 rheometer (compac-100II, Sun scientific, Japan)로, 당도는 굴절당도계(ATAGO NI, Japan)로 산도는 과실산도계(GMK-835F, G-won, Korea), 그리고 비타민 C 함량은 RQ flex reflectometer(Merck RQ flex 2, Darmstadt, Germany)를 이용하여 측정하였다 (Arvanitoyannis 등, 2005). 모든 실험은 4반복으로 진행하였으며 통계처리는 Microsoft Excel 2002 program을 이용하여 표준편차로 나타내었다.

(3) 수출용 토마토의 (원산지 분류) 숙기별 최적 저장 유통 조건 구명

- 강원도 일대에서 재배한 2가지 유럽계 품종('랩소디', '메디슨')과 2가지 품종의 일본계 품종('호용', '마스카라')의 토마토를 breaker (5% 착색), turning(30% 미만 착색), pink(60% 미만 착색) 의 3단계 숙기별로 나누어 수확하였다. 수확한 토마토는 6℃, 12℃, 24℃에서 저장하였으며 저장고 상대습도는 80-90% 수준으로 관리하였으며, 일반적인 box포장과 함께

박 등(1999)의 보고에서 우수한 MAP재질로 보고된 세라믹 20 μ m 필름으로 포장하여 저장하였다. 저장 중 생체중감소와 외관상품질을 조사하였고, 포장재 내부의 이산화탄소와 산소 가스 농도는 포장재 외부에 실리콘을 접착시켜 측정기의 바늘을 수차례 관통하여도 가스누출이 없게 처리한 후 infrared sensor(checkmate, PMB, Demark)로 측정하였고(Kang과 Kim, 2007), 포장재 내부의 에틸렌가스 농도는 gas chromatography(GC-2010, Shimadzu, Japan) (Park 등, 2000)로 측정하였다. 과피색은 colorimeter(CR-400, Minolta, Japan) 과실의 경도는 rheometer(compac-100II, Sun scientific, Japan)로, 당도는 굴절당도계(ATAGO NI, Japan)로 산도는 과실산도계(GMK-835F, G-won, Korea), 그리고 비타민 C 함량은 RQ flex reflectometer(Merck RQ flex 2, Darmstadt, Germany)를 이용하여 측정하였다(Arvanitoyannis 등, 2005). 모든 실험은 4반복으로 진행하였으며 통계처리는 Microsoft Excel 2002 program을 이용하여 표준편차로 나타내었다.

(4) 12 $^{\circ}$ C에서의 토마토 과실의 저온 장해 증상 비교

- 관행적인 방법으로 노지 재배한 일본계 품종인 '도태랑 다이아'와 유럽계 품종 '트러스트' 두 품종을 4월 16일부터 21일까지 성숙정도가 breaker(5% 착색) 단계인 것으로 선별하여 수확하였다. 선별된 토마토는 12 $^{\circ}$ C 저온에서 0일, 1일, 5일, 10일, 15일간 저장하였다. 12 $^{\circ}$ C에서 각 처리기간동안 저장한 토마토는 24 $^{\circ}$ C 상온으로 옮겨 품온이 상온으로 상승한 직후와 24시간 후, 3일후, 5일후 infrared sensor(checkmate, PMB, Demark)로 이산화탄소 발생량을 측정하여 호흡속도를 계산하였고 gas chromatography(GC-2010, Shimadzu, Japan)로 에틸렌 발생속도를 측정하였으며 과피색을 colorimeter(CR-400, Minolta, Japan)로 L*, a*, b*로 측정하였다. 상온 5일째에는 conductivity meter(SG3, METTLER TOLEDO, Switzerland)를 이용하여 이온용출량을 측정하였다. 이상의 호흡속도, 에틸렌 발생량, 과피색 변화, 그리고 이온용출량 간의 상관관계를 조사하였다. 모든 실험은 8반복으로 진행하였으며 통계처리는 Microsoft Excel 2002 program을 이용하여 표준편차로 나타내었다.

(5) 수출용 토마토의 품종별 수확 후 관리 체계 구축

: 수입국, 수출시기, 수송거리별 적정 품종 및 수확시기 제시

- 수입국, 수출업자, 수출농가의 선호 품종을 조사하고, 이를 통해 수입국 및 수출(재배)시기별 적정 품종과 수확시기 제시
- 이를 위해 국내 주요 토마토 수출업체 5곳을 대상으로 아래 설문지를 이용하여 전화 설문 조사를 실시함.

KTPT (응답자: 박문신 이사) / 그린상사 (응답자: 곽순재 과장) / 명인무역 (응답자: 김명희 대표) / 흥원물산 (응답자: 지현호 대표) / (주)팜슨 (응답자: 백명화 박사)

- 수입국과 수출농가의 선호 품종과 수확 시기는 수출업자의 조사를 통해 충분히 파악할 수 있었음.
- 수출업자의 경우 수입국 바이어의 제시 조건에 의해 품종과 숙기를 결정하고 있었으며, 국내 수출농가의 경우 수출업자의 요구에 맞춰 품종과 숙기를 결정하고 있었음.

토마토 수출업체의 선호 품종, 품질, 숙기 및 수출유통현황에 대한 조사

안녕하십니까?

본 설문지는 농림수산물부 산하 농림수산물기술기획평가원의 토마토 수출 사업단에서 진행하는 설문조사입니다. 본 조사는 오답 정답 없이, 단지 실제 수출 현장의 사실함 그대로 응답해 주시면 됩니다.

귀하께서 응답해 주신 내용은 오의 통계적인 분류와 수출토마토의 현장 교육 등으로만 사용될 것을 말씀드립니다.

2010. 6.

토마토 수출사업단 단장 김영식 교수
장원대학교 원예학과 교수 김효민

1 토마토를 수출하신지 몇 년째인가요?

- (1) 1년 (2) 1~2년 (3) 3~4년 (4) 5~7년 (5) 7~10년

2 토마토 수출대상국가는 어디인가요? (단, 여러 국가로 수출하실 경우 복로 표시해 주십시오.)

- (1) 일본, _____ %
 (2) 동남아시아, _____ %
 (3) 러시아, _____ %
 (4) 기타(_____) _____ %

3 수출 수출조건은 무엇인가요? (단, 여러 국가로 수출하시고 국가별 조건이 다른 경우 국가별을 기입해 주십시오.)

- (1) 선박-냉장컨테이너, 대상국 _____
 (2) 선박-상온컨테이너, 대상국 _____
 (3) 항공-냉장컨테이너, 대상국 _____
 (4) 항공-상온컨테이너, 대상국 _____
 (5) 기타(_____) 대상국 _____

다음 페이지 계속 -

3-2. 수출 수출조건이 냉장컨테이너일 경우 온도조건은 몇도인가요?

(단, 여러 국가로 수출하시고 국가별 조건이 다른 경우 국가별을 기입해 주십시오.)

- (1) 5도이하, 대상국 _____
 (2) 5~8도 대상국 _____
 (3) 9~10도 대상국 _____
 (4) 10도내외, 대상국 _____
 (5) 기타(_____) 대상국 _____

4 수입국의 유통조건은 무엇인가요?

(단, 여러 국가로 수출하시고 국가별 조건이 다른 경우 국가별을 기입해 주십시오.)

- (1) 저온유통, 대상국 _____
 (2) 상온유통, 대상국 _____
 (3) 알지 못함, 대상국 _____
 (4) 기타(_____) 대상국 _____

5 수출하는 토마토는 어떤 계통인가요?

(단, 여러 계통을 수출하실 경우 복로 표시해 주시고, 해당 국가도 기입해 주십시오.)

- (1) 방출토마토 _____ % 대상국 _____
 (2) 유럽계 대과종 _____ % 대상국 _____
 (3) 동양계 대과종 _____ % 대상국 _____
 (4) 송이토마토 _____ % 대상국 _____
 (5) 기타(_____) _____ % 대상국 _____

5-1. 수입국(수입국 바이어)에서 요구하는 토마토 품종은 무엇인가요?

(본인이 수출하시는 계통의 품종을 기입해 주시고, 여러 계통을 수출하실 경우 계통별로 기입해 주십시오.)

- (1) 방출토마토 _____
 (2) 유럽계 대과종 _____
 (3) 동양계 대과종 _____
 (4) 송이토마토 _____
 (5) 기타 _____

다음 페이지 계속 -

6. 수출하시는 토마토 계통과 수입국(수입국 바이어)에서 가장 중요시하는 토마토 품질 요인은 무엇인가요? (수출하신 계통만 답해 주십시오.)

6-1. 수입국(수입국 바이어)에서 가장 중요시하는 **방출 토마토**의 품질은?
 (1) 경도, (2) 당도, (3) 착색, (4) 기타(_____) _____

6-2. 수입국(수입국 바이어)에서 가장 중요시하는 **대과종 토마토**의 품질은?
 (1) 경도, (2) 당도, (3) 착색, (4) 기타(_____) _____

6-3. 수입국(수입국 바이어)에서 가장 중요시하는 **송이 토마토**의 품질은?
 (1) 경도, (2) 당도, (3) 착색, (4) 기타(_____) _____

농약안전성을 제외한

7. 수출업체에서 생각하시는 수출토마토의 가장 중요한 품질 요인은 무엇인가요?
 (수출하신 계통만 답해 주십시오.)

7-1. 수출업체에서 생각하시는 **방출 토마토**의 가장 중요한 품질은 ?
 (1) 경도, (2) 당도, (3) 착색, (4) 기타(_____) _____

7-2. 수출업체에서 생각하시는 **대과종 토마토**의 가장 중요한 품질은 ?
 (1) 경도, (2) 당도, (3) 착색, (4) 기타(_____) _____

7-3. 수출업체에서 생각하시는 **송이 토마토**의 가장 중요한 품질은 ?
 (1) 경도, (2) 당도, (3) 착색, (4) 기타(_____) _____

다음 페이지 계속 -

8. 수입국(수입국 바이어)에서 요구하는 토마토 숙기(착색정도)는 무엇인가요?
 (수출하신 계통만 답해 주십시오.)

8-1. 수입국(수입국 바이어)에서 요구하는 **방출 토마토**의 숙기(착색정도)는?
 (숙기별로 달라질 경우 숙기도 표시해 주십시오.)

- (1) 완숙(90%이상) 시기(계절) _____
 (2) 반숙(70%착색) 시기(계절) _____
 (3) 반숙(50%착색) 시기(계절) _____
 (4) 미숙(30%이하) 시기(계절) _____
 (5) 기타 시기(계절) _____

8-2. 수입국(수입국 바이어)에서 요구하는 **대과종 토마토**의 숙기(착색정도)는?
 (숙기별로 달라질 경우 숙기도 표시해 주십시오.)

- (1) 완숙(90%이상) 시기(계절) _____
 (2) 반숙(70%착색) 시기(계절) _____
 (3) 반숙(50%착색) 시기(계절) _____
 (4) 미숙(30%이하) 시기(계절) _____
 (5) 기타 시기(계절) _____

8-3. 수입국(수입국 바이어)에서 요구하는 **송이 토마토**의 숙기(착색정도)는?
 (숙기별로 달라질 경우 숙기도 표시해 주십시오.)

- (1) 완숙(90%이상) 시기(계절) _____
 (2) 반숙(70%착색) 시기(계절) _____
 (3) 반숙(50%착색) 시기(계절) _____
 (4) 미숙(30%이하) 시기(계절) _____
 (5) 기타 시기(계절) _____

9. 그밖에 수입국 바이어가 요구하는 토마토 품질 관련 사항은 무엇입니까?

감사합니다. 토마토 수출 증대에 소중한 자료로 이용하겠습니다.

(6) 수출국 유통조건별 토마토 수확 후 관리 기준 수립

(가) 일본 수출 유통 조건 조사 및 수확 후 관리 기준 수립

: 수출 전체 유통경로에 데이터 로거 이용

- 일본 수출 유통 현황 조사 : 방울토마토(품종 유니콘)를 대상으로 일본 수출 수출물량에 대한 수송 유통 중 온습도관리 조건 조사 (8월 1일 수확 8월 4일 오전 일본 도착)

일시	작업내용	온도관리
8월 1일 오후 01시	수확 (예냉 없음)	30도
8월 2일 오전 10시	선별 (크기별 선별)	25도
8월 2일 오후 01시	온습도기록계	26도
8월 2일 저녁 11시	상차 (일반트럭)	22도
8월 3일 오후 10시	부산항 도착 선적 (냉장컨테이너 11°C)	11도
8월 3일 오후 11시	부산항 출항	11도
8월 4일 오전 06시	후쿠오카 하카다항 도착 통관작업	22도
8월 4일 오후 01시	일본수입업자 저온창고저장 (15°C)	15도
9월 7일	온습도 기록계 회수	



그림1. 일본 수출 방울토마토 상자 내부에 온습도 데이터 로거 설치 장면

(7) 수출국 유통조건별 토마토 수확 후 관리 기준 수립

: 일본 수출 유통 조건 조사 및 수확 후 관리 기준 수립

- 대과종 토마토의 경우 현재 일본으로만 수출되고 있어 일본 수출 유통 환경을 기준으로 조사함

(8) 수출국 유통조건별 토마토 수확 후 관리 기준 수립

: 유통조건별 적정관리 매뉴얼 완성(수출용 방울토마토)

- 일본 수출용 적정 관리 매뉴얼 작성
- 일본 유통조건 및 초장거리 수송에 대한 개별적 접근을 기초로 작성
- 국내 수확직후부터 수출 컨테이너 입고 직전까지 중점관리 내용 삽입

다. 연구결과 및 고찰

(1) 수출용 대과 토마토의 (원산지 분류)품종별 수확 후 생리 및 저장성 비교

- 호흡급등(climacteric rise) 과실인 토마토는(Kader, 2002) 품종에 관계없이 성숙에 진행되면서 약간의 호흡증가는 나타났으나 통계적 유의성은 없었다. 품종별로는 대체로 유럽계에 비해 일본계에서 높게 나타났는데, 평균적으로 미숙과는 1.7배, 반숙과는 1.6배, 그리고 완숙과는 1.2배의 호흡속도를 나타내었다. 에틸렌도 성숙이 진행될수록 많이 발생되었는데 발생속도는 기존의 보고(Cantwell, 1998; Hardenberg 등, 1990)와 유사한 30 ~ 40 $\mu\text{l}/\text{kg}/\text{hr}$ 수준이었다. 품종별로는 유럽계와 일본계간에 차이를 보이지 않았으며, 6 품종 간 차이에 유의성은 나타나지 않았다.

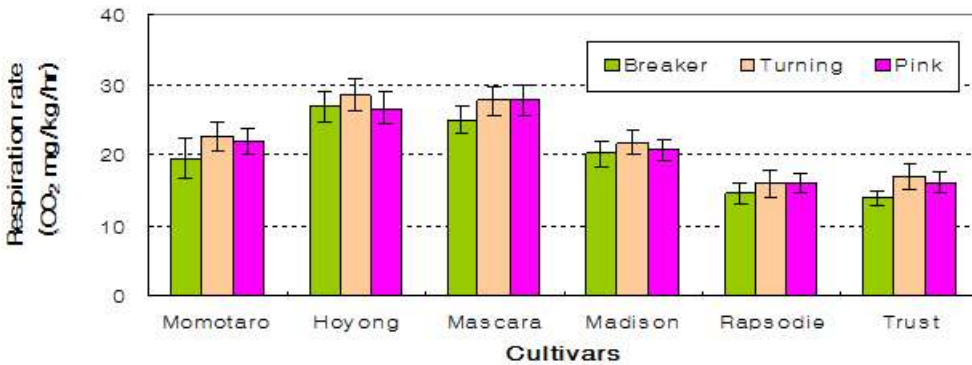


그림2. The respiration rate of 6 different tomato cultivars for 3 hours after harvest in room temperature. Breaker stage was 5% coloration, turning stage: less than 30% coloration, pink stage was less than 60% coloration. Vertical bars represent \pm SE of the means (n=10)

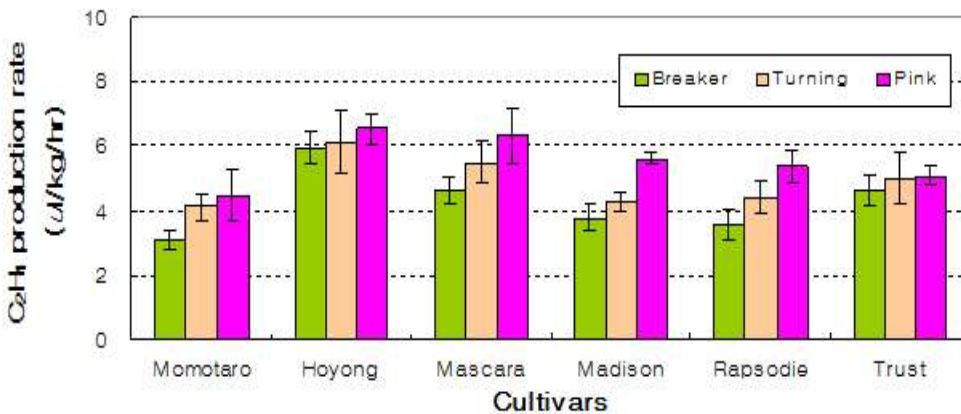


그림3. The ethylene production rate of 6 different tomato cultivars for 3 hours after harvest in room temperature. Breaker stage was 5% coloration, turning stage: less than 30% coloration, pink stage was less than 60% coloration. Vertical bars represent \pm SE of the means (n=10)

- 과피색은 명도를 나타내는 L* 값은 품종별과 숙기별 큰 차이를 보이지 않았으나, 녹색에서 적색을 나타내는 a*값은 숙기가 진행될수록 증가하였다. 각 숙기별 a*값은 5% 착색단계는 -12.67, 30% 착색은 -6.33, 60% 착색단계는 1.02 수준이었다. 이에 반해 청색에서 황색을 나타내는 b*값은 과실이 성숙할수록 유럽계가 일본계보다 증가폭이 컸는데 60% 착색 단계에서는 유럽계가 일본계에 1.3배 수준이었다. 이는 유럽계 품종 고유의 과피색을 나타내는 것이라 생각된다.
- 토마토 과실의 경도는 품종에 관계없이 기존의 보고대로(Lee, 1996) 성숙되면서 감소하는

경향이었는데, 역시 유럽계 품종이 일본계 품종보다 단단하였다. 품종별로는 유럽계에서 메디슨이 가장 높은 경도를 보였고 다음으로 랩소디, 트러스트 순서였으며 트러스트의 경우 일본계 품종 수준의 경도를 나타내었다. 일본계 품종에서는 호용이 가장 높았으나 다른 품종과 차이에 통계적 유의성은 없었다.

- 당도는 경도와는 반대로 숙기가 진행되면서 증가하였는데, 6품종 평균 미숙과는 4.8, 반숙과는 5.0, 완숙과는 5.3 °Brix을 보였다. 기존에 보고와 같이 일본계가 유럽계에 비해 미숙과는 16%, 반숙과는 13%, 그리고 완숙과 6% 높게 나타났다. 품종별로는 도태랑 다이가 가장 높았으며, 트러스트가 가장 낮은 당도를 보였다. 유럽계인 메디슨은 일본계 수준의 당도를 보이기도 하였다. 대표적인 호홉 급등과인 토마토는 성숙하면서 경도가 약해지고 당도가 증가하는 일반적인 과실의 성숙양상을 나타내었다(Kays, 1991).

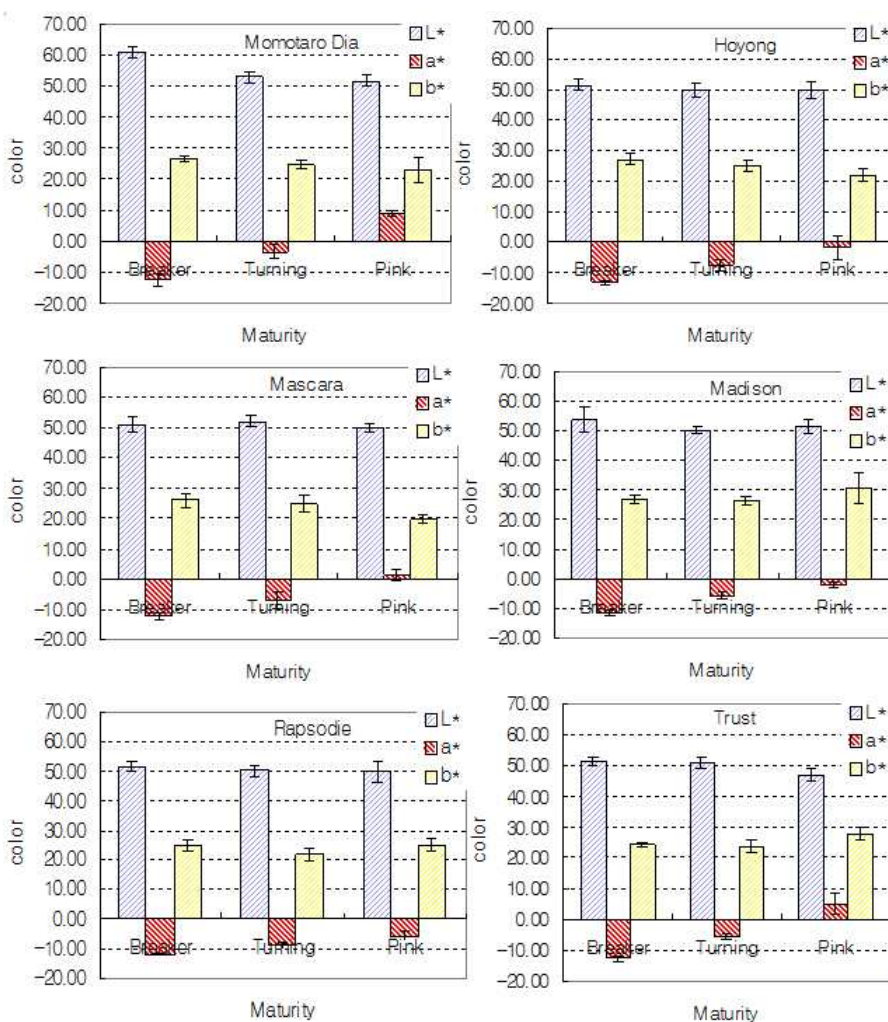


그림4. The color(L, a, b value) of fruit surface in 6 different tomato cultivars. Breaker stage was 5% coloration, turning stage: less than 30% coloration, pink stage was less than 60% coloration. Vertical bars represent \pm SE of the means (n=10)

- 산도는 일반적으로 성숙되면서 감소하는 경향을 보이는데(Kays, 1991), 6가지 토마토 모두 동일한 결과를 보였다. 적정산도는 % citric acid로 환산하였을 때 0.5%내외로 기존의 보고와 유사한 수준이었는데(Kader 등, 1978), 품종별로 유럽종에 비해 일본종이 3가지 성숙단

계에서 모두 높게 나타나 품종 계열에 따른 특성을 잘 나타내었다. 당과 산의 함량으로 볼 때 도태랑 다이가가 가장 우수하였으며, 다음으로 호용이었고, 마스카라는 일본계 품종에서 가장 낮은 당과 산의 함량을 보였다. 유럽계 품종에서는 메디슨이 당과 산이 모두 우수하였다. 당산비의 경우도 성숙이 진행되면서 증가하였는데, 일본계 품종은 산도의 변화가 심하여 성숙이 진행되면서 크게 증가하였으나, 산도와 당도의 변화가 크지 않았던 유럽계 품종은 성숙에 따라 큰 차이를 보이지 않았다.

표1. Qualities of fruit of 6 different tomato cultivars(Trust', 'Rapsodie', 'Madison', 'Dotearang Dia', 'Hoyong', 'Mascara') harvested 3 different maturities

Cultivar	Maturity (% coloration)	Firmness (N)	Soluble solide (Brix)	Acidity (% Citric acid)	Sugar/ acid ratio	Vitamin C content (mg/100gFW)
Momotaro Dia	5 %	3.9 ± 0.3	5.6 ± 0.1	0.89 ± 0.04	6.3	23.6 ± 3.4
	30 %	3.0 ± 0.4	5.8 ± 0.2	0.75 ± 0.11	7.7	24.1 ± 4.0
	60 %	2.0 ± 0.2	5.9 ± 0.1	0.67 ± 0.04	8.8	26.4 ± 2.2
Hoyong	5 %	4.0 ± 0.2	4.7 ± 0.2	0.73 ± 0.06	6.4	17.0 ± 1.0
	30 %	3.0 ± 0.2	5.3 ± 0.2	0.72 ± 0.04	7.4	21.1 ± 2.8
	60 %	2.4 ± 0.5	5.6 ± 0.1	0.68 ± 0.04	8.2	25.3 ± 3.2
Mascara	5 %	3.6 ± 0.4	4.6 ± 0.1	0.75 ± 0.07	6.1	17.1 ± 1.1
	30 %	3.3 ± 0.5	4.8 ± 0.2	0.70 ± 0.10	6.9	17.7 ± 2.4
	60 %	2.4 ± 0.4	5.1 ± 0.2	0.45 ± 0.04	11.3	20.1 ± 3.7
Madison	5 %	5.7 ± 0.1	4.9 ± 0.2	0.46 ± 0.06	10.7	21.2 ± 1.3
	30 %	4.4 ± 0.3	5.3 ± 0.1	0.45 ± 0.04	11.8	22.3 ± 1.8
	60 %	4.2 ± 0.3	5.7 ± 0.2	0.43 ± 0.05	13.3	27.3 ± 2.1
Rapsodie	5 %	4.1 ± 0.4	4.7 ± 0.3	0.44 ± 0.04	10.7	19.4 ± 1.7
	30 %	2.9 ± 0.2	4.6 ± 0.2	0.41 ± 0.04	11.2	20.1 ± 2.0
	60 %	2.7 ± 0.4	5.0 ± 0.1	0.39 ± 0.04	12.8	25.8 ± 1.2
Trust	5 %	3.8 ± 0.4	3.6 ± 0.3	0.45 ± 0.04	8.0	16.0 ± 2.1
	30 %	2.9 ± 0.4	4.1 ± 0.1	0.40 ± 0.02	10.3	17.5 ± 3.9
	60 %	1.8 ± 0.3	4.7 ± 0.2	0.39 ± 0.04	12.1	25.4 ± 3.3

^z Mean separation within columns and maturity by Duncan's multiple range test at 5% level.

(2) 수출용 토마토의 (원산지 분류) 품종별 저장성 비교 : 6품종의 3가지 숙기별

- 6가지 품종의 생체중 감소는 박스 포장임에도 불구하고 습도가 90%, 온도가 12°C의 저장조건이었던 관계로 저장 30일까지 대체로 4% 미만에 머물렀다. 토마토 과실의 경우 생체중 감소에 따른 상품성 유지 범위가 5-7%이므로(Kays, 1991), 저장 30일까지는 생체중 감소에 따른 품질 저하는 미비하였다고 판단된다. 품종별로는 '트리스트'의 생체중 감소가 큰 편이었고, '도태랑 다이가'가 작은 편이었으나 품종 간 차이에 통계적 유의성은 없었다.
- 저장 중 과피색 중 명도와 녹색-적색 값인 a* 값은 품종 간 차이에 유의성은 없었다. 과피색 중 a*값과 a*/b*비율이 저장기간이 길어지면서 증가하는 경향을 보였는데, 5% 착색단계의 a*값의 경우 -10 이하에서 저장 20일째에 '트리스트'를 제외한 모든 품종이 15 수준까지 증가하여 red 단계까지 착색이 완료되었다. 30% 착색 단계의 a*값도 -5 수준에서 저장 10일째에 일본계 품종들은 15 수준까지 증가하였고 20일에는 모든 품종에서 15 내외 값을 보이면서 착색이 완료되었으며 60% 착색단계에서는 10일까지 급격한 증가를 보인 후 완만하게 증가하였다.

- 토마토 착색정도를 표현하는 a^*/b^* 값의 경우 5% 착색 단계에서는 저장 30일까지 계속 증가하는 경향을 보인 반면, 30% 착색과 60% 착색 단계에는 10일에 이미 0.5 이상의 수치를 보이면서 착색이 완료되었다. 저장온도가 12°C의 저온이었으나 5% 착색 단계의 6품종까지 모두 저장 중 정상적인 착색을 나타내었다.
- 기존의 보고에서 12.5°C 저장조건에서 녹숙과가 14일간 저장이 가능하다고 하였으며 (Suslow와 Cantwell, 1996), 그 밖에 보고에서는 30일 이상 저장한 예도 있었는데, 6가지 품종 3단계 모두 저장 15일째까지 부패과 없이 외관상 상품성을 유지하였고, ‘트러스트’와 ‘호용’이 18일째, ‘랩소디’, ‘메디슨’ ‘도태랑 다이아’, ‘마스카라’가 20일째 부패과가 발생하였다. 저장 30일째에는 적게는 16%에서 많게는 60%까지의 부패율을 보였다.

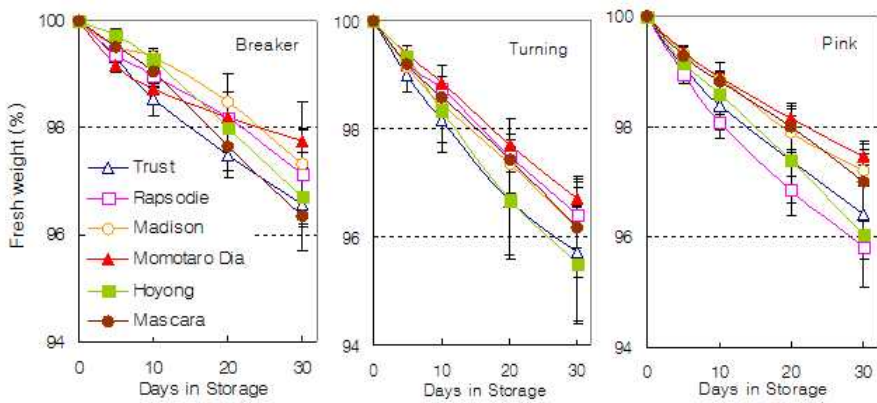


그림5. Change of fresh weight of tomato fruit in 6 different cultivars

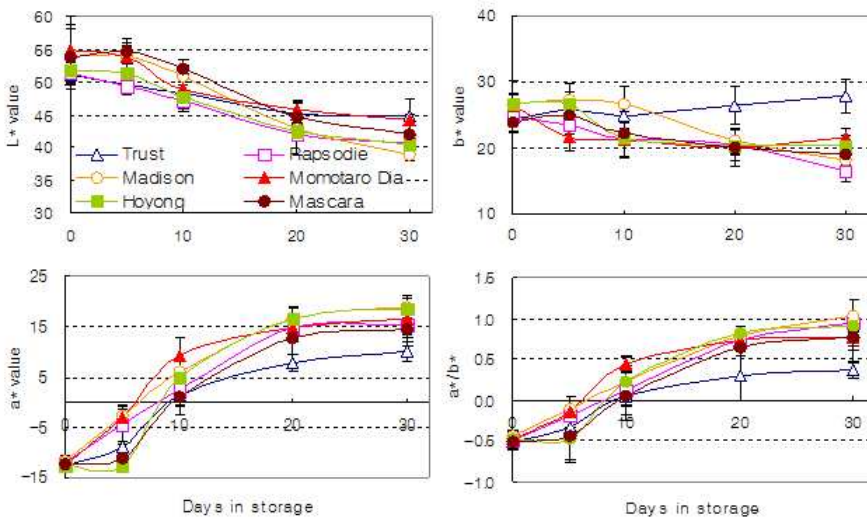


그림6. Color changes of 6 different cultivars tomato harvested at breaker stage, stored at 12°C packaged in box

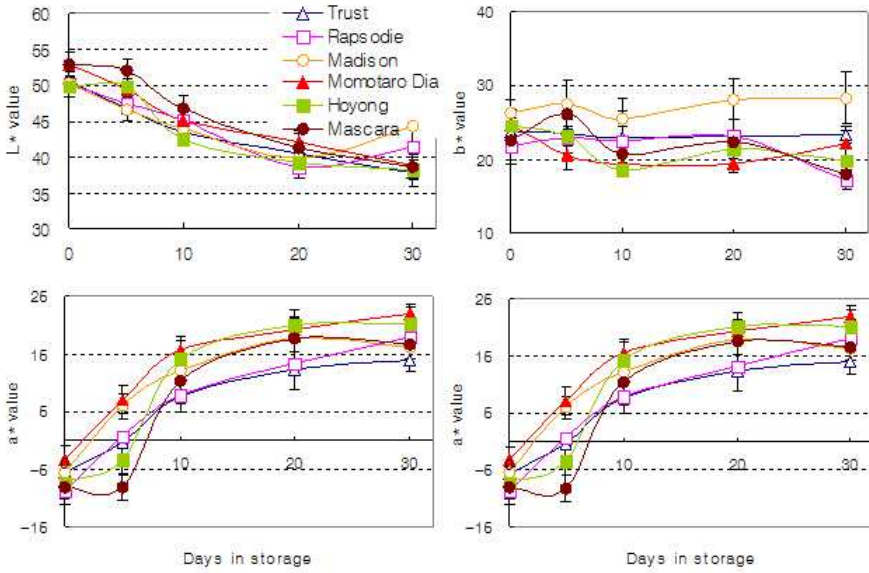


그림7. Color changes of 6 different tomatoes harvested at turning stage, stored at 12°C packaged in box

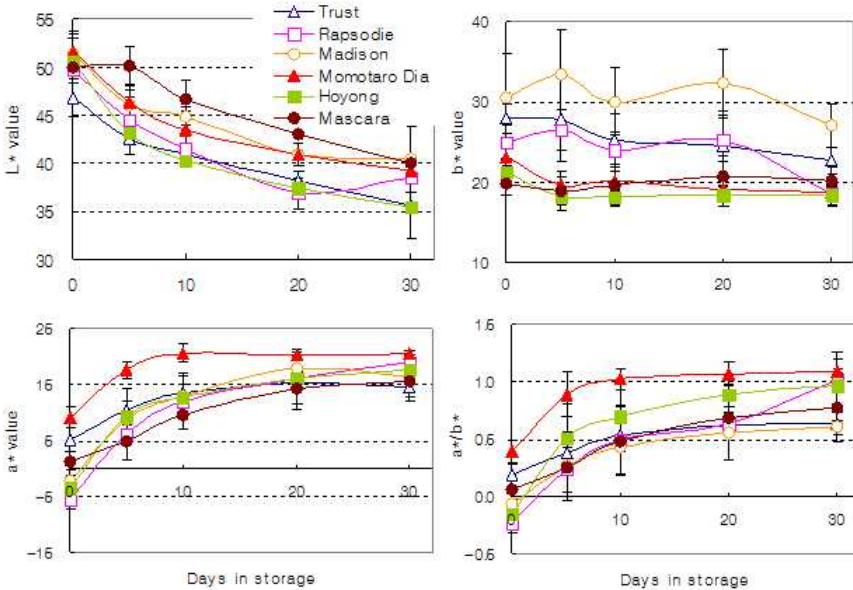


그림8. Color changes of 6 different tomatoes harvested at pink stage, stored at 12°C packaged in box

- 저장 중 경도는 모두 감소하였고, 30일째에도 저장 전 경도가 높았던 '메디슨'이 가장 높은 경도를 유지하였고, 경도의 저장 중 감소 폭은 일본계에서는 효용이 유럽계에서는 '트러스트'가 가장 적었다. 숙기별로는 '5% 착색'의 감소가 가장 컸는데, 이는 12도의 저장온도에서 정상적인 성숙과 노화가 진행되었기 때문이라 생각된다. 비타민 C의 경우도 저장 중 감소하였는데, 감소 폭은 품종간의 큰 차이를 보이지 않았으며, 숙기별로도 일정한 경향을 보이지 않았다.
- 저장 중 당도는 대체로 감소하는 경향이었으나, '트러스트'와 '메디슨'의 5% 착색 단계의 경우 저장 중 다소 증가하기도 하였다. 산도의 경우 모두 감소하였는데, 이로 인해 당산비가 6품종의 3성숙단계에서 모두 증가하였다. 대체로 당도가 높은 일본품종이 저장 30일 후에도 12를 약간 상회하는 수치를 보인 반면, 산도가 유럽품종은 높은 수치를 보였다. 저장

중 산도의 감소 폭은 저장 전 값이 높았던 일본계 품종에서 컸으며, 숙기별로는 일정한 경향을 보이지 않았다.

표2. The qualities of 6 cultivars tomato fruits classified by 3 maturities

Cultivar	Maturity (% coloration)	Firmness (N)		Vitamin C content (mg/100gFW)		Decay ratio (%)	
		0 day	30 th days	0 days	30 th days	20 th days	30 th days
Momotaro	5 %	3.9 ± 0.3	1.0 ± 0.2	23.6 ± 3.4	13.6 ± 1.3	10	33.3
	30 %	3.0 ± 0.4	1.1 ± 0.2	24.1 ± 4.0	13.3 ± 2.0	0	16.6
	60 %	2.0 ± 0.2	1.1 ± 0.2	26.4 ± 2.2	14.0 ± 0.5	0	50.0
Dia	5 %	4.0 ± 0.2	1.6 ± 0.2	17.0 ± 1.0	15.0 ± 1.1	0	20.0
	30 %	3.0 ± 0.2	1.5 ± 0.2	21.1 ± 2.8	15.6 ± 1.0	10	40.0
	60 %	2.4 ± 0.5	1.7 ± 0.3	25.3 ± 3.2	15.5 ± 0.5	20	60.0
Hoyong	5 %	3.6 ± 0.4	1.4 ± 0.2	17.1 ± 1.1	12.1 ± 1.0	0	16.6
	30 %	3.3 ± 0.5	1.3 ± 0.3	17.7 ± 2.4	12.0 ± 2.1	10	66.6
	60 %	2.4 ± 0.4	1.3 ± 0.2	20.1 ± 3.7	13.0 ± 1.2	0	60.0
Mascara	5 %	5.7 ± 0.1	3.1 ± 0.4	21.2 ± 1.3	11.4 ± 2.8	0	33.3
	30 %	4.4 ± 0.3	2.7 ± 0.3	22.3 ± 1.8	13.6 ± 2.2	10	50.0
	60 %	4.2 ± 0.3	2.6 ± 0.3	27.3 ± 2.1	14.3 ± 1.4	0	33.3
Madison	5 %	4.1 ± 0.4	1.4 ± 0.3	19.4 ± 1.7	13.9 ± 0.5	0	16.6
	30 %	2.9 ± 0.2	1.4 ± 0.3	20.1 ± 2.0	12.4 ± 1.5	10	50.0
	60 %	2.7 ± 0.4	1.4 ± 0.2	25.8 ± 1.2	14.9 ± 1.0	0	16.6
Rapsodie	5 %	3.8 ± 0.4	1.9 ± 0.4	16.0 ± 2.1	10.2 ± 1.1	20	50.0
	30 %	2.9 ± 0.4	1.7 ± 0.3	17.5 ± 3.9	14.0 ± 0.8	20	33.3
	60 %	1.8 ± 0.3	1.6 ± 0.2	25.4 ± 3.3	14.4 ± 2.4	20	50.0
Trust	5 %	3.8 ± 0.4	1.9 ± 0.4	16.0 ± 2.1	10.2 ± 1.1	20	50.0
	30 %	2.9 ± 0.4	1.7 ± 0.3	17.5 ± 3.9	14.0 ± 0.8	20	33.3
	60 %	1.8 ± 0.3	1.6 ± 0.2	25.4 ± 3.3	14.4 ± 2.4	20	50.0

^z The values represent mean ± SE (n=8).

표3. The qualities of 6 cultivars tomato fruits classified by 3 maturities

Cultivar	Maturity (% coloration)	Soluble solide (Brix)		Titratable acidity (% Citric acid)		Sugar/acid ratio	
		0 day	30 th days	0 days	30 th days	20 th days	30 th days
Momotaro	5 %	5.6 ± 0.1	5.5 ± 0.3	0.89 ± 0.04	0.33 ± 0.14	6.3	16.8
	30 %	5.8 ± 0.2	5.6 ± 0.1	0.75 ± 0.11	0.41 ± 0.05	7.7	13.7
	60 %	5.9 ± 0.1	5.5 ± 0.2	0.67 ± 0.04	0.41 ± 0.04	8.8	13.3
Dia	5 %	4.7 ± 0.2	4.7 ± 0.3	0.73 ± 0.06	0.30 ± 0.04	6.4	15.6
	30 %	5.3 ± 0.2	5.1 ± 0.2	0.72 ± 0.04	0.31 ± 0.03	7.4	16.5
	60 %	5.6 ± 0.1	4.9 ± 0.1	0.68 ± 0.04	0.28 ± 0.03	8.2	17.4
Hoyong	5 %	4.6 ± 0.1	4.7 ± 0.3	0.75 ± 0.07	0.39 ± 0.02	6.1	12.0
	30 %	4.8 ± 0.2	4.6 ± 0.2	0.70 ± 0.10	0.38 ± 0.03	6.9	12.1
	60 %	5.1 ± 0.2	4.8 ± 0.1	0.45 ± 0.04	0.34 ± 0.03	11.3	14.0
Mascara	5 %	4.9 ± 0.2	5.3 ± 0.3	0.46 ± 0.06	0.33 ± 0.04	10.7	16.2
	30 %	5.3 ± 0.1	5.4 ± 0.3	0.45 ± 0.04	0.23 ± 0.02	11.8	23.3
	60 %	5.7 ± 0.2	5.4 ± 0.2	0.43 ± 0.05	0.24 ± 0.02	13.3	22.6
Madison	5 %	4.7 ± 0.3	4.6 ± 0.3	0.44 ± 0.04	0.30 ± 0.05	10.7	15.3
	30 %	4.6 ± 0.2	4.6 ± 0.3	0.41 ± 0.04	0.28 ± 0.04	11.2	16.7
	60 %	5.0 ± 0.1	4.8 ± 0.3	0.39 ± 0.04	0.20 ± 0.01	12.8	23.5
Rapsodie	5 %	3.6 ± 0.3	4.6 ± 0.2	0.45 ± 0.04	0.26 ± 0.01	8.0	17.6
	30 %	4.1 ± 0.1	4.5 ± 0.1	0.40 ± 0.02	0.27 ± 0.03	10.3	16.8
	60 %	4.7 ± 0.2	4.6 ± 0.3	0.39 ± 0.04	0.27 ± 0.03	12.1	17.4
Trust	5 %	3.6 ± 0.3	4.6 ± 0.2	0.45 ± 0.04	0.26 ± 0.01	8.0	17.6
	30 %	4.1 ± 0.1	4.5 ± 0.1	0.40 ± 0.02	0.27 ± 0.03	10.3	16.8
	60 %	4.7 ± 0.2	4.6 ± 0.3	0.39 ± 0.04	0.27 ± 0.03	12.1	17.4

^z The values represent mean ± SE (n=8).

- 이상의 결과에서 12℃, 90% RH, 조건에서 상자저장의 경우 품종과 숙기별 저장성에 큰 차이는 나타나지 않았다. 장기 저장 유통을 위한 12℃와 90%의 RH의 상자저장 조건에서는 성숙 단계의 저장 중 품질변화는 5% 착색단계는 경도가 60% 착색단계는 비타민 C함량이 다소 높게 유지되었을 뿐, 뚜렷한 차이를 보이지 못하였다. 초기 부패 발생일로 본 저장 유통 가능일 수를 보면 대체로 20일 미만이었는데, 부패과 발생일로 보았을 때 유럽계 중 ‘랩소디’, ‘메디슨’와 일본계중 ‘도태랑 다이아’, ‘마스카라’는 19일, ‘트러스트’와 ‘호용’, 16일 수준인 것으로 판단된다. 품종별 품질저하에서 경도의 경우 ‘메디슨’이 가장 높게 유지되었고, 당도의 경우도 유럽계이면서도 일본계와 유사한 수치를 나타내었다. 따라서 본 실험에서 비교한 6가지 품종 중에서는 큰 차이를 보이지 않았으나, ‘메디슨’이 가장 높은 저장성을 가진 것으로 나타났다.

(3) 수출용 토마토의 (원산지 분류) 숙기별 최적 저장 유통 조건 구명

- 현재 5도 저장의 경우 아직 저장이 진행 중인 관계로 최종 품질 비교 없이 생체중과 부패율을만으로 비교하였다. 생체중 감소는 저장 온도가 높을수록 커져 6℃에서는 30일 저장에서 3% 내외였던 것이 12℃ 저장에서는 30일째에 5% 내외 그리고 24도에서는 10일째에 7% 내외의 감소 폭을 보였으나 필름포장처리구의 경우 24℃에서도 0.5% 미만의 감소를 보였다. 그러나 상자 및 필름포장처리 모두 생체중 감소는 품종별 및 숙기별로 차이에 통계적 유의성은 없었다.
- 부패과는 6℃ 저장의 경우 대체로 20일 이후 발생하기 시작하였는데 필름포장처리구보다 상자포장처리구에서 더 많이 발생하였다. 12℃ 저장에서는 15일째 상자포장과 필름포장 모두에서 발생하였는데, 대체로 필름포장처리구에서 먼저 발생하였다. 이에 반해 24℃ 저장에서는 5일에서 10일 사이에 필름포장처리구에서 부패과가 먼저 발생하였다. 품종별로는 특별한 경향이 없었으나, 숙기별로는 차이를 보였는데, 5%착색단계 처리구가 12℃와 24℃에서 가장 늦게 부패가 발생하였으며 6℃에서는 다른 숙기와 같은 시기에 부패과가 발생하였으나 이후 발생률 증가가 가장 낮았다.
- 필름포장구의 포장 내 CO₂와 O₂농도는 저장온도가 높을수록 많은 변화를 보였는데, 품종간에는 수확 후 생리조사에서 호흡량이 많았던 일본계 품종에서 높은 CO₂와 낮은 O₂농도를 보였으나 통계적 유의성은 없었고 숙기별 차이에도 일정한 경향이 없었다.
- 대과의 경우 현재 일본으로는 생식용보다는 업소의 식재료로 수출되고 있어 당도나 산도보다는 경도가 가장 중요한 품질 인자라고 판단된다. 시험에 공시한 4가지 품종 중 ‘메디슨’이 3가지 온도에서 3가지 숙기에서 모두 가장 높은 경도를 나타내어 저장 및 유통 조건에 관계없이 가장 우수한 저장성을 나타내었다. 그러나 생식용 대과 토마토가 수출될 경우 당도와 산도 같은 미각적 인자가 중요하므로 적정 품종은 달라질 것이다.
- 생체중과 부패율을 비교에서 보면 토마토의 안전한 유통을 위해서는 저장 및 유통 관리 체계별로 다른 관리가 요구된다고 하겠다. 24℃와 같은 상온의 경우 미생물 번식이 용이해 습도를 100% 가까이 높이는 필름포장보다 유통 조건 내 습도와 유사한 수준을 보이는 상자포장이 보다 효과적이며, 12℃의 경우 상자와 필름 포장 간에 큰 차이는 없었다. 특히 상대습도를 80-90%로 유지해주었던 저장 조건 때문에 상자포장의 경우도 생체중 감소가 30일 동안 5% 수준으로 안정적이었다. 6℃의 경우는 상자보다 필름포장이 부패율이 낮았고 생체 중 감소는 거의 없이 가장 장기 유통 조건이 되었으나, 착색불량의 저온장해 증상이

나타났는데 특히 5% 착색단계처리에서는 착색이 진행이 크게 지연되었다.

- 상온 유통 환경에서는 부패과 발생이 일찍 나타난 필름 포장보다 상자포장 조건이 적합하며, 숙기는 큰 차이가 없었으나 5% 착색이 다소 유리하였다. 저온 유통 환경의 경우 필름 포장조건이 생체중 감소나 그 밖에 품질 저하가 지연되었으며 상온과 달리 부패율 발생도 상자포장조건과 유사한 수준이었기 때문에 상자포장조건 보다 필름포장조건이 적합하다고 판단된다. 저온 유통 환경에서 적합한 숙기는 6℃저장에서는 30% 이상의 착색단계가 요구되었으며, 12℃의 경우 5% 착색단계에서도 저온장해 등 품질 저하는 발견되지 않아 모든 숙기가 가능하였다. 상온과 저온의 유통 환경에서 품종별 큰 차이를 보이지 않았으나 모든 저장 환경에서 경도가 가장 높게 유지된 메디슨이 가장 적합한 품종이라 판단된다.

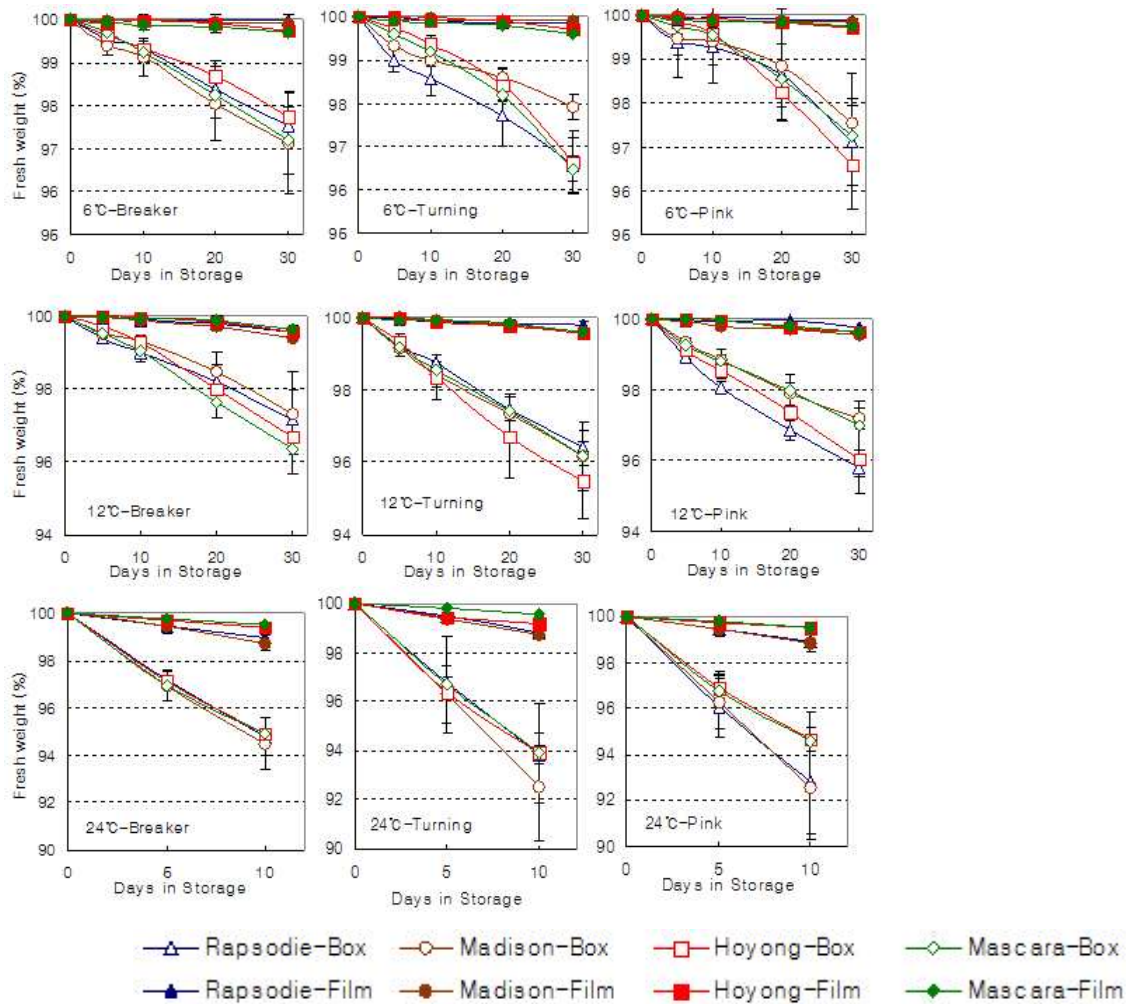


그림9. Change of fresh weight of tomato fruit that harvested 3 maturities in 4 different cultivars. tomatoes packed with carton box and ceramic 20 μ m film and stored at 5, 12, 24°C. Breaker stage was 5% coloration, turning stage: less than 30% coloration, pink stage was less than 60% coloration

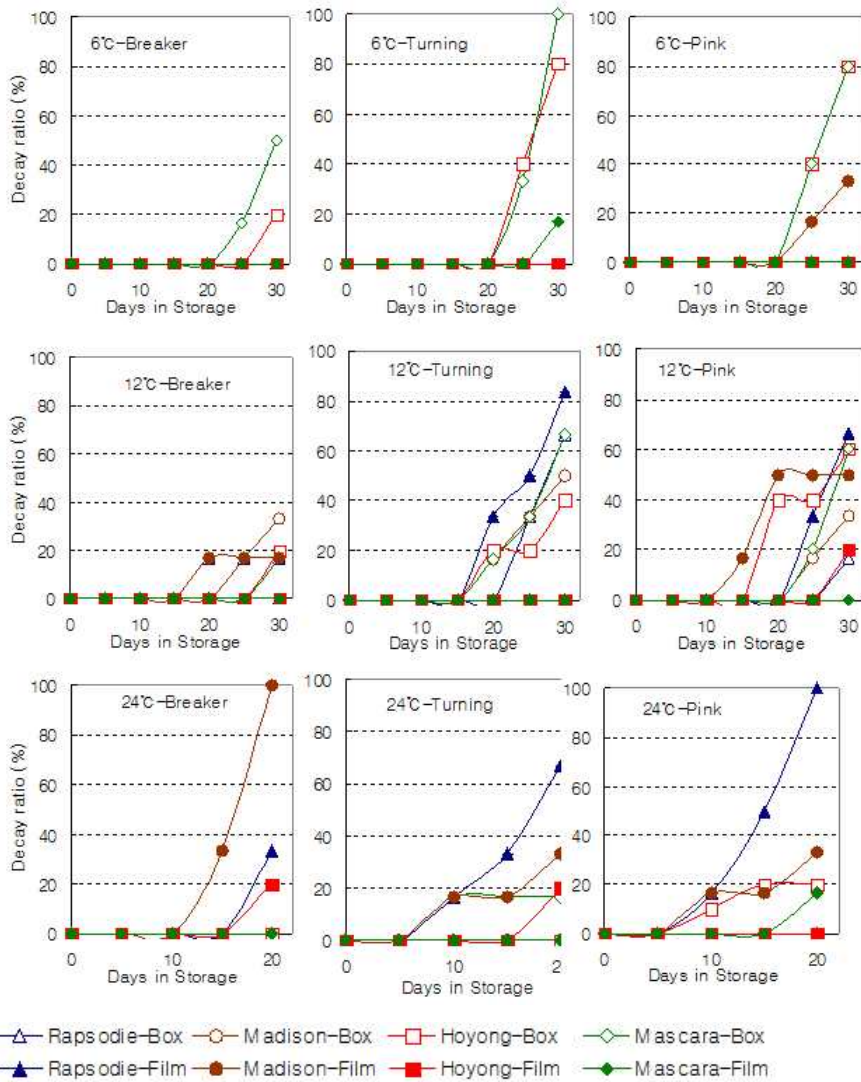


그림10. Change of decay ratio of tomato fruit that harvested 3 maturities in 4 different cultivars. tomatoes packed with carton box and ceramic 20 μ m film and stored at 5, 12, 24 $^{\circ}$ C. Breaker stage was 5% coloration, turning stage: less than 30% coloration, pink stage was less than 60% coloration

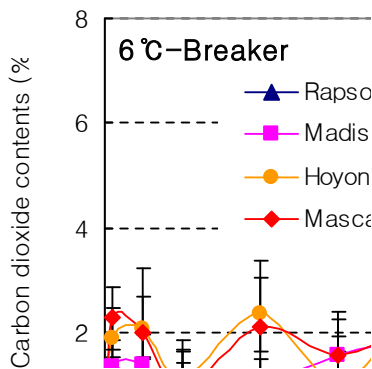


그림11. Change of CO₂ conc. in package of tomato fruit that harvested 3 maturities in 4 different cultivars. tomatoes packed with carton box and ceramic 20 μ m film and stored at 5, 12, 24 $^{\circ}$ C. Breaker stage was 5% coloration, turning stage: less than 30% coloration, pink stage was less than 60% coloration

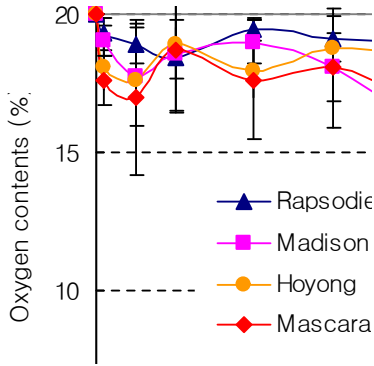


그림12. Change of O₂ conc. in package of tomato fruit that harvested 3 maturities in 4 different cultivars. tomatoes packed with carton box and ceramic 20 μ m film and stored at 5, 12, 24 $^{\circ}$ C. Breaker stage was 5% coloration, turning stage: less than 30% coloration, pink stage was less than 60% coloration

표4. Firmness of fruit of 4 different tomato cultivars('Hoyong', 'Mascara', 'Madison', 'Rapsodie') harvested 3 different maturities before storage and after storage at 6 $^{\circ}$ C for 30days, 12 $^{\circ}$ C for 30days, and 24 $^{\circ}$ C for 20days

Cultivar	Maturity (% coloration)	0 day	30 th days at 6 $^{\circ}$ C	30 th days at 12 $^{\circ}$ C	20 th days at 24 $^{\circ}$ C
Hoyong	5 %	4.0 \pm 0.2	1.9 \pm 0.2	1.6 \pm 0.1	1.3 \pm 0.2
	30 %	3.0 \pm 0.2	1.6 \pm 0.5	1.2 \pm 0.2	1.3 \pm 0.3
	60 %	2.4 \pm 0.5	1.3 \pm 0.2	1.6 \pm 0.1	1.2 \pm 0.2
Mascara	5 %	3.6 \pm 0.4	1.6 \pm 0.2	1.3 \pm 0.3	1.2 \pm 0.4
	30 %	3.3 \pm 0.5	1.2 \pm 0.5	1.2 \pm 0.2	1.1 \pm 0.3
	60 %	2.4 \pm 0.4	1.4 \pm 0.3	1.4 \pm 0.1	1.1 \pm 0.2
Madison	5 %	5.7 \pm 0.1	3.8 \pm 0.1	3.1 \pm 0.3	2.0 \pm 0.3
	30 %	4.4 \pm 0.3	3.0 \pm 0.5	2.7 \pm 0.3	2.0 \pm 0.2
	60 %	4.2 \pm 0.3	2.1 \pm 0.4	2.6 \pm 0.3	1.9 \pm 0.2
Rapsodie	5 %	4.1 \pm 0.4	2.9 \pm 0.1	1.4 \pm 0.3	1.2 \pm 0.4
	30 %	2.9 \pm 0.2	1.9 \pm 0.2	1.4 \pm 0.3	1.4 \pm 0.1
	60 %	2.7 \pm 0.4	1.4 \pm 0.1	1.6 \pm 0.3	1.3 \pm 0.3

^z Mean separation within columns and maturity by Duncan's multiple range test at 5% level.

(4) 12 $^{\circ}$ C에서의 토마토 과실의 저온 장해 증상 비교

- 미숙과 상태(5% 착색단계)의 일본계인 '도태랑 다이아', 유럽계인 '트리스트' 품종의 토마토를 12 $^{\circ}$ C에서 0, 1, 5, 10, 15일간 저장한 후 상온으로 옮겨 7일간 저장하면서 실험을 실시하였다. 저온장해 정도를 수치화하여 나타내는 이온용출량의 경우(King과 Ludford, 1983) 일본계인 '도태랑 다이아', 유럽계인 '트리스트' 모두 12 $^{\circ}$ C 저장 15일처리까지 대조구인 0일 처리구와 차이를 보이지 않았다. 또한 토마토의 경우 저온장해를 입을 경우 증가한다고 보고된 바 있는 호흡속도(Cheng과 Shewfelt, 1988; Autio와 Bramlage, 1986)는 품종 간 차이는 있었으나 12 $^{\circ}$ C처리 일수 별로 차이를 보이지 않았다. 또한 오이 등 다른 작물(Wang과 Adams, 1980; McCollum 등, 1993)에서 저온장해 증상으로 알려져 있는 에틸렌 발생량의 경우도 12 $^{\circ}$ C 저온처리일수에 따른 차이를 보이지 않았으며 품종 간에도 유사한 수준을 나타내었다.

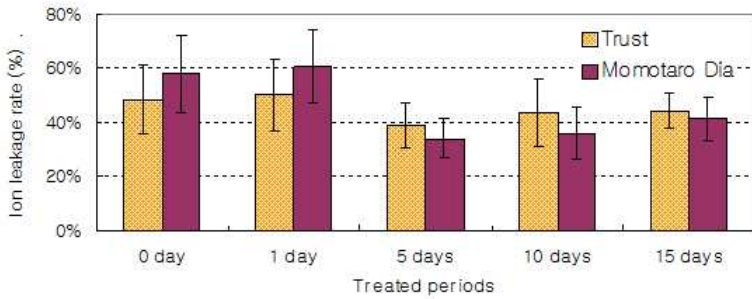


그림13. Ion leakage of immature(5% coloration) tomato fruit(cv. 'Trust', 'Momotaro Dia') stored at 24°C after 7days. Tomatoes stored at 12°C for 0, 1, 5, 10, 15 days before transferring to 24°C

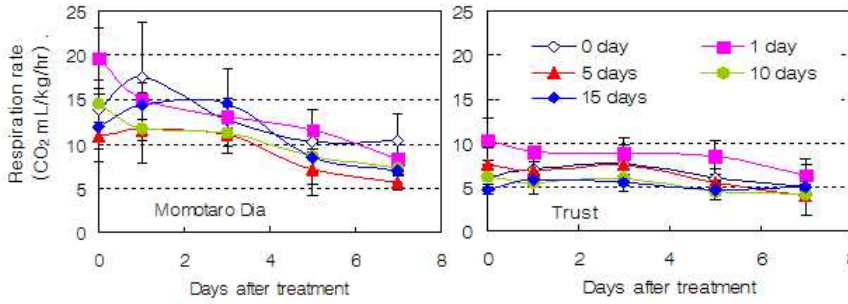


그림14. Respiration rate of immature(5% coloration) tomato fruit(cv. 'Trust', 'Momotaro Dia') stored at 12°C for 0, 1, 5, 10, 15 days, and stored at 24°C for 7days

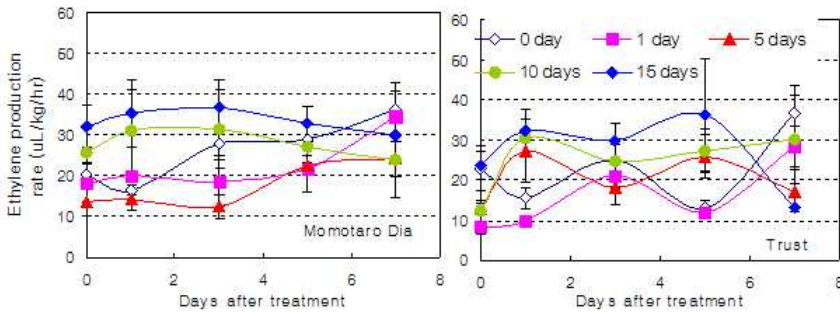


그림15. Ethylene production rate of immature(5% coloration) tomato fruit(cv. 'Trust', 'Momotaro Dia') stored at 12°C for 0, 1, 5, 10, 15 days, and stored at 24°C for 7days

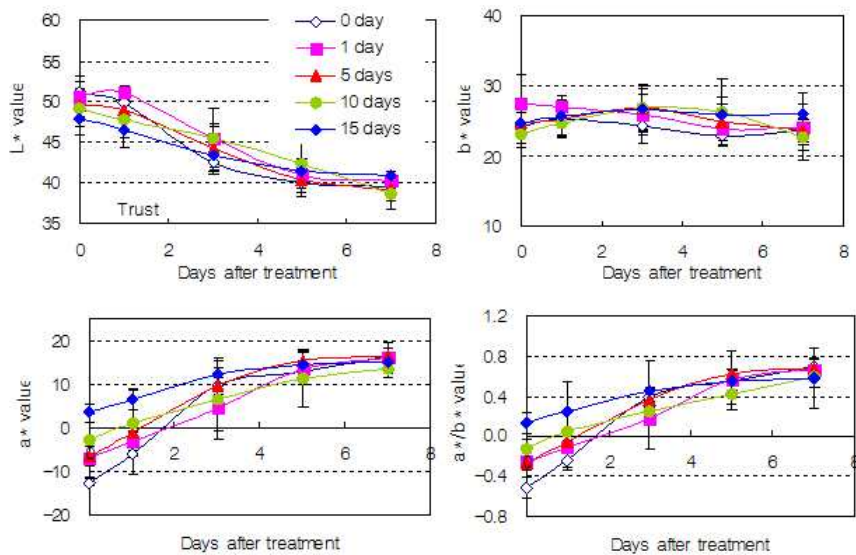


그림16. Color changes of immature (5% coloration) tomato fruit(cv. 'Trust') stored at 12°C for 0, 1, 5, 10, 15 days, and stored at 24°C for 7days

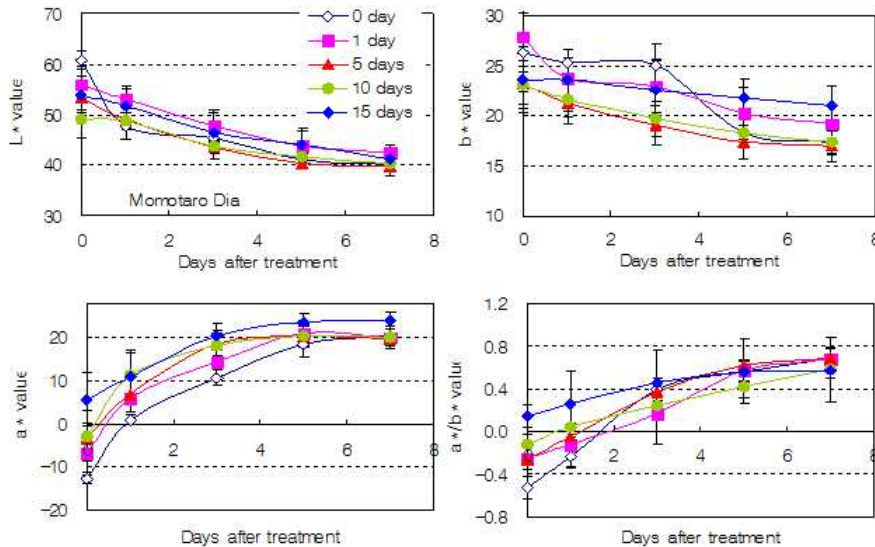


그림17. Color changes of immature(5% coloration) tomato fruit(cv. 'Momotaro Dia') stored at 12°C for 0, 1, 5, 10, 15 days, and stored at 24°C for 7days

- 토마토 미숙과의 대표적인 저온장해 증상인 착색불량의 경우(Autio와 Bramlage, 1986; Couey, 1982) 두 품종 모두 12°C 저장 15일까지 발생하지 않았는데, a*과 a*/b* 값의 경우 두 품종 모두 12°C 처리기간이 길어질수록 상온으로 옮긴 0일째 값이 증가하여, 두 품종 모두 12°C에서도 착색이 진행되었음을 알 수 있었다.
- 그러나 저장 최종일에 이들 값이 12°C 저장기간별로 차이를 보이지 않아 역시 저온장해는 없었던 것으로 생각된다. 기존의 보고에서도 미숙상태의 토마토의 경우 12°C이상에서 관리할 경우 저온장해를 피할 수 있다고 하였는데(Suslow와 Cantwell 1996), 즉 12°C의 온도에서는 5% 착색단계 이상의 토마토는 일본계와 유럽계에 상관없이 저온장해 증상이 나타나지 않음을 알 수 있었다.
- 이상의 일반적인 저온장해증상 이외에 외관상 품질에서도 처리별로 큰 차이를 보이지 않았는데, 다만 12°C 저장기간이 길어진 10일과 15일 처리구는 상온에서 5-7일 이후 부패과가 발생하였다.

(5) 수출용 토마토의 품종별 수확 후 관리 체계 구축

: 수입국, 수출시기, 수송거리별 적정 품종 및 수확시기 제시

- 국내 대표적인 수출업체 5곳의 설문조사 결과
- 일본의 경우 방울토마토가 주를 이루고 일부 업체에서 대과종을 수출하고 있으며, 11°C 전후의 저온컨테이너를 이용하여 총 3~4일(선박수송 1일)의 수송기간이 소요되고 있었음
- 홍콩은 현재 방울토마토만 수출되고 있었으며, 5°C 저온컨테이너를 이용하여 총 7일(선박수송 3~4일)의 수송기간이 소요되고 있었음
- 러시아는 방울토마토와 송이토마토가 수출되고 있었으며, 항공수송(4시간)이 이루어지나 온도조절은 하지 않았으며, 현지 도착 후 상온에서 유통되고 있었음.
- 현재 일본과 홍콩은 현지 도착 후 온도관리가 이루어지는 것으로 파악되었으며, 완숙상태로 소비되는 품종을 수출하는 관계로 수확 시 숙기는 대부분은 조절 없이 진행되었으며, 일본 수출 대과의 경우만 고온기에서 10% 덜 성숙된 상태에서 수확하고 있었음.

표5. 토마토의 수입국별 유통조건, 주요 품종 및 숙기조절 정도 비교

수입국	유통조건	주요수출계통	주요 품종	숙기조절
일본	선박-저온 (10~12℃)	방울토마토	유니콘, 산체리 250	조절 없음, 혹은 고온기와 저온기 10% 차이
		대과토마토	메디슨, 랩소디, 라피도	
홍콩	선박-저온 (5℃)	방울토마토	유니콘, 산체리 250	조절 없음
러시아	항공-상온	방울토마토	농가재배품종	조절 없음
		송이토마토	아모로소	

품종의 경우 수출대상국에서 요청하는 경우가 많았으며, 품질요인으로는 대부분의 수출업체에서 경도를 가장 중요하게 여김. 홍콩과 러시아는 당도와 경도를 중요하게 생각함

(6) 수출국 유통조건별 토마토 수확 후 관리 기준 수립

- 일본 수출 유통 조건 조사 및 수확 후 관리 기준 수립(수출 전체 유통경로에 데이터 로거 이용)
- 수확을 오후에 실시하여 품온이 높았으며, 예냉 없이 상온에 보관 후 일반트럭으로 역시 상온에서 수송하였음
- 수확 후 50시간 이상 상온에 노출되었으며, 11도 냉장컨테이너에 선적 후 약 8시간동안 저장되었고, 이후 통관과정에서 다시 상온에 노출되었으며, 수확 후 3일 만에 저온창고(15도)에 보관되었음
- 11도 냉장컨테이너에서 8시간을 수송하였으나 포장상자 안 온도는 최저 19도에 불과하였음. 이는 포장상자의 환기구멍이 양 측면에만 2개씩만 있으며 전체 면적에 5%미만으로 냉기 통과가 극히 제한적이었기 때문임
- 여름철 수출의 경우 예냉 및 냉장트럭을 이용한 저온 유통이 필요하며, 포장상자에 충분한 환기창을 두어 냉기 유입이 가능하도록 해야 할 것으로 생각됨

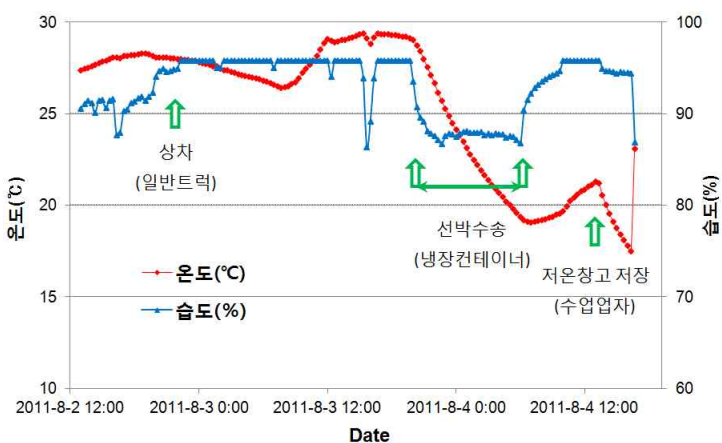


그림18. 수송 중 냉장 컨테이너, 포장 내 온도 습도 변화

표6. 수출용 방울토마토(‘유니콘’) 수확 후 관리 기준

수출 대상국	운송 방법	수송 조건	수송기간	총 유통기간 +세관 +현지유통	필요 저장 기간	관리 취약 부분
일본	냉장컨테이너 선박	11℃ RH 85%	1일	3일	14일	1. 예냉 필요 2. 포장박스에 환기구멍이 없어 저온 수송 중에도 온도저하 가 미흡함
홍콩	냉장컨테이너 선박	5℃ RH 90%	7일	12일	20일 (27일)	- 11월 초 홍콩 수출 물량에 적용 후 작성 예정 -



그림19. 일본 수출 방울토마토 포장 상태(하 좌 1,2, 상 1,2), 미국의 권장 상자 환기구(하 우 1)




(7) 수출국 유통조건별 토마토 수확 후 관리 기준 수립

: 일본 수출 유통 조건 조사 및 수확 후 관리 기준 수립

표7. 일본 수출 토마토의 수출 시기별 유통중 환경 변화

조사 시기 (월)	선별장		국내 유통		선박 수송		통관 지역		현지 수송		현지 물류 저장		소매점		전체기간 및 평균 온습도		
	℃	일	℃	일	℃	일	℃	일	℃	일	℃	일	℃	일	기간 (일)	온도 (℃)	습도 (%)
6~9	28	1	28	0.3	11	0.5	22	0.3	22	0.5	15	1	15	3	6.6	24.8	77
10~11 3~5	22	1	22	0.3	11	0.5	17	0.3	17	0.5	20	1	17	3	6.6	22.6	79
12~2	12	1	12	0.3	11	0.5	12	0.3	12	0.5	25	1	22	3	6.6	18.7	80

표8. 수출용 토마토 수확 후 관리 기준

시기 (월)	유통중 평균 온도 및 소비자도착일	저장온도 및 습도	포장방법	기타 수확후 처리	수확적기	관리 취약 부분
6~9	24.8℃ / 4일	11℃ RH 85%	상자포장	예냉처리	채색기 	1. 예냉 필요-그러나 땀흘림 현상 발생 우려 2. 포장박스에 환기구멍이 없어 저온 수송 중에도 온도저하가 미흡함
10~11 3~5	22.6℃ / 4일	11℃ RH 85%	상자포장	살균처리	도색기 	1. 예냉 필요 2. 포장박스에 환기구멍이 없어 저온 수송 중에도 온도저하가 미흡함
12~2	18.7℃ / 4일	11℃ RH 90%	상자포장	MA저장 처리 가능	담색기 	1. 국내수송중 저온으로 피해 발생(저온장해, 동해)

(8) 수출국 유통조건별 토마토 수확 후 관리 기준 수립

: 유통조건별 적정관리 매뉴얼 완성(수출용 방울토마토)

- 일본 수출용 방울토마토는 2011년도 와 2012년도 연구에서 공히 예냉 처리가 이루어지지 않고 있으며, 관리 취약 부분으로 봄가을, 겨울, 겨울철 모두 나타났다. 따라서 장기 유통을 위해서 본격적인 예냉 시스템의 도입이 유리하리라 판단된다.
- 유통과정에서 수출용 내장 컨테이너에 입고되는 순간까지 3일 정도 온도관리가 되지 않음으로 인해 발생하는 미숙과 또는 과숙과의 발생으로 인해 균일한 품질 관리가 어렵다. 따라서 본 내용에 대한 추가적인 연구가 요구된다.
- 최초 수확직후 포장 박스 내에 통기용 구멍이 없어 박스 내의 부위별 온도 변화와 숙과 발생 정도가 상이하게 나타날 수 있다.
- 국내 냉장 수송 중 발생하는 저온장해, 동해 등이 박스 내 환기구가 미흡함으로 냉기 전달이 원활하지 않아 발생하므로 포장 박스의 개선이 요구된다. 특히 전년도 연구에서 제시하였던 미국 유통 박스 등을 참고하여 새로운 박스 포장 연구가 필요하다 사료된다. 특히 동계 생산 수출용 토마토의 경우 온도관리가 되지 않음으로 발생하는 저온 및 동해가 심각한 품질 저하요인으로 보온포장 또는 냉장 유통 등의 방법론적 접근, 이에 따른 직접적인 관리 요강이 작성중임.



그림20. 일본 수출 방울토마토 포장 상태 (좌, 중), 미국의 권장 상자 환기구 (우)

- 컬러 차트를 활용한 수확시기의 판별 및 컬러를 기초로 유통 온도 및 습도 설정: 수확기의 컬러 차트를 통해
- 수확 직후 예냉과 함께 ClO₂ 가스를 활용한 유통과정 중 발생 가능한 병해 방제
- 계절의 특성상 품온은 15℃로 고온기보다 상대적으로 낮았다.
- 수확 후 선별하여 일본항까지 도착하는데 약 30-48시간 소요되었으나, 일본항 도착 시 주말인 관계로 항구에 대기 된 후 통관과정 시 잠시 20℃이상의 온도에 노출되었고, 수확 후 약 3일 만에 저온창고(10도)에 보관되었음
- 냉장컨테이너로 수송된데 반해 포장박스 내 온도가 최저 14도까지 떨어지지 않는 것으로 보아 포장 박스의 통기용 구멍이 없어 냉장으로 수송한 효과가 나타나지 않았다.
- 선별 후 예냉은 외부와의 온도차이가 크지 않아 땀 흘림 현상이 발생할 가능성이 적어지므로, 선별 후 예냉과 포장상자 개선을 통한 선박 수송 중 저온 유지가 요구된다.

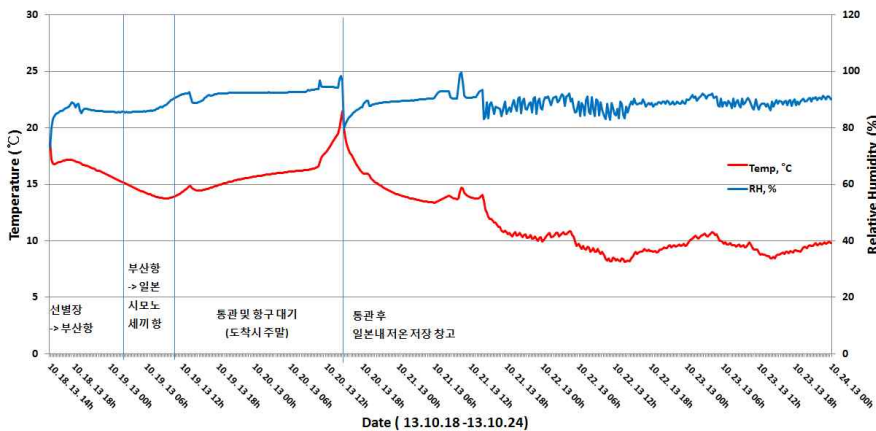


그림21. 수송 중 냉장 컨테이너, 포장 내 온도 습도 변화(2013년)

토마토 유통 조건별 적정 관리 매뉴얼

목차

- 가. 수출용 방출 토마토
- 나. 수출용 완숙 토마토
- 다. 수출용 토마토 병해 방제
- 참보 1. 비트닐 토마토 생과 수출 관리 요령
- 참보 2. 미국 토마토 생과 수출 관리 요령

수출용 방출 토마토 속도	수출용 완숙 토마토 속도
1. 생과 단계별 색상	1. 생과 단계별 색상
2. 생과 단계별 색상	2. 생과 단계별 색상
3. 생과 단계별 색상	3. 생과 단계별 색상
4. 생과 단계별 색상	4. 생과 단계별 색상
5. 생과 단계별 색상	5. 생과 단계별 색상
6. 생과 단계별 색상	6. 생과 단계별 색상
7. 생과 단계별 색상	7. 생과 단계별 색상
8. 생과 단계별 색상	8. 생과 단계별 색상
9. 생과 단계별 색상	9. 생과 단계별 색상
10. 생과 단계별 색상	10. 생과 단계별 색상
11. 생과 단계별 색상	11. 생과 단계별 색상
12. 생과 단계별 색상	12. 생과 단계별 색상
13. 생과 단계별 색상	13. 생과 단계별 색상
14. 생과 단계별 색상	14. 생과 단계별 색상
15. 생과 단계별 색상	15. 생과 단계별 색상
16. 생과 단계별 색상	16. 생과 단계별 색상
17. 생과 단계별 색상	17. 생과 단계별 색상
18. 생과 단계별 색상	18. 생과 단계별 색상
19. 생과 단계별 색상	19. 생과 단계별 색상
20. 생과 단계별 색상	20. 생과 단계별 색상
21. 생과 단계별 색상	21. 생과 단계별 색상
22. 생과 단계별 색상	22. 생과 단계별 색상
23. 생과 단계별 색상	23. 생과 단계별 색상
24. 생과 단계별 색상	24. 생과 단계별 색상
25. 생과 단계별 색상	25. 생과 단계별 색상
26. 생과 단계별 색상	26. 생과 단계별 색상
27. 생과 단계별 색상	27. 생과 단계별 색상
28. 생과 단계별 색상	28. 생과 단계별 색상
29. 생과 단계별 색상	29. 생과 단계별 색상
30. 생과 단계별 색상	30. 생과 단계별 색상
31. 생과 단계별 색상	31. 생과 단계별 색상
32. 생과 단계별 색상	32. 생과 단계별 색상
33. 생과 단계별 색상	33. 생과 단계별 색상
34. 생과 단계별 색상	34. 생과 단계별 색상
35. 생과 단계별 색상	35. 생과 단계별 색상
36. 생과 단계별 색상	36. 생과 단계별 색상
37. 생과 단계별 색상	37. 생과 단계별 색상
38. 생과 단계별 색상	38. 생과 단계별 색상
39. 생과 단계별 색상	39. 생과 단계별 색상
40. 생과 단계별 색상	40. 생과 단계별 색상
41. 생과 단계별 색상	41. 생과 단계별 색상
42. 생과 단계별 색상	42. 생과 단계별 색상
43. 생과 단계별 색상	43. 생과 단계별 색상
44. 생과 단계별 색상	44. 생과 단계별 색상
45. 생과 단계별 색상	45. 생과 단계별 색상
46. 생과 단계별 색상	46. 생과 단계별 색상
47. 생과 단계별 색상	47. 생과 단계별 색상
48. 생과 단계별 색상	48. 생과 단계별 색상
49. 생과 단계별 색상	49. 생과 단계별 색상
50. 생과 단계별 색상	50. 생과 단계별 색상
51. 생과 단계별 색상	51. 생과 단계별 색상
52. 생과 단계별 색상	52. 생과 단계별 색상
53. 생과 단계별 색상	53. 생과 단계별 색상
54. 생과 단계별 색상	54. 생과 단계별 색상
55. 생과 단계별 색상	55. 생과 단계별 색상
56. 생과 단계별 색상	56. 생과 단계별 색상
57. 생과 단계별 색상	57. 생과 단계별 색상
58. 생과 단계별 색상	58. 생과 단계별 색상
59. 생과 단계별 색상	59. 생과 단계별 색상
60. 생과 단계별 색상	60. 생과 단계별 색상
61. 생과 단계별 색상	61. 생과 단계별 색상
62. 생과 단계별 색상	62. 생과 단계별 색상
63. 생과 단계별 색상	63. 생과 단계별 색상
64. 생과 단계별 색상	64. 생과 단계별 색상
65. 생과 단계별 색상	65. 생과 단계별 색상
66. 생과 단계별 색상	66. 생과 단계별 색상
67. 생과 단계별 색상	67. 생과 단계별 색상
68. 생과 단계별 색상	68. 생과 단계별 색상
69. 생과 단계별 색상	69. 생과 단계별 색상
70. 생과 단계별 색상	70. 생과 단계별 색상
71. 생과 단계별 색상	71. 생과 단계별 색상
72. 생과 단계별 색상	72. 생과 단계별 색상
73. 생과 단계별 색상	73. 생과 단계별 색상
74. 생과 단계별 색상	74. 생과 단계별 색상
75. 생과 단계별 색상	75. 생과 단계별 색상
76. 생과 단계별 색상	76. 생과 단계별 색상
77. 생과 단계별 색상	77. 생과 단계별 색상
78. 생과 단계별 색상	78. 생과 단계별 색상
79. 생과 단계별 색상	79. 생과 단계별 색상
80. 생과 단계별 색상	80. 생과 단계별 색상
81. 생과 단계별 색상	81. 생과 단계별 색상
82. 생과 단계별 색상	82. 생과 단계별 색상
83. 생과 단계별 색상	83. 생과 단계별 색상
84. 생과 단계별 색상	84. 생과 단계별 색상
85. 생과 단계별 색상	85. 생과 단계별 색상
86. 생과 단계별 색상	86. 생과 단계별 색상
87. 생과 단계별 색상	87. 생과 단계별 색상
88. 생과 단계별 색상	88. 생과 단계별 색상
89. 생과 단계별 색상	89. 생과 단계별 색상
90. 생과 단계별 색상	90. 생과 단계별 색상
91. 생과 단계별 색상	91. 생과 단계별 색상
92. 생과 단계별 색상	92. 생과 단계별 색상
93. 생과 단계별 색상	93. 생과 단계별 색상
94. 생과 단계별 색상	94. 생과 단계별 색상
95. 생과 단계별 색상	95. 생과 단계별 색상
96. 생과 단계별 색상	96. 생과 단계별 색상
97. 생과 단계별 색상	97. 생과 단계별 색상
98. 생과 단계별 색상	98. 생과 단계별 색상
99. 생과 단계별 색상	99. 생과 단계별 색상
100. 생과 단계별 색상	100. 생과 단계별 색상

그림22. 작성중인 수출용 토마토 유통조건별 적정관리 매뉴얼 일부

2. 장기유통을 위한 저장 전 처리 기술 개발

가. 연구기간: 2009. 01. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

(1) 수출용 토마토의 품종별 숙기별 품질과 저장성 비교

(가) 대과종 토마토의 품종별 품질 비교

- 본 연구는 국내에서 주로 생산되고 있는 대과종 토마토 품종의 품질을 비교 조사하여, 토마토의 원활한 유통 및 수출을 위한 수확 후 관리 분야의 연구의 기초 자료를 얻고자 수행되었다.
- 품종: 'Dotearang Dia', 'Super Dotearang' (이상 다끼이종묘), 'Super sunroad', 'Hoyong', 'Mirokku'(이상 사카다종묘), 'Baccuhs', 'Poseidon'(이상 세미니스), 'Mascara'(부농종묘), 'Madison', 'Rapsodie'(신젠타), 'Radido(디루이터)', 'Solomon(피피에스)', 'Amaral', 'Picasso', 'Tymaxx'(이상 엔자)
- 숙기: pink(90%이상 주황 및 분홍)
- 조사항목: 호흡률, 에틸렌 발생률, 경도, 당도, 산도, 당산비, 비타민C 함량

(나) 방울 및 송이 토마토의 품종별, 숙기별 품질 비교

- 본 연구는 일본 수출물량의 많은 양을 차지하는 방울토마토와 최근 수출이 진행되고 있는 송이토마토의 수확 후 생리와 품질을 비교 조사하여, 소과종 토마토의 원활한 유통 및 수출을 위한 수확 후 관리 분야의 연구의 기초 자료를 얻고자 수행되었다.
- 품종: 방울토마토('Koko', 'Suncherry-250', 'Unicon'), 송이 토마토('Aranka', 'Campri')
- 숙기: turning(녹색-주황, 녹색 30%), pink(90%이상 주황), light red(주황-빨강, 빨강 50%)
- 조사항목: 호흡률, 에틸렌 발생률, 경도, 당도, 산도, 비타민C 함량

(다) 수출용 토마토의 숙기별 저장성 비교

① 대과종 토마토의 숙기별 저장성 비교

- 품종: 대과종 토마토('Madison'),
- 숙기: light-pink(100% 노란), pink(주황 50%), light red(주황 100% + 20% 빨강), red(50% 빨강)
- 조사항목: 생체중 감소, 과피색 변화, 경도, 당도, 산도, 비타민C 함량

② 방울토마토의 숙기별 저장성 비교

- 품종: 방울토마토('Unicon'),
- 숙기: yellow(노랑 90%), orange-yellow(o-yellow: 노랑-주황, 주황 50%), orange(주황 90%), orange-red(o-red: 주황-빨강, 빨강 50%), red(빨강 90%)
- 조사항목: 생체중 감소, 과피색 변화, 경도, 당도, 산도, 비타민C 함량

(2) 대과종 메디슨과 방울토마토 유니콘을 대상으로 UVc처리 효과 입증

(가) UVc처리 효과 검증

- 대조구로 0kJ의 무처리와 기존에 미생물 살상 효과가 있다고 알려진 15kJ 두처리 실시함
- 저장 전 *Botrytis cinerea*의 인위적 감염 없이 자연 발생 정도를 비교함 저장온도 5도

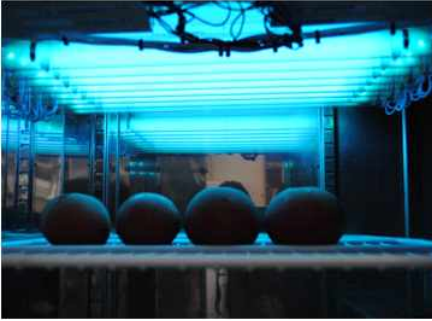


그림23. 15kJ/m² 농도의 상부 UVc처리 광경

(나) UVc 세기가 방울토마토 유니콘의 *Botrytis cinerea* 의 살균에 미치는 영향

- 방울토마토를 저장 중 발생한 *Botrytis cinerea*를 증류수에 희석수에 5분간 침지함
- 1차 효과 입증 처리에서 UVc의 처리 방향을 위쪽으로만 하여 효과가 적었을 것으로 사료되어 위아래에서 조사하는 방법으로 처리함(그림 참조)
- *Botrytis cinerea* 희석수에 침지 후 상온에서 0kJ/m², 5kJ/m², 10kJ/m², 15kJ/m², 20kJ/m²로 UVc처리하였으며, 대조구에 증류수에 5분간 침지한 대조구와 침지 후 45도에서 60초간 침지한 열처리구를 두어 살균효과를 조사함



그림24. 0~20kJ/m² 농도의 UVc 상하 양면 처리 광경

KACC NO	40574
History	< W.G. Kim (NIAST Plant Pathol. div.)
Identifier	W.G. Kim
Source	Lycopersicon esculentum(토마토,tomato)
Characteristics	Gray mold (잿빛곰팡이병)
Literature using the isolates	[280]
Media	[47]
Temperature	25°C

그림25. 분양 신청한 균주 설명
(<http://www.genebank.go.kr/>)

(3) 적정 살균 기술 개발

- : 계획하였던 UVc처리가 전면 조사만이 효과가 있어 현장 적용성을 높이기 위해 ClO₂가스 처리로 변경하였음

(가) ClO₂가스 처리효과 구명

- 살균처리로 기존의 NaOCl 150ppm-5분처리와 ClO₂ 1ppm-6시간 처리, 그리고 혼합 처리를 하였음
- 저장 조건은 20,000cc/m²/atm 비천공 필름으로 포장하여 8°C 에서 30일간 저장 비교

- 2012년도 연구 결과에 의해 높지 않으나 효과가 있음을 알 수 있었음.
- 2013년도에는 살균처리로 기존의 NaOCl 150ppm - 5분 처리와 ClO₂ 가스 0.45, 0.90, 그리고 1ppm을 처리하였음.
- 저장 조건은 20,000cc/m²/atm 비천공 필름과 진공필름을 사용하여 5℃ 에서 21일간 저장 중 및 저장 후 비교하였다.

(나) ClO₂가스 적정 처리 시간 구명

① 2012년(4차년도)

- 살균처리로 기존의 NaOCl 150ppm-5분 처리와 ClO₂ 0.4ppm-3, 6, 12시간 처리를 비교
- 저장 조건은 20,000cc/m²/atm 비천공 필름으로 포장하여 5℃ 에서 저장중임

② 2013년(5차년도): 중과중 완숙토마토(Dafnis)를 대상으로 ClO₂ 가스 효과를 검증

- 기 연구의 결과 일정 수준의 효과가 있음을 확인함
- 무처리구와 NaOCl(10분 침지)을 대조구로 하여 1ppm 과 5ppm 그리고 6시간, 12시간 그리고 24시간 처리 한 것을 상호 비교하였다. 24시간 처리는 1ppm처리구에 한정하였다.
- 실험에 사용된 토마토는 대과종 'Dafnis'였으며 Lt-Red 숙기의 토마토를 사용하였다.
- 저장필름은 20,000cc/m²/atm 비천공 필름을 사용하였다.
- 저장기간은 25일 동안 진행되었으며 5℃에 저장되었다.

(4) 규소를 이용한 경도 증진 재배 기술 개발

(가) 양액 내 규소 첨가

- 방울토마토 (Unicorn)을 대상으로 하여 침전이 나타나지 않았던 0.7mM이하의 조건에서 양액 내 처리
- 처리농도 : SiO₂ 0.0, 0.1, 0.21, 0.41, 0.62mM 처리
- 20,000cc/m²/atm 비천공 필름으로 소포장하여 8℃ 에서 30일간 저장 비교

(나) 엽면살포 방법

- 규소처리는 효과를 알아보기 위하여 엽면살포를 실시하였으며 이에 보충하여 붕소와 칼슘 등의 경도 증진 가능한 미네랄을 추가적으로 사용하여 실시하였다.
- 송이 토마토 (Campari 와 Temptation)을 대상으로 하여 규소를 엽면 및 식물전체에 각각 스프레이 시비하였다.
- 처리농도는 SiO₂ 17mM이 사용되었으며, 20,000cc/m²/atm 비천공 필름으로 소포장하여 8℃ 에서 30일간 저장 비교하였다.

(다) 방울토마토 'Unicorn' 품종 규소 및 붕소 혼용 양액처리

- 방울토마토 'Unicorn' 품종에 붕소 0.025mM 과 0.050mM을 양액내 각각 처리하였으며, 규소는 0.24mM 과 0.50mM을 양액내 처리하였다.
- 20,000cc/m².day.atm 의 산소 투과도를 가진 비천공 필름과 일반적인 크기의 포장 박스에 MA 저장 하였으며, 저장 온도는 5℃였다.

(라) 방울토마토 'Unicorn' 품종 규소, 붕소, 그리고 칼슘 단독 및 혼용 스프레이 처리

- 방울토마토 'Unicorn' 품종에 단용처리의 경우 붕소 4.85mM, 칼슘 1M, 그리고 규소

20mM을 각각 처리하였으며, 혼용처리는 붕소 4.85mM 그리고 규소 20mM 혼합구와 붕소 4.85mM, 칼슘 1M, 그리고 규소 20mM을 혼합한 두 개 처리구를 두어 스프레이 처리하였다.

- 20,000cc/m².day.atm 의 산소 투과도를 가진 비천공 필름에 MA 저장 하였으며, 저장 온도는 5℃ 였다.
- 저장 기간은 30일 이었으며, 일반적인 크기의 포장 박스에 저장되었다.

※ 추가실험

① 규소를 이용한 경도 증진 재배 기술 개발: 엽면살포(B, Ca, Si 및 혼합물; 5℃저장 조건)

- 무처리구와 B(4.85mM), Ca(1M), Si(20mM), B(4.85mM)+Ca(1M)+Si(20mM), B(4.85mM)+Si(20mM) 처리하였으며, 유니콘 토마토에 4회에 걸쳐 엽면살포 하였다.
- 저장은 5℃에 저장하였으며, 일반 카톤 박스 포장과 20,000cc/m²/atm 비천공 필름을 사용하였다.

② 규소를 이용한 경도 증진 재배 기술 개발: 엽면살포(B, Ca, Si 및 혼합물; 11℃저장 조건)

- 무처리구와 B(4.85mM), Ca(1M), Si(20mM), B(4.85mM)+Ca(1M)+Si(20mM), B(4.85mM)+Si(20mM) 처리하였으며, 유니콘 토마토에 4회에 걸쳐 엽면살포 하였다.
- 저장은 11℃에 저장하였으며, 일반 카톤 박스 포장과 20,000cc/m²/atm 비천공 필름을 사용하였다.

(5) 1-MCP효과 구명

- 소과종인 'Unicon'을 대상, 담적색기 숙기인 과실을 사용.
- 1-MCP처리: 5℃ 챔버에서 20시간 동안 1-MCP 0.25/0.50/1.00ppm 처리
- 저장조건: 5,000cc/m²/atm 비천공 필름으로 소포장처리와 기존의 상자포장하여 5℃ 에서 35일간 저장 비교

다. 연구결과 및 고찰

(1) 수출용 토마토의 품종별 숙기별 품질과 저장성 비교

(가) 대과종 토마토의 품종별 품질 비교

- 과피색은 품종별 일정한 경향 없이 a*/b*값은 2.8에서 4.8범위 안에 있었다. 호흡률과 에틸렌 발생률도 품종 간 큰 차이를 보이지는 않았다. 내적 품질 중 경도는 'Picasso', 'Tymaxx' 'Madison'에서 가장 높았다. 당도의 경우 대체로 6 °Brix 수준을 나타내었는데 'Hoyong'과 'Dotearang Dia'가 높았다. 비타민 C 함량은 'Super Sunroad'와 'Dotearang Dia'가 가장 높았다. 산도는 품종별 큰 차이 없이 'Hoyong'이 가장 높았으며, 이 때문에 당산비는 당도와 유사한 양상으로 유럽계 중 당도가 낮았던 'Amaral', 'Picasso', 'Tymaxx'에서 낮았다. 이상의 결과로 보면 수출 토마토에서 중요한 품질 요인인 경도는 유럽계가 당도와 비타민 C 함량은 동양계가 높았다. 품질 요인 간 상관관계는 a*/b*값으로 표시한 과피색이 여러 품질 요인과 높은 상관관계를 나타내었는데, 특히 당도와 가장 높은 상관관계수(r=0.801)를 나타내었다. 또한 수출현장에서 중요하게 다루는 경도와 당도는 부의 상관관계(r=-0.601)를 나타내었다.

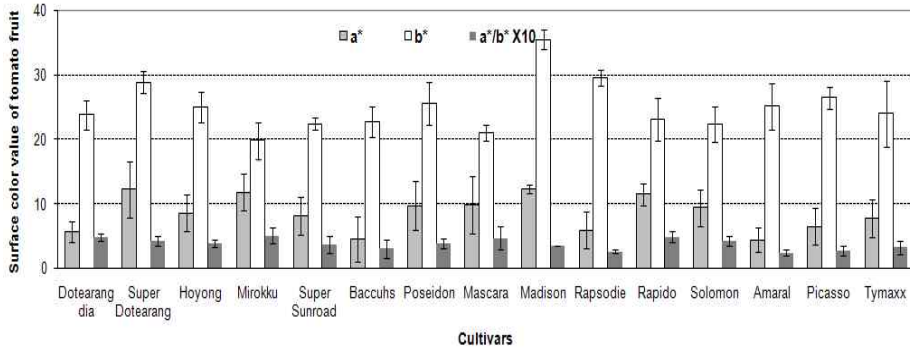


그림26. Surface color value(a*, b*, and a*/b*) of tomato fruits of nine cultivars that harvested at pink stage(30~60% coloration). vertical bar represents \pm SD of the means (n=8)

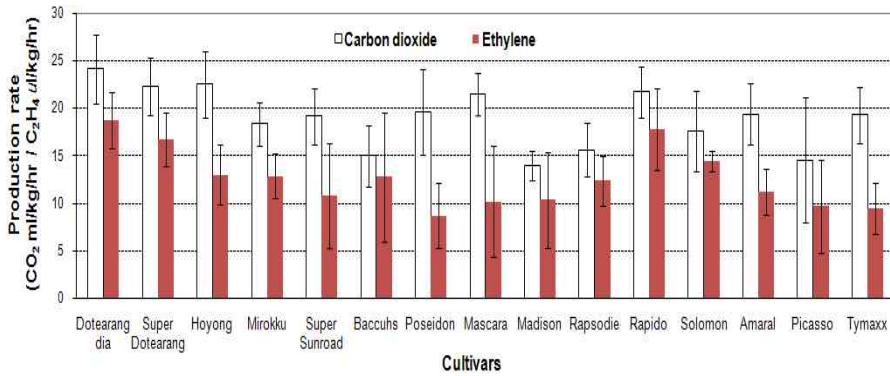


그림27. The respiration rate and ethylene production rate of tomato fruits of nine cultivars for 6 hours after harvest in room temperature. Vertical bars represent \pm SD of the means (n=8)

표9. The qualities of nine cultivars tomato fruits that harvest at pink stage(50% coloration)

Cultivar	Fruit weight (g)	Firmness (N)	Vitamin C content (mg/100gFW)	Soluble solids (Brix)	Titrateable acidity (% Citric acid)	Sugar/acid ratio
Dotearang dia	133.5	2.24 \pm 0.46	20.4 \pm 2.81	6.18 \pm 0.25	0.60 \pm 0.08	10.25 \pm 0.17
Super Dotearang	151.4	2.05 \pm 0.26	17.1 \pm 2.70	6.01 \pm 0.45	0.55 \pm 0.01	10.31 \pm 0.66
Hoyong	138.2	2.05 \pm 0.51	16.4 \pm 3.21	6.55 \pm 0.31	0.73 \pm 0.09	9.55 \pm 0.33
Mirokku	131.4	2.02 \pm 0.46	19.1 \pm 1.50	5.93 \pm 0.35	0.63 \pm 0.11	8.82 \pm 0.43
Super Sunroad	139.8	2.78 \pm 0.17	20.6 \pm 4.12	5.92 \pm 0.16	0.58 \pm 0.11	9.45 \pm 0.23
Bacchus	174.1	2.80 \pm 0.73	17.4 \pm 2.64	5.61 \pm 0.32	0.57 \pm 0.12	8.98 \pm 0.43
Poseidon	171.8	2.00 \pm 0.39	11.4 \pm 2.28	6.43 \pm 0.45	0.69 \pm 0.13	10.24 \pm 0.33
Mascara	145.0	2.80 \pm 0.21	18.1 \pm 2.41	5.90 \pm 0.50	0.59 \pm 0.15	9.38 \pm 0.73
Madison	164.3	3.80 \pm 0.56	19.6 \pm 2.01	5.91 \pm 0.59	0.58 \pm 0.11	10.38 \pm 0.82
Rapsodie	162.8	2.17 \pm 0.42	18.5 \pm 2.41	5.68 \pm 0.48	0.56 \pm 0.14	9.85 \pm 0.68
Rapido	160.9	2.17 \pm 0.42	18.1 \pm 2.67	6.08 \pm 0.10	0.63 \pm 0.09	9.46 \pm 0.13
Solomon	158.2	2.13 \pm 0.33	19.0 \pm 1.59	5.80 \pm 0.14	0.57 \pm 0.09	10.26 \pm 0.20
Amaral	142.3	2.80 \pm 0.45	13.4 \pm 1.47	5.25 \pm 0.33	0.64 \pm 0.03	8.17 \pm 0.43
Picasso	167.2	3.91 \pm 0.46	14.2 \pm 2.01	5.13 \pm 0.25	0.60 \pm 0.18	8.54 \pm 0.33
Tymaxx	139.5	3.78 \pm 0.13	11.3 \pm 1.40	5.55 \pm 0.19	0.69 \pm 0.02	8.05 \pm 0.22

^z The values represent mean \pm SD (n=5).

표10. Correlation coefficients among quality factors of 15 cultivar tomato fruits that harvested at pink stage(50% coloration)

	a*/b*	Respiration rate	Ethylene production rate	Firmness	Vitamin C content	Soluble solids	Titrateable acidity	Sugar/acid ratio
Fruit weight	-0.100	-0.103	-0.321	+0.116	-0.192	+0.091	-0.304	+0.056
a*/b*		+0.669**	+0.580*	-0.617*	+0.398	+0.802**	-0.004	+0.398
Respiration rate			+0.597*	-0.556*	+0.113	+0.661**	+0.114	+0.169
Ethylene production rate				-0.526*	+0.696**	+0.227	-0.423	+0.698**
Firmness					-0.341	-0.611*	-0.050	-0.591*
Vitamin C content						+0.057	-0.617*	+0.698**
Soluble solids							+0.380	+0.188
Titrateable acidity								-0.593*
Sugar/acid ratio								

* Significant at 5% level, ** significant at 1% level

(나) 방울 및 송이 토마토의 품종별, 숙기별 품질 비교

- 토마토의 호흡률과 에틸렌 발생률은 성숙이 진행되면서 증가하였는데, 방울토마토 품종이 송이토마토 품종보다 컸으며, 방울토마토 중 'Unicorn'이 가장 낮았고, 송이토마토는 'Campri'가 가장 낮았다.
- 경도는 성숙이 진행되면서 감소하였는데, 방울토마토가 송이토마토보다 높았으며, 방울토마토는 'Unicorn'이 송이토마토는 'Aranka'가 높았다.
- 당도는 성숙이 진행되면서 감소하였는데 방울토마토가 송이토마토보다 높았으며, 방울토마토 중 'Suncherry 250'가 가장 높았다.
- 적정산도는 성숙이 진행되면서 감소하였는데, 'Aranka'품종이 가장 높았으며, 나머지 품종은 차이가 없었으며, 당산비의 경우 당도가 높았던 방울토마토가 높았음.
- 비타민 C 함량 성숙이 진행되면서 높아졌는데, 송이토마토에 비해 방울토마토가 높았으며, 방울토마토 품종 간 차이에 통계적 유의성은 없었다.
- 이상의 결과로 보아 송이토마토 두 품종은 품종 간 품질에 큰 차이가 없었고, 방울토마토의 경우 수출시 중요시 되는 경도는 'Unicorn'이 당도는 'Suncherry-250'에서 높았다.

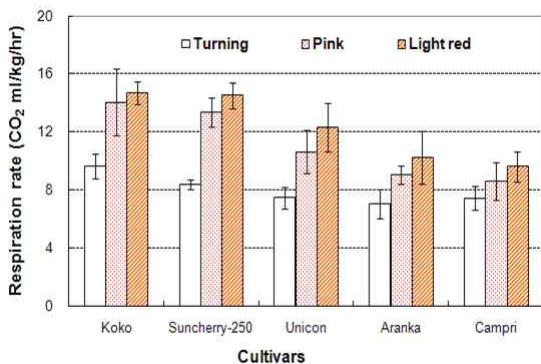


그림28. The respiration rate of 5 different tomato cultivars and 3 different maturities in room temperature. Vertical bars represent ±SD of the means (n=8)

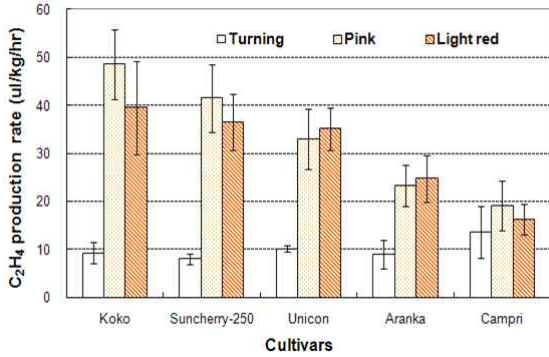


그림29. The ethylene production rate of 5 different tomato cultivars and 3 different maturities in room temperature. Vertical bars represent \pm SD of the means (n=8)

표11. The qualities of 5 cultivars tomato fruits classified by 3 maturities

Cultivar	Maturity	Firmness(N)	Soluble solide (Brix)	Titrateable acidity(% Citric acid)	Sugar/acid ratio	Vitamin C content (mg/100gFW)
KoKo	Turning	1.88 \pm 0.16	5.04 \pm 0.33	0.72 \pm 0.08	6.98 \pm 0.46	27.9 \pm 3.5
	Pink	0.99 \pm 0.03	6.32 \pm 0.28	0.67 \pm 0.05	9.46 \pm 0.42	37.2 \pm 6.6
	Light red	0.94 \pm 0.21	6.52 \pm 0.24	0.63 \pm 0.08	10.38 \pm 0.38	39.9 \pm 7.1
Sun cherry-250	Turning	1.64 \pm 0.21	5.64 \pm 0.23	0.71 \pm 0.03	8.00 \pm 0.33	22.8 \pm 3.9
	Pink	1.16 \pm 0.10	6.46 \pm 0.18	0.70 \pm 0.03	9.28 \pm 0.26	30.2 \pm 1.9
	Light red	1.00 \pm 0.10	6.86 \pm 0.21	0.66 \pm 0.04	10.35 \pm 0.31	37.7 \pm 5.1
Unicon	Turning	2.08 \pm 0.28	5.46 \pm 0.36	0.73 \pm 0.04	7.45 \pm 0.50	29.6 \pm 4.9
	Pink	1.42 \pm 0.19	5.88 \pm 0.29	0.65 \pm 0.02	9.06 \pm 0.45	35.7 \pm 1.9
	Light red	1.11 \pm 0.20	5.94 \pm 0.25	0.64 \pm 0.04	9.24 \pm 0.39	36.0 \pm 3.9
Aranka	Turning	1.60 \pm 0.20	5.40 \pm 0.20	0.92 \pm 0.08	5.88 \pm 0.22	22.2 \pm 1.0
	Pink	1.32 \pm 0.13	5.76 \pm 0.24	0.87 \pm 0.07	6.63 \pm 0.28	24.6 \pm 1.0
	Light red	1.22 \pm 0.15	5.80 \pm 0.21	0.83 \pm 0.04	6.91 \pm 0.25	25.0 \pm 1.4
Campri	Turning	1.46 \pm 0.09	5.48 \pm 0.24	0.73 \pm 0.09	7.54 \pm 0.33	24.8 \pm 1.7
	Pink	1.34 \pm 0.21	5.90 \pm 0.20	0.68 \pm 0.04	8.63 \pm 0.29	26.7 \pm 3.2
	Light red	1.30 \pm 0.20	5.94 \pm 0.25	0.67 \pm 0.02	8.82 \pm 0.25	24.6 \pm 1.5

^z The values represent mean \pm SD (n=8).

(다) 수출용 토마토의 숙기별 저장성 비교

① 대과종 토마토의 숙기별 저장성 비교

- 품종 간 비교에서 경도가 높고 당도도 비교적 높아 수출 품종으로 선정했던 대과종 토마토 'Madison'의 저장성을 3가지 저장온도에서 비교하였다.
- 생체중 감소의 경우 모든 저장온도에서 3%이하를 보였고, 숙기별로 생체중 감소에 차이를 보이지 않았다.
- 저장 중 과피색 변화의 경우 a*/b* 값이 0.3 수준이 완숙상태의 색깔이었는데, 5도 저장의 경우 light-pink(100% 노란), pink(주황 50%)는 착색이 이루어지지 않았고, light red(주황 100% + 20% 빨강)가 저장 후 8일 전후로 완숙상태의 착색을 보였다. 10도 저장에서는 light red(주황 100% + 20% 빨강)는 저장 6일 전후로 pink(주황 50%)는 12일 light-pink(100% 노란)는 20일째에 완숙상태의 착색을 보였다. 이에 반해 상온(24도)에서는 light red(주황 100% + 20% 빨강)는 저장 2일 전후로 pink(주황 50%)는 3일 light-pink(100% 노란)는 4일째에 완숙상태의 착색을 보였다.

- 저장중 당도의 변화는 숙기별 저장온도별로 큰 차이를 보이지 않았으나, 경도의 경우 초기 값이 높았던 light-pink(100% 노란)가 저장기간이 길었음에도 높은 값을 유지하였다.
- 이상의 결과로 보아 10일 내외의 유통조건에서는 5도에서 light red(주황 100% + 20% 빨강) 10도에서는 pink(주황 50%이상)에서 light-pink(녹색-주황, 녹색 30%)단계의 성숙정도가 가장 적합할 것으로 생각된다.

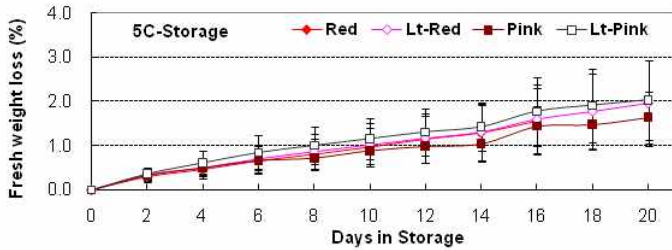


그림30. 5도에서 저장한 대과종 토마토(Madison)의 숙기별 생체중 감소 변화 비교. light-pink(100% 노란), pink(주황 50%이상), light red(주황 100% + 20% 빨강), red(50% 빨강)

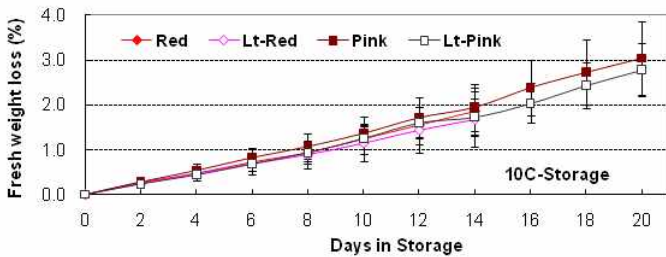


그림31. 10도에서 저장한 대과종 토마토(Madison)의 숙기별 생체중 감소 변화 비교 light-pink(100% 노란), pink(주황 50%이상), light red(주황 100% + 20% 빨강), red(50% 빨강)

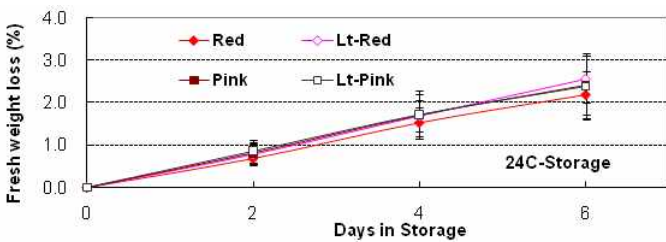


그림32. 24도에서 저장한 대과종 토마토(Madison)의 숙기별 생체중 감소 변화 비교 light-pink(100% 노란), pink(주황 50%이상), light red(주황 100% + 20% 빨강), red(50% 빨강)

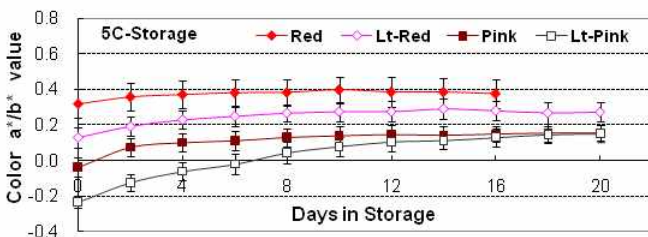


그림33. 5도에서 저장한 대과종 토마토(Madison)의 숙기별 과피색 변화 비교 light-pink(100% 노란), pink(주황 50%이상), light red(주황 100% + 20% 빨강), red(50% 빨강)

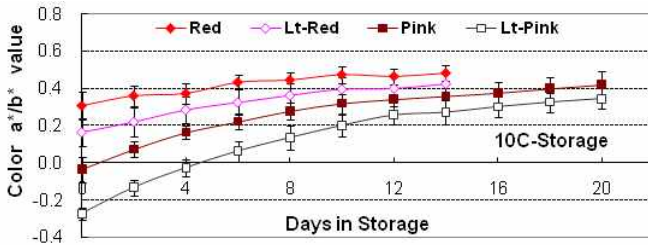


그림34. 10도에서 저장한 대과종 토마토(Madison)의 숙기별 과피색 변화 비교 light-pink(100% 노란), pink(주황 50%이상), light red(주황 100% + 20% 빨강), red(50% 빨강)

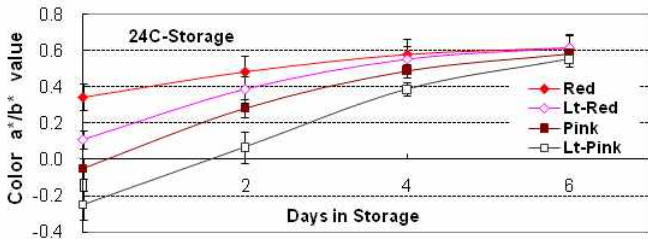


그림35. 24도에서 저장한 대과종 토마토(Madison)의 숙기별 과피색 변화 비교 light-pink(100% 노란), pink(주황 50%이상), light red(주황 100% + 20% 빨강), red(50% 빨강)

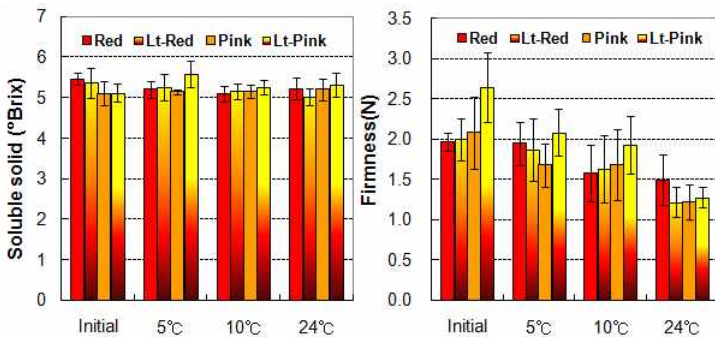


그림36. 5, 10, 24도에서 저장한 숙기가 서로 다른 대과종 토마토(Madison)의 저장 최종일에 당도와 경도 비교. 저장 최종일 5도 red 16일, light-red, pink, light-pink 20일, 10도 red, light-red, 14일, pink, light-pink 20일, 24도 모든 숙기가 6일

② 방울토마토의 숙기별 저장성 비교

- yellow(노랑 90%), orange-yellow(o-yellow: 노랑-주황, 주황 50%),
- orange(주황 90%), orange-red(o-red: 주황-빨강, 빨강 50%), red(빨강 90%)
- 품종 간 비교에서 경도가 높고 당도도 비교적 높아 수출 품종으로 선정했던 방울토마토 'Unicorn'의 저장성을 3가지 저장온도에서 비교하였다.
- 생체중 감소의 경우 모든 저장온도에서 4%이하를 보였고, 숙기별로 생체중 감소에 차이를 보이지 않았다.
- 저장 중 과피색 변화의 경우 a*/b* 값이 0.8 수준이 완숙상태의 색깔이었는데, 5도 저장의 경우 15일째 착색이 이루어진 orange-red(o-red: 주황-빨강, 빨강 50%)를 제외한 모든 성숙처리에서 착색이 이루어지지 않았다. 10도 저장에서도 yellow (노랑 90%), orange-yellow (o-yellow: 노랑-주황, 주황 50%)는 완숙상태까지 착색이 이루어지지 않았으며 orange-red (o-red: 주황-빨강, 빨강 50%)가 10일째에 orange (주황 90%) 16일째

완숙상태의 착색을 보였다. 이에 반해 상온(24도)에서는 yellow (노랑 90%)만이 저장 최종일은 6일째가 착색이 완료되지 않았으며, orange-red (o-red: 주황-빨강, 빨강 50%)가 2일째에 orange (주황 90%)와 orange-yellow (o-yellow: 노랑-주황, 주황 50%) 4일째 착색이 완료되었다.

- 저장중 당도의 변화는 숙기별 저장온도별로 큰 차이를 보이지 않았으나, 경도의 경우 초기 값이 높았던 yellow(노랑 90%)와 orange-yellow(o-yellow: 노랑-주황, 주황 50%)가 저장기간이 길었음에도 가장 높은 값을 유지하였다.
- 이상의 결과로 보아 방울토마토의 경우 미성숙상태의 과실이 저온에서 착색이 거의 이루어지지 않아 5도에서는 orange-red(o-red: 주황-빨강, 빨강 50%)이상의 숙기가 요구되었으며, 10도에서는 orange-red (o-red: 주황-빨강, 빨강 50%)에서 orange (주황 90%)단계의 성숙정도가 가장 적합할 것으로 생각된다.

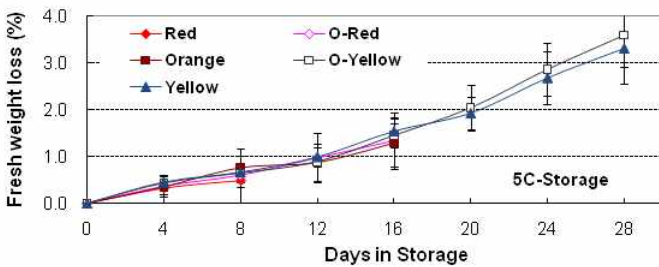


그림37. 5도에서 저장한 방울토마토 (Unicorn)의 숙기별 생체중 감소 변화 비교

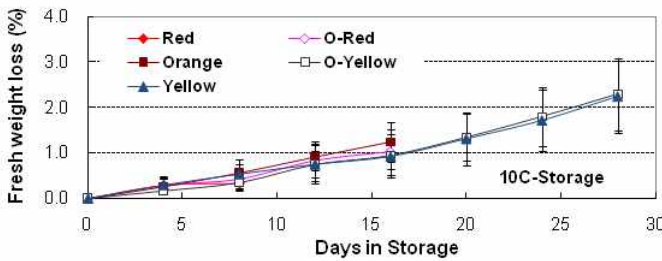


그림38. 10도에서 저장한 방울토마토 (Unicorn)의 숙기별 생체중 감소 변화 비교

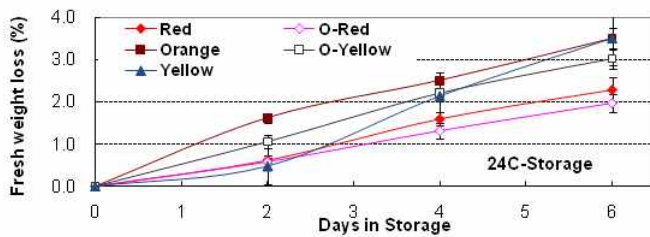


그림39. 24도에서 저장한 방울토마토 (Unicorn)의 숙기별 생체중 감소 변화 비교

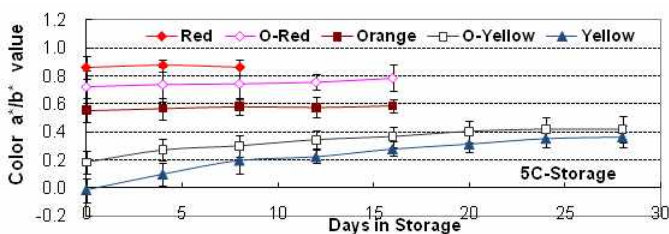


그림40. 5도에서 저장한 대과종 토마토 (Madison)의 숙기별 과피색 변화 비교

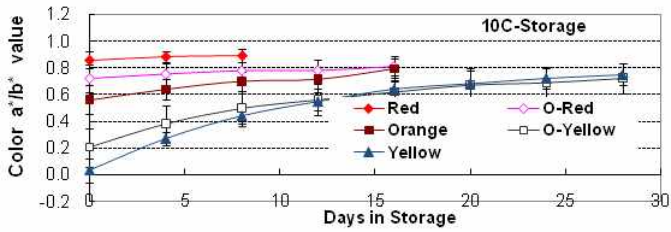


그림41. 10도에서 저장한 대과종 토마토 (Madison)의 숙기별 과피색 변화 비교

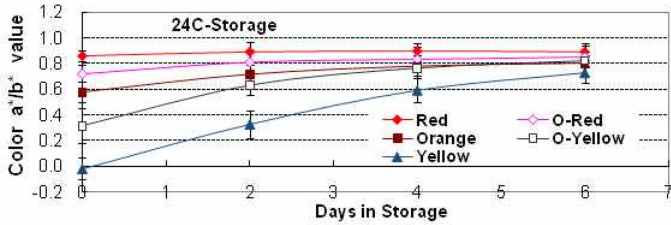


그림42. 24도에서 저장한 대과종 토마토 (Madison)의 숙기별 과피색 변화 비교

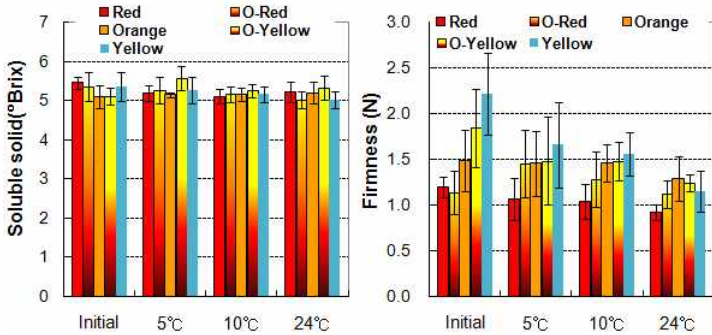


그림43. 5, 10, 24도에서 저장한 숙기가 서로 다른 방울토마토(Unicorn)의 저장 최종일에 당도와 경도 비교. 저장 최종일 5도와 10도는 red 8일, o-red와 orange는 16일, o-yellow와 yellow 28일, 24도 모든 숙기가 6일

(2) 대과종 메디슨과 방울토마토 유니콘을 대상으로 UVc처리 효과 입증

(가) UVc처리 효과 검증

- UVc처리는 생체중 감소와 포장재 이산화탄소, 산소농도로 본 호흡에는 영향을 주지 않았고, 에틸렌 발생은 다소 억제하는 것으로 나타남

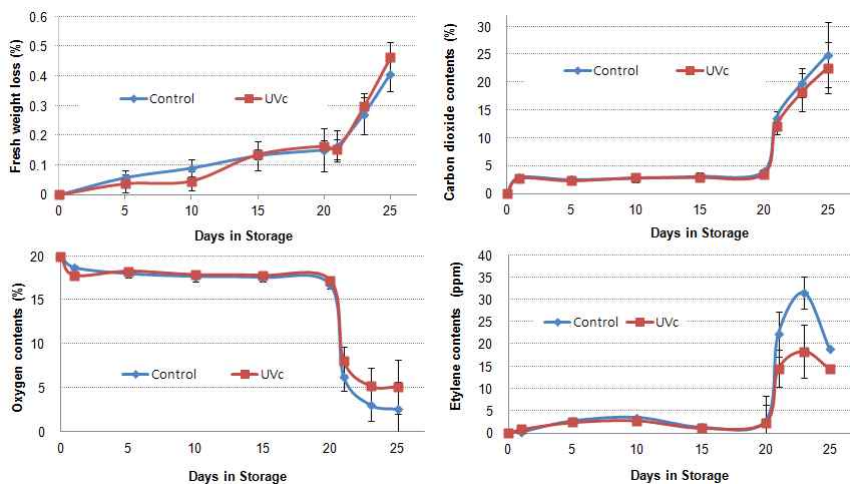


그림44. UVc(260nm)처리가 메디슨 토마토의 5도 저장 중 생체중 변화와 MAP 내부의 가스 조성 변화에 미치는 영향(Control: 0kJ/m², UVc: 15kJ/m², MAP 필름 종류는 20,000cc 산소 투과 필름)

- UVc처리는 외관상 품질에는 영향을 미치는 않았으나, 경도를 다소 높게 유지하였으며, 곰팡이 발생률을 대조구에 비해 30% 정도 억제하는 효과를 보임

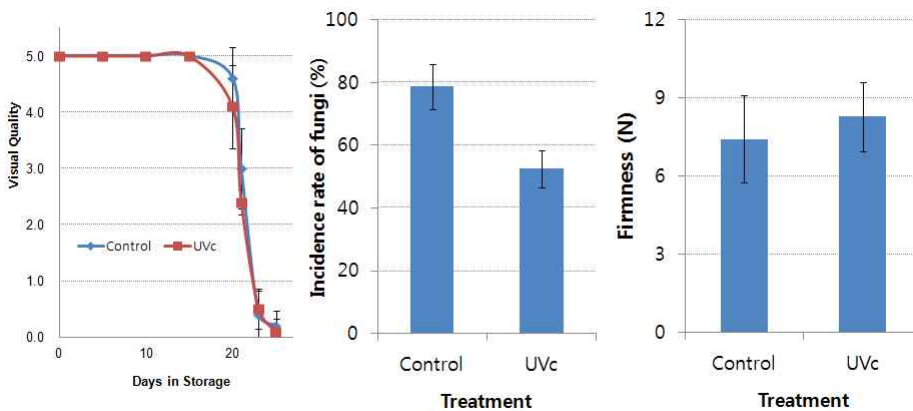


그림45. UVc(260nm)처리가 메디슨 토마토의 5도 저장 중 외관상 품질 변화와 저장 최종일(25일)에 경도 및 곰팡이 발생률에 미치는 영향(Control: 0kJ/m², UVc: 15kJ/m², 포장 필름 20,000cc 산소 투과 필름)

(나) UVc 세기가 방울토마토 유니콘의 *Botrytis cinerea* 의 살균에 미치는 영향

- *Botrytis cinerea* 회식수에 침지 후 상온에서 0kJ/m², 5kJ/m², 10kJ/m², 15kJ/m², 20kJ/m²로 UVc처리하였으며, 대조구에 증류수에 5분간 침지한 대조구와 침지 후 45도에서 60초간 침지한 열처리구를 두어 살균효과를 조사 중에 있음. 현재 상온에서 7일간 저장중이나 아직 곰팡이가 발생하지 않고 있음



그림46. 집종 후 0kJ/m², 5kJ/m², 10kJ/m², 15kJ/m², 20kJ/m²로 UVc처리, 열수 처리, 그리고 무집종 control

(3) 적정 살균 기술 개발

(가) ClO₂가스 처리효과 구명

- ClO₂가스 처리 시 저장 중 생체중 감소, 포장 내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도에 변화에 통계적 유의성은 없었음
- ClO₂가스 처리 시 곰팡이 발생이 크게 억제되었으나, 기존 NaOCl수용액 처리 보다는 다소 낮았음

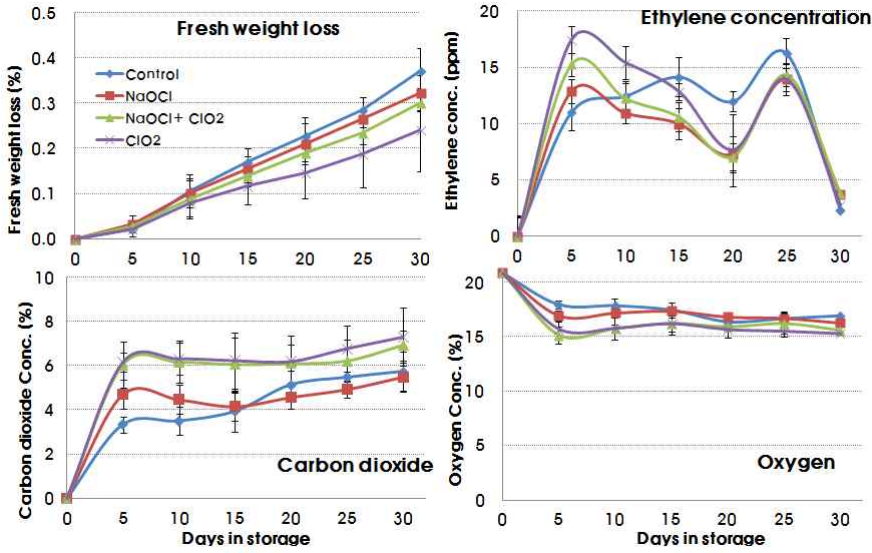


그림47. ClO₂가스처리와 NaOCl수용액 침지 처리가 유니콘 토마토의 저장중 생체중 감소, 포장재내 에틸렌, 이산화탄소, 산소 농도에 미치는 영향

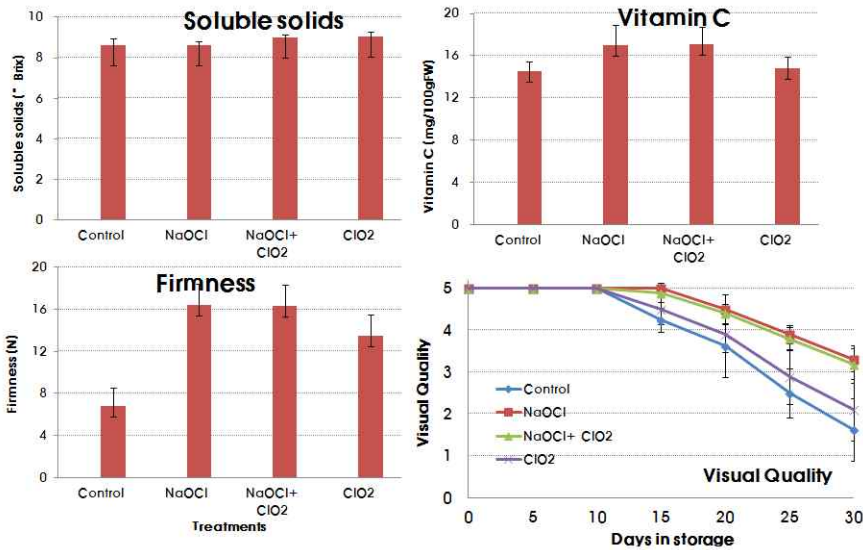


그림48. ClO₂가스처리와 NaOCl수용액 침지 처리가 유니콘 토마토의 저장중 외관상 품질 변화와 저장 30일 후 당도, 비타민 C, 경도에 미치는 영향

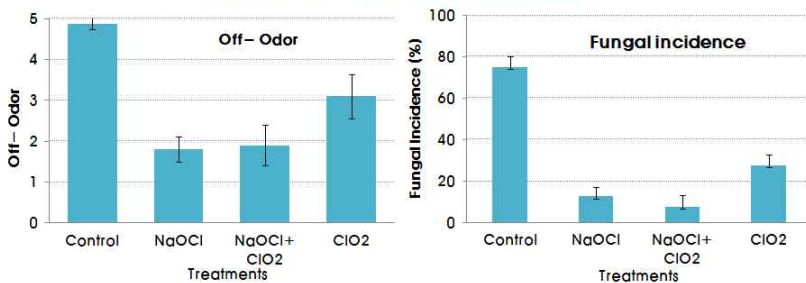


그림49. ClO₂가스처리와 NaOCl수용액 침지 처리가 유니콘 토마토의 저장 30일 후 외관모습과 이취, 곰팡이 발생률에 미치는 영향

- 저장 기간 중 생체중의 변화는 NaOCl 침지 처리와 1ppm ClO₂ 가스 처리에서 다소 낮았으나 유의적인 차이는 없었다. 외관상 품질에서도 처리 간 유의적인 차이를 발견할 수 없었다. 경도의 경우 0.90ppm ClO₂ 가스 처리가 NaOCl 침지 처리와 유사한 수준을 나타내었다. 곰팡이 발생률은 0.90 과 0.45ppm에서 다소 낮아지는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다.
- 저장 중 에틸렌, 산소, 이산화탄소 농도 변화는 처리 간 차이를 보이지 않았으며 당도 및 산도 등의 품질 지표에서도 처리 간 차이를 보이지 않았다.
- 따라서 본 연구를 통해 ClO₂ 가스 처리는 단기 유통 현장에서 잔류 문제없이 사용이 가능한 것으로 판단된다.

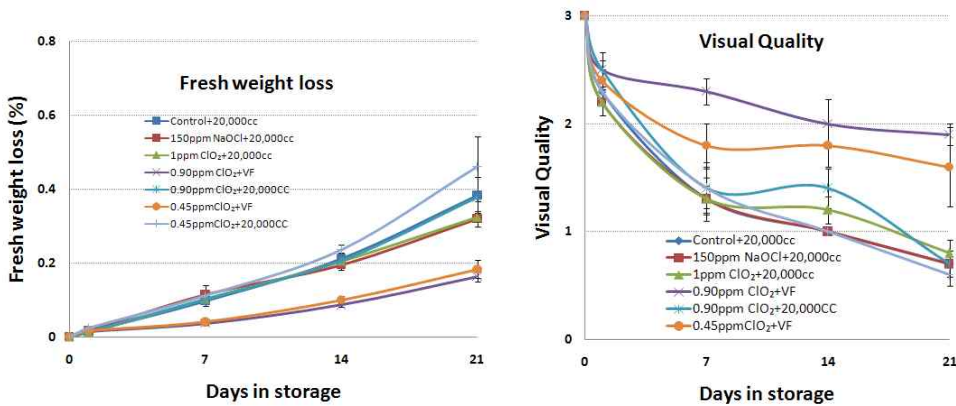


그림50. ClO₂ 및 NaOCl 침지 처리의 방울토마토 'Unicorn' 의 5도 저장 21일간 생체중 변화와 외관상 품질 변화

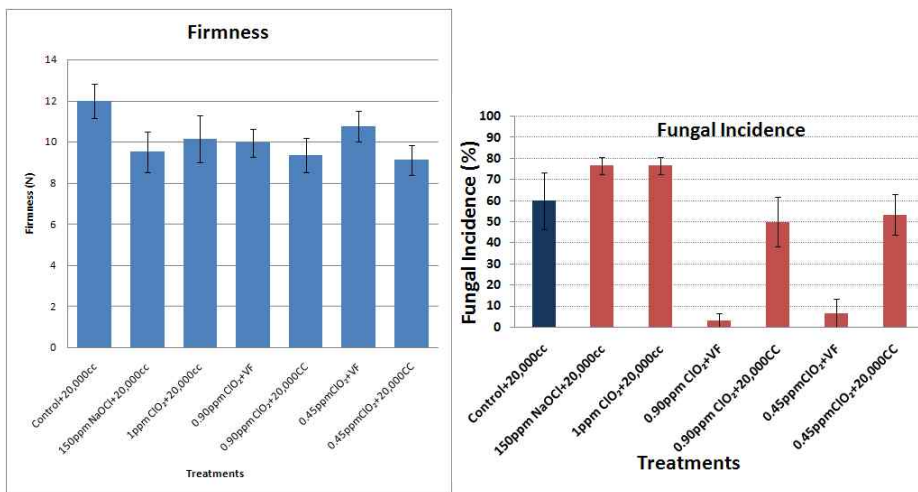


그림51. ClO₂ 및 NaOCl 침지 처리의 방울토마토 'Unicorn' 의 5도 저장 21일 후 과실 경도와 곰팡이 발생률

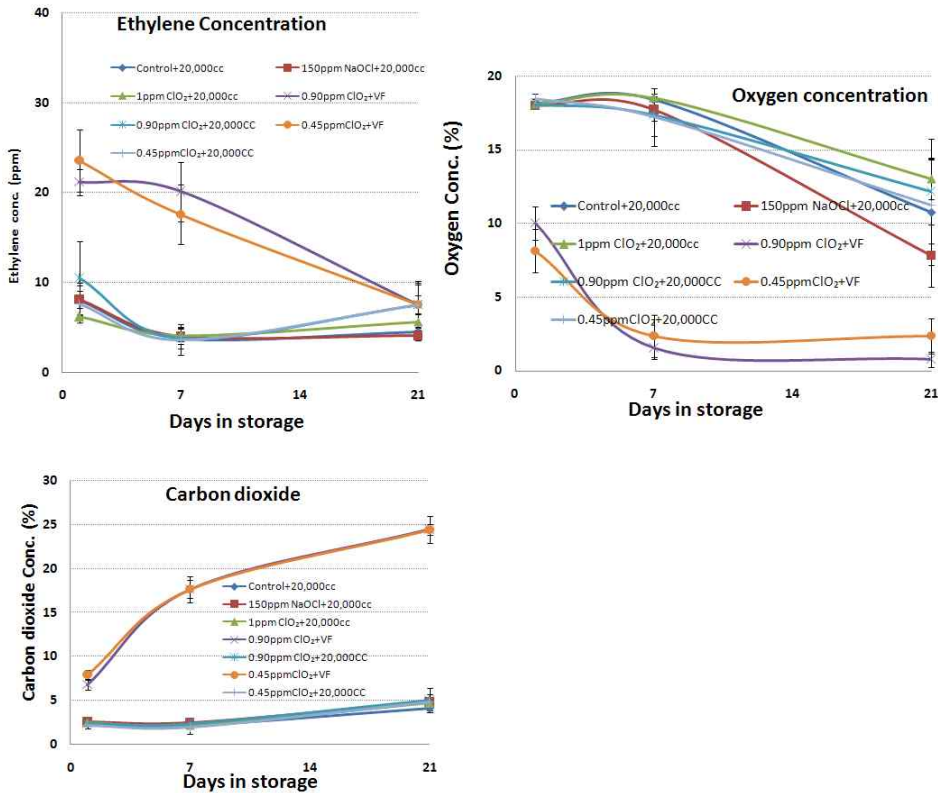


그림52. ClO₂ 및 NaOCl 침지 처리의 방울토마토 'Unicorn' 의 5도 저장 21일간 에틸렌, 산소농도 그리고 이산화탄소 농도 변화

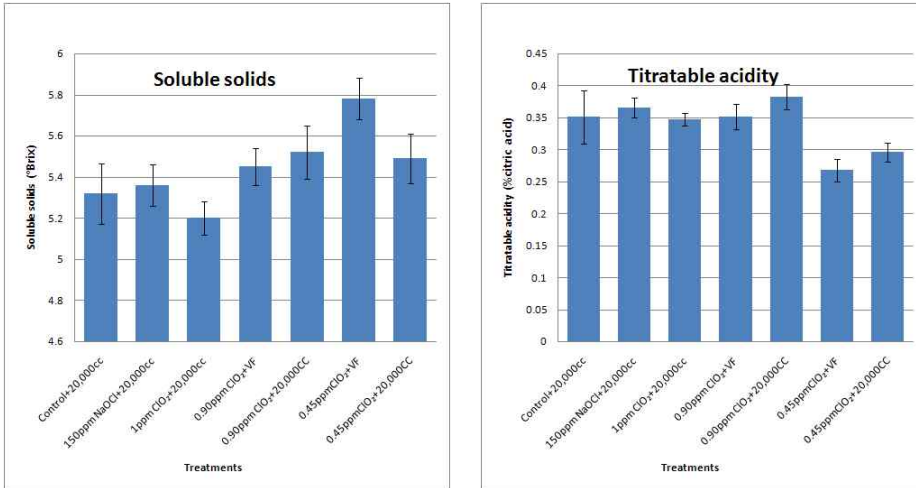


그림53. ClO₂ 및 NaOCl 침지 처리의 방울토마토 'Unicorn' 의 5도 저장 21일 후 당도 및 산도

(나) ClO₂ 가스 적정 처리 시간 구명

① 2012년(4차년도): 방울토마토 '유니콘'

- 0.4ppm의 저농도 ClO₂ 가스는 12시간 처리 후에도 살균효과가 없었음
- 0.4ppm의 저농도 ClO₂ 가스 처리는 저장 중 외관상품질, 생체중 감소, 포장 내 가스농도, 경도와 당도에 영향을 주지 않았음

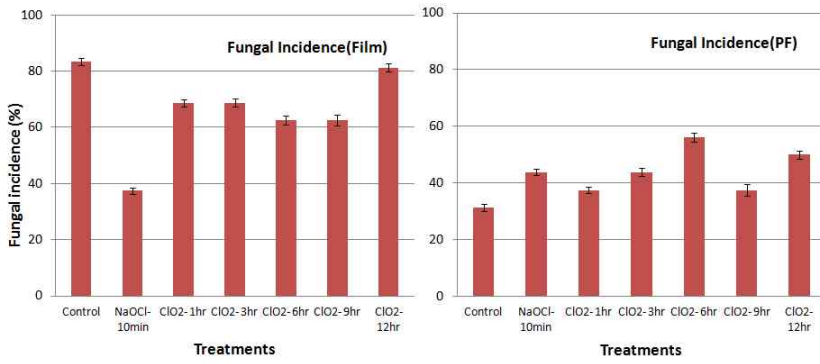


그림54. ClO₂가스처리 시간이 처리가 유니콘 토마토의 5도 저장 15일 후 곰팡이 발생에 미치는 영향. 저장 방법은 천공필름(PF)과 20,000cc 비천공 MA포장(film)

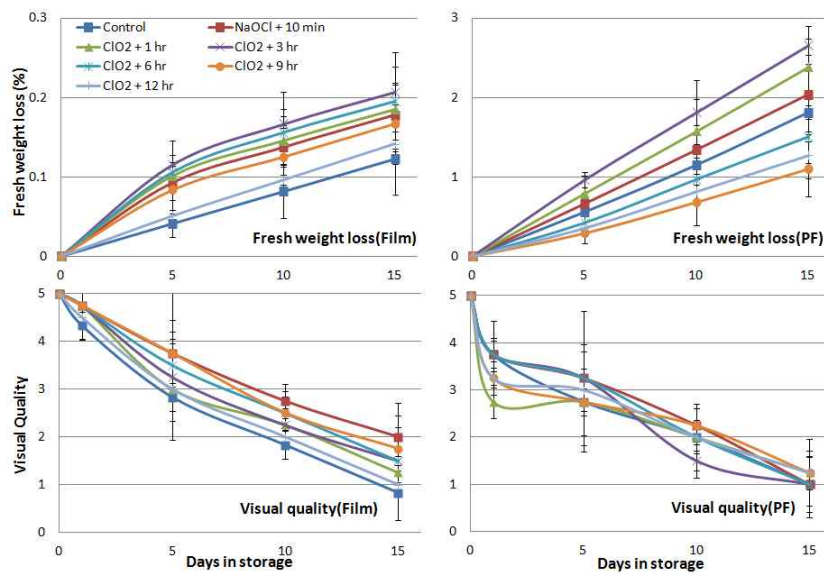


그림55. ClO₂가스처리 시간이 처리가 유니콘 토마토의 5도 저장 중 외관모습과 생체중 변화에 미치는 영향. 저장 방법은 천공필름(PF)과 20,000cc 비천공 MA포장(film)

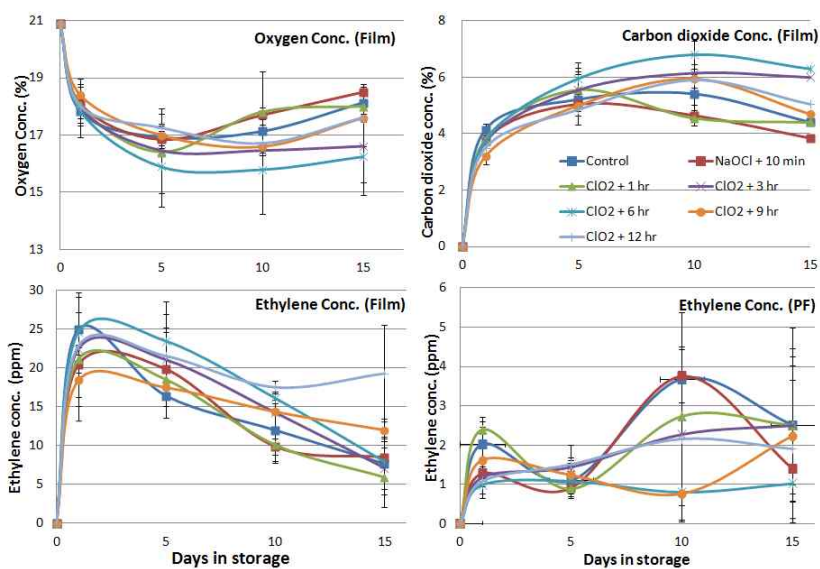


그림56. ClO₂가스처리 시간이 처리가 유니콘 토마토의 5도 저장 중 포장 내 산소와 이산화탄소, 에틸렌 농도 변화에 미치는 영향. 저장 방법은 천공필름(PF)과 20,000cc 비천공 MA포장(film)

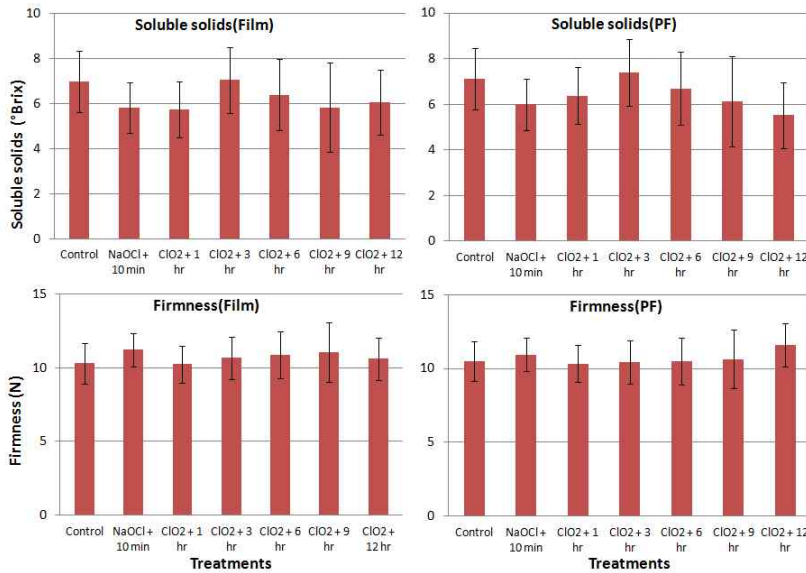


그림57. ClO₂가스처리 시간이 처리가 유니콘 토마토의 5도 저장 15일 후 당도, 경도에 미치는 영향. 저장 방법은 천공필름(PF)과 20,000cc 비천공 MA포장(film)

② 2013년(5차년도): 중과종 완숙토마토(Dafnis)를 대상으로 ClO₂ 가스 효과를 검증

- 25일 간의 저장기간 동안 생체중 감소율은 NaOCl 침지 처리구에서 가장 크게 나타났으며, 5ppm+12시간 처리구에서 가장 낮게 나타났다. 1ppm과 5ppm 처리중 5ppm처리구가 보다 낮은 생체중 감소율을 나타내었다.
- 최종 저장일인 25일에 측정된 경도 역시 5ppm+12시간 처리구에서 가장 높은 값을 나타내었다. 1ppm+24시간 처리구는 무처리구와 유사한 값을 나타내어 장시간의 처리는 오히려 경도를 감소시키는 결과를 얻었다.
- 최종 저장일인 25일 후 측정된 당도 및 산도는 5ppm+6시간 처리구에서 우수한 값을 나타내었고 5ppm+12시간 처리구는 5ppm+6시간 처리구에 비해 다소 낮았으나 다른 처리구에 비해 같거나 높았다.
- 산소, 이산화탄소, 그리고 에틸렌 생성량은 모든 처리구에서 유사한 패턴을 나타내었으며, 저장 20일을 기준으로 급격한 변화를 나타내는 것으로 나타났다. 에틸렌의 생성은 5일 15일 25일의 10일 간격으로 증가하는 것으로 나타났다. 산소 발생량도 같은 경향을 나타내었다. 이산화탄소의 생성은 20일까지 큰 변화가 없었으나 25일부터 급격하게 증가하는 것으로 나타났다.
- 외관상 품질 변화는 5ppm처리구가 다른 처리에 비해 우수하였다. 곰팡이 발생률은 무처리구에서 가장 크게 나타났으며 NaOCl 침지처리와 5ppm ClO₂ 가스 처리에서 가장 우수한 결과를 나타내었다. 1ppm처리와 5ppm처리구를 상호 비교 시 5ppm처리가 처리 시간에 상관없이 우수한 결과를 나타내었다.
- 본 결과를 종합하면 5ppm처리가 생체중 감소율, 경도, 당도, 산도, 외관상 품질, 그리고 곰팡이 발생률에서 매우 우수하였기에 가장 타당하다고 판단된다.

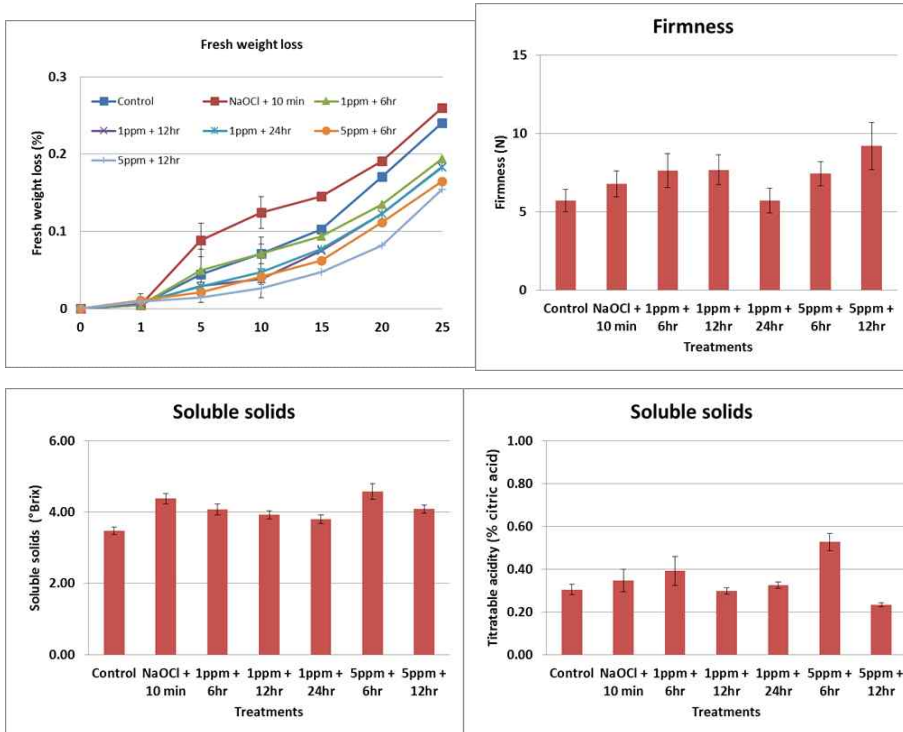


그림58. 중과종 완숙토마토(Dafnis)의 생체중 감소율, 경도, 당도 그리고 산도에 미치는 ClO₂ 가스 처리의 효과

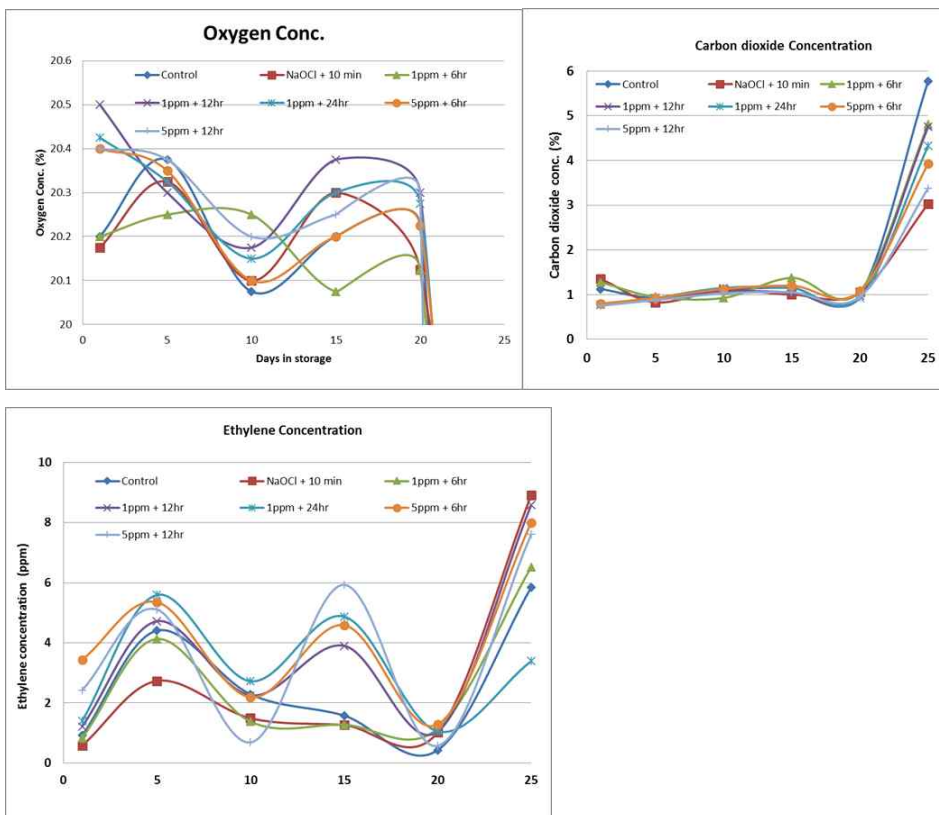


그림59. 중과종 완숙토마토(Dafnis)의 산소, 이산화탄소 그리고 에틸렌 생성에 미치는 ClO₂ 가스 처리의 효과

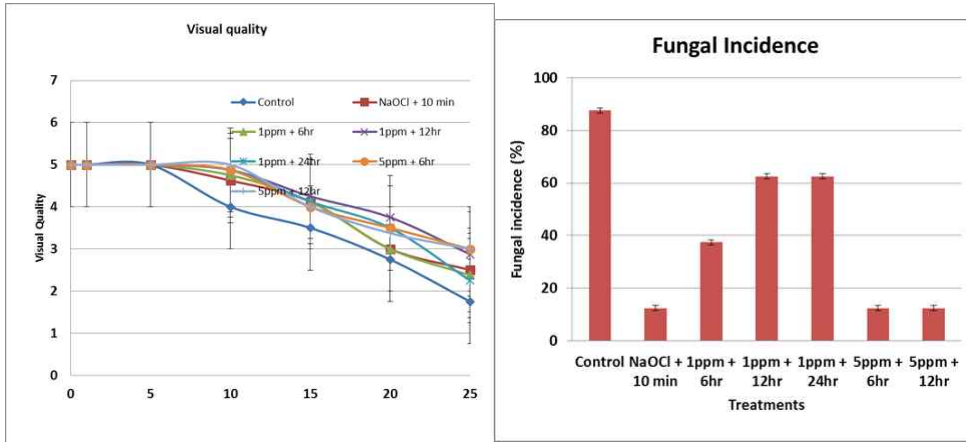


그림60. 중과종 완숙토마토(Dafnis)의 외관상 품질변화 및 곰팡이 발생률에 미치는 ClO₂ 가스 처리의 효과

(4) 규소를 이용한 경도 증진 재배 기술 개발

(가) 양액 내 규소 첨가

- 양액 내 규소처리 후 MA저장 중 외관상 품질변화는 처리 간 차이가 없었으며, 규소 처리 시 수량 감소는 없었음
- 저장 최종일에 규소처리구에서 다소 높은 곰팡이 발생률을 보임
- 규소 처리 시 저장 중 생체중 감소, 포장 내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도에 변화에 통계적 유의성은 없었음
- 내적 품질에서는 경도가 규소처리 0.41mM처리에서 저장 전 후 모두 높게 유지되었으나, 다른 처리구에 차이에 통계적 유의성은 없었음

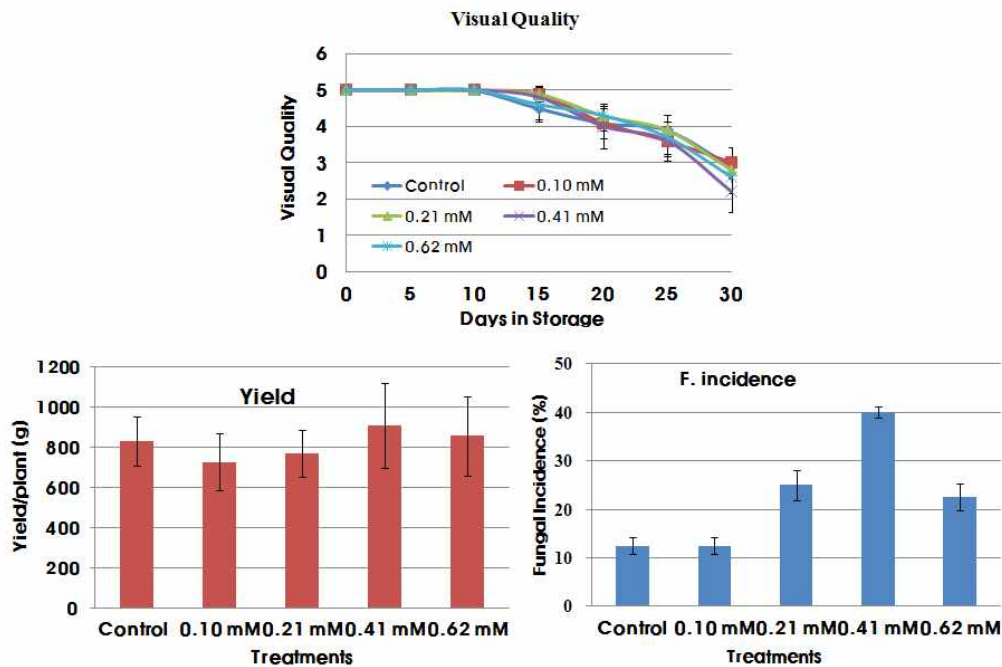


그림61. 양액 내 규소 첨가 처리가 유니콘 토마토의 저장 중 외관상 품질 변화와 처리 후 수량 그리고 저장 30일 후 곰팡이 발생률에 미치는 영향

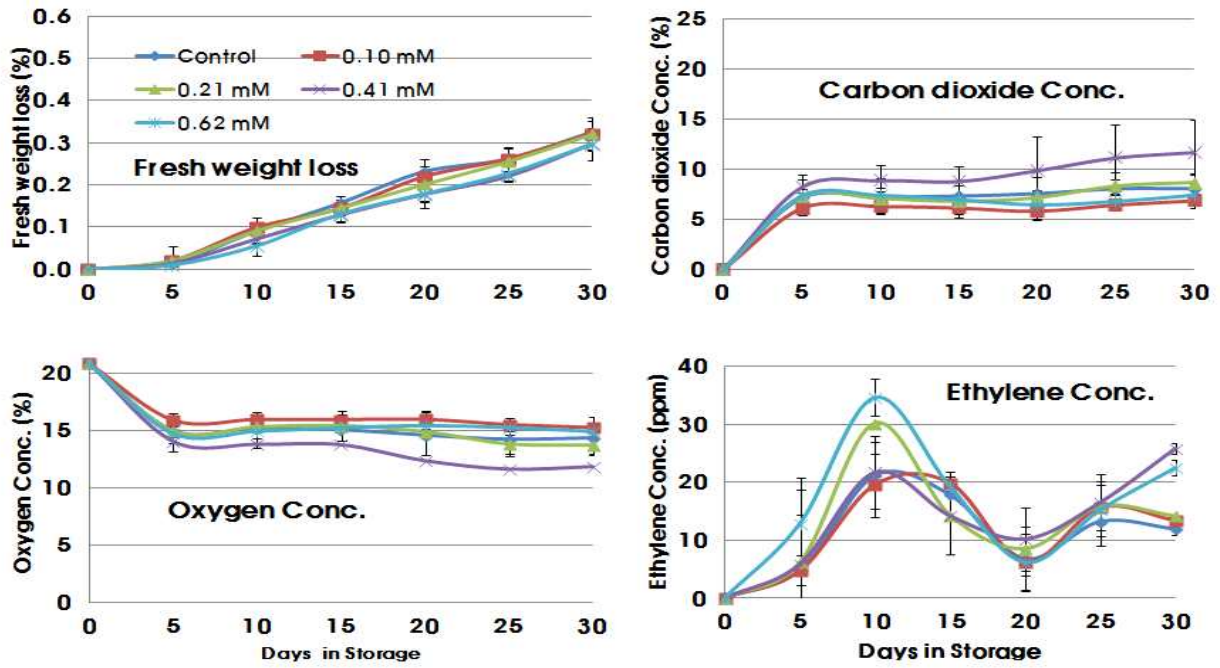


그림62. 양액 내 규소 침지 처리가 유니콘 토마토의 저장 중 생체중 감소, 포장재내 에틸렌, 이산화탄소, 산소 농도에 미치는 영향

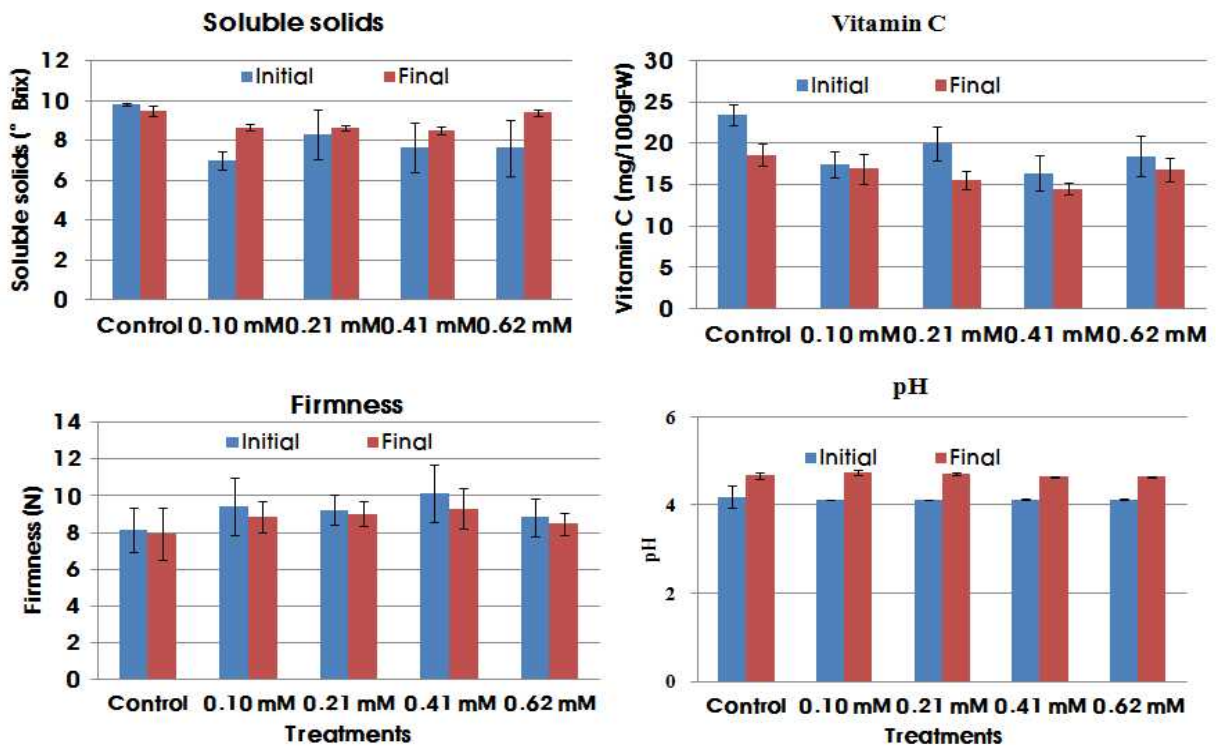


그림63. 양액 내 규소 침지 처리가 유니콘 토마토의 저장 30일 후 당도, 비타민 C, 경도, 산도에 미치는 영향

- 2012년 4차년도에 이어 2013년 5차년도에도 추가 방울토마토 ‘Unicorn’ 품종에 규소를 0.10mM, 0.21mM, 0.41mM and 0.62mM 농도로 양액 내 처리 실험하였다.
- 저장 중 생체중의 변화는 규소 처리 농도가 높을수록 다소 낮아지는 경향을 나타내었으나 유의적인 차이는 없었다. 외관상 품질의 변화는 처리가 차이를 나타내지 않았다.
- 경도 에서는 처리농도에 따라 0.41mM까지는 증가하는 경향을 보이다가 이상에서는 감소하는 것으로 나타났다. 당도는 반대로 0.41mM 처리까지 감소하다가 이후 다시 증가하는 경향을 보였고 비타민 함량은 경도와 같은 경향을 나타내었다.
- 저장 중 포장 내 산소 및 이산화탄소 농도 변화에서는 0.41mM 처리가 가장 높은 호흡률을 나타내었다.
- 곰팡이 발생률은 전 처리 농도에서 대조구보다 낮게 나타났으며, 0.10mM 처리구에서 가장 낮게 나타났다.
- 과실의 건물률은 0.41mM 치 다소 낮았으나 유의적인 차이는 없었다. 그러나 잎의 건물률은 0.41.mM에서 가장 높게 나타났다.

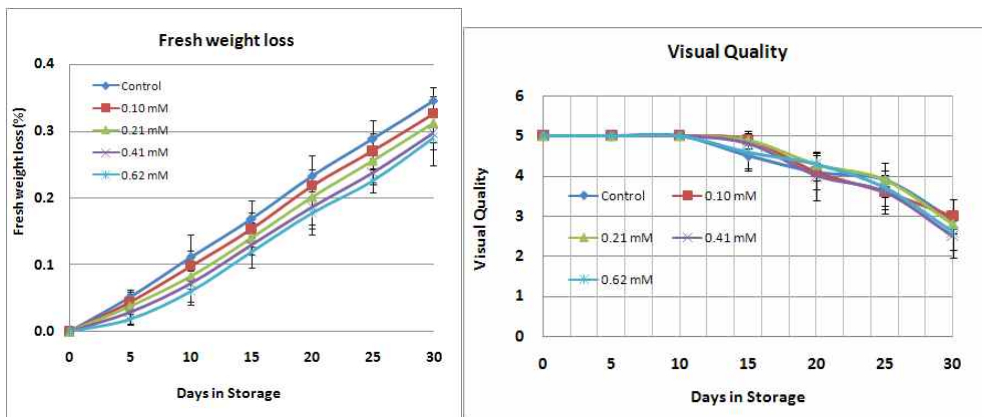


그림64. 방울토마토 ‘Unicorn’의 저장 30일간 규소 농도별 양액처리의 효과: 생체중, 외관상 품질 변화; 규소처리농도 0.10mM, 0.21mM, 0.41mM and 0.62mM

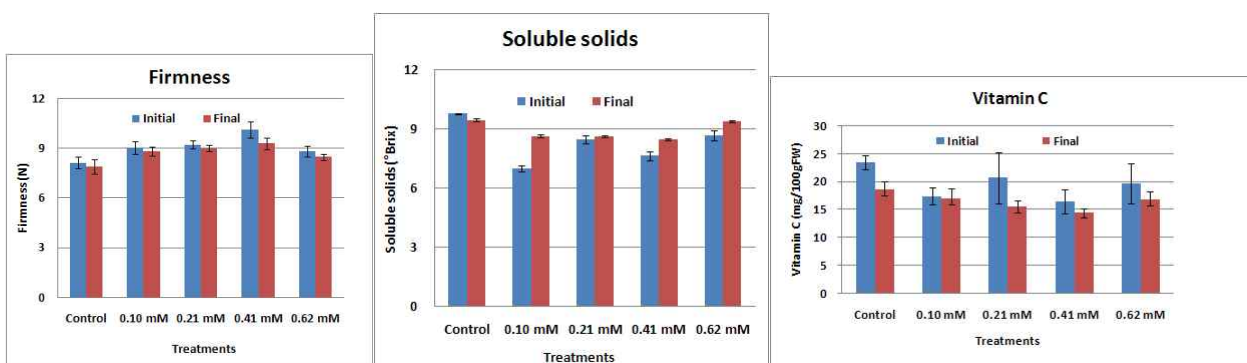


그림65. 방울토마토 ‘Unicorn’의 저장 30일간 규소 농도별 양액처리의 효과: 저장 전 과 저장 30일 후의 경도, 당도 그리고 비타민C; 규소처리농도 0.10mM, 0.21mM, 0.41mM and 0.62mM

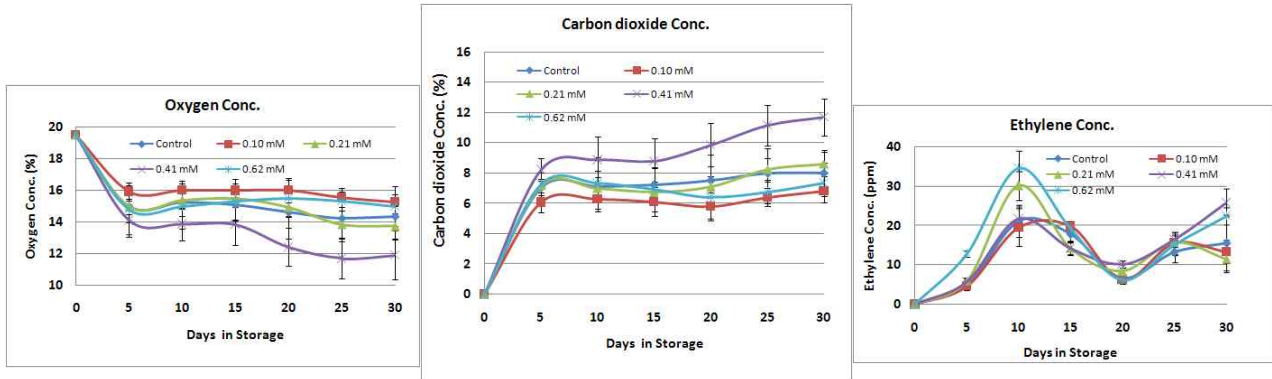


그림66. 방울토마토 ‘Unicorn’의 저장 30일간 규소 농도별 양액처리의 효과: 산소, 이산화탄소 그리고 에틸렌 농도 변화; 규소처리농도 0.10mM, 0.21mM, 0.41mM and 0.62mM

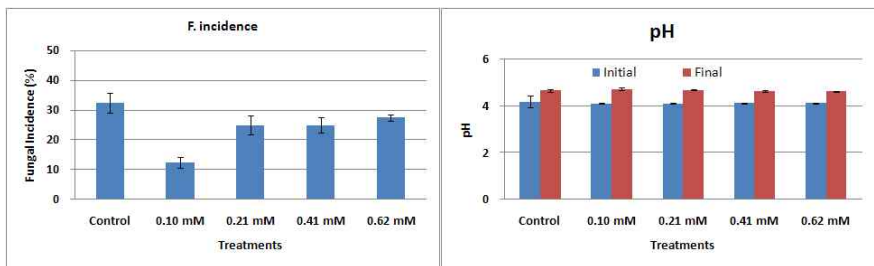


그림67. 방울토마토 ‘Unicorn’의 저장 30일간 규소 농도별 양액처리의 효과: 저장 후 곰팡이 발생률과 저장 전후 pH ; 규소처리농도 0.10mM, 0.21mM, 0.41mM and 0.62mM

표12. The average fruit weight and the yield of Cherry tomatoes ‘Unicorn’ during hydroponics growing with different silicate treatments

Cultivar	Silicate treatment	Avg. weight/Fruit (g)	Yield/plant (g)
‘Unicorn’	Control	09.86 ± 1.46 ^z	827.90
	0.10 mM	08.64 ± 1.67	726.26
	0.21 mM	09.14 ± 1.41	767.76
	0.41 mM	10.82 ± 2.52	908.54
	0.62 mM	10.19 ± 2.36	855.96

^zMean with standard deviation

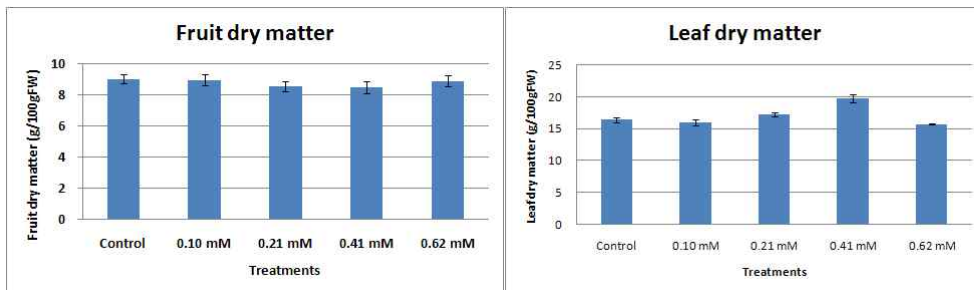


그림68. 방울토마토 ‘Unicorn’의 저장 30일간 규소 농도별 양액처리의 효과: 저장 후 과실 건물률 및 잎 건물률 ; 규소처리농도 0.10mM, 0.21mM, 0.41mM and 0.62mM

(나) 엽면살포 방법: 송이토마토 규소 엽면시비

① 품종 ‘Campari’

- 규소 엽면시비는 저장기간 동안 생체중 감소율이 가장 낮게 나타났다.
- 과실 경도 및 외관상 품질은 엽면과 식물체 전체 스프레이 처리 모두 대조구보다 높은 경향을 나타내었다. 이것은 차후 저장성 향상에 유의적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.
- 비타민과 soluble solids 함량에서는 차이를 보이지 않았다.
- 산소, 이산화탄소 및 에틸렌 농도 변화는 유의적인 차이를 보이지 않았다.
- 균 발생량은 두 처리구 모두 대조구에 비해 낮은 발생량을 보였다.
- 위의 결과를 종합하면 'Campari' 에 있어서 규소 스프레이는 저장성 향상에 효과적인 것으로 판단된다.

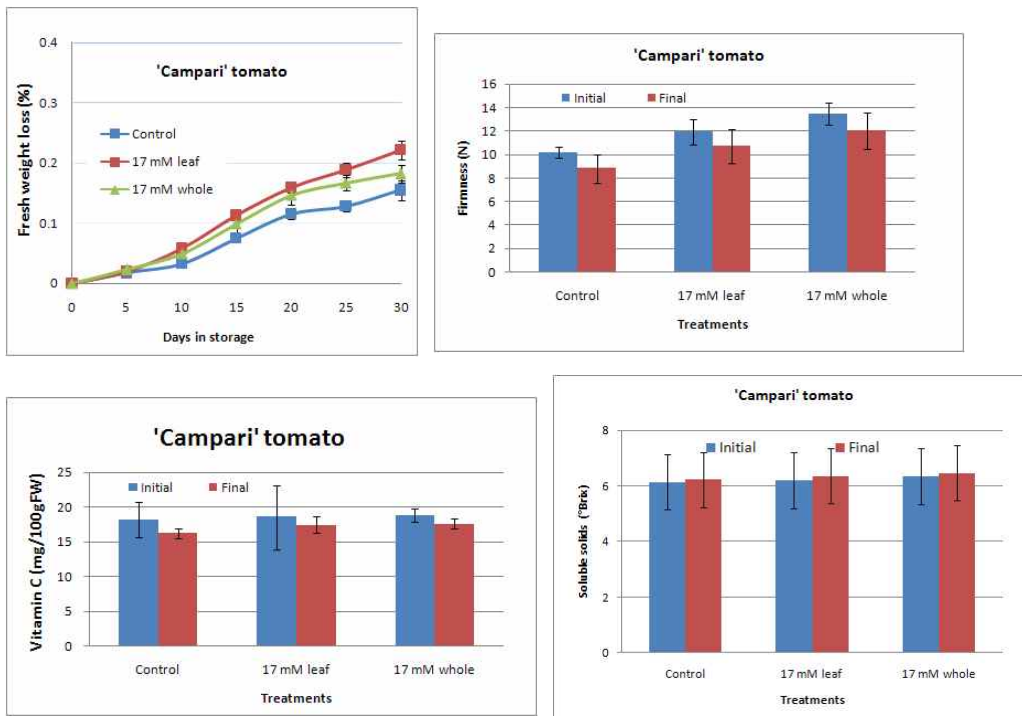
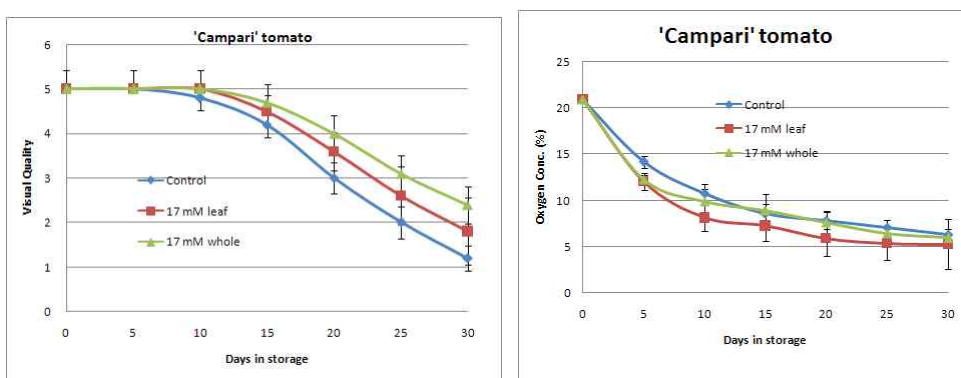


그림69. 송이토마토 'Campari'의 저장 30일 후 규소 엽면시비의 효과; 생체중, 경도, 비타민 C, soluble solids 변화



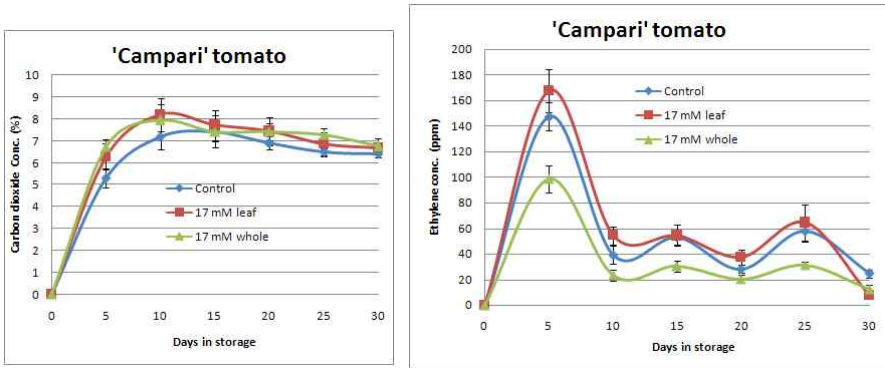


그림70. 송이토마토 'Campari'의 저장 30일 후 규소 엽면시비의 효과; 관능평가, 산소, 이산화탄소, 그리고 에틸렌 농도 변화

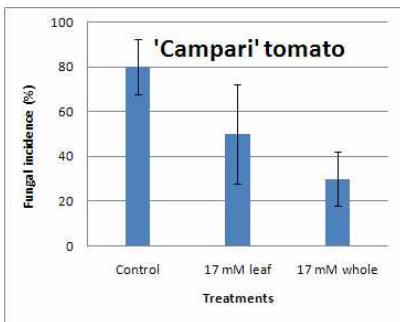


그림71. 송이토마토 'Campari'의 저장 30일 후 규소 엽면시비의 효과; 곰팡이 발생률 변화

② 품종 'Temptation'

- Temptation의 경우 저장기간 동안 생체중 변화는 대조구와 차이를 보이지 않았으며 정도의 경우 수확 직후 차이를 보이지 않았으나 최종 저장일 (30일)에 보다 우수한 결과를 나타내어 시용 효과를 나타냄을 알 수 있었다.
- Soluble solids 와 비타민 C 함량은 시용구에서 다소 높은 경향성을 나타내었으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다.
- 외관상 품질은 시용구에서 다소 우수한 결과를 나타내었으며, 산소, 이산화탄소 및 에틸렌 함량 변화는 차이를 나타내지 않았다.
- 균 발생률은 시용구에서 다소 낮아지는 결과를 나타내었으나 유의적인 차이는 보이지 않았다.
- 방울토마토 'Temptation'의 경우 본 실험을 통하여 다소 낮은 수준이지만 규소 스프레이 처리가 저장성 향상에 다소 효과가 있는 것으로 판단되었다.

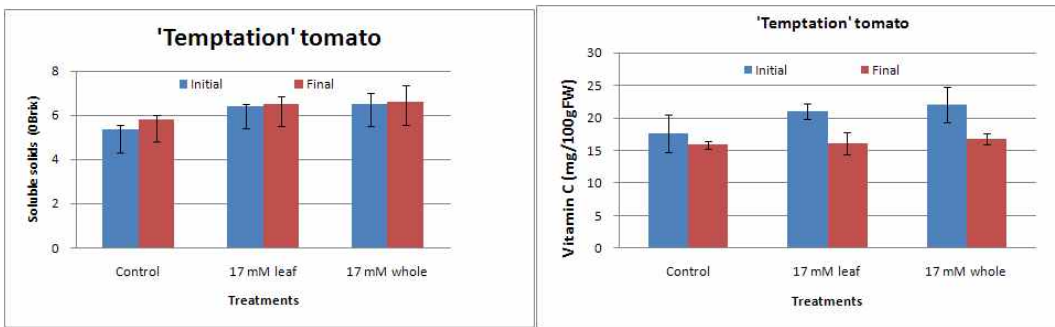
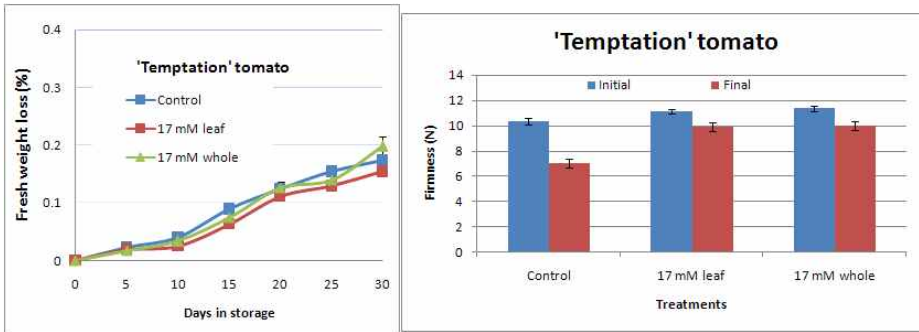


그림72. 송이토마토 'Temptation'의 저장 30일 후 규소 엽면시비의 효과; 생체중, 경도, 비타민 C, soluble solids 변화

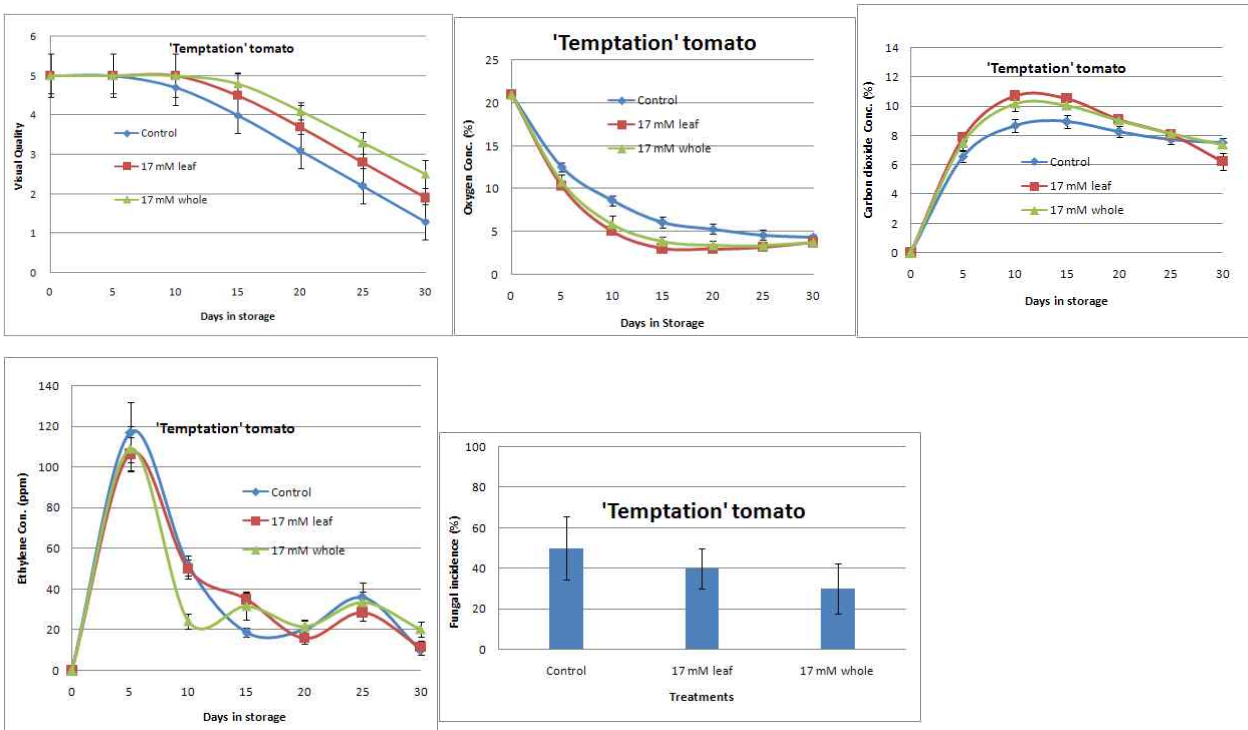


그림73. 송이토마토 'Temptation'의 저장 30일 후 규소 엽면시비의 효과; 관능평가, 산소, 이산화탄소, 에틸렌 변화 및 균 발생률 변화

(다) 방울토마토 'Unicorn' 품종 규소 및 붕소 혼용 양액처리

- 방울토마토 'Unicorn' 품종에 붕소 0.025mM 과 0.050mM을 양액 내 각각 처리하였으며, 규소는 0.24mM 과 0.50mM을 양액 내 처리하였다.
- MA 저장 시 각 처리 농도별 차이를 발견할 수 없었으며 일반 포장 상자에서도 같은 경

향을 보였다. 다만 저장 15일을 정후 하여 0.50mM 규소 처리구에서 다소 낮은 감소율을 보였다. 경도의 경우 일반 포장 박스가 MA 포장에 비해 다소 낮았으며 저장 후 봉소 처리와 규소 처리 모두 대조구에 비해 높은 경도를 나타내었다. 그러나 농도별 차이는 없었다.

- 당도는 0.50mM 봉소 처리에서 높은 함량을 나타내었고, 0.50mM 규소 처리구가 다른 처리구에 비해 높은 함량을 나타내었으나 대조구에 비해 낮은 함량이었다. 비타민 C 함량의 경우 처리 간 포장 형태 간 차이를 보이지 않았다.
- 외관상 품질에서 처리 간, 포장 형태 간 차이를 보이지 않았다.
- 곰팡이 발생률은 오히려 증가하는 경향을 보였는데, 추가 적인 실험을 통하여 재검토할 필요가 있는 것으로 사료된다.
- 산소 및 이산화탄소 농도를 통해 유추한 호흡률은 봉소 처리가 다른 처리구에 비해 좀 더 낮은 호흡률을 나타내는 경향을 보였다. 그러나 유의적인 차이를 보이지는 않았다.
- 건물률에 있어 잎과 뿌리 그리고 과실에서 고농도 봉소, 규소 처리구에서 다소 높은 결과를 얻었다.
- 총 수확량은 0.25mM 규소 그리고 0.025mM 봉소 처리구에서 대조구에 비해 높은 수확량을 보였다. 그러나 고농도 처리에서는 대조구에 비해 낮은 결과를 얻었다.
- 방울토마토 봉소 및 규소 처리를 통해 기대했던 토마토 과실의 경도 증가는 0.025mM 봉소와 0.25 규소 처리구에서 각각 일정한 효과가 있음을 알 수 있었다. 그러나 두 배의 농도인 0.050mM 봉소와 0.50mM 규소 처리는 총 수확량 및 시장성 있는 과실의 수확량이 떨어지므로 사용하는 것이 좋지 않다.

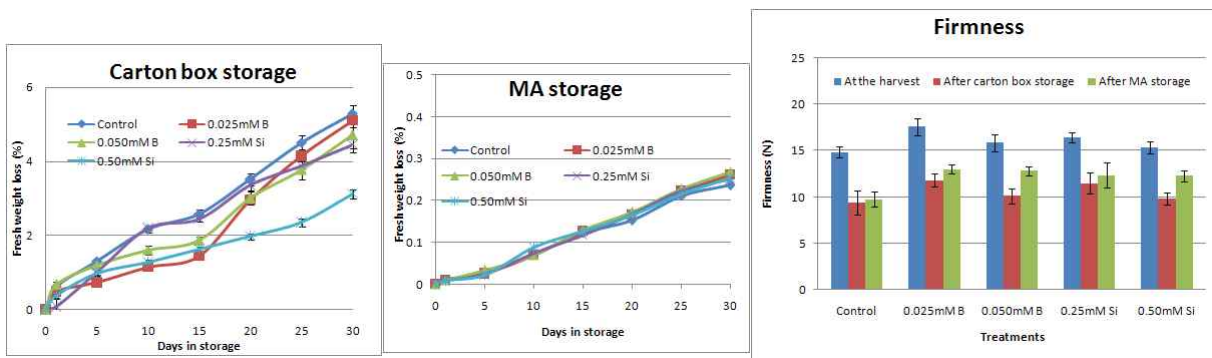
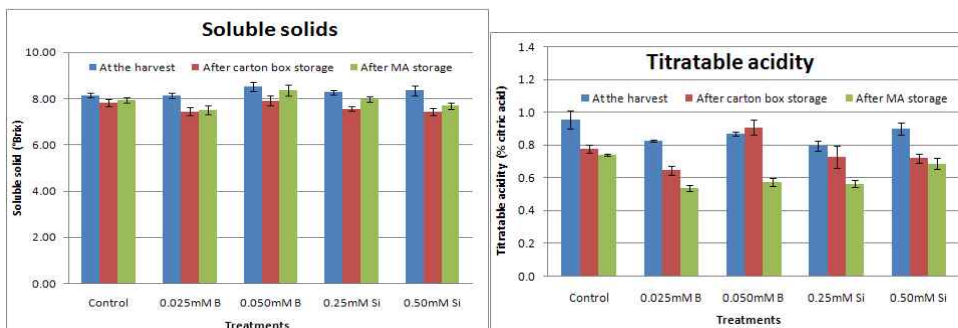


그림74. 방울토마토 'Unicorn'의 포장형태에 따른 저장 30일간 규소 및 봉소 농도별 양액처리의 효과: 저장 중 생체중 변화와 저장 전후 경도; 규소처리농도 0.24mM, 0.50mM; 봉소처리농도 0.025mM 과 0.050mM



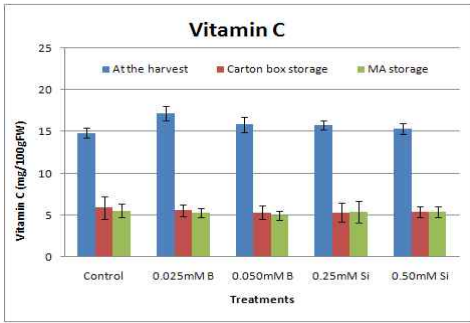


그림75. 방울토마토 'Unicorn'의 포장형태에 따른 저장 30일간 규소 및 붕소 농도별 양액처리의 효과: 저장 전후 당도, 산도 그리고 비타민 함량; 규소처리농도 0.24mM, 0.50mM; 붕소처리농도 0.025mM 과 0.050mM

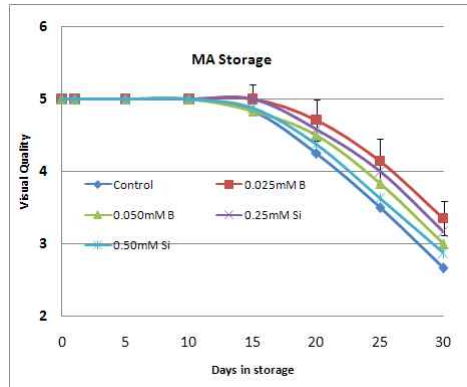
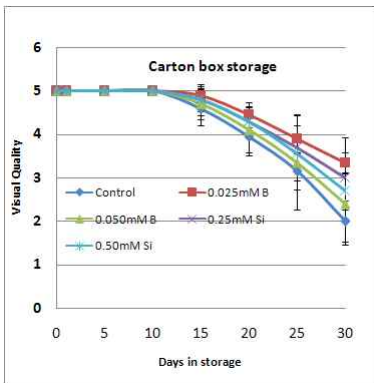


그림76. 방울토마토 'Unicorn'의 포장형태에 따른 저장 30일간 규소 및 붕소 농도별 양액처리의 효과: 저장 중 외관품질 변화; 규소처리농도 0.24mM, 0.50mM; 붕소처리농도 0.025mM 과 0.050mM

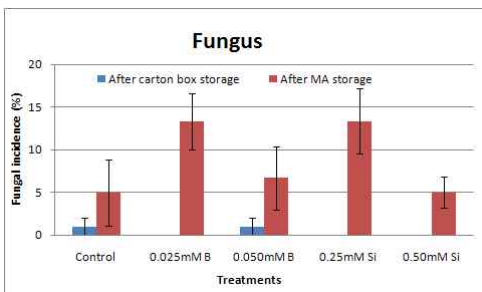


그림77. 방울토마토 'Unicorn'의 포장형태에 따른 저장 30일간 규소 및 붕소 농도별 양액처리의 효과: 저장 전후 곰팡이 발생률; 규소처리농도 0.24mM, 0.50mM; 붕소처리농도 0.025mM 과 0.050mM

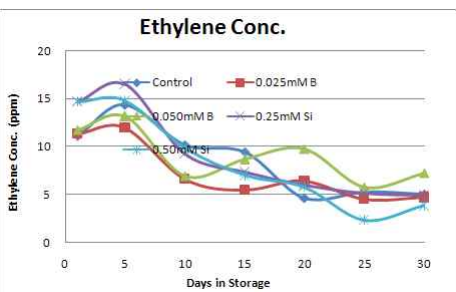
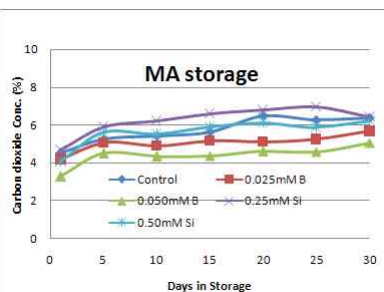
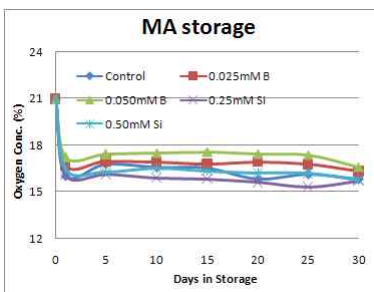


그림78. 방울토마토 'Unicorn'의 포장형태에 따른 저장 30일간 규소 및 붕소 농도별 양액처리의 효과: 저장 중 산소, 이산화탄소 그리고 에틸렌 농도변화; 규소처리농도 0.24mM, 0.50mM; 붕소처리농도 0.025mM 과 0.050mM

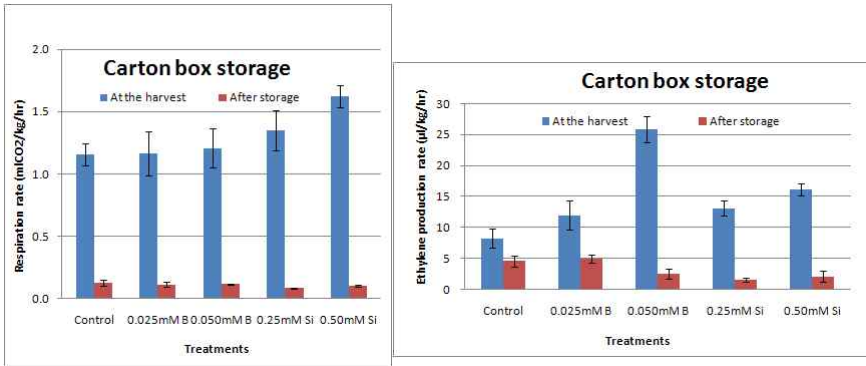


그림79. 방울토마토 ‘Unicorn’의 포장형태에 따른 저장 30일간 규소 및 붕소 농도별 양액처리의 효과: 저장 전 후 에틸렌 생성율 및 호흡률; 규소처리농도 0.24mM, 0.50mM; 붕소처리농도 0.025mM 과 0.050mM

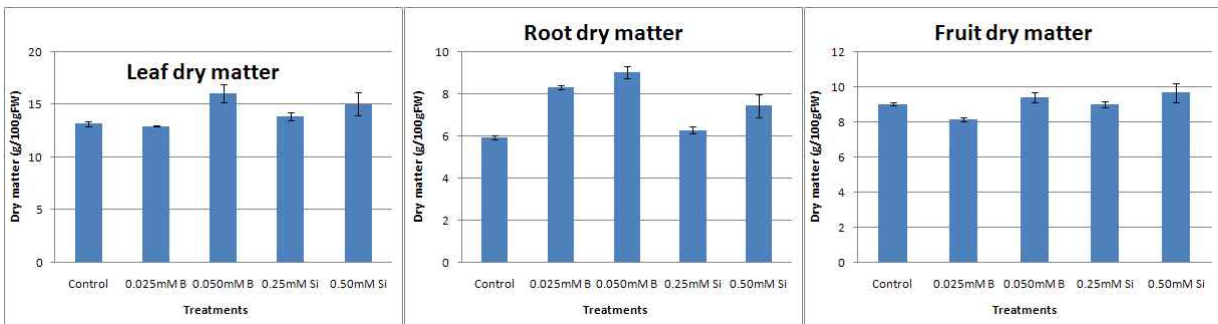


그림80. 방울토마토 ‘Unicorn’의 포장형태에 따른 저장 30일간 규소 및 붕소 농도별 양액처리의 효과: 저장 후 잎, 뿌리 그리고 과실의 건물률; 규소처리농도 0.24mM, 0.50mM; 붕소처리농도 0.025mM 과 0.050mM

표13. 양액 내 붕소 와 규소 처리가 방울토마토 ‘Unicorn’ 품종에 미치는 영향; 평균 시장 중량, 시장 과실률, 수확량, 그리고 총 수확량

Treatments	Average marketable fruit weight (g/plant)	Marketable fruit (%)	Marketable yield (g/plant)	Total yield (g/plant)
Control	8.53 ± 1.21	90.48	674.17	756.22
0.025 mM B	7.87 ± 1.27	88.56	758.12	845.72
0.050 mM B	6.81 ± 0.82	83.58	414.04	488.73
0.25 mM Si	7.90 ± 1.08	90.98	786.14	868.73
0.50 mM Si	7.38 ± 1.21	81.09	324.89	381.37

^aMean with standard error

- (라) 방울토마토 ‘Unicorn’ 품종 규소, 붕소, 그리고 칼슘 단독 및 혼용 스프레이 처리
- 방울토마토 ‘Unicorn’ 품종에 단용처리의 경우 붕소 4.85mM, 칼슘 1M, 그리고 규소 20mM을 각각 처리하였으며, 혼용처리는 붕소 4.85mM 그리고 규소 20mM 혼합구와 붕소 4.85mM, 칼슘 1M, 그리고 규소 20mM을 혼합한 두 개 처리구를 두어 스프레이 처리하였다.
 - 모든 처리구에서 대조구에 비해 높은 평균 생체중을 얻었으며, 붕소, 칼슘, 규소를 혼합 스프레이한 처리구는 대조구와 차이가 없었다.
 - 색의 발현 역시 모든 처리구에서 유의적으로 높은 결과를 얻어 붕소, 칼슘, 그리고 규소의

단용 또는 혼합 스프레이 처리는 보다 선명한 발색에 도움을 준다는 결과를 얻었다.

- 당소와 산도에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 경도는 붕소와 규소 혼합 스프레이 처리가 다소 증가하는 경향을 보였다.
- 호흡률은 큰 차이를 보이지 않았고, 에틸렌은 붕소 스프레이 처리에서 증가하였다.

표14. 붕소, 칼슘, 그리고 규소 단용 및 혼합 스프레이 처리가 방울토마토 'Unicorn' 품종에 미치는 과실 중량, 색도, 단도, 산도, 경도, 호흡률, 그리고 에틸렌 생성에 미치는 영향

	Av. Weight(g)	Fruit color a*/b*	SS (°Brix)	Firmness (N)	TA (% citric acid)	Respiration (mlCO ₂ /kg/hr)	Ethylene production rate(μL/kg/hr)
Control	8.53 ± 0.21 ^z	0.88 ± 0.03	7.62 ± 0.14	18.54 ± 0.67	0.97 ± 0.02	1.69 ± 0.07	21.25 ± 7.17
B	9.37 ± 0.39	0.94 ± 0.02	7.22 ± 0.12	18.71 ± 0.37	0.76 ± 0.04	1.57 ± 0.06	32.08 ± 8.37
Ca	9.85 ± 0.68	0.95 ± 0.03	7.80 ± 0.19	19.12 ± 1.07	0.92 ± 0.02	1.51 ± 0.05	14.31 ± 2.78
Si	10.01 ± 0.30	0.94 ± 0.02	7.62 ± 0.13	19.12 ± 0.91	0.80 ± 0.03	1.51 ± 0.10	16.16 ± 7.87
B+Ca+Si	8.84 ± 0.31	0.96 ± 0.02	7.91 ± 0.13	19.51 ± 0.87	0.77 ± 0.02	1.58 ± 0.10	15.23 ± 3.08
B+Si	9.88 ± 0.34	0.98 ± 0.02	7.75 ± 0.10	21.85 ± 1.12	0.80 ± 0.05	1.64 ± 0.12	13.85 ± 7.3

- ① 규소를 이용한 경도 증진 재배 기술 개발: 엽면 살포(B, Ca, Si 및 혼합물; 5°C 저장 조건)
- 25일간 처리한 결과 생체중 감소율은 Si 처리구에서 가장 높게 나타났으며, B+Ca+Si 처리구에서 가장 적은 감소율을 나타내었다.
 - 외관적 품질에 있어 카톤박스에서 생체중 감소율과 동일하게 Si 처리구에서 낮게 나타났으며 Ca 처리구에서 높게 나타났다. 필름 포장 시에는 10일까지 품질 저하를 보이지 않다가 이후 감소하는 경향을 나타내었고, Ca 처리구에서 가장 우수한 결과를 보였다.
 - 필름 포장시의 호흡률은 Si 처리에서 다소 높게 나타났으며, Ca 처리에서 가장 낮게 나타났다. 이산화탄소 생성율은 처리 간 유의적인 차이를 보이지 않았으나, Si에서 다소 높았고 B 과 B+Si에서 다소 낮았다. 산소 생성율은 Si에서 가장 낮았고 B 과 B+Si 다소 높았다.
 - 에틸렌 생성량은 카톤박스에서 Ca 처리가 가장 낮았고 필름포장에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다.
 - 필름 포장 시 저장 후 경도는 B+Ca+Si 처리가 가장 좋았고 Ca 와 B+Si 처리구가 우수하였다.

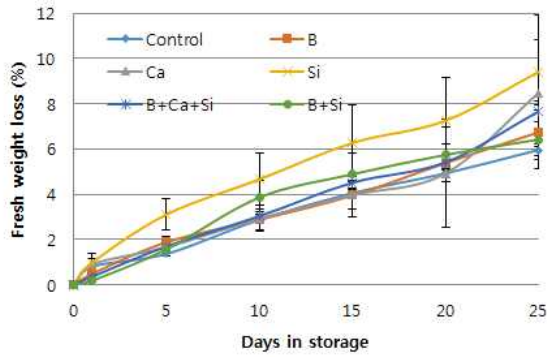


그림81. 유니콘 토마토의 생체중 감소율에 미치는 B, Ca, Si, B+Ca+Si 그리고 B+Si 엽면살포의 효과(5°C, 25일간, 일반 카톤박스)

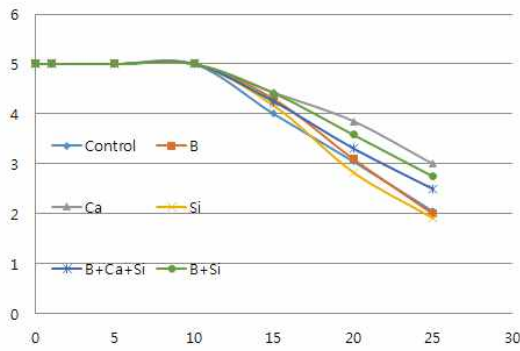
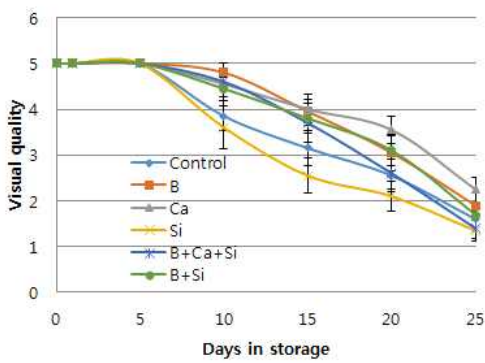


그림82. 유니콘 토마토의 외관적 품질에 미치는 B, Ca, Si, B+Ca+Si 그리고 B+Si 엽면살포의 효과(5°C, 25일간, 일반 카톤박스(좌), 필름포장(우))

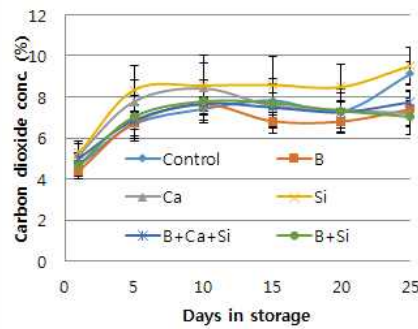
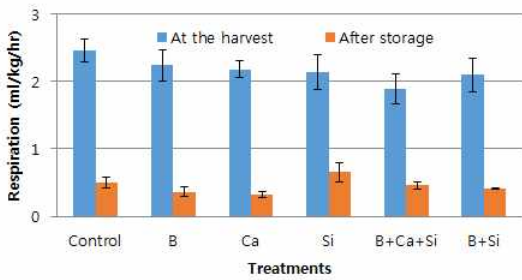


그림83. 유니콘 토마토의 호흡률 및 이산화탄소 생성율에 미치는 B, Ca, Si, B+Ca+Si 그리고 B+Si 엽면살포의 효과(5°C, 25일간, 필름포장)

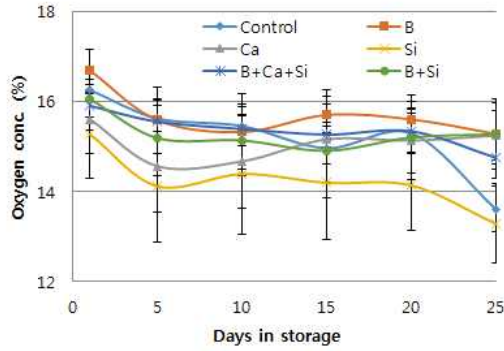


그림84. 유니콘 토마토의 산소 생성율에 미치는 B, Ca, Si, B+Ca+Si 그리고 B+Si 엽면살포의 효과(5°C, 25일간, 필름포장)

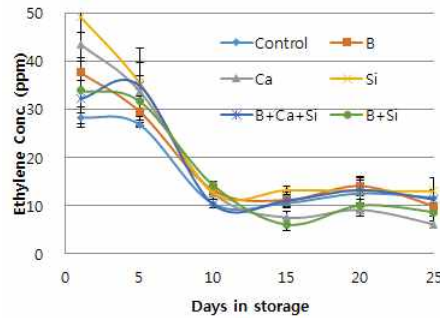
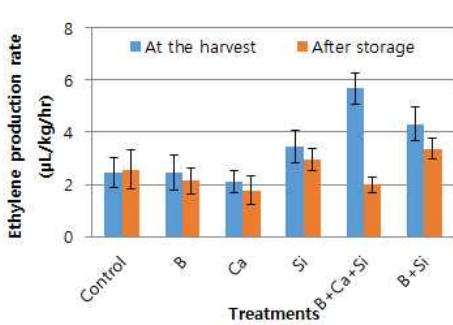


그림85. 유니콘 토마토의 에틸렌 생성율에 미치는 B, Ca, Si, B+Ca+Si 그리고 B+Si 엽면살포의 효과(5°C, 25일간, 카톤박스(좌), 필름포장(우))

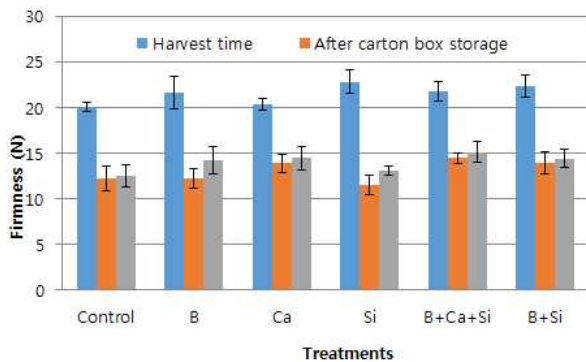


그림86. 유니콘 토마토의 경도에 미치는 B, Ca, Si, B+Ca+Si 그리고 B+Si 엽면살포의 효과(5°C, 25일간, 필름포장)

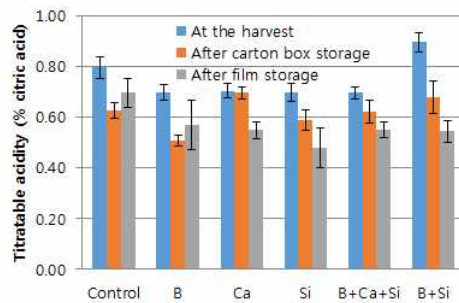
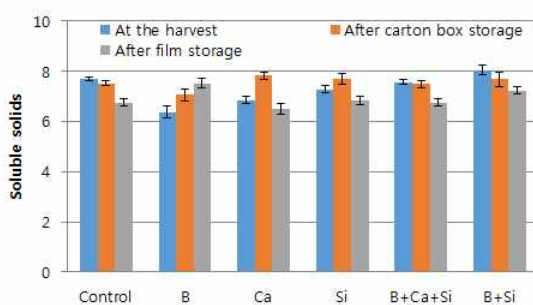


그림87. 유니콘 토마토의 당도 및 산도에 미치는 B, Ca, Si, B+Ca+Si 그리고 B+Si 엽면살포의 효과(5°C, 25일간, 카톤박스)

- ② 규소를 이용한 경도 증진 재배 기술 개발: 엽면 살포(B, Ca, Si 및 혼합물; 11°C저장 조건)
 - 카톤박스에 11°C에 저장한 경우 생체중 감소율은 Si 처리구에서 가장 높았고, B+Ca+Si

처리구에서 가장 우수한 결과를 얻었다. 경도는 B 처리에서 우수하였으나 유의적인 차이를 보이지는 않았다.

- 필름 포장시의 이산화탄소 생성량은 Ca 처리에서 낮게 나타났고 B처리에서 높게 나타났다. 산소 생성량은 이산화탄소 생성량과 정확히 잔대의 결과를 나타내었으며 에틸렌 생성량은 유의적인 차이를 보이지 않았다.
- 외관적 품질은 카톤 박스 저장 시 B+Ca+Si 처리가 우수한 결과를 나타내었으나 필름 포장 시 유의적인 차이를 발견할 수 없었다.
- 당도와 산도는 카톤박스 포장과 필름 포장 간 그리고 처리 간 유의적인 차이를 발견할 수 없었다.

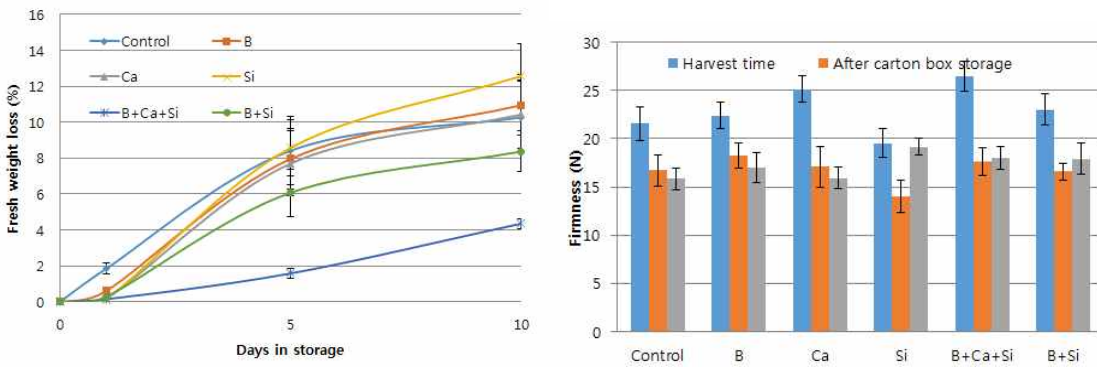


그림88 유니콘 토마토의 생체중 감소율 및 경로에 미치는 B, Ca, Si, B+Ca+Si 그리고 B+Si 엽면살포의 효과(11°C, 10일간, 카톤박스)

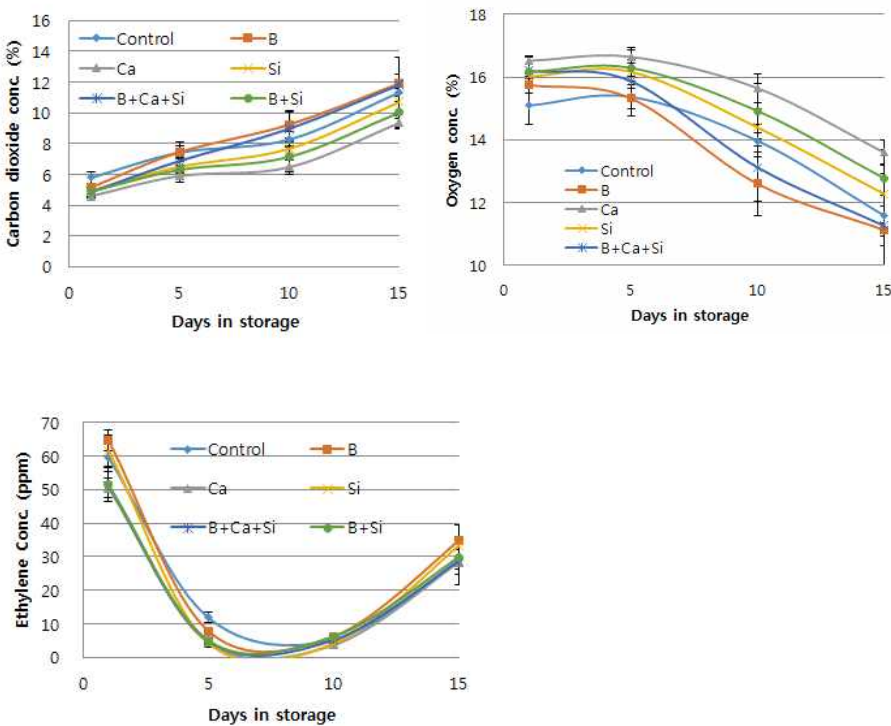


그림89. 유니콘 토마토의 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 생성에 미치는 B, Ca, Si, B+Ca+Si 그리고 B+Si 엽면살포의 효과(11°C, 15일간, 필름포장)

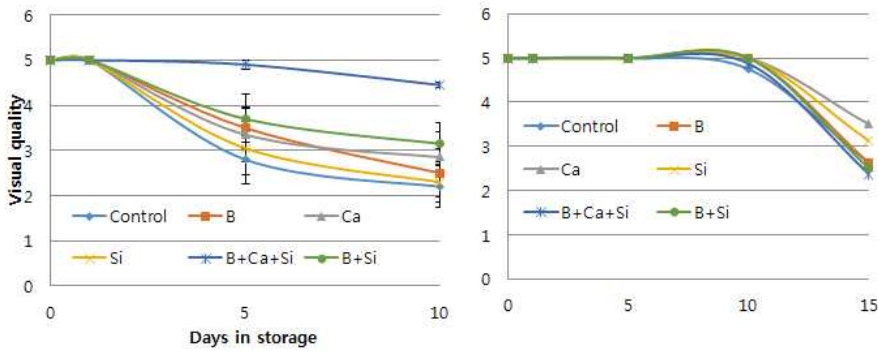


그림90. 유니콘 토마토의 외관적 품질에 미치는 B, Ca, Si, B+Ca+Si 그리고 B+Si 엽면살포의 효과(11℃, 10일간 카톤박스(좌) 그리고 15일간 필름포장(우))

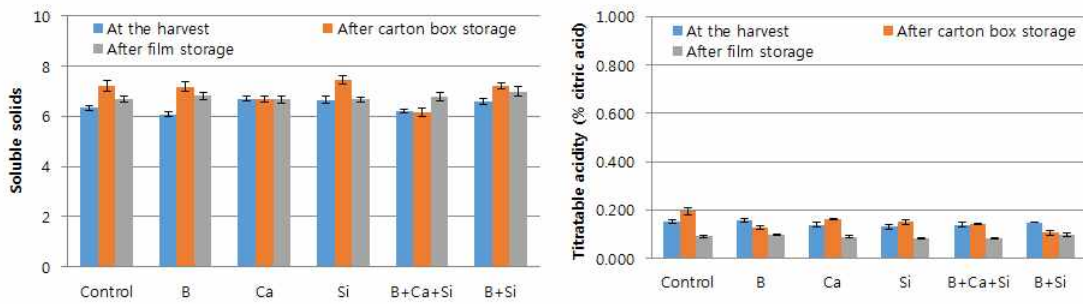


그림91. 유니콘 토마토의 당도 및 산도에 미치는 B, Ca, Si, B+Ca+Si 그리고 B+Si 엽면살포의 효과(1℃, 15일간 카톤박스과 필름포장)

(5) 1-MCP효과 구명

- 1-MCP처리 후 저장 중 생체중 감소는 박스와 필름 포장 모두 처리 간 차이가 없었음
- 산소농도는 필름처리구에서 1-MCP처리농도가 높을수록 높았으며, 반대로 이산화탄소는 낮아 1-MCP처리로 인한 호흡억제효과가 인정됨
- 1-MCP처리 후 MA저장처리에서 에틸렌도 낮게 나타남
- 저장 최종일에 품질 비교에서 1-MCP처리로 높게 유지된 품질요소는 없었으며, 오히려 0.25ppm과 0.5ppm에서 곰팡이 발생이 증가하였음
- 저장 중 외관상 품질의 경우도 1-MCP처리 효과는 없었음
- 본 연구에서 적용한 담적색기의 경우 1-MCP처리로 인한 저장 중 품질저하 억제효과는 없었음

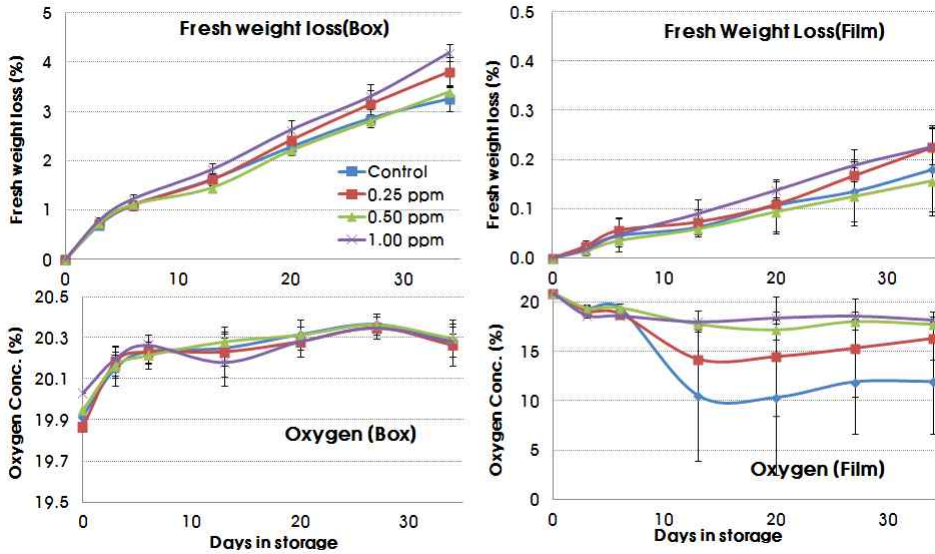


그림92. 저장 전 1-MCP 처리가 MA와 상자 저장한 유니콘 토마토의 저장 중 생체중감소와 산소 소비량, 그리고 포장재내 산소 농도에 미치는 영향

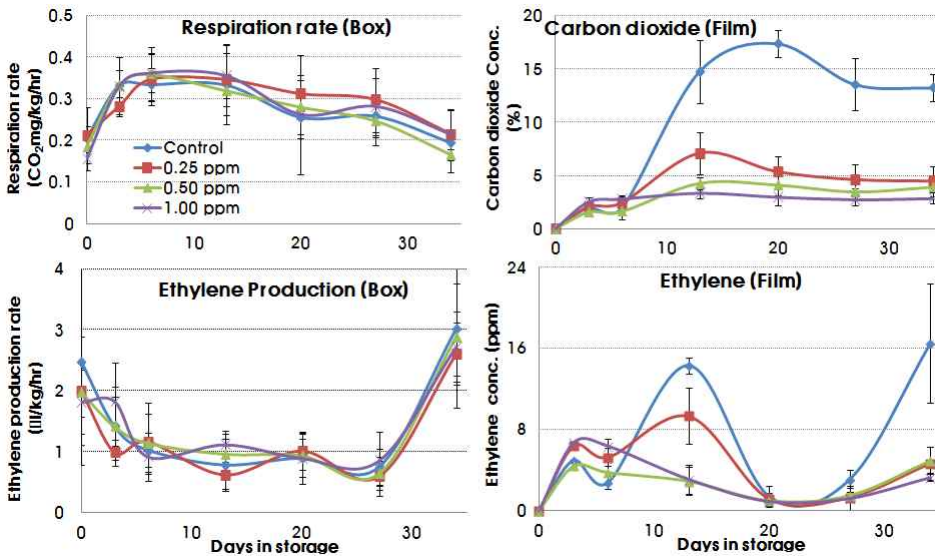


그림93. 저장 전 1-MCP 처리가 MA와 상자 저장한 유니콘 토마토의 저장 중 호흡률과 에틸렌 발생량, 그리고 포장재내 이산화탄소, 에틸렌 농도에 미치는 영향

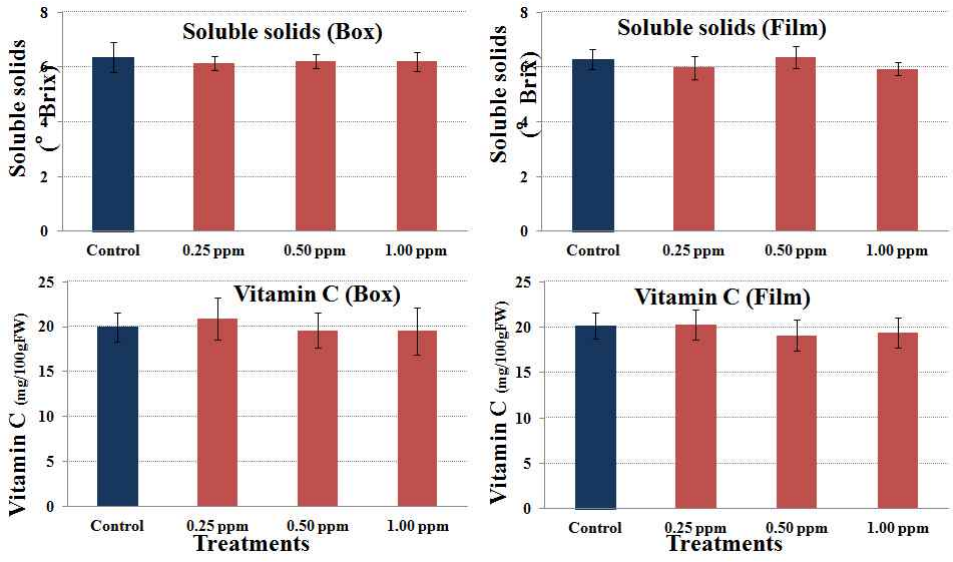


그림94. 저장 전 1-MCP 처리가 MA와 상자 저장한 유니콘 토마토의 저장 35일째 당도, 비타민 C에 미치는 영향

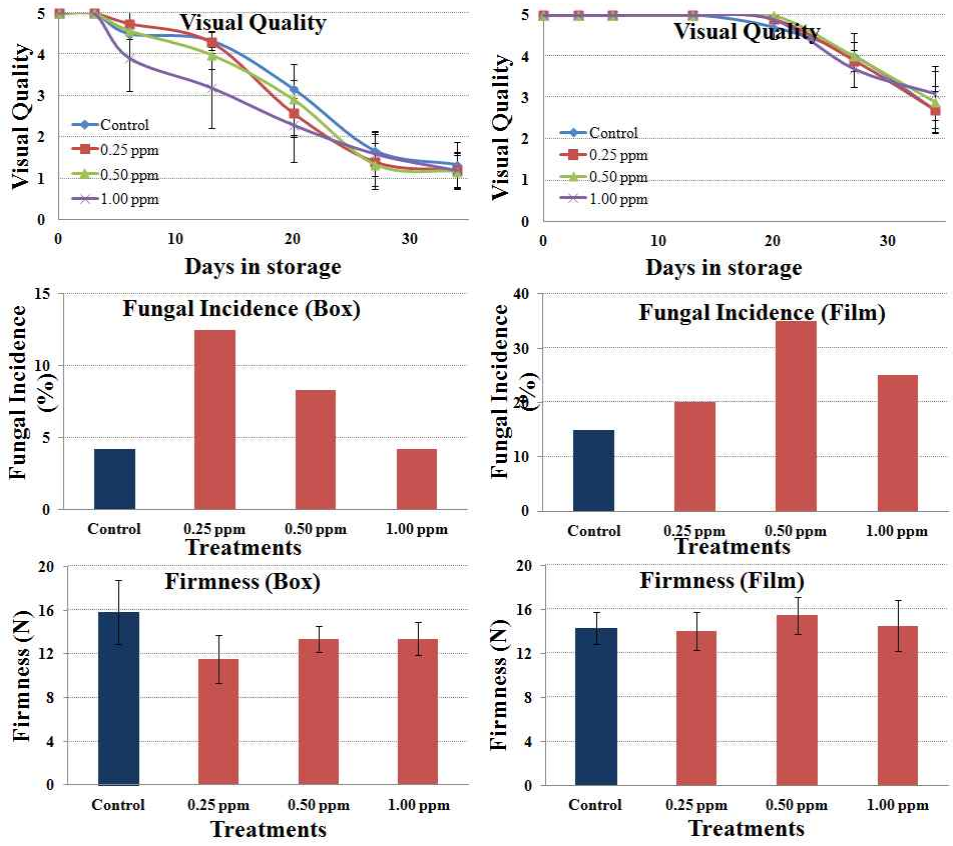


그림95. 저장 전 1-MCP 처리가 MA와 상자 저장한 유니콘 토마토의 저장 중 외관상 품질변화와 35일째 곰팡이 발생 및 경도에 미치는 영향

3. 장기유통을 위한 포장방법 개발

가. 연구기간: 2011~2014

나. 연구방법

- 비천공 형태이나 레이저로 가공하여 가스 투과도를 조절한 신개념 필름을 적용한 토마토 MAP 체계 확립을 위해 현재 적용되고 있는 무포장과 천공포장, 그리고 산소투과도 100,000 cc/m²/atm부터 5,000 cc/m²/atm까지의 다양한 포장재를 적용함

(a) 개념도

(b) 필름 형상

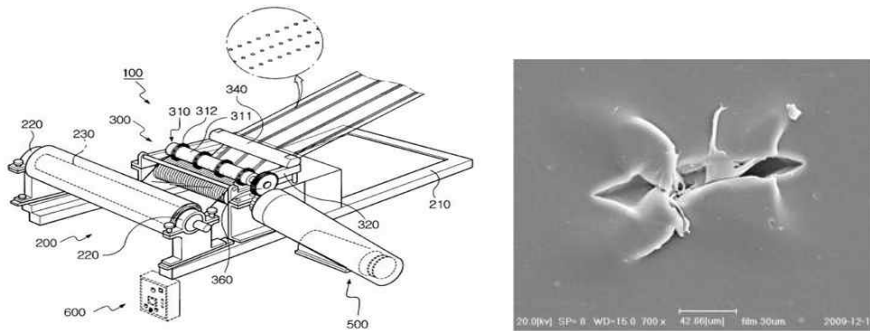


그림96. 기계적 통기성 필름 제조기술 개념도 및 측정 사진

(a) Long-pulse laser-matter interaction

(b) Ultrafast pulse laser-matter interaction

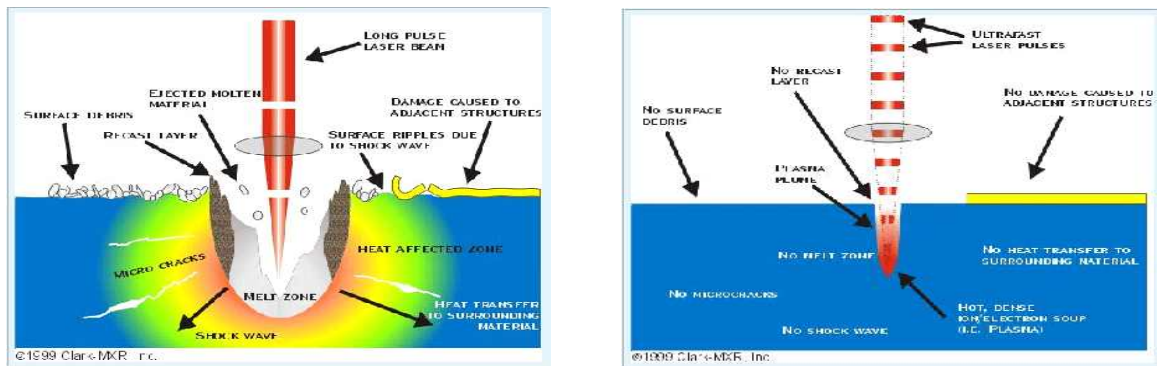


그림97. 나노초 레이저와 펨토초 레이저 가공 특성 비교 (from Clark-MXR, Inc.)

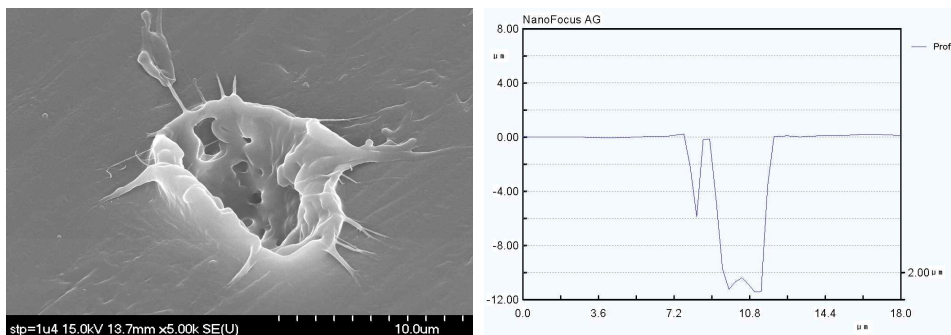


그림98. 펨토초 레이저 가공한 미세홀의 SEM사진과 깊이 단면

- (1) 대과종 메디슨의 비천공필름을 이용한 적정 MAP조건 구명
: 비천공 숨 쉬는 필름이 메디슨 토마토 저장에 미치는 영향

- 담적색기 메디슨 토마토를 5도에서 20일간 저장한 후 상온에서 5일간 두면서 저장성을 비교함
- 필름 종류는 천공필름, 5,000, 10,000, 20,000 cc/m²/atm.

(2) 방울토마토 유니콘의 비천공필름을 이용한 적정 MAP조건 구명

(가) 1차 실험

- 담적색기 유니콘 토마토를 5도에서 20일간 저장한 후 상온에서 5일간 두면서 저장성을 비교함
- 필름 종류는 천공필름, 5,000, 10,000, 20,000 cc/m²/atm

(나) 2차 실험

- 담적색기 유니콘 토마토를 11도에서 25일간 저장하면서 품질변화를 비교함
- 필름 종류는 천공필름, 5,000, 15,000, 50,000, 100,000 cc/m²/atm

(다) 3차 실험

- 비천공 형태이나 레이저로 가공하여 가스 투과도를 조절한 신개념 필름을 적용한 토마토 MAP 체계 확립을 위해 현재 적용되고 있는 무포장과 천공포장, 그리고 산소투과도 100,000 cc/m²/atm부터 10,000 cc/m²/atm까지의 다양한 포장재를 적용함.
- 전년도 실험에서 500g 이상 대량 포장조건에서 20,000 cc/m²/atm가 가장 우수한 저장력을 보여 10,000cc부터 90,000cc까지 처리함
- 소과종인 '유니콘' 품종을 대상으로 홍콩 수출 조건인 5℃에서 저장함

(3) 소포장용 적정 비천공 통기성 필름 구명

- 비천공 형태이나 레이저로 가공하여 가스 투과도를 조절한 신개념 필름을 적용한 토마토 MAP 체계 확립을 위해 현재 적용되고 있는 무포장과 천공포장, 그리고 산소투과도 100,000 cc/m²/atm부터 10,000 cc/m²/atm까지의 다양한 포장재를 적용함.
- 전년도 실험에서 500g 이상 대량 포장조건에서 20,000 cc/m²/atm가 가장 우수한 저장력을 보여 10,000cc부터 90,000cc까지 처리함
- 소과종인 '유니콘' 품종을 대상으로 홍콩 수출 조건인 5℃에서 저장함

(4) 소포장 방법 개발: 수출국 유통조건별 비천공 통기성 필름을 이용한 소포장 조건 구명

- 2011년 연구에서 방울토마토(유니콘)에 대상으로 실험한 비천공 레이저로 가공 필름에서 산소투과도 20,000 cc/m²/atm에서 가장 저장성이 우수하여, 이 필름을 적용하였음
- 소과종인 '유니콘' 품종을 대상으로 저장 전 3일간 각각 5, 11, 25℃에서 노출 후, 각각 5℃(홍콩수송) 와 11℃(일본수송) 에서 25일간 박스에 저장함.

(5) 완숙토마토

- : 대과종 메디슨의 비천공필름을 이용한 적정 MAP조건 구명
- 담적색기 메디슨 토마토를 5도에서 20일간 저장한 후 상온에서 5일간 두면서 저장성을 비교함
- 필름 종류는 천공필름, 5,000, 10,000, 20,000 cc/m²/atm.

(6) 품종별 수출국 유통조건별 포장 방법 완성

(가) 비천공 통기성 필름을 활용한 적정 저장온도 구명

- Lt-Red 상태의 유니콘 토마토를 사용하였으며, 5℃, 11℃ 그리고 24℃를 적용하였다.
- 포장에 사용된 필름은 대조구로 천공 필름이 사용되었고 처리에 사용된 필름은 10,000cc, 20,000cc, 30,000cc, 40,000cc, 50,000cc 그리고 60,000cc/m²/atm 이 사용되었다.
- 저장기간은 5℃는 25일, 11℃는 20일 그리고 24℃는 6일간 진행되었다.

(나) 적정 온도(11℃)하에서 필름별 저장 특성

- 실험 (가) 과 동일한 토마토를 사용하였으며 11℃에 15일간 저장하였다.
- 사용된 필름은 20,000cc, 40,000cc, 60,000cc 그리고 80,000cc/m²/atm 이 사용되었다.

(다) 적정 온도(24℃)하에서 필름별 저장 특성

- 실험 (나)의 실험과 동일하게 진행되었으며 저장온도만 24℃에서 실시되었다.
- 보다 다양한 필름특성 규명을 위해 10,000cc, 20,000cc, 30,000cc, 40,000cc, 50,000cc, 60,000cc, 70,000cc, 80,000cc, 90,000cc, 100,000cc/m²/atm 필름의 10가지 필름 타입이 사용되었다.

다. 연구결과

(1) 대과종 메디슨의 비천공필름을 이용한 적정 MAP조건 구명

(가) 비천공 숨 쉬는 필름이 메디슨 토마토 저장에 미치는 영향

- 생체중의 경우 기존 천공필름에 비해 현저한 생체중 감소 억제효과를 보임. 모든 처리에서 0.5%이하를 나타냄
- 포장 내 이산화탄소농도는 산소투과도 5,000과 10,000 cc/m²/atm에서는 과도하게 높았으며, 산소농도도 이들 처리에서 5%이하를 보였으며, 에틸렌 농도의 경우 20,000 cc/m²/atm에서 가장 낮았음

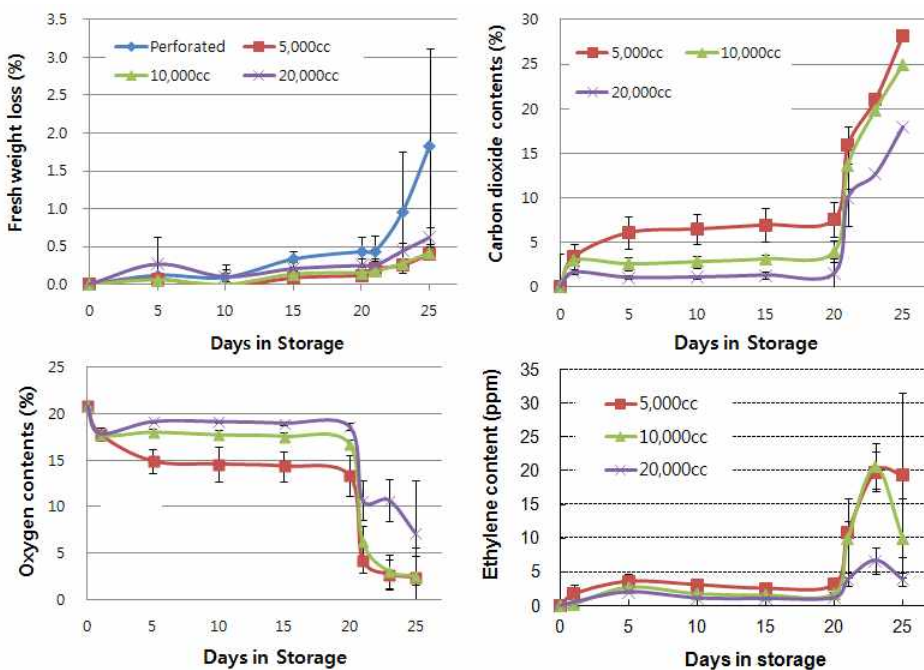


그림99. 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 메디슨 토마토 5도 MA저장 효과. 생체중 감소, 포장 재내 산소, 이산화탄소, 그리고 에틸렌 농도 변화 비교

- 외관상 품질변화는 처리 간 차이에 통계적 유의성은 없었으나 20,000 cc/m²/atm.에서 높게 유지되었으며, 저장 최종일에 측정된 경도도 20,000 cc/m²/atm.에서 가장 높았음

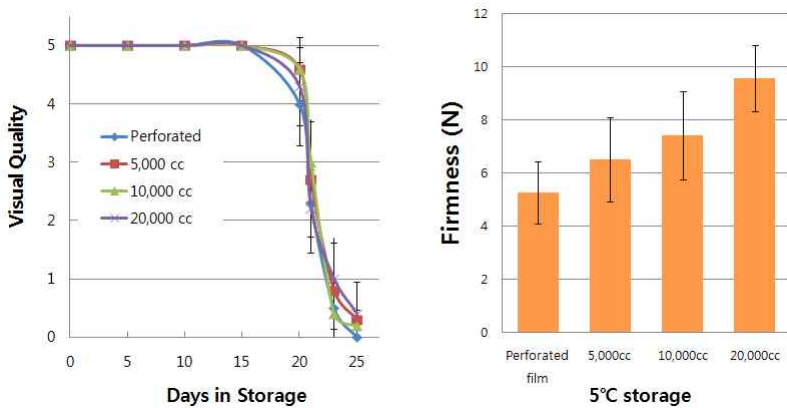


그림100. 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 메디슨 토마토 5도 MA저장 효과(외관상 품질 변화와 저장 최종일 경도 비교)

(2) 방울토마토 유니콘의 비천공필름을 이용한 적정 MAP조건 구명

(가) 1차 실험

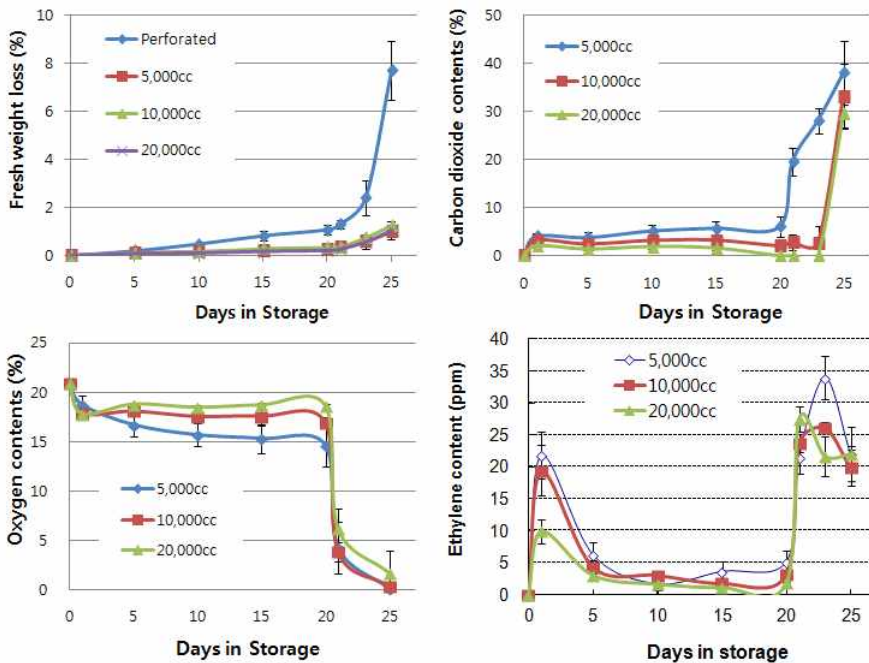


그림101. 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 유니콘 방울토마토 5도 MA저장 효과(생체중 감소, 포장재내 산소, 이산화탄소, 그리고 에틸렌 농도 변화 비교)

- 생체중의 경우 기존 천공필름에 비해 현저한 생체중 감소 억제효과를 보임. 모든 처리에서 1.5%이하를 나타냄
- 포장 내 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도 모두 산소투과도 5,000, 10,000, 20,000 cc/m²/atm에서 큰 차이를 보이지 않았음
- 저장 중 외관상 품질 변화를 처리 차이가 없었으며, 경도의 경우 비천공 필름에서 높았으나 이들 간 차이에 통계적 유의성은 없었음

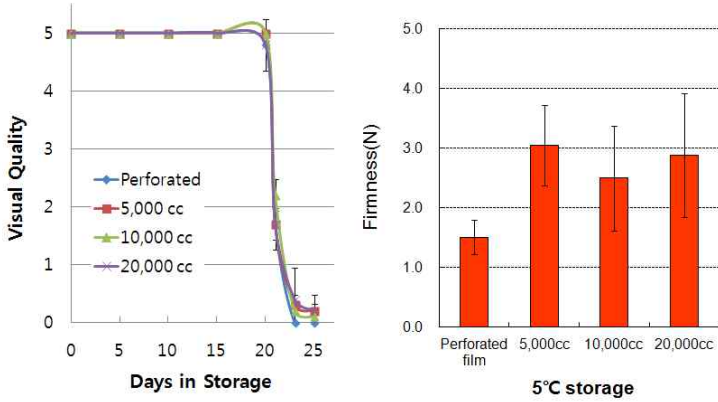


그림102. 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 유니콘 방울토마토 5도 MA저장 효과(외관상 품질 변화와 저장 최종일 경도 비교)

(나) 2차 실험

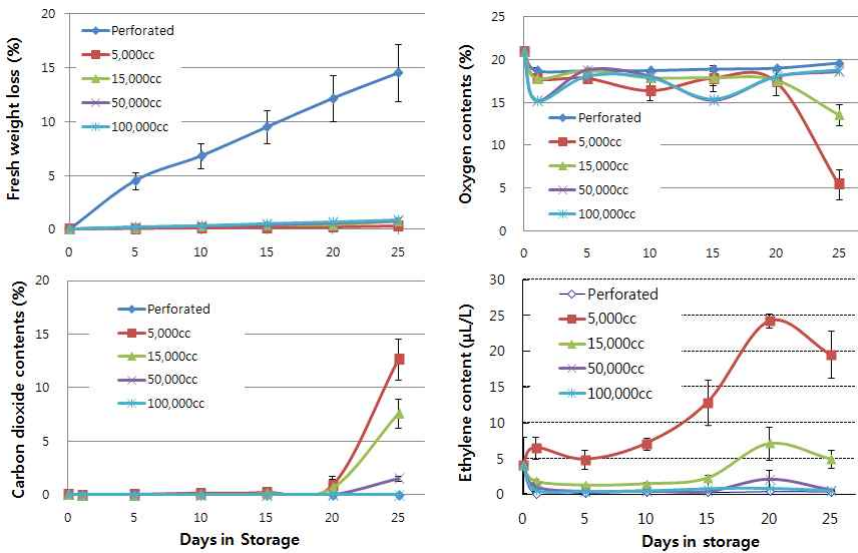


그림103. 저온유통 조건에서 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 유니콘 방울토마토 11도 MA저장 효과. 생체중 감소(포장재내 산소, 이산화탄소, 그리고 에틸렌 농도 변화 비교)

- 생체중의 경우 기존 천공필름(15% 감소)에 비해 현저한 생체중 감소 억제효과를 보임. 모든 처리에서 1.0%이하를 나타냄
- 포장 내 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도 모두 산소투과도 높은 50,000 cc/m²/atm에서 적절한 수준을 유지하였음
- 저장 최종일의 품질에서 경도와 비타민C 함량이 50,000과 100,000cc/m²/atm에서 높게 유지되었음. 당도와 산도변화는 호흡이 크게 억제되었던 5,000cc/m²/atm에서 높게 유지되었음
- 저장 중 외관상 품질 변화를 처리 간 차이가 없었으며, 경도의 경우 비천공 필름에서 높았으나 이들 간 차이에 통계적 유의성은 없었음

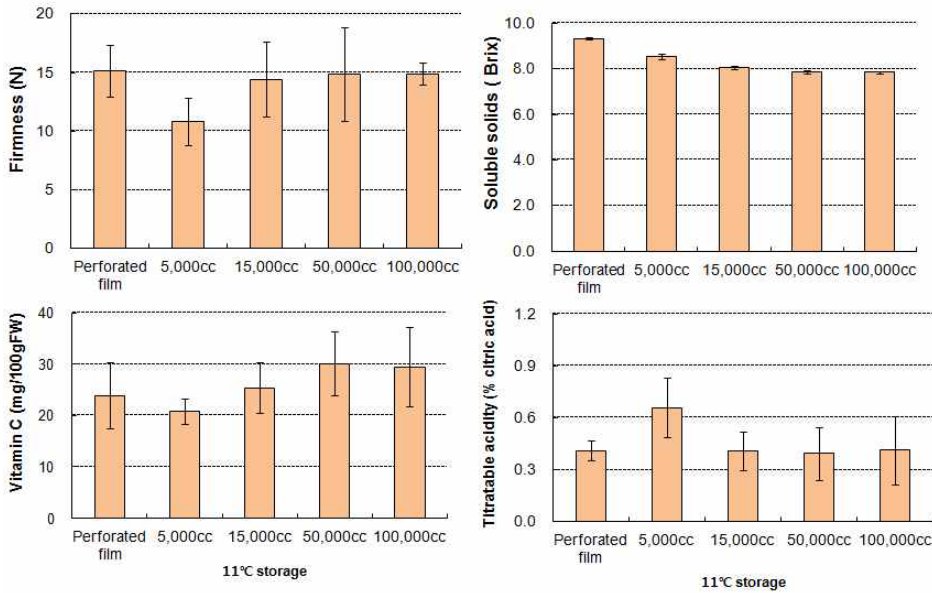


그림104. 저온유통 조건에서 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 유니콘 방울토마토 MA저장 효과(저장 최종일 경도, 당도, 비타민 C, 적정산도 비교)

- 저장 중 외관상 품질 변화에서 3점이 상품성이 가지는 수준인데, 기존의 천공 필름의 경우 극심한 생체중 감소로 저장 18일 이후 상품성을 잃었으며, 이에 반해 비천공 숨 쉬는 필름은 저장 25일까지 15,000 cc/m²/atm를 제외한 모든 처리가 상품성을 유지하였음
- 이취의 경우 외관상 품질이 가장 우수하였던 5,000 cc/m²/atm에서 가장 높아, 적합하지 않은 MA조건이었음을 알 수 있었음
- 장기 저장에서 가장 큰 문제가 되는 곰팡이는 11도 저장 20일까지 발생하지 않다가 이후 급격히 나타났는데, 저장 20일까지 4.5점 이상의 높은 외관상 품질을 보였던 비천공 숨 쉬는 필름 포장처리의 품질감소 원인이 되었음. 기존 천공 필름의 경우 과실에서는 거의 발생하지 않았으나, 특히 15,000 cc/m²/atm에서 높은 발생률을 보임
- 외관상 품질의 경우 기존 천공 필름의 경우 7% 이상의 생체중 감소를 보인 15일 이후 급격히 감소하여 17일경에는 상품성을 잃었으나, 비천공 숨 쉬는 필름 처리구는 모두 22일까지 3점 이상의 상품성이 유지되는 수준을 보였다.

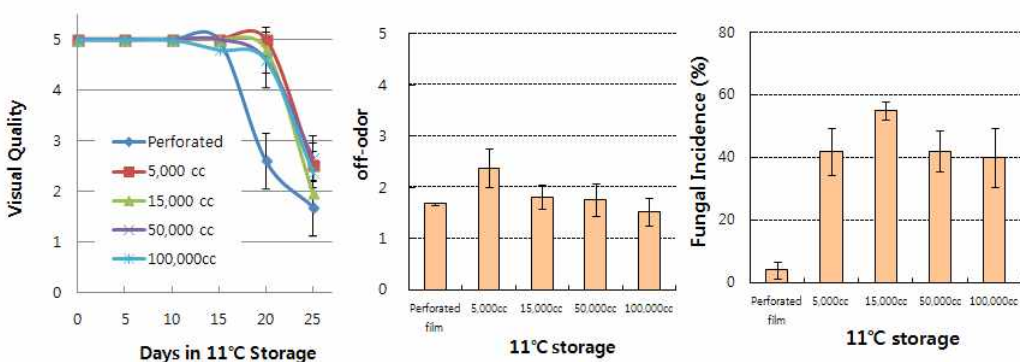


그림105. 저온유통 조건에서 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 유니콘 방울토마토 MA저장 효과. 저장 중 외관상 품질 변화와 저장 최종일 이취(곰팡이 발생률 비교)

(다) 3차 실험

① 1차 장거리 수출 조건 비교 실험(500g 포장)

- 생체중의 경우 기존 천공필름에 비해 현저한 생체중 감소 억제효과를 보임. 모든 처리에서 1.5%이하를 나타내어 천공필름에 비해 우수한 특성을 가지는 것으로 나타났다.
- 포장 내 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도 모두 산소투과도 5,000, 10,000, 20,000 cc/m²/atm에서 큰 차이를 보이지 않아 장기 저장 특성이 좋고 대량 포장 및 소량 포장 모두에 적용 가능할 것으로 판단되었다.
- 저장 중 외관상 품질 변화를 처리 간 차이가 없었으며, 경도의 경우 비천공 필름에서 높았으며 비천공 필름 간 통계적 유의성은 없었다. 과피의 경도는 저장성 향상에 중요한 요소이므로 경도의 유지는 중요하다.

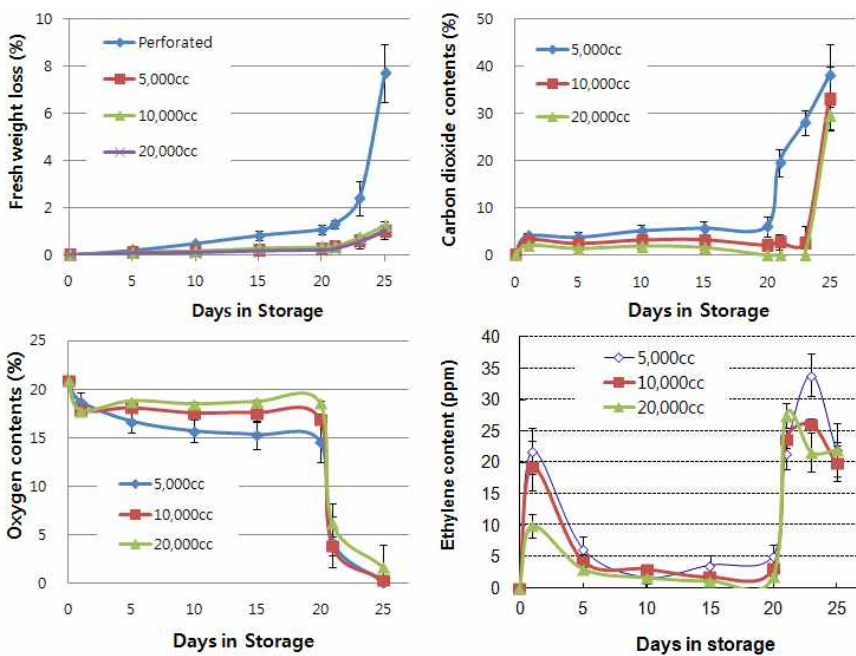


그림106. 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 유니콘 방울토마토 5도 MA저장 효과. 생체중 감소, 포장재내 산소, 이산화탄소, 그리로 에틸렌 농도 변화 비교

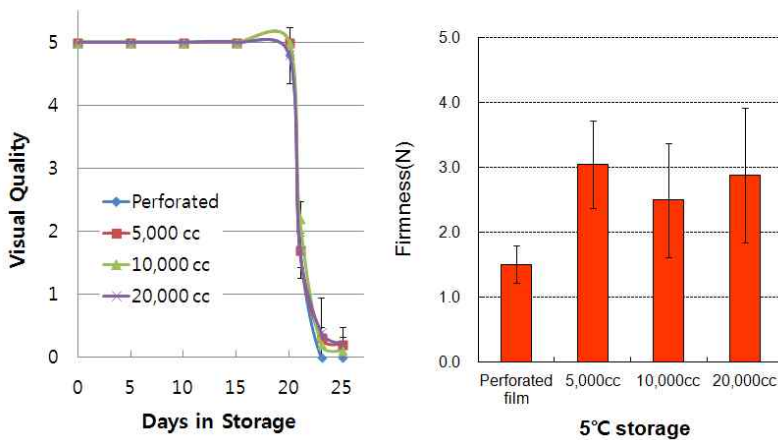


그림107. 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 유니콘 방울토마토 5도 MA저장 효과. 외관상 품질 변화와 저장 최종일 (25일) 경도 비교

② 유니콘 방울토마토의 저온유통조건에서 장기 유통을 위한 적정 MAP 조건 구명

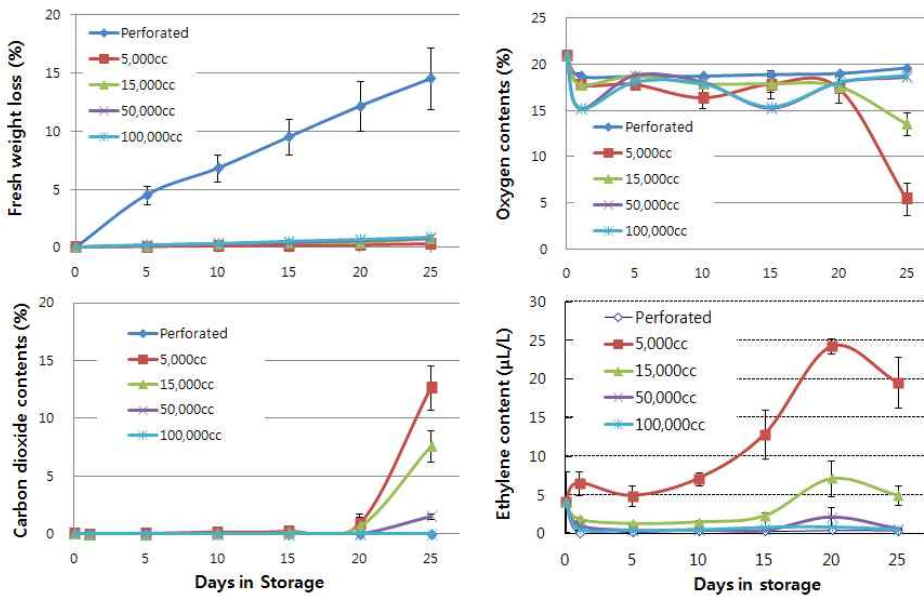


그림108. 저온유통 조건에서 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 유니콘 방울토마토 11도 MA저장 효과. 생체중 감소, 포장재내 산소, 이산화탄소, 그리고 에틸렌 농도 변화 비교

- 생체중의 경우 기존 천공필름(15% 감소)에 비해 현저한 생체중 감소 억제효과를 보임. 모든 처리에서 1.0%이하를 나타냄
- 포장 내 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도 모두 산소투과도 높은 50,000 cc/m²/atm에서 적절한 수준을 유지하였음.
- 저장 최종일의 품질에서 경도와 비타민C 함량이 50,000과 100,000cc/m²/atm에서 높게 유지되었음. 당도와 산도변화는 호흡이 크게 억제되었던 5,000cc/m²/atm에서 높게 유지되었음.
- 저장 중 외관상 품질 변화를 처리 간 차이가 없었으며, 경도의 경우 비천공 필름에서 높았으나 이들 간 차이에 통계적 유의성은 없었음.

표15. 저온유통 조건에서 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 유니콘 방울토마토 MA저장 효과. 저장 최종일 경도, 당도, 비타민 C, 적정산도 비교

	Firmness (N)	Soluble solids (°Brix)	Vitamin C (mg/100FW)	Titrateable acidity (% citric acid)
Perforated film	15.15 ± 2.22	9.32 ± 0.04	23.88 ± 6.44	0.41 ± 0.06
5,000cc	10.83 ± 2.05	8.54 ± 0.11	20.88 ± 2.52	0.66 ± 0.17
10,000cc	14.41 ± 3.18	8.06 ± 0.05	25.45 ± 4.88	0.41 ± 0.11
50,000cc	14.89 ± 3.99	7.86 ± 0.05	30.10 ± 12.44	0.39 ± 0.15
100,000cc	14.90 ± 0.94	7.84 ± 0.06	29.54 ± 7.80	0.41 ± 0.20

²Mean with standard deviation

- 저장 중 외관상 품질 변화에서 3점이 상품성이 가지는 수준인데, 기존의 천공 필름의 경우 극심한 생체중 감소로 저장 18일 이후 상품성을 잃었으며, 이에 반해 비천공 숨 쉬는 필름은 저장 25일까지 10,000 cc/m²/atm를 제외한 모든 처리가 상품성을 유지하였음.
- 이취의 경우 외관상 품질이 가장 우수하였던 5,000 cc/m²/atm에서 가장 높아, 적합하지 않

은 MA조건이었음을 알 수 있었음.

- 장기 저장에서 가장 큰 문제가 되는 곰팡이는 11도 저장 20일까지 발생하지 않다가 이 후 급격히 나타났는데, 저장 20일까지 4.5점 이상의 높은 외관상 품질을 보였던 비천공 숨 쉬는 필름 포장처리의 품질감소 원인이 되었음. 기존 천공 필름의 경우 과실에서는 거의 발생하지 않았으나, 특히 10,000 cc/m²/atm에서 높은 발생률을 보임
- 외관상 품질의 경우 기존 천공 필름의 경우 7% 이상의 생체중 감소를 보인 15일 이후 급격히 감소하여 17일경에는 상품성을 잃었으나, 비천공 숨 쉬는 필름 처리구는 모두 22일까지 3점 이상의 상품성이 유지되는 수준을 보였다.

표16. 저온유통 조건에서 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 유니콘 방울토마토 MA저장 효과. 저장 중 외관상 품질 변화와 저장 최종일 이취, 곰팡이 발생률 비교

	Visual quality		Off-odor	Fungal incidence (%)
	15 th day	25 th day		
Perforated Film	5.0 ± 0.55	2.4 ± 0.55	1.68 ± 0.03	04 ± 2.74
5,000cc	5.0 ± 0.00	4.2 ± 0.45	2.38 ± 0.38	42 ± 7.42
10,000cc	5.0 ± 0.45	2.8 ± 0.84	1.81 ± 0.23	55 ± 2.89
50,000cc	5.0 ± 0.55	3.8 ± 0.45	1.75 ± 0.32	42 ± 6.52
100,000cc	4.8 ± 0.55	3.4 ± 0.55	1.53 ± 0.27	40 ± 9.35

^zMean with standard deviation

③ 소포장 (100g)

- 저장 중 생체중 감소는 박스포장을 제외한 모든 비천공 필름처리에서 차이가 없었으며, 저장 중 포장 내 에틸렌, 이산화탄소, 산소 농도는 필름 투과율에 비례한 농도를 보였음
- 내적 품질 요소는 필름처리 간 차이에 통계적 유의성을 보이지 않음
- 저장 중 외관상 품질은 10,000과 30,000 cc/m²/atm가 높게 유지 되어 대량 포장처리와 유사한 결과를 보였음

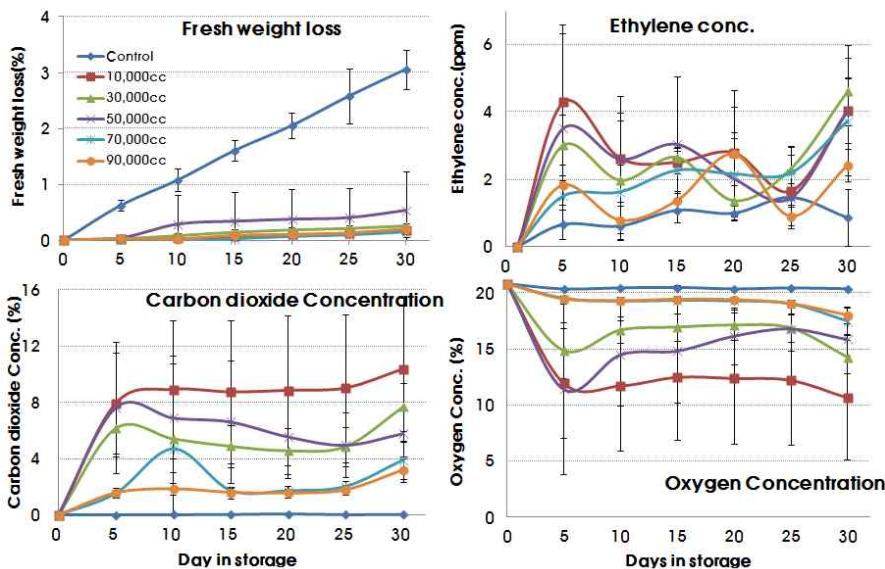


그림109. 비천공 필름 종류가 유니콘 토마토의 5도 장기 저장 중 생체중 감소, 포장 내 에틸렌, 이산화탄소, 산소농도에 미치는 영향

표17. 비천공 필름 종류가 유니콘 토마토의 5도 장기저장 최종일에 당도, 비타민 C, 경도 산도에 미치는 영향

	Firmness (N)	Soluble solids (°Brix)	Vitamin C (mg/100FW)	pH
Control	18.42 ± 2.29 ^z	6.23 ± 0.33	16.25 ± 2.44	4.04 ± 0.01
10,000CC	17.15 ± 1.78	5.86 ± 0.39	13.71 ± 2.01	4.04 ± 0.02
30,000CC	17.48 ± 1.59	6.10 ± 0.60	14.43 ± 2.04	4.14 ± 0.04
50,000CC	19.33 ± 2.30	5.96 ± 0.28	18.21 ± 2.60	4.02 ± 0.02
70,000CC	17.91 ± 1.71	5.56 ± 0.48	17.81 ± 2.31	4.14 ± 0.03
90,000CC	16.52 ± 1.63	5.64 ± 0.38	17.00 ± 2.78	4.07 ± 0.02

^zMean with standard deviation

표18. 비천공 필름 종류가 유니콘 토마토의 5도 장기 저장 중 외관상 품질변화와 저장 최종일에 곰팡이 발생률에 미치는 영향

	Visual quality		Fungal incidence (%)
	15 th day	30 th day	
Control	4.9 ± 0.20 ^z	2.4 ± 0.42	26.67 ± 20.66
10,000CC	5.0 ± 0.00	2.7 ± 0.41	46.67 ± 24.22
30,000CC	5.0 ± 0.00	2.5 ± 0.32	56.67 ± 15.06
50,000CC	5.0 ± 0.00	2.5 ± 0.50	43.33 ± 26.58
70,000CC	5.0 ± 0.00	2.3 ± 0.84	60.00 ± 21.91
90,000CC	5.0 ± 0.00	2.2 ± 0.27	50.00 ± 16.73

^zMean with standard deviation

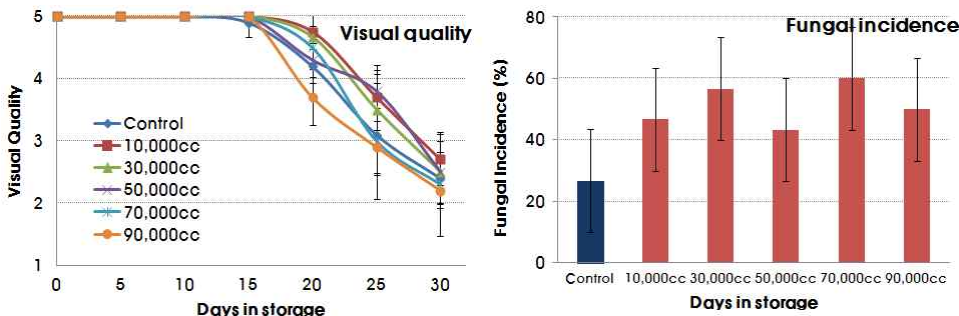


그림110. 비천공 필름 종류가 유니콘 토마토의 5도 장기 저장 중 외관상 품질변화와 저장 최종일에 곰팡이 발생률에 미치는 영향

(3) 소포장용 적정 비천공 통기성 필름 구명

- 저장 중 생체중 감소는 박스포장을 제외한 모든 비천공 필름처리에서 차이가 없었으며, 저장 중 포장 내 에틸렌, 이산화탄소, 산소 농도는 필름 투과율에 농도를 보였음
- 내적 품질 요소는 필름처리 간 차이에 통계적 유의성을 보이지 않음
- 저장 중 외관상 품질은 10,000과 30,000 cc/m²/atm가 높게 유지 되어 대량 포장처리와 유사한 결과를 보였음

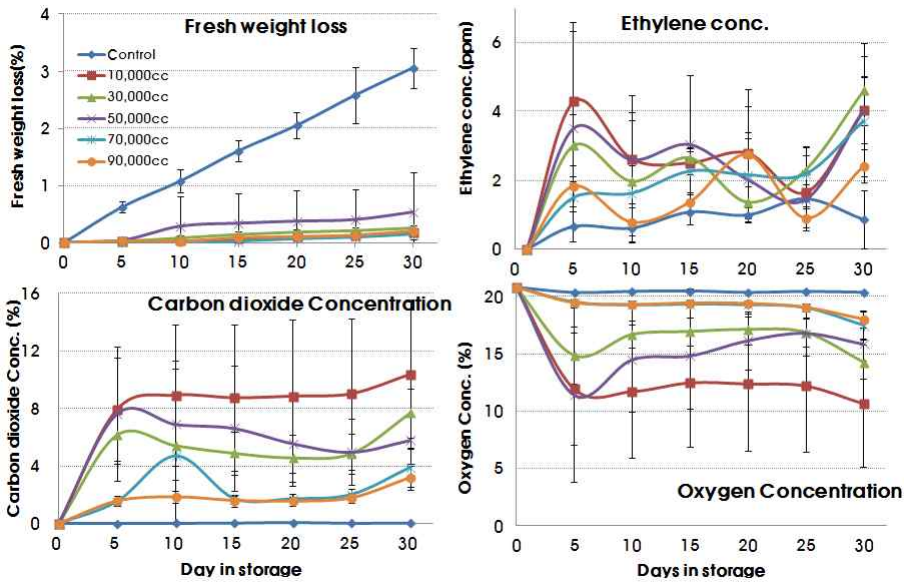


그림111. 비천공 필름 종류가 유니콘 토마토의 5도 장기저장 중 생체중 감소, 포장 내 에틸렌, 이산화탄소, 산소농도에 미치는 영향

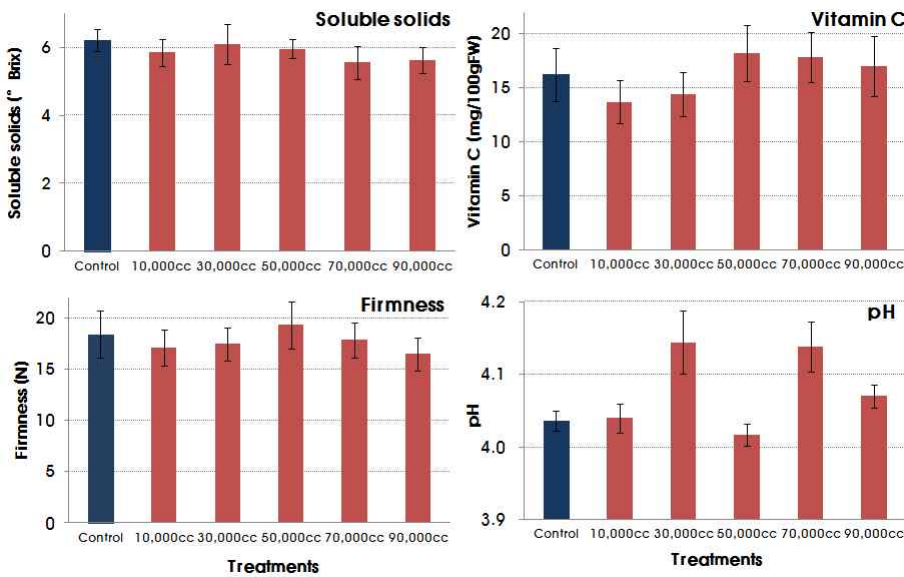


그림112. 비천공 필름 종류가 유니콘 토마토의 5도 장기저장 최종일에 당도, 비타민 C, 경도 산도에 미치는 영향

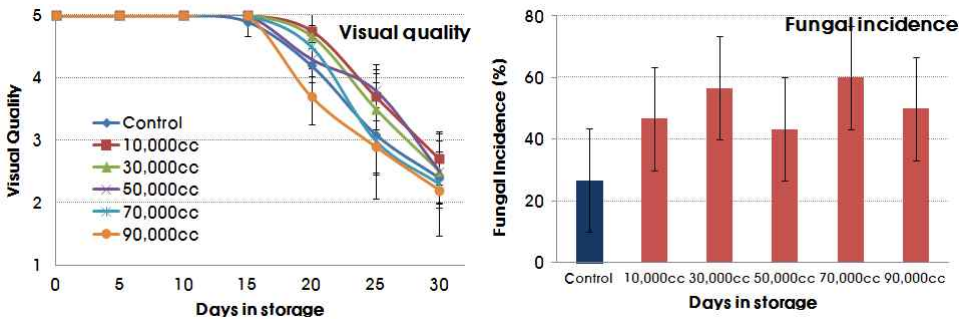


그림113. 비천공 필름 종류가 유니콘 토마토의 5도 장기저장 중 외관상 품질변화와 저장 최종일에 곰팡이 발생률에 미치는 영향

(4) 소포장 방법 개발

(가) 수출국 유통조건별 비천공 통기성 필름을 이용한 소포장 조건 구명

- 수출유통환경을 모델화한 처리에서 고온에 노출될수록 생체중 감소, 호흡률, 에틸렌 발생률이 높았음
- 상품성의 경우 5°C-5°C(홍콩 저온유통)은 20일 이상이었던 반해, 저온유통 전 상온에 3일간 노출되었던 25°C-5°C(홍콩)와 25°C-11°C(일본)의 경우 15일 내외에서 상품성을 잃었음
- 저장 후 비교한 내적품질도 고온 노출처리구에서 낮은 수준을 보였음.

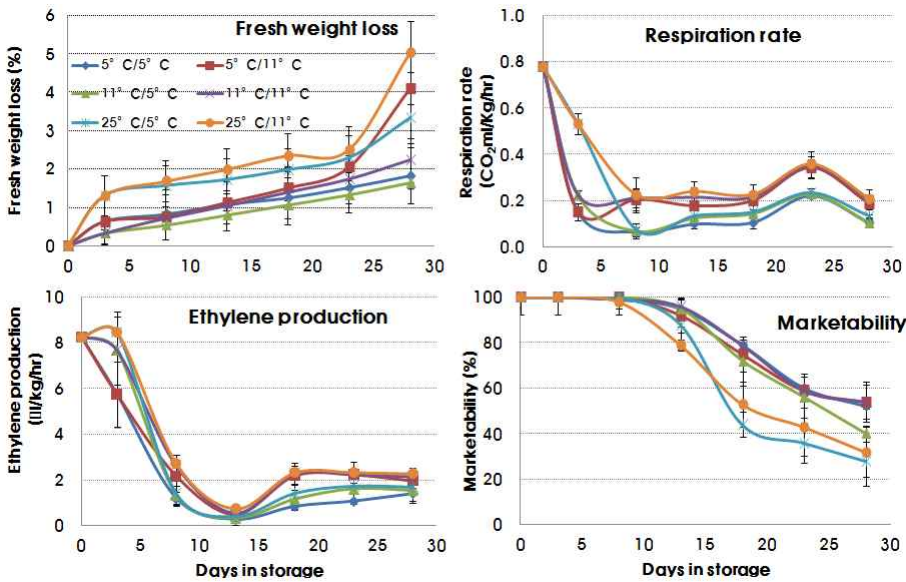


그림114. 수출국 유통조건별 소포장 저장성 비교; 저장 중 생체중 감소, 호흡률 및 에틸렌 발생률, 그리고 상품성 변화

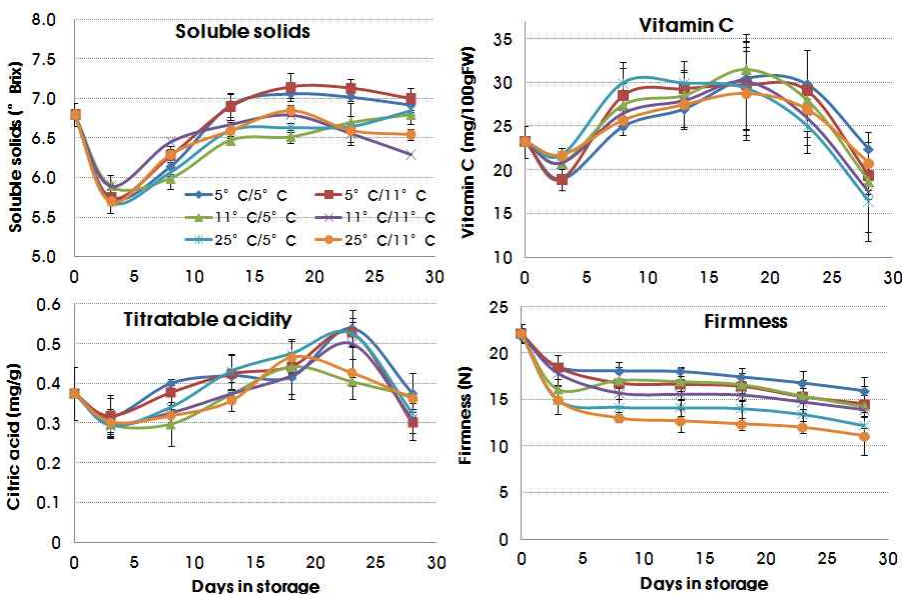


그림115. 수출국 유통조건별 소포장 저장성 비교; 저장중 당도, 비타민C, 산도, 경도 변화

(5) 완숙토마토

(가) 비천공 숨 쉬는 필름이 메디슨 토마토 저장에 미치는 영향

- 생체중의 경우 기존 천공필름에 비해 현저한 생체중 감소 억제효과를 보임. 모든 처리에서 0.5%이하를 나타냄
- 포장 내 이산화탄소농도는 산소투과도 5,000과 10,000 cc/m²/atm에서는 과도하게 높았으며, 산소농도도 이들 처리에서 5%이하를 보였으며, 에틸렌 농도의 경우 20,000 cc/m²/atm에서 가장 낮았음.
- 외관상 품질변화는 처리 간 통계적 유의성은 없었으나 20,000 cc/m²/atm.에서 높게 유지되었으며, 저장 25일 후에 20,000 cc/m²/atm.에서 가장 높게 유지 되었다. 저장 최종일에 측정 한 경도도 20,000 cc/m²/atm.에서 가장 높게 나타났다.
- 상기의 결과를 종합하면 20,000 cc/m²/atm. 필름이 기타 필름보다 다소 우수한 필름으로 나타났다.

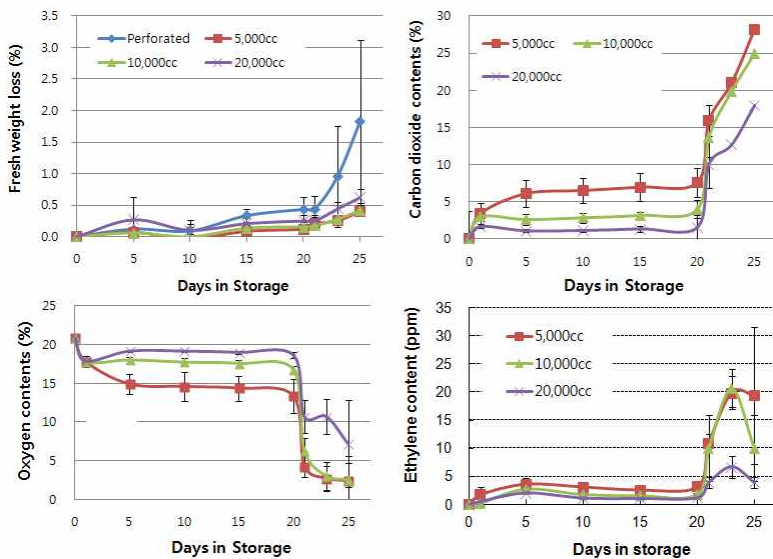


그림116. 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 ‘메디슨’ 토마토 5도 MA저장 효과. 생체중 감소, 포장재내 산소, 이산화탄소, 그리고 에틸렌 농도 변화 비교

표19. 천공필름과 비교한 비천공 숨 쉬는 필름이 ‘메디슨’ 토마토 5도 MA 저장 효과 ; 외관상 품질 변화 와 저장 최종일 경도 비교

	Visual quality		Firmness (N)
	20 th day	23 th day	
Perforated	4.0 ± 0.71 ^z	2.3 ± 0.57	5.28 ±1.16
5,000 cc	4.6 ± 0.55	2.7 ± 1.03	6.50 ±1.58
10,000 cc	4.6 ± 0.55	2.8 ± 0.50	7.42 ±1.67
20,000 cc	4.5 ± 0.58	2.7 ± 0.29	9.56 ±1.23

^zMean with standard deviation

(6) 품종별 수출국 유통조건별 포장 방법 완성

(가) 비천공 통기성 필름을 활용한 적정 저장온도 구명

- 외관적 품질은 저장온도가 낮을수록 변곡점이 길어지는 효과가 나타났으며 5℃ 에서는 필

름 간 유의성은 보이지 않았다. 10℃에서는 40,000cc 필름이 매우 낮은 경향을 나타냈으며 24℃에서는 급격히 떨어지는 경향을 나타내었다.

- 곰팡이 발생률은 저온에서 전체적으로 높은 경향을 나타내었고 11℃의 경우 균일하게 필름의 통기성이 우수할수록 증가하는 경향을 나타내었다.
- 산소의 생성량은 5℃에서는 50,000cc 필름이 낮았으며, 11℃에서는 30,000cc 필름이 낮았고, 24℃에서는 30,000cc 필름이 낮게 나타났다. 24℃의 경우 30,000cc 필름이 특이적으로 낮게 나타났다.
- 이산화탄소의 생성량은 투과량이 좋은 필름이 낮게 나타났다. 5℃에서는 40,000cc 필름이, 11℃에서는 60,000cc 필름이, 24℃에서는 80,000cc 필름이 좋았다.
- 에틸렌 생성량은 저장 기간 중 급격하게 변하는 경향을 나타내는 게 이것은 통기성이 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 5℃는 20일을 기준으로 30,000cc 필름을 제외하고 유사한 경향을 보이고, 11℃ 역시 20일을 기준으로 같은 경향은 나타내며 역시 30,000cc 필름을 제외한다. 24℃에서는 통기성이 영향을 미치는 것으로 판단된다.

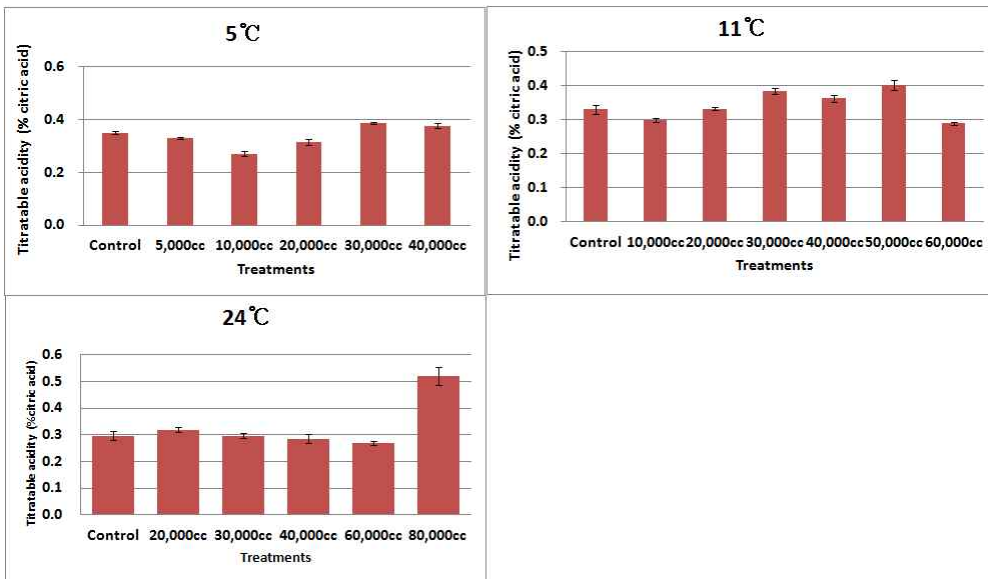
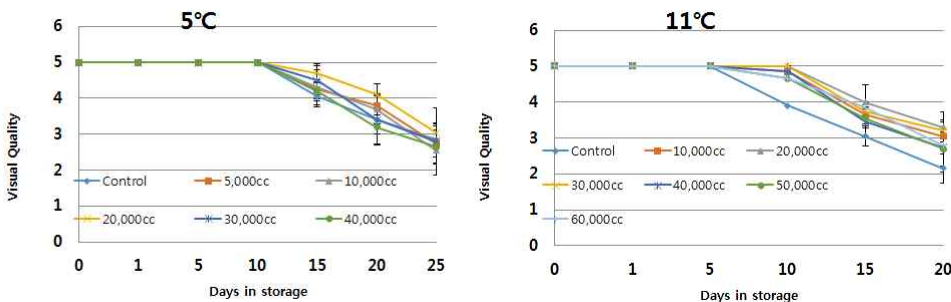


그림117. 데프니스 토마토의 산도에 미치는 필름과 저장온도의 효과



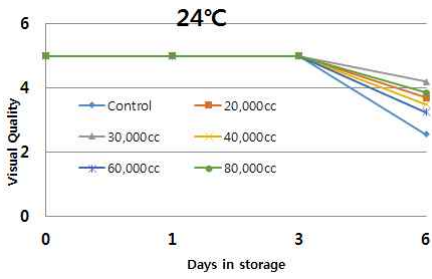


그림118. 데프니스 토마토의 외관적 품질에 미치는 필름과 저장온도의 효과

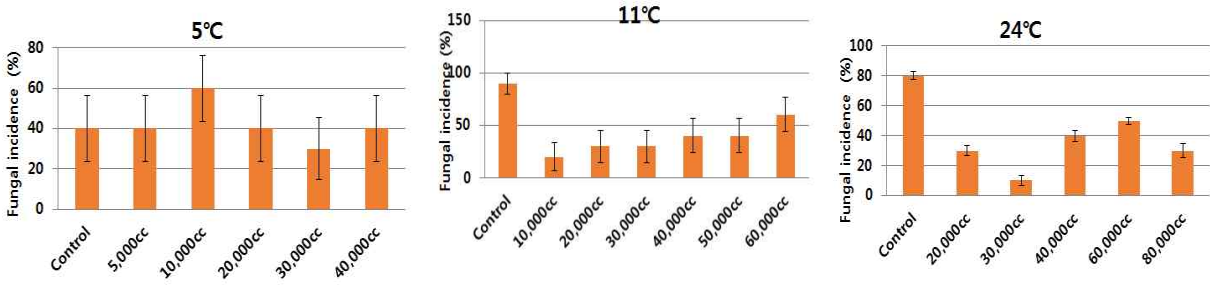


그림119. 데프니스 토마토의 곰팡이 발생률에 미치는 필름과 저장온도의 효과

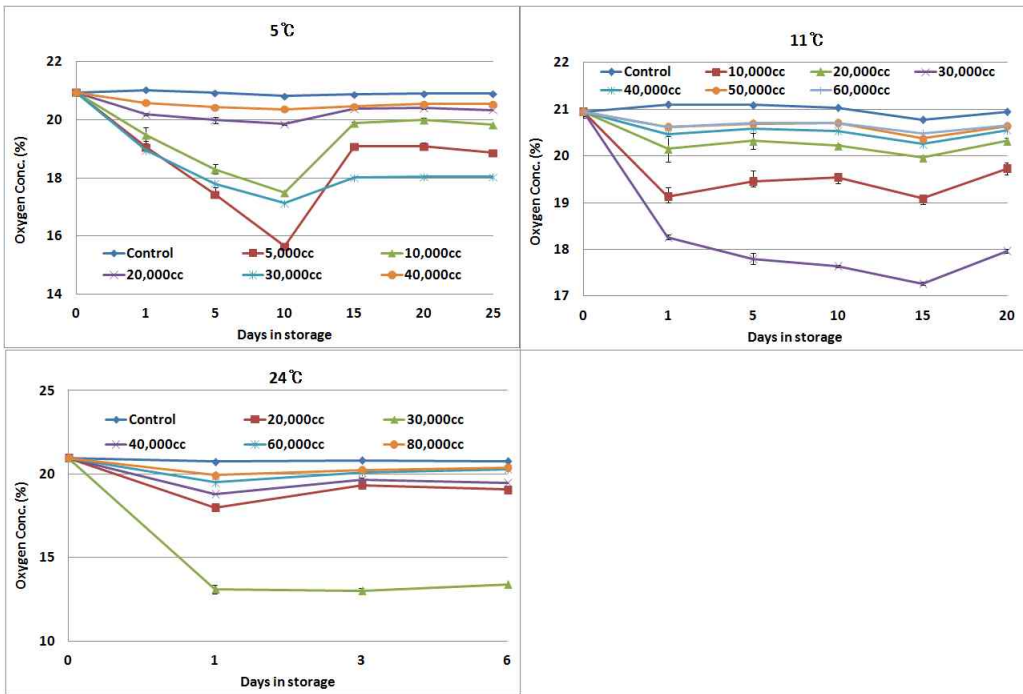


그림120. 데프니스 토마토의 포장 내 산소 농도에 미치는 필름과 저장온도의 효과

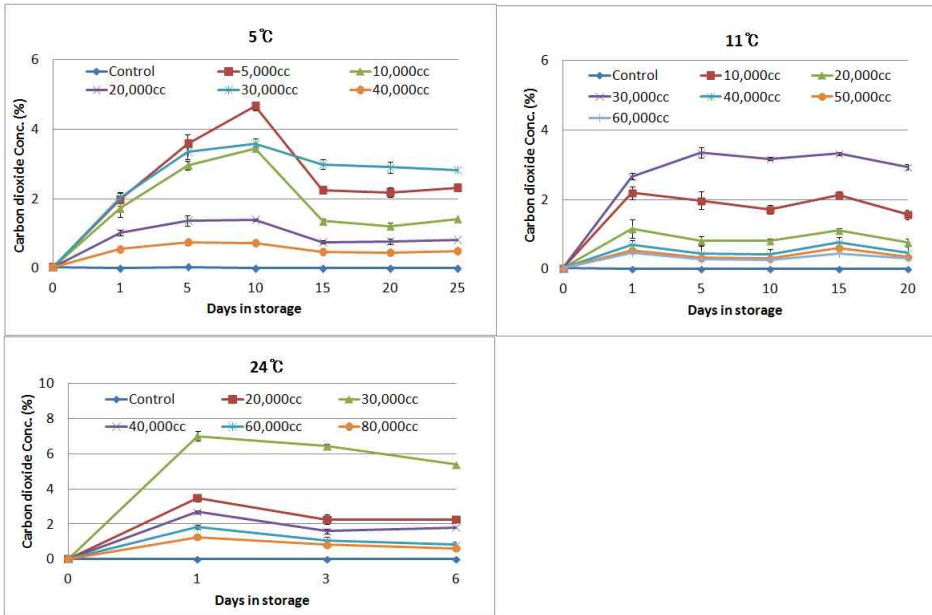


그림121. 데프니스 토마토의 이산화탄소 생산량에 미치는 필름과 저장온도의 효과

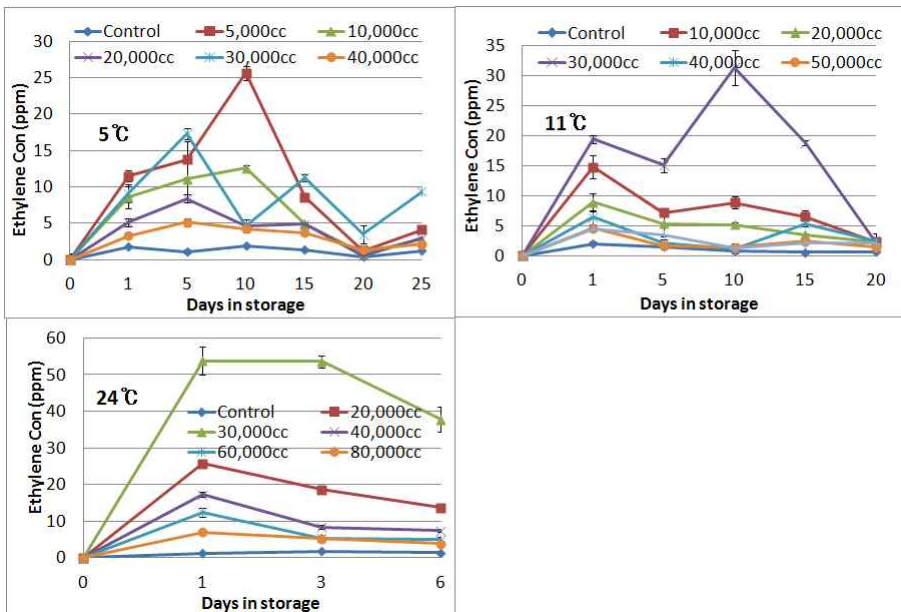


그림122. 데프니스 토마토의 에틸렌 생산량에 미치는 필름과 저장온도의 효과

(나) 적정 온도(11°C)하에서 필름별 저장 특성

- 생체중의 변화는 저장 기간 15일 동안 필름 간 차이를 보이지 않았으며 경도역시 큰 차이를 나타내지 않았으나 10,000cc 필름에서 다소 낮게 나타났다.
- 당도는 처리 간 차이를 보이지 않았으며 산도는 40,000cc 이후 통기성이 큰 필름에서 감소하는 경향을 나타내었다.
- 비타민 C는 통기성이 좋은 60,000cc 와 80,000cc 필름에서 고함량을 나타내었다. 외관적 품질은 처리 간 큰 차이를 보이지 않았고 10,000cc 필름에서 다소 낮았다. 곰팡이 발생률은 통기성이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 다만 80,000cc 필름과 100,000cc 필름을 상호 비교하였을 때 80,000cc 필름이 발생률이 높았다.

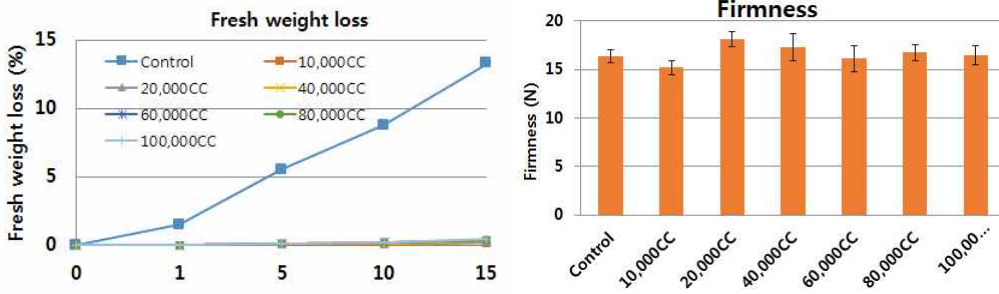


그림123. 11℃ 저장 시 유니콘 토마토의 생체중 감소율과 경도에 미치는 필름의 효과

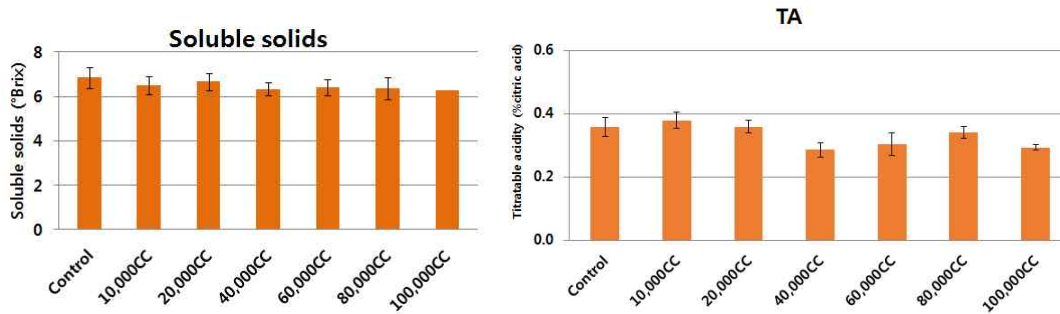


그림124. 11℃ 저장 시 유니콘 토마토의 당도와 산도에 미치는 필름의 효과

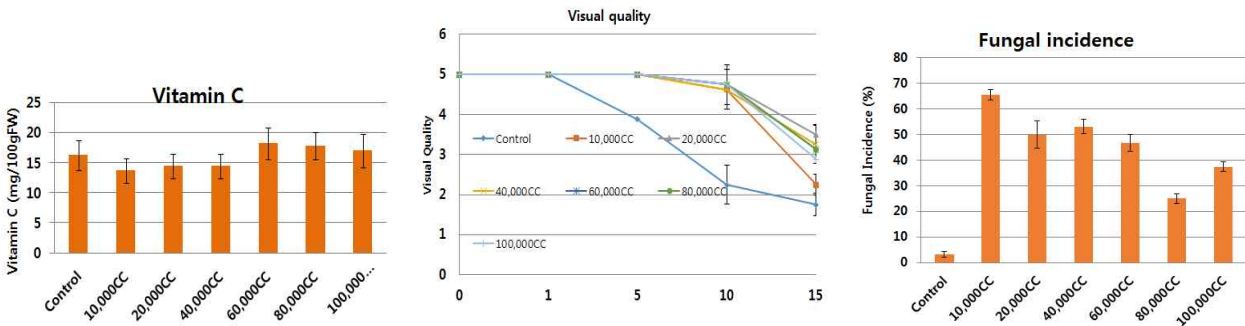


그림125. 11℃ 저장 시 유니콘 토마토의 비타민 C 함량, 외관적 품질, 그리고 곰팡이 발생률에 미치는 필름의 효과

(다) 적정 온도(24℃)하에서 필름별 저장 특성

- 24℃에서 실시된 10,000cc에서 100,000cc 필름까지의 적용결과 경도는 10,000cc에서 40,000cc까지 증가하다 이후 감소하는 경향을 나타내었다. 비타민C의 함량은 50,000cc 필름에서 높게 나타났으며 산도역시 50,000cc에서 높게 나타났다. 곰팡이 발생률은 10,000cc에서 높았고 이후 낮은 수준을 나타내다가 60,000cc 이후 증가하는 경향을 나타낸다.

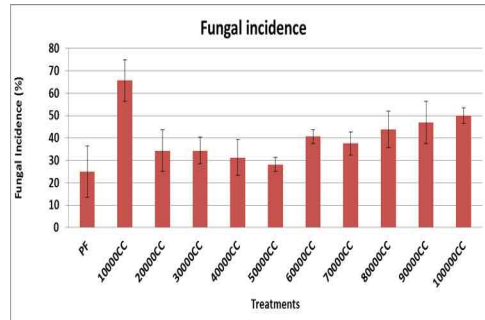
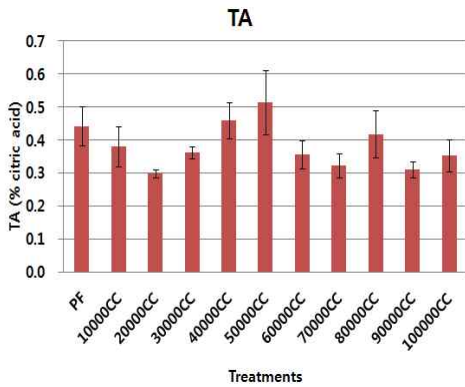
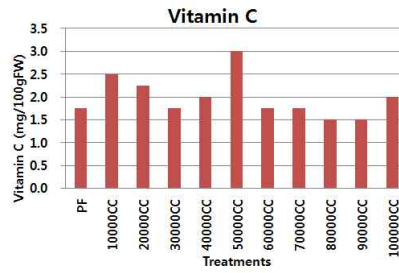
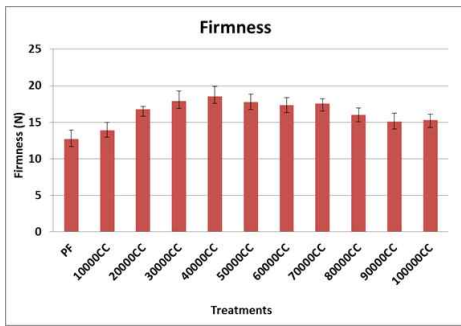


그림126. 5°C 저장 시 유니콘 토마토의 경도, 비타민 C 함량, 산도, 그리고 곰팡이 발생률에 미치는 필름의 효과

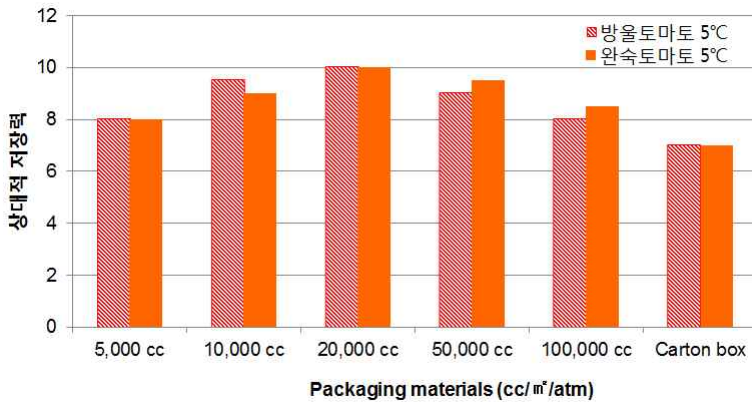


그림127. 저온유통(5°C) 수출 조건에서 방울토마토와 완숙토마토의 포장재별 상대적 저장력 비교

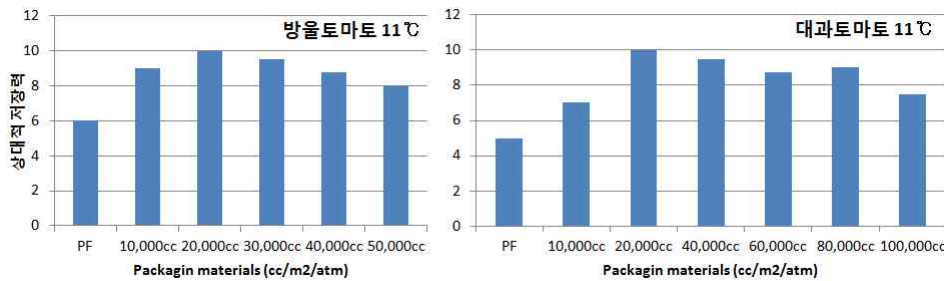


그림128. 저온유통(5°C) 수출 조건에서 방울토마토와 완숙토마토의 포장재별 상대적저장력 비교

4. 수확 color chart 정립을 위한 품종별 착색 패턴 조사

가. 연구기간: 2009. 01. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

- (1) 1차 (2차년도): 수출용 토마토(대과종)의 수출 조건별 착색 패턴 조사 및 수확 color chart
- 품종 : 대과종 토마토('Madison'),
 - 숙기 : turning(녹색-주황, 녹색 30%), pink(90%이상 주황), light red(주황-빨강, 빨강 50%)
 - 조사항목 : 과피색 변화, 저장기간

(2) 2차 (3차년도): 수확 color chart 정립을 위한 품종별 착색 패턴 조사

(가) 저온기 유니콘 방울토마토 대상으로 수출국별 착색 패턴조사

- 품종: 방울토마토('Unicorn'),
- 수출국별 처: 일본 유통 11도, 홍콩 유통 5도, 러시아 대비 상온유통
- 처리숙기: 녹숙기(mature-green: 전체 녹색), 변색기(breaker: 꼭지 10%이하 주황색), 채색기(turning: 전체 10-30% 주황색 착색), 도색기(pink: 50% 적색), 담적색기(light-red: 70~80% 적색), 농적색기(red: 과실 전체 적색)
- 조사항목: 생체중 감소, 과피색 변화, 경도, 당도, 산도, 비타민C 함량
- 재배시기: 2월 중순 춘천

(나) 고온기 유니콘 방울토마토 대상으로 수출국별 착색 패턴조사

- 품종: 방울토마토('Unicon'),
- 수출국별 처리: 일본 유통 11도, 홍콩 유통 5도
- 처리숙기: 변색기(breaker: 꼭지 10%이하 주황색), 채색기(turning: 전체 10-30% 주황색 착색), 도색기(pink: 50% 적색), 담적색기(light-red: 70~80% 적색),
- 조사항목: 생체중 감소, 과피색 변화, 경도, 당도, 산도, 비타민C 함량
- 재배시기: 6월 중순 춘천



그림129. 방울토마토(유니콘) 착색변화

(다) 유니콘 방울토마토 대상으로 수출용 color chart

- 품종: 방울토마토('Unicon'),
- 숙기: 녹숙기(mature-green: 전체 녹색), 변색기(breaker: 꼭지 10%이하 주황색), 채색기(turning: 전체 10-30% 주황색 착색), 도색기(pink: 50% 적색), 담적색기(light-red: 70~80% 적색), 농적색기(red: 과실 전체 적색)
- 조사항목: 과피색 변화, 저장기간

(3) 3차 (4차년도): 일본 수출 유통 조건 조사 및 수확 후 관리 기준 수립

- 현장 적용 점검 및 문제점 개선: 현장에서 기존의 칼라차트가 배꼽부분의 사진만 있어 실

제 현장 적용 시 번거로움을 지적함

- 아래 기존의 칼라차트 개선을 위해 숙기별 재촬영과 단면 사진 꼭지 부분사진까지 추가하기로 함



그림130. 춘천 신북 농협 선별장 현장 토마토 color chart

(4) 4차 (5차년도): 기존 color chart 적용 점검 및 문제점 개선

- 현장 적용 점검 및 문제점 개선: 대과종 완숙 토마토, (방울토마토) 대상 -
- 현장 적용 점검 및 문제점 개선: 현장에서 기존의 칼라차트가 배꼽부분의 사진만 있어 실제 현장 적용 시 번거로움을 지적함
- 아래 기존의 칼라차트 개선을 위해 숙기별 재촬영과 단면 사진 꼭지 부분사진까지 추가하기로 함





다. 연구결과

(1) 1차 (2차년도): 수출용 토마토(대과종)의 수출 조건별 착색 패턴 조사 및 수확 color chart

(가) 수출용 토마토(대과종)의 수출 조건별 착색 패턴 조사

- 1단계 숙기(100%노랑)토마토는 5℃에서 역시 3단계 숙기(100% 주황)까지만 착색되었으며, 다른 온도에서는 5단계까지 착색이 완료되었는데 11℃에서는 20일이 소요되었다.
- 2단계 숙기(50% 주황)토마토는 5℃에서는 3단계 숙기(100% 주황)까지만 착색되었으며, 다른 온도에서는 5단계까지 착색이 완료되었다.
- 3단계 숙기(100% 주황)토마토는 5℃에서는 4단계 숙기(50% 빨강)까지만 착색되었으며, 다른 온도에서는 5단계까지 착색이 완료되었다.
- 4단계 숙기(50% 빨강)토마토는 모든 온도에서 착색이 완료되었는데, 5℃에서도 10일이 소요되었다.







표20. 수출용 대과종 토마토(‘메디슨’)의 숙기별, 저장온도별 착색소요일수 비교

구분	색도	온도	2	3	4	5
			(50% 주황)	(100% 주황)	(50% 빨강)	(100% 빨강)
1 (100% 노란)		24℃	15일	25일	4일	6일
		11℃	4일	8일	14일	20일
		5℃	6일	20일	-	-
2 (50% 주황)		24℃		15일	3일	6일
		11℃		4일	10일	16일
		5℃		6일	-	-
3 (100% 주황)		24℃			2일	5일
		11℃			6일	12일
		5℃			14일	-
4 (50% 빨강)		24℃				3일
		11℃				6일
		5℃				10일

(나) 수출용 토마토(대과종)의 수출 조건별 수확 color chart 정립

- 1단계 숙기(100%노랑)토마토는 겨울철에는 적용 대상 수출조건이 없으며, 여름철, 가을철 모두 상온유통(러시아)에 적용이 가능하다.
- 2단계 숙기(50% 주황)토마토 역시 겨울철에는 적용 대상 수출조건이 없으며, 여름철, 가을철 모두 상온유통(러시아)에 적용이 가능하다.
- 3단계 숙기(100% 주황)토마토는 11℃ 저온유통(일본)에 년 중 가능하다.
- 4단계 숙기(50% 빨강)토마토는 5℃ 저온유통(홍콩)에는 봄~가을까지 가능하나 겨울에는 11℃ 저온유통(일본)에 가능하다.
- 5단계 숙기(50% 빨강)토마토는 봄~가을까지는 적용 대상 수출조건이 없으며 겨울에는 5℃ 저온유통(홍콩)에 가능하다.

표21. 수출용 대과종 토마토(‘메디슨’)의 숙기별 수출 조건 제시

							
성숙단계		녹숙기	변색기	채색기	도색기	담적색기	적색기
과피색상		과피 전체가 녹색	꼭지점에 주황색이 전체의 10% (100%노랑)	과피 전체 50% 정도 주황색으로 채색	과피 전체 100% 주황색으로 채색	50% 정도 적색으로 채색	과피 전체가 적색으로 채색
수출 적합품 (일본)	고온기	X	X	○ (상온 유통)	○ (저온 유통 11°C)	○ (저온 유통 11°C)	X
	저온기	X	X	X	○ (상온 /저온 유통 11°C)	○ (저온 유통 11°C)	X
수출 적합품 (러시아)	고온기	X	○ (상온 유통)	○ (상온 유통)	○ (저온 유통 11°C)	○ (저온 유통 11°C)	X
	저온기	X	X	X	○ (상온 /저온 유통 11°C)	○ (상온 /저온 유통 11°C)	X
수출 적합품 (홍콩)	고온기	X	X	X	○ (저온 유통 5°C)	○ (저온 유통 5°C)	X
	저온기	X	X	X	X	○ (저온 유통 5°C)	X
착과후 소요일수	고온기	(37~47)	35~40 / (42~52)	40~45 / (45~55)	45~50 / (47~57)	50~55 / (49~59)	(50~60)
	저온기	(40~50)	55~65 / (49~59)	60~70 / (50~60)	65~75 / (53~63)	70~80 / (46~56)	(58~68)

(2) 2차 (3차년도): 수확 color chart 정립을 위한 품종별 착색 패턴 조사

(가) 저온기 유니콘 방울토마토 대상으로 수출국별 착색 패턴조사

- 3가지 저장온도와 모든 숙기에서 6%이하의 비교적 적은 생체중감소를 보였음
- 5도에서는 담적색기도 완전한 착색이 이루어지 않았으며, 11도에서는 채색기까지 저장 30일 이후에는 완전한 착색을 보였으나 정상적인 유통기간을 감안하면 저장 20일까지 착색이 완료된 도색기까지가 현장에서 이용할 수 있는 숙기라 판단됨
- 상온의 경우 녹색기를 제외한 모든 숙기가 12일 만에 완전한 착색을 나타냄

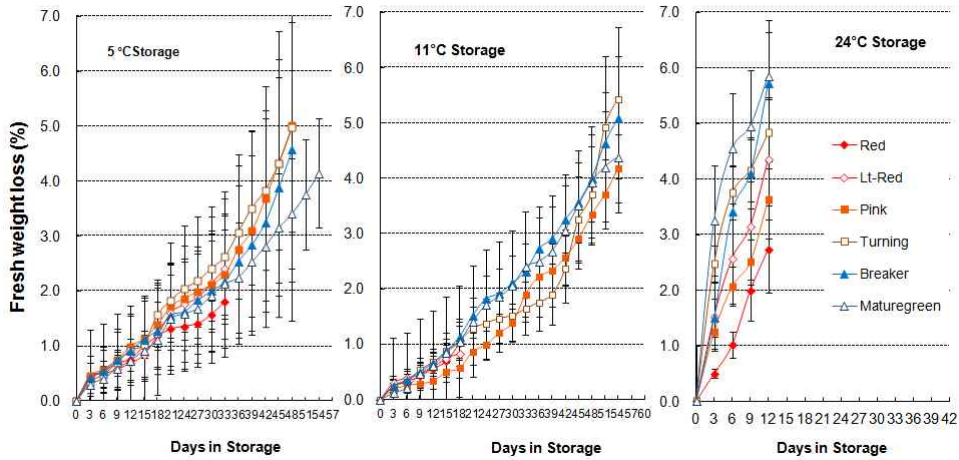


그림131. 숙기별 유니콘 방울토마토의 저장 온도에 따른 저장 중 생체중 변화. 저장은 85% RH에 박스 포장함(저온기 실시)

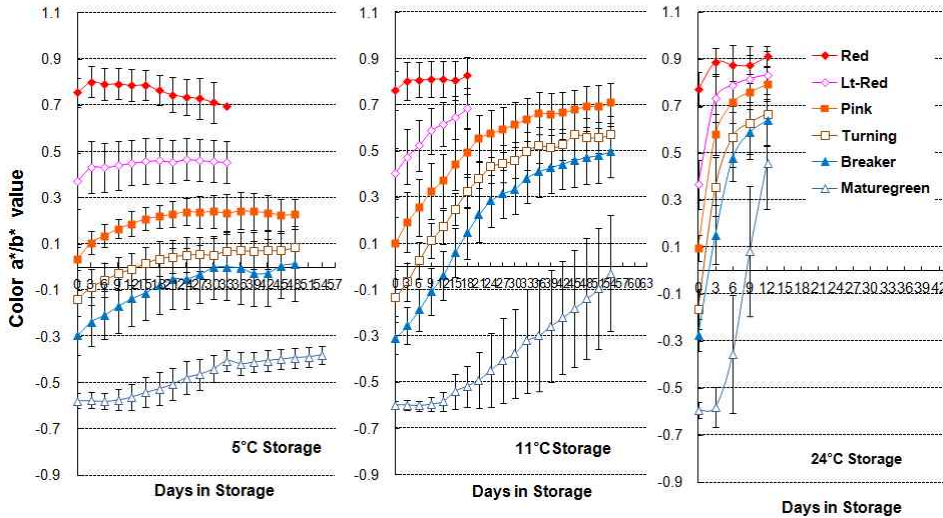


그림132. 숙기별 유니콘 방울토마토의 저장 온도에 따른 저장 중 과피색 변화. 저장은 85% RH에 박스 포장함(저온기 실시)

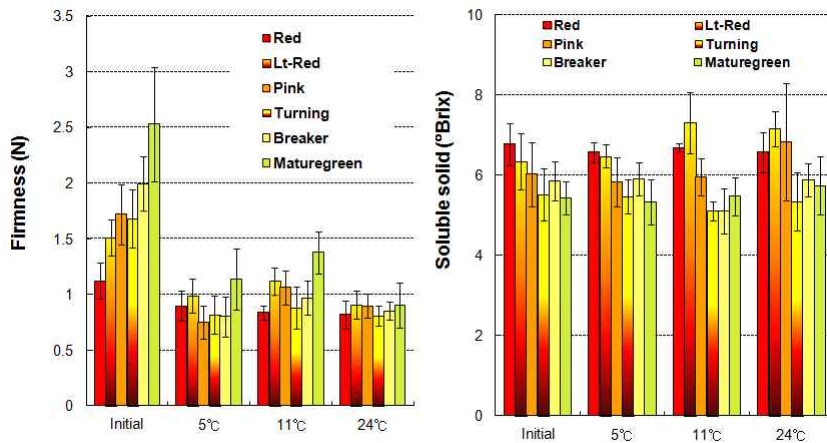


그림133. 숙기별 유니콘 방울토마토의 저장 온도에 따른 저장 최종일 경도 및 당도 변화. 저장은 85% RH에 박스 포장함. 저온기 실시 (저장최종일 5도)

(나) 고온기 유니콘 방울토마토 대상으로 수출국별 착색 패턴조사

- 유니콘의 경우 홍콩 수출 조건인 5°C 조건에서는 pink(과실 전체 70~80% 착색)이상의 숙기에서 수확하여야 수송 유통 후 정상적인 착색과 가장 높은 외관상 품질을 유지하였고, 일본 수출 조건인 11 °C 조건에서는 turning(과실 전체 10~30% 착색)이상의 숙기에서도 정상적인 착색과 저온장해를 보이지 않았음



그림134. 숙기별 착색 정도

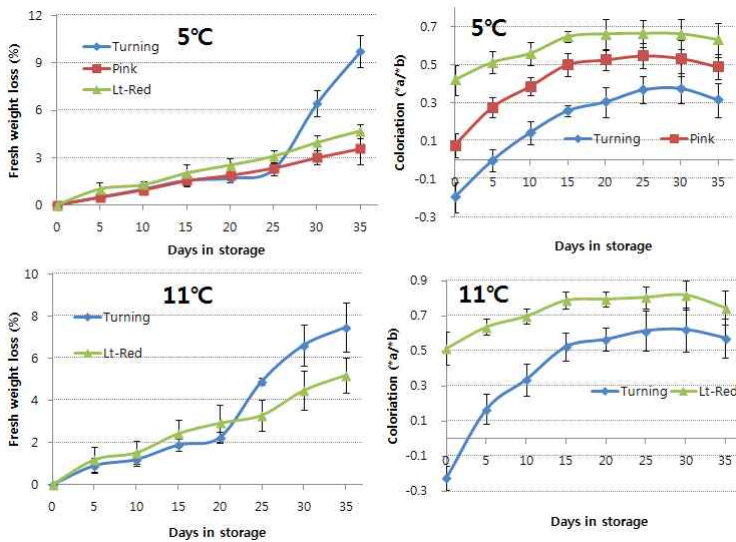


그림135. 숙기별 유니콘 방울토마토의 저장 온도에 따른 저장 중 생체중 변화와 착색변화(저장은 85% RH에 박스 포장함)

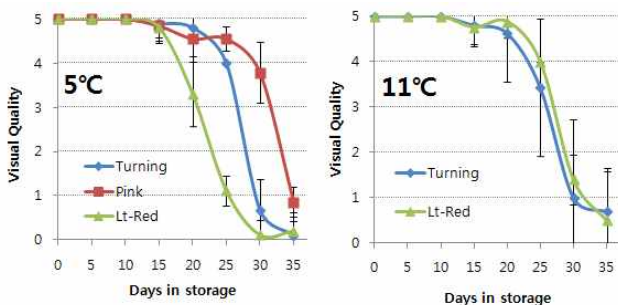






그림136. 숙기별 유니콘 방울토마토의 저장 온도에 따른 저장 중 외관상 품질 변화(저장은 85% RH에 박스 포장함)






표22. 수출용 방울토마토(‘유니콘’)의 숙기별, 저장온도별 착색소요일수 비교

구분	색도	저장 온도	수확 시기	채색기	도색기	담적색기	농적색기
				(30% 주황) a*/b*: -0.2	(50% 적색) a*/b*: 0.1	(50% 빨강) a*/b*: 0.4	(100% 빨강) a*/b*: 0.7
변색기 (10% 주황 전체 노랑)		24℃	저온기	1일	3일	6일	10일
		11℃	저온기	9일	15일	33일	-
		5℃	저온기	15일	33일	-	-
채색기 (30% 주황) a*/b*: -0.2		24℃	저온기	-	1.5일	3일	9일
		11℃	저온기		9일	20일	33일
			고온기		4일	15일	25일
		5℃	저온기		15일	-	-
도색기 (50% 적색) a*/b*: 0.1		24℃	저온기			2일	6일
			11℃	저온기			12일
		5℃	고온기			9일	20일
			저온기			27일	-
담적색기 (75% 적색) a*/b*: 0.4		24℃	저온기				3일
			11℃	저온기			
		5℃	고온기				10일
			저온기				-
		고온기				20일	

(다) 유니콘 방울토마토 대상으로 수확용 color chart

- 유니콘의 경우 작년도 조사한 대과종 메디슨에 비해 수확 후 착색 진행이 더디게 진행되는 경향이었음
- 수확 후 소매상 매대 까지 소요일수가 7일이상인 홍콩 수출의 경우 비록 5도의 저온에서 관리하지만 담적색기 수준에서 수확하는 것이 바람직하며, 도색기의 경우 국내 APC에서 예냉 없이 진행될 때 적용 가능함

표23. 수출용 방울토마토(‘유니콘’)의 숙기별 수출 조건 제시

구분	색도	6~8월	9~10월/3~5월	11~2월
변색기 (10% 주황 전체 노랑)		상온유통 -러시아 수출-	적용 없음	적용 없음
채색기 (30% 주황)		상온유통 -러시아 수출-	상온유통 -러시아 수출-	적용 없음
도색기 (50% 적색)		장기저온유통(11℃) - 일본 수출 -	장기저온유통(11℃) - 일본 수출 -	적용 없음
담적색기 (75% 적색)		저온유통(11℃) - 일본 수출 -	저온유통(11℃) - 일본 수출 -	저온유통(11℃) -일본 수출 -
		저온유통(5℃) - 홍콩 수출 -	저온유통(5℃) - 홍콩 수출 -	상온유통 -러시아 수출-
농적색기 (100% 빨강)		적용 없음	적용 없음	적용 없음

- 11도의 중저온에서 관리되는 일본 유통의 경우 수확부터 소매상 매대까지의 소요일수가 4일로 짧아 역시 담적색기 수준의 수확이 적당함. 그러나 고온기의 경우 수확 후 예냉이 없을 경우 도색기부터 적용이 가능하다고 생각됨



















						
성숙단계	녹숙기	변색기	채색기	도색기	담적색기	농적색기
과피색상	과피전체 녹색	꼭지 10% 이하 주황색 착색	과피 전체 10~30% 착색	50% 내외 착색	70~80% 착색	과피 전체 진한 적색으로 착색
일본 (11도/상온)	고온기			○ (장기저온유통)	○ (저온유통)	
	저온기				○ (저온유통)	
홍콩 (5도)	고온기			○ (장기저온유통)	○ (저온유통)	
	저온기				○ (저온유통)	
러시아 (상온)	고온기	△ (상온유통)	○ (상온유통)	△ (상온유통)		
	저온기				○ (상온유통)	
착과후 소요일수	고온기	32~35	37~43	41~46	45~50	
	저온기	45~55	50~60	55~65	60~70	

그림137. 방울토마토 유니콘의 수확 color chart

(3) 3차 (4차년도): 일본 수출 유통 조건 조사 및 수확 후 관리 기준 수립

- 현장 적용을 위해 기존의 color chart 수정함

※ 방울토마토의 속도

							
							
							
성숙단계	녹숙기	변색기	채색기	도색기	담적색기	농적색기	
과피색상	과피 전체가 녹색	꼭지점에 주황색이 전체의 10% 이하	과피 전체 10~30% 채색	50% 내외의 채색	70~80% 정도 채색	과피 전체가 진한 적색으로 채색	
수출적합품 (일본)	고온기	X	X	○ (상온유통)	○ (저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)	X
	저온기	X	X	X	○ (상온 / 저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)
수출적합품 (러시아)	고온기	X	X	○ (상온유통)	○ (저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)	X
	저온기	X	X	X	○ (상온 / 저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)
수출적합품 (홍콩)	고온기	X	X	X	X	○ (저온유통 5℃)	○ (저온유통 5℃)
	저온기	X	X	X	X	○ (저온유통 5℃)	○ (저온유통 5℃)
착과후 소요일수	고온기		32~35	37~43	41~46	45~50	
	저온기		45~55	50~60	55~65	60~70	

(4) 4차 (5차년도): 기존 color chart 적용 점검 및 문제점 개선

- (가) 완숙토마토 현장 문제점 : 기존 학계 및 현장에 보급된 칼라 차트가 과실의 배꼽부분 사진으로 되어 있어 실제 수확 작업에 적용하기 어려움



그림138. 춘천 신북 농협 선별장 현장 토마토 color chart

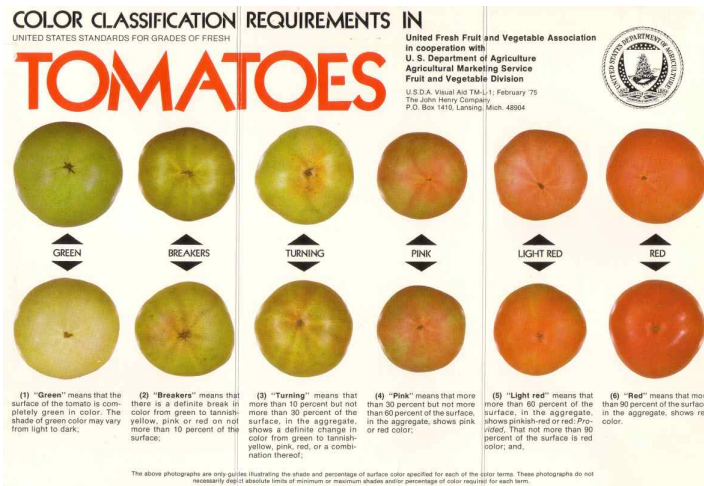


그림139. 완숙토마토 숙과 기준 차트(USDA 기준)

- 개선안 : 아래 그림처럼 배꼽과 함께 꼭지 쪽 사진과 함께, 내부 착색정도까지 포함시켜 수확 시 적절한 수확기 선별이 용이하도록 개선함, 또한 수출지역 및 재배시기별 수확기까지 표기함

표24. 완숙토마토 'Madison' 의 수확기에 따른 색도, 당도, 비타민 C, 경도, 호흡률, 그리고 에틸렌 생성율.

	color a*/b*	Soluble solids (°Brix)	Vitamin C (mg/100gFW)	Firmness (N)	Respiration (mlCO ₂ /kg/hr)	Ethylene production rate (μL/kg/hr)
Mature green	-0.38 ± 0.11 ^z	4.96 ± 0.46	13.10 ± 1.72	33.13 ± 4.03	1.38 ± 0.17	1.36 ± 0.48
Breakers	-0.38 ± 0.10	5.03 ± 0.46	16.84 ± 3.44	31.05 ± 5.69	1.47 ± 0.10	1.96 ± 1.12
Turning	-0.20 ± 0.06	5.48 ± 0.45	19.56 ± 3.56	25.25 ± 3.21	1.48 ± 0.14	3.48 ± 1.12
Pink	0.17 ± 0.15	5.49 ± 0.34	21.52 ± 2.23	20.64 ± 2.46	1.40 ± 0.06	4.23 ± 1.02
Light red	0.31 ± 0.13	5.86 ± 0.62	17.82 ± 1.41	19.53 ± 4.86	1.48 ± 0.10	6.62 ± 1.44
Red	0.58 ± 0.06	5.86 ± 0.40	18.24 ± 1.16	19.51 ± 2.93	1.03 ± 0.17	3.61 ± 1.40

^zMean with standard deviation

※ 토마토의 숙도

성숙단계	녹숙기	변색기	채색기	도색기	담적색기	농적색기
과피색상	과피 전체가 녹색	꼭지점에 주황색이 전체의 10% 이하	과피 전체 10-30% 채색	50% 내외의 채색	70-80% 정도 채색	과피 전체가 진한 적색으로 채색
수출적합품 (일본)	고온기	X	○ (상온유통)	○ (저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)	X
	저온기	X	X	○ (상온 / 저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)
수출적합품 (러시아)	고온기	X	○ (상온유통)	○ (저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)	X
	저온기	X	X	○ (상온 / 저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)	○ (저온유통 11℃)
수출적합품 (홍콩)	고온기	X	X	X	○ (저온유통 5℃)	○ (저온유통 5℃)
	저온기	X	X	X	○ (저온유통 5℃)	○ (저온유통 5℃)
착과후 소요일수	고온기	32-35	37-43	41-48	45-50	
	저온기	45-55	50-60	55-65	60-70	

그림140. 완숙토마토 수확용 칼라 차트

(나) 방울토마토

- 문제점: 기존 학계 및 현장에 보급된 칼라 차트가 과실의 배꼽부분 사진으로 되어 있어 실제 수확 작업에 적용하기 어려움
- 개선안: 아래 그림처럼 배꼽과 함께 꼭지 쪽 사진과 함께, 내부 착색정도까지 포함시켜 수확 시 적절한 수확기 선별이 용이하도록 개선함, 또한 수출지역 및 재배시기별 수확기까지 표기함

방울토마토 수확용 칼라 차트

성숙단계	녹숙기	변색기	채색기	도색기	담적색기	농적색기
과피색상	과피전체 녹색	꼭지 10% 이하 주황색 착색	과피 전체 10~30% 착색	50% 내외 착색	70~80% 착색	과피 전체 진한 적색으로 착색
일본 (11도/상온)	고온기			○ (장기저온유통)	○ (저온유통)	
	저온기				○ (저온유통)	
홍콩 (5도)	고온기			○ (장기저온유통)	○ (저온유통)	
	저온기				○ (저온유통)	
러시아 (상온)	고온기	△ (상온유통)	○ (상온유통)	△ (상온유통)		
	저온기				○ (상온유통)	
착과후 소요일수	고온기	32~35	37~43	41~46	45~50	
	저온기	45~55	50~60	55~65	60~70	



※ 방울토마토의 숙도

성숙단계	녹숙기	변색기	채색기	도색기	당적색기	농적색기
과피색상	과피 전체가 녹색	꼭지점에 주황색이 전체의 10% 이하	과피 전체 10-30% 채색	50% 내외의 채색	70-80% 정도 채색	과피 전체가 진한 적색으로 채색
수출적합품 (일본)	고온기	X	○ (삼온유통)	○ (저온유통 11c)	○ (저온유통 11c)	X
	저온기	X	X	○ (삼온 / 저온유통 11c)	○ (저온유통 11c)	○ (저온유통 11c)
수출적합품 (아시아)	고온기	X	○ (삼온유통)	○ (저온유통 11c)	○ (저온유통 11c)	X
	저온기	X	X	○ (삼온 / 저온유통 11c)	○ (저온유통 11c)	○ (저온유통 11c)
수출적합품 (홍콩)	고온기	X	X	X	○ (저온유통 5c)	○ (저온유통 5c)
	저온기	X	X	X	○ (저온유통 5c)	○ (저온유통 5c)
착과후 소요일수	고온기		32-35	37-43	41-46	45-50
	저온기		45-48	50-60	55-65	60-70

그림141. 개선된 방울토마토 수확용 칼라 차트

<수확 후 최적 유통관리 시스템 개발>

1. 수확 후 국내 유통라인의 분석 및 수출 시 품질관리 현황 분석

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

(1) 수확 후 국내 유통라인의 분석

대동농협, (주) 팜슨, 지역별 농가 및 산지유통센터의 수확 후 작업과정인 예냉, 선별, 포장 작업 등을 조사함.

(2) 유통 중 성숙도에 따른 품질변화 조사

- 공시재료 : 방울토마토(꼬꼬)
- 수확지 및 수확시기 : 2009년 01월 09일과 04월 17일 2차례 논산 농가에서 수확하여 당일 실험 수행함.
- 유통 중 설정온도 연구 : 상온(20℃), 저온(9±1℃), 유통온도(10℃→15℃→9℃; 2일 간격 반복)
- 숙기별 설정온도 연구 : 적숙기, 녹숙기 선별, 상온(20℃), 저온(9℃→5℃), 유통온도(15℃→10℃; 1주일 간격)
- 포장작업 : 수출용 포장 용기(중량 : 650g±50g)
- 저장기간 : 3주 동안 저장함.

(3) 국내·외 유통 중 품질관리 현황 분석(국의 유통라인의 분석)

일본과 러시아 등 수출 국가를 중심으로 출항~하역, 검역 및 소비자 판매까지의 유통과정의 일괄적인 품질관리 시스템을 조사함.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 수확 후 국내 유통라인의 분석

토마토의 선별 및 포장작업에서의 자동화 시스템의 부족과 선별장에서의 실내온도 설정유지가 미흡하고, 토마토 산지에서는 전날 수확 뒤 다음 날 산지유통센터에 반입해야한다. 농가별로 보관 시에는 외부의 서늘한 공기가 자주 유입될 수 있는 장소를 선택해야 하며, 산지유통센터 구축 시 토마토의 고품질유지를 위하여 수확 후 예냉을 하는 것이 좋은 것으로 나타났다. 예냉 후 선별 및 포장작업 시 작업장 내 일정한 온도(10-15℃) 관리가 중요하고 토마토의 수확 시 저장용은 약 50% 착색한 과실을 수확하여 10-12℃로 예냉하면 7-10일 저장이 가능하다. 또한 출하용은 50-70% 정도 착색한 과실을 수확하여 4 ± 1℃로 예냉하는 것이 좋다. 하지만 장기저장에 따른 저온장해가 많이 발생하고 있어서 현재 저온장해 억제에 따른 연구가 시급한 시점이다.

수확 후 선별 및 포장작업에서 실온 온도설정의 부주의로 인한 품질의 저하가 발생한다. 수송경로는 현재 냉장 탑차에 의한 작물의 운반은 크게 미흡하고, 운반 시에도 고단으로 적재하여 운송함으로써 발열과 함께 진동, 압축, 충격 및 마찰에 의한 품질손상이 많이 발생하고 있다. 이에 따라 예냉 시설과 함께 냉장 탑차의 보급의 확대가 필요하다. 국내의 실

정은 유통단계별 저온유통체제의 연계 미흡으로 예냉 시설과 소비지의 저온저장고, 냉장진 열대의 부족 등 산지와 소비지간 저온유통 시설 간 연계 미비로 저온유통의 효율성이 저하 되고 있는 실정이다.

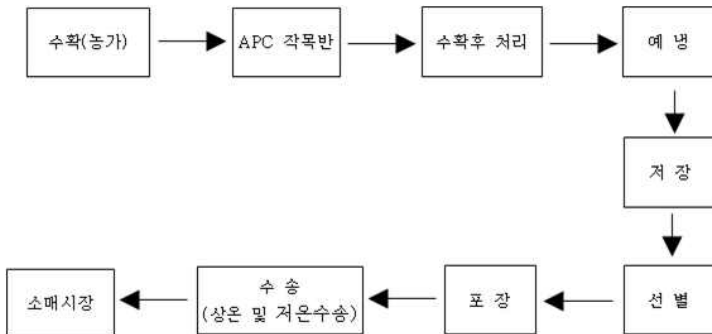


그림1. 국내 유통경로

(2) 유통 중 성숙도에 따른 품질변화 조사

(가) 유통 중 설정온도 연구

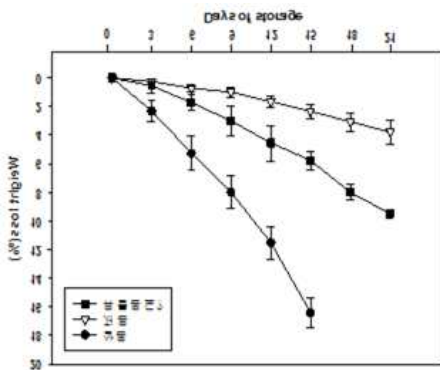


그림2. 유통 중 설정온도에 따른 생체중 감량 및 경도변화

방울토마토 ‘꼬꼬’의 저장기간 중 온도설정에 따른 생체중 및 경도의 변화를 조사한 결과 그림 2에서 보는 바와 같이 상온(20°C)에서 저장 12일째 생체중 감량이 11.8%로 가장 높게 나타났고, 저온(9°C)에서 가장 적게 나타났다. 경도의 변화를 보면 저장 초기 1.08kg이었다가 저장 15일째 상온(20°C)은 0.45kg, 유통온도(10°C→15°C→9°C)는 0.56kg으로 저장 중 저온(9°C)에서 경도는 0.64kg으로 감소변화가 적었다.(그림 10).

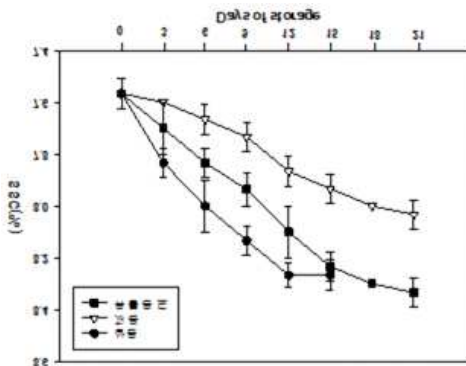


그림 3. 유통 중 설정온도에 따른 당도 및 유기산 변화

방울토마토 상온(20℃)의 SSC함량은 저장초기에 7.99%, 저장 6일째 7.98% 저장 12일째 8.24%로 저장 중 증가하였다. 반면 저온(9℃)에서는 저장 6일째 7.68%, 저장 21일째에는 8.0%로 저장 중 SSC 함량의 변화가 가장 적었다(그림 3).

유기산(tartartic acid)은 저장기간 중 감소하는 경향이 나타났다(그림 3). 상온(20℃)의 경우 저장초기 0.428%에서 저장 15일째 0.387%로 감소되고, 저온(9℃)에서는 0.41%로 상온보다 유기산의 감소가 적게 나타났다.

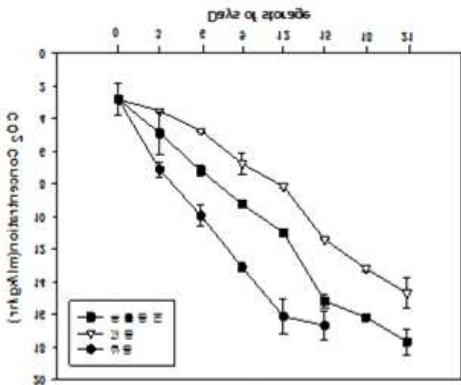


그림 4. 유통 중 설정 온도에 따른 호흡률 및 에틸렌 발생 변화

방울토마토 ‘꼬꼬’의 호흡률을 조사한 결과 저장 9일째 모든 처리구에서 호흡률이 급증하였고, 상온(20℃)의 경우 감소하는 경향이 나타났으며, 유통온도(10℃→ 15℃→9℃)와 저온(9℃)에서는 증가하는 경향을 보였다. 상온(20℃)은 저장 기간이 지날수록 호흡률의 증가가 다른 처리구에 비해 크게 나타났고, 저온(9℃)에서 호흡률이 적게 나타났다(그림 4).

유통 중 설정온도에 따른 에틸렌 발생량을 조사한 결과 상온(20℃) 저장한 과실에서 에틸렌 발생이 저장 12일째 다른 처리에 비하여 가장 높게 측정되었고, 저온(9℃) 저장한 처리에서 가장 낮게 조사되어 호흡률 조사에서와 같은 결과였다. 방울토마토의 수출 시 유통환경은 항온상태인 저온으로 수송하는 것이 가장 효과적이나 산업체에서의 작형 별 수출환경(온도, 습도)을 고려할 때, 유통온도(10℃→ 15℃→9℃) 조건을 개선하는 방식으로 방울토마토의 유통품질을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

저장 21일째 방울토마토 ‘꼬꼬’의 부패율 및 열과발생에 따른 상품성을 조사한 결과 표 1에서 보는 바와 같이, 상온(20℃)의 경우 저장 21일째 부패율 및 열과발생률이 가장 높은 것으로 조사되어 상품성을 거의 상실되었으며, 저온(9℃)의 경우 부패율과 열과발생이 가장 적어 상품성 유지에 효과적인 것은 저온(9℃)으로 판명되었다.



그림 5. 일반 토마토의 수확 전·후의 성숙도

표 1. 저장 21일째 방울토마토 '꼬꼬'의 설정온도 처리에 따른 부패율 및 상품성 변화

Storage conditions	Quality attributes		
	decay(%)	cracking(%)	marketability ^z
상온	9.8± 0.08 ^y	8.8± 0.05	1.0± 0.11
저온	1.8± 0.01	1.2± 0.03	3.6± 0.04
유통온도	5.1± 0.03	3.4± 0.06	2.9± 0.05

^zMarketability: 5=very good, 4=good, 3=moderate, 2=poor, 1=very poor.

^yMeans±standard deviation



그림 6. 방울토마토의 수출모의기간(9일)에 따른 유통온도 조성

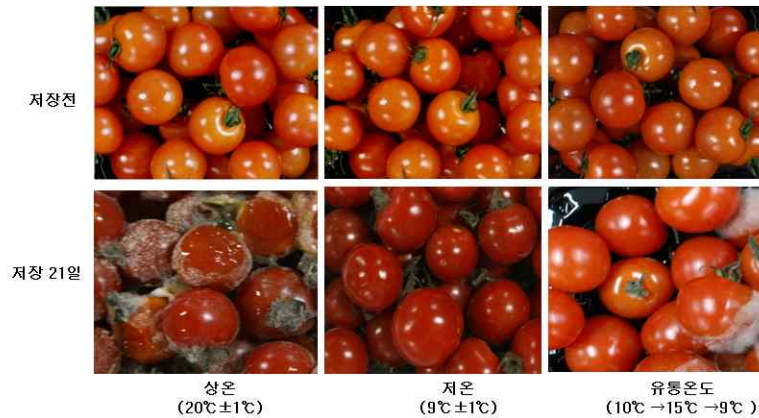


그림 7. 방울토마토의 수출모의기간(21일)에 따른 유통온도 조성

(나) 숙기별 설정온도 연구

방울토마토 '꼬꼬'의 저장기간 중 적숙기와 녹숙기의 온도설정에 따른 생체중 변화를 조사한 결과 그림 13에서 보는 바와 같이, 적숙기의 경우 상온(20°C)에서 저장 15일째 생체중 감량이 11.8%로 가장 높게 나타나 상품성의 가치를 상실한 것으로 판단되었다. 반면 저온에서(9°C→5°C) 저장 21일째 생체중 감량이 3.8%로 가장 적었다. 녹숙기의 경우 저장 중 상온(20°C)에서 다른 처리에 비해 저장 21일째 생체중 감량이 9.8%였고, 저온의 경우 4.8%로 생체중 감량이 가장 적은 것으로 나타났다.

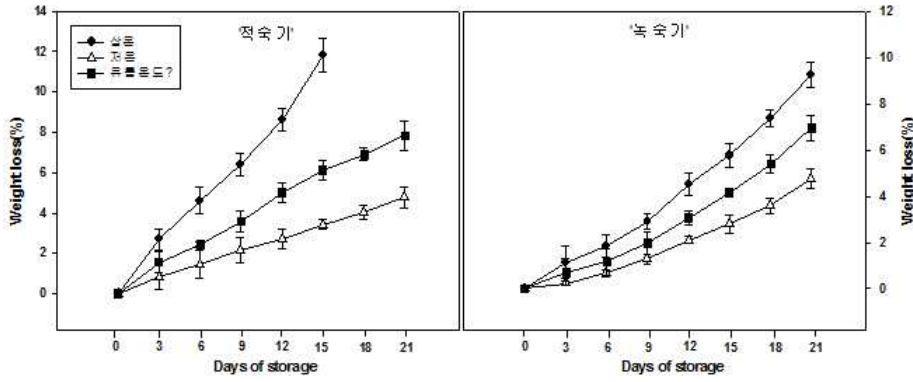


그림 8. 방울토마토 ‘꼬꼬’ 품종의 적숙기와 녹숙기의 생체중 변화

온도 설정에 따른 저장 시 방울토마토 ‘꼬꼬’의 적숙기와 녹숙기의 경도 변화를 조사한 결과, 상온(20℃)에 저장한 방울토마토에서 경도가 크게 감소하였고, 적숙기와 녹숙기의 저온(9℃→5℃)과 유통온도(15℃→10℃) 조건 중 저장 중 항온상태인 저온에서 경도가 적게 감소하였다(그림. 9).

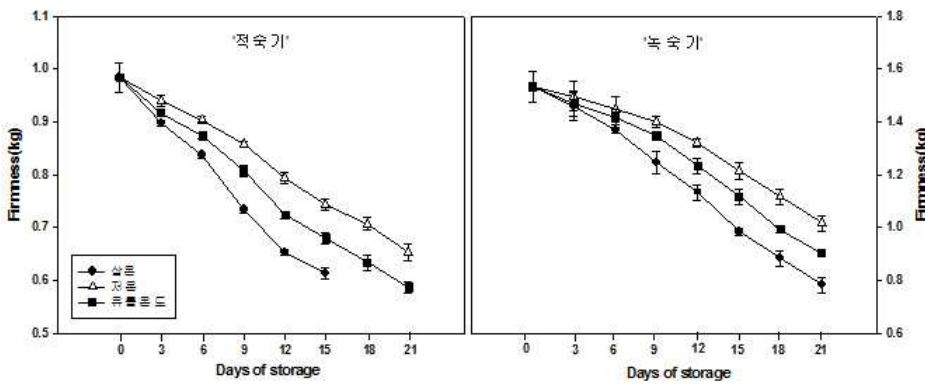


그림 9. 방울토마토 ‘꼬꼬’ 품종의 적숙기와 녹숙기 경도(kg) 변화

적숙기와 녹숙기의 방울토마토 당도의 변화로는 저장 기간 중 저온(9℃→5℃)과 유통온도(15℃→10℃)보다 상온(20℃)에서 당도의 함량이 크게 증가되었고(그림 10), 저온(9℃→5℃)에서 가장 적게 증가하였다. 유기산의 경우 적숙기와 녹숙기에서 저온(9℃→5℃) 저장한 방울토마토는 상온(20℃)과 유통온도(15℃→10℃) 저장보다 유기산 함량 감소가 가장 적었다(그림 11).

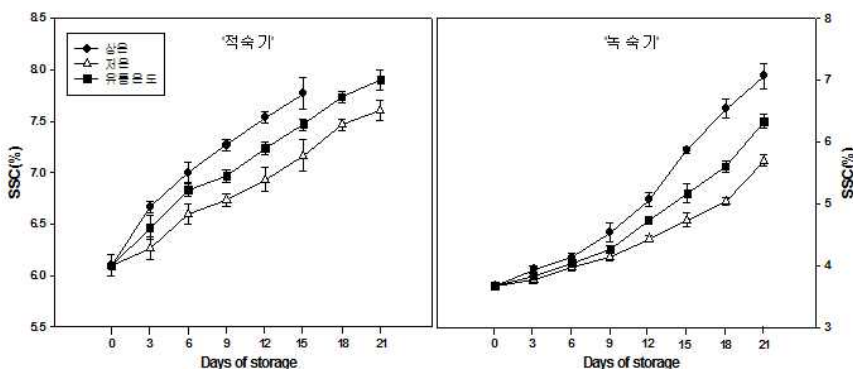


그림 10. 방울토마토 ‘꼬꼬’ 품종의 적숙기와 녹숙기 당도(%) 변화

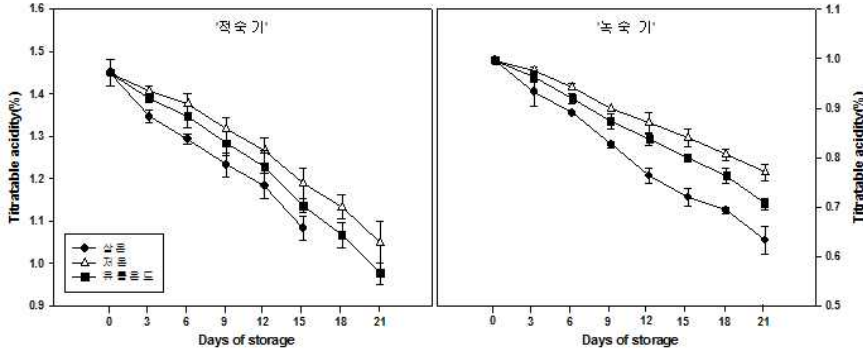


그림 11. 방울토마토 ‘꼬꼬’ 품종의 적숙기와 녹숙기 유기산(%) 변화

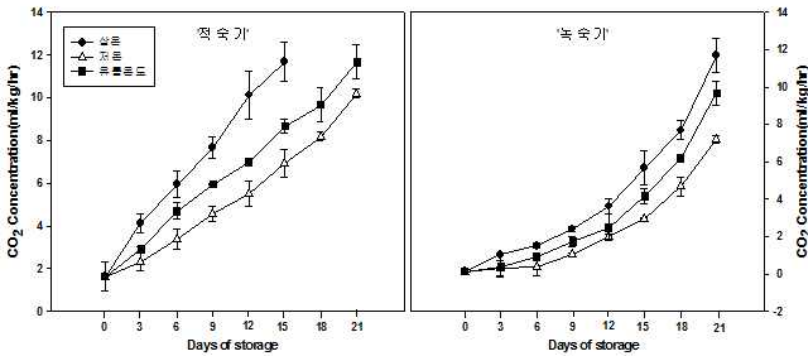


그림 12. 방울토마토 ‘꼬꼬’ 품종의 적숙기와 녹숙기 호흡량(%) 변화

방울토마토 ‘꼬꼬’의 적숙기와 녹숙기의 호흡량을 조사한 결과 적숙기 상온(20℃)에서는 저장 초기에 비해 저장 중 증가하는 경향이 나타났는데 저장 9일째 호흡량이 급증하였다. 저온(9℃→5℃)저장의 경우 호흡률이 저장 중 증가하였지만 다른 처리구에 비해 호흡량이 적게 나타났다. 반면 녹숙기의 경우 저장 초기보다 저장 9일째를 시점으로 서서히 호흡량이 증가하였다.

상온(20℃)의 경우 다른 처리구에 비해 저장 21일째까지 호흡량의 증가가 가장 많았으며, 저온(9℃→5℃)에서 호흡률이 적게 나타났다(그림 12).

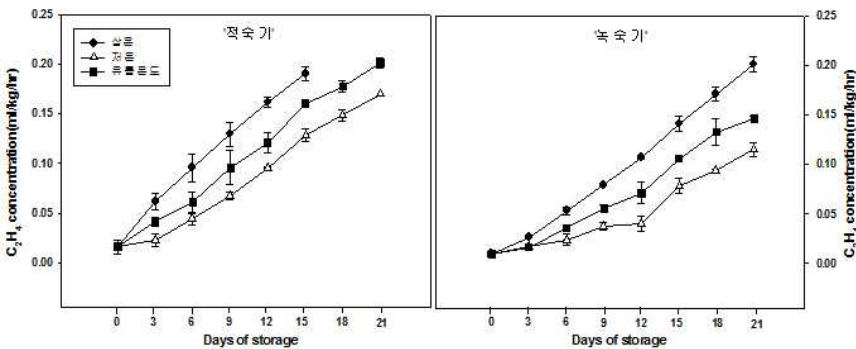


그림 13. 방울토마토 ‘꼬꼬’ 품종의 적숙기와 녹숙기 에틸렌 (mg/kg/hr) 변화

유통 중 설정온도에 따른 숙기별 에틸렌 발생량을 조사한 결과 적숙기와 녹숙기에서 상온(20℃)에 저장한 과실에서 에틸렌 발생이 저장 중 다른 처리구에 비해 가장 높게 측정되었고, 저온(9℃→5℃) 저장한 처리에서 가장 낮게 조사되었다(그림 13).

적숙기 방울토마토 ‘꼬꼬’의 부패율 및 열과발생에 따른 상품성을 조사한 결과 표 2에서

보는 바와 같이, 상온(20℃)의 경우 저장 15일째 부패율 및 열과발생률이 가장 높아 상품성이 상실되었다. 저온(9℃→5℃)에서는 저장 중 부패율발생과 열과발생률이 적은 것으로 보아 상품성 유지에 효과적인 것으로 판명되었다. 녹숙기에서도 방울토마토 ‘꼬꼬’의 상품성을 조사한 결과 상온(20℃)에서 저장 21일째 부패율과 열과발생률이 다른 처리에 비해 가장 높게 나타난 낮고 이 결과로 상품성이 상실되었다. 여러 유통조건 중 저온(9℃→5℃)으로 수송할 경우가 방울토마토의 상품성 유지에 가장 효과적인 것으로 판명되었다. 이 결과로 수출 시 유통환경은 저온으로 수송하는 것이 가장 효과적이며, 토마토의 숙기로는 적숙기보다 녹숙기에 상품성 유지에 효과적이었다. 또한 수출환경을 고려하였을 경우 유통온도(15℃→10℃) 조건의 방식으로도 품질을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

표 2. 적숙기 방울토마토 ‘꼬꼬’의 설정온도 처리에 따른 저장 15일째 부패율 및 상품성 변화

Storage conditions	Quality attributes		
	decay(%)	cracking(%)	marketability ^z
상온	7.8± 0.05 ^y	6.2± 0.05	2.0± 0.10
저온	0.8± 0.05	1.0± 0.02	3.4± 0.07
유통온도	2.6± 0.01	2.5± 0.02	3.0± 0.08

^zMarketability: 5=very good, 4=good, 3=moderate, 2=poor, 1=very poor.

^yMeans±standard deviation



그림 14. 적숙기 방울토마토에 따른 유통온도 조성

표 3. 녹숙기 방울토마토 ‘꼬꼬’의 설정온도 처리에 따른 저장 21일째 부패율 및 상품성 변화

Storage conditions	Quality attributes		
	decay(%)	cracking(%)	marketability ^z
상온	5.4± 0.02 ^y	4.2± 0.01	2.4± 0.01
저온	0.5± 0.05	0.5± 0.02	3.9± 0.01
유통온도	1.0± 0.06	1.2± 0.01	3.2± 0.01

^zMarketability: 5=very good, 4=good, 3=moderate, 2=poor, 1=very poor.

^yMeans±standard deviation



그림 15. 녹숙기 방울토마토에 따른 유통온도 조성

(3) 국내·외 유통 중 품질관리 현황 분석(국내·국외 유통라인의 분석)

선진국 유통의 경우 장거리 선박수송에서는 신선 농산물을 대상으로 거의 대부분 저온 컨테이너를 이용한 수송이 이루어지고 있고, 육로수송인 경우 냉장차의 보급이 보편화되어 있다. 고품질 유지를 위하여 국내산 토마토의 동남아 지역으로 수출할 경우에서도 저온시스템의 필요성이 크게 증대되고 있는 실정이다. 대부분의 수송용 저온컨테이너에서는 온도 조절은 세밀하게 가능하지만 습도조절은 되지 않으므로 팻릿 단위로 PE필름으로 포장하여 90% 이상의 높은 상대습도를 유지하는 것이 필요하며 또한 필요에 따라 팻릿단위 가스주입을 통한 active MA 기술 적용도 고려해야 할 시점이다.

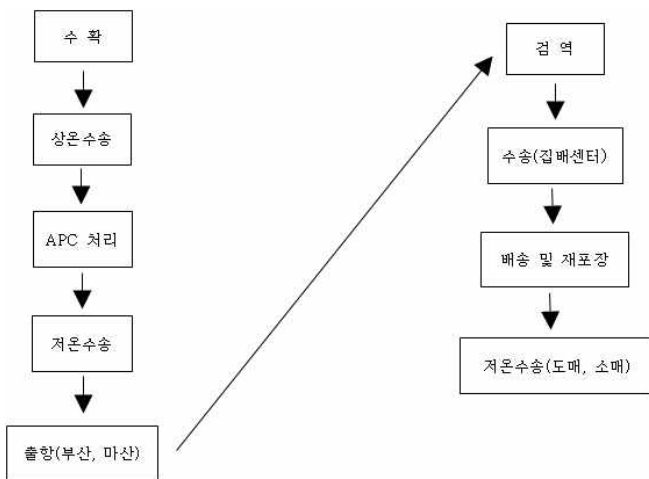


그림 16. 토마토의 수출과정(한국)

2. 수출현장에서의 종합적인 품질관리시스템연구

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2010. 01. 19

나. 연구방법.

(1) 수출현장에서 발생하는 문제점 해결 연구

(가) 수송기간에 따른 품종별 수확 후 특성 연구

(나) 수출시기별 수송기간에 따른 컨테이너 내 적정 조건 설정 연구

(다) 품종별 수출 현장에서 적용되는 수송방식의 문제점 연구: 대동농협, (주) 팜슨, 지역별 농

가 및 산지유통센터의 수확 후 작업과정인 예냉, 선별, 포장작업 등을 조사.

- 공시재료: 방울토마토(꼬꼬)
- 수확지 및 수확시기: 방울토마토: 2010년 05월 04일 경남 함안에서 수확하여 당일 실험 수행함.
- 실험방법
 - 수송기간에 따른 수확 후 특성 연구: 상온(20℃), 저온(10℃), 유통온도(20℃→10℃)
 - 컨테이너 내 적정 조건 설정 연구: 상온(20℃), 저온(5℃), 유통온도(20℃→15℃→5℃)
 - 저장기간: 25일 동안 저장함.

(2) 수출 품질향상을 위한 연구

(가) 품종 및 숙기별 수출시 적용되는 최적 예냉 조건 연구

- 대조구: 수확 후 상온에서 6시간 보관 후 저온 저장함
- 처리구: 수확직후 강제통풍 식으로 예냉 후 바로 저온저장 함

(나) 에틸렌 제어기술 연구

- 공시재료: 일반토마토(모모다로우)
- 수확지 및 수확시기: 2010년 08월 03일 강원도에서 수확하여 당일 실험 수행함.
- 실험방법
 - 최적 예냉 조건 연구
 - 에틸렌 제어기술 연구: $50\mu\text{l}^{-1}$, $100\mu\text{l}^{-1}$, $150\mu\text{l}^{-1}$ 1-methylcyclopropene(1-MCP)를 상온(20℃)에서 15시간 동안 밀봉한 뒤 처리하였다. 저장조건은 온도 10℃와 상대습도 90~95%에서 30일 동안 저장하였음

나. 연구결과 및 고찰

(1) 수송기간에 따른 수확 후 특성 연구

방울토마토 '꼬꼬'의 저장기간 중 온도설정에 따른 생체중 및 경도의 변화를 조사한 결과 그림 1에서 보는 바와 같이 상온(20℃)에서 저장 12일째 생체중 감량이 11.8%로 가장 높게 나타났고, 저온(10℃)에서 가장 적게 나타났다. 경도의 변화를 보면 저장 초기 1.08kg이었던다가 저장 15일째 상온(20℃)은 0.45kg, 유통온도(20℃→10℃)는 0.56kg으로 저장 중 저온(10℃)에서 경도는 0.64kg으로 감소변화가 적었다.

방울토마토 상온(20℃)의 SSC함량은 저장초기에 7.99%, 저장 6일째 7.98% 저장 12일째 8.24%로 저장 중 증가하였다. 반면 저온(10℃)에서는 저장 6일째 7.68%, 저장 21일째에는 8.0%로 저장 중 SSC 함량의 변화가 가장 적었다(그림 17)

유기산(tartartic acid)은 저장기간 중 감소하는 경향이 나타났다. 상온(20℃)의 경우 저장초기 0.428%에서 저장 15일째 0.387%로 감소되고, 저온(10℃)에서는 0.41%로 상온보다 유기산의 감소가 적게 나타났다.

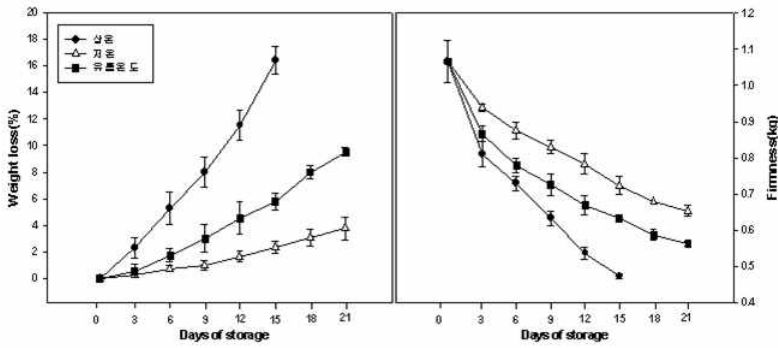


그림 17. 유통 중 설정온도에 따른 생체중 감량 및 경도변화

방울토마토 ‘꼬꼬’의 저장기간 중 온도설정에 따른 생체중 및 경도의 변화를 조사한 결과 그림 1에서 보는 바와 같이 상온(20°C)에서 저장 12일째 생체중 감량이 11.8%로 가장 높게 나타났고, 저온(10°C)에서 가장 적게 나타났다. 경도의 변화를 보면 저장 초기 1.08kg이었던다가 저장 15일째 상온(20°C)은 0.45kg, 유통온도(20°C→ 10°C)는 0.56kg으로 저장 중 저온(10°C)에서 경도는 0.64kg으로 감소변화가 적었다.

방울토마토 상온(20°C)의 SSC함량은 저장초기에 7.99%, 저장 6일째 7.98% 저장 12일째 8.24%로 저장 중 증가하였다. 반면 저온(10°C)에서는 저장 6일째 7.68%, 저장 21일째에는 8.0%로 저장 중 SSC 함량의 변화가 가장 적었다(그림 18).

유기산(tartartic acid)은 저장기간 중 감소하는 경향이 나타났다. 상온(20°C)의 경우 저장초기 0.428%에서 저장 15일째 0.387%로 감소되고, 저온(10°C)에서는 0.41%로 상온보다 유기산의 감소가 적게 나타났다.

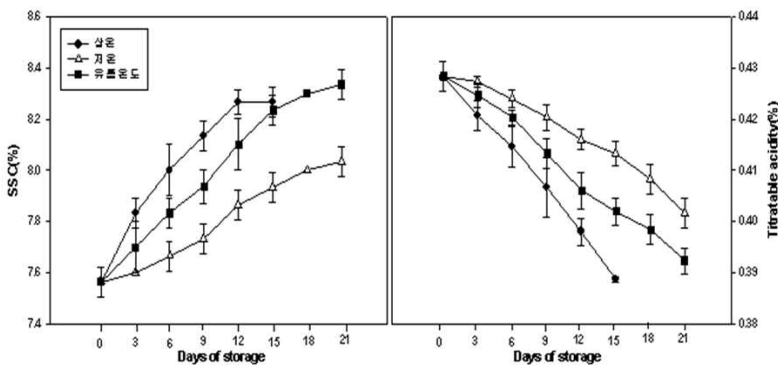


그림 18. 유통 중 설정온도에 따른 당도 및 유기산 변화

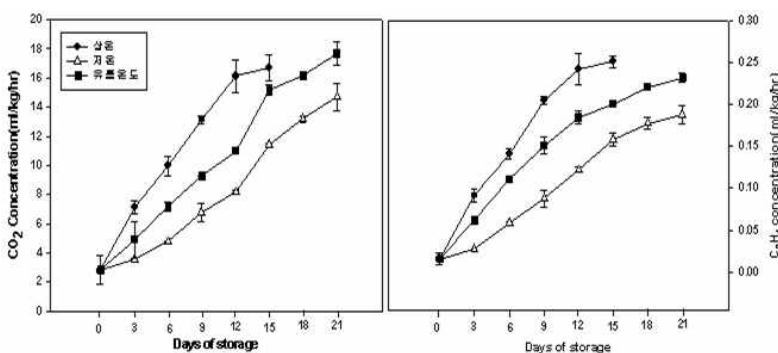


그림 19. 유통 중 설정온도에 따른 호흡율 및 에틸렌 발생 변화

방울토마토 ‘꼬꼬’의 호흡률을 조사한 결과 저장 9일째 모든 처리구에서 호흡률이 급증하였

고, 상온(20℃)의 경우 감소하는 경향이 나타났으며, 유통온도(20℃→ 10℃)와 저온(10℃)에서는 증가하는 경향을 보였다. 상온(20℃)은 저장 기간이 지날수록 호흡률의 증가가 다른 처리구에 비해 크게 나타났고, 저온(10℃)에서 호흡률이 적게 나타났다(그림 19).

유통 중 설정온도에 따른 에틸렌 발생량을 조사한 결과 상온(20℃) 저장한 과실에서 에틸렌 발생이 저장 12일째 다른 처리에 비하여 가장 높게 측정되었고, 저온(10℃) 저장한 처리에서 가장 낮게 조사되어 호흡률 조사에서와 같은 결과였다.

저장 21일째 방울토마토 ‘꼬꼬’의 부패율 및 열과발생에 따른 상품성을 조사한 결과 표 1에서 보는 바와 같이, 상온(20℃)의 경우 저장 21일째 부패율 및 열과발생률이 가장 높은 것으로 조사되어 상품성을 거의 상실되었으며, 저온(10℃)의 경우 부패율과 열과발생이 가장 적어 상품성 유지에 효과적인 것은 저온(10℃)으로 판명되었다.

표 4. 저장 21일째 방울토마토 ‘꼬꼬’의 설정온도 처리에 따른 부패율 및 상품성 변화

Storage conditions	Quality attributes		
	decay(%)	cracking(%)	marketability ^z
상온	9.8± 0.08 ^y	8.8± 0.05	1.0± 0.11
저온	2.0± 0.01	1.5± 0.03	3.8± 0.01
유통온도	5.1± 0.03	3.4± 0.06	3.0± 0.01

zMarketability: 5=very good, 4=good, 3=moderate, 2=poor, 1=very poor.
yMeans±standard deviation

저장 21일



그림 20. 수송기간에 따른 수확 후 특성 연구

(2) 컨테이너 내 적정 조건 설정 연구

방울토마토 ‘꼬꼬’의 저장기간 중 생체중 변화를 조사한 결과 그림 21에서 보는 바와 같이, 4 상온(20℃)에서 저장 15일째 생체중 감량이 11.8%로 가장 높게 나타나 상품성의 가치를 상실한 것으로 판단되었다. 반면 저온에서(5℃) 저장 21일째 생체중 감량이 3.8%로 가장 적었다.

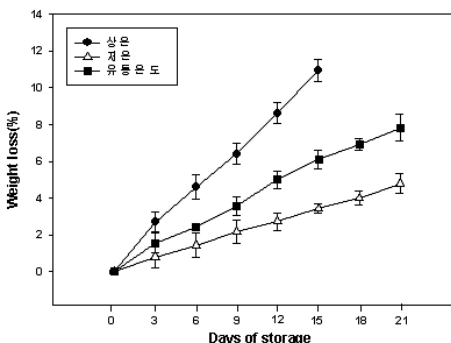


그림 21. 방울토마토 ‘꼬꼬’ 품종의 생체중 변화

방울토마토 ‘꼬꼬’의 경도 변화를 조사한 결과, 상온(20℃)에 저장한 방울토마토에서 경도

가 크게 감소하였고, 저온(5℃)과 유통온도(20℃→15℃→5℃) 조건 중 저장 중 항온상태인 저온에서 경도가 적게 감소하였다(그림. 22).

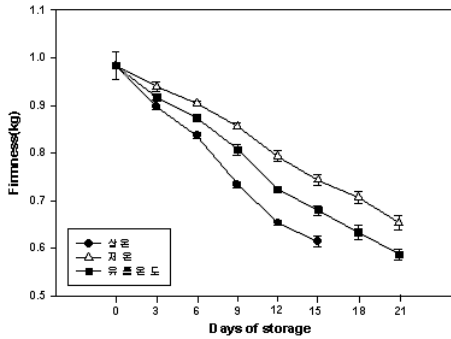


그림 22. 방울토마토 ‘꼬꼬’ 품종의 경도 (kg) 변화

당도의 변화로는 저장 기간 중 저온(5℃)과 유통온도(20℃→15℃→5℃)보다 상온(20℃)에서 당도의 함량이 크게 증가되었고(그림 23), 저온(5℃)에서 가장 적게 증가하였다. 유기산의 경우 저온(5℃) 저장한 방울토마토는 상온(20℃)과 유통온도(20℃→15℃→5℃) 저장보다 유기산 함량 감소가 가장 적었다(그림 24).

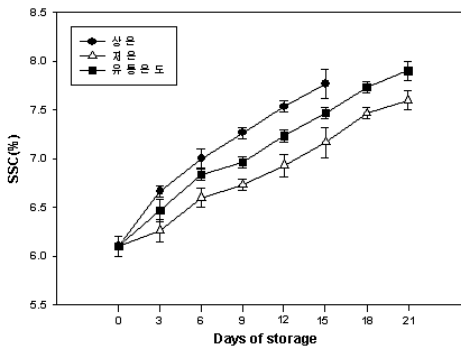


그림 23. 방울토마토 ‘꼬꼬’ 품종의 당도(%) 변화

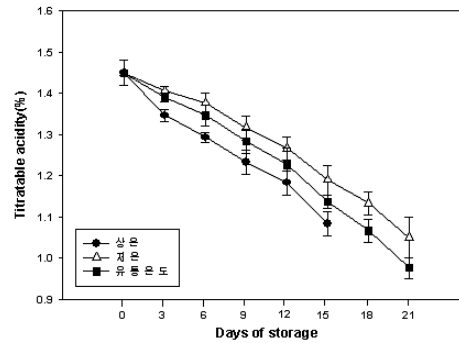


그림 24 방울토마토 ‘꼬꼬’ 품종의 유기산(%) 변화

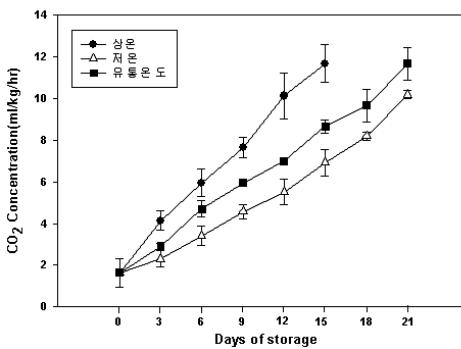


그림 25. 방울토마토 ‘꼬꼬’ 품종의 호흡량(%) 변화

방울토마토 ‘꼬꼬’의 호흡량을 조사한 결과 적숙기 상온(20℃)에서는 저장 초기에 비해 저장 중 증가하는 경향이 나타났는데 저장 9일째 호흡량이 급증하였다. 저온(5℃)저장의 경우 호흡률이 저장 중 증가하였지만 다른 처리구에 비해 호흡량이 적게 나타났다.

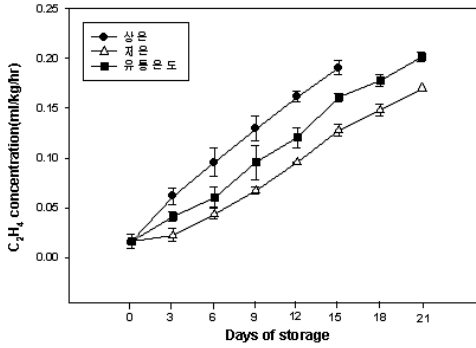


그림 26. 방울토마토 '꼬꼬' 품종의 에틸렌(mg/kg/hr) 변화

에틸렌 발생량을 조사한 결과 상온(20°C)에 저장한 과실에서 에틸렌 발생이 저장 중 다른 처리구에 비해 가장 높게 측정되었고, 저온(5°C) 저장한 처리에서 가장 낮게 조사되었다(그림 26).

부패율 및 열과발생에 따른 상품성을 조사한 결과 표 2에서 보는 바와 같이, 상온(20°C)의 경우 저장 20일째 부패율 및 열과발생률이 가장 높아 상품성이 상실되었다. 저온(5°C)에서는 저장 중 부패 및 열과발생률이 적은 것으로 보아 상품성 유지에 효과적인 것으로 판명되었다.

이 결과로 수출 시 유통환경은 저온으로 수송하는 것이 가장 효과적이며, 수출환경을 고려하였을 경우 유통온도(20°C→15°C→5°C) 조건의 방식으로도 품질을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

표 5. 방울토마토 '꼬꼬'의 설정온도 처리에 따른 저장 20일째 부패율 및 상품성 변화

Storage conditions	Quality attributes		
	decay(%)	cracking(%)	marketability ^z
상온	8.8± 0.05 ^y	6.9± 0.05	2.0± 0.10
저온	1.3± 0.05	1.1± 0.02	3.5± 0.07
유통온도	2.7± 0.01	2.8± 0.02	2.9± 0.08

^zMarketability: 5=very good, 4=good, 3=moderate, 2=poor, 1=very poor.

^yMeans±standard deviation

(3) 품종별 수출 현장에서 적용되는 수송방식의 문제점 연구

토마토의 선별 및 포장작업에서의 자동화 시스템의 부족과 선별장에서의 실내온도 설정유지가 미흡하고, 토마토 산지에서는 전날 수확한 뒤 다음 날 산지유통센터에 반입해야한다. 농가별로 보관 시에는 외부의 서늘한 공기가 자주 유입될 수 있는 장소를 선택해야 하며, 산지유통센터 구축 시 토마토의 고품질유지를 위하여 수확 후 예냉을 하는 것이 좋은 것으로 나타났다. 예냉 후 선별 및 포장작업 시 작업장 내 일정한 온도(10-15°C) 관리가 중요하고 토마토의 수확 시 저장용은 약 50% 착색한 과실을 수확하여 10-12°C로 예냉하면 7-10일 저장이 가능하다. 또한 출하용은 50-70% 정도 착색한 과실을 수확하여 4 ± 1°C로 예냉하는 것이 좋다. 하지만 장기저장 및 저온수송에 따른 저온장해가 많이 발생하고 있어서 소비지에 후숙이 안 되는 등 현재 저온장해 억제에 따른 연구가 시급한 시점이다.

수확 후 선별 및 포장작업에서 실온 온도설정의 부주의로 인한 품질의 저하가 발생한다.

수송경로는 현재 냉장 탑차에 의한 작물의 운반은 크게 미흡하고, 운반 시에도 고단으로 적재하여 운송함으로써 발열과 함께 진동, 압축, 충격 및 마찰에 의한 품질손상이 많이 발생하고 있다. 이에 따라 예냉 시설과 함께 냉장 탑차의 보급의 확대가 필요하다.

대부분 저온 컨테이너를 이용한 수송이 이루어지고 있고, 육로수송인 경우 냉장차의 보급이 보편화되어 있다. 고품질 유지를 위하여 국내산 토마토의 동남아 지역으로 수출할 경우에서도 저온시스템의 필요성이 크게 증대되고 있는 실정이다. 대부분의 수송용 저온컨테이너에서는 온도조절은 세밀하게 가능하지만 습도조절은 되지 않으므로 펠릿 단위로 PE필름으로 포장하여 90% 이상의 높은 상대습도를 유지하는 것이 필요하며 또한 필요에 따라 펠릿단위 가스주입을 통한 active MA 기술 적용도 고려해야 할 시점이다.

(4) 최적 예냉 조건 연구

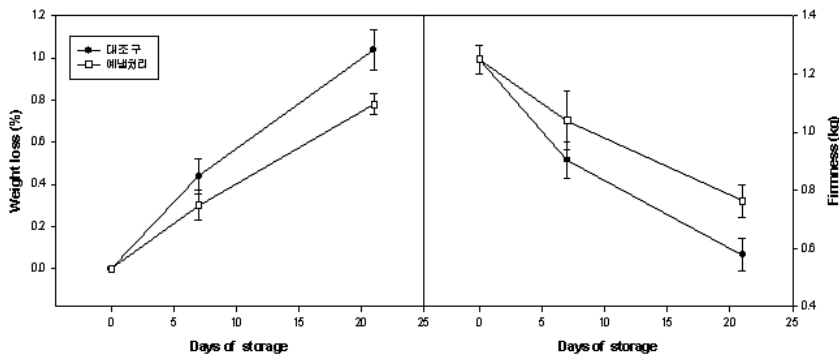


그림 27. 예냉 처리에 따른 저장기간 중 생체중 및 경도변화

저장기간 중 예냉처리에 따른 생체중 변화를 조사한 결과 그림 1에서와 보는 바와 같이 저장기간(7, 21일) 중 대조구는 4~5%를 나타낸 반면 예냉처리구는 2~3% 정도 감소되어 대조구에 보다 적게 나타났다.

경도의 변화를 보면 대조구는 저장 초기 1.25kg이었다가 저장 7일째 0.95kg, 저장 21일째 0.55kg로 감소하였다. 예냉처리구에서도 경도가 1.25kg에서 저장 21일째 0.75kg으로 감소되었지만 대조구에 비하여 경도의 감소변화가 적었다(그림27).

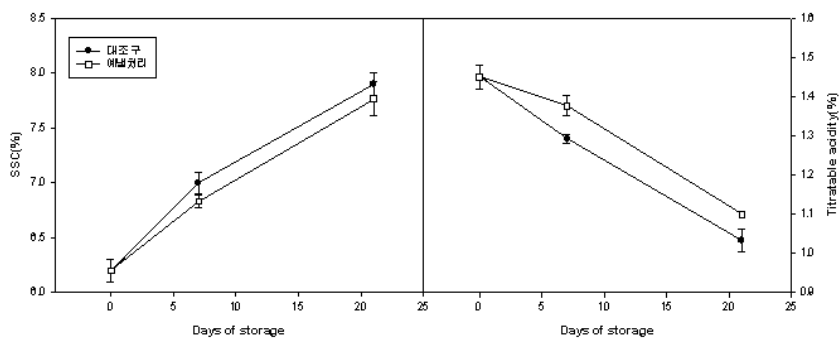


그림 28. 예냉처리에 따른 저장기간 중 SSC 및 유기산의 변화

대조구의 SSC는 저장초기에 비해 저장 7일째, 21일째 점차적으로 증가하였다. 반면 예냉처리구는 저장 21일째까지 저장 중 SSC의 변화가 가장 적었다. 토마토의 유기산은 저장기간 중 감소하는 경향이 나타나났다. 대조구의 경우 저장초기보다 저장 중 감소되고 있으며, 예냉처리구에서도 마찬가지로 저장기간 중 대조구보다 유기산의 감소 크게 나타났다(그림 28).

표 6. 토마토의 강제통풍 예냉 시 수확후 품온변화

처리시간(h)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
품목												
토마토	31.9	24.7	20.4	19.5	17.6	15.4	12.9	11.9	10.2	8.6	5.4	3.7

예냉처리 실험의 결과, 수확 직후 예냉처리하는 것이 상품성 유지에 좋은 것으로 나타났었다. 수확 후 품온 측정 시 30℃의 고온이었으며, 예냉 처리 시간이 지날수록 토마토의 품온은 2시간 경과 후 17.5℃ 그리고 5시간 경과 후 5.4℃로 측정되었다. 대략적으로 비닐하우스에서 수확한 토마토를 강제통풍방식으로 예냉처리 시 품온이 5℃까지 떨어지는데 걸리는 시간은 5~5.5시간 정도 소요가 되었으며, 예냉처리 한 토마토의 경우 품질이 좋은 것으로 관찰되었다.

(5) 에틸렌 제어기술 연구

수확한 토마토의 1-MCP 처리에 따른 생체중 변화는 저장기간이 지날수록 감소하였다. 대조구는 저장 초기에 비하여 저장 30일째 6.5~7.5% 정도 감소하였다. 1-MCP처리에서는 100 $\mu\text{l l}^{-1}$ 에서 생체중 감소가 2%로 가장 적게 나타났다(그림 29). 대조구는 저장 후 30일 이전에 상품성을 상실한 것으로 판단되었다.

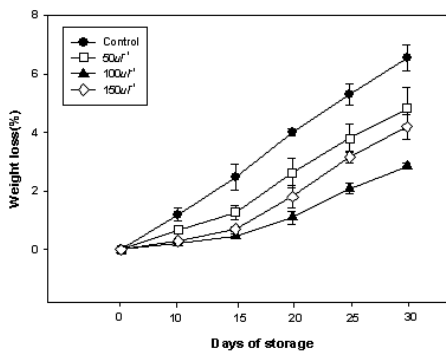


그림 29. 1-MCP처리에 따른 토마토의 생체중 변화

경도는 저장기간 중 토마토의 품질과 시장성을 나타내는 가장 중요한 물리적 특성이며 이 지표는 생체중의 변화와 밀접한 연관성을 가지고 있다.

경도 감소는 저장기간이 지날수록 대조구에서 낮은 경도값을 보였으며, 1-MCP 처리 중에서는 100 $\mu\text{l l}^{-1}$ 에서 과실의 저장 중 경도 감소에 미치는 영향은 낮게 나타났다(그림 17). 이는 생체중 감량의 영향과 저장 중 과실이 성숙에 따른 과피의 연화로 인해 경도의 감소가 나타나는 것으로 판명된다.

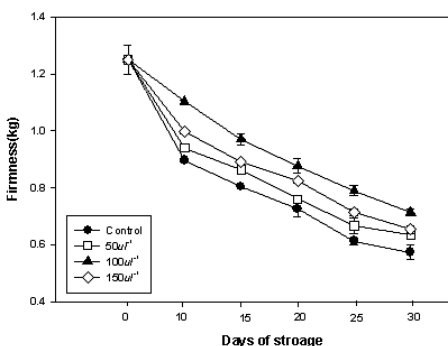


그림 30. 1-MCP처리에 따른 토마토의 경도 변화

수확한 토마토의 당도는 저장기간 중 대조구에서 높은 것으로 나타났고, 1-MCP처리별 과실의 저장 중 당도에 미치는 영향은 대조구에 비해 낮은 것으로 나타났지만 처리구 중 $100\mu\text{l}^{-1}$ 처리에서 가장 적게 증가되었다(그림 31).

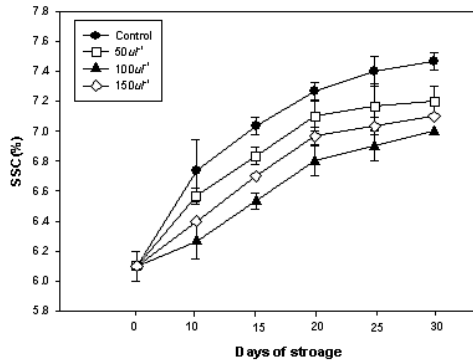


그림 31. 1-MCP처리에 따른 토마토의 당도 변화

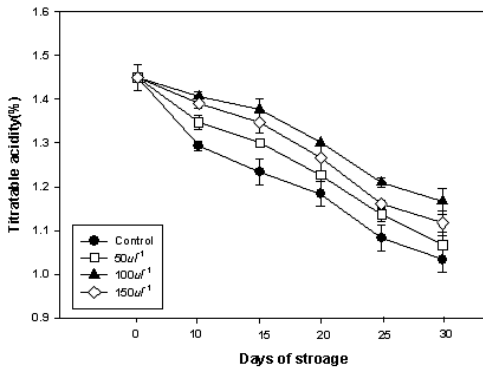


그림 32. 1-MCP처리에 따른 토마토의 유기산 변화

대조구에서 다른 처리구에 비해 감소량이 컸다(그림 32). 반면 1-MCP처리구 중에서는 $50\mu\text{l}^{-1} > 150\mu\text{l}^{-1} > 100\mu\text{l}^{-1}$ 순으로 산도의 감소량이 적었다.

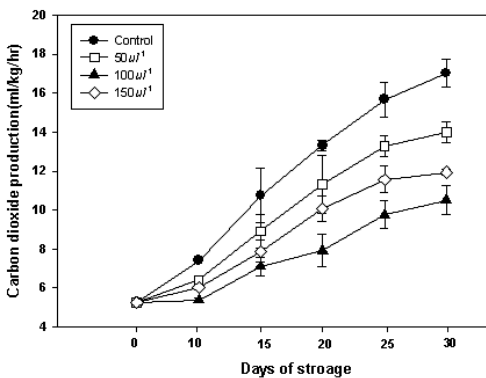


그림 33. 1-MCP처리에 따른 토마토의 호흡률 변화

호흡률을 조사한 결과, 저장기간이 지남에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 대조구에서 처리구의 포도에 비해 급격히 증가하였고 특히 저장 56일째에 최대치를 나타내었다(그림 33). 1-MCP 처리구 중에서는 $100\mu\text{l}^{-1}$ 에서 낮은 호흡률을 유지하였다. 본 연구에서 1-MCP처리도 포도의 호흡률 증가 억제에 매우 효과적이라는 결과를 보였다.

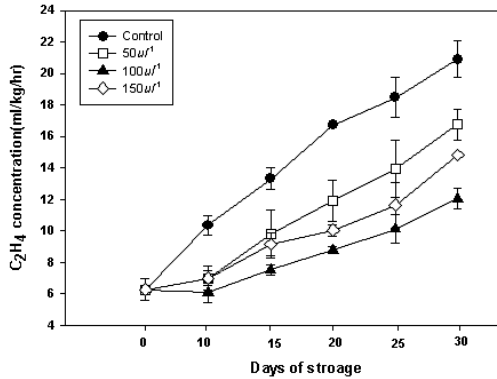


그림 34. 1-MCP처리에 따른 토마토의 에틸렌 발생량 변화

토마토의 에틸렌 발생량은 저장기간 중 대조구에서 가장 높은 것으로 나타났다. 1-MCP 처리에서는 100 μl^{-1} 가 낮은 것으로 나타났다(그림 34).

이상의 결과를 종합해 볼 때, 대조구에서 증산에 따른 수분손실에 의해 과실의 노화가 진행으로 에틸렌 발생량이 증가된 것으로 사료된다. 또한 1-MCP처리가 토마토의 저장 중 상품성유지에 효과적인 것으로 나타났다.

1-MCP처리구 중 100 μl^{-1} 에서 상품성이 가장 유지되는 것으로 판명되었다. 부패 및 열과 등 대조구에서 많이 발생되어 상품성을 상실한 반면, 1-MCP 100 μl^{-1} 처리가 상품성 유지에 매우 효과적이었다. 부패율의 증가는 수분손실로 기인한 위조현상과 더불어 상품성을 상실하는 결과를 가져왔다.

표 4. 1-MCP처리에 따른 토마토의 부패율 및 상품성 변화

Treatment	Quality attributes		
	decay(%)	cracking(%)	marketability ^z
Control	8.8± 0.05 ^y	6.2± 0.05	1.8± 0.10
50 μl^{-1}	5.6± 0.01	5.5± 0.02	2.5± 0.01
100 μl^{-1}	0.9± 0.05	1.2± 0.02	3.6± 0.01
150 μl^{-1}	2.4± 0.01	2.5± 0.02	3.1± 0.01

^zMarketability: 5=very good, 4=good, 3=moderate, 2=poor, 1=very poor.

^yMeans±standard deviation

<수출용 포장(재)기술 개발 및 상품화>

1. MAP(Modified Atmosphere Packaging) 기술 연구:

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

(1) MAP 포장재 적용 토마토 선도유지 평가

- 재료: (주)팜슨(논산, 충청남도)에서 2008년 11월 8일 구입한 송이토마토 ‘아모로스’ 품종을 가지고 선도유지 평가 실험을 수행하였다.

- MA포장재

(주)한진피엔씨(가산동, 서울)에서 OPP필름을 NPT(Nano-Printing Technique)방식으로 천공하여 산소투과율 2만, 4만, 6만으로 제작한 Micro-perforated film을 사용하였다. 산소투과 오차를 줄이기 위해서 인쇄된 OPP필름에 천공을 하여 제작 하였다. PP Tray에 송이토마토를 담은 뒤 기계라인으로 보내서 PP필름이 투입되어 자동 sealing 포장하였다.

- 저장조건

저장온도는 $16\pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 $44\pm 10\%$ 에서 9일간 저장하였다. 송이토마토 저장실험을 위해 적용된 포장재는 무포장된 대조구, 일반 다공 OPP필름, 및 산소투과율에 따라 천공 2만, 4만, 6만 OPP필름을 사용하였다.

- 품질평가 항목

송이토마토의 품질평가 항목으로 중량감소율, 색도변화, 가용성 고형분 함량변화, 경도변화, 라이코펜 함량변화, 외관부패율을 측정하였다. 측정은 3일 간격으로 9일 동안 측정하였으며 15회 반복실험 하였다.

▪ 중량감소율

중량 감소율은 디지털 전자 밸런스 (CAS, Model: MW-II)를 사용하여 송이토마토의 저장 초기의 중량에서 측정 시 중량을 뺀 저장 중의 감량을 백분율 (%)로 나타내었다.

▪ 색도변화

색도 변화는 색차계 (Model CR-100, Minolta Co., Japan)를 사용하여 색차계 광조사 부분에 밀착시켜 Hunter L값, Hunter a값, Hunter b값을 측정하였다.

▪ 경도변화

경도의 변화는 직경 5mm의 probe를 장착한 휴대용 경도계(Nippon Optical Works Co., LTD, Model FHR-5, Japan)를 사용하여 과피 내부 쪽으로 10mm 삽입할 때 나타나는 저항 값의 최댓값을 Kgf로 나타내었다.

▪ 가용성 고형분 함량 변화

가용성 고형분의 함량은 시료의 과육을 마쇄기로 마쇄한 후 마쇄액의 일부를 굴절 당도계 (Mater-M, Atago Co., Japan)로 측정하여 Brix로 나타내었다.

▪ 라이코펜 함량 변화

라이코펜 함량은 Nagata & Yamashita(1992)와 같은 방법으로 분석하였다. 추출물 100mg

에 hexane:acetone=6:4인 혼합용매를 10mL가하여 1분간 잘 섞어주고 Whatman No. 4 Filter paper로 여과한다. 흡광도 453, 505와 663nm를 측정하여 라이코펜 함량을 측정하였다.

$$\text{Lycopene (mg/100mL)} = -0.0458 \times A_{663} + 0.372 \times A_{505} - 0.0806 \times A_{453}$$

- 외관부패율 측정

각 저장구에 대한 외관품질 변화는 송이토마토의 외관상 변색 및 부패 등을 관찰한 후 5단계 평가 기준 (5=very good, 4=good, 3=fair, 2=poor, 1=very poor)으로 평가하였으며, 평가 기준의 3단계 까지 저장 수명의 한계성을 설정하여 그 이하는 상품성을 잃은 것으로 판정하였다. 또한 부패과 발생률 측정은 토마토 과피에 곰팡이가 발생 및 수침되면 부패과로 보았으며 조사된 시료에 대하여 부패과를 전체 시료에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

(2) 포장재 내 최적의 기체조성 형성 MA 천공필름 연구

- 재료

(주)팜슨(논산, 충청남도)에서 2009년 03월에 구입한 송이토마토 ‘아모로소’ 품종을 가지고 포장재 내 기체조성 측정 실험을 수행하였다. 송이토마토는 숙도 50%, 100%를 적용하여 실험에 사용하였다. 송이토마토는 줄기 채 수확이 이루어지기 때문에 줄기 내에 성숙 상태의 토마토가 50%가량 있는 것이 숙도 50% 송이토마토이다.

- MA포장재

(주)한진피엔씨(가산동, 서울)에서 제작한 Micro-perforated OPP film을 사용하였다. 산소투과 오차를 줄이기 위해서 인쇄된 OPP필름에 천공을 하여 제작한 필름을 사용하였다.

- 저장조건

송이토마토 적용 포장재는 일반 OPP필름, 일반 다공 OPP필름, 천공 5만 OPP필름, 천공 10만 OPP필름, 천공 20만 OPP필름, 천공 30만 OPP필름을 사용하였으며, 송이토마토 숙도 50%, 100%의 호흡률 측정을 위해 저장온도 5°C, 15°C, 35°C에서 7일간 저장하였다.

- 품질평가항목

송이토마토의 품질평가 항목으로 토마토 호흡률, 포장재 내 기체농도 측정, 중량감소율, 색도변화, 가용성 고형분 함량변화, 경도변화, 라이코펜 함량변화, 외관부패율을 측정하였다. 측정은 3일 간격으로 9일 동안 측정하였으며 15회 반복실험 하였다.

- 토마토 호흡률

1000mL 실험용 금속 밀폐용 덮개를 가진 유리용기(GS market, Korea)에 숙도 50%, 100%의 송이토마토를 넣은 후 덮개가 열린 상태에서 저장온도 5°C, 15°C, 35°C에 저장하여 12시간 간격으로 7일 동안 측정하였다. 12시간 간격으로 호흡률 측정 시, 각각의 저장온도에서의 토마토를 21°C의 상온조건으로 옮긴 뒤 용기 내에 건조 질소가스로 flushing시켜 주입구(Inlet port)를 가진 금속 뚜껑(Screw cap)을 사용하여 3시간 동안 밀봉하였다. 밀봉된 토마토의 호흡률 측정 시 뚜껑 가운데 주입구에 설치된 Septum을 통해 Headspace Analyser(PBI-Dansensor America Inc. check point,)를 사용하여 O₂, CO₂ 농도를 측정하였다.

- 포장재 내 기체농도 측정

Headspace Analyser(PBI-Dansensor America Inc. check point, USA)를 이용하여 송이토마토를 포장한 포장재 내의 O₂, CO₂ 농도를 12시간 간격으로 7일 동안 측정하였다.

- 중량감소율

중량 감소율은 디지털 전자 밸런스 (CAS, Model: MW-II)를 사용하여 토마토의 저장초기의 중량에서 측정 시 중량을 뺀 저장 중의 감량을 백분율 (%)로 나타내었다.

- 색도변화

토마토의 색도 변화는 색차계 (Model CR-100, Minolta Co., Japan)를 사용하여 색차계 광조사 부분에 밀착시켜 Hunter L값, Hunter a값, Hunter b값을 측정하였다.

- 경도변화

경도의 변화는 직경 5mm의 probe를 장착한 휴대용 경도계(Nippon Optical Works Co, LTD, Model FHR-5, Japan)를 사용하여 과피 내부 쪽으로 10mm 삽입할 때 나타나는 저항 값의 최댓값을 Kgf로 나타내었다.

- 가용성 고형분 함량 변화

가용성 고형분의 함량은 시료의 과육을 마쇄기로 마쇄한 후 마쇄액의 일부를 굴절 당도계 (Mater-M, Atago Co., Japan)로 측정하여 Brix로 나타내었다.

- 라이코펜 함량 변화

라이코펜 함량은 Nagata & Yamashita(1992)와 같은 방법으로 분석하였다. 추출물 100mg에 hexane:acetone=6:4인 혼합용매를 10mL가하여 1분간 잘 섞어주고 Whatman No. 4 Filter paper로 여과한다. 흡광도 453, 505와 663nm를 측정하여 라이코펜 함량을 측정하였다.

$$\text{Lycopene (mg/100mL)} = -0.0458 \times A_{663} + 0.372 \times A_{505} - 0.0806 \times A_{453}$$

- 외관부패율 측정

각 저장구에 대한 외관품질 변화는 토마토의 외관상 변색 및 부패 등을 관찰한 후 5 단계 평가 기준 (5=very good, 4=good, 3=fair, 2=poor, 1=very poor)으로 평가하였으며, 평가 기준의 3단계 까지 저장 수명의 한계성을 설정하여 그 이하는 상품성을 잃은 것으로 판정하였다. 또한 부패과 발생률 측정은 토마토 과피에 곰팡이가 발생 및 수침되면 부패과로 보았으며 조사된 시료에 대하여 부패과를 전체 시료에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

다 연구결과 및 고찰

(1) 서론

토마토를 저장한 MAP 필름에서는 토마토의 호흡과 외부 기체 투과도사이의 상관관계를 가져 포장재 내의 가스 조성을 평형에 도달하게 하여 호흡을 억제하고 에틸렌 농도를 감소시키며 수분증산 및 미생물 억제효과를 가지게 된다. 일반 필름에 토마토를 포장하게 되면 포장재 내에 산소농도가 감소하고 이산화탄소 농도가 축적되어 토마토의 호흡을 억제할 수 없어 이를 해결하기 위해 최근에는 토마토 포장재에 지름 12mm의 구멍을 뚫어 이산화탄소의 축적을 막아준다. 하지만 이렇게 다공의 구멍을 뚫어 사용할 경우 포장재 내 기체 조절이 가능하지 못해 시들거나 호흡을 억제할 수 없어 토마토의 선도저하를 가져오게 된다. 이것을 대체할 수 있는 포장 방법으로 Microperforated film이 사용되는데 포장재에 미세천공 구멍을 뚫어 제한적인 투과성을 두어 토마토 주변의 대기 환경을 저 농도 O₂(<8%)와

고농도CO₂(>1%)로 조절하여 유지하는 방법을 적용할 수 있다. 저온저장과 MAP 포장을 이용해 내륙, 해상 수송 시 품질보존 효과를 규명한 연구논문에서는 수송거리가 1000km이상의 장거리 수송일 경우 MAP 포장재를 이용하여 토마토를 저장할 경우 높은 선도유지효과가 있음을 알 수 있다. 또한 MAP 포장 중 일정하지 않은 저장 온도에서의 품질효과를 비교하여 평가하여 수출 중 불안정한 유통 상황에서도 MAP 포장재의 품질저하를 방지하는 효과를 규명하였다.(Kablan Tano, 2007) 미세구멍이 있는 필름을 통해 산소와 이산화탄소 농도를 조절하는 연구결과에서 MAP 포장재의 선도유지효과는 충분히 설명할 수 있다.(Jaime González, 2008) 수출 포장 시 토마토는 저장 운송 중 다양한 품질변화를 겪게 되고 상품성 하락을 가져오기 때문에 MAP 포장재를 적용한 최상의 포장기법을 연구가 매우 중요하다. MAP 포장재를 적용하여 토마토 생리특성에 적합한 기체투과농도를 가지는 필름에 대한 연구가 진행되어 토마토의 수분 손실과 호흡속도를 낮춰 유통 기간 연장하여 상업적인 목적으로 적용이 가능한 포장재 개발은 국내 토마토 수출 사업 활성화에 크게 기여하게 될 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 Microperforated film 필름 적용 시 토마토의 호흡 특성에 맞춰 최적의 주변 대기 환경을 조절할 수 있는 필름 기체 투과도를 알아보고, 저장 온도와 토마토 숙도에 따라 어떤 환경 조건을 유지하는 관찰하여 최적의 수출 포장재로 적합한 필름을 찾기 위해 실험을 진행하였다.

(2) MAP 포장재 적용 토마토 선도유지 평가

중량감소율의 경우, 저장 9일 째 대조구 8.04%로 수분손실로 인한 가장 높은 중량감소율을 보였다. 천공필름 2만 0.23%, 천공필름 4만 0.27%, 천공필름 6만 0.26%로 투과량에 상관없이 모두 낮은 중량감소율을 보였으나 다공필름은 1.42%로 천공필름에 비해 다소 큰 중량감소율을 관찰 할 수 있었다.(그림. 1). 이것은 포장에 있는 구멍을 통하여 방울토마토에 있는 수분이 증산작용 등으로 쉽게 제거되었기 때문이라고 판단한다. 색도의 경우 완숙형태의 송이토마토이기 때문에 큰 변화를 관찰 할 수 없었다. (not show data) 경도는 변화의 폭을 크게 관찰 할 수 있었는데 천공필름 6만에서 1.83kgf의 초기 값을 저장 9일째에도 2.09kgf로 유지하여 상품성을 유지하는 현상을 관찰 할 수 있었으나, 다른 포장구에서는 다소 감소하는 경향을 보였다. 대조구는 1.19kgf, 다공필름은 1.41kgf, 천공필름 2만은 1.70kgf, 천공필름 4만은 1.53kgf로 모두 초깃값보다 감소하는 것으로 나타났다.(그림. 2) Kablan Tano의 연구에서도 MA 포장구에서 저장한 토마토의 경우 경도가 더 높은 것으로 나타났는데 이는 토마토의 호흡과 연관이 있는데 MA 포장재 내의 기체조성이 호흡을 억제시켜 높은 정도의 선도유지를 가져오는 것이다. 가용성 고형분 함량의 경우 유의적인 차이를 관찰할 수 없었다. (not show data) 라이코펜 함량은 다소 증가하였으나 포장구별로 큰 차이를 나타내지 않았다.(그림. 3) Guan의 연구논문에서는 두께별 MA포장재에 저장한 토마토의 라이코펜 함량을 측정하였는데 15℃에서 라이코펜 함량은 큰 차이를 보이지 않았으며, Kablan Tano에서는 무포장구에 저장한 토마토에서 라이코펜 함량이 약 5배 정도 높게 측정되었다. 외관부패율의 경우 다공필름에서 저장 9일째 54%로 가장 높은 부패율을 나타냈다. 곰팡이 발생, 무름, 색변화 등 큰 품질열화현상을 관찰 할 수 있었다. 천공필름 2만과 천공필름 4만은 각각 38%, 20%로 다공필름에 비해 높은 선도유지 효과를 볼 수 있었으나 부패 미생물이 발생하여 상품성이 저하되는 것을 볼 수 있었다. 반면에 천공필름 6만은 큰 부패과를 보이지 않으며 14%로 가장 높은 선도유지효과를 관찰 할 수 있었다.(그림.

4)

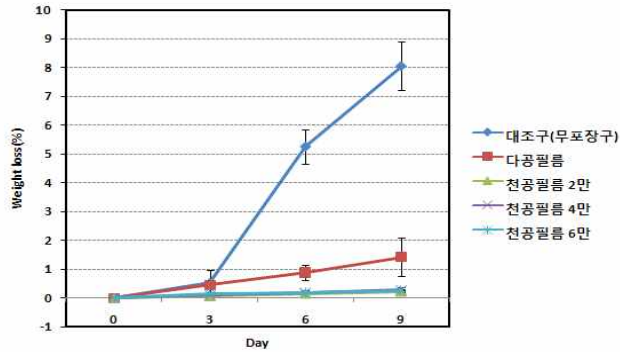


그림 1. Change in the weight loss of maturity 100% tomato during storage

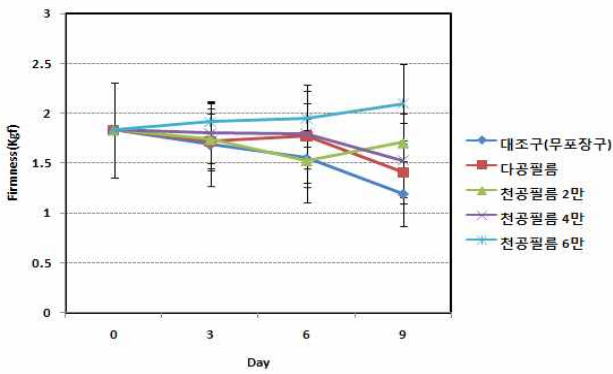


그림 2. Change in the firmness of maturity 100% tomato during storage

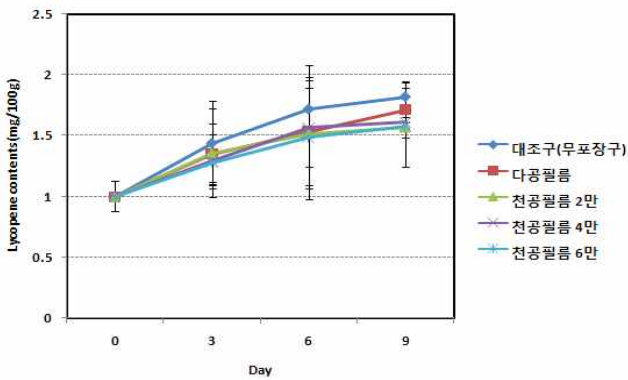


그림 3. Change in the lycopene contents of maturity 100% tomato during storage

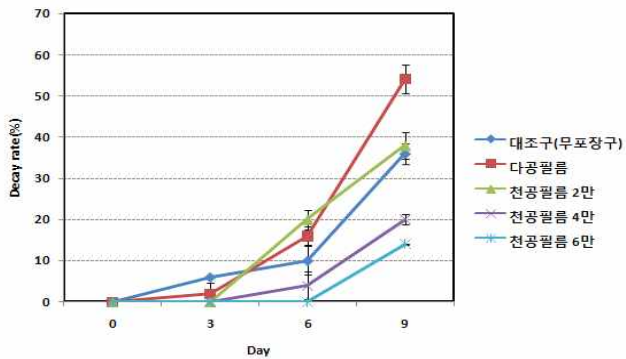


그림 4. Changes in decay ratio of maturity 100% tomato during storage

천공필름에서는 다른 포장구보다 높은 선도유지를 나타내는 것을 볼 수 있었다. 일반 포장

구 내에서는 토마토의 호흡을 증가시켜 선도저하의 문제가 발생하게 되는데 천공필름을 적용하여 포장재 내에 기체조성을 유지하여 호흡을 억제하게 되어 토마토의 선도유지효과를 관찰 할 수 있었다. 본 실험에서는 산소투과량이 2만, 4만, 6만인 필름을 적용하여 선도유지평가를 실시하였는데, 산소투과량이 6만인 천공필름에서 가장 높은 선도유지 효과를 관찰 할 수 있었다. 투과량이 높은 다공필름에서는 천공필름과 비교하여 매우 높은 부패율을 보였다. 이 때문에 산소투과량 6만 이상인 천공필름에서도 선도유지 효과가 있는지에 대해 알기위해 포장재 내 가스농도 측정을 통해 최적의 기체조성을 유지하는 필름 연구를 진행 시켰다.

(3) 포장재 내 최적의 기체조성 형성 MA 천공필름 연구

(가) 저장온도 5°C 포장재 내 기체조성 및 품질평가

저온냉장조건에서 저장한 속도 50%, 100%의 송이토마토는 모두 호흡이 정상적으로 발생 하지 못했다. 송이 토마토의 경우 5°C에서 저온장해를 일으켜 호흡장해를 일으키는 것을 관찰 할 수 있었다.(그림 5, 그림 6) 포장구와 관계없이 너무 낮은 온도에서 토마토를 저장하게 되면 호흡이 활성화되지 않고 생육이 억제되어 과피가 두꺼워지는 등의 품질열화 현상이 발생한다. 이러한 낮은 온도에서의 호흡장해는 속도 100%보다 미숙과인 속도 50% 송이토마토에서 더욱 큰 것을 관찰 할 수 있는데 호흡이 활성화 되지 않은 상태에서 저온으로 인한 억제가 발생해 이러한 결과가 나타난 것으로 볼 수 있다. 토마토의 저온장해 증상은 녹색과의 경우 수침현상, 연화, 부패, 추숙장해 등의 품질열화현상을 관찰 할 수 있으며, 적숙과의 경우 착색불량, 부패증가 등의 품질열화현상을 나타낸다. 중량감소율의 경우 속도 50%, 100% 모든 포장구에서 중량손실이 거의 발생하지 않은 것으로 나타났으며(그림 11, 그림 12), 라이코펜 함량의 경우에도 모든 포장구에서 큰 변화의 폭이 나타나지 않았다.(그림 15, 그림 16) 경도는 전체적으로 약간 증가하는 경향을 보였는데 이는 저온 하에서 토마토의 표면이 질겨지는 품질변화로 인해 다소 증가하는 것으로 나타났 다.(그림 13, 그림 14) 가용성 고형분의 함량은 모든 포장구에서 큰 차이를 나타내지 않았다.(data not show) 속도 50%에서 색도는 초기 과실이 붉은색으로 모두 착색되지 않은 상태에서 냉해가 발생하여 후숙이 나타나지 않으면서 변화가 발생하지 않은 것으로 보인다.(data not show) 외관부패율의 경우 일반필름에서 모두 가장 큰 부패율을 보였으며 전체적으로 곰팡이는 발생하지 않았으나 호흡이 정상적으로 이루어지지 못해 표면이 열게 되는 부패현상을 보였다.(그림 17, 그림 18)

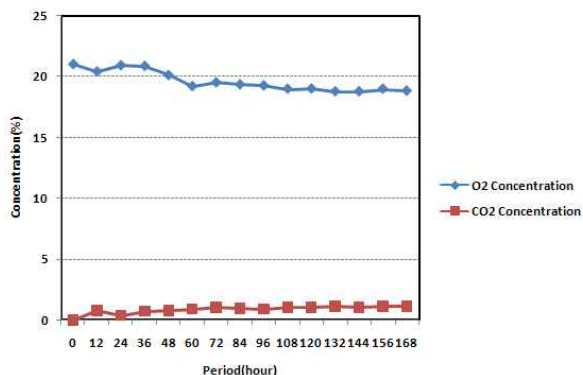


그림 5. Changes in respiration of maturity 50% tomato during storage at 5°C

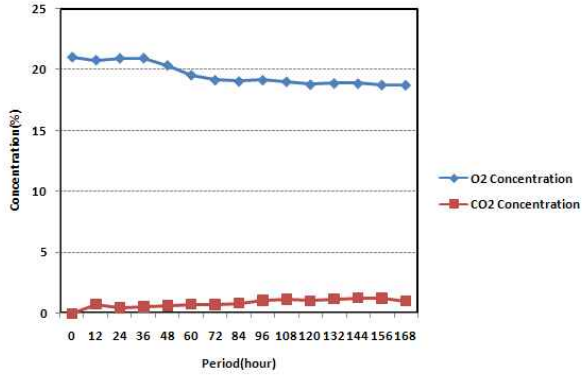


그림 6. Changes in respiration of maturity 100% tomato during storage at 5°C

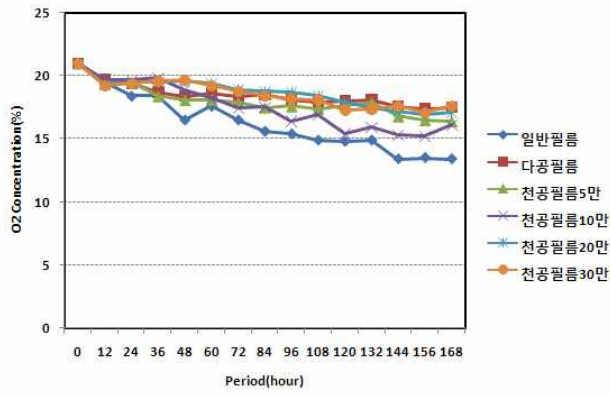


그림 7. Changes in packaging on the O₂ concentration of maturity 50% tomato during storage at 5°C

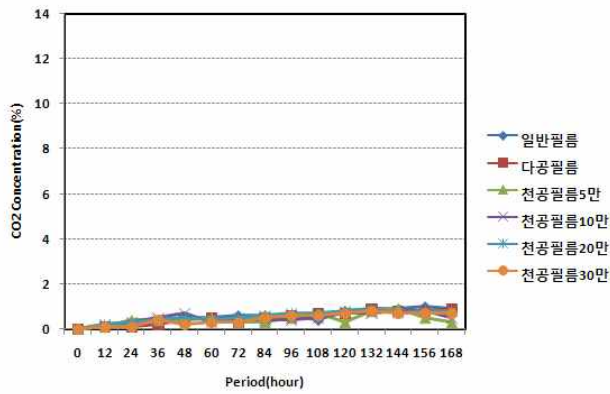


그림 8. Changes in packaging on the CO₂ concentration of maturity 50% tomato during storage at 5°C

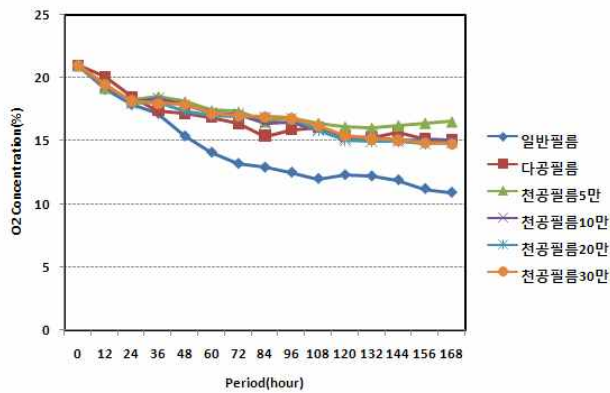


그림 9. Changes in packaging on the O₂ concentration of maturity 100% tomato during storage at 5°C

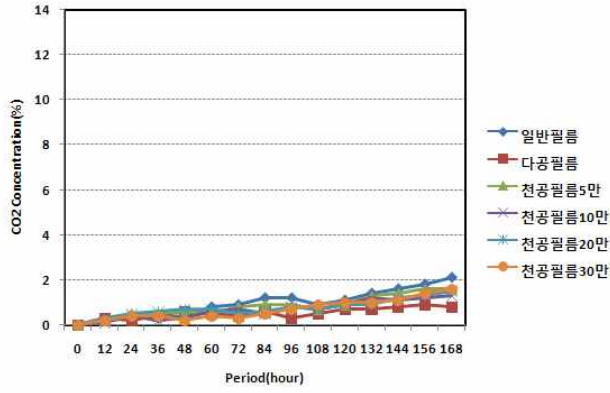


그림 10. Changes in packaging on the CO₂ concentration of maturity 100% tomato during storage at 5°C

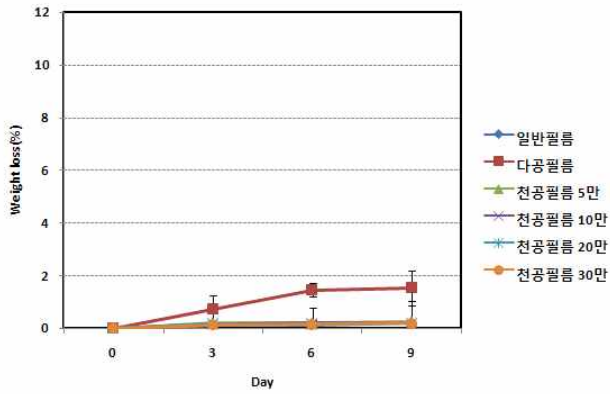


그림 11. Change in the weight loss of maturity 50% tomato during storage at 5°C

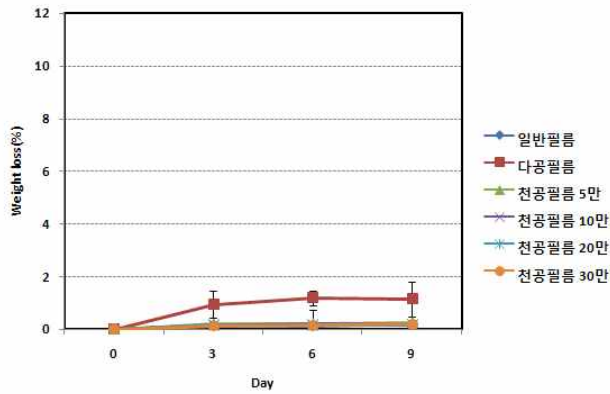


그림 12. Change in the weight loss of maturity 100% tomato during storage at 5°C

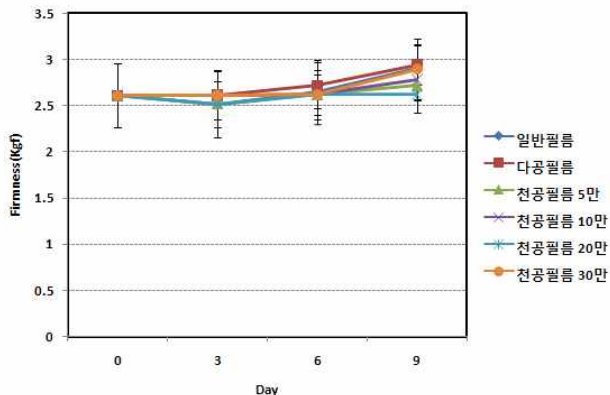


그림 13. Change in the firmness of maturity 50% tomato during storage at 5°C

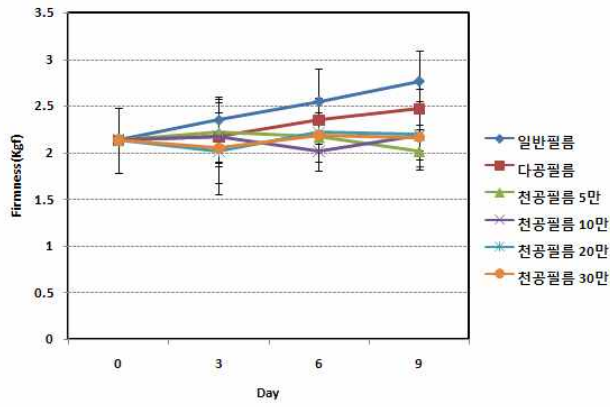


그림 14. Change in the firmness of maturity 100% tomato during storage at 5°C

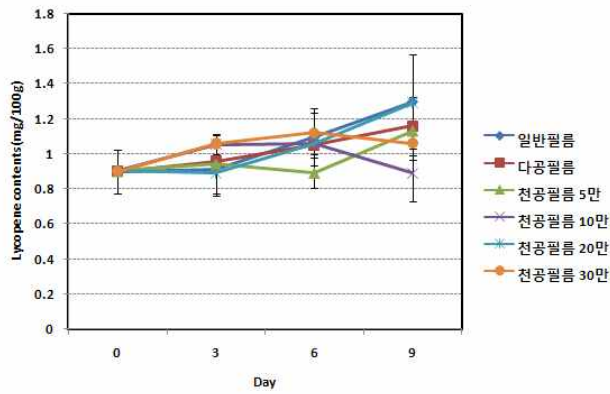


그림 15. Change in the lycopene contents of maturity 50% tomato during storage at 5°C

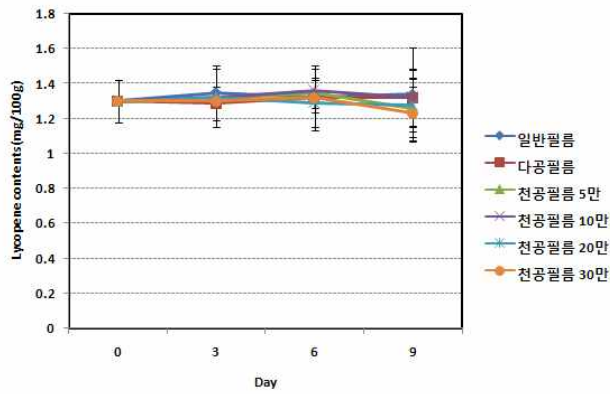


그림 16. Change in the lycopene contents of maturity 100% tomato during storage at 5°C

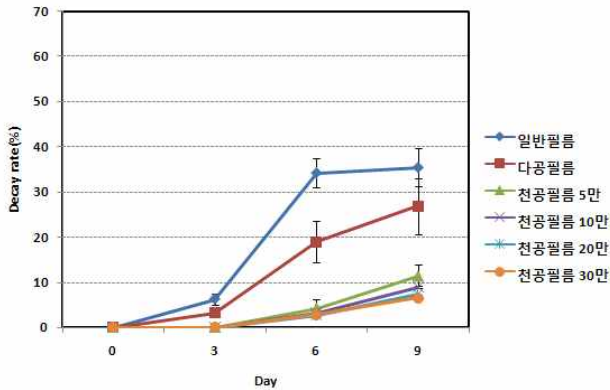


그림 17. Changes in decay ratio of maturity 50% tomato during storage at 5°C

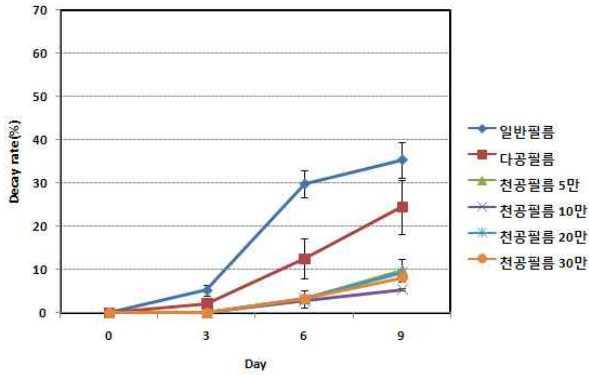


그림 18. Changes in decay ratio of maturity 100% tomato during storage at 5°C

(나) 저장온도 15°C 포장재 내 기체조성 및 품질평가

① 속도 50%의 송이토마토의 경우

미숙과 토마토의 최적의 저장온도는 12-20°C로 본 실험에서는 저장온도 15°C에서 속도 50%의 송이토마토 기체조성변화를 살펴보면 각각 포장재 모두 저장 60시간 까지 빠른 기체농도변화를 보였으며 이후부터는 일정하게 유지하는 현상을 볼 수 있었다. 일반적으로 필름포장 된 과채류의 기체조성은 수확 후 호흡으로 인하여 저장초기에 급격히 변화하여 일정시간이 지나면 평형에 도달하게 된다. 특히 이러한 경향은 대부분의 과채류가 저장온도가 높을수록 뚜렷하게 나타난다.(Park et al., 1999) 일반필름의 경우 산소소비량이 가장 높게 나타났는데 포장재내로 투과되는 산소농도보다 호흡으로 인한 산소소비가 더 높아서 포장재 내 산소농도가 크게 낮아진 것으로 볼 수 있다. 반면에 지름 12mm의 구멍이 4개가 있는 다공필름의 경우 가장 낮은 산소소비량을 볼 수 있었다. 이는 구멍을 통해 포장재 내에 산소유입량이 높아져서 호흡으로 인한 산소소비가 있어도 비교적 포장재 내 높은 산소농도를 유지함을 볼 수 있었다. 천공필름 5만의 경우 저장 60시간 이후 $3.9 \pm 0.5\%$ 정도의 산소농도를 유지하는 것을 관찰할 수 있었고, 천공필름 10만, 20만, 30만은 $4.4 \pm 0.4\%$, $5.3 \pm 0.5\%$, $4.9 \pm 0.5\%$ 정도의 산소농도를 유지하는 것을 볼 수 있었다.(그림 20) 천공필름의 산소투과량이 높을수록 포장재 내 산소농도가 조금씩 증가하는 것을 볼 수 있었다. 이는 천공상태에 따라 산소투과량이 높은 필름일수록 포장재 내 산소유입이 증가하여 송이토마토 호흡에 영향을 주어 포장재 내 산소농도가 높은 것을 볼 수 있다. 15°C에서 일반 PE필름과 Microferporated film으로 포장한 송이토마토의 산소농도를 보면 Microferporated film이 일반 PE필름보다 4배가량 차이가 나는 것으로 알려진 바와 같이 유사한 결과를 얻었다.(Kevin F. 2005) 포장재 내 이산화탄소 발생량에 대한 실험결과를 보면 산소소비 패턴과 비슷한 양상을 볼 수 있다. 포장재 내의 토마토는 호흡을 통하여 산소를 소비하고 이산화탄소를 증가시키기 때문에 포장재 내의 이산화탄소는 시간이 지남에 따라 증가하며 어느 시점에서 평형에 도달하는 것을 볼 수 있었다. 저장 60시간 후 일반필름은 $9 \pm 1\%$, 다공필름은 $1.2 \pm 0.3\%$, 천공필름 5만은 $3 \pm 0.5\%$, 천공필름 10만은 $2.5 \pm 0.5\%$, 천공필름 20만은 $1.2 \pm 0.3\%$, 천공필름 30만은 $1.2 \pm 0.3\%$ 를 유지하였다.(그림 22) 토마토 호흡으로 인해 발생하는 이산화탄소의 양은 필름 밖으로 확산되기 때문에 투과도가 높을수록 이산화탄소 농도가 낮게 나타남을 볼 수 있었다. 천공필름 20만과 30만은 어느 정도 유사한 기체농도 형태를 보이고 있는데, 미숙과 토마토의 MA 포장 시 최적의 기체농도가 산소 0%, 이산화탄소 3-5%라는 연구보고결과와 유사한 기체농도를 나타냈다(J.N. Farber, 2003). 품질평

가에서 중량감소율은 다공필름에서 저장 9일 째 2.1%로 가장 높게 나타났으며 다른 천공 포장필름, 일반필름에서는 감소율이 크게 나타나지 않았다.(그림 25) 라이코펜 함량은 모든 포장구에서 약간의 증가추세를 보였으며(그림 27), 경도의 경우 일반필름과 다공필름의 경우 초기 경도 값 2.6kgf 보다 감소하여 1.9kgf, 2.0kgf로 나타났으나, 천공필름의 경우 초기 농도를 유지하는 것을 관찰할 수 있었으며 천공필름 30만의 경우 2.7kgf로 가장 높은 경도를 유지하였다.(그림 26) 외관부패율의 경우 다공필름의 토마토는 저장 9일째 48.2%로 가장 높은 부패율을 보였으며, 일반필름은 48.2%, 천공필름 5만, 10만, 20만, 30만은 15.2%, 11.2%, 5.6%, 6.4%로 나타났다.(그림 28) 다공필름과 일반 필름의 경우 곰팡이가 발생하거나 이취 등이 발생하여 높은 부패를 보였으며 천공필름은 투과도가 높을수록 신선도를 유지하는 것을 볼 수 있었으나 소량의 곰팡이들이 발생하는 것을 볼 수 있었다.

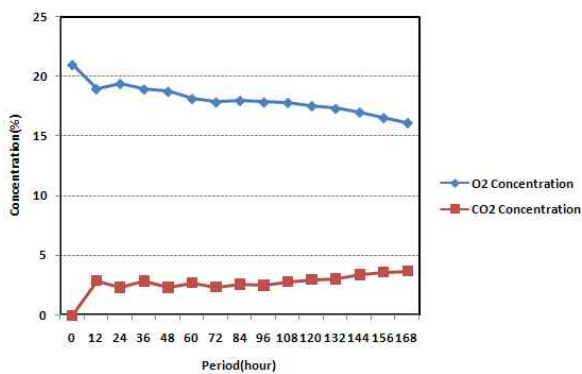


그림 19. Changes in respiration of maturity 50% tomato during storage at 15°C

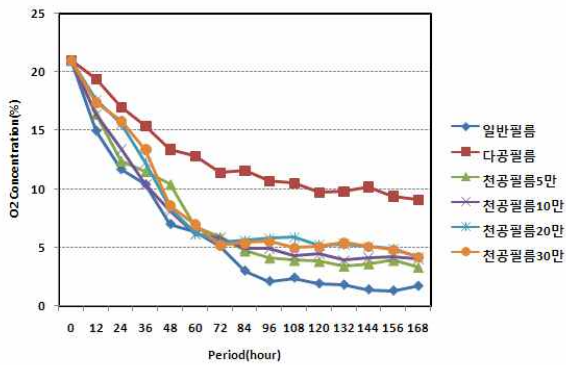


그림 20. Changes in packaging on the O₂ concentration of maturity 50% tomato during storage at 15°C

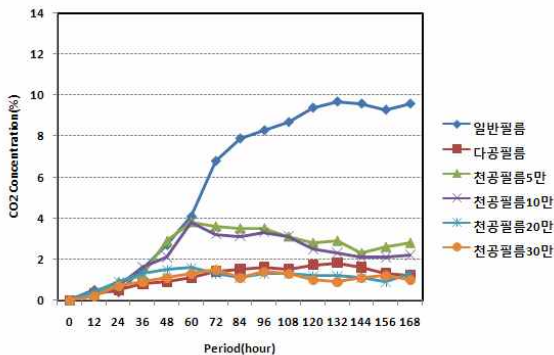


그림 21. Changes in packaging on the CO₂ concentration of maturity 50% tomato during storage at 15°C

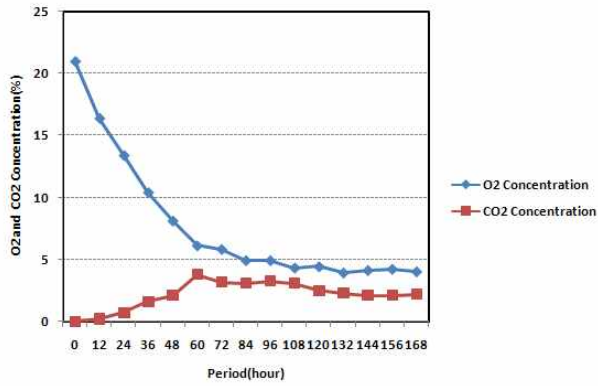


그림 22. Changes in MA film with oxygen permeation of about 100,000 on the gas concentration of maturity 50% tomato during storage at 15°C

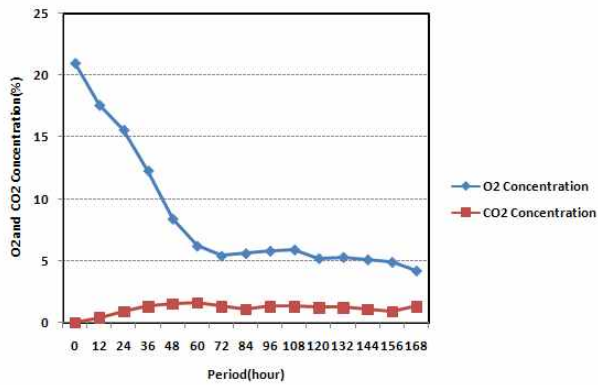


그림 23. Changes in MA film with oxygen permeation of about 200,000 on the gas concentration of maturity 50% tomato during storage at 15°C

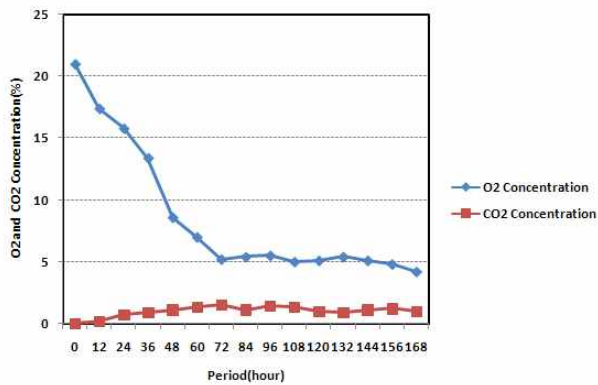


그림 24. Changes in MA film with oxygen permeation of about 300,000 on the gas concentration of maturity 50% tomato during storage at 15°C

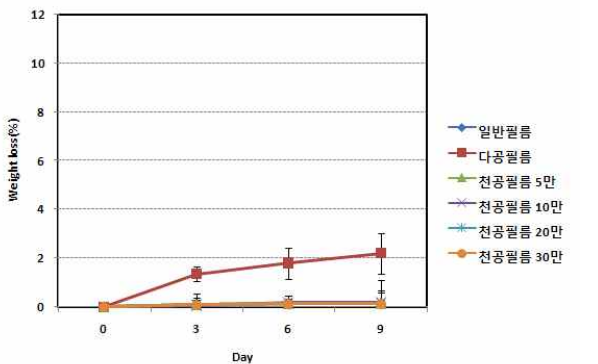


그림 25. Change in the weight loss of maturity 50% tomato during storage at 15°C

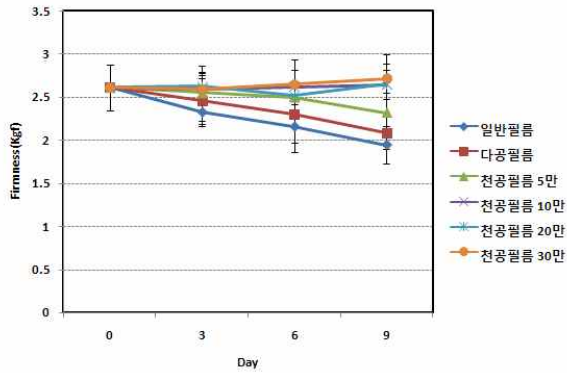


그림 26. Change in the firmness of maturity 50% tomato during storage at 15°C

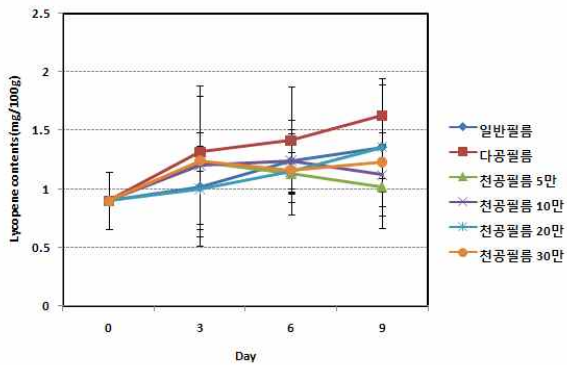


그림 27. Change in the lycopene contents of maturity 50% tomato during storage at 15°C

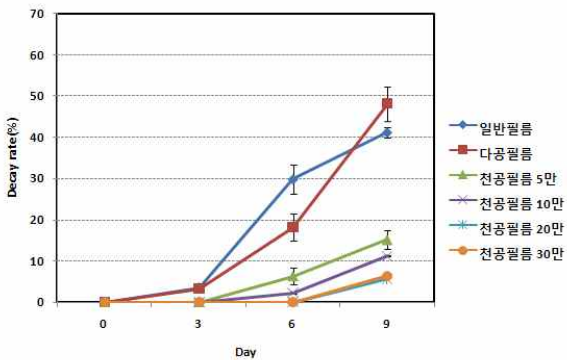


그림 28. Changes in decay ratio of maturity 50% tomato during storage at 15°C

② 숙도 100%의 송이토마토의 경우

완숙 토마토 저장 및 유통 시 최적의 온도조건은 10-15°C로 10°C 이하에서는 저온장해를 일으키며 15°C 이상으로 올라가게 되면 생리활성이 활발해져 신선도가 저하되는 문제가 발생한다.(J.N. Farber, 2003) 토마토 최적의 저장온도인 15°C에서 숙도 100%의 토마토를 저장하여 그 호흡활성을 살펴본 결과 산소 농도는 점차 감소하여 저장 72시간 이후 일정한 농도를 유지하였다. 일반필름의 경우 2±1%, 다공필름은 9.5±0.5%, 천공필름 5만은 4.5±1%, 천공필름 10만은 4.3±0.5%, 천공필름 20만은 4.7±0.5%, 천공필름 30만은 5±0.5%를 유지하였다.(그림 29) 이산화탄소 농도는 일반필름의 경우 9.5±0.5%, 다공필름은 2.5±0.5%, 천공필름 5만은 8±0.5%, 천공필름 10만은 6±0.5%, 천공필름 20만은 5.5±0.5%, 천공필름 30만은 4.3±0.2%를 유지하였다.(그림 31) 숙도 100%의 완숙토마토의 경우 최적의 기체농도 조성이 산소 3-5%, 이산화탄소 3-5%를 유지하는 MA 조성인데 실험결과를

보면 천공필름 20만과 30만에서 이와 유사한 기체농도를 유지하는 것을 관찰 할 수 있었다. 품질평가 항목을 살펴보면 속도 100% 토마토의 15℃ 저장 시 중량감소율은 다공필름에서 저장 9일 째 1.8% 증가한 한 경우를 제외하고 다른 모든 포장구에서는 중량감소가 거의 발생하지 않았다.(그림 35) 라이코펜 함량의 경우 다공필름과 천공 5만 필름이 저장 초기 값보다 다소 증가하였고 다른 포장구에서는 초기 함량 값을 유지하였다.(그림 37) 경도변화는 일반필름과 다공필름을 제외하고 모두 초기 경도를 유지하거나 약간 증가하는 차이를 보였는데 천공필름 30만의 경우 저장 9일 째 2.4kgf로 가장 높은 경도를 유지하는 것으로 나타나 선도유지에 효과가 있는 것으로 관찰되었으며(그림 36), 가용성 고형분 함량은 모든 포장구에서 큰 차이를 나타내지 않았다(data not show). 외관부패율의 경우 일반필름이 저장 9일 째 49.5%로 가장 높은 부패율을 보였으며, 다공필름 39.5%, 천공필름 5만 13.4%, 천공필름 10만 9.4%, 천공필름 20만 5.6%, 천공필름 30만 5.6%의 선도저하를 보였다.(그림 38) 천공필름 20만과 30만에서 가장 높은 선도유지효과를 확인 할 수 있었는데 곰팡이 발생으로 인해 상품성이 저하되는 문제점을 발견할 수 있었다.

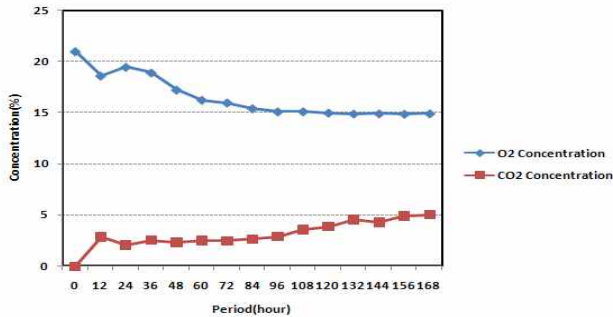


그림 29. Changes in respiration of maturity 100% tomato during storage at 15℃

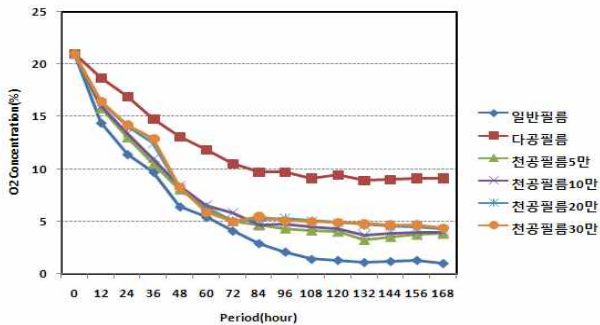


그림 30. Changes in packaging on the O₂ concentration of maturity 100% tomato during storage at 15℃

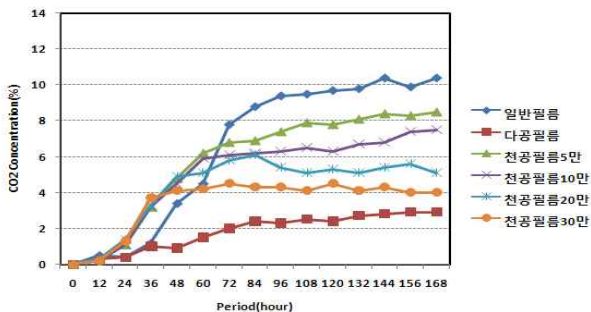


그림 31. Changes in packaging on the CO₂ concentration of maturity 100% tomato during storage at 15℃

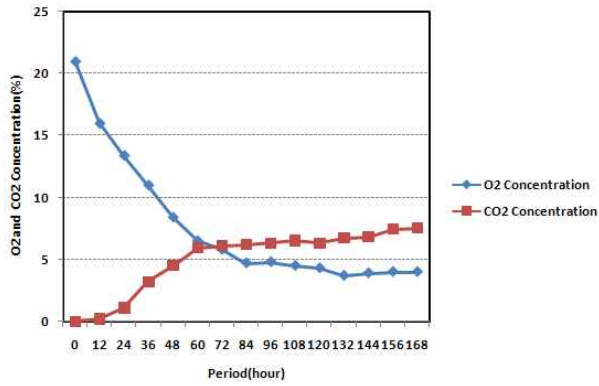


그림 32. Changes in MA film with oxygen permeation of about 100,000 on the gas concentration of maturity 100% tomato during storage at 15°C

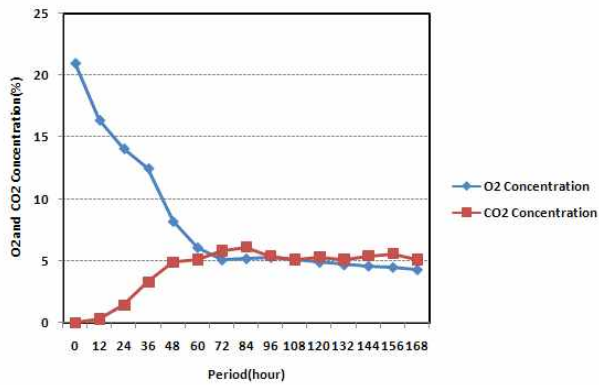


그림 33. Changes in MA film with oxygen permeation of about 200,000 on the gas concentration of maturity 100% tomato during storage at 15°C

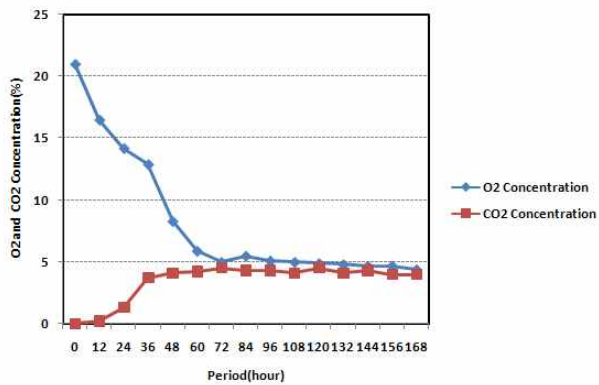


그림 34. Changes in MA film with oxygen permeation of about 300,000 on the gas concentration of maturity 100% tomato during storage at 15°C

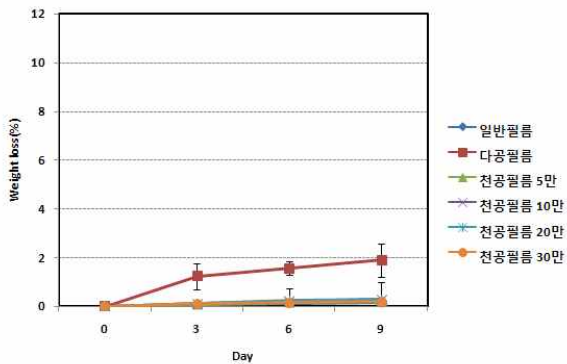


그림 35. Change in the weight loss of maturity 100% tomato during storage at 15°C

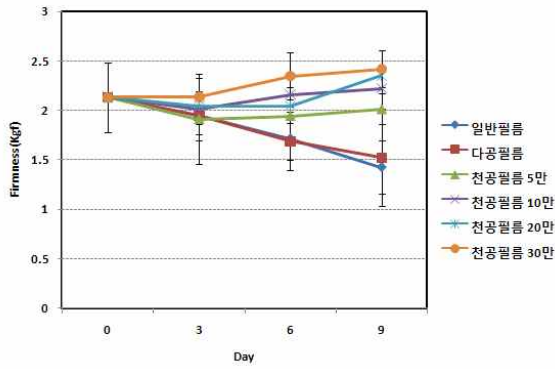


그림 36. Change in the firmness of maturity 100% tomato during storage at 15°C

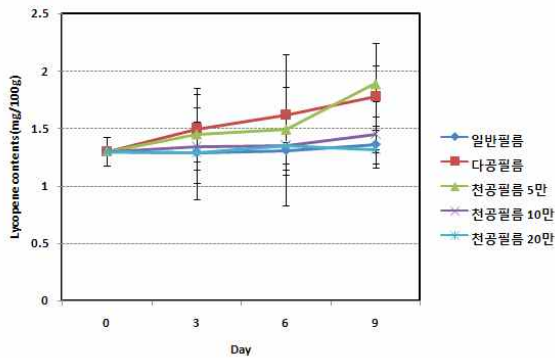


그림 37. Change in the lycopene contents of maturity 100% tomato during storage at 15°C

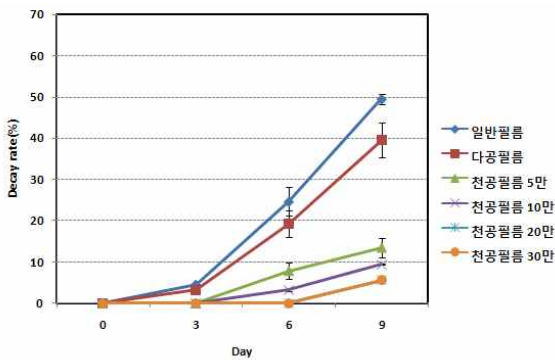


그림 38. Changes in decay ratio of maturity 100% tomato during storage at 15°C

(다) 저장온도 35°C 포장재 내 기체조성 및 품질평가

① 속도 50%의 송이토마토의 경우

여름철 저온유통체계가 확실하게 잡혀있지 않은 유통 구조에서는 높은 외부온도 조건으로 인해 과실의 호흡이 급등하게 되며 에틸렌가스가 높게 발생하여 토마토의 노화를 가져와 선도저하 문제가 발생하게 된다. 이때 포장재 내 호흡을 조절할 수 있는 MA 포장을 통해 토마토의 신선도 유지 효과가 있을 수 있는데 35°C 저장 시 포장재 내 가스농도를 측정한 결과를 살펴보면 초기 48시간동안 포장재 내 가스농도가 급격하게 변화한 뒤 평형농도를 유지하는 것을 볼 수 있다. 이러한 경향은 온도가 높을수록 뚜렷하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 저장 48시간 이후부터 급속도로 변했던 기체농도가 평형상태를 이루기 시작했는데 높은 온도에서 호흡이 급속도로 진행되면서 이러한 결과가 나타났다. 포장재 내 산소농도의 경우 일반필름은 지속적으로 감소하여 168시간 쯤 0.6%를 유지하였고 다공필름의

경우 48시간 이후 $8.8 \pm 0.5\%$ 농도를 유지하였다. 천공필름 5만, 10만, 20만, 30만의 경우 $3 \pm 0.5\%$, $3.5 \pm 0.5\%$, $4.5 \pm 0.5\%$, $4.8 \pm 0.5\%$ 정도의 농도를 유지하였다.(그림 40) 이산화탄소 농도의 경우는 고온 조건 때문에 활발한 생리활성을 펼쳤으며 48시간 이후부터 일반필름은 $8.5 \pm 0.5\%$, 다공필름은 $2.5 \pm 0.3\%$, 천공필름 5만은 $5 \pm 0.3\%$, 천공필름 10만은 $4.6 \pm 0.2\%$, 천공필름 20만은 $3.5 \pm 0.5\%$, 천공필름 30만은 $3 \pm 0.5\%$ 의 농도를 유지하였다.(그림 41) 중량 감소율은 35°C 의 고온조건하에 있어서 15°C 의 중량감소율 보다 높게 나타났지만, 다공필름에서 저장 9일째 2.9%로 가장 높은 감소율을 보여 큰 변화가 없음을 확인할 수 있었다.(그림 45) 라이코펜 함량의 경우 모든 포장구에서 증가하는 추세를 보였으며(그림 47), 경도는 저장 9일째 일반필름에서 1.3kgf, 다공필름 1.7kgf, 천공필름 5만 2.1kgf, 천공필름 10만 2.2kgf, 천공필름 20만 2.2kgf, 천공필름 30만 2.1kgf로 천공필름에서 초기 선도를 유지하는 것을 확인 할 수 있었다.(그림 46) 특히 외관부패율의 경우 천공필름에서 낮은 부패율을 나타냈는데 천공필름 20만과 30만은 저장 6일 이후에 부패과가 처음 발생해 저장 9일째 10.2%, 9.8%로 다른 포장구와 비교해 낮은 부패율을 나타내 품질유지를 확인할 수 있었다.(그림 48) 이때도 천공필름에서 높은 선도유지효과를 관찰 할 수 있었지만 곰팡이 발생이 문제가 되는 것을 확인 할 수 있었다.

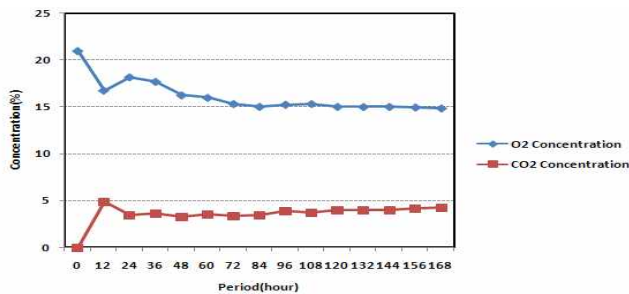


그림 39. Changes in respiration of maturity 50% tomato during storage at 35°C

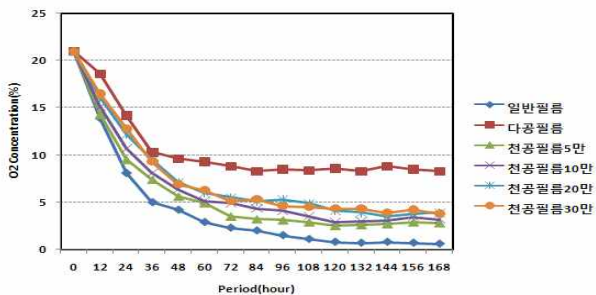


그림 40. Changes in packaging on the O_2 concentration of maturity 50% tomato during storage at 35°C

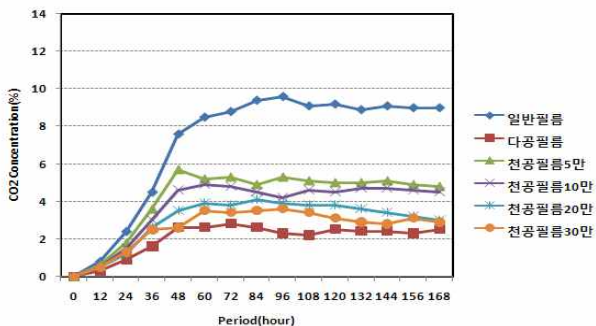


그림 41. Changes in packaging on the CO_2 concentration of maturity 50% tomato during storage at 35°C

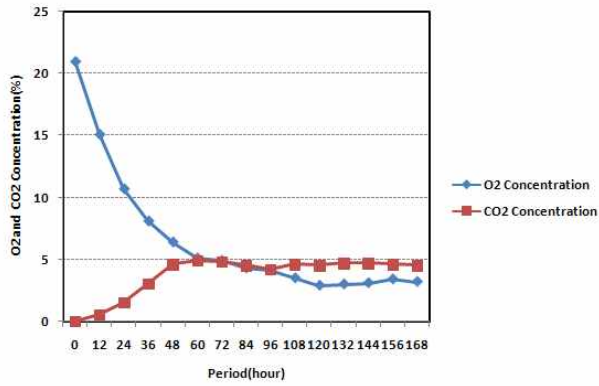


그림 42. Changes in MA film with oxygen permeation of about 100,000 on the gas concentration of maturity 50% tomato during storage at 35°C

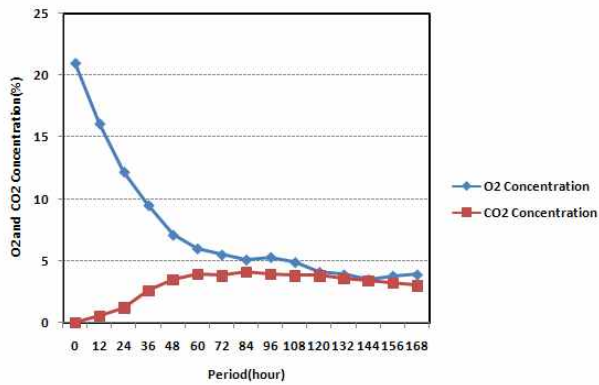


그림 43. Changes in MA film with oxygen permeation of about 200,000 on the gas concentration of maturity 50% tomato during storage at 35°C

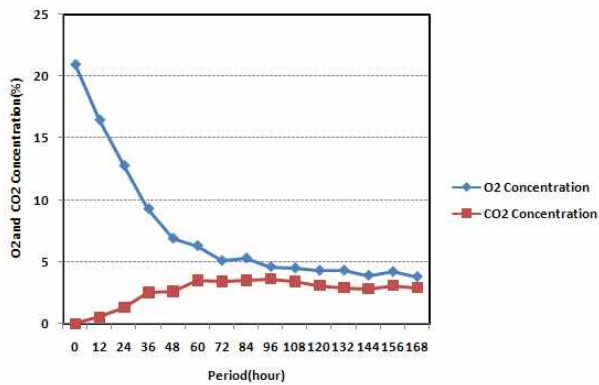


그림 44. Changes in MA film with oxygen permeation of about 300,000 on the gas concentration of maturity 50% tomato during storage at 35°C

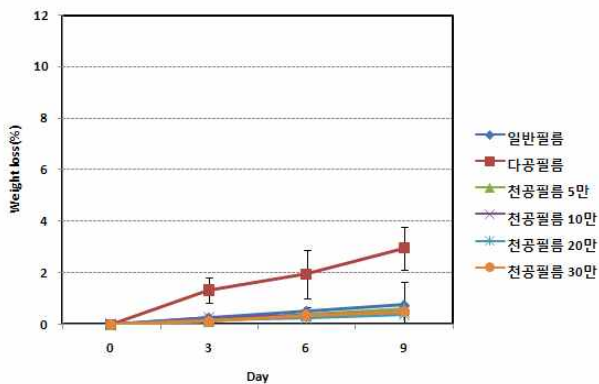


그림 45. Change in the weight loss of maturity 50% tomato during storage at 35°C

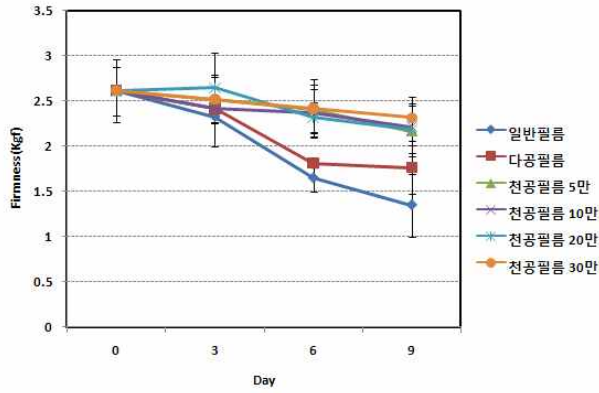


그림 46. Change in the firmness of maturity 50% tomato during storage at 35°C

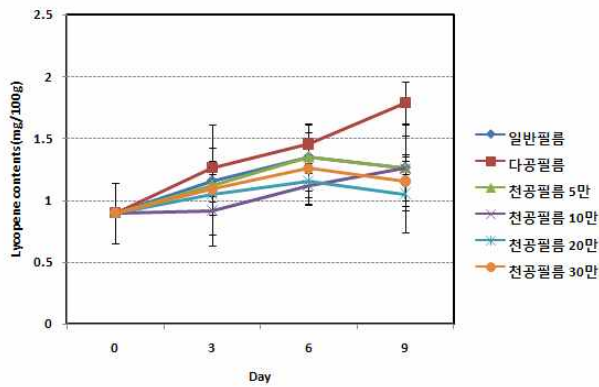


그림 47. Change in the lycopene contents of maturity 50% tomato during storage at 35°C

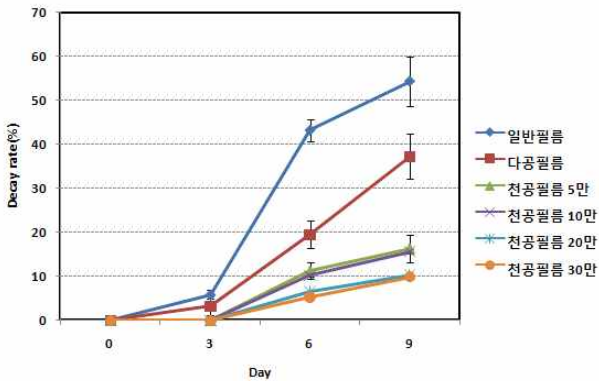


그림 48. Changes in decay ratio of maturity 50% tomato during storage at 35°C

② 속도 100%의 송이토마토의 경우

35°C 온도 조건에서 속도 100%의 송이토마토는 활발한 생리활동을 발생하였다. 저장 48시간 후 일정한 농도를 유지하였으며 산소농도의 경우 감소 후 일반필름은 2±1%, 다공필름은 9.5±1%, 천공필름 5만은 3.5±1%, 천공필름 10만은 4±0.8%, 천공필름은 20만 4±0.7%, 천공필름 30만은 4.5±0.5% 농도를 유지하였다.(그림 50) 이산화탄소 농도도 활발하게 발생하였으며 48시간 후 일반필름은 10.3±0.8%, 다공필름은 3.4±0.4%, 천공필름 5만은 7.2±0.3%, 천공필름 10만은 6.8±0.7%, 천공필름은 20만 5.5±0.4%, 천공필름 30만은 5±0.5% 농도를 유지하였다.(그림 51) 중량감소율은 저장 9일 째 다공필름에서 3.7%로 가장 높게 나타났으며 다른 포장구에서는 큰 감소율을 보이지 않았다.(그림 55) 라이코펜 함

량의 경우는 모든 포장구에서 초기 1.3 mg/100g을 유지하는 경향을 보였으며 다공필름에서 1.68 mg/100g으로 다소 증가하는 추세를 보였다.(그림 57) 경도의 경우 고온 조건에서 호흡이 활발하게 발생하여 토마토의 연화가 발생하여 일반필름과 다공필름의 경우 1.1kgf, 1.3kgf로 크게 감소하였으나 천공필름은 대체적으로 초기 값을 유지하는 것으로 관찰되었다.(그림 56) 외관부패율의 경우 저장 9일째 일반필름에서 61.4%로 가장 높은 부패를 보였으며 다공필름에서도 48.9%로 높은 품질열화현상을 관찰 할 수 있었다. 반면에 천공 필름 5만은 15.9%, 천공필름 10만은 13.5%, 천공필름 20만은 13.5%, 천공필름 30만은 12.8%로 어느 정도 낮은 부패율을 보여 선도유지를 확인하였다.(그림 58)

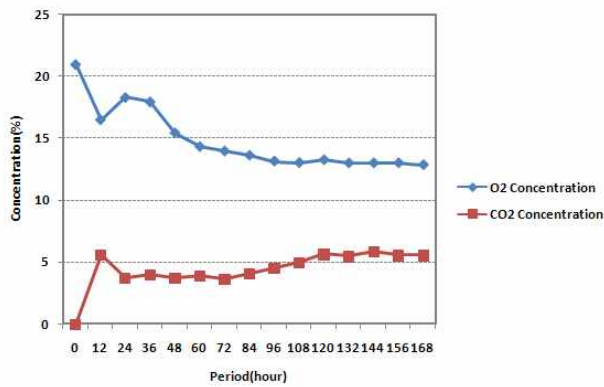


그림 49. Changes in respiration of maturity 100% tomato during storage at 35°C

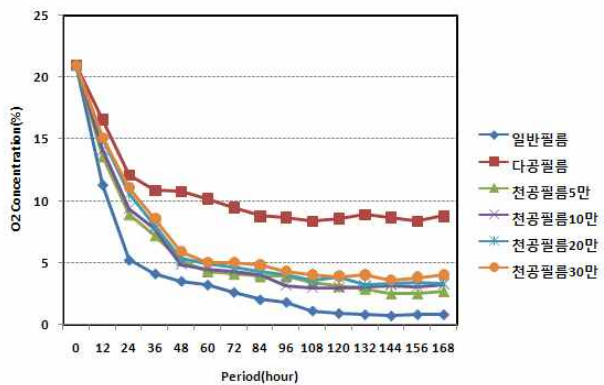


그림 50. Changes in packaging on the O₂ concentration of maturity 100% tomato during storage at 35°C

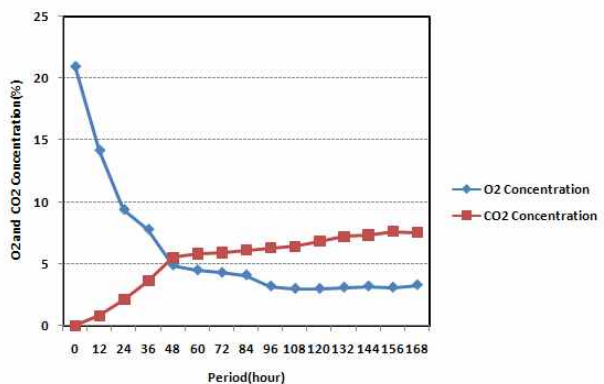


그림 51. Changes in MA film with oxygen permeation of about 100,000 on the gas concentration of maturity 100% tomato during storage at 35°C

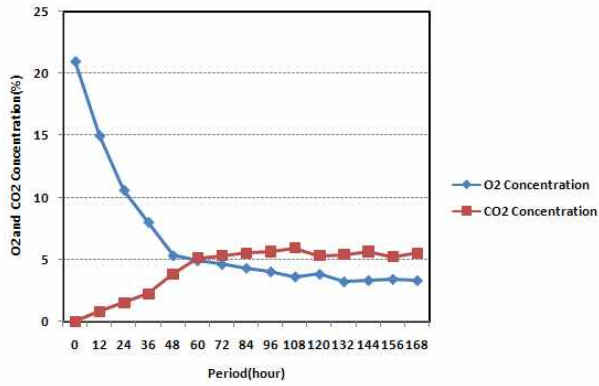


그림 53. Changes in MA film with oxygen permeation of about 200,000 on the gas concentration of maturity 100% tomato during storage at 35°C

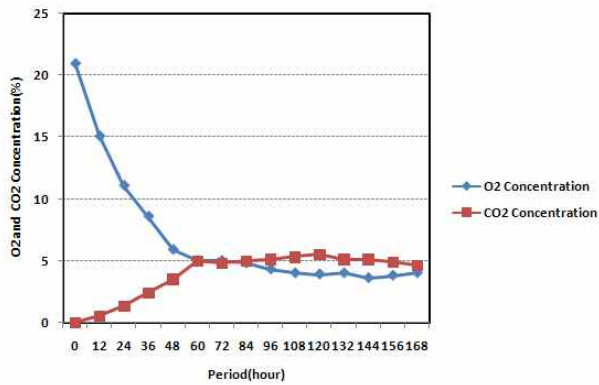


그림 54. Changes in MA film with oxygen permeation of about 300,000 on the gas concentration of maturity 100% tomato during storage at 35°C

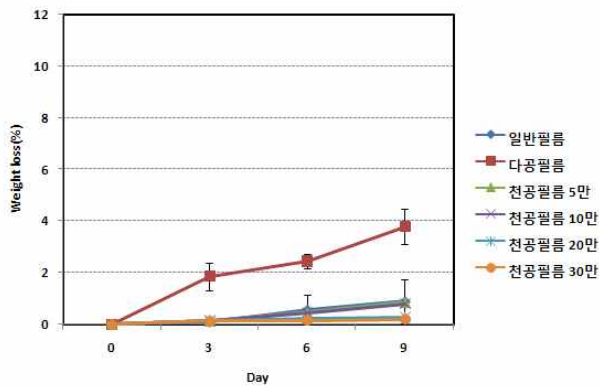


그림 55. Change in the weight loss of maturity 100% tomato during storage at 35°C

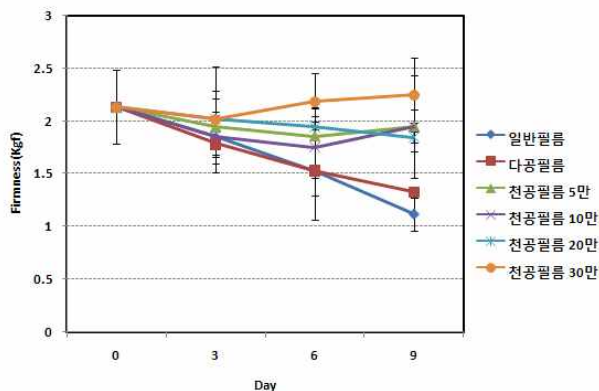


그림 56. Change in the firmness of maturity 100% tomato during storage at 35°C

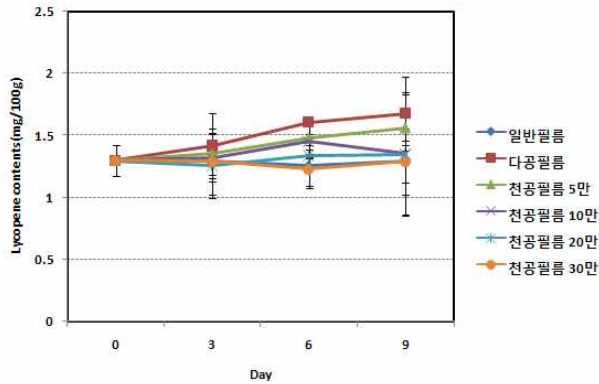


그림 57. Change in the lycopene contents of maturity 100% tomato during storage at 35°C

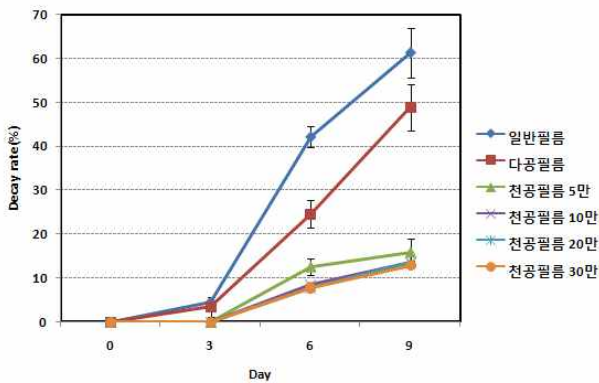


그림 58. Changes in decay ratio of maturity 100% tomato during storage at 35°C

(4) 결론

미세천공을 적용한 MA 포장재의 선도유지효과는 산소투과도가 높은 천공일수록 높은 품질유지 현상을 관찰 할 수 있었다. 초기 실험에서 산소투과도 2만, 4만, 6만을 적용하여 실험을 한 결과 6만에서 가장 높은 신선도를 관찰 할 수 있었다. 토마토 포장재 내 호흡을 억제할 수 있는 최적의 기체조성을 조절할 수 있는 천공필름을 관찰하고자 5만, 10만, 20만, 30만의 투과도를 가지는 천공필름을 이용하여 포장재 내 기체조성 변화를 측정하였다. 저장온도 조건과 토마토 숙도 조건을 다르게 하여 실험한 결과, 저장온도가 낮은 5°C에서는 토마토 저온장해로 인해 호흡을 특성을 크게 관찰 할 수 없었으며, 15°C에서는 저장 3일까지 급속도로 기체조성이 변화한 후 일정하게 유지되는 농도에 이르렀다. 이때 토마토 숙도별로 다른 기체조성이 나타났는데 숙도 50%의 송이토마토는 이산화탄소 발생이 크게 나타나지 않음을 볼 수 있었다. 숙도 50%의 송이토마토의 경우 아직 호흡이 활발하게 생성되지 않은 시점에서 15°C의 온도를 유지하고 있어 생리현상이 활발하게 발생되지 않아 이러한 현상이 나타났다고 볼 수 있다. 반면에 숙도 100%의 송이 토마토의 경우 일정량 이산화탄소가 발생하고 산소농도가 감소하면서 평형상태를 유지하게 되었다. 숙도 50%의 송이토마토는 산소투과도 20만, 30만 필름에서 미숙과의 MA 포장 최적의 기체농도 산소 0%, 이산화탄소 3-5%를 유지하여 경도나 외관 부패율에서 높은 선도유지 효과를 관찰 할 수 있었다. 숙도 100% 송이토마토에서도 산소투과도 20만, 30만 필름에서 완숙토마토 최적 기체 농도 산소 3-5%, 이산화탄소 3-5%를 유지하여 품질열화를 억제해서 다른 포장구에 비해 높은 경도와 부패억제효과를 관찰 할 수 있었다. 반면에 저장 35°C에

서는 호흡이 매우 활발해져서 저장 2일 때 평행한 농도를 유지하는 것을 관찰 할 수 있었는데, 속도50%의 송이토마토는 미숙과 이지만 높은 온도조건으로 활발한 생리활성으로 인해 이산화탄소농도가 높게 발생하는 것을 볼 수 있었다. 100%의 송이토마토도 고온의 조건으로 인해 MA 포장재에서도 호흡을 조절하지 못하고 높은 이산화탄소 발생량을 보였다. 속도 50%의 송이토마토는 이산화탄소 발생량이 커서 천공 20만, 30만 포장재에서 최적의 기체농도를 유지하는 것을 관찰 할 수 없었으며, 속도 100%의 송이토마토는 천공 30만 필름에서 어느 정도 MA 호흡 조건을 유지하는 것을 볼 수 있었다. 이로써 수출 포장 시 최적의 기체농도를 유지할 수 있는 천공필름 포장재로는 천공 30만 필름이 가장 높은 효과를 보였으며, 저장온도 15℃에서 유통을 하였을 때 토마토 호흡증가로 인한 품질저하 문제를 방지 할 수 있다.

2. 항균포장 (Antimicrobial packaging) 기술 연구

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

(1) 천연항균물질 원재료의 항균성 평가

- 재료

항균 활이 있는 것으로 보고된 cinnamon leaf essential oil (순도 100%, (주)뉴디아, Seoul, Korea), clove bud essential oil(순도 100%, (주)뉴디아, Seoul, Korea), sage essential oil(순도 100%, (주)뉴디아, Seoul, Korea)를 항균물질로 선정하여 사용하였다. cinnamon 잎, 허브 계열인 clove 꽃봉오리와 sage의 잎과 꽃을 건조하여 분말형태로 제조한 뒤 수증기 증류법으로 추출하였다.

- 사용균주 및 배지

항균시험용으로 사용된 균주는 한국미생물보존센터에서 분양 받은 그람 음성균인 E.coli KCCM 40271, 그람 양성균인 Lactobacillus plantarum ATCC 14917, 2종의 균 및 토마토균에서 발견된 곰팡이균을 채취 후 배양하여 사용하였다. 균의 배양과 접종에 사용된 배지는 Difco사의 Nutrient broth, MRS, Potato Dextrose Agar를 사용하였고 Nutrient 고체배지에 덕산 케미컬에서 구입한 Agar를 이용하였다.

- 실험방법

▪ 항균재료 준비

원재료 3종(cinnamon leaf essential oil, clove bud essential oil, sage essential oil)의 원재료 5%와 10%를 EtOH 에 용해시켜 접종용 샘플을 제조하였다. A그룹 (100% ethyl alcohol (control), 5% cinnamon leaf essential oil, 5% clove bud essential oil, 5% sage essential oil)와 B그룹 (100% ethyl alcohol (control), 10% cinnamon leaf essential oil, 10% clove bud essential oil, 10% sage essential oil)을 각각 항균성 실험에 사용하였다.

▪ 실험배지 제조

접종에 사용된 배지는 Difco사의 Nutrient broth, MRS, Potato Dextrose Agar를 사용하였고 덕산 케미컬에서 구입한 Nutrient 고체배지의 Agar를 이용하였으며 각 페트리디쉬에 20mL 배지를 두어 덮개와 파라핀 필름으로 밀봉 후 항균 실험을 수행하기 까지 50C의 냉

장 보관하였다.

배지	구성	적용균주
Potato Dextrose Agar	증류수 200mL + PDA 7.8g	토마토균
Nutrient Agar	증류수 200mL + nutrient 1.6g + Agar 3g	토마토균
MRS Agar	증류수 200mL + MRS 11g + Agar 3g	Lactobacillus
Nutrient Agar	증류수 200mL + nutrient 1.6g + Agar 3g	E. coli

▪ 토마토 곰팡이균 배양

(주) 팜슨에서 구입한 송이토마토를 상온에서 장기간 저장 후, 상품적 가치의 상실과 동시에 외관상의 균이 발견되었을 때 균을 채취하였다. 관찰되는 균 중 눈에 띄는 2종을 선별하여 nutrient, MRS, PDA 배지 3종에 각각 배양시켜 5일 후의 모습을 관찰하였다.

▪ 기능성 물질의 항균성 측정

준비된 균주에 대한 기능성 물질의 항균/항곰팡이성 여부를 검사하는 방법은 디스크 확산법(disc diffusion method)을 적용하였다. E.coli KCCM 40271는 Nutrient 고체배지에 200 μ l, Lactobacillus plantarum ATCC 14917는 MRS 고체배지에 50 μ l, 토마토 곰팡이균은 Potato Dextrose, Nutrient Agar에 1백금 이를 취해 전 배지 표면에 골고루 도말, 접종하였다. 각 균주가 도말 된 배지 위에 paper disk를 놓고 3종의 항균물질을 일정한 간격을 두어 놓고 고정시키고 토마토 곰팡이균은 30 $^{\circ}$ C, E.coli KCCM 40271는 35 $^{\circ}$ C, Lactobacillus plantarum ATCC 14917는 30 $^{\circ}$ C의 incubator에 배양시켰다.

실험은 동일조건하에 3개씩 두어 실험을 하였다. 디스크 확산법의 판독은 각 균주별 24, 48, 72 시간 배양 후 기능성 물질 주변의 clear zone 생성여부와 직경을 대조구와 비교하여 항균성을 시험하였다. 항균물질 3종의 평판배지에 배치된 상태는 그림 9 와 같다.

토마토에서 획득한 균들의 선정된 기능성 물질에 대한 항균성 정도를 알기 위하여 미생물을 각기 다른 배지에 도말한 후 5%, 10%의 원재료 물질 용액을 petri dish에 일정 간격을 두어 paper disk에 30 μ l 씩 접종하여 24시간 간격으로 배양 관찰하여 paper disk 주위에 균이 증식하지 못한 clear zone을 대조구와 비교하여 항균성 여부를 판단하였다.

(2) 천연항균물질 코팅 필름의 항균성 평가

- 재료

항균 활성이 있는 것으로 보고된 cinnamon leaf essential oil (순도 100%, (주)뉴디아, Seoul, Korea), clove bud essential oil(순도 100%, (주)뉴디아, Seoul, Korea), sage essential oil(순도 100%, (주)뉴디아, Seoul, Korea)를 항균물질로 선정하여 사용하였다.

- 사용균주 및 배지

항균시험용으로 사용된 균주는 한국미생물보존센터에서 분양 받은 그람 음성균인 E.coli KCCM 40271, 그람 양성균인 Lactobacillus plantarum ATCC 14917, 2종의 균 및 토마토균에서 발견된 곰팡이균을 채취 후 배양하여 사용하였다. 균의 배양과 접종에 사용된 배지는 Difco사의 Nutrient broth, MRS, Potato Dextrose Agar를 사용하였고 Nutrient 고체배지에 덕산 케미컬에서 구입한 Agar를 이용하였다.

- 실험방법

▪ 코팅액 제조 및 코팅 방법

각 항균 활성 특성을 가진 천연 오일 (cinnamon leaf essential oil, clove bud essential oil,

sage essential oil)의 최종 농도가 5%, 10%(v/v)가 되도록 PU 바인더에 혼합한 후 OPP필름은 200×250mm로 절단 후 제조된 코팅 액 2mL를 Automatic control coater(Comate TM 3000, Kipae Co. Ltd, Korea)와 식품포장용 코팅기기로 사용되는 bar coater(#10)를 사용하여 필름에 코팅 후 코팅된 샘플은 별도의 건조과정 없이 바로 실험에 적용했다.

▪ 실험배지 제조

접종에 사용된 배지는 Difco사의 Nutrient broth, MRS, Potato Dextrose Agar를 사용하였고 덕산 케미컬에서 구입한 Nutrient 고체배지의 Agar를 이용하였으며 각 페트리디쉬에 20mL 배지를 두어 덮개와 파라핀 필름으로 밀봉 후 항균 실험을 수행하기 까지 50C의 냉장 보관하였다.

배지	구성	적용균주
Potato Dextrose Agar	증류수 200mL + PDA 7.8g	토마토균
Nutrient Agar	증류수 200mL + nutrient 1.6g + Agar 3g	토마토균
MRS Agar	증류수 200mL + MRS 11g + Agar 3g	Lactobacillus
Nutrient Agar	증류수 200mL + nutrient 1.6g + Agar 3g	E. coli

▪ 기능성 물질 코팅 필름의 항균성 측정

준비된 균주에 대한 기능성 물질의 항균/항곰팡이성 여부를 검사하는 방법은 디스크 확산법(disc diffusion method)을 적용하였다. E.coli KCCM 40271는 Nutrient 고체배지에 200 μl, Lactobacillus plantarum ATCC 14917는 MRS 고체배지에 50μl, 토마토 곰팡이균은 Potato Dextrose, Nutrient Agar에 1백금 이를 취해 전 배지 표면에 골고루 도말, 접종하였다. 각 균주가 도말 된 배지 위에 항균물질을 코팅한 필름 3종을 일정한 간격을 두어 넣고 고정시키고 토마토 곰팡이균 은 30℃, E.coli KCCM 40271는 35℃, Lactobacillus plantarum ATCC 14917는 30℃의 incubator에 배양시켰다.

실험은 동일조건하에 3개씩 두어 실험을 하였다. 디스크 확산법의 판독은 각 균주별 24, 48, 72 시간 배양 후 기능성 물질 주변의 clear zone 생성여부와 직경을 대조구와 비교하여 항균성을 시험하였다. 항균물질 3종의 평판배지에 배치된 상태는 그림 10 과 같다.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 서론

과채류의 저장 시 품질열화 요소 중 식품 표면에서 미생물의 성장은 변패의 주요 원인 중 하나이다. 과채류 포장재 내 수분함량, 온도조건 및 산소농도에 의해 미생물의 성장이 나타나서 수출 시 문제를 일으킨다. 대부분의 오염은 내부 초기의 미생물이나 포장 후 저장, 유통 중에 개봉 후부터 외부로부터 침입한 부패 미생물에 의해 식품표면으로부터 일어난다. 부패 미생물에 의한 제품 표면이 오염되는 현상을 방지하기 위해 최근 항균물질을 적용하여 포장재로부터 제품 표면으로 서서히 방출하여 제품의 저장 수명을 연장하는 연구가 많이 이루어지고 있다.

미생물의 성장을 제어하고 식품의 유통기간을 연장시키기 위해 항균물질을 포장재에 적용하여 사용하는데 이런 항균 물질들은 대부분 합성재료를 사용해서 식품에 적용 시 문제가 따르게 된다. 합성물질이 식품으로 전이되어 안전성 문제가 발생하거나 off-flavour가 전이될 수도 있다. 또한 소비자들이 합성 첨가물에 대한 부작용을 걱정하는 등의 문제가 발생하여 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 포장재에 적용하는 항균물질을 천연항균물질로 적

용하여 안전성 문제를 해결한다.

천연항균물질은 식물 유래물질, 동물 유래물질, 미생물 유래물질로 크게 구분할 수 있다. 식물 유래물질은 향신료, 허브, 양파, 마늘, 자몽종자 등에서 얻게 되는데 이들 원료로부터 분말, 용매로 추출한 oleoresin과 수증기 증류로 얻어진 정유(essential oil) 등 다양한 형태로 항균물질을 추출한다. 동물 유래물질로는 우유 속에 존재하는 lactoferin이나 lactoperoxidase, 계란의 lysozyme, ovotransferrin avidin, ovoflavoprotein, ovomucoid, cystatin, 갑각류, 곤충류, 버섯류 및 사상균의 세포벽에 널리 분포하고 있는 키토산 등이 있다. 미생물 유래 물질로는 젓산균이 생산하는 항균 polypeptide로서 대표적인 bacteriocin 인 nisin과 pediocin, streptomyces albulus를 호기 배양한 후 배양액을 분리, 정제하여 얻은 e-polylysine 등이 있다.

표. Antimicrobial effectiveness of Spices and Herbs

Spices and Herbs	Inhibitory Effect
Cinnamon, cloves, mustard	Strong
Allspice, bay leaf, caraway, coriander, cumin, oregano, rosemary, sage, thyme	Medium
Black pepper, red pepper, ginger	Weak

천연항균물질 중 식물 유래물질인 Spices와 Herbs에는 cinnamon, clove, mustard, sage 등이 있으며 cinnamon, cloves, mustard는 높은 항균성을 나타내는 것으로 보고되고 있다.(Zaika, L. L. 1988) Spices and herbs에서 추출한 정유성분(Essential oil)내의 휘발성 물질은 강한 항균성을 나타낸다. 마늘 정유 성분으로부터 분리되는 Allicin은 gram-negative 와 gram-positive 박테리아의 성장을 억제한다. Allicin과 allyl isothiocyanate은 유향을 함유하고 있는 화합물로 양파, leeks과 chives에도 포함하고 있다. Eugenol, carvacrol과 thymol은 페놀혼합물로 계피, 정향, 세이지, 오레가노에서 발견된다. 정향에서 추출한 정유 성분에는 eugenol이 95%를 함유하고 있다.(Shelef, L. A. 1983)

표. Antimicrobial Components of Spices and Herbs

Spice / Herb	Proximate Essential Oil Content (%)	Antimicrobial Component(s)
Garlic	0.3 - 0.5	Allicin
Mustard	0.5 - 1.0	Allyl isothiocyanate
Cinnamon	0.5 - 2.0	Cinnamaldehyde, Eugenol
Cloves	16 - 18	Eugenol
Sage	0.7 - 2.0	Thymol, Eugenol
Oregano	0.8 - 0.9	Thymol, Carvacrol

계피(Cinnamomum zeylanicum, Cinnamomum cassial)의 일반성분은 수분8~11%, 정유 1~4%, 조지방 1.5~2.5%, 전회분 3.4~5.0%, 조섬유 20~35%, 단백질 3~5%, 전분 16~22%, 기타 점액질 탄수화물, 탄닌(2%이상), 고무질 등도 함유되어 있다. 지금까지 밝혀진 계피의 성분으로는 cinnamic aldehyde가 주성분으로 알려져 있다. 미생물 생육억제 작용에 관하여 계피의 phenol화합물이 항균력을 나타내며 alkyl group의 크기가 클수록 활성이 높다고 보고되고 있다. 계피정유 성분 중 cavacrol은 Escherichia coli와 Staphylococcus,

Streptomyces faecium의 생육을 저해하는 것으로 보고되고 있으며, 계피 열수추출물과 methanol 추출물에도 저해항균작용이 있다고 하였다. 계피 정유성분은 진드기나 Dermatophagoides pteronyssinus등의 집벌레에 대한 살포작용, clostridium botulinum의 발아와 성장 저해작용이 있으며 cinnamic aldehyde는 Human KB cell과 효모인 Sacch aromyces의 활성을 저해한다고 알려져 있다.(김우정, 2001)




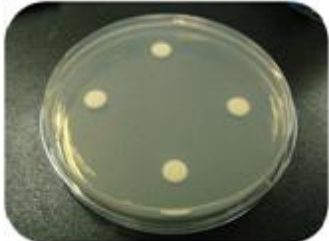


본 연구에서는 미생물 억제 효과가 높은 천연항균물질인 cinnamon essential oil, clove essential oil, sage essential oil을 선정하여 실험에 사용했다.

(2) 천연항균물질 원재료의 항균성 평가

(가) 5% 기능성 물질의 항균성 측정

천연항균물질인 Cinnamon, clove, sage의 농도에 따른 항균/항곰팡이성을 측정하기 위해 토마토 곰팡이 균과 E.coli, Lactobacillus 균주의 성장속도를 근거로 실험을 진행하였다. 우선 5%의 천연항균물질 3종의 원재료의 항균성을 파악하기 위한 연구에서 토마토에서 채취한 푸른색의 토마토균(nutrient 배지, PDA 배지)과 흰색의 균(nutrient 배지, PDA 배지)에 대한 Cinnamon 원재료에 대한 항균성은 72시간 경과 후에도 clear zone이 관찰됨에 따라 높은 항균력이 있는 것으로 판단된다. 특히 흰색, 푸른색곰팡이(PDA 배지)에 대하여 Cinnamon이 접종된 주위에 약2.5~3mm 정도의 clear zone 이 관찰이 되어 가장 높은 항균 효과를 관찰 할 수 있었다. 토마토에서 자주 발생하는 흰색 곰팡이균과 푸른색 곰팡이균에 대한 Cinnamon의 항균성이 매우 높아 토마토 포장재에 적용 가능성이 높게 예측 할 수 있었다. 또 푸른색의 토마토균(nutrient 배지)과 흰색의 균(nutrient 배지, PDA 배지)에 대한 Clove 원재료의 항균성도 관찰하였으며, sage 원재료는 흰색 토마토균(PDA 배지)에 대한 clear zone만이 관찰 할 수 있었다. 이들의 항균성은 cinnamon > clove > sage의 순서로 나타났으며 cinnamon은 토마토 곰팡이균에 대한 강한 항균활성을 나타냈다.

표. Antimicrobial activities of the fractions from 5% functional materials

시간 배지	24hour	48hour	72hour
흰색 토마토 곰팡이			
nutrient			
PDA			
푸른색 토마토 곰팡이			

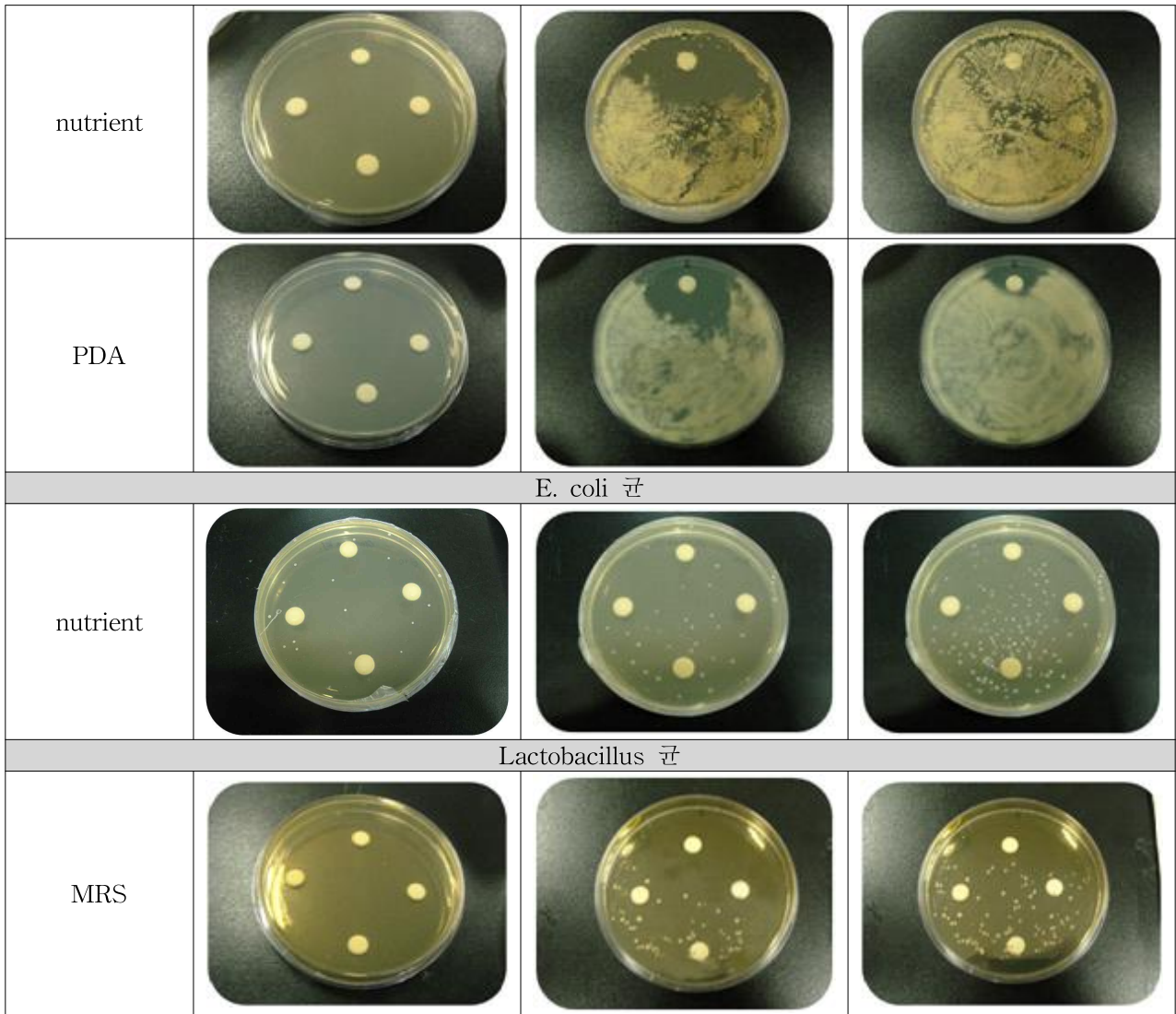


표. Evaluation of antimicrobial activities of each strains for 5% functional materials

균주 원재료	토마토 흰색균 (nutrient)	토마토 흰색균 (PDA)	토마토 푸른색균 (nutrient)	토마토 푸른색균 (PDA)	E. coli 균 (nutrient)	Lactobacillus 균 (MRS)
에틸알콜	-	-	-	-	-	-
cinnamon	+	++	+	++	-	-
clove	+	+	+	-	-	-
sage	-	+	-	-	-	-

- : no reaction, + : clear zone of 1.0~2.5 mm, ++ : clear zone of 2.5~5.0 mm

(2) 10% 기능성 물질의 항균성 측정

10%의 천연항균물질의 항균성은 5% 농도와 비슷한 항균효과 양상을 보였다. cinnamon 10%의 경우도 푸른색의 토마토균(nutrient 배지, PDA 배지)과 흰색의 균(nutrient 배지, PDA 배지)에 대한 72시간 후에도 여전히 항균효과가 있음을 확인 할 수 있었으며, 또 흰색, 푸른색곰팡이(PDA 배지)에 대하여 Cinnamon이 접종된 주위에 약3~3.5mm 정도의 clear zone 이 관찰이 되어 5% 농도보다 높은 항균효과를 관찰 할 수 있었다. 또한 clove 와 sage에서도 clear zone을 관찰 할 수 있었는데 푸른색의 토마토균(nutrient 배지)과 흰

색의 균(nutrient 배지, PDA 배지)에서 clove의 항균성이 확인되었으며, 흰색 토마토 곰팡이 균(PDA 배지)에서 큰 항균활성을 볼 수 있었다. sage의 경우에도 푸른색의 토마토균(nutrient 배지)과 흰색의 균(PDA 배지)에서 clear zone을 관찰 할 수 있었는데 그 효과가 미비하게 나타났다.

표. Antimicrobial activities of the fractions from 10% functional materials

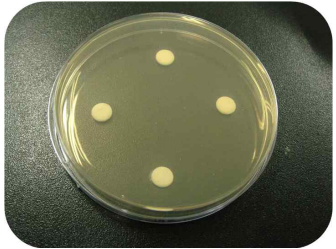

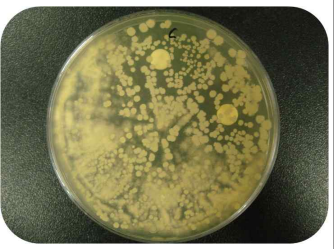





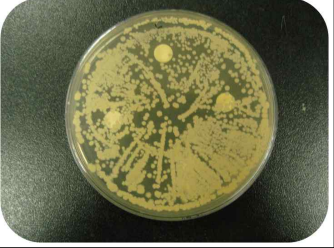




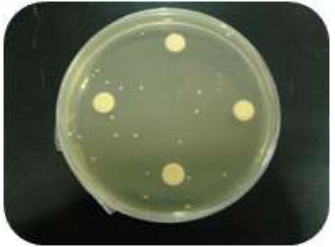

시간 배지	24hour	48hour	72hour
흰색 토마토 곰팡이			
nutrient			
PDA			
푸른색 토마토 곰팡이			
nutrient			
PDA			
E. coli 균			
nutrient			
Lactobacillus 균			



표. Evaluation of antimicrobial activities of each strains for 10% functional materials

균주 원재료	토마토 흰색균 (nutrient)	토마토 흰색균 (PDA)	토마토 푸른색균 (nutrient)	토마토 푸른색균 (PDA)	E. coli 균 (nutrient)	Lactobacillus 균 (MRS)
에틸알콜	-	-	-	-	-	-
cinnamon	+	++	+	++	+	-
clove	+	++	+	-	+	-
sage	-	+	+	-	-	-

- : no reaction, + : clear zone of 1.0~2.5 mm, ++ : clear zone of 2.5~5.0 mm

(3) 5% 기능성 물질 코팅 필름의 항균성 측정

5% 천연항균물질 코팅 필름의 항균성은 72시간 뒤 관찰되지 못했는데 이는 천연항균물질 자체가 휘발성 물질이고 농도가 적어 필름에 코팅한 뒤 흡착을 이루지 못하고 항균력이 오랜 시간 동안 지속되지 못하고 짧은 시간 안에 휘발되어 버렸다.

표. Antimicrobial activities of the fractions from 5% functional films

시간 배지	24hour	48hour	72hour
흰색 토마토 곰팡이			
nutrient			
PDA			
푸른색 토마토 곰팡이			

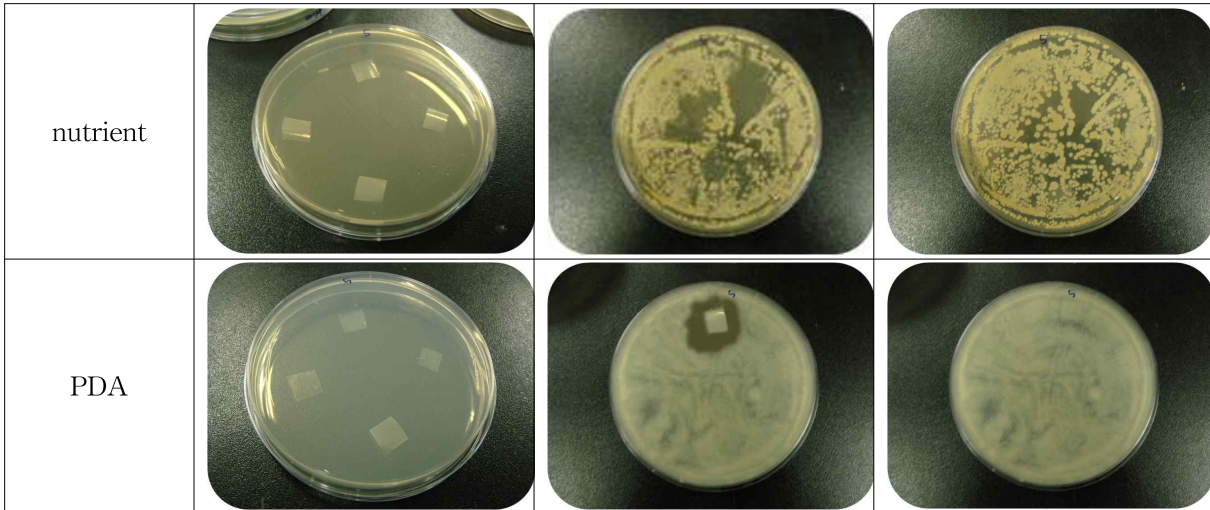


표. Evaluation of antimicrobial activities of each strains for 5% functional films at 72hrs

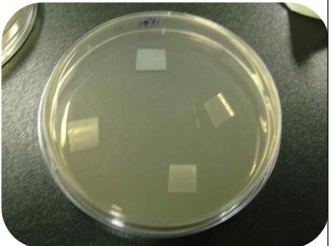
균주 원재료	토마토 흰색균 (nutrient)	토마토 흰색균 (PDA)	토마토 푸른색균 (nutrient)	토마토 푸른색균 (PDA)
OPP	-	-	-	-
cinnamon	-	-	-	-
clove	-	-	-	-
sage	-	-	-	-

- : no reaction, + : clear zone of 1.0~2.5 mm, ++ : clear zone of 2.5~5.0 mm

(4) 10% 기능성 물질 코팅 필름의 항균성 측정

천연항균물질을 10% 함유하고 있는 필름의 항균효과를 측정한 결과 cinnamon 코팅필름에서만 그 효과를 관찰 할 수 있었다. 계피 추출물은 미생물의 증식억제기능을 가지며, 특히 곰팡이류의 증식을 효과적으로 억제한다는 연구보고가 나와 있으며, 특히 cinnamon essential oil의 성분 중 cinnamic aldehyde가 미생물에 대한 항균력을 가진다는 연구가 있다. 본 실험에서도 cinnamon의 항균성이 가장 큰 것으로 나타났으며 특히 곰팡이류의 증식 억제작용을 하는 것을 볼 수 있었다. 또 필름에 코팅하였을 때 도 그 항균효과를 유지하는 것을 확인할 수 있었다.

Table. 9 Antimicrobial activities of the fractions from 10% functional films

시간 배지	24hour	48hour	72hour
흰색 토마토 곰팡이			
nutrient			

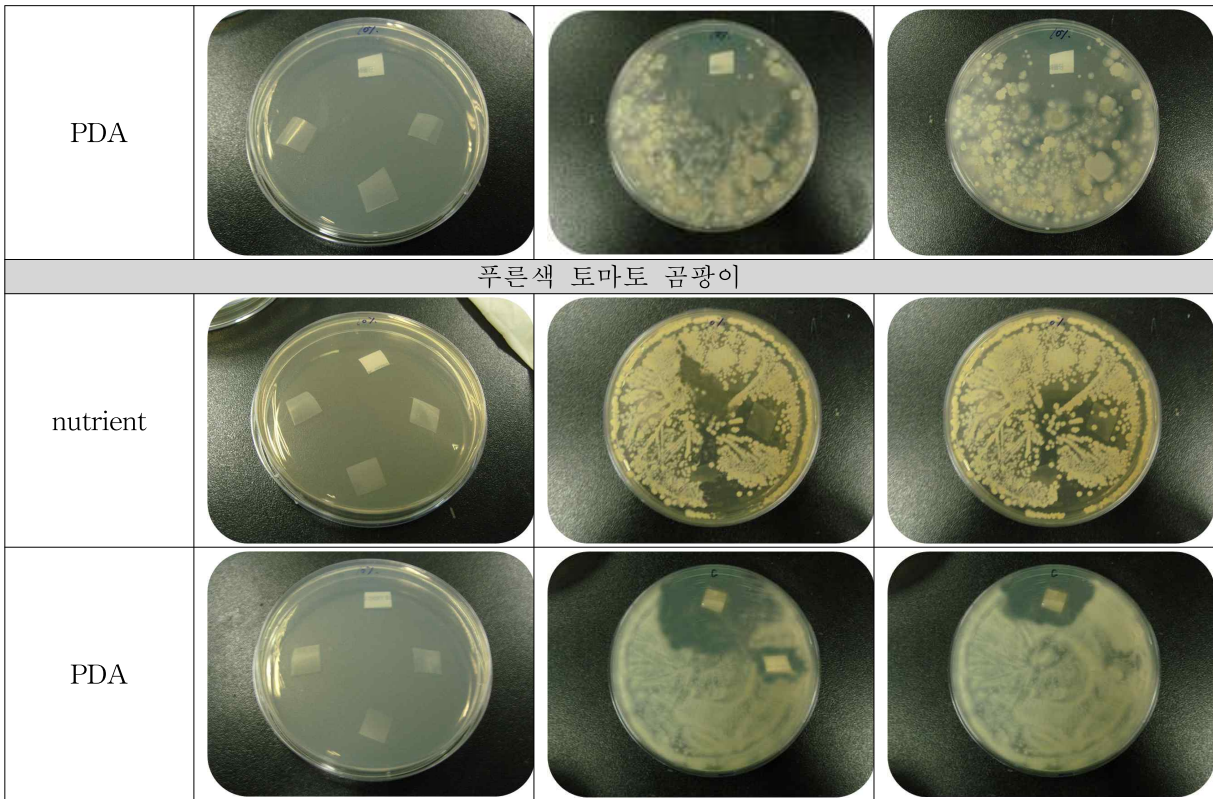


Table. 10 Evaluation of antimicrobial activities of each strains for 10% functional films at 72hrs

원재료 \ 균주	토마토 흰색균 (nutrient)	토마토 흰색균 (PDA)	토마토 푸른색균 (nutrient)	토마토 푸른색균 (PDA)
OPP	-	-	-	-
cinnamon	-	++	-	++
clove	-	-	-	-
sage	-	-	-	-

- : no reaction, + : clear zone of 1.0~2.5 mm, ++ : clear zone of 2.5~5.0 mm

(5) 결론

천연항균물질을 적용한 포장재의 항균성 측정 결과 cinnamon essential oil이 가장 높은 항균활성을 가지는 것을 관찰 할 수 있었다. cinnamon essential oil, clove essential oil, sage essential oil을 가지고 원재료의 농도 5%와 10%의 항균활성을 평가하였는데, 5%의 농도에서는 cinnamon essential oil이 토마토 곰팡이 모두에 대한 항균활성이 큰 것으로 나타났다. 그 다음으로는 clove essential oil과 sage essential oil 순서로 나타났다. 농도 10%에서도 유사한 결과를 관찰 할 수 있었다. cinnamon essential oil은 높은 항균활성과 향산화성을 가지고 있는 천연물질로 식품에 전이가 되어도 안전성을 가지며 미생물, 또는 곰팡이에 대한 성장억제 기능을 함유하고 있다. 때문에 본 연구에서 토마토의 곰팡이 억제를 위해 필름에 코팅을 하여 항균성을 관찰 하였다. cinnamon essential oil은 휘발성 물질로 향미 성분이 사라지게 되면 항균성이 낮아지게 되는데, 필름에 코팅을 했을 때 필름표면으로 흡착이 제대로 이루어지지 않아 5%의 낮은 농도에서는 그 항균효과를 찾아 볼 수 없었다. 하지만 농도 10%로 코팅한 필름에서는 토마토 흰색 곰팡이와 푸른색 곰팡이 모두에서 강한 항균활성을 보여 그 효과를 검증할 수 있었다.

3. 향균물질을 코팅한 MA 포장재 적용 기술 연구

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2009. 08. 19

나. 연구방법

(1) 향균물질을 코팅한 MA 포장재의 물성평가

- 재료

일반 OPP필름과 (주)한진피엔씨(가산동, 서울)에서 제작된 OPP필름을 NPT(Nano-Printing Technique)방식으로 천공하여 산소투과율 20만, 30만 미세천공필름(Micro-perforated film), 그리고 향균 활성이 높은 것으로 확인된 cinnamon leaf essential oil (순도 100%, (주)뉴디아, 서울) 10%(v/v)를 코팅한 필름을 사용하였다. cinnamon leaf essential oil (순도 100%, (주)뉴디아, 서울) 10%(v/v)가 되도록 PU 바인더에 혼합한 후 제조된 코팅 액 2ml를 Automatic control coater(Comate TM 3000, Kipae Co. Ltd, Korea)와 bar coater(#10)를 사용하여 천공필름에 코팅 후 코팅된 샘플은 별도의 건조과정 없이 바로 실험에 적용했다.

- 시험방법

▪ 인장강도 및 신장률

UTM(대경테크(주), 인천, 한국)을 사용하여 KS M 3006 플라스틱 인장성 측정 방법에 따라 측정하였다. 시편은 KS M ISO 527-3에 따라 전체 길이 115mm, 폭 25mm, 좁은 평행 부분 길이 34mm, 좁은 평행 부분 폭 6mm로 필름을 절단하여 속도 20mm/min으로 4회 반복하여 측정하였다.

▪ 필름표면분석

전자 현미경 Xi-cam(Bestecvision, 경기도, 한국)을 사용하여 필름 천공 hole 사이즈와 hole 사이의 간격, 향균물질 코팅 상태 등을 관찰하였다. 배율은 50배, 300배의 렌즈를 이용하여 관찰하였다.

(2) 향균물질을 코팅한 MA 포장재의 선도유지평가

- 재료

논산 (주)팜슨에서 구입한 송이토마토 '아모로소' 품종을 가지고 선도유지 평가 실험을 수행하였다.

- 향균 MA포장재

(주)한진피엔씨(서울)에서 제작한 산소투과율 20만, 30만 OPP 미세천공필름에, 향균 활성이 높은 것으로 확인된 cinnamon leaf essential oil (순도 100%, (주)뉴디아, Seoul, Korea) 10%(v/v)를 코팅하였다. cinnamon leaf essential oil (순도 100%, (주)뉴디아, Seoul, Korea) 10%(v/v)가 되도록 PU 바인더에 혼합한 후 제조된 코팅 액 2ml를 Automatic control coater(Comate TM 3000, Kipae Co. Ltd, Korea)와 bar coater(#10)를 사용하여 천공필름에 코팅 후 코팅된 샘플은 별도의 건조과정 없이 바로 실험에 적용했다.

- 저장방법

송이토마토 적용 포장재는 무포장된 대조구, 일반 다공 OPP필름, 10% cinnamon leaf essential oil 코팅 천공 20만 OPP필름, 10% cinnamon leaf essential oil 코팅 천공 30만 OPP필름을 저장온도는 15℃, 35℃에 7일간 저장하였다.

- 품질평가 항목

송이토마토의 품질평가 항목으로 중량감소율, 색도변화, 가용성 고형분 함량변화, 경도변화, 라이코펜 함량변화, 외관부패율을 측정하였다. 측정은 2일 간격으로 7일 동안 측정하였으며 15회 반복실험 하였다.

▪ 중량감소율

중량 감소율은 디지털 전자 밸런스 (CAS, Model: MW-II)를 사용하여 참외의 저장초기의 중량에서 측정 시 중량을 뺀 저장 중의 감량을 백분율 (%)로 나타내었다.

▪ 경도변화

경도의 변화는 직경 5mm의 probe를 장착한 휴대용 경도계(Nippon Optical Works Co., LTD, Model FHR-5, Japan)를 사용하여 과일 내부 쪽으로 10mm 삽입할 때 나타나는 저항 값의 최댓값을 Kgf로 나타내었다.

▪ 가용성 고형분 함량 변화

가용성 고형분의 함량은 시료의 과육을 마쇄기로 마쇄한 후 마쇄액의 일부를 굴절 당도계 (Mater-M, Atago Co., japan)로 측정하여 Brix로 나타내었다.

▪ 라이코펜 함량 변화

라이코펜 함량은 Nagata & Yamashita(1992)와 같은 방법으로 분석하였다. 추출물 100mg 에 hexane:acetone=6:4인 혼합용매를 10ml가하여 1분간 잘 섞어주고 Whatman No. 4 Filter paper로 여과한다. 흡광도 453, 505와 663nm를 측정하여 라이코펜 함량을 측정하였다.

$$\text{Lycopene (mg/100mL)} = -0.0458 \times A_{663} + 0.372 \times A_{505} - 0.0806 \times A_{453}$$

▪ 포장재 내 기체농도 측정

Headspace Analyser(PBI-Dansensor America Inc. check point)를 이용하여 포장재 내의 O₂, CO₂ 농도를 측정하였다.

▪ 외관부패율 측정

각 저장구에 대한 외관품질 변화는 토마토의 외관상 변색 및 부패 등을 관찰한 후 5 단계 평가 기준 (5=very good, 4=good, 3=fair, 2=poor, 1=very poor)으로 평가하였으며, 평가 기준의 3단계 까지 저장 수명의 한계성을 설정하여 그 이하는 상품성을 잃은 것으로 판정하였다. 또한 부패과 발생률 측정은 토마토 과피에 곰팡이가 발생 및 수침되면 부패과로 보았으며 조사된 시료에 대하여 부패과를 전체 시료에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 서론

수출 포장 시 국내 토마토는 높은 품질을 가지고 있음에도 불구하고 유통과정에서 그 선도를 유지하지 못하고 토마토의 호흡률 증가와 에틸렌 가스 발생, 증산작용 등으로 노화, 연화, 곰팡이 발생 등의 품질열화가 발생하여 상품가치가 떨어지게 된다. 이러한 토마토의 신선도 저하를 억제하기 위해 포장재를 이용한 토마토의 품질유지효과를 높이는 기능을 부여하기 위한 연구를 진행하고 있는데 아직 기능성 포장재를 적용하여 상품화시켜 유통시키지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 토마토의 선도를 유지할 수 있는 기능성 포장재를 적용하여 수출 유통 시 발생하는 품질열화를 억제하기위한 연구를 진행하였다. 기능성 MA 포장재에 대한 연구는

국내외로 활발하게 이루어지고 있는데 토마토 적용 시 최적의 조건을 확립할 수 있는 기능성 천공필름의 연구는 아직 미흡한 상태이다. 때문에 토마토를 적용한 천공 필름의 효과를 알아보고 토마토의 신선도를 최적으로 유지할 수 있는 천공 필름 투과도 연구를 실시하였다. 이를 통해 산소투과도 20만, 30만 천공 필름에서 토마토의 신선도를 최적으로 유지할 수 있는 것을 관찰할 수 있었다. 하지만 천공필름 시 포장재 내에 곰팡이가 발생하여 선도를 저하시키는 문제가 발생하여 이를 보완하기 위해 천공필름 내에 천연항균물질을 코팅하여 토마토 표면에서 발생하는 곰팡이를 억제할 수 있는 연구를 진행하였다. 천연항균물질의 경우 cinnamon essential oil에서 최적의 항균활성을 나타낸 것을 확인할 수 있었는데 토마토 곰팡이에 대한 항균활성이 높게 나타나 토마토 표면에 곰팡이를 억제할 수 있는 것으로 관찰되었다. 토마토의 호흡률을 고려하여 포장재 내 최적의 기체조성을 유지하는 천공필름에 토마토 곰팡이에 대한 항균활성이 높은 천연항균물질을 적용하여 토마토의 신선도를 높게 보존할 수 있는 기능성 포장재를 이용하여 토마토의 선도유지 효과를 평가하였다.

(2) 항균물질을 코팅한 MA 포장재의 물성평가

(가) 인장강도 및 신장률

천공필름과 항균물질을 코팅한 필름의 인장강도를 측정한 결과 일반 OPP필름보다 천공을 한 필름에서 인장강도가 약간 높은 수치를 나타냈으며 천공필름에 항균물질을 코팅한 필름의 경우 천공필름과 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 신장률의 경우 일반 OPP필름이 7.26±2.292%인 반면 천공필름 20만은 23.56±1.680%로 더 높은 수치를 나타냈다. 천공개수가 많아질수록 신장률은 높아지는 것을 볼 수 있었으며 항균물질을 코팅한 천공필름과 일반 천공필름 사이의 신장률은 큰 차이를 보이지 않아 항균코팅이 필름의 물성에 큰 영향을 주지 않는 것을 관찰 할 수 있었다.

표. Data in the tensile strength and elongation of functional films

	일반 OPP필름	천공20만필름	천공30만필름	항균천공20만필름	항균천공30만필름
인장강도 (kgf/mm ²)	0.25±0.015	0.35±0.042	0.31±0.011	0.32±0.045	0.34±0.021
신장율(%)	7.26±2.292	23.56±1.680	31.35±3.821	25.13±0.9855	31.24±1.2365

(나) 필름표면분석

천공필름의 표면을 전자현미경을 통해 관찰한 결과 천공 hole의 크기는 가로 125.82μm, 세로 87.63μm의 크기로 직사각형 형태의 구멍을 가지고 있었다. 또한 천공 20만 필름의 표면을 분석한 결과 hole 사이의 거리는 3632.18μm로 간격별로 hole이 정렬되어 있는 구조로 이루어져 있었다. 천공 30만 필름의 hole 사이의 간격은 1034.48μm, 폭은 2528.73μm로 이루어져 있었다. 천공필름의 산소투과도량의 차이는 hole의 간격과 개수로 이루어져 있음을 할 수 있었다. 항균코팅 필름 표면은 코팅액이 약간은 뭉쳐있었지만 대체적으로 고른 형태로 코팅되어 있었다.

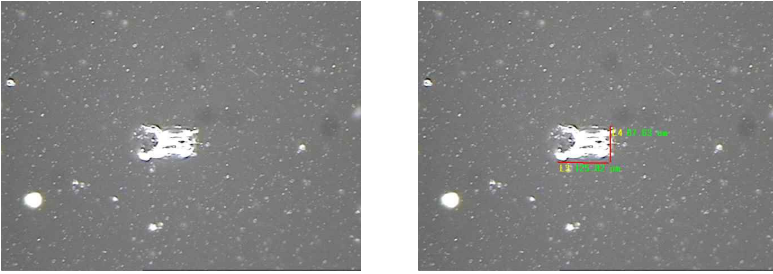


그림 59. The surface hole structure of microperforated films($\times 300$)

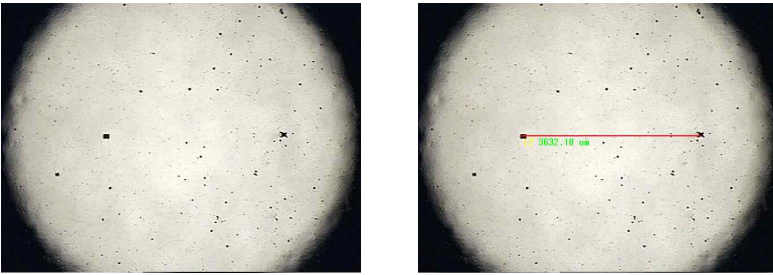


그림 60. The surface structure of 200 thousand microperforated films($\times 50$)

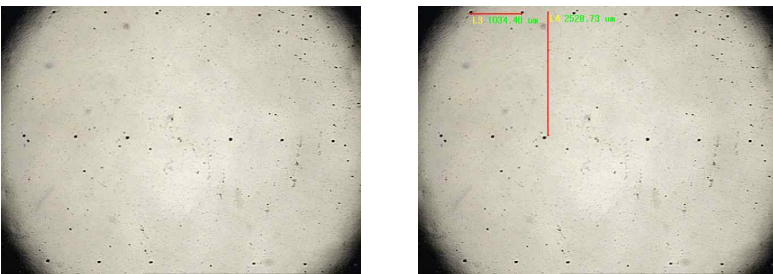


그림 61. The surface structure of 300 thousand microperforated films($\times 50$)

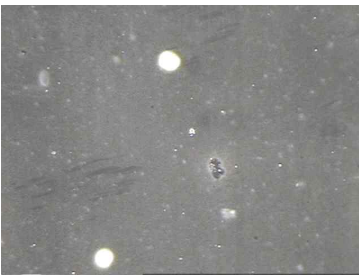


그림 62. The surface structure of antimicrobial coated films($\times 300$)

(3) 항균물질을 코팅한 MA 포장재의 선도유지평가

항균물질을 코팅한 미세천공필름의 토마토 선도유지를 확인하기 위해 품질평가를 실시한 결과, 15°C에서 중량감소율은 대조구에서 저장 7일째 8.9%로 가장 높은 감소율을 보였으며 산소투과율이 20만, 30만 항균미세천공필름은 모두 0.4%의 낮은 감소율을 보였다.(그림 62) 미세천공 포장재가 증산작용을 억제하여 수분손실을 막아주어 시들음 등의 품질변화를 보호하는 것을 보여주었다. 35°C에 저장한 경우에도 이와 유사한 경향을 보이며 항균 코팅 미세천공 포장재에서 토마토의 수분손실을 억제하는 것을 관찰 할 수 있었다.(그림 63) 온도변화의 경우 포장재 별로 뚜렷한 품질변화를 관찰 할 수 있었는데, 15°C에 저장한 토마

토의 경우 대조구에서 저장 7일째 1.3kgf로 초기 2.1kgf의 정도보다 크게 낮아진 것을 관찰 하였다. 다공필름에서도 1.6kgf로 토마토의 과육이 많이 물러지는 것을 볼 수 있었으나, 항균미세천공필름 20만과 30만은 2.1kgf, 2.0kgf로 초기 과육의 정도를 유지하는 현상을 관찰 할 수 있었다.(그림 64) 이는 미세천공필름을 적용하여 MA 포장재 내에서 토마토의 호흡을 조절해 연화를 억제하여 초기 신선도를 유지되게 한 것으로 보인다. 35℃에서는 고온의 온도조건이 호흡을 활성화시켜 과육의 연화를 가져와 대체적으로 15℃의 정도보다 더 낮은 현상을 유지하는 것을 볼 수 있었지만, 항균미세천공필름 20만과 30만에서는 1.8kgf, 1.9kgf로 초기 정도 값을 유지하는 것을 볼 수 있었다.(그림 65) 가용성 고형분 함량변화는 15℃와 35℃ 모두 큰 변화량을 찾을 수 없었으며, 35℃에서 대조구의 함량이 다소 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다.(그림 66, 그림 67) 35℃에서 대조구의 가용성 고형분 함량이 다소 증가한 것은 토마토의 수분손실로 인해 토마토 내 가용성 고형분 비율이 높아져서 이러한 현상이 나타난 것으로 보인다. 라이코펜 함량의 경우 15℃에서는 포장재 별로 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 모든 포장구에서 초기 값보다 다소 증가하는 경향을 보였으며, 35℃에서도 이와 비슷한 경향을 보였다.(그림 68, 그림 69) 15℃에서 포장재 내 기체 조성의 경우 저장 3일째 농도변화가 없이 일정하게 유지되는 것을 관찰 할 수 있었는데 다공필름의 산소농도는 $9\pm 0.5\%$, 이산화탄소농도는 $2.5\pm 0.4\%$ 를 유지하며, 항균미세천공필름 20만은 산소농도 $5\pm 0.5\%$, 이산화탄소농도 $5.3\pm 0.3\%$, 항균미세천공필름 30만은 산소농도 $4.8\pm 0.5\%$, 이산화탄소 $4.3\pm 0.3\%$ 를 유지하는 것으로 나타났다.(그림 70, 그림 71) 35℃에서는 저장 2일째 일정한 농도를 유지하게 되었는데 호흡이 크게 발생하여 다공필름은 산소농도 $8.5\pm 0.5\%$, 이산화탄소 농도 $3\pm 0.5\%$, 항균 MA 필름 20만은 산소농도 $3.2\pm 0.5\%$, 이산화탄소농도 $4.5\pm 0.5\%$, 항균미세천공필름 30만은 산소농도 $3.5\pm 0.5\%$, 이산화탄소 $4\pm 0.5\%$ 를 유지하는 것으로 나타났다.(그림 72, 그림 73) MAP 포장재 내 토마토의 최적의 기체농도는 산소3-5%, 이산화탄소3-5%를 유지하는 것이라고 나타난 연구결과와 비교하였을 때 항균미세천공필름 포장재 내 기체농도가 이와 유사하게 나타나서 높은 선도유지를 나타낸 것으로 볼 수 있다. 외관부패율의 경우, 15℃에서는 다공필름이 저장 7일째 31.2%로 가장 높은 부패율을 보였으며 대조구가 23.5%, 항균미세천공필름 20만이 3.3%, 항균미세천공필름 30만이 0%의 부패율을 보였다.(그림 74) 다공필름에서는 곰팡이가 발생하거나 시들어져서 선도가 저하되는 것을 관찰 할 수 있었으나 항균미세천공필름에서는 항균물질 코팅을 통해 포장재 내부에 곰팡이가 발생하여 선도를 저하하는 품질열화가 관찰되지 않았다. 35℃에 저장한 토마토의 경우 더욱 높은 부패율을 관찰 할 수 있었는데, 다공필름에서는 51.2%, 대조구 34.2%, 항균미세천공필름 20만 3.3%, 항균미세천공필름 30만 3.3%의 외관부패율이 나타났다.(그림 75) 고온에서 토마토의 생리활성이 활발해져 다공필름내의 토마토는 곰팡이가 높게 발생하는 것을 관찰 할 수 있었으며 무름, 터짐 등의 품질열화가 발생하였다. 반면에 항균미세천공포장재에 저장한 토마토의 경우 cinnamon의 항균활성으로 인해 곰팡이를 억제하며 미세천공필름으로 인해 과실의 숙성에 영향을 미치는 호흡을 억제할 수 있어 높은 선도유지를 관찰 할 수 있었다. 항균물질을 코팅하지 않은 천공필름의 경우 저장 6일 이후 곰팡이가 발생하여 토마토의 상품성을 감소시키는 현상이 나타났으나 천연항균물질을 미세천공포장재에 적용하여 품질평가를 실시한 결과 곰팡이의 발생을 억제시키고 호흡조절을 통해 토마토의 초기 선도를 유지함으로써 높은 품질효과를 관찰 할 수 있었다.

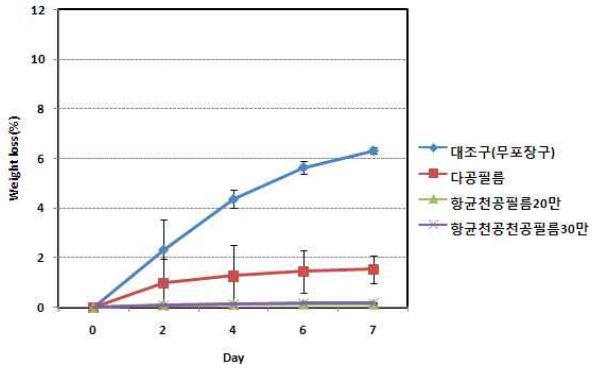


그림 63. Change in the weight loss of maturity 100% tomato during storage at 15°C

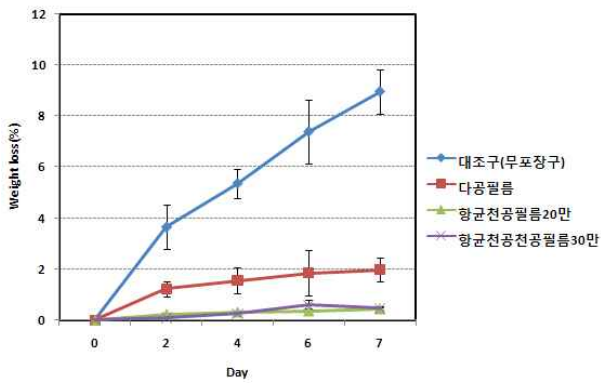


그림 64. Change in the weight loss of maturity 100% tomato during storage at 35°C

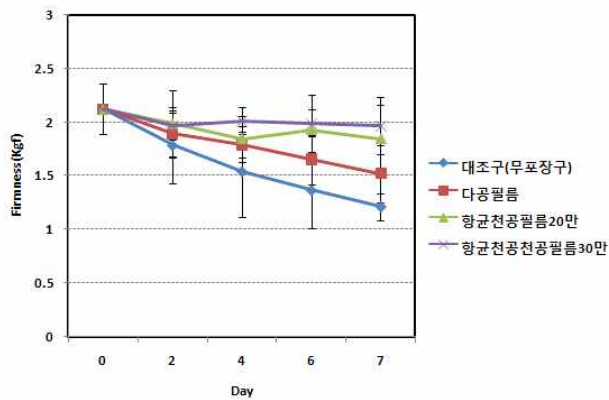


그림 65. Change in the firmness of maturity 100% tomato during storage at 35°C

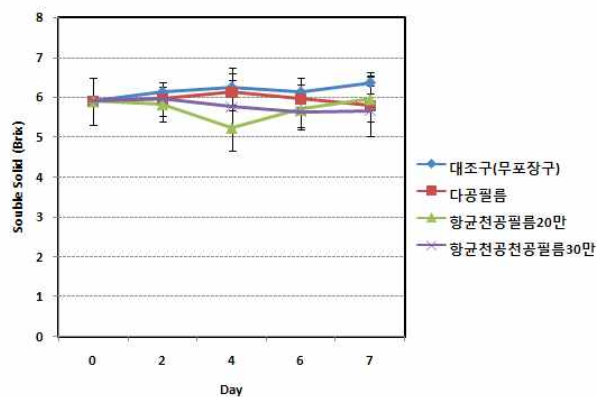


그림 66. Change in the soluble solids of maturity 100% tomato during storage at 15°C

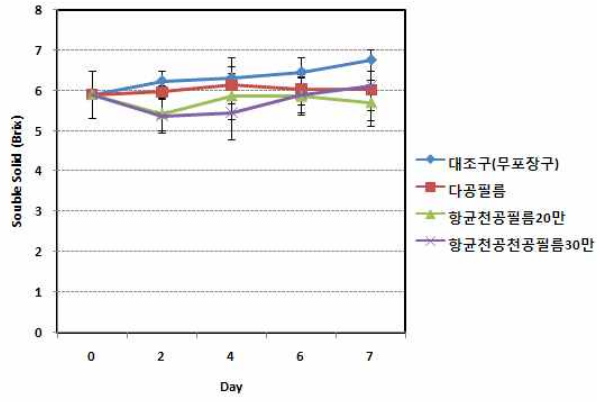


그림 67. Change in the soluble solids of maturity 100% tomato during storage at 35°C

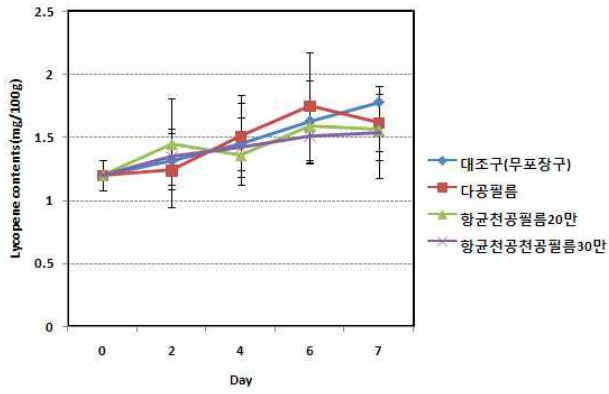


그림 68. Change in the lycopene contents of maturity 100% tomato during storage at 15°C

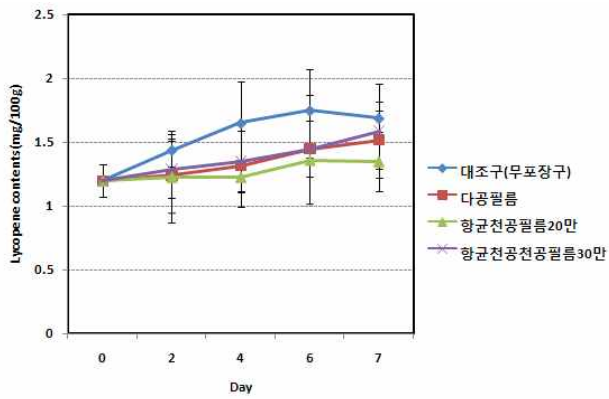


그림 69. Change in the lycopene contents of maturity 100% tomato during storage at 35°C

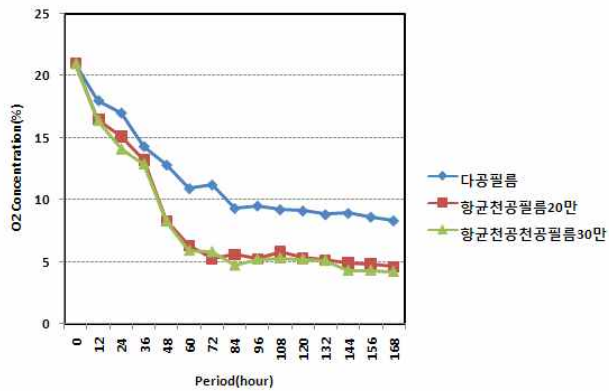


그림 70. Changes in packaging on the O₂ concentration of maturity 100% tomato during storage at 15°C

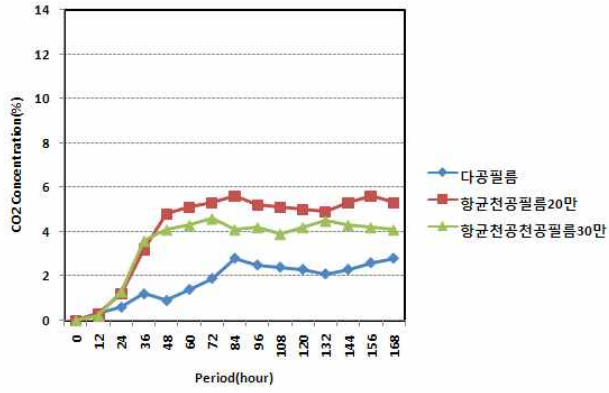


그림 71. Changes in packaging on the CO₂ concentration of maturity 100% tomato during storage at 15°C

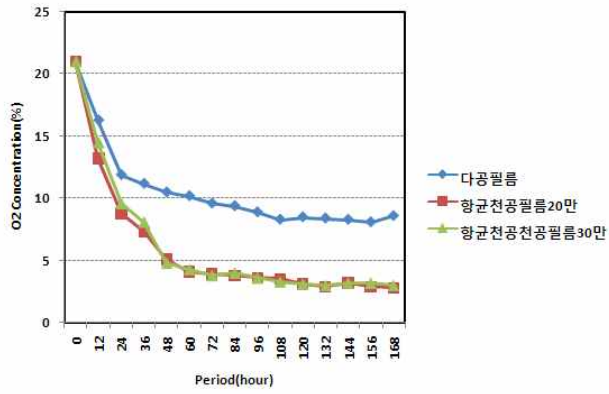


그림 72. Changes in packaging on the O₂ concentration of maturity 100% tomato during storage at 35°C

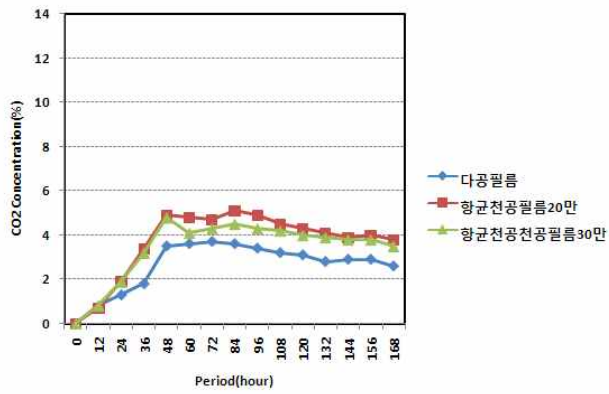


그림 73. Changes in packaging on the CO₂ concentration of maturity 100% tomato during storage at 35°C

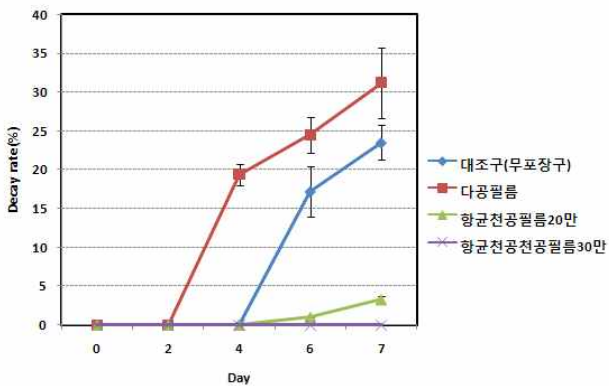


그림 74. Changes in decay ratio of maturity 100% tomato during storage at 15°C

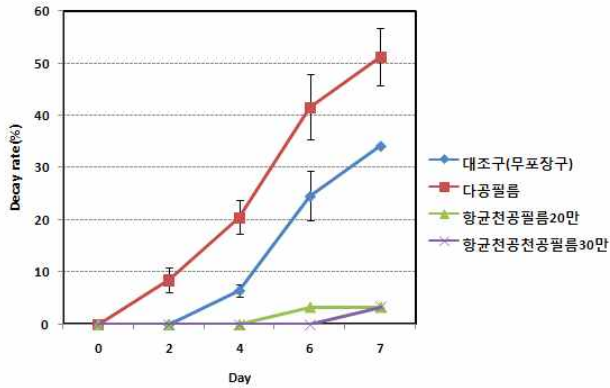


그림 75. Changes in decay ratio of maturity 100% tomato during storage at 35°C

(4) 결론

국내 수확 후 토마토의 선도유지를 위한 포장재 개발에 대한 연구를 진행한 결과, 토마토의 생리적 호흡을 억제하며 곰팡이 발생을 최소화하기 위한 향균물질 코팅 MA 포장재를 개발하였다. 수출 시 유통과정에서 외부환경에 의해 토마토의 생리활성이 급속하게 증가하여 호흡률증가, 에틸렌 발생, 증산작용 등의 선도를 저하시키는 반응이 발생하여 고품질의 국내 토마토의 상품성 저하를 촉진시켜 이를 개선하기 위해 기능성 포장재를 적용한 선도유지 기술 연구를 진행하였다. 수출 유통 중 토마토의 품질을 저하시키는 가장 큰 변패요인이 토마토의 호흡으로 인해 과실의 추숙, 노화, 연화 등의 품질열화로 이를 개선하기 위한 최적의 포장기술로 미세천공 필름을 적용한 MA포장재 개발에 주안점을 두었다. MA 포장재의 경우 토마토 포장재 내 기체조성을 조절하여 호흡이 급증하는 것을 억제해주는 역할을 하여 선도유지효과를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 토마토 호흡억제를 위한 최적의 기체조성을 유지하는 천공필름 투과도를 측정하여 토마토의 품질유지 평가를 실시한 결과, 산소투과도가 20만에서 30만 사이의 천공필름에서 토마토의 선도를 가장 높게 유지하는 것으로 나타났다. 하지만 천공필름으로 토마토를 포장하여 저장 할 경우 곰팡이 발생으로 인해 상품성을 떨어트리는 문제가 발생하여 이를 보완하고자 천연향균물질을 천공필름에 코팅하여 그 효과를 관찰하였다. 천연향균물질인 cinnamon essential oil, clove essential oil, sage essential oil을 이용하여 토마토 곰팡이균에 대한 향균성 평가를 실시한 결과 cinnamon essential oil에서 가장 높은 향균성을 관찰 할 수 있었다. 토마토 곰팡이 균에 대한 높은 향균활성을 가지고 있는 10% cinnamon essential oil을 천공필름에 코팅하여 선도유지 평가를 실시한 결과, 15°C 온도에서 저장한 향균 MA 필름 30만에서는 저장 7일째 까지 외관부패율이 발생하지 않아 높은 선도유지효과를 관찰 할 수 있었다. 35°C의 경우에도 토마토 생리활성 높이는 조건을 가지고 있지만 향균 MA 필름 30만에서는 저장 7일째 3.3%의 외관부패율을 나타내 기능성 포장재의 높은 신선도 유지 효과를 확인 할 수 있었다. 토마토 수출 시 여러 가지 외부환경에 의해 토마토의 품질열화를 초래하지만 향균물질을 코팅한 MA 천공필름을 적용할 경우 유통기한을 연장하여 토마토의 신선도를 증대시켜 국내 토마토의 상품가치 향상과 수출 활성화를 도모하는데 기인할 것으로 예상된다.

4. 신선 토마토 수출용 포장재 특성 분석 및 사용 실태 조사

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2011. 01. 19

나. 연구방법

(1) 토마토 수출업체를 통한 포장재 수집 및 분석

국내 주요 토마토 수출업체의 명단 확보를 위하여 토마토 수출 사업단에서 제공한 국내 토마토 수출업체 목록을 기반으로 연세대에서 국내 수출 토마토 포장재 현황 분석 내용을 포함한 설문지를 가지고 전화 및 E-mail을 이용한 설문조사 가능 여부와 동시에 샘플 요청하였다. 토마토수출연구사업단에서 제공한 국내 토마토 수출업체 목록으로 설문조사 및 사전 현장 자료조사 그리고 현재 유통에 사용 중인 포장재에 대한 조사를 병행하였다.

(2) 토마토 수출 유통 환경조사

수출 토마토의 유통 경로 및 유통 환경을 조사하기 위해, 수출 포장재 설문 내용을 설계하였으며, 이를 수출업체에게 전화 및 팩스, E-mail을 이용하여, 설계 배포, 회수 작업을 실시하였으나, Table 1의 목록에 언급한 전체 20개 업체 중 4군데의 업체에서 설문에 응답하였으며, 응답한 4곳의 업체가 국내 수출 토마토의 주요 물량을 차지하므로 이들 업체에서 사용되는 포장재를 기준으로 작업하였다.

설문지 설계 시 고려 사항으로는 수출 유통 구조별 온도 및 습도 파악을 위한 설문, 수출 유통에 사용하는 포장재, 수출 유통 시 적재단수 및 운송수단 등이며, 업체별로 전체적인 유통 Flow를 조사 하는 것이 목적이었다. 따라서 설문에 응답을 할 수 있는 규모의 업체는 4곳으로 파악되었으며, 수출농가는 직접 방문 조사를 통하여 설문요청이 이루어졌다.

(3) 유통환경이 포장재에 미치는 영향 연구

설문조사를 통해 얻어진 온도·습도 등의 환경적요소가 포장재 물성저하에 미치는 영향에 관한 연구로써, 실제 유통되는 온도, 습도에 포장재를 유통 기간 동안 노출하여 골판지의 압축강도 저하율을 판단하였다. 기준이 되는 강도는 표준조건(23℃, 50%RH)에서의 24시간 노출된 골판지의 압축강도이다. 실험 진행과 함께 기존 연구내용 조사 및 이론을 이용하여 예상되는 물성 저하율에 대한 자료 또한 확보 하였다.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 해외 수출 토마토 포장 조사

(가) 대과

수출용 대과 토마토의 경우, 포장단위는 주로 4kg 또는 5kg이 주로 진행되었으며, 골판지 상자의 구조에 따라, Fig. 1에 보여준 개방형 상자 또는 밀봉형 상자로 구분할 수 있다. 밀봉형 상자의 경우 골판지 상자의 압축강도 보강을 위해 이중양면 골판지를 사용 하였으며, 개방형 상자의 경우 강도 보강 구조에 의해 양면 골판지를 사용하였다. 또한 경우에 따라 수출용 토마토를 유통환경 요소 중 물리적 충격의 최소화를 위해 난좌 패드를 사용하는 경우도 있었다.

(나) 방울토마토

수출용 방울토마토는 주요 수출국이 일본으로 검수과정의 용이성 및 골판지 상자의 강도 보강을 위하여 일반적인 A-1형 상자가 아닌 개방형 양면 골판지 상자를 이용하였다. 접이식 상자로서, 실제 적재 및 저장·유통 시 하중을 받는 윗면 4곳에 접이식 조립 방법을

통해, 최소 4번의 골판지가 교차되게 하는 구조로, 강도를 보완하였다.

방문업체 중 H농산의 경우, 개방형상자 내부에 간지를 이용하였으며, 경우에 따라 3kg 포장상자 2개를 1개로 묶음 포장하여 유통하기도 했다. 이 형태의 포장이 당시 방울토마토 수출시 많이 쓰이는 포장형태로 나타났다.



그림 76. The corrugated boxes for exporting domestic tomato

(1) 수출 토마토 유통 환경조사

(가) 조사 설문서 설계

- 조사 설문서는 총 7장으로 구성했으며, 첫 장은 본 설문서의 목적과 설문대상에 대한 정보 입력이 있다. 조사 설문서는 크게 3단락으로 구분되어 있다. 설문자 정보, 설문에 사용된 용어설명, 수출토마토 품종 및 사용 중 포장과 업체, 그리고 유통구조 및 환경/ 유통구조 파악으로 구분되어 진다.
- 용어 설명은 설문서 작성의 의미 전달시 오해의 소지가 있는 단어에 대한 설명을 기술하였다. 파손율과 상자적재단수 등을 설명 하였다. 파손율은 상품성저하를 기준으로 하였으며, 상품성 저하의 기준을 각 업체별로 비교·분석하기 위해 업체별 파손율 기준 작성란을 두었다. 상자적재단수는 그림을 제시하여, 설문작성자의 편의를 제공하였고, 그이외의 소포장, Bulk형 상자 등 포장형태에 관한 내용은 사진으로 사례를 들어 설명 하였다.
- 유통구조 및 환경/ 구조파악은 유통단계를 수확을 0단계로 기준으로 하여, 전체를 10단계로 구분하였다. 설문서에 제시한 유통 단계는 수확→생산지→저장(APC센터)→상차→육로운송→저장(선적 전)→수출운송→하역 및 검수→저장(해외 출하 전)→운송(출하)→판매→소비자이다. 각 단계별로 기본적으로 기간, 적재단수, 온도·습도에 대한 설문항목이 있으며, 각 단계별 세부 질문으로 구성을 하였다.

(나) 조사 설문서 배포 및 회수

- 설계된 조사 설문서는 수출업체를 전화통화를 통해 설문서 설명 후 작성 가능여부를 확인하였다. 수출업체의 다수가 설문조사에 적극적인 모습을 보였지만, 설문지 배포 이후 설문지를 작성할 수 있는 규모가 되지 않는다는 업체가 다수였다. 따라서 다수의 수출업체는 일정 유통경로를 이용하여, 계절별 수출 품목을 수출하는 업체로 추정할 수 있다.

(다) 설문분석

- 생산농가는 주로 온도가 낮은 오전 5시에서 9시 사이에 수확작업을 실시하며, Bulk형태로 5kg 골판지 상자를 이용하여 수출업체로의 납품이 이루어진다. 또한 수출업체가 영농

조합 및 산지 인근에 위치한 경우 수확한 토마토를 생산자들이 플라스틱 용기에 담아 가져와 수출업체가 수출용 포장상자에 포장하여 저온저장을 하거나 수출 유통시킨다.

- 영농조합 및 산지 인근에 위치한 수출업체는 저온 창고 또는 저온 컨테이너 등의 시설 상황, 및 수출 일정에 맞게 생산자들의 수확 일정을 조정한다. 반면 산지와 수출업체가 떨어져 있는 경우 산지에서 수확된 수출용 토마토는 상온에서 트럭으로 수출업체로 이동하며, 수출업체는 수출 전 저온 컨테이너에 수출용 토마토를 저온저장·보관을 한다. 주요 수확 시기가 여름철이기 때문에 상온에서 이동시 트럭 내부의 온도는 최대 40℃로 추정되어진다.
- 총 4곳의 설문 업체의 설문 결과를 정리한 아래 표의 결과를 종합해보면, 국내의 수출용 토마토의 주요 수출국은 일본으로 나타났으며, 적재단수는 최대 20단이다. 유통온도는 최대 상온까지 있지만, 상온은 수출운송 전까지 선별, 포장, 운송단계에서의 온도이다.
- A업체의 주요 수출국은 일본으로, 대과 토마토를 일본 내 가공업체에 주로 납품을 실시한다. 수출업체와 산지가 떨어져 있기 때문에, 수확이후 수출업체까지 운송되는 동안 상온에서의 1일가량 운송이 되며, 일본 내 출하까지 약 1주일이 소요되는 유통경로를 가지고 있다. 설문조사 당시 수출농가 방문 시 A업체와 거래농가로, pink stage의 토마토를 수확 하였다. A업체는 수확 이후 약 1일 이후 10℃의 저온에서의 유통을 실시한다. 일본 내 운송 시에도, 냉장트럭을 이용하여, 품질열화를 방지하려 한다. 유통 경로 상 최대 적재 단수는 12단이며, 포장단위는 4kg 이다.
- B업체는 주로 러시아에 항공을 이용한 소포장 형태로 출하한다. 평균 온도는 15℃이며, 항공운송으로 유통기간이 약 3일정도 소요된다. 포장형태는 필름을 이용한 소포장재 적용 및 Tray용기를 이용한다. 러시아의 경우, 국내 수출용 토마토가 상품성이 좋기 때문에 수출시 소포장화를 시켜 수출을 진행한다.

Table 2. The results of survey of tomato exporting corporations

Corp.(Species) /country	Domestic			Oversea				Sale
	Storage (before shipment)	Transport (overland)	Storage (before export)	Transport (export)	Cargo working/ Check	Storage (before shipment)	Transport (overland)	
Corp. A (<i>Medison</i>) /Japan	1 box stack height, open type, 4Kg (pad need)							
	9-12 box stack height				9-12 box stack height	9 box stack height	6-10 box stack height	
	5-10°C				10°C	10°C	10°C	
	1days			Ship/ 1day	1day	3day	1day	
				low temp. container			200km /low temp. truck (5ton)	
Corp. B (Cherry tomato,) /Russia	A-1 type / 10kg	A-1 type / 9.75kg						
	9box stack height	2box stack height		Russia /aircraft			tray /film packaging (650g)	
	10-20°C							
	with forklift (1 person)							
	1day			1day	0.5day	x	0.5day	
Corp. C (cherry tomato)/ Japan	200km							
	20kg Plastic container			Open type/ 3kg x 2				
	1day / sorting, packaging, transporting at room temp.			0.5day / 10-15°C selected promising Corp, Don't proceed whole check				
	Use ethylene scavenger							
	20kg Plastic container	X						
Corp. D (cherry tomato)/Japan, Hong-Kong	Bulk : open type 3kg / primary packaging : open type 2.4kg / Tray : 300g (250g consumer needs)							
	1day		X	Japan:1day Hong-Kong: 1day	2-3days	1day	1day	within 3days
	18box stack height	14box stack height	X	within 20box stack height	10box stack height	within 10box stack height	within 10box stack height	
	15°C	room temp.	X	Japan : 10°C Hong-Kong : 5,10°C	10°C	10°C		10°C or room temp.
	4 persons /forklift /20min	450km / truck(5t)	X	0.05% loss			low temp. truck (5t) /within 100km	
↓								
Companies	A	B	C	D				
Species	<i>Medison</i>	cherry tomato	cherry tomato	cherry tomato				
Export country	Japan	Russia	Japan	Japan/Hong-kong				
box stack height	12	9	12	20				
Temp.(°C)	5-10	10-20	10-room Temp.	15				
Transporting(oveland / export)	Truck/ship	Truck/aircraft	Truck/ship	Truck/ship				
packaging type	Bulk(corrugated box)	Bulk/film or tray	Bulk with ethylene scavenger	Bulk/film or tray				

- C업체는 수출 선도 기업으로 선정되어, 일본 수출시 진행되는 전수검사를 진행하지 않아 약 2일의 유통 기간이 소요되며 개방형 접이식 상자를 2개를 묶음 포장하여, 수출하고 있다. 또한, 개방형 상자 내부에 토마토의 호흡에 따라 발생하는 생합성 에틸렌을 흡착 제거할 수 있는 에틸렌 흡착제를 사용했다. 하지만 현재 Sachet 형태의 에틸렌 흡착제의 형태가 현지에서 이물질로 여겨지는 경우가 있으므로 에틸렌 흡착제의 기타 적용형태 연구개발의 필요성이 대두되었다.
- D업체의 주요 수출국은 일본/홍콩으로, 판매까지 약 10일이 소요된다. 판매까지 연결되는 유통경로에 대한 설문 응답을 한 유일한 업체로, 약 10~15℃의 저온에서 유통을 진행하며, 유통기간의 다수가 하역/검수 및 판매에 최대 6일이 소요된다. 운송 시 개방형 3kg 상자를 이용하지만, 소포장시 포장단위는 2.4kg으로 바꿔 재포장 하며, 수입상의 요구에 따라 300g의 tray로 수출을 진행한다.
- 설문조사를 통해 분석한 내용 중, 가혹조건을 다음 단계에 진행될 포장재의 온·습도별 물성 저하율 파악, 모의 유통 단계에 적용할 예정이다. 수출용 토마토는 유통기간은 약 10일 정도 걸리며 최대 적재단수는 20단이며 평균 15℃의 유통 온도를 가지지만, 수확 선별, 포장까지 수확 후 1일은 상온에 노출되는 유통환경이 조성되어있다. 주요 수출국은 일본이며, 이동거리는 국내 운송 약 200km, 선박을 이용한 해상운송, 일본 내 출하거리 200km 로 추정가능하다.

5. 기능성포장재를 적용한 수출용 토마토의 신선도 유지

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2011. 01. 19

나. 연구방법

(1) 에틸렌 흡착제 효율성 측정

- 설문조사 업체 중 선도유지제 정부 지원 사업을 통하여 현재 수출업체에서 수출용 토마토 제품에 에틸렌 흡착제를 사용하고 있는 (주) 탐프레쉬 (Seoul, Korea)업체의 에틸렌 흡착 제품의 흡착 소재를 실험에 이용하였다.
- 내용적 1100mL인 밀폐용기에 에틸렌 흡착제 0.5g, 1g, 3g, 5g을 넣고, 99.5%의 고 순도 에틸렌 기체를 주입하여, 내부의 에틸렌 농도를 10,000ppm(v/v)으로 일정하게 맞춘 이후, 20시간 이후 잔존 에틸렌 양을 측정하였다.
- 에틸렌 흡착제의 효율성을 보기 위해 밀봉 가능한 유리병에 5g의 에틸렌 흡착제를 넣은 후 10ppm, 100ppm, 1,000ppm, 10,000ppm의 에틸렌을 주입 후 20시간 후의 잔존 에틸렌 양을 측정하였다.
- 밀폐용기 내부의 에틸렌 잔존량은 Gas Chromatography (Agilent 6840, Agilent Technologies, Santa Clara, CA)를 이용하여 정량 분석 하였다. 에틸렌 분석을 위한 GC system 의 분석조건은 Table 3과 같다.

표. The conditions of GC for measuring ethylene

Systems	Operation conditions
Detector	FID
Column	HP-Plot/Q
Oven temperature	180°C
Inlet temperature	200°C
Detector temperature	200°C
He flow(carrier gas)	1.2mL/min
H ₂ Flow	45mL/min
Air Flow	450mL/min

(2) 수출용 토마토의 에틸렌 발생량 측정

- 수출용 토마토 품종 중 대과(메디슨)과 방울토마토(유니콘) 두 품종에 대한 에틸렌 발생량을 측정하였다. 두 품종별로 생육 단계 중 breaker stage와 pink stage에 있는 토마토를 수확하여 실험을 실시하였다.
- 국내 수출업체의 설문조사를 통해 도출된 평균 수출 토마토의 유통기간 10일을 기준으로 실험 기간을 11일 동안 진행하였으며, 각 샘플의 저장 온도는 저온유통, 상온유통, 여름철 상온 유통 조건을 고려하여 각각 10°C, 25°C, 30°C의 저장 조건에서 수행하였다.
- 각 온도별로 저장되어있던 수출 토마토의 에틸렌 발생량은 에틸렌 측정 용기에 일정한 양의 토마토를 넣은 후 1시간 동안 밀봉하여, 1시간 동안 발생한 에틸렌 양을 측정하였다.

(3) 에틸렌 흡착제 코팅지 개발

- 현재 수출 토마토 박스에 적용되고 있는 B사 제품의 골판지 상자를 이용하여 골판지 내면에 가장 많이 사용되는 S, K원지 면적 0.41m²를 기준으로 Table 7에 제시된 3g의 ethylene 흡착제를 도포하기 위해 10cm×10cm 시편 크기로 준비하였다. 대조구로 흡착제를 코팅하지 않은 골판지 박스 원지를 비교 평가하였다.
- 모든 시편 면적 0.01m² 중 흡착제 적용 원지에 적용된 에틸렌 흡착제의 양은 0.08g/0.01m²으로 계산되었다. 에틸렌 흡착효율성 평가 결과인 Fig. 3의 그래프에서 획득한 수식 방정식은 회귀 분석을 통해 Equation (1)이 얻어졌다.

$$= 99.96(1 - e^{-12.91x}) \quad (1)$$

이 식을 이용하여 10cm×10cm 시편에 도포된 0.08g의 흡착제의 에틸렌 흡착률은 64.37%로 나타났다.

- 즉 시편 10cm×10cm에 도포된 흡착제 양을 고려하여 적용되는 각각의 에틸렌 흡착률은 표로 예측할 수 있다.

표. The value of assumed ethylene absorbing efficiency using the equation (1)

Weight of ethylene scavenger(g)	Weight of absorbent sample(g)*	Assumed efficiency(%)
0	0	0
0.5	0.01	14.56
1	0.03	27.00
3	0.08	61.09
5	0.13	79.26

*Weight of absorbent sample =(area of specimen(0.01m²)×weight of ethylene scavenger(g))/ area of corrugated box (0.41m²)

- 에틸렌흡착제 코팅적용을 위하여 (주)탑프레쉬에서 제공받은 에틸렌 흡착제를 grinder(Ika.Inc, MF 10B, Germany)를 이용하여 100mesh로 분쇄한 분체를 이용하였다. 사용된 binder는 PU binder(Sung Do Chemical Co., Seoul, Korea)와 분산제인 Triton X-100(Dae jung Co, Seoul, Korea)를 9:1로 혼합한 것을 이용하였다.
- 100mesh의 에틸렌 흡착제를 PU binder에 고르게 분산하기 위하여 균질기(homogenizer, Ika Co. DI 25 basic)를 이용하여 약 9300rpm에서 10분간 균질화 시켰다.
- 균질화된 코팅액을 0.16mm bar coater(IPAE..Inc, ComateTM 3000V)를 이용하여 1개 시편 당 3mL의 코팅액을 도포하였다. 사전 예비 실험을 통하여 10cm×10cm시편에 도포되는 binder 혼합액 양이 약 3mL로 결정하였다.
- 에틸렌 흡착제로 도포 완료된 시편은 60℃의 dry oven(Jeio tech. FO-600M)에서 2시간동안 건조시킨 이후 에틸렌 흡착 효율성 실험에 이용하였다.
- 시편의 에틸렌 흡착제 효율성 검증 실험은 에틸렌 가스 10,000ppm(v/v) 농도로 수행하였으며, 비교 상대 실험은 에틸렌 흡착제의 평가 실험과 같은 조건에서 실시하였다.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 에틸렌 흡착 효율 특성 측정

- 적용 흡착 물질의 양에 따른 에틸렌 흡착 효율 특성은 Table 5에 나타나 있다. 초기 농도 10,000ppm의 밀폐 용기의 흡착제 양을 달리하여, 측정된 결과 양에 상관없이 밀폐용기 내부의 에틸렌의 99.8% 이상을 흡착하였다. 실험 결과를 바탕으로, 10,000ppm(v/v) 농도 이하에서의 에틸렌 흡착 시 에틸렌 흡착제의 양은 0.5g의 사용량으로도 잔존 에틸렌 양을 대부분 제거 할 수 있다. 그림. 77는 흡착 물질의 양에 따른 에틸렌 흡착 효율성을 나타낸 것으로, 5g 이내의 에틸렌 흡착제를 10,000ppm 이내의 에틸렌 흡착 시 사용량을 결정 할 수 있는 결과이다.

표. The comparison of ethylene absorbency according to different weighs of ethylene absorbents

Weight of absorbents (g)	The absorbed ethylene concentration(ppm, v/v)	Efficiency(%)
0	10,000	0
0.5	9,981	99.80
1	9,992	99.91
3	9,996	99.96
5	9,998	99.98

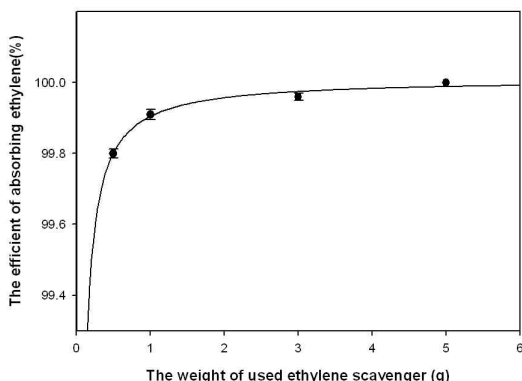


그림 77. The ethylene absorbency(%) for ethylene concentration(10,000ppm, v/v) according to weight of different ethylene scavenger(g)

(2) 에틸렌 농도에 따른 흡착률

- (1)의 실험결과 10,000ppm 이하의 에틸렌 흡착 시 5g 이하의 에틸렌 흡착제 사용이 결정되었다. 본 실험을 통하여 실험에 사용된 에틸렌 흡착제의 농도별 흡착률을 평가하여 에틸렌 흡착제의 흡착률을 측정하였다
- 실험에 사용된 에틸렌 흡착제는 10,000ppm 에틸렌 가스 농도 이내에서는 농도가 높을수록 흡착률이 높은 것으로 나타났다. 100ppm부터 에틸렌 흡착제의 흡착률이 97.15%를 보여 주었다. 이는 100ppm(v/v)까지 사용된 에틸렌 흡착제의 에틸렌 가스 흡착률이 높은 것으로 추정되어진다. Fig. 4는 10,000ppm(v/v) 이하의 에틸렌 가스를 5g의 흡착제로 적용하였을 때 농도별 에틸렌 가스 흡착률을 나타내었다.

표. The ethylene absorbency(%) for ethylene absorbent according to different initial ethylene concentrations

The initial ethylene concentration (ppm, v/v)	The absorbed ethylene concentration(ppm, v/v)	Efficiency(%)
10	6.408	64.08
100	97.15	97.15
1,000	997.22	99.72
10,000	9978.08	99.78

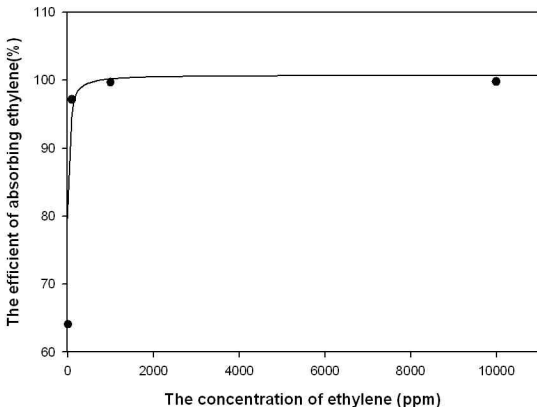


그림 78. The ethylene absorbency(%) for ethylene absorbent according to different initial ethylene concentrations

(3) 수출용 토마토의 에틸렌 발생량

- 수출용 토마토 품종인 *Madison* 과 *Unicorn* 품종에 대한 에틸렌 발생량을 breaker stage 와 pink stage의 두 수확단계로 구분하여 측정하였다. 측정결과 수확단계별 에틸렌 발생량은 차이는 *Madison*과 *Unicorn* 모두 pink stage의 토마토가 에틸렌 발생량이 많았으며, 이는 breaker stage의 토마토의 경우, 과실 선별과정에서 생장이 멈춘 상태로 수확되어 이후의 호흡 및 생리작용에 의해 발생하는 에틸렌의 양이 적은 것으로 추정된다.
- 일반적으로 수출용 토마토의 수확단계인 pink stage의 토마토는 저장온도에 따라 다르지만 수확이후 6일 이내에 에틸렌 발생량이 급증하는 현상을 나타냈다. 이는 수확이후 소비까지의 에틸렌에 의한 품질열화를 최소화 할 수 있는 유통기한 6일을 나타낸다.

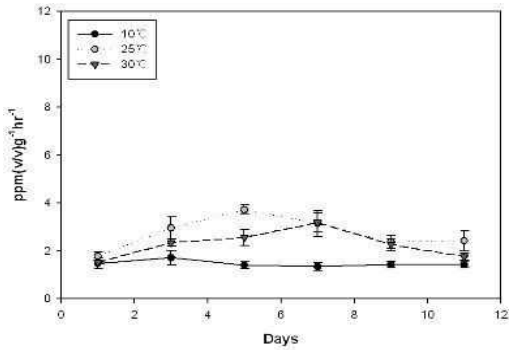


그림 79. The ethylene contents of tomato (*Madison*) on breaker stage (above) and pink stage (below)

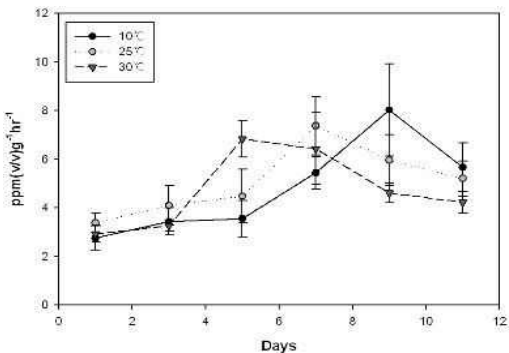
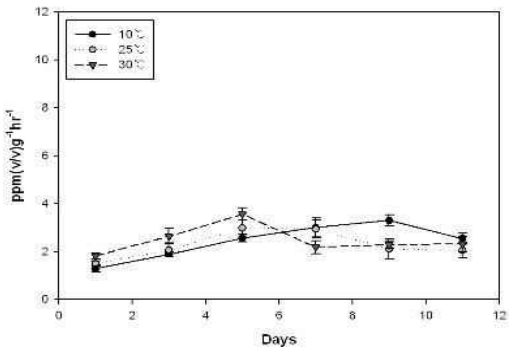
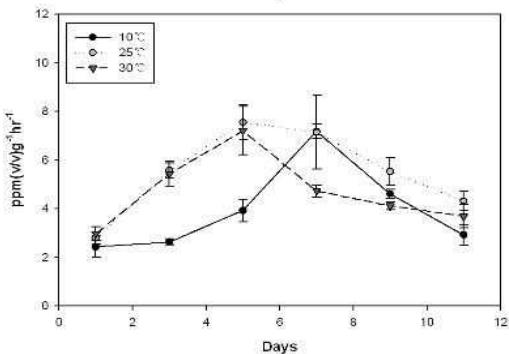


그림 80. The ethylene contents of cherry tomato(*Unicorn*) on breaker stage (above) and pink stage (below)



(4) 수출용 토마토 포장단위 기준 에틸렌 흡착제 사용량 결정

- 현재 수출용으로 사용되고 있는 토마토 수확 단계인 pink stage의 토마토를 저온 유통 기준 온도 조건인 10°C와 여름철 상온유통 온도 30°C에서 발생하는 에틸렌 량은 기준으로 하여, 포장단위인 3kg에 필요한 에틸렌 흡착제 사용량을 결정하였다.
- 에틸렌 흡착제 사용량은 실험기간인 11일간 발생된 에틸렌 양 중 최대 농도의 에틸렌 량을 완전 제거하는 것을 기준으로 판단하였다. 에틸렌 발생량은 토마토 1g이 발생하는 에틸렌 량 계산에 대한 적용 토마토의 중량 3kg 기준으로 (1g×3000) 적용한 후, 에틸렌 흡

착제의 흡착량을 고려하여 계산하였다.

- 에틸렌 발생량과 흡착제의 흡착능력 실험결과를 교차시켜 나온 결과 값으로, 실험에 사용한 에틸렌 흡착제는 *Madison*과 *Unicorn* 품종이 발생하는 에틸렌을 20시간 안에 100% 흡착할 수 있는 것으로 평가하였다.

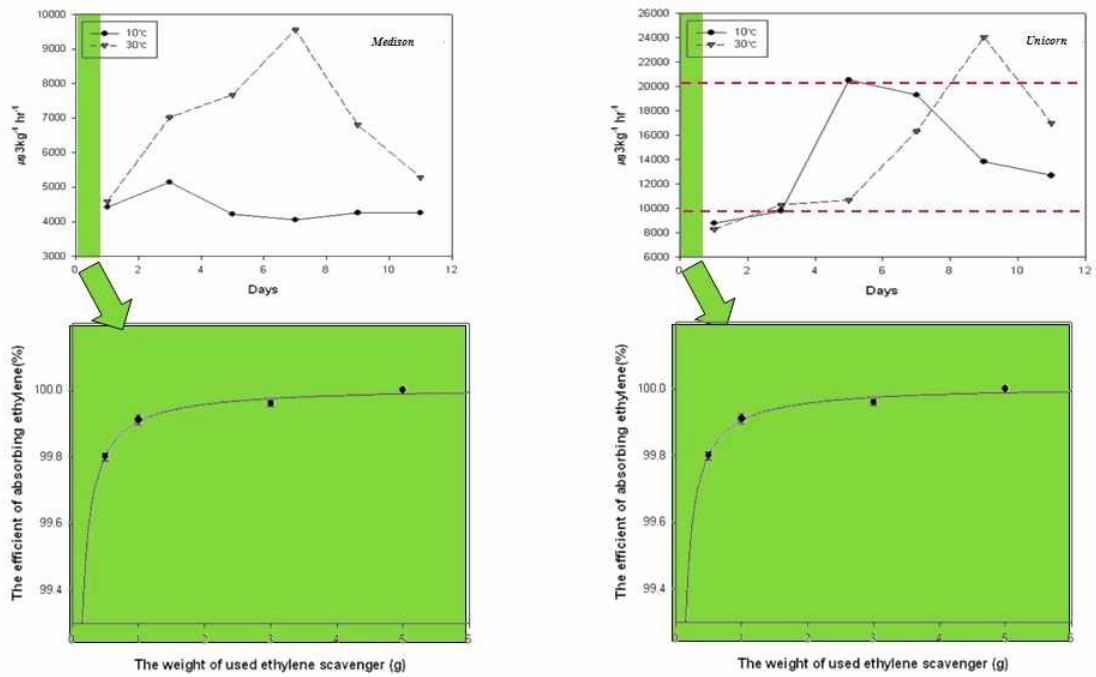


그림 81. The efficiency of ethylene scavenger(5g) for absorbing ethylene of generated to tomato.
 *The above graph is a calculated data that assumed 3000 times based on experiment data. The colored graph indicates that the 5g ethylene scavenger can absorb calculated concentration of ethylene in 1 packaging unit(3kg)

표. The contents of absorbents for removing ethylene in tomato packaging

Temperature	Days	1	3	5	7	9	11	
	Types	Ethylene concentration(ppm, v/v)						
10°C	Tomato (<i>Madison</i>)	4423	5139	4213	4059	4265	4266	1box/3kg (Pink stage)
	Amount of absorbent	3g						
	Cherry tomato (<i>Unicorn</i>)	8775	9803	20518	19288	13831	12688	
	Amount of absorbent	3g		6g		3g		
30°C	Tomato (<i>Madison</i>)	4579	7031	7674	9559	6805	5281	
	Amount of absorbent	3g						
	Cherry tomato (<i>Unicorn</i>)	8267	10306	10663	16330	24074	17003	
	Amount of absorbent	3g			6g		3g	

*Ethylene concentration was calculated 3000 times data based on experiment data

**Weight of one small pouch for commercial ethylene scavenger product was about 3 g.

(5) 에틸렌 흡착제 코팅지 개발

(가) 에틸렌 흡착제 도포량에 따른 흡착 효율성 평가

- 에틸렌 흡착제의 도포량에 따른 에틸렌 가스 흡착 효율은 도포량(에틸렌 흡착제)에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. Equation (1)에 의해 추정된 에틸렌 흡착 효율 값과 비교하였을 때 실제 도포하여 실험한 값이 에틸렌 흡착 효율이 다소 적게 나오는 경향을 나타냈다.
- 본 실험에서 진행된 결과 값을 수식으로 나타내면 Equation (2)와 같다.

$$= 12523(1 - e^{-7.8597x}) \quad (2)$$

- Equations (1)과 (2)를 비교하였을 때, Equation (2)는 Equation (1)의 값에 대해 약 12% 정도의 효율성을 가지는 것으로 나타났다. 이는 코팅과정에서의 에틸렌 흡착제와 binder 간의 반응으로 인한 흡착 영역에 대한 간섭효과로 에틸렌 가스 흡착 효율이 떨어진 것으로 판단되어지며, 또한 PU binder에 의해 에틸렌 가스 흡착 반응 속도 저하로 인한 효율성 저하로 추정된다.

표. The comparison of ethylene absorbency value according to different absorbent weights

Weight of absorbents (g)	The absorbed ethylene concentration(ppm, v/v)	Absorbent efficiency (%)	Assumed absorbent efficiency(%)*
0	0	0	0
0.01	1147	11.47	14.56
0.03	2747	27.47	27.00
0.08	5644	56.44	61.09
0.13	8100	81.00	79.25

* Value of calculated ethylene gas absorbency using the equation (1)

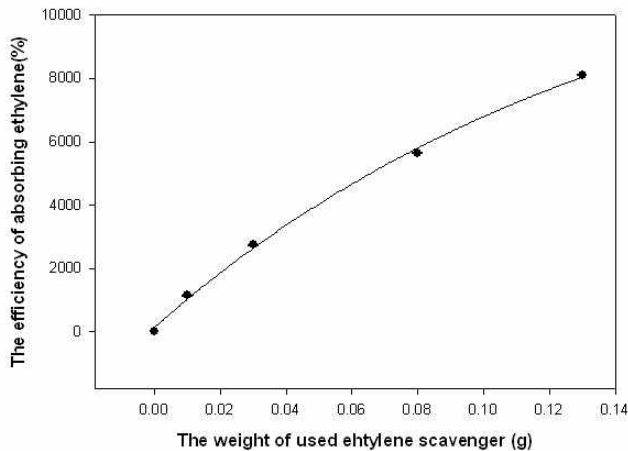


그림 82. The ethylene absorbency(%) according to different weight of ethylene scavenger(g) coated on the specimen for ethylene gas concentration(10,000ppm)

6. 신선토마토 수출용 포장재의 포장 구조설계

가. 연구기간: 2009. 08. 20 ~ 2011. 01. 19

나. 연구방법

설문조사과정에서 각 토마토 수출업체별 중 현재 수출용으로 사용하고 있는 토마토 골판지 상자 제조 협조가 가능한 3곳의 업체로부터 획득한 샘플을 사용하였다. 실험에 사용된 상자는 모두 방울토마토용 개방형 접이식 골판지 상자로 2개 종류의 샘플은 수송용으로 판단되어지며, 1 종류의 샘플은 외면에 전면인쇄가 되어, 실제 수출국내 전시용 포장으로 고려되어짐에 따라 본 연구는 다수의 수출업체가 이용하는 수송용 포장재에 대한 샘플을 기준으로 진행을 하였다.

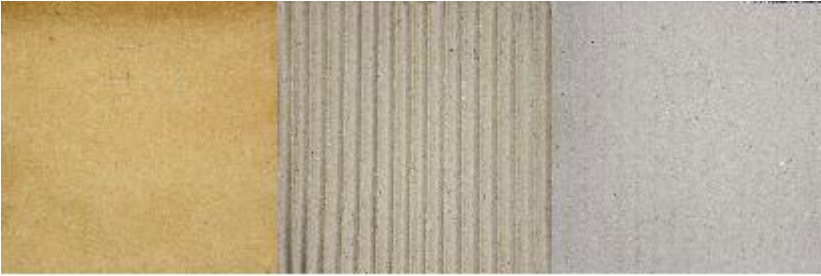
(1) Sample 원지 구성 파악

- 수출업체 및 골판지 상자 제조업체에 얻은 수출 골판지 상자의 포장재 구성을 보고자 사항직접 수출 골판지 시료를 분리하여 평량을 측정하여 원지 구성을 추정하였다.
- 원지 분리는 샘플을 10cm×10cm로 잘라 물에 적셔, 원지사이의 전분접착제를 제거하여 분리하였다. 평량은 m²당 원지의 무게를 g로 표시하기 때문에 10cm×10cm의 시편을 이용하여 추정하였다. 물에 적신 시편은 건조기 (HanBaek Sci. Co. Seoul, Korea)을 이용하여, 60℃에서 24시간 완전 건조 후 대기에 48시간 노출하여, 평량 측정의 환경인 함수율 20%에 근접하도록 하였다.
- 원지 추정은 2개의 골판지 회사의 샘플자료를 이용하여, 원지 구성과 평량을 추정하였다. 두 개의 샘플의 원지 분리 후 결과는 Fig. 10과 Fig. 11에 나타내었다.



(1) (2) (3) (4) (5)

그림 83. The based paper of corrugated box with the double wall structure (sample A), (1)inner liner (2)E flute (3)liner (4)B flute (5)outer liner



(1) (2) (3)

그림 84. The based paper of corrugated box with the single wall structure (sample B), (1)inner liner (2)B flute (3)outer liner

(2) 원지 구성을 이용한 강도보강 및 원가절감

- Sample A와 B의 2개 골판지 회상의 자료를 이용하여, 수출용 토마토 골판지 상자의 원지 구성 개선과 강도 보완, 원가절감이 가능한 엑셀 프로그램을 만들어 강도 개선을 진행하였다.
- 설문조사를 통해 얻어진 유통환경 요소를 이용하여, 골판지 상자의 필요 압축강도를 구하였다. 필요 압축강도는 포장 표준화 구성 요소 중 하나인 강도표준화시 유통환경 및 적재 형태 등을 고려하였다. 골판지 상자의 필요 압축강도를 구하는 식(Equation 1)은 다음과 같다.

$$\frac{w \times h \times s}{a \times b \times c} \text{----- (1)}$$

- Where *P*: 판지상자의 필요 압축강도
w: 1개 상자의 무게
h: 적재단수 (전체 적재단수 - 1)
a: 습도에 의한 강도저하율
b: 기간에 따른 강도저하율
c: 적재패턴에 따른 강도저하율
s: 안전배수(계수)

위의 저하율 a, b, c 값은 아래 표와 같다.

표 The decline rate of compression strength of corrugated box by distribution system factors

Date (a)	Factor value	RH (b)	Factor value	Column pattern (c)	Factor value
10일	0.65	Dry	1.25	Perfect	1
30일	60	25%	1.1	Offset	0.5
		50%	1		
		75%	0.8		
		85%	0.6		
		90%	0.5		

- 원지 구성을 이용한 이론압축강도 추정은 2개의 골판지 상자 회사에서 현재 골판지 상자 설계 시 사용하는 데이터를 이용하였으며, 원지 각각의 이론 ring crush 강도를 더하여, 골판지 상자의 골 구조에 따른 상수 와 치수의 주변장을 통한 환산 상수의 곱에 0.9를 곱

하여 상자 압축강도를 추정하였다(Equation 2). 원지의 압축강도는 실제 업체에서 측정한 값을 이용하였다. 아래의 수식은 골판지 상자 업체에서 사용하는 방법을 수식으로 나타낸 것이며, 실제 Kellicutt식 이용한 상자의 압축강도 계산법과는 차이가 있는데, 향후 샘플 설정시의 생길 오차를 최소화하기 위하여 아래의 수식을 적용하였다.

$$P' = \sum_{i=1}^n B_i \times S_y \times J \times 0.9 \quad \text{-----(2)}$$

where P' : 지구성을이용한이론상자압축강도

B : 원지의 압축강도 값

i : 내면부터의 원지의 종류

n : 원지의 종류수

S_x : x 골 구조에 따른 상수 (DW : 0.442, A : 0.347, B : 0.284)

J_y : y 골 형태에 따른 주변장에 의한 상수

- 이론적으로 원지구성을 통한 상자 압축강도 추정은 기본형 상자인 A-1상자를 기준으로 추정하게 된다. 하지만 수출용 토마토 상자는 개방형 접이식 골판지 상자이며, 상자의 단면에는 저온 유통 시, 온도를 보다 효율적으로 낮추기 위해 기공이 있는 등 구조적으로 추정하기 복잡한 구조이다. 따라서 이론적으로 상자의 압축강도를 측정 시 오차를 최소화하기 위해 사용 중인 골판지 상자 샘플을 UTM을 이용하여, 실제 압축강도를 측정하였다.
- 원지 구성 추정을 통해 나온 골판지 상자의 압축강도와 실제 사용 중인 골판지 상자의 압축강도간의 상관관계를 상수 K 를 이용하였다(Equation 3). 상수 K 는 골판지 상자 개선 시 상자의 구조인 개방형 접이식 상자, 상자의 치수를 일정 상수로 고려하는 것으로, 추정 시 오차를 최소화 하는데 이용 하였다.

$$k = \frac{\text{실제 압축강도}}{\text{이론 압축강도}} \quad \text{-----(3)}$$

다. 연구결과 및 고찰

(1) 원지 구성 추정결과

- Sample A와 B는 모두 개방형 접이식 골판지 상자로, 치수도 비슷하였다. 하지만 A의 경우 EB골의 이중양면 골판지였으며, B는 B골의 양면 골판지로 구성되어 있다. 원지구성 추정결과는 아래 표와 같다.

표. The assumed structure of corrugated box for exporting cherry tomato

	Sample A (EB)		Sample B(B)	
	Size (mm)	380 260×85	Size (mm)	370×260×90
	Basic weight (tested)	Corrugated paper (assumed)	Basic weight (tested)	corrugated paper (assumed)
Inner liner 1	1.8	KA180	1.82	KA180
2	1.91	K180	11.4	KLB225
3	1.17	S120	2.2	KA210
4	2.33	K200	-	-
Outer liner 5	1.86	KA180	-	-

(2) 수출용 골판지 상자의 이론압축강도 및 필요압축강도 계산

- 설문조사를 통해 얻어진 유통환경조건을 통해 필요압축강도를 Equation 1을 이용하여 계산하였다. 골판지 상자의 유통환경별 압축강도 저하율은 Table 9과 같으며, 이를 기준으로 하여 포장단위는 3kg으로 하고, 안전배율은 3로 고려하여 필요 압축강도를 구했다. 10°C, 90% RH, 수출 기간은 2일을 고려하고, 적재형태는 고려하지 않고 계산 한 필요압축강도는 332.31kgf 이다

$$3 \times 12 \times 3$$

$$0.65 \times 0.5$$

Where P' : 판지 상자의 필요 압축강도

- w : 1개 상자의 무게 (3kg)
- h : 적재단수 (12단)
- a : 습도에 의한 강도 저하율 (90%RH, 0.65)
- b : 기간에 따른 강도 저하율 (2일, 0.5)
- c : 적재패턴에 따른 강도 저하율 (미고려)
- s : 안전배수 (3)

- 이론 압축강도는 Equation 2를 이용하여 계산 하였으며, 결과 값은 아래 표와 같다.

표. The theoretical compression strength of corrugated box for exporting cherry tomato

	The structure of corrugated box							ΣB_i	S_x	J_y	P'
	Outer liner	B flute	Flute rate	liner	E Flute	Flute rate	Inner liner				
Sample A	KA180	K200	-	S120	K180	-	KA180	-	-	-	-
	28.25	22	1.4	11.91	11.91	1.2	22.34	107.592	0.442	4.7	205.06
Sample B	KA210	KLB225	-	-	-	-	KA180	-	-	-	-
	35.92	31.5	1.4	-	-	-	24.83	104.85	0.284	3.1	83.1

(3) 실제 이론 압축강도

- UTM을 이용하여, Sample 상자의 압축강도를 측정하였다. 측정 시 150mm/min의 속도로 최대 하중은 3000kgf로 설정하여 측정 하였다.
- Sample A의 실제 압축강도는 337.17±24.59kgf를 나타냈으며, Sample B는 468.15±39.34kgf를 나타냈다.
- Table 11의 이론 압축강도는 sample A가 sample B보다 높은 값을 나타내었지만, UTM을 이용한 실제 사용 중인 골판지 상자의 압축강도는 sample B가 높은 것으로 결과가 나왔다. 두 sample 상자 간의 반대의 결과는 다음과 같은 요소에 의해 결과 값을 해석 할 수 있다.

(가) 힘을 받는 골판지 상자 윗면 네 모서리의 접이 방법에 따른 교차 골판지의 수

적재 시 상단에 적재된 힘을 받게 되는 상자의 윗면 네 모서리에 교차되는 골판지의 횡수 차이로 인하여, 이중양면 골판지인 sample A의 실제 압축강도가, 양면골판지인 sample B보다 약하게 나온 것으로 판단된다. 그림 85와 같이 sample A는 판지의 교차 횡수가 3회

이지만, sample B는 5회의 교차 횟수를 갖는다.

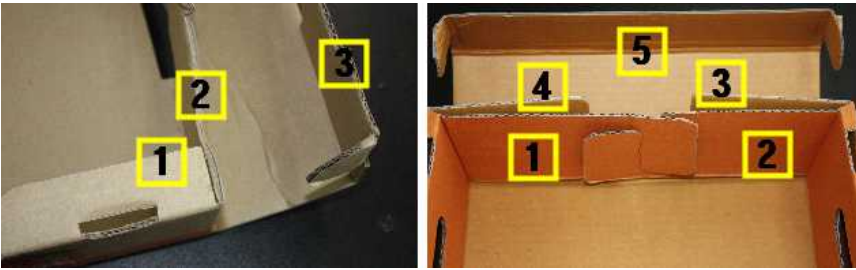


그림 85. The comparison the number of crossed corrugated board on edge of above side on box

(나) 골판지 상자의 높이 부분의 구조

일반적으로, 상자의 세로축 부분인 높이 부분은 골판지 상자의 압축강도 실험 시 포장 붕괴 및 파손이 일어나는 부분이다. sample A와 sample B의 세로축의 구조는 상자의 접이 방법의 차이에 따라, 힘을 받는 면적의 차이가 발생한다.

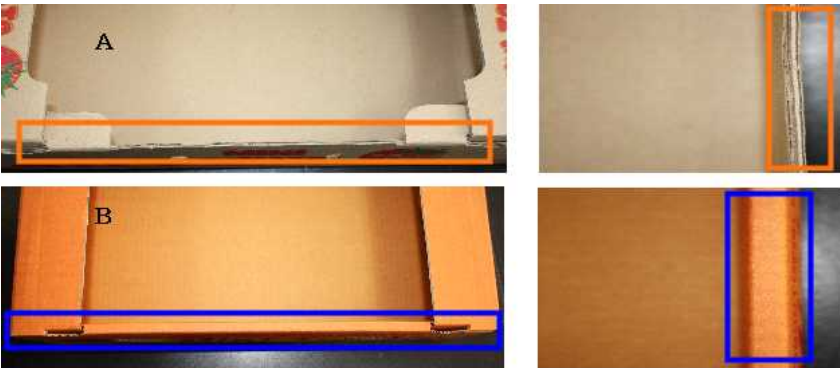


그림 86. The comparison of structure of a vertical axis on sample boxes

(다) 예냉 및 후숙 과정에서 발생된 에틸렌 방출을 위한 기공의 방향 차이

수출용 토마토는 유통과정에서 저온 유통이 진행된다. 수출 유통 시 예냉 및 저온유통과정에서의 열전달을 효율적으로 하기 위한 방법으로, 골판지 구조를 개방형으로 설계하거나, 골판지 상자 옆면에 기공을 만든다. 이 기공은 열전달의 효율화뿐만 아니라, 토마토의 후숙 과정에서 발생하는 에틸렌 기체를 포장 외부로 방출 시키는 통로 역할을 한다. 그로 인하여, 에틸렌에 의한 품질 열화현상을 줄이는데 효과가 있다.

Sample A와 B 모두 기공이 골판지 상자 측면에 위치해 있다. 기공이 골판지 상자의 압축 강도에 영향을 미치게 되는데, 이는 면적 및 기공의 방향이 주요 요소이다.



(A)

(B)

그림 87. The shape of hole on the box

(라) 골판지 상자의 하단면의 구조 차이

Sample A의 경우, 적재 시 윗 상자의 하단면과, 아래상자의 윗면을 정확하게 고정하기 위한 구조로, 하단면 좌우측에 홈을 갖고 있는 구조임. 골판지 상자의 압축강도는 기본 A-1 상자를 기준으로 하였을 때, 상자의 여섯 면에 대해 홈 및 손잡이 등의 구조를 갖추게 되면, A-1 상자의 기존 강도에 비해, 구조에 의한 강도 저하가 야기된다. 반면 sample B는 밑면의 구조는 일반 A-1상자와 동일하다.

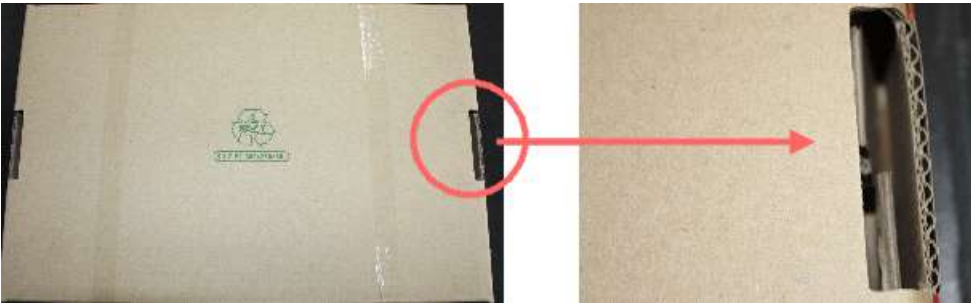


그림 88. The structure of bottom side of sample A

이론 압축강도와 실제 이론 압축강도간의 상관관계를 알아보기 위해 실제 압축강도를 이론 압축 강도로 나눈 결과 K_A 는 1.6766이며, K_B 는 5.6336으로 나타났다.



그림 89. The view of compression test using UTM

(4) 원지 재구성을 통한 강도 보완 및 원가절감

(가) Sample A

- 기존 사용 중인 골판지 상자의 이론 압축강도는 205.06Kgf이며, 골판지 상자 1개의 원가는 2009년 9월 기준 약 767.5원이다. 원지 구성 및 골판지 구조 변화를 통해 강도 증가와 원가 절감 시나리오를 구성 하였다.

표. The scenario for cost down and making up for compression strength of sample A

		Outer liner	B flute	Liner	E flute	Inner liner	Result	
Sample A	Type	KA180	K200	S120	K180	KA180		
(DW)	CS(kgf)	28.25	22	11.91	22.34	11.91	205.0606	criteria strength
	Cost	480	380	380	380	480	767.4974	criteria cost
Proposal 1	Type	CK180	K180	K180	K180	CK180		
(DW)	CS(kgf)	33.52	22.34	22.34	22.34	33.52	275.7075	about 70kgf increase
	Cost	470	380	380	380	470	760.9037	about 7 cost down
Proposal 2	Type	KLB300	KLB300	-	-	KLB300		
(SW)	CS(kgf)	57.45	57.45	-	-	57.45	234.6538	about 30kgf increase
	Cost	630	630	-	-	630	706.1767	about 60 cost down
Proposal 3	Type	KLB300	KA300	-	-	KLB300		
(SW)	CS(kgf)	57.45	47.93	-	-	57.45	218.6426	about 10kgf increase
	Cost	630	570	-	-	630	678.4835	about 90 cost down
Proposal 4	Type	KLB300	KA300	-	-	KA300		
(SW)	CS(kgf)	57.45	47.93	-	-	47.93	207.2061	similar criteria strength
	Cost	630	570	-	-	570	658.7026	about 108 cost down

- 일각 골판지 상자의 원가는 원지의 m²당 원가의 합과 골판지 상자의 주변장을 이용한 면적을 고려하여 상자 1개당 원가를 계산하였다.

(나) Sample B

- 기존 사용 중인 골판지 상자의 이론 압축강도는 83.1kgf이며, 골판지 상자 1개의 원가는 2009년 9월 기준 약 759.88원이다. 원지 구성 및 골판지 구조 변화를 통해 강도 증가와 원가 절감 시나리오를 구성 하였다.

표. The scenario for cost down and making up for compression strength of sample B

		Outer liner	B flute	Inner liner	Results	
Sample B	Type	KA210	KLB225	KA180		
(SW)	CS(kgf)	35.92	31.5	24.83	83.07895	criteria strength
	Cost(won)	510	620	480	759.8756	criteria cost
Proposal 1	Type	CK180	CK180	KA180		
(SW)	CS(kgf)	33.52	33.52	24.83	83.41808	similar criteria strength
	Cost(won)	470	470	480	657.6318	about 102.24 cost down
Proposal 2	Type	KA210	CK180	KA180		
(SW)	CS(kgf)	35.92	33.52	24.83	85.31974	similar criteria strength
	Cost(won)	510	470	480	673.9908	about 85.88 cost down

- 표의 결과를 통하여 기존 사용 중인 골판지 상자 A와 B의 압축강도 보다 강하거나 유사한 값을 가지면서 포장재의 원가를 절감하는 각 포장 재질 및 구조 형태를 골판지 상자 A에 대해 4개의 제안 및 골판지 상자 B에 대해 2개의 제안을 할 수 있으며 최대 박스 당 108원까지 절감 할 수 있다.

7. 수출토마토 선도유지를 위한 이산화염소 가스 처리 효과 연구

가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2012. 01. 19

나. 연구방법

(1) 이산화염소 가스의 처리방법에 따른 수출용 토마토 선도유지 효과 분석

(가) 이산화염소 가스 처리 방법

- 본 시험에 사용된 과실은 지역 대형마켓에서 구매한 방울토마토(Unicorn) 품종이며, 구매 즉시 직경 3 ± 1 cm, 무게 4 ± 1 g의 균일한 토마토를 선별하여 시험에 사용하였다. 이산화염소 가스 처리는 이산화염소 발생제(그림 24. Chlorine dioxide tablet, Dutrion, Netherland)를 증류수와 반응시켜 제조된 약 2000~3000 ppm의 고농도 이산화염소 가스 중 일정량을 채취하여 사용하였다.
- 발생한 이산화염소 가스의 농도는 이산화염소 측정기(Fixed type ClO_2 gas detector, Scott In., USA)를 사용하여 측정하였다.

(나) Pre-treatment 및 Continuous-treatment 처리 방법

- 실험을 위해 Acrylic container(20 L)와 PET tray(1 L)가 적용되었으며, Acrylic container는 수출용 토마토 기준 상자에 맞춰 $40\text{cm}\times 25\text{cm}\times 20\text{cm}$ 로 제작되었다
- Pre-treatment를 위해 이산화염소 발생제를 통해 발생시킨 이산화염소 가스의 일정량을 채취하여 밀폐 Acrylic container(20 L) 기준 10ppm과 8ppm(그림 90)을 정립하고 Continuous -treatment를 위해 PET tray(1 L) 기준 1ppm(그림 91)을 정립하였다.

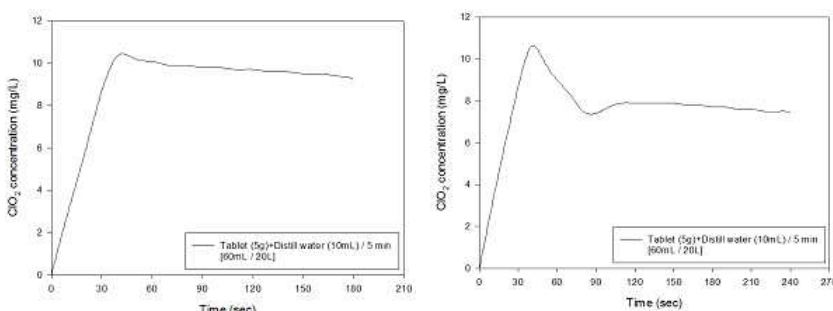


그림 90. Pre-treatment 처리 조건

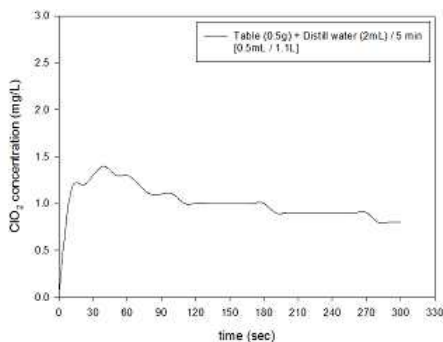


그림 91. Continuous-treatment 처리 조건

(다) Pre-treatment 및 Continuous-treatment 처리 방법에 따른 토마토 품질변화 분석

- Pre-treatment와 Continuous-treatment는 아래 표와 같이 처리되었으며 Acrylic container에서 Pre-treatment 처리 된 토마토는 처리 직후 PET tray로 옮겨져 분석되었다

표. Pre-treatment와 Continuous-treatment 처리 조건

구분	농도	용기	처리시간
Pre-treatment(I)	10ppm	Acrylic container(20L)	3분
Pre-treatment(II)	8ppm	Acrylic container(20L)	5분
Continuous-treatment	1ppm	PET tray(1L)	1일 1회

- 무처리구를 포함한 Pre-treatment(I , II), continuous-treatment 처리 된 토마토는 상온에서 7일간 저장되며 호흡률, 중량감소율, 경도, 산도, 당도, 색도 및 향균성이 평가되었다.

(라) 토마토 품질변화 분석

- 중량감소율은 디지털 전자 밸런스 (CAS, Model: MW-II)를 사용하여 토마토의 저장 초기의 중량에서 측정 시 중량을 뺀 저장 중의 감량을 백분율 (%)로 나타내었다.
- 경도의 변화는 물성측정기(TA.XT.Plus texture analyzer)를 이용하여 Part No. P/35 cylinder prove를 이용하여 30초간 압력을 가했을 때 나타나는 저항 값의 최댓값을 N로 나타내었다.
- 산도(pH)는 착즙액 20 mL를 취해 pH meter (cyverscan, pH510)을 이용해 측정하였다.
- 당도는 방울토마토를 마쇄하여, 마쇄액의 일부를 굴절 당도계(Mater-M, Atago co., Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다.
- 총 균수는 토마토 10 g과 증류수 90 mL를 마쇄하여, 마쇄액 1 mL를 PCA(Plate count agar)에 도말하여 37°C에서 48시간 배양 후 colony수를 계산하여 나타내었다.

나. 연구결과 및 고찰

(1) 이산화염소 가스 처리에 따른 용기 내 기체조성 분석

- 그림 92은 이산화염소 가스 처리에 따른 용기 내 기체조성의 변화를 나타낸 그래프이다. 일주일 후 용기 내 이산화탄소 농도 변화를 볼 때, Pre-treatment (10ppm, 3min)은 무처리구에 비하여 별다른 차이를 보이지 않았으며, Pre-treatment (8ppm, 5min) 과 Continuous-treatment (1ppm)은 무처리구에 비해 호흡의 억제로 인한 이산화탄소의 발생 농도가 적은 것을 알 수 있으며, 그 중에서도 Continuous-treatment (1ppm) 처리 한 것이 호흡을 억제하는데 더 효과적이라는 것을 알 수 있다. 이는 토마토의 호흡억제는 이산화염소 가스의 처리농도에 비해 처리시간에 따라 더 효과적일 수 있다는 결론을 나타내며, 이는 토마토의 품질 및 유통기한 연장에 더 효과적이라는 것을 나타낸다.

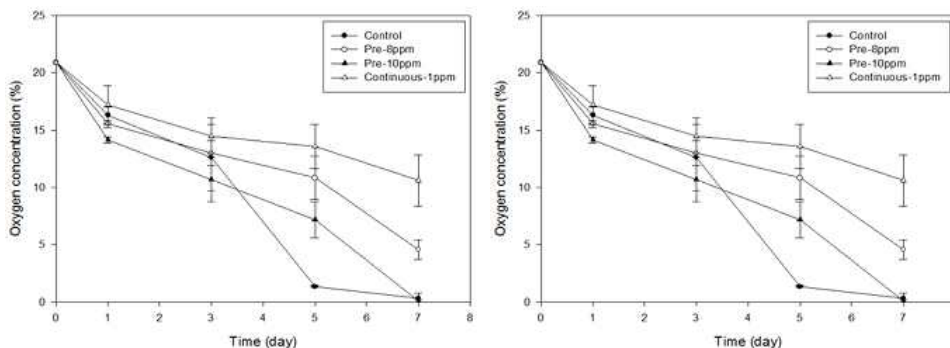


그림 92. 이산화염소 가스 처리에 따른 용기 내 기체조성

(2) 이산화염소 가스 처리에 따른 토마토의 품질변화 분석

- 그림 93은 이산화염소 가스 처리에 따른 토마토의 중량감소율 변화를 나타낸 그래프이다. 저장 7일 후 무처리구에서 가장 높은 0.83%의 중량감소율을 보였으며, 무처리구에 비해 이산화염소 가스 처리한 토마토에서 대체로 낮은 중량감소율을 나타냈다. Pre-treatment와 Continuous-treatment와의 관계는 10ppm에 비해 8ppm에서 처리한 토마토의 중량감소율이 낮게 나타났으며, Continuous-treatment와 비슷한 값을 나타냈다. 이는 무처리구에 비해 이산화염소 가스 처리가 토마토의 노화를 억제시키는데 효과적이며, 중량감소율 또한 처리시간이 길어짐에 따라 더 효과를 보이는 것으로 나타났다.

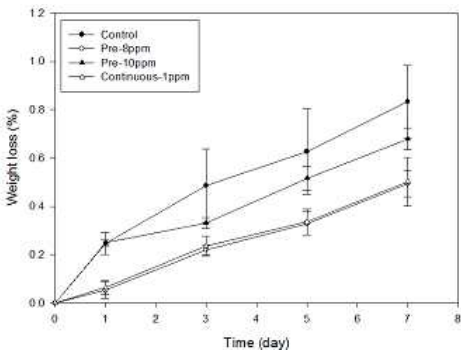


그림 93. 이산화염소 가스 처리에 따른 토마토의 중량감소율

- 그림 94는 이산화염소 가스 처리에 따른 토마토의 경도와 당도의 변화를 나타낸 그래프이다. 경도는 무처리구가 초기 8.8 N에서 3.2 N으로 감소한 반면 Continuous-treatment를 처리한 토마토는 초기 8.8 N에서 6.64 N으로 토마토의 경도를 유지하는데 큰 효과를 나타냈으며, Pre-treatment 또한 토마토의 경도를 유지하는데 효과를 보였다.
- 당도는 저장 종료일인 7일 경과 후, 각 처리구별 큰 차이를 보이지 않았다.

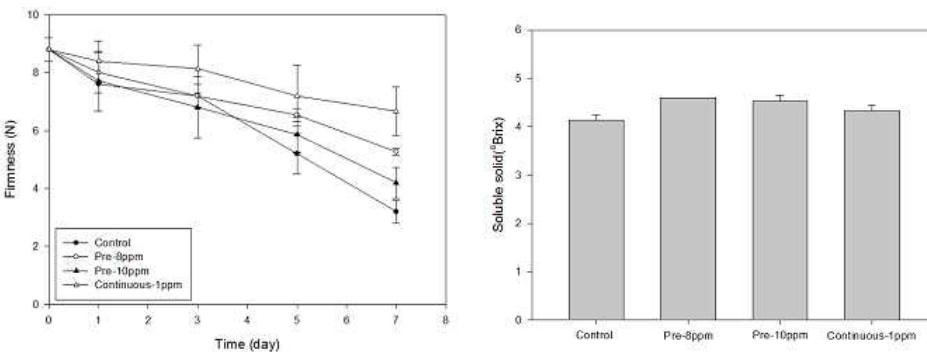


그림 94. 이산화염소 가스 처리에 따른 토마토의 경도 및 당도 변화

- 아래의 표는 이산화염소 가스 처리에 따른 토마토의 산도와 색도 변화를 나타낸 표이다. 저장 7일 후 pH 변화량의 폭은 각 treatment 별 큰 차이를 보이지 않았으며, 무처리구에 비해서도 별 차이를 보이지 않았다. 이는 이산화염소 가스 처리가 토마토의 pH 변화에 직접적으로 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.
- 색도 L*, a*, b* 값은 각각 L*(Lightness, 명도), a*(Red/Green), b*(Yellow/Blue)을 나타낸 값이다. 이산화염소 가스는 노란색을 보이기 때문에 처리과정 중에서 토마토의 염색이 이

루어 질 수 있다. b*값이 무처리구와 이산화염소 가스 처리구간의 별 차이가 없는 결과를 나타냈고, 이는 이산화염소 가스 처리 과정 중에서 토마토의 탈색 및 염색이 이루어지지 않았음을 알 수 있다.

표 5. 이산화염소 가스 처리에 따른 산도 및 색도 변화

	pH			L*			a*			b*		
	0da	3da	7da	0da	3da	7da	0da	3da	7da	0da	3da	7da
	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y
Control	4.17	4.29	4.53	26.3	26.1	25.8	19.5	19.8	20.1	22.0	21.6	21.4
	±0.0	±0.0	±0.0	±0.2	±0.2	±0.4	±1.1	±0.9	±0.5	±0.3	±0.4	±0.2
	3	4	2	6	0	7	1	0	7	1	2	9
Pre-8ppm	4.28	4.39	4.55	26.3	26.0	25.9	19.8	20.5	21.2	22.8	21.9	21.2
	±0.1	±0.0	±0.0	±0.8	±0.3	±0.8	±5.1	±4.5	±3.1	±1.4	±1.8	±0.3
	0	3	9	3	5	3	3	7	2	2	3	2
Pre-10ppm	4.20	4.42	4.48	26.5	26.3	26.3	19.7	20.4	21.1	22.8	22.1	21.3
	±0.0	±0.1	±0.1	±0.4	±0.5	±0.2	±0.6	±1.4	±1.7	±1.0	±0.3	±0.2
	5	5	0	6	5	6	1	8	4	7	6	1
Continuous-1ppm	4.17	4.41	4.45	26.3	26.3	25.6	19.5	19.6	20.2	22.4	21.6	21.4
	±0.0	±0.0	±0.0	±0.3	±0.3	±0.5	±0.9	±0.6	±1.5	±0.6	±0.0	±0.3
	7	6	4	2	5	0	2	7	4	1	0	1

- 그림 95은 이산화염소 가스 처리에 따른 토마토의 총 균수 변화를 나타낸 그래프이다. 이산화염소 가스를 처리한 토마토가 전체적으로 무처리구에 비해 적은 균수를 나타냈다. 이산화염소 가스 처리방법에 따른 총 균수 변화는 고농도의 Pre-treatment(10, 8 ppm)를 한 토마토가 초기 균수가 Continuous-treatment에 비해 적게 나왔지만, 저장이 지속 될수록 계속적으로 이산화염소 가스를 처리한 Continuous-treatment가 더 효과적으로 나타냈다.

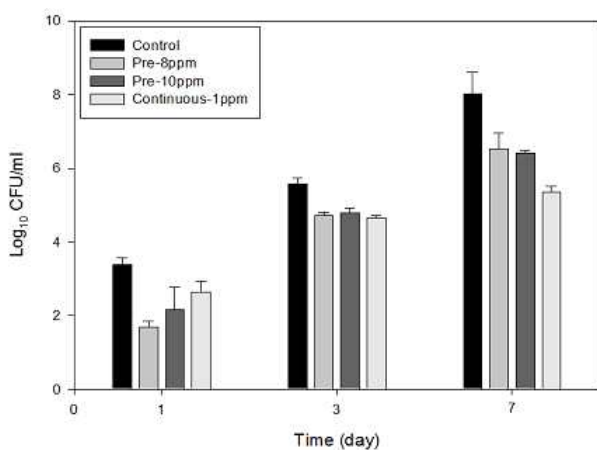


그림 95. 이산화염소 가스 처리에 따른 토마토의 총 균수

- 그림 96는 저장 종료일인 7일 경과 후 각 처리구별 토마토의 사진을 찍어 나타낸 표이다. 육안으로 볼 때, 7일 후 Pre-treatment(8 ppm)과 Continuous-treatment는 무처리구에 비해 부패가 적게 일어났음을 알 수 있으며, Continuous-treatment가 Pre-treatment에 비해 부패가 덜 일어났음을 알 수 있으며, Pre-treatment(10 ppm)의 경우 무처리구와 비슷한 부패율을 보였다. 이는 이산화염소 가스의 처리 시간이 증가함에 따라 토마토의 부패율이 감소함을 알 수 있다.



a. Control



b. Pre-treatment(10ppm, 3min)



c. Pre-treatment(8ppm, 5min)



d. Continuous-treatment(1ppm)

그림 96. 저장 7일 후
토마토의 부패율

(3) 결론

- 본 연구는 유통 전 이산화염소 가스 전처리(Pre-treatment)와 유통 중 지속적인 처리(Continuous-treatment)의 비교실험을 통해 Continuous-treatment의 적용 가능성을 확인하는 것을 목적으로 하였다. 20L의 밀폐 유리용기에 10ppm 과 8ppm의 이산화염소 가스를 각각 3분과 5분 동안 처리한 고농도 전처리 방법(pre-treatment)과 1ppm의 저농도 이산화염소 가스를 1일, 1회 처리한 지속적 처리 방법(continuous-treatment)을 비교 실험하였으며, 각 처리군은 0, 1, 3, 5, 7일 동안 상온에서 경도, 산도, 당도, 색도 및 총 균수가 평가되었다. 저농도 이산화염소 가스의 지속적 처리는 무처리군과 전처리군에 비해 경도, 당도, 색도에서 효과를 보였으며, 산도는 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 미생물 변화에서는 육안으로 보이는 곰팡이나 효모에 따른 부패율이 감소하였으며, 총 균수에서도 더 효과적인 항균성을 나타냈다. 토마토 ‘유니콘’에서는 지속적인 이산화염소 가스처리가 전체적인 품질 유지 및 유통기한 연장에 큰 효과를 보였으며, 유통 기간 중 저농도의 이산화염소 가스를 지속적으로 방출하는 포장 시스템을 고려한다면, 수출용 토마토의 선도유지에 충분히 효과적일 것으로 판단된다.

8. 저장 중 이산화염소 가스 처리를 위한 sachet 개발 연구

가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2012. 01. 19

나. 연구방법

(1) Silica-gel을 이용한 이산화염소 가스 처리 sachet 개발

- 본 연구는 이산화염소 발생제(Chlorine dioxide tablet, Dutrion, Netherland) 0.5g과 증류수 2 mL를 1시간 반응시켜 발생한 2000~3000 ppm의 고농도 이산화염소 가스 조건에서 진행되었으며, 실험에 사용된 Silica-gel은 (주)티피지에서 제공받았다.
- 이산화염소 가스의 발생은 Silica-gel의 양과 온도, 필름의 종류에 따라 적용되며, 필름은 산소투과도에 따라 분류된다. Sachet을 위한 Film은 4가지가 사용되었으며(표 6), PET/PP, PET/LLDPE, PET/LLDPE(MMP)는 (주)티피지에서 제공받았고, OPP(CMP)는 (주)보스팩에서 제공받았다.
- Silica-gel 방출량 측정을 위한 용기로는 수출용토마토 상자에 맞추어 제작된 Acrylic

- container(20 L)와 소포장용 PP tray(500 mL)가 적용되었다
- 발생한 이산화염소 가스의 농도는 이산화염소 측정기(Fixed type ClO₂ gas detector, Scott In., USA)을 이용하여 측정되었다.

표 6. Sachet용 필름의 산소투과도

구분	산소투과도 (cc/m ² /day · atm)			
	1	2	3	평균
PET/ CPP	127	127	123	126
PET/LLDPE	810	815	828	818
OPP (Electronic charge-perforated film)	2,081	2,079	2,071	2,077
PET/LLDPE (Mechanical perforation: 4mm)	-	-	-	10,000이상

- 비천공 필름과 천공필름(그림 97, Mechanical perforated film)의 산소투과도는 큰 차이를 보이기 때문에 그 사이 값의 산소투과도를 얻기 위해서 Electronic charge-perforated film(그림 98)을 적용하였다. 모식도에서 보는 것과 같이 Electronic charge-perforated film는 필름에 전기적인 충격을 줌으로써 필름의 투과도를 향상시키고 미세천공필름이 가지는 과습이나 수분용출을 보완하기 위해 제작된 필름이다.

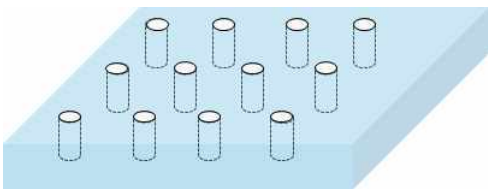


그림 97. 세 천공 필름(Mechanical perforated film)의 모식도



그림 98. electronic charge-perforated film의 모식도

- Electronic charge-perforated film은 (주)보스팩에서 제작한 Electronic charge 처리 장치 이용하여 설정된 전압(5.2 A), 처리속도(100 rpm)에서 제작되었다.
- Electronic charge를 이용하여 약 2077 cc/m²/day의 산소투과도를 가진 film이 제작되었으며, 본 연구에서는 이산화염소 가스 처리용 Sachet의 기본 필름으로 적용되었다.

다. 연구결과 및 고찰

(1) Silica-gel을 이용한 이산화염소 가스 처리 sachet 기준 정립

- 본 연구에서는 이산화염소 발생제(Chlorine dioxide tablet, Dutrion, Netherland) 0.5 g과 증류수 2 ml를 반응시켜 발생시킨 약 2000~3000 ppm 농도의 이산화염소 가스에서 1시간 반응시킨 silica-gel이 적용된다. 초기 흰색의 silica-gel은 흰색에서 이산화염소 가스를 흡착한 후 노란색으로 색이 변하게 된다(그림 99).

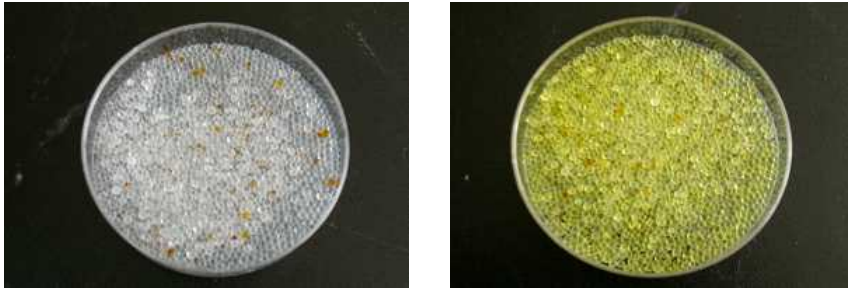


그림 99. 반응 전·후의 Silica-gel

- 2000-3000 ppm 농도의 이산화염소 가스에서 1시간 반응시킨 silica-gel 1g의 방출량을 측정하였다(그림 100). 측정은 사전 연구에서 사용되었던 Acrylic container (20 L)에서 진행되었으며, 순수 Silica-gel 1g만을 적용한 실험구는 상온에서 이산화염소 가스를 약 10ppm (20 L 기준) 방출하고 그 지속시간은 약 1시간 정도로 측정되었다. 이러한 silica-gel의 방출시간을 증가시키기 위해 각각의 필름이 적용되었다.
- 126 cc/m²/day의 산소투과도를 가진 고차단성 필름(PET/ CPP)이 적용된 처리구는 같은 조건하에서 4ppm의 농도로 약 1일 정도 지속되는 것으로 나타났으며, Silica-gel 2g을 반응시킨 처리구는 4ppm의 농도에서 약 2일 정도 지속되는 것으로 나타났다. PET/ CPP에 Silica-gel 1 g과 2 g을 반응시킨 실험구의 비교를 통해 Silica-gel의 양을 2배로 증가시키면 그 지속시간도 2배 정도 증가하는 것을 알 수 있었으며, 이는 Silica-gel의 양을 조절함에 따라 그 지속시간을 연장시킬 수 있다는 것을 나타낸다.
- PET/LLDPE(818 cc/m²/day)를 적용한 실험구에서는 이산화염소 가스 방출농도가 약 6ppm으로 PET/ CPP(126 cc/m²/day)에 비해 약 2ppm 정도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 투과도가 다른 film의 적용을 통해, 이산화염소 가스의 방출농도 또한 조절이 가능할 것으로 판단되었다.

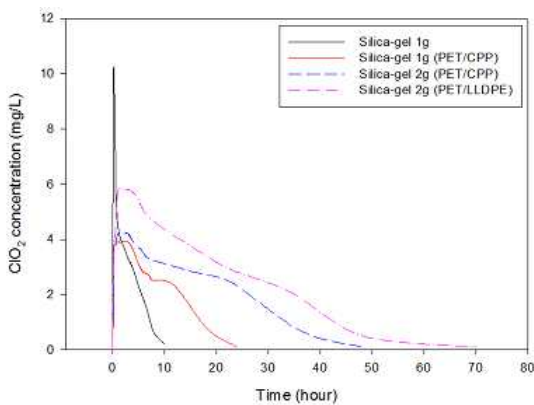


그림 100. Silica-gel의 이산화염소 가스 방출량(23°C)

(2) 수출토마토 상자 (20 L) 기준 이산화염소 가스 처리 sachet

- 그림 101은 Silica-gel 2g을 각기 다른 Film에 적용 시켰을 때의 이산화염소 가스 방출량과 지속시간을 나타낸 표이다. 본 연구는 토마토 유통 조건인 5°C에서 진행되었으며, 위에서 적용한 PET/ CPP의 경우 이산화염소 가스를 방출하지 못하는 것으로 측정되어 그래프에서 제외되었다. Figure 17과 비교해보면 PET/LLDPE가 적용된 실험구는 상온(23°C)의

경우 약 5~6 ppm의 농도로 약 3일 정도의 지속시간을 보였지만 저온유통(5°C) 조건에서는 0.4~0.5 ppm의 농도로 7일 이상의 지속시간을 보였다. 저온 조건에서는 기체의 확산 속도가 늦어져 필름을 투과하는 기체의 양이 현저히 적어지는 대신 그 방출시간이 증가하기 때문이라 할 수 있으며, 이는 이산화염소 가스 sachet이 저온 유통 조건에서 충분히 장시간 적용 될 수 있다고 판단되었다.

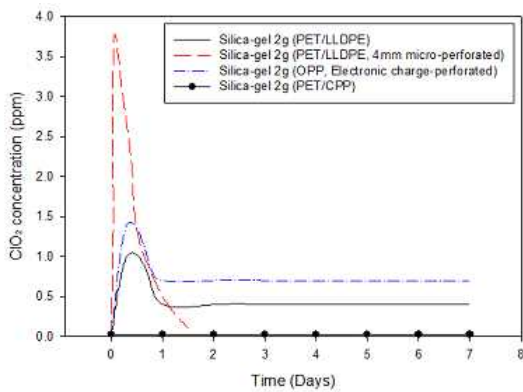


그림 101. Silica-gel의 이산화염소 가스 방출량(20 L, 5°C)

- PET/LLDPE(818 cc/m²/day) sachet에 silica-gel 2g을 적용 시켰을 때, Acrylic container(20 L) 기준 약 0.4~0.5 ppm 농도의 이산화염소 가스가 7일 이상 지속하는 것을 볼 수 있으며, 10,000 cc/m²/day 이상의 산소투과도를 가진 미세천공 필름이 적용된 sachet의 경우 초기 3.8 ppm 농도의 이산화염소 가스를 방출하지만 높은 투과율로 인해 2시간 이내의 짧은 지속시간을 가지는 것으로 나타났다. 반면, Electronic charge 처리된 OPP(2,077 cc/m²/day) 필름의 경우 0.7~0.8 ppm 농도의 이산화염소 가스가 7일 이상 지속되는 것으로 나타났다.
- 실험결과, OPP(Electronic charge-perforated film) 필름이 적용된 이산화염소 가스 처리용 sachet은 20 L 기준, 0.7~0.8 ppm의 농도를 지속적으로 유지할 수 있었으며, 이는 수출토마토용 상자에 충분히 적용가능 할 수 있을 것으로 판단된다.

(3) 토마토 소포장용 Tray (500 mL) 기준 이산화염소 가스 처리 sachet

- 그림 102는 silica-gel 2g을 각기 다른 Film에 적용 시켰을 때의 이산화염소 가스 방출량과 지속시간을 나타낸 표이다. 본 연구는 토마토 유통 조건인 5°C이하에서 진행되었다. PET/LLDPE(818 cc/m²/day)의 경우 Acrylic container(20 L)에서 0.4 ppm을 방출하는 것으로 나타냈지만, PP tray(500 mL)를 적용한 경우 현저히 떨어져 5일 째 0 ppm에 가까워지는 결과를 나타냈다. 그 이유로는 Acrylic container와 달리 PP tray의 경우 이산화염소 가스가 tray를 투과하여 용기 내 이산화염소 가스의 농도가 떨어지기 때문이라 판단되며, 다른 종류의 필름역시 초기의 이산화염소 가스 농도가 시간이 지남에 따라 조금씩 떨어지는 것으로 나타났다.

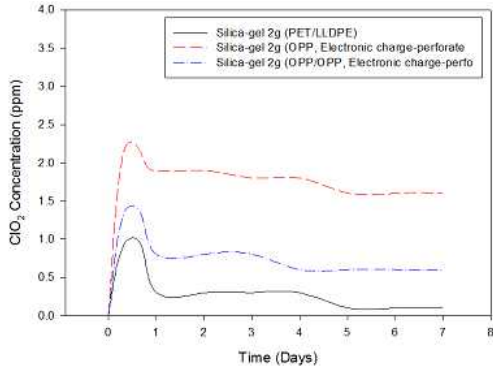


그림 102.. Silica-gel의 이산화염소 가스 방출량(500 mL, 5°C)

- Electronic charge 처리된 OPP(2,077 cc/m²/day) 필름의 경우, 1.5~2.0 ppm의 이산화염소 가스가 7일 이상 지속되는 결과를 보였으며, 필름의 투과도를 줄이기 위해 필름을 이중으로 포장한 OPP/OPP의 경우 0.6~1.3 ppm의 이산화염소 가스 농도가 측정되었다.
- 이산화염소 가스를 흡착하고 있는 Silica-gel은 대기 중의 질소, 산소 수분 등을 흡착하고 가지고 있던 이산화염소 가스를 방출하게 된다. 실험 결과, Acrylic container(20 L)와 PP tray(500 mL)의 경우 같은 조건에서 용기의 부피가 크게 줄어들었지만 이산화염소 가스 농도는 큰 차이를 보이지 않는 결과가 나타났다. 그 이유로는 용기 내 부피에 따라 Silica-gel이 흡착하고 방출하는 기체의 순환 정도의 차이가 있기 때문이라 할 수 있다.
- 실험결과, OPP(Electronic charge-perforated film) 필름이 적용된 이산화염소 가스 처리용 sachet은 500 mL 기준, 1.5~2.0 ppm의 농도를 지속적으로 유지할 수 있었으며, OPP/OPP 필름이 적용된 경우, 0.6~1.3 ppm의 농도를 유지하는 것으로 나타났다. 이는 소포장 tray에 충분히 적용 가능할 것으로 판단된다.

(4) 결론

- 본 연구에서는 토마토의 품질열화를 감소시키고 유통기한 연장에 효과적인 이산화염소 가스의 지속적인 처리를 위해 Silica-gel을 이용한 sachet 개발을 목적으로 하였다. sachet은 수출 토마토용 container (20 L)와 소포장 tray (500 mL)를 기준으로 정립되었으며, 필름의 산소투과도를 이용하여 방출되는 이산화염소 가스의 농도를 조절하였다.
- 비천공 필름과 기계적 천공 필름간의 산소투과도 차이를 줄이기 위해 Electronic charge-perforated film이 적용되었고 이산화염소 가스의 농도를 조절하는데 효과적이었다.
- 아래 표는 용기에 따른 적용 필름과 이산화염소 가스의 농도를 나타낸 표이다.

표 . 용기에 따른 적용 필름과 이산화염소 가스의 농도(5°C)

Package volume	Amount of silica-gel	Sachet film	ClO ₂ levels in the headspsce of package
20 L	2g	PET/LLDPE	0.4~0.5
20 L	2g	OPP(ECP)	0.7~0.8
500 mL	2g	OPP(ECP)	1.5~2.0
500 mL	2g	OPP/OPP(ECP)	0.6~1.3

*ECP : Electronic charge-perforated film

*Oxygen permeation rate : PET/LLDPE(818 cc/m²/day), OPP(ECP, 2,077 cc/m²/day)

- 연구 결과, Silica-gel을 이용한 이산화염소 가스 방출 sachet은 용기 내 이산화염소 가스

의 농도를 지속적으로 유지 가능하였으며, 이는 토마토의 품질열화를 감소시키고 유통기한을 연장하는데 효과적일 것으로 판단되었다.

9. 수출토마토 선도유지를 위한 유기물 탈산소제 개발 연구

가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2012. 01. 19

나. 연구방법

(1) 유기물 탈산소제 구성

- 본 연구에서 사용되는 유기물은 Gallic acid monohydrate Mw 188.14, Kanto Chemical Ltd, Portland, USA, 그림 103)와 Potassium carbonate anhydrous(99.5%, Daejung Co., Korea)가 적정 비율로 혼합된다. Gallic acid는 Phenolic acid의 일종으로, 높은 항산화력을 가지는 물질로 식품첨가물로 많이 사용되는 물질이며, Gallic acid가 산소와 반응하기 위해 가지고 있는 수소를 분리해야 하는데 Potassium carbonate는 이러한 Gallic acid의 수소를 분리시키는 역할을 한다.

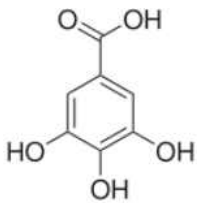


그림 103. Gallic acid

(2) 유기물 탈산소제 반응 개시제

- 유기물 탈산소제는 산소와 물리적 흡착이 아닌 화학적 결합으로 이루어지기 때문에 별도의 반응개시제가 필요하다. 본 연구에서는 반응 개시제로 열, 수분 그리고 Transition metal로 Magnesium chloride anhydrous(98.0%, Daejung Co., Korea)이 사용된다. 열과 수분은 Gallic acid와 Potassium carbonate의 반응성을 높이는 원리로 사용되며, Transition metal은 흡착하고자하는 산소를 활성산소로 변화시켜 Gallic acid의 항산화력을 이용하여 이러한 활성산소를 흡수하는 역할을 하도록 한다.
- 아래의 표는 유기물 탈산소제 비율과 각 개시 방법을 나타낸 표이다.

표 . Components of the oxygen scavenging system

Code	Gallic acid (G, mg)	Potassium carbonate (A, mg)	Activation		
			Transition metal (T, mg)	Thermal (R, °C)	H2O (H, mL)
G-A-T	500	250	50	-	-
G-A-R	500	250	-	77	-
G-A-H	500	250	-	-	0.1

G: Gallic acid; A: Alkali carbonate(potassium carbonate); T: Transition metal(Manganese(II) sulfate); R: Thermal processing, H: H₂O
 G100: 100mg of gallic acid; G200: 200mg of gallic acid; G300: 300mg of gallic acid; G400: 400mg of gallic acid; G500: 500mg of gallic acid
 A0: 0mg of alkali carbonate; A50: 50mg of alkali carbonate; A150: 150mg of alkali carbonate; A250: 250mg of alkali carbonate

(3) 산소 흡착률 평가

- 산소 흡착률은 115 mL Headspace vial 내부의 산소농도를 Headspace oxygen/carbon dioxide analyzer(PBI-Dansensor America Inc, check point, USA)을 이용하여 측정하였으며 온습도 측정기(Datalogger, Model SK-L200THIIa, Sato, Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 용기내부 온도와 습도를 측정하였다(그림 104).

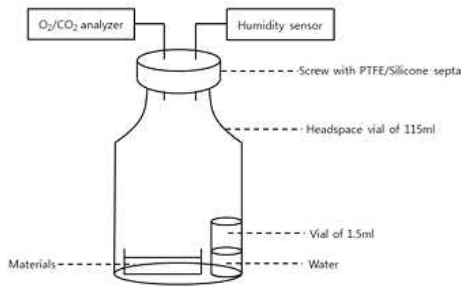
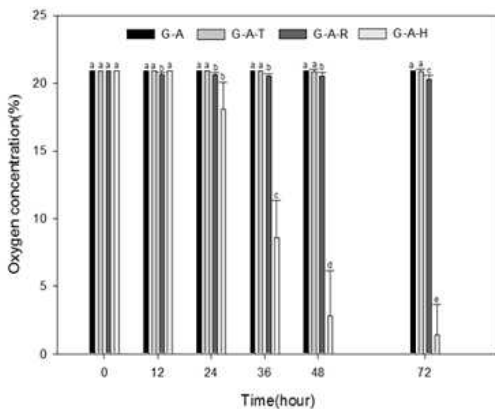


그림 104. System of oxygen content (%) analysis

다. 연구결과 및 고찰

(1) 개시 방법에 따른 산소흡착률 평가

- 그림 105는 반응 개시제(열, 수분, Transition metal)에 따른 산소 흡착률을 나타내는 그래프이다. 3일 후 측정된 결과에서 열(G-A-R)과 Transition metal(G-A-T)이 적용된 처리구는 초기 20.9%의 산소 농도에서 별다른 차이를 보이지 않았지만 수분(G-A-H)이 적용된 처리구는 초기 산소농도 20.9%에서 3일 후 약 1.44%로 많은 양의 산소를 흡수한 것으로 나타났다.
- 실험 결과, Gallic acid와 Potassium carbonate 혼합물은 일정한 수분이 주어진 조건 하에서 충분히 탈산소제로 사용될 수 있다고 평가된다.



G-A(500 mg of gallic acid and 250 mg of potassium carbonate), G-A-T(G-A includes 50 mg of transition metal), G-A-R(G-A processes the thermal processing), G-A-H(G-A includes 0.1 ml of water)
^{a-c}Means in the same storage time with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

그림 105. The effect of the transition metal, thermal processing and moisture on oxygen scavenging capability

(2) Gallic acid와 Potassium carbonate의 구성비에 따른 산소흡착률 평가

- 그림 106은 Gallic acid와 Potassium carbonate의 농도에 따른 산소 흡착률을 비교한 그래프이다. Gallic acid와 Potassium carbonate의 양이 증가 할수록 높은 산소 흡착률을 보였으며, Gallic acid가 200mg 포함된 G200-A-H의 경우 실험 종료일인 7일 후 초기 산소농

도 20.9%에서 0.61%로 300~500mg와 비슷한 수치를 나타냈다. 이는 실험에 사용된 부피 115 mL 대비 200mg의 Gallic acid의 경우 충분히 탈산소제로 사용될 수 있다는 것을 나타낸다. G200-A-H의 경우, 총 탈산소제 질량 450mg을 g당 흡수하는 산소의 양으로 치환하면 약 53.6 cc O₂/g 의 산소흡착력으로 정의할 수 있다. 이는 선행연구를 통해 정의된 철가 산소흡착제의 산소흡착력(약 39~79 cc O₂/g)과 비슷한 수치를 나타내며, 충분히 기존의 철가 산소흡착제를 대체할 수 있다고 평가된다.

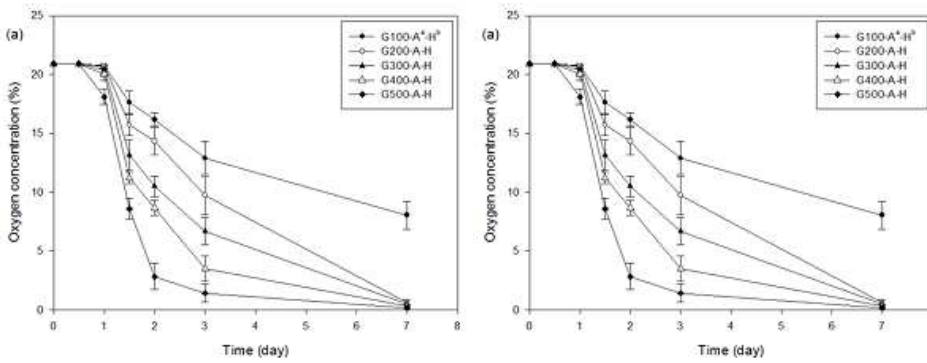


그림 106. The effect of the transition metal, thermal processing and moisture on oxygen scavenging capability

- a 250 mg of potassium carbonate.
- b 0.1 ml of water (65% RH).
- c 500 mg of gallic acid.

(3) 온도(Temperature)와 상대습도(Relative humidity)에 따른 산소 흡착률 변화

- 그림 107은 온도와 상대습도에 따른 산소 흡착률의 변화를 나타낸 그래프이다. 수출용 토마토의 경우 대부분 저온 유통이 이루어지기 때문에 탈산소제의 경우 저온 조건에서도 충분한 산소 흡착률을 보일 수 있어야 한다. 그 결과, 4°C 조건하에서 산소농도는 반응 종료 7일후 초기 20.9%에서 약 2.62%로 줄어들었으며, 이는 상온 조건보다 높은 수치이긴 하지만 대체로 좋은 산소흡착력을 보이는 것으로 평가할 수 있다.
- 상대습도에 따른 산소 흡착률의 변화를 보면, 상대습도 11%(G-A-RH11) 조건하에서는 산소흡착 반응이 이루어지지 않는 것으로 나타났으며, 상대습도 33%(G-A-RH33) 조건하에서는 반응 종료일인 3일 후, 20.9%에서 3.66%로 높은 산소흡착력을 나타냈다.
- Gallic acid와 Potassium carbonate로 구성된 유기물 산소흡착제는 저온 및 낮은 상대습도 조건에서도 높은 산소흡착력을 보이며, 이는 수출용 토마토에 충분히 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

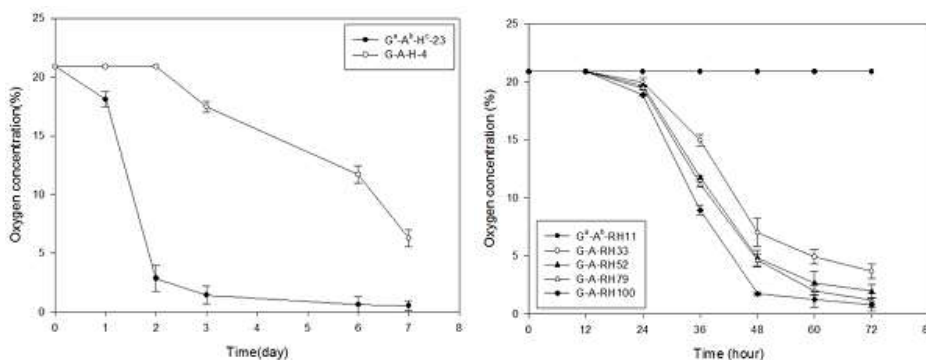


그림 107. The effect of the storage temperature and relative humidity on oxygen scavenging capability

- a 250 mg of potassium carbonate.

^b 0.1 ml of water (65% RH).

^c 500 mg of gallic acid.

(4) 결론

- 본 연구는 수출용 토마토의 유통 중 포장용기내의 산소 제거하여 품질열화를 감소시키기 위한 식품포장용 탈산소제 개발을 목적으로 하였다. 기존의 철가 탈산소제의 단점을 보완하기 위해 Gallic acid와 Potassium carbonate로 구성된 유기 탈산소제를 개발하여 그 산소흡착력에 대해평가를 하였다. 115 mL의 headspace vial에 일정량의 Gallic acid(500 mg)과 Potassium carbonate(250 mg)을 넣고 반응 개시제로 수분이 적용되었을 경우 철가 탈산소제를 대체할 수 있을 만큼의 높은 산소흡착력을 보였으며, 저온 및 낮은 수분조건하에서도 충분히 탈산소제로써의 역할을 할 수 있다고 평가되었다. 이는 수출용 토마토에 적용되어 호흡억제를 통해 품질열화의 요인을 감소할 수 있을 것으로 판단된다.

10. 유기물 탈산소제 개발에 따른 유통 중 토마토의 품질열화 요인 분석

가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2012. 01. 19

나. 연구방법

(1) 유기물 탈산소제의 sachet 적용

- 본 연구에서 사용되는 유기물 탈산소제는 사전 연구에서 개발 진행된 Gallic acid와 Potassium carbonate로 구성 되었으며, (주)티피지에서 제공 받은 PET/PP(8mm 타공) 필름을 사용하여 sachet 형태를 만들어 적용하였다.

(2) 토마토 품질변화 분석

- 중량 감소율은 디지털 전자 밸런스 (CAS, Model: MW-II)를 사용하여 토마토의 저장 초기의 중량에서 측정 시 중량을 뺀 저장 중의 감량을 백분율 (%)로 나타내었다.
- 경도의 변화는 물성측정기(TA.XT.Plus texture analyzer)를 이용하여 Part No. P/35 cylinder probe를 이용하여 30초간 압력을 가했을 때 나타나는 저항 값의 최댓값을 N 로 나타내었다.
- 산도(pH)는 착즙액 20 mL를 취하여 pH meter (cyverscan, pH510)을 이용하여 측정하였다.
- 당도는 방울토마토를 마쇄하여, 마쇄액의 일부를 굴절 당도계(Mater-M, Atago co., Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다.
- 총 균수는 토마토 10 g과 증류수 90 mL를 마쇄하여, 마쇄액 1 mL를 PCA(Plate count agar)에 도말하여 37°C에서 48시간 배양 후 colony수를 계산하여 나타내었다.

나. 연구결과 및 고찰

(1) 유기 탈산소제 적용에 따른 기체조성 분석

- 그림 108는 유기 탈산소제 적용에 따른 용기 내 기체조성의 변화를 나타낸 그래프이다. 일주일 후 용기 내 산소와 이산화탄소의 농도 변화를 볼 때, 저장 3일부터 토마토의 급격한 호흡으로 산소의 농도가 급격히 줄고 이산화탄소의 농도가 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 반면 유기 탈산소제가 적용된 처리구는 산소와 이산화탄소 농도의 변화폭이 무처리

구에 비해 작은 것으로 봐서 토마토의 호흡억제 효과를 보였다고 판단할 수 있다.

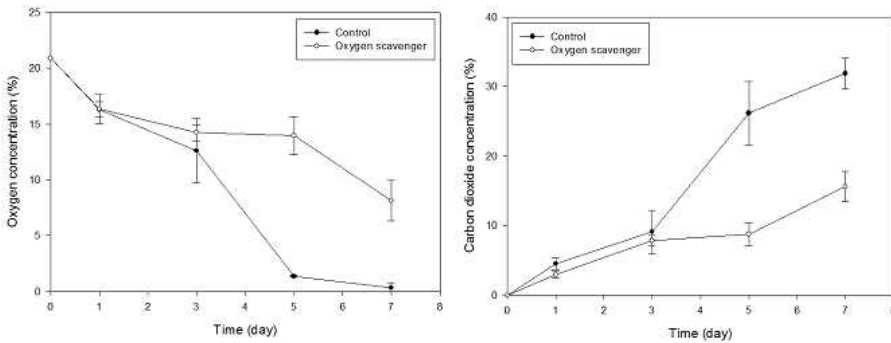


그림 108. 유기 탈산소제 적용에 따른 용기 내 기체조성

(2) 유기 탈산소제 적용에 따른 토마토의 품질변화 분석

- 그림 109은 유기 탈산소제 적용에 따른 토마토의 중량감소율 변화를 나타낸 그래프이다. 저장 7일 후 무처리구에서는 0.83%의 중량감소율을 보였으며, 무처리구에 비해 유기 탈산소제가 적용된 토마토는 0.63%로 무처리구에 비해 비교적 낮은 중량감소율을 나타냈다. 이는 무처리구에 비해 유기 탈산소제의 적용이 토마토의 노화를 억제시키는데 효과적이라 할 수 있다.

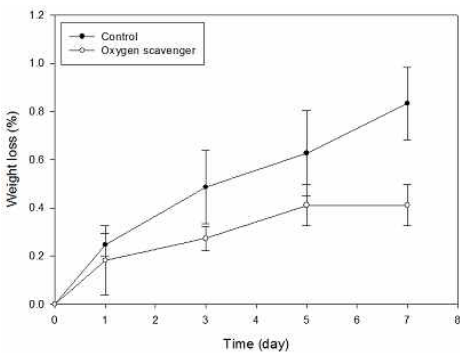


그림 109. 유기 탈산소제 적용에 따른 토마토의 중량감소율

- 그림 110은 유기 탈산소제 적용에 따른 토마토의 경도와 당도의 변화를 나타낸 그래프이다. 경도는 무처리구가 초기 1.1 N에서 0.4 N으로 감소한 반면 유기 탈산소제를 적용한 토마토는 초기 1.1 N에서 0.7 N으로 토마토의 경도를 유지하는 데 효과를 나타냈다.
- 당도는 저장 종료일인 7일 경과 후 무처리구에서는 급격히 떨어지는 값을 나타냈으며, 유기 탈산소제의 경우 무처리구에 비해 당도를 보존하는데 더 효과적임을 나타냈다.

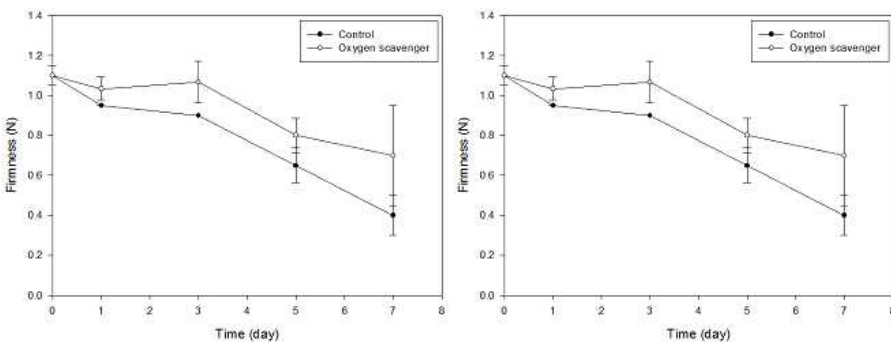


그림 110. 유기 탈산소제 적용에 따른 토마토의 경도 및 당도 변화

- 아래의 표는 유기 탈산소제 적용에 따른 토마토의 산도와 색도 변화를 나타낸 표이다. 저장 종료일인 7일 후 pH 변화량의 폭은 크게 차이를 보이지 않았지만 약간은 유기 탈산소제가 적용된 처리구가 무처리구에 비해 pH의 변화 폭이 적음을 나타냈다.
- 색도 L*a*b* 값은 각각 L*(Lightness, 명도), a*(Red/Green), b*(Yellow/Blue)을 나타낸 값이다. 색도의 경우 두 처리구에서 별 차이를 보이지 않았으며, 이는 유기 탈산소제가 토마토의 색도변화에는 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.

표. 유기 탈산소제 적용에 따른 산도 및 색도 변화

	pH			L*			a*			b*		
	0da	3da	7da	0da	3da	7da	0da	3da	7da	0da	3da	7da
	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y
Control	4.17	4.29	4.53	26.3	26.1	25.8	19.5	19.8	20.1	22.0	21.6	21.4
	±0.0	±0.0	±0.0	±0.2	±0.2	±0.4	±1.1	±0.9	±0.5	±0.3	±0.4	±0.2
	3	4	2	6	0	7	1	0	7	1	2	9
Oxygen scavenger	4.17	4.30	4.39	26.5	26.4	25.8	19.7	20.0	20.2	22.1	21.6	21.6
	±0.0	±0.0	±0.0	±0.1	±0.2	±1.1	±0.5	±0.0	±0.4	±0.3	±0.7	±0.3
	2	3	1	5	1	9	6	6	9	0	2	8

- 그림 111는 유기 탈산소제 적용에 따른 토마토의 총 균수 변화를 나타낸 그래프이다. 저장 종료일인 7일 후 유기 탈산소제를 적용한 토마토가 전체적으로 무처리구에 비해 적은 균수를 나타냈다. 이는 산소의 흡착을 통해 미생물의 번식을 억제하는 효과로 나타난 결과로 볼 수 있다. 저온 조건에서 약 3일 후 유기 탈산소제의 산소흡착이 이루어지는 것은 사전 연구를 통해 확인할 수 있었다. 저장 초기 무처리구와 유기 탈산소제가 적용된 처리구의 총 균수가 비슷하게 나온 이유는 유기 탈산소제의 산소흡착이 약 3일 후 시작되는 이유로 나타낼 수 있다.

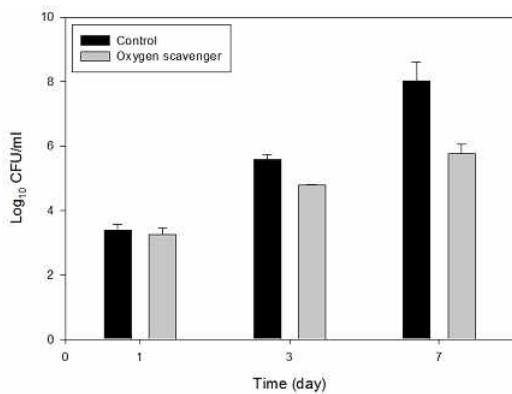


그림 111. 유기물 탈산소제 적용에 따른 토마토의 총 균수

- 그림 112은 저장 종료일인 7일 경과 후 각 처리구별 토마토의 사진을 찍어 나타낸 표이다. 육안으로 볼 때, 7일 후 유기 탈산소제가 적용된 토마토는 무처리구에 비해 부패가 적게 일어났음을 알 수 있으며, 이는 유기 탈산소제의 산소흡착에 따라 곰팡이 및 미생물에 대한 억제 효과로 토마토의 부패율이 무처리구에 감소함을 알 수 있다.



a. Control



b. Oxygen scavenger

그림 112. 저장 7일 후 토마토의 부패율

(3) 결론

- 본 연구는 유통 과정 중 유기탈산소제의 적용에 따른 토마토의 호흡을 억제, 품질열화를 줄여 유통기한의 연장 효과를 확인하는 것을 목적으로 하였다. 적용된 탈산소제는 사전 연구에서 진행된 Gallic acid(500 mg)와 Potassium carbonate(250 mg)로 구성되며 수분을 반응개시제로 하여 산소흡착이 진행되는 유기 탈산소제가 적용되었으며, 무처리구와 0, 1, 3, 5, 7일 동안 상온에서 경도, 산도, 당도, 색도 및 총 균수의 비교를 통해 효과가 평가되었다. 유기 탈산소제는 무처리구에 비해 경도, 당도, 산도에서 효과를 보였으며, 색도에서는 별 차이를 보이지 않았다. 또한 미생물 변화에서는 육안으로 곰팡이나 미생물에 따른 부패율이 감소하였으며, 총 균수를 통해 효과적인 항균성을 나타냈다. 토마토 ‘유니콘’에서는 유기 탈산소제를 적용한 토마토가 전체적인 품질 유지 및 유통기한 연장에 효과를 보였으며, 이는 토마토의 수출과정에서 충분히 적용되어 효과를 나타낼 수 있을 것으로 판단된다.

11. 이산화염소 가스 Sachet과 유기물 탈산소제 적용을 통한 수출 토마토 품질유지 및 유통기한 연장에 관한 연구

가. 연구기간: 2011. 01. 20 ~ 2012. 01. 19

나. 연구방법

(1) 이산화염소 가스 방출 sachet

- 본 연구에서는 ‘저장 중 이산화염소 가스 처리를 위한 sachet 개발 연구’에서 개발된 소포장용 tray(500 mL) 기준 이산화염소 가스 방출 sachet이 적용되었으며 그 구성은 아래의 표와 같다.

표. 이산화염소 가스 방출 sachet 구성(5°C)

Package volume	Temperature	Amount of silica gel	Sachet film	Released ClO ₂ levels
0.5 L	5°C	2g	OPP(ECP)	1.5~2.0
0.5 L	5°C	2g	OPP/OPP(ECP)	0.6~1.3

*ECP : Electronic charge-perforated film

*Oxygen permeation rate : OPP(ECP, 2,077 cc/m²/day)

- 이산화염소 가스 방출 sachet은 OPP(ECP)와 OPP/OPP(ECP), 총 2가지 종류의 sachet이 적용되며 용기 내 이산화염소의 농도는 1.5~2.0과 0.6~1.3이 적용되었다(그림 113)



그림 113. 이산화염소 가스 방출 sachet

(2) 유기물 탈산소제

- 본 연구에서는 ‘수출토마토 선도유지를 위한 유기물 탈산소제 개발 연구’에서 개발된 유기물 탈산소제가 적용되었으며 그 구성은 아래의 표와 같다.

표. 유기물 탈산소제 구성(23℃)

Materials	Temperature	Film	Absorb O ₂ concentration
Gallic acid(1g) / Potassium carbonate(0.5g)	23℃	PET/CPP(8mm, MCP)	110~120 cc O ₂ /g

*MCP : Micro-perforated film

- 유기물 탈산소제는 7일 기준, 110~120 cc O₂/g의 산소흡착률을 가지는 유기물 탈산소제가 적용되었다(그림 114).



그림 114. 유기물 탈산소제

(3) 토마토의 MAP 포장조건

- 본 연구에서 사용된 토마토는 임정농업협동조합에서 제공받은 ‘유니콘’ 품종의 토마토가 사용되었다. 토마토의 저장 실험을 위해 2008년 연구되었고 효과가 증명되었던 산소투과율이 높은 천공 OPP필름이 적용되었으며, 토마토 저장 용기로는 PP tray(500 mL)가 적용되었다.
- 토마토가 담겨진 PP tray(500 mL)는 천공 OPP필름으로 포장되며, 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제는 필름 내부에 부착되어 적용되었다.
- 총 4종류의 처리구(무처리구, 이산화염소 가스 방출 sachet(OPP, OPP/OPP), 유기물 탈산소제)가 수출용 토마토의 품질에 미치는 영향이 평가되며, 수출 토마토 유통조건인 11℃의 저장고(Envir chamber, Model SY05-III, Shinyoung Co, Korea)에서 저장되었다. 토마토의 품질평가는 2주간 진행되며, 중량감소율, 경도, 산도, 당도와 총 균수의 평가가 진행되었다.

표. 무처리구, 이산화염소 가스 방출 sachet, 유기물 탈산소제 적용

Code	Micro-perforated OPP film	ClO ₂ sachet	O ₂ scavenger
Control	O	-	-
ClO ₂ sachet(I)	O	OPP(EMP)	-
ClO ₂ sachet(II)	O	OPP/OPP(EMP)	-
O ₂ scavenger	O	-	O

*ECP : Electronic charge-perforated film

(4) 토마토 품질변화 분석

- 중량감소율은 디지털 전자 밸런스 (CAS, Model: MW-II)를 사용하여 토마토의 저장 초기의 중량에서 측정 시 중량을 뺀 저장 중의 감량을 백분율 (%)로 나타내었다.
- 경도의 변화는 물성측정기(TA.XT.Plus texture analyzer)를 이용하여 Part No. P/35 cylinder probe를 이용하여 30초간 압력을 가했을 때 나타나는 저항 값의 최댓값을 N로 나타내었다.
- 산도(pH)는 착즙액 20 mL를 취하여 pH meter (cyverscan, pH510)을 이용하여 측정하였다.
- 당도는 방울토마토를 마쇄하여, 마쇄액의 일부를 굴절 당도계(Mater-M, Atago co., Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다.
- 총 균수는 토마토 10 g과 증류수 90 mL를 마쇄하여, 마쇄액 1 mL를 PCA(Plate count agar)에 도말하여 37°C에서 48시간 배양 후 colony수를 계산하여 나타내었다.

다 연구결과 및 고찰

(1) 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장 내 기체조성 분석

- 그림 115는 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장 내 기체조성을 나타낸 그래프이다. 저장 종료일인 20일 후 용기 내 산소의 농도는 크게 변하지 않았으며, 이는 적용된 친공 OPP의 높은 산소투과율로 인해 지속적인 산소의 투과가 이루어지기 때문이라 할 수 있다.
- 이산화탄소의 농도를 보면, 무처리구를 포함한 처리구 모두 10~15일 정도에 급속도로 농도가 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 10~15일 사이에 토마토의 호흡이 급속도로 이루어지는 것을 나타내며, 각 처리구별 비교를 통해보면 이산화염소 가스 처리 sachet과 유기물 탈산소제 모두 무처리구에 비해 토마토의 호흡을 억제시켜 품질여화를 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

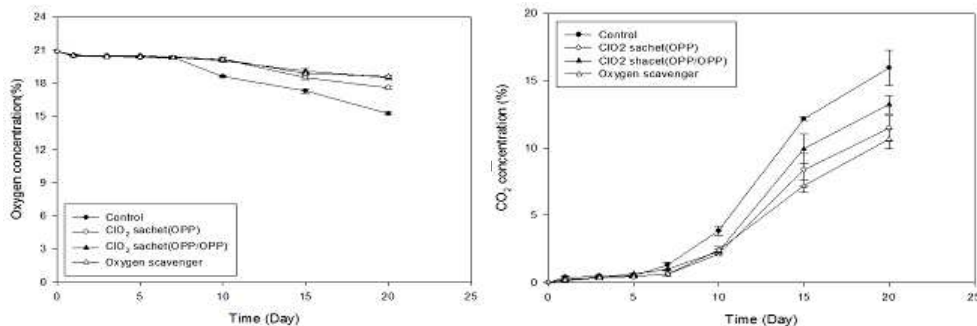


그림 115. 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장 내 기체조성

(2) 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장에 따른 품질변화 분석

- 그림 116은 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장에 따른 토마토의 중량감소율 변화를 나타낸 그래프이다. 저장 종료일인 20일 후를 비교해보면 각 처리구의 중량감소율은 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

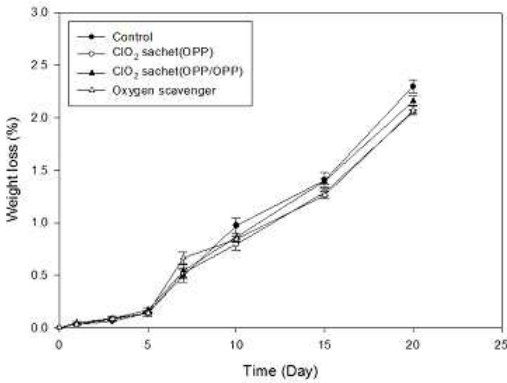


그림 116. 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장에 따른 토마토의 중량감소율

- 그림 117은 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장에 따른 토마토의 경도와 당도의 변화를 나타낸 그래프이다. 경도는 무처리구가 초기 15.4 N에서 10.7 N 감소한 4.7 N을 나타냈고, 이산화염소 가스 방출 sachet을 적용한 처리구의 경우 OPP는 8.6 N, OPP/OPP는 7.4 N을 나타내었다. 마지막으로 유기물 탈산소제를 적용한 처리구의 경우 초기 15.4 N에서 5.8 N으로 감소하는 것을 나타냈으며, 이는 이산화염소 가스 방출 sachet이 적용된 MA 소포장 조건은 토마토의 품질을 유지하는데 효과적이라는 결과를 나타낸다.

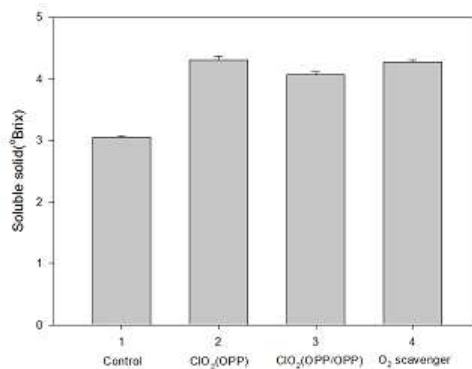
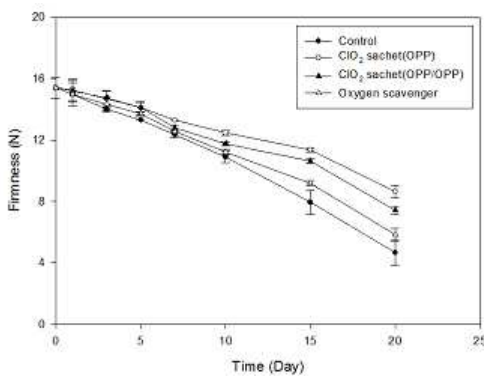


그림 117. 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장에 따른 토마토의 경도 및 당도변화

- 저장 종료일인 20일 후, 당도의 변화량은 각 처리구 모두 무처리구에 비해 높은 당도를 보였으며, 이는 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제가 적용된 MA 소포장은 토마토의 당도를 유지하는데 효과적이라는 것을 나타낸다.
- 아래의 표는 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장에 따른 토마토의 산도와 색도의 변화를 나타낸 그래프이다. 저장 20일 후 pH 변화량의 폭은 각 처리구 별 큰 차이를 보이지 않았으며, 무처리구에 비해서도 별 차이를 보이지 않았다.
- 색도 L*a*b* 값은 각각 L*(Lightness, 명도), a*(Red/Green), b*(Yellow/Blue)을 나타낸 값이

다. 색도의 경우 두 처리구에서 별 차이를 보이지 않았으며, 이는 방출되는 이산화염소가 색도의 농도가 토마토의 색도 변화에 영향을 크게 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.

표. 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장에 따른 산도 및 색도변화

	pH			L*			a*			b*		
	0day	10da y	20da y	0day	10da y	20da y	0day	10da y	20da y	0da y	10da y	20da y
Control	4.12 ±0.2 0	4.05 ±0.2 0	3.97 ±0.1 4	26.6 ±0.20	25.9 ±0.92	25.2 ±0.81	17.5 ±1.35	18.9 ±0.90	19.7 ±0.57	24.7 ±1.2 5	22.9 ±1.2 6	20.6 ±0.8 9
ClO ₂ sachet (OPP)	4.12 ±0.2 0	4.04 ±0.2 5	4.02 ±0.5 1	26.8 ±1.00	25.8 ±0.72	25.3 ±0.67	18.1 ±0.61	19.6 ±0.85	20.5 ±0.91	25.8 ±1.4 0	22.2 ±0.6 5	20.7 ±0.8 5
ClO ₂ sahcet (OPP/O PP)	4.32 ±0.1 0	4.07 ±0.0 6	4.00 ±0.0 1	26.7 ±0.53	26.1 ±0.56	25.7 ±0.76	18.1 ±1.42	19.1 ±0.98	19.6 ±0.78	25.1 ±1.3 0	22.6 ±1.5 0	21.6 ±0.9 8
Oxygen scaven ger	4.27 ±0.0 4	4.16 ±0.0 6	4.07 ±0.2 9	27.1 ±0.85	26.6 ±0.64	26.3 ±0.73	18.6 ±0.85	19.4 ±0.40	20.1 ±0.70	24.7 ±0.1 1	22.1 ±0.3 2	20.6 ±1.8 0

- 그림 118는 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장에 따른 토마토의 산도와 색도의 변화를 나타낸 그래프이다. 총 균수의 변화를 보면, 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장이 무처리구에 비해 적은 균수를 나타냈으며, 이는 미생물의 번식을 억제하는 효과로 나타난 결과로 볼 수 있다. 또한 이산화염소 가스와 유기물 탈산소제의 상호 비교를 보면, 항균적이 효과에서는 이산화염소 가스 방출 sachet을 적용한 처리구의 효과가 더 좋게 나타났다.

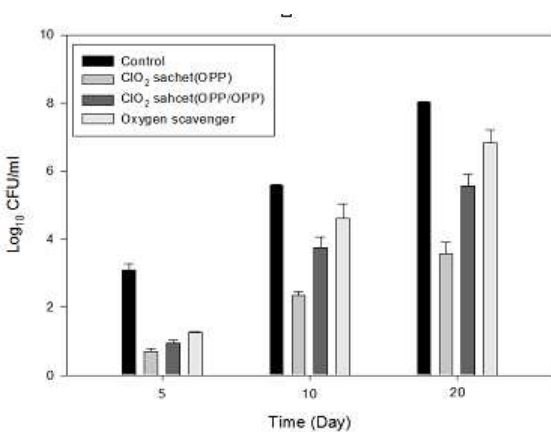


그림 118. 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장에 따른 총균수 변화량

- 그림 119는 저장 종료일인 30일 경과 후 각 처리구별 토마토를 사진 찍어 나타낸 표이다. 육안으로 볼 때, 30일 후 무처리구의 경우 토마토에 곰팡이 및 미생물에 의한 부패가 많이 이루어졌으며 각 처리구는 무처리구에 비해 부패가 적게 일어났음을 알 수 있다. 또한 ClO₂ sachet(OPP/OPP)이 적용된 토마토는 부패율이 다른 처리구에 비해 적게 일어났지만 줄기 끝부분이 노란색으로 염색이 되는 결과를 보였다. 이는 노란색의 띄는 이산화염소 가

스의 높은 농도로 인해 줄기 끝부분이 염색되기 때문이라 할 수 있다. 따라서 소비자에게는 거부감이 일어날 수 있기 때문에 소포장용 이산화염소가스 방출 sachet은 약 0.6~1.3 ppm 농도의 ClO₂ sachet(OPP/OPP)가 적합한 것으로 나타났다.

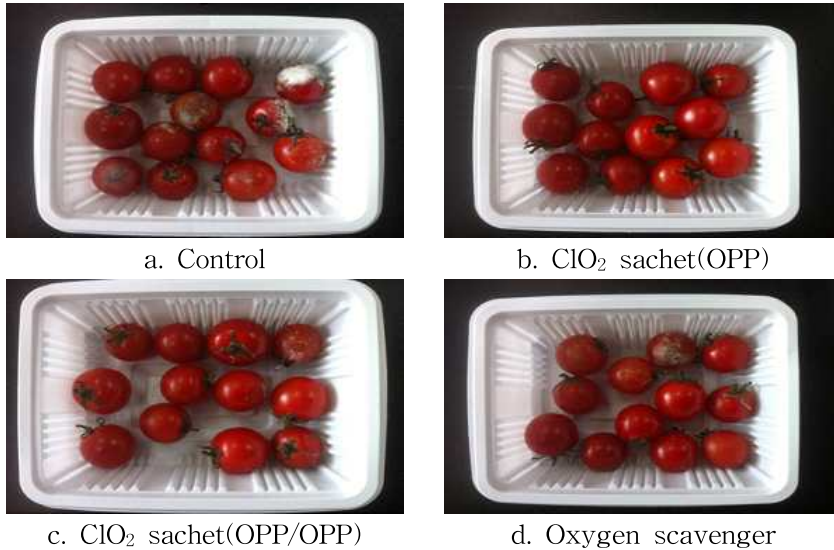


그림 119. 저장 30일 후 토마토의 부패율

(3) 이산화염소 가스 sachet와 산소흡착제 적용에 따른 부패율

- 그림 120는 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장에 따른 부패율을 나타낸 그래프이다. 무처리구의 경우 저장 종료일인 20일 후, 약 26%의 부패율을 보였으며, 각 처리구는 이보다 낮은 부패율을 나타냈다. OPP(Electronic charge-perforated film)가 적용된 이산화염소 가스 방출 sachet의 경우 약 18%의 부패율을 보이며, 미생물 및 곰팡이에 관한 발생억제에 가장 효과적인 것으로 나타났으며, OPP/OPP(Electronic charge-perforated film과 유기물 탈산소제의 경우, 약 20%의 부패율을 보였다. 실험 결과, 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제 모두 토마토의 부패를 막는데 효과적임을 나타냈다.

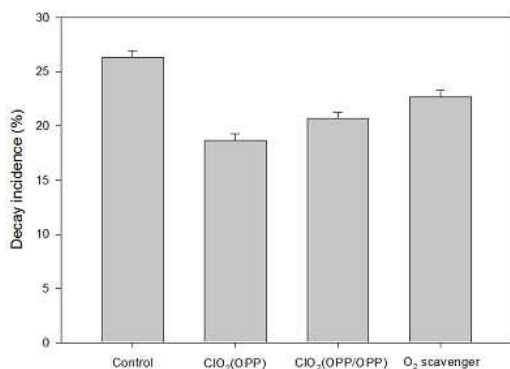


그림 120. 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제를 적용한 MA 소포장에 따른 부패율

(4) 결론

- 본 연구는 2008년, 연구를 통해 효과가 증명되었던 MAP 조건과 2012년, 연구된 이산화염소가스 방출 sachet 그리고 유기물 탈산소제의 복합적용을 통해 수출토마토의 유통기한

을 연장하는 것을 목적으로 하였다. MA 포장 조건으로는 높은 산소투과율을 가진 천공 OPP 필름이 적용되었고 이전에 연구되었던 Silica-gel을 이용한 ClO₂ 방출 sachet과 Gallic acid와 Potassium carbonate를 이용한 유기물 탈산소제가 적용되었으며, 무처리구를 포함하여 0, 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20일 동안 저온(5°C) 온도, 산도, 다도, 색도 및 총 균수의 비교를 통해 교과가 평가되었다. 실험 계로가, 각 처리구는 토마토의 유통기한을 연장하는데 효과적이었으며, 이산화염소 가스 방출 sachet에 유기물 탈산소제에 비해 미세하지만 효과가 더 좋은 것으로 나타났다. 또한 고농도의 이산화염소 가스 방출 sachet의 경우 토마토의 줄기 끝부분이 염색이 되는 결과를 보였으며, 0.6~1.3 ppm 농도의 sachet의 경우 가스로 인한 염색은 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 0.6~1.3 ppm 농도의 이산화염소 가스 방출 sachet과 유기물 탈산소제의 적용은 토마토의 유통기한을 연장하는데 효과적이라는 결과를 보였다.

< 수출용 방울토마토 자동 품질선별 영상시스템 개발 >

1. 영상처리 알고리즘 개발을 위한 기초실험

가. 연구기간: 2008 ~ 2013

나. 연구방법

(1) 실험재료 및 방법

- 방울토마토의 영상처리 알고리즘 개발을 위해 충남 논산의 수경재배 하우스와 노지재배 하우스에서 꼬꼬 품종 방울토마토를 수확하여 실험하였다. 재료는 실험당일 재배 농가를 방문하여 착색도에 따라 Green(GN), Breaker(BK), Turning(TN), Pink(PK), Light-Red(LR), Red(RD) 6단계의 토마토를 육안으로 구분하여 직접 수확하였다. 수확된 재료는 플라스틱 필름 포장재로 포장한 후 아이스박스에 담아 실험실로 이송하였다.
- 방울토마토의 표면은 광에 대한 반사율이 매우 높기 때문에 영상촬영 시 방울토마토 표면에 고반사(specular) 영역이 발생한다. 따라서 광이 토마토 표면에서 직접 반사되는 것을 피하고 전체적으로 은은하게 표면을 비추도록 하는 것이 착색도를 계산하기 용이한 영상을 획득할 수 있다. 분석용 알고리즘을 개발하고 토마토의 착색도와 내부품질과의 상관관계를 분석하기 위한 기초연구를 수행하기 위해 그림 1과 같이 영상획득 장치를 구성하였다. 영상획득 장치는 CCD 카메라(CIS VCC-8550A, DALSA Co.), 3파장 램프, 그리고 광을 확산시키기 위한 아크릴 실린더로 구성되어 있다.

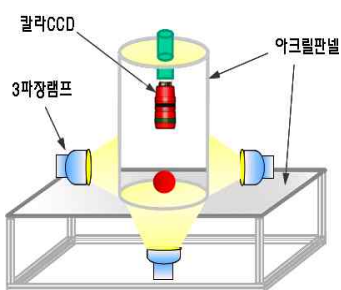


그림 1. Schematic of the imaging system

(2) 표준 칼라 값을 이용한 칼라 값 보정

- 칼라 값을 알고 있는 표준 칼라차트를 이용하여 사용하고 있는 카메라에서 획득된 영상이 정확한 칼라 값을 제공하고 있는 지를 검증하고 오차를 보정하였다.
- 표준 칼라차트의 영상을 획득하여 여러 가지 색상에 대해 RGB 평균값(31 × 31 pixel 크기)을 추출하고 칼라차트의 값과 비교하여 R, G, B 각각에 대한 회귀식을 개발하였다. 개발된 회귀식을 이용하면 카메라 및 광원의 설정에 따라 발생하는 칼라 값의 오차를 보정하였다. 개발된 1차 회귀식과 3차 회귀식을 비교하였을 때 3차 회귀식이 보다 정확한 보정결과를 나타내었다.

(3) 방울토마토 꼭지부분 제거 및 착색도 계산 알고리즘 개발

- 획득된 방울토마토 영상에서 착색도 계산에 관련이 없는 꼭지부분을 제거하는 알고리즘을 개발하였다. 그림 2는 알고리즘 개발을 위한 개념도를 나타내었으며 자세한 내용은 다음과 같다.

- a. Gray 스케일 변환: 영상을 이진화 하기위해서 원 영상을 gray 영상으로 변환
- b. 이진화 영상: 흑백 영상에서 배경과 토마토를 나누기 위해 적당한 값을 문턱 값(40%)을 설정하고 문턱 값 보다 높은 값을 배경(흰색)으로 만들고 문턱 값보다 낮은 값을 토마토(검은색)로 만듭.
- c. 꼭지 제거: 토마토의 꼭지부분의 R값과 B값의 비율을 이용하여 꼭지부분을 인식하고 인식된 부분 제거.
- d. 잡음 제거: 제거하지 못한 꼭지 부분과 배경에 남아 있는 미세한 잡음은 침식연산과 팽창연산을 연속적으로 적용하는 열림 연산 기법으로 제거. 미세 잡음은 열림 연산에 의해 제거되고 큰 잡음은 라벨링 기법을 이용하여 가장 큰 값을 토마토로 인식하고 나머지를 제거하는 방법으로 모든 잡음 제거.
- e. 마스킹: 잡음을 제거하고 남은 검은색 영역의 위치에 해당하는 방울토마토의 영상정보를 불러옴.
- f. 마스킹 된 최종 영상에서 RGB값을 획득한 후 XYZ값으로 변환시키고, 이를 다시 L*ab값으로 변환하여 착색도 계산.

- 그림 3은 Pink와 Red 속도의 방울토마토를 이용한 영상처리 결과를 나타낸다.

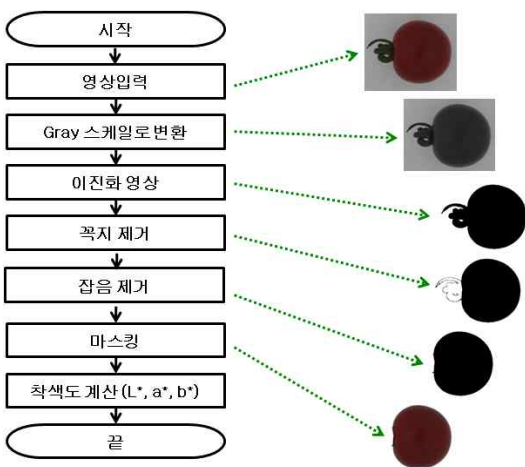


그림 2. Flow chart of imaging processing



그림 3. Results of imaging processing

(4) 열과 검출 알고리즘 개발

- 최종적으로 획득된 영상에서 색(R값)의 차이가 평균값에 비해 차이가 나는 정도(20~30%)를 이용하여 손상된 부분을 검출할 수 있다.
- 그림 4와 같이 영상의 라벨링을 통해 일정이상의 픽셀이 인식되면 열과로 분류하게 된다.



그림 4. Results of imaging processing for detecting bad tomatoes

(5) 품질 등급판정을 위한 영상인자 구명

- 방울토마토의 영상인자와 내부품질과의 상관관계를 분석하였다. 실험은 총 3회 실시하였다. 실험에 사용된 시료는 수경재배와 노지재배 2개의 재배 환경으로 나누고 성숙 단계별(6단계)로 각 20개씩 1회당 240개의 방울토마토를 사용하였다. 방울토마토는 실험 시간이 지남에 따라 숙도가 진행되기 때문에 1일 실험 개수를 60개로 제한하여 240개의 시료를 분석하기 위해 총 4일 동안 실험을 수행하였다. 동일한 방법으로 총 3회 반복하여 수행하였다.
- 방울토마토의 착색도와 내부품질과의 상관관계를 분석하기 위해 영상획득 시스템에서 측정된 착색도와 상용 색차계(SP λ 820, TECHKON)를 이용하여 측정된 착색도를 비교하였으며 실험에 사용된 방울토마토의 무게, 직경, 당도, 산도, 경도를 측정하였다.

(6) 방울토마토 내부품질 측정

- 방울토마토의 영상과 착색도, 무게, 직경 등의 기본적인 물성을 측정 후 방울토마토의 경도를 측정하였다. 경도는 파괴 시의 최대강도를 이용하지 않고 변위 3 mm에서 측정된 값을 이용하였다. 경도 측정 후 방울토마토를 압착하여 당도와 산도를 측정하였다.

(가) 경도 측정

- 그림 5와 같이 평판지그를 장착한 UTM(SY-T-001, Sunyoung Systech Co.)에서 하중재하 속도 60 mm/min으로 측정하였다. 일반적으로 방울토마토는 압축변위가 5 mm이상이 되면 파괴가 일어나는 것으로 나타났다. 따라서 당도 및 산도 측정에 영향을 주지 않기 위해 파괴가 일어나지 않는 압축변위인 3 mm에서 측정된 값을 경도 값으로 이용하였다.

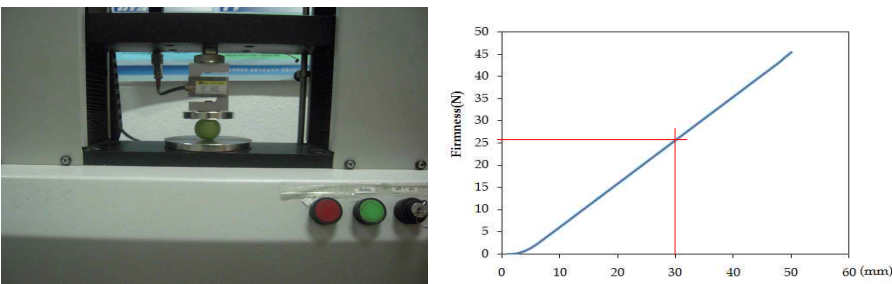


그림 5. Universal testing machine and force-deformation curve

(나) 당도 및 산도 측정

- 당도를 측정하기 위하여 과육조직을 균질하게 분쇄하고 미세한 체를 이용하여 고형성분을 제거한 뒤 굴절당도계(PR-32a, ATAGO)로 당도($^{\circ}$ Brix)를 측정하였다. 산도를 측정하기 위해

과즙 1 mL와 증류수 50 mL을 희석한 다음 pH 미터(3-star bench-top, Thermorion)와 25 mL 디지털 뷰렛(Digital Burette, BRAND)으로 0.1N NaOH용액을 pH 미터 8.3 %이 될 때까지 NaOH 용액을 첨가하였다. 그 다음 식 1, 2, 3을 이용하여 NaOH에 의한 산의 적정법으로 방울토마토의 주산인 구연산(citric acid)의 분자량 1N로 환산하여 산도를 계산하였다.

$$V = N' \cdot V' \text{ ----- (1)}$$

$$N' = \frac{N \cdot V}{V'} \text{ ----- (2)}$$

N = NaOH의 농도

V = NaOH의 양

N' = Sample 중의 산의 농도

V' = Sample의 양

$$AC(\%) = N' \times 64.04 \times 1/1000 \times 100 \text{ ----- (3)}$$

AC = 100ml 속의 산의 농도(%)

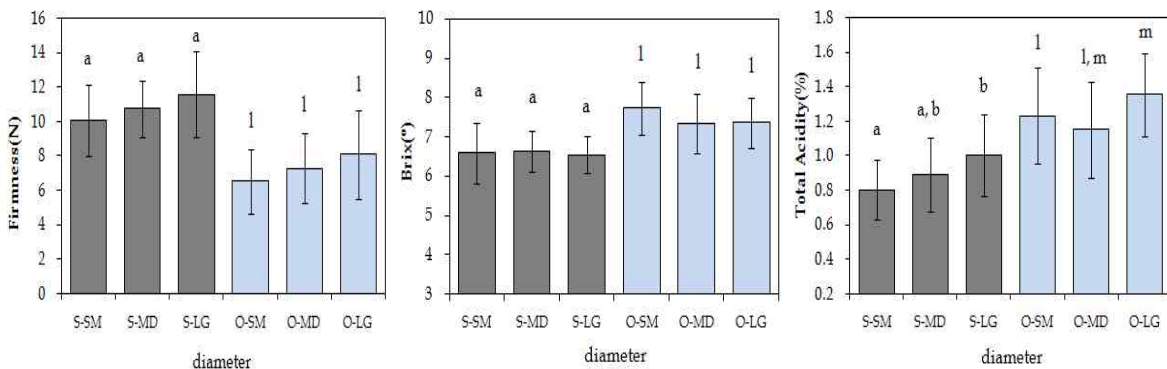
Citric acid M.W. = 64.04/1N

(7) 방울토마토 선별 방법의 비교

- 현재 국내에서의 방울토마토 선별방식은 형상에 의한 선별이 대부분이다. 그러나 방울토마토의 품질은 형상보다 착색도가 더 밀접한 관계가 있다. 기존 형상 선별방식과 착색도 선별방식의 차이를 확인하기 위해 각 선별방식과 내부품질(경도, 당도, 산도)과의 상관관계를 조사하였다.

(가) 형상 선별방식과 내부품질과의 비교

- Pink에서 Red 속도의 방울토마토는 노지재배(O)와 수경재배(S), 직경에 따라 3단계(SM, MD, LG)로 분류하여 내부 품질을 측정하고 그룹 별로 평균값과 그룹간의 차이의 유의성 조사를 하였다. 그림 6과 같이 경도와 당도는 직경과 전혀 상관관계와 없었으나 산도는 다소 차이가 있었다. 그러나 형상과 산도와 상관관계가 있다고 보기에는 유의성이 낮은 수준이었다.



(a) Firmness

(b) Sugar content

(c) Total acidity

그림 6. Relationship between shape sorting method and internal quality of cherry tomato

(나) 영상 선별방식과 내부품질과의 비교

- 영상에 의한 착색도를 계산한 후 3단계로 나누어 품질과의 관계를 비교하였다. 영상 선별과는 달리 착색도가 내부 품질과 보다 밀접한 관계가 있음을 확인할 수 있었다. 그림 7과 같이 경도, 당도, 산도 모두 착색도와 선형적인 관계가 있음을 볼 수 있었다. 따라서 본 과제에서 개발하고자하는 선별기에서 영상에 의한 인자인 a^*/b^* 값은 토마토 품질등급 선별을 위한 좋은 인자로 활용할 수 있으리라 판단된다.

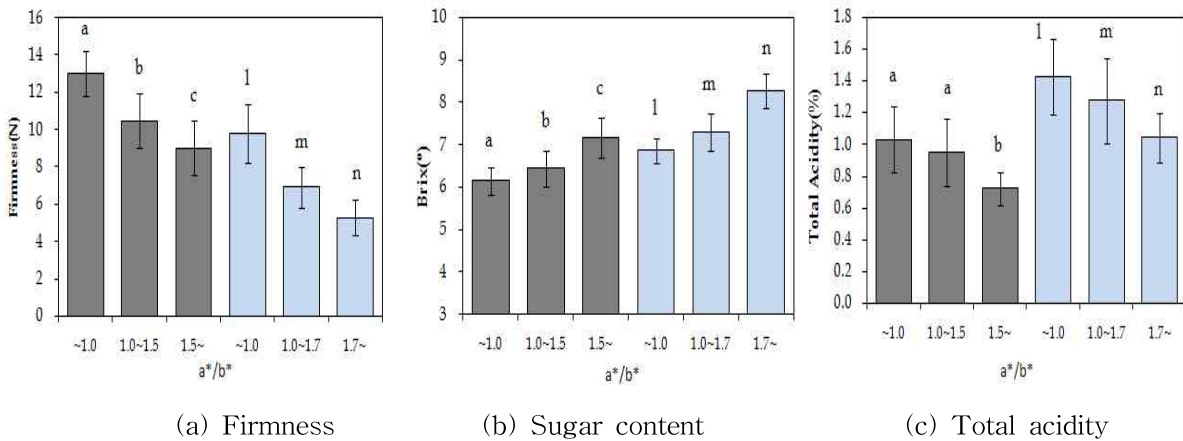


그림 7. Relationship between image sorting method and internal quality of cherry tomato

(다) 수확 일자별 품질 변화

- 수경 및 노지에서 재배된 꼬꼬 품종의 방울토마토를 다른 시기에 수확하여 품질을 비교하였다. 정확한 비교를 위하여 같은 농가에서 수확하였으며 착색도의 균일도가 높은 Red 방울토마토로 한정하여 비교하였다.

- 수경 및 노지재배 모두 다 수확날짜에 따라 내부 품질이 다르게 나타났다. 이는 방울토마토의 재배조건 및 기후 등이 지속적으로 방울토마토 품질에 영향을 미치고 있기 때문이다. 따라서 방울토마토가 같은 Red 속도로 나타나더라도 내부품질은 서로 다르며 착색도만으로는 내부 품질을 정확하게 예측하는 것은 불가능한 것으로 나타났다. 그러나 착색도를 이용하는 것이 형상을 이용하는 것보다 더 정확하게 방울토마토의 품질을 판정할 수 있다.

(라) 재배 환경에 따른 품질의 차이

- 재배환경에 따른 방울토마토의 품질변화를 조사하였다. 이를 위해 수경재배와 노지재배 방울토마토를 분류하여 내부품질을 비교하였다. 앞에서와 같이 정확한 비교를 위해 같은 농가에서 재배한 방울토마토를 사용하였으며 착색도의 균일도가 높은 Red 속도의 토마토로 한정하여 비교하였다. 아래의 그래프에서 보는 바와 같이 방울토마토의 품질은 재배환경에 따라 매우 다르게 나타났으며 경도는 수경재배 토마토가 높고 당도와 산도는 노지재배 토마토가 높았다.

2. 영상처리를 이용한 방울토마토 선별 알고리즘 개발

가. 방울토마토의 무게 측정용 알고리즘 개발

- 획득된 방울토마토 영상과 무게와의 상관관계를 분석하기 위해 영상 촬영 후 전자저울을 이용하여 방울토마토의 무게를 측정하였다. 방울토마토 영상분석은 그림 8과 같이 Matlab 소프

트웨어를 이용하였으며 그림 9는 이미지분석 과정을 나타낸다. 자세한 분석과정은 다음과 같다.

- a. 영상의 획득 : CCD카메라를 이용하여 방울토마토 영상을 획득.
- b. RGB 영상의 분리 : CCD카메라로 획득된 방울토마토 영상은 RGB로 구성된 24bit 영상을 각각 8bit 영상으로 분리.
- c. 배경제거용 마스킹 영상생성 : 방울토마토 외에 불필요한 배경 부분을 제거하기 위해 Green 영상에 문턱 값(50%)을 적용하여 마스킹 영상생성.
- d. 배경제거 : c단계에서 제작된 마스킹 영상과 Red 영상의 곱하기 연산을 통하여 배경부분 제거.
- e. 잡음제거 : 마스킹영상으로 제거가 되지 않은 미세한 잡음은 침식과 팽창연산 기법으로 제거.
- f. 픽셀수계산 : 전처리된 영상에서 방울토마토 영상의 픽셀수 계산.
 - 무게와 방울토마토 영상의 상관관계 분석을 위해 총 480개의 방울토마토를 사용하였다.



그림 8. Imaging processing of cherry tomato in the developed programing

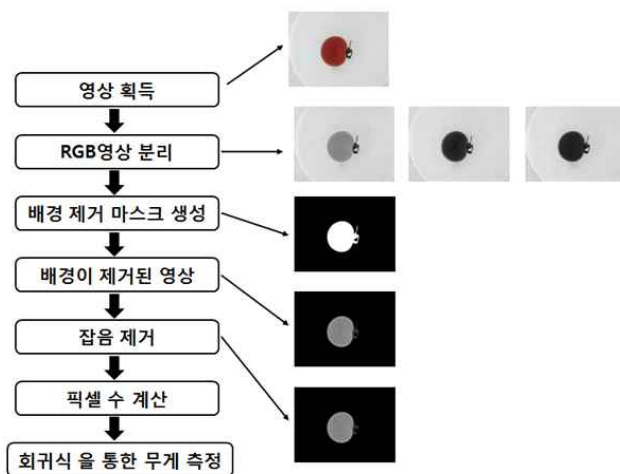


그림 9. Flow chart of imaging processing

(나) 착색도를 이용한 품질판정용 알고리즘 개발

- 획득된 방울토마토의 영상처리 알고리즘을 개발하고 정확한 선별 가능성을 실험하기 위해 수확된 방울토마토는 그림 10과 같이 6단계로 구분하였다.
- 방울토마토를 각 단계별로 분류하기 위해 SVM(support Vector Machine)을 통하여 총 5개

의 선형 경계 방정식을 개발하였다.

$$= -0.37161x + 33.5873$$

$$y_2 = 0.362469x + 14.01$$

$$y_3 = -1.1558x + 28.0564$$

$$y_4 = 0.617205x + 26.5654$$

$$y_5 = -0.82958x + 12.0791$$

- SVM은 기본적으로 두 범주를 갖는 관측 값들을 분류하는 방법이다. 이 방법은 주어진 데이터들을 이용하여 가능한 멀리에 존재하는 두 개의 집단으로 분리시키는 최적의 초평면(Hyperplane)을 찾는 것이 핵심원리이다. 패턴을 분류할 때는 경계 방정식만으로 클래스를 구분하므로 충분한 표본 집단(트레이닝 데이터)이 있다면 상당히 정확하고 빠르게 클래스를 구분할 수 있다.

- 획득된 방울토마토 영상의 특성 패턴을 분석하여 클래스를 분류하기 위해 Visual c++ 6.0을 사용하였으며 자세한 내용은 다음과 같다.

- a. 영상 획득 : CCD 카메라와 프레임 그레버를 이용하여 영상획득(0.5초 간격으로 9회 촬영)
- b. 이진화 영상 : 촬영된 9장의 영상에서 배경과 방울토마토를 나누기 위해서 R영상에 문턱 값(64%)을 적용하여 배경을 제거함.
- c. 픽셀 값 계산 : 배경이 제거된 9장의 영상에서 RGB값을 추출함. 추출한 값의 합을 총 픽셀의 개수로 나누어 주어 RGB 평균값을 계산함.
- d. L*ab값 변환 : RGB 각각의 평균값을 XYZ값으로 변환시키고, 이를 다시 L*ab값으로 변환함.
- e. 등급 판정 : 그림 11과 같이 SVM으로 얻은 총 5개의 선형 경계 방정식을 이용하여 등급을 판정하고 온라인으로 모니터에 표시함



(a) RED stage



(b) Light-red stage



(c) Pink stage



(d) Turning stage



(e) Breaker stage



(f) Green stage

그림 10. Artificial cherry tomatoes at different ripening stages

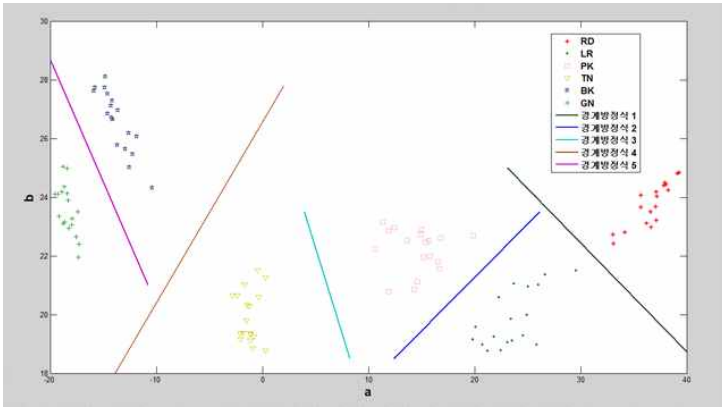


그림 11. Classification using support vector machine(SVM) according to ripening stages

(3) 방울토마토의 착색도 선별 알고리즘 개발

(가) 방울토마토 착색도 측정

- 착색도 등급은 그림 12와 같은 USDA ripening classes of tomatoes(USDA, 1991)을 이용하여 육안으로 구별하였다. 선별등급 모델을 만들기 위해 각 등급별로 60개씩 총 360개의 방울토마토를 사용하였으며 전체시료의 60%는 Calibration에 40%는 Validation에 사용하여 모델의 정확도를 측정하였다.
- 그림 13와 같이 각 방울토마토의 a* 값을 측정한 결과 Green과 Turning 등급과 Light red와 Red 단계의 등급의 값이 비슷하여 3등급으로는 a*값으로 판별이 가능하나 6 등급으로 판별을 할 경우 정확도가 낮은 것으로 분석되었다.
- b*값을 기준으로 측정한 결과에서는 Breaker와 Turning 등급의 값이 비슷한 것으로 나타나 판별 정확도가 낮은 것으로 분석 되었다. 따라서 방울토마토의 6등급을 정량적으로 나누기 위해서는 1차원 데이터가 아닌 a*, b*의 값을 모두 이용한 2차원 판별분석 모델링이 필요한 것으로 판단되었다.

Ripeness Stage	External Color
Green	All percentages refer to both color distribution and intensity.
Breaker	There is a definite break in color from green to tannish-yellow, pink or red on not more than 10% of the surface.
Turning	10% to 30% of the surface is not green; the aggregate, shows a definite change from green to tannish-yellow, pink, red, or a combination thereof.
Pink	30% to 60% of the surface is not green; the aggregate, shows pink or red color.
Light red	60% to 90% of the surface is not green; the aggregate, shows pinkish-red or red.
Red	More than 90% of the surface is not green; the aggregate, shows red color.

그림 12. USDA ripening classes of tomatoes

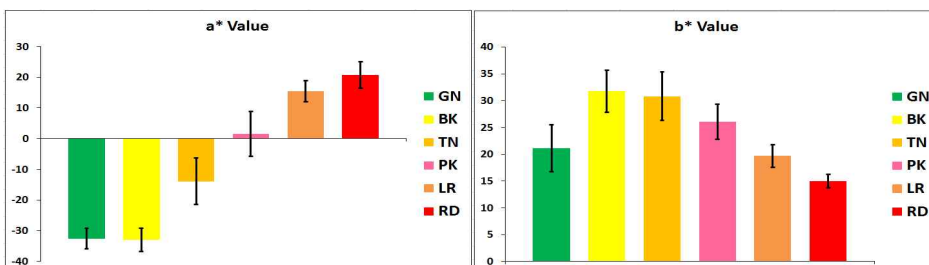


그림 13. Results of a*, b* average values for different ripening stages of cherry tomatoes

(나) 방울토마토 착색도 선별 알고리즘

- 착색도 선별에 La*b*공간으로 변환한 이유는 L값이 밝기를 나타내므로 실제 선별장의 조도의 차이에 의한 오차를 줄일 수 있기 때문이다. a* 채널은 녹색부터 빨간색의 범위를 나타내고, b* 채널은 청색에서 노란색의 범위를 나타내어 두 인자를 동시에 사용할 때 방울토마토의 착색도를 정확하게 구별할 수 있다.
- 영상처리의 순서는 그림 14와 같이 전체 취득영상에서 관심영역의 영상을 추출하여, 스무딩 영상처리 기법을 이용하여 획득된 영상의 노이즈를 제거한 후 칼라 값을 RGB 공간에서 La*b* 색 공간으로 변환을 하게 된다. 변환된 영상에서 배경을 제거하기 위해서, L영상을 이용하여 마스크 영상을 만든 후 a*, b* 영상에 마스크 영상을 적용하여 배경을 제거하였다. 그 후 a*와 b*의 영상채널에서 각각 픽셀의 개수와 a*와 b* 값의 평균값을 계산하여 데이터베이스 화 하였다.
- 그림 15는 경계 방정식을 이용하여 방울토마토의 착색도를 구분할 결과를 나타낸다.
- 개발된 경계 방정식을 이용하여 정확도를 확인한 결과 표 1과 같이 90% 이상의 정확도를 보였다. 각 경계 방정식을 이용하였을 때 발생하는 선별 오차는 시료의 등급을 결정하기 위해 사용되는 칼라차트를 이용하여 육안으로 등급판별을 수행하게 되고 이때 발생하는 주관적 선별에 따른 변이에 의해 발생한다.
- 획득된 a*, b* 값의 평균값을 가지고 착색도 등급을 결정할 수 있는 경계 방정식을 만들었다. 결정된 경계 방정식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 &= -0.5707a^* - 0.4462b^* + 9.3360 \quad \dots\dots \text{Equation1} \\
 f_2 &= -0.3906a^* + 0.0691b^* - 5.8316 \quad \dots\dots \text{Equation2} \\
 f_3 &= -0.3997a^* + 0.3850b^* - 12.8383 \quad \dots\dots \text{Equation3} \\
 f_4 &= -0.4818a^* + 0.4275b^* - 3.6436 \quad \dots\dots \text{Equation4} \\
 f_5 &= -0.4490a^* + 0.7034b^* - 11.3240 \quad \dots\dots \text{Equation5}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_1(a^*, b^*) > 0 \quad \dots\dots \text{GN} & \quad \left[\begin{array}{l} f_3(a^*, b^*) < 0 \\ f_4(a^*, b^*) > 0 \end{array} \right] \dots\dots \text{PK} \\
 \left[\begin{array}{l} f_1(a^*, b^*) < 0 \\ f_2(a^*, b^*) > 0 \end{array} \right] \dots\dots \text{BK} & \quad \left[\begin{array}{l} f_4(a^*, b^*) < 0 \\ f_5(a^*, b^*) > 0 \end{array} \right] \dots\dots \text{LR} \\
 \left[\begin{array}{l} f_2(a^*, b^*) < 0 \\ f_3(a^*, b^*) > 0 \end{array} \right] \dots\dots \text{TN} & \quad f_5(a^*, b^*) < 0 \quad \dots\dots \text{RD}
 \end{aligned}$$

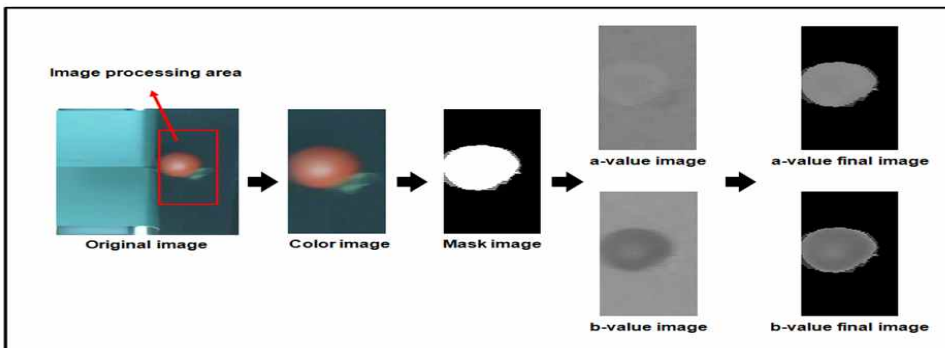


그림 14. Image processing procedures for sorting cherry tomato

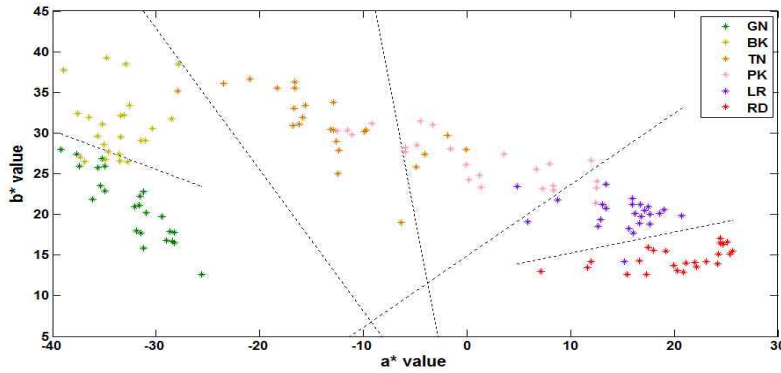


그림 15. Classification of ripening stages of cherry tomatoes using the boundary equations for validation

표 1. Accuracy of calibration and validation for the classifications

Calibration	Correct	Incorrect	Accuracy(%)
GN vs BK	81	9	90.00
BK vs TN	81	9	90.00
TN vs PK	83	7	92.22
PK vs LR	85	5	94.44
LR vs RD	77	13	85.55
Total	407	43	90.44
Validation	Correct	Incorrect	Accuracy(%)
GN vs BK	34	4	89.47
BK vs TN	32	6	84.21
TN vs PK	36	2	94.74
PK vs LR	35	3	92.11
LR vs RD	34	4	89.47
Total	171	19	90.00

① 소형 방울토마토 검출용 알고리즘 개발

- 대상물의 픽셀 수와 대상물의 무게(또는 크기)와 매우 밀접한 상관관계가 있으므로 방울토마토의 크기를 선별하기 위해 픽셀수를 이용하였다. 소형 방울토마토를 포함하여 크기에 따른 선별을 위해 방울토마토의 픽셀수를 실시간으로 측정 할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 사용자가 선별할 토마토의 크기를 조절할 수 있도록 GUI 프로그램으로 구축하였다. 따라서 프로그램 상에서 실제 검출 픽셀수를 입력하여 원하는 방울토마토의 크기기준을 설정할 수 있다.

② 열과 검출 알고리즘 개발

- 방울토마토의 이상과 중에서 열과를 검출하기 위해 체인코드 알고리즘을 구축하였다. 일반적인 경계선 추적 알고리즘은 대상체의 모든 경계선을 검출하기 때문에 내·외곽선이 구분되지 않는 문제가 있다. 체인코드 알고리즘은 각 경계선의 위치에 따라 연결성을 확인하고 내·외곽선에 라벨을 부여하므로 상대적으로 쉽게 내·외곽선을 구분할 수 있다.

- 실제 알고리즘 순서를 정리하면 그림 16과 같다. 실시간 원본 영상에서 선별속도를 유지하기 위해 일정범위의 영상을 측정하여 방울토마토가 검출될 때 RGB영상을 XYZ와 L,a*b* 순서로

색 공간으로 변환한 다음 L영상을 이용하여 꼭지와 배경을 제거하였다. 꼭지와 배경이 제거된 영상에서 Canny 경계선 검출 알고리즘을 이용하여 모든 경계선을 추출하고 체인 알고리즘을 다시 적용하여 외곽선을 제거한 다음 내부에 남아 있는 경계선의 유무로 정상과와 열과를 판단하였다.

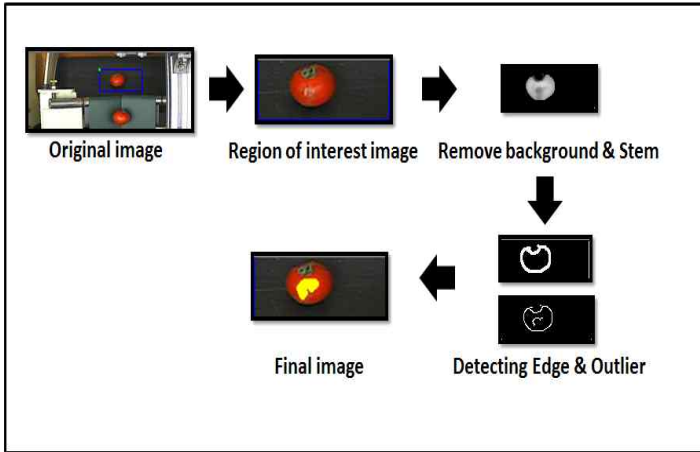


그림 16. Image processing for detecting defective cherry tomatoes

③ 기형과 검출 알고리즘 개발

- 그림 17과 같은 기형과는 형태학적 영상 처리 알고리즘인 원형률 계산을 이용하였다. 이미지 검출순서는 그림 18과 같이 대상체의 이미지를 획득 후 경계선 검출(소벨 연산자) 알고리즘을 이용하여 영상의 윤곽선을 검출한 뒤 몰폴로지(열기, 닫기) 알고리즘을 사용하여 영상의 노이즈를 제거하였다. 노이즈가 제거된 영상에 라벨링 알고리즘을 적용하고 각각의 대상체에 대한 넓이를 구한 후 아래의 공식에 의해서 영상의 원형률을 계산하였다.

$$= 4\pi A$$

(A = 대상체의 넓이, L = 대상물체의 둘레)

- 그림 19는 방울토마토 품질측정을 위한 전체 영상처리 과정을 나타내는 흐름도이다.

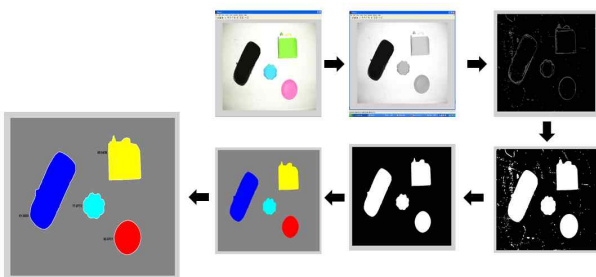


그림 17. Image processing procedures for calculating roundness of objects

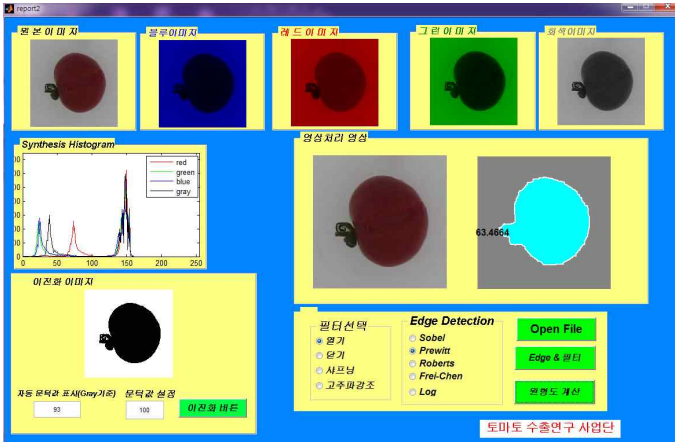


그림 18. Resultant images for calculating roundness of cherry tomatoes

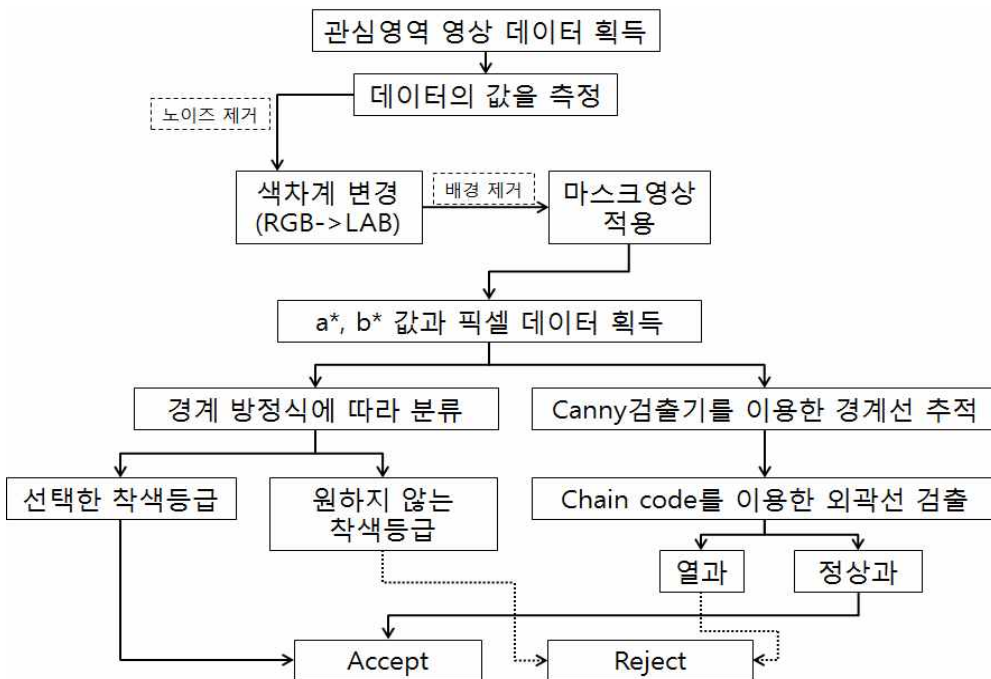


그림 19. Entire image processing procedures for the cherry tomato evaluation

(4) Vis/NIR 분광분석법과 초분광 영상 시스템을 이용한 내부품질 예측

- 방울토마토의 내부품질을 예측하기 위해서 Vis/NIR 분광분석법과 초분광 영상 시스템을 이용하였다.

(가) Vis/NIR 분광분석 시스템

- 방울토마토의 투과스펙트럼을 획득하기 위하여 Vis/NIR 분광분석 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 방울토마토 시료부 위에 100 W 출력의 할로겐램프를 달아 직접 조명할 수 있도록 하였으며 조명과 방울토마토 사이의 간격을 10 cm으로 일정하게 유지하였다. 조사된 광은 그림 20과 같이 시료를 통과한 후 광섬유를 지나 분광분석기(USB4000, Ocean Optics Co.)을 통해 컴퓨터에 저장되었다.

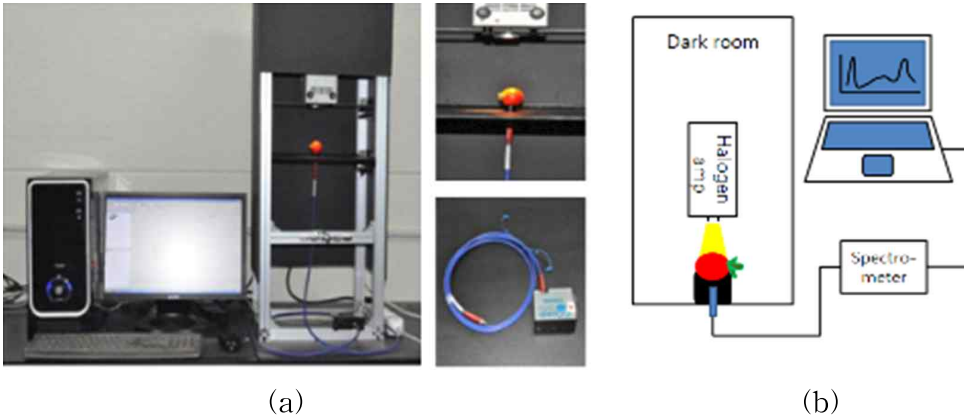


그림 20. Photo (a) and schematic (b) of the experiment apparatus

(나) 초분광 영상 시스템

- 그림 21은 본 실험에 사용된 초분광 영상 시스템을 나타낸다.
- 초분광 영상 시스템은 크게 영상 획득부와 시료이송부로 구성된다. 영상 획득부는 EMCCD 카메라, spectrograph, slit, 렌즈, 광원, 영상처리부로 구성되며, 시료 이송부는 step motor, slide assembly, 컨트롤러 등으로 구성된다.
- 초분광 영상 시스템은 측정파장의 범위가 399 ~ 1005 nm의 범위를 가지며, 공간 해상도(< 0.5 mm), 스펙트럼 해상도(<5 nm FWHM)를 가진다.

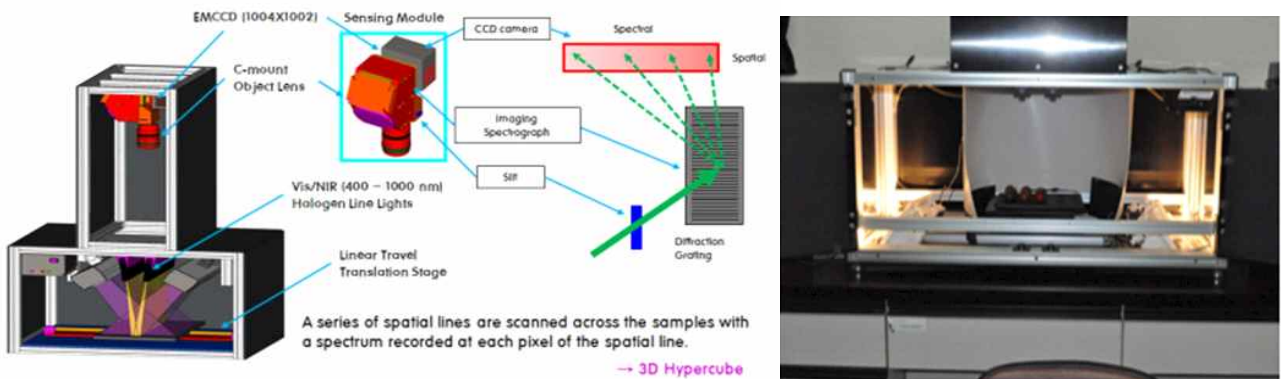


그림 21. Schematic and Photo of hyperspectral image system

(다) 방울토마토 내부품질 측정

- 경도, 당도, 산도와 같은 내부품질의 측정방법은 파괴적인 방법이므로 Vis/NIR 분광분석 시스템과 초분광 영상 시스템을 이용한 실험을 우선적으로 시행하였다. 반사 및 투과 방식의 스펙트럼을 획득한 다음 무게, 직경 등의 기본적인 물성을 측정한 후 경도를 측정하였다.
- 방울토마토의 경도, 산도, 당도를 측정하는 방법은 앞에서 설명한 것과 같은 방법으로 측정하였다. 경도, 당도 및 산도 데이터는 PLS 분석을 위해 Calibration dataset과 Prediction dataset으로 7:3의 비율로 나누었다. 표 2는 투과신호를 이용한 분석결과를 나타내며 표 3은 반사 신호를 이용한 분석결과를 나타낸다.

표 2. Transmittance dataset and statistic analysis

Characteristic	Item	Calibration	Prediction
Firmness (kgf)	No.	119	60
	Range	4.76 ~ 27.17	5.59 ~ 23.14
	Mean	12.30	12.41
	Ste. Dev.	5.24	5.15
Sugar (°Brix)	No.	120	60
	Range	4.20 ~ 8.90	4.50 ~ 8.10
	Mean	6.02	6.09
	Ste. Dev.	0.93	0.94
Acidity (%)	No.	120	60
	Range	0.58 ~ 1.94	0.64 ~ 2.11
	Mean	1.26	1.29
	Ste. Dev.	0.33	0.33

표 3. Reflectance dataset and statistic analysis

Characteristic	Item	Calibration	Prediction
Firmness (kgf)	No.	107	50
	Range	5.09 ~ 27.17	4.99 ~ 23.14
	Mean	12.70	12.81
	Ste. Dev.	5.27	5.25
Sugar (°Brix)	No.	107	50
	Range	4.20 ~ 8.90	4.50 ~ 8.10
	Mean	5.91	5.99
	Ste. Dev.	0.90	0.85
Acidity (%)	No.	107	50
	Range	0.58 ~ 1.94	0.79 ~ 2.11
	Mean	1.26	1.35
	Ste. Dev.	0.34	0.31

(라) 스펙트럼을 이용한 방울토마토 품질 예측

- 획득한 투과 및 반사 스펙트럼은 그림 22와 같다. 투과 및 반사 스펙트럼에 상관없이 580 ~ 680 nm 의 범위와 700 nm에서 등급별로 속도가 진행될수록 스펙트럼의 강도가 강해지는 경향을 나타내었다. 이는 방울토마토가 완숙이 될수록 붉은색을 띠는 라이코펜 및 카르테노이드 계열의 색소의 침착이 원인으로 판단된다.

- ElMasry 등(2008)이 연구한 문헌에서 840 nm와 900 nm에서 당과 수분에 의한 피크가 나타난다고 보고한 바 있으며 본 연구에서도 투과스펙트럼 뿐만 아니라 반사 스펙트럼에서도 문헌과 같이 스펙트럼의 피크를 확인할 수 있었다.

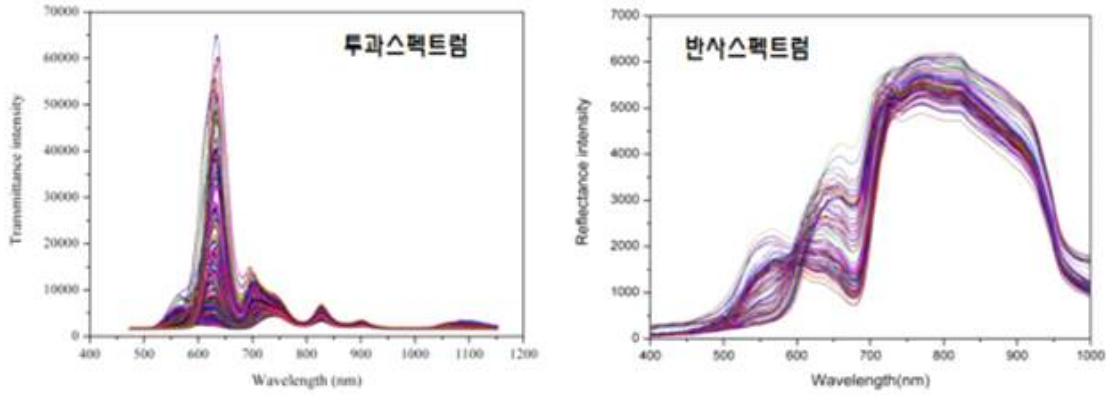


그림 22. Graphs of transmittance and Reflectance acquired by cherry tomatoes

(마) PLS 회귀식을 이용한 내부품질 예측

- 물리적인 특성 차에 의해 발생하는 관 경로의 변화와 내부에서의 광 산란 등에 의한 영향을 줄이기 위해 전처리 방법을 사용하였다. 본 실험에 사용된 분석프로그램은 Unscrambler (CAMO, Norway)이며, PLS 회귀식을 사용하였다. 예측모델의 결정 요소는 calibration, prediction의 결정계수와 SEC(standard error of calibration), SEP(standard error of prediction)이며 다음 수식에 의해 계산된다.

표 4는 전처리 방법과 그 조합에 따른 약자를 나타낸다.

$$EC = \frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2}{(m-1)}, \quad SEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m ((y_i - \hat{y}_i) - bias)^2}{(m-1)}}, \quad bias = \frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)}{m}$$

표 4. Preprocessing of acquired spectral data

Symbol	Preprocessing
Raw data	Raw data
SS	Savitzky-Golay Smoothing
MSC	Multiple Scatter Correct
SNV	Standard Normal Variate
SS + S1	Savitzky-Golay Smoothing + Savitzky first derivative
SS + S2	Savitzky-Golay Smoothing + Savitzky second derivative
SS + N1	Savitzky-Golay Smoothing + Norris Gap first derivative
SS + N2	Savitzky-Golay Smoothing + Norris Gap second derivative

(바) PLS 예측 모델링 결과

① 투과 스펙트럼의 내부품질 예측

- 투과스펙트럼과 경도, 당도 및 산도에 대한 PLS 예측모형의 결과는 표 5와 같으며 경도의 경우 calibration과 validation을 고려하였을 경우 결정계수가 높고 SEC, SEP가 낮은 전처리에서 높은 예측 결과가 발생됨을 확인할 수 있었다. 또한 calibration과 validation의 결정계수 차

이가 클수록 예측모형의 결정계수는 낮아지는 경향이 나타났다.

- 경도의 경우는 raw data와 전처리의 평활화에서 예측 모형의 결정 계수가 0.86으로 가장 높게 나타났다. 당도는 SG+N1로 평활화를 실시한 다음 1차 미분 전처리한 결정 계수가 0.84로 가장 높게 나타났다. 산도는 SNV의 전처리를 실시한 경우 결정계수가 0.60으로 가장 높게 나타났다.

② 반사 스펙트럼의 내부품질 예측

- 반사스펙트럼의 분석의 수행 결과는 표 6과 같다. 경도는 평활화 전처리 후 2차 미분 처리한 결정계수가 0.84로 가장 높게 나타났다. 당도는 전처리를 하지 않은 데이터에서 결정계수가 0.84로 가장 높게 나타났다. 산도 역시 전처리를 하지 않은 데이터에서 결정계수가 0.65로 가장 높게 나타났다.

표 5. Results of PLS of Prediction of transmittance spectral data

Preprocessing	Firmness (kgf)		Sugar (°Brix)		Acidity (%)	
	Prediction		Prediction		Prediction	
	²	SEP	R_p^2	SEP	R_p^2	SEP
Raw data	0.86	1.94	0.81	0.39	0.56	0.22
SS	0.86	1.94	0.81	0.39	0.56	0.22
MSC	0.85	2.00	0.66	0.54	0.57	0.22
SNV	0.78	2.42	0.65	0.54	0.60	0.21
SG+S1	0.81	2.23	0.82	0.38	0.57	0.22
SG+S2	0.66	2.30	0.71	0.50	0.55	0.22
SG+N1	0.77	2.40	0.84	0.36	0.57	0.22
SG+N2	0.57	3.37	0.53	0.62	0.59	0.21

표 6. Results of PLS of Prediction of reflectance spectral data

Preprocessing	Firmness (kgf)		Sugar (°Brix)		Acidity (%)	
	Prediction		Prediction		Prediction	
	²	SEP	R_p^2	SEP	R_p^2	SEP
Raw data	0.78	2.44	0.84	0.34	0.65	0.17
SS	0.78	2.45	0.68	0.47	0.64	0.17
MSC	0.79	2.38	0.80	0.37	0.64	0.17
SNV	0.79	2.38	0.77	0.40	0.62	0.18
SG+S1	0.79	2.42	0.82	0.36	0.62	0.18
SG+S2	0.84	2.08	0.82	0.36	0.61	0.18
SG+N1	0.79	2.43	0.70	0.46	0.58	0.19
SG+N2	0.80	2.32	0.74	0.42	0.59	0.19

(4) 초분광 영상 시스템을 이용한 방울토마토의 열과 검출

(가) 열과 검출을 위한 최적파장 선정

- 방울토마토의 열과 부위, 정상부위, 꼭지, 배경 부위의 반사광과 Fluorescence 스펙트럼은 그림 23과 같다. 토마토에는 lycopene과 chlorophyll이 많이 함유 되어 있기 때문에 반사광 스펙트럼에서는 lycopene과 chlorophyll의 영향으로 400 ~ 600 nm부분에서 흡수가 이루어지고 lycopene과 다르게 chlorophyll은 660 nm 부분에서 흡수율이 높아지기 때문에 스펙트럼이 감소하는 경향이 나타난다.
- 형광에서는 chlorophyll의 영향으로 650 ~ 700 nm부분에서 스펙트럼의 증가를 볼 수 있다. 열과와 정상부위의 스펙트럼을 나누고 ANOVA분석을 이용하여 F값이 최대가 되는 파장은 그림 24와 같다. 분석결과 열과 검출을 위한 반사광과 형광의 최적의 파장은 676 nm와 608 nm의 파장으로 분석되었다.

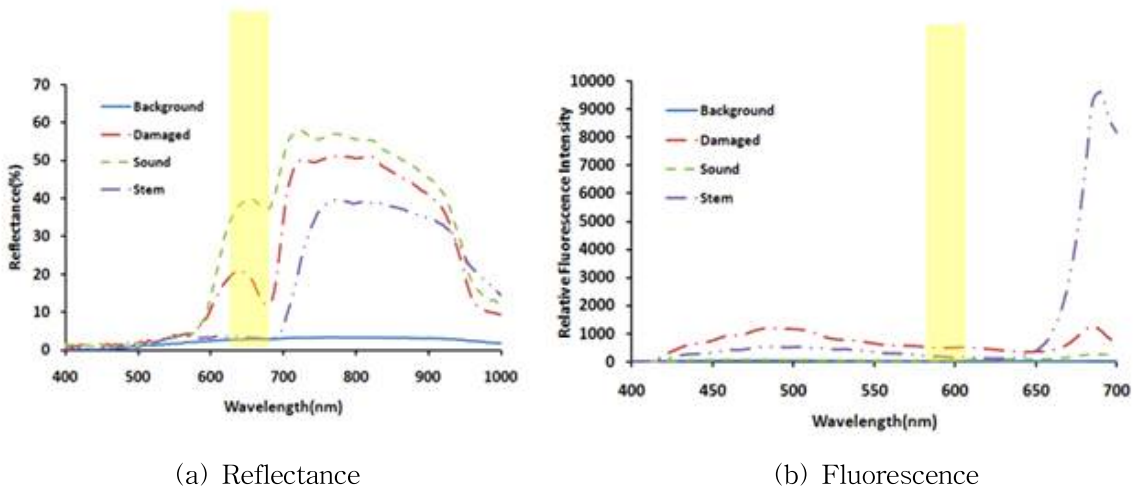


그림 23. Representative mean spectra of different regions of cherry tomatoes (a) Reflectance (b) Fluorescence

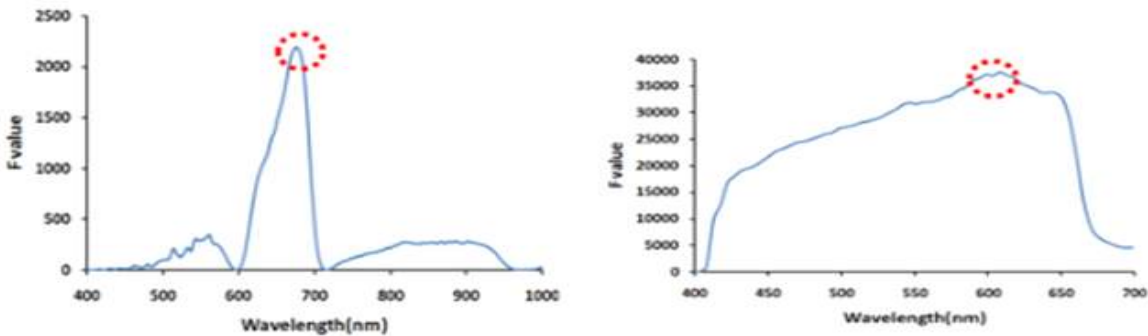


그림 24. F values for wavelength used for discriminating damaged areas from sound surface of cherry tomatoes

(나) 주성분영상의 선정

- 반사광의 주성분 영상은 정상부위와 열과 부위의 스펙트럼 차이가 나타나는 638~704nm의 파장만 사용하여 구성하였고, 형광의 주성분 영상은 400~700nm 전체를 조합하여 구성하였다. 주성분 영상은 그림 25와 같다.

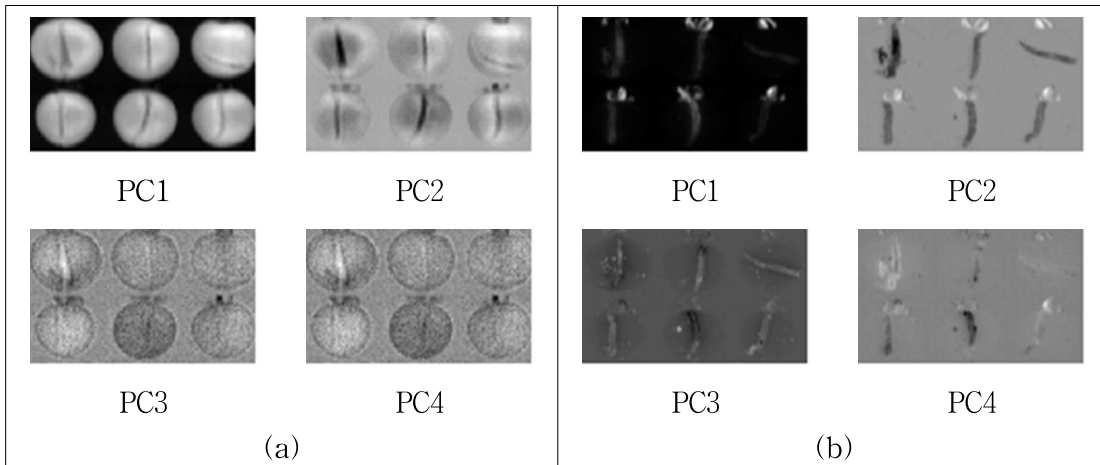


그림 25. First to four principal component images (a)reflectance (b)Fluorescence

(다) 영상처리 알고리즘 개발

- 최적 파장을 이용하여 방울토마토의 열과 검출 파장으로 선택한 676 nm와 608 nm파장의 영상을 이용하여 꼭지 부분과 배경부분을 마스크 영상으로 제거하였다. 그 다음 정상 부위와 열과 부위의 분포 값을 비교하고 문턱 값을 생성하여 이진영상을 만든 후 침식·팽창연산을 이용하여 그림 26과 같이 노이즈를 제거하였다.
- 주성분 영상의 경우는 numerical underflow 문제나 이미지 처리 시간을 단축하기 위해서 파장별 모든 영상을 방울토마토의 질량중심으로부터 크기를 정규화해 이미지 전체의 크기를 재구성하여 사용하였다. 재구성된 영상으로 만들어진 PC2 영상을 이용하여 정상 부위와 열과 부위의 분포 값을 비교하고 문턱 값을 생성하여 이진영상을 만든 후 침식·팽창 연산을 이용하여 그림 27와 같이 노이즈를 제거하였다.

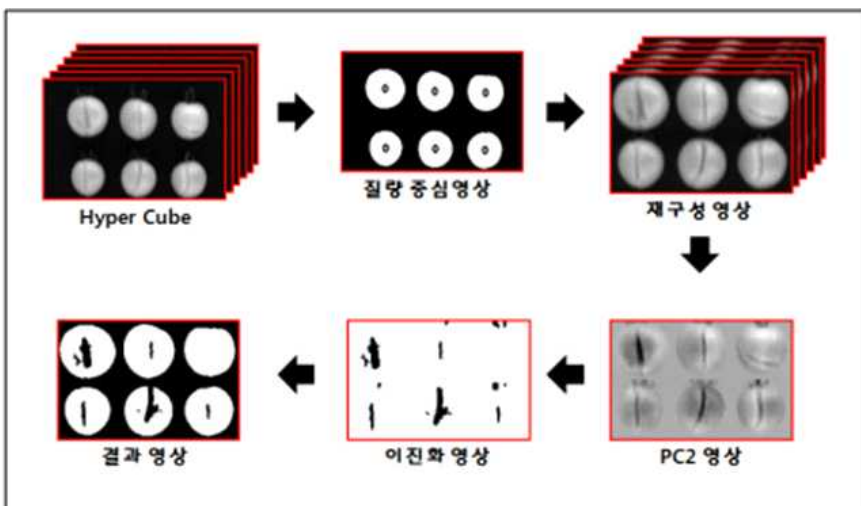


그림 26. Image processing for detecting damaged cherry tomato using 2nd principal component image of the hyperspectral reflectance image

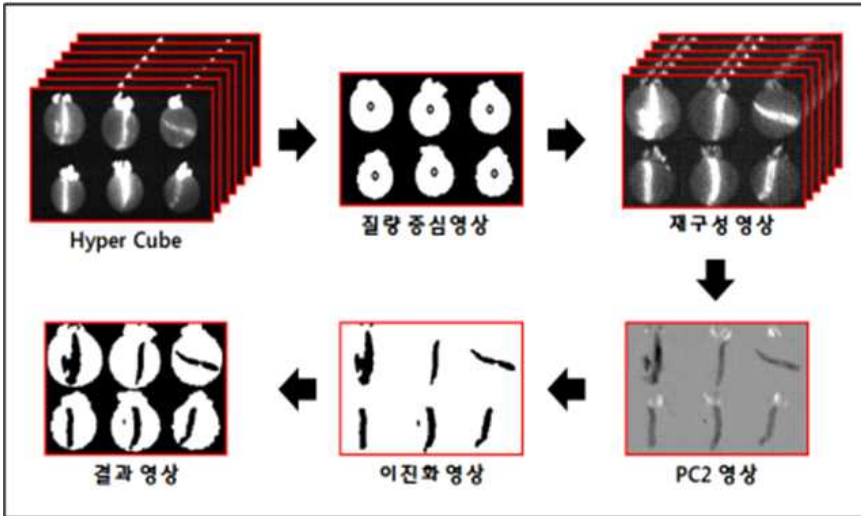


그림 27. Image processing for detecting damaged cherry tomato using 2nd principal component image of the hyperspectral fluorescence image

(라) 검증실험

- ANOVA 분석법을 이용하여 방울토마토의 열과를 검출 할 수 있는 최적의 파장을 선택한 결과 반사광에서는 676nm, 형광에서는 608nm에서 F값 최대가 되었다. 각각의 파장으로 영상을 구성해 문턱 값을 적용하여 이진영상으로 열과 부위를 나타내었다.
- 주성분 영상을 이용한 열과 검출은 반사광과 형광영상 모두 PC2 영상에서 열과 검출결과가 가장 우수하였다. PC2 영상을 이용하여 정상 부위와 열과 부위 사이의 문턱 값을 적용하여 이진영상으로 열과 부위를 검출하였다.
- 열과 검출은 반사광보다 형광에서 검출 정확도가 높았다. 반사광에서는 표 7과 같이 최적 파장을 선택하여 영상처리를 수행한 결과보다 주성분 영상을 이용하는 것이 더 높은 정확도를 나타내었다.

표 7. Classification results

Method	Accuracy
fluorescence (pc imaged)	66/72 (91.66%)
fluorescence(optimum wavelength)	72/72 (100%)
reflectance (pc imaged)	43/72 (59.72%)
reflectance (optimum wavelength)	0/72 (0%)

(5) 열과 선별 최적 조사광 및 방출 파장 분석

(가) 형광 특성 측정

- 방울토마토의 형광 특성 측정은 그림 28과 같이 꼭지, 정상, 열과 부위를 얇게 잘라 원형 셀에 넣어 형광스펙트로미터(FluoroMate FS-2, Scinco Co. Seoul, Korea)로 각 부위의 형광 특성을 측정하였다.
- 형광 광도계의 측정은 150W의 Xenon-arc lamp로 200 nm에서 665 nm까지 5 nm 간격으로

시료에 조사 한 후 225 nm에서 700 nm까지의 스펙트럼을 1 nm 간격으로 측정하였다. 조사 파장별로 측정된 상대 형광강도 값(Relative Fluorescence Intensity)을 3차원 Emission-Excitation matrix (EMEX)로 나타내어 분석하였다.

- 그림 29와 같이 열과 부분의 형광특성을 분석한 결과, 280nm ~ 420nm 조사광을 열과 부위에 조사하였을 때 방울토마토 표피 아래쪽에 함유되어 있는 Flavonoids, Carotenoids, Phenolic compounds, Cell walls, Anthocyanins의 영향으로 300nm ~ 500nm 영역에서 뚜렷한 형광 방출 피크를 보였다.
- 정상 표피부분의 형광특성 분석 결과, 방울토마토 표피는 형광 반응이 매우 약한 왁스 층으로 구성되어 있어 다른 부위와 비교해 형광 반응이 거의 나타나지 않았다.
- 꼭지 부위의 경우에는 Chlorophylls의 함유량이 많아 400nm에서 650nm의 광을 시료에 조사하였을 때 600nm에서 700nm범위에서 매우 뚜렷한 형광 방출 피크를 보였다.

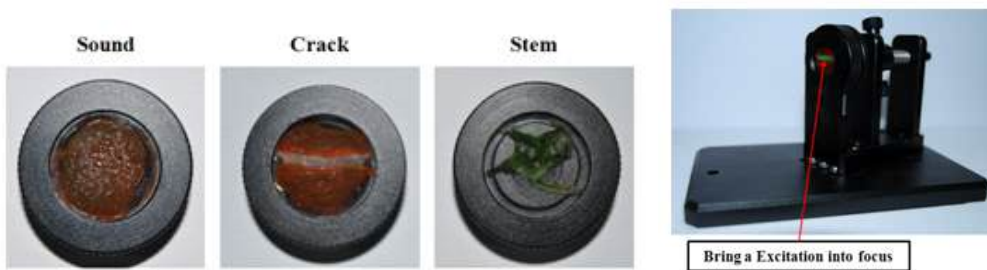


그림 28. Photo of the precision cells of each part of cherry tomato for fluorescence measurements

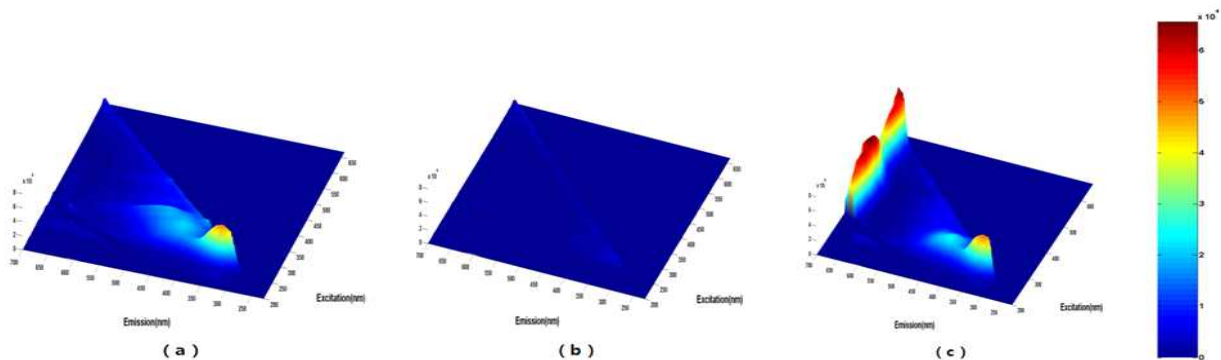


그림 29. Averaged EMEXs of each data set of (a) crack, (b) sound skin, (c) stem with the spectral range of excitation in 200-665 nm and emission in 225-700 nm

(나) 형광특성 측정결과

- 방울토마토를 효과적으로 선별하기 위해 최적의 조사광을 선정하였다. 이를 위해 각 부위별 형광 EMEX간에 빼기 연산과 더하기 연산을 이용하여 각 부위의 특징이 잘 나타나는 조사광 파장을 선정하였다.
- 그 결과 410 nm의 조사광을 사용하였을 때 440 nm에서 460 nm의 방출 파장에서 열과와 정상부위가 잘 구분 되는 것으로 나타났고, 650 nm에서 700 nm까지의 파장에서는 열과와 꼭지 부위가 잘 구분될 수 있는 것으로 나타났다. 청색대역인 440 nm에서 460 nm의 방출 파장

에서 열과와 정상부위의 구분이 상대적으로 낮지만 정상부위의 형광강도가 매우 낮으므로 명확한 구분이 가능하다.

- 방울토마토를 선별할 때 열과 부분과 꼭지부분의 형광강도가 모두 높아 검출오류의 원인이 되었으며 이 부분은 650 nm에서 700 nm까지의 방출 파장에서 가장 잘 구분되는 것으로 분석이 되었다. 따라서 그림 30과 같이 이 두 조건을 만족하는 조사광 파장인 410nm의 조사광 파장을 선정하여 선별에 이용하였다.
- 410 nm의 조사광을 통해 나타나는 방출스펙트럼을 이용하여 열과를 선별하기 위해서는 각 부위의 스펙트럼에서 그룹 간 형광강도의 변이를 크게 보여줄 수 있는 파장을 선정하여야 한다.
- 주성분 분석법을 이용하여 스펙트럼에서 형광강도의 변이가 큰 파장을 조사하였다. 제 1, 2, 3, 4, 5주성분에서 각각 685, 496, 700, 700, 694 nm에서 가장 값이 가장 큰 것으로 나타났다. 방출스펙트럼의 변이를 가장 잘 나타내는 제 1, 2, 3주성분의 주요 파장인 496 nm, 685 nm, 700 nm로 선정하여 방울토마토 온라인 열과 선별 시 검출 파장으로 이용하였다.

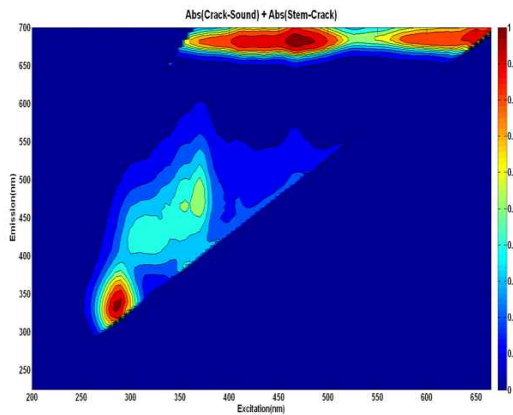


그림 30. Resultant EMEX for discriminating cracks from other parts of cherry tomatoes

(다) 방울토마토 형광특성을 이용한 열과 선별

- 방울토마토의 형광특성을 분석한 결과 열과 선별을 위한 최적의 광원은 410 nm의 조사광을 사용하였을 때 최적의 결과를 보이는 것으로 나타났다.
- 410 nm의 조사광을 사용하였을 때 나타나는 방출 파장의 주성분 분석 결과 496 nm, 685 nm 그리고 700 nm에서 방울토마토의 꼭지, 열과, 정상 부위의 특징이 분리되는 것으로 나타났다. 형광 영상을 이용한 다분광 온라인 시스템 적용을 위해서는 분석된 496 nm, 685 nm, 700 nm의 범위에서 영상처리 시스템을 적용해야만 효과적인 선별이 가능한 것으로 나타났다.

(6) 분광분석 기술을 이용한 방울토마토 선별

(가) 방울토마토 반사 스펙트럼 측정

- 분광분석 기술을 이용하여 실험 장치를 구축하고 반사 스펙트럼을 획득하기 위해 그림 31와 같이 적분구(ISP_REF, Intergrating Sphere, Oceans optics, USA), Spectrometer (USB4000, Oceans optics, USA), 옵틱 파이버(EJU-101-1k-0001, Ocean Optics Inc., USA) 등을 이용하여 기초 실험 장치를 구축하였다.
- 실험에 사용된 적분구는 광원에서 방사되는 빛을 포집하고 내부에서 반사되는 광을 균일한

분포로 측정하기 위한 광학기구이다. 램프로는 적분구 내부에 내장되어있는 12V 텅스텐-할로겐램프를 사용하였다.



그림 31. Components of a prototype for nondestructive spectral measurements

(나) 반사스펙트럼을 이용한 방울토마토의 당도 측정

- 총 100개의 방울토마토 시료를 7:3의 비율로 나누어 70개는 개발에 30개는 검증에 사용하였다. 그림 32는 제작된 실험 장치를 이용하여 방울토마토의 당도를 측정하기 위해 분광분석 장치로 획득한 반사스펙트럼을 나타낸다.
- 분광분석 장치를 이용하여 반사스펙트럼을 획득한 후 당도를 측정하기 위해 분광분석 실험이 끝난 방울토마토의 과육조직을 균질하게 분쇄하고 거름종이를 이용하여 고형성분을 제거하였다. 이와 같이 준비된 과즙은 굴절당도계(PR-32a, ATAGO)를 이용하여 당도를 측정하였다. 측정된 방울토마토의 당도는 표 8와 같다.
- 표 9는 개발된 당도 예측모델을 검증하기 위해 30개의 샘플을 이용하여 검증한 결과를 나타낸다. 검증결과 일정범위를 이용한 전처리와 SNV 전처리에서 오차가 0.22로 가장 낮은 값을 나타내었다. 두 전처리 방법 중에서 일정범위를 이용한 전처리로 개발된 모델이 최대 오차와 평균오차가 가장 낮은 것으로 나타났다.

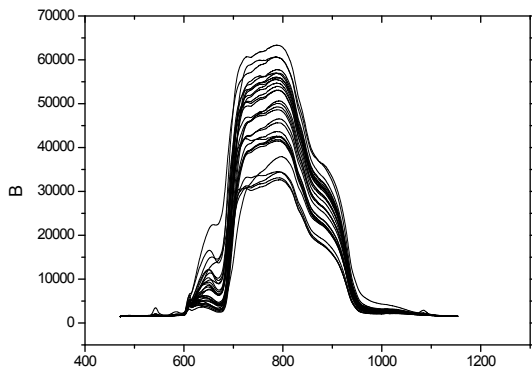


그림 32. Graph of the reflection spectra of cherry tomatoes and a refractometer

표 8. Internal quality of the measured samples.

Data set	Internal qualities	Range	Statistics		
			Mean	Std.	Var.
Cheery tomato	Sugar content	6~10	8.12	0.24	0.06

표 9. Prediction results of the PLS model using several pre-treatments.

Preprocessing	Developed model			
	Statistics		Error value(°Brix)	
	Mean	Std.	Maximum	Mean
Raw	8.12	0.35	1.44	0.26
Normalization	Mean	8.03	0.35	1.48
	Maximum	8.03	0.35	1.53
	Range	8.04	0.35	1.55
MSC	8.00	0.30	1.69	0.23
SNV	8.00	0.35	1.66	0.22

(다) 온라인 방울토마토 당도 측정

- 총 300개의 방울토마토 시료를 7:3에 비율로 나누어 210개는 개발에 90개는 검증에 사용하였다. 예측실험을 통해 반 투과 방식을 이용하여 온라인 분광분석 시스템을 설계한 후 당도측정을 실시하였다.
- 반사스펙트럼을 이용한 실험과 동일한 분광분석 장치를 이용하여 반투과스펙트럼을 획득한 후 당도를 측정하였다. 분광분석 실험이 끝난 방울토마토의 과육을 균질하게 분쇄하고 거름종이를 이용하여 고형성분을 제거하였다. 그 다음 굴절당도계(PR-32a, ATAGO)를 이용하여 방울토마토의 당도를 측정하였다.
- 획득한 스펙트럼은 숙성도별로 개발된 6개의 모델과 적숙기의 방울토마토를 이용한 통합모델 1개를 합하여 총 7개의 모델을 개발하였다. 수출용 방울토마토의 경우 적숙기인 Red, Light-Red, Pink 상태일 때 수확하여 수출하므로 이 3 단계의 방울토마토를 이용하여 통합 모델을 개발하였다.
- 표 10은 적숙기 방울토마토 전체에서 측정된 당도를 나타내며 개발된 당도 예측모델은 전처리 방법 중에서 MSC와 SNV를 이용할 때 평균오차가 0.04 Brix로 당도 예측에 가장 적합한 모델로 판단되었다.
- 표 11은 개발된 당도 예측모델을 검증한 결과를 나타낸다. 검증결과 최댓값을 이용한 전처리와 SNV전처리 모델에서 오차가 0.28 Brix, 오차분산 0.22 Brix로 가장 적은 값을 나타냈다.
- 각각의 숙성도와 적숙기 방울토마토를 분석한 결과 그 차이가 미세하였다. 또한 실제 농가에서 수출하는 방울토마토의 경우 적숙기의 방울토마토를 주로 수확하므로 표 11의 최댓값을 이용한 전처리와 SNV전처리를 이용한 모델이 수출용 방울토마토의 당도예측에 가장 적합한 것으로 판단되었다.

표 10. Internal quality of the total cherry tomato samples

Data set	Internal qualities	Range	Statistics		
			Mean	Std.	Var.
Cheery tomato	Sugar content	4~6.5	5.19	0.40	0.16

표 11. Prediction results of the total cherry tomatoes using the PLS model.

Preprocessing	Developed model			
	Statistics		Error value(°Brix)	
	Mean	Std.	Mean	Std.
Raw	5.19	0.34	0.32	0.23
Normalization	Mean	5.19	0.28	0.29
	Maximum	5.19	0.29	0.28
	Range	5.19	0.29	0.29
MSC	5.19	0.29	0.29	0.21
SNV	5.18	0.28	0.28	0.22

다. 연구결과 및 고찰

(1) 1차 시작기 제작

(가) 방울토마토 대량 선별방식 설계

- 대과 토마토와는 달리 방울토마토는 크기가 작으므로 시간 당 많은 개수를 처리할 수 있어야 경제성이 있다. 선별기 제작을 위해서는 대량으로 투입되는 방울토마토를 일정하게 전개해서 이송해줄 수 있는 방식이 필요하다. 본 과제에서 그림 1과 같이 브러시 롤러 방식을 이용하여 처음 방울토마토를 이송하다가 영상 획득부에서 롤러를 회전시켜 토마토를 일정하게 전개시키는 방법을 사용하였다. 브러시 롤러 방식은 현재 선별기의 이송방법에서 많이 활용되고 있는 방식으로 특히 방울토마토의 표면을 세척하는 효과와 회전 시 공회전 될 확률이 낮아 가장 적합한 방식이다.



(a) before expansion



(b) after expansion

그림 1. Photos of the conveying part of the prototype

(나) 영상획득 시스템 구축

- 그림 2는 방울토마토 품질판정 시스템 시작기의 설계도와 개략적 구조를 나타낸다. 이 시스템은 영상획득부와 시료이송부로 나눌 수 있으며 영상 획득부는 고감도 칼라 CCD 카메라, 광원, 광원 챔버, 영상처리부로 구성되고, 시료 이송부는 브러시 롤러, 모터, 컨트롤러 등으로 구성된다. 표 1은 각 요소의 세부사양을 나타낸다.

- 방울토마토 표면에 고반사 영역이 발생하는 것을 방지하기 위해 광원의 빛이 직접 시료 표면에 반사되어 영상에 포함되지 않도록 광 확산용 아크릴판을 설치하였다. 광이 전체 영상획득

부에 고르게 분포가 되도록 4개의 25W 삼파장 램프를 4면에 배치하여 광을 조사하였다.

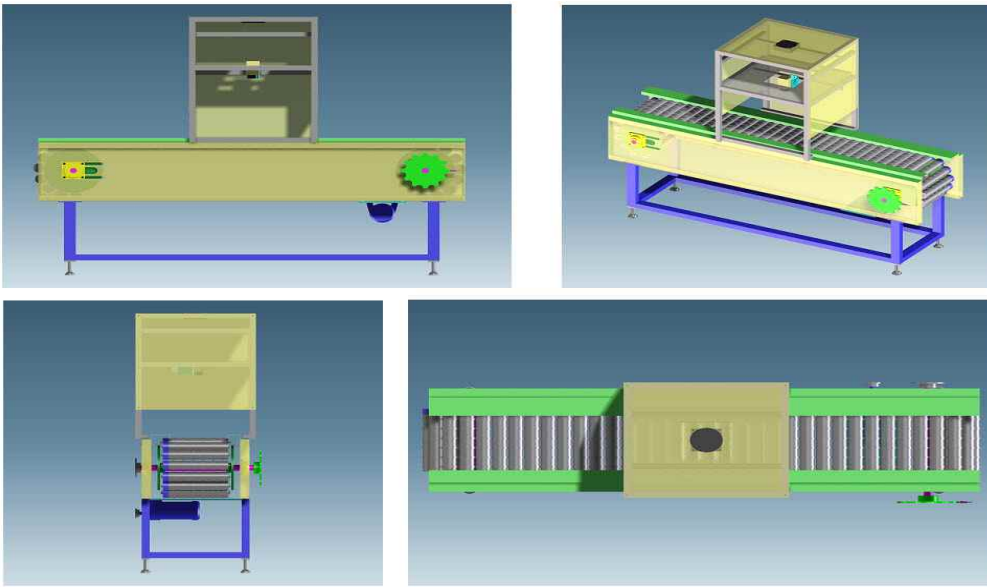


그림 2. Schematic of the prototype of a cherry tomato sorting machine

표 1. Specification of the prototype of the cherry tomato sorting machine

Part	Item	Specification
Vision System	Color CCD camera	Color 1/3'' 768(H) × 494(V)
	Frame grabber	Video capture board for PCI form factor
	Lens	8 mm manual focusing lens
	Lighting	25 W compact fluorescent lamp × 4
	Illuminating Chamber	Acryl diffuser, Camera holder
	Vision Controller	Quad core CPU, 1 Gbyte main memory
Conveying Unit	Brush Roller	60 mm dia roller × 70 Ea, Brush type
	Motor	1/4 HP
	Power	AC 220V
	Control	3 phase 1/2 HP Inverter
	Size	610(W) × 2100(L) × 750(H)

(다) 방울토마토 이송 컵 개발

- 방울토마토의 특성상 많은 양을 빠르고 정확하게 처리해야 하므로 현재 사용되고 있는 낙하식 선별기에서 사용되는 이송 컵을 기초로 새로운 이송 컵을 설계하였다.
- 낙하식 선별기는 컵이 40~50°정도 기울어져 있기 때문에 방울토마토를 원하는 지점에 정확하게 낙하시킬 수 있는 장점이 있다. 따라서 방울토마토의 크기에 적합한 이송 컵의 크기와 낙하를 위한 최적 기울기를 갖는 이송 컵을 제작하는 것이 필요하다. 또한 착색도 계산을 위해 이송 컵 내부에서 방울토마토가 원활하게 회전할 수 있는 회전메커니즘도 고려되어야 한다.
- 이송 컵 개발을 위해 방울토마토를 그림 3과 같이 크기별3단계로 구분하여 실험에 사용하였다.
- 이송 컵이 선별기에서 기울어 질 수 있는 각도는 40~50°로 한정되어 있기 때문에 이송 컵

의 낙하면의 기울기를 조정하여 방울토마토가 자중에 의해 자유낙하를 할 수 있어야 한다.

- 등급 선정 후 방울토마토는 선별기에서 분리 배출되고 이송 컵의 경사면에 따라 방울토마토가 자유낙하하게 된다. 따라서 이송 컵의 경사각을 그림 4와 같이 30°, 40°, 50°로 구분하여 실험하였다. 또한 그림 5와 같이 그림 4의 선 ①과 ②를 경사면에 일치시켜 실제 선별 시 각도를 구성하여 실험하였다.

- 실험결과 방울토마토가 떨어지는 실제 각도는 경사면각에서 이송 컵의 각을 뺀 것으로 최소 방울토마토의 자중으로 자유낙하가 가능하려면 이송 컵의 경사각이 30°를 유지해야만 가능하였다.



(a) large size

(b) middle size

(c) small size

그림 3. Cherry tomatoes sorted by size

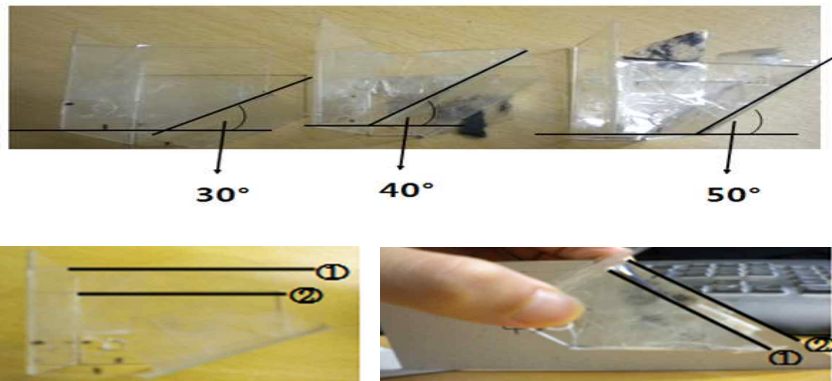


그림 4. The prototypes of transportation cups according to the angles of inclination

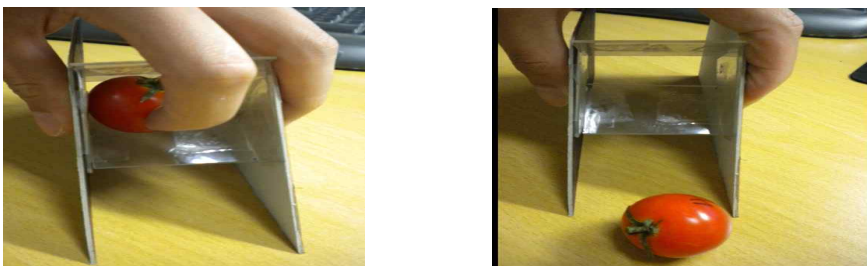


그림 5. Performance of dropping test of transportation cups according to the angles of inclination

(2) 형광 영상 검출시스템 시작기 개발

(가) 광원 제작

- 410 nm의 광원을 사용하여 형광영상을 획득하기 위해서는 광원부에 low pass 필터를 사용하여 광원에서 발생하는 450 nm 이외의 광을 완전히 차단해야만 광원으로부터 미세하게 발생

되는 긴 파장의 반사광으로부터 형광이 묻혀버리는 현상을 방지할 수 있다.

- 카메라에 high pass 필터를 장착하여 450 nm 보다 짧은 파장의 광을 차단하여 형광이 아니라 직접 반사되어 영상으로 획득되는 현상을 방지하여 정확한 형광영상을 획득하는 것이 가능하다. 따라서 광원부 앞부분에는 중심파장인 410 nm low pass 필터를 부착하여 410nm 보다 긴 파장의 조사를 줄이고 450 nm 이상의 광은 완전히 차단되도록 하였다. 카메라 렌즈 뒷부분에 450 nm high pass 필터를 부착하여 광원에 의해 반사광이 직접 카메라로 들어오는 것을 차단하고 형광영상만 촬영되도록 하였다. 사용된 low pass 필터와 high pass 필터의 광투과율 특성은 그림 6과 같다.

- 다분광 영상 시스템의 카메라는 일반 카메라와 달리 area scan이 아닌 line scan 방식을 적용하기 때문에 광원에서 발생하는 빛의 형태를 직선 형태로 만들어 시료에 고르게 분포될 수 있도록 비추어야 한다. Semi-cylinder-lens는 반경과 직경의 크기에 따라 분포되어 있는 빛이 통과 할 경우 일정한 거리의 초점으로 빛을 모아주는 역할을 한다. 이러한 원리를 이용하여 그림 7과 같이 광원부 내부에 Semi-cylinder-lens를 삽입하여 LED로부터 나오는 빛을 직선 형태로 분포시킬 수 있도록 설계 제작하였다.

- LED는 방울토마토 형광특성 분석에 따라 10W급 410 nm power LED를 선정하였다. 하나의 LED로는 영상 촬영에 충분한 조도를 얻지 못하기 때문에 5개의 LED를 직렬 형태로 연결하여 사용하였다. 전원부는 총 5개의 LED를 직렬로 연결할 경우 72V이상의 전압이 필요하기 때문에 그림 8과 같이 24V의 SMPS 3개를 직렬로 연결하여 72V 전원부를 구성하였다.

- Semi-cylinder-lens의 경우 각 치수에 따른 초점 거리가 다르기 때문에 초점거리를 계산하여 렌즈가 삽입되는 간격을 18 mm로 제작하였다. 광원 케이스의 총 길이는 250 mm×100 mm로 빛의 난반사 및 노이즈를 제거하고 LED의 발열/방출 효율을 최대로 하기 위해 알루미늄으로 제작하였다.

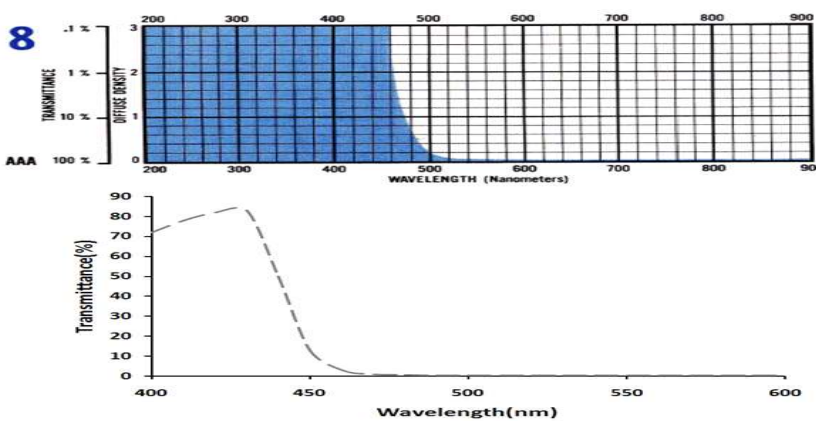


그림 6. Transmission curves of shot and long wavelength pass filters

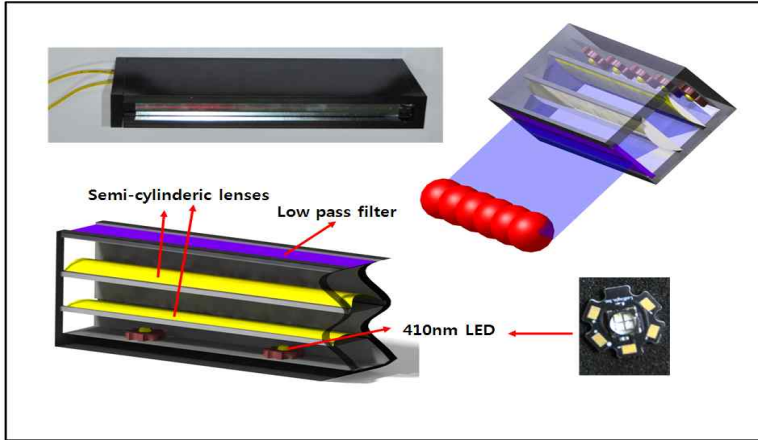


그림 7. Constructed lighting source using semi-cylinder-lens and power LEDs



그림 8. Photos of the inside of lighting source and its power supply unit

(나) 다분광 형광 영상 획득부

- 형광 영상 검출시스템 시작기는 그림 19와 같으며 영상 획득부는 EMCCD 카메라, Spectrograph, Slit, 렌즈, 광원, 영상처리부로 구성된다. 각 요소의 세부사양은 표 2와 같다.
- 렌즈에 투사된 line 영상은 spectrograph에 의하여 각 파장별 분광이 생성되어 2차원 분광정보로 EMCCD(Electron Multiplying Charge Coupled Device) 카메라에 의해 측정된다. 렌즈와 spectrograph 사이에는 450 nm high pass filter를 설치하여 450nm 이하 파장의 빛 투과를 완전히 차단하였다. 또한 spectrograph에는 60 μm 의 slit을 설치하여 선형으로 계측되는 형광 영상이 충분한 광량으로 카메라에 전달되도록 설계하였다.
- 망울토마토 기초 형광특성 분석을 통하여 최적 광원(410 nm power LED)을 부착하여 온라인 선별 시 정확도를 높일 수 있도록 설계하였다.



그림 9. LED lighting sources and image acquisition parts of the online multi-spectral imaging system

표 2. Specifications of the online multi-spectral fluorescence imaging system

Part	Item	Specification	
Vision System	EMCCD camera	Active pixels : 1004 x 1002	
		Pixel Size : 8 x 8 μ m	
		Image area : 8 x 8mm	
		Active area pixel well depth : 25000e ⁻ (typical)	
		Gain register pixel well depth : 80,000	
		Max readout rate : 13.5 MHz	
		Frame rate : 12.4 fps	
Vision System	Spectrograph	Pixel readout rate : 13.5 MHz	
		Digitization : true 14bit	
		Spectral range = 400-1000nm	
		Spectral dispersion = 100nm/mm	
		Aperture = F/2*1	
		Lenses	Lenses are designed for 400 - 1000 μ m precision imaging and are useful while prototyping.
		Lighting	10 W 410 nm LED \times 5 (2Set)
Slit	60 μ m slit		
Controller	Quad core(2.4GHz) CPU, 2 Gbyte main memory		

(다) 410 nm LED광원을 사용한 열과 검출

- 410 nm LED광원을 이용한 초분광 형광영상 시스템에서 열과 검출 가능성을 평가하였다. 초분광 형광영상 시스템은 시료의 물리적 정보와 스펙트럼 정보를 동시에 측정할 수 있는 대용량 정보획득 시스템이다.
- 형광스펙트로미터를 이용하여 분석한 방울토마토의 형광특성과 초분광 형광영상으로 촬영된 스펙트럼을 비교하여 분석하였다. 이를 위해 그림 10과 같이 5 nm 간격으로 영상을 촬영한 결과 형광스펙트로미터를 이용해 측정된 방울토마토의 특성과 동일하게 496 nm 영상에서 Flavonoids, Carotenoids, Phenolic compounds, Cell walls, Anthocyanins의 영향으로 열과 부위가 다른 부위와 비교해 잘 나타났다. 685 nm ~ 700 nm의 부근에서는 꼭지에 다량 함유되어 있는 Chlorophylls 성분으로 인해 꼭지의 형태가 뚜렷하게 나타났다.
- 410 nm LED 광원을 초분광 시스템에 적용하여 열과 선별 가능성을 검증하였다. 간단한 이진화 알고리즘과 모폴로지 이미지 프로세싱 연산을 통하여 열과 검출 알고리즘을 구성하였다.
- 영상 처리의 순서는 그림 11과 같이 685 nm영상과 700 nm영상을 이용하여 497 nm영상에서 배경과 꼭지 부분을 제거 한 후 간단한 스무딩 기법과 이진화 기법을 이용하여 열과 부위를 검출 하였다. 열과 부위를 검출한 후 영상에 남아있는 작은 노이즈를 모폴로지 연산 중에 하나인 침식, 팽창 연산을 이용하여 노이즈를 제거 한 후 결과 영상을 나타냈다.
- 이러한 일련의 영상 과정을 통하여 방울토마토 열과 121개와 정상 23개(컨트롤)를 촬영한 결과 97%이상의 정확도를 나타내었다.

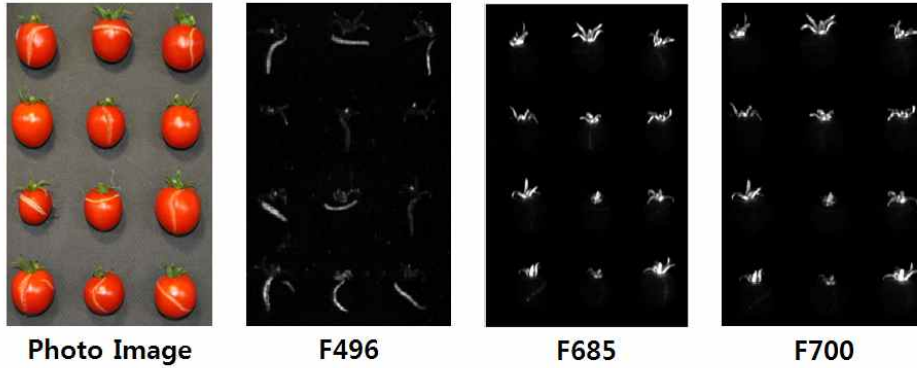


그림 10. Representative photo image of the sample and fluorescence images of defective and sound cherry tomatoes at 496, 685, and 700nm, respectively

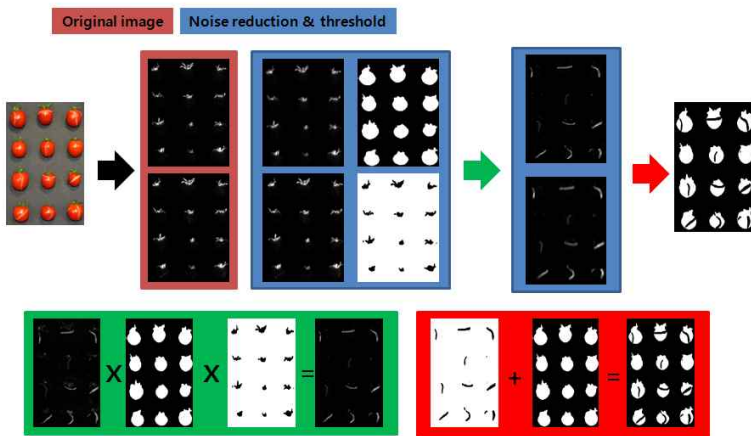


그림 11. Image processing procedures for discriminating defective cherry tomatoes

(라) 초분광 형광영상 시스템을 이용한 온라인 열과 검출

- 제작된 초분광 형광영상 시스템의 성능을 확인하기 위하여 그림 12와 같이 속도에 따른 열과 검출성능을 평가하였다. 그 결과 고속 형광 영상획득 및 영상처리를 통하여 실시간으로 열과를 검출하는 것이 가능한 것으로 나타났다.
- 영상획득 속도를 높이기 위하여 490 nm, 683 nm에서 두개의 영상만을 촬영하여 실시간 열과 검출에 이용하였다. 초분광 카메라의 영상획득 속도를 라인 당 0.01 sec로 설정하고 컨베이어 벨트의 속도를 조절하며 검출 정확도를 분석하였다. 그림 13은 컨베이어 벨트 속도에 따른 촬영 영상에서 획득된 방울토마토의 픽셀 개수를 나타낸다. 컨베이어 벨트의 속도가 25 mm/sec 이상이 되면 촬영된 방울토마토의 형광영상에서 공간해상도가 낮아져 열과 검출의 정확도가 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 실험 결과 25 mm/sec의 속도로 컨베이어 벨트를 동작 시킨다면 1초당 12개(2조 기준 시간당 약 600 kg, 4조 기준 약 1,200 kg 처리용량)까지 열과 검출이 가능한 것으로 나타났다.

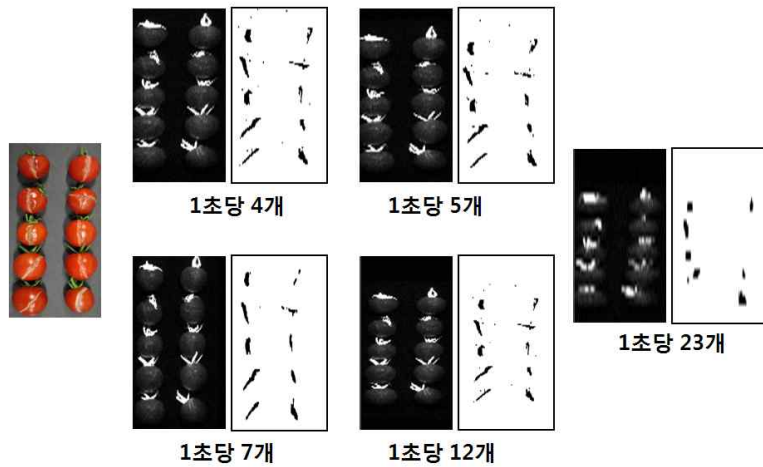


그림 12. Detecting results of defective cherry tomatoes under different conveying speeds

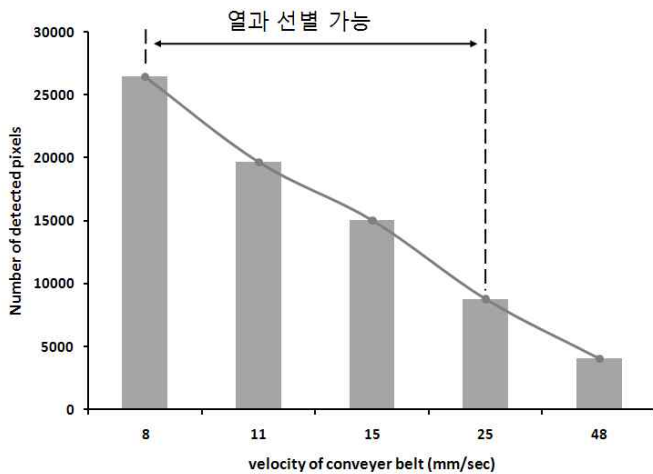
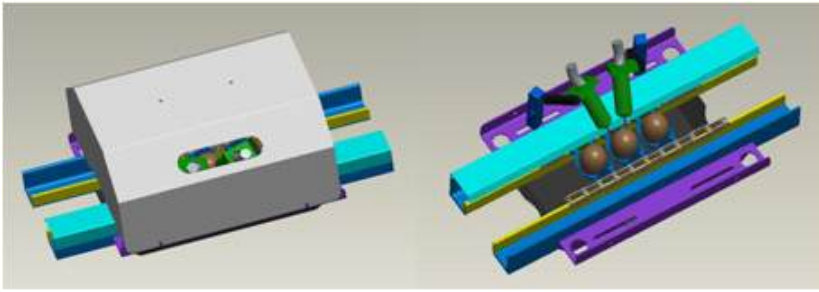


그림 13. Number of pixel for online multi-spectral image are calculated from the velocity of conveyer belt

(3) 고속 분광분석 시스템 개발

(가) 온라인 분광분석 시스템 설계

- 고속 분광분석 시스템을 방울토마토에 적용하기 위해 온라인 분광분석 시스템을 설계하였다. 기초실험을 통해 얻은 최적의 스펙트럼을 획득하기 위해 광원, 시료 및 수광부의 위치와 각도를 선정하였으며 빛에 노출될 경우 스펙트럼의 변이가 발생할 수 있으므로 정확한 스펙트럼의 획득을 위해 스펙트럼 획득부를 암실로 제작하였다.
- 이송부를 통해 이동된 시료가 수광부와 발광부의 정중앙에 왔을 때 방울토마토로부터 스펙트럼을 획득해야만 분석에 적합한 스펙트럼을 획득할 수 있다. 또한 불규칙적인 시료의 투입과 선별기의 갑작스런 가동정지 등에 대비하기 위해 그림 14와 같이 엔코더를 이용하였다.
- 온라인 선별 시스템이 작동하면 Trigger신호를 발생시키고 이송부의 일정한 지점에서 스펙트럼이 획득될 수 있도록 구성하였다.



(a)

(b)



(c)

(d)

그림 14. The prototype of spectroscopic sorting part combined to a sorting machine

(나) 분광분석 시스템용 제어장치 구성

- 그림 15는 분광분석 시스템의 구성도를 나타낸다.

- 컴퓨터 및 온라인 선별 장치의 전원을 연결하게 되면 엔코더에서 이송거리를 계산한 후 검사 Trigger 신호를 발생시켜 이송 버킷과 동기화 하게 된다. 버킷이 스펙트로미터 수광부의 정 중앙에 위치할 때 스펙트로미터로부터 스펙트럼을 획득하고 획득된 스펙트럼을 컴퓨터로 전송 하게 된다. 전송된 데이터는 개발된 알고리즘을 통하여 이상 유무를 판정한다. 판정된 선별신 호는 컴퓨터에 버킷별로 저장되고 제어보드를 통해 선별부의 해당 위치에서 솔레노이드가 작 동하게 하여 이상이 발생한 시료를 선별하도록 하였다.

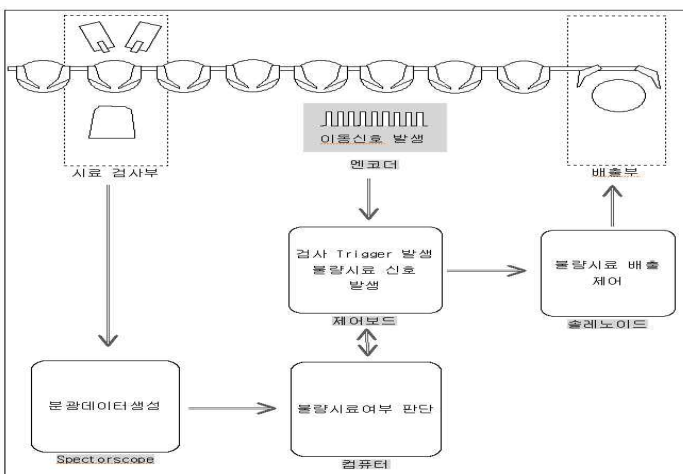


그림 15. Software configuration of sorting process

(다) 분광분석 시스템용 선별 프로그램 개발

- 방울토마토 선별기에서는 불규칙하게 들어오는 방울토마토로부터 스펙트럼을 획득하기 위해

입력되는 스펙트럼의 크기차를 이용하여 일정한 크기 이상의 스펙트럼이 입력될 때만 스펙트럼을 저장하는 방식으로 설계하였다.

- 개발된 온라인 분광분석 시스템에서 그림 16과 같이 방울토마토가 분광분석 장치의 중앙에 위치하였을 때 획득된 스펙트럼은 컴퓨터에 저장하여 분석하고 방울토마토가 없는 상태에서 획득된 스펙트럼은 자동으로 제거하였다.
- 분광분석 시스템용 선별 프로그램은 OS(Microsoft)환경에서 Visual Basic을 이용하여 개발되었다. 그림 17은 개발된 분광분석 시스템용 선별 프로그램을 나타낸 것이다. 그림 17(a)는 방울토마토에서 획득된 스펙트럼을 나타내며 그림 18(b)는 방울토마토가 없는 상태에서의 획득된 스펙트럼을 나타낸다.
- 개발된 프로그램은 사용자가 원하는 선별기준을 쉽게 입력할 수 있도록 User-interface 방식으로 구축하였다. 또한 프로그램 내에서 Intergration Time, Boxcar Width와 Scan to average를 조정할 수 있도록 하여 측정환경에 따라 측정조건을 변화할 수 있도록 하였다.

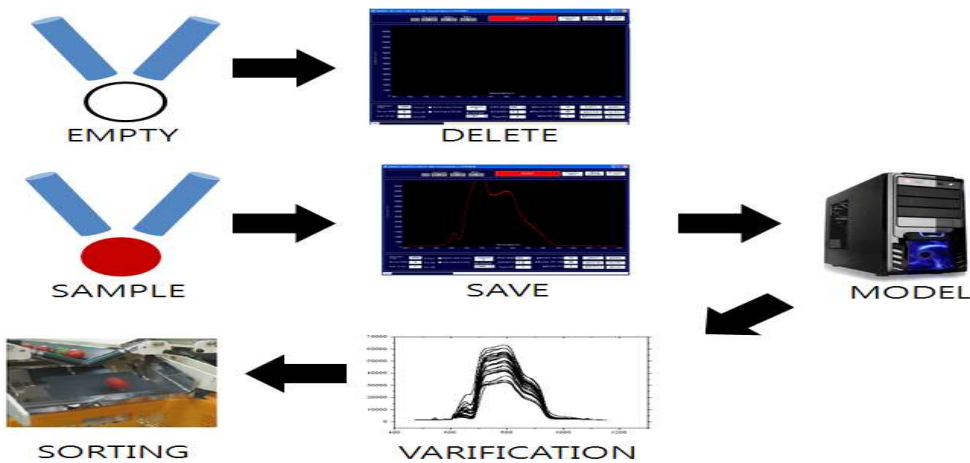


그림 16. Flowchart of the program operate system

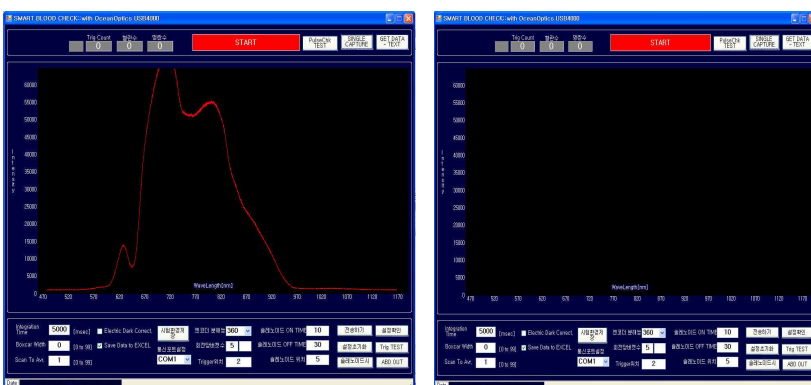


그림 17. The developed software for detecting cherry tomato

(4) 방울토마토 착색도 선별을 위한 시작기 개발

(가) 영상 획득부 및 선별 제어부 설계

- 방울토마토 열과 선별기와 별개로 개발된 착색도 선별 시작기의 성능을 검증하기 위해 현재 수출용 등급 선별에서 활용되고 있는 수입 선별기의 선별기준과 동일하게 2개의 착색도 등급(청과, 홍과 - 적색 50% 기준)으로 선별기준을 선정하였다.

- 그림 18은 착색도 선별을 위해 개발된 시작기의 개략도와 제작된 시작기를 나타낸다. 제작된 시작기 각 부분의 자세한 사양은 표 3과 같다.
- 투입부는 2개조로 나누어 시료가 온라인으로 투입되게 설계하였으며 시료 이송부는 V라인의 양쪽 컨베어 벨트에 속도 차이를 두어 방울토마토가 빠르게 투입 되어도 회전 하면서 일렬로 정렬이 될 수 있도록 설계하였다.
- 영상 획득부는 Color CCD camera와 Vision Controller를 연결할 수 있는 Frame grabber로 구성하였다. 영상 획득 부분에 조명 광이 전체 영상 획득부에 고르게 분포가 되도록 8개의 3과장 램프를 사방에 배치하여 조명하였다.
- Color CCD camera로부터 획득된 영상은 frame grabber의 입력라인을 통해서 컴퓨터로 보내지고 보내진 영상은 영상처리 알고리즘을 기초로 하여 착색도를 계산하고 전체 등급을 결정하게 된다. 등급이 결정되면 그림 19와 같이 RS-232통신을 통해 PLC회로에 등급의 신호가 보내지고 릴레이 회로를 통하여 솔레노이드 밸브를 제어하여 2개의 등급인 청과(비숙성)과 홍과(숙성) 방울토마토로 선별하였다.

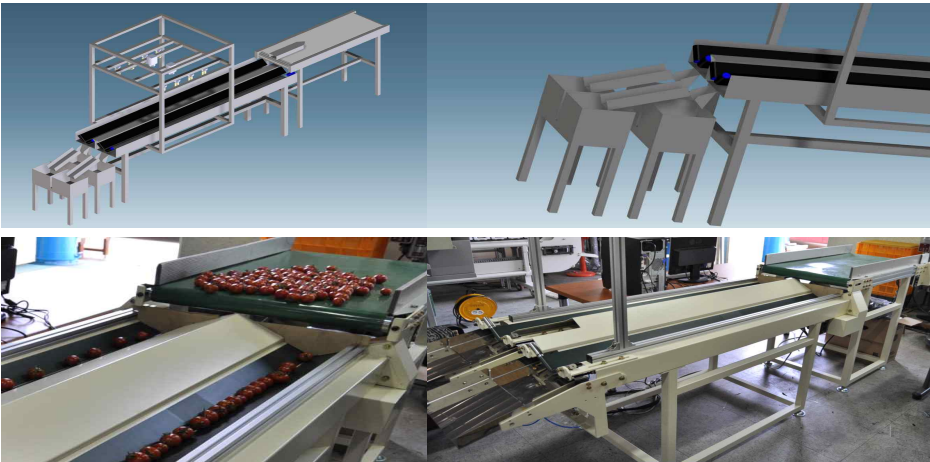


그림 18. Schematics and photos of the prototype of a color sorting system

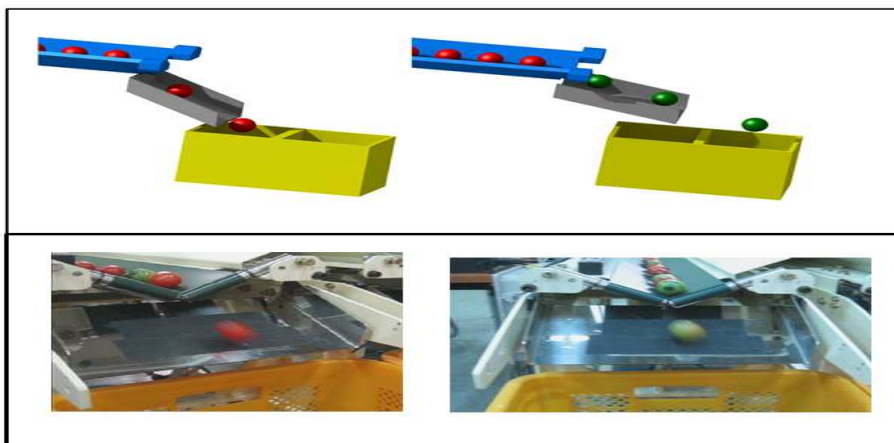


그림 19. Schematics and photos of the sorting part

표 3. Specifications of the prototype of color sorting system

Part	Item	Specification
Vision System	Color CCD camera	Color 1/3'' 768(H) × 494(V), NTSC signal format, 10 bit digital signal processing, 480 TV Lines, Internal or External Sync System
	Frame grabber	Video capture board for PCI form factor, Captures from NTSC, PAL, RS-170 and CCiR video sources, Connect up to 4 CVBS or 1 Y/C trigger input
	Lens	8 mm manual focusing lens
	Lighting	25 W compact fluorescent lamp × 8
	Illuminating Chamber	Acryl diffuser, Camera holder

(나) 영상 획득부의 구성

- 영상 획득부는 그림 20과 같이 4개의 3파장 형광램프, Color CCD camera(HCC-640, Honeywell, Seoul, Korea), Vision Controller와 연결할 수 있는 Frame grabber (Cronos plus, Matrox, Cannada)로 구성하였다. Frame grabber는 Color CCD camera의 아날로그 신호를 컴퓨터 색상인 RGB채널로 디지털 화 시키고 고속으로 컴퓨터에 전송시켜 주는 장치이다. 방울 토마토 특성상 빠른 영상처리 속도를 요구하기 때문에 실시간 영상처리를 위해 Frame grabber을 이용하였다. 영상 획득 크기는 640×480 픽셀이다.
- 두 대의 카메라를 동시에 사용하기 때문에 두 개의 카메라가 동일한 계측성능을 갖도록 보정해야 한다. 만약 두 대의 카메라가 동일한 계측성능을 가지도록 보정하지 않으면 카메라별로 대상물체의 검출 크기와 칼라 값 등이 다르게 나타나기 때문에 동일한 알고리즘을 적용할 수 없게 된다. 카메라의 보정은 그림 21과 같이 일정한 크기의 도형차트와 표준칼라(X-Rite Digital ColorChecker® SG) 차트를 이용하였다. 일정한 크기의 도형차트를 사용하여 각각의 화면에서 동일한 크기의 도형에 대해 픽셀을 검출하여 똑같은 크기가 나올 수 있도록 하였다. 크기를 보정한 다음 표준칼라 차트를 이용하여 각 색상별로 동일한 La*b*값이 나올 수 있도록 설정하여 색상을 보정하였다.
- 실시간으로 방울토마토의 색(L, a*, b*)을 측정하는 프로그램은 OS(Microsoft Windows) 환경에서 Visual studio와 OpenCV 라이브러리를 사용하여 직접 개발하였다. 그림 22는 개발된 실시간 방울토마토 착색도 측정 프로그램을 나타낸다. 개발된 프로그램은 사용자가 원하는 선별기준을 쉽게 입력할 수 있도록 User-interface 방식으로 구축하였다.
- 개발된 실시간 방울토마토 측정 프로그램을 이용하여 방울토마토를 실제 컨베이어 속도에서 영상의 칼라 값을 획득하였다. 방울토마토의 영상을 빠르게 처리하기 위하여 일정 영역(region of interest)만 영상으로 획득되도록 알고리즘을 구성하였다.
- 측정 프로그램 내에 check box를 만들어 방울토마토의 숙성도를 6단계에서 원하는 숙성단계만 선별할 수 있도록 하여 사용자가 편리하게 조작할 수 있도록 하였다.

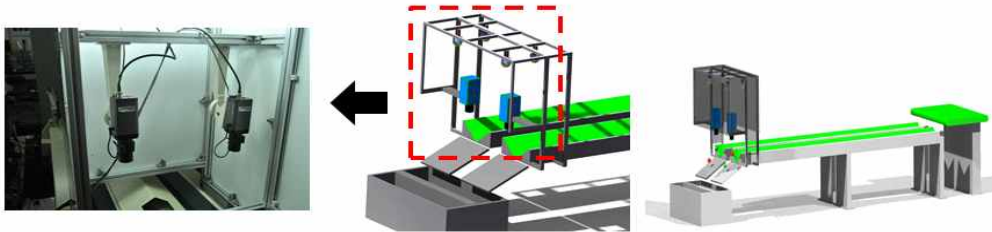


그림 20. Schematics and photos of the prototype of a color sorting system



그림 21. Processing of the calibration for the CCD cameras with a specific object and a standard color chart

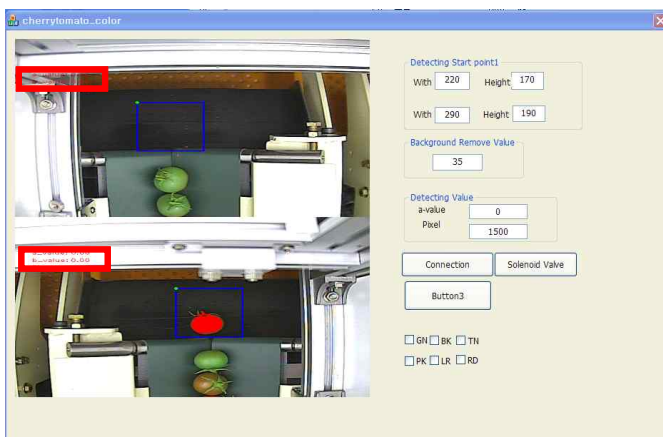


그림 22. A capture image of the user-friendly program for the real-time detection

(다) 선별부

- 선별부를 컨트롤하는 일까지 컴퓨터에서 이루어진다면 대량으로 유입되는 방울토마토의 선별이 어려워지게 된다. 따라서 방울토마토의 고속선별을 위해서 선별부는 MCU(Micro control

unit), 솔레노이드 밸브, 릴레이(SSR) 회로, DC 12V 전원부를 사용하여 제작하였다.

- 릴레이는 기계식이 아닌 전자식을 채택하였다. 기계식 릴레이는 사용하는 횟수가 많아지면 스위칭을 할 때 쉽게 마모되어 수명이 짧아지는 단점이 있으므로 반영구적인 전자식 릴레이를 사용하였다.

- 선별 과정은 칼라 카메라에서 이미지를 획득하고 Frame grabber를 통해서 컴퓨터에 영상을 전달한 다음 영상처리 알고리즘을 이용하여 영상처리를 실행한다. 그 다음 영상처리의 결과를 RS-232 통신을 이용하여 MCU로 신호를 보내어 선별등급에 따라 선별장치를 구동하게 된다. 선별장치는 릴레이 회로를 구동시켜 선별작업을 실시하게 되며 원하는 등급에 속하는 시료가 통과할 때는 릴레이 회로가 구동되지 않고, 등급에 속하지 않는 시료가 통과할 때는 릴레이 회로가 작동하여 시료를 분리하게 된다.

- 그림 23은 선별부에서 방울토마토가 선별되는 과정을 나타낸다.

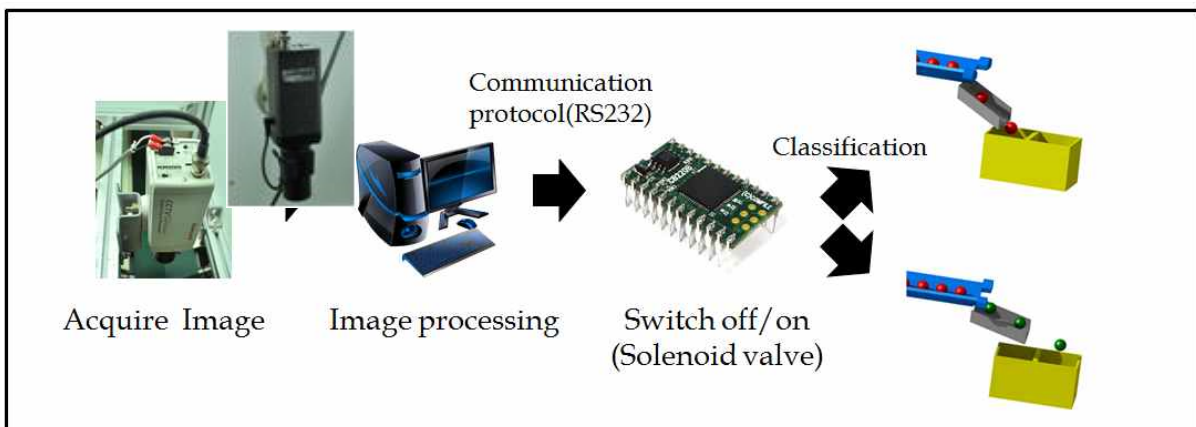


그림 23. Procedures of the entire sorting process

(다) 선별부의 안전성 평가

- 선별부에서는 방울토마토를 쳐서 선별하는 방식을 사용하므로 선별된 방울토마토의 파손이 우려되었다. 선별된 방울토마토의 파손여부를 평가하기 위해 선별부의 안전성을 평가하였다.

- 그림 24와 같이 선별부에서 미숙성 되거나 모양에 문제가 있는 방울토마토를 쳐내서 분류하고 품질이 기준에 부합하는 방울토마토는 하단에 위치한 박스에 떨어지게 된다. 이 때 선별부에서 발생하는 충격이 방울토마토의 품질에 영향을 미치면 안 되므로 개발된 선별기를 이용하여 충격을 받은 방울토마토의 품질저하 여부를 측정하였다.

- 실험을 위해 아무런 충격을 받지 않은 방울토마토와 선별기와 박스의 낙차에 의한 충격을 받은 방울토마토, 선별부에 의해 쳐서 분류된 방울토마토로 3개의 그룹으로 나누어 품질을 측정하였다.



그림 24. The sorting part images

① 수출용 방울토마토 보관방법

- 수출용 방울토마토의 경우 수출을 위하여 저장고에서 최대 15일까지 저장을 하게 된다. 이때 녹숙기와 적숙기 2개의 등급으로 나누어 저장하게 되는데, 녹숙기의 경우는 10~13℃, 습도 90~95%의 환경에서, 적숙기의 경우는 8~10℃, 습도 90~95%의 환경에서 저장하게 된다.
- 본 실험에서는 향온향습기(Mulri-room incubator, HB-103-4, HANBAEK SCIENTIFIC CO.,)를 이용하여 위와 같은 저장 환경을 조성하여 충격에 노출된 방울토마토와 충격에 노출되지 않은 방울토마토를 그림 325와 같이 보관하였다.



그림 25. Storage of the cherry tomatoes using an incubator

② 경도 실험

- 방울토마토의 품질저하 여부를 측정하기 위해 경도 실험을 실시하였다. 표 4과 같이 방울토마토는 충격방식에 따라 3개 그룹으로 나누었으며 숙성도별로 6등급의 방울토마토로 나누어 실험하였다. 전체 시료의 수는 360개이고 5일에 한 번씩 숙성도별로 15개씩 15일 동안 수행하였다.
- 만능재료시험기(SY-T-001, Sunyoung System Co., Korea)를 이용하였다. 압축변위는 3 mm, 하중재하속도는 60 mm/min로 설정하였다. 이는 예비실험을 수행한 결과 미국농공학회의 권장 범위인 30 mm/min 이하의 하중재하속도보다 60 mm/min를 사용하였을 때 토마토 속도 등급 간의 차이가 더 뚜렷한 경향을 보였기 때문이다.
- 실험결과 각각의 방울토마토의 압축변위는 충격 노출방식에 따른 차이를 확인할 수 없었으며 저장기간에 따라 시각적으로 나타나는 변화 역시 찾아보기 힘들었다. 방울토마토의 품질변

화는 선별방식 보다는 저장 및 운송 환경이 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

- 선별기에 의해 충격을 받은 토마토를 저장하면서 방울토마토의 색상변화를 사진으로 기록하였다. 방울토마토의 경우 선별기에 의해 손상을 입었다면 저장한 후 시간의 흐름에 따라 육안으로 방울토마토 표면에서 손상정도를 구분할 수 있다. 이를 위해 15일 동안 매일 동일한 시간에 육안으로 조사하였다.
- 실험결과 충격여부 및 방식에 따른 변화보다는 방울토마토의 특성에 따른 변화가 저장기간 동안 품질변화에 더욱 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

표 4. Sample numbers for each group

	Sample number	Group	Total sample number
Control	20	6	120
Drop	20	6	120
Hit	20	6	120

(라) 최종 종합품질 선별기 개발

- 수출용 방울토마토를 선별하기 위해 방울토마토의 내·외부 품질을 종합적으로 평가할 수 있는 시스템을 개발하였다. 방울토마토의 외부품질로는 숙성도, 이상과, 소형과를 측정하였으며, 내부품질로는 당도를 측정하였다.
- 제작된 방울토마토 종합품질 선별기는 그림 26과 같다. 선별기에 투입된 방울토마토는 먼저 분광분석 장치에 의해 당도가 측정되고 그 다음 외부품질을 측정하였다. 측정된 내·외부품질을 평가하여 선별부에서 방울토마토를 2 단계로 선별하였다. 종합품질 선별기에서는 드럼 식 선별기에 들어가기 전에 당도가 낮거나 숙성도가 적합하지 않은 방울토마토를 선별하였으며, 내·외부품질이 합격된 방울토마토는 드럼식 선별기에서 크기별로 선별할 수 있도록 하였다.

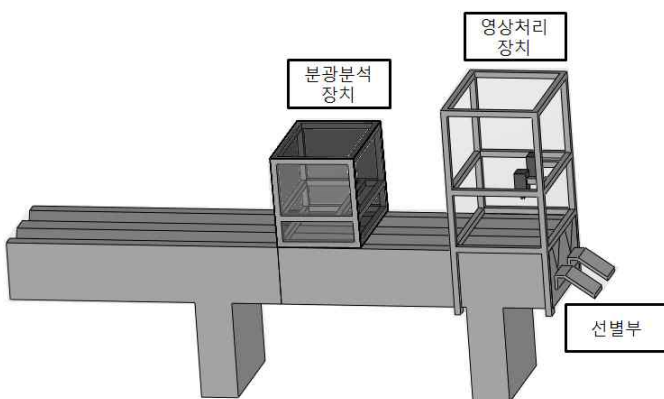


그림 26. Schematics of the prototype of Total quality sorting system

① 당도 측정부

- 당도 측정부는 그림 27과 같이 휴대용 분광분석 장치, 옵티코파이버, 할로겐램프를 이용하여 방울토마토의 투과스펙트럼을 획득할 수 있도록 구성하였다. 사용된 스펙트럼 영역은 471.4 ~ 1,153.7 nm이며, 스펙트럼 해상도는 1.5 nm이다. 램프는 12 VDC 텅스텐-할로겐램프를 사용하였다.

- 당도 측정부에 사용된 옵틱파이버는 하나의 할로젠램프를 이용하여 3방향으로 광원을 조사할 수 있는 옵틱파이버를 사용하였다. 이를 이용하여 방울토마토 전체에 광원이 잘 조사되도록 하고 스펙트럼을 획득할 수 있도록 하였다.
- 그림 28과 같이 570, 1050 nm에서 방울토마토가 분광분석 장치의 정중앙에 있을 때와 없을 때 스펙트럼 차이가 큰 것을 확인할 수 있었다. 이 부분을 이용하여 스펙트럼의 신호가 일정한 크기 이상이 될 때만 방울토마토의 스펙트럼을 측정하여 분석하였다.
- 측정된 스펙트럼을 이용하여 방울토마토의 당도를 예측하였다.

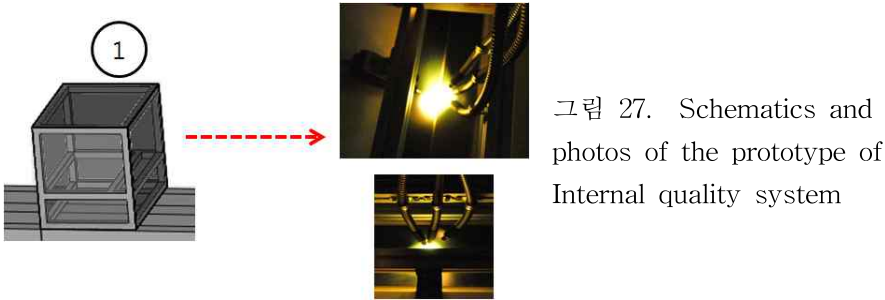


그림 27. Schematics and photos of the prototype of Internal quality system

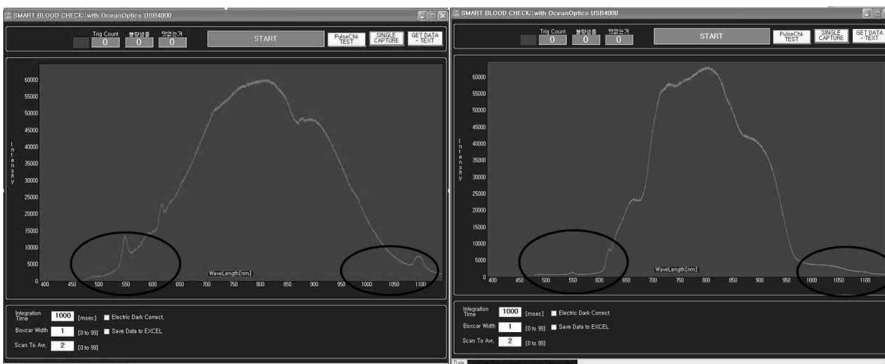


그림 28. Spectrum measurement software

② 영상 촬영부

- 영상 촬영부는 3과장 조명 4개와 CCD카메라를 이용하였으며, 영상처리 속도를 빠르게 하기 위해 실시간 영상처리가 가능한 Frame grabber을 이용하였다. 이때의 획득된 영상크기는 640x480 픽셀이었다.
- 영상 촬영부는 그림 29와 같이 선별기의 뒷부분에 위치하여 소형과, 이상과, 그리고 숙성도를 측정하였다.
- 획득된 영상은 RGB 색 공간에서 La*b*공간으로 영상을 변환하였다. 이것은 밝기를 나타내는 L영상을 이용하여 배경제거 및 실제 선별장에서 조도의 차이에 의한 오차를 줄일 수 있다. 또한 RGB 색 공간에 비하여 La*b*공간 영상이 선별 정확도가 우수하다.
- 영상처리 순서로는 RGB 색 공간에서 La*b*색 공간으로 변경 후 관심영역의 영상을 추출하기 위해 L영상을 이용하여 배경을 제거하였다. 그 다음 a*, b* 평균값을 데이터베이스화하여 숙성도를 평가하였다.
- 소형과의 경우 배경을 제거한 영상의 픽셀 수를 이용하여 일정 픽셀 수 이하의 방울토마토를 소형과로 처리하였다. 열과의 경우 canny 경계선을 검출한 후 체인 알고리즘을 이용하여

방울토마토 영상의 내부에 경계선이 형성될 때 열과로 판단하였다.

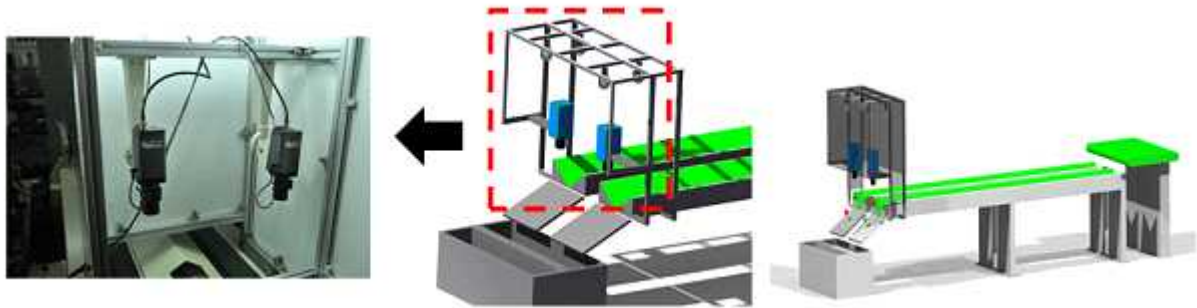


그림 29. Schematics and photos of the prototype of a color sorting system

③ 선별부

- 방울토마토 선별부는 그림 30과 같이 방울토마토의 내부품질인 당도를 측정 후 제어보드에 선별 값을 저장하였다. 저장된 당도 선별 값과 외부품질 선별 값을 제어보드에서 AND함수를 사용하여 두 값을 모두 만족할 때만 수출용 방울토마토로 선별하였다.
- 선별부에서 수출용으로 선별된 방울토마토는 드럼 식 선별기로 들어가서 크기별로 선별되도록 하였다. 선별부에 사용된 에어컴프레서는 유압식을 이용하였으며, 전자식 솔레노이드 밸브를 이용하여 많은 수의 방울토마토를 선별하는 것이 가능하도록 제작하였다.

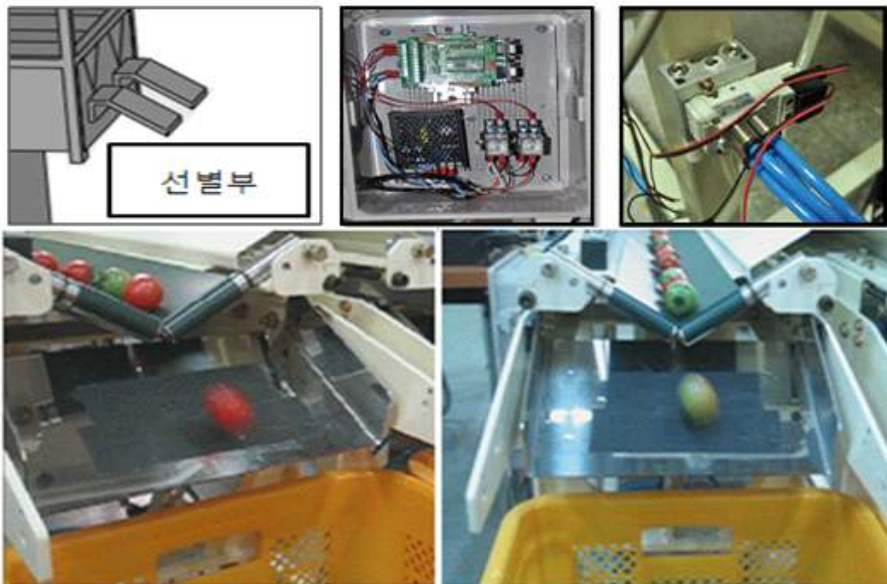


그림 30. Schematics and Photos of sorting system

<수출품 다변화를 위한 가공식품 개발>

1. 방울토마토 건조 방법 구명

가. 연구기간: 2012. 01. 20 ~ 2013. 01. 19

나. 연구방법

(1) 실험처리

(가) 1차 실험: 세절처리 방법에 따른 건조

- ① 통토마토(Whole)
- ② 이쭉시개로 구멍을 뚫은 통토마토(Prick)
- ③ 반으로 세절한 토마토(Slice)

(나) 2차 실험: 탈수 또는 스팀살균 처리 후 건조

- ① 세절 토마토
- ② 세절 후 탈수 처리한 토마토
- ③ 세절 후 스팀살균 처리한 토마토
- ④ 세절 후 탈수한 후 스팀살균 처리한 토마토

(2) 수분함량 측정 방법

- 생과대비 건조과정에서 감소한 중량비로 계산하여 %로 표시함.
- 생과대비 20% 중량이 될 때까지 건조하였고 시간당 중량감소를 조사함

다. 연구결과 및 고찰

(1) 건조 전처리에 따른 상대적 수분함량 및 건조 소요시간 비교

- 세절에 비해 통으로 건조하는 방법은 약 4배의 시간이 소요되어 건조효율이 매우 나쁜 것으로 나타남. 시각적인 형태에서는 세 처리 모두 양호한 것으로 조사되었으나, Whole 처리와 Prick 처리의 토마토의 식감이 물컹거리고 이물감이 크다는 지적이 있었음. 따라서 가장 좋은 전처리는 세절하는 방법으로 조사됨.

표. 건조 전 처리에 따른 수분함량 및 소요시간

처리	건조 전 중량(g)	건조 후 중량(g)	건조 후 수분함량(%)	시간당 감소율(%)	총 소요시간 (시간)
Whole	2,000	663	34.1	2.0	37.4
Prick	2,000	543	27.2	2.5	37.4
Slice	2,000	413	20.7	8.0	8.0

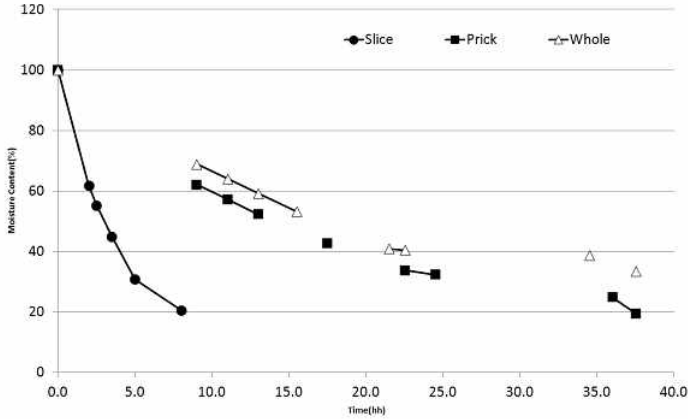


그림. 건조 전 처리에 따른 수분함량 변화

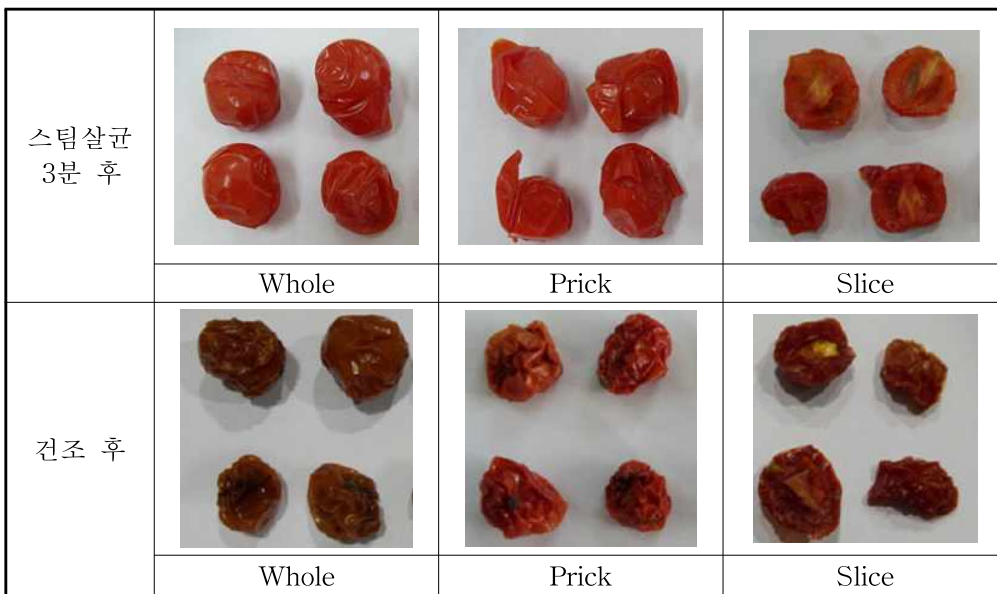


그림. 건조 전과 후의 형태변화

(2) 세절 토마토의 탈수와 살균에 따른 형태 및 건조시간 조사

- 위 실험결과 탈수한 후 건조 처리한 토마토의 형태가 가장 좋은 것으로 조사됨. 또한 건조에 소요되는 시간도 적어서 경제성이 가장 우수한 것으로 판단됨.

표 17. 건조 전 처리에 따른 수분함량 및 소요시간

처리	건조 전 중량(g)	건조 후 중량(g)	건조 후 수분함량(%)	시간당 감소율(%)	총 소요시간 (시간)
대조구	4,018	826	20.6	7.1	9
탈수	4,008	822	20.5	9.9	7
스팀	4,019	806	20.0	7.2	9
탈수&스팀	4,026	798	19.8	9.0	8

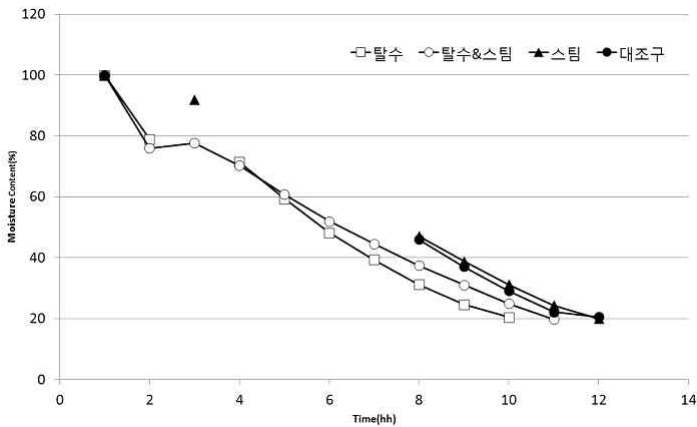


그림. 탈수와 스팀처리에 따른 건조 시간 변화

	대조구	탈수처리	스팀처리	탈수&스팀처리
건조전				
생과대비 20% 건조후				

그림. 건조 전후의 형태변화

(3) 관능평가 결과

- Slice 처리에 비해 Whole 처리와 Prick 처리는 수분이 많이 느껴져서 식감이 물컹거리고 껍질에 의한 이물감이 큼
- Slice 처리는 입맛을 돋우는 신맛이 느껴져서 맛에 대한 선호도가 가장 좋았음.

2. 토마토 정과 시제품 개발

가. 연구기간: 2012. 01. 20 ~ 2013. 01. 19

나. 연구방법

(1) 실험처리

(가) 세절·건조한 방울토마토(80%건조)를 82 brix 당침액에 6시간 당침한 후

- ① 건조기에서 1시간 건조
- ② 선품기로 1시간 건조

(2) 토마토 정과 제조과정

① 건조 토마토 준비



② 당침액 준비



③ 당침 준비



④ 6시간 당침



⑤ 10분간 당침액 제거



⑥ 1시간 건조



⑦ 토마토 정과 완성



⑧ 포장



(3) 관능검사

- 평가항목

신맛, 단맛, 조식감, 색상, 형태, 전체기호도

- 평가점수

최고 5점, 최하 1점으로 하여 각각의 시료를 관능 평가

- 시료배열

시료 번호에서 선입견을 없애기 위하여 난수표를 이용하여 얻은 숫자를 표시

다. 연구결과 및 고찰

(1) 토마토 정과 시제품



그림. 토마토 정과 시제품

(2) 관능평가 결과

(가) 시제품 관능평가 결과

① 단맛

- 당칩제품의 특성상 단맛이 너무 강하여 섭취량이 소량으로 제한 됨

② 색

- 열풍건조보다 선풍기를 이용한 자연풍 건조시의 색이 더욱 밝고 선명하였음. 따라서 자연풍 건조가 적절하다고 판단됨.

③ 부착도

- 당칩 후 건조하였으나, 끈적임이 심하여 포장 시 불편하고 섭취 시 비호감을 줄 수 있어 부착도 개선이 필요함.

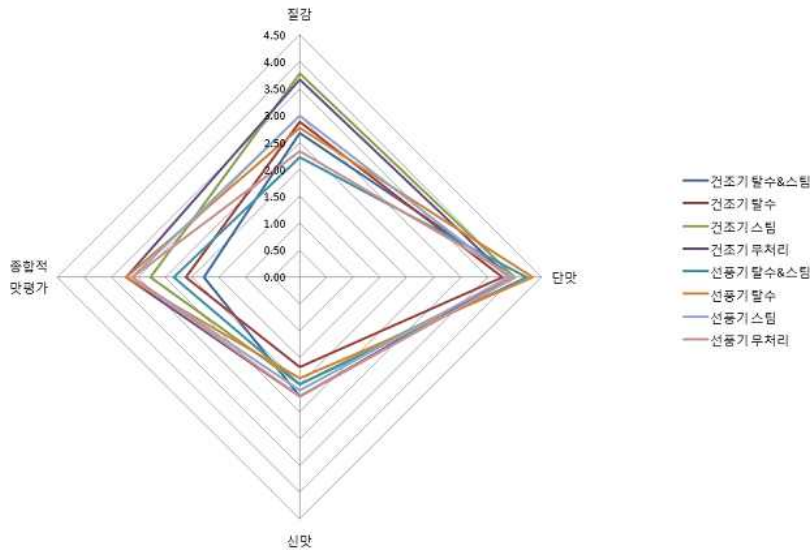


그림. 관능평가 결과

(나) 평가 후 개선방향

① 단맛

- 설탕의 양을 조절하여 단맛 조절 연구 진행.

② 신맛

- 맛을 좋게하기 위해 신맛 조절 연구 진행

③ 보존성

- 식품보존제가 첨가되지 않았으므로 보존시간에 대한 연구 진행

④ 상호부착도

- 정과의 부착도를 낮추기 위한 식물성 오일의 사용방법 및 사용량 연구 진행

(다) 결론

시판되고 있는 건조 과일 제품으로 사과칩, 람부탄, 배, 금귤, 바나나, 딸기, 건자두(푸른) 등이 있는데, 대부분이 수입품이며 동결건조제품임. 소수의 국내산 제품이 있으나 동결건조 제품으로 근(원)적외선 열풍건조기를 이용한 건조 제품과는 다른 식감을 가지고 있음. 방울토마토의 경우에도 동결건조한 제품은 푸석푸석한 스폰지를 씹는 듯한 식감인데 반해

근(원)적외선 열풍건조기를 이용하여 건조한 방울토마토로 만든 정과는 쫄깃쫄깃한 식감을 가지고 있어 호응도가 좋을 것으로 판단됨.

(3) 경제성 검토

① 일반적인 간식용 제품의 사양

- 가격: 간식용 제품의 가격을 조사한 결과, 대략 4천원 이내의 가격 분포를 나타냄.
- 중량: 간식용 제품의 중량을 조사한 결과, 대략 40g 이내로 나타남.

구분	제품명	원산지	제조회사	용량	금액(원)
건어물	해오징어	국내	(주)정화식품	40g	1,900
건어물	황토방 전기구이	국내	한양식품	90g	2,000
육포	잭바이츠 BBQ	뉴질랜드	잭바이츠	200g	12,500
육포	코주부 육포	오스트레일리아	코주부	30g	1,400
건어물	oh!치즈포	국내	정화식품	40g	2,500
건조과일	필리핀 7D 망고	필리핀	7D 푸드	100g	3,000
건조과일	코코넛 칩스	태국	W&M atural	25g	1,500
건조과일	딸기크런치	국내	네추럴초이스	13g	3,500
건조과일	친환경사과칩100%/배칩100%	국내	네추럴초이스	20g	3,500
건조과일	건조람부탄100%	태국	그린밸리	50g	7,500
건조과일	유기농 블루베리 그대로	칠레	네추럴초이스	15g	6,000
건조과일	유기농건자두	미국	테일러	65g	2,400
건조과일	얇게 썰어 말린 사과/배/금귤	국내	다미산업	20g	3,900
건조과일	얇게 썰어 말린 바나나	필리핀	다미산업	20g	3,900
건조과일	너의 딸기가 되고 싶어	국내	다미산업	15g	3,900
건조과일	마른방울토마토	중국산	판매:쪽빛누리	600g	5,800

② 시제품의 제조원가 분석

- 제조원가 계산

인건비, 재료비, 전기료, 상수도료 등으로 구분하여 시제품을 제조하는 경우의 제조원가를 계산함.

구분	항목	세부항목	준비	시작시간 (일 시:분)	종료시간 (일 시:분)	소요 시간	소요 인원	소요 비용(원)
인 건 비	선별 및 건조	선별	토마토(110kg) 입고, 선별작업	09 17:30	09 20:00	2:30	5	75,000
		세척	물침지, 약품소독, 세척등	10 08:30	10 09:20	0:50	5	25,000
		세절	1cm세절	10 09:20	10 09:40	0:20	2	4,000
		청소	선별작업 후	09 19:20	09 20:00	0:40	5	20,000
	건조작업 후		10 18:40	10 20:40	2:00	2	24,000	
	당 침	재료준비	(물5kg,설탕2.5kg)*4	11 13:40	11 14:15	0:35	1	3,500
		용액제조1	5kg*4	11 14:15	11 17:28	3:13	1	19,300
		용액제조2	5kg*4	11 17:20	11 20:05	2:45	1	16,500
		정리	용액제조	11 20:05	11 20:30	0:25	2	5,000
		당침준비	시료 준비 및 이동	12 07:40	12 07:50	0:10	2	2,000
		당침6시간	당침기 예열70℃30분3kw*4대	12 07:10	12 13:50	6:40	2	80,000
		건조	건조준비	12 13:30	12 14:10	0:40	2	8,000

			10분 액기스제거	12 14:10	12 14:20	0:10	2	2,000
			선풍기 및 건조기 1시간 건조	12 14:20	12 15:30	1:10	2	14,000
		청소	당침작업	12 14:40	12 15:10	0:30	2	6,000
인건비 총계						22:38		304,300
재료비	항목	세부항목	사용내역	업체명 /포장단위	구입금액	단가	사용량	소요 비용
	원재료	토마토	토마토건조,110kg			0		-
		운송비	함안-천안				0	
	당침	설탕	2.5kg*4	대상/20kg	24000	1200	10	12,000
		물	5kg*4	LG/(24L)	2800	116.67	10	1,167
부탄가스		18개	맥스/4개	1500	375	18	6,750	
재료비 총계						1691.67		19,917
전기료	항목	세부항목	사용내역	시작시간	종료시간	사용 시간	사용량 (kwh)	소요 비용
	건조작업	냉장고	456w	09 19:00	12 15:10	68:10	31.46	1,759
		건조기	4.9Kw 2대가동	09 21:40	10 08:00	10:20	107.80	6,026
		당침기	3.4Kw4대가동	12 07:10	12 13:50	6:40	63.00	3,522
		살균기	50Kw	09 21:00	09 21:30	0:30	25.00	1,398
	50Kw		10 09:30	10 10:00	0:30	25.00	1,398	
	당침 후 작업	건조기	4.9Kw 1대가동	12 14:24	12 15:30	1:06	7.35	411
선풍기		40w 1대가동	12 14:24	12 15:30	1:06	0.06	3	
전기 총계						88:22	259.67	14,516
상수도료	항목	세부항목	사용내역	실험시작 검침	실험종료 검침		사용량 (t)	소요 비용
	수도요금	수도요금	세척, 청소 등	268	273		5	7,520
상수도 총계								7,520
								당침제품 8kg(원물 41kg) 생산비용
								당침제품 g당 단가
								당침제품(40g)당 단가

(작업년월:2012년 10월)

③ 제품의 제조원가 예측

가장 많은 비용을 차지하는 세척 및 선별작업 시 인건비의 경우 컨베이어 벨트, 선별기기 등의 자동화기기 도입으로 304,300원에서 181,000원 정도로 40%이상의 절감효과와 더불어 당침 시 무인 감시시스템을 도입으로 당침제품 40g당 생산비용을 1,731원에서 1,050원까지 감소시킬 수 있을 것으로 예상되어 제품으로서의 가격경쟁력을 가질 것으로 판단됨.

3. 비상품과 방울토마토를 이용한 토마토 시럽 개발

가. 연구기간: 2013. 01. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

(1) 토마토 시럽 제조 시 설탕의 용해 방법 구명

- 토마토 주스와 설탕을 동량으로 넣고 만든 시럽이 일정시간 경과 후 시럽의 상하부에 설탕이 석출되는 현상이 발생하여 이를 해결하기 위해 설탕을 용해하는 방법에 대하여 실험을 수행함.
- 방울토마토를 믹서를 이용하여 30초간 믹싱 후 얻은 토마토 주스와 동량의 설탕을 각 실험군에 맞게 짓지 않고 줄임. 시럽을 만들기 위해서 줄이는 정도는 스푼법(spoon test)을 이용했는데, 시럽을 떠서 흘러내리게 했을 때 흘러지지 않고 똑똑 떨어지는 시점으로 함.
- 실험군

실험군	실험 방법
Mix-T	토마토 주스와 설탕을 동시에 넣고 줄임
Mix-3	토마토 주스에 설탕 총소요량의 1/3을 넣은 후 10분 간격으로 나머지 설탕을 1/3씩 넣어 줄임
Mix-H	토마토 주스에 10분간 열을 가한 후 10분 간격으로 설탕을 1/3씩 나누어 넣으면서 줄임

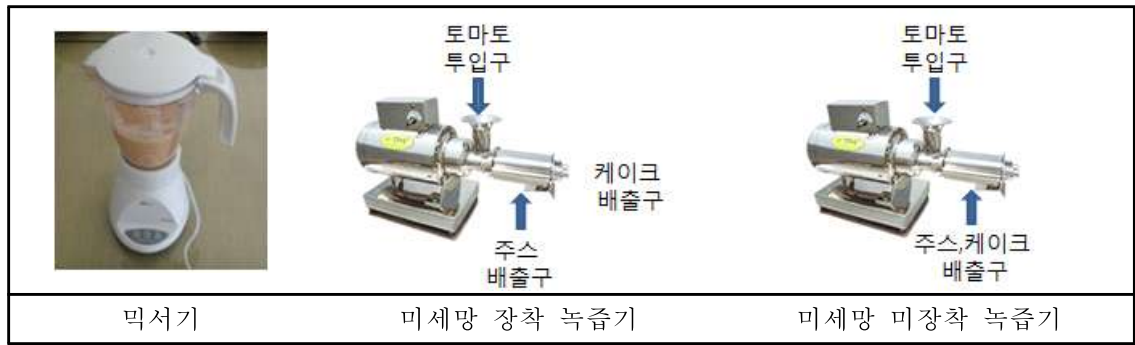
(2) 토마토 주스 착즙 방법에 따른 수율, 색상 비교

- 토마토 가공제품 섭취 시 이물감으로 느낄 수 있는 껍질과 씨를 제거하기 위해 착즙 방법에 대한 실험을 수행함.
- 믹서(필립스 후드믹서) 또는 녹즙기(엔젤녹즙기 업소용 20kg)를 사용하여 분쇄한 후 다양한 방법으로 sieving 함. 착즙한 토마토 주스의 최종 수율과 색상을 조사하여 가장 적합한 주스 착즙 방법을 도출함.
- 색도 측정
 색차계((Spectro photometer CM3600D, Minolta, Japan)를 이용하여 양갱의 색도를 측정하였고 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)값으로 표시함.
- 실험군

실험군	실험 방법
Mix-No	믹서로 분쇄
Mix-S2	믹서로 분쇄한 후 2mm sieve로 걸러냄
Ext-Si	미세망 장착 녹즙기로 착즙
Ext-S2	미세망 미장착 녹즙기로 분쇄한 후 2mm sieve로 걸러냄

* 믹서와 녹즙기의 운전 차이점

믹서의 경우 칼날이 고속으로 회전하며 케이크와 주스가 한꺼번에 나오지만 녹즙기는 두 개의 스크류(Screw)가 저속으로 움직이면서 토마토를 파쇄한 후 미세망을 통과시켜 주스와 케이크를 분리시킴



(3) 토마토 시럽의 농축 시점 구명

- 시럽 제조 시 줄이는 시점을 판정하는 방법으로 스푼법(Spoon test)이나 컵법(cup test)을 사용하였으나 판단하는 시점에 개인차가 있어 토마토 주스와 설탕 무게의 합을 기준으로 무게의 비로 농축하는 시점을 구명하고자 실험을 수행함.

- 토마토 주스와 유기농 설탕을 1:1로 준비함. 토마토 주스를 10분간 가열한 후(85~95℃) 준비한 설탕을 3번에 나누어 10분 간격으로 넣어준 후 젓지 않고 졸여 줌.
- 실험군

실험군	실험 방법
Sim-90	토마토 주스와 설탕의 무게 합의 90%까지 농축
Sim-85	토마토 주스와 설탕의 무게 합의 85% 까지 농축
Sim-80	토마토 주스와 설탕의 무게 합의 80%까지 농축
Sim-75	토마토 주스와 설탕의 무게 합의 75%까지 농축
Sim-70	토마토 주스와 설탕의 무게 합의 70%까지 농축

- 색도 측정
 색차계((Spectro photometer CM3600D, Minolta, Japan)를 이용하여 양갱의 색도를 측정하였고 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)값으로 표시함.
- pH, 당도 측정
 제조한 시럽 10g에 증류수 40mL로 희석하여 균질화 한 후 상등액을 pH meter(F-51, HORIBA, Japan) 이용하여 측정함. 당도는 ABEE 굴절계(ABBE Refractometer AD-123, Atago, Japan)를 이용하여 측정함.
- 관능평가
 상명대학교 식물식품공학과 학생을 대상으로 전체기호도, 단맛, 신맛, 향, 색에 대하여 5점 척도법(최상 5점, 최하 1점)을 사용함. 시료의 배열은 선입견을 없애기 위하여 난수표를 사용함.

(4) 냉동 토마토 및 냉동 토마토 주스 시럽과 생토마토 시럽의 물성 비교

- 토마토 시럽 제조 시 주재료인 비상품과 방울토마토는 6~7월에 집중되어 공급됨. 그러므로 연중 꾸준한 토마토 시럽 생산을 위해서는 과실의 냉동보관이 필요함. 이에 생토마토로 만든 시럽과 냉동 생과와 냉동 주스로 만든 시럽에 대한 관능평가를 실시함.
- 냉동 생과는 선별 및 세척과정을 거친 방울토마토를 그대로 냉동 보관하였고 냉동 주스는 선별 및 세척과정을 거친 방울토마토를 미세망 미장착 녹즙기로 파쇄 후 2mm sieving하여 얻은 주스를 85℃에서 30분간 가열 후 포장하여 냉동 보관함.
- 냉동된 토마토의 경우 냉동된 토마토를 10분간 실온 방치 후 냄비에 옮겨 담고 약불에서 10~15분정도 해동 시킨 다음 미세망 미장착 녹즙기로 파쇄하고 2mm sieving 하여 얻은 주스를 얻음. 이 주스에 동량의 설탕을 3번에 나누어 넣은 후 시럽과 설탕 처음 무게의 75%까지 농축시켰음. 냉동 된 주스의 경우 냉동된 주스를 냄비에 옮겨 담고 30분간 실온 방치한 후 약불(85~95℃)에서 20분간 가열함. 이 주스에 동량의 설탕을 3번에 나누어 넣은 후 시럽과 설탕 처음 무게의 75%까지 농축함.
- 실험군

실험군	실험 방법
Fresh-T(Control)	생토마토로 시럽 제조
Freeze-T	냉동 토마토로 시럽 제조
Freeze-J	냉동 토마토 주스로 시럽 제조

- 당도 측정

ABEE 굴절계(ABBE Refractometer AD-123, Atago, Japan)를 이용하여 측정함.



- 관능평가

전체기호도, 단맛, 신맛, 향, 색에 대하여 5점 척도법(최상 5점, 최하 1점)을 사용함. 시료의 배열은 선입견을 없애기 위하여 난수표를 사용함.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 토마토 시럽 제조 시 설탕의 용해 방법 구명

- 토마토 주스와 설탕을 동시에 넣고 농축한 Mix-T은 48시간 경과 후 상부 및 하부에 모두 설탕 결정이 석출됨. 토마토 시럽과 설탕의 1/3을 넣고 10분 간격으로 설탕을 넣어 준 Mix-3군에서는 시럽의 하부에만 설탕 결정이 형성됨. 설탕을 넣기 전 토마토 주스에 10분간 열을 가한 후 설탕을 10분 간격으로 3번에 나누어 넣어 농축한 C군에서는 설탕 결정이 형성되지 않음.

처리	Mix-T	Mix-3	Mix-H
48hr 경과 후 상태			
	설탕 석출	시럽 하부에 설탕 석출	설탕 형성 없음

Mix-T: 토마토 주스와 설탕을 동시에 넣고 졸임

Mix-3: 토마토 주스에 설탕 총 소요량의 1/3을 넣은 후 10분 간격으로 나머지 설탕을 1/3씩 넣어 졸임

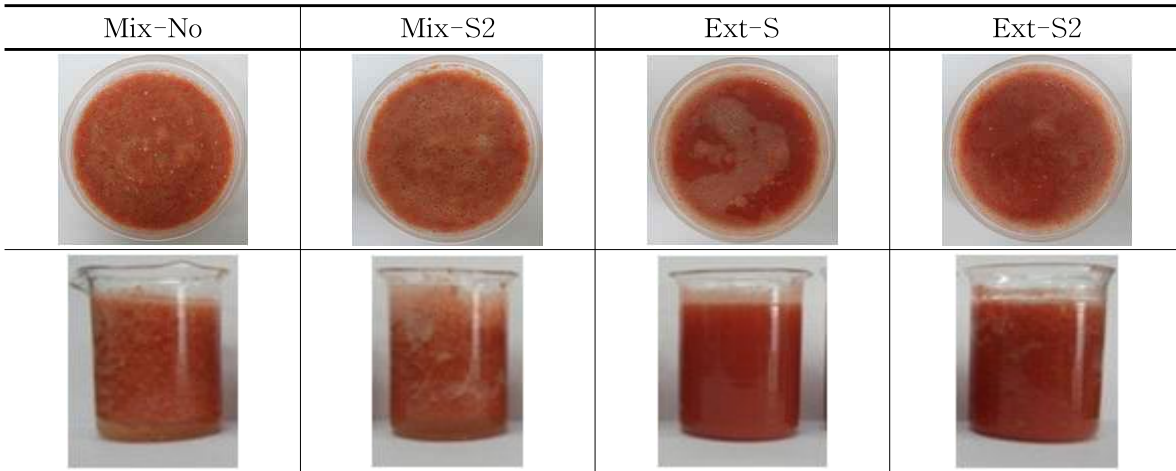
Mix-H: 토마토 주스에 10분간 열을 가한 후 10분 간격으로 설탕을 1/3씩 나누어 넣으면서 졸임

그림. 48시간 경과 후 토마토 시럽의 상태변화

- 시럽 제조에 있어서 토마토 주스에 10분간 열을 가하여 고르게 열이 전달된 후(85~95℃) 총소요 설탕의 1/3을 넣고, 넣은 설탕이 완전히 용해가 된 것을 확인한 후 나머지 설탕을 나누어 넣는 것이 가장 적절한 방법으로 사료됨.

(2) 토마토 주스 착즙 방법에 따른 수율, 색상 비교

- 아래 그림과 같이 믹서의 경우 고속으로 회전하면서 많은 양의 거품이 발생한 것에 반해 녹즙기는 거품 발생이 적었으며, 녹즙기의 미세망 장착여부에 따라서도 거품 발생에 차이가 있음.



Mix-No: 믹서로 분쇄 Mix-S2: 믹서로 분쇄한 후 2mm sieve로 걸러냄
 Ext-S: 미세망 장착 녹즙기로 착즙
 Ext-S2: 미세망 미장착 녹즙기로 분쇄한 후 2mm sieve로 걸러냄

그림. 믹서기와 녹즙기를 사용하여 착즙한 주스 비교

- 주스 제조 시 발생하는 케이크를 분석한 결과 Ext-S(미세망 미장착 녹즙기로 분쇄한 후 2mm sieve로 걸러냄) 케이크가 Mix-S2(믹서로 분쇄한 후 2mm sieve로 걸러냄) 케이크가 보다 붉은 색을 많이 빠져 나옴..



Mix-S2 Ext-S Ext-S2

그림. 믹서와 녹즙기 케이크 비교

- 토마토 주스의 색도를 분석한 결과 녹즙기를 이용한 주스가 믹서를 이용한 주스보다 명도 값(L), 적색도값(a), 황색도값(b) 모두 높게 나타남.

표. 믹서와 녹즙기의 주스 색도

Treatment	색도			
	L	a	b	a/b
Mix-no	10.68	33.50	18.23	1.84
Mix-S2	12.01	33.61	20.45	1.64
Ext-S	14.52	36.73	24.71	1.49
Ext-S2	16.65	37.93	28.22	1.34

- 믹서와 녹즙기의 최종 수율을 비교한 결과 믹서에 비해 녹즙기의 수율이 약 15% 높음.

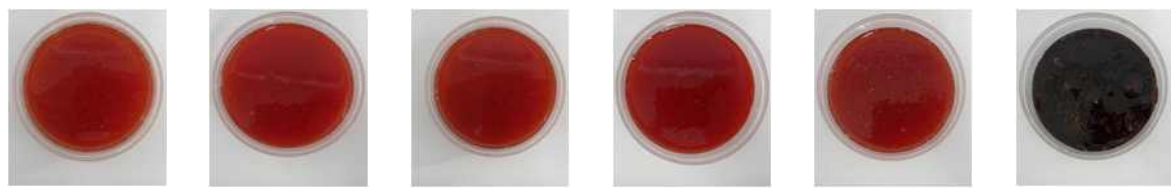
표. 믹서와 녹즙기의 주스 수율 비교

구분	토마토	토마토	토마토	주스	평균 수율(%)
	생과(g)	케이크(g)	주스(g)	수율(%)	
믹서기	1203	280	764	63.51	65.72
	1110	202	736	66.31	
	1038	177	699	67.34	
녹즙기	1400	149	1170	83.57	82.77
	1400	170	1200	85.71	
	1400	183	1133	80.93	
	1400	138	1198	85.57	

- 믹서의 경우 사용법이 간단했으나 고속으로 회전하면서 많은 양의 거품이 발생했고 시간이 지나도 거품의 양이 줄어들지 않았음. 녹즙기의 경우 미세망 장착여부에 따라서 작업에 차이가 있음. 녹즙기에 미세망을 장착하여 착즙 할 경우 착즙된 토마토 주스에서는 거품이 발생하지 않았으나 투입구에 거품이 발생하여 거품을 제거을 위한 공회전 시간이 소요되었음. 녹즙기에 미세망을 장착하지 않고 착즙을 할 경우 미세망을 장착할 경우보다 거품발생이 거의 없어 착즙이 시간이 줄어듦. 이에 착즙 방법을 비교 했을 때 미세망 미장착 녹즙기를 사용할 경우 작업공정 노동 및 시간을 줄이는데 더 효과적임.
- 토마토 주스를 만들 시 작업 용이도, 주스의 수율, 색상 등을 고려하였을 때 녹즙기가 적합하다고 판단됨. 또한 섭취 시 이물감을 발생시키는 껍질과 씨의 제거에도 녹즙기가 용이하였음. 녹즙기를 사용할 경우 토마토 케이크의 함량을 높이기 위해서는 미세망을 장착하지 않은 녹즙기로 방울토마토를 파쇄한 후 2mm sieving하는 것이 적절한 방법으로 사료됨.

(3) 토마토 시럽의 농축 시점 구명

- 토마토 시럽의 농축정도를 달리한 실험군에서 육안으로 확인되는 차이는 크게 없었으나 60%로 떨어지는 순간 토마토 시럽의 색과 향에서 많은 변화가 있으며 고형화 상태가 됨.



Sim-90 Sim-85 Sim-80 Sim-75 Sim-70 Sim-60

Sim-90: 토마토 주스와 설탕의 무게 합이 90%까지 농축
 Sim-85: 토마토 주스와 설탕의 무게 합이 85%까지 농축
 Sim-80: 토마토 주스와 설탕의 무게 합이 80%까지 농축
 Sim-75: 토마토 주스와 설탕의 무게 합이 75%까지 농축
 Sim-70: 토마토 주스와 설탕의 무게 합이 70%까지 농축

그림. 농축 시점을 달리한 시럽의 색상 변화

- 토마토 시럽을 24시간 방치한 후 Sim-90, Sim-85는 층분리가 선명하게 나타났고 Sim-80에서는 미세하게 층이 분리되는 현상이 나타남..



그림. 24시간 방치 후 시럽의 상태, 왼쪽부터 Sim-90, Sim-85, Sim-80, Sim-75, Sim-70

- 당도는 Sim-80에서 약 69°Brix, Sim-70에서 약 77°Brix 정도 나왔고 Sim-60에서는 90°Brix 까지 급격하게 상승되었음. 시럽제조에 사용한 토마토 주스의 pH는 4.5였는데 Sim-70까지는 pH가 조금씩 낮아지다가 Sim-60에서 3.82정도로 급격히 떨어지며 고형화가 됨.

표. 시럽의 농축정도에 따른 소요시간, 당도, pH

처리군	농축 소요시간(분)	시럽당도(°Brix)	pH
Sim-90	35	63.60	4.24
Sim-85	43	64.63	4.14
Sim-80	52	68.70	4.16
Sim-75	60	72.20	4.06
Sim-70	65	76.70	4.09
Sim-60	115	90.00	3.82

- 토마토 시럽의 색도를 분석한 결과, 농축이 될수록 토마토 시럽의 명도값(L)과 황색도값(b)은 줄어들어 탁한 색을 나타냈으며 적색도값(a)은 증가됨.

표. 농축 시점을 달리한 시럽의 색도

Treatment	색도			
	L	a	b	a/b
Sim-90	41.63	34.12	55.35	0.62
Sim-85	33.55	40.99	55.83	0.73
Sim-80	39.21	35.9	59.36	0.60
Sim-75	28.47	44.09	48.75	0.90
Sim-70	26.42	43.67	45.35	0.96

- 육안으로 보이는 색은 Sim-80이 가장 높게 평가되었으나 전체기호도, 맛, 향, 신맛에서 Sim-75의 시럽이 가장 높게 평가됨.

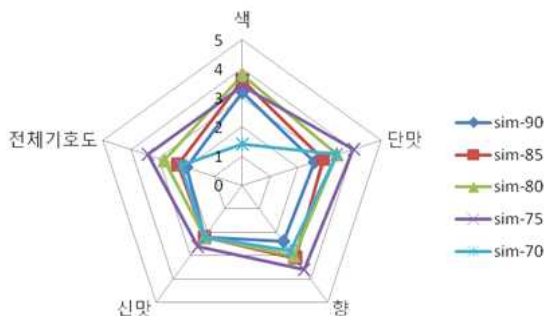





그림. 시럽의 농축에 따른 관능평가

- 토마토 시럽 제조에 있어서 미생물 증식을 방지하는 최저 당도는 60~65°Brix 으로 알려져 있으나¹⁾ 이때 시럽의 층이 분리되는 현상이 발생하는 반면 70°Brix 이상에서는 층이 분리

되지 않으므로 당도 °Brix 70대가 적절한 것으로 보여짐. 당도 70°Brix 이상인 Sim-70의 경우 제조과정에서 조금이라도 농축이 더 될 경우 시럽의 색상과 형태에 많은 많은 변화가 생겨 제조과정시 안정적이지 못하다고 판단됨. 이에 관능 평가 결과 가장 우수했던 Sim-75 당도(70±1°Brix)가 측정되는 Sim-75까지 농축하는 것이 시럽의 보관성, 물성에서 가장 적절한 것으로 사료됨.

(4) 냉동 토마토 및 냉동 토마토 주스 시럽과 생토마토 시럽의 물성 비교

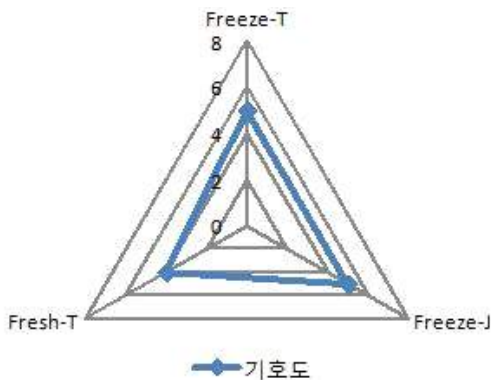
- 설탕과 주스 무게의 75%까지 줄였을 경우 처리간에 육안으로 느껴지는 색상 및 당도의 차이는 없었으며, 당도는 71±1°Brix정도 됨.

구분	Freeze-T	Freeze-J	Fresh-T
시럽 색상			
당도(°Brix)	71.9	70.8	72.2

Fresh-T(Control): 생토마토 시럽 Freeze-T: 냉동 토마토 시럽
Freeze-J: 냉동 토마토 주스 시럽

그림. 냉동 생과와 냉동 주스를 이용한 토마토 시럽과 생토마토로 제조한 시럽의 색

- 관능평가에서는 세 개의 실험군에서 유사한 결과를 나타냄.



- 생과와 냉동 토마토, 냉동주스로 만든 시럽의 색의 차이는 없었으며 선호도를 조사한 결과 생과와 냉동 토마토, 냉동주스로 만든 시럽의 선호도가 유사하게 나타냄. 방울토마토 생산이 편중되어 가격이 저렴한 5~6월에 생과를 바로 시럽을 제조해놓는 것이 가장 경제적이고 바람직한 것으로 사료됨. 단, 시럽을 만들기 이전까지는 생과를 냉동보관 해 두어도 시럽제조에 문제는 없다고 사료됨.

1) Santanu Basu, U.S Shivhare. 2010. Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. Journal of Food Engineering. 100(2) 357-365

(5) 토마토 스프레드(시럽) 제품 디자인 및 시제품 생산



그림. 제품이미지



그림. 선물세트 박스 디자인(3개입)

4. 토마토 시럽을 이용한 양갱 제조

가. 연구기간: 2013. 01. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

(1) 국내 시판 양갱 조사

- 토마토 시럽을 이용한 양갱을 제조하기에 앞서 국내에 시판되고 있는 양갱의 성분, 특성, 가격 등을 조사함.

(2) 토마토 시럽의 함량에 따른 양갱의 이화학적 특성 분석

- 토마토 시럽의 함량에 따른 양갱의 이화학적 특성을 분석하였고 토마토의 고유의 색을 살리고 국내산 농산물을 이용하기 위해 양금은 일반적으로 사용하는 팔양금이나 백양금 대신 대두양금(원재료: 국내산 대두 / 당도: 14°Brix)을 사용함.

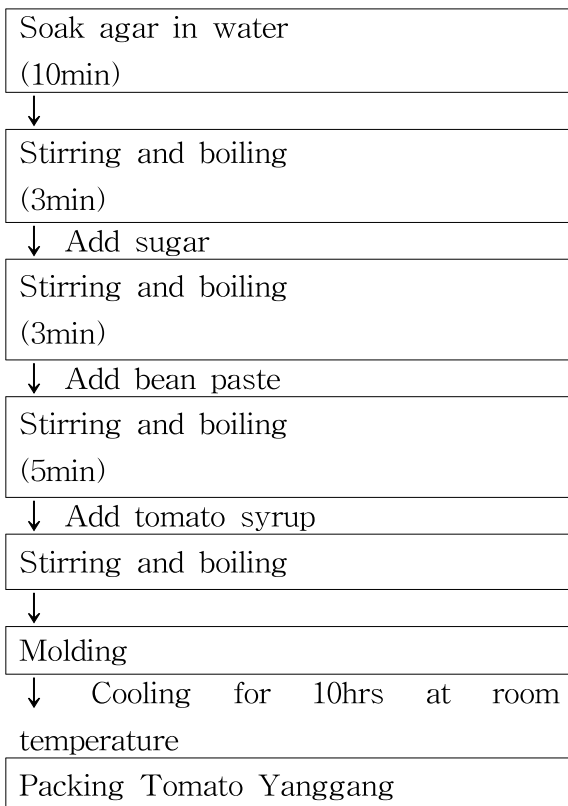


그림. 양갱의 제조 방법

- 색도 측정

색차계(Spectro photometer CM3600D, Minolta, Japan)를 이용하여 양갱의 색도를 측정하였고 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)값으로 표시함.

- pH, 총산도, 당도 측정

제조한 양갱에 증류수를 가하여 시료를 30초간 분쇄한 후 상등액을 취하여 측정함.

pH는 pH meter(F-51, HORIBA, Japan) 이용하여 측정하였으며 총산도는 총산도 측정법(젖산으로 환산)을 적용하여 측정함. 그리고 당도는 ABEE 굴절계(ABBE Refractometer AD-123, Atago, Japan)를 이용하여 측정함.

- 관능평가

먼저 양갱의 선호도를 조사함.

그 중 선호도가 높게 조사된 양갱의 양갱을 선택하여 토마토 시럽 함량에 따른 양갱의 관능평가를 실시함. 평가 시 신맛, 단맛, 조직감, 색, 전체 기호도에 대하여 7점 기호 척도법(최상 7점, 최하 1점)을 사용함. 시료의 배열은 선입견을 없애기 위하여 난수표를 사용함.

	7점	6점	5점	4점	3점	2점	1점
신맛	<---매우시다-----보통이다-----전혀 지지 않다--->						
단맛	<---매우달다-----보통이다-----전혀 달지 않다--->						
색	<---매우좋다-----보통이다-----좋지 않다--->						
조직감	<---매우좋다-----보통이다-----좋지 않다--->						
전체기호도	<---매우좋다-----보통이다-----좋지 않다--->						

그림. 관능평가지

다. 연구결과 및 고찰

(1) 국내 시판 양갱 조사

- 현재 국내에 시판 양갱을 조사한 결과 양갱의 주원료인 앙금은 대부분 수입산을 쓰고 있으며 제품의 향미와 색상을 증진시키기 위해 합성 착향료와 착색료를 첨가하고 있었음. 심지어 먹음직스런 흰 빛깔을 내고 변색을 막기 위해 차아황산나트륨(표백제)까지 사용한 제품도 있었음. 그리고 고구마, 호박, 무화과, 유자, 밤 등 지역 특산물을 이용한 제품도 선보이고 있음.
- 시판 양갱의 1회 제공량은 30g~60g 정도 되었고, 가격은 g당 9원~30원 정도 됨.
- 시판 양갱의 당도는 68~73°Brix 정도임.



그림. 국내 시판 양갱

표. 국내 시판 양갱 분석표

제품명	제조/원산지	성분/함량	가격/용량
일화고려 홍삼양갱	(주)일화 국내	홍삼농축액(고형분60%이상, 홍삼성분함량 70mg/g) 0.43%, 맥아엿, 백앙금, 정백당, 식물성원료농축액(볶은구기자, 당귀, 영지, 생강, 녹용), 한천, 비타민B6염산염, 비타민B2	35,000원 /20개
6년근 황풍정 홍삼양갱	풍기인삼농협 국내	6년근 홍삼농축액 1.507%(홍삼성분 70mg/g이상, 고형분 60%이상, 국내산), 물엿(맥아엿), 백앙금(강낭콩, 캐나다산, 미얀마산), 한천, 정백당, 드링크향(합성착향료), 허브향(합성착향료), L-멘톨 등	44,300원 /30g*20개*2박스
KINJO 미니양갱	KINJO미니양갱 일본	설탕, 팥앙금, D-소르비톨, 콘시럽, 한천, 녹차0.13%	6,300원 /360g
연양갱	해태 국내	팥앙금(중국산), 갈색설탕, 물엿, 포도당, 한천(국산), 유화제	600원 /55g
화과방 영양갱	화과방 국내	팥앙금50%이상(중국산), 백설탕, 저감미환원물엿(폴리글리콜시럽), 백설탕, 말배기9%이상. 한천	13,900원 /1.6kg
오꼬노미 요강 고슈	삼경 일본	설탕, 팥(팥, 설탕), 물엿, 팥, 한천, D-소르비톨	6,900원
감귤양갱	밀양한천 국내	감귤농축액 30%, 설록앙금(강낭콩(수입산), 정백당, 말토덱스트린, 정제염, 차아황산나트륨(표백제)) 물엿, 정백당, D-소르비톨액, 함수겔정포도당, 제주감귤주스농축액30%(제주감귤농축액 기준당도 기준으로 100%), 실한천, 황화황색소, 합성착향신료	5,600원 /400g(20g*20개)
박찬희 연양갱	롯데제과 국내	물엿, 팥앙금(백설탕, 팥/중국산), 백설탕, 한천(국산) / 잣(국산) / 녹차분말(국산)	3,000원 /225g(45g*5개)
올가 우리밀 영양갱	산내마을 국내	팥앙금46.6%(국산), 갈색설탕, 쌀조청20.2%(쌀, 맥아, 효소/국산), 한천(국산), 소금 0.2%	1,200원 /60g
무화과양갱	삼호농협 국내	무화과 페이스트56%{무화과(국산)73.6%, 정백당}, 갈색설탕, 국내산 팥앙금13%{적두(국산)59.2%, 백설탕, 쌀엿조청(백미-국산 97.4%), 태움소금(국산)}, 쌀엿조청{백미(국산)97.4%, 맥아, 효소}, 울리고당, 자일리톨, 한천(국산), 태움소금(국산)	15,600원 /55g*10개

(2) 토마토 시럽의 함량에 따른 양갱의 이화학적 특성 분석

(가) 1차

- 토마토 시럽의 함량에 따른 양갱 원재료 조성비

시럽비율	토마토시럽(g)	앙금(g)	설탕(g)	한천(g)	물(g)	총량(g)
Control	0	300	40	4	220	564
TS-30	90	210	40	4	220	564
TS-50	150	150	40	4	220	564
TS-70	210	90	40	4	220	564
TS-90	270	30	40	4	220	564

* Control: Yanggang with 0% tomato syrup, TS-30: Yanggang with 30% tomato syrup

TS-50: Yanggang with 50% tomato syrup, TS-70: Yanggang with 70% tomato syrup

TS-90: Yanggang with 90% tomato syrup

* 양갱 제조 시 토마토 시럽 함량의 변화에 따라 설탕, 한천, 물의 양은 고정하고 앙금의 양을 조절하였음



* Control: Yanggang with 0% tomato syrup, TS-30: Yanggang with 30% tomato syrup
 TS-50: Yanggang with 50% tomato syrup, TS-70: Yanggang with 70% tomato syrup
 TS-90: Yanggang with 90% tomato syrup
 그림. 토마토 시럽의 함량에 따른 양갱의 색

- 토마토 시럽의 함량이 많아질수록 양갱의 명도값(L)은 낮게 나타났으며 적색도값(a)은 TS-50에서 8.24로 가장 높게 나타났음. 황색도값(b)은 명도값(L)과 같이 시럽의 함량이 증가할수록 낮아지는 것을 알 수 있었음.

표. 토마토 시럽 함량에 따른 양갱의 색도

Treatment	색도			
	L	a	b	a/b
Control	63.53	2.80	22.50	0.12
TS-30	51.42	6.21	23.50	0.26
TS-50	40.42	8.24	20.98	0.39
TS-70	31.23	5.30	14.58	0.36
TS-90	25.39	4.02	8.69	0.46

- 토마토 시럽의 함량이 증가함에 따라 양갱의 당도는 크게 증가하였고 pH값은 낮아지는 경향을 보였으며 유기산 함량(총산도)은 증가하는 것으로 나타났음.

표. 토마토 시럽의 함량 변화에 따른 당도, pH, 총산도 비교

양갱의 종류	당도(°Brix)	pH	총산도
control	25.67	6.72	0.12
TS-30	42.00	6.14	0.21
TS-50	51.00	5.72	0.21
TS-70	65.67	5.30	0.26
TS-90	72.00	4.84	0.33

* Control: Yanggang with 0% tomato syrup, TS-30: Yanggang with 30% tomato syrup
 TS-50: Yanggang with 50% tomato syrup, TS-70: Yanggang with 70% tomato syrup
 TS-90: Yanggang with 90% tomato syrup

- 전체 기호도에 대한 관능평가를 실시한 결과 TS-70, TS-90의 선호도가 높았음

Overall acceptability

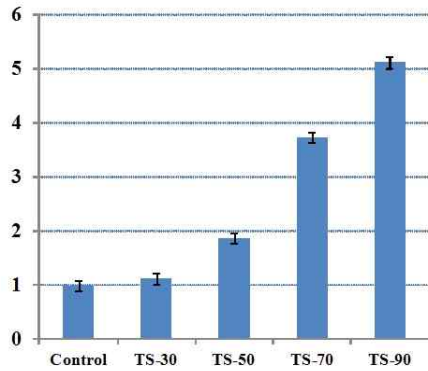


그림. 시럽함량을 달리한 양갱의 전체기호도

- 상위 2개 샘플인 TS-70과 TS-90의 관능평가에서 전체기호도와 색은 TS-90에서, 조직감은 TS-70에서 선호도가 높았음. 단맛과 신맛의 선호도는 유사했음.

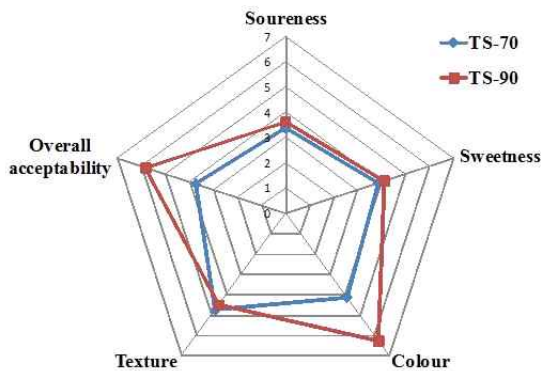


그림. 시럽함량 70%와 90% 양갱의 관능평가

- TS-70과 TS-90의 당도는 미생물 증식 방지 당도인 60°Brix 이상 되지만 양갱의 특성상 실온보관인 점을 감안할 때 양갱의 보존성을 위해 70±1°Brix까지 당도를 높이는 것이 제품의 안정성에 부합할 것으로 사료됨.

(나) 2차

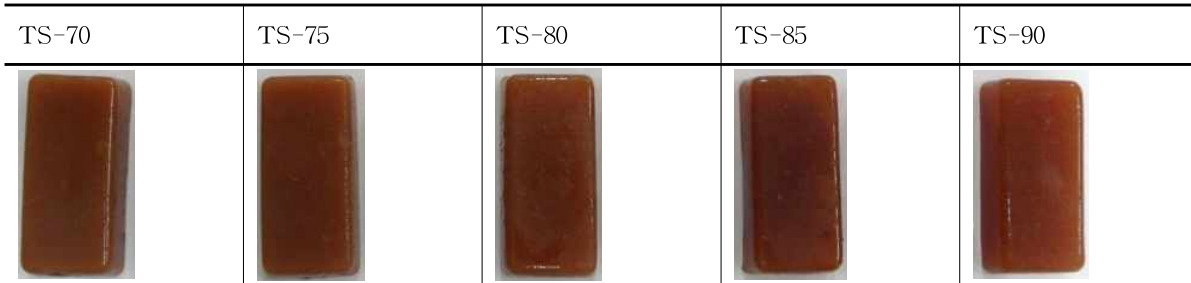
- 토마토 시럽의 함량에 따른 양갱 원재료 조성비

시럽비율	토마토시럽(g)	양금(g)	설탕(g)	한천(g)	물(g)	총량(g)
TS-70	210	90	40	4	220	564
TS-75	225	75	40	4	220	564
TS-80	240	60	40	4	220	564
TS-85	255	45	40	4	220	564
TS-90	270	30	40	4	220	564

* TS-70 Yanggang with 70% tomato syrup, TS-75: Yanggang with 75% tomato syrup
 TS-80: Yanggang with 80% tomato syrup, TS-85: Yanggang with 85% tomato syrup
 TS-90: Yanggang with 90% tomato syrup

* 양갱 제조 시 토마토 시럽 함량의 변화에 따라 설탕, 한천, 물의 양은 고정하고 양금의 양을 조절하였음.

- 토마토 시럽의 함량에 따른 양갱의 명도값(L)은 TS-85가 24.8로 가장 낮게 나타났고 적색도값(a)은 3.8~4.9로 유의적인 차이가 나타나지 않음. 황색도값(b)은 TS-75에서 12.8로 다른 양상을 보였으나 전체적인 흐름을 볼 때 토마토 시럽의 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냄.



* TS-70 Yanggang with 70% tomato syrup, TS-75: Yanggang with 75% tomato syrup
 TS-80: Yanggang with 80% tomato syrup, TS-85: Yanggang with 85% tomato syrup
 TS-90: Yanggang with 90% tomato syrup

그림. 토마토 시럽의 함량에 따른 양갱의 색

표. 토마토 시럽함량에 따른 양갱의 색도 비교

Treatment	색도			
	L	a	b	a/b
TS-70	29.3	4.8	12.1	0.40
TS-75	28.1	4.9	12.8	0.38
TS-80	26.5	4.5	12.0	0.37
TS-85	24.8	4.1	9.0	0.45
TS-90	26.0	3.8	8.7	0.49

- 양갱의 당도가 70±1°Brix일 때까지 줄여서 제품 완성한 후 당도의 차이는 크게 없었으나 시럽 자체의 당도가 높아서 시럽의 함량이 많을수록 적정 당도까지의 줄이는 시간이 줄어들음. 토마토 시럽의 함량에 따른 양갱의 pH값은 시럽의 함량이 증가할수록 낮아지는 경향을 보였으며 유기산 함량은 증가하는 것으로 나타남.

표. 토마토 시럽의 함량 변화에 따른 소요시간, 당도, pH, 총산도 비교

Treatment	소요시간 (분)	당도 (°Brix)	pH	총산도
TS-70	58	68.7	5.73	0.07
TS-75	55	70.0	4.73	0.12
TS-80	48	69.7	4.70	0.12
TS-85	48	70.3	4.66	0.15
TS-90	39	69.7	4.65	0.19

* Control: Yanggang with 0% tomato syrup, TS-30: Yanggang with 30% tomato syrup
 TS-50: Yanggang with 50% tomato syrup, TS-70: Yanggang with 70% tomato syrup
 TS-90: Yanggang with 90% tomato syrup

- 전체 기호도에 대한 관능평가를 실시한 결과 TS-70, TS-75, TS-85의 선호도가 높음.

Overall acceptability

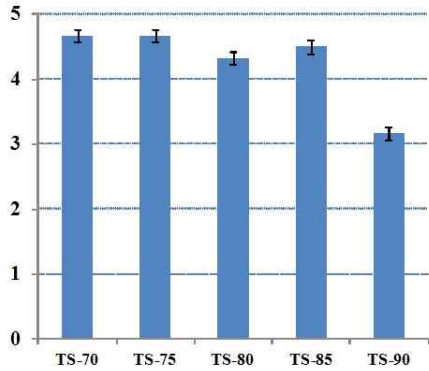


그림. 토마토 시럽 함량을 달리한 양갱의 전체 기호도

- 상위 3개 샘플인 TS-70, TS-75, TS-85의 관능평가에서 단맛과 신맛은 차이가 없었으나 육안으로 느껴지는 색에 대한 선호도는 시럽의 함량이 많아질수록 높음. 그러나 조직감에서는 시럽의 함량이 많을수록 선호도가 떨어짐. 이는 시럽 자체의 수분이 많고 당도가 높아 시럽의 함량이 높아질수록 당도 70±1°Brix에 도달하는데 까지 소요되는 시간이 줄어 양갱자체에 수분이 많기 때문으로 사료됨

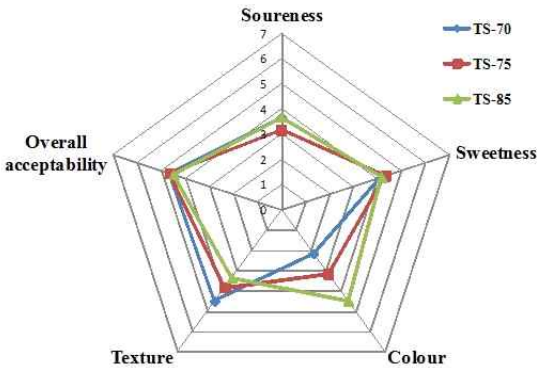


그림. 시럽함량 70%, 75%, 85%에 대한 관능평가

- 양갱 제조 시 시럽의 함량을 70%로 하여 당도가 70±1°Brix 도달 할 때까지 농축 하는 것이 가장 적절 한 방법으로 사료됨

(3) 토마토 양갱 제품 디자인 및 시제품 생산



그림. 제품이미지



그림. 선물세트 박스 디자인

제 5 절 수출관리

< 수출농가 관리 >

1. 수출종사자 애로사항 수집

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

전화응답조사, 서면조사, 현장방문조사 등을 통해 수출종사자의 애로사항을 조사하였고 그 결과를 토마토수출연구사업단 세부연구과제에 반영하여 신속하게 개선방안을 도출함.

다. 연구결과 및 고찰

1차 년도

(1) 토마토 농가의 애로사항 조사

- 조사일자: 2008. 10. 24 ~ 2009. 05. 09

- 조사건수: 30건

- 조사결과: 유가급등으로 인한 난방비 상승, 비료가격 상승 등의 경영비 문제와 겨울철 저당도 및 열과 발생 등 품질 문제가 농가의 큰 애로사항으로 조사되었으며 향후 연구방향 설정 시 참고함.

(2) 토마토 농가의 기술수요 조사

- 조사일자: 2008. 09. 26 ~ 2008. 11. 25

- 조사건수: 18건

- 조사결과: 비용절감 분야에서는 노동력 절감 기술을, 시설 및 환경 분야에서는 효율적인 난방시스템 기술을, 재배 분야에서는 고품질 다수확 기술을, 병충해 분야에서는 진균 및 해충 방제 기술을 요구하고 있어 향후 연구방향 설정 시 참고함.

(3) 토마토 농가의 컨설팅수요 조사

- 조사일자: 2009. 03. 11 ~ 2009. 03. 31

- 조사건수: 32건

- 조사결과: 농가의 컨설팅 수요 조사결과 대부분의 농가에서 재배기술의 지속적인 습득 및 기술지도의 효과 등으로 컨설턴트가 필요하다고 답변했고 월 2~3회 방문을 희망함. 컨설턴트에 대한 문제점으로 전문성 부족과 짧은 현장경험을 들었고 컨설팅 활성화를 위해서는 컨설팅 업체의 전문화, 관령법령의 제정, 컨설팅업체에 대한 금융·조세지원의 필요성이 조사됨. 조사결과를 바탕으로 사업단의 컨설팅 방향 및 방법에 참고하였고 현실적인 한계를 고려하여 월 1~2회 방문에 1~2시간 예정을 기본으로 하되, 수출기여도에 따라 차등하는 전략을 세움. 컨설팅 효과를 높이기 위해 생산자 주변의 전문가그룹을 교육시켜 효과가 극대화되도록 설정함.

(4) 수출업체의 애로사항 조사

- 조사일자: 2009. 03. 11, 2009. 05. 21

- 조사건수: 3건

- 조사결과: 우리나라 대표적인 토마토 수출업체 세 곳을 대상으로 수출 시 애로사항에 대해 조사함. 수출시 애로사항으로 잔류농약, 현지국 검역/통관, 안정적인 물량확보, 가격조건, 품질관리 순으로 뽑음. 이를 해결하기 위해 수출기여프로젝트를 설정하여 종합적이고 체계적으로 해결하도록 함.

2차 년도

(1) 토마토 농가의 기술수요 조사

- 조사일자: 2010. 01. ~ 2010. 10.
- 조사건수: 20건
- 조사결과: 설문조사 결과 농가가 원하는 컨설팅 분야는 환경관리, 생장관리, 유통 순으로 나타났고 농가가 요구하는 기술 중 시급하고 중요한 사항부터 해당 세부과제를 통해 해결하거나 낱장 리후렛을 제작·교육하여 해결함.

(2) 수출종사자 애로사항 조사

- 조사일자: 2009. 09. 23 ~ 2010. 09. 02
- 조사건수: 662건(중복 농가포함)
- 조사결과: 현장방문 또는 전화응답을 통해 조사하였고 조사내용은 비용절감, 시설개선, 환경관리, 배지 및 배양액, 고품질, 유통, 수출업체지원, 수출농가 지원(인증 및 교육)로 분류하여 통계처리함. 조사결과 농가의 주요 관심사항은 환경분야, 수출농가 지원(인증, 교육 등)이었고 환경분야 내 세부적인 관심 분야는 복합환경관리, 습도, 온도였음. 농가애로사항 중 시급하고 중요한 것부터 해당 세부과제를 통해 해결하거나 낱장 리후렛을 제작·교육하여 해결함.

3차 년도

(1) 농가애로사항 조사

- 조사일자: 2011. 01 ~ 2011. 10
- 조사건수: 175건
- 조사결과: 농장 경영 시 및 유통 시 애로사항 항목을 조사한 결과 농장경영 시 애로사항으로 인력수급 문제를, 유통 시 애로사항으로 낮은 단가를 뽑음. 조사결과를 연구, 정책제안, 현장보급 등에 반영하였고 스마트폰 소지 및 활용 조사결과는 e-book 제작에 참고함.

(2) 토마토 농가의 경영성 조사

- 조사일자: 2011. 03 ~ 2011. 10
- 조사건수: 72건
- 조사결과: 토마토 생산자의 재배방식, 품종, 면적 생산만족도 항목을 조사한 결과 생산자 절반 이상이 생산만족도가 50~70%로 낮은 편으로 나타남. 결과를 토대로 컨설팅 및 교육 방향을 잡고 추진함.

(3) 토마토 농가의 시설 조사

- 조사일자: 2011. 09 ~ 2011. 10
- 조사건수: 70건
- 조사결과: 시설형태, 면적, 측고높이, 내외피 종류 및 교체주기, 재배방식, 사용배지 항목 조

사한 결과 과반수 이상이 연동하우스 시설에서 재배하고 있으며 토양재배를 하고 있음. 면적은 1,000~2,000평이 주를 이루었고 수경재배 시 배지로 절반 이상이 저렴한 코이어를 사용함. 조사결과를 연구, 정책제안, 현장보급에 반영함.

4차 년도

(1) 토마토 농가의 애로사항 조사

- 조사일자: 2012. 01 ~ 2012. 04
- 조사건수: 144건
- 조사결과: 조사결과 시설문제, 인력수급문제, 에너지절감문제를 주요 애로사항으로 제기하였고 농가경영비로 난방비와 인건비가 가장 크게 차지하는 것으로 나타남. 애로사항을 해결을 위해 많은 농가들이 국가보조사업에 의지하고 있는 것으로 조사됨. 그리고 농가의 e-Book 활용 가능성을 파악하기 위해 농가의 스마트폰 보급률을 조사하였고 조사결과 현재농가 60%가 스마트폰을 소지하고 있으며 미소지인 가운데 63%가 향후 구입할 계획이 있는 것으로 나타남. 위 조사결과를 토대로 QFD 분석을 통해 연구에 반영하였으며 연구결과물을 현장에 보급하여 애로사항을 해결하려고 노력함. 토마토 매뉴얼 제작 시 e-Book도 함께 제작하고 농가에게 e-Book 사용 및 활용방법을 교육하였음. 그리고 공적기관에 이와 관련된 자료제공을 하고 정책제안을 하였음.

(2) 토마토 농가의 시설 조사

- 조사일자: 2012. 05 ~ 2012. 10
- 조사건수: 134건
- 조사결과: 「농가 애로사항 조사」에서 농가 경영에서 가장 큰 애로사항으로 시설문제를 제기하여 3차 년도에 이어 「농가 시설사항 조사」 실시함. 조사 농가 절반 이상 플라스틱연동온실을 사용하고 있었으며 시설면적으로 1000평 이상 2000평 미만 이 조사 농가의 51%를 차지함. 시설의 층고높이는 2~3m, 3~5m 미만, 2m 미만 순으로 고르게 나타남. 플라스틱 온실의 피복재는 절반이상이 1년 또는 2년 주기로 교체하고 있으며 내피로 비닐, 다겹보온, 부직포 순으로 사용하는 것으로 조사됨. 조사한 수경재배농가의 절반가량이 배지로 가격이 저렴한 코이어 배지를 사용하고 있는 것으로 나타남. 조사결과를 토대로 QFD 분석을 통해 연구에 반영하였으며 연구결과물을 현장에 보급하여 애로사항을 해결하려고 노력함. 공적기관에 이와 관련된 자료제공을 하고 정책제안을 함.

(3) 과학적 컨설팅 만족도 조사

- 조사일자: 2012. 09 ~ 2012. 10
- 조사건수: 50건
- 조사결과: 사업단에서 지원한 과학적 컨설팅에 대한 수혜농가의 만족도를 조사를 실시함. 조사결과 수혜농가의 89%가 만족한다고 답을 하였고 만족하는 점으로는 실시간 모니터링, 주기적인 방문컨설팅, 서면컨설팅 순으로 나타남. 환경데이터에서 중점적으로 체크하는 부분은 온도였으며 스스로 데이터를 분석할 수 있겠느냐는 질문에는 응답자 절반가량이 “할 수 없다”라고 답을 하였음. 현재 사업단에서 무료로 과학적 컨설팅을 실시하고 있는데 만약 유료화한다면 계속 과학적 컨설팅

팅을 하겠느냐는 질문에 응답자 절반정도가 긍정적인 답변을 주었고 유료화할 경우 월 3~6만원 정도 낼 의향이 있는 것으로 조사됨. 현재 컨설팅에서 불만이 점으로는 대부분 농가들이 방문횟수가 적은 점으로 뽑았고 월 2회 정도 방문을 원하는 것으로 조사됨. 조사결과를 토대로 과학적 컨설팅에 대한 사업단 운영 방향을 모색하고 차후 공적기관에 이와 관련된 자료제공을 하고 정책제안을 할 예정이다.

5차 년도

(1) 토마토 농가의 애로사항 조사

- 조사일자: 2013. 01. 20 ~ 2013. 07. 31

- 조사건수: 318건

- 조사결과: 4차년도에 이어 토마토 농가의 애로사항을 조사함. 조사결과 농가경영시 시설문제를 가장 큰 애로사항을 뽑았으며 국가보조사업으로 애로사항을 해결하고 있는 것으로 조사됨. 농가경영 시 비용발생이 가장 큰 부분이 난방비 부분으로 조사됨. 농가에서 스마트폰 사용률이 높아진 것으로 조사되어 앞으로 농가에서 이용할 수 있는 스마트폰 콘텐츠 개발이 필요한 것으로 나타남.

2. 토마토 관련 기술의 DB화를 위한 프로그램 활용

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

(1) 토마토 관련 정보의 체계적인 DB화를 위한 QFD(Quality Function Deployment, 품질기능전개도) 시스템 개발 및 활용

(가) 목적: 수요자(생산자, APC, 수출업체)의 요구사항과 개발기술과의 관계성을 매트릭스 표를 통해 파악하여 수요자의 요구에 맞는 적합 기술을 제공함으로써 원활히 문제해결을 하고자 함.

(나) 특징

- 기술수요자의 기술요구 가중치가 부여되어 있음.
- 개발기술이 세부과제별로 세분화되어 나열되어 있음.
- 시급한 개발 기술을 효과적으로 표현함.
- 데이터의 변화에 대응할 수 있는 간단한 입력 방법 제시.

(다) 작성 과정

- 1단계: 기초조사

· 대상선정

· QFD 설문지를 통한 세부과제별 보유 기술과 적용 분야에 대한 조사

A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
만영하십니까, 토마토 사업단입니다.																
향후 개발될 기술과 적용분야간의 연관도, 중요도, 시급성에 대해 조사하고자 합니다.																
조사를 통해 농가기술자문, 관련업체 예로 해결, 수출전략 수립 등에 이용될 예정입니다.																
과제 번호: 세부 4 - 4 세부과제책임자: 이윤석																
• 연관도, 중요도, 시급성의 범위는 1-5, 5가 가장 높음.																
적용분야의 중요도 ↓	개발기술의 시급성->	5	5	5	5	5	3	3	3	2	4	4	2			
	개발기술->	난방시스템개발	에너지 관리	에너지 절약	속기조절	상온온도보존/선도유지	토마토(임판, 해방, 해방)	MA포장	포장재선선택(임판, 속부)	원지상온(선선택)	선선택(방패)	이송방법	선선택(비파괴)			
	적용분야															
	5	에너지절감	3													
	5	품질 개선 or 유지		5	5	5	5	3	4	2	1	1	3	1		
	5	소비자 기호도 증가		1	3	5	5	1	2	4	5	1	1	2		
	3	등급 규격화		1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5		
2	물류 비용절감		1	1	1	1	4	3	4	1	1	1	1			

- 2단계: 기술수요분석
 - 농가적용기술에 대한 사전 분석
 - 생산자 요구 기술 조사, 수출업체대상 요구 기술 조사, 연구자 대상 개발기술과 적용분야 관련도 조사
 - 관련기술 간의 grouping, 적용분야 grouping
- 3단계: QFD form 개발
 - 적용분야와 보유기술간의 관련도를 엑셀을 이용한 화면설계를 함.
- 4단계: QFD 시스템 활용
 - 중점 연구분야 선정
 - 융복합 연구개발과제 도출

(2) 3P(paper, patent, product) mapping 활용

(가) 특허맵 작성의 목적: 항목간의 관계성을 상호간의 거리로 표현하여 항목간의 상호연관성(친밀성)을 분석함. 항목간의 위치도 알 수 있음. 이를 통해 유사연구를 그룹화하고 추세 분석을 통해 향후 융복합적 연구의 주제를 도출함.

(나) 작성 과정

- 단계 1: 관련 기술을 종축과 횡축에 기입 순서대로 입력한 표를 작성
- 단계 2: 종횡축의 항목간의 관계를 0~1 사이 값으로 입력
(상호연관성이 클수록 “0”에 가까워짐)
- 단계 3: SPSS의 데이터 입력, 데이터 설명 시트에 자료 입력
- 단계 4: 다차원척도법을 이용한 항목간의 맵 작성
- 단계 5: 다차원척도법의 스트레스값에 대한 해석
- 단계 6: 유클리디안 거리로 표시된 맵에 빈도수를 계산하여 농도를 이용하여 구분

다. 연구결과 및 고찰

(1) 토마토 관련 정보의 체계적인 DB화를 위한 QFD(Quality Function Deployment, 품질기능전개도) 시스템 개발 및 활용

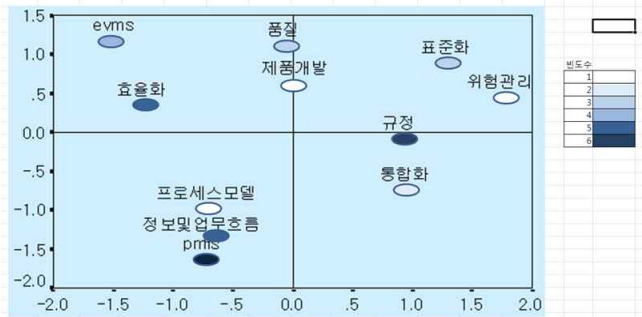
- 새로운 과제체계 및 신규기술수요를 QFD에 반영함
- 개선된 QFD 결과에 따른 융복합 연구테마를 과제책임자에게 부여함

- 세부 기술 간의 연관관계를 파악, 기술별 grouping을 통해 시너지 창출, 적용 grouping을 통해 집중적인 지원활동을 함.
- 축적된 기술의 수출중사자에 보급함.

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
		생산자	비중관리 분야	노동력	비료비	물수	시상비	에너지	에너지	시설개선 분야	구조	냉방시스템	냉방시스템	환기시스템	유동시스템	작업환경	환경관리 분야	온도
		가중																
1. 수출용 토마토	5.0	3	4	0	0	0	1	0	5	5	5	0	0	0	0	5	5	
2. 코이어 수경재배	4.2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	
3. 토마토 재배온실	3.6	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	
4. 에너지 절감을 위한 이중광기막용	4.3	3	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	5	5	1	0	0	
5. 해충전방성 바이	5.0	1	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	
6. 토마토 병해진단	4.5	0	4	4	4	0	0	0	4	4	0	0	0	0	4	4	4	
1. 수출토마토 저장 관리 기술 및 포	4.0	0	4	4	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	
2. 수출용 발효토마	4.9	1	0	0	0	4	4	4	5	1	0	0	0	5	5	5	1	
3. 작업표준화 및 동선분석 등을 이	5.0	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	
4. 완숙토마토 일본	4.1	0	0	0	0	5	5	1	0	0	0	0	5	5	5	1	4	
5. 토마토 수출현장	5.0	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0	4	4	
6. 사업단 운영 및	4.1	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	4	4	
계		5	8	8	20	29	29	9	25	5	0	0	18	23	15	18	25	
순서		32	29	29	16	4	4	28	9	32	43	43	17	15	21	17	9	

(2) 3P(paper, patent, product) mapping 활용

- 3P mapping을 활용하여 연구동향과 향후 미래 연구추세를 분석하여 연구방향에 적용함.



3. 토마토 관련 책자 제작 및 보급

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

(1) 토마토 관련 책자 제작 및 보급

다양한 토마토 매뉴얼을 제작하여 컨설팅 및 교육 시 현장에서 배포하거나 수출중사가 요구가 있을 경우 우편으로 송부함.

(2) 토마토 관련 낱장 리후렛, 팸플렛, 포스터 등 제작 및 보급

- 책자는 발간 후 수정과 보완이 난해하여 최신 정보를 제공하기 어렵기 때문에 토마토 생산자 및 유통업체의 애로사항을 중심으로 해결방안 도출 즉시 토마토에 관한 정보를 낱장 리후렛으로 제작·보급함.
- 토마토 재배농가 지침, 토마토 홍보 등을 위한 팸플릿과 포스터를 제작·배포함.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 토마토 관련 책자 제작 및 보급

연도	책자명	내용	기타
1차 년도	일본 수출용 토마토 주요 병충해 증상 및 농약안전사용 지침	토마토 주요 병충해 증상 및 일 본 수출용 농약안전사용 지침	82쪽
	종합 토마토 생산관리(ITPM)	토마토 생산관리 및 유통, 수출 관련 내용 수록	288쪽
2차 년도	2010 일본 수출용 토마토 주요 병 충해 증상 및 농약안전사용 지침	토마토 주요 병충해 증상 및 일 본 수출용 토마토 농약안전사용 지침 수록	80쪽
	2010 토마토 생산관리	토양 및 영양관리, 환경관리, 생 장관리, 재배관리 등 수록	229쪽
	2010 토마토 유통	토마토 산업, 경영, 수확후관리, 선별, 포장, 유통, 매장관리, 안 정성, GAP, 수출 등 수록	38쪽
	2010 토마토 품종	국내에서 재배되고 있는 토마토 품종 수록	99쪽
	2010 토마토 병충해와 생리장해관 리	종합병충해 관리, 영양장해 및 생리장해 정보 수록	88쪽
	2010 토마토 수경재배	수경재배특성, 설비, 배지, 배양 액, 급액관리, 재배방식 등 수록	141쪽
3차 년도	토마토 생산관리 2011	토양 및 영양관리, 환경관리, 생 장관리, 재배관리 등 수록	266쪽 / ISBN: 978-89-966084-1-7
	토마토 품종 2011	국내에서 재배되고 있는 토마토 품종 수록	120쪽 / ISBN: 978-89-966084-2-4
	2011 일본 수출용 토마토 주요 병 충해 증상 및 농약안전사용 지침	토마토 주요 병충해 증상 및 일 본 수출용 토마토 농약안전사용 지침 수록	85쪽 / ISBN: 978-89-966084-0-0
4차 년도	정복! 수경재배	설비, 배양액, 순수수경, 급액관 리, 배지, 교형배지경 등 수경재 배 관련 정보 수록	278쪽 / ISBN: 978-89-955084-5-5
	정복! 토마토 병충해와 생리장애	토마토 병해, 충해, 생리장애, 영 양장애 등 병충해와 생리장애에 관한 정보 수록	201쪽 / ISBN: 978-89-966084-4-8
	정복! 시설 및 환경관리	시설, 환경설비, 관수설비, 환경관 리 등 시설 및 환경관리에 관한 정보 수록	233쪽 / ISBN: 978-89-966084-8-6
	정복! 생산관리	식물생리, 토양, 영양, 비료, 관수, 생장, 과실 등 생산관리에 관한 정보 수록	253쪽 / ISBN: 978-89-966084-7-9
	2012 일본 수출용 토마토 주요 병 충해 증상 및 농약안전사용 지침	수출시 토마토 병충해에 적합한 농약 사용 안내	88쪽 / ISBN: 978-89-966084-6-2
5차 년도	2013 일본 수출용 토마토 주요 병 충해 증상 및 농약안전사용 지침	수출시 토마토 병충해에 적합한 농약 사용 안내	92쪽 / ISBN: 978-89-98217-01-3
	완전! 수경재배	설비, 배양액, 순수수경, 급액관 리, 배지, 교형배지경 등 수경재 배 관련 정보 수록	291쪽 / ISBN: 978-89-98217-04-4
	완전! 토마토품종	국내에서 재배되고 있는 토마토 품종 수록	150쪽 / ISBN: 978-89-98217-03-7
	완전! 토양 및 양분관리	토양관리 비료관리 관수요령 수 록	140쪽 / ISBN: 978-89-98217-07-5

완전! 작물관리	식물생리, 생장 및 재배, 과실 수록	141쪽 / ISBN: 978-89-98217-08-2
완전! 병충해와 생리장애	토마토 병해, 충해, 생리장애, 영양장애 등 병충해와 생리장애에 관한 정보 수록	255쪽 / ISBN: 978-89-98217-05-1
완전! 시설 및 환경관리	시설, 환경설비, 관수설비, 환경관리 등 시설 및 환경관리에 관한 정보 수록	215쪽 / ISBN: 978-89-98217-06-8

(2) 토마토 관련 낱장 리후렛, 팜플렛, 포스터 등 제작 및 보급

연도	책자명	내용	기타
1차 년도	낱장 리후렛	품종, 토양, 영양, 비료, 환경관리, 관수, 생장, 과실, 수경재배 등	50장
	병충해 포스터 2009	토마토 주요 병충해 사진, 증상, 관련 농약 수록	2쪽(8절)
2차 년도	낱장 리후렛	품종, 토양, 영양, 비료, 환경관리, 관수, 생장, 과실, 수경재배 등	123건
	농가 수준별 연중 환경관리 방법 비교 포스터	상, 하 농가 연중 환경 변화 비교 데이터 수록	1쪽(2절)
	병충해 포스터 2010	토마토 주요 병충해 사진, 증상, 관련 농약 수록	2쪽(8절)
3차 년도	토마토 품종 2011(e-Book)	국내에서 재배되고 있는 토마토 품종 수록	120쪽
	2011 일본 수출용 토마토 주요 병충해 증상 및 일본 수출용 토마토 농약안전사용 지침(e-Book)	토마토 주요 병충해 증상 및 일본 수출용 토마토 농약안전사용 지침 수록	85쪽
	QR Code 제작 및 보급	수출업체 기본정보 및 소속농가 현황 등 수록	부착관, 수출용 박스에 인쇄

4. 수출농가 규모화 유도 및 체계적인 지원

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

- 농가가 소규모일 경우에는 수확할 때마다 출하처의 가격에 민감해지나, 농가가 규모화가 되면 생산량이 많기 때문에 수시로 가격에 의해 출하처를 바꾸는 것이 매우 어려워지고, 또한 연간 매출액 등 경영에 대한 이해수준이 높아지기 때문에 한 번 출하처를 고정하면 자주 바꾸지 않게 된다. 따라서 농가의 규모화는 가격 경쟁력 향상 및 수출의 안정성에 매우 중요함.
- 안정적인 수출을 위해서는 수출업체와 수출농가간의 신뢰도가 중요함. 그러므로 한번 수출을 시작한 농가와 유기적인 유대관계를 형성함으로써 지속적인 거래가 이뤄질 수 있도록 함.
- 그리고 국내 가격 상승을 생각해 수출을 기피하는 경우가 있는 수출 가능성이 있는 농가를 지속적으로 지원함으로써 수출을 유도함.

(1) 과학적이고 체계적인 농가관리 실시

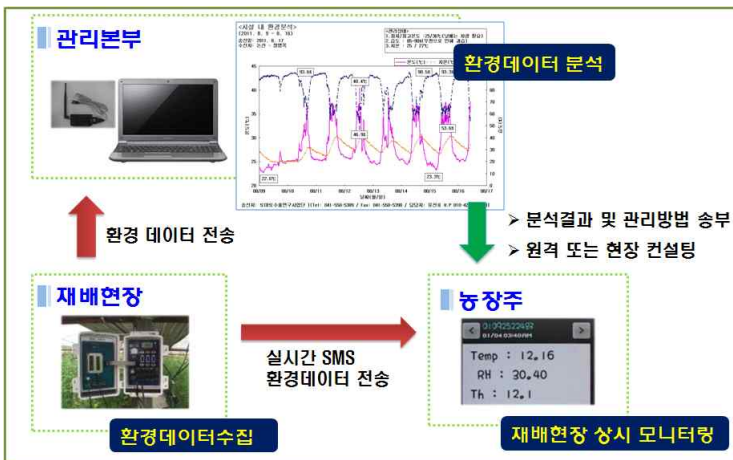
- 바이어가 요구하는 품질의 상품을 안정적으로 공급하기 위해 체계적으로 농가를 관리함.

(가) 과학적 영농을 위한 물품지원



(나) 주기적인 현장 방문 및 원격 컨설팅 실시

- 사업단 소속농가 중 수출중점 농가 또는 수출 가능성이 높은 농가에 환경계측기를 설치함. 실시간으로 환경데이터(온도, 습도, 지온, 광 등)를 농장주에게 송부하여 언제 어디서든지 재배시설을 모니터링 할 수 있도록 하였고 일주일마다 한주간의 환경데이터 분석결과를 농가에 송부하고 전화상담을 실시함. 그리고 주기적으로 현장을 방문하여 컨설팅 실시함.

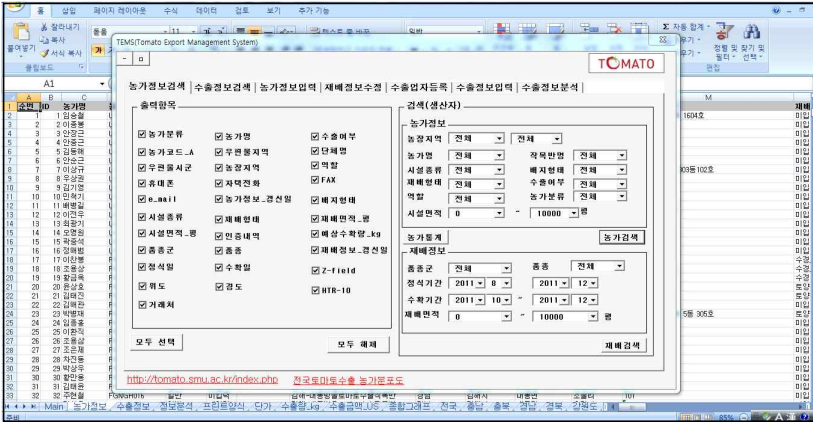


(다) 원수 및 배양액 분석을 통한 수경재배농가의 배양액 관리 지도

- 관리농가의 원수 및 배양액 분석을 실시하여 과학적이고 합리적인 재배를 유도함.

(라) 체계적 농가관리를 위한 농가정보시스템 개발 및 운영

- ① 목적: 농가기본자료, 작기별 재식정보, 컨설팅 수행정보 등을 정보시스템화 하여 대상 농가를 체계적으로 관리하고 바이어 요구에 빠르게 대처함.
- ② 특징: 농가별 코드 부여, 사용성 확대를 위해 Excel 프로그램 이용,
- ③ 구성
 - ㉠ 대상농가기본정보, 시설정보, 재배정보(재배품종, 파종일, 정식일, 방제일 등) 수록
 - ㉡ 간단한 조작으로 원하는 농가정보 출력



(2) 농가집합교육 실시

- 전국 수출단지 및 수출잠재 단지를 중심으로 수출업체 및 관련단체 등과 협력하여 집합교육을 실시하여 선진화된 농장관리 및 경영기법을 보급하고 수출의식을 고취시킴

(3) 수출중사자 니즈기술 연구 및 보급

- 현장애로조사 및 컨설팅 등으로 통해 수출중사자가 요구하는 기술을 연구하고 그 결과물을 거점농가에 보급함으로써 주변으로 확산하도록 함.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 사업단 관리농가 및 현장 방문 컨설팅

연도	농가수	현장 방문컨설팅 횟수
1차년도	24	440
2차년도	46	454
3차년도	80	440
4차년도	85	383
5차년도	105	454

(2) 농가집합교육(상명대 및 EK 무역)

연도	교육 횟수	교육내용
1차년도	15회	생산관리, 농가경영, 수출의 중요성 등
2차년도	25회	
3차년도	54회	
4차년도	56회	
5차년도	48회	

(3) 수출상담(상명대 및 EK 무역)

연도	횟수
1차년도	10
2차년도	49
3차년도	60
4차년도	90
5차년도(2013. 11)	83

(3) 소속농가와 수출업체 연계로 수출된 성과

연도	수출업체	생산농가(단체)	수출량(톤)	
1차 년도	농협무역	세도농협	24	
	지크라프트코리아	세도농협	3	
	ALP-KS	경남 김해방울토마토수출농단 14농가	20	
	ALP-KS	경남 고성시설채소수출농단	8.6	
	명인무역	경남 사천 용현	16.5	
	명인무역	무고	31.6	
	홍원물산	함안지역 3개 단체	115	
	명인무역	전북 김제지역 4농가	94	
	2차 년도	보라무역	경남 김해방울토마토수출농단 14농가	36
보라무역		충북 보은속리산작목반	201	
명인무역		경남 사천 용현	58	
명인무역		무고	6	
홍원물산		함안지역 2개 단체	60	
홍원물산		합천지역	56	
EK무역		농산방울토마토수출농단(26ha)	40	
3차 년도		보라무역	경남 김해방울토마토수출농단	202
	보라무역	충북 보은속리산작목반	178	
	보라무역	강원 횡성군 둔내농협	7.8	
	보라무역	강원 춘천시 세월교작목반	61	
	홍원물산	논산방울토마토수출작목반	102	
	홍원물산	함안 군북백이수출작목반	322	
	홍원물산	함안 늘푸른수출작목반	34	
	홍원물산	합천 청덕가람영농조합법인	49	
	홍원물산	합천 적중방울토마토작목반	115	
	홍원물산	담양대숲연합사업단	37	
	홍원물산	평창벨리완숙토마토작목반	3	
	명인무역	무고원예수출작목반	48	
	명인무역	용현명품토마토작목반	9	
	4차 년도	보라무역	경남 김해방울토마토수출농단	239
		보라무역	충북 보은속리산작목반	207
보라무역		강원 횡성군 둔내농협	62	
보라무역		강원 춘천시 세월교작목반	99	
홍원물산		논산방울토마토수출작목반	46	
홍원물산		함안 군북백이수출작목반	463	
홍원물산		화순 한울영농조합법인	240	
홍원물산		합천 적중방울토마토작목반	137	
홍원물산		담양대숲연합사업단	126	

	홍원물산	보령머드마을방울토마토수출작목반	64
	홍원물산	부여 서일농산영농조합법인	37
	홍원물산	춘천 방울토마토수출작목반	94
	홍원물산	포항 상옥슬로우시티	51
	홍원물산	평창백리완숙토마토작목반	64
5차 년도	보라무역	경남 김해방울토마토수출농단	240
	보라무역	충북 보은속리산작목반	145
	보라무역	강원 춘천시 세월교작목반	126
	홍원물산	논산방울토마토수출작목반	66
	홍원물산	함안 군북백이수출작목반	404
	홍원물산	화순 한울영농조합법인	157
	홍원물산	합천 적중방울토마토작목반	162
	홍원물산	담양대숲연합사업단	46
	홍원물산	보령머드마을방울토마토수출작목반	69
	홍원물산	서천 서일농산영농조합법인	95
	홍원물산	춘천 방울토마토수출작목반	96
	홍원물산	포항 상옥슬로우시티	108
	홍원물산	평창백리완숙토마토작목반	13

(4) 신규수출농가 발굴

년도	농가명	지역	면적(평)	년도	농가명	지역	면적(평)
2010 (2차년도)	배**	강원도 춘천	2,000	2012 (4차년도)	정**	전남 담양	2,344
	김**	강원도 춘천	1,000		고**	전남 담양	2,905
	손**	강원도 춘천	1,000		김**	전남 화순	2,805
	최**	강원도 춘천	1,500		윤**	전남 화순	2,505
	정**	경남 거창	3,000		김**	부산 강서	3,600
	양**	충남 논산	800		강**	충남 부여	4,500
	김**	충남 논산	1,400		천*I*	충남 부여	2,200
	임**	충남 논산	1,400		박**	충남 부여	2,700
	윤**	충남 논산	1,400		이**	충남 부여	2,100
	조**	충남 논산	700		이**	충남 보령	1,800
	이**	충남 논산	1,400		채**	충남 보령	900
	염**	충남 논산	1,600		조**	충남 보령	900
	이**	충남 논산	2,400		최**	충남 보령	1,200
	대숲**	전남 담양	66,800		조**	강원도 고성	2,600
합계			86,400	강**	강원도 고성	2,600	
2011 (3차년도)	문**	경남 가락	5,000	이**	충남 서천	1,700	
	김**	충남 논산	1,000	신**	강원 춘천	1,603	
	이**	충남 논산	1,200	하**	강원 춘천	2,003	
	박**	충남 논산	1,600	박**	강원 춘천	5,009	
	양**	충남 논산	1,600	전**	강원 춘천	2,003	
	홍**	강원도 횡성	3,000	김**	강원 춘천	1,603	
	김**	강원도 횡성	700	김**	강원 춘천	2,503	
	하**	강원도 횡성	700	고**	전남 화순	2,085	
	김**	강원도 횡성	700	배**	전남 화순	4,258	
	전**	강원도 횡성	700	배**	전남 화순	2,204	
	정**	강원도 횡성	700	최**	전남 화순	2,004	
	김**	강원도 횡성	700	김**	전남 화순	2,404	

	심**	강원도 횡성	700		손**	경북 포항	1,202	
	이**	강원도 횡성	700		박**	경북 포항	1,302	
	심**	강원도 춘천	3,600		손**	경북 포항	1,402	
	김**	강원도 춘천	3,300		강**	경북 포항	1,432	
	황**	강원도 춘천	3,500		홍**	강원 평창	1,002	
	조**	경남 함양	2,500		임**	강원 평창	1,503	
	정**	경남 함양	2,200		하**	강원도 춘천	900	
	조**	경북 김천	2,600		강**	강원도 춘천	600	
합계			36,700					
2012 (4차년도)	이**	경남 함안	2,505	합계	심**	강원도 춘천	700	
	안**	경남 합천	1,202		전**	강원도 춘천	700	
	허**	경남 합천	1,202		홍**	강원도 춘천	700	
	황**	경남 합천	1,202		김**	강원도 춘천	1,000	
	손**	경남 합천	1,302		이**	강원도 춘천	1,000	
	윤**	경남 합천	1,503					95,612
	공**	경남 합천	2,905		2013 (5차년도)	김**	경남 사천	1,600
	정**	전남 담양	2,705			신**	강원 춘천	1,000
윤 *	전남 담양	2,605	합계				4,100	
				김**	경북 경주	1,500		

5. 수출중사자 니즈기술 연구 및 현장보급

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법 및 결과

(1) 토마토 육묘 시 공간처리 및 배지부피가 묘소질 및 과실의 수량 품질에 미치는 영향

- 공간과 배지의 부피가 토마토 육묘시 묘의 광합성에 미치는 영향: 40S-OK 처리에서 광합성 활력이 가장 우수함.
- 초기 수확량: 공간처리와 배지부피처리 모두 영향이 있음. 40S-OK > 40S-NO > 50S-OK > 50S-NO 순으로 공간처리보다 배지부피의 영향이 큼.
- 육묘기의 적절한 공간확보와 배지부피는 고품질의 묘생산과 초기 수확량 증대에 효과적이며, 초기 수확속도를 촉진할 수 있음.

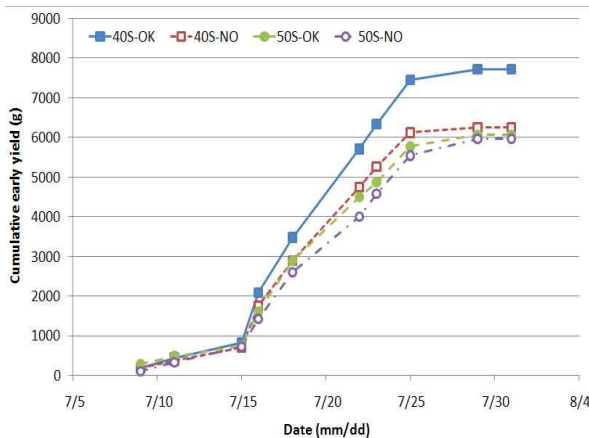


그림. 육묘기간동안 공간처리와 배지부피 처리한 방울토마토의 초기 누적생산량.

(2) 토마토 접목시 활착과 순화에 효과적인 광 처리 방법 구명

- 활착율: 2일간 암 처리 후 순화실로 옮기는 방법(Day-2)이 가장 우수, 접목부분만 암 처리하는 방법(Part)도 높은 활착율을 나타냄.
- 묘소질과 초기 수확량: 육묘시 광처리에 따른 차이 발생. 접목부분만 암 처리한 처리(Part)에서 수량이 가장 많았음.
- 접목부분만 암 처리한 처리(Part)에서 묘소질이 우수하고 초기 수확량이 가장 많아서 타 처리에 비해 시간과 노동력이 소요되어도 경제적으로 유리함.

표. 토마토 접목묘 생산시 몇 가지 광처리에 따른 초기 수확량과 품질

처리 ^z	1화방 수확량 (g/plant)	1화방 과실중량 (g/fruit)	2화방 수확량 (g/plant)	2화방 과실중량 (g/fruit)	당도 (°Brix)
Non	536±26.3c ^y	16.4±2.2	482±14.1c	17.6±1.0	5.2±0.5
Part	719±21.9a	17.0±1.5	635±10.1a	17.8±0.8	5.4±0.2
Day-2	647±15.8b	17.6±2.2	564±16.6b	17.2±1.7	5.3±0.1
Day-4	548±30.1c	16.8±2.3	565±10.9b	18.0±1.8	5.2±0.1

^z Non is not treated. Part is wrapped in aluminum foil. Day-2 and Day-4 are placed in the dark room for 2 and 4 days.

Each value is the mean of 5 plants.

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

표. 토마토 접목묘 생산시 몇 가지 광처리에 따른 경제성 분석

처리 ^z	처리 소요시간 (sec/plant)	(1) 처리 소요비용 (won)	활착율 (%)	(2) 유묘 손실비용 (won)	초기 수확량 (kg/plant)	(3) 초기 수확량에 의한 소득(won)	총 수익 ^y (won)
Non	0	0	73	3,120,000	1.0	52,500,000	49,380,000
Part	20	700,000	88	1,390,000	1.4	73,500,000	71,410,000
Day-2	0	0	91	1,040,000	1.2	63,000,000	61,960,000
Day-4	0	0	80	2,310,000	1.1	57,750,000	55,440,000

^z Non is not treated. Part is wrapped in aluminum foil. Day-2 and Day-4 are placed in the dark room for 2 and 4 days.

^y Total profit is (3)-(2)-(1)

Each value is for the area of 1ha with 21,000 plants.

(3) 토마토 접목묘 생산시 접수연령이 활착율과 초기 수확량에 미치는 영향

- 활착율과 묘소질: 활착율은 처리간 통계적 유의성은 없었으나 LF-3 처리에서 가장 높았고, 묘소질은 전체 조사항목에서 LF-3처리가 가장 우수하였음.
- 초기수확량(1, 2화방): LF-2 처리의 수확량이 가장 많음. LF-3, LF-4 처리간 차이 없음.
- 접수의 연령이 어린 접목묘의 사용은 초기수확량이 많아 농가에는 이익이나, 낮은 활착율로 육묘장에는 손해가 발생함. 육묘장의 손실을 적정 묘가격 책정으로 농가에서 보존해 주어야 함.

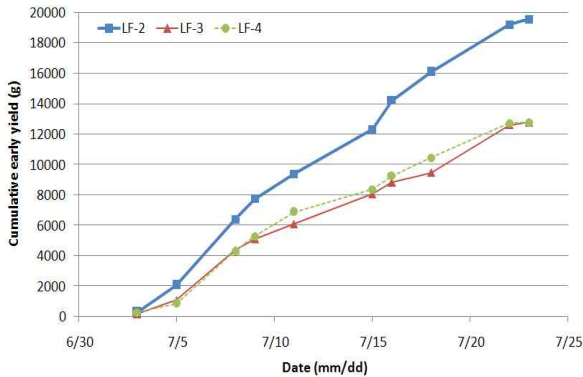


그림. 방울토마토의 접수연령 처리별 초기 누적 생산량.

표. 접수연령 처리에 따른 경제성 분석

Treatment ^z	활착율 (%)	(1) 유묘 손실비용 (won)	초기수확량 (kg/pl)	(2) 초기 수확량에 의한 소득(won)	총 이익 ^y (won)
LF-2	83.6±2.3	2,411,000	1.9	99,750,000	97,339,000
LF-3	89.4±1.9	1,558,000	1.3	68,250,000	66,692,000
LF-4	86.7±2.1	1,955,000	1.3	68,250,000	66,295,000

^z The seedlings in the treatment of LF-2, 3, and 4 were grafted at the leaves number of 1-2, 2-3, or 3-4.

^y Total profit is (2)-(1)

Each value is for the area of 1ha with 21,000 plants.

(4) 토마토 초세조절 방법을 통한 생산성 향상 연구

- 초세조절로 시기에 따라 영양생장과 생식생장을 균형 있게 조절하여 고품질의 상품생산과

수확량 증대의 효과를 얻음.

(5) 토마토 이슬점 관리 방법을 통한 생산성 향상 연구

- 일출 2시간 전에 조조가운을 하고, 시설을 순차적으로 개폐하여 피복재의 결로를 방지함.
- 피복재의 결로를 방지함으로써, 작물의 생육이 좋아지고 열과율이 낮아짐.

(6) 토마토 코이어 자루재배 시 적정 급액마감시각 연구 및 현장보급

- 배액전극제어법을 급액방법으로 사용하였을 때, 다양한 일일 적산일사량에서 식물체의 요구에 능동적으로 급액횟수가 변화하며 배지 내 수분함량이 안정적으로 유지됨.
- 일몰 2시간 전 급액마감 처리가 상품과량, 용수이용효율(WUE), 비료이용효율(FUE)에서 가장 우수함

표. 급액마감시각 처리에 따른 용수이용효율과 비료이용효율

Treatmentz	Water (L/plant)	Fertilizer (g/plant)	Marketable yield(kg/plant)	WUE (L/kg)	FUE (g/kg)
SS-1	66.4	38.1	2.99b	22.2by	12.7b
SS-2	65.4	37.5	3.03a	21.6c	12.4c
SS-3	64.2	36.9	2.91c	22.1b	12.7b
SS-4	65.2	37.4	2.83d	23.0a	13.2a

zSS-1~SS-4: 일몰 1~4시간 전 급액마감 처리

yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

(7) 토마토 엽위별 광합성 특성 연구 및 보급

- 토마토의 일중 광합성 속도는 일출 후 1시간 동안 급격히 증가한 후, 일몰 2시간 전까지 일정하게 유지되는 양상을 보였으며 토마토 재배 시 급액의 시작과 마감시각을 결정하는데 이용이 가능할 것으로 사료됨. 급액개시시각은 배지함수량을 고려하되 일출 시간 후를 기준으로 하고, 급액종료시각은 배지함수량을 고려하되 일몰 2시간 전을 기준으로 하여 작물의 활력을 고려하는 것을 표준으로 제시함.

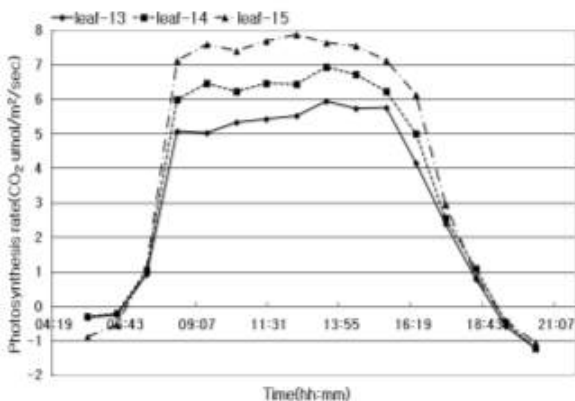


그림. 토마토 13, 14, 15번 잎의 일중 광합성 속도 변화. 광도: $1000\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$, CO_2 농도: 400ppm

- 토마토의 엽위에 관계없이 꽃이 만개하는 시기를 정점으로 개화화방 하부의 잎은 광합성 속도가 지속적으로 감소하는 경향을 보임. 만개 이후에는 해당 화방 이하의 잎의 활력이 감소하고 생육단계가 노화단계로 이동하기 때문에 광합성 속도가 감소하는 것으로 판단됨.

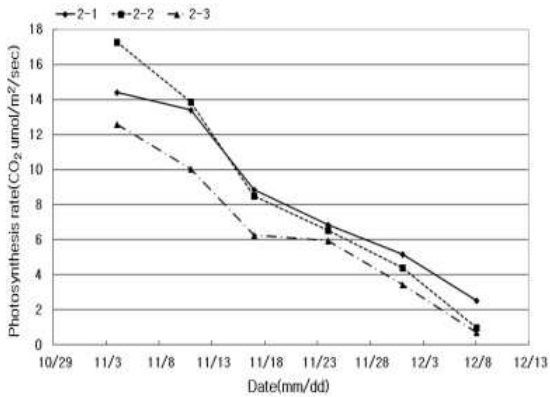


그림. 2화방 하부엽의 광합성 속도 변화. 광도: 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$, CO₂ 농도: 400ppm

- 토마토의 개화속도와 광합성 속도는 서로 밀접한 관련이 있는 것으로 사료됨.
- 생육단계(엽령)의 차이에 의해 각 화방별 광합성 속도는 차이가 있으나, 광합성 속도로 작물의 활력을 판단하려 할 때는 개화하고 있는 화방의 하부엽을 조사하는 것이 매우 효과적일 것으로 판단됨.
- 화방의 만개 7주 후에 적엽하는 것을 기준으로 하되, 계절별로 조절하는 것을 권장함. 즉, 겨울에는 기준보다 일찍 적엽하고, 여름에는 조금 늦게 적엽하는 것을 권장함.

(8) 고온기 토마토 재배시 적정 측지관리방법 구명

- 토마토의 생육초기 영양과잉으로 인한 이상경 발생문제 해결방법으로는 3화방 이전의 측지를 키우는 것이 효과적임.
- 주지와 측지의 잎들간의 광합성 속도차이는 없었으며, 처리에 의한 엽면적의 차이는 수확량에 영향을 주었음.
- 수확량은 생육초기(3화방 이전)에는 측지를 모두 제거한 처리가 많았으나, 그 후에는 모든 측지의 본엽 2매를 남긴 처리가 많았음. 따라서 고온기 적정 측지관리방법(5단 이상 재배시)으로는 모든 측지의 잎을 2매씩 남기는 것이 작물의 생육과 수확량에 유리함.

표. 여러 가지 측지처리에 따른 이상경 발생을 조사

처리 ^z	All-remove		Part-AS		All-AS	
	이상경 발생율 (%)	광합성속도 (umol/m ² /sec)	이상경 발생율(%)	광합성속도 (umol/m ² /sec)	이상경 발생율(%)	광합성속도 (umol/m ² /sec)
1 반복구	87.5	15.5	62.5	14.9	8.3	14.8
2 반복구	95.8	16.0	45.8	14.1	4.2	14.2
3 반복구	91.7	16.6	54.2	13.3	4.2	13.6
Average	91.7a ^y	16.0	54.2b	14.1	5.6c	14.2
Standard deviation	4.2	1.1	8.3	1.6	2.4	1.2

^z In All-remove is to removed all additional stems, Part-AS is to remain two leaves on the additional stem right below any cluster, All-AS is to remain two leaves on all additional stems.

Each incidence of cleft stem survey value is the mean of 24 plants.

Each photosynthetic rate value is the mean of 5 plants.

Chamber: 2*3 LED, Light intensity: 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$, CO₂ concentration: 400ppm, Flow rate: 500m/s

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

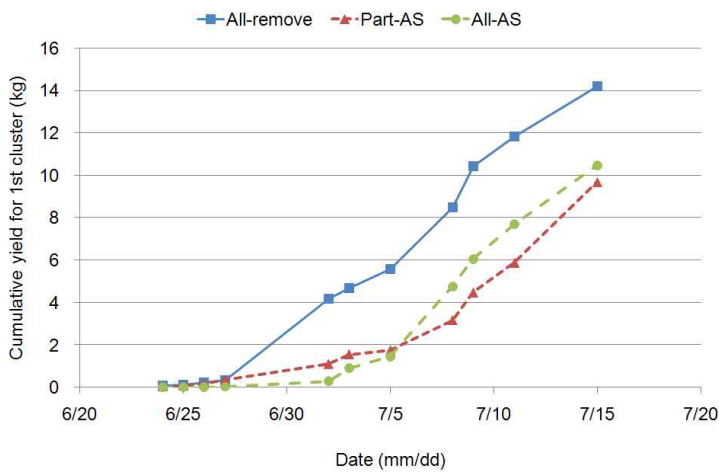


그림. 여러 가지 측지처리에 따른 1화 방 누적 수확량.

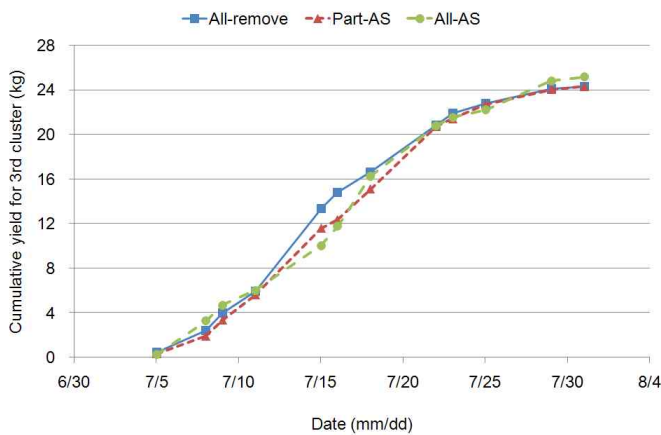


그림. 여러 가지 측지처리에 따른 3화 방 누적 수확량.

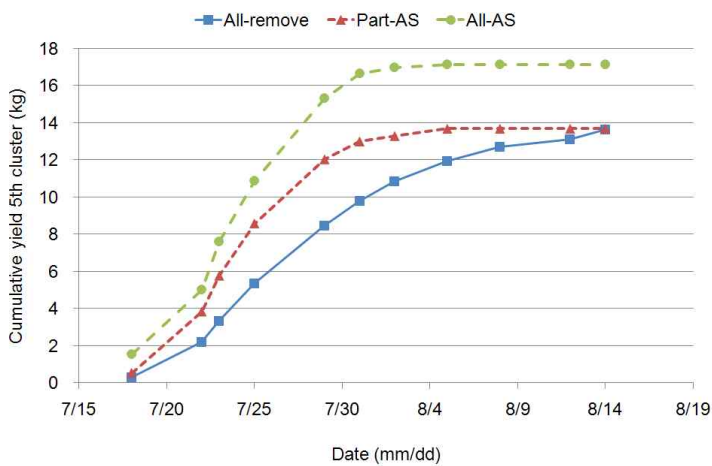


그림. 여러 가지 측지처리에 따른 5화 방 누적 수확량.

(9) 이류체 분무시스템 연구 및 현장보급

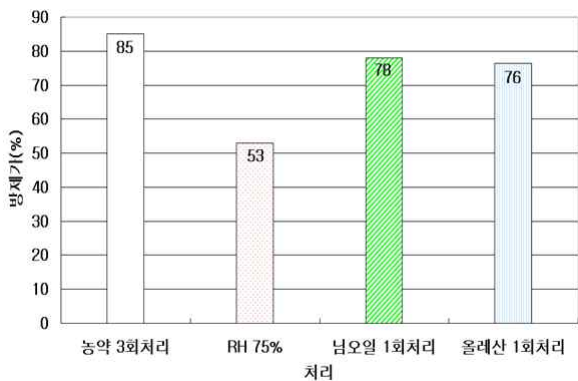
(가) 하절기 생산량 증대를 위한 이류체 분무시스템 연구

- 온습도 조절 효과가 있는 이류체 분무시스템을 고온기에 시설내 설치하여 그 효과를 검증한 후 현장에 보급함.
- 고온기 시설내 온습도 조절로 착과율이 높아져 생산성이 증대하였고, 작업자의 환경 또한 개선됨.

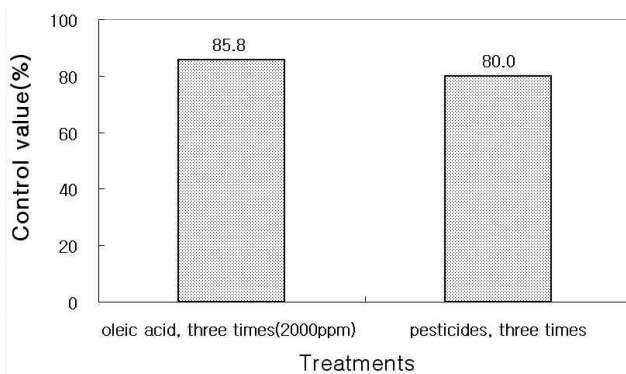
	에어포그 미사용	에어포그 사용	증감
생산량(톤/10a)	2.65	2.94	11% 증가
생산액(백만원/10a)	6.26	7.46	19% 증기

(나) 이류체 분무시스템을 이용한 친환경적 가루이 방제 연구 및 보급

- 고온기 시설내 온습도 조절용으로 이류체 분무시스템을 사용하던 중 고온기 총해인 가루이가 감소하는 것에서 착안 방제실험을 실시함.
- 물, 천연물질(넙오일, 올레산)을 이용하여 방제 효과를 얻었으며, 이 정보를 보급함
- 물만 분무하여 온습도를 조절하였을 경우 약 53%의 방제가를 보였고, 천연물질(넙오일, 올레산)을 1회 분무하였을 경우 시중에 판매하는 약제 3회 살포 시와 비슷한 효과를 보임.



- 가루이 방제효과 및 경제성에서 매우 효과적인 올레산을 이용하여 가루이를 방제할 때, 적절한 올레산의 농도와 처리횟수는 연구결과 2000ppm으로 3회 처리였고 화학적 방제를 대체할 수 있는 친환경적 방제법임을 증명함.



(다) 차광제와 이류체 포그시스템을 이용한 고온기 시설내 환경관리

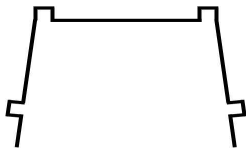
- 이류체 포그시스템과 차광제 복합처리에서 작물의 생육, 광합성 속도, 수확량, 수확속도가 가장 우수함.
- 단동 비닐하우스에서 고온기 시설재배시에는 차광제와 이류체 포그시스템을 함께 이용하면 작물재배에 적절한 시설내 온습도 환경을 제공할 수 있음.

항목	처리 대조구	차광제 처리구	이류체 포그시스템 처리구	차광제+이류체 포그시스템 복합 처리구
생육 및 수확량	X	△	○	◎
광합성 속도 (CO ₂ umol/m ² /sec)	X	△	○	◎
시설내 광도 (umol/m ² /sec)	0	-(100~300)	0	-(100~300)
시설내 열량(J/sec)	0	-(200~300)	-(50~100)	-(200~350)
시설내 온도(℃)	0	-(2~3)	-(2~3)	-(3~7)
작물 엽온(℃)	0	-(2~4)	-(3~5)	-(5~7)
시설내 습도(%)	0	0~5	10~15	10~20

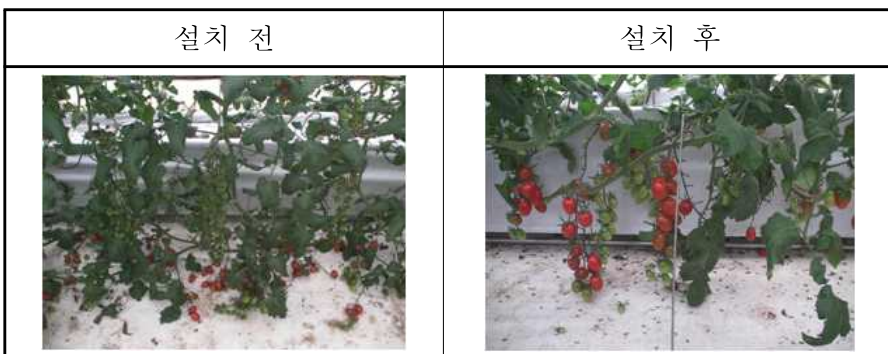
(10) 고품질 토마토 생산을 위한 줄기 지지대 연구 및 보급

- 수확작업의 수월성 확보와 상처과 방지를 위해 지지대를 연구·개발함.

- 줄기지지대 형태는 아래 그림과 같고 농가별 베드크기에 따라 줄기지지대의 높이와 폭 길이를 변경함.



- 줄기 지지대는 정식 시 베드 좌우 양측 바닥에 지지대 하단의 돌출 부분까지 고정하여 설치함.
- 줄기 지지대를 중점농가에 보급하여 실증을 통합.
- 과실이 바닥에 닿는 것을 방지하여 상품과율을 높임.
- 색, 경도, 당도 상승으로 상품의 품질이 높아짐.



- 수확속도를 향상시켜 생산비용을 절감함.

작업시간	설치 전	설치 후	비교분석
10주당	241	230	11초 절감 작업시간 6% 향상
1회 수확 시 (1,000평 기준)	6.36	7.46	7.2시간 단축 36,000원 절감

* 연 64회 수확, 설치비 144만원

(11) 생산비 및 노동시간 절감을 위한 에어교반기 개발 및 현장보급

(가) 비료용해방법

- 처리별 비료 용해 소요시간은 스프레이 방법(Spray), 공기방울 방법(Airflow), 물의 흐름을 이용하는 방법(Submerged), 프로펠러 방법(Propeller) 순으로 짧았음.
- 스프레이 방법(Spray)은 침전물 발생 시 대안이 없으며, 설치가 난해하여 적용이 어려웠음. 비료용해 시간이 짧고, 노동력을 절감할 수 있으며 양액제조 과정을 자동화하기에 용이할 것으로 사료되는 Airflow 처리를 선택함.

표. Elapsed time to dissolve the fertilizer

Treatmentz	Elapsed time (sec)
Spray	140ay
Propeller	190d
Submerged	170c
Airflow	150b

z Spray: Using spray by water pump with net, Propeller: Using propeller, Submerged: Using water pump, Airflow: Using air compressor with air pipe arms.

y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

(나) Airflow 장치 개선실험

- 첫 번째 실험에서 선발된 Airflow 처리에서 사용된 십자형태(Arm-4)의 공기방울을 생성하는 관을 더 많은 공기방울을 생성할 수 있는 형태로 개선하여 비료용해에 소요되는 시간을 조사하여 효과를 검증하였음.
- Arm-4 장치 보다 Arm-6 장치와 Arm-8 장치에서 시간이 매우 짧게 소요되었으며, Arm-6 장치와 Arm-8 장치에서는 처리 간 차이가 없었으므로 Arm-6 장치를 선택함.

표. Elapsed time to dissolve the fertilizer

Treatmentz	Elapsed time (sec)
Arm-4	150by
Arm-6	95a
Arm-8	95a

z Arm 4, 6 and 8: Using air compressor with pipe arms of 4, 6 and 8 unit

y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

(다) Airflow 방법 사용 시 절감비용 조사

- 관행의 수중펌프를 이용할 경우와 Arm-6 장치를 이용할 경우 비료용해에 소요되는 시간 차이와 경제성을 비교하였을 때, Arm-6 장치는 수중펌프보다 시간은 1/8배, 비용은 약 6800원/회 절약되었음.
- 수중펌프를 사용할 때 우려되는 전기안전사고를 원천적으로 방지할 수 있어 작업안전성을 확보할 수 있음.

표 Elapsed time to dissolve the fertilizers containing KNO_3 , $Ca(NO_3)_2$, Fe-EDTA and economic analysis of treatments. >

Treatmentz	Elapsed time(sec)	Cost(won/ton)
Submerged	12,000ay	7,784a
Airflow	1,500b	973b

z Submerged: Using submergible water pump, Airflow: Using air compressor with submerged air pipe arms.

y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

- 비료의 용해를 확인하기 위해 EC를 조사한 결과, EC의 증가가 계단식으로 증가하는 양상이 확인됨.
- 이에 대한 이유를 구명하기 위해 야마자키 100배 농축배양액 A에 들어가는 비료(KNO_3 2022g/100L, $Ca(NO_3)_2$ 3540g/100L, Fe-EDTA 340g/100L)를 각각 용해하여 시간을 측정 한 결과, 비료종류에 따른 용해속도 차이가 원인을 구명함.

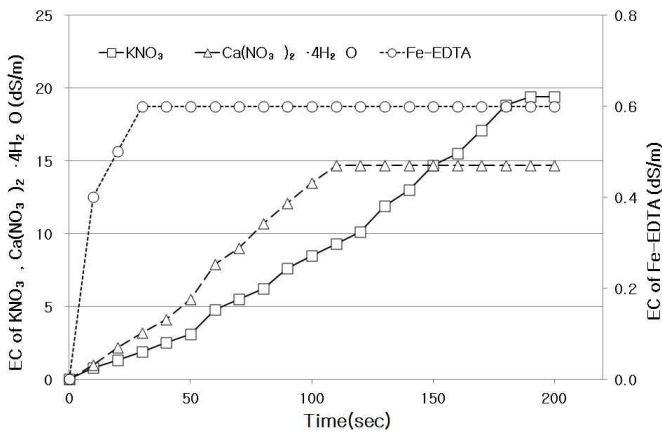


그림. Changes in EC when dissolving 100 times concentrated nutrient solution containing KNO_3 , $Ca(NO_3)_2$ or Fe-EDTA by the treatment using air compressor with 6 unit pipe arms. >

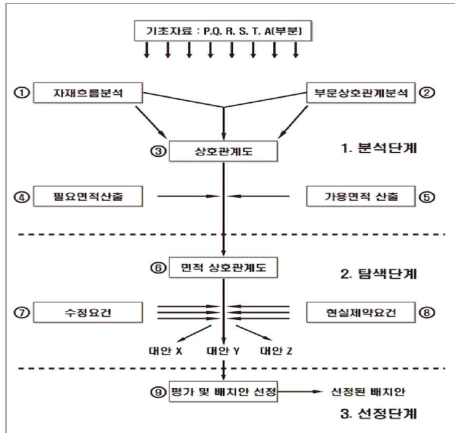
(12) 생산비 절감을 위한 배액전극제어법 연구 및 현장보급

- 기존의 타이머법, 일사량 제어법 등의 방법에 비해 용수량과 비료의 절감 효과가 있는 배액전극제어법을 현장에 보급함.
- 논산지역 4농가에 보급하였고 용수량, 비료량 및 급액관리 노동력 절감의 효과를 얻었음.
 - 용수량 약 3.6천톤, 비료량 약 2,050kg이 절감됨 (1.53ha, 4농가 기준).
 - 기존의 타이머법 등의 방법에 비해 급액관리 노동력 50% 절감

(13) 선별장내 시설물 레이아웃개선

(가) 체계적인 배치계획을 이용한 효율적인 선별장 레이아웃 설계

- 효율적인 시설물의 위치 설정을 위해 기존의 체계적인 배치계획(Systemic Layout Planning : SLP)의 개념을 도입함.
- SLP의 개념은 기초자료인 제품의 반입량, 운반거리, 운반비용과 같은 정량적인 자료뿐만 아니라 시설물간의 상호관계성 등을 고려하여 최적의 설비배치를 제안함.
- 아래 그림은 체계적인 배치계획을 수립하기 위한 과정을 보여줌.



(나) 조사 내용

- 조사 장소: 경남 함안군 군북면 유현리 1341 흥원농산 선별장
- 선별장 전체 면적: 가로 75m, 세로 15m
- 조사 기준 물량: 20kg x 240 컨테이너
- 1일 선별 물량: 4.8톤 선별 및 박싱
- 선별기 능력: 1시간당 48 컨테이너 처리, 4.8톤 5시간 선별기 운영
- 박스제작 능력: 1시간당 120개 제작(1인 기준)
- 작업자 현황: 지게차 운전자 1명. 선별기 선별 4명, 박스제작 1명, 박스 밴딩 1명, 포장 2명
- 출하 박스 수: 3kg x 1500 박스

표. 선별장내 토마토의 하역에서 출하까지의 흐름(4.8톤 기준)

(단위: m, 파레트)

이동순번	시점	중점	이동거리	이동횟수	이동도구
1	하역장	저장창고	15.5	10	지게차
2	저장창고	선별기 앞	3.6	10	지게차
3	선별기 앞	낙하위치	12.3	-	선별기
4	낙하위치	박스 밴딩	8.5	-	컨베어 벨트
5	박스 밴딩	출하장	13.8	10	지게차

(다) 레이아웃 개선을 위한 프로그램 개발

- 프로그램의 특징
 - MS Excel를 이용하여 사용성을 높임.
 - 선별장 비율에 맞게 축소하여 비주얼하게 제작.
 - 데이터 입력치 변경(반입량, 동선 거리, 설비 위치)에 따른 시뮬레이션이 가능하도록 제작
 - 프로그램 화면상에서 직접 조작하게 함으로써 사용이 용이함.
- 개발 프로그램의 주요 기능
 - 설비 위치 변경에 따른 동선의 길이를 프로그램에 의해 계산할 수 있음.
 - 반입량과 작업방법 변경에 따른 총 거리 계산이 가능함.

표. 미숙련자의 단계별 작업 동작

순번	동작	영상	순번	동작	영상
1	두 손이 각각 집게와 줄기를 잡는다.		2	집게를 풀어서 들어올리고, 줄기를 손으로 들어올린다.	
3	집게를 줄기 쪽으로 가져온다.		4	줄기의 목표 지점으로 집게를 옮긴다.	
5	목표 지점에 집게를 물린다.		6	집게와 줄기를 놓는다.	
7	한 손으로 줄기를 정리한다.		8	정리 및 확인 후에 두 손을 놓는다.	

표. 숙련자의 단계별 작업 동작

순번	동작	영상	순번	동작	영상
1	두 손으로 각각 집게와 끈을 잡는다.		2	끈과 함께 줄기를 잡고 집게를 푼다.	
3	줄기의 목표지점으로 집게를 옮긴다.		4	목표지점에 집게를 물린다..	
5	줄기와 집게에서 두 손을 놓는다.		6	잘 되었는지 확인한다.	

(다) 숙련자와 미숙련자의 동작 분석

- 미숙련자의 경우

- 기존 장소의 집게와 줄기를 두 손으로 먼저 잡음.
- 집게를 뺏고 새로운 지점을 한 손으로 잡고 다른 손으로 고정함.

- 집계를 목표지점으로 가져오는 과정에서 위치를 정확하게 잡지 않아 작업시간이 지연됨.
- 동작분석을 통해 미숙자의 작업 동작이 8단계로 구분할 수 있었음.
- 미숙련자의 경우 유인선 작업이 평균 8.3초 소요됨.
- 숙련자의 경우
 - 시작지점에서 집계를 설치할 장소를 한 손으로 먼저 잡음.
 - 다른 손으로 기존 장소의 집계를 끈에서 빼내어 새로운 지점에 줄기와 함께 고정함.
 - 끈을 줄기와 고정하고 불필요한 움직임이 발생하지 않음.
 - 동작분석을 통해 미숙자의 작업 동작이 6단계로 구분할 수 있었음.
 - 숙련자의 경우 유인선 작업이 평균 6.2초 소요됨.

(라) 결과

- 숙련자와 미숙련자 작업시간 차이 2.1초, 300평 기준, 2,000주 작업 시 4,200초(70분) 차이
- 표준 유인선 작업 방법을 제시하고 리후렛과 작업절차서 제작 후 보급 예정임.

(15) 농작업의 표준화를 위한 작업절차서 농가 보급

(가) 조사 장소: 충남지역 부여, 논산 지역 농가

(나) 개선 방법

- 작업 절차서를 온실 입구에 비치하거나 필요한 작업자에게 소지시켜 작업 시 활용하도록 함
- 토마토 유인 작업 절차서와 토마토 측지 제거 절차서를 개발하여 보급함
- 미숙련자에게 표준 작업 절차를 설명하고 수시로 열람할 수 있도록 비치함

(다) 기대 효과

- 표준화된 작업으로 오작업 감소
- 효율적인 동작으로 작업시간의 감소
- 경제적 동작분석을 통한 절차서 제작으로 생산성 향상
- 단위작업에 대한 표준시간 측정으로 작업 시간에 대한 예측 가능
- 농작업 자동화의 기본적인 요소인 작업분석 자료로 활용 가능함
- 일일 작업 부하 계산으로 개인별 적정 작업량 할당에 가능해 짐

(라) 연구결과

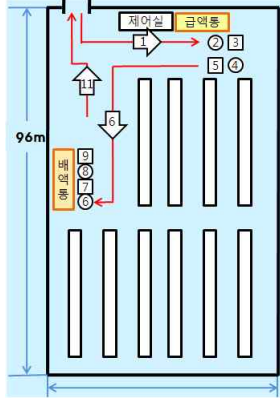
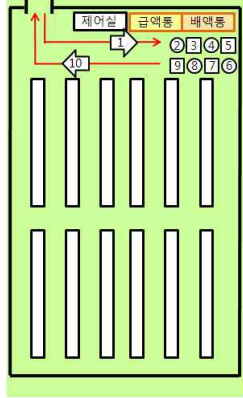


그림. 유인 작업 절차서, 측지 제거 작업 절차서

- 개발된 절차서를 5개 사업장에 보급함
- 현재 설치 장소에 따라 다양하게 사용하고 있음

(16) 생산현장의 설비 구조 개선 연구 및 현장보급

- 생산현장에 있는 설비의 잘못된 layout을 공학적 방법을 통해 개선함.
- 작업개선 후 소요거리는 102m, 소요시간은 64초 절감되었고 작업의 편리성이 향상됨.

	개선 전	개선 후
Layout		
소요거리	134 m	32m
소요시간	126 초	62 초

(17) 온실 및 선별장내 표준화된 작업방법 지도 및 지속적인 레이아웃개선 설계

(가) 연구방법

- 온실내 농작업의 동작분석 및 개선: 농작업의 동작분석을 위해 MTM법(method time measurement: 방법시간측정)과 PTS(predetermined time standards:기정시간표준법)을 이용함. 이를 통해 유인선 작업, 열매따기 작업, 선별 작업 등의 효율적인 표준화된 작업방법을 제시함
- 농작업 개선 기구보급을 통한 경비절감: 수확작업은 온실내 작업 가운데 인건비 비율이 높은 작업 중에 하나임. 수확작업의 수월성을 확보하기 위한 도구 개발, 수확물 이동을 용이하게 하는 방법개발, 수확 후 선별 작업의 간편화 방법 등을 제안하고 적용함.
- 본 연구를 위하여 컴퓨터 프로그램을 이용하여 선별장내 시설물의 재배치를 실시함. 입력 변수 값으로 해당 시설물의 작업 면적, 시설물의 면적, 운송기기 최소 작업 반경, 시설물 위치 등이 있음. 그림은 향후 개발할 입출력 화면을 보여주고 있음.
- 본 연구를 통해 선별장 및 온실의 효율적인 동선을 제안하고 아래 그림과 같이 해당 작업장의 운영자에게 결과물을 제시함.

(나) 표준화된 작업방법 제안

- 표준화된 작업 수행을 위한 작업절차서 게시, 작업 현황을 시각적으로 쉽게 알 수 있도록 작업라인 상에 작업자별 위치 설정 등의 기능이 탑재된 현황판 제작 및 보급 중
- 작업명, 작업자, 작업구간, 작업시작 시간 등의 현황 표시가 가능토록 설계함. 이를 통해 소규모 농장의 관리 수월성을 확보함.



그림. 작업현황판

(다) 지속적인 레이아웃 프로그램의 개선

- 개발프로그램은 구간(시설물별) 작업구간이 그래픽으로 나타나도록 설계함
- 레이아웃 개선을 위한 실 활동 누적량 계산 프로그램 반영하였음. 구간별 작업시간, 작업별 작업시간이 계산되도록 함
- 레이아웃 프로그램을 이용한 구간(시설물)간의 이동 거리 측정
- 온실내 이동거리를 최소화하는 구간(시설물) 배치 제안함
- 프로그램을 통해 라인별 작업자명을 표시하도록 설계됨
- 아래 그림은 농장내의 작업상태를 그림으로 보여주고 있음. 진한색으로 표시된 부분이 현재 작업 중인 상태임

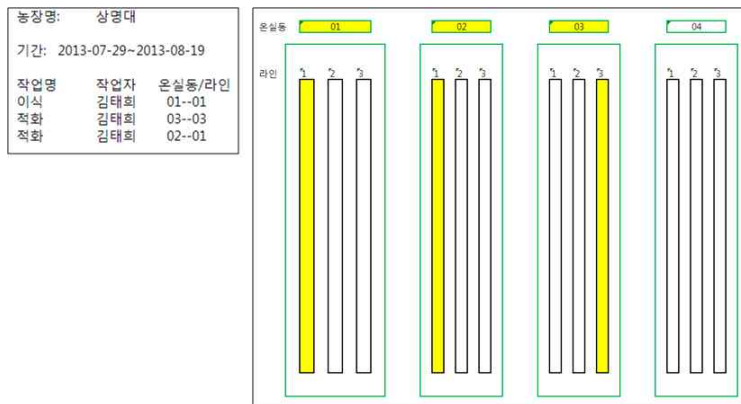


그림. 농장내 작업상태

* 진한색으로 표시된 부분은 현재 작업 중인 상태임.

(18) 경쟁력 강화를 위한 농가경영 개선 기법의 확대 실시

(가) 연구방법

- 온실내의 농작업에 대한 표준화를 통해 작업 방법의 개선을 기하기로 함
- 작업 표준 시간이란 부과된 작업을 올바르게 수행하는데 필요한 숙련 작업자가 주어진 조건 하에서 보통의 작업 속도로 수행할 때의 시간을 말함. 추가하여 피로와 지연 시간 등을 고려함

(나) 농가경영 비용과 소득 형태 조사

- 농가 규모별 비용/소득 분석을 실시하여 농가경영수준과 소득과의 연관성을 계산함
- 농가경영수준과 소득과의 상관계수는 0.39로 나타나 경영수준에 따른 소득 차이가 있음을 보여줌
- 농가 비용/소득분석을 통해 농가경영의 중요성을 확인함
- 특히, 시설 및 자동화, 환경관리, 작물관리, 경영관리가 우수한 농가가 소득이 높은 것으로 나타남

주요지표	세부진단항목	배점	평가결과		점수		
			예	아니오			
농업정보 수집능력 (20)	1. 지역 특색반 반영 활동 여부	3	1	3	3	0	
	2. 특목부	1. 농장경영과 가계회계의 분리 여부	3	1	3	0	
	3. 이메일	2. 현금 * 현금기록장 기재 여부	2	1	1	0	
	4. 인터넷	3. 영농작업기록장 기록 여부	3	1	3	0	
	5. 홈페이지	4. 재산대장 기록 여부	2		1	0	
	6. 최근2	5. 결산장부 기록 여부	3		1	0	
	7. 최근2	6. 복식부기 실시 여부	4	1		4	
	8. 최근2	7. 농장경영성과 분석 서비스	3	1		3	
	9. 최근3 (38)	8. 평가결과에 근거 관리 능력	3		1	0	
		9. 장단기차입금 재	5	90% 미만	90-100	100이상	5
		10. 농장경영프로그램	2	1	1	0	
		11. 단기 경영목표	3	1		3	
		12. 중기 경영목표	3	1		3	
	13. 장기 경영목표	3					
	위험 관리 및 기타 (16)	1. 농자재 공동 구입 여부	2		1	0	
		2. 농기계 공동 활용 여부	2		1	0	
		3. 농작물 재해보험 가입 여부	3		1	0	
		4. 계약재배 실시 여부	2		1	0	
		5. 가격위험 대비 출하시기/량 조정 여부	4	1		4	
		6. 전자상거래 실시 여부	3		1	0	
		합계	100			52	

(19) Barcode 시스템을 이용한 작업표준시간 설정 및 인력관리 효율화

(가) 연구방법

- 온실내 Barcode 시스템을 이용한 인력관리 효율화를 기하기 위함
- 엑셀베이스로 프로그램을 개발하여 농가에서 손쉽게 사용하도록 개발함
- 작업별 작업표준시간 계산을 통한 작업시간 절감을 목표로 함
- Barcode에 입력된 정보를 데이터베이스화하여 작업개선 및 인건비 절감에 이용함

(나) 연구결과

- 프로그램의 목적: 온실내 작업내용을 정보시스템을 이용하여 용이하게 관리하기 위함. 이를 통해 작업일지 작성이 편리해지며, 개발된 정보시스템을 이용하여 작업자별, 작업별 분석이 가능하여 온실운영의 효율성이 증대됨
- 프로그램의 기능: 작업자별, 작업별, 농장별, 온실별, 기간별 작업 누적시간의 계산이 가능함. 특정 작업자, 작업명, 작업구간, 농장 등의 검색작업이 가능함
- 데이터입력 기능: 무선 Barcode 리더기를 이용하여 무선으로 PC에 전송함. 또한 스마트폰 프로그램을 이용하여 클라우드 시스템을 통한 데이터입력이 가능함.
- 프로그램의 특징: 개발프로그램은 Excel VBA를 이용 coding하였으며 출력물은 엑셀 형식으로 제작되었음
- 아래 그림은 무선 Barcode를 이용하여 작업시작 시점에 스캐닝하고 있는 모습을 보여주고 있음.



그림. 무선 Barcode를 이용한 작업시간 입력

- 정보시스템 운영을 위한 첫 단계는 수집 데이터의 효율적인 관리를 위하여 농장, 온실, 작업자, 작업명, 작업위치를 대상으로 코드설계한 후 이를 Barcode로 프린트함. 아래 그림은 프로그램에서 사용하는 바코드 출력물과 코드 등록 화면을 보여주고 있음

시작	88881001	
11010101		상명대 온실동아 줄1 유인
11010102		상명대 온실동아 줄1 적엽
11010103		상명대 온실동아 줄1 수확
11010104		상명대 온실동아 줄1 축지제거
11010105		상명대 온실동아 줄1 수경
11010106		상명대 온실동아 줄1 청소
11010107		상명대 온실동아 줄1 선별/포장
11010108		상명대 온실동아 줄1 격과
11010109		상명대 온실동아 줄1 설비점검
이동	99999999	

Barcode 출력물 예시

TOMIS

검색 | 분석 | 출퇴근 | 반입 | 반출 | 사용량 | 등록

농장
 등록농장명 검색
 농장명 농장코드

데이터 삭제 데이터 입력

작업
 등록작업명 검색
 작업명 작업코드

데이터 삭제 데이터 입력

작업자
 등록작업자 검색
 작업자명 작업자코드

데이터 삭제 데이터 입력

코드 등록 화면

- 다음 단계는 출력된 바코드 출력물을 온실내 라인 시작점에 위치시키고 바코드를 스캔한 후 작업을 수행함. 아래 그림은 유인작업을 수행하고 있는 모습주고 있음. 우측 그림은 데이터를 PC로 프로그램으로 전송한 후 데이터베이스로 업로드하는 화면을 보여 주고 있음



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														업로드
2														
3	원데이터	날짜	시작시간	농장번호	온실동	줄	작업명	완료시간	작업시간	여부	작업자코드			
4	2013-08-19 22:46:23 88881002	2013-08-19	2013-08-19 22:46:23	88	88	10	02						N	
5	2013-08-19 8:46:48 11010105	2013-08-19	2013-08-19 8:46:48	10	10	10	5	2013-08-19 20:47:04	12:00:16	Y	1002			
6	2013-08-19 20:47:04 99999999	2013-08-19	2013-08-19 20:47:04	99	99	99	99						N	

Barcode 표시판

Barcode 리더기를 통해 입력된 자료 화면

- 아래 그림은 농장별 온실동, 라인의 작업현황을 작업명별, 작업자별로 검색할 수 있는 작업분석 화면을 보여 주고 있음
- 사용방법은 농장명, 온실동, 라인별, 작업명을 선택하고 원하는 기간을 설정한 후 조회 버튼을 누름
- 검색 결과로 농장내의 작업자별 작업시간 및 작업위치 등이 출력됨.

TOMIS

검색 | 분석 | 출퇴근 | 반입 | 반출 | 사용량 | 등록

검색

농장명 작교과 온실동 전체

라인 전체 작업명 전체

작업자명 전체

작업기간 2013/1/1 ~ 2013-12-06

조회

1 | 2013 |

일	월	화	수	목	금	토
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

10 | 2013 |

일	월	화	수	목	금	토
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

그림. 작업현황 검색 화면

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	순번	작업날짜	시작시간	완료시간	작업시간	작업명	작업자명	농장명	온실동	라인
2	1	2013-08-05	2013-08-05 11:11	2013-08-05 21:00	9:49:09	이식	안범준	석교리	02	02
3	2	2013-08-03	2013-08-03 7:11	2013-08-03 21:20	14:09:09	이식	김성은	석교리	03	03
4	3	2013-08-06	2013-08-06 8:46	2013-08-06 8:46	0:00:06	적화	이길자	석교리	02	01
5	4	2013-08-06	2013-08-06 8:46	2013-08-06 8:46	0:00:07	적화	김영식	석교리	03	02
6	5	2013-10-14	2013-10-14 16:12	2013-10-14 16:12	0:00:05	측지제거	이길자	석교리	01	03
7	6	2013-10-14	2013-10-14 13:12	2013-10-14 16:12	3:00:05	측지제거	이길자	석교리	01	03
8	총작업시간				26:58:41					

그림. 작업현황 결과 화면

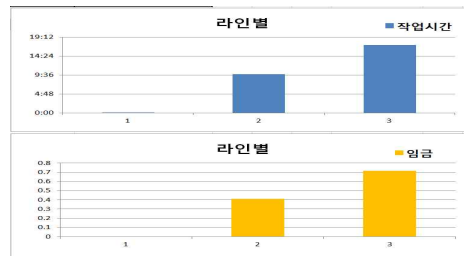
- 아래 그림은 작업정보 분석을 위한 프로그램 화면으로 검색기간 중의 작업자별, 농장별, 라인별 작업시간을 분석할 수 있음. 우편 그림은 기간 내의 라인별 누적 작업시간을 누적 시간과 임금 그래프로 보여주고 있음



라인별 분석 화면

1	A	B	C	D	F	G	H	I	J	L
1	순번	농장명	온실동	라인별	월	일	시간	분	초	임금
2	1	석교리	전체	1	0	0	0	0	6	9
3	2	석교리	전체	2	0	0	9	49	16	54,016
4	3	석교리	전체	3	0	0	17	9	19	94,354
5	총작업시간				0	1	2	58	41	148,379

라인별 분석 결과



라인별 작업시간과 임금 그래프

- 아래 그림은 작업별 정보 분석을 위한 검색 화면으로 기간에 따른 누적 작업시간과 임금 그래프를 보여주고 있음.



작업별 분석 화면

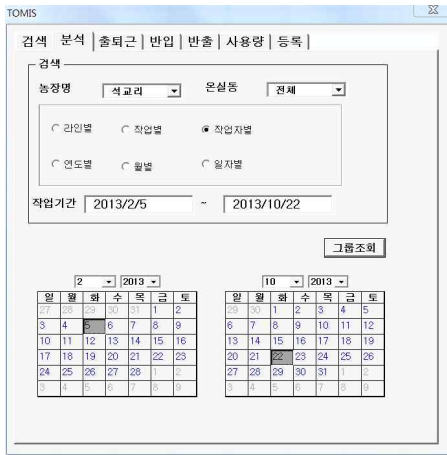
순번	농장명	온실동	작업명별	월	일	시간	분	초	임금
1	석교리	전체	측지제거	0	0	3	0	10	16,515
2	석교리	전체	이식	0	0	23	58	18	131,844
3	석교리	전체	적화	0	0	0	13	20	20
총작업시간				0	1	2	58	41	148,379

작업별 분석 결과



작업별 작업시간과 임금 그래프

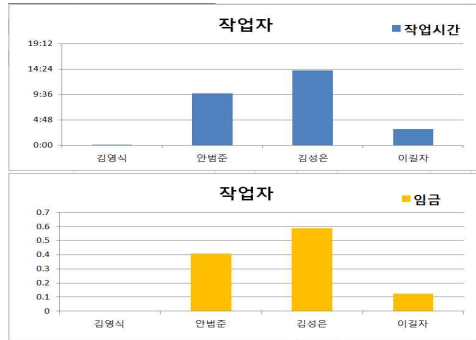
- 아래 그림은 작업자별 정보 분석을 위한 검색 화면으로 기간 내 작업자의 누적 작업시간과 임금 그래프로 보여주고 있음



작업자별 분석 화면

순번	농장명	온실동	작업자	월	일	시간	분	초	임금
1	석교리	전체	김영식	0	0	0	0	7	11
2	석교리	전체	안병준	0	0	9	49	9	54,005
3	석교리	전체	김성은	0	0	14	9	9	77,839
4	석교리	전체	이길자	0	0	3	0	16	16,524
6	총작업시간			0	1	2	58	41	148,379

작업자별 분석 결과



작업자별 작업시간과 임금 그래프

- 아래 그림은 일자별 분석을 위한 검색 화면으로 기간에 따른 일자별 누적 작업시간과 임금 그래프로 보여주고 있음



일자별 분석 화면

순번	농장명	온실동	일자별	월	일	시간	분	초	임금
1	석교리	전체	2013-08-03	0	0	14	9	9	77,839
2	석교리	전체	2013-08-05	0	0	9	49	9	54,005
3	석교리	전체	2013-08-06	0	0	0	0	13	20
4	석교리	전체	2013-10-14	0	0	3	0	10	16,515
6	총작업시간			0	1	2	58	41	148,379

일자별 분석 결과



일자별 작업시간과 임금 그래프

(20) RF-ID 카드를 이용한 작업자 출퇴근 프로그램의 개발

- 개발의 목적: RF-ID 카드를 이용하여 작업자의 출퇴근을 관리하기 위함. 이를 통해 출퇴근시간 관리와 인건비 계산에 활용함
- 기능: 출퇴근일자, 시간 체크 및 조회, 선택한 작업자의 출퇴근 내역 조회, 결과물은 엑셀 파일로 생성 가능함
- 아래 그림은 RF-ID 단말기와 카드를 이용하여 출퇴근 정보를 체크하는 모습과 데이터를 정보시스템에 업로드하는 화면을 보여 주고 있음

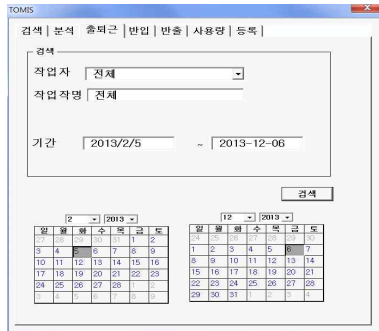


RF-ID 카드를 이용한 출퇴근 장치

일차	발생시각	단말기 ID	사용자 ID	이름	사원번호	구분	요도
4	2013-08-16	16:57:35	1	1009		방문객	출입
5	2013-08-16	17:08:39	1	1001		방문객	퇴근
6	2013-08-16	17:08:43	1	1001		방문객	출근
7	2013-08-16	17:08:46	1	1001		방문객	퇴출
8	2013-08-16	17:08:48	1	1001		방문객	복귀
9	2013-08-16	17:10:12	1	1001		방문객	복귀
10	2013-08-16	17:10:17	1	1001		방문객	복귀
11	2013-08-16	17:10:24	1	1001		방문객	출근
12	2013-08-16	17:10:49	1	1001		방문객	퇴근
13	2013-08-16	17:55:00	1	1001		방문객	출입
14	2013-08-16	17:55:03	1	1001		방문객	출입
15	2013-08-18	17:56:53	1	1009		방문객	퇴근

출퇴근 데이터 업로드 화면

- 아래 그림은 출퇴근자의 근무시간을 검색한 결과를 보여 주고 있음



출퇴근현황 검색 화면

순번	근무일자	출근시간	퇴근시간	근무자	근무시간	
1	2013-08-16	17:08:39	17:10:12	안범준	0:01:33	
2	2013-08-16	17:08:43	17:10:17	김성은	0:01:34	
3	2013-08-16	17:08:46	17:10:24	이길자	0:01:38	
4	2013-08-17	18:57:35	22:28:48	김영식	3:31:13	
5	2013-08-17	19:57:35	22:28:48	안범준	2:31:13	
6	2013-08-17	20:57:35	23:28:48	김성은	2:31:13	
7	2013-08-17	21:57:35	0:28:48	이길자	2:31:13	
8	2013-08-18	16:57:35	18:08:48	김영식	1:11:13	
9	2013-08-18	17:08:39	18:08:48	안범준	1:00:09	
10	2013-08-18	17:08:43	19:08:48	김성은	2:00:05	
11	2013-08-18	17:08:46	20:08:48	이길자	3:00:02	
12	2013-08-19	21:08:48	21:08:48	김영식	0:00:00	
14					총근무시간	18:21:06

퇴근현황 결과

(21) 온풍기의 송풍주관 매설을 통한 작업 수월성 확보 및 공간 활용도 증진



(가) 연구목적

- 많은 농가의 경우 겨울철 난방을 위해 설치한 온풍기와 송풍관들로 인해 원활한 이동에 어려움을 겪고 있음.
- 작업 환경 개선을 위해 온풍기에서 뺀어 나온 송풍주관의 매설을 제안하고 실험을 통해 작업 전후를 비교함.
- 송풍주관 매설이 이동 작업의 수월성 확보와 공간 활용도를 증진에 효과적임을 제시함.

(나) 연구내용

① 조사내용

- 조사 장소: 충남 부여군 장암면 석동리 363-9 최종길 농가
- 온실면적: 온실 8m X 95m, 기계실 폭 6.8m
- 온풍기 대수: 3대
- 온풍기 운영: 온풍기당 2개의 단동 온실을 커버하고 있음. 온실당 4개의 지관이 설치됨.
- 온풍기에 좌우측으로 온풍기 송풍주관 분기되어 있음.
- 주관에서 비닐소재 지관으로 설치됨.
- 지관은 적당한 간격으로 구멍이 나있음.
- 춘절기 예기치 못한 냉기가 발생할 경우 온풍기 가동이 필요하지만 이른 철거로 가동할 수 없음.
- 온실의 빈번한 출입으로 송풍주관이 손상되고 있음.
- 송풍주관 부착 및 철거가 번거로움.
- 일정한 높이와 면적을 차지하고 있어 출입 시 방해가 됨.

	
<p>온실 출입구에 설치된 경우</p>	<p>온실 입구 기계실에 설치된 경우</p>
	
<p>현장 조사 1</p>	<p>현장 조사 2</p>

② 개선 방법

- 주관을 출입구 통로에 2중 주름관을 이용하여 출입구에 매설함.
- 수경재배의 경우 지관은 베드밑 공간에 설치하여 상시 사용가능하도록 송풍지관을 설치함.
- 베드밑에 설치할 수 없을 경우 송풍지관이 탈부착 가능하도록 설계함.

	
<p>매설관에 대한 설명</p>	<p>매설된 온실 예시</p>

③ 기대 효과

- 온실내 이동 작업이 수월해짐
- 공간 확보를 통한 작업 공간 활용도 향상
- 온풍기의 송풍주관 손상 방지
- 온풍기 상시 가동 가능 및 탈착작업 시간 절감
- 급작스런 온도 변화에 신속하게 대응할 수 있음

※ 기술이전 및 기술보급

연도	분류	기술명	보급 및 이전 농가
1차년도	기술보급	수경재배의 금액관리법인 전극제어법의 생산자 보급	논산7
	기술보급	토마토생산관리법의 생산자 보급	30
2차년도	기술보급	고온기 펄라이트 자루재배시 최적 근권온도 조절방법	논산6
	기술보급	저온기 펄라이트 자루재배시 최적 근권온도 조절방법	논산6
3차년도	기술이전	토마토 이슬점 관리	부여2, 보은2
	기술이전	토마토 초세조절 방법	논산7, 보성1
	기술보급	하절기 생산량 증대를위한 이류체 문부시스템 이용방법	함안1, 보성1
	기술보급	생산비 절감을 위한 배액전극제어법 이용방법	논산 4
	기술보급	고품질 토마토 생산을 위한 줄기 지지대 이용방법	보성, 논산
	기술보급	생산설비 layout 변경을 통한 작업개선방법	거점농가
4차년도	기술이전	배양액 녹이는 방법	논산3, 보령3, 부여2
	기술이전	토마토 코이어 자루재배시 적정 금액방법	논산1, 보은2, 춘천1
	기술이전	가루이 방제를 위한 올레산 처리시 적정 처리농도와 횟수	춘천1
	기술이전	이류체 포그시스템 및 천연물을 이용한 친환경적 가루이 방제법	논산1
	기술보급	에어교반기 이용방법	거점농가
5차년도	기술이전	배양액 녹이는 방법	보은3, 논산2
	기술이전	토마토 초세조절 방법	보령4, 부여2
	기술보급	우수한 묘소질과 초기수확량을 확보할 수 있는 적정 육묘공간 및 배지부피	논산 육묘장1
	기술보급	토마토 접목묘 생산 시 활착과 순화에 효과적인 환경	논산 육묘장1
	기술보급	토마토 접목묘 생산 시 활착율과 초기수확량에 유리한 적정 접수연령	논산 육묘장1

6. 토마토 수출확대를 위한 수출단지 전문화와 체계화

가. 서론

(1) 연구의 필요성과 목적

(가) 1969년부터 국내에 토마토 시설재배가 본격적으로 도입되면서 우리나라 토마토 생산량은 꾸준히 증가하고 있는 추세임.

- 특히 지난 10년간 국내 토마토 생산량을 살펴보면 1999년 약 29만 톤에서 2008년 약 41만 톤으로 약 41.4%가 증가하였고, 연평균 약 3.84%의 성장세를 보이고 있음.

(나) 특히 2002년 이후부터는 웰빙식품이라는 인식이 높아지면서 국내 토마토 소비가 증가하고 이에 따라 토마토 가격이 상승하여 생산량이 크게 증가하는 경향이 두드러지게 나타났음.

- 토마토 1인당 소비량은 2000년부터 2007년까지 연평균 10% 증가하였고 2008년 1인당 소비량은 9.6kg으로 추정¹⁾되며 소비량이 크게 떨어진 2000년과 비교하면 약 1.5배 증가된 수준임.

(다) 토마토 실질소비자가격이 상승하는 2004년까지 수요 증가로 인한 소비량 증가율이 재배면적 증가로 인한 생산량 증가율보다 높았음. 그러나 2005년 이후에는 생산량 증가율이 소비량 증가율보다 높아 1인당 소비량은 증가하였지만 실질소비자가격은 하락하는 추세로 반전됨²⁾.

(라) 또한 이러한 토마토 생산량 증가에 힘입어 우리나라의 토마토 수출도 2000년까지 증가하는 추세를 보이다가 2000년을 기점으로 급감하는 추세임.

- 2009년 토마토 수출은 약 1,736톤(389만 불)으로 2000년 12,678톤(2,294만 불)에 비해 약 86%가 감소하였음.
- 특히 2001년 이후 국내시장 가격 상승, 농약포지티브 제도 등 검역강화, 엔화 약세로 인해 신선토마토 주력시장인 일본으로 수출량이 크게 감소함.

(마) 이처럼 국내 토마토 생산과 소비 추세를 살펴 볼 때, 최근 토마토 생산량의 급증 및 소비 둔화, 수출 감소가 맞물려 수급불균형 현상이 발생할 가능성이 높고 이로 인한 국내 가격이 하락할 수 있는 가능성이 존재하므로 안정적인 토마토산업을 육성하기 위한 중장기적인 대비가 필요한 시점임.

(바) 이러한 시점에서 토마토 생산량의 일부가 수출확대로 이어진다면 향후 국내 토마토 수급 및 가격 안정에도 큰 도움이 될 것이기 때문에 토마토 수출을 늘리기 위한 새로운 수출확대 방안 마련의 필요성이 대두되고 있음.

- 이러한 노력의 일환으로 농림수산식품부에서도 토마토 대표조직을 육성하고 있으며 토마토 대표조직 수출 분과와 함께 재배단계 이전부터 안정적인 수출물량을 확보할 수 있도록 수출조직의 구성, 수출국 바이어 발굴을 통한 시장개척, 수출국 소비자 선호파악을 통한 품종결정 및 확산의 단계를 구축하여 안정적 수출을 실현하고자 노력하고 있음.

(사) 따라서 향후 토마토의 수출증대를 도모하고 지속적·체계적인 수출시스템을 마련하기 위해서는 국내 원예전문생산단지를 바탕으로 조직화 기반을 구축하여야 하며 이를 바탕으로 수출국 기호에 적합한 품종통일, 국내 시장 가격변동에 관계없는 일정한 수출물량 조달,

1) 2008년 1인당 소비량은 한국농촌경제연구원 농업관측정보센터 추정치임.

2) 농업전망 2009 「과채 수급 동향과 전망」의 일부를 인용함.

안전성 확보 등 다양한 조치가 선행되어야 함.

(아) 이 연구는 단순히 수출증대를 위한 전략 및 방침을 제시하는 것이 아니라 최근 활발하게 활동하고 있는 (사)한국토마토 수출자협회와 협력체계를 구축하여 토마토 수출을 위한 조직화기반을 마련하고 이를 통해 토마토 수출증대 및 새로운 수출시장 개척을 실현하는 것에 목적이 있음.

- 국내 약 15개 규모의 원예전문생산단지를 조직화하여 수출마인드 확립
- 조직화에 관한 지속적 교육을 통하여 결속력 강한 조직체계 실현
- 수출국 선호에 적합한 품종 통일 및 연중 꾸준한 수출체계 확립
- 수출실현 및 증대 추진(시장개척 단계)

(2) 선행연구 검토 및 차별성

(가) 농산물 수출 증대 방안에 관한 선행연구

① 그동안 농산물 수출증대를 통해 국내 농산물 가격안정과 수급불균형을 해소하고 농가소득 증대에 기여하고자 하는 연구는 많은 진전이 있었음. 또한 대부분의 연구는 국제시장에서 우리나라 농산물의 위상을 검토하고 문제점 및 정책적 지원방안 등을 수출시장별, 수출유망품목별로 제시하고 있었음.

② 최정섭 등(1998)은 제주도 감귤의 잠재적인 생산능력이 국내수요량을 초과하기 때문에 외국시장에 감귤을 적극 수출함으로써 그 수요기반을 넓히고 가격 및 농가소득을 유지할 필요가 있다고 하였음. 이를 위해서는 수출시장을 개척하고 안정된 수출물량을 확보하는 것이 중요한 과제라고 지적하였음. 감귤이 수출되기 시작한 1990년 이후 매년 적자를 기록하고 있는데, 적자수출을 극복하고 지속적으로 수출을 추진하기 위해서 관련조직의 수출역량을 집결시킬 수 있는 수출전담기구를 설치·운영해야 한다고 제안하고 있음. 수출전담기구는 수출관련 전문가를 충분히 확보하여 시장개척, 수출전략 수립, 자조금 지원 등과 함께 생산자의 자조적인 수출관련 노력의 구심점이 되어야 하고 일정규모 이상의 대규모 생산농가나 수출단지 농가를 대상으로 수출 의무량 제도를 개발할 필요가 있다고 제안하였음.

③ 성명환 등(1998)은 환율상승 효과와 지리적인 이점을 최대한 활용하여 신선채소류 등 농산물 수출증대가 예상되고 있는 기존 일본시장을 중심으로 수출증대 방안을 모색해야 한다고 주장하고 있음. 일본시장에서 우리나라 농산물의 위상을 검토한 후 현재 우리나라 농산물 수출지원제도와 관련된 문제점을 파악하여 돼지고기, 김치, 밤, 표고버섯, 토마토, 호박 등 6개 품목을 대상으로 품목별 대일 수출증대 방안을 모색하였음. 특히, 토마토 수출을 증대하기 위해서는 규격품 생산율을 제고하기 위한 농가기술지도, 수확 후 선도유지 관리 및 신속한 배송체계를 확립하고 일본 소비자들이 선호하도록 다양한 품종 개발 및 품질향상을 도모해야한다고 함. 또한 토마토를 비롯한 신선농산물 수출의 경우 클레임에 대비한 선적 전, 후의 안전성 관리가 필요하다고 지적하였음.

④ 김병률 등(2006)은 시장개방에 따른 동식물검역 강화, 수출시장에서의 경쟁심화, 주요국들

의 품종보호 강화 및 로열티 부과수준 심화 등 점점 불리해지는 수출시장 여건 하에서 새로운 수출유망품목을 찾아내고 집중 육성해야 한다고 주장하고 있음. 현재 수출규모가 크지만 향후에도 수출확대 가능성이 큰 12개 품목(절화류-장미·국화·백합, 양란-심비디움·호접란, 양채류-아스파라거스·브로콜리, 과채류-파프리카·멜론, 버섯류-새송이·느타리·팽이)을 수출유망품목으로 선정하여 수출확대 가능성과 수출확대전략을 수립하였음. 수출유망품목의 수출확대 기본방향을 설정하고 품목별 수출시장성과 경쟁성, 단계별 전략과 정책 우선순위 등을 제시하였음. 또한 수출유망품목의 수출확대를 위해 농림수산물식품부, 농수산물유통공사, 농촌진흥청 등이 유기적인 관계 시스템을 구축할 필요가 있다고 지적하였음.

- ⑤ 최세균 등(2009)은 개방화 진전에 따라 축소되고 있는 국산 농수산물의 수요를 해외시장에서 창출함으로써 농어가 소득증대와 농어촌 활성화에 기여하기 위해 적극적으로 추진하고 있는 농식품 수출사업과 관련된 현실 진단과 개선방안을 제시하고자 함. 세계 농산물 잠재 수출시장을 분석한 결과 가장 큰 농산물 수출시장은 유럽이지만 EU 회원국 간의 교역이 많기 때문에 향후 수출마케팅을 잠재력이 큰 아시아와 북미 그리고 러시아에 집중해야 하며 수확기와 계절적 요인이 작용하는 품목의 최대경쟁국은 미국과 중국으로 분석하였음. 또한 수출증대의 장애요인들을 구조적으로 해결하여 안정적으로 수출을 증가시키기 위해서 ‘국가 수출대표조직’을 설립하고 현재 추진되고 있는 원예전문생산단지, 농식품 수출 선도 조직 육성사업, 농축수산물 품목별 대표조직 육성사업과 연계시켜 추진하는 방안을 제시하였음.

(나) 수출전문조직 및 조직화에 관한 선행연구

- ① 김병률 등(2005)은 WTO/DDA협상과 쌀 협상 등 시장변화에 가장 잘 적응할 수 있는 수출생산조직과 수출업체를 육성하고 효과적으로 연계할 뿐 아니라 수출을 효과적으로 촉진하기 위해 수출단지와 수출업체에 대한 지원체계를 강화해야 한다고 지적하였음. 지원체계 강화를 위해 우선 수출단지와 수출업체의 운영 실태를 진단하고 문제점을 분석한 후 각각 개선방향을 제시하였음. 그리고 WTO/DDA 협상으로 인해 수출보조의 감축이 전망되는 상황에서 수출물류비 지원을 수출단지에 대한 생산기반 조성(시설현대화, 산지유통센터 설치), 수출보험제도의 적극적 활용을 위한 지원, 또는 생산자단체나 지자체 등을 통한 지원, 해외시장 개척 등을 활용하여 간접적으로 지원해주는 방향을 제시하였음.
- ② 황의식 등(2008)은 우리나라와 같은 영세소농의 농업구조 하에서 농업 생산의 효율성을 제고하기 위해서는 농업경영의 조직화가 하나의 방안이 될 수 있다고 제시하였음. 기존 농업생산의 조직화는 개별생산 후 출하단계에서 규모화 하는 방식임. 그러나 농업경영의 조직화는 마을단위가 하나의 생산주체인 법인이 되어 지역의 농지를 장기 임차하여 영농하는 형태로, 지역의 농지와 노동, 그리고 자본을 통합하여 경영전략을 마련함으로써 규모화 효과를 얻고 기업적 경영을 할 수 있는 구조를 구축할 수 있다고 주장하였음. 또한 일본의 마을영농실태와 국내 농업경영 조직화의 사례분석(나투어 농장, 순천농협 직영농장, 영농조합법인 주산사랑)을 통해 농업경영 조직화 방향을 제시하였음.

- ③ 김경필 등(2008)은 농업강국들에 비해 수출경쟁력 기반이 낮은 국내 농업여건을 고려해 볼 때, 수출 농식품의 품질경쟁력과 가격경쟁력을 높이고 생산규모 영세성의 한계를 극복하기 위해서 생산주체의 조직화, 규모화 시킬 수 있는 노력이 필요하다고 지적하였음. 이를 위해 농식품 생산부터 수출까지 일관화 시킬 수 있는 계열화 수출전문조직 육성하여야 한다고 주장하였음. 또한 부류별 대표품목 중심으로 수출 운영모델 및 실행 매뉴얼을 작성하였고 수출전문조직의 선정절차 및 관리방안, 정부 지원방안, 시범사업의 정착 및 활성화 방안 등을 정리하였음.
- ④ 김경필 등(2008)은 배, 감귤, 파프리카, 백합, 김치, 유자차, 새송이 버섯 등 7개 품목에 대해 계열화 수출전문조직 사업 운영과 추진절차에 대한 매뉴얼을 작성하였음. 수출전문조직 운영방안은 수출계열화 달성목표, 운영방안, 조직의 규모와 기준, 농가규약과 운영협의회 내용을 품목별 특성에 맞추어 작성하였음. 또한 7개 품목의 매뉴얼에는 사업계획 수립, 농가교육, 수출농가 선정과 계약, 생산·수확관리, 물량수집 및 확보, 선별·포장·저장, 수출·정산, 마케팅, 결산·평가 내용 등을 포함하고 있음.

(3) 연구내용 및 방법

- (가) 이 연구는 단순히 수출증대에 관한 전략 및 방침을 제시하는 것이 아니고 토마토 대표조직 수출 자조회와 협력체계를 구축하여 수출실현 및 증대를 추진하는 실증적 연구임.
- 조직화 단계에서는 국내 원예전문생산단지의 단지장과 구성원을 대상으로 지속적 교육 및 교류를 통해 수출마인드를 확립하고 이 과정에서 세미나, 전문가 초청 토론회 등을 적극 활용함.
 - 조직화가 선행된 후에는 본격적으로 수출 시스템을 구축함. 수출국 목표시장에 적합한 품종통일, 약 15개 규모의 원예전문생산단지의 작형을 구분하여 연중 꾸준한 수출체계를 확립함. 이 과정에서는 토마토 대표조직 수출 분과 구성원의 조직화 컨설팅, 기술지도, 세미나, 토론회 등이 실시됨.
 - 현재 국내 토마토 가격이 하락할 경우, 수출업자와 계약을 했음에도 불구하고 이를 지키지 않고 위반하는 사례가 빈번히 발생하여 지속적이고 안정적인 수출체계 확립이 어려웠음. 그러므로 정책 담당자, 토마토 대표조직 수출 분과 등과 협의하여 토마토 수출 자조금을 조성하고 내수시장 가격이 상승하였을 경우 이를 통해 보전하는 방안을 구축함.
 - 그리고 토마토 대일 수출을 안정적으로 실현시키기 위해 2009년 9월 토마토 전수검사 해제를 위해 일본 농림수산식품부 사네시계 총괄 심의관과 면담을 실시하였고 긍정적인 답변을 얻었음. 또한 2010년 4월 1일 일본시장에 토마토의 지속적·안정적 수출체계를 구축하기 위하여 (사)한국 토마토 수출 자조회 명의로 아이디어를 발급 받았음. 또한 일본 굴지의 수입업체와 지속적 협의를 통해 안정적 수출 방안을 확립함.
 - 토마토 수출 시장이 개척되고 안정화 단계에 진입하게 되면 본격적으로 수출시장별 마케팅 전략을 바탕으로 차별화전략을 실시하고 농림수산식품부와 협력체계를 구축하여 해외 시장을 대상으로 경쟁력 있는 토마토 수출브랜드 경영체를 육성함.
 - 최종적으로는 토마토 수출 증대 및 확립을 위한 실증연구를 통해 이 과제가 끝나는 2013년에는 대한민국을 대표하는 토마토 수출 경영체를 탄생시킴.

나. 토마토 일본 수출 성공요인 분석

(1) 토마토 일본 수출 성공요인

(가) 가설 설정

최근 농산물 수출은 현 정부의 주요 관심사로 등장하여 수출 증대를 촉진하는 정책, 수출 사업단 운영 등을 실시하고 있음.

- 그러나 국내 생산자의 수출기반이 조성되지 않고 정부주도형 사업으로 수출을 주도하게 된다면 단기적으로 수출증대 효과는 나타날 수 있어도 중·장기적으로 지속될 수 없음.
- 그러므로 우리나라 토마토의 가장 큰 수출시장인 일본을 대상으로 수출 성공요인을 분석하기 위하여 다음과 같은 가설을 설정하였음.

① 규모화·조직화 및 마케팅 활동

㉞ 토마토 일본 수출을 위하여 상품화 단계 이전에 선행되어야 할 조건으로 규모화·조직화를 바탕으로 연중 꾸준한 출하체계 구축하고, 이를 바탕으로 국내 수출업체 및 일본 바이어를 통하여 활발한 마케팅 활동을 전개하는 것임.

- 국내 토마토는 충남, 전남, 경북, 강원지역을 중심으로 주산지가 변화하는 특성이 있음³⁾.
- 토마토 산지유통조직이 마케팅 활동을 통하여 수출창구를 확보하였다고 하더라도 연중 출하체계를 갖추지 않으면 수출국 바이어와 지속적인 관계를 유지할 수 없음.
- 지금까지 일본 수출을 추진한 대부분의 산지유통조직은 타 지역의 산지유통조직과 연합체계를 구축하지 못하였기 때문에 연중출하체계를 갖추 수 없어 해당 지역에서 토마토가 생산되는 3~4개월 동안만 수출하였음.
- 이러한 일회성 또한 단발성 수출은 국내 수출업체와 일본 바이어 간 꾸준한 수출물량 확보 및 신뢰를 바탕으로 한 협력체계가 구축되지 못하는 원인이 됨⁴⁾.

㉟ 현재 국내시장에서 여러 개의 산지유통조직이 연합하여 연중 출하체계를 갖춘 것은 농협에서 추진하는 연합사업 형태이지만 이러한 체계가 토마토 수출 농가까지는 정착되지 못하였음.

- 그러나 파프리카의 일부 수출업체와 같은 경우는 생산농가의 조직화, 규모화를 바탕으로 지역의 계절성을 극복하기 위해 원물 수집의 연합체계를 지속적으로 추진한 결과 연중 지속적 수출 물량을 공급할 수 있게 되었음.
- 또한 연중 꾸준한 수출물량을 확보한 후 일본 바이어를 대상으로 활발한 마케팅 활동을 전개하여 일본시장에서 경쟁력을 갖추 수 있게 되었음.
- 향후 토마토 수출도 파프리카와 같이 수출농가의 규모화·조직화를 바탕으로 원물 수집의 연합체계를 갖추 연중 출하체계를 확립하고 이를 바탕으로 일본 시장에서 활발한 마케팅 활동을 전개하여야 할 것임.
- 토마토 수출 성공요인 중 규모화·조직화, 마케팅 능력을 대표하는 변수로 지속적 수출물량 확보, 규모화 및 조직화, 바이어 발굴, 수출국 소비자 선호 파악, 수출 브랜드 확립을

3) 토마토 주산지는 봄철에는 충남, 여름철은 강원도, 가을철은 전남, 겨울철은 부산이다.

4) 국내 수출업체 관계자는 “수출업체 또는 일본 바이어가 국내 산지유통조직에게 일회성 수출이 아닌 지속적 협력관계를 요구하여도 토마토가 생산되는 시기가 지나면 물량확보가 불가능해 수출을 포기하는 안타까운 상황이 발생한다.”라고 하였다.

선정하였음.

② 수출 상품화 과정

㉠ 수출 상품화 과정은 품종선택, 안전성 관리, 재배기술 메뉴얼화, 상품화 및 물류체계 표준화로 선정하였음.

- 토마토를 일본으로 수출하고자 할 경우 일본에서 선호하는 품종은 국내에서 선호되는 품종과 다르므로 그들의 선호에 적합한 품종을 선택하여야 함.
- 토마토를 수입하는 일본 바이어는 유통과정에서 무르거나 변질되지 않는 계열의 토마토를 선호하므로 경도가 높은 품종을 권장하고 있음⁵⁾.

㉡ 안전성 관리와 재배기술 메뉴얼화는 일본의 강화된 신선 농산물 수입검역을 통과하기 위한 가장 중요한 과정임.

- 일본에 수출하는 한국산 토마토는 검역과정에서 약 500여 가지에 달하는 안전성 검사를 받는데 이 과정에서 벌레 및 사용 금지된 농약이 발견된 경우에는 훈증처리 되어 상품 가치가 떨어지거나 수입금지 조치가 취해 짐.
- 그러므로 일본으로 수출되는 토마토에 병해충 및 사용 금지된 잔류농약이 검출되지 않도록 철저한 안전성 관리가 필요함.
- 또한 수출농가 스스로 생육단계별 과정에서 병해충 등이 발생하였을 때 적합한 조치를 취할 수 있도록 재배기술 메뉴얼화도 필요함⁶⁾.

㉢ 물류체계 표준화는 상품이 이송되는 과정에서 물류의 효율성을 높이기 위한 수단으로 상품의 크기, 용도 등에 적합한 포장지 및 운반체계를 확립하여 유통경비를 절감하는 것임.

- 현재 수출농가에서 수확된 토마토가 일본 동경에 있는 소비자까지 전달되기 까지는 약 21단계의 의사결정 단계를 거치게 됨.
- 이 과정에서 물류의 흐름은 13단계에 걸쳐 다양한 유통주체를 경유하기 때문에 운송과정과 수출국 소비자 선호에 적합한 물류체계 표준화는 상품화 과정에서 중요한 요소로 판단됨.
- 토마토 수출 성공요인 중 수출 상품화 과정을 대표하는 변수로는 생산자 재배기술, 안전성 관리, 품종선택, 재배기술 메뉴얼화, 상품화 및 물류체계 표준화를 선정하였음.

5) 2009년 5월 한국산 토마토 수입업체 바이어 면담 조사 결과

6) 상명대학교 토마토수출사업단(041-550-5389)에 문의하면 구체적인 정보를 얻을 수 있다.

그림 1. 토마토 일본 수출시 시장 유통경로의 의사결정 및 물류흐름

시장 유통		
<의사결정흐름>	<물류흐름>	
재배농가	선별장	1일째 수확 2일째 선별 Packing
수출업자	국내운송업자 수출통관업자 선박회사	3일째 수출통관
수입업자	수입통관업자 국내운송업자	4일째 검역 오후 수입통관
중앙시장	도매시장	5일째 오후관서도착, 6일째 새벽 상장 <6일째 오후관동도착, 7일째 새벽 상장>
중도매상	국내운송업자 창고보관업자	6일째 오후 중도매상 창고 도착
소도매상	국내운송업자	6일째 오후 소도매상 도착
(帳合先회사) 양판점	물류배송센터 국내운송업자 소매점포	7일째 새벽 센터 도착 8일째 새벽 점포 도착
소비자		

주1) 한국산 토마토를 수입하는 업체 바이어와 면담조사 정리

③ 수출 자조금 및 정부보조

㉔ 현재 국내 신선 농산물을 수출하는데 수출 자조금을 적립하여 사용하는 품목은 파프리카가 유일함⁷⁾.

- 국내산 파프리카는 대일 수출이 활성화 되었지만 반대로 국내시장에서는 여타 신선 농산물에 비하여 취급 물량이 많지 않음.
- 파프리카 수출업체는 국내 생산량이 과잉될 때 파프리카 취급 수출업체가 경쟁적으로 일본 수출을 실시하기 때문에 일본시장에서 저가로 판매될 우려가 있음.
- 이 경우 파프리카 자조회는 자조금을 활용하여 국내홍보를 강화시켜 소비를 촉진시키거나 산지폐기를 실시하는 등의 조치를 취함.
- 파프리카는 자조금 활동을 통하여 일본 시장의 가격하락을 방지하고 국내 소비촉진 활동을 지속하여 경쟁력을 향상시키고 있음.

㉕ 토마토는 사)한국토마토생산자 협의회가 존재하지만 이들의 활동이 매우 제한적임.

- 국내 토마토의 생산액은 약 6,642억 원으로 파프리카 생산액 1,103억 원의 약 6배에 달하

7) 사)한국 파프리카 생산자 자조회에 소속된 농가는 약 477여 농가이고 3.3²m당 620원의 자조금을 납부하고 있으며 자조금 규모는 정부보조를 포함하여 2010년 약 10억원 규모에 달한다. 사) 한국 파프리카 생산자 자조회의 주요기능은 자율적 수급조절, 소비촉진, 홍보, 수출이다.

지만 생산자 스스로 경쟁력 강화나 수출촉진을 위해 자조금을 조성한 경우는 드뭄.

- 현재 사)한국토마토생산자 협의회 중심으로 조성되는 토마토 자조금은 토마토를 취급하는 일부 농협이 납부하는 것으로 자조금 규모도 정부보조를 포함하여 2010년 약 4억 5천만 원 미만임.
- 그러므로 토마토 대일 수출 활성화를 위해서는 생산자 자체적으로 조성하는 자조금 규모를 늘려야 하며 이렇게 조성된 자조금 중 일부는 일본 시장 개척 및 소비촉진을 위한 홍보 분야 등에 사용되어야 함.

㉔ 토마토 수출 물류비는 농수산물 유통공사와 지방자치단체에서 자율적으로 보조하고 있음.

- 수출 물류비 지원배경은 해외에 농축수산물을 수출할 때 소요되는 물류비가 국내 물류비용보다 월등하게 높기 때문에 일정 부분의 물류비를 보조하여 농식품 수출확대 및 경쟁력을 촉진하기 위함임.
- 현실적으로 토마토를 수출하는 산지유통조직이 일본 시장에서 수출 경쟁력을 갖추기까지는 일정부분 물류비 보조가 필요함.
- 그러나 장기적으로 토마토 수출이 일본 시장에서 경쟁력을 갖추게 된다면 물류 보조비를 점차적으로 감소시켜 토마토 수출 조직이 스스로 자립할 수 있도록 유도해야 함.
- 토마토 수출 성공요인 중 수출 자조금 및 정부보조를 대표하는 변수로는 수출 자조금 조성, 물류비 보조를 선정하였음.

(나) 연구방법

본 연구의 통계처리는 SPSS/Win 12.0을 이용하여 처리하였으며, 본 연구에서 가설로 설정한 측정항목 상호간에 내적 일관성을 검증하기 위해 Cronbach's α ⁸⁾값을 이용하여 신뢰도를 측정하였음.

- 주성분분석을 통하여 각각의 변수들을 서로 독립적인 새로운 요인들로 묶어내어 토마토 수출 성공요인을 종합적으로 판단하였음.
- 주성분 분석은 변수 간 상관관계를 이용하여 유사한 변수끼리 묶어주는 방법으로 변수상호 간 정보의 큰 손실 없이 서로 독립적인 소수개의 종합 특성치로 요약하는 과정이고 요인들의 수를 결정하기 위하여 고유치(Eigen vlaue) 1.0을 기준으로 하여 분석하였음.
- 이렇게 추출된 요인은 각 문항의 요인 부하값을 가지고 구성되기 때문에 이를 구분하기 위하여 요인 회전방법이 사용됨.
- 본 연구에서는 요인 회전방법 중 Varimax를 적용하였음. Varimax는 선정된 요인이 상호 독립적인 관계를 유지하면서 요인축이 90도를 이루도록 회전시키는 직각회전 방식으로 하나의 요인에 적재되는 변수의 수를 줄이는 것이 특징임.

(다) 자료 특성

설문조사는 전국적으로 토마토를 취급하고 있는 산지유통조직 49개, 145명을 대상으로 실시하였음.

8) 크론바하라는 통계학자가 설문의 신뢰도를 평가하기 위하여 1951년에 제안한 평가값으로 Cronbach's α 값은 0에서 1사이의 값을 가지며 1에 가까울수록 신뢰도가 높다고 해석된다.

- ① 설문조사 대상은 2000년 이후 또는 현재까지 산지유통조직(농협, 영농조합법인)에서 토마토 일본 수출업무를 경험하거나 현재 수출을 실시하고 있는 직원을 대상으로 하였고 응답자 성별은 모두 남성임.
- 연령별 분포는 30대~40대 미만 32%, 40대~50대 미만 53%, 50대 이상이 15%임.
- ② 토마토 일본 수출 성공요인에 대한 질문방법은 본 연구에서 설정한 가설 12개 항목을 리커트9) 5점 척도를 사용하였고 전화를 통하여 조사를 실시하였음.
- 설문대상의 지역적 분포는 <표 1>와 같다. 강원도가 36명 24.8%로 가장 높은 빈도를 나타내고 있으며 다음 순으로 경남 25명 17.2%, 전북 18명 12.4% 순으로 나타났다.

표 1. 설문대상의 지역적 분포

단위 : 명, %

지역명	설문조사 대상	비율
경기도	15	10.3
강원도	36	24.8
충남	15	10.3
충북	6	4.1
전북	18	12.4
전남	15	10.3
경북	15	10.3
경남	25	17.2
합계	145	100.0

- ③ 설문 응답자가 속해있는 조직은 크게 지역농협, 연합사업단, 영농조합법인 3가지 유형으로 구분할 수 있음.
- 농협조직에 소속되어 있는 응답자가 103명으로 전체 응답자의 71.0%를 차지하고 영농조합법인이 42명(29.0%), 연합사업단이 15명(10.3%)으로 나타났다.

표 2. 설문대상의 조직유형

단위: 명(%)

조직유형	농협	영농조합법인	합계
응답자 수	103 (71.0)	42 (29.0)	145 (100.0)

표 3. 토마토 취급 산지유통조직의 수출 경험

조사대상	현재 수출조직		수출조직의 형태		2000년 이후 수출경험보유	수출 경험 미보유
	일본	러시아	농협	영농조합법인		
49개 산지유통조직	8개	1개	5개	4개	32개	8개

9) 리커트 척도(Likert scale)는 설문 조사 등에 사용되는 심리 검사 응답 척도의 하나이다. 리커트 척도에서는 응답자가 제시된 문장에 대해 얼마나 동의하는지를 답변하도록 하며 일반적으로 5척도를 사용한다.

표 4. 토마토 취급 산지유통조직 중 수출을 하지 않는 이유

현재 수출을 하지 않는 이유	비율
1. 수출을 할 수 있는 여건(조직화, 규모화 및 마케팅 능력, 수출상품화 과정)이 갖춰지지 않아서	62.9%
2. 국내 가격이 수출국 가격보다 호조여서	12.8%
3. 수출국 소비자 정보(선호하는 품종, 사이즈 등)를 알지 못해서	6.4%
4. 정부 및 지자체의 수출보조금이 부족해서	6.4%
5. 기타	11.5%
합계	100.0%

- ④ 현재 토마토를 취급하는 49개 산지유통조직 중 2009년에 9개 조직이 수출을 하고 있었고 32개 조직은 2000년대에 수출 경험을 보유하고 있었음.
- 토마토 수출 9개 산지유통조직 중 수출 대상국이 일본이라고 응답한 조직은 8개, 나머지 1개의 조직은 러시아라고 응답하였음.
 - 토마토 수출을 실시하고 있는 9개 조직 중 농협 5개, 영농조합법인 4개로 나타났음.
- ⑤ 토마토를 취급하지만 수출 경험이 없는 8개 산지유통조직을 대상으로 수출을 실시하지 않는 이유를 조사하였음.
- 조사결과 수출을 할 수 있는 여건(조직화, 규모화 및 마케팅 능력, 수출상품화 과정)이 갖춰지지 않아서가 57.8%로 가장 높은 비율을 나타냈으며 국내가격이 호조여서 12.8% 순으로 나타났음. 또한 기타 11.5%, 수출국 정보를 알지 못해서 6.4%, 정부 및 지자체 수출보조금 부족 6.4%로 나타났음.

(라) 분석결과

- ① 국내 산지유통조직의 토마토 수출 성공요인을 분석하기 전에 각 요인에 관한 속성들이 통계적으로 신뢰할 수 있는 내적 일관성과 타당성을 가지고 있는지를 평가하였음.
- 산지유통조직의 토마토 수출 성공요인을 파악하기 위해 측정항목 상호간에 내적 일관성이 있는지를 알아보기 위하여 Cronbach's Alpha 값을 사용하였음.
 - 아래 표처럼 본 연구에 사용된 변수들의 Cronbach's Alpha값은 0.756으로 나타나 내적 일관성이 확보된 것으로 확인되었음.¹⁰⁾
 - 아래 표는 문항 간 내적일관성을 높이고 자료의 신뢰도를 확보하기 위해 실시한 신뢰도 분석의 결과임.
 - Cronbach's Alpha 값은 0.756으로 나타나 문항 간 내적 일관도를 확보하고 신뢰도를 높이기 위해서 전체 Cronbach's Alpha값 보다 높은 값을 나타내는 개별요인 5, 10을 제거한 후 10개의 변수를 이용하여 요인분석을 시행하였음.

10) Cronbach's Alpha 값은 1에 가까울수록 신뢰도가 높다고 해석된다.

표 5. 변수의 내적일관성 측정결과

구 분		변 수 명		Cronbach's α
토마토 수출 성공 요인	규모화·조직화 및 마케팅 활동	1	지속적 수출물량 확보	0.756
		2	규모화 및 조직화	
		3	바이어 발굴	
		4	수출국 소비자 선호 파악	
		5	수출 브랜드 확립	
	수출 상품화 과정	6	안전성 관리	
		7	품종선택	
		8	재배기술 메뉴얼화	
		9	상품화 및 물류체계 표준화	
		10	생산자의 재배 기술수준	
	수출 자조금 및 정부 보조	11	수출 자조금 조성	
		12	물류비 보조	

주1) Cronbach's Alpha 값은 spss 프로그램을 사용하여 추출하였음

주2) Cronbach's Alpha 값은 다항목으로 된 변수의 내적 일관성을 알아보기 위한 것으로 임계치는 정해져 있지 않으나, 기초조사에서는 0.5~0.6 이상이면 신뢰성을 확보한 것으로 판단됨

표 6. 문항의 내적일관성을 위한 신뢰도 분석결과

변 수	항목이 삭제된 경우 척도 평균	항목이 삭제된 경우 척도 분산	수정된 항목-전체 상관관계	항목이 삭제된 경우 Cronbach's Alpha
1	48.9796	19.705	.484	.727
2	48.8367	20.439	.511	.728
3	48.9184	21.445	.296	.750
4	48.9184	20.336	.471	.730
5	48.5918	22.517	.198	.757
6	48.6122	21.445	.388	.741
7	49.4490	17.920	.606	.708
8	49.2041	19.314	.522	.722
9	48.9388	19.537	.487	.727
10	49.5102	20.923	.210	.769
11	48.7347	21.895	.274	.751
12	48.7959	21.862	.271	.751

② 요인추출 방법은 처음에 회전 없이 요인분석을 시행한 후에 각 요인에 대해 높은 적재치의 변인을 최소화하는 Varimax 회전방법¹¹⁾을 사용하였음.

- 고유값(Eigenvalues)의 변화는 스크리(Scree)검증¹²⁾을 활용하여 결과치를 시각적으로 확

11) 다변량 통계적 기법인 요인 분석 방법의 하나이다.

12) 스크리 검증(scree test)은 각 요인의 고유치를 추출 순서에 따라 도식하고 각 고유값들을 검토하여 추출된 요인의 수를 결정하는 것으로 각 요인이 설명하는 분산 중 본래변수들의 공통분산(common variance)보다 특정한 변수의 분산(unique variance)이 차지하는 비율이 크다면 그러한 요인은 유의적이지 않은 것으로 해석한다. 즉 주성분분석에 있어서 초기에 추출되는 요인들은 본래변수들의 공통분산을 주로 설명하고 차후에 추출되는 요인들은 공통분산보다는 특정한 변수에 관련된 분산을 설명하는 비율이 커지게 되어 각 요인이 설명하는 분산 중 공통분산의 비율이 후자의 비율보다 큰 요인들

인할 수 있게 하였음.

- 그 결과 고유값 1이상으로 나타난 요인 3개가 추출되었고 요인분석 결과는 고유값과 적재값을 나타내며. 우선 성분은 고유값이 큰 요인부터 나열되어 있음.
- 아래 표에서 ‘회전된 제공합 적재값’에는 3개 요인에 대한 분산의 비율이 나타나 있음. 3개의 요인에 대한 설명력을 살펴보면 요인 1의 설명력은 25.1%, 요인 2는 20.4, 요인 3의 설명력은 15.9로 나타났음. 결과적으로 Varimax 회전방법을 사용하여 추출된 요인은 3개이고 이들의 설명력은 61.4%로 나타났음.

표 7. 주성분 분석결과 얻어진 고유값과 적재값의 분산

성분	초기 고유값			회전 제공 합 적재값		
	전체	%분산	%누적	전체	%분산	%누적
1	3.333	33.331	33.331	2.512	25.124	25.124
2	1.526	15.256	48.587	2.038	20.376	45.500
3	1.278	12.778	61.365	1.587	15.865	61.365
4	.989	9.889	71.254			
5	.820	8.199	79.453			
6	.655	6.553	86.007			
7	.564	5.644	91.650			
8	.394	3.943	95.594			
9	.322	3.221	98.815			
10	.119	1.185	100.000			

표 8. 주성분 분석을 통한 요인 적재값

구분	성분		
	규모화·조직화 및 마케팅	수출 상품화과정	수출 자조금 및 정부보조
1. 지속적 수출물량 확보	.739	.294	.390
2. 규모화 및 조직화	.748	.293	.070
3. 바이어 발굴	.735	-.119	.231
4. 수출국 소비자 선호 파악	.766	.225	-.047
5. 안전성 관리	-.061	.753	-.060
6. 품종선택	.273	.655	.322
7. 재배기술 매뉴얼화	.284	.662	-.041
8. 상품화 및 물류체계 표준화	.026	.799	.088
9. 수출 자조금 조성	-.127	.172	.869
10. 물류비 보조	.298	-.064	.709

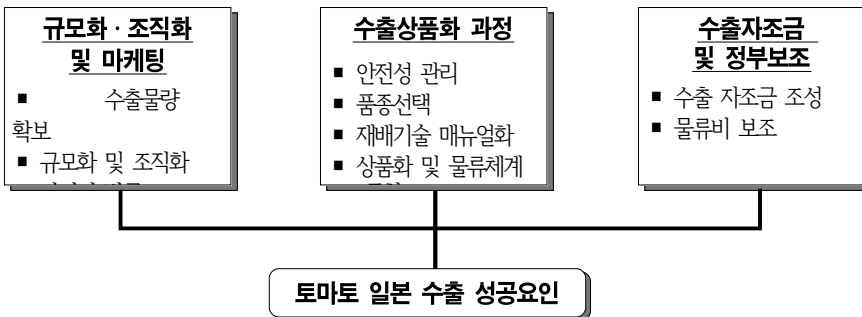
주 1) 분석방법 : 주성분 분석

주 2) 회전방법 : Varimax 회전법

만 유의적인 것으로 간주하여 추출한다.

- ③ 위 표는 토마토 수출에 영향을 미치는 성공요인에 대한 각 항목별 요인 적재값 성분행렬을 주성분 분석으로 추출하여 나타낸 것임.
- 통상적으로 적재값의 크기는 0.5를 기준으로 하여 어느 요인에 속하는지를 결정됨.
 - 요인 1은 설문문항 1, 2, 3, 4번으로 지속적 수출물량 확보, 규모화 및 조직화, 바이어 발굴, 수출국 소비자 선호 파악과 같이 토마토 수출 성공요인에서 규모화·조직화, 마케팅이라는 공통된 범주로 묶일 수 있다는 것이 설명되었음.
 - 요인 2은 설문문항 5, 6, 7, 8번으로 안전성 관리, 품종선택, 재배기술 매뉴얼화, 상품화 및 물류체계 표준화로 토마토 수출 성공요인에서 수출 상품화 과정이라는 공통된 범주로 묶일 수 있다는 것이 설명되었음.
 - 요인 3은 설문문항 9, 10번으로 수출자조금 조성, 물류비 보조와 같이 토마토 수출 성공요인에서 수출 자조금 적립 및 정부보조라는 공통된 범주로 묶일 수 있다는 것이 설명되었음.
 - 이러한 결과를 통해 토마토 수출 성공요인으로 설정한 가설인 수출 상품화 과정, 규모화·조직화 및 마케팅, 수출 자조금 적립 및 정부 보조는 주성분 분석을 통한 요인 적재값 도출로 성립되었음을 알 수 있음.

그림 2. 토마토 일본 수출 성공요인



- ④ 이상의 분석결과가 시사하는 것을 다음과 같이 요약할 수 있음.
- 재배단계 이전에 규모화 및 조직화를 통하여 지속적·안정적 수출물량을 확보하고 수출국 바이어를 발굴하거나 수출국 소비자 선호를 파악하는 과정이 선행되어야 함.
 - 재배단계에서는 수입국 소비자 선호에 적합한 품종을 선택하고 검역과정에서 안전성이 문제가 되지 않도록 재배기술을 매뉴얼화 하는 과정이 필요함. 유통과정에서는 토마토의 신선도 및 품위가 유지될 수 있도록 상품화 및 물류체계 표준화를 병행하여야 함.
 - 토마토 산지유통조직이 경쟁력을 갖추기 전까지 물류비 등을 보조하는 정부 보조도 지속되어야 한다. 또한 토마토 수출조직을 중심으로 수출 자조금을 적립하여 국내 및 일본시장 가격 차이에 대비하여야 하고 홍보 및 소비촉진 활동 등도 체계적으로 수행할 수 있어야 함.

(마) 시사점

- ① 토마토 일본 수출을 지속적으로 유지 및 확대하기 위해서는 일본시장에서 요구하는 안전성 기준, 지속적 수출물량의 확보, 국내가격 변동에 영향을 받지 않는 수출구조 확립 등이 필요함.

- 이를 위해서는 본 연구에서 토마토 일본 수출성공요인으로 제시한 규모화·조직화를 바탕으로 지속적 물량수집 체계 및 마케팅 활동, 상품화 과정, 수출 자조금 및 정부보조가 갖춰져야 함.
 - 구체적으로 재배단계 이전에 규모화 및 조직화를 통하여 지속적·안정적 수출물량을 확보하고 수출국 바이어를 발굴하거나 수출국 소비자 선호를 파악하는 과정이 선행되어야 함.
 - 이와 더불어 재배단계에서는 수입국 소비자 선호에 적합한 품종을 선택하고 검역과정에서 안전성이 문제가 발생하지 않도록 재배기술을 표준화 하고 메뉴얼화 하는 과정이 필요함. 또한 유통과정에서는 토마토의 신선도 및 품위가 유지될 수 있도록 상품화 및 물류체계 표준화를 병행하여야 함.
 - 토마토 산지유통조직이 국제경쟁력을 갖추기 전까지 물류비 등 정부보조를 지속적으로 지원하고, 토마토 수출조직을 중심으로 수출 자조금을 적립하고 이를 통하여 일본 시장에서 홍보 및 소비촉진 활동, 마케팅 지원 등의 역할을 체계적으로 수행할 수 있어야 함.
- ② 연구 결과 토마토 수출 성공요인은 규모화·조직화 및 마케팅 능력, 수출 상품화 과정, 수출 자조금 및 정부보조가 필요한 것으로 나타났음.
- 이와 같은 연구 결과 토마토 수출 성공요인은 조직화, 생산, 물류, 마케팅, 정부 보조 등 다양한 부분이 결합되어야 가능하다는 것을 알 수 있음.
 - 그러나 토마토 수출 중 가장 중요한 것은 균일한 품질의 토마토가 꾸준히 공급될 수 있는 체계라고 판단됨. 만약 수출시장에서 품질 경쟁력을 바탕으로 지속적인 물량공급 체계가 갖춰지지 않는다면 수입국 바이어와 소비자 입장에서는 해당 상품을 취급할 수도 없고 구매하지 않기 때문임.
 - 균일한 품질의 토마토가 수출 상대국에 지속적으로 공급될 수 있는 체계를 갖추기 위해서는 먼저 고품질 토마토 생산 능력을 갖춘 생산자의 조직화 체계를 구축하여 수출물량을 꾸준히 확보할 수 있어야 함.
 - 고품질 토마토 생산기반을 갖춘 생산자의 조직화를 기반으로 품종통일, 재배방법 메뉴얼화 등을 갖춘다면 수출국에 균일한 품질의 토마토가 지속적으로 공급될 수 있는 기반을 구축할 수 있음.
- ③ 그러므로 본 연구에서는 고품질 토마토를 생산할 수 있는 기반을 갖춘 농가 또는 법인을 조직화하여 수출국에 꾸준한 물량을 공급할 수 있는 체계를 구축하는 것에 단기적인 목표가 있음.
- 본 연구에서는 현재까지 토마토 수출 경험을 보유하고 있거나 생산시설이 현대화·규모화된 법인을 대상으로 지속적인 교육을 통해 조직화 체계를 구축하는 것에 단기적 목표가 있음
 - 토마토 생산자를 조직화 하는 이유는 기술수준이 높고 생산규모가 큰 개별 생산자라 하더라도 수출시장에서의 물량 및 가격 교섭력을 가질 수 없음. 또한 토마토 생산시기 및 주산지가 변동하는 특성 때문에 생산시설이 현대화·규모화 된 법인이라도 연중 꾸준한 물량을 지속적으로 출하할 수 없어 안정적인 물량공급이 불가능하기 때문임.
- ④ 본 연구는 단기적으로 토마토 생산기반이 현대화·규모화를 이룬 법인을 우선적으로 조직

화하여 지속적 수출체계를 구축하고 중장기적으로 품종통일, 재배방식 메뉴얼화 등을 통하여 수출시장에서 경쟁력을 갖추는 것임.

- 토마토 생산 법인의 조직화에 대한 동기 부여를 강화시키기 위하여 2010년 농림수산물식품부에서 추진한 “28개 품목별 대표조직” 중 토마토 대표조직에 사단법인 형태로 소속되었음.
- 토마토 대표조직 구성은 농협과 영농조합 법인으로 구성되어 있고 농협은 내수분과를 담당하고 조직화 체계를 갖춘 11개 법인은 수출 분과를 담당하고 있음.
- 토마토 수출의 시너지 효과를 높이기 위하여 향후 “정부-지방자치단체-토마토 수출 법인”의 연계성을 강화시켜 지속적 수출기반을 확립해 나갈 것임.

(2) 조직화 개념 및 효과 검토

Coase(1937)는 조직화를 형성하는 이유로 생산자입장에서는 주로 거래비용을 절감하기 위하여 조직을 구성한다고 정의하였음.

- ① Coase의 조직화 개념은 현재까지 일반화 된 이론으로 받아들여지고 있음. Coase는 생산자가 조직화를 통하여 물량을 규모화 하고 이를 바탕으로 각종 거래과정에서 소요되는 비용을 절감하기 위하여 조직을 구성한다고 판단하고 있음.
 - Richardson(1972), Williamson(1975)은 거래 당사자 간 교섭과정에서 발생할 수 있는 불확실성 및 거래비용을 절감하기 위하여 조직을 구성한다고 하였음.
 - 이들은 생산자가 거래비용 감소 및 거래과정에서 불확실성의 감소 등 때문에 조직화를 구성한다고 판단하고 있음. 이 이외에도 생산자가 조직화를 형성하는 이유는 안정적 물량 공급, 정보획득 등 다양한 측면에서 우위를 점할 수 있다는 이론 등이 조직화를 필요성을 뒷받침 해주고 있음.
- ② Karl Weick(1969)은 조직화를 개별경제 주체들이 공동의 목표를 가지고 상호 협력을 통해 하나의 조직을 형성해 가는 것이라고 정의하여 조직화를 이룩하는 과정을 중시하였음.
 - Karl Weick은 조직화를 형성하였다는 결론론 보다는 공동의 목표의식을 보유한 개별 경제주체가 하나의 조직을 형성해 가면서 이해 및 갈등관계를 조정하고 결속력을 강화시켜 나가는 과정을 중시하였음.
 - Karl Weick의 조직화는 결속력 없는 조직의 탄생보다는 조직화 과정에서 발생하는 다양한 문제점을 해결하고자 하는 노력이 조직의 결속력을 강화시키고 공동의 목표를 뚜렷이 하는 것이라고 판단됨.
 - Karl Weick의 조직화는 조직화 결과 보다는 조직화 과정을 통한 다양한 경험과 학습을 통해 얻는 지식과 경험을 더 중시하였고 이러한 과정을 통하여 탄생된 조직은 결속력이 강해 지속적으로 성장할 수 있는 가능성이 높다고 여겨짐.
- ③ 조직화 효과는 다양한 측면에서 나타나지만 토마토 수출 법인 조직화를 통해 얻고자 하는 효과는 규모의 경제, 시장 교섭력 강화, 수급조절 등의 역할임.
 - 토마토 수출 조직의 경우 조직화를 통해 개별 조직 간의 협의를 바탕으로 안정적이고 지속적인 수출 물량 확보와 상호 협력을 통한 상품 경쟁력 확보를 목적으로 하고 있음.
 - 토마토 조직화는 현재 토마토를 생산하는 개별 조직이 달성할 수 없는 안정적인 물량 확보와 시장 지배력을 달성 할 수 있다고 판단됨.

- 수출 시장에서의 비교 우위를 차지하기 위해서 상품성 향상과 가격 경쟁력이 갖추는 것이 필수적임. 이를 위해 생산자를 단일화 조직으로 만들어 일관된 상품 생산과 규모의 경제를 달성하여야 함.
- ④ 규모의 경제란 생산량이 증가됨에 따라 평균생산비용이 하락하는 것으로 생산량이 증가함에 따라 장기평균비용 곡선이 우하향하는 상태를 뜻함. 이 때 생산 규모가 커질수록 생산 단가는 하락하게 되어 생산비의 측면에서 비교우위를 가지게 됨.
- 토마토 생산자의 조직화를 통해 개별 조직이 달성 할 수 없는 규모의 경제 효과를 얻을 수 있다고 여겨짐. 토마토 생산에 필요한 생산 요소의 공동 구매와 공동 기술 개발로 인한 규모의 경제 효과와 더불어 생산량의 증대에 따르는 수익의 증대를 기대할 수 있음.
 - 개별 생산자 단위의 독립된 주체들이 협의 과정을 통해 협조적 관계를 형성함으로써 기술적인 측면의 향상을 이룰 수도 있으며 이는 곧 생산 비용의 절감으로 연계되어 규모의 경제 효과를 가져 오게 됨.
 - 개별 주체가 가지고 있는 기술력을 공유함으로써 생산 효율성을 증대 시켜 줌. 높은 기술력을 조직 내의 개별 주체들에게 이전시켜 생산비 감소와 생산품의 질적 향상을 도모함과 동시에 재배 기술의 메뉴얼화를 통해 다수의 생산지에서 단일한 상품 생산이 가능해 짐.
- ⑤ 단일화 된 조직은 비용의 절감과 함께 공급량의 조절을 가능하게 하여 시장 교섭력을 발휘하는 것이 가능해 짐.
- 개별 주체들이 합의에 의해 생산량의 조절이 가능해지고 물량 확보를 통해 시장 지배력과 경쟁력을 달성 할 수 있음.
 - 또한 하나의 조직이 생산량을 결정하여 물량을 조절함으로써 수급 조절을 가능하게 함. 따라서 단일 조직이 보유한 물량으로 시장의 공급량을 조절할 수 있음. 따라서 가격 폭락을 헤지 할 수 있는 힘을 가지게 됨.
- ⑥ 생산량의 결정에서부터 품질 관리 및 수확 시기 결정 등이 조직적으로 이루어짐에 따라 개별적인 시장 대응보다는 조직화를 함으로써 외부 환경 변화에 적극적이고 체계적인 대처가 가능함.
- 안정적인 물량 확보와 상품의 질적 우수성을 바탕으로 시장 지배력과 가격 교섭력을 가지게 됨.
 - 조직화를 통해 생산 및 유통 과정의 효율성을 높이고 자원 낭비의 최소화를 꾀함.
 - 단일 조직은 생산량과 품질을 통제하여 소비자의 선호에 능동적으로 대처할 수 있음. 즉 소비자 선호에 맞는 상품을 생산하고 수요량에 맞춰 공급량의 조절이 가능해지면 가격 폭락은 방지 할 수 있음.
 - 공동 마케팅을 통해 거래비용 및 유통 비용의 절감 효과를 기대 할 수 있음.
- ⑦ 조직화를 통해 토마토라는 산물을 생산함에 있어 생산자의 이윤 극대화를 달성하고 소비자의 선호에 적합한 상품 생산과 생산 메뉴얼화를 통한 가격 경쟁력 확보가 가능해 짐.
- 산업 조직론에서의 단체 생산 이론은 개별 생산자에 의한 생산보다는 조직화를 통한 공동 생산이 더 많은 산출량을 가질 수 있다고 여기고 있음.

- 이것은 조직화를 기반으로 단체 생산이 이루어지면 기술적인 우위와 생산량의 증대 효과가 나타나 초과 이윤 달성이 가능하다고 보는 시각임.
- 그러므로 토마토 수출 법인의 생산자 조직화는 재배 기술의 우위와 생산량의 극대화를 통해 이윤 극대화를 달성 할 수 있다고 봄.
- 토마토 생산자를 단일 조직화함으로써 체계적, 제도적 육성이 가능해 짐. 생산물의 차별화, 규모화가 가능해 짐과 동시에 정부의 지원을 단일화, 체계화를 도모 할 수 있음. 정부 차원에서도 자원 낭비의 최소화가 가능해 짐.

(3) 토마토 수출 조직화 필요성

- ① 포스너(Posner)는 기술 개발 이론을 주장하며 기술의 변화가 무역의 방향을 결정하는 중요한 동태적 변수라고 함. 즉 시간이 흐름에 따라 기술력의 차이가 나타남. 이런 현상을 동태적 과정의 하나라고 봄. 새로운 기술은 국내 시장을 독점하게 되고 수출 시장에서도 일시적으로 절대 우위를 가지게 함. 그 결과 초과 이윤을 달성하게 됨.
 - 토마토 생산 조직의 조직화를 통해 재배 기술면에서의 비교 우위를 가짐으로써 국내 시장에서는 물론 수출 시장에서도 어느 정도의 독점력을 가질 수 있고 초과 이윤을 얻을 수 있다고 봄.
 - 조직화를 통한 기술력 향상은 고부가가치 상품 개발 가능하게 함. 이는 내수 시장에서 뿐만 아니라 수출 시장에서의 경쟁력도 확보할 수 있음.
 - 한편 계속적인 생산 기술의 진보를 위해서는 조직화를 통한 개별 조직의 끊임없는 노력과 협력 그리고 투자가 수반되어야 함. 재배 기술을 통한 생산물의 특화와 고품질화는 시장 경쟁력의 필수 조건임.
- ② 버논(vernion)은 상품의 표준화에 초점을 둔 제품 주기설을 제시하였음. 즉 생산물은 신생기, 성숙기, 그리고 표준화기의 3단계 주기를 갖는다는 것임. 신생기에는 소비자의 선호를 파악하고 대처하여 하고 성숙기에 들어서면 마케팅이나 자본 설비 등이 중요한 경쟁력이 되고, 점차 생산 기술이 표준화되기 시작함. 마지막으로 생산물이 대중화 되고 확산되면 표준화기에 진입한 것으로 봄.
 - 위와 같은 이론을 통해 볼 때 현재 토마토 생산자 조직은 수출 시장에서 신생기에 위치한 것으로 보임. 즉 토마토 수출 조직을 육성하여 수출 상대국의 소비자 선호를 확실히 파악하고 그에 맞는 생산물을 재배 하여야함.
 - 수출 상대국의 소비자 선호뿐만 아니라 수출 상대국의 품질 관리 기준을 정확히 인식하여 수출품의 품질 관리에 관한 표준화 방안 마련하고 개별 주체에게 교육 지도 함으로써 기준에 적합한 상품 생산이 가능하도록 함.
 - 더 나아가 조직화를 통해 수출 시장 개척을 위한 마케팅 능력을 갖추고 더 나은 경쟁력을 위해 기술 개발을 통한 재배 기술을 메뉴얼화 하는 것이 토마토 수출 조직의 목적임.
- ③ 국내의 개별 수출조직에 의한 다방향 수출 시장 개척은 수출 시장에서 개별 조직 간의 과다 경쟁이 발생 할 수 있음. 조직화를 통한 단일 수출 시장 개척 채널을 마련하여 국내 수출업체 간의 경쟁을 방지하고 장기적인 안목을 가지고 전략적으로 해외 시장을 개척 할 수 있음.

- ④ 국내 가격이 수출 가격보다 높을 경우 생산자들의 일방적 계약 파기가 발생하여 수출업체의 피해가 발생하는 것이 현실임. 이러한 생산자의 단기적인 시각에 의한 돌발 행동은 수출 시장에서 결국은 생산자의 신뢰성 문제를 야기함. 따라서 조직화를 통해 물량 확보를 위한 다채널을 구조화하는 것이 필요함.
- 수출 시장은 단발적인 물량 공급보다는 지속적이고 안정적인 물량 공급을 원하기 때문에 수출 상대국의 수입업자와의 신용을 지키기 위한 방안이 마련되어야 함. 즉 토마토 수출을 위해 단일 조직을 구성하여 수출 물량의 안정적 공급 체계 마련하고 이를 바탕으로 지속적인 수출을 달성함.
- ⑤ 수출 시장은 국내 소비 시장에서 보다 더 많은 위험에 노출됨. 수출 상대국 소비자의 선호뿐만 아니라 환율이라는 거시 변수의 변동성 문제도 발생 함. 그 외에도 기후적인 변화와 정치적인 요인에 의해 소비 시장에서 예상하지 못한 문제가 있을 수 있음. 따라서 조직화를 통해 수출 시장에 대한 전문 인력을 확보하고 그에 적극 대응 가능한 체제를 갖추어야 함.

다. 토마토 조직화 체계 구축 및 성과

(1) 토마토 수출 법인의 조직화 실적

(가) 11개 법인의 조직화가 실현 됨

지역	법인명	내	용
전 라 남 도 권	보성 참조은 영농 조합 법인	대 표	한 해 룡
		주 소	전라남도 보성군 득량면 해평리 183
		재 배 시 설 면 적	수경재배 표준화 온실 23,100㎡
		품 목	완숙 토마토
		재 배 시 기	동절기(10월~4월)
		총 생 산 량	280톤
		대 표 번 호	061)853-8365
		FAX	061)853-8365
	농업 회사 법인 자연 속애	대 표	고 영 하
		주 소	전라남도 화순군 능주면 원지리 42-1
		재 배 시 설 면 적	수경재배 표준화 온실 3,300㎡
		품 목	방울 토마토
		재 배 시 기	동절기(10월~4월)
		총 생 산 량	2.5톤
		대 표 번 호	061)373-6686
	FAX	061)373-6687	
	한국 토마토 생산 무역 (KTPT)	대 표	이 길 호
		주 소	전라남도 화순군 능주면 원지리 42-1
		재 배 시 설 면 적	수경재배 표준화 온실 13,200㎡
		품 목	방울 토마토
		재 배 시 기	동절기(10월~4월)
총 생 산 량		10톤	
대 표 번 호	061)373-6686		
FAX	061)373-6687		

지역	법인명	내 용	
경기권	토마토영농조합법인	대표	최승국
		주소	경기도 고양시 일산서구 덕이동 1006번지
		재배시설면적	수경배지 유리온실 17,160㎡ / 토경시설 26,400㎡
		품목	친환경 완숙 토마토
		재배시기	연중 재배
		총생산량	500톤
		대표번호 FAX	1555-4552 031)914-3048
충청남도권	농업회사법인 주식회사 팜스	대표	윤원식, 고시립
		주소	충청남도 논산시 광석면 사월리 180-3
		재배시설면적	수경재배 유리 온실 26,400㎡
		품목	완숙 토마토
		재배시기	연중 재배
		총생산량	800톤
		대표번호 FAX	041)733-3535 041)733-3634
전라북도권	그린팜영농조합법인	대표	김현정
		주소	전라북도 순창군 복흥면 동산리 530번지
		재배시설면적	수경재배 유리온실 9,900㎡
		품목	완숙 토마토
		재배시기	연중
		총생산량	270톤
		대표번호 FAX	063)544-0204 063)544-0204
	푸른농장영농조합법인	대표	박문신
		주소	전라북도 김제시 만경읍 소토리 165-4
		재배시설면적	수경배지 유리 온실 4,950㎡
		품목	완숙 토마토
		재배시기	연중
		총생산량	130톤
		대표번호 FAX	063)544-0204 063)544-0204
경상남도권	홍원농산영농조합법인	대표	지현호
		주소	경상남도 함안군 군북면 유현리 53-1
		재배시설면적	수경재배 표준화 온실 33,000㎡
		품목	방울 토마토
		재배시기	동절기에서 하절기 초반(10월~6월)
		총생산량	400톤
		대표번호 FAX	055)585-9005 055)585-9006
	김해수출채소영농조합법인	대표	주현철
		주소	경상남도 김해시 대동면 조눌리 202-34
		재배시설면적	수경재배 표준화 온실 13,200㎡
		품목	완숙 토마토
		재배시기	동절기(10월~4월)
		총생산량	480톤
		대표번호 FAX	055)335-7603 055)331-6325

지역	법인명	내 용	
경 상 북 도 권	청송 채소 수출 영농 조합 법인	대 표	이 경 돈
		주 소	경상북도 청송군 부남면 구천리 756
		재 배 시 설 면 적	수경배지 현대화 온실 13,200m ²
		품 목	완숙 토마토
		재 배 시 기	하절기(7월~9월)
		총 생 산 량	140톤
		대 표 번 호	054)873-1759
		FAX	054)874-7277
	경주 수출 채소 영농 조합 법인	대 표	소 정 호
		주 소	경상남도 경주시 내남면 이조리 232
		재 배 시 설 면 적	수경재배 표준화 온실 13,200m ² 토경 온실 26,400m ²
		품 목	완숙 토마토
		재 배 시 기	동절기(10월~4월)
		총 생 산 량	480톤
		대 표 번 호	054)748-8856
		FAX	054)748-8856

(2) 조직화 구축을 통한 토마토 수출 실적

- 2010년 8월부터 매주 목요일 수출 되고 있음

수출 법인명	한국토마토 생산무역(KTPT)
수출 농가	화순군 수출단지 농가
수출 품목	방울토마토
수출 국가	홍콩
수출 규격	200g * 15 / 3kg
수출 조건	수입자 포장 및 물류비 부담
수출 물량	1회 평균 750kg(3kg*250box)
수출 실적	총 16톤 (54,000,000원)
2010년 예상실적	25톤 (주당 3톤으로 증가)

라. 결론

- (1) 우리나라의 토마토 재배는 1969년 국내에 토마토 시설 재배 도입을 시작으로 토마토 생산량이 증가하였고 지난 10년간 국내 토마토 생산량은 41.4%증가 하였고, 연평균 약 3.84% 성장하고 있음. 뿐만 아니라 토마토는 2002년 건강 성분에 대한 홍보로 소비가 증가함. 2000년부터 2007년까지 1인당 소비량의 경우 연평균 10% 증가하였음. 그러나 2007년을 기점으로 일본의 신선 농산물 검역 강화로 수출이 감소하기 시작하여 국내 토마토 시장은 과잉 공급 상황이 됨. 공급량이 수요량을 초과함에 따라 실질소비자 가격이 하락하게 됨.
- (2) 본 연구는 현 시점에서 토마토 생산량의 일부가 수출확대로 이어진다면 향후 국내 토마토 수급 및 가격 안정에도 큰 도움이 될 것으로 보고 토마토 수출을 늘리기 위한 새로운 수출확대 방안 마련을 위한 것임.

- (3) 우선 일본 수출 성공요인을 분석하여 3개의 요인을 추출함. 항목 간 내적 일관성을 측정하기 위해 Cronbach's Alpha 값을 사용한 결과 0.756으로 1에 가까운 값을 보여 신뢰도가 높은 것으로 나타남. 그리고 Varimax 회전방법을 이용하여 요인 분석한 결과 3개의 요인이 추출 되었고 그 설명력은 61.4%러 나타남.
- 토마토 수출 성공요인으로 규모화·조직화, 마케팅 능력 수출 상품화 그리고 수출 자조금 적립 및 정부보조로 설명되었음.
- (4) 이와 같은 결과를 바탕으로 볼 때 재배단계 이전에 규모화 및 조직화를 통하여 지속적·안정적 수출물량을 확보하고 수출국 바이어를 발굴하여 수출 시장 개척과 수출국 소비자 선호를 파악하는 과정이 선행되어야 함.
- 재배단계에서는 수입국 소비자 선호에 적합한 품종을 선택, 재배하고 검역과정에서 안전성이 문제가 발생되지 않도록 재배기술을 메뉴얼화하고 생산자 교육을 실시하여함 함.
 - 유통과정에서는 토마토의 신선도 및 품위가 유지될 수 있도록 상품화 및 물류체계 표준화를 병행하여야 하며 토마토 산지유통조직이 경쟁력을 갖추기 전까지 물류비 등을 보조하는 정부 보조도 지속되어야 함.
 - 또한 토마토 수출조직을 중심으로 수출 자조금을 적립하여 국내 및 수출시장 가격 차이에 대비하여야 하고 홍보 및 소비촉진 활동, 브랜드 개발 등도 체계적으로 수행할 수 있어야 함.
 - 수출 시장에 대한 전문 인력을 확보하여 수출시 발생 할 수 있는 제반 문제에 대처 가능하도록 하여야 함.
- (5) 현재 11개 법인의 조직화가 실현되었고, 총 16톤의 방울토마토를 수출하였음.
- 조직화 법인과 조직화를 희망하는 생산자를 대상으로 15회 조직화 교육을 실시하였음.
 - 조직화 된 법인을 대상으로 재배 기술 교육과 안정성에 관한 교육을 실시함.
 - 수출 실적으로는 지난 8월 쉬풍 그룹과 방울토마토 700kg 수출을 계약을 맺음.
 - 매주 1회씩 수출하여 2010년 내에 25톤의 물량을 수출 할 것이 예상됨.
- (6) 조직화는 주로 생산자입장에서는 거래비용을 절감하기 위하여 조직을 구성한다고 보는 설 (Coase(1937))이 지배적이며 그 이외에도 거래 당사자 간 교섭과정에서 발생할 수 있는 불확실성 및 거래비용을 절감하기 위하여 조직을 구성한다고 봄.(Richardson(1972), Williamson(1975)) - 이외에도 생산자는 시장 교섭력 증대, 거래비용감소, 안정적 물량 공급처 확보, 정보획득 등 다양한 측면에서 우위를 점할 수 있다는 이론 등이 조직화를 필요성을 뒷받침 해주고 있음.
- 토마토 수출 조직을 통해 수출 물량을 연중 안정적으로 확보하고 이를 통해 시장 교섭력을 갖고자 함. 또한 조직 내에서 정보의 교류와 교육으로 상품성 향상을 도모하고 개별 생산자 사이에 발생하는 거래 비용을 최소화하고자 함.
- (7) 수출 시장에서의 비교 우위를 달성하기 위해서 상품성 향상과 가격 경쟁력이 갖추는 것이 필수적임. 이를 위해 생산자를 단일 조직화 하여 일관된 상품 생산과 규모의 경제를 달성하는 것에 목적을 둬.

- 포스너(Posner)의 기술 개발 이론에서 기술적 우위를 통해 시장 장악력을 확보한다고 봄.
- 따라서 조직화를 통해 고품질화 및 소비자 선호에 맞는 상품 개발로 국내 시장과 수출 시장 모두에서 비교 우위를 가질 수 있게 됨. 이러한 비교 우위를 통해 초과 이윤 달성으로 연결 됨.
- 생산자의 이윤 극대화로 발생하는 초과 이윤은 지속적인 기술 개발의 동력이 됨. 기술력의 확보와 상호 협력의 분위기를 조성하여 우수 품질 생산과 물량 확보를 기반으로 한 수출 시장에서의 우위 확보가 토마토 수출 조직화의 목적임.
- 조직화를 통해 상품 경쟁력과 가격 경쟁력을 갖게 된다면 지속적이고 안정적인 수출 시스템 구축이 가능하다고 봄. 나아가 체계적인 수출 시스템이 마련된다면 수출 경쟁력이 향상될 것으로 예상함.
- 즉 조직화를 통한 수출 경쟁력 확보는 수출 시스템 마련의 기반이 되고 이는 다시 수출 경쟁력 제고의 발판이 되어 상호보완적으로 상승효과를 가져오게 됨.

< 수출 전략 및 마케팅 >

1. 국내와 세계 토마토 시장 동향 조사 및 분석

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

- 문헌, 인터넷 등을 이용하여 수출관련 통계 및 수출대상국 정책 등을 조사·분석함.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 세계 토마토 시장 동향

(가) 생산동향

① 토마토 주요 생산국: 중국, 미국, 인도, 터키, 이태리, 스페인 등.

- 재배면적: 중국이 925 천ha로 전세계면적의 21%를 차지함.
- 생산량: 중국이 47,116 천톤으로 가장 많고, 다음으로 미국, 인도, 터키 순임.

② 재배유형

- 국가별 주요 재배유형: 네덜란드-장기재배, 한국-반축성재배, 미국 및 중국-노지재배
- 네덜란드는 유리온실에서 장기재배를 통하여 연중 전문적 수경재배기술로 재배하여 생산량이 많으나, 한국은 토양에서 단기간 재배하기 때문에 생산량이 적음(수확기간: 화란 9개월, 한국 6개월).

표. 국가별 신선토마토 생산동향

국가	재배면적(천ha)	생산량(천톤)
세계전체	4,413	151,699
한국	5	325
중국	925	47,116
미국	159	12,859
터키	304	10,052
인도	634	12,433
이집트	216	8,545
이탈리아	119	6,025
그 외 국가	2,051	54,344

* 자료: FAOSTAT(2010년 기준)

(나) 신선토마토의 교역동향

- ① 우리나라는 식물 방역법상 신선토마토 수입이 금지되어 있어 수입이 이루어지지 않고 있음(일본 제외).
- ② 신선토마토의 세계 각국 수출은 매년 증가하고 있는 추세임. 2006년 5,702 천톤에서 2010년 7,336 천톤으로 35.7% 증가함.
- ③ 주 수출국은 멕시코, 네덜란드, 스페인, 터키, 시리아 등임.
 - 2011년 최대 수출국은 멕시코로 1,510 천톤을 수출하여 세계 수출물량의 28.7%임.
 - 멕시코와 네덜란드는 각각 2006년 1,032 천톤, 776 천톤에서 2010년 1,510 천톤, 943 천톤으로 증가추세를 보이고 있고, 스페인은 2006년 987 천톤에서 2010년 739 천톤으로 25% 감소세를 보임.
- ④ 신선토마토 수입은 수출에 비례하여 증가추세이며, 2006년 5,435 천톤에서 2010년 6,724천

톤으로 23.7% 증가함.

- ⑤ 주 수출국은 미국, 러시아, 독일, 프랑스, 영국 등 유럽국가와 이라크, 사우디아라비아 등임. 미국은 전체 수입량의 22.8%를 차지함.

표. 국가별 신선토마토 수출동향

(단위: 천톤)

국가	2006	2007	2008	2009	2010
세계전체	5,702	6,370	6,512	6,927	7,336
멕시코	1,032	1,073	1,043	1,136	1,510
네덜란드	776	835	921	976	943
스페인	987	881	939	830	739
터키	304	372	440	542	574
시리아	559	494	368	627	408
모로코	192	298	346	410	372
요르단	305	387	394	432	371
이란	137	139	0	0	265
미국	144	245	252	241	224
벨기에	200	203	189	200	193
프랑스	121	167	180	196	191
캐나다	142	125	139	153	167
이탈리아	103	110	111	93	129
중국	77	0	117	108	104
폴란드	58	75	88	72	72
우크라이나	0	0	0	69	57
우즈베키스탄	49	33	0	0	51
이스라엘	36	36	37	39	37

* 자료: FAOSTAT(2010년 기준)

표. 국가별 신선토마토 수입동향

(단위: 천톤)

국가	2006	2007	2008	2009	2010
미국	992	1,071	1,116	1,190	1,532
러시아	414	551	674	694	699
독일	652	664	655	657	681
프랑스	569	493	483	535	501
영국	442	420	419	397	387
이라크	252	655	112	148	372
사우디아라비아	210	208	22	190	208
캐나다	182	197	193	192	193
네덜란드	248	200	156	187	183
스페인	56	58	189	192	163
아랍에미리트	124	98	103	113	125
폴란드	64	78	96	101	102
이탈리아	89	82	86	130	97
체코	84	86	95	95	91
스웨덴	85	84	85	86	86
세계전체	5,435	6,105	5,787	6,308	6,724

* 자료: FAOSTAT(2010년 기준)

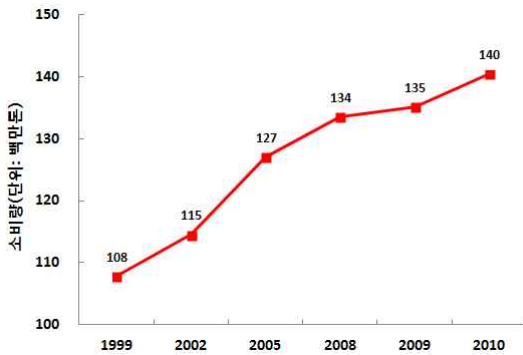
(다) 소비동향

- ① 토마토의 건강에 관한 효능이 알려지면서 2004년까지 견조한 상승세를 나타내다가 그 이후 일정한 수준을 나타내고 있음.
- ② 토마토의 리코펜 성분이 건강기능성 효과가 있고 미용, 노화방지에도 도움을 주는 것으로 나타나 향후 세계적으로 토마토에 대한 소비가 지속적으로 증가할 가능성이 높음.

표. 세계 토마토 소비현황

(단위: 천톤)

구분	2005	2008	2009	2010
계	127,054	133,541	135,172	140,435
북미	15,156	17,852	15,595	16,347
남미	7,909	8,067	8,828	8,702
EU27	17,336	15,516	15,098	16,742
기타유럽	15,722	15,790	17,280	17,564
아프리카	18,165	20,818	21,610	22,708
중동	8,971	9,726	9,186	9,837
아시아	43,064	45,041	46,639	47,677
오세아니아	731	731	936	858



* 자료: World Processing Tomato Council

(2) 국내 토마토 시장 동향

(가) 산업동향

- ① 토마토 생산액은 2012년 기준 1,000십억 원으로 과채류 품목 중 딸기, 수박에 이어 세 번째로 생산액이 큰 품목임. 건강에 대한 관심증가에 따라 매년 성장세를 보임.
- ② 국내 토마토 산업은 주로 신선 소비용에 초점이 맞춰져 있으며, 가공산업은 대부분 페이스트 형태로 해외에서 수입하여 2차적으로 케첩이나 소스로 가공하는 형태의 산업구조임.

<국내 과채류 생산량>

<국내 과채류 생산액>

(단위: 천톤)

(단위: 십억 원)

순위	구분	2009	2010	2011	2012	순위	구분	2009	2010	2011	2012
	전체	2,355	2,052	1,933	2,068		전체	3,543	4,220	3,935	4,953
1	수박	847	679	609	643	1	딸기	858	1054	894	1,189
2	토마토	384	325	368	432	2	수박	826	849	754	1,006
3	오이	352	306	304	288	3	토마토	603	600	704	1,000
4	딸기	204	232	172	192	4	오이	465	276	438	474
...	기타	568	510	480	513	...	기타	877	1,441	1,145	1,758

* 자료: 농림축산식품부, 농림수산물주요통계 2011

(나) 생산동향

- ① 2007년도까지 생산액과 생산량 및 재배면적 증가
- ② 2008년 토마토 재배면적은 2007년 대비 16.4% 감소하였는데 이는 기상호조로 연중 공급이 많고 가격이 평년에 비해 낮게 형성되면서 전남, 경북지역에서 오이나 수박으로 재배를 전환하거나 2기작 재배를 줄였기 때문으로 파악됨(농촌경제연구원, 농업전망 2009).
- ③ 2010년도의 생산량 감소는 겨울 및 여름철 일조부족 및 고온이 원인임.
- ④ 2011년은 출하기 가격 상승 기대와 지자체 시설지원사업, 타작목에서 전환 등의 요인으로 전년보다 11% 증가한 5,850ha임.
- ⑤ 재배면적과 생산량의 급격한 확대는 토마토가 웰빙식품으로 인식되어 국내 소비가 큰 폭으로 증가하여 토마토 가격이 상승한데에 기인한 것으로 판단됨.

표. 전국 토마토 생산 면적 및 생산현황

(단위: 억원, 천톤, ha, 호)

구분	생산액	생산량	재배면적	농가수
2000	1,895	277	4,916	10,335
2005	6,287	439	6,749	13,751
2006	6,243	433	6,613	-
2007	6,642	480	7,353	-
2008	5,778	408	6,144	-
2009	6,028	384	6,188	-
2010	6,001	325	5,270	10,306
2011	7,039	368	5,850	-
2012	10,000	433	6,344	-
2000년 대비	428% ↑	33% ↑	19% ↑	-

* 농가 수는 5년마다 집계됨.

* 자료: 농업총조사, 농산물수출입 통계자료

(다) 수출동향

- ① 우리나라의 토마토 수출은 주로 신선품 위주로 1995년부터 1백만불을 넘기 시작하여 2000년까지 급격히 증가하여 12,678톤(22,949천불) 수출된 이후 크게 감소하는 추세를 보임.
- ② 우리나라의 주 수출시장은 일본임. 2000년 11월에 일본으로 수출된 토마토에서 잔류농약 성분이 검출된 이후 검역이 강화됨에 따라 대일 수출량이 감소하기 시작하였으며, 2000년 경에는 일본의 유통업체에서 수입산을 일본산으로 위장 출하하는 경우가 적발되었던 경우도 존재함.
- ③ 더욱이 2002년 이후에는 국내 가격상승과 주수출국인 일본의 잔류농약 포지티브제도 도입(2006.5)으로 지속적인 감소추세를 보이다 2010년부터 증가 추세로 전환됨.
- ④ 전체토마토 수출량과 금액이 감소세를 보이는 경우에도, 신선토마토의 수출량 및 금액은 증가하였음.
- ⑤ 2012년도 신선토마토 수출물량은 2,437톤으로 전년대비 약 44.7% 증가했으며, 수출금액은 9,483천불로 전년대비 38.3% 증가했음.

< 전체토마토 및 신선토마토, 가공토마토의 수출실적 >

(단위: 톤, 천\$, %)

구분		2008	2009	2010	2011	2012	2013
전체토마토	물량	1,745	1,739	2,303	3,211	4,228	5,484
	금액	4,797	3,904	6,641	9,540	12,904	14,170
신선토마토	물량	644	928	1,071	1,684	2,437	3,248
	금액	1,623	2,273	3,990	6,856	9,483	9,895
가공토마토	물량	1,101	811	1,232	1,527	1,791	2,236
	금액	3,174	1,462	2,758	5,329	7,692	4,275

* 자료: 농수산물유통공사(KATI)

< 국가별 신선토마토 수출실적 >

구분	2008		2009		2010	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액
합계	644	1,623	928	2,273	1,072	3,999
일본	627	1,566	916	2,232	1,034	3,831
홍콩	2	6	3	9	29	106
러시아	8	31	2	17	5	51
싱가포르	1	2	-	-	10kg	11USD
기타	6	18	7	15	4	11
구분	2011		2012		2013	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액
합계	1,684	6,856	2,437	9,483	3,248	9,895
일본	1,625	6,522	2,323	9,097	3,226	9,787
홍콩	16	78	9	33	13	53
러시아	11	97	2	17	3	26
싱가포르	6	41	-	-	-	-
기타	26	118	103	336	6	29

* 자료: 농수산물유통공사(KATI)

(3) 수출장애요인

(가) 가격

- ① 국내가격이 높아서 수출가격경쟁력이 낮음. 유럽의 평균 수출단가는 1500원/kg 정도임.
- ② 국내 가격의 연도별 시기별 높은 변동성
 - 국내시장가격이 고가일 경우 농민이 출하를 기피하여 안정된 물량 확보가 어려움.
 - 국내시장가격이 고가일 경우 농민이 계약단가 조정을 요구하여 안정된 경영이 어려움.

(나) 생산자

- ① 경영능력 부족.
 - 경제성(토마토 수출에 대한 장점)에 대한 인식이 낮음.
 - 전작을 쉽게 함.
- ② 시설
 - 생산기반시설의 규모가 작음.
 - 시설이 낙후됨.
 - 설비 및 장치가 낙후됨.
- ③ 기술
 - 다수확 위주의 생산관리 → 수출대상국에 맞는 규격품(고품질) 생산 미흡.
 - 기술력 부족 및 학습능력 부족으로 생산성 낮음.
 - 병해충에 의해 안전생산물 생산이 어려움.

(다) 수출업체

- ① 수출업체의 비전문성(수출업체의 변동성이 심함).
- ② 수출시장 개척 능력 부족으로 수출국 한정.
- ③ 수출시장이 지나치게 일본에 편중되어 수출지역 다변화 지수가 높고, 안정성이 낮음.
- ④ 물량수집의 어려움(수확되는 사이즈의 변동이 심함).
- ⑤ 한국산 방울토마토는 일본으로 수출되면 95%이상이 업무용으로 판매. 부재료로 토마토를 취급하고 있어, 현재로는 브랜드화도 어렵고 수출가격을 높일 수 없음.
- ⑥ 영세하여 국제시장 변화에 지나치게 민감함.
- ⑦ 선적량이 작아 혼재함.

(라) 수입국

- ① 일본의 경우 ID제도 도입에 따라 등록된 수출업체는 명령검사가 없어졌으나, 그 이외의 수출업체의 경우 잔류농약검사 등으로 신규 업체의 신장에 어려움이 있음.
- ② 원산지표시제 및 생산이력제로 외국산 판로에 애로.
- ③ 한국산의 품질 및 이미지가 일본산에 비해 낮음.
- ④ 일본 식물검역 시 진딧물, 총채벌레 등이 검출되면 폐기 또는 훈증처리 후 통관이 가능함. 일본과 한국의 동일한 해충인 경우에는 제재 없이 통관 요망.
- ⑤ 홍콩 및 싱가포르: 고온 및 긴 수송기간에 의해 수출에 어려움.
- ⑥ 러시아의 극동지역: 작은 소비시장으로 수출효과가 작음.

2. 주요 토마토 수출시장 분석을 통한 수출확대 전략 도출

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

- 문헌, 인터넷 등을 이용하여 수출관련 통계 및 수출대상국 정책 등을 조사하거나 수출대상국을 직접 방문하여 시장규모, 소비자 특성, 제품, 가격 등 수출국 시장현황과 유통구조, 바이어 특성, 애로사항 등을 수집함.
- 위의 자료를 토대로 한국산 토마토의 판매소구점 발굴과 수출상품을 기획하고 수출조건에 적합한 품질, 가격, 유통기간 등을 설계하여 수출시장 확대 전략 및 실행방안을 도출함.

다. 연구결과 및 고찰

(1) 일본시장 분석을 통한 수출확대전략 수립

(가) 생산동향

- ① 일본에서 토마토는 소비자가 자주 구매하는 신선농산물이지만, 다양한 채소 재배와 소비자 기호의 다양화로 재배면적과 생산량이 약간씩 감소하는 추세를 보임.
- ② '10년도까지 재배면적은 매년 약 100ha, 생산량은 만 톤 정도 감소하고 있었으나 '11년에는 재배면적이 200ha 감소하고, 생산량은 약 12,000톤 증가했음.
 - 재배면적: 12,000ha (일반토마토 9,505ha, 방울토마토 2,020ha, 가공용토마토 471ha)
 - 생산량: 703,000톤 (일반토마토 564,500톤, 방울토마토 109,600톤, 가공용토마토 28,900톤)

표. 일본 토마토 재배 및 생산동향

연도	재배면적(ha)	생산량 (톤)	단수(톤/10a)	출하량 (톤)
'00	13,600	806,300	5.93	708,500
'01	13,600	797,800	5.87	699,800
'02	13,300	784,900	5.90	688,600
'03	13,200	759,900	5.75	669,000
'04	13,100	754,900	5.78	665,900
'05	13,000	759,200	5.86	668,100
'06	12,900	728,300	5.66	642,200
'07	12,700	749,200	5.90	663,800
'08	12,500	732,900	5.86	648,100
'09	12,400	716,900	5.78	634,100
'10	12,300	690,900	5.62	613,500
'11	12,000	703,000	5.86	625,900

* 출처: 일본 농림수산성 「채소생산출하통계」 野菜生産出荷統計

- ③ 일본의 토마토는 대부분 시설재배의 보급과 운송수단의 발달로 전국각지에서 연중 출하되고 있음.
- ④ 일본의 주산지는 구마모토, 이바라키, 지바, 홋카이도 순으로 전체면적의 30%를 차지하고 있음.

표. 일본의 지역별 토마토 재배 및 생산현황

주산지	경지면적 (ha)	10a당 수확량 (kg)	생산량 (톤)	출하량 (톤)
전국합계	12,000	5,860	703,100	625,900
홋카이도	784	6,610	51,800	47,600
아오모리	390	4,640	18,100	15,900
후쿠시마	354	5,880	20,800	18,500
이바라키	890	4,640	41,300	37,900
치바	849	5,340	45,300	40,000
니가타	458	2,970	13,600	9,120
나가노	418	4,860	20,300	16,900
아이치	530	8,720	46,200	43,600
구마모토	1,140	9,610	109,600	104,400

* 출처: 농림수산성, 2011년 기준

- ⑤ 소규모 가족농 중심의 생산구조를 가지고 있으며, 토양재배가 대부분이고 수경재배면적은 그다지 증가하지 않고 있음.

(나) 유통동향 분석

- ① 일본에서 재배되고 있는 토마토는 대부분 도매시장으로 출하되고 있음.
- ② 토마토 재배지역에서는 현지 단위농협(JA)를 중심으로 공동출하방식을 택하고 있음.
 - 선별 및 포장은 공동 선별장에서 일괄적으로 함.

③ 포장규격

<도매시장>

- 일반토마토: 1kg, 4kg 박스 포장

골판지 상자 4kg기준	2L	L	M	S	2S
	16과	20과	24과	28과	32과
	200~400g	166~199g	133~165g	114~132g	102g 정도

- 방울토마토: 100~350g 소포장하여 골판지 상자에 재포장

<소매시장>

- 일본의 소비자는 소포장 제품의 선호도가 매우 높음.
- 포장규격과 형태도 소비자에게 어필하기 위하여 다양하게 개발되어 있음.

④ 가격

- 일본의 도매시장에서 일반토마토의 반입물량은 최근 큰 변화 없이 등락 추세를 보임.
- 방울토마토의 경우 소비자의 선호증가에 따라 반입물량이 점차 증가 추세를 보였다가 최근 일정한 수준을 보이고 있으며, 일반토마토에 비해 평균 단가가 높음.

<도쿄도 중앙 도매시장의 연도별 토마토 도매가격>

(단위 : 톤, 백만엔, 엔/kg)

구분		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
일반 토마토	수량	37,932	37,352	38,014	38,824	35,203	39,412	40,126
	금액	11,996	12,415	11,802	12,874	13,455	13,813	16,097
	평균단가	316	332	310	332	382	350	429
방울 토마토	수량	6,337	3,545	6,587	7,003	6,751	7,652	8,450
	금액	3,712	3,934	3,714	3,960	4,495	4,602	5,724
	평균단가	586	601	564	565	666	601	701

* 출처: 도쿄도중앙도매시장(東京部中央卸賣)市場의 大田市場 기준

- 토마토 가격은 반입물량에 따라 가격변동이 큰 편으로 10월부터 이듬해 4월까지 높은 가격을 유지하고 반입물량이 증가하는 5월부터 9월까지 낮은 가격이 낮게 형성되는 특징을 보임.

(다) 소비동향 분석

- ① 일본의 신선토마토 시장은 생식용과 업무용으로 나뉨.
- ② 생식용은 소비자가 직접 구매하는 용도를 의미하며, 업무용은 외식업체, 급식업체 등에서 사용하는 용도를 의미함.
- ③ 현재는 소비자 판매용과 업무용 소비시장 규모가 비슷하다 추정되고 있으나 향후 1인 가계의 증가, 여성의 사회진출, 외식산업의 발달 등의 영향으로 가계소비는 다소 감소하고, 외식의 증가로 업무용 수용이 점차 증가할 것으로 전망됨.

표. 구매패턴의 변화

썰지 않고 한입에 먹을 수 있는 크기 선호	⇒	일반토마토 소비 감소, 방울토마토 (미니/미디) 소비 증가
식미가 우수하고 당도가 높은 것 선호	⇒	후르츠토마토 소비 성장
안전/안심 소비기호로 자국산 선호	⇒	외국산 기피현상
경기침체로 인한 소비패턴 변화	⇒	소포장 제품 선호

* 출처: 농수산물유통공사, '토마토 해외시장 수출여건과 전략

- ④ 또, 장기적으로 신선식품의 소비는 다소 감소하고, 다양한 건강기능성 가공품의 소비가 증가할 것으로 전망됨에 따라 2차 가공을 위한 원료 수입수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상됨.

(라) 수입동향 분석

- ① 일본 전체토마토 공급량의 99.5%가 자국산이고, 0.5%가 수입산임.
- ② 일본의 신선토마토 수입수요는 일반토마토와 방울토마토로 구분되며, 일반토마토의 경우는 주로 과육이 단단한 미국이나 캐나다에서 수입하고, 방울토마토는 한국에서 수입함.
 - 캐나다, 뉴질랜드 산은 장거리로 장시간 보존이 가능하게 덩굴이 부착된 방울토마토가 소량 수입되고 있는 것으로 조사됨.

<신선토마토 수입실적>

(단위 : 톤, 백만엔, 엔/kg)

구분	2009			2010			2011			2012		
	물량	금액	단가	물량	금액	단가	물량	금액	단가	물량	금액	단가
합계	2,338	636	272	2,971	1,042	351	2,963	925	372	6,436	2,206	343
한국	894	221	247	964	319	331	1,621	532	328	2,306	738	320
미국	788	204	259	929	250	269	833	183	220	3,411	1,129	331
캐나다	431	130	302	146	79	541	145	65	448	144	58	400
멕시코	38	25	658	472	240	508	134	76	567	96	58	604
뉴질랜드	187	56	299	460	155	337	230	68	296	332	115	345
네덜란드										145	108	746

* 주) 미국, 캐나다, 멕시코, 뉴질랜드산 등은 주로 일반토마토임.

* 출처: 일본 재무성 「무역통계」

- ③ 일본의 수입량은 점점 증가하고 있으며, 한국산 토마토의 시장점유율도 증가하고 있음.
 - 2012년도는 미국산의 수입비중이 한국산의 점유율보다 높았음.

<국가별 시장점유율 추이>

(톤, %)

구분	전체	한국	미국	캐나다	멕시코	뉴질랜드	네덜란드
'08	1,976	30.6	38.4	25.7	1	4	0
'09	2,338	38.2	34.0	18.4	2	8	0
'10	2,971	32.4	31.3	4.9	15.9	15.5	0
'11	2,963	54.7	28.1	4.9	4.5	7.8	0
'12	6,436	35.8	53.0	2.2	1.5	5.2	2.3

* 출처: 일본 재무성 「무역통계」

(마) 일본시장 확대방안

- ① 국내에서 수출되는 신선토마토의 약 93%(2012년 1~10월 기준)는 일본시장으로 수출되어 수출 집중도가 매우 높음.
 - 토마토는 다른 과일이나 채소류에 비해 과피가 얇아 유통보존기간이 짧으므로 거리가 가까운 일본시장으로의 집중도가 매우 높음.

<국내 신선토마토 수출현황>

(단위 : 톤, 천불)

구분	'08		'09		'10		'11		'12		'13	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액
합계	644	1,623	928	2,273	1,072	3,999	1,660	6,746	2,437	9,483	3,248	9,894
일본	627	1,566	916	2,232	1,034	3,831	1,625	6,522	2,323	9,097	3,226	9,787
홍콩	2	6	3	9	29	106	16	78	9	33	13	53
러시아	8	31	2	17	5	51	11	97	2	17	3	26
대만	4	14	4	9	-	1	1	4	101	328	2	10
기타	3	6	3	6	4	10	7	45	2	8	4	18

* 출처: aT-농수산물무역정보(www.kati.net)

- ② 이에 국외출장을 통한 현지 시장조사, 유통업체 및 바이어 상담 등을 실시함.
- ③ 또, 기존바이어 및 신규바이어 초청을 통해 수출농가 및 선별장 등을 시찰함으로써 마케팅에 활용함.

(2) 신시장 개척

(가) 대만

- ① 대만의 신선토마토 시장규모는 10 만톤 내외이며 수출입 비중은 크지 않고, 생산된 토마토의 약 99%를 내수용으로 소비함.
- ② 대만에서는 10월부터 그 다음해 6월까지가 토마토 성수기이고 6~9월말까지 생산 비수기임. 비수기 시기는 공급량이 50% 감소하고 가격이 가장 비싼 시기임.
- ③ 토마토의 생산이 연중 가능하고 소비 또한 연중 큰 문제없이 다양하게 이루어지고 있음.
- ④ 대만은 토마토 자급률이 높아 신선토마토 수입규모가 그리 크지 않은 편임.
- ⑤ 대만의 수요 수입국은 뉴질랜드, 캐나다, 한국이며, 한국의 경우 2007년부터 수입이 되었으며 까르푸 등 현지 대형유통업체 토마토 판촉전 때 공급된 방울토마토 수출물량으로 파악되고 있음.
- ⑥ 대만 시장 수출확대전략은 크게 신선토마토와 토마토가공품으로 구분하여 접근하되 지리적 인접성을 고려 향후 신선 토마토 수출가능성과 시장 진출 방안을 집중적으로 모색해야 함.

(나) 홍콩

- ① 홍콩의 토마토 생산은 신계(New Territory)지역의 일부지방에서 소량으로 재배되고 있으나 생산량이 전체 수요의 0.25 %수준에 미쳐, 수입에 대부분 의존하고 있음.
- ② 홍콩의 토마토 주 수입국은 중국, 네덜란드, 이스라엘 순이며, 90% 이상이 중국에서 수입되고 있음.
 - 중국에서 수입하는 물량은 전체의 90%에 해당하나 수입단가 기준으로는 전체의 절반정도를 차지함.

- ③ 홍콩에서 한국산은 2013년 기준 약 32 천불로 전체 수입액의 약 1%를 차지함.
- ④ 홍콩에 한국산 토마토는 소량이 지속적으로 수입되나, 국내 판매호조 및 가격경쟁력 문제로 확대가 어려운 상황임.

(다) 러시아

- ① 러시아 현지 토마토 생산은 정체되어 있으며, 자국산 토마토 생산은 계절적인 성격을 보이며 연중 지속되는 유통은 주로 수입에 의존하고 있는 실정임.
- ② 토마토는 러시아의 3대 소비 농산물 중 하나로 가정에서는 토마토소스를 직접 만들어 사용할 정도임.
- ③ 현재 한국산 토마토 수입은 대부분 토마토케첩이 차지하고 있으며 신선토마토 수출은 소량의 방울토마토에 불과함.
- ④ 또, 한국산 토마토 수입은 극동지역에 제한되어 있어, 중국 수입물량과의 경쟁으로 시장여건이 좋지 않음.



3. 국외 출장 및 해외바이어 초청을 통한 수출확대 실행

가. 연구기간: 2008. 08. 20 ~ 2014. 01. 19

나. 연구방법

(1) 국외출장을 통한 현지시장 조사 및 바이어 상담(37건)

년도	기간	국가	상담내용
2008 (1차년도)	09. 01 ~ 06	일본	현지시장 조사
	11. 10 ~ 15	일본	현지시장 조사 / aT오사카지사와 수출협력 / 바이어 상담
	11. 25 ~ 12. 02	일본	현지시장 조사 / aT동경지사와 수출협력 / 바이어 상담
2009 (1차년도)	03. 15 ~ 18	일본	현지시장 조사
	04. 27 ~ 29	대만	현지시장 조사
	09. 14 ~ 16	일본	바이어 상담
2010 (2차년도)	03. 03 ~ 06	홍콩	바이어 상담
	03. 24 ~ 25	일본	현지 토마토 수출상담 및 현지 유통시장 현황 파악
	04. 12 ~ 15	싱가포르	현지시장 조사 / 바이어 상담
	05. 23 ~ 26	러시아	현지시장 조사 / 바이어 상담
	06. 10 ~ 12	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
	07. 26 ~ 31	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
	09. 08 ~ 10	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
	10. 13 ~ 17	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
	11. 04 ~ 06	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
11. 25 ~ 27	일본	바이어 상담	

2011 (3차년도)	02. 23 ~ 25	중국	현지시장 조사
	05. 05 ~ 11	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
	05. 08 ~ 11	일본	현지 시장조사
	05. 09 ~ 15	홍콩	홍콩 식품박람회(HOFEX) 참가 - 한국산 토마토 홍보
	05. 13 ~ 14	일본	일본 바이어 상담 및 유통마켓 조사
	06. 28 ~ 30	홍콩	바이어 상담 / 현지 선별작업 방안 협조
	07. 17 ~ 23	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
	08. 13 ~ 19	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
	08. 18 ~ 21	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
	08. 26 ~ 27	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
	09. 01 ~ 03	홍콩	현지시장 조사 / aT 홍콩지사와 수출협력 바이어 상담
	09. 06 ~ 13	일본	현지농가 및 신토츠카와시 농협 시험재배시설 견학 현지시장 조사 / 바이어 상담
	10. 05 ~ 07	일본	바이어 상담 / 수입업체 견학
	10. 21 ~ 23	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담 차년도 수출물량 확대 협의
2012 (4차년도)	05.19 ~ 20	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
2013 (5차년도)	03. 20 ~ 23	태국	경쟁국 현지시장 조사 / 홍콩바이어 상담
	04. 03 ~ 05	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
	04. 16 ~ 17	일본	현지시장 조사 / 바이어 상담
	05. 09 ~ 12	일본	현지시장 조사
	07. 12 ~ 13	일본	현지시장 조사
	09. 05 ~ 07	홍콩	현지시장조사 및 바이어 상담
  			
  			

- 현지시장조사를 통해 시장의 동향을 분석하고, 현지에서 선호하는 품종 및 기호에 맞는 수출품을 선정함.

- 현지시장의 기간별 토마토 물량을 파악함으로써 연중 공급체계를 마련함.
- 지속적인 바이어와의 접촉을 통해 충성고객화 함으로써 바이어와의 신뢰성을 확보함.
- 신규 바이어 확보를 통해 수출시장의 다변화를 유도함.

(2) 바이어 초청을 통한 수출토마토의 신뢰성 확보

년도	기 간	국가	상담내용
2010 (2차년도)	01. 29 ~ 30	일본	수출농가 방문 및 토마토 수출증대 방안 협의
	03. 19 ~ 20	일본	토마토의 생육상태와 품질확인
	04. 18 ~ 20	일본	토마토 농가를 방문하여 수출 가능성 협의
	06. 11 ~ 12	일본	수출농가 방문 및 토마토 수출증대 방안 협의
	06. 14 ~ 16	일본	수출농가 방문 및 토마토 수출증대 방안 협의
	07. 23 ~ 25	일본	수출농가 방문 및 토마토 수출증대 방안 협의
	09. 18 ~ 20	일본	수출농가 방문 및 토마토 수출증대 방안 협의
	10. 02 ~ 05	홍콩 및 싱가포르	토마토 수출증대 방안 협의
2011 (3차년도)	02. 18 ~ 20	일본	일본 내 M, S사이즈 수요 급증에 따른 4월 한국산 토마토 공급량 협의
	03.08	일본	산지농가 방문 및 수출물량 협의
	04.09	일본	산지농가 및 선별장 방문, 수출물량 협의
	04. 25 ~ 26	일본	산지농가 및 선별장 방문, 수출물량 협의
	05. 18 ~ 20	일본	수출물량 협의 및 토마토 수출증대 방안 협의
	06. 16 ~ 18	일본	방울토마토 일본 동향 및 납품에 관한 협의
	06. 29 ~ 30	일본	산지농가 환경실태 점검 및 수출물량 협의
	07. 15 ~ 17	일본	농가 및 유통업체 방문, 수출관련 협의
	07. 16 ~ 18	일본	하반기 수출물량 협의 및 산지견학
	08. 30 ~ 31	일본	봄철 수출물량 품질약화로 인한 클레임방지 및 고온기 품질관리 협의
	09. 30 ~ 10. 02	일본	하반기 수출물량 협의 및 선별장 건립 현장, 농가 방문
2012 (4차년도)	02. 24 ~ 26	일본	일반토마토 수출 확대방안 협의
	03. 02 ~ 04	일본	금년도 토마토 수출전망 협의
	03. 30 ~ 04. 01	일본	일반토마토 및 방울토마토 수출 확대 방안 협의
	05.25 ~ 28	홍콩	홍콩의 대형유통마켓인 W사의 납품을 위한 구체적 방안 협의
	06. 15 ~ 17	일본	6월 수출예정이었던 부산 강서산지 작황 및 경도 체크
	07. 15 ~ 18	일본	방울 및 일반토마토 재배산지 방문, 토마토 선별작업 및 포장작업 견학, 토마토 가공제품에 대한 관심도 파악

	07.18	일본	일본 소비시장 현황 및 기호도 분석에 따른 수출량 협의
	08. 05 ~ 07	일본	일본 소비자의 선호도가 높은 품종을 협의, 수출전략 실행 방안 모색
	08. 23	일본	일반토마토 수출현황 및 수출물량 협의, 수출산지조성 협의
	10. 04 ~ 06	일본	일반토마토 수출시장 확대를 위한 접근방향 모색
2013 (5차년도)	02. 18 ~ 20	일본	방울토마토 수출 확대방안 협의
	04. 14 ~ 16	일본	엔저현상으로 인한 수출 애로사항 해결 방안 모색
	05. 14 ~15	일본	KINTEX 참가: 토마토 수입업체 수출상담 진행: 한국산 토마토에 대한 안전성 강조를 통해 수출증대 방안 협의
	05. 15	일본	현재 재배되고 있는 토마토 품종의 수출 다양화를 위한 바이어 산지 방문 진행
	06. 08 ~ 10	일본	방울 및 일반토마토 수출확대방안 협의
	07. 19 ~ 20	일본	수출상품에 대한 신뢰성 증진을 위한 바이어 방문
	09. 20 ~ 22	일본	하반기 수출증대방안 협의, TEMS를 이용한 농가 및 수출량 관리법 안내
	10. 26 ~ 11. 02	일본	일본 주요 바이어의 토마토 수출생산단지 종합적 평가를 위한 생산단지 방문
			
바이어 상담	생육환경 시찰 1	생육환경 시찰 2	
			
선별 및 포장 작업 시찰	상차 작업 시찰 1	상차 작업 시찰 2	

- 바이어가 토마토 생산지와 선별장을 직접 방문·확인하게 함으로써 상품에 대한 신뢰도를 확보함.

4. 전략적 마케팅을 통한 수출확대 실행

(1) 신시장 개척을 통한 수출시장 다변화

(가) 홍콩

- 현지시장 조사, 지속적인 바이어 상담, 홍콩 HOFEX 박람회(2011년) 참가 등을 통하여 한

국산 토마토 수출을 위해 노력함.

- 그 결과 2009년도 3톤(수출액 8천 달러)이었던 홍콩수출량은 2010년 29.9톤(수출액 106 천 달러)으로 전년대비 약 9배 증가하였음
- 그러나 2011년 국내가격 상승 및 일본으로의 수출증가로 인한 수출가격 상승으로 회복세였던 홍콩으로의 수출은 다시 하락함.

<홍콩 수출실적 >

(단위: kg, USD)

년도	국내		EK무역	
	물량	금액	물량	금액
2008	2,033	5,655	-	-
2009	3,083	8,621	-	-
2010	29,895	106,240	10,488	43,921
2011	16,174	78,480	2,364	12,788
2012	9,010	32,974	-	-
2013	12,848	53,422	-	-

* 출처: aT-농수산물무역정보(www.kati.net), 수출정보관리시스템(TEMS)

(나) 러시아

- 러시아로의 토마토 수출은 대부분 토마토케첩이며 신선토마토는 방울토마토가 소량 수출되고 있음.
- 한국산 토마토는 극동지역에서만 수입되고 있으며 인지도가 낮은 편임 지속적임 바이어 및 유통업자 대상의 홍보가 필요함.
- 러시아로의 신선토마토 수출은 2011년 11.2톤(수출액 96.6 천불)으로 전년대비 약 5배 증가하였으나 다시 감소함.

<러시아 수출실적 >

(단위: kg, USD)

년도	국내		EK무역	
	물량	금액	물량	금액
2008	8,399	31,475	-	-
2009	2,060	16,526	-	-
2010	4,095	50,976	-	-
2011	11,232	96,628	3,485	21,462
2012	2,395	17,098	-	-
2013	3,433	25,683	-	-

* EK무역의 수출실적은 EK무역의 소속농가에서 타 업체를 통해 수출한 실적임

(3) 전략적 수출대응을 위한 공동 마케팅실시

(가) EK무역 창립 및 운영

우리나라 주요 토마토 수출업체인 흥원물산, ALP-KS, 보라무역, 명인무역이 모여 수출 공동 대응을 위해 EK무역을 창립하고 운영함.

(나) 공동 브랜드명 네이밍

공동브랜드명으로 미토리(美土里, Mitori)라는 공동 브랜드명을 출시함. 미토리(美土里, Mitori)는 주력시장인 일본의 언어특성과 홍콩, 러시아 시장을 목적으로 한 영문으로의 표현이 자유로움.

(다) 공동 포장박스 제작

공동마케팅을 위해 공동 포장박스를 제작함. 공동 포장박스는 박스모양과 디자인을 같게 하고 수출업체별로 색만 달리함.



< 일반토마토 >

< 방울토마토 >

(4) 한국 토마토 소비 촉진을 위한 자료 제작 및 배부

(가) 수출용 토마토 소개 팸플릿 제작 및 배부(일본어, 영어)

(나) 요리 팸플릿 제작 및 배부(카레, 일본어)



(5) QR Code 활용을 통한 한국 토마토 신뢰도 증진

- QR Code(영어, 일어)를 제작하여 수출 토마토 포장상자에 부착함
- QR Code 내용: 수출업체 이력, 수출 토마토의 산지 등을 확인할 수 있음



5. 수출관리시스템(TEMS, Tomato Export Management System) 개발 및 운영

가. 연구기간: 2008. 08. 20. ~ 2014. 1. 19

나. 연구방법

(1) 수출관리시스템 구축

① 시스템의 특징

- 제품추적시스템 개념 도입
- 쉽게 배우고 사용할 수 있도록 Excel과 Access 프로그램을 기반으로 개발함.
- 검색이 용이하도록 콤보 버튼 사용

② 시스템 구성내용

- 검색 항목: 농가정보, 재배정보, 수출업체, 수출정보, 수출정보분석, 바이어, 농약살포 등
- 출력항목: 수출농가 재배정보, 수출정보, 바이어 정보, 농약사용 정보 등

③ 시스템 출력화면

- 수출정보를 출력하기 위한 검색화면으로 특징으로는 수출업체별, 수출대상국별, 단체별 검색이 용이하도록 콤보버튼 이용하여 입력하도록 구성됨.

(2) 수출관리시스템 운영

- 주기적으로 수출농가 및 수출업체와 관련된 정보를 조사하고 업데이트 함.
- 수출관리시스템 사용법 교육 실시(4회)

다. 연구결과 및 고찰

(1) 검색화면



(2) 수출업체 출력화면



6. 수출업체협의회 결성 및 운영

가. 연구기간: 2008. 08. 20. ~ 2014. 1. 19

나. 연구방법 및 고찰

(1) 수출업체협의회 결성

- 국내 토마토 수출의 90% 이상을 차지하고 있는 흥원물산, 보라무역, 명인무역이 모여 한국 토마토 공동대응과 수출증대를 위해 협의체를 결성함
- 결성일자: 2009. 10. 26

(2) 수출업체협의회 운영

- 운영내용: 수출증대 협력방안, 수출정보 교류 및 수출물량 협조, 농가 교육 건 등 협의
- 운영일자

년도	일자
2010 (2차년도)	01.15 / 05.31 / 09.14 / 11.27.
2011 (3차년도)	02.17 / 05.27 / 06.29 / 07.19 / 08.09 / 09.02 / 10.23
2012 (4차년도)	02.22 / 05.31 / 06.27 / 07.29
2013 (5차년도)	04.12 / 04.22 / 05.05 / 06.03 / 06.20 / 07.07 / 07.12 / 07.21 / 08.01 / 08.07 / 08.25 / 08.31 / 09.28 / 11.20

7. 수출애로사항 정책건의

- 수출과 관련된 공적기관에 수출 시 애로사항과 개선안에 대해 정책건의 함.

(가) 건의제목: 수출방울토마토 모니터링대상업체 제외 조치 개선

건의처: 농수산물유통공사 수출지원처 수출안전관리팀

건의내용: 수출방울토마토 모니터링재배농가의 잔류농약 위반 시 모니터링 대상 업체의 조치는 썬키스트와 같은 대형 수출업체를 양성할 수 없으므로 개선이 요망됨.

(나) 건의제목: 농산물 표준규격공동출하사업 개선안

건의처: 국립농산물품질관리원 품질검사과

건의내용: 국립농산물품질관리원의 농산물 표준규격공동출하사업을 수행하는 산지유통전문조직에서 포장지에 생산자의 구분표시를 할 수 있게 제도 개선이 요망됨.

(다) 건의제목: 농수산물수출보험패키지형의 가격상승위험 대상 품목에 토마토 포함

건의처: 한국무역보험공사 영업개발본부 영업전략부 영업기획팀

건의내용: 농수산물수출보험(패키지형)의 가격상승위험 대상 품목에 토마토를 포함할 수 있게 제도 개선

8. 수출실적

(가) 기존시장: 일본

- 2013년 EK무역은 국내수출량의 71.0 %, 수출금액의 79.7%을 차지하고 있음.

<연도별 신선토마토 수출실적 >

(단위: ton, 천 USD)

년도	전 체		EK무역	
	물량	금액	물량	금액
2008	616	1,553	257	617
2009	928	2,273	749	1,808
2010	1,072	3,999	935	3,445
2011	1,660	6,745	1,542	6,251
2012	2,437	9,483	2,119	8,462
2013	3,248	9,895	2,307	7,887

* 출처: aT-농수산물무역정보(www.kati.net), 수출정보관리시스템(TEMS)

< 사업단 운영 및 관리 >

1. 사업단 운영 전략 및 실행방안 도출

가. 운영방법

경영관리컨설팅기법을 이용하여 사업단 운영 전략 및 실행방안을 도출하여 시행 및 평가

<토마토수출연구사업단 사업 운영 개념도>

단계	수요조사	분석	개선 모델 및 설계	실행	성과측정 및 유지
목적	산업문제점 도출 개선안 심의	문제점에 대한 현황 파악 및 분석	개선안 계획 수립	개선안 수행	성과물 정리 유지 방안 수립
운영	농가의 요구 사항 조사	현장 방문, 접목 기술에 대한 보고	사업단 및 대내외 전문가에게 의뢰	사업단, 단장	전문가 및 단장에 의한 성과측정 지표에 따른 사업 평가 지속유지 방안 검토
도구 및 방법	설문지 현장 방문 보고서	QQPCT, 요인분석도, 정보시스템 등을 이용	농가 기술보급 사업 농가경영개선 기법	기자재 보급 농가정보제공 교육 및 컨설팅	성과 측정 지표
결과물	QFD, 종합 수요조사 보고서	분석 보고서	개선 계획서	수행결과보고서 성과보고서	성과 결과물 보고서
의사결정과정	위원회 소집 후 회의 시 문 제점 정리	단장이 해당 자에게 해결 방안 도출 의뢰	최적안 결정 적임자 선임	단장이 수행 실적에 대한 정리	단장이 연말보고서 작성 및 성과물에 대한 종합 정리

(1) 사용된 경영관리컨설팅기법

- 사업단의 목적: total thinking 기법(목적 지향적 사고)
- 전략 도출: 아이디어 발상법
- 실행방안 도출: 시스템 구성도
- 전략의 평가: Plan-Do-See 기법

< 시스템 구성도를 이용한 운영 Flow >



(2) 종합관리시스템(ICC, Integrated Control Center)의 개발 및 운용

- 종합관리센터의 설립과 운영시스템의 개발을 위한 관련 정보의 분석
- 사업단의 수준 높은 관리를 위한 상시 모니터링 개념 도입
- 간단한 조작으로 관련 조직이나 운영시스템으로 이동할 수 있도록 시스템을 구축

(3) 일정관리시스템 운영

- 사업단의 행사를 전체적으로 관리하는데 사용

(4) 성과관리시스템 운영

- 사업단 세부과제의 성과를 관리하고 평가하는데 사용

(5) 홈페이지 및 QR code 운영

- 사업단 소개 및 다양한 토마토 관련 정보 제공

나. 운영결과

(1) 운영의 목적

- 토마토수출연구사업단 목적의 달성

(2) 운영 전략 domain

- 사업단, 핵심과제, 세부과제, 사업단 사무국, 상명대학교, 외부환경(농식품부, 농기평 등)

(3) 운영 전략

- 사무국의 효율화 및 서비스 중심주의를 지향
- 연구과제에 대해서는 실적 중심주의를 지향
- Networking으로 Synergy의 극대화 실현
- 종합관리센터를 이용한 성과 극대화 실현
- 상명대학교와의 협력
- 외부환경과의 인식공유 전략

(4) 전략별 실행 방안

(가) 전략: 사무국의 효율화 및 서비스 중심주의를 지향

① 일정관리시스템 운영

구분	주	월	일	구분	일	구분	일	구분	일	구분	일	구분	일	구분	일
1	주	월	일	구분	일	구분	일	구분	일	구분	일	구분	일	구분	일
2	사업단 운영	정안	3차년도 종료	완료	1	1	100%	19							
3	사업단 운영	평가	3차년도 사업단 평가발표	완료	1	1	100%	17							
4	사업단 운영	평가	3차년도 사업단평가계획서 사업단 제출	완료	1	1	100%		6						
5	사업단 운영	계획	4차년도 추진계획 제출	완료	1	1	100%	30							
6	사업단 운영	계획	4차년도 추진계획 회의	완료	1	1	100%		2						
7	사업단 운영	계획	4차년도 세부과제 계획서 사업단 제출	완료	1	1	100%		10						
8	사업단 운영	계획	4차년도 세부과제 발의서류 사업단 제출	완료	1	1	100%			9					
9	사업단 운영	계획	4차년도 사업단 발의서류 1차 제출	완료	1	1	100%			16					
10	사업단 운영	정안	3차년도 정산서류 수립	완료	1	1	100%			7					
11	사업단 운영	정안	3차년도 정산서류 수립	완료	1	1	100%								
12	사업단 운영	정안	사업단정 합의회	완료	1	1	100%								
13	사업단 운영	정안	운영체제 변경보고서, 연차평가	진행	4	3	75%			6					
14	사업단 운영	정안	생물과제기출내역(15-20)	완료	1	1	100%								
15	사업단 운영	보고서	4차년도 보고서 수립	완료	1	1	100%								
16	사업단 운영	보고서	4차년도 보고서 제출	2022.11.15	1	1	#20/미								
17	사업단 운영	평가	4차년도 평가발표	진행	4	3	#DR/미								
18	사업단 운영	교육	사업단 회계/사무/성과관리 교육	1	1	1	100%								
19	농기교육	최원호	교육	농기교육/행정교육-강원	1	1	100%	0	0	0	0	0	0	0	0
20	농기교육	최원호	교육	농기교육/행정교육-충북	2	2	100%	0	0	0	0	0	0	0	0
21	농기교육	최원호	교육	농기교육/행정교육-충북	2	1	50%	0	0	0	0	0	0	0	0
22	농기교육	최원호	교육	농기교육/행정교육-충남	4	14	950%	0	2	2	2	2	2	2	2

② 교육을 통한 모든 연구원의 연구 편의 제공 및 연구 성과 증진

- 연구비 및 성과 관리법
- 한글 작성법, 엑셀 사용법, 파워포인트 사용법, 그래픽소프트웨어 사용법 등
- Mindmapping 사용법 교육 및 활용

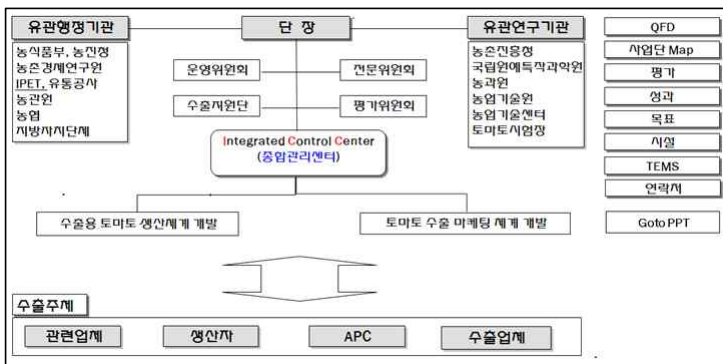
(나) 전략: 연구과제에 대해서는 실적 중심주의를 지향

- ① 사업단에 대한 기여도 평가 및 반영
- ② 전문위원회 검토의견서 개발
- ③ 과제평가서 개발: 중간진도평가서 및 연차결과평가서
- ④ 핵심과제 성과에 대한 인센티브제도 시행: 차년도 핵심과제의 연구비 증감
- ⑤ 세부과제책임자의 과제 성과에 대한 인센티브제도 시행
→ 차년도 연구과제의 지속/탈락, 연구비 증감

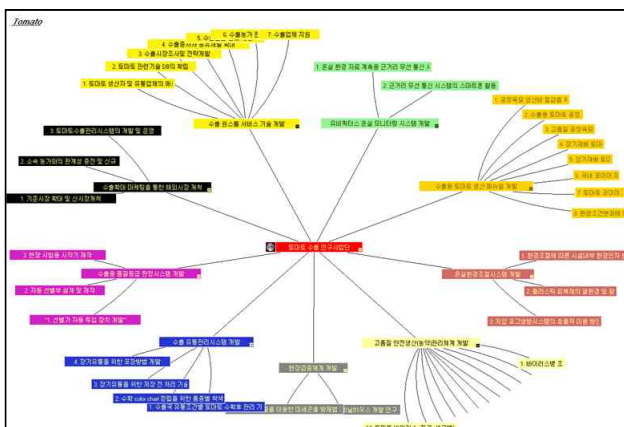
(다) 전략: Networking으로 Synergy의 극대화 실현

- ① 사업단과 핵심과제와의 동적 협력관계 구축: 운영위원회, 전문위원회 등에 사업단 참여
- ② 해당 핵심과제 내 세부과제 간 통합 solution 창출
- ③ 사업단 내 타 세부과제와의 협력 관계 구축
- ④ 전략기술기획회의(운영위원회, 전문위원회 등)를 통한 핵심과제 간 유기적 협력관계 구축
- 운영위원회: 상호 협의 / 전문위원회: 타 전문위원회의 당연직 전문위원
- ⑤ 워크숍 등을 통한 모든 연구원의 사업단 목적 및 전략의 공유
- 사업단 소속 모든 연구원을 대상으로 하는 각종 모임 시행
- ⑥ 연구원 간 협의를 통한 사업단 성과에 대한 synergy 활용

(라) 전략: 종합관리센터(Integrated Control Center)를 이용한 성과 극대화 실현



- ① QFD시스템을 이용한 핵심 및 세부과제의 연구성과에 대한 동적 관리
- ② 핵심과제에게 소속 세부과제에 대한 권한 및 책임 부여
- ③ Mindmapping을 통한 연구과제 간의 연관도를 이용하여 관리



(마) 전략: 상명대학교와의 협력

- ① 상명대학교와는 win/win 사고방식으로 협력
- ② 사업단 중요성 홍보에 의한 기관협력 증대
- ③ 사업단을 통한 기관 홍보에 의해 기관에 기여

(바) 전략: 외부환경과의 인식공유 전략

- ① 토마토산업 관계자 및 농정관계자들에 대한 사업단의 홍보
- ② 홈페이지 운영



㉠ QR code



㉡ 토마토수출연구사업단 소개서(영문판) 제작 배포



② 수출종사자와 유기적 협력관계 유지 및 공유채널 확대

- ㉠ 토마토 관련 공적기관과의 다양한 협력
 - 농림수산물식품부
 - 자료제공, 워크숍 참석 등을 통해 협력함.

- 농촌진흥청
 - 자료제공, 워크숍 참석 등을 통해 협력함.
- 농수산물유통공사
 - 농수산물유통공사와 협력하여 수출국 시장조사, 바이어 상담 등을 수행함.
 - 농수산물유통공사 산하 수출선도조직 운영위원으로 참석함.
- 도농업기술센터
 - 경기도농업기술원, 충남농업기술원(토마토시험장) 등과 함께 협력하여 수출종사자 니즈 기술을 연구하고 보급함.
- 시군농업기술센터
 - 토마토전문지도사회에 사업단 자료를 제공하고 협력
 - 논산, 보령, 부여, 김해, 함안, 황성지역 농업기술센터와 기술교류 및 수출협력체계 구축
 - 부여군 및 논산시 농업기술센터와 MOU 체결: 생산, 유통, 수출 등에 관한 공동협력체계 구축

㉞ 토마토 관련 연구조직과의 워크숍 등 다양한 협력

- 토마토연구회(전국 및 시군단위)
 - 한국토마토연구회 및 충남토마토연구회 모임 시 사업단 자료 제공 및 교육을 실시하고 협력방안을 논의함
- 토마토선진전략그룹
 - 농림수산물식품부 품목별 연구회인 토마토선진전략그룹 워크숍에 참석하거나 합동 워크숍을 개최하여 토마토 산업 정책 및 정보의 공동협력체계 구축
- 토마토전문지도사회
 - 토마토전문지도사회 정기 모임(연 2회) 시 사업단 자료 제공하고 협력방안을 논의함

㉟ 토마토 관련 생산자조직과의 실무협력

- 농협(APC포함): 수출애로사항, 농가교육, 물품지원
 - 교육 및 상담을 통해 수출의식을 고취시키고 수출관련 협력체계 구축함.
 - 세도농협 / 대동농협 / 보은농협 / 강경농협 / 고성농협 / 둔내농협 / 성동농협 / 광석농협 / 남원농협 / 주촌농협
- 한국토마토대표조직
 - 「토마토산업육성을 위한 수출증대방안 연구개발」 및 「토마토 종합생산관리 및 수확관리기술」 제작 지원
- (사) 한국토마토수출농가자조회
 - 컨설팅 및 교육을 통해 수출의식을 고취시키고 수출 협력함.
- 한국토마토생산무역(KTPT)
 - 컨설팅 및 교육을 통해 수출의식을 고취시키고 수출 협력함.
- 영농법인 및 작목반
 - 컨설팅 및 교육을 통해 수출의식을 고취시키고 수출 협력함.
 - 논산방울토마토수출작목반 / 서일농산영농조합법인 / 보령방울토마토수출작목반 / 속리산시설원예작목반 / 담양대숲토마토연합사업단 / 한울영농조합법인 / 세월교방울토마토

3. 전략기술기획회의 운영

전략기술기획회의명	개최일
1차년도 운영위원회	2008. 10. 01 / 2008. 10. 31 / 2008. 11. 20 / 2009. 04. 02 / 2009. 08. 06
1차년도 1차 전문위원회	2009. 02. 25 / 2009. 03. 05 / 2009. 03. 10. / 2009. 02. 26
1차년도 2차 전문위원회	2009. 05. 13 / 2009. 05. 14 / 2009. 05. 15 / 2009. 05. 13
1차년도 중간평가	2008. 12. 03 / 2009. 01. 14 / 2009. 01. 21 / 2009. 01. 22
1차년도 연차평가	2009. 06. 05
2차년도 운영위원회	2010. 04. 26 / 2010. 06. 25 / 2010. 10. 27 / 2010. 12. 09
2차년도 1차 전문위원회	2010. 04. 06 / 2010. 03. 25 / 2010. 04. 16
2차년도 2차 전문위원회	2010. 06. 25
2차년도 중간평가	2010. 06. 25
2차년도 연차평가	2010. 10. 27
3차년도 운영위원회	2011. 03. 25 / 2011. 06. 03 / 2011. 09. 16 / 2011. 11. 14
3차년도 1차 전문위원회	2011. 03. 25
3차년도 2차 전문위원회	2011. 06. 03
3차년도 3차 전문위원회	2011. 11. 11
3차년도 중간평가	2011. 09. 16
3차년도 연차평가	2011. 11. 04
4차년도 운영위원회	2012. 04. 06 / 2012. 07. 19 / 2012. 10. 26
4차년도 전문위원회	2012. 04. 06 ~ 07
4차년도 중간평가	2012. 07. 19
4차년도 연차평가	2012. 10. 26
5차년도 운영위원회	2013. 08. 22 / 2013. 12. 03
5차년도 중간평가	2013. 08. 22
5차년도 연차평가	2013. 12. 03

4. 워크숍 개최

워크숍명	날짜
토마토수출연구사업단 발대식	2008. 10. 01
토마토수출촉진대회	2009. 03. 11
토마토수출연구사업단 연구비 운영 및 관리	2010. 03. 03
한국 토마토 산업동향	2010. 03. 20
토마토수출연구사업단 성과관리 방안	2010. 04. 26
신 시장 개척 전략	2010. 06. 25
한국 토마토 수출국 분석 및 수출전략	2010. 10. 27
토마토수출연구사업단 연구비 및 성과 관리	2011. 03. 25
토마토수출연구사업단 효율적 연구비 관리방안	2011. 06. 03
제1회 토마토인의 날	2011. 08. 08
토마토수출연구사업단 운영관리방안	2012. 04. 06
채소 수급 안정화를 위한 채소분야 연구개발 워크숍	2012. 03. 22 ~ 23
2012 2차 채소포럼	2012. 06. 22 ~ 23
제2회 토마토인의 날	2012. 08. 08
과채류공동수출연구사업단과 토마토수출연구사업단 합동 워크숍	2013. 02. 28
제3회 토마토인의 날	2013. 08. 08

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표달성도

분류	연구목표	평가의 착안점	달성도 (%)
재배 관리	수출용 토마토 공정묘의 효율적인 생산시스템 확립 및 저장조건 구명	<ul style="list-style-type: none"> - 공정육묘 도장억제기술 개발 수준 - 공정육묘 상토 재사용 기술 개발 수준 - 토마토 접목묘 순화조건 및 환경관리 기술 개발 수준 - 공정묘 저장조건 및 환경 내성 증진 방법 개발 수준 	100
	코이어 수경재배 배양액 관리 및 생리장해 경감기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 코이어 배지를 이용한 수경재배 배양액 관리 개선 수준 - 코이어 배지를 이용한 수경재배 생리장해 경감기술 개발 수준 	100
	장기 수경재배 최적관리모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 장기 수경재배 관리기술 개선 수준 	60
	고당도 저단 밀식 재배 체계 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 고당도 저단 밀식 재배 체계 확립 수준 	20
	수경재배 최적 급액관리 체계 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 배액전극법을 이용한 급액관리 기술 개선 수준 	20
	고품질 토마토 생산을 위한 최적 생육모델 검증 및 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 고품질 토마토 생산을 위한 최적 생육 모델링 수준 	40
병해충 관리	토마토 바이러스병 예찰 및 관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 토마토 바이러스병 예찰 기술 개발 수준 - 토마토 바이러스병 관리기술 수준 	100
	토마토 세균 및 진균병에 대한 진단기술 및 친환경적 방제 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 신속 진단서비스 제공여부 - 청고병, 시들음병 진단마커 개발 수준 - 길항세균의 곰팡이 생육억제 기술 수준 	100
	토마토 세균병의 친환경적 방제 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 토마토 세균병에 대한 친환경 물질 탐색 및 개발 수준 	100
	토마토 충해 예찰 및 관리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 토마토 충해 예찰 기술 개발 수준 - 토마토 충해 방제 기술 개발 수준 	40

농자재 개발	토마토 재배온실의 보온성능 개선 기술 개발	- 보온성능 평가 및 개선 기술 제시 여부 - 재배환경 특성 평가 및 개선기술 제시 여부	100
	에너지 절감을 위한 이중 공기막 플라스틱하우스 현장적용 연구 및 산업화	- 이중공기막 기술 및 장치의 국내 농가 적용과 보급화 정도	100
	토마토 재배온실의 냉방 및 환기 개선 기술 개발	- 토마토 재배온실의 자연환기성능 향상 및 개선방안 제시 여부, - 토마토 재배온실의 포그냉방기술 체계화 정립 여부	100
	고품질 고생산성 최적 복합환경 조절시스템 개발	- 복합환경조절시스템 개발 수준	20
	청정 순환 제트환기시스템 개발	- 단단 축류식 터보팬 개발 수준	20
	배지종류별 함수율 간이측정기 개발	- 배지종류별 함수율 간이측정기 개발	20
	유비쿼터스 온실 모니터링 시스템 개발	- 유비쿼터스 온실 모니터링 시스템 개발	20
수출	토마토 수출시장 다변화를 위한 유통기한 연장 기술 개발	- 수확용 color chart 개발 수준 - 적합 품종 제시 수준 - UVc 등 살균 기술 수준 - MAP 기술 적용 수준	100
	수확 후 최적 유통관리 시스템 개발	- 유통시 수출토마토 품질 유지 관리 기술 개발 수준	40
	수출용 포장(재)기술 개발 및 상품화	- 향균포장 기술 수준 - 수출용 포장재 설계 수준 - 수출토마토 신선도 유지 기술 개발 수준	60
	수출용 방울토마토 자동 품질 선별 영상시스템 개발	- 방울토마토 크기 및 착색도, 산도, 당도, 열과 측정 알고리즘 개발 수준 - 방울토마토 선별기 개발	100
	수출품 다변화를 위한 가공식품 개발	- 가공제품 개발 수준	100
수출 관리	수출농가 관리	- 농가 기술 및 경영 관리 향상 수준 - 수출농가 확대 수준	100
	수출전략 및 마케팅	- 수출확대 수준	100
사업단 운영 및 관리	사업단 운영 및 관리	- 사업단 운영 및 관리 수준	100

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 연구성과 및 성과활용

(1) 연구성과

구분	특허		논문		학술발표	유전자원 등록	프로그램 등록	기타
	출원	등록	SCI	비SCI				
1차년도	3			9	22	3		1
2차년도	1		2	11	34	4		
3차년도	3	1	6	8	28			
4차년도	7	1	3	15	36		3	
5차년도	1	3	6	11	38	5	2	
계	14	5	17	54	158	12	5	1

* 특허 목록: 첨부참조

* 논문 목록: 첨부참조

* 학술발표 목록: 첨부참조

* 유전자원 등록 목록: 첨부참조

* 기타: 디자인 출원(수경재배용 재배틀, 30-2009-0055966)

(2) 연구성과활용

연도	기술이전	상품화	정책자료	교육지도 (컨설팅)	교육지도 (집합교육)	영농활용	책자 및 자료 발간	홍보	기타
1차년도	2	2	2			1	13	10	
2차년도	14	2	4			2	15	19	
3차년도	17					3	14	21	
4차년도	26					4	9	28	
5차년도	16	2	3			5	11	17	
계	75	6	6	2,688	402	15	62	95	320

* 기술이전 목록: 첨부참조

* 상품화 목록: 첨부참조

* 정책자료 목록: 첨부참조

* 교육지도 목록: 생략

* 책자 및 자료 발간 목록: 첨부참조

* 홍보 목록: 생략

* 기타: 수출상담 및 병·해충 진단서비스

(3) 인력지원성과

연도	지원 대상 (학위별, 취득자)				성별	
	박사	석사	학사	기타	남	여
1차년도	4	12	13		19	10
2차년도	1	9	16	2	18	10
3차년도		6	11		14	3
4차년도	4	7	7		14	4
5차년도	4	5	13	3	18	7
계	13	39	60	5	83	34

(4) 토마토 수출실적(연도별)

(단위: ton, 천 USD, %)

년도	전 체		EK무역		EK 무역 수출비율	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액
2008	616	1,553	257	617	42	40
2009	928	2,273	749	1,808	81	80
2010	1,072	3,999	935	3,445	87	86
2011	1,660	6,745	1,542	6,251	93	93
2012	2,437	9,483	2,119	8,462	87	89
2013	3,248	9,895	2,307	7,887	71	80

* 출처: aT-농수산물무역정보(www.kati.net), 수출정보관리시스템(TEMS)

2. 연구성과 활용 계획

구분	특허		논문		학술발표	유전자원등록	프로그램등록
	출원	등록	SCI	비SCI			
2014년	1	2	7	6	12	1	1
2015년		1	3	2	3		
2016년	1						
2017년	1			1			
2018년	1			1			
계	4	3	10	10	15	1	1

* 특허

- 인동초잎맥황화바이러스 브이2유전자의 대장균 내 발현 및 브이2 재조합단백질에 대한 다클론항체 생산법 관련 특허 출원 1건 계획
- 이중 공기막 플라스틱 하우스 관련 특허 출원 3건, 등록 2건 계획
- 수확용 color chart 특허 등록 1건 계획

* 논문

- 육묘 관련 논문 6편(SCI 3편, 비SCI 3편) 계획
- 길항세균을 이용한 토마토 병원성 곰팡이 방제 관련 논문 1편(SCI) 계획
- 포그냉방과 공기유동에 의한 토마토 엽온 변화 관련 논문 1편(비SCI) 계획
- 코이어 배지 사용연한별 상품수량 및 배지의 물리·화학적 변화 관련 논문 1편(비SCI) 계획
- 온실의 광환경 및 열환경 관련 논문 1편(비SCI) 계획
- 바이러스 병 관련 논문 3편(SCI) 계획
- 비타민의 항균 활성과 이를 이용한 토마토 풋마름병 및 잿빛곰팡이병 방제 관련 논문 1편(SCI) 계획
- 식물 정유의 잿빛곰팡이병원균 생장 억제 효과와 토마토 잿빛곰팡이병 억제 관련 논문 1편(SCI) 계획
- 이중 공기막 플라스틱 하우스의 에너지 절감 효율 관련 논문 2편(비SCI) 계획
- 저장 시 규소, 붕소 처리 관련 논문 2편(SCI 1편, 비SCI 1편) 계획
- 선별기 관련 논문 1편(비SCI 1편) 계획

* 학술발표

- 육묘 관련 학술발표 2편 계획
- 포그냉방과 공기유동에 의한 고온기 작물스트레스 경감 관련 학술발표 1편 계획
- 온실 내 관리프로그램 개발 방법론 관련 학술발표 1편 계획
- Bar code를 이용한 온실 내 정보화 도입과 활용 관련 학술발표 1편 계획
- 코이어 배지 사용연한별 상품수량 및 배지의 물리·화학적 변화 관련 학술발표 1편 계획
- 온실의 광환경 및 열환경 관련 학술발표 2편 예정
- 바이러스 병 관련 학술발표 2편 계획
- 친환경 방제제 관련 학술발표 2편 계획
- 이중 공기막 플라스틱 하우스의 환기율 향상 관련 학술발표 2편 계획
- 선별기 관련 관련 학술발표 1편 계획
- 저장 시 규소, 붕소 처리 관련 학술발표 2편 계획

* 유전자원 등록

- HYVV와 TYLCV 중간 재조합바이러스 계놈 관련 유전자원 등록 1건 계획

* 프로그램 등록

- 다양한 기능이 탑재된 온실정보시스템 관련 프로그램 1건 계획

연도	기술이전	상품화	정책자료	교육지도	영농활용	책자발간	언론홍보	기타
2014년		1	1	161	2		1	3
2015년	2	3		213	3	1	1	3
2016년				1		1		1
2017년								
2018년								
계	2	4	1	375	5	2	2	7

* 기술이전

- 피복재 관리에 대한 기술이전 2건 계획

* 상품화

- HYVV 진단용 다클론항체와 관련된 상품개발 1건 계획

- 공기주입과 관련한 압력유지장치 및 표준모델과 관련된 상품개발 3건 계획

* 정책자료

- 난방비 절감에 대한 정책자료 1건 제출 계획

* 교육지도

- 포그냉방과 공기유동에 의한 고온기 작물스트레스 경감 기술 관련 교육지도 2회 계획

- 온실 내 관리프로그램 관련 교육지도 2회 계획

- 토마토 재배관리 관련 교육지도 366회 계획

- 시설 관리 관련 교육지도 2회 계획

* 영농활용

- 포그냉방과 공기유동에 의한 고온기 작물스트레스 경감 기술 관련 영농활용 2건 계획

- 경제성이 있는 코이어 배지 사용 연한 관련 영농활용 1건 계획

- 이중 공기막 플라스틱 하우스 표준규격 관련 영농활용 2건 계획

* 책자발간

- 코이어 배지를 이용한 토마토 수경재배 관련 책자발간 1건 계획

- 외국기술 대비 국내 이중 공기막 플라스틱 하우스 기술에 대한 책자발간 1건 계획

* 언론홍보

- 이중 공기막 플라스틱 하우스에 관련된 광고 2건 계획

* 기타

- 피복재 관리와 관련된 leaflet 3건 제출 계획

- 병·충해 진단서비스 4건 계획

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

재배 관리

- Many factors, such as genetic and environmental, affect plant growth and development. Plants are able to modify their growth, development and physiology according to their environment. The ability of plants to do this plays a key role in determining their tolerance to stress and their maintaining efficient growth (Murchie and Horton, 1997; Walters et al., 2003). Therefore environmental conditions are the most important factors on plant growth and development. The aim of this project to improve graft-take ratio and quality of tomato plug seedlings by controlling environmental conditions.
- Control environment condition to improve graft-take ratio
Since grafting is considered an important technique for the sustainable production of fruit bearing vegetables in Korea, Japan and several European countries (Lee, 1994; Oda, 1995), the use of grafted tomato for commercial production has increased in the world in order to improve resistance to biotic and abiotic stresses. (Lee and Oda, 2003; Rivero et al., 2003). Healing and acclimatization are very important processes that are necessary for grafted plants to survive (Lee and Oda, 2003). Temperature and humidity are the key environmental factors that influence the healing and acclimatization of grafted seedlings. In conventional culture, healing and acclimatization of the grafted plants are done in a tunnel that is made by plastic-film and shaded by cloth (Oda, 1999; Davis et al., 2008). During healing and acclimatization in the plastic tunnel, the relative humidity was controlled by closing and opening of plastic-film to prevent wilting of the scions. Changing environmental condition in the tunnel by day, night and seasons was the cause that affects the grafting success. However, recently healing and acclimatization have also been mechanized by development of the healing chambers (Oda, 1999). In healing chambers, higher survival rate, faster growth, and higher quality of grafted plants under highly controlled healing conditions were reported in some papers (Kim et al., 2001 and Nobuoka et al., 2005).
- Enhance graft-take ratio and quality by using grafting method
The successful grafting requires grafting methods, grafting skills, and optimal environmental condition during healing and acclimatization period for one week following grafting (Lee, 1994). Various methods for grafting vegetable crops have been developed such as cleft grafting (also known as apical grafting and wedge grafting), side grafting (also known as tongue approach grafting and side-by-side grafting) (Lee, 1994), and splice grafting (also known as top grafting, tube grafting, and slant-cut grafting) (Lee and Oda, 2003). Nowadays, splice grafting is the most commonly used grafting method for tomato seedlings because this method is relatively simple (Oda, 1995), has high survival rates and also saves labor (Kubota et al., 2008). This method can be carried out when plants are very small, thereby eliminating the need for large healing chambers

while increasing throughput. Furthermore, this method can be performed by hand, semi-automatic, and with automatic robots (Kurata, 1994; Lee and Oda, 2003). Using splice grafting method, tomato seedlings could be grafted at above and below the rootstock cotyledon. Although the exact role of the cotyledon in the formation of the graft union is not fully understood, it is possible that the cotyledon produces compounds required for the formation of the graft union. Cotyledons are the initial energy source for the developing seedling, and are responsible for 80% of the CO₂ fixation. They were not only to plays an important role in seedling development, especially in the early stages but also have significant effect on flowering stages (Hanley and May, 2006; Hanley and Fegan, 2007; Shiting Zhang et al., 2011). Furthermore, gibberellic acid is a product produced in the cotyledons that is necessary to the cell division in reuniting the cortex of the graft union (Asahina et al., 2002). Cotyledons play an essential role in the maintaince of gibberellin level in hypocotyls of seedlings. Therefore, gibberellin deficiency in hypocotyls is responsible for failure in tissues-reunion in the cotyledon-eliminated seedling (Asahina et al., 2007). However, when the scion is grafted above the rootstock cotyledons, sucker formation from axillary meristems on the rootstock epicotyl is a common problem. The removal of rootstock suckers requires additional labor and increases production cost, therefore, it is suggested that rootstock sucker formation can be reduced by grafting below the rootstock cotyledons (Michael G Bausher, 2011).

- The importance of light quality

Plant development and physiology are strongly influenced by the light spectrum (McNellis and Deng, 1995). Light-emitting diodes (LED) are the new fourth-generation light source with good spectral characteristics and spectral width (wavelength) of emission peak \pm 15nm, and can be assembled as light quality which plants need (Goins et al., 1997). LED has been proposed as a photosynthetic radiation source for space flight growing systems and as more efficient sources for terrestrial controlled-environment agriculture facilities (Bula et al., 1991). Moreover, LED has the advantages such as low energy consumption, small size, durability, long lifetime, cool emitting temperature, and option to select specific wavelengths for target. Therefore, LED will be widely used as a new type of good light source to be effective for the propagation and growth of plants. Many studies have shown the effects of LED on growth and development of plants such as elongation, axillary shoot formation, leaf anatomy, and morphogenesis (Kim et al., 2004; Miyamoto et al., 2006; Tennessen et al., 1994). However, most studies have focused on growth, photosynthesis, metabolism and gene expression (Neff et al., 2000; Wang et al., 2009; Yu and Ong, 2003), while less is known about how light irradiation of light quality affects the graft-take ratio and quality of grafted seedlings.

- Improving seedling quality by improvement of root morphology

The quality of seedlings affects their growth and yield after transplantation. Seedling quality refers to genetic and physical characteristics. Genetic quality relates to the

genetic characteristics of the source of germplasm, while physical quality refers to the physical condition of the seedling as it is raised in the nursery. Producing seedlings of high physical quality can be carried out when the seedlings are in the nursery, Good quality seedlings exhibit morphological characteristics such as thick stems, thick leaves, dark green leaves, and large white roots (Oda, 2007). Seedlings with elongated stems, thin leaves, light green leaves, and small undeveloped roots are weak and subject to environmental stress (Seiler and Johnson, 1988). This results in decreased yield after transplanting. Therefore, raising high quality seedlings is important for increasing the yield of crops.

Root systems are crucial for plant growth: they acquire water and nutrients and provide anchorage. The proper establishment of basic root architecture in response to environmental change is important for many agronomic traits, including lodging tolerance, drought tolerance and the final crop yield (Lynch 1995, Teo et al. 1995). Variation in root system architecture, including lateral root branching and root hair density, can greatly change crop plant vigor by affecting water use efficiency and nutrient extraction under different growing conditions (Malamy and Benfey 1997). Vigorous root systems are as essential as vigorous shoots for growth and development of healthy plants. Therefore, the importance of root morphology and root development on growth and tolerance of environmental stress of plants is discussed in many papers.

- Improvement of stress tolerance of seedlings by application of ABA

Absciscic acid (ABA) is very important agent in the mechanisms of resistance and adaptation in plants against various abiotic stress conditions (Bakhsh et al., 2011; Li et al., 2010). ABA is defined as a stress hormone because of its rapid accumulation in response to stresses and its mediation of many stress responses that help plant survival over the stresses (Zhang et al., 2006). Accumulation of ABA has been found to protect plants from water stress damage by inducing stomata closure to reduce water loss via transpiration (Borel et al., 1997; Li et al., 2000) and increasing hydraulic conductance for water movement from roots to leaves (Ludewig et al., 1988; Zhang et al., 1995).

Therefore ABA has been reported to improve drought tolerance in various plant species such as *Tradescantia virginiana* L. (Frank and Farquhar, 2001), *Pinus banksiana* L. (Rajasekaran and Blake, 1999), *Capsicum annuum* L. (Leskovar and Cantliffe, 1992).

ABA is generally regarded as an inhibitor of shoot and root growth of plants (Munns and Cramer, 1996). Nevertheless, there are some instances where low concentrations of ABA, applied either to intact roots, root segments, or excised roots growing in liquid culture, have been found to stimulate growth (Abou-Mandour and Hartung, 1980; Aspinall et al., 1976; Gaither et al., 1975; Pilet, 1983; Pilet and Rebeaud, 1983; Yamaguchi and Street, 1977). Moreover, ABA has also been reported to have no effect on root growth (Suzuki et al., 1979). However, with regard to this latter observation of Pilet and Barlow, (1987) was recorded that if greater or lesser concentrations of ABA can either inhibit or stimulate root growth, respectively.

병.해충 관리

- 국내에서도 HYVV 및 TYLCV는 2008년도부터 전국적으로 확산되어 토마토 시설농가에 큰 피해를 주고 있으며, 다양한 유전적 유사종 (quasispecies)이 단기간 내에 발생하여 빈번하게 보고되고 있다 [Wang et al., 2011, Kim et al., 2011]. HYVV는 일본에서 인동초 (일반명: honeysuckle, 학명: *Lonicera japonica*)로부터 처음 보고된 [Osaki et al., 1979] 후 영국에서도 HYVV-[UK1] (NC005807)과 HYVV-[UK2] (AJ543429) 지놈 (genome)의 염기서열이 보고되었고, 일본에서 HYVV-[Masuda] (AB236325)과 HYVV-[Fukui] (AB236321) 지놈의 염기서열이 보고되었다 [Ueda et al., 2008].
- 본 연구자는 국내에서 β satellite를 동반하지 않은 HYVV-[Jeju] (FJ434943, 2763 nucleotide)와 HYVV-[DJ] (HQ189431, 2764 nucleotides)가 토마토로부터 보고하였다 [Wang et al., 2011]. 한편 국내의 다른 연구진에 의해서 β satellite (GQ495268, 1227 nucleotides)가 존재하는 HYVV-[Kr] (GQ477135, 2763 nucleotides)이 인동초로부터 분리 보고되었다 [Lee et al., 2011]. 염기서열 동질성과 계통도에 근거하면 HYVV-[Jeju]와 HYVV-[DJ]는 각각 일본계 HYVV-[Masuda]와 89.4 및 92.8% 염기서열 동질성을 가지고 있으며, HYVV-[Kr]은 HYVV-[UK2]와 같은 계통으로 분류된다. 만일 β satellite를 동반한 HYVV 혹은 TYLCV 계통이 토마토에 감염할 경우 그 피해가 막대하리라 예상된다.
- TYLCV는 수십년 전에 이스라엘 (TYLCV-IL)로부터 처음 보고된 이래 1980년 후반까지는 지중해 동부지역에 제한되어 있었으나, 그 이후 서쪽으로는 캐리비안 군도와 북미, 남쪽으로는 인도양 및 남아프리카, 동쪽으로는 중동, 이란, 일본, 호주, 대만 및 중국까지 신속하게 확산되었다. 국제적으로 현재까지 유전적으로 매우 다양한 많은 새로운 종의 TYLCV가 지속적으로 보고되었다. 최근 국내에서도 TYLCV가 남부지역을 중심으로 널리 확산되어 토마토 시설농가에 막대한 경제적 피해를 일으켜 국가관리병해충으로 지정되었다.
- 계통도 분석에 의하면 극동지역에 분포하는 TYLCV 복합체는 그룹-I (group-I)과 그룹-II (group-II)로 분류된다 [Zhang et al., 2009]. Group-I은 TYLCV-Almeria로부터 유래된 신일본계 (new Japanese cluster; NJC)와 중국계 (Chinese cluster; CC)로 나눌 수 있으며 [Ueda et al., 2005], 그룹-II는 TYLCV-IL로부터 유래된 구일본계 (old Japanese cluster; OJC)와 기타 isolate들로 구성된다. 현재 국내에서는 2개 그룹이 혼재된 양상이지만 본 연구진의 조사에 의하면 신일본계가 우점종이다.
- 국내에 보급된 상업용 토마토 품종 중에서 여러 품종이 TYLCV에 저항성을 나타내는 *Ty* 유전자를 가진 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구진의 선행 연구 결과에 따르면 시설하우스에서 재배되고 있는 이들 저항성품종에서 *Ty-1*, *Ty-2*, *Ty-3* 저항성 유전자를 극복하고 심한 병징을 유발하는 신규성 (?) TYLCV 계통이 출현하고 있다. 이러한 TYLCV 계통은 국내에 정착한 그룹-I 및 그룹-II로부터 진화한 것인지 아니면 외국으로부터 유입된 변이종인지 병역학적 경로를 추적할 필요가 있다.
- 일반적으로 재조합 (recombination) 혹은 염기의 돌연변이 (mutation)가 베고모바이러스의 유전적 다양성의 주요 요인으로 고려되고있다. 후자의 경우 유사종의 개념으로 해석할 수 있으며 단기간에 다양한 집단을 생성한다 [Ge et al., 2007; Duffy and Holmes, 2009]. 이러한 유사종은 포장에서 자연감염된 재배식물 및 야생식물과 온실에서 접종된 숙주식물에서 흔하게 관찰된다 [Ge et al., 2007; Ueda et al., 2009; Mubin et al., 2010].

- 자연에서 번성하는 중간 재조합체는 종이 다른 부모로부터 유전된 지놈의 일부가 함께 잘 작용한다는 점에서 중요한 의미를 갖는다. 이론적으로는 유전적으로 근연관계가 먼 대다수의 재조합체도 적응성이 없지만, 부모형 지놈의 유전적 거리가 가까우면 가까울수록 적응 결함의 가능성도 증가한다. 따라서 재조합체의 생존력은 분명히 공진화 (coevolution)를 통해 구축한 지놈내 (intragenome) 상호작용 네트워크 (network)를 얼마나 심하게 붕괴시키는가에 달려있다.
- 위에 언급한 2종의 베고모바이러스 중간 재조합 (interspecies recombination) 연구는 분류학적, 병역학적, 유전학적, 바이러스간 상호작용 측면에서 매우 의미가 있다. 기존에 보고된 바에 의하면 중간 재조합은 새로운 바이러스의 출현을 야기한다 [Pita et al., 2001; Kitamura et al., 2004; Fauquet et al., 2005; Owor et al., 2007]. 향후 이러한 재조합 바이러스가 확산될 경우 국내 시설하우스 재배농가에 막대한 손실 초래할 수 있기 때문에 이와 같은 신규 출현성 (newly emerging) 바이러스에 대한 진단 및 대책이 필요하다. 이러한 연구를 통해서 얻어진 정보는 포장에서 내병성 및 저항성 토마토 품종이 어떻게 베고모바이러스의 분포 및 다양성에 영향을 미치는가를 분석하는데 필수적이다.

① 단분절 (monopartite) 지놈을 가진 베고모바이러스 중간 재조합

TYLCV와 *Tomato yellow leaf curl sardinia virus* (TYLCSV)의 2종간 재조합체가 스페인 [Monci et al., 2002] 및 이태리 (Italy)에서 보고되었음 [Davino et al., 2009]
Radish leaf curl virus (RaLCV)는 *Euphorbia leaf curl virus* (EuLCV)와 *Papaya leaf curl virus* (PLCV)의 중간 재조합체임 [Singh et al., 2012]
 HYVV-[DJ] 와 -[jeju]는 HYVMV-[SP1]과 *Eupatorium yellow vein virus* (EpYVV)-[suya]의 중간 재조합체로 보고됨 [wang et al., 2011]

② 이분절 (bipartite) 지놈을 가진 베고모바이러스 중간 재조합

Tomato chlorotic yellows virus (ToCMV)의 DNA-A 지놈의 변이체인 *Tomato crinkle leaf yellows virus* (TCrLYV)가 브라질 (Brazil)에서 보고되었음 [Galvão et al., 2003]

③ 단분절 베고모바이러스와 이분절베고모바이러스 간 중간 재조합

African cassava mosaic Burkina Faso virus (ACMBFV)로서 이분절베고모바이러스인 *African cassava mosaic virus* (ACMV)의 West african isolate와 단분절베고모바이러스인 *Tomato leaf curl Cameroon virus* (ToLCCMV) 및 *Cotton leaf curl Gezira virus* (CLCuGV)의 재조합체임 [Tiendrébégó et al., 2012]

- 현재 국내에서는 β -satellite를 동반한 TYLCV 계통은 보고되지 않고 있으나 출현 가능성이 매우 높다. 위에 언급한 바와 같이 야생에서는 병징을 심화시키는 요인으로 알려진 β -satellite를 동반한 HYVV가 인동초에서 빈번하게 발견되고 있다. 국제적으로도 β -satellite를 동반한 다양한 종의 베고모바이러스가 가지과, 아욱과, 국화과 식물 등에서 빈번하게 보고되고 있다. 그 중에서 일부 베고모바이러스는 β -satellite를 동반하지 않을 경우 숙주에 병징을 전혀 유발하지 않을 뿐 아니라 증식률도 매우 낮다. 반면에 토마토 감염 일부 베고모바이러스들과 β -satellite와의 상호작용이 대조적인 경우도 보고되었다 [Singh et al., 2012]. 따라서 역동적인 TYLCV 집단 복합체와 β -satellite의 상호작용 연구가 필요하다.
- 최근 국제적으로 β satellite를 동반한 베고모바이러스가 흔하게 보고되고 있다 [Bridson & Stanley, 2006].

① *Cotton leaf curl virus* (CLCuV) + β satellite [Amin et al., 2006]

- ② RaLCV + β satellite [Singh et al., 2012]
 - ③ *Ageratum yellow vein virus* (AYVV) + β satellite [Saunders et al., 2004]
 - ④ *Bhendi yellow vein mosaic virus* + β satellite [Jose et al., 2003]
 - ⑤ *Cotton leaf curl Multan virus* + β satellite [Cai et al., 2010]
 - ⑥ *Eupatorium yellow vein virus* + β satellite [Saunders et al., 2008]
 - ⑦ *Tomato yellow leaf curl China virus* + β satellite [Cui et al., 2004]
 - ⑧ CLCuGV + β satellite [Idris et al., 2005; Tiendrébéogo et al., 2010]
 - ⑨ *Tomato leaf curl virus* (TLCV) + β satellite [Dry et al., 1997]
 - ⑩ TYLCV-OM + β satellite [Idris et al., 2011]
- 토마토 풋마름병 방제를 위한 재배법의 개선 제안
- [J. Plant Pathol., 2010, 92:439-450] 10% 코코피트, 5-10% 농장분뇨, 1% 녹비를 토마토 재배 포장에 시용이 풋마름병 발생을 감소시킴을 연구, 10%의 녹비는 오히려 풋마름병 발생을 증가시켰음.
 - [Plant Dis., 2012, 96:973-978] 저항성 대목을 이용하는 것은 전통적으로 알려진 방법이나, 본 연구에서 이를 이용하여 미국 남동부에서의 토마토 풋마름병 방제에 효과적이었음을 보고.
- 토마토 생산 및 저장 동안 식물 정유의 병 방제용도로의 이용성
- [Inter. J. Food Microbiol., 2010, 143:183-189] 토마토 잿빛곰팡이병의 방제를 위하여 *origanum*, *lavender*, *rosemary*로부터 추출한 식물 정유를 사용, 병 방제의 예방 효과와 치료 효과를 검정
 - [Trop. Plant Pathol., 2010, 35:137-143] 식물 정유 *eugenol*의 잿빛곰팡이병균에 대한 활성을 *in vitro* 상에서 검정, *Eugenol*에 의한 균사의 변형을 현미경적 연구를 통하여 나타냄
 - [J. Sci. Food Agric. 2013(in press)] *Eugenol*이 *tomato yellow leaf curl virus* 감염에 대한 토마토의 병 저항성을 강화시킨다는 보고, 식물 정유에 의한 식물 병 방제 효과가 단순한 항균 활성에 의한 것이 아니라 과산화수소의 축적, PPO, POD, PAL 등의 효소 활성화, PR-1 유전자의 발현, 살리실산 등의 기주 식물 방어 활성화를 통하여 이루어짐을 보임
- 토마토 풋마름병 방제법 개발을 위한 최신 연구법
- [J. Plant Pathol., 2010, 92:395-406] 토마토 풋마름병에 방제 효과를 가지는 다양한 종류의 토양 미생물을 분리, 이들은 병 감소 뿐 아니라 토마토 식물의 생육을 증가시키고 과실의 무게를 증가시켰음.
 - [Appl. Environ. Microbiol., 2011, 77:4155-4263] 토마토 풋마름병 세균에 특이적으로 살상 효과를 지니는 박테리오파지를 이용하여 풋마름병 발생 빈도를 낮추었음.
 - [Crop Protect., 2011, 30:1340-1345] 토마토 풋마름병 방제 연구를 포장 수준에서 실시, 페놀계 휘발성 화합물인 *thymol*과 식물병저항성 유도물질인 *acibenzolar-S-methyl*을 토마토 포장에 살포하고 2006년, 2008년 2년간 수집한 데이터를 분석한 보고
 - [Plant Dis., 2012, 96:687-692] 파의 추출물이 토마토 풋마름병균에 항균 활성을 가지고 있음을 보이고 토마토 정식전에 파 추출물을 처리하여 풋마름병 방제.
 - [Biol. Trace Elem. Res., 2013, 152:275-283] 외떡잎식물의 병저항성을 증진시키는데 효

과적이었던 실리콘을 토마토에 처리하여 풋마름병 방제 효과를 발견하였음. 실리콘 처리로 인한 토양내 미생물상의 변화와 토양 효소 활성의 변화가 병 저항성과 관련이 있을 것으로 추정하고 있음.

농자재 개발

- 미국 및 캐나다 출장에서 수집한 정보(이중에어온실 관련)

이중에어온실은 온실의 지붕면 및 측면의 피복재를 이중으로 하여 송풍기를 이용하여 온실표면에 공기막을 형성하여 보온력을 증대시키는 구조의 온실이다. 이중에어온실은 1964년 Roberts와 Mears 교수에 의해 처음 개발되어져 지속적인 연구가 이루어졌으며 현재 각국에서 에너지절약형 온실의 대표적인 시스템으로 자리 잡고 있다. 미국의 경우에는 플라스틱하우스의 약 65%가 이중에어온실이며 캐나다에서는 온타리오주 등에 많이 보급되어 있다. 그리고 일본, 인도, 중국 등에서도 많은 연구가 수행되고 있으며 점차 보급면적이 늘어나고 있는 추세이다. 이중에어온실은 보온효과가 우수하고 장치가 간단하여 설치비가 저렴하며 유지관리도 비교적 용이하다. 그리고 난방에너지 절감율은 30~50% 범위이며 강풍이나 적설에 대한 구조적인 안전성이 기존 온실보다 높은 장점이 있다. 한편, 이중에어온실은 피복재의 물방울 맺힘 현상 등으로 인한 광투과율의 저하, 자연환기성능 저하 등의 문제점을 가지고 있다. 그러나 최근에는 자연환기성능을 개선한 이중에어온실이 개발되어 보급되고 있으며 지중 축열을 이용한 삼중에어온실이 개발되고 있는 실정이다.

- 스페인 및 포르투갈 출장에서 수집한 정보

Novosol Greenhouse 방문 (포르투갈 Pegoes 위치).

- 온실 지붕의 한쪽 측을 전부 개폐하는 방식의 온실
- 이 지역에서는 위와 같은 온실을 선호
- De Gier 社 모터 및 랙&피니언 사용 - 랙두께 : 2mm
- 베이간격 : 8m
- 거터까지의 높이 : 5m
- 측면 기둥 간격 : 2.5m
- 중간 기둥 간격 : 5m (눈이 오지 않는 지역이기 때문, 만약 눈이 오는 지역이라면 2.5m 간격)
- 서까래 : Ø60mm * 1.5t 사용
- 거터 : Asthor 社 신규 거터 : 너비 430mm, 두께 2mm
- 기둥 횡대가 없고 거터 지지대사용
- 필름은 보통 2mm 두께를 사용하고, 비교적 높은 온실은 2.5mm 두께를 사용
- Air blow-up 자동 시스템
- 시간 당 약 2~5분 작동 (공기층이 일정한 압력을 유지되도록 하는데 필요한 팬 작동시간을 경험이나 실험적으로 구하여 작동시간을 설정하게 됨.)
- 필름에 작은 구멍이 생길 경우 필름 사이 공기가 빠지는 시간이 단축될 수도 있기 때문에, 필름 관리가 중요
- 공기층의 두께는 약 20cm 정도로 유지 되도록 함.
- 온실 내부의 공기를 공기층 내부에 주입할 경우 필름사이에 결로수가 발생할 수도 있음.
- 높은 온도로 인한 철골의 산화방지를 위해 철골부분의 피복 외부에 페인트칠을 함.
- 여름철 높은 온도 때문에 4년 마다 한번 씩 필름을 교체함.

- 모든 환기창 부분에 방충망 시설을 갖추고 있음.
- 외부필름 - 200 micron 내부필름 - 150 micron
- 에어온실을 포함한 모든 온실에 위와 같은 PVC 클립 패드를 사용함.
- 플라스틱 소재로 날개부분 및 끝부분이 손상된 모습을 볼 수 있었음.
- 스페인 대부분의 온실업체가 위와 같은 형태의 PVC클립 사용함.

토마토 및 피망온실 방문 (스페인 Velascalvaro 위치)

- 토양재배 및 점적관수
- 5bay 양 측의 2개동은 천창개폐 없음.
- 총면적 : $9.6m \times 5 \times 60m = 2,880m^2$
- 거터까지의 높이 : 3.5m
- 온실 높이 : 5.3m
- 구동축 : $\varnothing 32mm \times 2t$ 사용
- 2004년 시공된 온실
- 토양재배 및 점적관수
- 4bay 양 측의 2개동은 천창개폐 없음
- 총면적 : $8m \times 4 \times 60m = 1,920m^2$
- 필름은 2009년에 교체하였음

- 도입이 필요한 기술

- 구조재가 연결재로 사용될 수 있도록 제작되어 있어 구조가 단순하며 시공이 간편함
- 모든 온실에 방충망은 필수임
- 모든 구조재는 공장에서 가공되어 현장에서는 조립만 하도록 되어 있음
- PVC 클립이 유용하게 활용되고 있음
- 에어온실

공기주입팬의 작동을 시간 간격으로 설정하여 조정하고 있음

공기역류방지장치 설치함

피복재를 설치할 때 팽팽하게 설치함

내부피복재(1.5mm)와 외부피복재(2.0mm)의 두께를 다르게 함

PVC 클립을 이용한 피복재를 고정함

- European Society of Agricultural Engineers의 Biosystems Engineering (Structures and Environment Div.)에서 온실의 환기, 냉방, 공기유동 관련 논문을 수집함
- International Society for Horticultural Science의 Acta Horticulturae에서 온실의 환기, 냉방, 공기유동 관련 논문을 수집함
- American Society of Agricultural and Biological Engineers의 Transaction of the ASABE에서 온실의 환기, 냉방, 공기유동 관련 논문을 수집함
- Japanese Society of Agricultural, Biological and Environmental Engineers and Scientists의 Environment Control in Biology에서 온실의 환기, 냉방, 공기유동 관련 논문을 수집함
- 미국 Rutgers 대학 Bioresources Engineering Department를 방문하여 대학의 연구시설과 실험온실을 견학하고 시설운영에 관한 자료를 수집함
- 미국 북동부에 위치한 New Jersey 주의 상업용 온실 단지를 견학하고, 에너지절감형 온실의 실태와 운영에 관한 자료를 수집함

- 공기막 이중피복(double poly) 플라스틱 온실의 구조와 자재, 환경조절관련 설비 및 설계에 관한 자료를 수집함
- 캐나다 퀘벡시티에서 개최된 GreenSys 2009 국제학술회의에 참석하여 논문을 발표하고, 국외 과학자와 정보를 교류함
- 캐나다 Laval 대학을 방문하여 환경조절관련 연구시설과 실험온실을 견학하고 시설운영에 관한 자료를 수집함
- 북미대륙 북동부에 위치한 캐나다 퀘벡주의 상업용 온실단지를 견학하고, 에너지 절감형 온실의 실태와 운영에 관한 자료를 수집함
- 미국 농무성에서 지원 사업으로 확대 보급하고 있는 High Tunnel 관련 정보
- 미국 북부와 캐나다 남부에 널리 보급되고 있는 공기막 이중피복 온실 관련 정보
- 스페인에서 개발되어 보급되고 있는 이류체 포그노즐 관련 정보
- 패드, 포그노즐 등 증발냉각시스템과 관련된 미국과 유럽의 제품 정보
- 환기시스템, 공기유동시스템과 증발냉각시스템 관련 미국과 일본의 설계 정보
- 미국, 일본, 스페인, 그리스 등에서 실험한 고압 및 저압 포그시스템 관련 정보
- 온실의 환기, 냉방, 공기유동시스템 기술과 관련된 해외특허 정보

유통 관리

- Stamatakis, A., Papadantonakis, N., Lydakis-Simantiris N., Kefalas P., and Savvas D., 2003. Effects of Silicon and Salinity on Fruit Yield and Quality of Tomato Grown Hydroponically. Proc. IS on Greenhouse Salinity, Acta Hort 609, and ISHS: 141-147
Summary: This study clearly indicated that an enhanced Si supply to tomato increases markedly the β -carotene and lycopene contents, irrespective of salinity status in the root zone. Both Si and EC enhanced the fruit firmness and the contents of total solid solutes and vitamin C in the tomato fruit. Moreover, the addition of Si significantly restricted the occurrence of blossom end rot in tomato fruit when the plants were not exposed to salinity.
- Caleb, J.O., P.V. Mahajan, F.A.J. Al-Said, U. L. Opara, (2013). Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-cut Produce and the Microbial Consequences-A Review. Food Bioprocess Technol, 6:303 - 329
Summary: Modified atmosphere packaging (MAP) technology offers the possibility to retard the respiration rate and extend the shelf life of fresh produce, and is increasingly used globally as value adding in the fresh and fresh-cut food industry. However, the outbreaks of food borne diseases and emergence of resistant food borne pathogens in MAP have heightened public interest on the effects of MAP technology on the survival and growth of pathogenic organisms.
- Mangaraj, S., T.K. Goswami, P.V.Mahajan (2009). Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. Food Eng Rev, 1:133 - 158
Summary: Modified atmosphere packaging (MAP) of fresh produce relies on the modification of atmosphere inside the package achieved by the natural interplay between

two processes: the respiration rates of the commodity and the permeability of the packaging films. MAP has been a proven technology to meet the consumer's demand for more natural and fresh foods, which is increasing day by day. Because of its dynamic phenomenon, respiration and permeation take place simultaneously, and it is necessary to design the MAP system and select the matching films to achieve desired atmosphere early and maintain as long as possible.

- Gautier H., V., Diakou-Verdi, C. Benard, M. Reich, M., Buret, F. Bourgaud, J L Poessel, C. Caris-Veyrat, and M. Genard (2008). How Does Tomato Quality (Sugar, Acid, and Nutritional Quality) Vary with Ripening Stage, Temperature, and Irradiance J. Agric. Food Chem., 56: 1241 - 1250

Summary: During ripening, concentrations in reducing sugars, carotenes, ascorbate, rutin, and caffeic acid derivatives increased, whereas those in titratable acidity, chlorophylls, and chlorogenic acid content decreased. Increased fruit irradiance enhanced ascorbate, lycopene, beta-carotene, rutin, and caffeic acid derivative concentrations and the disappearance of oxidized ascorbate and chlorophylls. Increasing the temperature from 21 to 26 °C reduced total carotene content without affecting lycopene content. A further temperature increase from 27 to 32 °C reduced ascorbate, lycopene, and its precursor's content, but enhanced rutin, caffeic acid derivatives, and glucoside contents.

- Amos Mizrach (2007). Nondestructive ultrasonic monitoring of tomato quality during shelf-life storage. Postharvest Biology and Technology, 46: 271 - 274

Summary: A nondestructive ultrasonic method was used to monitor the firmness and sugar content of greenhouse tomatoes (cv. 870) during their shelf-life. The measured attenuation and the firmness were found to decrease significantly during shelf-life.

- Gautier, H., A. Rocci, M. Buret, D. Grasselly and M. Causse, (2005). Fruit load or fruit position alters response to temperature and subsequently cherry tomato quality. J Sci Food Agric, 85:1009 - 1016

Summary: Heating further decreased the structural dry matter (sDM), so that fruit sink size was the lowest for distal fruits subjected to heating. Under low competition (7P), heating had a beneficial effect on sugar and lycopene content, whereas acids, β-carotene and vitamin C content were reduced. Under high competition (14P, 14D), heating increased the ratio sDM - DM.

- Muraiore, G., F., Licciardello, E., Maccarone (2005). Evaluation of the chemical quality of a new type of small-sized tomato cultivar, the plum tomato (*Lycopersicon lycopersicum*). Italian journal of food science, 17 (1): 75-81

Summary: The plum tomato showed important marked differences with respect to the cherry type: more intense red colour, lower acid content and a higher lycopene content. The quality attribute values for cv. 738 were higher than the average values for the other cultivars. In contrast, the cherry-type variety had slightly higher levels of ascorbic acid and β-carotene than the plum tomatoes.

- Mitchell P.J., and C. Shennan, S.R. Grattan, D.M. May, (1991). Tomato Fruit Yields and

Quality under Water Deficit and Salinity. *J. AMER. SOC. HORT. SCI.*, 116(2): 215–221.

Summary: Deficit irrigation reduced fruit water accumulation and fresh fruit yield, but increased fruit soluble solids levels and led to higher concentrations of hexoses, citric acid, and potassium. Irrigation with saline water had no effect on total fresh fruit yield or hexose concentration, but slightly reduced fruit water content, which contributed to increased inorganic ion concentrations. Fruit set and marketable soluble solids (marketable red fruit yield x percent soluble solids) were generally unaffected by either irrigation practice.

- Maul, F., S.A. Sargent, C.A. Sims, E.A. Baldwin, M.O. Balaban, D.J. Huber (2000). Tomato Flavor and Aroma Quality as Affected by Storage Temperature. *Journal of food sci.* 65(7):1228–1237

Summary: Fruit stored for 2 d below 20 °C were rated by trained sensory panelists as significantly lower ($P < 0.05$) in ripe aroma, tomato flavor, compared to those stored at 20 °C. Fruit stored at 5 °C for 4 d were rated significantly lower in ripe aroma, sweetness, tomato flavor, and significantly higher in sourness, compared to those stored at 20 °C. Following 8 and 12 d storage, fruit at 5 °C were rated lowest in ripe aroma and sweetness. Significant reductions in important GC aroma volatiles and chemical composition and electronic nose analyses concurred with sensory descriptor ratings

- Xiangyang, L., R. Guangxi, S. Yan, (2010). Effect of foliar application steviol glycosides on yield and quality of tomato. *Sugar Tech*, 12(1): 76–78

Summary: There were significant differences in vitamin C, soluble sugar and soluble solid matter after using 0.2g/L SBL among four treatments. There was no significant difference in yield among the treatments.

- Aguiló-Aguayo, I., F. Charles, C. M.G.C. Renard, D. Page, F. Carlin, (2013). Pulsed light effects on surface decontamination, physical qualities and nutritional composition of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 86: 29 - 36

Summary: Ascorbic acid levels remained unchanged during storage. Total lycopene, beta-carotene and beta-carotene contents and lycopene isomerisation percent were higher in tomato extracts prepared with fresh tomato fruit treated with a high PL dose of 30 J/cm². An increase in the bio-accessibility of lycopene was observed in hot-break purees prepared with fresh tomatoes treated at 5.36 J/cm² and stored 15 days. PL treatment of fresh tomato would result in a reduction in microbiological contaminants without compromising the nutritional value; but it did induce some appearance defects.

- Liplap, P., C. Vigneault, P. Toivonen, M. T. Charles, G.S. V. Raghavan, (2013). Effect of hyperbaric pressure and temperature on respiration rates and quality attributes of tomato. *Postharvest Biology and Technology* 86 (2013) 240 - 248

Summary: The lowest RR was obtained from tomato stored at 0.1 MPa at 13 °C. Hyperbaric treatment at 0.5, 0.7 and 0.9 MPa significantly reduced weight loss, retained color, firmness, total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA) and TSS: TA ratio at similar levels as the tomato treated at 13 °C and 0.1 MPa. Firmness after treatment

was highest for fruit from 0.1 MPa at 13°C and from 0.5, 0.7 and 0.9 MPa at 20°C. The higher firmness advantage declined by 5 days of ripening after treatment, with higher firmness only being retained for fruit from the 0.9 MPa at 20°C and the 0.1 MPa at 13°C treatments. The only consistent effect of hyperbaric treatment at 0.5, 0.7 and 0.9 MPa was to reduce weight loss and enhance firmness retention up to 5 days ripening after treatment.

- Chen, J., S. Kang, T. Du, R. Qiu, P. Guo, R. Chen (2013). Quantitative response of greenhouse tomato yield and quality to water deficit at different growth stages. *Agricultural Water Management*, 129:152-162

Summary: Tomato water consumption and total yield were decreased by the application of 1/3 (T3) of full irrigation at flowering and fruit development stage (Stage II), and 1/3 (T5) or 2/3 (T6) of full irrigation at fruit maturation stage (Stage III). But the fruit contents of total soluble solids (TSS), reducing sugars (RS), organic acids (OA) and vitamin C (VC) as well as fruit firmness (Fn), sugar/acid content ratio (SAR), color index (CI) and water use efficiency (WUE) were significantly increased.

- Pinheiro, J., C. Alegria, M. Abreu, E. M. Goncalves, C. L.M. Silva, (2013). Kinetics of changes in the physical quality parameters of fresh tomato fruits (*Solanum lycopersicum*, cv. 'Zinac') during storage. *Journal of Food Engineering* 114: 338 - 345

Summary: Storage at all temperatures had significant impact on the quality parameters analysed. Significant alterations in tomato green colour, firmness and weight loss were observed. The results also revealed a slight increase in the total phenolic content, and that refrigeration storage at 2 and 5°C induced chilling injuries.

- Farneti, B., R.E. Schouten, T. Qiana, J.A. Dieleman, L.M.M. Tijssens, E. J. Woltering (2013). Greenhouse climate control affects postharvest tomato quality. *Postharvest Biology and Technology*, 86:354 - 361

Summary: Sugar and acids levels were hardly affected by greenhouse type. CO₂ levels and temperature affect the synchronisation between colour and firmness maturity at harvest. The sugar to acid ratio was highest and glucose to fructose ratio was lowest in July, the month with the highest irradiance, irrespective of greenhouse type. The estimated value for the maximum firmness (F_{max}) varied from 17.9 N in August to 31.2 N in June. It might be hypothesised that the monthly variation in glucose and fructose levels causes variation in that part of firmness that is generated by cell turgor. The monthly variation in F_{max}, sugar and acid levels could not be linked to climate conditions and remains to be elucidated.

- S. M. Al-Amri (2013). Improved growth, productivity and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants through application of shikimic acid. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20:339 - 345

Summary: Shikimic acid at all concentrations significantly increased fresh and dry weights, fruit number, average fresh and dry fruit yield, vitamin C, lycopene, carotenoid contents, total acidity and fruit total soluble sugars of tomato plants when compared to

control plants. It could be suggested that shikimic acid used for seed soaking could be used for increasing growth, fruit productivity and quality of tomato plants growing under field conditions.

- Liu, C., X. Han, L. Cai, X. Lu, T. Ying, Z. Jiang (2011). Postharvest UV-B irradiation maintains sensory qualities and enhances antioxidant capacity in tomato fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 59:232 - 237

Summary: Of the four doses, 20 or 40 kJ/ m² was most effective in maintaining a high level of firmness and delaying the colour development. Furthermore, 20 or 40 kJ/ m² promoted the accumulation of total phenolics and total flavonoids, and enhanced antioxidant capacity during storage, though UV-B irradiation could reduce the ascorbic acid content. The highest dose of 80 kJ/ m² resulted in higher lycopene content, but showed negative effects on texture, colour, and other antioxidants. The optimum dose of UV-B for maintaining sensory qualities and enhancing antioxidant capacity was 20 or 40 kJ/m². These results suggest that UV-B irradiation appears to be a useful nonchemical way of maintaining postharvest quality and enhancing antioxidant capacity in tomato fruit.

- Ali, A., M. Maqbool, S. Ramachandran, P. G. Alderson, (2010). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 58: 42 - 47

Summary: Fruit coated with 10% gum arabic showed a significant ($P \leq 0.05$) delay in changes of weight, firmness, titratable acidity, soluble solids concentration, ascorbic acid content, decay percentage and colour development compared to uncoated control fruit. Sensory evaluation proved the efficacy of 10% gum arabic coating by maintaining the overall quality of tomato fruit during the storage period. The results suggest that by using 10% gum arabic as an edible coating, the ripening process can be delayed and the storage life of tomatoes stored at 20 °C and at the breaker stage can be extended up to 20 d without any spoilage and off-flavour.

- Beckles, M.D, (2012). Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 63: 129 - 140

Summary: Although a large component of tomato fruit taste is sugars, the choice of tomato cultivar and the postharvest practices implemented by industry are designed to reduce crop loss and lengthen shelf-life and do not prioritize sweetness. However, because there is a growing recognition that taste and flavor are key components of tomato marketability, greater emphasis is now being placed on improving traits like sugar content.

- Dominguez, I., F. Ferreres, F. P. Riquelme, R. Font, M. I. Gil (2012). Influence of preharvest application of fungicides on the postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Postharvest Biology and Technology* 72: 1 - 10

Summary: Preharvest application of pyraclostrobin + boscalid, as well as having a

broad-spectrum activity for fruit disease control, may also be beneficial in prolonging the postharvest life of long life cultivars such as Nereida tomatoes without negatively affecting quality attributes. The results of this study suggest that different fungicides may have different potential for the preservation of tomato quality, but the responses depend on the cultivar.

- Caleb, J.O., P.V. Mahajan, F.A.J. Al-Said, U. L. Opara,(2013). Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-cut Produce and the Microbial Consequences – A Review. Food Bioprocess Technol, 6:303 - 329

Abstract: Modified atmosphere packaging (MAP) technology offers the possibility to retard the respiration rate and extend the shelf life of fresh produce, and is increasingly used globally as value adding in the fresh and fresh-cut food industry. However, the outbreaks of food borne diseases and emergence of resistant food borne pathogens in MAP have heightened public interest on the effects of MAP technology on the survival and growth of pathogenic organisms. This paper critically reviews the effects of MAP on the microbiological safety of fresh or fresh-cut produce, including the role of innovative tools such as the use of pressurised inert/ noble gases, predictive microbiology and intelligent packaging in the advancement of MAP safety. The integration of Hazard Analysis and Critical Control Points-based programs to ensure fresh food quality and microbial safety in packaging technology is highlighted.

- Mangaraj,S.,T.K.Goswami, P.V.Mahajan (2009). Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. Food Eng.Rev, 1:133 - 158

Abstract: Modified atmosphere packaging (MAP) of fresh produce relies on the modification of atmosphere inside the package achieved by the natural interplay between two processes: the respiration rates of the commodity and the permeability of the packaging films. MAP has been a proven technology to meet the consumer's demand for more natural and fresh foods, which is increasing day by day. Because of its dynamic phenomenon, respiration and permeation take place simultaneously, and it is necessary to design the MAP system and select the matching films to achieve desired atmosphere early and maintain as long as possible. To meet the desired film characteristics for MAP, the different plastic films are either laminated or co extruded. In this modern world, the packaging films of required gas transmission properties are made available through advanced technology. Although the MAP industry has an increasing choice of packaging films, most packs are still constructed from four basic sustainable polymers: polyvinyl chloride (PVC), polyethylene terephthalate (PET), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) for packaging of fresh produce. Polystyrene has also been used but polyvinylidene, polyester and nylon have such low gas permeabilities that they would be suitable only for commodities with very low respiration rates.

- 과거에는 농산물을 선택하는 결정기준으로 외부품질인자가 주로 이용되었지만, 오늘날 전 세계적으로 생활수준이 향상됨에 따라 농산물의 선택기준이 외부품질에서 맛, 영양성분, 안전성을 고려한 내부품질의 비중이 커지고 있는 추세이다.

- 농산물은 호흡을 하는 생명체로 수확 후에도 품질이 변할 수 있으며, 동일한 조건에서 재배된 경우에도 개체마다 품질이 달라 균일한 품질을 유지하는 것이 어렵다. 그러므로 농산물의 품질 측정기술은 간단하고, 빠르며, 전처리 없이 전수 조사를 실시할 수 있는 비파괴 측정법이 꾸준히 연구 개발되고 있다(Xie et al, 2007).
- 초분광 영상장치를 이용한 연구로는 토마토의 표면에 존재하는 카르테노이드와 클로로필 예측을 위한 연구(Polder et al., 2004), 저장기간 동안 사과와 미세한 멍을 검출하는 연구(Lee et al., 2009; ElMasry et al., 2008), 사과의 경도 및 당도를 예측하기 위한 연구(Peng & Lu, 2008), 딸기의 숙도 판정과 수분함량, 당도, 산도의 예측을 위한 연구(ElMasry et al., 2007), 귤(citrus)의 치명적인 질병인 canker의 검출을 위한 연구(Qin et al., 2008), 복숭아의 경도 예측을 위한 연구(Lu & Peng, 2006), 가금류의 도계과정 중 배설물이나 찌꺼기로부터 계육표면의 오염 검사 및 검출을 위한 연구(Cho et al., 2007), 사과에 묻은 가축의 배설물 검출을 위한 연구(Kim et al., 2002) 등 농·식품, 축산물 분야 등에 다양하게 적용되고 있다.
- 토마토의 주색소인 카르티노이드 계열의 lycopene은 항암의 효능이 알려져 있으며 토마토의 착색과 관련된 물질이다. 일반적으로 착색도는 색깔차트로 규격화되어 있으며 6단계로 분류하여 수확시기 및 품질등급을 결정하는 중요한 요소로 사용되고 있다(Batu, 2004).
- 일반 토마토 및 완숙 토마토의 품질과 관련된 연구로서, 에틸렌 생합성에 유전자 변이를 이용하는 등의 품질을 개선한 연구와 NIR, 초음파 및 MRI를 이용한 비파괴 측정방법 등에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다(Tu et al., 2007).
- 곡물의 수분 측정을 위한 수단으로 Norris(1966)에 의해 최초로 시도된 이후로 분광분석법은 경도, 당도, 산도 등과 같은 내부품질과 내부 질병 및 손상 등을 비파괴 방법으로 예측하고자 많은 연구가 진행되어 왔다. 광분석 방법은 투과 방식과 반사 방식으로 크게 나눌 수 있으며 전자는 농산물에 빛을 조사한 후 내부를 통과한 빛을 획득하는 방식이며, 후자는 조사된 빛이 내부로 침투 후 시료의 표면에서 반사되어 흩어지는 광을 수집하여 스펙트럼으로 이용하는 방식이다(Nicolai et al., 2007).
- 국내에서 생산되는 방울토마토는 여러가지 품종이 있으나 수확량의 기복과 열과 발생이 적은 품종인 꼬꼬(*Lycopersicon esculentum Mill*)가 가장 많이 재배되고 있다. 숙도가 완전히 진행된 꼬꼬 품종은 과중이 20 ~ 25 g 정도이며, 당도는 8 ~ 10 °Brix 정도로 수출에 적합하여 많은 양이 일본으로 수출되고 있다.
- 토마토 품질규격은 USDA(1997)에서 최초로 제시하였으며 크기, 무게, 손상 그리고 착색의 정도에 따라 6등급의 숙성도로 분류된다. 현재에도 USDA의 규격기준은 많은 연구에서 활용되고 있으나, 토마토 칼라차트를 이용한 품질선별은 육안선별이 대부분으로 대량으로 생산되는 방울토마토를 기계적으로 자동선별하기에는 적합하지 않아 상업적으로의 이용이 미흡한 실정이다.

수출 관리

- HortiMaX Synopta(<http://www.hortimax.com/>)
- Hoobendoorn Information management(<http://www.hoogendoorn.nl/en/>)
- Priva(<http://www.privagroup.com/en/>)
- 일본농림수산성(www.maff.go.kr)
- 일본후생노동성(www.mhlw.go.jp)

- 일본동경도매시장(www.shijou.metro.tokyo.jp)
- 대만 행정원 농업위원회(www.coa.gov.tw/show_index.php)
- Global Trade Atlas(www.gtis.com)

제 7 장 연구시설·장비 현황

관련 사항 없음

제 8 장 참고문헌

재배 관리

- Aguirre, R. and A. blanco. 1992. Patern of histological differentiation induced by paclobutrazol and GA in peach shoots. *Acta hort.* 315:7-12.
- Burrows, G.E., T.S. Boag, and W.P. Stewart. 1992. theum cv.Lillian Hoek following paclobutrazol application. *J. Plant Growth Reg.* 11:189-194.
- Hunter, D.M. and J.T.A. Proctor. 1992. Paclobutrazol affectes growth and fruit composition of potted grapevines. *HortScience.* 27:319-321.
- Davis, T.D., G.L. Steffens, and N. Sankhla. 1988. Triazole plant growth regulator. *Hort. Rev.* 10:63-105.
- Flecter, R.A., A. Gilley, N. Sankla, and T.D. Davis. 1997. Triazoles as plant growth regulators and stress protoctants. *Horticultural Review* 24:55-139.
- Fisher, P.R., R.D. Heins, and J.H. Lieth. 1996. Modeling the stem elongation response of poinsettia to chlormequat. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:861-868.
- Gibertz, D.A. 1992. Chrysanthemum response to timing of paclobutrazol and uniconazole sprays. *HortScience* 27:322-323.
- Gent., M.P.N. 1997. Persistence of triazole growth retardants on stem elngation of Rhododendron and Kalmia. *J. Plant Growth Regul.* 16:197-203.
- Kim, S.E. and J.M. Lee. 1997. Analysis of the auxin like activity in triazole chemicals. These collection in celebration of Dr. Young Seek. Choue's seventy-seventh Birthday, pp. 1029-1037.
- Lee, J.M., E.J. Bae, C.W. Lee, and S.S. Kwon. 1999. Seedling growth and fruit set and quality of cucumber as affected by triazole chemicals. *Acta Hort.* 483:125-132.
- McPaniel, G.L. 1983. Growth radiation activity of paclobutrazol of chrysanthemum. *HortScience.* 18:199-200.
- Pasian, C.C. and M.A. Bennett, 2001. Paclobutrazol soaked marigold, geranium, and tomato seeds produce short seedlings. *HortScience.* 36:721-723.
- Rademacher, W. and J. Jung. 1986. GA biosynthesis inhibitors-An uptake inhibitors of GA biosynthesis. *Plant Growth Reg. Soc. Amer.* B:102-114.
- Strerrett, J.P. 1985. Paclobutrazol: a promising growth inhibitor for injection into woody plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:4-8.
- Steffens, G.L. and S.Y. Wang. 1985. Persistance of several triazol GA biosynthesis inhitors for retarding growth of young apple plant. *Plant Growth Reg. Soc. Amer.* 12:248.
- Suh, S.G. and H.D. Chung. 1986. Effect of paclobutrazol on growth and tolerance to chilling and drought stress in cucumber plant (*Cucumis sativus L.*). *J. Kor, Soc. Hort. Sci.* 27:111-118.
- Steinberg, S.L., J.M. Zajicek, and M.J. McFarland. 1991. Short-term effect of uniconazole on the water relations and growth of Ligustrum. *F. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:460-464.

- Sekimoto, H., K. Matsuura, and T. Yoshino. 1998. Relation between the greening of leaves by the treatment with a gibberellin-biosynthesis inhibitor and leaf area and nitrogen content in *Cucumis sativus* L.J. *Jpn. Soc. Hort. Sci.* 67:270-272.
- Stephens, G.L., S.Y. Wang, M. Faust, and J.K. Byun. 1985. Growth, carbohydrate, and mineral element status of shoot and spur leaves and fruit of 'Spartan' apple trees treated with paclobutrazol. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:850-855.
- Tonkinson, C.L., R.L. Lyndon, G.M. Arnold, and J.R. Lenton. 1995. Effect of Rht3 dwarfing gene on dynamics of cell extension in wheat leaves, and its modification by gibberellic acid and paclobutrazol. *J. Expt. Bot.* 46:1085-1092.
- Wample, R.L. and E.B. Culver. 1983. The influence of paclobutrazol a new growth regulator on sunflower. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:122-125.
- Wang, Y. and L.L. Gregg. 1989. Uniconazole affects vegetative growth, flowering, and stem anatomy of hibiscus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:927-932.
- Cho, K.C., W.M. Yang, W.S. Kim, and S.J. Chung. 2002. Growth retardation of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings by treatment of paclobutrazol and removal of retardation by foliar spray of gibberellin. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(4):415-420.
- Fletcher, R.A. and V. Arnold. 1986. Stimulation of cytokinin and chlorophyll synthesis in cucumber cotyledons by triadimfon. *Physiol. Plant.* 66:197-201.
- Fletcher, R.A., N.K. Asare-Boamah., L.C. Krieg, G.Hofstra, and E.B. Dumbroff. 1988. Triadimefon stimulates rooting in bean hypocotyl. *Physiol. Plant.* 73:401-405.
- Kim, S.E. and J.M. Lee. 1997. Analysis of the auxin-like activity in triazole chemicals. These collection in celebration of Dr. Young Seek. Choue's seventy-seventh Birthday. 1029-1037.
- Kim, S.J., J.M. Lee, and C.K. Kang. 1998. Effects of seed treatment with triazole chemicals on emergence, seedling growth, and adventitious rooting of gourd. *J. Kor.Soc. Hort. Sci.* 39:140-144.
- Lee, J.M., E.J. Bae, C.W. Lee, and S.S. Kwon. 1999. Seedling growth and fruit set and quality of cucumber as affected by triazole chemicals. *Acta Hort.* 483:125-132.
- Lee, S.W. and K.H. Rho. 2000. Rooting promotion of 'new guinea' limpatiens (*Lmptiens hawkeri* hybrida) cuttings by treatment of plant growth retardants and triazole fungicides. *Kor. J. Hort. Sci. Tehcnol.* 18(6):823-826.
- McDaniel, G.L. 1983. Growth radiation activity of paclobutrazol of chrysanthemum. *HortScience.* 18:199-200.
- Pasian, C.C. and M.A. Bennett. 2001. Paclobutrazol soaked marigold, geranium, and tomato seeds produce short seedlings. *HortScience.* 36:721-723.
- Rademacher, W. and J. Jung. 1986. GA biosynthesis. inhibitors-An uptake inhibitors of GA biosynthesis. *Plant Growth Reg. Soc. Amer.* B:102-114.
- Sankhla, N., T.D. Davis, A. Upadhyaya, D. Sankhla, R.H. Walser, and B.N. Smith. 1985. Growth and metabolism of soybean as affected by paclobutrazol. *Plant cell Physiol.* 26:913-921.

- Shin, W.G. and B.R. Jeong. 2002. Suppression of height of tomato plug seedlings by seed treatment of growth retardants. *J. Bio-Envir. Con.* 11(1):23-28.
- Suh, S.G. and H.D. Chung. 1986. Effect of paclobutrazol on growth and tolerance to chilling and drought stress in cucumber plant (*Cucumis sativus L.*). *J. Kor, Soc. Hort. Sci.* 27:111-118.
- Upadhyaya, A., T.D. Davis, and R.H. Walser. 1991. Alleviation of sulphur dioxide-induced phytotoxicity in cucumber plant by uniconazole. *Biochem. Physiol. Pflanzen* 187:59-65.
- Wample, R.L. and E.B. Culver. 1983. The influence of paclobutrazol a new growth regulator on sunflower. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:122-125.
- Zhang, C.H., I.J. Chun, Y.C. Park, and I.S. Kim. 2003. Effect on the inhibition of over-growth of plug seedling by triazole-type growth regulator treatment. *J. Bio-Envir. Con.* 12(3):139-146.
- Beardsell, D. V., D.G. Nichols, and D.L. Jones. 1979. Physical properties of nursery potting mixtures. *Scien-tia Horticulturae* 11:1-8.
- CEN (European committee for standardization). 1999a. Soil improvers and growing media-Sample prepara-tion for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density. CEN. prEN 13040.
- CEN(European committee for standardization). 1999b. Soil improvers AND Growing media-Determination Ofphysical properties-D_{bulk} bulk density, air volume, water volume, shrinkage value and total pore space. CEN. prEN 13041.
- Choi, J.M., J.W. Ahn, J.H. Ku, and Y.B. Lee. 1997. Effect of medium composition on physical properties of soil and seedling growth of red-pepper in plug sys-tem. *J. Kor. Soc. Hort. SCI.* 38:618-624.
- Choi, J.M., C.Y. Shim, and J.S. Choi. 2002. Effect of phosphorus fertilization on changes of nutrient concen-trations in rice hull based root media, crop growth, and nutrient contents of chrysanthemum. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:235-238.
- De Boodt, M. and O. Verdonck. 1971. Physical prop-erties of peat and peat-moulds improved by perlite and foampplastics in relation to ornamental plant growth. *Acra Hort.* 18:9-25.
- Inbar, Y., Y. Hadar, and Y. Chen. 1993. Recycling of cat-tle manure: the composting process and characterization of maturity. *J. of Environmental Quality* 22: 857-863.
- Kim, K.C., M.J. Uhm, Y.H. Moon, and Y.G. Choi. 2004. Changes in the Physico-chemical properties of growing media and growth of oriental melon seed-lings by charcoal application. *J. of Bio-Enviroment Control.* 13(1):61-66.
- Kim, H.J., H.K. KIM, S.M. Kwon, S.H. Woo, and K.Y. Chang. 2010. Effect of the clay mineral on the growth of cherrt tomato in the bed soil. *Kor. J.. Soil. Fert.* 43:322-328.
- Kubo, S., N. Shimada, and N. Okamoto. 1991. The effects of nutrient levels in nursery soil on plant qual-ity of cucumber, tomato, eggplant and melon seed-lings. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 60(3):555-566.
- Leen J.W., B.Y. Lee, K.Y. Kim, and S.H. Kang. 2000. Influence of rice hull ratio and

- nutrient solution strength on the growth of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) seedling in expanded rice hull-based substrate. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:31-35.
- Robert R. Milks, William C. Fonteno, and Roy A. Larson. 1989. Hydrology of horticultural substrates: 1. Mathematical models for moisture characteristics of horticultural container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(1):48-52.
 - Beardsell, D.V., D.G. Nichols, and D.L. Jones. 1979. Physical properties of nursery potting mixtures. *Scientia Horticulturae* 11:1-8.
 - CEN (European committee for standardization). 1999a. Soil improvers and growing media-Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density. CEN. prEN 13040.
 - CEN (European committee for standardization). 1999b. Soil improvers and Growing media-Determination of physical properties-Dry bulk density, air volume, water volume, shrinkage value and total pore space. CEN. prEN 13041.
 - Choi, J.M., J.W. Ahn, J.H. Ku, and Y.B. Lee. 1997. Effect of medium composition on physical properties of soil and seedling growth of red-pepper in plug system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:618-624.
 - Choi, J.M., C.Y. Shim, and J.S. Choi. 2002. Effect of phosphorus fertilization on changes of nutrient concentrations in rice hull based root media, crop growth, and nutrient contents of chrysanthemum. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:235-238.
 - De Boodt, M. and O. Verdonck. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae*. 26:37-44.
 - De Boodt, M. and O. Verdonck. 1971. Physical properties of peat and peat-moulds improved by perlite and foampastics in relation to ornamental plant growth. *Acta Hort.* 18:9-25.
 - Inbar, Y., Y. Hadar, and Y. Chen. 1993. Recycling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity. *J. of Environmental Quality* 22:857-863.
 - Kim, K.C., M.J. Uhm, Y.H. Moon, and Y.G. Choi. 2004. Changes in the Physico-chemical properties of growing media and growth of oriental melon seedlings by charcoal application. *J. of Bio-Environment Control*. 13(1):61-66.
 - Kim, H.J., H.K. Kim, S.M. Kwon, S.H. Woo, and K.Y. Chang. 2010. Effect of the clay mineral on the growth of cherry tomato in the bed soil. *Kor. J. Soil. Fert.* 43:322-328.
 - Kubo, S., N. Shimada, and N. Okamoto. 1991. The effects of nutrient levels in nursery soil on plant quality of cucumber, tomato, eggplant and melon seedlings. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 60(3):555-566.
 - Lee, J.W., B.Y. Lee, K.Y. Kim, and S.H. Kang. 2000. Influence of rice hull ratio and nutrient solution strength on the growth of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) seedling in expanded rice hull-based substrate. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:31-35.
 - Robert R. Milks, William C. Fonteno, and Roy A. Larson. 1989. Hydrology of horticultural substrates: 1. Mathematical models for moisture characteristics of horticultural container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(1):48-52.

- Abad, M., P. Noguera, R. Puchades, A. Maquieira, and V. Noguera. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for container ornamental plants. *Bioresource Technology* 82:241-245.
- Arenas M., Varina C. S., Cornell J. A., Hanlon E. A., and Hochmuth G. J. 2002. Coir as an Alternative to peat in media for tomato transplant production. *Hort science* 37(20) 309-312.
- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hyman, London.
- Choi, G.L., M.W. Cho, J.W. Cheong, H.C. Rhee, U.C. Kim, M.Y. Roh, and Y.I. Kang. 2012. Effect of EC levels in nutrient solution on the growth of juvenile rose in hydroponics using coir substrate. *J. Bio-Env. Con.* 21(4): 317-321.
- Dorais, M. and A.P. Papadopoulos. 2001. Greenhouse tomato fruit quality. *Horticultural Reviews* 26:239-319.
- Evans, M.R. and R.H. Stamps. 1996. Growth of bedding plants in sphagnum peat-and coir dust-based substrates. *Journal of Environmental Horticulture* 14:187-190.
- Fascella, G. and G. V. Zizzo. 2005. Effect of growing media on yield and quality of soilless cultivated rose. *Acta Horticulturae* 697:133-138.
- Irungu, A.P.M., P.K. Chege, D.T. Moabi, and T. Yamashita. 2007. Effect of coconut coir media on bitter gourdn (*Momordica charantia* L.) growth and yield in an energy-saving hydroponic system. *Journal of Tropical Agriculture* 51:177-182.
- Kim, S.E., S.Y. Shim, and Y.S. Kim. 2010. Comparison irrigation management methods by integrated solar radiation and drainage level sensor in rockwool and coir bag culture for tomato. *J. Bio-Env. Con.* 19(1):12-18.
- Kim, S.E., S.Y. Kim, M.H. Lee and Y.S. Kim. 2012. Appropriate Daily Last Irrigation Time in Coir Bag Culture for Tomato. *J. Bio-Env. Con.* 21(1):12-19.
- Kim, S.E., M.H. Lee, and Y.S. Kim. 2012. Appropriate pretreatment method of coir bag in coir culture. *J. Bio-Env. Con.* 21(3):170-179.
- Koyama, S., H. Urayama, K. M. P. D. Karunaratne, and T. Yamashita. 2009. Effects of coir application on soil properties and cucumber production as a reuse model of organic medium used in soilless culture. *J. Tropical Agriculture and Development* 53: 7-13.
- Last, F.T. and M.H. Ebben. 1966. The epidemiology of tomato brown root rot. *Annals of Applied Biology* 57:95-112.
- Malathrakis, N.E., G.E. Kapetanakis, and D.C. Linardakis. 1983. Brown root rot of tomato, and its control, in crete. *Annals of Applied Biology* 102:251-256.
- Noguera, P., M. Abad, R. Puchades, A. Maquieira, and V. Noguera. 2003. Influences of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as container medium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34:593-605.
- Rincon, L., A. Perez, A. Abadia, and C. Pellicer. 2005. Yield, water use and nutrient uptake of a tomato crop grown on coconut coir dust. *Acta Horticulturae* 697:73-79.
- Rundel, P.W. 1982. Water uptake by organs other than roots. *Encyclopedia Plant Physiology* 12:111-134.

- Shin, W.G. and B.R. Jeong. 2000. Growth of plug seedlings of petunia 'Madness Rose' and pansy 'Magestic GT' in various mixtures of recycled horticultural media. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 18:523-528.
- Steven T. M and Cary A. M. 1990. Adaptive Stem and Adventitious Root Responses of Two Tomato Genotypes to Flooding. *Hortscience* 25:100-103.
- Vaughn, S.F., A.D. Nathan, A.B. Mark, and L.E. Roque. 2010. Lesquerella press cake as an organic fertilizer for greenhouse tomatoes. *Industrial Crops and Products* 32:164-168.
- Vincent E., Robert D. L. P. and Adam A. 2010. Flooding tolerance of tomato genotypes during vegetative and reproductive stages. *Braz. J. Plant physiol.* 22:131-142

병충해 관리

- Panthee DR & Chen F (2010). Genomics of fungal disease resistance in tomato. *Current genomics* 11(1):30-39.
- Abbasi PA & Lazarovits G (2006). Effect of acidic electrolyzed water on the viability of bacterial and fungal plant pathogens and on bacterial spot disease of tomato. *Canadian journal of microbiology* 52(10):915-923.
- Mesbah LA, *et al.* (1999). Genetic and physical analysis of a YAC contig spanning the fungal disease resistance locus Asc of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Molecular & general genetics : MGG* 261(1):50-57.
- Hammond-Kosack KE, Tang S, Harrison K, & Jones JD (1998). The tomato Cf-9 disease resistance gene functions in tobacco and potato to confer responsiveness to the fungal avirulence gene product avr 9. *The Plant cell* 10(8):1251-1266.
- Hammond-Kosack KE, Harrison K, & Jones JD (1994). Developmentally regulated cell death on expression of the fungal avirulence gene Avr9 in tomato seedlings carrying the disease-resistance gene Cf-9. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91(22):10445-10449.
- Nuez F, Prohens J, Blanca JM. (2004). Relationships, origin, and diversity of Galapagos tomatoes: implications for the conservation of natural populations. *Am J Bot* 91:86-99.
- Wangsomboondee T, Groves CT, Shoemaker PB, Cubeta MA, Ristaino JB. (2002). *Phytophthora infestans* populations from tomato and potato in North Carolina differ in genetic diversity and structure. *Phytopathology* 92:1189-1195.
- Di W, Feng L, Zhang CQ, He Y. (2007). Study on the detection of gray mold of tomato leave based on Vis-near infrared spectra. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi* 27:2208-2211.
- Chandra NS, Wulff EG, Udayashankar AC, Nandini BP, Niranjana SR, Mortensen CN, Prakash HS. (2011). Prospects of molecular markers in *Fusarium* species diversity. *Appl Microbiol Biotechnol* 90:1625-1639.
- Katan T, Shlevin E, Katan J. (1997). Sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on stem surfaces of tomato plants and aerial dissemination of inoculum. *Phytopathology* 87:712-719.

- Michielse CB, Rep M. (2009). Pathogen profile update: *Fusarium oxysporum*. Mol Plant Pathol 10:311–324.
- Takken F, Rep M. (2010). The arms race between tomato and *Fusarium oxysporum*. Mol Plant Pathol 11:309–314.
- Inami K YC, Hirano Y, Kawabe M, Tsushima S, Teraoka T, Arie T. (2010). Real-time PCR for differential determination of the tomato wilt fungus, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, and its races. J Gen Plant Pathol 76:116–121.
- Houterman PM, Cornelissen BJ, Rep M. (2008). Suppression of plant resistance gene-based immunity by a fungal effector. PLoS Pathog 4: e1000061.
- van der Does HC, Duyvesteijn RG, Goltstein PM, van Schie CC, Manders EM, Cornelissen BJ, Rep M. (2008). Expression of effector gene SIX1 of *Fusarium oxysporum* requires living plant cells. Fungal Genet Biol 45:1257–1264.
- Kim SH, Uzunovic A, Breuil C. (1999). Rapid detection of *Ophiostoma piceae* and *O. quercus* in stained wood by PCR. Appl Environ Microbiol 65:287–290.
- Carbone IaK, LM. (1999). A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes. Mycologia 91:553–556.
- Samuels GJ, Dodd SL, Gams W, Castlebury LA, Petrini O. (2002). *Trichoderma* species associated with the green mold epidemic of commercially grown *Agaricus bisporus*. Mycologia 94:146–170.
- Wiebe, W. L. and Campbell, R. N. (1997). Characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* and comparison with *P. s.* pv. *tomato*. Plant Dis. 77:414–419.
- Manceau, C. and Horvais, A. (1993). Assessment of genetic diversity among strains of *Pseudomonas syringae* by PCR–restriction fragment length polymorphism analysis of rRNA operons with special emphasis on *P. syringae* pv. *tomato*. Appl. Environ. Microbiol. 63:498–505.
- Bello GD (2008). First report of *Trichothecium roseum* causing postharvest fruit rot of tomato in Argentina. Australasian Plant Dis. Notes 3:103–104.
- Buckley DF, Jeffries L (1981). Studies on a fibrinolytic serine trypsin-like enzyme from *Fusarium semitectum*. FEMS Microbiol. Lett. 12:401–404.
- Jones JB, Jones JP, Stall RE, Zitter TA (1997). Compendium of Tomato Disease. St. Paul, MN, APS Press.
- Yoon JH, Park JE, Suh DY, Hong SB, Ko SJ, Kim SH (2007). Comparison of dyes for easy detection of extracellular cellulase in fungi. Mycobiology 35:21–24.
- Bell, A. A. and Wheeler, M. H. (1986). Biosynthesis and functions of fungal melanins. Annu. Rev. Phytopathol. 24:411–451.
- Butler, M. J. and Day, A. W. (1998). Fungal melanins: a review. Can. J. Microbiol. 44:1115–1136.
- Kim, S. H., Uzunovic, A. and Breuil, C. (1999). Rapid detection of *Ophiostoma piceae* and *O. quercus* in stained wood by PCR. Appl. Environ. Microbiol. 65:287–290.
- Woloshuk, C. P., Sisler, H. D., Tokousbalides, C. M. and Dutky, S. R. (1980). Melanin

- biosynthesis in *Pyricularia oryzae*: Site of tricyclazole inhibition and pathogenicity of melanin-deficient mutants. *Pestic. Biochem. Physiol.* 14:256-264.
- Subash CBG, Periasamy A, Azariah H (2005). Extracellular enzymatic activity profiles in fungi isolated from oil rich environment. *Mycoscience* 46:119-126.
 - Kim SH, Uzunovic A, Breuil C (1999). Rapid detection of *Ophiostoma piceae* and *O. quercus* in stained wood by PCR. *Appl. Environ. Microbiol.* 65:287-290.
 - Blixt E, Djurle A, Yuen J, Olson A (2009). Fungicide sensitivity in Swedish isolates of *Phaeosphaeria nodorum*. *Plant Pathol.* 58:655- 664.
 - Engstrom GW, DeLance JV, Richard JL, Baetz AL (1975). Purification and characterization of roseotoxin B, a toxic cyclodepsipeptide from *Trichothecium roseum*. *J. Agric. Food Chem.* 23 : 244-253.
 - Ghosal S, Chakrabarti DK, Srivastava AK, Srivastava RS (1982). Toxic 12, 13-epoxytrichothecenes from anise fruits infected with *Trichothecium roseum*. *J. Agric. Food Chem.* 30:106-109.
 - Hasija SK, Agarwal HC (1978). Nutritional physiology of *Trichothecium roseum*. *Mycologia* 70:47-60.
 - Jones JB, Jones JP, Stall RE, Zitter TA (1997). *Compendium of Tomato Disease*. St. Paul, MN, APS Press.
 - Dye, D. W., Bradbury, J. F., Goto, M., Hayward, A. C., Lelliott, R. A. and Schroth, M. N. (1980). International standards for naming pathovars of phytopathogenic bacteria and a list of pathovar names and *pathotype strains*. *Rev. Plant Pathol.* 59:153 - 168.
 - Henderson, M., Hildebrand, D. C. and Schroth, M. N. (1992). Relatedness of *Pseudomonas syringae* pv. tomato, *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola*, and *Pseudomonas syringae* pv. *antirrhini*. *J. Appl. Bacteriol.* 73:455 - 464.
 - Manceau, C. and Horvais, A. (1997). Assessment of genetic diversity among strains of *Pseudomonas syringae* by PCR-restriction fragment length polymorphism analysis of rRNA operons with special emphasis on *P. syringae* pv. *tomato*. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:498-505.
 - Wiebe, W. L. and Campbell, R. N. (1993). Characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* and comparison with *P. s.* pv. *tomato*. *Plant Dis.* 77:414-419.
 - Amin I, Mansoor S, Amrao L, Hussain M, Irum S, Zafar Y, Bull SE, Briddon RW (2006) *Arch Virol* 151, 2055-2065
 - Amin I, Hussain K, Akbergenov R, Yadav JS, Qazi J, Mansoor S, Hohn T, Fauquet CM, Briddon RW (2011) *Mol Plant-Microbe Interact* 24, 973-983
 - Briddon RW, Stanley J (2006) *Virology* 344, 198-210
 - Cai JH, Xie K, Lin L, Qin BX, Chen BS, Meng JR, Liu YL (2010) *New Dis Rep* 20, 29
 - Chellappan P, Vanitharani R, Fauquet CM (2005) *Proc Natl Acad Sci USA* 102, 10381-10386
 - Cui X, Tao X, Xie Y, Fauquet CM, Zhou X (2004) *J Virol* 78,13966-139
 - Davino S, Napoli C, Dellacroce C, Miozzi L, Noris E, Davino M, Accotto GP (2009) *Virus Res*

143, 15-23

- Dogra SC, Eini O, Rezaian MA, Randles JW (2009) *Plant Mol Bio* 171, 25-38
- Duffy S, Holmes EC (2009) *J Gen Virol* 90, 1539-1547
- Frischmuth T, Stanley J (1992) *Virology* 189:808-811.
- Dry IB, Krake LR, Rigden JE, Rezaian MA (1997) *Proc Natl Acad Sci USA* 94, 7088-7093
- Galvão RM, Mariano AC, Luz DF, Alfenas PF, Andrade EC, Zerbini FM, Almeida MR, Fontes EPB (2003) *J Gen Virol* 84, 715-726
- Ge L, Zhang J, Zhou X, Li H (2007) *J Virol* 81, 5902-5907
- Guo X, Zhou X (2006) *Virus Genes* 33, 279 - 285
- Idris AM, Briddon RW, Bull SE, Brown JK (2005) *Virus Res* 109, 19-32
- Idris AM, Sha그림 Shahid M, Briddon RQ, Khan AJ, Zhu J-K, Brown JK (2011) *J Gen Virol* 92, 706-717
- Jose J, Usha R (2003) *Virology* 305, 310-317
- Kim SH, Oh S, Oh T-K, Park JS, Kim SC, Kim SH, Kim YS, Hong JK, Sim S-Y, Park KS, Lee HG, Kim KJ, Choi CW, *Virus genes* 42, 117-127
- Kitamura K, Murayama A, Ikegami M (2004) *Arch Virol* 149, 1221-1229
- Lee G, Kim S, Jung J, Auh C-K, Choi E, Chang M, Lee S (2011) *Arch Virol* 156, 785-791
- Monci F, Sanchez-Campos S, Navas-Castillo J, Moriones E (2002) *Virology* 303, 317-326
- Mubin M, Shahid MS, Tahir MN, Briddon RW, Mansoor S (2010) *Virus Genes* 40, 452-457
- Oaski T, Kobatake H, Tadao I (1979) *Ann Phytopathol Soc Jpn* 45, 62-69
- Owor BE, Martin DP, Shepherd DN, Edema R, Monjane AL, Rybicki EP, Thomson JA, Varsani A (2007) *J Gen Virol* 88, 3154-3165
- Pita JS, Fondong VN, Sangre A, Otim-Nape GW, Ogwal S, Fauquet CM (2001) *J Gen Virol* 82, 655-665
- Saunders K, Norman A, Gucciardo S, Stanley J (2004) *Virology* 324, 37-47
- Saunders K, Btiddon RW, Stanley J (2008) *J Gen Virol* 89, 3165-3172
- Singh AK, Chattopadhyay B, Chakraborty S (2012) *Virology J* 9, 43
- Teng K, Chen H, Lai J, Zhang Z, Fang Y, et al. (2010) *PLoS ONE* 5, e11280
- Tiendrébéogo F, Lefeuvre P, Hoareau M, Villemot J, Konaté G, Traoré AS, Barro N, Traoré VS, Reynaud B, Traoré O, Lett J-M (2010) *Virology J* 7, 48
- Ueda S, Takeuchi S, Okabayashi M, Hanada K, Tomimura K, Iwanami T (2005) *J Gen Plant Pathol* 71, 319-325
- Ueda S, Onuki M, Hanada K, Takanami Y (2008) *Arch Virol* 153, 417-426
- Vanitharani R, Chellappan P, Pita JS, Fauquet CM (2004) *J Virol* 78,9487-9498
- Wang Y, Ji J, Oh T-K, Oh S, Kim SH, Lee HJ, Shim MY, Choi CW, Kim SH, Kim I-S, Kim YS (2011) *Eur J Plant Pathol* 129, 361-370
- Zhang H, Gong H, Zhou X (2009) *Virus Genes* 39, 249-255

- Deberdt P, Perrin B, Coranson-Beauye R, Duyck P-F, Wicker E (2012) Effect of *Allium fistulosum* extract on *Ralstonia solanacearum* populations and tomato bacterial wilt. Plant Dis 96:687-692
- Fujiwara A, Fujisawa M, Hamasaki R, Kawasaki T, Fujie M, Yamada T (2011) Biocontrol of *Ralstonia solanacearum* by treatment with lytic bacteriophages. Appl Environ Microbiol 77:4155-4162
- Hong JC, Momol MT, Ji P, Olson SM, Colee J, Jones JB (2011) Management of bacterial wilt in tomatoes with thymol and acibenzolar-*S*-methyl. Crop Protect 30:1340-1345
- Huang Q, Lakshman DK (2010) Effect of clove oil on plant pathogenic bacteria and bacterial wilt of tomato and geranium. J Plant Pathol 92:701-707
- Min L, Han Z, Yao L (2013) *In vitro* and *in vivo* anti-Tobacco Mosaic Virus activities of essential oils and individual compounds. J Microbiol Biotechnol 23:771-778
- Nguyen MT, Ranamukhaarachchi SL (2010) Soil-borne antagonists for biological control of bacterial wilt disease caused by *Ralstonia solanacearum* in tomato and pepper. J Plant Pathol 92:395-406
- Rivard CL, O'Connell S, Peet MM, Welker RM, Louws FJ (2012) Grafting tomato to manage bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* in the Southeastern United States. Plant Dis 96:973-978
- Soylyu EM, Kurt S, Soylyu S (2010) *In vitro* and *in vivo* antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. Int J. Food Microbiol 143:183-189
- Wang C, Fan Y (2013) Eugenol enhances the resistance to tomato against yellow leaf curl virus. J Sci Food Agri (DOI 10.1002/jsfa.6304)
- Wang C, Zhang J, Chen H, Fan Y, Shi Z (2010) Antifungal activity of eugenol against *Botrytis cinerea*. Trop Plant Pathol 35:137-143
- Wang L, Cai K, Chen Y, Wang G (2013) Silicon-mediated tomato resistance against *Ralstonia solanacearum* is associated with modification of soil microbial community structure and activity. Biol Trace Elem Res 152:275-283
- Yadessa GB, van Bruggen AHC, Ocho FL (2010) Effects of different soil amendments on bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* and on the yield of tomato. J Plant Pathol 92:439-450

농자재 개발

- Albright, L.D., I. Seginer, L.S. Marsh, and A. Oko. 1985. In situ thermal calibration of unventilated greenhouse. J. agric. Engng Res. 31:265-281.
- Aldrich, R. A. and J.W. Bartok. 1989. Greenhouse engineering. 2nd ed. Northeast regional agricultural engineering service. p. 35-36.
- ASABE. 2008. Heating, ventilating and cooling greenhouses. ASABE Standards.
- Bakker, J.C., G.P.A. Bot, H. Challa and N.J. Van de Braak 1995. Greenhouse climate control. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands. p. 147

- Bartzanas, T., M. Tchamitchian and C. Kittas. 2005. Influence of the heating method on greenhouse microclimate and energy consumption. *Biosyst. Eng.* 91:487-499.
- Delwiche, S.R. and D.H. Willits. 1984. The effect of condensation on heat transfer through polyethylene films. *Transactions of ASAE* 27:1476-1482.
- Diop, S., J.W. Lee, W.H. Na, H.W. Lee. 2012. Overall heat transfer coefficient measurement of covering materials with thermal screens for greenhouse using the hot box method. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 54(5):1-7.
- Feuilloley, P. and G. Issanchou. 1996. Greenhouse covering materials measurement and modeling of thermal properties using the hot box method, and condensation effects. *J. agric. Engng Res.* 65:129-142.
- Garzoli, K.V. and J. Blackwell. 1981. An analysis of the nocturnal heat loss from a single skin plastic greenhouse. *J. Agric. Engng Res.* 26:203-214.
- Giacomelli G.A., K.C. Ting, and S. Panigrahi, 1988. Solar PAR vs. solar total radiation transmission in a greenhouse. *Transactions of the ASAE* 31(5): 1540-1543.
- Granados, M.R., B. Ortega, J.C. Lopez, J.J Perez-Parra and J.J. Magan. 2011. Measurement of the condensation flux in a venlo-type glasshouse with a cucumber crop in a mediterranean area. *Acta Hort.* 893:531-538.
- Hanan, J. J., 1998. *Greenhouses: advanced technology for protected horticulture*. Boca Raton, Florida: CRC.
- Hand, D.W. 1988. Effects of atmospheric humidity on greenhouse crops. *Acta Hort.* 229:143-155.
- Iwasaki, Y., C. Yoshida, and Y. Shishido. 2011. Effect of changing the environmental factors in a greenhouse covered with double-layered air inflated plastic film on the growth and fruit of cucumber grown under semi-forcing culture. *Hort. Res.* 10(1):49-54 (in Japanese).
- Japan Greenhouse Horticulture Association, 1994. *Greenhouse horticulture handbook*. Tokyo: Japan Greenhouse Horticulture Association (in Japanese).
- Kim, M.K., K.S. Kim, H.J. Kwon. 2001. The cooling effect of fog cooling system as affected by air exchange rate in natural ventilation greenhouse. *Journal of Bio-Environment Control* 10(1):10-14 (in Korean).
- Kim, M. G., S. W. Nam, W. M. Suh, Y. C. Yoon, S. G. Lee and H. W. Lee, 2000. *Agricultural structural engineering*. Seoul: Hyangmunsa (in Korean).
- Kim, Y.S., S.W. Nam, S.Y. Sim, M.H. Lee, S.D. Lee, and H.W. Lee. 2012. Management of horticultural facilities and environment. RODE Publishers. p. 175 (in Korean).
- Lee H. W., S. G. Lee and S. H. Lee, 2002. Relationship between total solar radiation and PPF and transmittance in greenhouse at different weather conditions. *Journal of Bio-Environment Control* 11(2): 56-60 (in Korean).
- Lee H. W., 2003. Control of daily integral PPF by the artificial lighting and shading screen in greenhouse. *Journal of Bio-Environment Control* 12(1): 45-53 (in Korean).
- Lee, H.W., H.S. Nam, S. Y. Sim, S.W. Nam, and Y.S. Kim. 2009. Fundamental

Experiments for Design of Air Inflating Apparatus of Air-Inflated Double-Layer Plastic Greenhouse. Proceedings of the Korean Society for Bio-Environment Control Conference 18(1):208-212 (in Korean).

- Lee, J. H., 2010. *Personal communication*. Professor, Chunnam National University, Korea.
- Lee H. W., S. Y. Sim and Y. S. Kim, 2010. Characteristics of PPF transmittance and heat flow by double covering methods of plastic film in tomato greenhouse. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 52(5): 11-17 (in Korean).
- Mihara, Y. and M. Hayashi, 1979. Studies on th insulation of greenhouses (1) - Overall heat transfer coefficient of greenhouses with single and double covering using several material curtains. *Journal of Agricultural Meteorology* 35(1): 13-19 (in Japanese).
- Minagawa, H. and K. Tachibana, 1982. The overall heat transfer of greenhouse covered with PE and PVC single layer - The heat insulation efficiency of greenhouses and their covering materials (1). *Journal of Agricultural Meteorology* 38(1): 15-22 (in Japanese).
- Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operation and management. 4th ed. Prentice Hall. p. 52-56.
- Nijskens, J., J. Deltour, S. Coutisse, and A. Nissen. 1984. Heat transfer through covering materials of greenhouses. *Agricultural and Forest Meteorology* 33:193-214.
- Papadakis, G., D. Briassoulis, G. S. Mugnozza, G. Vox, P. Feuilleley, and J. A. Stoffers. 2000. Radiometric and thermal properties of, and testing methods for, greenhouse covering materials. *J. Agric. Engng Res.* 77(1):7-38.
- Pieters, J.D., J.M. Deltour, and M.J. Debruyckere. 1997. Light transmission through condensation on glass and polyethylene. *Agricultural and Forest Meteorology* 85:51-62.
- Pollet, I.V. and J.G. Pieters. 1999. Condensation and radiation transmittance of greenhouse cladding materials: Part1, Laboratory measuring unit and performance. *J. Agric. Eng. Res.* 74:369-377.
- Prenger, J.J. and P.P. Ling. 2000. Greenhouse condensation control. Fact sheet AEX-804. Ohio State University Extension, Columbus, OH.
- Roberts, W.J. and D.R. Mears. 1969. Double covering a film greenhouse using air to separate film layers. *Transactions of the ASAE* 12(1):32-38.
- Rural Development Administration (RDA). 2008. Energy saving technology for greenhouse. RDA (in Korean).
- Seginer, I. and D. Kantz. 1986. In-situ determination of transfer coefficients for heat and water vapour in a small greenhouse. *J. Agr. Eng. Res.* 35:39-54.
- Seginer, I., D. Kantz, U.M. Peiper, and N. Levav. 1988. Transfer coefficients of several polyethylene greenhouse covers. *J. Agric. Engng Res.* 39:19-37.
- Aldrich, R.A. and J.W. Bartok. 1989. Greenhouse engineering. 2nd ed. Northeast regional agricultural engineering service. p. 35-36.
- Boodley, J.W. 1996. The commercial greenhouse. 2nd ed. Albany, New York: Delmar Publishers.
- Fang, W., D. Mears, and A.J. Both. 2007. Story of airinflated double-layer polyethylene

- greenhouse and its recent applications in Taiwan. ASAE International Seminar on Agricultural Structures and Agricultural Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.
- Hanan, J.J. 1998. Greenhouses: advanced technology for protected horticulture. Boca Raton, Florida: CRC.
 - Iwasaki, Y., C. Yoshida, and Y. Shishido. 2011. Effect of changing the environmental factors in a greenhouse covered with double-layered air inflated plastic film on the growth and fruit of cucumber grown under semiforcing culture. Hort. Res. 10(1):49-54 (in Japanese).
 - Japan Greenhouse Horticulture Association (JGHA), 1994. Greenhouse horticulture handbook. Tokyo: Japan Greenhouse Horticulture Association (in Japanese).
 - Jensen, M. 2004. The world-wide impact of doublepoly greenhouses. ASAE Historical Landmark Dedication. Rutgers University, New Brunswick, New Jersey, USA.
 - Kim, M.G., S.W. Nam, W.M. Suh, Y.C. Yoon, S.G. Lee, and H.W. Lee. 2000. Agricultural structural engineering. Seoul: Hyangmunsa (in Korean).
 - Kwon, J.K., Y.H. Choi, D.K. Park and J.H. Lee. 1999. Effects of covering methods for insulation on heating cost, growth and yield of tomato in greenhouse. J. Bio. Fac. Env. 9:58-61 (in Korea).
 - Lee, H.W., S.Y. Sim, H.S. Nam, S.W. Nam, and Y.S. Kim. 2009. Development of design technology of korean style air-inflated double-layer plastic greenhouse. Journal of Bio-Environment Control 18(3):185-191 (in Korean).
 - Lee, H.W., S.Y. Sim, and Y.S. Kim. 2010. Characteristics of PPF transmittance and heat flow by double covering methods of plastic film in tomato greenhouse. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers 52:11-17 (in Korean).
 - Lee, H.W., S.Y. Sim, and Y.S. Kim. 2012. Characteristics of temperature, humidity and PPF distribution by covering method and environmental control in double covering greenhouse. J. Bio. Env. Con., 21:1-11.
 - Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operation and management. 4th ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
 - Rural Development Administration (RDA). 2010. Drawings and specifications of horticultural and herbal facilities to prevent disasters (Notification No. 2010-128 of the Ministry of Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries. RDA (in Korean).
 - Abdel-Ghany, A.M., and T. Kozai, 2006. Cooling efficiency of fogging systems for greenhouses. *Biosystems Engineering* 94(1): 97-109.
 - Albright, L.D. 1990. Environment control for animals and plants. ASAE. St. Joseph, Michigan. p.200-201.
 - ASABE, 2008, Standard: Heating, Ventilating and Cooling Greenhouses, ANSI/ASAE EP406.4.
 - ASAE Standards. 1997. Heating, ventilating and cooling greenhouses. ASAE. St. Joseph, Michigan. p.663-670.

- ASHRAE, 2010, ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition, ASHRAE.
- Fernandez, J.E. and B.J. Baily. 1992. Measurement and prediction of greenhouse ventilation rates. *Agricultural and Forest Meteorology* 58: 229-245.
- Hellickson, M.A. and J.N. Walker. 1983. Ventilation of agricultural structures. ASAE. St. Joseph, Michigan. p.103-124, p.297-319.
- Kim, M.K., S.W. Nam, W.M. Seo, Y.C. Yoon, S.G. Lee and H.W. Lee. 2000. Agricultural structures engineering. Hyangmoonsa Pub. Seoul.
- Li, S., and D.H. Willits, 2008. Comparing low-pressure and high-pressure fogging systems in naturally ventilated greenhouses. *Biosystems Engineering* 101: 69-77.
- Lindley, J.A. and J.H. Whitaker. 1997. Agricultural buildings and structures. ASAE. St. Joseph, Michigan. p.463-484.
- Nam, S.W. 2000. Application of heat balance model to design of ventilating and cooling greenhouses. *Journal of Bio-Environment Control* 9(4): 201-206.
- Nam, S.W. and Y.S. Kim, 2007, Discharge variation of perforated hoses and drip irrigation systems for protected cultivation, *J. Bio-Env. Con.* 16(4): 297-302.
- Nam, S.W., W.M. Seo, Y.C. Yoon, S.K. Lee, I.B. Lee, H.W. Lee and B.K. Cho. 2008. Bio-environment control engineering. Cheongsol Pub. Daegu.
- Nam, S.W., Y.S. Kim and A.J. Both. 2011. Analysis on the ventilation performance of single-span tomato greenhouse with roof windows. *Journal of Bio-Environment Control* 20(2): 78-82.
- Tachibana, K., K. Hanekura, K. Takahashi and E. Ohtsuka. 1980. Design and construction of greenhouses for protected horticulture. Ohm Pub. Tokyo. p.91-103.
- Willits, D.H., C.A. Yunker and S. Li. 2006. Air exchange rates in a naturally ventilated greenhouse using different vent configurations. Paper No. 06-4095. ASABE. St. Joseph, Michigan.
- 김문기, 김기성, 남상운, 2001, 온실냉방시스템의 효율적 이용에 관한 연구, 농림부 보고서.
- 대한설비공학회, 2011, 설비공학편람-공기조화, 대성사.
- 유인호, 2008, CFD 모델을 이용한 온풍난방 국화재배 온실내 공기 순환팬의 적정 설계, 서울대학교 박사학위논문.
- 윤남규, 이성현, 김경원, 강연구, 2009, 온실 온풍난방기용 덕트 설계 및 배치기술 개발, 농촌진흥청 연구보고서.
- 이남호, 이훈선, 2001, 온실작물의 관계계획의 수립을 위한 엽온의 활용, 한국농공학회지 43(6): 103-112.
- 조근호, 광병하, 1994, 한국출란의 엽온에 미치는 기온, 공기습도, 광도 및 풍속의 영향, 한국원예학회 학술발표요지 12(2): 318-319.

유통 관리

- Arvanitoyannis, I. S., Khah, E. M., Christakou, E. C., Letsos, F. A. (2005) Effect of grafting and modified atmosphere packaging on eggplant quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology*. 40:311-322.

- Autio, W.R. and W.J. Bramlage. 1986. Chilling Sensitivity of Tomato Fruit in Relation to Ripening and Senescence. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:201-207.
- Cantwell, M., X. Nie, and G. Hong. 2009. Impact of Storage Conditions on Grape Tomato Quality. 6th ISHS Postharvest Symposium. Antalya, Turkey. April 8-12.
- Cheng, T.S. and R.L. Shewfelt. 1988. Effect of Chilling Exposure of Tomatoes During Subsequent Ripening. *J. Food. Sci.* 53:1101-1105.
- Couey, H.M. 1982. Chilling Injury of Crops of Tropical and Subtropical Origin. *HortScience* 17:162-165.
- Hardenberg, R.E., A.E. Watada, and C.Y. Wang. 1990. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. USDA handbook No. 66.
- Kader, A.A., L.L. Morris, M.A. Stevens, M. Albright-Holton. 1978. composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 6-13.
- Park, K.W., H.M. Kang, and C.H. Kim. 2000. Comparison of storability on film sources and storage temperature for fresh Japanese mint in MA storage. *J. Bio. Env. Con.* 9(1):40-46.
- Kays, J.S. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. AVI Publishing, New York.
- King MM, Ludford PM (1983) Chilling injury and electrolyte leakage in fruit of different tomato cultivars. *J Am SOC Hortic Sci* 108:74-77
- Lee, S.K. 1996. Postharvest physiology of horticultural crops. Sungkunsu, Suwon (in Korean).
- McCollum, T.G., S., D'Aquino, R.E., McDonald, 1993. Heat treatment inhibits mango chilling injury. *HortScience*, 28:197 - 198.
- Park. K.W., H.M. Kang, and C.H. Kim. 2000. Comparison of storability on film sources and storage temperature for fresh Japanese mint in MA storage. *J. Bio. Env. Con.* 9(1):40-46 (in Korean).
- Suslow T. V. and M. Cantwell 1996. Tomato. website at <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Veg/tomato.shtml>
- Wang, Y. C., and D. O., Adams, (1980). Ethylene Production by Chilled Cucumbers (*Cucumis sativus* L.), *Plant Physiol.*, 66:841-843
- Batu, A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *J Food Engr* 61(3):471-475.
- Cho B. K, Chen Y. R, Kim M. S. 2007. Multispectral detection of organic residues on poultry processing plant equipment based on hyperspectral reflectance imaging technique. *Computers and Electronics in Agriculture* 57(2007): 177-189.
- ElMasry G, Wang N, Elsayed A, Ngadi M. 2007. Hyperspectral imaging for nondestructive determination of some quality attributes for strawberry. *Journal of Food Engineering* 81(2007): 98-107.
- ElMasry G, Wang N, Vigneault C, Qiao J, ElSayed A. 2008. Early detection of apple

- bruises on different background colors using hyperspectral imaging. *LWT* 41(2008):337-345.
- Lu R, Peng Y. 2006. Hyperspectral Scattering for assessing Peach Fruit Firmness. *Biosystems Engineering* 93(2): 161-171.
 - Nicolai, B. Beullens M., Bobelyn K, E., Peirs A., Saeys W., Theron K. I. and Lammertyn J. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 46, 99 - 118.
 - Polder G, Heijden G. W. A. M, Voet H, Young I. T. 2004. Measuring surface distribution of carotenes and chlorophyll in ripening tomatoes using imaging spectrometry. *Postharvest Biology and Technology* 34(2004): 117-129.
 - Peng Y, Lu R. 2008. Analysis of spatially resolved hyperspectral scattering images for assessing apple fruit firmness and soluble solids content. *Postharvest Biology and technology* 48(2008): 52-62.
 - Qin J, Burks T. F, Kim M. S., Chao K, Ritenour M. A. 2008. Citrus canker detection using hyperspectral reflectance imaging and PCA-based image classification method. *Sens. & Instrumen. Food Qual.* 2: 168-177.
 - Tu, S. S., Choi Y. J., McCarthy M. J., McCarthy K. J. 2007. Tomato quality evaluation by peak force and NMR spin-spin relaxation time. *Postharvest Biol Technol* 44(2):157-164.
 - USDA. 1997. United states standards for grades of fresh tomatoes. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, Washington DC.
 - Xie L, Ying Y, Ying T, Yu H, Fu X. 2007. Discrimination of transgenic tomatoes based on visible/near-infrared spectra. *Analytica Chimica Acta* 584(2007): 379-384.

수출 관리

- 서정희, 박홍복, 2003, LabView를 이용한 실시간 온실 모니터링 및 원격 제어, 한국해양정보통신학회논문지, 7(4), pp. 779-787
- 권용욱, 정세훈, 김경중, 심춘보, 2010, Web 2.0 환경을 위한 플렉스 기반의 농작물 재배일지 관리 시스템, 한국전자통신학회 2010 추계종합학술대회지 4(2), pp. 122-125
- 서종성, 강민수, 김영곤, 심춘보, 주수중, 신창선, 2008, 센서 네트워크를 활용한 유비쿼터스 온실관리시스템 구현, 한국인터넷정보학회 9(3), pp. 129-139
- 김종만, 신동용, 김형석, 2011, 실시간_온실환경 조절을 위한 복합모니터링시스템, 2011 제어로봇시스템학회 전북제주지부 학술발표회, pp. 116-119
- 김경욱, 박경욱, 김종찬, 장문석, 김응곤, 2010, 웹기반의 온실환경 원격 모니터링 시스템 구축, 한국전자통신학회논문지 6(1), pp. 77-83
- 이명훈, 신창선, 조용윤, 여현, 2009, 유비쿼터스 농업에서의 온실 환경 통합관리 시스템, 정보과학학회지 27(6). pp. 21-26
- 김명화, 손별락, 김동규, 김중규, 2009. RFID/USN 기반 농산물 이력관리시스템, 정보과학회 논문지: 컴퓨터의 실제 및 레터 15(5), pp 331-343
- 박인경, 현택영, 2007, RFID를 이용한 작업관리 시스템, 전자공학회논문지 44(2), pp. 31-36

- 정태갑, 김하식, 이성준, 김창수, 2005, RFID를 이용한 출입관리시스템 설계 및 구현, 2005년 한국멀티미디어학회 춘계학술발표대회논문집, pp. 739-742
- 정보통신산업진흥원, 2010. 5, USN기반 농작물 생산환경 관리시스템 구축 및 운영 가이드라인
- 양재수, 정창덕, 홍유식, 안병익, 황선일, 최영훈, 2012, 지능을 이용한 온실 제어 시스템, 전자공학회논문지 49(2), pp. 29-37
- HortiMaX Synopta(<http://www.hortimax.com/>)
- Hoobendoorn Information management(<http://www.hoogendoorn.nl/en/>)
- Priva(<http://www.privagroup.com/en/>)
- 농장경영관리프로그램_전남농업기술원(www.jares.go.kr)
- kyeong-og Kim, Kyoung-wook Park, 2011, "Establishment of Web-based Remote Monitoring System for Greenhouse Environment", The Journal of Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 6, No. 1, pp.77-83.
- Jenna Burrell, Tim Brooke, Richard Beckwith, 2004, "Vineyard Computing: Sensor Networks in Agricultural Production, "Pervasive Computing, IEEE, Vol.3, Issue 1, pp.38-45.
- Meong-hun Lee, Ki-bok Eom, Hyun-joong Kang, Chang-sun Shin, Hyun Yoe, 2008, "Design and Implementation of Wireless Sensor Network for Ubiquitous Glass Houses"Computer and Information Science, 2008. ICIS 08. Seventh IEEE/ACIS International Conference, pp.397-400.
- 한국산 농산물 해외유통 실태조사 / 채소류(2004, 한국농수산물유통공사)
- 수출 방울토마토 모니터링시행지침(2004, 농림축산식품부)
- 한국식품 해외소비자 의식조사(2006, 한국농수산물유통공사)
- 한국산 농산물 해외유통 및 소비실태(2006, 한국농수산물유통공사)
- 한국 농식품 수출가이드북(2007, 한국농수산물유통공사)
- 해외바이어가 보는 한국 농산품(2007, 한국농수산물유통공사)
- 주요 25품목 농수산물 생산, 유통구조 개선대책(안)(2008, 농림축산식품부)
- 일본의 농업현황과 수입제도(2008, 한국농수산물유통공사)
- 일본 농식품 수출입통계(2008, 한국농수산물유통공사)
- 수출유망품목 해외시장 경쟁력 조사(2008, 한국농수산물유통공사)
- 농업전망 2009(2009, 한국농촌경제연구원)

1. 세부과제 책임자 및 연구기관명(28명)

NO.	세부(협동) 연구책임자	세부(협동) 연구기관명	NO.	세부(협동) 연구책임자	세부(협동) 연구기관명
1	강호민	강원대학교	15	이윤석	연세대학교
2	고석남	화신농건(주)	16	이정현	전남대학교
3	김영봉	경남농업기술원	17	이정훈	그린누리(주)
4	김영식	상명대학교	18	이현우	경북대학교
5	김일섭	강원대학교	19	임윤철	(주)명진에어테크
6	김창국	농수산물유통공사	20	전창후	서울대학교
7	남상운	충남대학교	21	정선욱	충남대학교
8	박은정	농수산물유통공사	22	조병관	충남대학교
9	배임성	그린씨에스(주)	23	지현호	(주)EK무역
10	신동창	화신농건(주)	24	최병옥	한국농촌경제연구원
11	심상연	경기도농업기술원	25	최창원	배재대학교
12	안범준	상명대학교	26	한종필	(주)유샘 인스트루먼트
13	양용준	상명대학교	27	홍순관	강원대학교
14	이문행	충남농업기술원	28	홍점규	경남과학기술대학교

2. 세부과제 참여연구원 및 연구기관명(342명)

연구원명	소속	연구원명	소속
강미경	충남대학교	김성희	상명대학교
강병덕	화신농건(주)	김수지	상명대학교
강숙자	경기도농업기술원	김수훈	배재대학교
강신우	충남대학교	김순재	경기도농업기술원
강정이	경기도농업기술원	김순점	경기도농업기술원
강준식	화신농건(주)	김순제	충남농업기술원
고기혁	충남대학교	김순종	충남농업기술원
고명희	경기도농업기술원	김승호	전남대학교
고성신	충남농업기술원	김승연	강원대학교
고종호	한국폴리텍바이오대학교	김시홍	강원대학교
고향제	팜스(주)	김신형	상명대학교
공재웅	충남대학교	김애정	그린씨에스(주)
공추화	강원대학교	김연화	경남과학기술대학교
곽순재	보라무역	김영곤	화신농건(주)
곽윤경	상명대학교	김영교	호반육묘
구양규	전남대학교	김영래	충남농업기술원
권고경	충남농업기술원	김영배	경기도농업기술원
권순효	상명대학교	김영빈	상명대학교
권오경	충남농업기술원	김용섭	강원대학교
권인철	강원대학교	김용우	상명대학교
권혁우	상명대학교	김용채	상명대학교
기연향	충남농업기술원	김우일	경남농업기술원
김영교	호반육묘	김윤아	상명대학교
김경순	충남농업기술원	김은비	경기도농업기술원
김경은	농수산물유통공사	김은주	상명대학교
김경재	충남농업기술원	김은주	경남과학기술대학교
김경태	배재대학교	김재곤	충남대학교
김대용	충남대학교	김재능	연세대학교
김동현	경기도농업기술원	김정수	연세대학교
김두이	경남농업기술원	김종순	충남농업기술원
김맹수	충남대학교	김종우	한국농촌경제연구원
김명숙	충남농업기술원	김주영	경북대학교
김명희	(주)EK무역	김준영	단국대학교
김무정	서울대학교	김지혜	상명대학교
김미현	강원대학교	김진아	배재대학교
김민철	상명대학교	김태영	상명대학교
김방글	상명대학교	김태현	상명대학교
김보민	충남대학교	김하은	배재대학교
김봉진	강원대학교	김환이	상명대학교
김상훈	화신농건(주)	김햇살	전남대학교
김선아	상명대학교	김혁수	강원대학교
김성겸	서울대학교	김현정	상명대학교
김성기	경기도농업기술원	김화영	충남농업기술원
김성대	배재대학교	나경수	(주)명진에어테크
김성애	경기도농업기술원	나옥호	경북대학교
김성은	상명대학교	남길영	화신농건(주)
김성환	단국대학교	남윤규	충남농업기술원

연구원명	소속	연구원명	소속
남호현	화신농건(주)	서경순	(주)EK무역
남효석	경북대학교	서동연	단국대학교
노영신	(주)유셈인스트루먼트	서명훈	경기도농업기술원
노옥선	충남농업기술원	서유택	(주)유셈인스트루먼트
당룡장	단국대학교	서지호	강원대학교
도동훈	경기도농업기술원	서현택	강원도농업기술원
도순금	충남농업기술원	서혜림	상명대학교
도지은	강원대학교	석소희	강원대학교
라오까	강원대학교	성인모	충남대학교
라현우	상명대학교	성창현	경남과학기술대학교
류승훈	충남대학교	성혜선	상명대학교
명동주	전남대학교	손길만	경남농업기술원
문순숙	충남농업기술원	손지영	경남농업기술원
문종탁	충남대학교	손진성	강원대학교
문현희	전남대학교	송기정	경기도농업기술원
민현정	충남대학교	송나형	상명대학교
박갑열	전남대학교	송정화	서울대학교
박광순	경기도농업기술원	송호진	단국대학교
박교철	화신농건(주)	신광수	팜슨(주)
박권서	충남농업기술원	신동창	화신농건
박문신	(사)한국토마토수출자협회	신동혁	상명대학교
박상규	충남농업기술원	신동현	전남대학교
박선우	서울대학교	신민지	강원대학교
박성훈	전남대학교	심명용	경남과학기술대학교
박세진	서울대학교	심미영	경기도농업기술원
박수일	연세대학교	안금란	단국대학교
박수환	상명대학교	안기석	강원대학교
박영숙	화신농건(주)	안대호	경북대학교
박옥희	경기도농업기술원	안병준	연세대학교
박은수	충남대학교	안정호	충남농업기술원
박은정	농수산물유통공사	안치국	충남대학교
박인희	충남농업기술원	양승호	강원대학교
박정현	배재대학교	여인준	상명대학교
박종현	건국대학교	오광환	강원대학교
박준서	화신농건(주)	오 성	배재대학교
박지형	전남대학교	오세연	경남농업기술원
박채근	경기도농업기술원	오주열	경남농업기술원
박현정	배재대학교	오태균	배재대학교
박희주	상명대학교	오현근	충남대학교
배근수	충남대학교	육창훈	고려대학교
배순주	충남농업기술원	왕 동	강원대학교
배 준	배재대학교	원재희	강원도농업기술원
배현철	서울대학교	유 근	전남대학교
배형진	충남대학교	유경희	(주)유셈인스트루먼트
백창민	(주)명진에어테크	유나연	서울여자대학교
백명화	(주)팜슨	유병록	강원대학교
백미영	경기도농업기술원	유선호	상명대학교
백인석	충남대학교	유재필	상명대학교
변호중	강원대학교	유정호	강원대학교

연구원명	소속	연구원명	소속
유주열	화신농건(주)	이원기	농수산물유통공사
유태중	강원대학교	이원석	경기도농업기술원
유현달	배재대학교	이윤희	충남농업기술원
유현조	(주)생명과기술	이은자	충남농업기술원
육준철	경북대학교	이인복	충남대학교
윤동준	경남과학기술대	이재은	상명대학교
윤보영	경북대학교	이정수	원예연구소
윤선용	상명대학교	이지윤	연세대학교
윤성권	단국대학교	이진우	경기도농업기술원
윤수진	상명대학교	이철우	(주)한진피앤씨
윤여홍	단국대학교	이택중	강원대학교
윤옥근	(주)EK무역	이환중	송파농협
윤정희	충남대학교	이해미루	배재대학교
윤종섭	상명대학교	이현이	진주산업대학교
윤혁성	강원대학교	이현주	배재대학교
윤혜림	강원대학교	이형남	고려대학교
윤혜정	상명대학교	이혜영	경기도농업기술원
이세훈	강원대학교	이홍석	충남대학교
이중수	호반육묘장	이화용	상명대학교
이경수	카라반지에스	이환구	충남농업기술원
이경호	(주)EK무역	이훈수	충남대학교
이계현	상명대학교	이희경	충남농업기술원
이길호	(사)한국도마토수출자협회	이희정	상명대학교
이나래	경북대학교	임병애	경기도농업기술원
이남근	충남대학교	임수미	강원대학교
이다현	강원대학교	임용선	배재대학교
이대성	경기도농업기술원	임용선	충남농업기술원
이대식	홍원농산영농조합법인	임재욱	경기도농업기술원
이두용	강원대학교	임정아	상명대학교
이두희	충남대학교	임태윤	상명대학교
이문영	상명대학교	임희영	농수산물유통공사
이민진	연세대학교	장경민	배재대학교
이병정	경남농업기술원	장광석	(주)EK무역
이상덕	경기도농업기술원	장구영	전남대학교
이상엽	(주)생명과기술	장동철	강원대학교
이상우	경기도농업기술원	장시훈	연세대학교
이석수	충남농업기술원	장재영	(주)EK무역
이선아	전남대학교	장 철	화신농건(주)
이성태	경남농업기술원	전신재	강원도농업기술원
이수연	경기도농업기술원	전효선	(주)EK무역
이수희	(주)생명과기술	정명렬	(주)명진에어테크
이순계	충남농업기술원	정미영	상명대학교
이순영	충남농업기술원	정병수	보라무역
이승주	화신농건(주)	정부희	충남대학교
이영석	경기도농업기술원	정순옥	충남농업기술원
이영은	연세대학교	정영곤	경북대학교
이영환	경남농업기술원	정원주	전남대학교
이영희	경남과학기술대	정인신	상명대학교
이옥중	배재대학교	정인애	그린누리(주)

연구원명	소속	연구원명	소속
정현준	경기도농업기술원	최우석	화신농건(주)
정현진	강원대학교	최인섭	경기도농업기술원
정혜임	경기도농업기술원	최인이	강원대학교
제갈준	경북대학교	최인호	상명대학교
조금조	조선대학교	최종진	충남농업기술원
조기현	충남대학교	최현경	상명대학교
조길운	경기도농업기술원	최현숙	충남농업기술원
조순자	충남농업기술원	최홍열	연세대학교
조유나	강원대학교	하관식	경남과학기술대
조윤구	충남농업기술원	하영민	사천시농업기술센터
조현화	상명대학교	한경석	상명대학교
조 힐	강원대학교	한규강	충남대학교
주용섭	경기도농업기술원	한상례	토마토시험장
주은혜	상명대학교	허혁	상명대학교
지수빈	강원대학교	현민우	단국대학교
진성준	한스시스템	홍성미	강원대학교
최강인	단국대학교	황해준	경남농업기술원
최다영	상명대학교	황현아	상명대학교
최문재	경기도농업기술원	황현자	경기도농업기술원
최부림	연세대학교	Islam Mohammad Zahirul	강원대학교
최서연	한국농촌경제연구원	NAGARAJANVINO	배재대학교
최수용	(주)EK무역	Nguyen Xuan Truong	강원대학교
최승원	화신농건(주)	Souleymane Diop	경북대학교
최시영	상명대학교	Vinod Nagarajan	배재대학교
최영주	(주)유샘인스트루먼트	XUZHIHAO	강원대학교
최우석	연세대학교		

첨부 2. 연구개발 성과 증빙자료

특허(출원)

1. 저압분무장치(한국), 2008, 10-2008-0135290
2. 低壓噴霧裝置(일본), 2009, 2009-298753
3. 형광영상을 이용한 방울토마토 열과 검출방법, 2010, 10-2010-0098166
4. 토마토 재배시스템, 2011, 10-2011-0121210
5. 토마토황화잎말림바이러스 C4 유전자의 대장균내 발현 및 C4재조합단백질에 대한 다클론항체 생산법, 2011, 10-2011-0120603
6. 인동초잎맥황하바이러스 씨유전자의 대장균내 발현 및 씨4재조합단백질에 대한 다클론항체 생산법, 2011, 10-2011-0120636
7. 공기를 이용한 양액제조용 비료 용해 교반장치, 2012, 10-2012-44630
8. 결로 발생 억제 온실 및 이러한 온실의 제어 방법, 2012, 10-2012-0057315
9. 온실용 단열패드, 2012, 10-2012-0128693
10. 온실온도 제어시스템 및 방법, 2012, 10-2012-0128680
11. 에어 비닐 하우스, 2012, 10-2012-0130658
12. 토마토 황화잎말림바이러스 시2유전자와의 대장균내 발현 및 재조합시2단백질에 대한 다클론항체 생산법, 2012, 10-2012-0017707
13. 칼라 영상을 이용한 방울토마토 실시간 품질 선별방법 및 그 장치
14. 올레산 함유 액상 방제제를 분사하는 가루이 방제 방법, 2013, 10-2013-0052033

특허(등록)

1. 저압분무장치(한국), 2011, 10-1041168
2. 형광영상을 이용한 방울토마토 열과 검출방법, 2012, 10-1203990
3. 비닐하우스 프레임 장치, 2013, 10-1298946
4. 칼라 영상을 이용한 방울토마토 실시간 품질 선별방법 및 그 장치, 2013, 10-1324338
5. 低壓噴霧裝置(일본), 5237256

논문(SCI)

1. 배액전극제어법에 의한 토마토 펠라이트 자루재배시 일중 첫 배액 제어, 2010, 원예과학기술지 28권 3호
2. 저온기 토마토 펠라이트 자루재배시 최적 근권온도 조절 방법, 2010, 원예과학기술지 28권 5호
3. Genetic diversity of tomato-infecting Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) isolates in Korea, 2011, Virus Genes 129권 3호
4. Occurrence of Honeysuckle yellow vein virus (HYVV) containing a monopartite DNA-A genome in Korea, 2011, European Journal of Plant Pathology 42권 1호
5. 고온기 펠라이트 자루재배시 최적 근권온도 조절방법, 2011, 원예과학기술지 29권 2호
6. 토마토 펠라이트 베드재배시 배액전극 제어법에 적합한 측정틀 설계, 2011, 원예과학기술지

29권 5호

7. 배액전극제어법을 이용한 토마토 펄라이트 자루재배시 일회급액량 구명, 2011, 원예과학기술지 20권 1호
8. 천연 항균물질 미세천공필름 포장에 송이토마토의 품질에 미치는 영향, 2011, 원예과학기술지 29권 5호
9. Chemical pesticides and plant essential oils for disease control of tomato bacterial wilt, 2012, The plant Pathology Journal 28권 3호
10. Genetic differentiation of *Pseudomonas syringae* pathovar tomato from other *P.syringae* pathovars using REP-PCR and URP-PCR, 2012, The plant Pathology Journal 28권 1호
11. Detection of cuticle defects on cherry tomatoes using hyperspectral fluorescence imagery, 2012, Postharvest Biology and Technology 76권
12. Characteristics of Chilling Symptoms of Cherry Tomato Compared to Beefsteak Tomato Harvested at Different Ripening Stages, 2013, Journal of Pure and Applied Microbiology 7권
13. Phylogenetic Relationships of Varieties of Tomato (*Solanum lycopersicum*) using DNA Markers, 2013, Journal of Pure and Applied Microbiology 7권
14. The occurrence of pink mold rot fungus *Trichothecium roseum* on tomatoes in Korea, 2013, African Journal of microbiology Research 7권 13호
15. Development of Multispectral Algorithm for Detection of Cracked Tomatoes, 2013, American Society of Agricultural and Biological Engineers(2151-0032) 56권 4호
16. Hydrogen peroxide- and nitric oxide-mediated disease control of bacterial wilt in tomato plants, 2013, The Plant Pathology Journal 29권 4호
17. 토마토 엽위별 광합성 특성 분석, 2013, 원예과학기술지 31권 2호

논문(비SCI)

1. 토마토 (*Lycopersicon esculentum*) 잎에서 분리된 세균의 동정, 2008, 단국대학교 기초과학 논문집 14권 2호
2. 토마토의 품종별 저장성 비교, 2009, 강원대학교 농업생명 과학연구원 논문집 20권 1호
3. 토마토 재배 온실의 환경조절에 따른 온습도 균일도 분석, 2009, 생물환경조절학회지 18권 3호
4. 품종별 숙기별 토마토 과실의 수확 후 생리 및 품질 비교, 2009, 강원대학교 농업생명 과학연구원 논문집 20권 1호,
5. 충남지역 토마토재배온실의 구조와 환경조절설비 실태분석, 2009, 충남대학교 농업과학연구 36권 1호
6. 공기주입 이중피복 플라스틱온실의 공기주입장치 설계를 위한 기초실험, 2009, 한국농공학회 논문집 51권 5호
7. 한국형 공기주입 이중피복 플라스틱온실의 설계기술 개발, 2009, 생물환경조절학회지 18권 3호
8. *Colletotrichum* spp. 유래 scytalone cehydratase 유전자의 유전적 다양성 비교, 2009, 한국균학회지 37권 1호

9. Diniconazol의 처리시기 및 농도가 토마토 묘의 도장억제에 미치는 영향, 2009, 생물환경조절학회지 18권 4호
10. 토마토 펄라이트 자루재배시 배액전극제어법 적용시점 구명, 2010, 생물환경조절학회지 19권 1호
11. 토마토의 암면과 코이어 자루재배시 일사량제어법과 배액전극제어법에 의한 급액제어 방법 비교, 2010, 생물환경조절학회지 19권 1호
12. 토마토재배용 플라스틱온실의 이중피복방법에 따른 광합성유효광량자속 투과 및 열관류 특성, 2010, 한국농공학회논문집 52권 5호
13. Diniconazol의 종자침지 처리가 토마토와 오이 플러그묘의 도장억제에 미치는 영향, 2010, 생물환경조절학회지 19권 1호
14. 고행배지경 급액관리 시작기 개발, 2010, 경상대학교 농업생명과학연구 44권 5호
15. 토마토 일본 수출 성공요인 분석, 2010, 식품유통연구 27권 2호
16. 가시광 및 근적외선 분광기법을 이용한 방울토마토 내부품질 예측에 관한 연구, 2010, 바이오시스템공학 35권 6호
17. 칼라영상을 이용한 방울토마토 품질인자 계측에 관한 연구, 2010, 충남대학교 농업과학연구 37권 2호
18. 몇가지 방울토마토와 송이토마토의 품종별 숙기별 수확 후 생리 및 품질 비교, 2010, 강원대학교 농업생명 과학연구원 논문집 22권
19. 수경재배한 토마토의 품종별 품질특성 비교 및 품질특성간 상관관계, 2010, 생물환경조절학회지 19권 2호
20. Breaker 단계 토마토의 착색불량과 호흡률간 상관관계, 2010, 생물환경조절학회지 19권 2호
21. 토마토 품종별 철 결핍 유도후 Fe-FDPA 처리에 의한 영양장애 회복 소요시간과 철 결핍 유발물질 동정, 2011, 토양비료학회지 44권 5호
22. 상업용 토마토온실 냉방을 위한 저압분무식 포그시스템의 적용, 2011, 생물환경조절학회지 20권 1호
23. 플라스틱온실 피복재의 관류열전달계수 변화, 2011, 생물환경조절학회지 20권 2호
24. 이류체 포그시스템을 활용한 가루이 방제, 2011, 생물환경조절학회지 20권 4호
25. 천창을 설치한 토마토 재배 단동 온실의 환기성능 분석, 2011, 생물환경조절학회지 20권 2호
26. 일체형 팬 앤 패드 시스템과 에어 덕트를 이용한 온실냉방, 2011, 생물환경조절학회지 20권 3호
27. Effect of Breathable Film for Modified Atmosphere Packaging Material on the Quality and Storability of Tomato in Long Distance Export Condition, 2011, 생물환경조절학회지 20권 3호
28. 초분광 반사광 영상을 이용한 방울토마토 내부품질 인자예측, 2011, 한국산업식품공학회 15권 4호
29. 이류체 포그시스템을 이용한 친환경적 가루이 방제, 2012, 생물환경조절학회지 21권 2호
30. 코이어 재배 시 적정 전처리 방법 구명, 2012, 생물환경조절학회지 21권 3호
31. 재사용 플러그 상토의 이화학적 특성 및 재사용 상토가 토마토와 오이의 묘소질에 미치는 영향, 2012, 생물환경조절학회지 21권 3호

32. 이중피복 온실의 피복방법과 환경조절에 따른 온습도 및 광합성유효광량자속 분포 특성, 2012, 생물환경조절학회지 21권 1호
33. 상업용 플라스틱 온실의 광합성유효광량자속 변화, 2012, 경북대학교 농학지 30권 1호
34. 단동 플라스틱 온실의 천창 환기효과와 설치기준 분석, 2012, 농업과학연구 39권 2호
35. 저압 에어포그 시스템을 설치한 온실의 냉방효율, 2012, 한국농공학회논문집 54권 5호
36. Effects of temperature on the quality and storability of tomato during commercial handling condition, 2012, 생물환경조절학회지 21권 2호
37. Effect of 1-Methylcyclopropene on Quality and Storability of Cherry Tomato during Commercial Handling Condition, 2012, 강원대학교 농업생명환경연구 24권 3호
38. 초분광 영상을 이용한 송이토마토의 비파괴 품질예측, 2012, 충남대학교 농업과학연구 39권 3호
39. 토마토 코이어 자루재배시 적정 금액마감시각 구명, 2012, 생물환경조절학회지 21권 1호
40. 이류체 포그시스템 및 천연물을 이용한 친환경적 가루이 방제, 2012, 생물환경조절학회지 21권 2호
41. 공기를 이용한 양액제조용 비료용해 장치 개발 및 용해특성, 2012, 생물환경조절학회지 21권 3호
42. 이류체 포그 시스템을 이용한 친환경적 가루이 방제시 올레산의 적정 농도, 2012, 생물환경조절학회지 21권 3호
43. 공정육묘시 재활용 상토에 신규상토 및 perlite의 혼합비율이 상토의 이화학적 특성과 과채류 묘소질에 미치는 영향, 2012, 생물환경조절학회지 21권 3호
44. 토마토 접목묘 생산 시 접수연령의 활착율이 초기 수확량에 미치는 영향, 2013, 시설원예·식물공장) 시설원예·식물공장 22권 4호
45. Effects of Cultural Methods on Quality and Postharvest Physiology of Cherry Tomato, 2013, 강원 농업생명환경연구 25권 3호
46. 다연동 플라스틱 온실의 자연환기성능 평가, 2013, 시설원예·식물공장 22권 1호
47. 이류체 포그냉방시스템의 제어알고리즘 개발, 2013, 시설원예·식물공장 22권 2호
48. 토마토 육묘시 공간처리 및 배지부피가 묘소질 및 과실의 수량 품질에 미치는 영향, 2013, 시설원예·식물공장 22권 3호
49. 이중커튼 온풍난방 플라스틱온실의 겨울철 포차 및 결로량 변화, 2013, 시설원예·식물공장 22권 1호
50. 플라스틱온실의 피복방식에 따른 보온 및 광투과 성능 평가, 2013, 시설원예·식물공장 22권 3호
51. Detection Algorithm for Cracks on the Surface of Tomatoes using Multispectral Vis/NIR Reflectance, 2013, Journal of Biosystems Engineering 38권 3호
52. U자형 베드에서 코이어 자루재배 시 적정 배액구 위치 구명, 2013, 시설원예·식물공장 22권 4호
53. 토마토 접목 시 활착과 순화에 효과적인 광 처리 방법 구명, 2013, 시설원예·식물공장 22권 4호
54. Enhanced Graft-take Ratio ~ Humidity conditions, 2013, 시설원예·식물공장 22권 2호

학술발표

1. Molecular characterization of tomato-infecting Tobacco leaf curl geminivirus isolated from Jeju Island, 2008, 한국식물병리학회 추계학술대회
2. Molecular taxonomy of phytopathogenic bacteria *Pseudomonas syringae* pv. tomato and *Pseudomonas syringae* pv. molicola, 2008, 한국식물병리학회 추계학술대회
3. 토양수분장력계를 위한 다공컵 개발, 2009, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
4. 화방당 과수가 미니토마토의 생장 및 건물 분배율에 미치는 영향, 2009, 한국원예학회 춘계학술대회
5. 고품질 토마토 생산을 위한 최적 생육모델 개발, 2009, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
6. 공기주입 이중피복 플라스틱온실의 공기주입장치 설계를 위한 기초실험, 2009, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
7. Application of Heat Balance Model to Design of Fog Cooling System in Greenhouse, 2009, Greensys 2009
8. Effect of Persistence in Diniconazol Treatment on the seedling and Growth after Transplanting of Tomato, 2009, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
9. Effect of Diniconazol Treatment on the Inhibition of Over-Growth of Tomato Seedling, 2009, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
10. 상용센서를 이용한 토마토 수경재배 배지 수분 변이 측정, 2009, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
11. A multiplex PCR for rapid and simultaneous detection of mixed virus detection in pepper and tomato plants, 2009, 한국식물병리학회 춘계학술대회
12. Occurrence, vector transmission and characterization of tomato-infecting Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) isolated from Busan in Korea, 2009, 한국식물병리학회 춘계학술대회
13. Comparison of sctylalone dehydratase gene between collectrichum species infecting tomato, 2009, 한국식물병리학회 춘계학술대회
14. 몇가지 품종의 미숙토마토의 저온장해 증상 비교, 2009, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
15. 방울토마토의 유통조건에 따른 수출 환경 중 품질변화, 2009, 한국원예학회 춘계학술대회
16. Genetic Differentiation of *Pseudomonas syringae* pv. tomato from *Pseudomonas syringae* pathovars using REP-PCR and URP-PCR, 2009, Canadian Phytopathology Society 2009
17. Molecular Differentiation of *Pseudomonas syringae* pv. tomato Groups That Infects Only Tomato and Both Tomato and Barssica spp., 2009, Canadian Phytopathology Society 2009
18. 한국형 공기주입 이중피복 플라스틱온실 설계에 관한 연구, 2009, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
19. 공기주입 이중피복 플라스틱온실의 공기주입장치 설계를 위한 기초실험, 2009, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회

20. 공기주입 이중피복 플라스틱온실의 단열효과, 2009, 한국농공학회 2009
21. 착색도를 이용한 방울토마토 품질측정에 관한연구, 2009, 한국농업기계학회 동계학술대회
22. 방울토마토 칼라 영상 선별기 개발을 위한 기초연구, 2009, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
23. 천연항균물질을 적용한 미세천공필름의 송이토마토 선도유지 효과, 2009, 한국원예학회 추계학술대회
24. 재사용상토(상토종류별)가 토마토의 생육 및 이화학성특성에 미치는 영향, 2010, 한국원예학회 춘계학술대회
25. 규산처리가 토마토의 생육 및 묘소질에 미치는 영향, 2010, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
26. 규산처리가 토마토의 환경스트레스 내성에 미치는 영향, 2010, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
27. Influencing *Lycopersicon esculentum* Plant Growth, Dry Mass Partitioning and Quality Attributes with Removed Young Leaves and Fruit Pruning, 2010, 한국원예학회 춘계학술대회
28. 방울토마토에서 생식기관의 조절이 일중 엽광합성량 및 동화산물 분배에 미치는 영향, 2010, 한국원예학회 추계학술대회
29. 영양기관의 조절이 방울토마토 과실품질 및 생산성에 미치는 영향, 2010, 한국생물환경조절학회 추계학술대회
30. Affecting *Lycopersicon esculentum* Growth, Dry Mass Distribution and Quality Characteristics with Remmoved Young Leaves and Fruit Pruning, 2010, ISHS 2010
31. 방울토마토 재식밀도 조절을 위한 측지유인 시기, 2010, 한국원예학회 춘계학술대회
32. pH에 안정적인 킬레이트 철(DTPA-Fe) 공급으로 토마토 묘종 철 결핍 극복, 2010, 한국토양비료학회 춘계학술대회
33. 토마토 주요 재재품종 및 적심재배 화방별 영양요구량, 2010, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
34. 공기주입 이중피복 플라스틱온실의 광합성유효광량자속 투과 특성, 2010, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
35. Design Technology of Korean Style Air-Inflated Double-Layer Plastic Greenhouse, 2010, The 2nd Sino-Japan-KoreaJoint Symposium on Protected Horticulture & Environmental Control 2010
36. 토마토재배용 플라스틱온실의 이중피복방법에 따른 광합성유효광량자속 투과 및 열관류 특성 공기주입, 2010, 한국농공학회 2010
37. 상업용 토마토 온실의 포그시스템 냉방효과 분석, 2010, 한국생물환경조절학회 추계학술대회
38. 온실의 천창 종류에 따른 환기성능 분석, 2010, 한국생물환경조절학회 추계학술대회
39. Analysis of dopa oxidase activity of a tyrosinase in a purple-colored *Fusarium oxysporum*, 2010, 캐나다 식물병리학회 2010
40. Characterization of scytalone dehydratase gene between *Colletotrichum* species infecting tomato, 2010, 한국식물병리학회 춘계학술대회

41. Evidence for interspecies-recombination for a monopartite DNA-A genome of Tobacco leaf curl virus (TbLCJV)-Jeju in Korea, 2010, 캐나다 식물병리학회 2010
42. Occurrence of Honeysuckle yellow vein virus (HYVV) containing a monopartite DNA-A genome in Korea, 2010, 한국식물병리학회 2010
43. Genetic diversity of tomato-infecting Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) isolates in Korea, 2010, 한국식물병리학회 2010
44. Bacterial and fungal species isolated from the imported tomato seeds of 23 different cultivars, 2010, 한국식물병리학회 2010
45. Control of tomato bacterial diseases using pesticides, cultivar resistance and elicitor-induced resistance, 2010, 한국식물병리학회 2010
46. 몇가지 토마토 품종의 수확 후 생리 및 품질 비교, 2010, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
47. Selection of Tomato (*Lycopersicon esculentum* cv medicine) Maturity Stages to Export, 2010, 한국원예학회 추계학술대회
48. Postharvest Qualities of Cherry Tomato (*Lycopersicon esculentum*) During Distribution Period, 2010, 한국생물환경조절학회 추계학술대회
49. 품종과 성숙정도가 방울토마토와 송이토마토의 수확 후 생리 및 품질에 미치는 영향, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
50. 완숙토마토의 상품성 연장에 미치는 1-MCP효과, 2010, 한국원예학회 추계학술대회
51. Multispectral reflectance imaging for detecting defects on cherry tomatoes, 2010, Proceedings of the 1st Joint Symposium between Korea and China 2010
52. Non-destructive measurement of Internal quality of cherry tomato using NIR spectroscopy, 2010, Proceedings of the 1st Joint Symposium between Korea and China 2010
53. Vis/NIR 분광기법을 이용한 방울토마토 내부품질 예측에 관한 연구, 2010, 한국농업기계학회 하계학술대회
54. 초분광 영상처리 기법을 이용한 방울토마토 열과 검출에 관한 연구, 2010, 한국농업기계학회 하계학술대회
55. Non-destructive quality measurement of cherry tomato using hyperspectral imaging technique, 2010, Proceedings of SPIE 2011
56. 국내 토마토의 수출 유통 중 에틸렌 흡착제 적용 효율성 연구, 2010, 산업식품공학회 2010
57. 공정육묘 1회 사용 상토의 이화학적 특성 및 과채류 생육 특성 구명, 2011, 한국원예학회 추계학술대회
58. 공정육묘시 재사용 상토와 perlite의 혼합 비율이 상토의 이화학적특성과 과채류 묘소질에 미치는 영향, 2011, 한국원예학회 추계학술대회
59. 플라스틱온실 피복재의 열관류율 변화, 2011, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
60. 플라스틱온실의 피복재를 통한 관류열전달 특성, 2011, 한국농공학회 2011
61. 토마토 초기 양액공급량과 배지크기가 생육 및 수량에 미치는 영향, 2011, 한국원예학회 추계학술대회
62. 토마토 동절기 재배시 재배 온도 및 관리 별 생산량, 2011, 중국원예학회 2011

63. 토마토재배용 플라스틱온실의 이중피복방법에 따른 온습도 및 광합성유효광량자속 분포 특성, 2011, 한국농공학회 2011
64. 고온기 습도조절용 저압 포그노즐 개발, 2011, 한국원예학회 춘계학술대회
65. 팬엔패드 증발냉각기와 에어덕트를 이용한 온실의 냉방 및 온도편차 개선 효과, 2011, 한국농공학회 2011
66. Characterization of scytalone dehydratase gene between Colletotrichum species infecting tomato, 2011, 한국미생물학회 2011
67. Immunological studies using polyclonal antibody prepared against the begomovirus C4 protein expressed in Escherichia coli, 2011, 한국식물병리학회 추계학술대회
68. Serological studies using polyclonal antibody prepared against the Honeysuckle yellow vein virus (HYVV) V1 protein expressed in Escherichia coli, 2011, 한국식물병리학회 추계학술대회
69. In vitro antifungal activity of a Streptomyces sp. strain from forest soil, 2011, 한국식물병리학회 추계학술대회
70. Antibacterial activity of vitamins, plant essential oils and green tea extracts against Ralstonia solanacearum causing bacterial wilt disease in tomato plants, 2011, 한국식물병리학회 추계학술대회
71. 배액전극 제어법의 토마토 펠라이트 베드재배 적용방법 구명, 2011, 한국원예학회 춘계학술대회
72. 고온기 온도강하 및 습도조절용 저압 포그노즐 개발, 2011, 한국원예학회 춘계학술대회
73. Measurement of chilling injury of fresh consumed 'Madison' and 'Unicorn' tomato, 2011, 한국원예학회 추계학술대회
74. Performance of breathable film packaging on the quality and storability of fresh consumed 'Madison' and 'Unicorn' tomato during distribution period, 2011, 한국원예학회 추계학술대회
75. Effect of UVc on the quality and shelf life of fresh consumed 'Madison' and 'Unicorn' tomato during distribution period, 2011, 한국원예학회 추계학술대회
76. 형광 영상을 이용한 방울토마토 크랙 검출에 관한 연구, 2011, 한국농업기계학회 동계학술대회
77. 형광분광 선형판별법에 의한 방울토마토 열과 검출에 관한 연구, 2011, 한국농업기계학회 하계학술대회
78. 초분광 반사광 영상을 이용한 방울토마토 품질의 부분 최소 자승 회귀 분석에 관한 연구, 2011, 한국농업기계학회 하계학술대회
79. VIS/NIR 분광 기법을 이용한 송이토마토 품질 예측에 관한 연구, 2011, 한국농업기계학회 하계학술대회
80. LED induced fluorescence imaging technology for detection, 2011, Proceedings of SPIE 2011
81. 토마토 코이어 자루재배시 적정 급액마감시각 구명, 2011, 생물환경조절학회 춘계학술대회
82. Pesticides, plant essential oils and vitamins for bacterial wilt disease control in tomato plants, 2011, 한국식물병리학회 춘계학술대회

83. Agroinfiltration of plants with infectious clones of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) and Honeysuckle yellow vein virus (HYVV), 2011, 한국식물병리학회 춘계학술대회
84. A comparison between two plant expression vectors for an efficient in vitro inoculation of plants with infectious clones of two begomoviruses, 2011, 한국식물병리학회 추계학술대회
85. 시판되고 있는 토마토 품종의 TYLCV 저항성 유전자 종류 및 저항성 정도, 2012, 한국원예학회 추계학술대회
86. 상업용 플라스틱 온실의 광합성유효광량자속 변화, 2012, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
87. 아치형 단동 플라스틱 온실의 원형천창 설치 기준분석, 2012, 한국생물환경조절학회, 춘계학술대회
88. 플라스틱 온실의 피복재 결로발생 억제 기술, 2012, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
89. 저압포그시스템을 이용한 토마토 온실가루이 약제 방제, 2012, 한국원예학회 춘계학술대회
90. 플라스틱 온실의 포차변화 및 피복재 표면의 결로발생 분석, 2012, 한국농공학회 2012
91. 압축공기를 이용한 저압 포그시스템의 온실 냉방효율 분석, 2012, 한국농공학회 2012
92. 저압 에어포그 노즐을 이용한 온실 냉방설계 프로그램 개발, 2012, 한국농공학회 2012
93. 플라스틱온실 형태에 따른 광합성유효광량자속 분포 특성, 2012, 한국원예학회 추계학술대회
94. Effect of Temperature, Humidity, rootstocks, and Scion on the Graft-take and Quality of Tomato seedling, 2012, 한국원예학회 추계학술대회
95. 밀폐도가 높은 복층비닐하우스용 비닐패드 개발, 2012, 한국원예학회 추계학술대회
96. 온실 측고 인상 농가 현황 및 효과분석, 2012, 한국원예학회 추계학술대회
97. Vitamins and tea extracts for bacterial wilt disease control in tomato plants, 2012, 한국식물병리학회 추계학술대회
98. First report of pink mold rot caused by *Trichothecium roseum* on *Solanum lycopersicum* var. *lycopersicum* in Korea, 2012, 한국식물병리학회 추계학술대회
99. Pathogenicity and interactions of tomato-infecting begomoviruses with a β satellite associated with Honeysuckle yellow vein mosaic virus, 2012, 한국식물병리학회 추계학술대회
100. Experimental host range of infectious DNA-clones of Honey suckle yellow vein virus(HYVV) isolated from tomato plants, 2012, 한국식물병리학회 추계학술대회
101. Real-time PCR for the quantification of Tomato yellow leaf curlvirus(TYLCV) in tomato cultivars and line agroinoculated with infectious clones, 2012, 한국식물병리학회 추계학술대회
102. 대목의 접목부위가 토마토 접목활착율 및 묘소질에 미치는 영향, 2012, 한국생물환경조절학회 추계학술대회
103. 상토내 수분함량과 상대습도가 토마토의 접목활착율 및 묘소질에 미치는 영향, 2012, 한국생물환경조절학회 추계학술대회
104. 토마토 플러그묘 육묘시 이식방법이 묘의 생육 및 뿌리의 형태에 미치는 영향, 2012, 한국

생물환경조절학회 추계학술대회

105. 광질별 단기간 광조사가 토마토묘의 초기생육에 미치는 영향, 2012, 한국생물환경조절학회 추계학술대회
106. 토마토 접목후의 광조사 여부가 접목활착율및 묘소질에 미치는 영향, 2012, 한국생물환경조절학회 추계학술대회
107. Effects of silicate foliar spray on the quality of three different tomato cultivars, 2012, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
108. Effects of temperature on the quality and storability of tomato during commercial handling condition, 2012, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
109. Effect of 1-MCP on Quality and Storability of Cherry tomato, 2012, 한국원예학회 추계학술대회
110. Effect of Silicate Foliar Spray on Quality and Storability of Truss Tomato Cultivars, 2012, 한국원예학회 추계학술대회
111. Effects of Modified Atmosphere Packaging with Aqueous Chlorine Dioxide Treatment on the Quality and Shelf-life of Tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill) during Storage, 2012, 한국원예학회 춘계학술대회
112. Evaluation of the oxygen scavenging ability on the inclusion of an organic acid, an alkali carbonate, and a transition metal for oxygen-sensitive food products, 2012, 한국식품과학회 2012
113. 수출토마토 선도유지를 위한 이산화염소 가스 처리 효과 연구, 2012, 한국포장학회 추계학술대회
114. Effects of Silicate on Quality and Shelf-life of Cherry Tomato Grown Hydroponically, 2012, 한국생물환경조절학회 추계학술대회
115. Development of a Compact Quality sorting Machine for Cherry Tomatoes Based on Real-Time Color Image Processing, 2012, International Conference of Society of agricultural engineering 2012
116. Multispectral Imaging Technique for Detection of Fungi-infected Seed Potatoes Based on Hyperspectral Imagery, 2012, International Conference of Society of agricultural engineering 2012
117. 토마토 엽위별 광합성 특성 분석, 2012, 한국원예학회 춘계학술대회
118. 공기를 이용한 양액 제조용 비료용해 장치 개발, 2012, 한국원예학회 춘계학술대회
119. 고온기 토마토의 적정 적엽관리방법 구명, 2012, 한국원예학회 춘계학술대회
120. 올레산을 이용한 친환경적 가루이 방제 시 적정 농도, 2012, 한국원예학회 춘계학술대회
121. Surface sterilization effect for retain quality at tomato, 2013, 한국원예학회 춘계학술대회
122. Effect of Boron Supplement for Yield, Quality, and Postharvest physiology in Hydroponic Grown Cherry Tomato, 2013, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
123. Effect of Boron and Silicon in Nutrient Solution on Storability of Hydroponically Grown Cherry Tomato, 한국원예학회 추계학술대회
124. Effect of Foliar Spray Boron, Calcium and Silicon on Postharvest Characteristics and

- Qualities of Cherry Tomato, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
125. Effect of Foliar Spray Boron, Calcium and Silicon on Storability of Cherry Tomato during Room Temperature Storage, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
 126. Transcription of the colletotrichum acutaum in Response to culture Extract from an Antifungal streptomyces stain, 2013, 한국미생물연합 국제학술대회 추계학술대회
 127. Transcriptome analysis in the mycellum of colletotrichum acutaum exposed to culture extract from a streptomyces sp. 2013, ICPP 2013
 128. Effect of nursery environmental condition and different cultivars on survival rate of grafted tomato seedling, 2013, GreenSys 2013
 129. Effect of soil block and growth and root development of fruit vegetable seedlings, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
 130. Enhanced Drought Tolerance in Tomato Seedlings through Abscisic acid Application, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
 131. Influence of short-term light irradiation under pre-and post grafting period on the graft-take ratio and quality of tomato seedlings, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
 132. Effect of (+)-S-Abscisic acid Application to the Culture Solution on Growth and Drought Stress of Tomato Seedlings, 2013, The 10th International Joint Symposium among Japan, Korea and China
 133. 단동온실 관리동의 기류방해로 생기는 온도편차 개선방안, 2013, 생물환경조절학회 춘계학술대회
 134. 단동온실 다겹보온커튼 개폐장치의 적정 길이 검토, 2013, 생물환경조절학회 춘계학술대회
 135. Barcode를 이용한 온실 내 작업관리프로그램의 개발, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
 136. 수경재배 간이점검구 제작 및 활용 방법, 2013, 한국농공학회 2013
 137. 이층커튼 온풍난방 플라스틱 온실의 겨울철 포차 및 결로량 변화, 2013, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
 138. Environment Characteristics by Double Covering Method and Environmental Control in Plastic Greenhouse, 2013, Greensys 2013
 139. 플라스틱온실의 피복방식에 따른 보온성능 및 광환경 평가, 2013, 한국농공학회 2013
 140. PCR-based for differentiation of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) genotypes from infected host plants in Korea, 2013, 한국식물병리학회 춘계학술대회
 141. The quantification of C4 protein in agroinoculated tomato cultivars, using polyclonal antibodies against the recombinant C4 protein of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV), 2013, 한국식물병리학회 춘계학술대회
 142. A real-time qPCR assay for detection and quantification of Honeysuckle yellow vein virus (HYVV) in Nicotiana benthamiana agroinoculated with infectious DNA-A clones, 2013, 한국식물병리학회 춘계학술대회
 143. Pathogenicity of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) infectious clones agroinoculated into Nicotiana benthamiana and tomato plants, 2013, Bangkok International Conference on Biological Engineering and Natural Science
 144. 이중공기막플라스틱하우스의 겨울철 보온 효과, 2013, 한국원예학회 춘계학술대회

145. 이중공기막하우스와 일반 플라스틱하우스의 에너지 절감 효과 비교, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
146. Hydrogen peroxide- and nitric oxide-mediated disease control of bacterial wilt in tomato plants, 2013, 한국식물병리학회 춘계학술대회
147. Development of Multispectral Algorithm for Detection of Cracked Tomatoes, 2013, Proceedings of SPIE 2013
148. In vitro antifungal activities and disease control efficacies of vitamins, essential oils, hydrogen peroxide and nitric oxide against gray mold in tomato plants, 2013, 2013한국 식물병리학회 추계학술대회 및 국제학술대회
149. 토마토 접목시 캘러스 형성과 순화에 효과적인 광 처리 방법 구명, 2013, 한국생물환경조절학회 춘계학술대회
150. 고온기 토마토 재배시 적정 측지관리 방법 구명, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
151. 원예작물의 기능성 소재 탐색 및 활용방안 모색, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
152. 차광제와 이류체포그시스템을 이용한 고온기 시설내 환경관리, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
153. 토마토 육묘시 공간처리 및 배지부피가 묘소질 및 과실의 수량 품질에 미치는 영향, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
154. 토마토 접목묘 생산 시 높은 활착율과 초기 수확량을 위한 적정 접수연령 구명, 2013, 한국원예학회 추계학술대회
155. 코이어 재배시 적정 전처리 방법 구명, 2013, 한국원예학회 춘계학술대회
156. Optimum management of tomato leaf removal in rockwool culture, 2013, Greensys 2013
157. Root-zone temperature control of tomato plant cultivated in perlite bag during summer and winter season, 2013, GroSci 2013
158. Effect of Boron and Silicon in Nutrient Solution on Fruit Qualities and Yield of Hydroponically Grown Cherry Tomato, 2013, 한국원예학회 추계학술대회

유전자 등록

1. Tobacco leaf curl virus isolate TbLCKV, complete genome, 2008-11-26, FJ434943, NCBI
2. Tomato yellow leaf curl virus isolate Bus, complete genome, 2009-05-11, GQ141873.1, NCBI
3. Tomato yellow leaf curl virus isolate Hwas, complete genome, 2009-11-18, GU126513.1, NCBI
4. Tomato yellow leaf curl virus isolate Jeju, complete genome, 2010-02-02, GU325633.1, NCBI
5. Tomato yellow leaf curl virus isolate Nons, complete genome, 2010-02-02, GU325632.1, NCBI
6. Tomato yellow leaf curl virus isolate Bos, complete genome, 2010-02-02, GU325634.1, NCBI
7. Honeysuckle yellow vein virus (HYVV), complete genome, 2010-08-27, BankIt1385259, GenBank

8. Acrobelloides sp. S1 28S ribosomal RNA gene, partial sequence, 2013-09-25, BankIt1635161 Seq KF188195, GenBank
9. Acrobelloides sp. S5 28S ribosomal RNA gene, partial sequence, 2013-09-25, BankIt1635171 Seq KF188196.1, GenBank
10. Acrobelloides sp. Q6 28S ribosomal RNA gene, partial sequence, 2013-06-05, BankIt1635173 Seq1 KF188197.1 , GenBank
11. Acrobelloides sp. Q7 28S ribosomal RNA gene, partial sequence, 2013-06-05, BankIt1635178 Seq KF188198.1, GenBank
12. HYVV-[HB] associated β -satellite DNA, KC788280, GenBank

프로그램 등록

1. MS Excel을 이용한 레이아웃설계 프로그램, 2012, C-2012-020222
2. 토마토농가정보시스템 V1.0, 2012, C-2012-021032
3. 토마토수출정보시스템 V2.0, 2012, C-2012-021031
4. MS VBA를 이용한 온실현황관리프로그램 V2.0, 2013, C-2013-023654
5. 온실내 작업이력관리프로그램 V1.0, 2013, C-2013-023655

기타(디자인 출원)

1. 수경재배용 재배틀, 2009, 30-2009-0055966

기술이전

1. 수경재배의 금액관리법인 전극제어법의 생산자 보급, 2009, 농가 1곳
2. 토마토생산관리법의 생산자 보급, 2009, 농가 1곳
3. 수경재배 배액전극 관수시스템 및 그 수경재배방법, 2010, 그린누리 1곳
4. 저압분무장치, 2010, 그리누리 1곳
5. 고온기 펄라이트 자루재배시 최적 근권온도 조절방법, 2010, 농가 6곳
6. 저온기 펄라이트 자루재배시 최적 근권온도 조절방법, 2010, 농가 6곳
7. 토마토 수확 칼라 차트, 2011, 농가 4곳
8. 토마토 초세조절 방법, 2011, 농가 8곳
9. 토마토 이슬점 관리 방법, 2011, 농가 4곳
10. 수출용 토마토 생산체계 개발, 2011, 호반육묘장 1곳
11. 제품의 품질보존을 위한 이산화염소 가스 처리 sachet/유기물을 이용한 산소흡착, 2012, 홍원물산 1곳
12. PE필름 온실피복재 교체시기 및 교체주기, 2012, 농가 4곳
13. 간이점검구를 활용한 배양액 관리기술, 2012, 농가 5곳
14. 토마토 코이어 자루재배 시 적정 금액 방법(금액마감시각), 2012, 농가 4곳
15. 가루이 방제를 위한 올레산 처리 시 적정 처리농도와 횟수, 2012, 농가 1곳
16. 이류체 포그시스템 및 천연물을 이용한 친환경적 가루이 방제법, 2012, 농가 1곳
17. 배양액 녹이는 방법, 2012, 농가 8곳

18. 공정육묘 생산비 절감을 위한 상토제사용 기술개발, 2012, 호반육묘장 1곳
19. 수출용 토마토 공정묘 저장조건 구명, 2012, 호반육묘장 1곳
20. 간이점검구 설치 및 운영, 2013, 농가 1곳
21. PE필름 온실피복재 교체시기 및 교체주기, 2013, 농가 4곳
22. 배양액 녹이는 방법, 2013, 농가 5곳
23. 토마토 초세조절 방법, 2013, 농가 6곳

상품화

1. 마그마 복합환경 제어기(컴퓨터에 의한 온실환경제어기), 2009.4, 그린씨에스
2. 토마토시설 환기용 제트팬(토마토시설 환기용 제트팬), 2010, 명진에어테크
3. 에어포그(저압분부장치), 2010.9, 그린누리
4. 토마토양갱(토마토양갱), 2013, 그린누리
5. 토마토시럽(토마토시럽), 2013, 그린누리

정책자료

1. 수출방울토마토 모니터링대상업체 제외 조치 개선, 2009, 농수산물유통공사
2. 농산물 표준규격공동출하사업 개선안, 2009, 국립농산물품질관리원 품질검사과
3. 농수산물수출보험(패키지형)의 가격상승위험 대상 품목에 토마토 포함, 2010, 한국무역보험공사 영업개발본부 영업전략부 영업기획팀
4. 수급안정대책을 통한 농가소득 지지 강화책, 2010, 한국농촌경제연구원
5. 품목별 대표조직 농식품부 회의자료, 2010, 농림수산식품부
6. 품목별 대표조직 발전전략, 2010, 한국농촌경제연구원

영농활용자료

1. 배액전극관수시스템을 이용한 과채류 자루식 수경재배 기술, 2009
2. 바이러스 저항성 품종 및 망사를 이용한 해충방배 연구, 2010
3. 토마토 재배 시 황화잎말림바이러스병(TYLCV)에 주의하여 할 주요 재배품종, 2010
4. PE 필름의 경우 매년 교체 하는 것이 2년 1회 교체보다 경제적 임, 2011
5. 수경재배 펄라이트 배드식 재배법의 배액전극관수시스템 적용방법, 2011
6. 고온기 냉방 및 습도조절용 저압포그노즐, 2011
7. 고온기 토마토의 적정 적엽관리방법, 2012
8. 공기를 이용한 비료용해 장치 개발, 2012
9. 이류체 포그시스템과 천연물을 이용한 친환경적 가루이 방제법, 2012
10. 토마토 코이어 자루재배시 적정 급액마감시각, 2012
11. U자형 베드에서 코이어 자루배지의 배액구 설치 방법, 2013
12. 간이점검구 설치 및 활용방법, 2013
13. PE필름 비닐 매년 교체 시 토마토 생산량 증대 효과, 2013
14. 토마토 접목묘 생산시 높은 활착율과 초기 수확량에 효과적인 적정 접수 연령, 2013
15. 토마토 접목시 활착율과 초기수확량을 증대하는 효과적인 광 환경, 2013

책자 및 자료 발간

책자

1. 토마토수출연구사업단 소개서, 2009
2. 일본수출용토마토주요 병충해 증상 및 농약안전사용 지침, 2009
3. 토마토 해외 선진 재배기술, 2009
4. 토마토 해외시장 수출여건과 전략, 2009
5. 한국 토마토 소개 팸플렛(영어, 일본어, 한국어), 2009
6. 병충해 포스터 2009, 2009
7. 종합 토마토 생산관리 2009, 2009
8. 토마토 병충해 포스터 2010, 2010
9. 2010 일본수출용토마토주요 병충해 증상 및 농약안전사용 지침, 2010
10. 토마토 품질관리 매뉴얼, 2010
11. 토마토 품종, 2010
12. 토마토 생산관리, 2010
13. 토마토 수경재배, 2010
14. 토마토 유통, 2010
15. 토마토 병충해와 생리장해관리, 2010
16. 토마토 스토리-카레 일본어판, 2010
17. 농가 수준별 연중 환경관리 방법 비교 포스터, 2010
18. 韓國のホベン育苗センター-(한국의 토마토 육묘 소개), 2010
19. 토마토 칼라차트(색차계), 2010
20. 2011 일본 수출용 토마토 주요 병충해 증상 및 농약안전사용 지침(e-Book), 2011
21. 2011 일본 수출용 토마토 주요 병충해 증상 및 농약안전사용 지침, 2011
22. 교육용 토마토 재배기술 CD, 2011
23. 토마토 생산관리 2011, 2011
24. 토마토 품종 2011 e-Book, 2011
25. 토마토 품종 2011 책자, 2011
26. 수출업체 QR Code 제작 및 보급, 2011
27. 토마토 유통·경영·수출, 2011
28. 수경재배 2011, 2011
29. 수출업체 단일 브랜드화(네이밍 및 공동 포장박스 출시), 2011
30. 수출시 방울토마토 및 일반토마토 품위기준 스티커, 2011
31. 정복! 토마토 병충해와 생리장애, 2012
32. 2012 일본 수출용 토마토 주요 병충해 증상 및 농약안전사용 지침, 2012
33. 정복! 수경재배, 2012
34. 정복! 생산관리, 2012
35. 정복! 시설 및 환경관리, 2012
36. 정복! 토마토 유통·경영·수출, 2012
37. 완전 작물관리, 2013
38. 2013 일본 수출용 토마토 주요 병충해 증상 및 농약 안전사용 지침, 2013

39. 완전 토마토 품종, 2013
40. 완전 수경재배, 2013
41. 완전 토양 및 양분관리, 2013
42. 2013 토마토산업분석 및 수출증대 방안, 2013
43. 완전 시설 및 환경관리, 2013
44. 완전 병충해와 생리장해, 2013
45. 2013 신시장 개척을 위한 수출전략보고서(홍콩, 러시아), 2013
46. 2013 일본시장 분석 및 수출전략, 2013
47. 농가관리 대장, 2013

자료

1. 세계 토마토 소비 및 교역동향, 2008
2. 일본 토마토 시장동향과 전망, 2008
3. 토마토 수출연구사업 관련 일본 출장결과, 2009
4. 대만 토마토 시장현황 자료, 2009
5. 토마토 수출연구사업 관련 대만 출장결과 보고서, 2009
6. 토마토 관련 바이어 설문조사(일본, 대만), 2009
7. 신 시장 개척을 위한 홍콩시장 분석, 2010
8. 신 시장 개척을 위한 러시아시장 분석, 2010
9. 일본시장 분석 및 수출전략, 2010
10. 홍콩시장 분석 및 수출전략, 2011
11. 신 시장 개척을 위한 러시아수출전략보고서-블라디보스토크, 2011
12. 일본시장 분석 및 수출전략, 2011
13. 일본시장 분석 및 수출전략, 2012
14. 토마토 산업 분석 및 수출증대 방안, 2012
15. 신시장 개척을 위한 홍콩수출전략보고서, 2012

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 수출전략기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 수출전략기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.