

11-1543000
-001586-01

발간등록번호
11-1543000-001586-01

공정묘 생산 환경 개선 및 유통 기술 개발

2016. 12. 25.

주관연구기관 / 경상대학교
협동연구기관 / 농촌진흥청
충남대학교
원광대학교
서울대학교

농림축산식품부

첨단생산기술개발사업 R&D Report

공정묘 생산환경 개선 및 유통 기술 개발 최종보고서

2016

농림축산식품부

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

발간등록번호

11-1543000-001586-01

공정묘 생산 환경 개선 및 유통 기술 개발

2016. 12. 25.

주관연구기관 / 경상대학교

협동연구기관 / 농촌진흥청

충남대학교

원광대학교

서울대학교

농림축산식품부

2. 제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 ‘공정묘 생산 환경 개선 및 유통 기술 개발’(개발기간 : 2012. 11. 26. ~ 2016. 11. 25)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 12. 25.

주관연구기관명	: 경상대학교	황승재 (인)
협동연구기관명	: 농촌진흥청	안세웅 (인)
	충남대학교	최종명 (인)
	원광대학교	배종향 (인)
	서울대학교	전창후 (인)
참여기관명	: 초전육묘	하현태 (인)
	노성육묘	김오식 (인)
	내장산플러그	최영근 (인)
	포승원예	안주원 (인)

주관연구책임자 : 황승재

협동연구책임자 : 배종향, 안세웅, 전창후, 최종명

참여기관책임자 : 김오식, 안주원, 최영근, 하현태

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제고유번호	31203404	해 당 단 계 연 구 기 간	2015.11.26. -2016.11.25	단 계 구 분	(해당단계) 2015.11.26. -2016.11.25/ (총 단계) 2012.11.26. -2016.11.25
연구사업명	중 사업명	첨단생산기술개발사업			
	세부 사업명	농산, 원예작물과학, 원예작물재배생산사업			
연구과제명	대 과제명	공정묘 생산 환경 개선 및 유통 기술 개발			
	세부 과제명	-세 부: 에너지, 노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술개발 -1협동: 생산성 및 안전성 향상을 위한 현장어로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발 -2협동: 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발 -3협동: 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정 -4협동: 공정묘 안정 공급 및 수출확대를 위한 유통·저장 기술 개발			
연구책임자	황승재	해당단계 참 여 연구원 수	총: 35명 내부: 31명 외부: 4명	해당단계 연 구 개 발 비	정부: 350,000천원 민간: 128,000천원 계: 478,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 132명 내부: 117명 외부: 15명	총 연구개발비	정부: 1,400,000천원 민간: 476,000천원 계: 1,876,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	경상대학교, 농촌진흥청, 충남대학교, 원광대학교, 서울대학교			참여기업명 초전영농조합법인, 노성영농조합법인, 내장산플러그, 포승원예영농조합법인	
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)				보고서 면수	

4. 국문 요약문

		코드번호	D-01
연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경쟁력 강화를 위한 공정육묘 생산 환경 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 현장문제 해결과 생산성 향상을 위한 애로 기술 개발 - 안전성 향상 및 농약 사용 절감을 위한 공정육묘장 병해충 관리 기술 개발 - 저탄소·에너지 절약 및 환경 개선을 위한 시설 활용 기술 개발 - 경영 효율 및 노동력 경감을 위한 자동화 장치 이용기술 개발 - 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발 ○ 공정묘 품질 규격 설정 및 유통·저장 기술 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격, 병해충 감염 여부 진단 등)설정 - 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 유통·저장 기술 개발 		
연구개발성과	<p>[세부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 자동화 및 간이 운송 장치(플러그 트레이 운반용 대차, 벨트식 컨베이어 및 두상 모노레일)와 접목로봇의 이용기술 ○ 차광 스크린, 공기 유동팬, fan coil unit 및 미스트 시스템을 이용한 하절기 냉방 효율성 증대 방안 구명 ○ 나노탄소섬유적외선 난방등을 이용한 동절기 난방 효율성 증대 방안 구명 ○ 병해충 예방을 위한 적정 방충망(insect screen) 선발과 방충망으로 인한 온실내 온도 상승 완화를 위한 공기 유동팬 이용 방안 마련 ○ 국내 공정육묘장의 접목활착실 환경실태 조사 ○ 접목활착실의 최적 환경(광질, 광도, 광주기, 온도, CO₂, 습도) 조절기술 구명 <p>[1협동]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 오이 접목묘 생산 시 기형엽 및 황화엽 발생원인 구명 및 경감 기술 개발 ○ 폐쇄형육묘시스템 이용 박 대목 및 오이 접수 균일묘 생산을 위한 적정 트레이 규격 및 광량 구명 ○ 폐쇄형육묘시스템 이용 토마토 1화방 저절위 착화를 위한 적정 트레이, 광량 및 광주기 구명 ○ 오이 및 토마토 접목묘 고온기 도장억제 LED 보광 기술 개발 ○ 건전묘 생산을 병해충 간이진단 적용 기술개발 ○ LED 과채류 접목묘 활착실 사용 실태 분석 ○ 우량묘 생산 및 생산비 절감을 위한 공정육묘 현장애로기술과 차세대 공정 육묘장 수요 기술 분석 ○ 공정육묘 현장애로기술 매뉴얼 제작 및 보급 <p>[2협동]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 저면관비 방법 적용을 위한 근권부 물리성 조절 및 혼합상토 개발 ○ 근권부 염농도 조절을 통한 저면관비 기술 개발 ○ 친환경 묘 대량생산에 적합한 혼합상토 개발 및 혼합상토의 시비방법 확립 ○ 친환경 공정묘 생산을 위한 기비 및 추비방법 개발 <p>[3협동]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 주요 과채류의 유통 공정묘 생산 현황 조사 및 분석 ○ 주요 과채류의 생장조절제 활용 현황과 사용법 구명 ○ 주요 과채류의 공정묘 규격 설정 <p>[4협동]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 작물별 적정 저장 온도 및 광, 공기 조성 등 적정 저장 환경을 구명함 ○ 정식 후 저장묘의 생육 지연 억제를 위한 저장 중 적정 순화 기술을 개발함 ○ 공정육묘장 현장에서 활용될 수 있도록 공정묘의 저장 및 유통 기술 매뉴얼을 작성함 		

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>[세부]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발을 통한 메뉴얼 제작 및 배포 ○ 자동화 및 간이 운송 장치와 집목로봇의 이용기술의 교육지도를 통한 작업 효율성 증대 ○ 하절기 냉방 효율성 증대 방안 구명을 통한 공정묘의 연중 생산 및 농가 소득 증대 ○ 동절기 난방 효율성 증대 방안 구명을 통한 농가의 난방비 절감 ○ 적정 방충만 선발과 공기 유동팬 이용 방안 마련을 통한 온도상승 문제해결 방안 마련 및 내부 병해충 유입감소, 농약사용량 절감, 청정묘 생산 및 고객 신뢰도 향상 ○ 파종 후 발아 및 육묘 관리 그리고 정식 등의 작업을 일관 체계화 하여 묘소질이 균일한 규격화 된 양질묘의 계획적 생산 ○ 수량 및 품질 향상 등 육묘 기술 수준 증대 ○ 적정 환경 하에서 효율적인 묘 생산으로 인한 육묘 비용 감소 ○ 집목묘의 활착축진을 위한 최적 환경조건을 확립 ○ 인공광 하에서 적정 육묘조건 확립 ○ 육묘환경의 개선을 통한 묘소질 향상(입모율, 활착률 향상, 건전묘 획득) <p>[1협동]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 공정육묘 현장애로기술 경감 기술의(기형엽, 황화엽 발생, TSWV 간이 진단 기술 등) 현장 활용을 통한 우량묘 생산 증대 ○ LED 집목활착실 안정 운영을 위한 작물별 활착 환경 조건 구명 연구 소재 활용 ○ 현장애로기술 해결 및 차세대 공정육묘장 패러다임 전환 기술(공정육묘장 전용 온실, 환경조절 및 제어 시스템, 자동 관수 시스템 등) 개발 연구 주제 활용 <p>[2협동]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 개발된 친환경묘 생산 전용 혼합상토의 기술 이전 ○ 친환경묘 생산을 위해 개발된 적정 시비방법의 농가 교육 ○ 저면관비용으로 개발된 혼합상토의 기술 이전 ○ 개발된 저면관비 시스템 및 저면관비 방법의 농가 교육 <p>[3협동]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 주요 과채류 공정묘 규격 제시를 통한 인증제 기초 자료 활용 ○ 개발 육묘 기술(생장조정제, 육묘일수)의 공정육묘 현장 활용 ○ 공정 육묘법 구명을 통한 우량 묘 생산 및 산업 확대 <p>[4협동]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 공정묘의 저장 기술 개발을 통한 수요 급등 기간의 공급 불균형 해소 및 생산 시설 활용 효율 증진 ○ 공정묘의 포장 및 수송 방법의 규격화를 통한 유통 효율 증진 및 수출 지원 ○ 수출시장의 확대 및 개척: 현재 일본과 동남아시아 등의 아시아권 지역으로의 공정묘 수출을 확대하고 수출시장의 개척 			
<p>중심어</p>	<p>공정묘</p>	<p>생산 환경</p>	<p>저장</p>	<p>품질관리</p>

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose & Contents	<ul style="list-style-type: none"> ○ Seedling production environmental enhancement for competitiveness enforcement <ul style="list-style-type: none"> - Development of on-farm difficult technology for productivity increase and solution of the field problem - Development of technology of pest and disease management for stability improvement and reduction of pesticide using in plug seedling production greenhouse - Development of facilities utilization technology for low-carbon, energy saving, and environment improvement - Development of automatic equipment utilization technology for labor force reduction and management effectiveness - Development of new technology to respond the new demands of plug seedlings ○ Quality standard setting of plug seedlings and establishment of distribution and storage technology <ul style="list-style-type: none"> - Standard setting of quality for quality control of plug seedling during distribution (plug seedling standards, infection diagnosing of pest etc.) - Development of distribution and storage technology for domestic stable supply and export expansion of plug seedling 		
Results	<p>[Main research team]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Using technology of automatic and simplified/easy transportation(a cart of plug trays, a conveyer belt, and monorail cart) or grafting robot ○ Study on the improving method of air-cooling efficiency of using shading screen, air flow fan, fan coil unit, and mist system in summer season ○ Study on the improving method of air-warming efficiency using nano-carbon fiber infrared heating lamp in winter season ○ Selection of optimum insect screen for pest prevention and using method of air flow fan for reduction of elevated inner temperature affected by insect-proof net ○ Investigation on the environmental conditions of graft healing room in domestic plug greenhouses in Korea ○ Study on the optimal environment (light quality, light intensity, photoperiod, temperature, CO₂, and relative humidity) for the promotion of graft healing of plug seedlings 		

Results	<p>[Cooperative research team 1]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Investigation of reasons on the deformed and yellowish leaf of grafted cucumber seedlings and development of its alleviation technology ○ Investigation of appropriate plug tray size and light quantity to produce uniform seedlings of cucumber scions and pumpkin rootstocks in a closed seedling production system using artificial light ○ Investigation of appropriate plug tray size, light quantity and photoperiod to lower the first flower form position of tomato seedlings in a closed seedling production system using artificial light ○ Development of LED supplementary lighting technology to reduce over elongation of cucumber and tomato grafted seedlings during high temperature season ○ Development of simple application technology for pest and disease diagnosis to produce healthy seedlings ○ Analysis of current use and improvements for LED fruit vegetable grafting healing chamber ○ Analysis of on-farm difficult technology and needs for next generation of vegetable seedling production system ○ Development and dissemination of technological manuals for on-farm difficult technology to produce high quality seedlings
	<p>[Cooperative research team 2]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Control of physical properties and development of root substrates for subirrigation of seedlings ○ Development of subirrigation technique by adjustment of salt content of substrates ○ Development of root substrates and establishment of fertilization program for mass production of environment-friendly seedlings ○ Establishment of pre- and post-planting fertilization program for production of environment-friendly seedlings
	<p>[Cooperative research team 3]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Survey and analysis on the production status of processing seedlings of the major fruit and vegetables in Korea. ○ Usage status and method of growth regulation to produce the optimum processing seedlings in the major fruits and vegetables. ○ Establishment of qualities standards as the optimum processing seedlings in the major fruits and vegetables.
	<p>[Cooperative research team 4]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Development of proper storage technologies (controlling temperature, light, air composition conditions etc.) for vegetable transplants ○ Development of proper acclimation technologies for stored vegetable transplants ○ Publishment of manual of transplant storage and transportation technologies

Expected Contribution	<p>[Main research team]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Manual publishment and dissemination through the development of using technology by facilities and automatic equipments for energy and labor force reduction, and enhancing of management effectiveness ○ Work efficiency enhancing through the education and guidance of using technology by automatic and easy/simplified transportation or grafting robot ○ The year-round production of plug seedling and increase in farm income through study of improving method of air-cooling efficiency in summer season ○ Reduction of heating bills through the investigation on the improving method of air-warming efficiency in winter season ○ Planning the method of solving the problem on elevated inner temperature through the selection of optimum insect screen, using method of air flow fan, and reduction of insects influx and amount of pesticide, production of clean plug seedling, and increasement customer confidence ○ Scheduled production of uniform, high quality plug seedlings by systematization of the germination after sowing, cultural management, and transplanting ○ Improvement of level of technology for plug seedling production in terms of the quantity and quality of plug seedlings ○ Decrease in the plug seedling production cost by efficient production using proper environmental conditions ○ Establishment of the optimal environmental conditions to promote the healing of grafted plug seedlings ○ Establishment of proper conditions for plug seedling production under the artificial light ○ Improvement of the plug seedling quality by improvement in environment for germination, seedling establishment, and high quality growth and development <p>[Cooperative research team 1]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Improvement to produce high quality seedlings by applying the developed on-farm difficult technologies such as reduction of deformed and yellowish leaf, easy diagnosis of TSWV etc. ○ Use of further research subjects to optimize environment conditions using LED fruit vegetable grafting healing chamber ○ Use of further research topics to develop next generation of vegetable seedling production system to reduce production cost such as a seedling production greenhouse design, environment control and management system, automated irrigation system specialized only for seedling production
-----------------------	---

Expected Contribution	<p>[Cooperative research team 2]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ The technology in development of root substrates for subirrigation of seedlings will be transferred to root medium production industry ○ The technology developed in subirrigation and adjustment of salt content of substrates will make the best use for grower education ○ The technology in development of root substrates for environment-friendly production of seedlings will be transferred to root medium production industry ○ The technology established in pre- and post-planting fertilization program for production of environment-friendly seedlings will make the best use for grower education <p>[Cooperative research team 3]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Use of the basic data for introducing authentication system of the optimum processing seedlings in the major fruits and vegetables ○ Field use of the developed techniques such as the optimum growth regulator and raising seedling period) in processing seedlings in the major fruits and vegetables ○ Production of high quality-seedlings and the industrial extension by raising seedling techniques developed in the research <p>[Cooperative research team 4]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Improvement of labor and space utilization efficiencies for vegetable transplant production ○ Increase in the stability of vegetable transplant supply ○ Expanding the export market of vegetable transplants 			
Keywords	plug transplants	production environment	storage	quality control

6. Contents

- I. Outline of research and development project
- II. Status of domestic and overseas technology development
- III. Research and development contents, and results
- IV. Achievement of goal and contribution to related field
- V. Plan to use the research results
- VI. Overseas science and technology information collected during research and development
- VII. Representative research achievements of research and development tasks
- VIII. References

7. 본문목차

< 목 차 >

제 1 장 연구개발과제의 개요	12
제 2 장 국내외 기술개발 현황	26
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	33
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	469
제 5 장 연구결과의 활용계획	503
제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	507
제 7 장 연구개발과제의 대표적 연구실적	512
제 8 장 참고문헌	515

<별첨>

연구개발보고서 초록(별첨 1).....	524
자체평가의견서(별첨 2)	526

제 1 장 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

제 1 절 연구개발 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

- 경쟁력 강화를 위한 공정육묘 생산 환경 개선
 - 현장문제 해결과 생산성 향상을 위한 애로 기술 개발
 - 안전성 향상 및 농약 사용 절감을 위한 공정육묘장 병해충 관리 기술 개발
 - 저탄소·에너지 절약 및 환경 개선을 위한 시설 활용 기술 개발
 - 경영 효율 및 노동력 경감을 위한 자동화 장치 이용기술 개발
 - 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발
- 공정묘 품질 규격 설정 및 유통·저장 기술 확립
 - 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격, 병해충 감염 여부 진단 등)설정
 - 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 유통·저장 기술 개발

2. 연구개발의 필요성

- 우리나라의 채소묘는 과거의 냉상이나 온상에서 작기 확대를 위한 자가묘의 개별생산 형태에 의존하다가 최근에는 작기 확대의 목적뿐만 아니라 품질 좋고 다양한 작물의 묘를 공동 또는 집단으로 생산하는 형태로 발전되었음
- 공동육묘 방식은 이미 서양의 농업 선진국들이 십 수 년간 행해온 공정육묘법의 도입으로 더욱 발전하게 되었음
- 노지에서 뿐만 아니라 각종 형태의 시설에서 채소의 생산이 주년화 되고 작목도 다양화되었으며 생산시스템은 집단화 및 대형화되고 있음
- 노동력의 감소와 높은 임금 등으로 인해 묘종의 집단생산이 필수적일 뿐만 아니라 육묘 및 정식의 기계화와 묘종의 상품화를 위한 규격묘의 생산과 전문성이 첨가된 육묘와 재배의 분업화가 절실함에 따라 이러한 조건들을 만족시킬 수 있는 육묘 기술이 도입되었음
- 육묘생산이 농업부문의 주요 산업으로 발전(묘 생산이 농가단위에서 공정육묘로 이전→육묘장 증가)
- 현재에는 완전 규격품의 모종을 약속한 날에 공급해 주는 주문육묘의 시대에 접어들었음
- 공정묘 또는 플러그묘(plug seedlings)란 ‘플러그’라고 불리는 ‘응집성이 있는 소량의 배지가 담긴 개개의 셀(cell)’에서 길러진 묘종을 말함(Nelson, 1991)
- 고소득 농산업 중 현재 가장 높은 비중을 차지하고 있는 것으로는 묘 생산임
- 농촌인구의 급격한 감소와 노동력 부족은 육묘의 분업생산을 촉구하게 되었고, 농협, 종묘회사, 또는 개인업자들이 재배자들의 수요에 부응하여 공정육묘시스템을 개발하여 운영 중임
- 우리나라에서도 플러그 산업은 이미 1992년부터 도입되어 발달하기 시작했음
- 육묘공장들은 균일하고 취급성이 좋으면서 기계화가 가능하며 이식상처가 없는 고품질 묘를 농가에 보급할 수 있었고, 이로 인해 우리나라 원예산업에 엄청난 변화가 일어났음
- 식물묘는 온실, 전답, 산지들에 이식 혹은 정식되어서 재배 또는 육성되기 전의 단계에 있는 작은 식물체를 말함
- 식물묘 생산 시스템의 확립에 의해 양질의 묘의 생산 및 판매를 묘 생산 전문회사가 담당하고,

구입묘의 정식, 재배, 수확 및 출시를 재배농가가 담당하는 일종의 농업생산의 분업화가 이루어짐

- 농업생산 체계의 변화는 최근 일본 및 한국의 농업계가 안고 있는 문제점을 해결하기 위한 방법임
- 일반농가에서는 묘 생산을 위한 작업, 묘 생산 시설의 초기 투자 및 유지 관리 비용이 불필요하게 되는 점 이외에도, 재배면적의 최대한 이용, 재배관리의 단순화 등 다수의 이점이 있음
- 묘 생산시 고도의 기술이나 설비를 확보한 전문회사가 묘 생산을 담당함으로써 양질의 묘를 효율적으로 생산할 수 있음
- 현재 국내 채소작물의 육묘량은 년 190억 주 이상에 이르고, 거의 대부분의 채소에서 작물특성에 맞는 특유의 육묘관리가 이루어지고 있음
- 이에 공정육묘장의 수가 증가하여 2009년에는 공정육묘면적이 109ha까지 증가하였고, 공정육묘장 수도 195개로 증가하였음(그림 1-1 참조)
- 이와 같이 고품질 묘의 생산을 위하여 공정육묘기술이 눈부신 발전을 이루었음
- 현재의 공정육묘 생산방식은 수량위주에서 고품질, 묘소질 향상 위주 생산방식으로 전환: 2000년 이후는 고품질의 우수한 묘소질의 묘 생산 농가향상 추세
- 공정육묘 생산방식의 문제점은 육묘장간의 과당경쟁, 육묘 전문가 양성 미흡, 육묘장간 육묘 관리기술 및 환경관리기술이 상이, 묘의 표준화에 대한 전반적 검토필요, 출하지연에 따른 묘 저장 문제, 접목재배 확대에 따른 접목활착기술 개발 및 노동력 절감 등임
- 과거 높은 기술력을 자랑하던 육묘경영인들의 보다 고급 묘를 요구하는 재배자들의 수요에 부응하지 못하여 재배기술이 뒤처지기 시작함
- 약 20년 전 산업화 및 체계화를 시작한 국내 공정묘 산업은 꾸준히 발전해 왔으나, 급변하는 국내 원예산업 여건에 대비하기 위한 또 다른 비약이 필요함
- 이를 위해 공정묘 산업의 생산, 유통 및 제도 분야에서의 대규모 연구 투자가 필요함
- 생산부분에서는 기존의 연구와 차별화된 병해충 방제, 농약 사용량 절감, 최적 시설보완, 환경 제어, 부분적 자동화/생력화, 생산 관리 시스템 등의 연구가 필요함

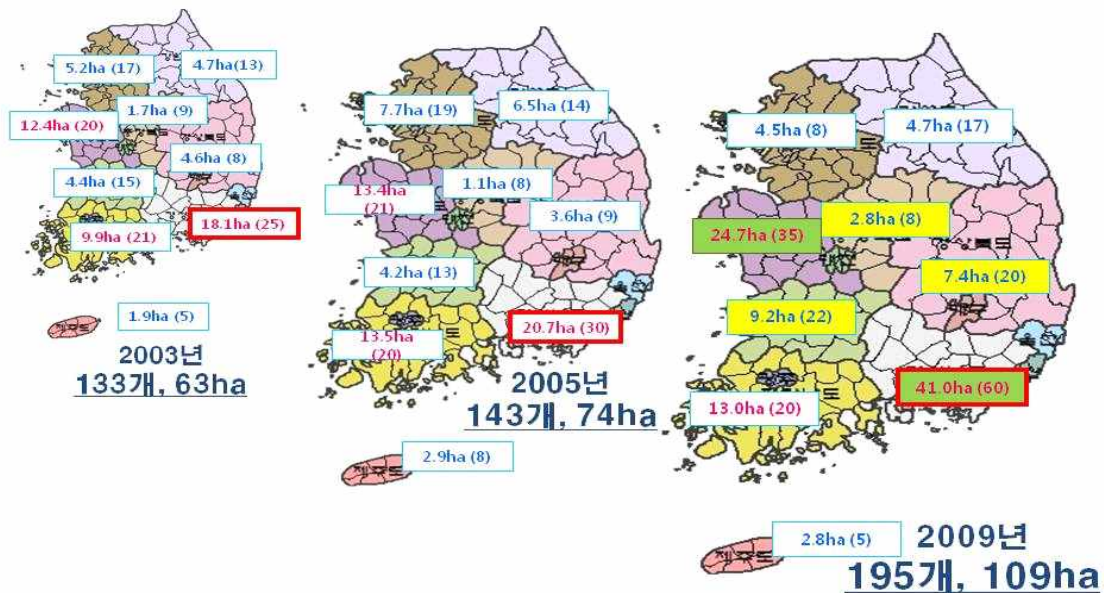


그림 1-1. 공정육묘장의 지역적 분포 및 연도별 공정육묘장 농가 수 변동(2009 한국공정육묘연구회 심포지엄 자료).

- 광, 온도, 습도, 수분관리, 환기 등의 육묘환경개선(근권 및 지상부)기술 개발 및 보급이 시급한 실정임
- 일부 육묘장에서의 육묘기술의 정립이 안 되어 관행적인 육묘방식의 고수로 인해 묘소질이 급격히 하락되고 있는 추세임
- 묘를 소비하는 농가에서의 클레임 발생감소와 고도의 육묘기술 적용 및 묘소질 향상 방안 및 문제점 발생을 최소화 할 수 있는 대안이 절실함
- 육묘재배자들의 불합리한 재배법, 비정상적인 재배방법의 탈피를 위한 기술적용, 교육 및 컨설팅 사업이 절실함
- 담배가루이, 토마토 황화 잎말림 바이러스(TYLCV: Tomato Yellow Leaf Curl Virus), 박과 작물 과실썩음병(BFB: Bacterial Fruit Blotch) 등의 병해충 발생에 대한 해결방법 제시가 필요함
- TYLCV의 방제기준, 방제방법의 제시와 함께 육묘장 시설의 개보수, 끈끈이 트랩 사용 등의 매개충 방제에 힘써야 하나 이러한 기본적인 지식조차도 전무함
- 바이러스 검정 키트를 농가에서 손쉽게 사용할 수 있는 기술교육의 보급이 급선무
- 종합적인 정부대책이 없고 규제를 새로 만들어 가는 과정에서 시간이 장기화 되어 클레임 발생시 원인규명이 곤란한 실정임
- 담배가루이가 매개하는 바이러스 피해가 만연되어 이의 해결방안으로 방충망 설치 등의 대책을 강구하고 있으나 방충망 설치로 인해 시설하우스 내의 환기불량 등의 새로운 문제가 대두 되어 이의 해결방안이 필요함
- 2009년부터 박과 작물 등에서 과실썩음병(BFB)이 발생하고 있으나 이의 명확한 원인이나 해결방안이 없어 대응하기가 곤란한 실정임
- 유통 부분에서는 규격화, 새로운 공정묘 형태 개발, 저장, 포장, 수출 등에 관련한 새로운 연구 지평 전개가 필요함
- 생산된 묘의 품질보증 및 인증시스템이 없어 고품질 묘의 기준에 따른 가격의 차별화, 농가에서 안심하고 묘를 구입할 수 있는 여건조성이 미흡함
- 육묘장에서도 ISO등의 인증시스템 도입 등이 강구되어야 함
- 우수농산물생산관리(GAP: Good Agriculture Practice)시스템의 도입을 통한 재배, 생산, 유통의 명확한 보증 및 관리가 선행되어 육묘산업으로서의 인정이 필요한 시점임
- 묘종 출고 전 키트 검사방법 등으로 검사기준이 마련되어야 하겠음
- 새로운 농업 현실에 맞는 관련 분야 법령 및 제도 마련 및 품질관리 시스템 도입에 필요한 정보 등이 필요함
- 전국의 공정육묘장 수는 약 200여개(109ha)로 지역별로 분산되어 있으며 한국육묘산업연합회에 소속되지 않고 소규모 형태로 생산되는 육묘장까지 합치면 300여개 이상이 전국에 분산되어 있음
- 국내 공정육묘장 수와 면적은 꾸준히 증가하고 있으며 여전히 공급이 수요를 충족시키지 못하고 있는 실정으로 앞으로도 지속적인 성장이 예상됨(그림 1-2, 1-3 참조)

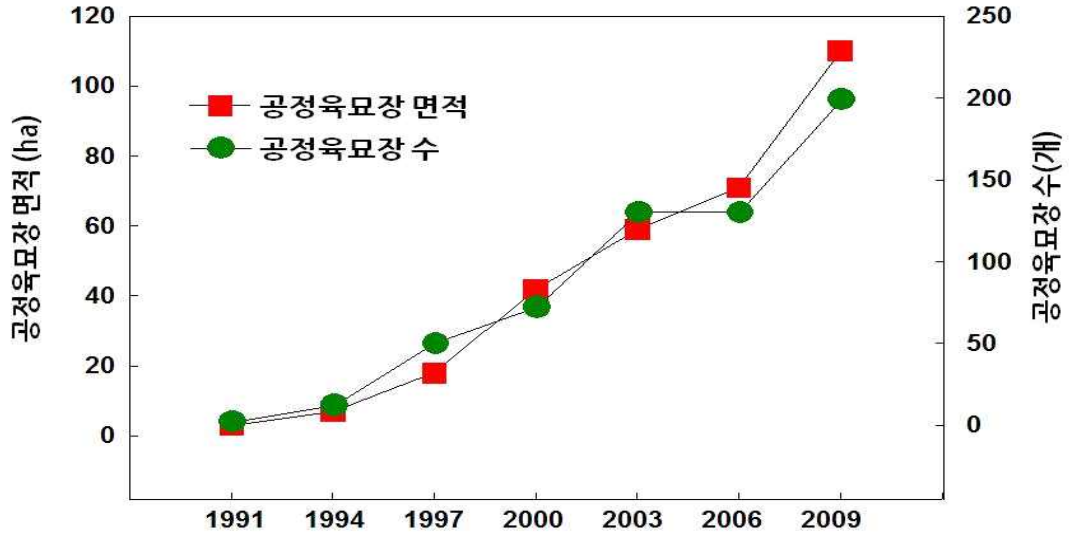


그림 1-2. 공정묘 보급 확산으로 전용 육묘시설 면적 급속 증가.

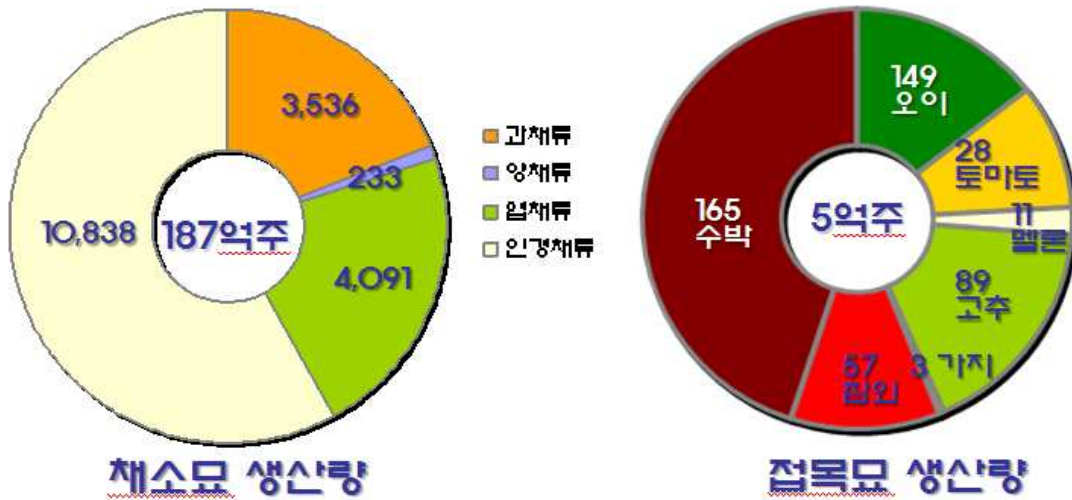


그림 1-3. 우리나라 채소묘 및 작목묘 생산량: 2007 재배면적에 근거한 추정치.

표 1-1. 국내 채소 종류별 공정육묘 이용 비율.

구분	채소묘(백만 주)	플러그묘(백만 주)
과채류	3,536	3,536(100%)
양채류	2,339	2,339(100%)
엽채류	4,091	3,858(94%)
인경채류	10,838	-
합계	20,804	9,733(47%)

- 공정묘 생산이라 함은 묘를 하나의 라인에서 생산하는 것으로 고품질 규격화된 묘의 대량 생산체계를 말하며, 육묘생산 수단이 과거 대부분의 작업이 인력에 의존 → 시설장치화 및 기계화로 발전
- 영세규모의 묘 생산 시스템에서 시설장치의 자동화, 기계의 요구조건을 갖춘 대규모 공장식 묘 생산 시스템으로의 전환이 필요
 - 작물의 종류, 품종특성에 부합된 다양하고 효율적인 대응 시설 요구
 - 육묘단계별 최적 환경조건에 대응 시설장치
 - 육묘공정에 이용 가능한 기계장치: 상토혼합→충진→파종(대·소립종)→발아→접목→활착 →재배관리장치→순화 및 경화→출하 등
- 대부분의 공정육묘 회사에서는 접목묘의 실생묘 위주(일부 조직배양묘와 영양번식묘 생산)의 90%이상이 주문자 생산방식임
- 최대의 활착률, 입모율, 건전주 생산이 채산성을 좌우하게 되는데 이의 효율성을 극대화 시키는 것이 묘 생산 농가의 최대관건임
- 95%이상의 활착률을 가질 경우 일반 육묘회사에서는 130%를 생산하여 고사 및 생육불량 묘 제거 등의 작업 후 보식 등의 결주가 발생된 트레이 셀을 채운 후 105%를 만들어 농가에 제공됨
- 이와 같이 결주율 및 폐기묘를 감소시키면서 입모율과 활착률을 증가시키면 공간 및 에너지 절약, 환경오염 부담의 경감과 함께 공정묘 생산자의 소득증대를 도모할 수 있음
- 현재 묘 생산 시스템에서의 문제점
 - 크기가 작은 셀을 가진 트레이(tray)를 이용하기 때문에 육묘시 재식밀도가 높아 도장이 심함
 - 상토량이 적어 물과 시비 관리가 어려움
 - 밀식재배에 따른 병충해에 대한 저항성이 약해짐
 - 도장이 억제된 건전묘 생산을 위해 과다한 생장억제제를 사용함으로써 기형묘 생산, 인체 유해성 논란 등 여러 가지 문제점이 있음
 - 기후에 좌우될 경우 균일한 품질관리나 출하시기의 조절이 어려움
- 이러한 문제점은 한정된 재배관리방법의 개선만으로 극복하는 것이 곤란함으로 새로운 대안제시가 필요함
- 공정육묘 생산에서의 가장 큰 문제는 밀식재배에 따른 도장으로 묘소질이 불량함에 있음
- 공정육묘 시장의 성장률 예측(농촌진흥청 통계자료를 참조하여 추정함, 주당 400원)
 - 국내에는 2011년 현재 공정육묘 재배농가가 약 200군데가 있음
 - 평균 1,500평(평당 70만 원 시설비) 규모의 온실과 파종기 및 기타 자동화 설비를 보유하며 평균 투자비용은 15억 원
 - 연간 4,125천 주를 생산하여 16억 5천만 원의 매출을 올리고 있음
 - 전체 채소묘 시장에서 47%를 차지하는 공정묘의 생산으로 향후 60%까지 시장이 확대될 것으로 보며, 약 250개 이상의 묘 생산 농가가 필요함

표 1-2. 국내 공정육묘 시장의 성장률 예측.

(단위 : 억 원)

구 분	2013	2014	2015	2016	비고
국내시장규모	3,713	4,085	4,494	4,939	년 10% 성장예측

○ 핵심해결 과제로서 육묘환경의 개선이 필요함

- 광환경의 개선: 묘 생산이 가장 활발한 시기는 3월-10월까지임. 특히 하절기 개별 스크린관리 시스템 적용 및 차광제의 이용으로 식물체온 및 엽온을 낮추고 광합성을 극대화 할 수 있는 조치가 필요. 또한 온실상부의 스크린 및 온실내부 관수장치 및 부대장비 등으로 인해 재배상에 그늘이 조성되어 묘의 생육이 불균일하고 도장발생 우려가 높음
- 미스트시스템의 이용으로 온실내부 온도하강: 육묘장에서는 어린 묘종을 재배하기 때문에 엽면적 지수(LAI: Leaf Area Index)가 낮고 바닥이 대부분 콘크리트로 시공되어 있어 하절기 일반 과채류 재배온실에 비하여 내부 온도의 급상승에 따른 재배작물의 순간적인 스트레스가 노출우려가 높음. 이에 온도를 강하 시킬 수 있는 효율적인 미스트시스템의 이용기술 도입이 필요함
- 동절기 에너지 절감형 난방장치의 도입: 겨울철 공정묘 생산자들의 가장 큰 고민은 온실의 난방비 → 나노탄소섬유적외선 난방등의 이용을 통한 온도유지
- 고유가 대비 대체 열원으로 농가경영비 절감 및 고품질 묘의 생산이 가능해질 것임
- 산소를 태우지 않고 적외선 방출로 온실 공기정화 및 작물의 발육상태를 현저히 개선할 수 있을 것임
- 나노탄소섬유적외선 난방등은 적외선 방사를 통한 열선을 직접적으로 작물의 표면에 방사함으로써 묘(베드, 지면온도 포함)의 표면온도가 시설내 공기온도보다 1-2℃더 높일 수 있으며, 가온비가 전기히터와 온수 난방방식에 비해 25-50%까지 절감할 수 있다는 연구결과가 있음(Jeong, 2009)



그림 1-4. 나노탄소섬유적외선 난방등(좌)과 경상대학교 벤로형 유리온실에 설치되어 있는 나노탄소섬유적외선 난방등(우).



그림 1-5. 김해 진례면의 장미재배농가(1-2W 플라스틱 온실)에 설치된 나노탄소섬유적외선 난방등(좌)과 피복커튼이 설치된 야간의 나노탄소섬유적외선 난방등(우).

- 공정묘의 생산을 위한 하절기에 냉방시설이 필수적일 수밖에 없는데 연중계획생산과, 생산물의 품질향상, 경제적, 효율적 냉방기술이 절실한 실정임
- 하절기 온도저감을 위한 다양한 방법으로 1)환기와 팬을 들 수 있는데, 이는 지나치게 고온이 될 때는 환기창(천창과 측창 포함)을 완전개방해도 그 효과가 미미함. 2)미스트와 포그 장치의 경우 기화열을 이용하여 주위의 온도를 일시적으로 낮추어 주는 효과가 있음. 3)온실 내 외부 차광막(screen, shading) 설치 방법은 온실내부에 광을 차단하여 그늘을 제공하는 효과가 있으나, 차광막과 차광 스크린의 개폐를 위한 보조설치비가 고가인 단점이 있음. 4)팬 앤드 패드(fan and pad) 방식과 냉수코일과 팬을 사용하는 방법이 있음. 5)지붕살수(스프링클러) 방식 및 수막시설은 고온기 온도저감 효과가 미미할 뿐만 아니라 지하수 및 수원확보가 필요하며, 수질이 불량한 지역에서는 온실지붕에 칼슘이나 철분이 묻어 광합성 유효광(식물의 광합성에 효율적인 광)을 차단하여 작물의 생육을 저해하기도 함. 6)농업용 에어컨(air cooling)을 가동하는 방법은 초기투자비, 에너지효율성과 경제성 측면에서 권장되는 방법은 아님. 7)식물체 분무나 냉방보조법(열선흡수 피복재) 등은 이 또한 일시적인 효과는 있으나 고온기 대규모의 장기적인 재배를 위해서는 큰 효과를 거두지 못하고 있는 실정임
- 최근 시설내 하절기 고온극복 대책 및 온도저감의 방법으로 차광 페인트를 도포하는 방법이 유럽, 미국 등의 선진국에서 각광을 받고 있음
- 광선택적 차광 페인트는 온실지붕에 도포하는 방법으로 유럽, 미국 등의 선진국에서 최근 활발한 연구·개발이 진행 중임
- 이러한 차광제는 과거의 차광용 페인트 보다 근적외선광(NIR: near infrared radiation)을 차단하고 광합성활성광(식물생육에 효율적인 광)을 잘 투과 시킨다. 유럽에서는 이러한 차광제가 이미 보편적으로 이용되고 있으나, 국내를 포함한 일본과 같은 농업생산국가에서는 아직 활성화 되어 있지 않음
- 재배실: 자동환경관리를 통한 온습도, 광, 관수, CO₂공급, 천창, 측창, 차광스크린 등의 자동개폐
- 발아실 및 접목활착실: 가습, 제습, 가온, 냉방 등의 자동환경조절
 - 광환경 개선을 위한 자동화된 차광시설, 보광등의 설치 및 보원을 통한 생력화 및 묘소질 향상
 - 발아실, 접목활착실, 재배실의 환경개선을 통한 묘소질 향상
- 저비용 자동화, 생력화를 위한 장치기술의 개발 및 묘 생산방식의 전환 필요
 - 자동화 생산라인을 갖춘 공정육묘장에서는 공간적 시간적 효율성 극대화를 도모함

- 일정 규모 이상의 공정육묘장에서는 상토혼합, 상토충진, 혈공(dibbling), 파종, 복토기, 관수 과정까지의 자동화가 일부 실현되고 있으나, 소규모 육묘장에서는 여전히 이러한 파종과정이 수작업으로 이루어지고 있어 노동 효율성이 떨어짐
- 자동화 장치가 고가인데다 효율적인 사용방법이나 매뉴얼이 제시되고 있지 않아 정밀한 작업을 요구하는 파종작업에는 반자동이나 수작업을 병행하고 있음
- 점목작업실에서는 발아실과 재배실에서 가져온 대목과 점수의 운반을 대차로만 이용하고 있어 컨베이어 등을 이용한 일괄이송 장치의 설치와 이의 이용이 필요한 시점임
- 또한 컨베이어는 온실 내부에서 식물을 이동하는 매우 간단하고 효과적이고 유연한 수단임
- 컨베이어를 이용하여 재배자는 개개의 육묘 트레이를 원하는 위치에 배치시킬 수 있으며, 어떠한 폭이나 필요한 길이로 융통성 있게 조절 가능함
- 컨베이어벨트는 한 구획의 컨베이어에서 다음 구획으로 생산물을 옮길 수 있도록 라인을 따라 설치 가능함
- 컨베이어는 벨트(belt)식과 롤러(roller)식이 있으며 온실내부에서 생산물을 운송하는 각각의 목적에 따라 선택할 수 있음(그림 1-6)

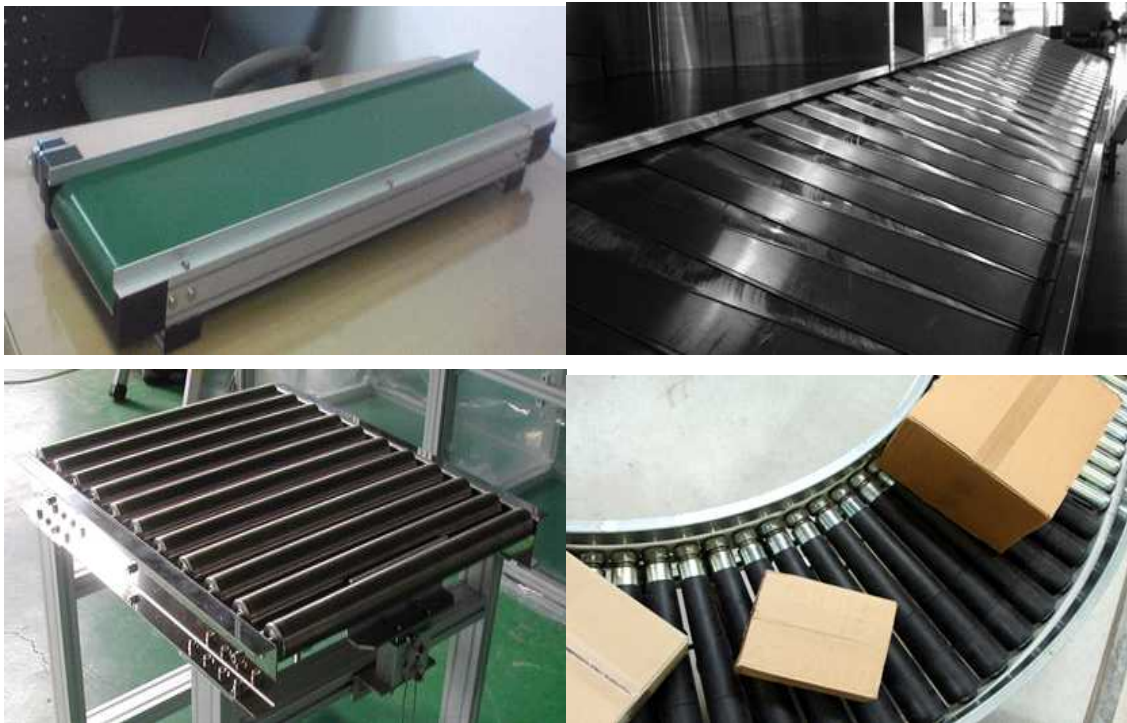


그림 1-6. 벨트식과 롤러식 컨베이어 이송장치. 왼쪽 위, 벨트식; 오른쪽 위, 벨트식; 왼쪽 아래, 롤러식, 오른쪽 아래, 롤러식 컨베이어.

- 육묘장에 적용할 수 있는 롤러식 컨베이어의 장점: 롤러식 컨베이어는 다양한 폭과 길이로 사용가능하고, 운송될 생산물의 크기나 무게에 따라서 가변적으로 조절할 수 있음. 롤러의 형상이 트레이(tray)나 박스와 같이 길이가 길고 밑이 편평한 생산물에 적합하며 통풍성과 저렴한 가격으로 공정육묘장에 효율적으로 사용 될 수 있음. 재질은 생산물의 무게와 사용되는 컨베이어에 따라 다양하며 사용하기에 가볍도록 나일론 베어링과 알루미늄 프레임으로 만든 플라스틱을 주로 사용함. 분업화된 각각의 작업이 끝나면 수동으로 생산물을 라인에 따라

- 멀어 보낼 수 있기 때문에 에너지 효율성과 가변성이 탁월함
- 이러한 롤러식 컨베이어의 이용을 통해 인력절감, 사람의 이동을 최소화하여 동선을 줄일 수 있으며, 비용, 시간과 작업효율성을 극대화 할 수 있음. 또한 에너지 효율화를 실현 할 수 있음
- 컨베이어의 이용으로 받아실, 재배실, 순화실, 온실외부로의 육묘 트레이를 자유롭게 이동 할 수 있으며 이동식 ‘대차’만을 사용해 오고 있는 공정육묘 현장에서 작업 효율성을 향상 시킬 수 있음
- 최근 시설원에 면적증가로 채소 모종 수요가 증가하고 있으며 그 중에서도 접목과 활착이 까다로운 과채류 접목묘 수요가 매년 증가하고 있으나 접목묘의 활착은 대부분 자연광 조건 하에서 이루어져 접목묘의 활착 또는 품질이 외부 환경의 영향을 쉽게 받기 때문에 활착실 환경의 효과적인 제어가 불가능함(그림 1-7)

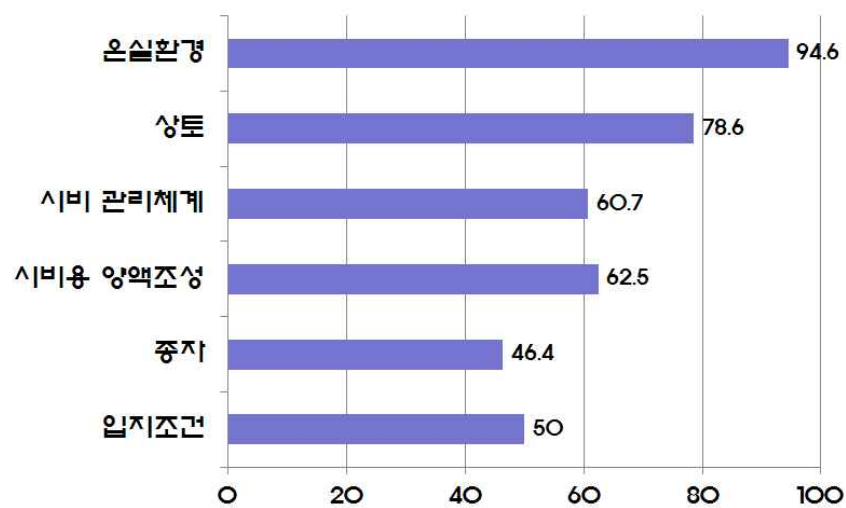


그림 1-7. 양질묘 생산 저해 요인(설문조사, 농촌진흥청 원예연구소).

- 접목활착실은 접목 후 대목과 접수가 짧은 시간 내에 서로 연결될 수 있도록 적합한 환경조건을 만들어 줄 수 있는 장치인 접목활착실의 역할이 매우 중요함
- 기온, 상대습도, 광량 등의 물리적 환경 요소가 접목묘의 증발산 속도 또는 활착에 미치는 영향에 대한 보고가 있음(Kim, 2000)
- 접목묘의 활착을 촉진시키고, 활착 관리에 요구되는 노력을 절감하려면 활착에 최적한 환경조건이 구명되어야 함
- 현재 접목묘를 생산하는 농가 또는 육묘공장에서는 정확한 습도조절에 많은 어려움을 겪고 있고 표준화된 기술이 없이 개별 농가마다의 경험에 근거한 상이한 방법들이 사용되고 있음. 접목묘의 활착률을 증대시키고 활착속도를 높이려면 광, 기온, 상대습도 등의 제어가 필요하나 이에 대한 연구가 미비한 실정임
- 공정육묘장에서 생산하는 플러그묘는 기존의 포트묘에 비해 공간이용효율 및 작업성이 높은 등 여러 가지 장점을 갖고 있으나, 고도로 밀식된 조건에서 생산되기 때문에 고온과 약광 또는 다습 조건하에서 도장하기 쉬워, 묘 품질이 저하되는 경우가 빈번히 발생함(Um 등, 2009)
- 자연광에는 다양한 광질이 포함되어 있어서 특정한 파장의 광을 선택하기가 쉽지 않음. 그러므로 광질 조절에 의해서 식물의 광형태형성 반응을 촉진하려면 특정한 파장 영역의 선택적인

- 조사가 가능한 인공광을 사용하는 것이 효과적임
- 광질은 식물의 성장과 형태형성 반응에 커다란 영향을 미침(Fujiwara와 Kozai, 1995)
 - 인공광원의 적색광(red light, R)과 원적색광(far-red light, FR)의 비율, 즉 R/FR을 조절하면 식물의 화아형성, 발근, 신초 형성, 엽의 전개 등과 관계되는 광형태형성 반응의 센서 기능을 갖는 파이토크롬(phytochrome)의 광평형 함수를 변화시킬 수 있으며, 묘의 광형태형성 제어에 따른 신장조절이 가능하여 초장이 짧고 줄기 직경이 큰 우량묘를 생산할 수 있음
 - LED(light-emitting diode) 조명은 파장 폭이 작고 단색광이며 또한 전력 소모량이 적어 경제적이고 열선을 방사하지 않으며 수명은 반영구적이므로 식물재배에 쉽게 사용할 수 있음
 - 식물의 광합성에 필요한 파장만을 갖는 단색광으로 특정 파장의 광질 선택 가능하고 식물재배에서는 광합성에 효과가 있는 적색(660nm), 청색(450nm) 두 가지 파장대를 주로 사용하여 효과적으로 식물을 재배할 수 있으며 조명제품을 소형화 하여 비교적 좁은 공간에서도 활용할 수 있음
 - 최근 인공광원을 이용하여 연중 동일한 실내 환경조건에서 규격묘를 생산하여 생산효율을 높이려는 연구가 일부 이루어지고 있음(Kim 등, 2001; Kim과 Park, 2001)
 - 국내에서 LED(발광다이오드)를 이용한 폐쇄형 육묘공장시설에 관한 연구는 극히 드뭄. Kim 등(2008)에 따르면 육묘장에서 저광도 청색 LED는 어린묘의 성장을 억제한다고 보고하였고, Fujiwara 등(2003)은 토마토 접목 후에 $2\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 저광도로 적색 LED에 청색을 10% 혼합하여 비추면 저장기간 동안 묘소질을 유지하는데 도움이 된다고 보고하였음
 - LED는 특정의 파장대에서 발광이 가능하여 식물재배에 매우 효율적으로 이용이 가능하다는 견해에도 불구하고, 실제 농업현장에서 이용이 저조한 것은 식물 광합성에 유효한 고광도 LED광원의 생산이 어려운 기술적 측면이 있을 뿐 아니라 아직까지는 높은 생산단가에 의한 경제적인 부담도 큰 요인이라고 볼 수 있음
 - 국내에도 최근 접목활착실에서의 LED를 이용하는 농가가 생겨나고 있는데, 아직은 최적 광도와 광량을 찾아내지 못하였거나 설치비용이 지나치게 높음(그림 1-8).
 - 앞으로 LED 광원은 공정육묘에서의 유효한 광원으로 이용될 것으로 전망되나 아직까지는 광원의 적절한 배합, 적절한 광도(PPF), 식물공장 내에서의 다른 환경요인과의 관계 등 밝혀야 할 부분이 많을 것으로 판단됨



그림 1-8. LED 광원을 사용하고 있는 과채류의 접목활착실의 모습(전남의 장성육묘장).

- 시설노후화에 따른 보수 및 현대화 필요
 - 1990대 초 도입된 공정육묘 시설의 노후화와 유지 보수 미흡으로 인해, 공정묘 생산 환경 관리의 어려움으로 공정묘 품질 저하 문제를 야기함
 - 초기 보급된 유리 온실은 보온 효율이 낮아 난방비 상승에 따른 경영비 부담으로, 최근에는

- 대부분 설치 및 경영비용이 상대적으로 저렴한 비닐하우스를 설치하고 있음. 이러한 이유 때문에, 환경 조절 및 관리를 위한 설비가 취약하여 공정묘 품질 저하의 원인이 되고 있음
- 육묘관련 분쟁의 발생 증가 및 이에 대한 대책마련 필요
 - 생리장해 발생 및 병해충 감염 등에 의한 육묘 관련 분쟁이 지속적으로 발생하여 육묘산업 발전의 저해요인으로 작용하고 있음
 - 공정묘 생산은 ‘종자 공급 → 묘 생산·판매 → 이용(재배)’의 연계 메커니즘을 가지며, 종자 회사와 공정육묘장 및 공정육묘장과 재배 농가 사이에는 끊임없는 분쟁이 발생함('11, 한국농촌경제연구원)
 - 종자 회사와 공정육묘장간 분쟁 발생 요인은 종자 발아 불량, 병원균 감염, 균일성 저하 등이며, 공정육묘장과 농가와의 분쟁 발생 요인은 병해충 발생, 활착·발육 부진, 생리 장해 발생 등이며 이 외에도 묘의 소질로 인해 분쟁의 여지가 많음
 - 병충해 발생 및 확산을 막기 위한 간이진단기술 이용, 자가 진단 및 무병묘 생산기술 개발 필요
 - 최근 담배가루이, 총채벌레, 토마토 황화잎말림바이러스(TYLCV: Tomato Yellow Leaf Curl Virus), 토마토 반점위조바이러스(TSWV), 봉선화 피저반점바이러스(INSV) 등 외래 병해충의 유입 및 빈발로 피해가 확산되고 있음
 - 공정육묘시설의 경우 연중 가동되는 경우가 많아 병충해 방제가 어려움
 - 공정육묘장에서 생산된 묘는 육묘장이 위치한 지역뿐만 아니라 전국적으로 유통되기 때문에, 육묘장에서 병해충에 감염될 경우 전국 확산 및 피해 우려
 - 고품질 무병묘의 안정 생산을 위한 시설 기준 설정 및 관리 매뉴얼 개발 필요
 - 바이러스 검정 키트를 농가에서 손쉽게 사용할 수 있는 매뉴얼 개발 및 기술교육이 필요함
 - 담배가루이가 매개하는 바이러스 피해가 만연되어 이의 해결방안으로 방충망 설치 등의 대안책을 강구하고 있으나 방충망 설치로 인해 시설하우스 내의 환기불량 등의 새로운 문제가 대두되어 이의 해결방안이 필요함
 - 공정묘 생산을 위해서는 파종 또는 정식 전 상토의 물리·화학적 묘 성장에 적합하도록 조절하고, 재배 중에는 관수방법을 변화시켜 물리성을 조절함. 또한 추비로 관비하는 비료의 종류 및 농도를 조절하여 근권부 화학성을 묘 생육에 적합하도록 조절함
 - 그러나 트레이의 셀 용량에 따라 차이가 있지만 공정묘 생산은 한 식물체를 지주하는 상토의 양이 10-50mL 정도로 아주 적음. 그러므로 근권부의 수분 및 비료에 대한 완충력이 극히 낮아 쉽게 수분과다 및 부족, 비료 과다 및 부족에 직면하여 공정묘 품질저하의 원인이 되고 있음. 이러한 이유로 육묘장의 공정 단계별 자동화율에서 관수부분의 자동화율이 39.4%로 접목을 제외한 가장 낮은 부분임

표 1-3. 육묘장의 공정 단계별 자동화율.

(단위: %)

	상토 배합	파종	관수	밭아	접목	기타	평균
일반 육묘장	65.6	77.0	39.3	62.3	13.6	6.1	44.3
농협 운영 육묘장	75.0	100.0	50.0	75.0	-	-	50.0
종자회사 직영 육묘장	-	100.0	-	100.0	-	-	33.3
평 균	65.2	78.8	39.4	63.6	13.6	6.1	44.4

<자료: 한국농촌경제연구원 최종결과 세미나 자료, 2011년 10월>

- 공정묘 생산을 위해 국내에서는 비료를 물에 용해시켜 두상살수 방법으로 관비하고 있음. 그러나 두상살수 방법을 적용할 경우 공정묘 생산을 위한 전체 노동력 중 관수를 위한 노동력이 일반적으로 40% 이상을 점유하고 공정묘 가격 상승의 원인이 됨(Nelson, 2003). 따라서 공정묘 생산의 생력화를 위하여 관수 과정의 자동화율 향상이 반드시 필요하고 시급한 상황이며, 국내의 일부 육묘장에서 저면관비 시설을 도입하기 위한 시도가 이루어지는 초기단계라 할 수 있음
- 공정묘 생산에서 관수의 자동화를 위해 외국에서는 ebb & flow를 위주로 한 저면관수 방법을 적용하고 있음. 저면관수된 토양수는 용기의 하단부로부터 상층부로 모세관 현상에 의해 이동되고, 이동된 수분의 일부분은 식물체에 흡수되며 일부는 표면에서 증발하면서 표토쪽에 염류가 집적되는 문제점을 가짐. 따라서 높은 염농도와 수분 스트레스를 적게 받아 두상관수 방법보다 묘가 연약하게 생육함
- 공정묘 생산 중 저면관비한 후 토양수 및 비료의 상부 이동은 상토의 물리성에 큰 영향을 받으며, 두상살수와 달리 불포화류(unsaturated flow)의 속도를 향상시키는 방향으로 물리성이 조절되어야 함. 화학성의 경우 두상살수와 달리 기비로 혼합된 비료의 용탈기회가 없어 상부로의 이동이 이루어지고 표토쪽에 무기염이 집적되는 문제점을 가지며 공정묘의 품질저하를 방지하기 위해서는 기비량 및 추비의 농도에 대한 정밀한 연구가 수행되어야 함
- 외국에서는 대부분 육묘농가가 이미 노동력 절감과 환경오염을 방지하기 위해 저면관비 방법으로 육묘하고 있음. 그러나 외국에서 수행된 관련 연구가 채소류 공정묘 생산 보다는 화훼류 묘 생산에 관하여 집중적으로 수행되었으며, 4주-6주간 육묘되는 화훼류에서 개발된 기술을 7주-10주간 육묘되는 채소류에 적용하기에는 많은 문제점을 가짐. 따라서 관련 연구가 반드시 수행되어야 이를 근거로 묘의 품질을 조절하고 우수한 묘의 대량 생산이 가능할 것임
- 국내·외적으로 안전 농산물에 관한 소비자의 관심이 증대되면서 친환경 농산물의 소비량이 증가하고 있음. 친환경 농산물은 친환경 종자 생산 ⇒ 친환경 묘 생산 ⇒ 친환경 재배의 과정을 통해 생산된 농산물을 의미하며, 유기질 비료를 이용하여 정식하기에 적합하도록 묘가 생산되어야 친환경 농산물이 생산될 수 있음
- 현재까지 국내의 전문 육묘장에서는 친환경 재배를 위한 채소류 공정묘를 생산하지 않고 있음. 주된 이유는 친환경 재배를 위한 적절한 비료를 확보하기 어렵고, 일부 친환경 재배를 위한 비료를 확보한다고 해도 비료의 종류 및 농도 그리고 비료 종류간의 비율을 조절할

- 수 없어 묘의 생장이 열악해 지는 것이 주요 원인임. 이로 인해 일부 친환경 재배농가에서 자체적으로 친환경묘를 생산하고 이를 농산물 생산을 위해 재배하고 있지만, 묘의 품질이 열악하여 생산한 농산물의 수량 저하, 품질 불량 등의 주요 원인이 되고 있음
- 미국을 중심으로 한 외국에서도 친환경묘를 생산하고 있으며, 친환경 혼합상토를 조제하고, 가축 분뇨 등을 기비로 혼합하여 묘를 생산하고 있음. 그러나 이들 국가에서도 묘의 생육과 묘소질이 불량하여 묘 생산량이 일반 플러그묘의 50-60%로 저조한 문제점을 가짐
 - 그러나 친환경 농산물에 대한 소비자의 관심도가 증가하고 있고, 안전농산물 생산이 전 세계적인 추세임을 감안할 때 친환경 묘 대량 생산을 위한 기본 연구가 수행되어야 이를 기초로 실용화시킬 수 있음. 관련 연구의 핵심은 친환경 상토 개발과 식물 성장을 적절하게 유지하기 위한 유기질 비료(기비 및 추비)의 시비임
 - 친환경 플러그묘 생산의 문제점
 - 현재까지 국내에서 친환경 플러그묘 생산을 위하여 상용화된 혼합상토 및 비료가 없음
 - 유기질 비료의 경우 성분 함량에 대한 고려 없이 축산 분뇨를 그대로 이용하고 있으며, 이는 묘 성장을 위한 필수원소 상호간의 비율을 적절하게 조절하기가 어려움을 의미함. 그러므로 상토의 조제과정에서 혼합되는 기비 및 추비 방법을 정립하기 어려움
 - 전 육묘기간 시비하는 비료의 종류 및 농도를 조절하기 어려워 건물중을 기준으로 한 지상부 성장량이 일반 플러그묘의 50% 이하 수준에서 머물고 있음. 이는 최근 발표된 외국 문헌에서도 유사한 연구결과가 도출되었고, 성장량이 50-60% 수준임. 따라서 친환경 공정묘의 성장량을 높이기 위한 상토의 개발, 혼합상토의 기비종류 및 농도조절, 그리고 추비의 종류 및 농도조절에 관한 연구가 수행되어야 대량 생산이 가능할 것임
 - 우리나라의 공정육묘에 이용되는 육묘 자재(상토, 육묘 용기, 관수, 및 기타 장치)와 묘의 성장조절 기술 발달에 따라 채소작물의 공정묘의 확대 보급과 농가들의 이용이 매년마다 증가하는 추세에 있음
 - 가지과 채소인 단고추, 고추, 토마토, 가지, 박과 채소인 수박, 멜론, 십자화과 채소인 케일, 양배추, 꽃양배추 등 다양한 채소 작물들 중심으로 공정육묘를 생산되고 있음
 - 다양한 채소 작물들의 공정육묘 수요 증가로 전국 200여개의 육묘장이 산재되어 있는데 공정육묘의 규격이나 사이즈 또는 품질 관리 규격에 대한 기준이 없어 공정육묘를 생산자와 소비하는 소비자 상호 간의 불필요한 마찰이 일어나고 있음
 - 다양한 채소 작물의 공정육묘의 규격이나 사이즈 및 품질 관리 규격을 설정하여 현장의 육묘 농가에 적용의 필요성이 대두되고 있음
 - 국내 공정묘 수출은 전체 공정묘 판매의 0.3%로 미비한 실정이며, 수출국은 일본에 국한되어 있음 → 앞으로 채소 소비가 증가할 것으로 예상되는 중국 및 동남아시아로의 공정묘 수출 확대 가능성은 충분하다고 생각됨 → 수출 시장 확대를 위해서는 공정묘의 품질 유지를 위한 저장, 포장 및 수송 시스템 개발이 시급히 필요함
 - 국내 육묘 시장은 포화 상태로 묘 수출 시장의 확대는 국내 육묘장의 수익성 증대를 도모할 수 있음
 - 정식 예정 시기에 맞춰 생산된 공정묘의 단기 저장 기술은 기상 이변 등 재배 농가의 정식 지연에 따른 출하 조절 등 공정육묘장 운영에 유연성을 제고시킬 수 있음
 - 공정묘의 장·단기 저장 기술 개발을 통하여 작물별 공정묘 수요 급등 시기의 일시 대량 생산을 피하고 공정묘의 생산 시설 이용 효율성 증진 및 안정적 공급이 가능할 것으로 기대됨
 - 혁신적인 공정묘의 저장, 포장 및 수송 시스템의 개발은 공정묘 산업의 성장을 촉진하며 세계적으로 선도적인 기술력을 확보할 수 있는 계기가 될 수 있음

- 품질보증 및 인증 시스템의 체계화
 - 생산된 묘의 품질보증 및 인증시스템이 없어 고품질 묘의 기준에 따른 가격의 차별화, 농가에서 안심하고 묘를 구입할 수 있는 여건조성 미흡
 - 육묘장에서도 ISO 등의 인증시스템 도입 등이 강구되어야 함
 - 묘종 출고 전 키트 검사방법 등으로 검사기준이 마련되어야 함
- 생산에서부터 수확 후 농가에 판매 또는 수출시장에 이르는 유통과정을 모니터링 하여 현장에서 발생하는 문제를 도출하여 해결
- 공정육묘 생산자와 생산농가를 네트워크화 하여 주기적인 병해충 예찰 정보를 제공하고 공동방제 시스템을 도입하여 체계적인 병해충 관리 도모
- 육묘 생산기술을 정립하여 매뉴얼을 작성하고, 품질기준을 단일화하여 모든 공정육묘 생산 업체에 적용

3. 연구개발 범위

가. 에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발(세부)

- (1) 하절기 냉방, 동절기 난방 효율성 증대 방안
- (2) 시설내 환경조절 기술
- (3) 플러그 트레이 운반, 대차, 컨베이어 벨트 및 간이이송 장치 등의 사용 효율화를 통한 저비용 자동화 장치 이용기술
- (4) 집목활착실의 최적 환경 조절기술

나. 생산성 및 안전성 향상을 위한 현장애로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발(1협동)

- (1) 공정묘 생산시 생리장해(오이 순뫂이 등) 발생 경감기술 개발
- (2) 현장애로(토마토 1화방 착화절위 상승 등) 해결기술 개발
- (3) 무병묘 생산을 위한 병해충 간이진단 적용기술 개발

다. 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발(2협동)

- (1) 친환경묘 대량 생산을 위한 혼합상토 개발
- (2) 친환경묘 대량 생산을 위한 시비방법 개발
- (3) 공정묘 생산을 위한 저면관비용 혼합상토 개발
- (4) 공정묘 생산을 위한 저면관비의 시비방법(혼합상토의 기비 및 추비방법)개발

라. 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정(3협동)

- (1) 공정묘의 상품으로서의 규격과 형상 기준 설정
- (2) 공급자 기준에서의 가이드라인 설정
- (3) 양적, 질적 기준 설정
- (4) 규격묘의 통일화 방안 및 인증시스템의 체계화(ISO 인증, MPS 등)

마. 공정묘 안정 공급 및 수출확대를 위한 유통·저장 기술 개발(4협동)

- (1) 공정묘의 적정 저장 환경 조건 구명
- (2) 공정묘의 적정 수송/유통 환경 조건 구명
- (3) 저장묘의 정식 후 초기 생육 조사 및 순화 기술 개발
- (4) 공정묘의 장·단기 저장/수송/유통 기술 개발 및 확립

제 2 장 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-04

제 1 절 에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발 현황(경상대학교)

- (주)대성C&S는 학계와의 공동연구를 통해 여름철 시설하우스 내 온도를 낮출 수 있는 차광제인 그린쉐이드(GreenShade)를 개발함
- 기존에 보급된 고온기 시설하우스 냉방을 위한 기술은 시설내부의 고습도와 높은 초기투자비 등으로 보급 확대에 어려운 점이 많음
- 하지만 이번에 개발한 차광도포제는 하우스 피복재 바깥 면에 뿌리는 것으로 비용이 적게 들고 사용이 편리함
- 개발한 차광제는 희석비율에 따라 차광률을 조절할 수 있고 전용 제거제(박리제)로 쉽게 지워져 활용도가 높음
- 차광도포제를 비닐하우스나 유리온실 바깥 면에 골고루 뿌리면 내부온도를 3-4℃ 낮출 수 있음
- 6월 상순경 딸기 육묘시설에 차광도포제를 살포하면 관행보다 묘 크기(관부 직경)가 크고 뿌리 발달이 양호해 우수한 묘 생산이 가능함
- 충남 당진시 시설채소 농가들이 유동팬으로 폭염 피해를 극복하고 있어 주목을 받고 있음 (농촌지방소식. 2016. 폭염에 시설하우스 유동팬 설치 효과 만점)
- 시설하우스 내에 설치된 유동팬은 내부의 정체된 공기를 이동시켜 온도편차를 낮춰 작물의 고온 스트레스를 줄여주고 병해충 발생도 감소시키기 때문임
- 2016년 4월 당진시에 따르면 시 농업기술센터(이하 센터)가 폭염에 따른 시범사업 일환으로 관내 양채 생산농가 10개소(6,000평)에 유동팬을 보급함
- 여름철 고온기에는 냉각수를 순환하여 저온을 유지할 수 있고, 반대로 겨울철 육묘는 히트열을 이용하여 온수를 순환하여 적절한 생육환경을 조절하여 육묘하는 기술인 냉온수 순환형 간이 육묘시설이 개발됨(농촌지방소식. 2016. 육묘비 절감, 품질향상 등 농가 애로사항 해결 기대)
- 냉각수 순환 간이 육묘장은 냉수 20℃, 공중온도 25℃로 설정하여 팬으로 냉각수가 순환되도록 하였고 단일 및 저온 유지를 위해 야간에 보온덮개로 피복하여 육묘한 기술로 8월 상 중순 까지 냉각수 순환 처리구의 근권 평균 온도는 21.5℃로 일반 관행의 27.4℃에 비해 5.9℃정도 낮았고, 최고 온도는 26.8℃로 관행의 29.5℃, 외기온 29.2℃로 2.4-2.7℃가 낮았음
- 또, 같은 기간의 외기 최고온도는 33-37℃로 측정되었으나, 근권부의 최고 온도는 21-24℃로 낮은 온도로 유지할 수 있는 시설로 고온기 육묘로 암꽃 착생이 낮아지는 오이를 육묘하여 25마디까지의 절성성을 조사한 결과 냉각수 순환 육묘 처리구에서 11%로 일반 육묘의 4-5%에 비해 높았음
- 국내의 공정육묘장에서 생산되는 접목묘의 대부분은 주로 2-4월의 저온기에 걸쳐 재배되고,

일부가 7-8월의 고온기에 생산되고 있음

- 접목 후 활착을 촉진시키고자 육묘장에서 널리 사용되고 있는 방법은 접목 직전에 충분히 관수하고 접목을 한 후 고온기와 저온기에는 폴리에틸렌 비닐 또는 보온용 커튼재를 사용하여 온실내에 터널 형태의 활착용 공간을 조성함
- 국내에서 LED(발광다이오드)를 이용한 폐쇄형 육묘공장시설에 관한 연구는 극히 드뭄. Kim 등(2008)에 따르면 육묘장에서 저광도 청색 LED는 어린묘의 생장을 억제한다고 보고하였고, Fujiwara 등(2003)은 토마토 접목 후에 $2\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 저광도로 적색 LED에 청색을 10% 혼합하여 비추면 저장기간 동안 묘소질을 유지하는데 도움이 된다고 보고하였음
- 국내 제품생산과 시장 현황은 단색광 LED 기술에 의존하여 있으며 최근 광과장 조합에 의한 기술의 필요성이 대두되고 있음(KIET, 2009)
- 기타 식물 육성용 광원이나 자외선광 LED를 사용한 자외선 스폿 경화장치(수지경화), 광촉매 여기용 광원(살균) 등이 앞으로 주목을 받을 것임. 그린 디바이스라는 면에서 자외선광 LED에는 살균작용이 있어 향후 공기청정, 수질정화, 의료용도 등에 활발히 적용될 것으로 보임(KIET, 2009)
- 국내에서는 식물용 광원으로 백색형 형광등, 3과장 형광등, 메탈할라이드등, 고압나트륨등, LED 조명이 사용되고 있음(경기도 농업기술원, 2010)
- 일본에서는 1980년대부터 시작된 식물 공장이 1990년대에는 LED를 응용하여 사계절동안 무농약의 고품질 채소와 꽃을 소비자에게 공급하고 있음. 또한 고품질의 작물 모종을 생산자에게 안정적으로 공급하는 것은 물론 공업 재료용 식물, 수목 종묘의 대량 생산, 약용식물, 의료용 식물 원료 등을 대량으로 생산하고 있음. 또한 최근 MPL과 LD의 사용이 점차 증가하고 있으나 실용화 기술이 부족하여 한계에 도달하여 있는 실정임
- 자연광을 대신해 식물의 광합성에 필요한 빛을 공급하는 광원 중 백열등을 제외한 형광등, 고압나트륨등, 메탈헬라이드등, LED 시장을 대상으로 함(KIET, 2010)
- 형광 램프 시장은 주로 채소류 등의 다단 육묘, 묘의 저온처리 시의 보조광, 관엽식물 육성 등의 안정된 수요에 의해 뒷받침되고 있지만, 불황에 의한 설비투자 침체로 저가격 제품으로 이행하고 있음(KIET, 2010)
- 향후 형광 램프는 완전 인공광형 식물공장 및 컨테이너형 육묘 및 재배 플랜트에 더 많이 사용될 것으로 예상됨. LED와의 경쟁도 고려해야 하지만, 가격 면에서 우위성을 갖고 있어 형광 램프 수요가 증가할 것임. 성장촉진용 형광 램프는 향래 LED 조명 기술의 혁신 및 비용절감에 따라 감소할 가능성이 있음(KIET, 2010)

제 2 절 생산성 및 안전성 향상을 위한 현장어로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발 현황(농촌진흥청)

- 오이는 토양전염병 등의 문제 해결을 위해 재배면적의 약 90% 정도가 접목재배 되고 있음. 오이 접목묘 생산시 발생하는 생리장해로서 생장점이 없어지거나 잎이 위축 또는 변형되는 기형엽 발생과 함께, 제 1 본엽에 발생하는 황화 또는 캘러스, 백색점 발생 증상 등이 있음. 이러한 오이 접목묘의 기형엽 발생은 접목방법, 대목의 종류(품종)에 따라 다르며, 이는 접수와 대목의 유관속 연결 이전까지의 양분 이동 불균형에 의한 것으로 추정되며, 접목묘 생산시 붕소 처리에 의해 발생이 경감되는 것으로 보고되고 있으나 뚜렷한 원인 구명이 필요함
- 최근 이상기상 및 기후변화 등의 문제로, 외부환경의 영향을 받지 않고 환경조절이 용이한 폐쇄형 시설내에서 인공광을 이용하여 연중 균일한 고품질의 작물을 관행보다 더 빨리 생산할 수 있는 식물공장 기술이 주목받고 있으며, 채소묘 생산에 있어서도 이러한 인공광형 식물공장 형태의 폐쇄형 육묘장치가 일본에서 개발되어 상용화가 시도되고 있으나, 국내에서는 온도, 광, 트레이 규격 등 관련 폐쇄형육묘시스템 이용한 모종 생산을 위한 환경 조건 관련 연구 개발은 미흡한 실정임
- 여름철 이상 기온 및 일조 부족 등으로 고온기 우량묘 생산을 위한 환경관리가 어려워지고 있음. 현재 육묘장에서 이용되는 생육조절 기술은 생장조절효과가 있는 살균제를 이용한 방법이 일반적으로 이루어지고 있으나, 도장이 억제된 건전묘 생산을 위해 과다한 생장억제제를 사용함으로써 기형묘 생산, 인체 유해성 논란 등 여러 가지 문제점이 발생하고 있는 실정임
- 여름 고온기 및 겨울 저온기의 접목 활착 실패의 위험성을 회피하고 접목 활착 불량환경과 접목묘 생산 관리 효율을 증대하기 위해 최근 3년 사이에 LED 과채류 접목묘 활착실이 보급되고 있으나, 활착실 환경관리는 육묘장의 경험치에 의존하여 운영되고 있는 실정으로 LED 접목묘 활착실 이용 관련 문제점과 개선사항 발굴이 필요함
- 1990년대 공정육묘 도입이후 육묘산업은 양적 성장을 이루어 왔으나, 시설의 노후화 및 자동화율이 저조하여 FTA, 기후변화, 생산비 증가 등에 대응하면서 연중 안정적인 우량묘 생산의 어려움은 증가하고 있음. 육묘산업의 일반적인 규모 및 문제점 파악에 대한 연구 조사는 농촌경제연구원을 통해 이루어졌으나, 변화하는 환경에 대응하면서 연중 안정적인 우량묘 생산을 위해서는 육묘산업의 기반구축과 차세대 공정육묘장으로서 구비해야할 요소별 기술 수요 파악 연구가 수행되어야 함

제 3 절 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발 현황(충남대학교)

1. 국내 기술 수준 및 시장 현황

- 미국이나 유럽 국가들은 화훼류가 플러그 육묘의 주요 대상작물이나, 우리나라는 채소류 위주로 플러그묘가 생산·판매되고 있음. 관행적인 플러그 육묘는 작물 종류나 육묘 기간에 차이가 있지만 32공부터 512공까지 다양한 규격을 갖는 플러그 트레이에 원예용 경량 상토를 충전한 후 종자를 파종함
- 파종 후 온도를 조절한 발아실에서 발아시킨 후 보편적으로 plug stage II(유엽이 지상부로 돌출하는 시기)부터 온실 등 시설내에서 육묘함. 조제과정에서 적절한 비료(기비)가 혼합된 상토를 이용하며 육묘 중 적절한 시비(추비)를 하면서 플러그묘를 생산함

가. 상토의 물리성

- 국내의 플러그 육묘는 대부분 플라스틱 트레이를 이용하고 있으며 트레이에 상토를 충전하고 육묘 중 관수를 하면 상토와 트레이가 밀착되어 가스 교환이 매우 어려운 상태로 변함. 관수 후 식물의 흡수 및 증발로 인해 상토가 점차 건조되면 상토 내부와 대기와의 가스 교환이 원활해짐. 따라서 상토의 보수성이 건조속도와 가스 교환, 그리고 이에 영향을 받은 플러그묘의 뿌리 및 지상부 생장에 큰 영향을 미침
- 원통형 종이포트의 경우 육묘 중 트레이 벽면과 종이와의 간극이 발생하므로 가스교환이 월등히 우수한 상태로 변함. 그러나 공기에 노출된 상토 표면적이 증가하므로 상토의 건조속도가 매우 빠르며 적절한 관수 관리를 위한 상토의 개발과 개발된 상토의 관수 방법에 관한 연구결과가 도출되어야 함
- 경량상토는 상토 재료의 종류 및 혼합비율을 조절하여 토양 보수성 및 통기성을 조절하고 있음. 보수성이 높은 피트모스와 코이어 더스트(코코피트) 그리고 통기성을 높이기 위한 펄라이트나 버미큘라이트는 입경분포에 의해 각 물질이 보유한 물리·화학적 특성이 달라짐
- 피트모스를 예로 들 경우 0-3mm 규격은 매우 작은 플러그 트레이의 균일성을 높이기엔 적합하지만 보수성이 지나치게 높고 가스 교환 능력이 낮아 묘 생장에 불리함
- 따라서 재배목적에 적합하도록 혼합상토 재료가 되는 개별 물질과 혼합한 후의 물리적 특성이 정확하게 측정되고, 이를 근거로 혼합상토가 개발되어야 하지만 종이포트용 상토 관련 연구가 수행되지 않았음
- 아울러 종이포트로 육묘할 때 과도하게 건조되는 경우가 빈번하게 발생하고 상토 구성 물질 중 유기물질(피트모스 등)이 소수성 상태로 변하여 다시 물을 보유하는 것이 어려워짐. 상토가 소수성 상태로 변한 조건에서 묘를 본포에 정식할 경우 분형근에 포함된 상토와 본포의 토양 또는 상토와 수분 교환이 어려워져 식물의 고사하는 문제가 심각하게 대두되어 이에 대한 해결 방법이 강구되어야 함

나. 상토의 화학성

- 보편적으로 상토 구성 재료들은 아주 적은 양의 무기원소를 보유하며, 상토 조제 후 모든 필수 다량 및 미량원소를 시비해야만 정상적인 작물 생장이 가능함
- 육묘를 위한 혼합상토는 발아 후 또는 접목 후 초기생장을 위한 기비(밑거름)를 첨가하며, 기비는 2-3주 정도 비효를 유지하도록 비료의 종류와 양을 조절함. 그 이후에는 작물의 종류나 생육 상태에 따라 비료의 종류, 농도 및 횟수를 조절한 추비를 하고 있음(최 등, 2009; Nelson, 2003)
- 현 상태에서 바람직한 기비의 수준을 단정하기 매우 어려움. 그 이유는 건조속도가 빠른 종이포트의 특성상 보수성을 높여야 할 것으로 판단하고, 보수성을 높이기 위해 관행적 상토들과 구성재료가 달라져야 하며, 이는 상토조제 후에 무기원소 함량이 달라지는 원인이 되기 때문임. 아울러 상토의 건조에 따른 관수횟수의 증가가 필연적으로 수반될 수밖에 없고, 이는 상토에 존재하는 비료성분의 용탈 가능성이 높아지기 때문임

2. 국외 기술 수준 및 시장 현황

- 덴마크 PINDSTRUP사는 원통형 종이포트묘 생산을 위한 몇 종류의 혼합상토를 생산하여 전 세계 80개 국가의 1,200개 이상 업체에 판매한 실적을 갖고 있는 것으로 알려짐
- 그러나 상토의 구성재료와 물리성, 기비의 수준, 그리고 추비에 관하여는 정확한 내용을 알 수 없는 상태임(본사의 know-how로 간주하는 것으로 판단함)
- 종이포트를 이용한 육묘를 위해서 상토가 매우 중요한 부분이며, 국내의 기술력으로 충분히 국산화가 가능하다고 판단하고 있고 관련 연구가 수행되어야 할 것임

제 4 절 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정 현황 (원광대학교)

- 국내에서는 종자법의 종묘법으로의 개편하기 위한 정책이 이미 시행되고 있으며, 이에 따라 공정묘의 묘소질 기준을 위한 대책이 시급한 실정임
- 현재 묘의 품질 기준이 마련되어 있지 않고, 육묘장마다의 관행적 기술과 노하우에 의해 생산되고 있어 소비자(재배자)와의 분쟁 소지가 있음
- 또한, 분쟁시 법적 기준이 마련되어 있지 않아 해결에 어려움이 있음. 앞으로 종묘법으로의 개편이 이루어지고 이에 따른 품질 기준이 마련된다면 이와 같은 애로사항은 해소될 것으로 예측됨
- 국내 채소류 묘 중 공정묘가 약 50%를 차지할 만큼 크게 확대된 상황임. 특히, 농촌의 고령화와 인구 감소가 더욱 가속화할 것으로 보여 이에 따른 공정묘의 요구가 높아지고 수요가 급격히 증가할 것으로 예측되고 있음.
- 하지만 국내 육묘 산업 중 공정육묘장에서 생산되는 묘의 비율은 아직까지 아주 낮은 실정임. 최근 들어 자동화를 통한 전문육묘장이 확대되고 있는 추세로 향후에는 다양한 작물에 대한 전문육묘장의 확대가 기대됨
- 국내에서 묘소질의 중요함이 증가함에 따라 근래 육묘법에 대한 연구들도 이루어짐. 하지만 정식 후 재배 기술에 비해 연구된 부분이 적고 그 연구 심도가 낮은 수준임.
- 과거에는 수도작 중심으로 벼의 묘 생산에 다수 연구가 있었고, 근래 들어 주요 과채류들에 대한 육묘법 연구가 수행됨. 주로 고추, 수박, 토마토, 파프리카 등 과채류를 중심으로 이루어짐
- 하지만 대부분의 연구가 육묘 기간(묘령)에 집중되었고 현장 연구보다 실험연구로 이루어져 현장 활용도가 아직도 낮은 수준임
- 과거 국내 육묘기술은 농업 선진국들에 비해 크게 낮은 수준이었으나 최근 공정육묘장이 확대 되고 이에 대한 연구가 다수 이루어지면서 상당히 높아진 수준임
- 하지만 방법론적으로 체계화가 되어 있지 않고 과실 생산을 위한 재배온실에 비해 환경요인, 양수분공급 등에 대한 연구가 미흡함
- 또한, 공정묘의 신뢰성을 위한 이력제, 컨설팅을 위한 데이터 수집 및 활용 등에서 낮은 수준이며, ISO 인증과 같은 신뢰성 있는 인증제가 도입되어 있지 않아 시설 개선 대비 기술 발전 속도가 느림

제 5 절 공정묘 안정 공급 및 수출확대를 위한 유통·저장 기술 개발 현황(서울대학교)

- 1991년 공정육묘기술 도입 이후 공정육묘시장은 지속적으로 급속하게 성장하였고, 현재 국내 공정육묘시장은 포화상태임
- 현재 공정육묘장에서 생산된 묘의 99%이상은 국내에서 소비되고 있으며, 수출량은 0.3%에 불과함
- 국내 공정육묘장의 경영비 중 종자비와 노동비가 가장 큰 비율을 차지하며 출하 집중 시기의 노동력 분배 문제 해결을 위한 공정묘 저장 기술 개발 연구가 필요함
- 미국, 유럽 등 고품질 접목묘를 구하기 어려운 나라에서는 공정묘의 원거리 수송을 위한 저장 기술 연구가 진행된 바 있음
- 일본에서도 공정묘 저장에 관한 연구가 수행된 바 있으나 품목이 엽채류 위주 혹은 연구 결과가 현장에 적용되기 어려운 단점이 있었음
- 현재 해외 수출 혹은 원거리 수송 시 주로 온도 조절만으로 저장 중 공정묘의 품질 저하를 억제시키고 있음
- 저장 중 온도 설정 기준 또한 육묘장마다 다르며 작물별 적정 저장 온도에 대한 연구가 수행된 바 없음
- 온도 뿐 만 아니라 광, 공기조성 등 다양한 저장 환경에 대한 연구가 수행된 바 없음
- 출하 집중 시기에 노동력 분배 문제 해결 및 농가의 정식 지연 시 묘소질 유지를 위하여 공정묘의 저장 기술이 소수의 육묘장 현장에서 적용되기 시작하였으나 적정 저장 환경을 구명하는 연구는 수행된 바 없음

제 3 장 연구수행 내용 및 결과

평가위원회에서는 보고서 파일 업로드를 위한 용량이 50M로 제한되어 ‘그림’, ‘표’ 등의 해상도를 정상이하로 낮추다 보니 품질이 상당히 좋지 못함을 양해하여 주시기 바랍니다. 원본 파일을 요청하시면 언제든지 제공해 드릴 수 있으니 참고하여 주시기 바랍니다.

‘공정묘 생산 환경 개선 및 유통 기술 개발’ 과제의 연구수행 결과 내용 정리 방식

▶ 본문의 내용의 구성 체계는 다음과 같습니다.

제 1 장, 제 2 장, 제 3 장, 제 4 장...
제 1 절, 제 2 절, 제 3 절, 제 4 절...
1, 2, 3, 4...
가, 나, 다, 라...
(1), (2), (3), (4)...
(가), (나), (다), (라)...
①, ②, ③, ④...
㉠, ㉡, ㉢, ㉣...

▶ 본문의 도표 체계는 다음과 같습니다.

- 표 1.부터 차례로 나타내고, 표 내용설명은 표 위쪽에 설명 함
 - 그림 1.부터 차례로 나타내고, 그림 내용설명은 그림 아래쪽에 설명 함
- ※사진은 그림으로 간주하여 작성됨.

제 1 장 연구개발과제의 개요: 표 1-1, 1-2..., 그림 1-1, 1-2...,
제 3 장 연구수행 내용 및 결과
· 세 부: 표 2-1, 2-2..., 그림 2-1, 2-2...,
· 1협동: 표 3-1, 3-2..., 그림 3-1, 3-2...,
· 2협동: 표 4-1, 4-2..., 그림 4-1, 4-2...,
· 3협동: 표 5-1, 5-2..., 그림 5-1, 5-2...,
· 4협동: 표 6-1, 6-2..., 그림 6-1, 6-2...,
제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보: 표 7-1, 7-2..., 그림 7-1, 7-2...,

▶ 본문의 모든 세부연구 수행결과는 다음과 같은 순서로 체계적으로 편집되어 있습니다.

가. 서언
나. 재료 및 방법
다. 결과 및 고찰
라. 요약

▶ 세부, 제 1협동, 제 2협동, 제 3협동, 제 4협동의 순서로 편집되어 있습니다.

세 부: 에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발(경상대학교)

제 1협동: 생산성 및 안전성 향상을 위한 현장애로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발(농촌진흥청)

제 2협동: 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발(충남대학교)

제 3협동: 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정(원광대학교)

제 4협동: 공정묘 안정 공급 및 수출확대를 위한 유통·저장 기술 개발(서울대학교)

제 1 절 에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발(세부 연구팀: 경상대학교)

1. 공정육묘장 생산 자동화 장치 활용기술

가. 서언

농촌인구의 급격한 감소와 노동력 부족은 육묘의 자동화, 생력화, 기계화, 장치화 및 분업화 생산을 촉구하게 되었고, 농협, 종묘회사 또는 개인 육묘업자들이 재배자들의 수요에 부응하여 공정육묘 시스템을 개발하여 운영 중이다. 공정묘 생산은 이미 농업부문의 주요 산업으로 발전되었으며, 현재에는 규격품의 묘종을 약속한 날짜에 공급해 주는 주문육묘 시대에 접어들었다. 공정묘 생산은 고부가가치 고소득 농산업으로 소비가 꾸준히 높아지고 있다. 채소의 생산이 노지에서 뿐만 아니라 각종 형태의 시설에서 주년화 되고 작목도 다양화 되었으며, 생산시스템의 집산화 및 대형화가 진행되고 있다. 하지만 노동력의 감소와 높은 임금 등으로 인해 육묘의 기계화, 자동화 및 생력화가 필수적으로 선행되어야 하며, 묘종 생산의 규모화와 집단생산이 필요한 실정이다. 우리나라에서도 플러그 육묘산업은 이미 1992년부터 도입되어 발달하기 시작하였다. 현재 국내 채소작물의 묘 생산량은 연간 190억 주 이상에 이르고, 거의 대부분의 채소에서 작물특성에 맞는 육묘관리가 이루어지고 있다. 공정육묘 생산방식의 문제점은 육묘장간의 과당경쟁, 육묘 전문가 양성 미흡, 육묘장간 육묘관리기술 및 환경관리기술이 상이, 묘의 표준화 정립 미흡, 출하지연에 따른 묘 저장 기술연구 부족, 접목묘 소비의 확대에 따른 표준화된 접목활착기술 부재, 에너지·노동력 절감, 생력화 및 자동화 기술개발의 요구 등이 있다. 본 연구의 목적은 국내에서 생산된 접목로봇과 농가에서 행해지는 일반적인 접목방식(수작업을 통한 접목)과의 비교연구를 통한 자동화 장치의 효율성 구명과 이의 활용도 향상 방안을 제시하기 위하여 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

경상남도 사천시 용현면에 위치한 ‘용현 육묘장’에서 고추(*Capsicum annuum* var. ‘Buchon’ and ‘Anseongmachum’) 2품종을 사용하여 실험을 진행하였다. 2013년 3월 29일에 105구 육묘용 플러그 트레이(55 × 27 × 5cm)에 접수로 ‘안성맞춤’, 대목으로 ‘부촌’ 품종을 파종하였다. 발아실에서 4일간 발아시킨 후 육묘베드로 이동시켰으며, 2013년 5월 31일 **접목로봇과** 일반접목 1(비전문가), 일반접목 2(전문가)의 3처리를 처리당 1시간씩 접목하여 3반복의 작업 후 통계처리 하였다. 한 처리당 접수 공급자, 대목 공급자, 수령자의 3인 1조로 작업하였으며, 접목 후 5일 동안 초장, 근장, 경경, 엽면적, 엽록소 함량, 엽장, 엽폭, 엽수, 생체중, 건물중을 조사하였고, 접목시 시간당 접목 성공률, 실패율(대목과 접수의 부정교합), 기계적 오류(접목기의 작동중지), 집게 오류(집게 공급장치의 에러로 인한 불량묘 발생), 작업자 실수(접수와 대목의 적기공급 실패 등), 그리고 작업자의 총 이동거리를 조사하였다. 또한 접목 후 5일 동안 접목묘의 절단면을 실체현미경(Stemi 2000-C, Carl zeiss, Germany)으로 관찰하였다.



그림 2-1. 실험에 사용하기 위한 고추 종자 파종 모습.



그림 2-2. 실험에 사용하기 위한 고추묘의 재배 모습.

다. 결과 및 고찰

표 2-1. 실험에 사용한 **접목로봇**의 사양.

항목	사양
표준 접목 능력	600주 이상/시간 (숙련도에 따라 시간당 700-800주 가능)
크기	1,270×1,350×1,060mm(가로×세로×높이)
중량	약 170kg
사용전기	접목 로봇 단상, 220V/110V, 60Hz/50Hz
	집게 공급기 단상, 220V/110V, 60Hz/50Hz
사용 공기압	5±0.5kg/cm ²



그림 2-3. 실험에 사용된 **접목로봇** 장치의 설치모습.

본 연구에서는 H사에서 생산되어 유통되고 있는 **접목로봇**을 사용하여 연구를 진행하였다. 이 로봇은 시간당 600주 이상의 접목묘 생산이 가능하며, 접수 공급자, 대목 공급자, 수령자로 3인 1조로 작업하도록 제작되었다.

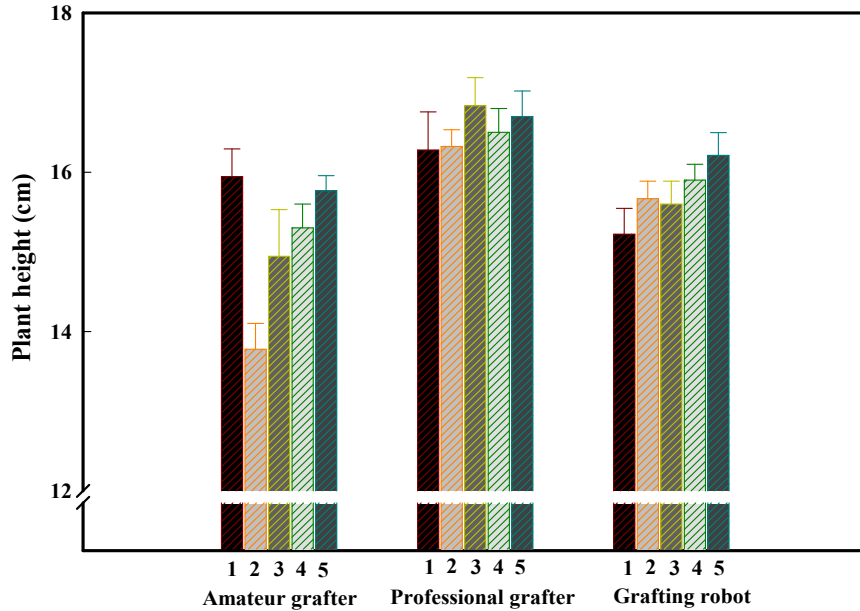


그림 2-4. 접목방식에 따른 접목묘의 초장 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날(2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

그림 2-4 비전문가, 전문가, 접목로봇에 의한 접목 후 5일 동안 측정된 초장을 나타낸 것이다. 접목묘의 초장은 비전문가에 의한 접목에서 최소 13.8cm에서 최대 15.9cm로 2.1cm 차이가 났으며, 전문가에 의한 접목에서는 최소 16.2cm에서 최대 16.8로 0.6cm 차이가 났다. 접목로봇에 의한 접목에서는 최소 15.2cm에서 최대 16.2cm로 1cm 차이가 났다. 접목로봇은 전문가에 의한 접목보다 균일도가 낮았지만 최대 초장 차이가 1cm 이하로 균일도가 높았다. 인력을 통한 전문가의 수작업을 통한 접목작업에서 초장이 가장 균일 하였으며, 비전문가 작업에서 가장 불균일하였다 (그림 2-5 참조). 접목로봇을 사용하였을 경우 접수와 대목을 공급하는 작업자의 숙련도에 따라 초장의 균일도가 다소 달라질 수 있으나, 접수와 대목을 유합하여 접목하는 장치의 초기 값 설정을 세밀하게 보정하고 작업 중에 수시로 미미하게 달라지는 위치의 보정을 해준다면 전문가와 차이 없이 초장을 균일하게 맞출 수 있을 뿐만 아니라 작업속도 및 효율성을 더 극대화 할 수 있을 것으로 판단된다.



그림 2-5. 접목방식에 따른 접목작업 후 접목묘 초장의 균일도(상, 전문가 접목; 중, 비전문가 접목; 하, 접목로봇 접목).

그림 2-5는 접목방식에 따른 접목 작업 후 모습으로 위에서부터 전문가 접목, 비전문가 접목, 접목로봇 접목 순으로 각각 8개체씩 나열 하였다. 그림 2-4에서 나타낸 바와 같이 육안으로 관찰했을 때에도 비전문가에 의한 접목이 가장 불균일하였으며, 전문가와 접목로봇에 의한 접목이 균일한 결과를 나타냈으며, 이 두 접목방법 중에서도 특히 전문가에 의한 접목이 가장 균일한 것을 알 수 있었다. 초장의 균일도는 후기 묘소질을 평가하는 기준으로 고려되며 정식 후 과실의 균일한 착과 및 일시 수확을 위해 가장 중요하게 고려되는 육묘기술 중의 하나이다.



그림 2-6. 접목방식에 따른 작업 후 접목묘의 모습. 접목로봇으로 작업한 접목묘(좌), 전문가가 작업한 접목묘(우).

그림 2-6은 접목로봇 의해 작업된 접목묘(좌)와 전문가에 의해 수작업으로 작업된 접목묘(우)를 105구 트레이 상에서 촬영한 모습이다. 접목로봇이나 전문가에 의해 작업된 접목묘나 큰 차이는 없지만, 전문가에 의한 접목묘가 다소 균일하게 보이며, 집계에 의한 고정도와 묘의 상태가 접목로봇에 의한 접목묘보다 더욱 우수해 보인다. 이는 접목로봇을 다루는 작업자의 기계적인 조작

및 숙련도에 의해 극복될 수 있는 것으로 효율성과 작업속도 증가측면에서 접목로봇이 더 우수 하리라 판단된다. 또한 농번기 인력수급이 어렵고, 인력의 노후화로 전문 ‘접사’를 확보하기가 어려운 시기에 접목로봇의 활용도와 가치가 더 높아지리라 기대된다.

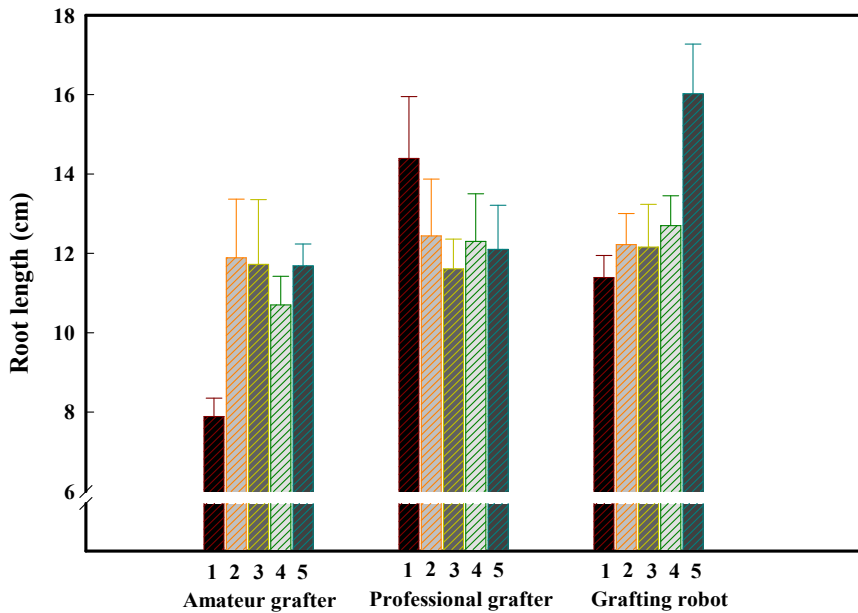


그림 2-7. 접목방식에 따른 접목묘의 뿌리길이 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날(2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

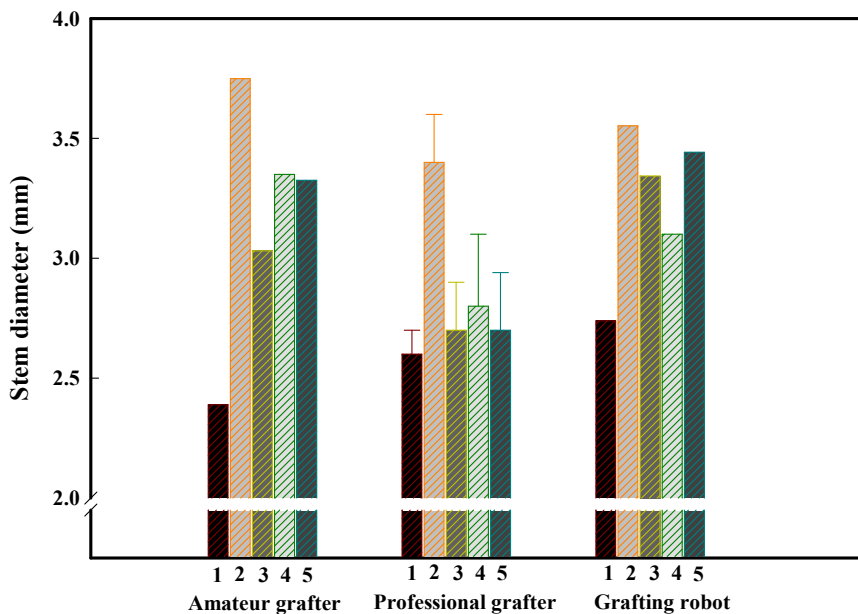


그림 2-8. 접목방식에 따른 접목묘의 경경 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날(2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

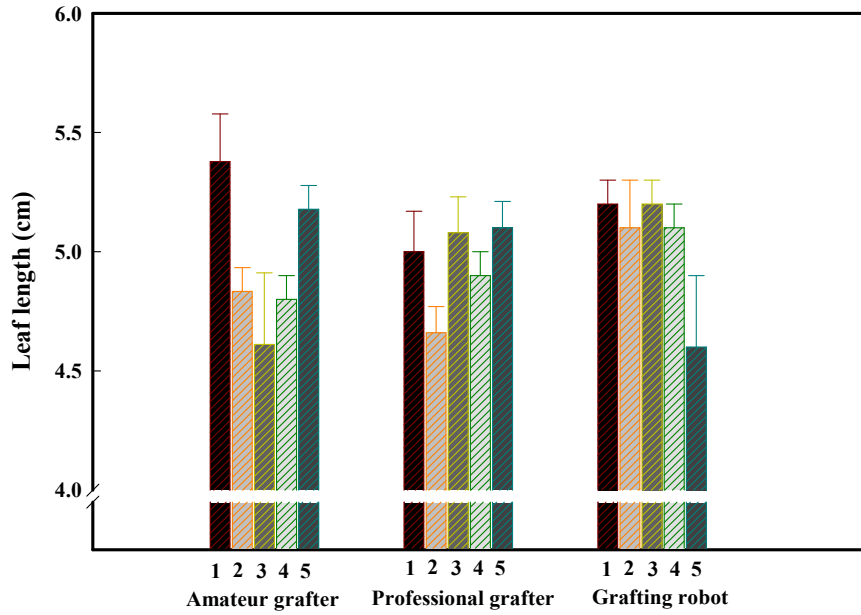


그림 2-9. 접목방식에 따른 접목묘의 엽장 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날(2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

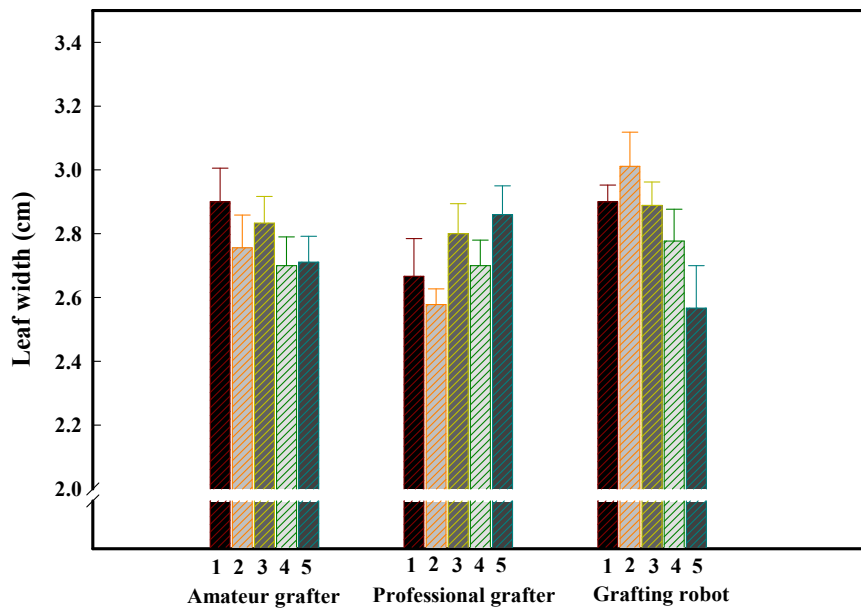


그림 2-10. 접목방식에 따른 접목묘의 엽폭 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날(2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

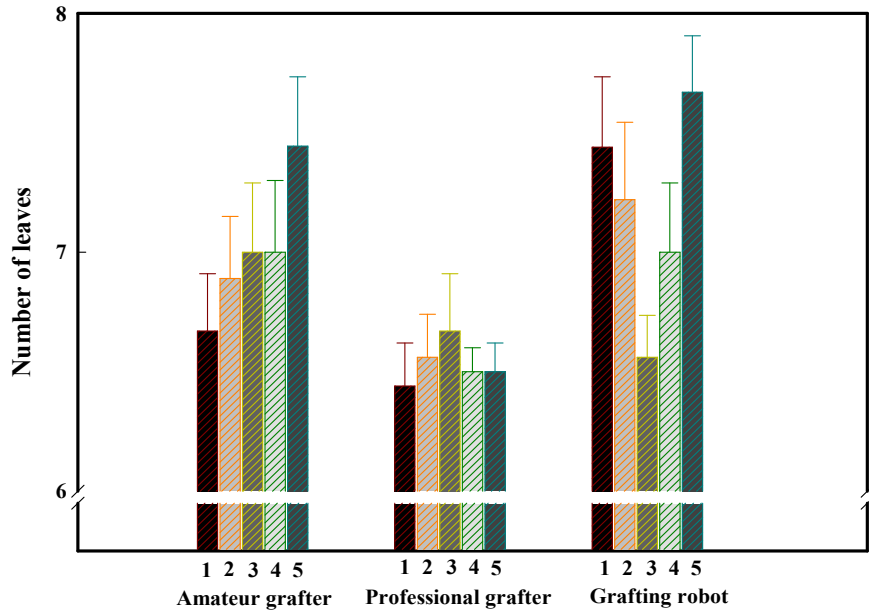


그림 2-11. 접목방식에 따른 접목묘의 엽수 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날(2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

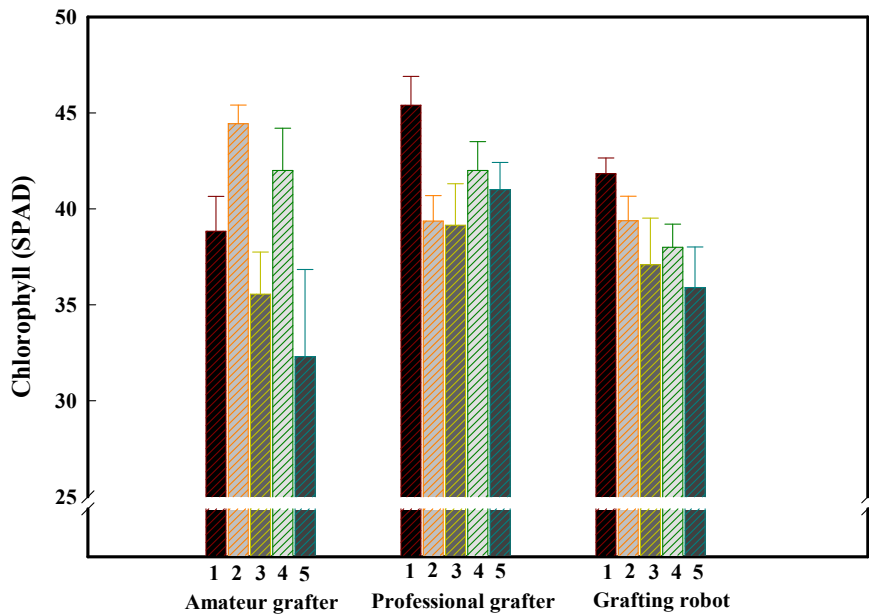


그림 2-12. 접목방식에 따른 접목묘의 엽록소 값 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날(2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

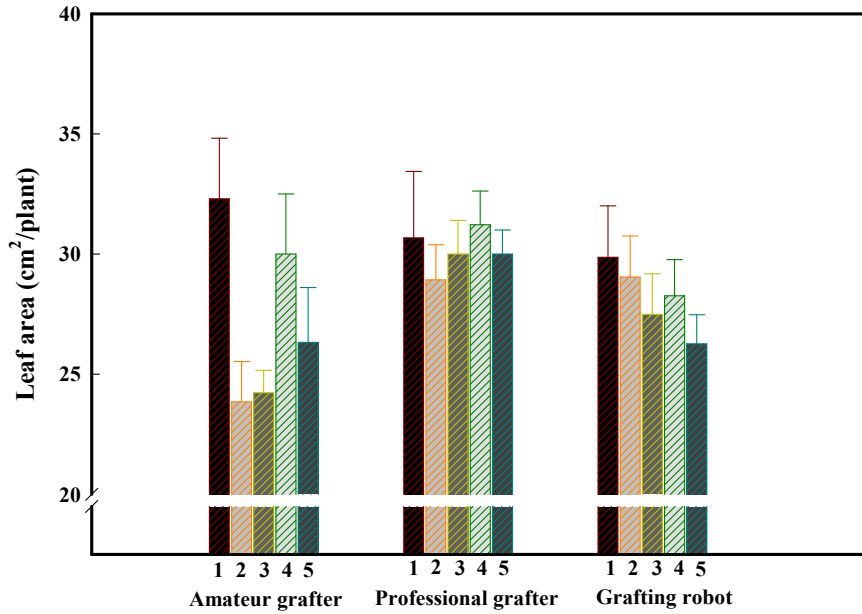


그림 2-13. 접목방식에 따른 접목묘의 엽면적 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날 (2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

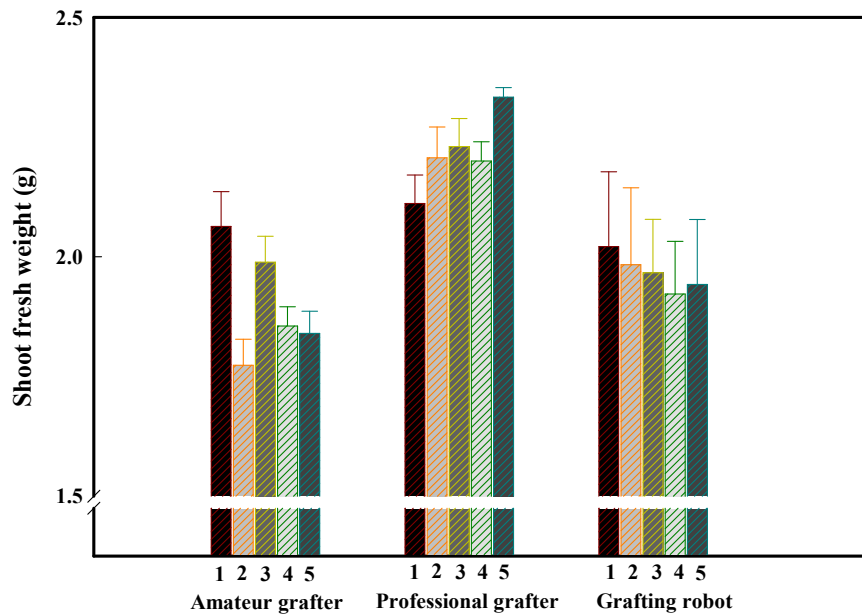


그림 2-14. 접목방식에 따른 접목묘의 지상부 생체중 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날 (2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

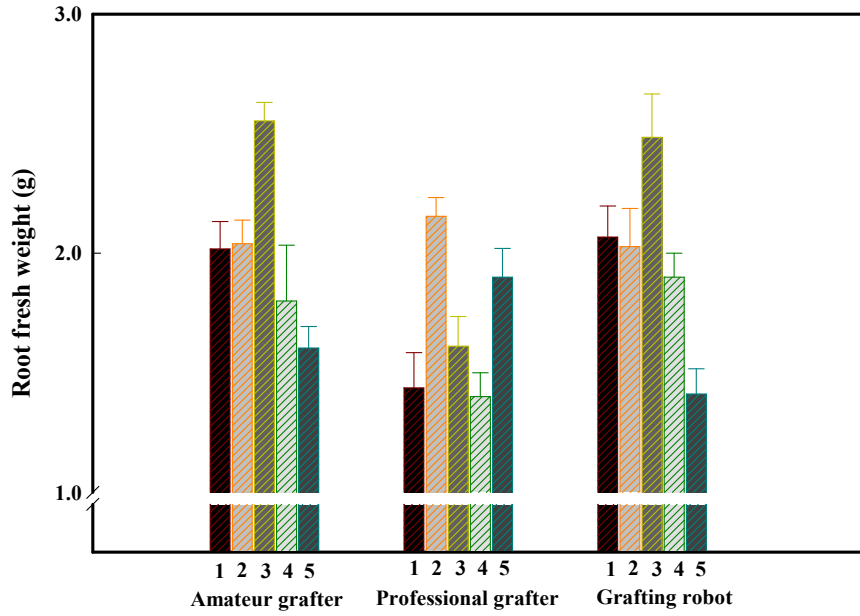


그림 2-15. 접목방식에 따른 접목묘의 지하부 생체중 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날 (2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

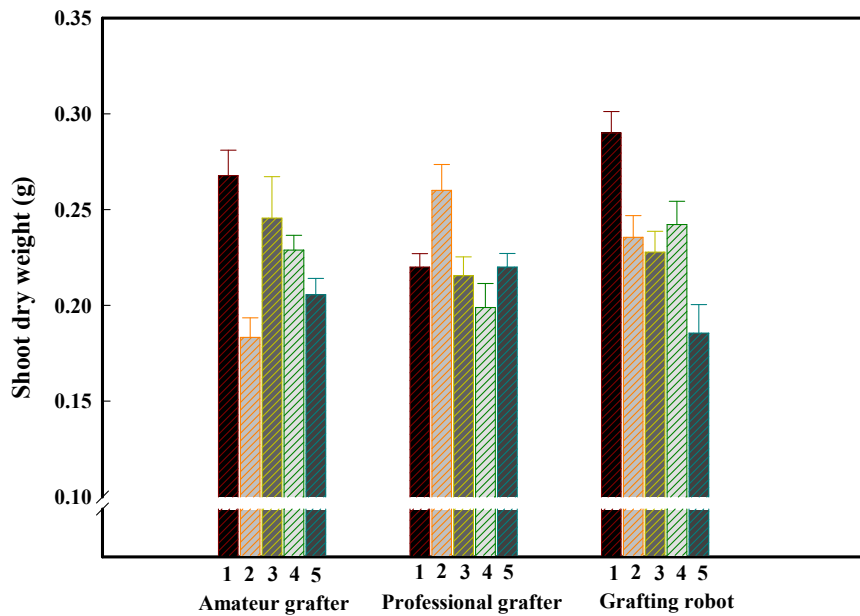


그림 2-16. 접목방식에 따른 접목묘의 지상부 건물중 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날 (2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

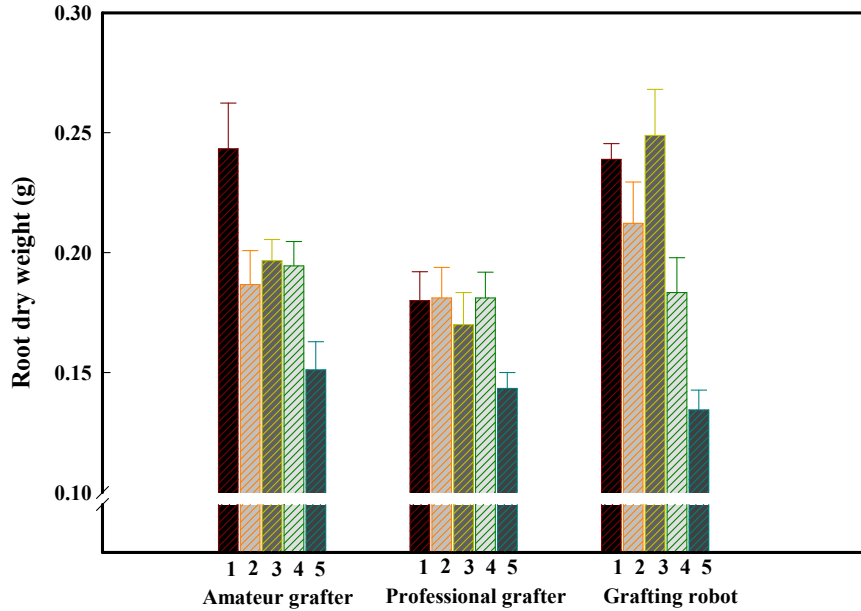


그림 2-17. 접목방식에 따른 접목묘의 지하부 건물중 변화(비전문가, 전문가, 접목로봇). 1, 첫째 날(2013년 5월 31일); 2, 둘째 날(2013년 6월 1일); 3, 셋째 날(2013년 6월 2일); 4, 넷째 날(2013년 6월 3일); 5, 다섯째 날(2013년 6월 4일).

그림 2-7에서부터 그림 2-17까지 나타낸 근장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽수, 엽록소 값, 엽면적, 지상부와 지하부의 생체중과 건물중에서는 비전문가, 전문가 그리고 접목로봇 따른 유의적인 차이가 없었다.

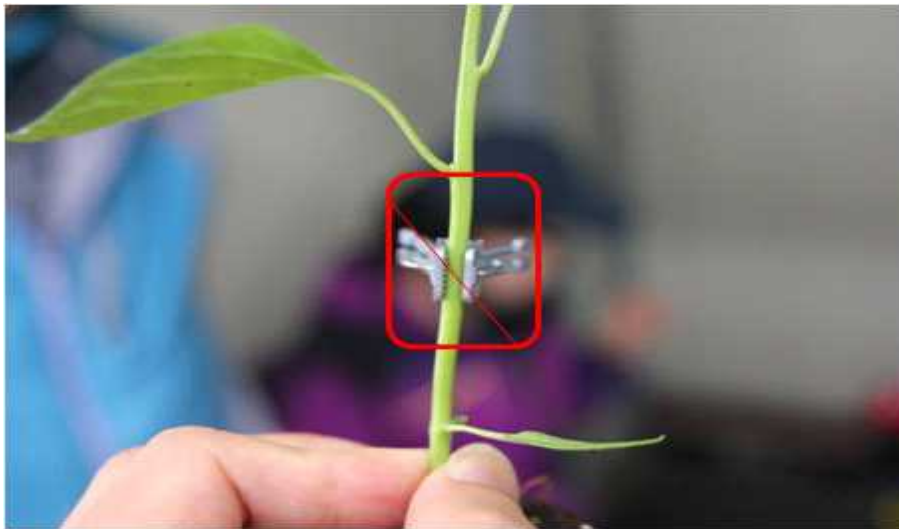


그림 2-18. 접목로봇에 의해 접목된 접목묘.



그림 2-19. 접목로봇 잡업을 통해 발생한 불량 접목묘.



그림 2-20. 접목로봇 잡업을 통해 발생한 불량 접목묘.



그림 2-21. 접목로봇 잡업을 통해 발생한 불량 접목묘.



그림 2-22. 접목로봇 작업을 통해 발생된 불량 접목묘.

그림 2-18은 성공적으로 작업이 완료된 접목묘로써 접수와 대목이 각각 45° 각도로 예리하게 절단되어, 절단면이 잘 맞추어져 집게로 고정된 상태이다. 그림 2-19부터 2-22는 접목로봇에 의해 접목된 접목묘와 접목시 발생된 다양한 예러로 인한 불량묘를 나타낸 사진이다. 그림 2-19는 접목장비의 접수와 대목 공급장치의 주변 식물 잔류물을 적기에 제거하지 않은 상태에서 빠른 속도로 작업이 진행되어 불필요한 식물 잔류물과 함께 집계가 파지된 상태이다. 그림 2-20은 대목이 절단되지 않은 상태로 접수와 절반만 유합한 상태이다. 그림 2-21은 접수가 절단되지 않은 상태로 집계가 대목과 함께 고정되어 있는 상태이다. 그림 2-22는 1시간 동안 접목로봇의 사용으로 발생된 불량 접목묘 개체이다.

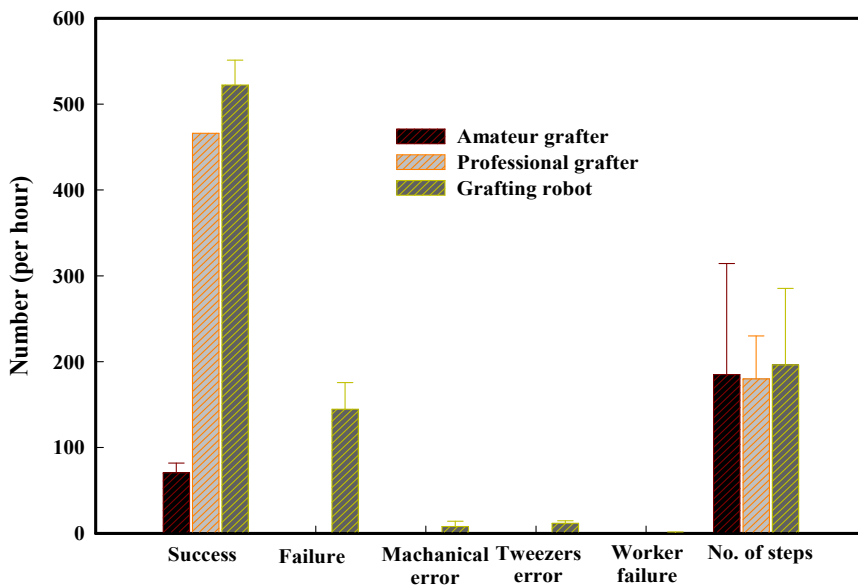


그림 2-23. 비전문가, 전문가, 및 접목로봇에 의해 접목묘를 생산하였을 경우 시간당 성공률, 실패율, 기계적 오류, 집게 오류, 작업자 오류, 작업자 이동량 측정결과. 모든 작업은 3인 1조로 각각 3반복씩 측정하여 통계 처리된 데이터임.

그림 2-23은 비전문가, 전문가 그리고 접목로봇에 의한 접목시 성공률, 실패율(접수와 대목의 부정확한 절단 및 부정교합), 기계적 오류(접목기의 작동중지 등), 집게 오류(집게 공급장치의 에러발생), 작업자 실수(접수와 대목의 적기공급 실패 등)의 빈도수와 작업자의 이동량을 측정하는 것이다. 접목로봇의 시간당 처리 주 수는 평균 667주로 전문가의 시간당 접목주수인 466주보다 201주 더 높았으나, 접목로봇에 의한 실패율이 시간당 144주로 나타나 실질적인 접목로봇에 의한 시간당 처리 주 수는 522주로 나타났다. 접목로봇 처리에서는 시간당 가장 많은 접목작업으로 접목묘 생산을 많이 하였지만 실패율이 27.5%에 달하여 접목장치의 연속적인 작동이 다소 불안정하였고, 기계적 오류나 집게 오류 등이 시간당 평균 5회 이상 발생했다. 작업자의 이동량은 처리간에 유의적인 차이가 없었다.

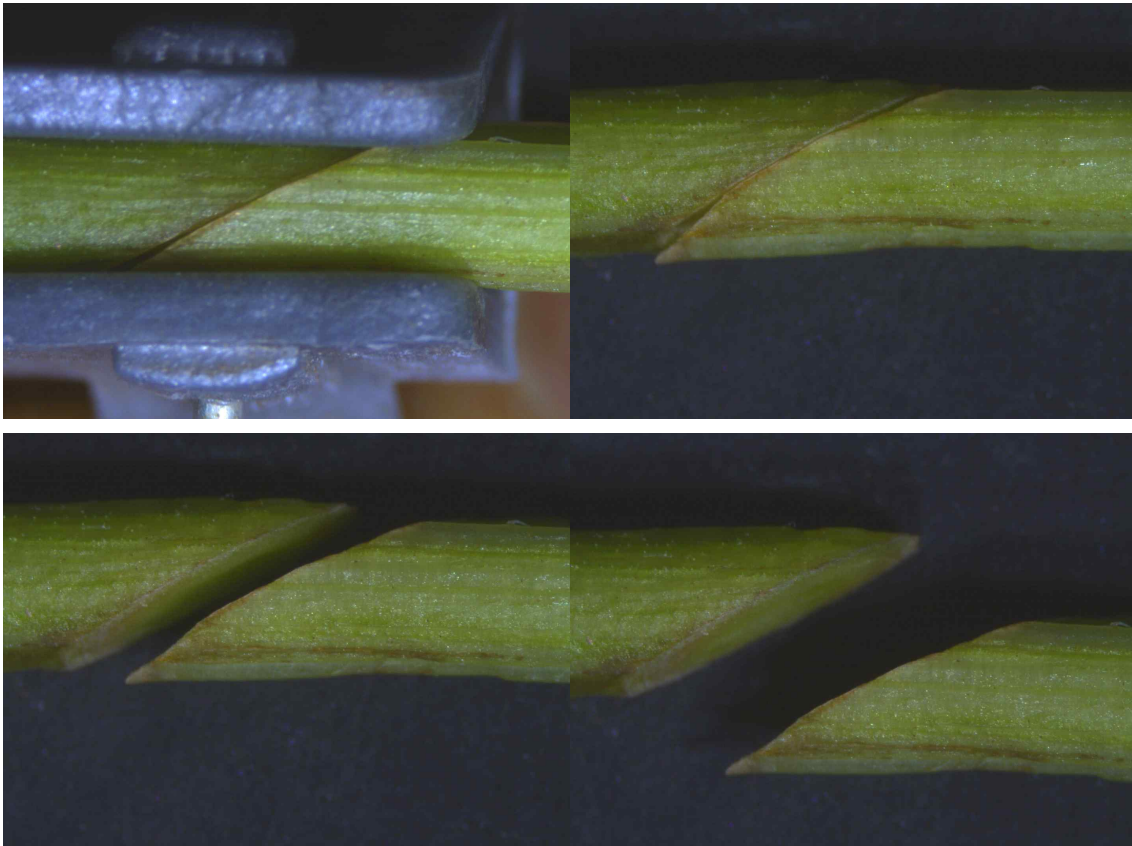


그림 2-24. 접목로봇에 의해 절단된 접목묘의 줄기 절단면.



그림 2-25. 비전문가에 의해 절단된 접목묘의 줄기 절단면.



그림 2-26. 접목 전문가에 의해 절단된 접목묘의 줄기 절단면.

그림 2-24와 그림 2-25, 그리고 그림 2-26은 각각 접목로봇, 비전문가, 전문가에 의해 절단된 접수와 대목의 단면을 실체현미경으로 촬영한 사진이다. 접목로봇으로 작업된 접목묘의 절단면은 각도가 모두 일정하고, 절삭면이 예리하여 접수와 대목의 유합이 용이하며 불량률이 거의 발생하지 않고 균일한 접목이 가능한 장점을 보여줬다(그림 2-24). 비전문가와 전문가에 의한 접수와 대목의 절단 상태는 접목 로봇에 비해 예리하지 않으며 특히 비전문가 절단에서 접수와 대목간의 절단 각도가 불균일하였다(그림 2-25). 접목로봇에서 우수한 시간당 처리 주수와 절단 및 절삭면이 우수한 상태를 보였으나 연속적인 공급 진행이 불안정하며, 접목 후 배출 컨베이어에 투하시 충격으로 접목부위 이탈, 핸들링 과정의 어려움, 집게 공급장치의 잦은 오류, 집게의 기계파지 오류, 떡잎과 접목부위의 결합, 떡잎의 일부 손실 등과 같은 다양한 문제점이 관찰되었다.

라. 요약

본 연구에서는 접목로봇과 농가에서 행해지는 일반적인 접목방식(접목사의 작업)과의 비교분석을 통한 장단점 파악과 효율성을 구명하였다. 초장은 전문가에 의한 접목방식에서 가장 균일 하였으며, 비전문가에 의한 접목방식에서는 초장이 최고 2cm 가량 차이가 날 정도로 가장 불균일하였다. 접목로봇을 이용한 접목은 전문가에 의한 접목방식과 유사하게 균일한 초장을 나타냈다. 이는 비전문 접목사인 초보자도 간단한 사용법만 숙지하면 숙련도와 전문성에 상관없이 전문가와 유사한 균일도로 접목 성공률을 극대화 할 수 있다는 장점을 보였다. 또한 접목로봇을 사용하면 접수와 대목의 절단면의 각도를 45° 각도로 항상 균일하게 잘라낼 수 있으며, 절단속도도 빠르고 절삭면이 예리하고 빠르게 잘려 절삭면 오염 방지 및 병예방과 접목 후 접수와 대목의 유합의 속도를 높일 수 있는 장점이 있음을 입증하였다. 접목로봇에 의한 시간당 처리 주 수는 평균 667주로 가장 높아 시간당 가장 많은 접목주수를 생산해 냈으나, 불량묘가 시간당 144주가 발생되어 실패율이 27.5%에 달하였다. 기계적 오류(접수 혹은 대목 작업 후 부산물에 의한 접목기의 일시적 작동 중지)나 집게 오류(집게 공급장치의 예리발생) 등이 시간당 평균 5회 정도 발생되었으며, 비전문가, 전문가 그리고 접목로봇을 사용할 경우 작업자의 총 이동거리에서 유의적인 차이가 없었다. 접목 로봇, 전문가/비전문가의 접목 후 절단면을 실체현미경으로 관찰해본 결과 접목로봇 처리에서 절단각도가 일정하고 절단면이 예리한 것을 볼 수 있었다. 향후 접목로봇 보급의 활성화와 사용의 장려를 위한 다양한 문제점 및 개선책으로 다음과 같은 문제해결이 필요하리라 생각된다.

1) 자동접목기의 연속적인 작업과정 흐름개선을 위한 접목 공급장치 모듈의 정밀도 향상, 2) 105구 트레이 전용이 아닌 50구 트레이에서 생산된 대목을 취급할 수 있는 대목 파지장치의 효율성 향상, 3) 접목 후 배출 컨베이어에 투하시 충격에 의한 접목부위 이탈방지 및 예방, 4) 매뉴얼 숙지만으로 작동이 간편한 단순하면서 내구성이 높은 장비의 개발, 5) 정밀한 집게 공급장치의 개발을 통한 잦은 오류예방, 6) 접목 후 추가적인 집게제거 작업이 없이도 자연적으로 집게가 이탈되는 연결 튜브형 집게의 개발(묘종의 경경이 커짐에 따라 자연이탈) 혹은 단가가 낮은 집게의 개발(현재 9원 짜리 집게를 4원 짜리의 저렴한 1회용 집게의 개발 등), 7) 집게의 기계파지 오류방지 문제해결, 8) 떡잎과 접목부위로의 결합방지와 절삭 커터에 의한 떡잎의 일부 절단/손실방지, 9) 충격에 의한 접수와 대목의 접목부위의 이탈 방지장치 개발, 10) 절단 작업시 작업자 부상방지 및 안전성 고려, 11) 접목로봇 사용시 대목과 접수의 경경을 맞추기 위한 균일한 묘의 재배생산 기술의 개발(생장억제제사용을 최소화 하고 균일한 초장의 묘를 생산하기 위한 미세환경조절이 가능한 식물공장 시스템에서의 재배기술 개발 등), 12) 전용 커터의 개발, 13) 커터 자동소독 장치의 개발, 14) 작동의 편리기능 보완, 15) 접목장치 가격의 현실화, 16) 신속한 A/S.

2. 육묘장 저비용 자동화 장치(컨베이어) 설치를 통한 에너지 효율성 분석

가. 서언

묘는 온실, 전과 답, 산지 및 들에 이식 혹은 정식되어서 재배 또는 육성되기 전의 단계에 있는 작은 식물체를 말한다. 일반농가에서 묘를 직접 키우지 않고 인근의 육묘장에서 주문 후 구입하여 사용할 경우 육묘를 위한 노력이나 작업이 필요 없게 되며, 묘생산 시설의 초기 투자 및 유지 관리 비용이 불필요하게 되는 점 이외에도, 재배면적의 최대한 이용, 재배관리의 단순화 등 다수의 이점이 있다. 이러한 이유로 묘생산 시스템의 확립에 의해 양질의 묘생산 및 판매를 전문회사가 담당하고, 구입묘의 정식, 재배, 수확 및 출하를 재배농가가 담당하는 일종의 농업생산의 분업화가 이루어졌다. 현재는 육묘장에서의 저비용 자동화, 생력화를 위한 장치기술의 개발을 통한 현장적용 및 묘 생산 방식의 전환이 필요한 시점이다. 자동화 생산라인을 갖춘 규모화된 공정육묘장에서는 시공간적 효율성의 극대화를 실현할 수 있다. 컨베이어는 온실 내부에서 식물을 이동하는 매우 간단하고 효과적이면서 유연한 수단이다. 하지만 국내 공정육묘 산업현장에서는 대목과 접수 등의 트레이 운반을 대차로만 이용하고 있어 컨베이어 등을 이용한 일괄이송 장치의 설치와 이의 효율적 이용이 필요한 시점이다. 컨베이어를 이용하여 재배자는 개개의 육묘 트레이를 원하는 위치에 배치시킬 수 있으며, 어떠한 폭이나 필요한 길이로 융통성 있게 조절 가능하며, 한 구획의 컨베이어에서 다음 구획으로 생산물을 옮길 수 있도록 라인을 따라 설치가 가능하다. 이러한 롤러식 컨베이어의 이용을 통해 인력절감, 사람의 이동을 최소화하여 동선을 줄일 수 있으며, 비용, 시간과 작업효율성을 극대화 할 수 있고, 에너지 효율화를 실현 할 수 있다. 본 연구에서는 트레이 운반용 대차, 컨베이어 벨트 및 간이 이송장치의 활용을 통한 효율성 비교분석 및 장치의 이용확대를 위한 이송장치의 배치방안 강구 등 저비용 자동화 장치 이용 기술 개발을 위해 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

2013년 6월 25일 경상남도 고성군에 위치한 ‘고성 육묘장’에서 컨베이어(5m x 37.5cm)(벨트식-자동과 롤러식-수동), 대차(120 x 60 x 170cm), 대차+두상모노레일(122 x 59.5cm)의 3종류의 장치를 이용하여 육묘상에 있는 출하전의 트레이(60 x 30cm)를 재배 베드(275 x 166cm)에서 트럭까지 처리 당 20개를 3반복으로 작업하여 그 결과를 통계적인 데이터로 정량화 하였다. 컨베이어의 설치시 경제성을 감안하여 자동식의 벨트방식과 수동식의 롤러방식을 혼용하여 실험에 사용하였다. 처리 당 운반에 소요된 시간과 작업자의 총 이동걸음 수를 측정 한 후 한 시간당 옮겨진 트레이의 수와 걸음 수로 환산하였다. 본 연구에서는 한 시간당 작업자의 걸음 수, 옮겨진 트레이의 수, 노동의 종류, 노동의 비용 등을 조사하였다. 작업은 공급자, 중간 이송자, 수령자의 3인 1조로 구성하여 작업하였다. 작업자의 걸음 수는 만보계(PE105, Shinwoo Electronic Co., Ltd., Korea)를 사용하여 측정하였다.



그림 2-27. 자동 컨베이어벨트(벨트식)의 모습.



그림 2-28. 수동 컨베이어벨트(롤러식)의 모습.

다. 결과 및 고찰



그림 2-29. 자동(벨트방식) 및 수동(롤러방식) 컨베이어 장치를 혼용하여 설치된 모습.



그림 2-30. 대차를 이용하여 트레이를 운반하는 모습.



그림 2-31. 두상모노레일(좌)과 대차(우)를 이용하여 트레이를 운반하는 모습.

그림 2-29에서부터 2-31은 본 연구에 사용된 컨베이어, 대차, 두상모노레일을 나타낸 사진이다. 컨베이어는 자동 컨베이어 2대와 수동 컨베이어 3대를 이용하여 입구에서부터 육묘상까지 연결하여 이용하였다. 대차와 두상 모노레일은 각각 1대씩 사용하였다.

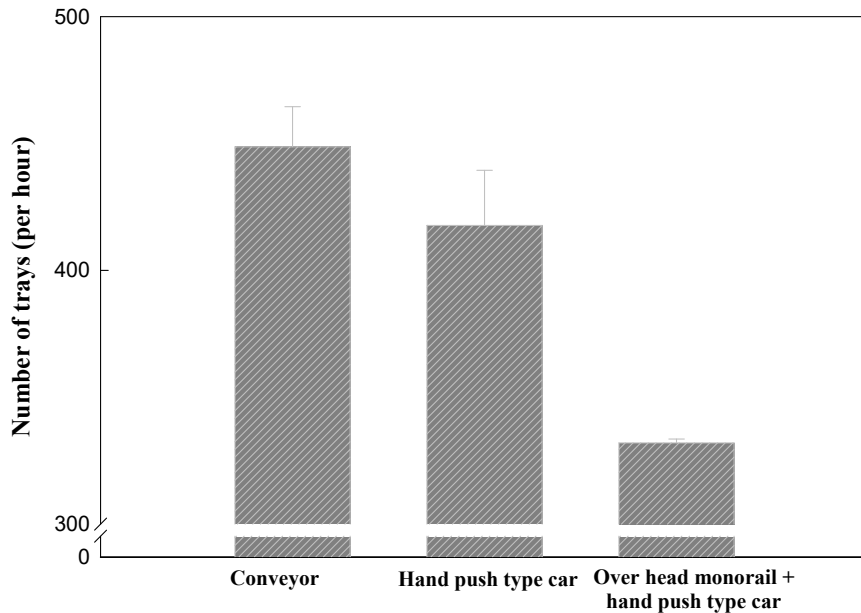


그림 2-32. 컨베이어, 대차, 두상모노레일+대차를 이용한 베드에서부터 트럭까지의 시간당 이동 트레이 수. 모든 작업은 3인 1조로 각각 3반복씩 측정하여 통계 처리된 데이터임.

그림 2-32는 컨베이어, 대차, 두상모노레일+대차를 이용한 베드에서부터 트럭까지의 시간당 이동 트레이 수를 나타낸 그래프로 컨베이어의 사용시 시간당 베드부터 트럭까지 옮겨진 트레이의 수는 평균 448 트레이였고, 이것은 대차와 대차+모노레일을 이용했을 때보다 유의적으로 높게 나타났다. 대차를 사용했을 때는 시간당 417 트레이, 대차+두상모노레일을 사용했을 때는 시간당 332 트레이를 이동시켰다. 이로써 컨베이어의 사용시 노동자의 이동량을 줄이고 동일 시간당 더 많은 트레이를 옮길 수 있음을 입증하였다.

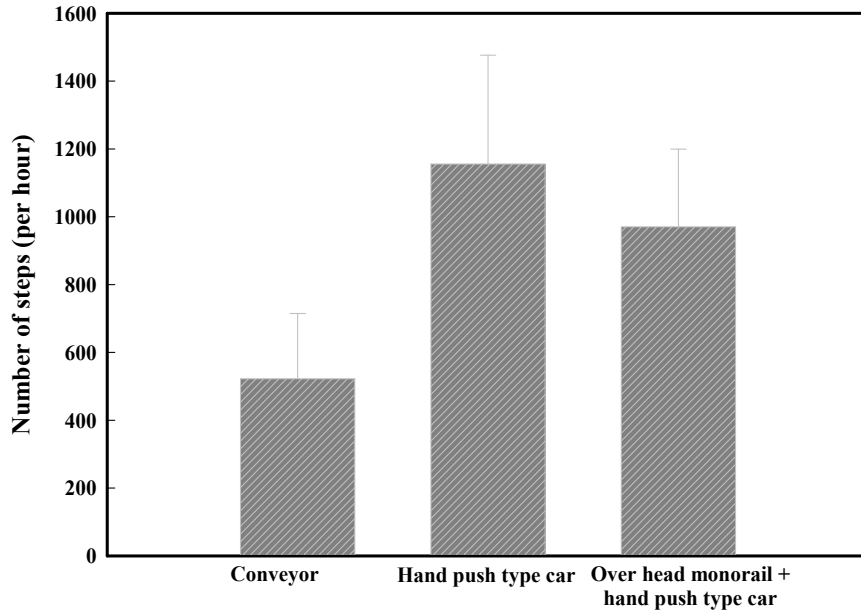


그림 2-33. 컨베이어, 대차, 두상모노레일+대차를 이용한 베드에서부터 트럭까지의 시간당 작업자 이동량. 모든 작업은 3인 1조로 각각 3반복씩 측정하여 통계 처리된 데이터임.

그림 2-33은 컨베이어, 대차, 두상모노레일+대차를 이용한 베드에서부터 트럭까지의 시간당 작업자 이동량을 나타낸 그래프이다. 작업자의 이동량은 컨베이어를 이용하였을 때 시간당 평균 522 걸음으로 나타났으며, 이것은 대차사용일 때 1,155 걸음과 대차+두상모노레일을 사용하였을 때 970 걸음으로 컨베이어를 사용하였을 때 유의적으로 가장 적게 나타났다. 대차와 대차+두상모노레일 사용시 컨베이어 벨트 사용보다 걸음수가 약 2배 이상의 걸음수로 나타나 컨베이어 사용이 작업의 생력화에 매우 효율적이라는 것을 알 수 있었다.

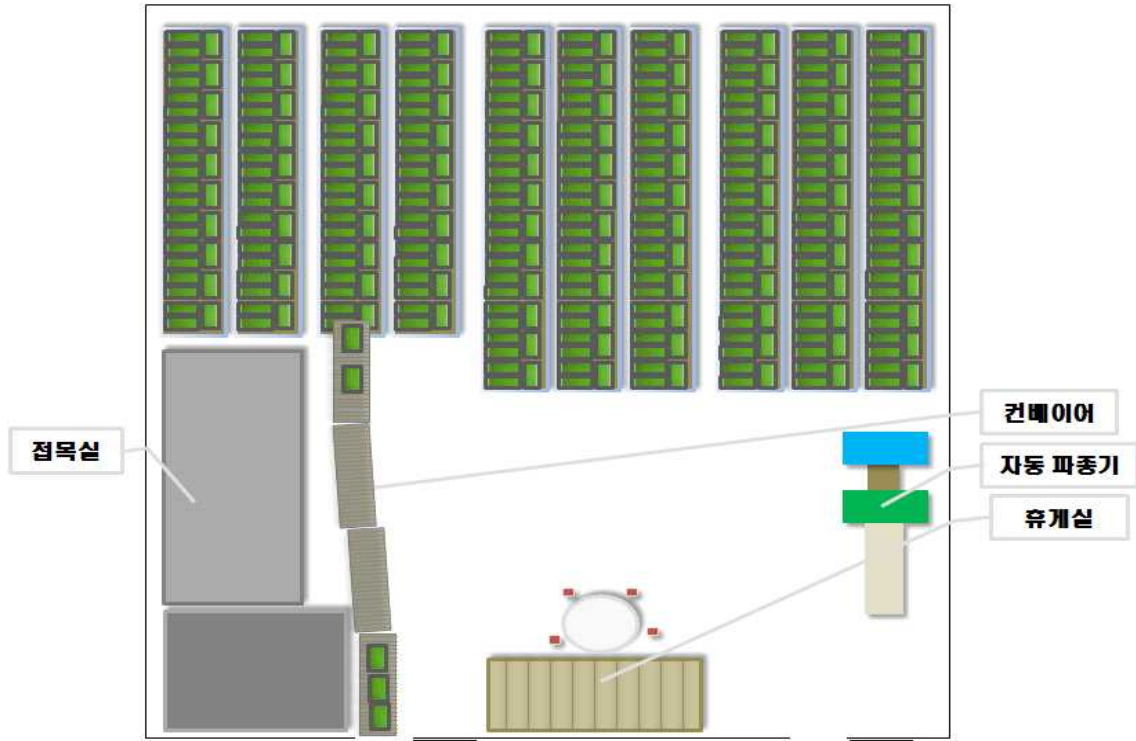


그림 2-34. 육묘장내 육묘트레이 운반을 위한 효율적 컨베이어 설치 모식도.

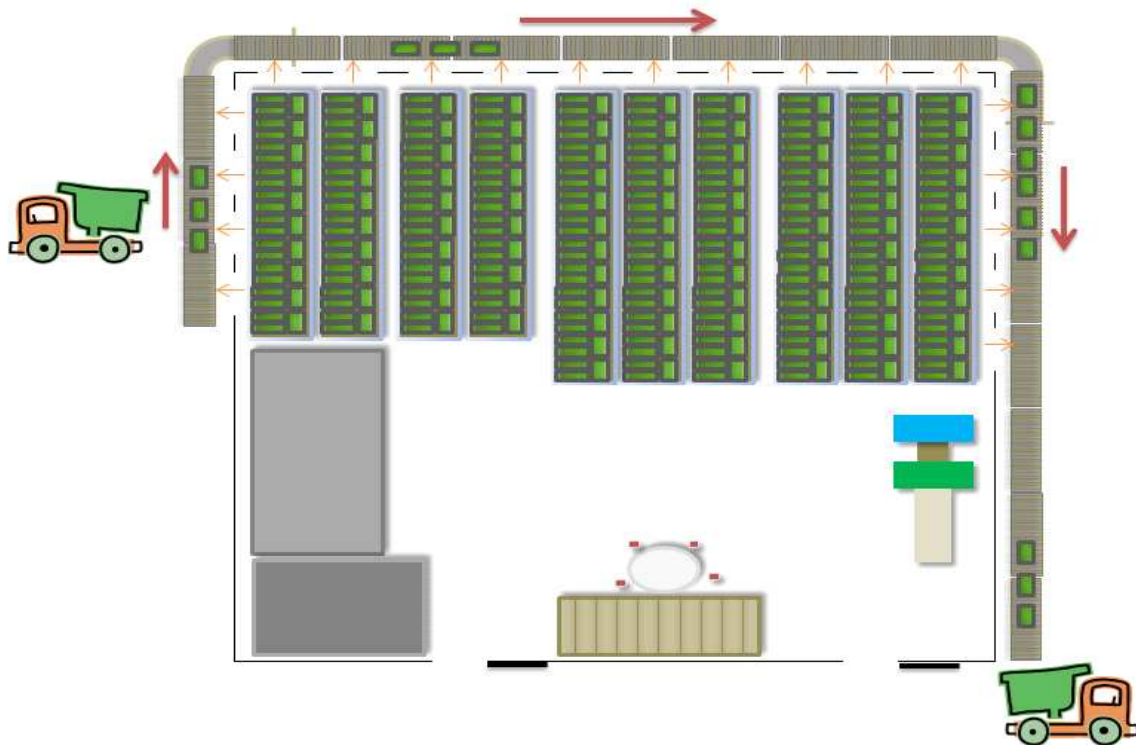


그림 2-35. 고성 육묘장에서의 간이 이송장치(컨베이어)의 배치방안 구상도.

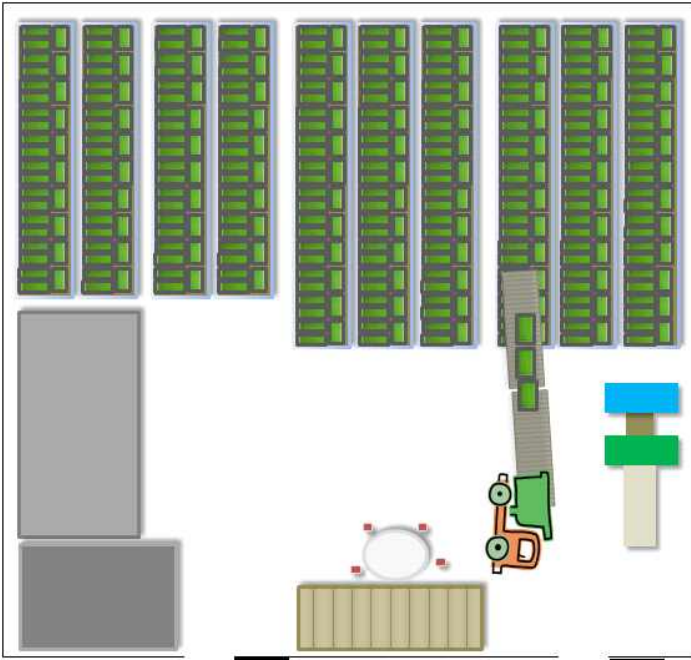


그림 2-36. 고성 육묘장에서의 간이 이송장치(컨베이어)의 배치방안 구상도.

그림 2-34는 현재 육묘장에서 시행되고 있는 트레이 운반 방법이다. 보다 효율적이고 응용 가능한 두 가지 방법을 강구하였는데 첫 번째는 그림 2-35와 같이 컨베이어를 육묘 온실 외곽으로 ‘ㄷ’자 형태로 둘러 트레이가 정문을 통과하지 않고 온실 3면을 이용하여 온실 외부의 운반트럭까지 이동시키는 방법이다. 이 방법은 기존의 방법에 비해 여러 대의 트럭이 대기하고 있을 때 온실 앞의 혼잡을 방지하고, 여러 대의 트럭이 동시에 온실 외곽에 정차하여 트레이를 실을 수 있기 때문에 대기 시간을 줄일 수 있으며, 내부의 작업 인력을 한곳에 집중하지 않고 분산하여 작업을 할 수 있는 장점이 있다. 그림 2-36의 방법은 트럭을 온실 내부로 출입할 수 있도록 하여 온실 내부에서 트레이를 실어 갈 수 있도록 하는 방법이다. 이 방법은 트레이의 이동거리가 짧은 장점뿐만 아니라 컨베이어의 사용 개수를 최소화 할 수 있는 장점이 있다.



그림 2-37. 육묘장에서 이용되고 있는 자동 기계 및 수동 장비(A, 채소 육묘용 자동파종기; B, 지게차; C, 별씨 육묘용 자동파종기; D, 손수레; E, 육묘상; F, 지게차를 이용한 육묘 상 운반).

보통 육묘장 노동자들의 주요 업무는 파종, 트레이 이송, 관수, 약제 살포, 접목, 잡초제거, 보식 등이 있다. 이들 중 가장 악성 노동의 종류로는 트레이 운반작업이 될 수 있다. 여성 노동자의 하루 임금은 45,000원, 식대 7,000원 간식비 2,000원과 교통비 10,000원을 포함하여 한 달 동안의 순수임금(1,350,000원)과 제잡비(570,000원)를 포함하여 총 1,920,000원이다. 수동 컨베이어(롤러식) 한 대의 가격은 400,000원이고, 자동 컨베이어 한 대의 가격은 한화 1,200,000원이며, 높낮이가 조절 가능한 자동 컨베이어의 가격은 한 대 2,000,000원, 이동형 충전식 배터리는 한 대 100,000원으로 수동컨베이어(롤러식) 3대, 자동 컨베이어(벨트식) 2개, 높낮이가 조절 가능한 자동 컨베이어 1대, 이동형 충전식 배터리 한 대를 구입한다면 총 한화 6,100,000원이 소요된다. 묘생산 온실 내부에서 이송을 위한 컨베이어의 사용은 노동절약과 시간단축 측면에서 효율적이었다. 여성 노동자 3명의 한 달 임금으로 컨베이어의 설치가 가능하다. 노동효율을 고려했을 때, 컨베이어의 사용은 노동 인력을 이용하는 것 보다 좀 더 안정적으로 시간과 공간에 구애받지 않고 활용할 수 있다는 장점과 함께 비용적인 측면에서 경제적이며, 노동자들에게 이동작업량을 획기적으로 상쇄하여 허리와 관절을 사용하는 악성노동에서 해방될 수 있으며, 근육통과 관절염을 줄여 노동환경을 보다 쾌적하게 제공해 줄 수 있을 것으로 판단된다.

라. 요약

작업자의 이동량은 컨베이어를 이용하였을 때 유의적으로 가장 적게 나타났다. 컨베이어의 사용으로 시간당 베드로부터 트럭까지 트레이를 유의성 있게 가장 많은 양을 옮길 수 있는 것으로 나타났다. 컨베이어의 사용시 노동자의 이동량을 줄이고, 동일 시간당 더 많은 트레이를 옮길 수 있음을 알 수 있었다. 간이 이송장치인 컨베이어를 이용한 효율적 트레이 운반 방법으로 온실 외곽에 컨베이어를 ‘ㄷ’자로 설치하여 트레이 운반을 정문만을 통과하지 않고 온실 3면을 모두 활용하여 밖으로 이동시키는 방법과 트럭을 온실 내부로 출입할 수 있도록 하여 온실 내부에서 트레이를 실어 갈 수 있도록 하는 방법이 있다. 노동자 3명의 한 달 임금으로 컨베이어의 설치가 가능함을 알 수 있다. 노동효율을 고려했을 때, 컨베이어의 사용은 노동자를 이용하는 것 보다 좀 더 안정적이고 비용적인 측면에서 경제적이며, 노동자들이 근육통 관절염을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 또한 원하는 시기에 언제든지 사용가능하며, 신속하게 설치 및 해체가 가능하다는 장점이 있으며, 무게가 가벼워 여성들도 다양한 배치 아이디어를 강구하여 손쉽게 설치가 가능하다는 장점이 있다.

3. 국내외 기계접목장치의 생산현황 분석

가. 서언

국내의 공정육묘 산업은 이미 1992년부터 도입되어 발달하기 시작했다. 노동력의 감소와 높은 임금 등으로 인해 묘종의 집단생산이 필수적일 뿐만 아니라 육묘 및 정식의 기계화와 묘종의 상품화를 위한 규격묘의 생산과 전문성이 첨가된 육묘와 재배의 분업화가 절실함에 따라 이러한 조건들을 만족시킬 수 있는 육묘 기술이 도입되고 있다. 농촌인구의 급격한 감소와 노동력 부족은 육묘의 분업생산을 촉구하게 되었고, 농협, 종묘회사 또는 개인업자들이 재배자들의 수요에 부응하여 공정육묘시스템을 개발하여 운영 중이다. 본 연구에서는 한국, 일본, 네덜란드 3국의 접목로봇 제조회사 생산현황과 대상 작물, 시간당 처리주수, 가격 등을 비교 분석하였다.

나. 재료 및 방법

한국, 일본, 네덜란드의 접목로봇을 생산하는 회사의 종류와 주요 대상 작물, 시간당 처리주수, 가격 등을 조사하였다.

다. 결과 및 고찰



그림 2-38. Helper Robotech社의 기계접목기(한국).



그림 2-39. ISO社의 완전 자동 접목기(네덜란드).



그림 2-40. ISO社의 반자동 접목기(네덜란드).



그림 2-41. Iseki社의 완전 자동 접목기(일본).



그림 2-42. Iseki社의 반자동 접목기(일본).

한국의 접목로봇은 Helper Robotech社에서 유일하게 제조/판매되고 있으며, 반자동으로 박과작물인 ‘오이’와 가지과 작물인 ‘토마토’를 대상으로 하고 있다. 이 기계는 시간당 600-900주를 접목할

수 있으며(실제 실험결과 522주), 한대의 기계에 2-3명의 인원이 필요하다. 가격은 대당 약 24,000,000원 안팎으로 알려져 있다. 네덜란드의 ISO 접목로봇 제조 회사는 완전 자동과 반자동 접목로봇 기계를 생산하고 있다. 완전 자동 접목로봇인 ISO Graft 1200 모델은 토마토와 가지를 대상 작물로 하고 있으며, 시간당 1,050 주를 처리할 수 있다. 기계 한 대 당 1명의 인력이 필요하며, 125,000 €(한화 약 155,000천 원)에 판매되고 있다. 반자동 접목로봇인 ISO Graft 1100 모델은 토마토를 대상 작물로, 대당 시간당 900주를 처리할 수 있으며, 기계 한 대 당 2명의 인력이 필요하다. 일본에서는 ISEKI社에서 완전 자동과 반자동 접목로봇을 생산하고 있다. 완전 자동 접목로봇은 오이를 대상 작물로 하고 있으며, 기계 한 대 당 1인의 인력이 필요하다. 시간당 800주를 처리할 수 있고, 대당 10,290,000 ₩에 소비된다. 반자동 접목 로봇은 토마토, 오이, 가지를 대상작물로 하고 있으며, 기계 한 대 당 3인의 인력이 소비된다. 시간당 800주를 처리할 수 있고, 대당 10,290,000 ₩에 소비된다.

라. 요약

공정묘 주요 생산국인 한국, 일본, 네덜란드의 접목로봇 생산 현황을 분석한 결과 각 나라별 제조업체가 그리 많지 않고, 시장 규모가 작으며, 단가가 높아 경제성 측면에서 규모화된 육묘장에서 접목로봇의 현장 적용률을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 또한 접목로봇의 단점을 보완하고, 현장에 적용할 수 있도록 보완하여 단가를 낮추어 수요를 높여야 할 것으로 판단된다.

4. 하절기 시설 내 공정묘 생산을 위한 차광제의 종류와 농도에 따른 온도저감 효과

가. 서언

공정육묘는 대부분 시설 내에서 이루어지므로 하절기에 양질의 묘를 연중 생산하기 위해서는 인위적인 환경관리가 필수적이다. 하지만 여름철 고온현상이 작물의 성장을 저해하고 온실 내의 작업환경을 악화시키는 등 많은 문제점이 지적되고 있다. 따라서 이러한 여름철 온실의 고온에 대응할 수 있는 적극적인 냉방대책이 필요하다. 최근에 대체에너지 기술의 발달로 냉방을 위한 적극적인 시스템의 도입이 이루어져 공기열 히트펌프와 지열냉난방시스템 등이 설치되고 있는데, 냉방 효율성과 에너지 절감효과는 탁월하지만 공기열 히트펌프(ha당 5억 원)와 지열 시스템(ha당 10억 원)을 이용하는데 드는 초기투자비용은 농가에 큰 부담으로 작용한다. 현재 우리나라 농가에서 가장 많이 활용하는 냉방 대책으로는 경제적인 부담이 적은 천창과 측창의 개방, 차광 스크린의 이용, 환기팬의 이용, fan coil unit의 이용, 포그와 미스트 시스템, 스프링클러, 팬앤드패드 시스템의 이용 등 다양한 방법이 적용되고 있다. 공정육묘장에서 하절기에 고품질의 묘생산과 접목 후 활착과 순화를 위한 적절한 온도하강을 위한 노력으로 다양한 냉방기술을 이용하고 있으며 특히 과도한 시설비 투자나 에너지의 투입을 최소화하여 효율적인 여름철 온실 내부의 온도 상승을 억제할 수 있는 기술의 탐색이 활발히 진행되고 있다. 최근 이러한 문제를 해결할 방안으로 냉방의 보조적 수단인 차광제에 대한 관심이 높아지고 있다. 파프리카 재배시 차광제를 사용하면 시설 내 온도를 1-2°C 낮출 수 있으며 차광막보다 시설내로 들어오는 빛을 고르게 분포시키기 때문에 과피색이 선명하고 진한 과실을 많이 착과시킬 수 있고, 일소과(햇볕 데임 현상), 배꼽썩음과, 그리고 기형과의 발생도 적어 고품질 열매를 생산할 수 있다는 보고가 있다. 본 연구에서는 차광제 종류별, 농도별 하절기 공정육묘 생산온실 내 온도 저감 효과와 경제적이며 효율적인 차광제의 종류와 농도를 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

경상대학교 농업생명과학대학 부속농장 유리온실에 수행되었으며 시험작물은 토마토 ‘슈퍼도태랑’ (*Solanum lycopersicum* L. ‘Superdoterang’)을 이용하였다. 토마토 종자를 2014년 3월 24일 72공 트레이(54 × 28cm)에 파종하였고, 본엽이 2매가 전개되고 엽장이 약 3cm가 된 후 간이온실 당 36주씩 배치하여 2014년 4월 19일부터 5월 10일까지 재배하였으며, 7일 간격으로 총 4회 토마토의 생육을 조사하였다. 처리를 위한 간이온실은 가로 61cm, 세로 55cm, 높이 61cm의 육면체 틀로, Polyethylene(PE) 두께 1mm 플라스틱 필름을 이용하여 간이온실의 바닥에서 5cm 높이의 통풍구를 제외하고 전면 피복하였다(그림 2-43 참조). 차광제는 국산 선택적 광 차단제(Korean photo-selective shading agent, K-S)와 전체 광 차단제(Imported all light shading agent, I-A), 수입 선택적 광 차단제(Imported photo-selective shading agent, I-S)를 각각 30%(water : shade agent = 7:3, v/v), 60%(30%×2회)로 처리하였다. K-S와 I-S는 광 선택적 차광제로 식물의 광합성에 중요한 광합성유효광(400-700nm)은 투과시키면서 자외선과 적외선을 차단시켜주며, I-A(수입산 차광제)는 전체 광 차단제이다. 차광제의 처리농도는 30%를 물과 차광제 7:3 비율로 혼합하였고, 60%는 30% 농도로 2회 살포한 후 대조구와 함께 7처리{(3가지 차광제 처리 × 2가지 차광농도) = 6 처리} + 대조구 = 총 7처리} 2반복 완전임의배치 하였다. 그림 2-44는 온실내부 간이온실 배치상세도로써 유리온실 방향과 내부의 구조물에 의한 일사량 차이에 따른 실험오차를 최소화하기 위해 매일 오전 09:00시에 간이온실과 식물체(토마토묘)를 이동시켰다. 하루는 온실입구를 기준으로 왼쪽과 오른쪽을 이동시키고, 하루는 온실입구를 기준으로 앞뒤로 이동시켰다. 조사항목으로는 환경측정과 생육지표를 조사하였다. 환경측정에는 내외부 온습도, 간이온실 지붕온도, 식물체온도,

지표면온도, 광도를 측정하였고, 식물의 생육조사는 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽록소 값(SPAD 502, Minolta, Japan), 엽록소 형광(PAM-2100, Heinz Walz GmbH, Germany)을 7일 간격으로 측정하였으며, 최종 생육 조사에서는 근장과 엽면적(LI-3100, LI-COR Inc., USA), 지상부와 지하부의 생체중 및 건물중을 함께 측정하였다. 통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute., Cary, NC, USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 시행하였다.



그림 2-43. 2014년 4월 19일에 배치된 유리온실 내부의 간이온실과 토마토(*Solanum lycopersicum* L. 'Superdoterang')의 배치 모습.

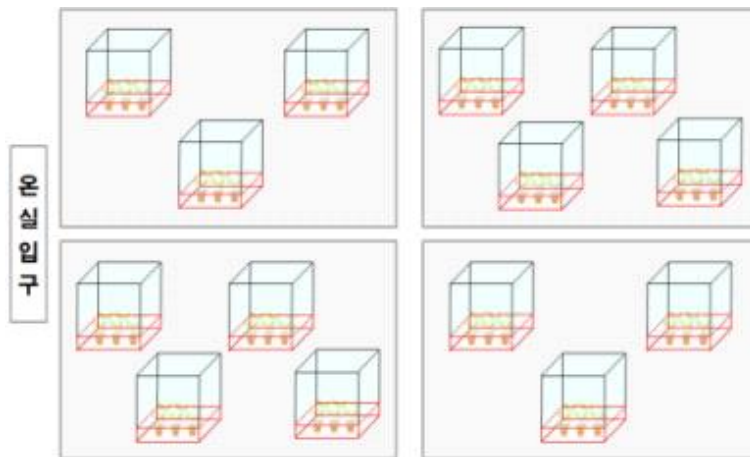


그림 2-44. 유리온실 내부의 간이온실 배치 상세도.

다. 결과 및 고찰

표 2-2. 차광제 종류와 처리농도에 따른 간이온실의 지붕, 배지, 식물체의 온도 및 광도.

Treatment ^z	Temperature (°C)			Light intensity ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
	Roof	Medium	Plant	
Control	28.75 bc ^y	24.37 a	23.25 ab	1,473.2 a
K-S 30%	27.98 c	22.17 bc	21.78 b	1,006.4 c
K-S 60%	29.92 a	24.55 a	22.48 ab	636.3 d
I-S 30%	26.82 d	23.07 ab	23.80 ab	1,280.6 a
I-S 60%	28.00 c	20.77 cd	22.48 ab	1,079.4 b
I-A 30%	26.85 d	19.78 d	22.37 ab	939.4 c
I-A 60%	29.50 ab	23.83 ab	24.18 a	822.1 cd

^zK-S, Korean selective light shading agent; I-S Imported selective light shading agent; and I-A, Imported all light shading agent. 30% (water:shade = 7:3(v/v)) and 60% (30% × 2 times).

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

표 2-2는 차광제 종류와 처리농도에 따른 간이온실의 지붕, 식물체 배지, 식물체 온도 및 광도를 나타낸 것이다. 간이온실의 지붕온도는 I-S 30%와 I-A 30% 처리구에서 각각 26.82°C와 26.85°C로 유의적으로 낮은 값을 보였고, K-S 60%에서 29.92°C로 가장 높은 값을 나타냈다. 배지온도는 K-S 30%에서 19.78°C로 가장 낮게 나타났으며, 배지온도는 지붕 온도의 결과와 같이 K-S 60%에서 가장 높은 값이 나타났다. 식물체의 생육에 실질적으로 영향을 미치는 식물체 온도는 K-S 30%에서 21.78°C로 가장 낮은 값이 나타났다. K-S 30%는 지붕온도와 배지온도에서는 효과는 미미하였으나, 식물체온도를 낮추는데 가장 효과적이었으며, 대조구와 비교하였을 때 1.47°C의 온도저감을 하였다. I-A에서 식물체 온도가 가장 높았는데 I-A은 전체광차광제로 60%의 농도로 처리하게 되면 광차광율(대조구에 비하여 광도가 44% 낮음)이 낮아지지만 식물 광합성이 원활하지 못해 기공을 닫게 되고 증산이 억제되어 공기온도에 비해 식물체 온도가 상승한 것으로 판단된다. 광도는 대조구에서 1,473.2 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 가장 높게 나타났으며 K-S 60%에서 636.3 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 가장 낮게 나타났다. K-S 60%가 광도가 가장 낮음에도 불구하고, 식물체 온도가 I-A 60% 보다 낮은 것은 광선택적 차광제로서 광합성에 유효한 광을 충분히 투과시켜 광합성과 증산작용이 원만하게 진행된 것으로 판단된다. K-S 30% 처리구에서 1,006.4 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 광도로 유지하면서 식물체의 온도를 낮출 수 있었다.

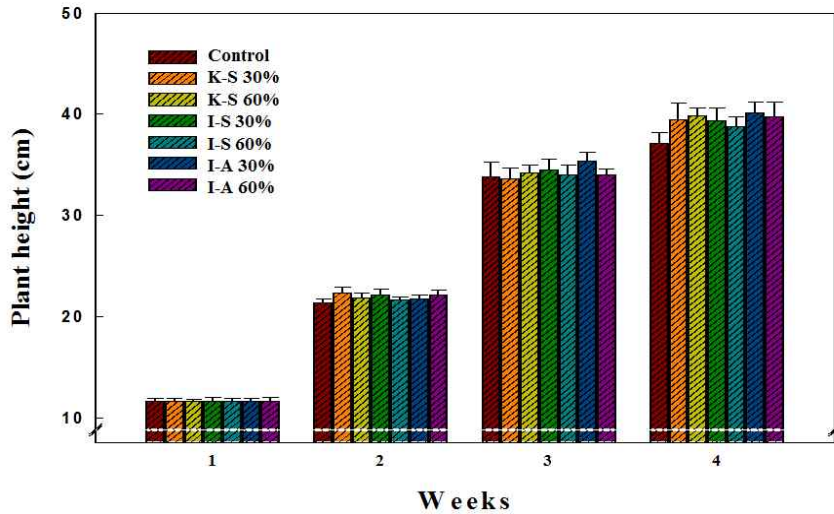


그림 2-45. 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토 유묘의 차광 처리 후 4주간 초장의 변화.

그림 2-45는 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 차광 처리 후 4주간의 초장 변화를 나타낸 것이다. 초장은 처리간에 유의적인 차이가 없었으나 4주째에 대조구에서 초장이 다른 처리구들에 비하여 가장 작은 경향을 보였다.

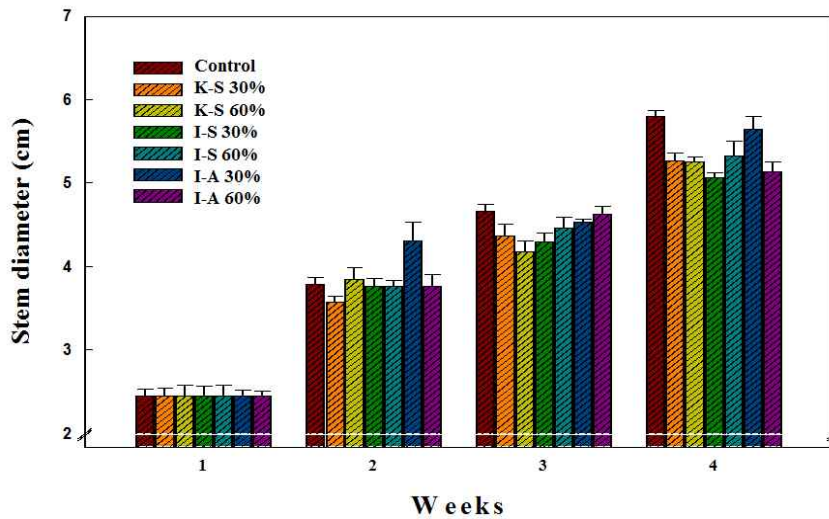


그림 2-46. 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토 유묘의 차광 처리 후 4주간 경경의 변화.

그림 2-46은 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 차광 처리 후 4주간 경경의 변화를 나타낸 것이다. 경경은 2주째에 I-A 30% 처리구에서 유의적으로 높게 나타났으며, 3주째에는 대조구에서 유의적으로 높은 값이 나타냈다. 4주째에는 대조구와 I-A 30%에서 가장 높은 값을 나타냈다.

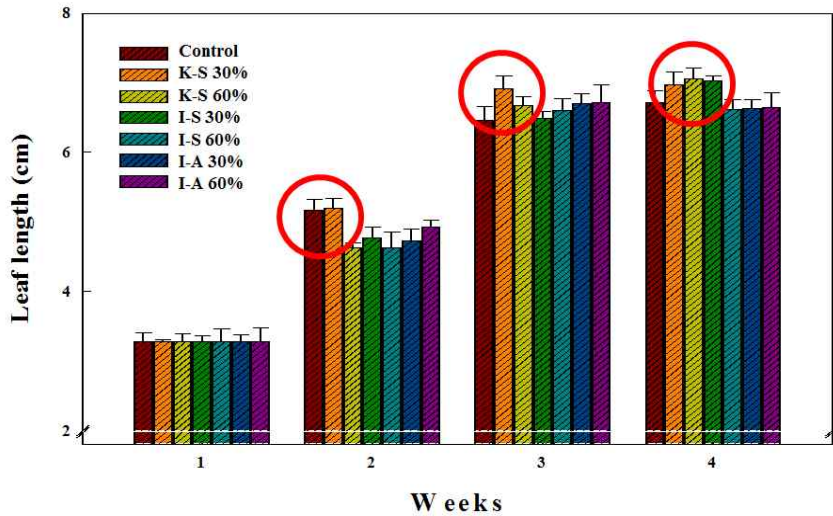


그림 2-47. 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토 유묘의 차광 처리 후 4주간 엽장의 변화.

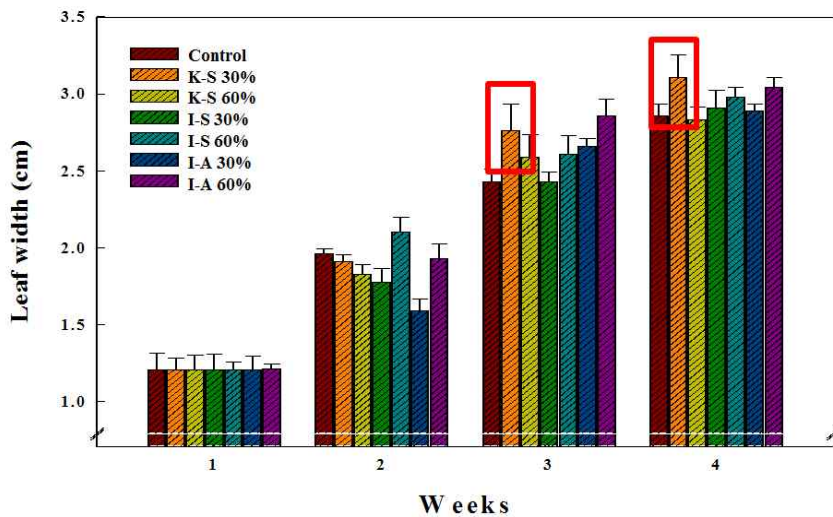


그림 2-48. 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토 유묘의 차광 처리 후 4주간 엽폭의 변화.

그림 2-47은 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 차광 처리 후 4주간 엽장의 변화를 나타낸 것이다. 엽장은 2주차에서는 대조구와 K-S 30%에서 유의적으로 높은 값을 나타냈다. 3주차에는 K-S 30% 처리구에서 가장 길었으며, 대조구와 I-S 30%에서 엽장이 가장 짧았다. 4주차에는 K-S 30%, K-S 60%, I-S 30% 처리구에서 가장 높은 값을 나타냈다. K-S 처리구에서 엽장의 생육에 효과가 있다는 것을 알 수 있었으며, 특히 K-S 30%에서 명확한 효과를 나타냈다. 그림 2-48은 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토묘의 차광 처리 후 4주간 엽폭의 변화를 나타낸 것이다. 2주차에는 I-S 60%에서 엽폭이 유의적으로 넓게 나타났으나, 3주차와 4주차에서는 I-A 60%와 K-S 30% 처리구에서 엽폭이 가장 넓었다.

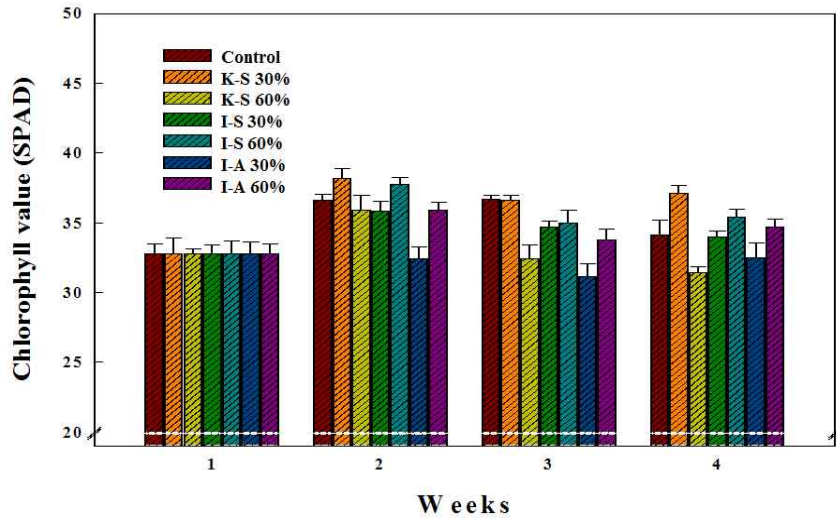


그림 2-49. 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토 유묘의 차광 처리 후 4주간 엽록소 값의 변화.

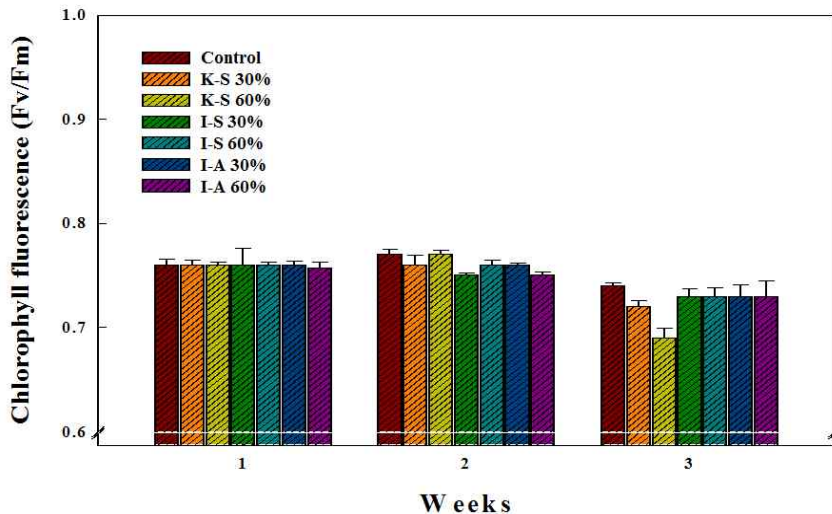


그림 2-50. 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토 유묘의 차광 처리 후 3주간 엽록소 형광 값의 변화.

그림 2-49는 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토 유묘의 차광 처리 후 4주간 엽록소 값의 변화를 나타낸 것이다. 엽록소 값은 2주차에는 **K-S 30%**와 **I-S 60%** 처리구에서 유의적으로 높았으며, 3주차에는 대조구와 **K-S 30%**가 높았으며, 4주차에는 **K-S 30%**에서 유의적으로 가장 높은 값으로 측정되었다. 반면, **I-A 30%**와 **K-S 60%** 처리구에서 엽록소 값이 가장 낮게 측정되었다. 이는 **K-S**가 30% 농도로 처리 되었을 때 광합성에 효과적인 광합성유효광 파장(400-700nm)을 광선택적으로 투과하고 UV(Ultraviolet)와 IR(Infrared)의 투과를 억제하여 광합성을 활성화하여 엽록소의 값이 증가한 것으로 판단되며 60%농도의 차광 처리구에서는 오히려 엽록소 값이 저하됨을 알 수 있었다.

그림 2-50은 차광제 종류와 농도에 따른 ‘슈퍼도태랑’ 토마토 유묘의 차광 처리 후 3주간 엽록소 형광 값의 변화를 나타냈다. 엽록소 형광반응 측정을 통해 식물의 스트레스 정도 알 수 있다. 식물의 종류와 품종에 따라 스트레스를 받는 기준이 다르고 수치 또한 다르게 나타난다. 일반적으로

작물이 고온스트레스를 받으면 Fo(Initial fluorescence)의 값은 증가하고 Fm(Maximum fluorescence) 값은 감소하여 Fm/Fo 값은 작물의 스트레스 지표로 사용한다. Fm-Fo 값은 Fv(Variable fluorescence)이며, Fv/Fm(Photochemical efficiency)은 광합성효율을 나타낸다. 이 때 Fv/Fm 값이 낮게 나타날수록 식물체가 스트레스를 받는데, 3주차에서 모든 처리구에서 0.7 이상으로 나타났으나, K-S 60%에서 엽록소 형광의 수치가 0.7 이하로 유의적으로 낮게 나타나 식물이 스트레스가 가장 높은 것으로 판단된다.

표 2-3. 차광제 종류와 처리농도에 따른 토마토 유묘의 차광 처리 후 4주째에 측정된 근장, 엽면적, 생체중, 건물중, T/R율.

Treatment ^z	Root length (cm)	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio
			Shoot	Root	Shoot	Root	
Control	18.48 a ^y	176.81 c	12.69 a	2.95 a	1.15 b	0.40 a	3.12 c
K-S 30%	14.97 b	205.26 abc	13.38 a	2.82 ab	1.17 b	0.33 ab	3.56 bc
K-S 60%	15.90 ab	196.40 bc	13.58 a	2.30 bc	1.34 ab	0.32 ab	4.38 abc
I-S 30%	16.95 ab	201.93 abc	12.88 a	2.08 c	1.15 b	0.30 b	3.94 abc
I-S 60%	18.97 a	209.24 ab	13.45 a	1.78 c	1.14 b	0.27 b	4.32 abc
I-A 30%	17.07 ab	228.37 a	13.88 a	1.69 c	1.35 ab	0.27 b	4.99 ab
I-A 60%	16.75 ab	204.55 abc	12.56 a	1.78 c	1.49 a	0.30 b	5.61 a

^zK-S, Korean photo-selective shading agent; I-S Imported photo-selective shading agent; and I-A, Imported all light shading agent. 30% (water:shade = 7:3(v/v)) and 60% (30% × 2 times).

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

표 2-3은 차광제 종류와 처리농도에 따른 토마토 유묘의 차광 처리 후 4주째에 측정된 근장, 엽면적, 생체중, 건물중, T/R율을 나타낸 결과이다. 근장은 대조구와 I-S 60%에서 각각 18.48cm와 18.97cm로 유의적으로 가장 길게 측정됐고, 엽면적은 I-A 30%에서 가장 높았다. 지상부 생체중은 처리별 유의차가 없었고, 지하부 생체중은 대조구에서 가장 높았다. 지상부 건물중은 I-A 60%에서 1.49g으로 가장 높았고, 지하부 건물중은 대조구에서 0.40g으로 가장 높은 값을 나타냈다. 마지막으로 T/R율은 식물의 지상부와 지하부의 건물중 무게 비율을 말하는데, T/R율은 대조구에서 3.12로 가장 낮게 나타났으며, 그 다음으로 K-S 30%에서 3.56으로 낮은 값을 나타냈다.

결과적으로 K-S 30%를 처리하였을 때 환경적인 측면에서 식물체의 온도를 낮춤과 동시에 적정광도를 유지할 수 있었고, 생육지표 측면에서는 엽장, 엽폭, SPAD 값이 높았다. 본 연구의 결과로 하절기 고품질 토마토 공정묘를 생산하기 위해서는 K-S 차광제 30% 농도를 처리하는 것이 식물체의 온도 저감과 생육에 가장 효과적이었다.

라. 요약

차광제 처리에 따른 식물체 온도저감 효과는 K-S 30%에서 가장 효과적으로 낮은 값을 나타냈으며, 초장은 처리별 유의차가 없었고, 경경은 대조구에서 높은 값을 나타냈다. 엽장과 엽폭은 K-S 30% 처리구에서 시간의 경과에 따라 가장 길고, 넓었다. SPAD 값 역시 K-S 30%에서 가장 높았는데, 이는 K-S가 광선택적 차광제로써 효과를 보여준 것으로 판단된다. 엽록소형광 값은 3주차 K-S 60%에서 가장 낮게 나타나 스트레스 수치가 높았으며, 그 외 처리구에서는 유의적인 차이가 없었다. 근장과 엽면적, 지상부와 지하부의 생체중 및 건물중은 차광제 종류와 처리농도에 따른 유의적인 차이가 없었다. 지상부와 지하부의 건물중 무게 비율인 T/R율은 대조구와 K-S 30%에서 가장 낮은 값이 나타났다. 따라서 K-S 30%를 처리하는 것이 식물체의 온도 저감과 생육에 가장 효과적이다.

5. 하절기 육묘장 내 다양한 냉방시스템에 따른 온도하강 효율성 비교

가. 서언

대부분의 공정육묘는 시설내에서 이루어지며 특히 하절기에 고품질의 공정묘를 연중 생산하기 위해서는 인위적인 환경관리가 필수적이다. 하지만 여름철 고온현상이 작물의 성장을 저해하고 온실 내의 작업환경을 악화시키는 등 많은 문제점이 지적되고 있다. 따라서 이러한 여름철 온실의 고온에 대응할 수 있는 적극적인 냉방대책이 필요하다. 현재까지 개발된 기화원리를 이용한 냉방장치인 팬앤드패드, 팬앤드미스트, 지붕살수 방법 그리고 내부 공기 유동팬과 환기팬 등의 사용으로 5°C 내외로 온도를 하강 시킬 수 있어 효과가 인정되고 있지만 과도한 시설투자비와 운영비에 따른 경제성 검토와 함께 과습 등에 따른 생리장애, 무름병 및 곰팡이 발생 등으로 인한 부수적인 문제점으로 인해 현장에 적용하는 사례가 적다. 따라서 상대적으로 저렴하며 쉽게 사용할 수 있고 온도저감에 효율적인 냉방 시설의 탐색이 필요하다. 본 연구에서는 하절기 육묘장 내 냉방장치(공기 유동팬, 차광 스크린, 미스트 시스템, fan coil unit)의 온도하강 효율성을 비교 분석하기 위해서 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

본 연구는 경남 진주시 금곡면 소재에 위치한 ‘우리육묘장’에 건축된 동일한 크기, 위치, 방향의 4동의 단동온실과 3연동 온실에서 수행되었다. 4동의 단동온실에 각각 (1)대조구, (2)공기 유동팬, (3)차광 스크린, (4)공기 유동팬+차광 스크린의 4가지 처리를 하였으며, 3연동 온실 1개동에서는 (1)미스트 시스템(미스트 입자: 50-100 μ m), (2)FCU(Fan Coil Unit, 팬코일유닛), (3)미스트 시스템+FCU의 3가지 처리로 실험을 수행하였다. 4개의 단동온실에서의 환경측정을 위해서 일중 가장 온도와 광도가 높은 시간대인 11:00-14:00까지의 내외부 공기 온습도 변화, 내외부 광도, 공정묘 식물체 온도, 온실 내부 온습도 분포(특정 시간대에서의 분포), 열화상 촬영을 통한 온도 분포(특정 시간대에서의 분포), 엽록소 형광을 측정하였다.

3연동 온실에서는 (1)미스트 시스템, (2)FCU 시스템, (3)미스트 시스템+FCU 시스템의 3가지 처리에 따른 온도하강효과 측정을 위해 각각 15분 간 작동되었다. 미스트 시스템은 30초 작동(30sec. On) 후 60초 멈춤(60sec. Off)으로 설정하여 총 10회 반복실험을 수행하였고, FCU 시스템과 미스트 시스템+FCU 혼용처리 역시 각각 10회 이상을 반복하여 데이터를 수집하였다. 내외부 온습도, 광도, 온실 내부 온습도 분포 및 열화상 촬영을 하였다. 실험기간은 2014년 7월 10일에서 19일까지 총 10일간 육묘장에 식물이 가장 적은 비수기를 기다려 이중 구름이 없고, 비가 내리거나 흐린 날을 피하고 가장 날씨가 맑은 고온기에 측정하였다. 단동온실 규격으로 폭이 12.5m, 길이가 90m이며, 동고는 3.7m, 간고는 1.9m의 온실에서 수행하였다(그림 2-52, 그림 2-53, 그림 2-54 참조). 단동 온실에서 공기 유동팬은 중앙의 1.45m 높이에 6m 간격의 일렬로 총 10개를 설치하였고, 55% 차광율의 차광 스크린을 설치하였다. 3연동 온실의 규격은 폭 27.3m, 길이 93m, 동고 5.8m, 간고 4m 온실에서 수행되었다. 공기 유동팬과 FCU는 그림 2-55와 같이 배치하였다. 공기 유동팬은 1.45m 높이에 약 6m 간격으로 2열로 총 26개를 설치하였고, FCU는 1.45m 높이에 약 6m 간격으로 2열로 총 24개를 설치하였다. 미스트 시스템의 노즐은 1라인 당 58개씩 총 9라인으로 총 522개의 노즐을 배치하였다(그림 2-55 참조). 처리구 온실마다 파종 후 42일째 생육된 토마토 ‘슈퍼도테랑’(*Solanum lycopersicum* L. ‘Superdoterang’) 공정묘를 40주씩 3트레이를 넣어 묘의 생육과 스트레스 정도 및 식물체 온도를 측정하였다. 통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute., Cary, NC, USA)을 이용하여 Duncan’s multiple range test를 시행하였다.

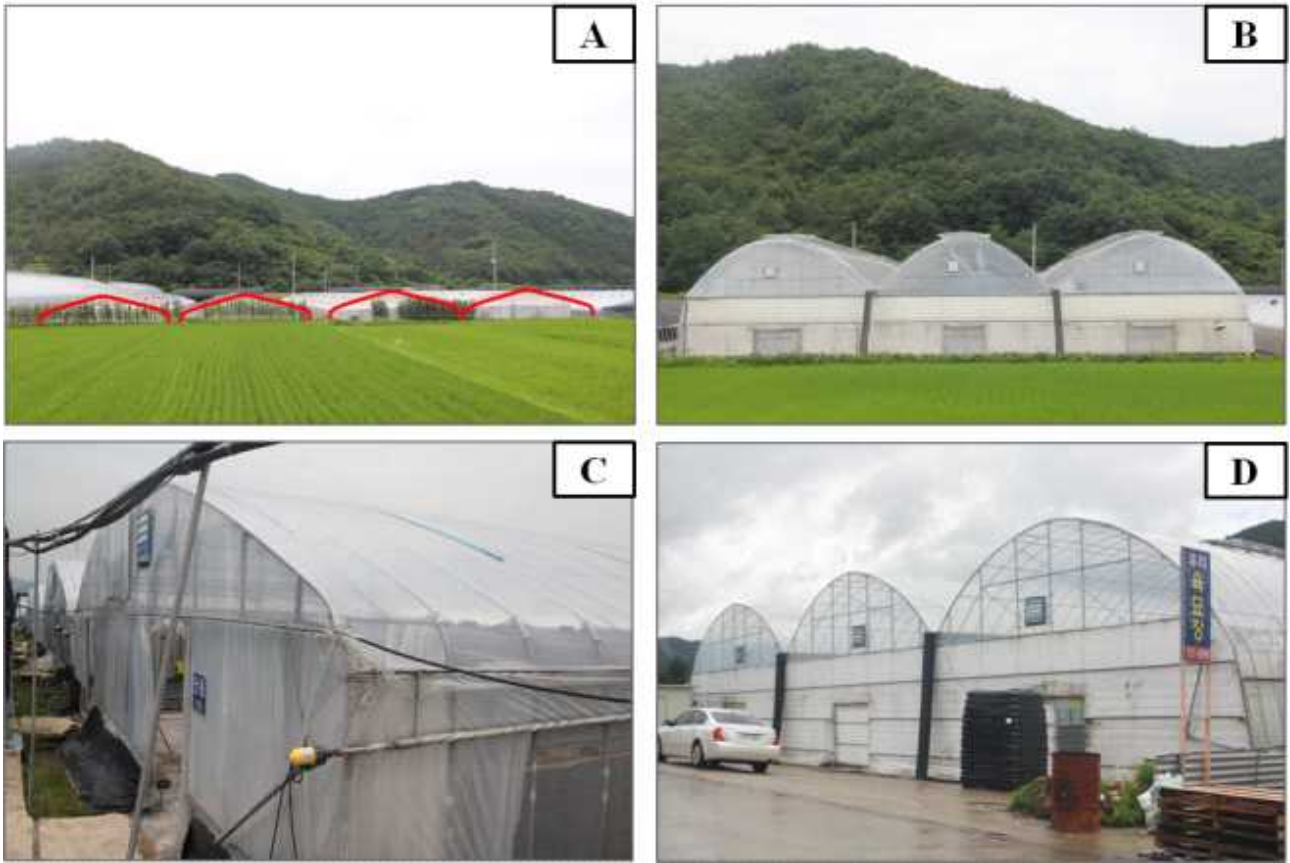


그림 2-51. 4개의 단동온실(좌)과 연동온실(우)의 전경(경남 진주시 금곡면 소재 ‘우리육묘장’).
A, 단동온실 후면; B, 3연동 온실 후면; C, 단동온실 측면; D, 3연동 온실 측면.

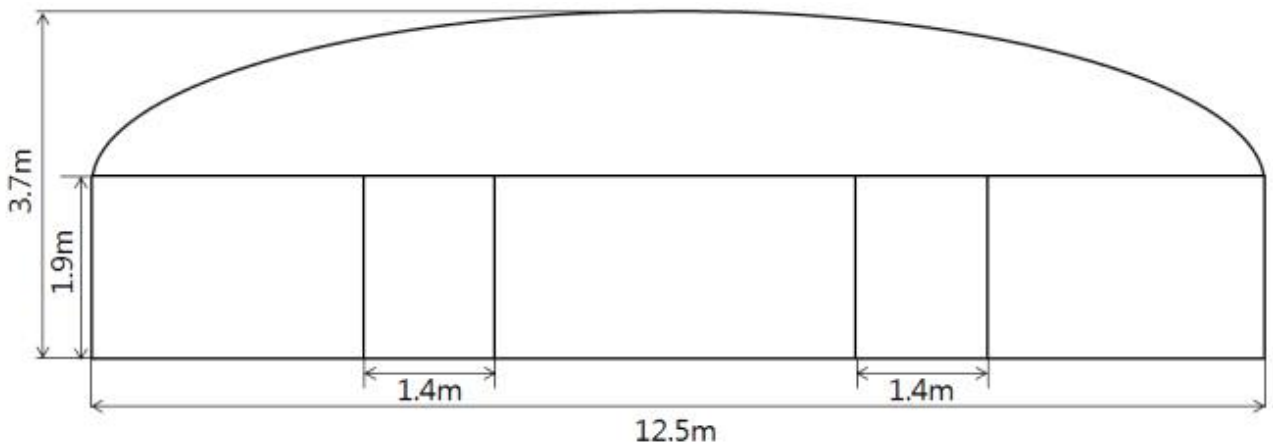


그림 2-52. 단동온실의 측면도.

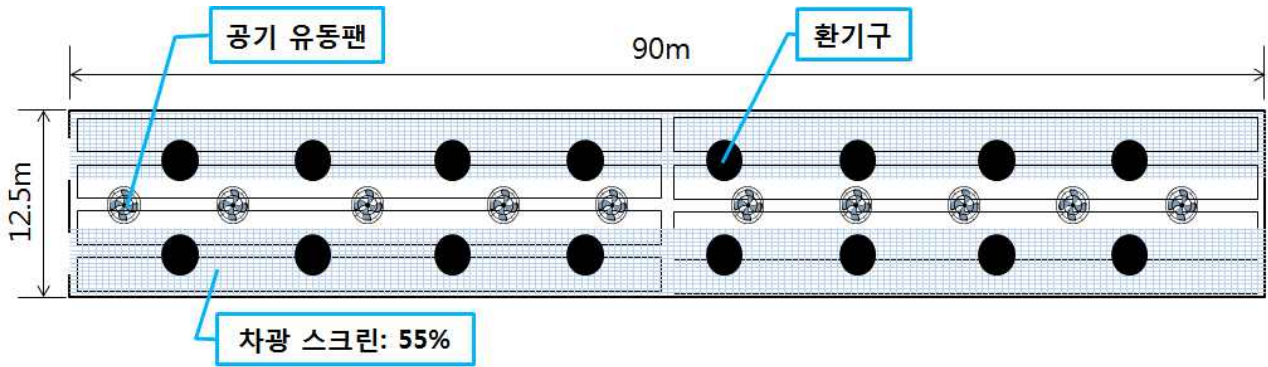


그림 2-53. 단동온실의 평면도 및 공기 유동팬과 차광 스크린의 배치도.

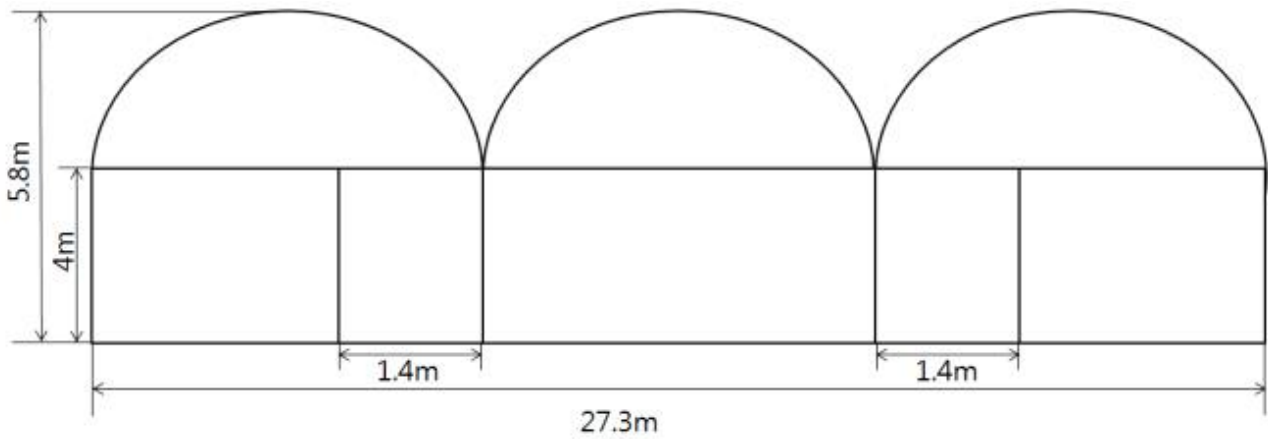


그림 2-54. 3연동 온실의 측면도.

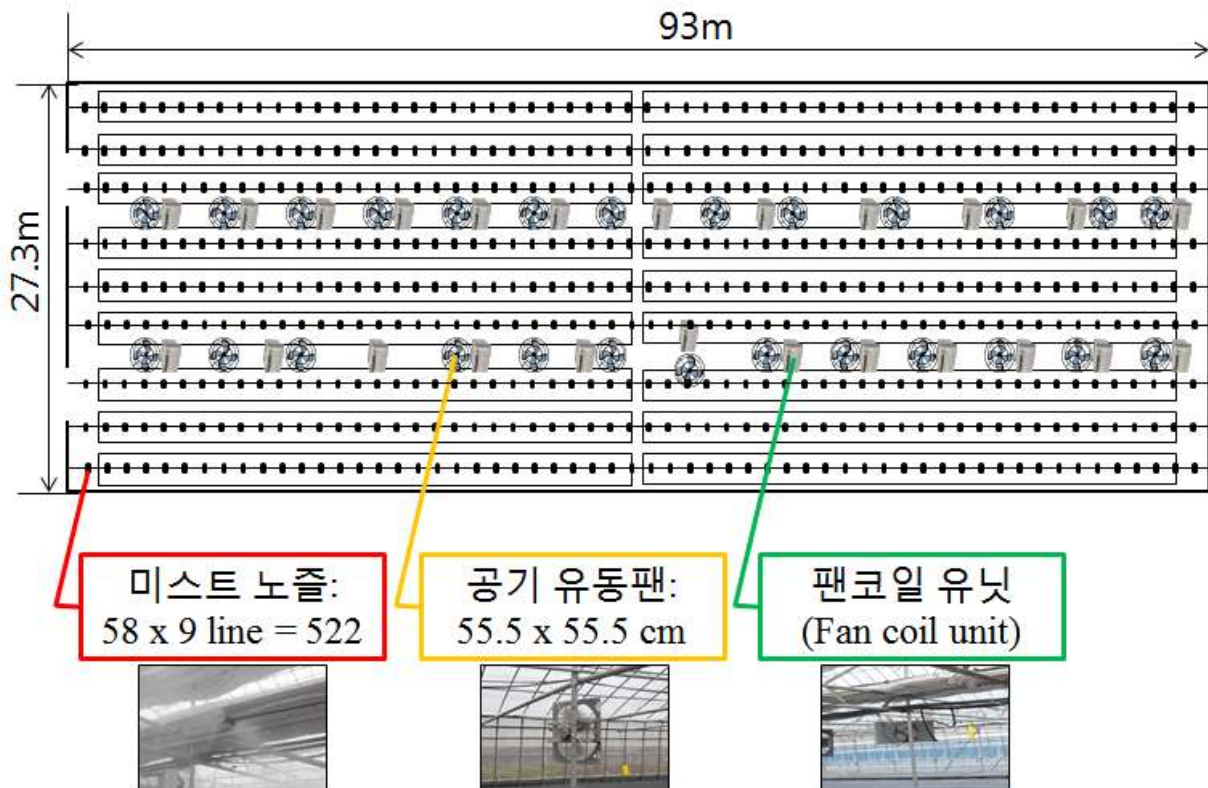


그림 2-55. 3연동온실의 평면도 및 미스트 시스템과 FCU의 배치도.



그림 2-56. 실험에 이용된 공기 유동팬, 차광 스크린, 미스트 시스템 및 팬 코일 유닛의 실제 모습.

다. 결과 및 고찰

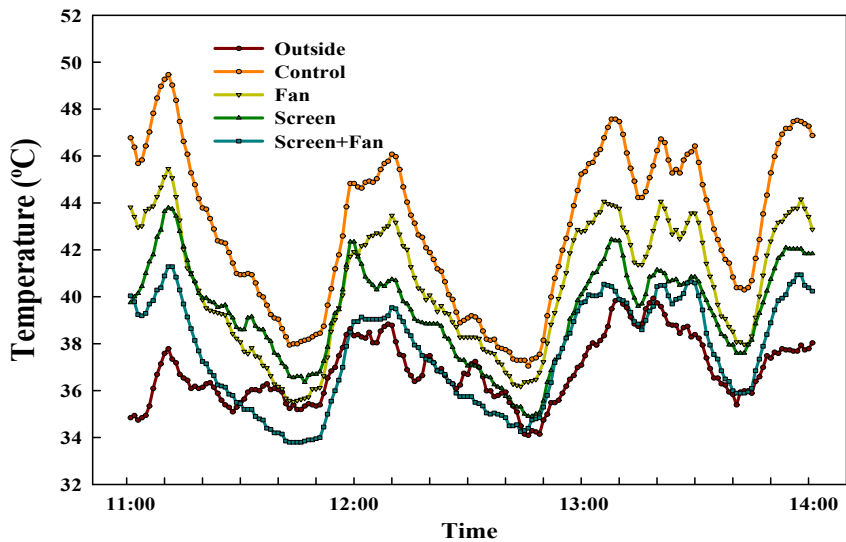


그림 2-57. 4개의 단동온실 공기 유동팬, 차광 스크린, 공기 유동팬+차광 스크린 처리와 대조구에서의 온실 내부와 외부의 3시간 동안의 온도 변화(2014년 7월 10일 측정결과).

그림 2-57은 2014년 7월 10일 오전 11:00시 부터 오후 14:00시 까지 4개의 단동온실 (1)무처리, (2)공기 유동팬, (3)차광 스크린, (4)공기 유동팬+차광 스크린을 처리하여 온실 내외부의 온도를 측정된 결과이다. 외부의 온도가 가장 낮게 나타났으며, 대조구(무처리 온실)에서 가장 온도가

높았으며, 최고온도가 49.8℃까지 상승하였다. 처리구들 중에서는 공기 유동팬과 차광 스크린 혼용 처리구에서 온도저감 효과가 가장 높았다. 11:15분경 대조구에 비해 차광 스크린+공기 유동팬을 동시에 가동한 온실에서 약 8℃정도 온도하강 효과를 보였다. 단독으로 공기 유동팬 혹은 차광 스크린을 사용할 경우 차광 스크린이 공기 유동팬보다 온도하강에 효과적이었다. 또한 단독으로 사용하기 보다는 차광 스크린을 함께 혼용하여 사용하는 것이 온도하강을 극대화 할 수 있었다.

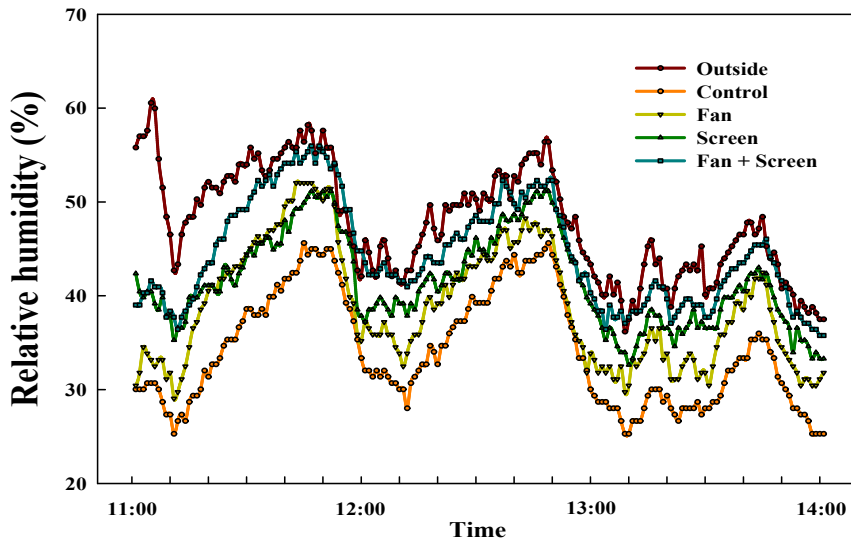


그림 2-58. 4개의 단동온실에서 공기 유동팬, 차광 스크린, 공기 유동팬+차광 스크린 처리와 대조구에서의 온실 내부와 외부의 3시간 동안의 상대습도 변화(2014년 7월 10일 측정결과).

그림 2-58은 오전 11:00시부터 오후 14:00시까지 4개의 단동온실 (1)무처리, (2)공기 유동팬, (3)차광 스크린, (4)공기 유동팬+차광 스크린을 처리하여 온실 내외부의 상대습도를 측정한 결과이다. 상대습도는 일반적으로 알려진 바와 같이 온도변화추이와 상반된 결과를 보여줬다. 온실 외부의 습도가 가장 높게 나타났으며, 무처리 온실에서 가장 건조한 결과를 보였다. 처리구들 중에서는 공기 유동팬과 차광 스크린을 함께 처리한 처리구에서 가장 높게 나타났다. 공기 유동팬과 차광 스크린을 함께 사용하는 것이 육묘장 내부의 상대습도 확보를 위해 효과적이었다.

표 2-4. 4개의 단동온실에서 공기 유동팬, 차광 스크린, 공기 유동팬+차광 스크린 처리에 따른 온실 내부 광도, 토마토 공정묘 식물체의 온도 및 엽록소 형광의 비교.

Treatment	Light intensity ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Plant temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm)
Control	1,364.6 a ²	36.2 a	0.707 a
Fan	1,306.8 a	35.3 ab	0.670 b
Shade screen	735.0 b	33.8 b	0.725 a
Fan + Shade screen	710.9 b	26.6 c	0.718 a

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

단동온실에 (1)무처리, (2)공기 유동팬, (3)차광 스크린, (4)공기 유동팬+차광 스크린을 처리하였을 때 온실내부광도, 식물체 온도, 엽록소 형광을 나타낸 그래프이다. 일반적으로 알려진 바와 같이 광도는 대조구와 공기 유동팬 처리구에서 유의적으로 높았으며, 차광 스크린 처리구에서 낮게 나타났다. 식물체 온도는 대조구에서 36.2℃로 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 공기 유동팬과 차광 스크린 혼용 처리구에서 26.6℃로 가장 낮게 나타나 대조구에서 비해 약 9.6℃ 낮게 나타났다. 차광 스크린 단용만 처리했을 경우 대조구에 비하여 2.4℃의 온도 차이를 보였지만, 공기 유동팬과 차광 스크린을 함께 처리하면 식물체 온도저감에 매우 효과적이라는 결과를 보여준다. 엽록소 형광 분석은 공기 유동팬 처리에서 유의적으로 낮게 나타났으며 그 외 처리구 간에는 유의적인 차이가 없었다.

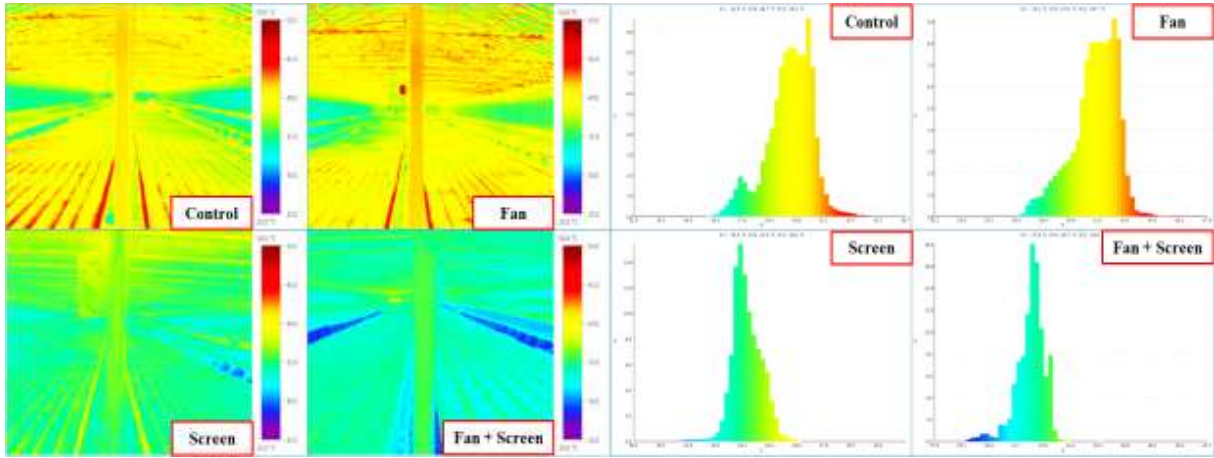


그림 2-59. 4개의 단동온실에서 공기 유동팬, 차광 스크린, 공기 유동팬+차광 스크린 처리와 대조구에서의 온실 내부의 열화상 사진과 히스토그램(2014년 7월 19일).

그림 2-59는 단동온실에 (1)무처리, (2)공기 유동팬, (3)차광 스크린, (4)공기 유동팬+차광 스크린을 처리하였을 때 열화상 카메라로 측정한 사진(좌)과 온도분포를 나타낸 히스토그램(우)이다. 적색이 많을수록 온도가 높다는 것을 뜻하며 청색이 많을수록 온도분포가 낮다는 것을 뜻한다. 대조구에서 높은 온도를 표시하는 적색이 가장 많이 나타났으며, 공기 유동팬 처리 역시 육묘장 내부의 온도분포에 있어서 고온임을 알 수 있었다. 공기 유동팬과 차광 스크린 혼용 처리구에서는 낮은 온도를 표시하는 청색이 가장 많이 나타나 높은 온도저감 효과를 나타냈다.

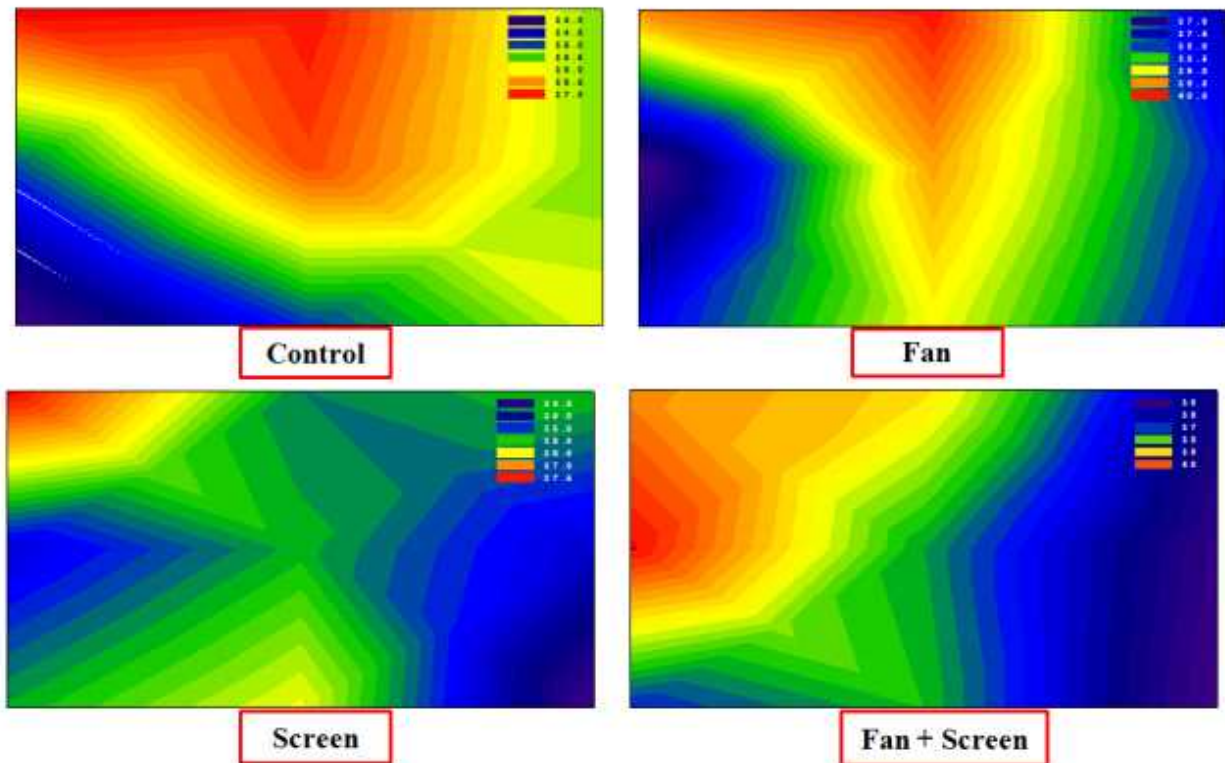


그림 2-60. 4개의 단동온실에서 공기 유동팬, 차광 스크린, 공기 유동팬+차광 스크린 처리와 대조구에서의 온실내부 단면의 온도 분포(2014년 7월 10일).

그림 2-60은 각각 4개의 단동온실에서 단면을 9구역으로 나누어 동시에 온실내부의 공기 온도 측정 후 온도분포를 나타내었다. 적색에 가까울수록 온도가 높고, 청색에 가까울수록 온도가 낮음을 알 수 있다. 대조구에서 적색의 면적이 가장 많아 공기 온도가 높았으며, 차광스크린 혹은 차광 스크린+공기 유동팬 혼용 처리에서 온도가 낮게 나타났다. 공기 온도 역시 차광 스크린을 사용하는 것이 온도 하강에 효과적이었다.

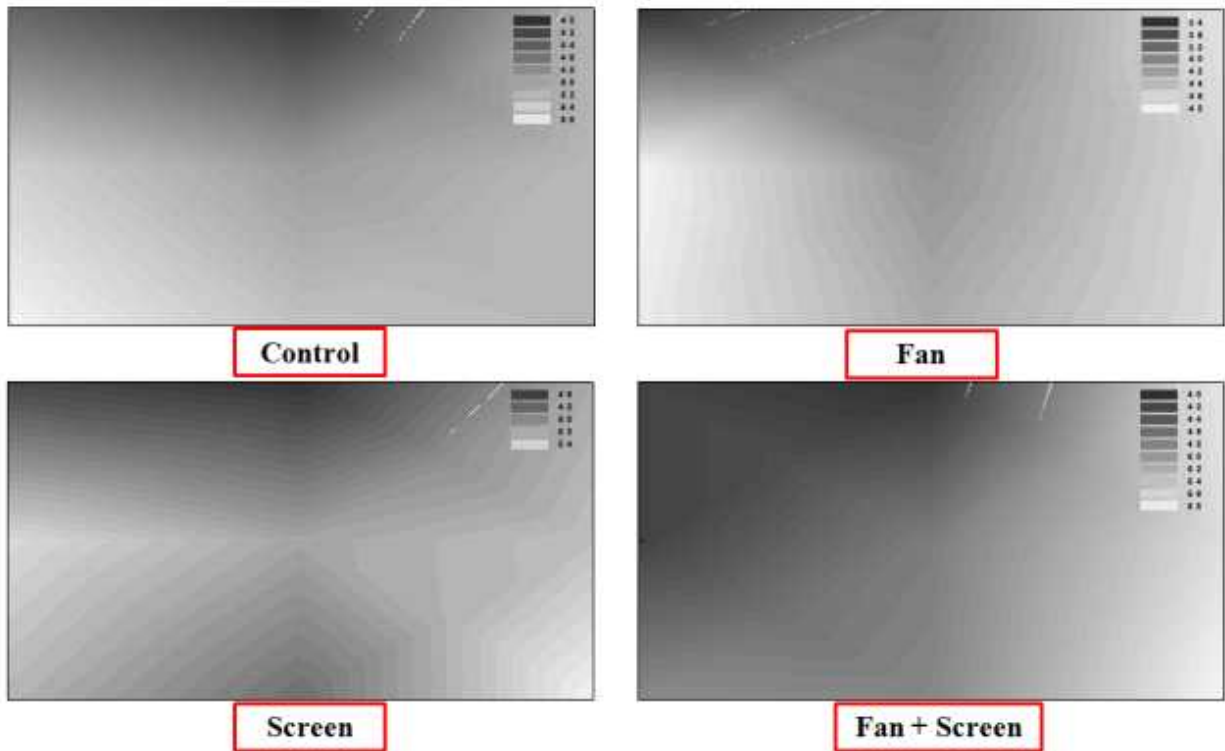


그림 2-61. 4개의 단동온실에서 공기 유동팬, 차광 스크린, 공기 유동팬+차광 스크린 처리에 따른 온실 내부 단면의 상대습도 분포.

단동온실의 단면을 9구역으로 나누어 동시에 온실내부의 상대습도를 측정하여 온도 분포를 나타냈다. 색이 진할수록 상대습도가 높은 것을 의미하고 옅을수록 상대습도가 낮다. 공기 유동팬과 차광 스크린을 함께 처리한 온실에서 상대습도가 낮게 나타났으며, 공기 유동팬을 처리한 온실에서 가장 낮게 나타났다. 이 결과는 11:00-14:00의 상대습도변화에서의 결과와 같았다.

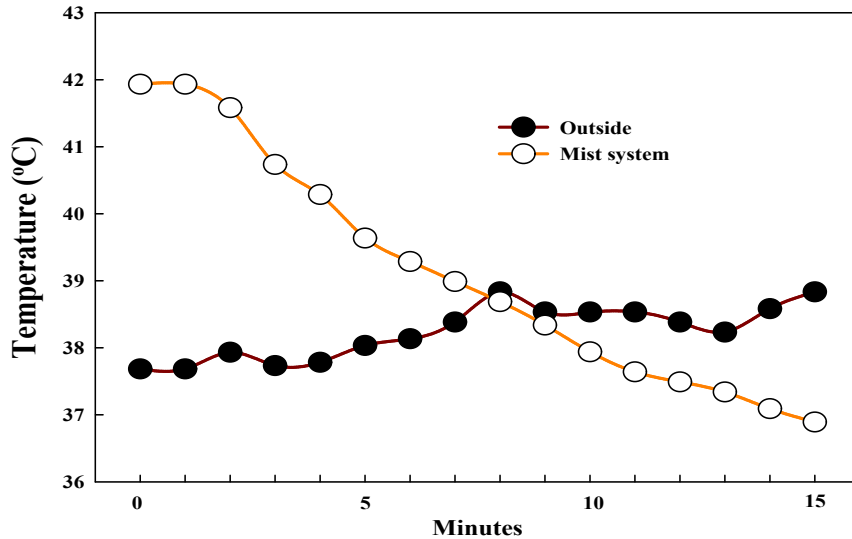


그림 2-62. 연동온실에서 15분 동안(30초 on, 60초 off)의 미스트 시스템 처리에 따른 온실 내부와 외부의 온도 변화.

그림 2-62는 1개의 연동온실에서 미스트 시스템을 총 15분간 30초 On, 60초 Off(10회 반복 측정) 처리를 통한 온실 내부의 온도하강 효과를 측정된 결과이다. 온실 외부의 기온은 점차 증가하여 시작 시점보다 1.1°C가 증가한 반면 미스트를 처리한 온실 내부의 온도는 41.9°C부터 시작하여 점점 감소 한 뒤 15분 후에는 36.9°C로 낮아져 총 5.9°C가 저감 되었다. 만약 15분 보다 더 오랜 시간 처리하였으면 온도가 더욱 저감 되었으리라 예상된다. 처리 후 15분 쯤에는 온실 내부 온도가 온실 외부온도보다 1.9°C 더 낮게 측정되었다. 미스트 시스템은 온실 내부의 온도를 저감 시키는데 효과적이었다. 또한 순간적으로 짧은 시간 내 온도하강에 우수한 효과가 있는 것으로 판단된다. 하지만 상대습도 상승으로 인한 작물생리장해 및 병 발생(곰팡이병, 무름병)을 고려해야 한다. 향후 최적 분사시간, 간격, 횟수에 대한 작물별 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

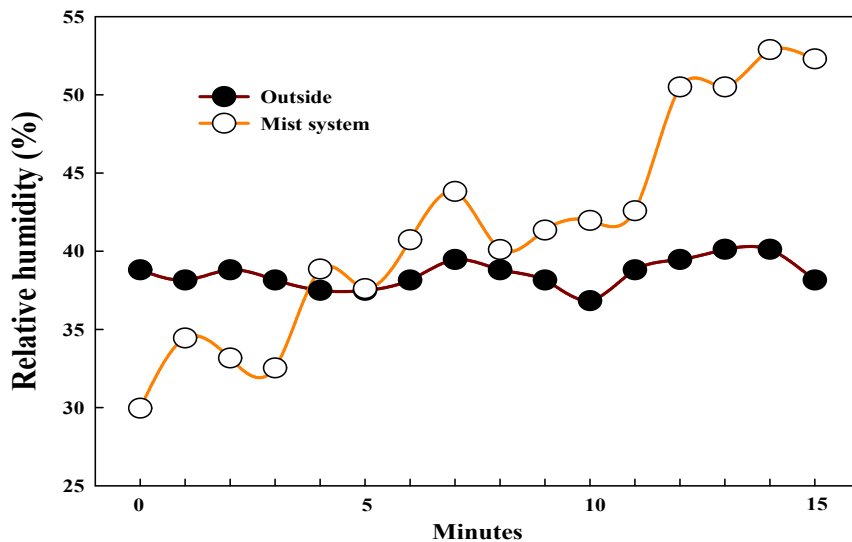


그림 2-63. 연동온실에서 15분 동안(30초 on, 60초 off)의 미스트 시스템 처리에 따른 온실 내부와 외부의 상대습도 변화.

그림 2-63은 1개의 연동온실에서 미스트 시스템을 15분 간 30초 On, 60초 Off(10회 반복 측정) 처리를 통한 온실 내부의 상대습도의 변화를 측정하여 외부의 상대습도와 비교하였다. 온실 외부의 상대습도는 37.5%에서 40.1% 사이에서 유지되고 있었으나, 온실 내부의 상대습도는 미스트에 의한 공기 중 습도공급에 의해 점차 증가하여 초기 상대습도인 30%보다 22.3% 증가한 52.3%로 나타났다. 적정 시간동안의 미스트 사용은 육묘장의 상대습도를 증가시켜주는데 효과적이었다.

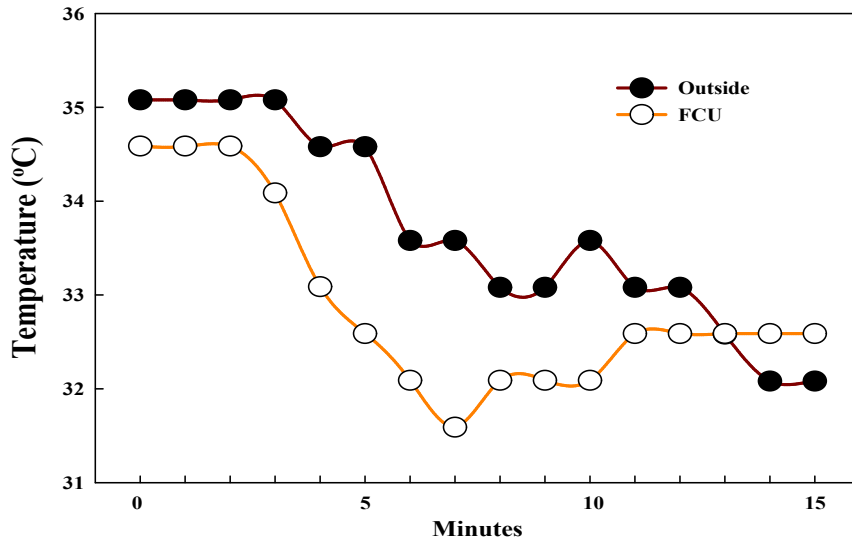


그림 2-64. 연동온실에서 15분 동안 FCU 처리에 따른 온실 내부와 외부의 온도 변화.

그림 2-64는 1개의 연동온실에서 FCU를 15분 동안 작동시켰을 때 온실 내부의 온도의 변화를 측정하여 외부의 온도와 비교하였다. 15분 동안 외부의 온도는 지속적으로 감소하고 있었으며 이와 함께 온실 내부의 온도도 함께 감소하였다. 외부 온도가 계속 해서 감소하는데 비하여 온실 내부 온도는 7분 쯤 까지 감소하다가 이 이후로 다시 증가하였고 13분 쯤 이후로는 외부 온도 보다 오히려 상승하였다. 본 실험에서는 FCU 가동으로 온실 내부의 온도를 저감 시키는데 효과적이지 못했다. 이러한 이유로는 당시 실험현장에서 FCU 가동시 육묘장의 지하수원을 펌프를 이용하여 직접적으로 끌어올려 사용하지 못하고 고온상태의 육묘장 온실내부에 설치된 대형 원수통에 이미 저장되어 있던 수원을 이용하여 가동 한 이유이며, 지하원수를 이용한 보완 실험을 통해 명확한 온도저감 결과 확보가 필요하다.

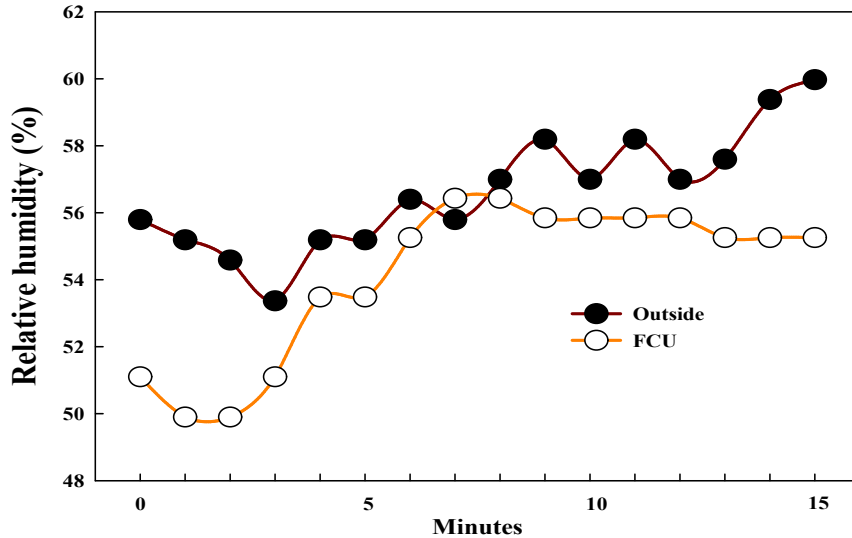


그림 2-65. 연동온실에서 15분 동안 FCU 처리에 따른 온실 내부와 외부의 상대습도 변화.

그림 2-65는 연동온실에서 FCU를 15분 동안 작동시켰을 때 온실 내부의 상대습도 변화를 측정하여 외부의 상대습도와 비교하였다. FCU를 사용하였을 때 상대습도 역시 온도와 같이 습도 상승의 효과를 나타내지 못했다. 외부의 높은 상대습도에도 불구하고 오히려 습도가 감소하여 온실내부가 외부의 상대습도보다 낮아져 건조해 지는 것을 알 수 있었다.

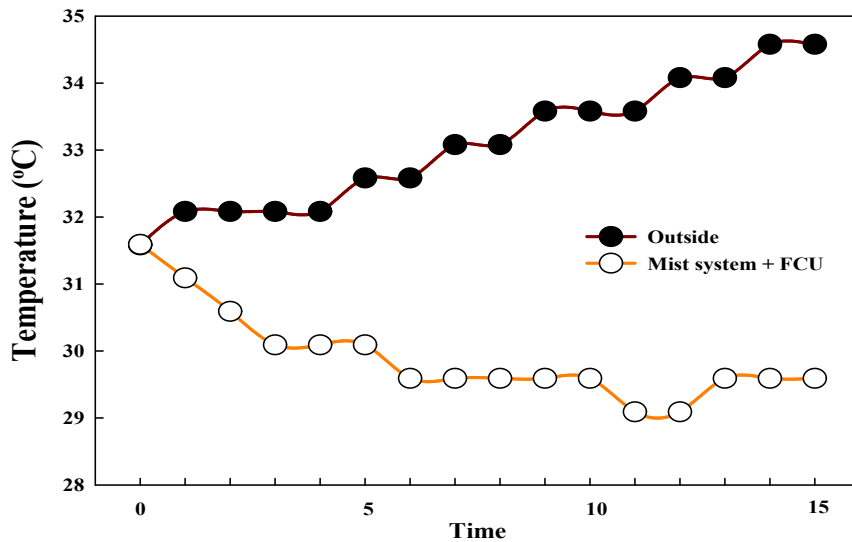


그림 2-66. 연동온실에서 15분 동안 미스트 시스템(30초 on, 60초 off)과 FCU 처리에 따른 온실 내부와 외부의 온도 변화.

그림 2-66은 연동온실에서 미스트 시스템(30초 on, 60초 off)과 FCU를 15분 동안 동시에 작동시켰을 때 온실 내부의 공기온도 변화를 측정하여 외부의 온도와 비교한 결과이다. 외부 온도는 점차적으로 증가하여 31.6°C로 시작하여 15분 후에는 3°C 증가한 34.6°C이었으나, 처리구에서는 31.6°C로 시작하여 15분 후에는 2°C 낮아진 29.6°C로 측정되었다. 11분에서 12분 사이에 최저 온도를 기록하여 29.1°C까지 낮아졌다. 앞의 미스트 시스템과 FCU 각각의 단독 처리로 봤을 때 FCU에 대한 효과는 미비하였으며 본 결과는 미스트 시스템에 의한 온도 저감효과로 판단된다.

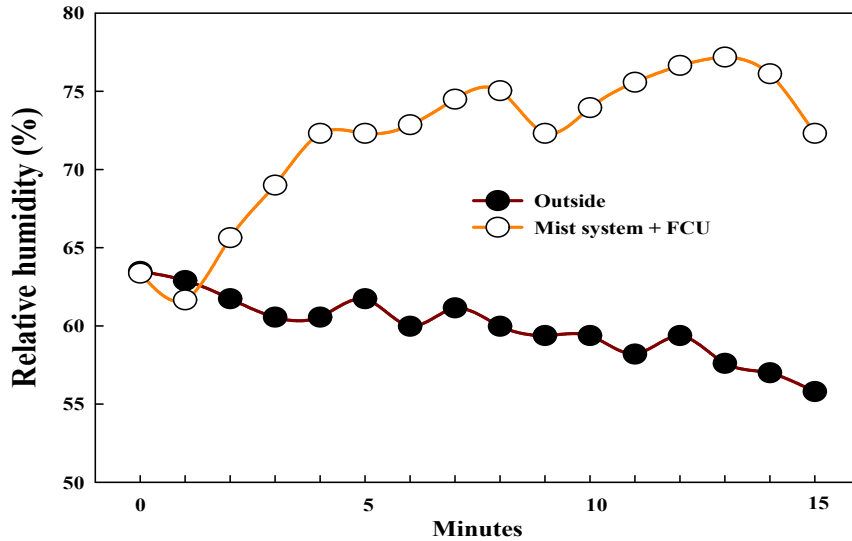


그림 2-67. 연동온실에서 15분 동안 미스트 시스템(30초 on, 60초 off)과 FCU 처리에 따른 온실 내부와 외부의 상대습도 변화.

그림 2-67은 연동온실에서 미스트 시스템(30초 on, 60초 off)과 FCU를 15분 동안 작동시켰을 때 온실 내부의 상대습도 변화를 측정하여 외부의 상대습도와 비교하였다. 외부의 상대습도는 점차적으로 감소하였으나, 내부의 상대습도는 미스트 시스템의 영향으로 13분 쯤에 13.8% 증가한 77.2%까지 기록되었다.

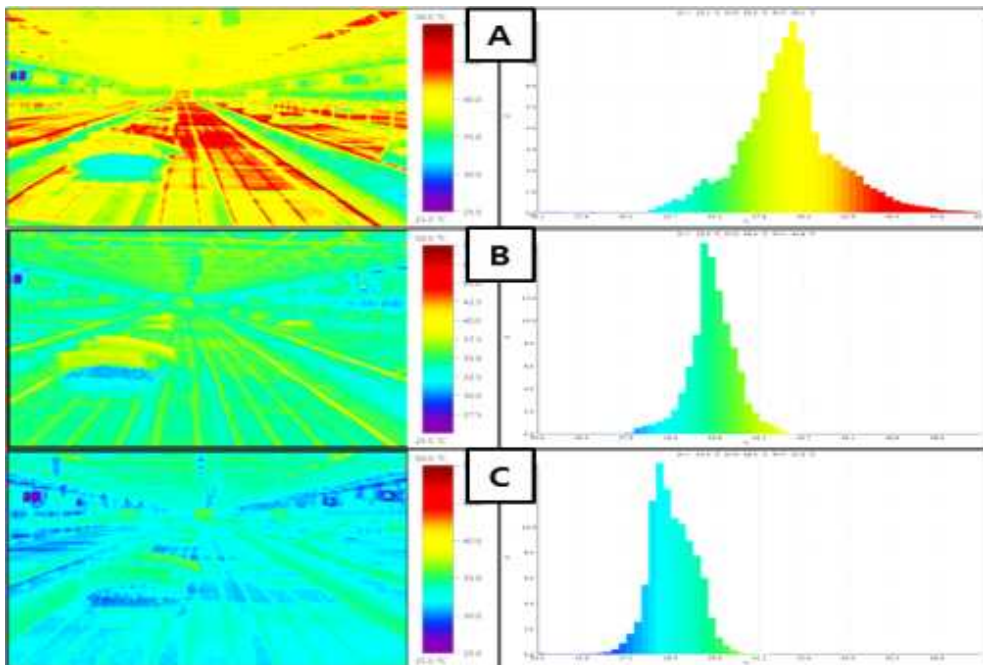


그림 2-68. 연동온실에서 처리 전(A), FCU 15분간 처리 후(B), 미스트 시스템+FCU 15분간 처리 후(C)의 열화상 사진과 히스토그램.

그림 2-68은 연동온실에서 처리 전(A), FCU 15분간 처리 후(B), 미스트 시스템+FCU 15분간 처리 후(C)의 열화상 촬영과 온도 분포 히스토그램을 나타냈다. 처리 전에는 적색으로 온도가 높게 나타났으며, FCU 15분 간 처리 후에는 처리 전에 비하여 온도가 조금 떨어졌는데 이것은

외부온도가 낮아짐에 따라 온실 내부의 온도도 함께 낮아진 것으로 판단된다. 미스트 시스템 15분 간 처리 후에는 확연하게 온도가 낮아졌으며, 이는 열화상 카메라 측정시에 청색이 많이 보여 온도저감 효과를 입증했다.

라. 요약

차광 스크린과 공기 유동팬을 동시에 가동할 경우, 단독사용보다 온도저감 효과가 높았으며 대조구에 비해 공기온도가 최대 8℃ 가량 하강시킬 수 있었고, 식물체 온도는 9.6℃를 낮출 수 있었다. 미스트 분사는 15분 만에 5.9℃로 온실 내부온도를 낮추었으며, 분사시간과 횟수를 늘리면 온도가 더 감소 할 수 있을 것이나, 상대습도 상승으로 인한 작물생리장해 및 병 발생(곰팡이병, 무름병)을 고려해야 한다. 향후 최적 분사시간, 간격, 횟수에 대한 작물별 추가 연구가 필요한 것으로 판단 된다. FCU 처리는 미스트 시스템의 냉방 효율에 미치지 못했지만 실험조건을 갖춘 후에 보완 실험이 진행되어야 할 것이다.

6. 하절기 온실 내 온도 저감을 위한 종류별 차광제와 차광넛트의 온도저감 효과 및 작물의 생육

가. 서언

최근 농산물의 품질 균일화와 재배기간 단축, 경지이용률 향상 등의 이유로 전문적으로 모종을 생산, 판매하는 공정육묘장이 증가하는 추세이다. 현재 공식적으로 집계된 육묘장 면적이 178ha이며, 상업적인 육묘장 수가 240곳 이상으로 집계되고 있으며 향후 묘종의 수요 또한 지속적으로 증가할 것으로 예상되고 있다. 공정육묘는 대부분 시설내에서 이루어지므로 하절기에 양질의 묘를 연중 생산하기 위해서는 인위적인 환경관리가 필수적이다. 하지만 여름철 고온현상이 작물의 생장을 저해하고 온실 내의 작업환경을 악화시키는 등 많은 문제점이 지적되고 있다. 현재 우리나라 농가에서 가장 많이 활용하는 냉방 대책으로는 경제적인 부담이 적은 차광 시스템이다. 차광 시스템은 온실 내부로 유입되는 태양광 일부를 차단하여 온실 내부의 고온을 억제시키고, 고광도에 의한 일소현상을 방지하는 등의 장점이 있으며, 차광 스크린의 설치위치에 따라 내부 차광과 외부차광 두 가지 방법으로 나눌 수 있다. 외부차광은 온실내로 유입되는 광 전체를 차단하고, 내부차광은 온실 천장에 차광 스크린을 설치하여 광을 차단하기 때문에 적외선광과 자외선이 이미 내부로 유입되어 온도저감 효과를 상쇄하여 차광 스크린을 외부에 설치하는 것이 내부차광보다 효과적이다. 하지만 외부 차광 역시 다른 냉방시설처럼 설치비용 및 설치를 위한 인건비 부담이 크고, 비바람 등 자연강우와 폭우에 파손우려가 있어 시설재배농가에서는 보다 경제적이고 효율성 높은 차광소재와 냉방 효율성 향상을 위한 시스템 개발이 요구되고 있다. 과다한 시설비 투자 없이 효과적으로 여름철 온실 내부의 온도 상승을 억제할 수 있는 기술이 필요한데, 최근 이러한 문제를 해결할 방안으로 냉방의 보조적 수단인 차광제에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구에서는 하절기 온실에 적용할 수 있는 종류별 차광제와 차광넛트의 온도하강 효율성과 작물의 생육을 비교하기 위해서 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

본 연구는 경상대학교 농업생명과학대학 부속농장 12개 동의 미니온실에 수행되었으며 실험 작물은 2014년 6월 5일 파종한 토마토 ‘도테랑디아’(*Solanum lycopersicum* L. ‘Doterangdia’)를 2014년 7월 31일 원형포트(33 × 33 × 28.3cm)에 정식하였다. 한 동의 미니온실 당 6주씩 배치하여 2014년 7월 31일부터 8월 21일까지 총 22일간 재배하였으며, 7일 간격으로 총 4회 토마토의 생육을 조사하였다. 토마토 재배관리를 위해 일일 주당 1L의 양액을 관주하였으며, 양액조성은 네덜란드 Sonneveld 기준의 토마토 전용 액비를 조제하여 사용하였다. 차광제는 국산 선택적 광 차단제(Korean photo-selective shading agent, K-Se)와 전체 광 차단제(Imported all light shading agent, I-A), 수입 선택적 광 차단제(Imported photo-selective shading agent, I-Se), 광 산란제(Imported light scattering agent, I-Sc)는 각각 30%(water:shade agent = 7:3, v/v)의 농도로 처리하였으며, 최근 육묘장의 차광을 위한 소재로 보급이 확대되고 있는 차광넛트인 shading net(SN)를 각각 두 반복으로 처리하였다. K-Se와 I-Se는 광선택적 차광제로 식물의 광합성에 중요한 광합성유효광(400-700nm)은 투과시키면서 자외선과 적외선을 차단시켜주고, I-A는 전체 광 차단제이며, I-Sc는 광을 산란시키는 효과가 함께 추가된 복합 기능성 차광제이다. 차광제의 처리농도는 물과 차광제 7:3 비율로 혼합하여 30%로 처리하였다. 대조구를 포함하여 6처리 2반복 완전임의배치 하였다. 그림 2-69는 차광제와 차광막의 처리 배치도를 나타낸 그림이다. 처리에 따른 환경측정과 토마토 작물의 생육을 조사하였다. 환경측정에는 내외부 공기온도와 상대습도, 천장온도, 식물체 온도, 배지 온도, 광도를 측정하였고, 식물의 생육조사는 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽록소 값(SPAD 502, Minolta, Japan), 엽록소 형광(PAM-2100, Heinz Walz GmbH,

Germany)을 7일 간격으로 측정하였다. 통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute., Cary, NC, USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 시행하였다.



그림 2-69. 토마토(*Solanum lycopersicum* L. 'Doterangdia')가 정식된 미니온실(12개 온실)에서 대조구, K-Se, I-Se, I-Sc, I-A, SN의 처리 모식도.



그림 2-70. 종류별 차광제 처리 모습과 차광넷트 설치 모습 및 미니 온실의 전경.

다. 결과 및 고찰

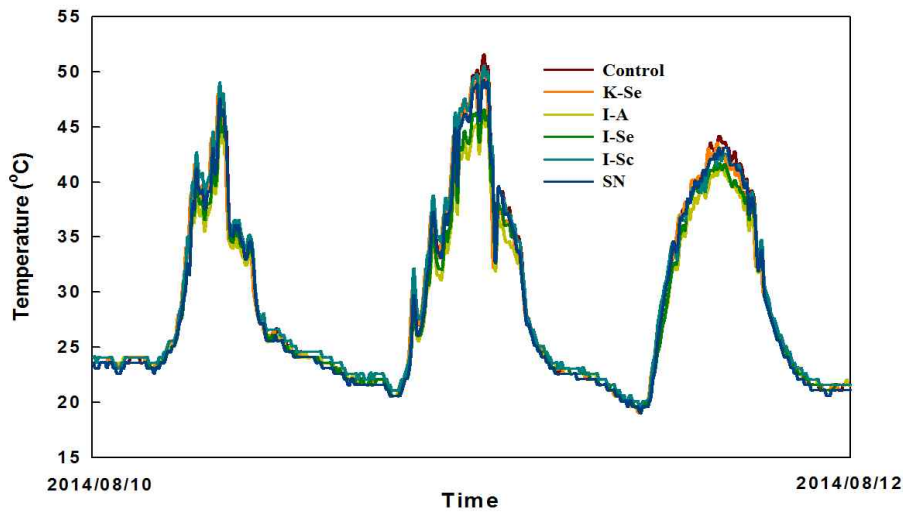


그림 2-71. 종류별 차광제와 차광넷트 처리에 따른 3일간의 극고온기의 미니온실 내부 온도 변화.

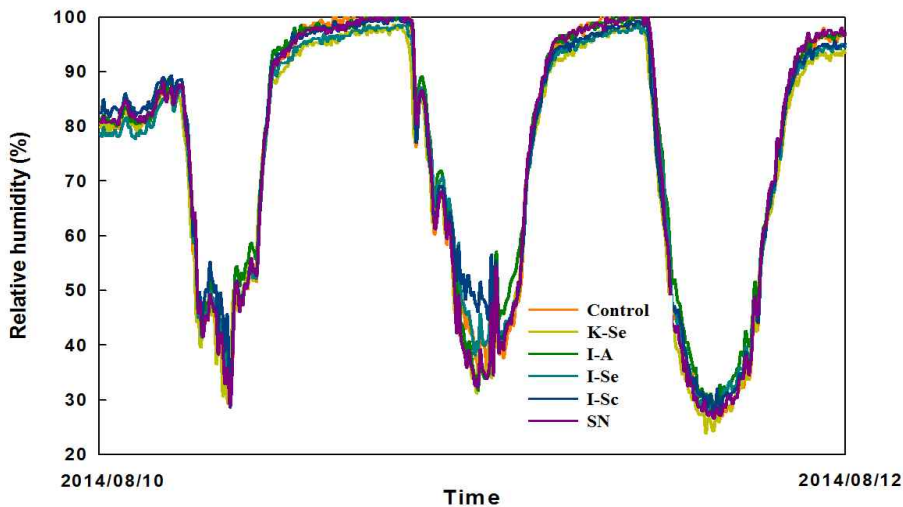


그림 2-72. 종류별 차광제와 차광넷트 처리에 따른 3일간의 극고온기의 미니온실 내부 상대습도 변화.

미니온실에서 종류별 차광제와 차광넷트 처리에 따른 3일간의 극고온기였던 2014년 8월 10일부터 8월 12일까지 총 3일 간의 온실 내부의 공기 온도와 상대습도 변화를 그림 2-71과 그림 2-72에 나타내었다. 온도는 온실내부의 온도가 40°C 이상 올라가는 낮 시간에 대조구에서 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 I-Sc에서 가장 높게 나타났고 I-A에서 온도가 가장 낮게 나타났다. 이는 I-A가 전체 광 차광제이기 때문이라고 판단된다. 가장 온도가 높았을 때 대조구와 I-A는 5.5°C 가량 차이가 낮다. 상대습도가 70%이하로 떨어지는 낮 시간 동안에 대조구와 K-Se에서 상대습도가 가장 낮게 나타났으며 I-Se와 I-A에서 높게 나타났다.

표 2-5. 미니온실에 정식 전 토마토묘의 평균 초장, 경경, 엽장, 엽폭 및 엽록소 값.

	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Chlorophyll (SPAD)
Initial data	15.2	4.3	3.3	1.6	36.6

표 2-6. 종류별 차광제와 차광넛트 처리에 따른 미니온실에서 정식 7일 후 토마토묘의 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽록소 값 및 엽록소 형광.

Treatment ^z	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Chlorophyll (SPAD)	Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm)
Control	21.5 a ^y	3.7 b	2.4 a	5.52 abc	41.0 a	0.725 b
K-Se	22.2 a	4.0 a	2.3 a	5.34 c	39.3 a	0.747 a
I-A	23.0 a	3.9 ab	2.3 a	5.48 abc	40.4 a	0.759 a
I-Se	22.4 a	3.9 ab	2.2 a	5.77 ab	40.6 a	0.744 a
I-Sc	22.3 a	4.0 a	2.3 a	5.40 bc	40.3 a	0.725 b
SN	22.0 a	3.8 ab	2.4 a	5.88 a	40.4 a	0.760 a

^zK-Se, Korean photo-selective shading agent; I-A, Imported all light shading agent; I-Se Imported photo-selective shading agent; I-Sc Imported light scattering agent; and SN, Shading net.

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

종류별 차광제와 차광넛트 처리에 따른 정식 7일 후의 묘의 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽록소 값 및 엽록소 형광 측정결과를 표 2-6에 나타냈다. 초장, 엽장, 엽록소 값에서는 모든 처리구 간에 유의적인 차이가 없었다. 경경은 K-Se와 I-Se에서 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 대조구에서 가장 낮게 나타났다. 엽폭은 SN 처리에서 가장 높게 나타났으며, K-Se에서 가장 낮게 나타났다. 식물의 종류와 품종에 따라 스트레스를 받는 기준이 다르고 수치 또한 다르게 나타난다. 일반적으로 작물이 고온스트레스를 받으면 Fo(Initial fluorescence)의 값은 증가하고 Fm(Maximum fluorescence) 값은 감소하여 Fm/Fo 값은 작물의 스트레스 지표로 사용한다. Fm-Fo 값은 Fv(Variable fluorescence)이며, Fv/Fm(Photochemical efficiency)은 광합성효율을 나타내는 엽록소형광 값은 SN에서 가장 높게 나타나 식물체의 스트레스가 가장 적었으며, 대조구와 I-Sc에서 가장 낮게 나타나 스트레스 지수가 다른 처리구들에 비해 높게 나타났다. 정식 후 7일 째에는 처리구에 따른 묘의 성장에서 뚜렷한 차이를 보이지 않아 차광제와 차광넛트의 효과를 판단하기 어려웠다.

표 2-7. 종류별 차광제와 차광넛트 처리에 따른 미니온실에서 정식 14일 후 토마토묘의 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽록소 값 및 엽록소 형광.

Treatment ^z	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Chlorophyll (SPAD)	Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm)
Control	41.8 c ^y	6.6 ab	3.8 ab	9.52 b	50.4 a	0.779 a
K-Se	46.8 ab	7.3 a	3.8 ab	10.62 a	47.8 ab	0.762 ab
I-A	48.6 a	6.3 b	3.6 b	8.08 c	46.3 b	0.745 b
I-Se	48.9 a	7.0 a	4.0 a	8.93 bc	47.8 ab	0.772 a
I-Sc	45.0 b	6.5 b	3.5 b	9.16 b	49.5 a	0.769 a
SN	46.1 ab	7.0 ab	3.8 ab	8.72 bc	47.9 ab	0.771 a

^zK-Se, Korean photo-selective shading agent; I-A, Imported all light shading agent; I-Se Imported photo-selective shading agent; I-Sc Imported light scattering agent; and SN, Shading net.

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

종류별 차광제와 차광넛트 처리에 따른 미니온실에서 정식 14일 후 토마토묘의 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽록소 값 및 엽록소 형광을 측정결과를 표 2-7에 나타냈다. 초장은 I-A와 I-Se에서 유의적으로 높게 나타났으며, 대조구에서 가장 낮게 나타났다. 경경은 K-Se와 I-Se 그리고 SN에서 높게 나타났으며 I-A와 I-Sc에서 가장 낮은 값을 나타냈다. 엽장은 I-Se에서 가장 높았으며 I-A와 I-Sc에서 낮게 나타났다. 엽폭은 K-Se에서 유의적으로 가장 높게 나타났으며, I-A에서 가장 낮게 나타났다. 엽록소 값은 대조구와 I-Sc에서 높게 나타났으며, I-A에서 가장 낮게 나타났다. 엽록소 형광은 I-A에서 가장 수치가 낮게 나타나 스트레스 정도가 가장 높은 것으로 판단되었다. 정식 후 14일 째에는 처리구에 따른 토마토묘의 생육은 대체적으로 K-Se와 I-Se 차광제 처리구에서 우수한 것을 알 수 있었다.

표 2-8. 종류별 차광제와 차광넛트 처리에 따른 미니온실에서 정식 21일 후 토마토묘의 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽록소 값 및 엽록소 형광.

Treatment ^z	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Chlorophyll (SPAD)	Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm)
Control	64.5 b ^y	8.9 a	5.5 a	11.06 ab	56.6 a	0.753 a
K-Se	77.3 a	9.7 a	5.3 a	10.90 ab	47.9 b	0.708 b
I-A	71.5 a	9.2 a	5.1 a	8.58 d	43.4 c	0.734 ab
I-Se	74.1 a	9.1 a	5.0 a	10.37 bc	49.1 b	0.730 ab
I-Sc	72.9 a	9.3 a	5.3 a	11.38 a	51.2 b	0.728 ab
SN	75.9 a	9.2 a	5.2 a	9.87 c	47.8 b	0.722 b

^zK-Se, Korean photo-selective shading agent; I-A, Imported all light shading agent; I-Se Imported photo-selective shading agent; I-Sc Imported light scattering agent; and SN, Shading net.

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

종류별 차광제와 차광넛트 처리에 따른 미니온실에서 정식 21일 후 토마토묘의 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽록소 값 및 엽록소 형광을 측정된 결과를 표 2-8에 나타냈다. 초장은 대조구에서 가장 낮게 나타났으며, 대조구를 제외한 처리구에서는 유의적인 차이가 없었다. 경경과 엽장에서도 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없었다. 엽폭은 I-Se에서 가장 높게 나타났으며, I-A에서 가장 낮게 나타났다. 엽록소 값은 대조구에서 가장 높았으며 I-A에서 가장 낮게 나타났다. 엽록소 형광은 대조구에서 유의적으로 가장 높게 나타나 스트레스가 가장 적었다. 정식 후 14일째부터 21일째까지는 날씨가 흐리고 비가 자주 내려 온실 내부의 온도가 높지 않아 온도 저감 효과에 대한 토마토의 생육에 대한 차이가 거의 나지 않은 것으로 판단된다. 처리에 따른 생육을 평균값으로 보았을 때는 K-Se에서 가장 우수하게 나타났다. 현재 종류별 차광제의 정밀한 검증과 토마토 품종별 생육 및 수량 증대 효과에 대한 재현성 실험 연구를 위해 동일한 실험환경과 처리에 따른 작물의 광합성률, 지상부와 지하부의 건물중, 근장 등의 측정을 위한 2차 실험이 진행 중이다.

표 2-9. 종류별 차광제와 차광넛트 처리에 따른 미니온실 내부의 환경 측정.

Treatment ^z	Roof temperature (°C)	Medium temperature (°C)	Plant temperature(°C)	Light intensity ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
Control	23.7 bc ^y	32.7 a	32.7 a	696.4 a
K-Se	26.2 a	31.4 b	30.6 ab	639.5 ab
I-A	23.0 c	28.9 c	28.8 bc	463.5 bc
I-Se	26.2 a	30.0 c	28.4 c	442.8 c
I-Sc	24.6 b	32.9 a	32.6 a	815.8 a
SN	27.6 a	29.6 c	28.3 c	647.1 ab

^zK-Se, Korean photo-selective shading agent; I-A, Imported all light shading agent; I-Se Imported photo-selective shading agent; I-Sc Imported light scattering agent; and SN, Shading net.

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

표 2-9에는 종류별 차광제와 차광넛트 처리에 따른 미니온실의 지붕 온도, 배지 온도, 식물체 온도 및 광도를 측정한 결과를 나타냈다. 온실 내부에서 측정한 지붕의 온도는 K-Se, I-Se, SN에서 유의적으로 높게 나타났으며 I-A에서 가장 낮게 나타났다. 배지의 온도는 대조구와 I-Sc에서 높게 나타났으며, I-A, I-Se, SN에서 가장 낮게 나타났다. 식물체 온도는 대조구와 I-Sc에서 높게 나타났으며 I-Se, SN에서 가장 낮게 나타났다. 광도는 대조구와 I-Sc에서 유의적으로 높게 나타났으며 I-Se에서 가장 낮게 나타났다. I-Sc는 온실 내부로 유입되는 광을 산란시켜 광도가 높게 측정된 것으로 판단된다. 특히, 차광넛트에서 광도를 유지하면서 식물체 온도를 대조구에 비해 4.4°C 저감시켜 온도저감에 효과적이었다.

라. 요약

종류별 차광제와 차광넛트 처리에 따른 미니온실에서의 22일 간 토마토묘의 생육에서 공기 온도는 I-A에서 온도저감 효과가 우수하였으나, 식물체 온도를 감소시키기 위해서는 I-Se와 SN이 효과가 있었다. 토마토 생육으로는 대조구에서 가장 생육이 저조하였으나, 다른 처리구에서는 뚜렷한 경향성이 없었다. 엽록소 값과 엽록소 형광은 대조구에서 가장 높은 값을 보였다. 광도는 I-Se에서 가장 낮게 나타났다.

7. 동절기 수박 공정묘의 상업적 생산을 위한 나노탄소섬유적외선 난방등의 적정 설치 높이 구명

가. 서언

묘의 생산이 가장 활발한 시기는 3월-10월까지이다. 동절기의 묘생산량 증대와 고품질의 묘소질 확보를 위해 난방은 필수적이다. 하지만 겨울철 공정묘 생산자들의 가장 큰 고민은 온실 난방비 절감이다. 나노탄소섬유적외선 난방등으로 고유가 대비 대체 열원으로써 농가경영비를 절감할 수 있다. 나노탄소적외선 난방등은 적외선 방사를 통한 열선을 직접적으로 작물의 표면에 방사함으로써 묘(베드, 지면온도 포함)의 표면온도를 시설내 공기온도보다 1-2℃더 높일 수 있으며, 가온비가 전기히터와 온수 난방방식에 비해 25-50%까지 절감할 수 있다는 연구결과가 소개되고 있다. 또한, 산소를 태우지 않는 적외선 방출방식으로 온실 유해가스에 의한 작물피해와 작업자의 가스중독에서 해방 될 수 있고, 작물의 발육상태를 현저히 개선할 수 있다. 또한, 농업용 전기의 효율적인 사용으로 생산단가 절감과 고품질 우량묘 생산을 위한 새로운 난방 방식으로 최근 많은 관심이 집중되고 있는 시스템이다. 본 연구는 동절기 공정육묘장의 난방비 절감과 작물의 적정온도 유지를 통한 고품질 묘생산을 위해 나노탄소섬유적외선 난방등을 도입하여 경제적이며, 작물의 스트레스 없이 최적 온도를 유지할 수 있는 육묘장내 수박공정묘 생산을 위한 나노탄소 섬유적외선 난방등의 적정 설치 높이 구명을 위해 실험을 진행하였다.

나. 재료 및 방법

경상대학교 농업생명과학대학 부속농장 유리온실에서 수행되었으며, 묘는 실제 육묘장에서 판매되고 있는 묘를 사용하였다. 시험작물은 대목으로 박(*Lagenaria leucantha* Rusby.) ‘선봉장’ 품종을 2014년 12월 1일에 파종하였고, 접수인 수박(*Citrullus lanatus* (Thunb.) Manst.) ‘지존꿀’ 품종을 2014년 12월 25일에 파종하여 2015년 1월 8일에 편엽합점으로 접목한 후 4일간 온도 25℃, 상대습도 90-95%의 접목활착실에서 접수와 대목의 유합과 활착을 유도하였다. 이후 **나노탄소섬유적외선 난방등** 700W와 900W를 이용하여 각각 베드(폭 1.2 × 길이 2.4 × 높이 0.75m)에서 플러그트레이가 배치되는 위치에서부터 70, 100, 130cm 높이로 설치하여 전력 2처리(700, 900W) × 높이 3처리(70, 100, 130cm) × 4반복의 난괴법으로 실험을 설계하였다. 벤로형 유리온실 내부에 총 6개의 소형베드를 제작하여 환경조건을 다르게 처리하기 위하여 플라스틱필름을 이용하여 구획화하였다(그림 2-73과 그림 2-75 참조). 접목묘가 생육하고 있는 시험구 내부의 온도설정은 주간인 09시부터 18시까지 22℃이하로 기온이 내려가면 난방등이 켜지도록 설정하였으며, 야간인 18시부터 다음날 오전 9시까지 20℃이하로 기온이 내려가면 난방등이 켜지도록 설정하였다. 접목묘는 나노탄소적외선 난방등 하에서 2015년 1월 14일부터 2월 4일까지(21일간) 육묘되었다. 묘의 생육조사로는 초장, 접수 길이, 근장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽면적, 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, compactness(지상부의 건물중을 초장으로 나눈 값), 엽수, SPAD, 그리고 광합성계측기(CIRAS-3, PP system Inc., USA)를 이용하여 광합성률을 측정하였으며, 환경 측정으로는 베드 주변에 측정센서(GH-101, Youjeong system Co. Ltd., Korea)를 곳곳에 배치하여 베드내부 기온, 엽온, 지온, 광도, 상대습도, 이산화탄소 농도를 측정하였고 버튼식온도계(ibutton DS1923L-F5, Maxim Integrated, USA)를 이용하여 온실전체 평균기온을 측정하였다. 엽온측정을 위해 적외선온도계를 이용하여 24시간 수박묘의 엽온의 변화를 실시간 모니터링 하였다(그림 2-74 참조). 난방등이 켜진 후 시간에 따른 식물체의 표면 온도를 알아보기 위해 열화상측정기(Testo 880-1, Testo Co. Ltd., Lenzkirch, Germany)를 이용하여 촬영하였다. 또한 전력량 계측기(KEM2000, Korins Inc., China)를 이용하여 전력별 설치 높이별 전력소비량을 측정하였다. 통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute., Cary, NC, USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를

시행하였다.

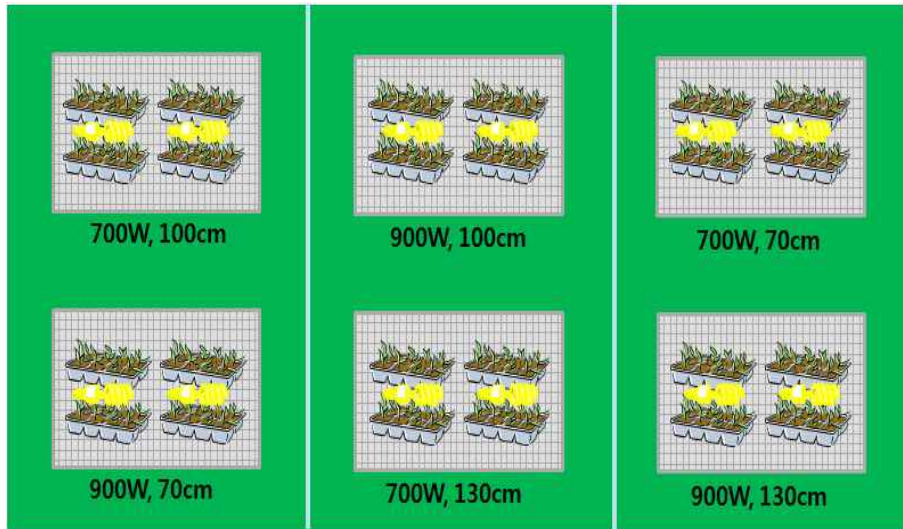


그림 2-73. 유리온실 내부의 나노탄소섬유적외선 난방등(nano-carbon fiber infrared heating lamp)의 설치높이와 전력처리 배치 상세도.

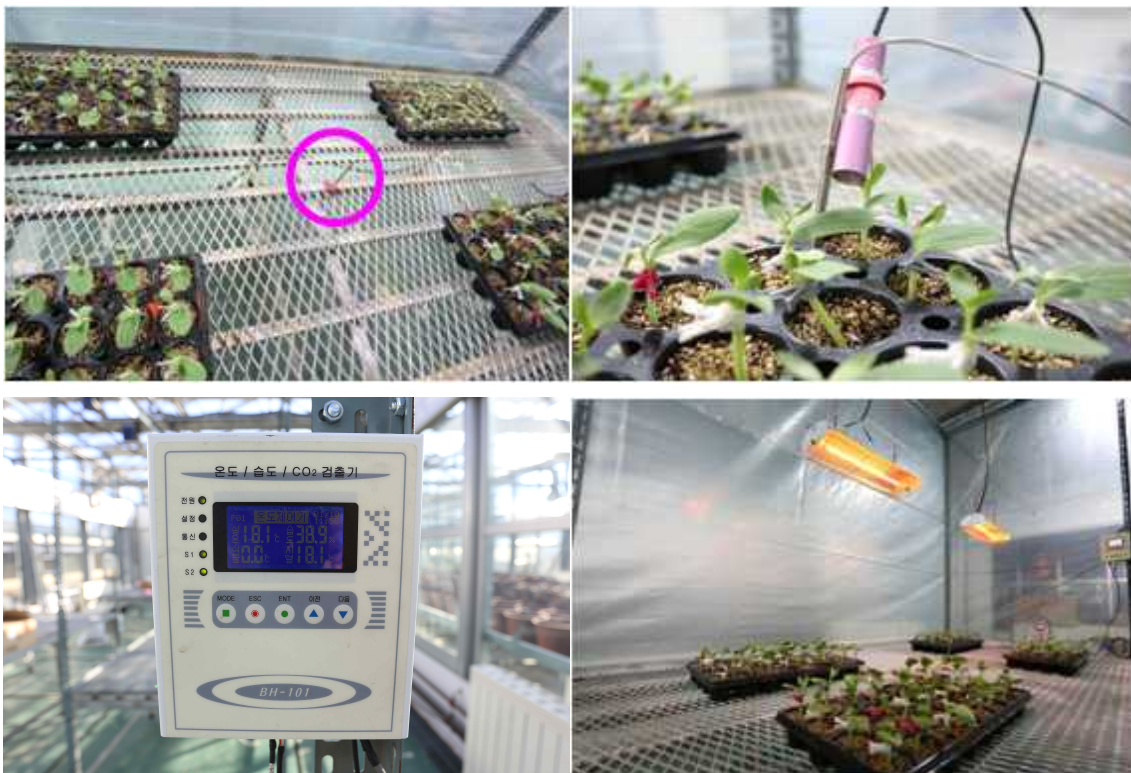


그림 2-74. 베드 주변에 설치된 측정센서 모습.



그림 2-75. 유리온실 내부의 나노탄소섬유적외선 난방등(nano-carbon fiber infrared heating lamp)의 설치높이와 전력별 배치 모습.

다. 결과 및 고찰

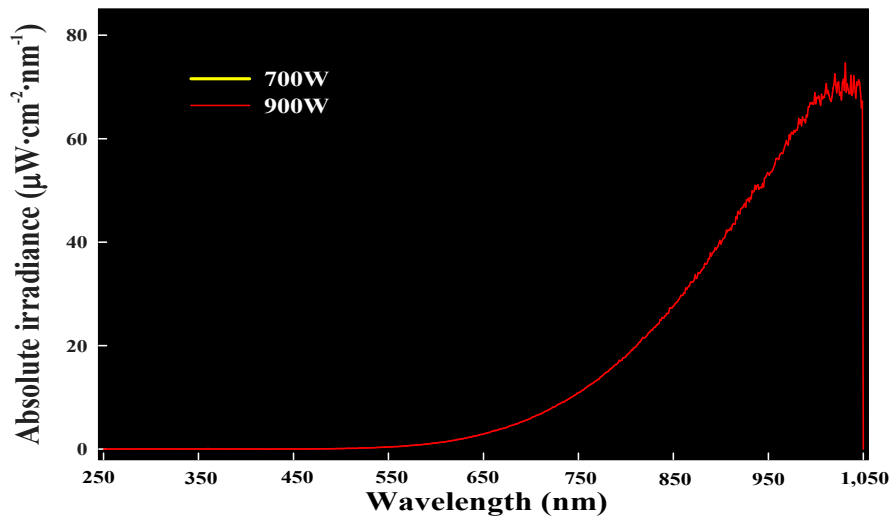


그림 2-76. 나노탄소섬유적외선 난방등의 전력처리별(700, 900W) 광파장 분포.

그림 2-76은 전력처리별 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 광파장 분포를 측정하여 그래프로 나타내었다. 광파장은 UV 광인 200-400nm범위의 파장에서는 피크가 전혀 나타나지 않았으며, 광합성 유효 광인 400-700nm에서는 파장이 미미하게 발생하였으나, 700W 난방등에서는 파장이 거의 나타나지 않았으며, 900W 난방등에서는 약 550nm에서 부터 발생하여 파장이 길어질수록 점점 증가하였다. 열을 발생시키는 Infrared 광인 700-1,000nm 범위에서는 파장이 길어질수록 점점 광도가 증가하였다. 본 그래프는 나노탄소섬유적외선 난방등이 열선을 방사하는 Infrared 광인

700-3,000nm 범위(광과장 측정 장치는 1,050nm까지만 측정됨)의 광과장을 이용하여 물체를 데울 수 있다는 것을 입증하였다.

표 2-10. 나노탄소섬유적외선 난방등의 식물체 위치에 따른 광도.

Wattage (W)	Lamp height (cm)	Light intensity ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)					Average
		Thermometer site	Plant site				
			1	2	3	4	
700	70	0.11	0.14	0.16	0.14	0.15	0.14
	100	0.08	0.07	0.07	0.10	0.12	0.09
	130	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05
900	70	0.54	0.45	0.82	0.42	0.71	0.59
	100	0.30	0.41	0.47	0.33	0.45	0.39
	130	0.21	0.24	0.30	0.29	0.25	0.26

표 2-10에서 나타낸 바와 같이 나노탄소섬유적외선 난방등의 광도를 식물체의 다양한 위치에서 반복하여 측정하였다. 광도는 모두 $1\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이하로 나타나 야간 동안 식물체의 광합성과 광주기성에 영향을 미치지 않았다.

표 2-11. 나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 높이에 따른 수박 접목묘의 생육.

Wattage (W)	Lamp height (cm)	Plant height (cm)	Scion height (cm)	Root length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm^2)
700	70	27.2 bc ^z	21.1 bc	18.3 a	5.7 b	5.5 bc	5.7 bc	79.6 c
	100	28.5 a	22.1 ab	18.8 a	5.6 b	5.9 a	6.0 ab	80.7 bc
	130	28.0 ab	21.9 abc	17.2 a	6.1 a	5.7 ab	6.1 a	88.6 ab
900	70	26.6 c	20.8 c	17.2 a	5.7 b	5.3 c	5.5 c	76.7 c
	100	28.6 a	22.5 a	17.6 a	5.8 ab	5.9 a	6.1 a	91.0 a
	130	27.9 ab	21.5 abc	18.0 a	6.1 a	5.8 ab	6.3 a	82.3 abc

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

표 2-11. (계속).

Wattage (W)	Lamp height (cm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Compactness (mg·cm ⁻¹)	No. of leaves	SPAD
		Shoot	Root	Shoot	Root			
	70	4.6 ab ^z	0.6 c	0.27 c	0.03 b	9.8 b	5.6 b	28.6 c
700	100	4.9 a	0.6 c	0.29 bc	0.04 ab	9.9 b	5.6 b	29.6 b
	130	4.4 b	0.7 b	0.35 a	0.04 a	12.2 a	5.5 b	31.1 a
	70	4.6 ab	0.6 c	0.27 bc	0.04 a	10.1 b	5.5 b	30.3 b
900	100	4.6 ab	0.8 ab	0.31 ab	0.04 a	10.8 b	6.1 a	29.8 b
	130	4.8 a	0.9 a	0.28 bc	0.04 a	9.9 b	5.4 b	30.0 b

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

나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 높이에 따른 수박 접목묘의 생육은 표 2-11에 나타나 있다. 초장과 엽장은 전력에 관계없이 난방등을 베드에서 100cm 높이에 설치한 처리구에서 값이 가장 길었다. 경경과 엽폭은 전력에 관계없이 난방등을 130cm 높이에 설치한 처리구에서 값이 가장 높게 나타났다. 접수의 길이, 엽면적, 엽수는 900W 난방등을 100cm 높이로 설치한 처리에서 가장 수치가 높았다. 지상부의 건물중, compactness, SPAD는 700W 난방등을 130cm 높이로 설치한 처리에서 가장 수치가 높았다. 수박 접목묘의 생육은 전반적으로 전력에 관계없이 70cm 높이 처리에서 저조한 경향을 나타냈다. 이는 난방등의 높이가 식물 수관(canopy)에 지나치게 근접하여 고온스트레스 등에 의해 생육의 저하가 일어난 것으로 판단된다. 육묘장 현장과 재배자들은 묘가 도장되지 않은 짧고 경경이 굵고 강건한 묘를 선호한다. 그러므로 지상부의 초장에 대한 건물중의 무게를 측정할 compactness를 고려하였을 때, 초장이 길지 않고 밀도가 높게 나타난 700W 난방등을 130cm 높이에 설치한 처리가 육묘장내 난방등의 적정 설치 높이 인 것으로 판단된다.

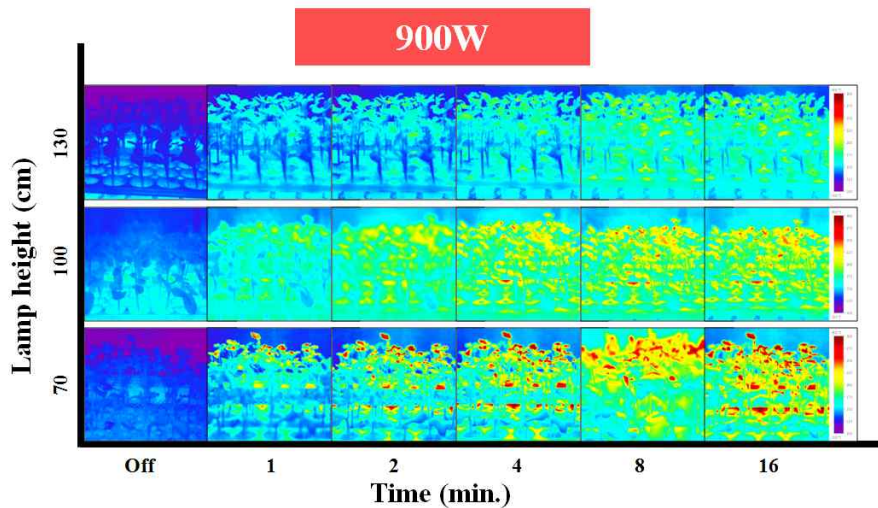
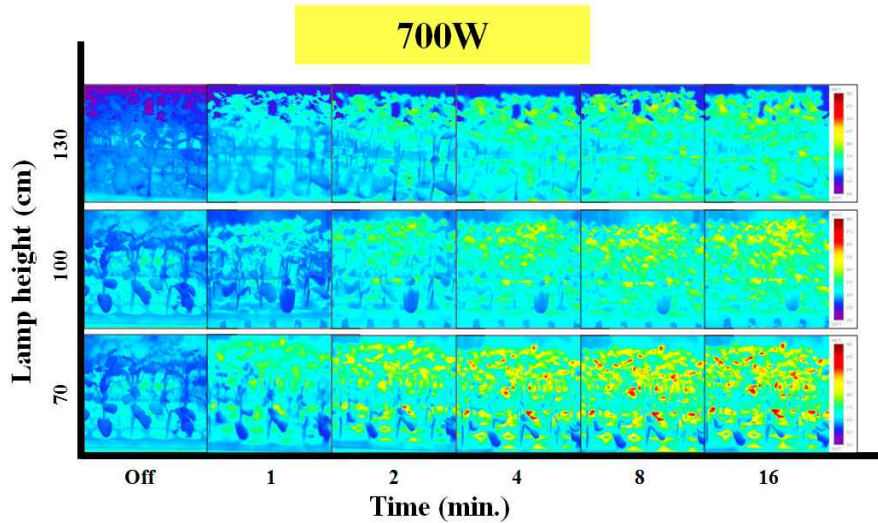


그림 2-77. 나노탄소섬유적외선 난방등의 점등 후 수박 접목묘의 온도변화(적색으로 갈수록 물체의 표면온도가 높고 보라색으로 갈수록 온도가 낮음을 의미함, 온도 범위는 10-30℃임).

그림 2-77은 나노탄소섬유적외선 난방등의 점등과 동시에 1, 2, 4, 8, 16분 후의 수박 접목묘 표면온도 상승속도를 이미지상으로 표현해 주는 열화상 카메라를 이용하여 촬영하였다. 식물체의 온도는 난방등을 켜 후 시간이 지남에 따라 높아졌으며, 900W 난방등으로 70cm 높이에 설치한 처리구에서 온도가 가장 빠르게 상승했다. 이는 높은 전력으로 식물체 가까이서 적외선을 비추었기 때문에 식물체의 온도가 급상승 할 수 있었던 것으로 판단된다. 난방등을 130cm 높이에 설치한 처리구에서 가장 온도가 더디게 증가하였다. 겨울철 극저온으로 식물체의 온도가 떨어졌을 때 빠르게 증가시키기 위해서는 전력이 높은 램프를 식물체에 근접하여 난방등을 설치하는 것이 유리하다고 판단된다. 하지만 높은 전력으로 가까이서 열을 지속적으로 쪼인다면 에너지 효율성이 낮아지고, 식물체온이 높아져 팁번이나 생리장해 등의 부작용을 확인 해 볼 필요가 있다.

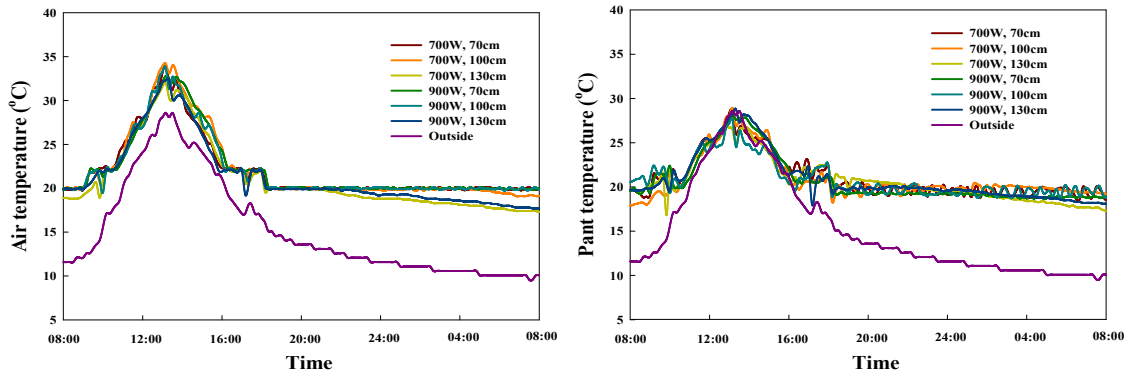


그림 2-78. 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 24시간동안 기온과 식물체 엽온의 변화(좌, 기온; 우, 엽온).

그림 2-78은 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 오전 8시부터 익일 오전 8시까지의 기온과 식물체 엽온의 변화를 나타낸 그래프이다. 그림 2-78(우)은 식물체 엽온의 변화를 측정된 것으로 온도 설정을 엽온이 아닌 공기온도 즉 기온으로 설정하였기 때문에 기온의 변화(그림 2-78(좌))에 비하여 엽온에 의한 변화의 진폭(그림 2-78(우))이 나타난 당연한 결과이며, 이는 적외선이 물체의 온도에 먼저 영향을 주기 때문에 난방등이 켜지고 꺼짐에 따라 16시 이후부터 엽온의 변화가 기온의 변화에 비해 다소 불안정한 그래프를 보인 것이다. 기온은 난방등을 700W와 900W 전력의 130cm 높이로 설치한 처리구에서 약 21시부터 설정온도(20°C)를 유지하지 못했으며, 700W의 100cm 처리구에서도 지속적인 설정온도를 유지하지 못했다. 이는 130cm 높이 처리구에서 난방등과 식물체의 거리가 멀어 열이 충분히 전달되기 어려웠던 것으로 보이며, 700W 난방등을 100cm 높이로 설치한 처리에서는 전력이 부족했던 것으로 판단된다. 엽온의 변화역시 130cm 높이 처리구에서 설정온도를 유지 하지 못했다. 겨울철 나노탄소섬유적외선 난방등을 이용하여 난방 할 때 기온을 20°C로 유지하기 위해서는 700W, 900W 난방등의 높이를 식물체에서 70cm 높이로 설치 하거나 900W 난방등을 식물체에서 100cm 높이로 설치하는 것이 바람직하나, 70cm로 난방등을 설치 할 시 낮 동안 난방등으로 인한 차광 즉 그들의 면적이 넓어진다는 점과 지나치게 가까운 거리에서 열을 방사하면 식물체의 온도가 생육적인 이상으로 과다하게 급상승 한다는 것을 고려 하여 900W 난방등을 베드에서 100cm 높이로 설치하는 것이 바람직하다고 판단된다.

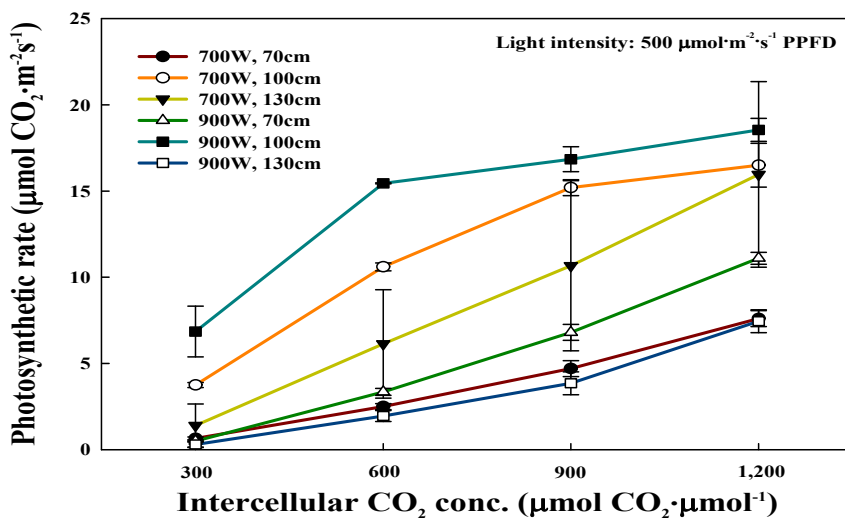


그림 2-79. 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 육묘된 수박 접목묘의 광합성률.

그림 2-79는 나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 설치 높이에 따른 수박 접목묘의 광합성률을 나타낸 그래프이다. 모든 처리구에서 이산화탄소의 농도가 높아짐에 따라 광합성 효율이 점차적으로 증가하는 경향을 보였으며, 900W 난방등을 100cm 높이로 설치한 처리에서 유의적으로 높게 나타났다. 그 뒤를 이어 700W 난방등을 100cm 높이로 설치한 처리에서 높게 나타났다. 그 외의 처리구들은 난방등으로 인하여 식물체의 온도가 지나치게 증가하였거나 난방등과 식물체 사이의 거리가 멀어 식물체온이 적절히 유지가 되지 않아 광합성률이 낮게 나타났다고 판단된다. 나노탄소섬유적외선 난방등 이용시 수박 접목묘의 광합성 효율을 높이기 위해서는 700, 900W를 식물체에서 100cm 높이에 설치하는 것이 바람직하다고 판단되며, 결과적으로 수박묘의 생육과 광합성률, 설정온도 유지능력 등을 고려하여 900W 난방등을 100cm 높이로 설치하는 것이 바람직하다고 판단된다.

라. 요약

나노탄소섬유적외선 난방등에서 발생하는 에너지의 약 80% 정도가 적외선 파장이며, 광도는 야간에 식물의 증산, 광합성 등에 영향을 미치는 수준이 아니다. 700W 난방등을 130cm 높이에 설치한 처리에서 수박 접목묘의 초장이 가장 작고 밀도가 높게 나타났다. 난방등을 켜 후 식물체의 온도 변화는 70cm 높이 처리구에서 가장 빠른 시간 안에 식물체 온도를 높일 수 있었으나, 너무 높은 온도가 지속되어 생육에 악영향을 미칠 것이 우려되며, 광합성 효율 또한 감소되었다. 700W(100, 130cm 높이), 900W(130cm 높이) 처리구에서 야간 설정 기온인 20℃에 도달하지 못하였다. 광합성률은 900W 난방등을 100cm 높이로 설치한 처리에서 유의적으로 높게 나타났다. 장기간 난방등 사용에 따른 경제성 측면과 식물체의 온도변화, 광합성 효율을 고려했을 때 900W의 전력에 100cm 높이에 설치하는 것이 적합하다고 판단된다.

8. 동절기 수박 공정묘의 상업적 생산을 위한 나노탄소섬유적외선 난방등의 적정 설치 간격 구명

가. 서언

묘의 생산이 가장 활발한 시기는 3월-10월까지이다. 동절기의 묘생산량 증대와 고품질의 묘소질 확보를 위해 난방은 필수적이다. 하지만 겨울철 공정묘 생산자들의 가장 큰 고민은 온실 난방비 절감이다. 나노탄소섬유적외선 난방등으로 고유가 대비 대체 열원으로써 농가경영비를 절감할 수 있다. 나노탄소적외선 난방등은 적외선 방사를 통한 열선을 직접적으로 작물의 표면에 방사함으로써 묘(베드, 지면온도 포함)의 표면온도를 시설내 공기온도보다 1-2℃더 높일 수 있으며, 가온비가 전기히터와 온수 난방방식에 비해 25-50%까지 절감할 수 있다는 연구결과가 소개되고 있다. 또한, 산소를 태우지 않는 적외선 방출방식으로 온실 유해가스에 의한 작물피해와 작업자의 가스중독에서 해방 될 수 있고, 작물의 발육상태를 현저히 개선할 수 있다. 또한, 농업용 전기의 효율적인 사용으로 생산단가 절감과 고품질 우량묘 생산을 위한 새로운 난방 방식으로 최근 많은 관심이 집중되고 있는 시스템이다. 본 연구는 동절기 공정육묘장의 난방비 절감과 작물의 적정온도 유지를 통한 고품질 묘생산을 위해 나노탄소섬유적외선 난방등을 도입하여 경제적이며, 작물의 스트레스 없이 최적 온도를 유지할 수 있는 육묘장내 수박공정묘 생산을 위한 나노탄소 섬유적외선 난방등의 적정 설치 간격 구명을 위해 실험을 진행하였다.

나. 재료 및 방법

경상대학교 농업생명과학대학 부속농장 유리온실에서 수행되었으며, 묘는 실제 육묘장에서 판매되고 있는 묘를 사용하였다. 시험작물은 파종한 대목으로 박(*Lagenaria leucantha* Rusby.) ‘블로장생’ 품종을 2015년 1월 3일에 파종하였고, 접수인 수박(*Citrullus lanatus* (Thunb.) Manst.) ‘스피드 플러스’ 품종을 2015년 1월 10일에 파종하였다. 2015년 1월 19일에 편엽합점으로 접목한 후 7일 동안 온도 25℃, 상대습도 90-95%의 접목활착실에서 접수와 대목의 융합과 활착을 유도하였다. 난방등은 나노탄소섬유적외선 난방등 700W와 900W를 이용하여 각각 베드(폭 1.2 × 길이 2.4 × 높이 0.75m) 위 100cm 높이에서 대조구(난방등 1개), 60cm(난방등 2개), 40cm(난방등 3개) 간격으로 설치하여 전력 2처리(700, 900W) × 간격 3처리(대조구, 60, 40cm) × 4반복의 난괴법으로 실험을 설계하였다. 벤로형 유리온실 내부에 총 6개의 소형베드를 제작하여 환경조건을 다르게 처리하기 위하여 플라스틱필름을 이용하여 구획화 하였다(그림 2-80 참조). 환경설정은 주간인 09시부터 18시까지는 22℃이하로 기온이 내려가면 난방등이 켜지도록 설정하였으며, 야간인 18시부터 다음날 9시까지는 20℃이하로 기온이 내려가면 난방등이 켜지도록 설정하였다. 접목묘는 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 2월 9일부터 2월 25일까지(17일간) 육묘되었다. 묘의 생육조사로는 초장, 접수 길이, 근장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽면적, 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, compactness(지상부의 건물중을 초장으로 나눈 값), 엽수, SPAD, 그리고 광합성계측기(CIRAS-3, PP system Inc., USA)를 이용하여 광합성률을 측정하였으며, 환경 측정으로는 베드 주변에 측정센서(GH-101, Youjeong system Co. Ltd., Korea)를 곳곳에 배치하여 베드내부 기온, 엽온, 지온, 광도, 상대습도, 이산화탄소 농도를 측정하였고 버튼식온도계(ibutton DS1923L-F5, Maxim Integrated, USA)를 이용하여 온실전체 평균기온을 측정하였다. 엽온측정을 위해 적외선온도계를 이용하여 24시간 수박묘의 엽온의 변화를 실시간 모니터링 하였다(그림 2-74 참조). 난방등이 켜진 후 시간에 따른 식물체의 표면 온도를 알아보기 위해 열화상측정기(Testo 880-1, Testo Co. Ltd., Lenzkirch, Germany)를 이용하여 촬영하였다. 또한 전력량계측기(KEM2000, Korins Inc., China)를 이용하여 전력별, 설치 높이별 전력소비량을 측정하였다. 통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute., Cary, NC, USA)을 이용하여 Duncan's multiple

range test를 시행하였다.

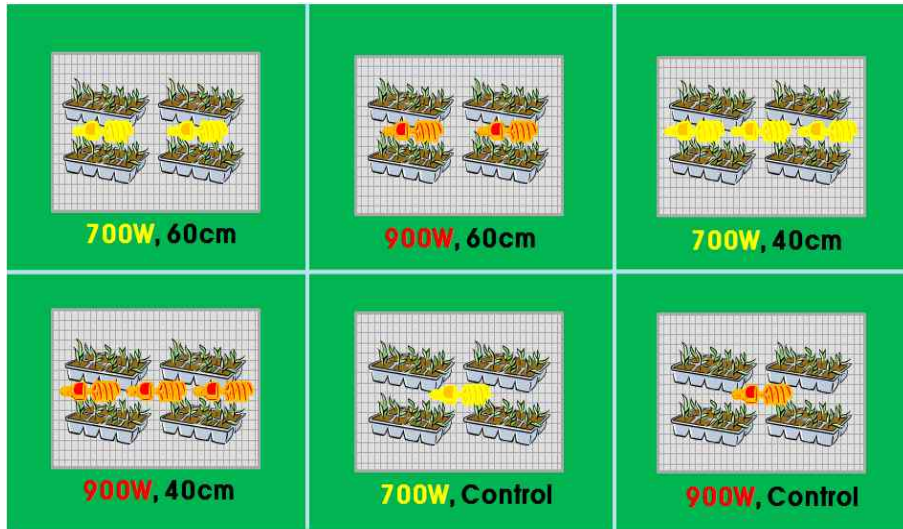


그림 2-80. 유리온실 내부의 나노탄소섬유적외선 난방등(nano-carbon fiber infrared heating lamp)의 전력과 설치간격 배치 상세도.

다. 결과 및 고찰

표 2-12. 나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 간격에 따른 수박 접목묘의 생육.

Wattage (W)	Lamp spacing (cm)	Plant height (cm)	Scion height (cm)	Root length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm ²)
	Control	37.7 a ^z	31.0 ab	13.7 a	5.9 ab	8.9 a	7.9 a	120.9 a
700	60	37.5 a	31.8 ab	13.6 a	5.9 ab	8.3 b	7.4 b	109.2 ab
	40	37.4 a	30.7 ab	13.5 a	5.9 ab	8.7 a	7.4 b	117.8 ab
	Control	36.8 a	30.4 b	13.6 a	5.7 b	8.0 b	7.4 b	104.5 b
900	60	38.5 a	32.3 a	14.0 a	5.9 ab	8.0 b	6.7 c	112.6 ab
	40	37.8 a	31.2 ab	14.5 a	6.0 a	8.2 b	7.3 b	113.0 ab

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

표 2-12. (계속).

Wattage (W)	Lamp spacing (cm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Compactness (mg·cm ⁻¹)	No. of leaves	SPAD
		Shoot	Root	Shoot	Root			
	Control	9.7 ab ^z	1.7 a	0.5 abc	0.06 a	13.39 bc	5.3 a	39.1 a
700	60	9.6 ab	1.2 d	0.5 bc	0.06 a	12.81 c	5.5 a	37.5 b
	40	9.7 ab	1.5 b	0.5 a	0.06 a	14.47 a	5.3 a	35.7 cd
	Control	9.4 b	1.4 c	0.5 bc	0.06 a	12.78 c	5.4 a	35.4 cd
900	60	9.7 ab	1.1 d	0.5 c	0.05 b	11.90 d	5.3 a	34.8 d
	40	10.1 a	1.2 d	0.5 ab	0.05 b	14.06 ab	5.4 a	36.7 bc

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

나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 설치간격에 따른 수박 접목묘의 생육은 표 2-12에 나타난 바와 같다. 초장, 근장, 엽수는 처리간의 유의적인 차이가 없었다. 접수의 길이는 900W 난방등의 대조구에서 가장 짧게 나타났으며, 900W 난방등을 60cm 간격(2개)으로 설치한 처리에서 유의성 있게 가장 길었다. 경경은 900W 난방등을 40cm 간격(3개)으로 설치한 처리에서 가장 굵게 나타났다. 엽장과 엽폭, 엽면적, SPAD는 900W 난방등에서보다 700W 난방등에서 수치가 크게 나타났다. 지상부의 생체중은 900W 난방등을 40cm 간격으로 설치한 처리에서 가장 무거웠으며, 뿌리의 생체중은 700W 난방등의 대조구에서 가장 무거웠다. 건물중과 compactness는 700W 난방등을 40cm 간격으로 설치 처리에서 높은 경향을 보였다. 재배자들이 짧고 강건한 묘를 선호하는 것을 고려하였을 때 접수의 길이가 길지 않고, compactness가 가장 높은 900W보다는 경제성이 높은 700W 난방등을 40cm 간격으로 설치하는 것이 나노탄소섬유적외선 난방등의 적정 설치 간격이라고 판단된다.

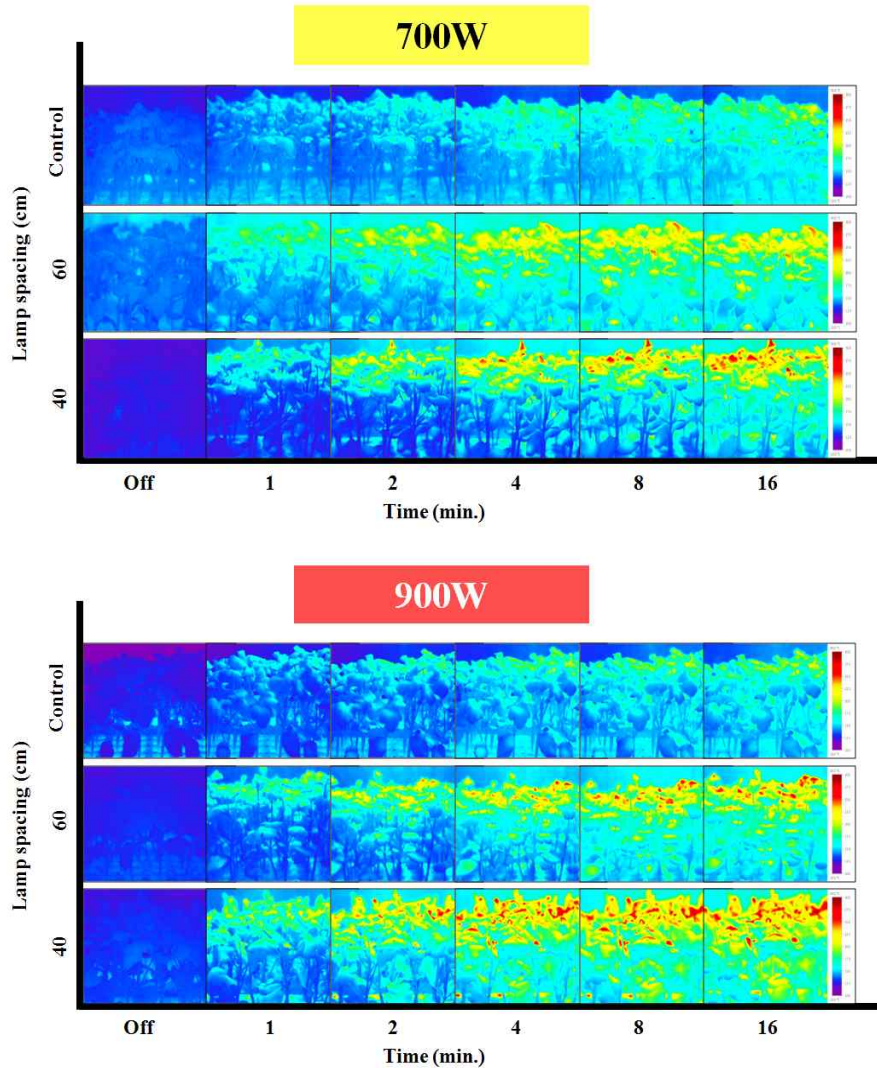


그림 2-81. 나노탄소섬유적외선 난방등의 점등 후 수박 접목묘의 온도변화(적색으로 갈수록 물체의 표면온도가 높고 보라색으로 갈수록 온도가 낮음을 의미함, 온도 범위는 10-30℃임).

그림 2-81은 나노탄소섬유적외선 난방등의 전력에 따른 설치 간격별 점등 후 1, 2, 4, 8, 16분 후의 수박 접목묘의 표면온도 상승속도를 이미지상으로 구현해 주는 열화상 카메라로 측정하였다. 식물체의 온도는 난방등을 켜 후 시간이 지남에 따라 온도가 높아졌으며, 900W 난방등을 40cm 간격으로 설치한 처리에서 온도가 가장 빠르게 상승했다. 이는 높은 전력과 면적당 많은 개수로 식물체온을 빠르게 증가시켰기 때문이다. 대조구에서 온도가 가장 더디게 증가하였다. 겨울철 극저온으로 식물체의 온도가 떨어졌을 때 빠르게 증가시키기 위해서는 전력이 높은 난방등을 많이 설치하는 것이 유리하다고 판단된다.

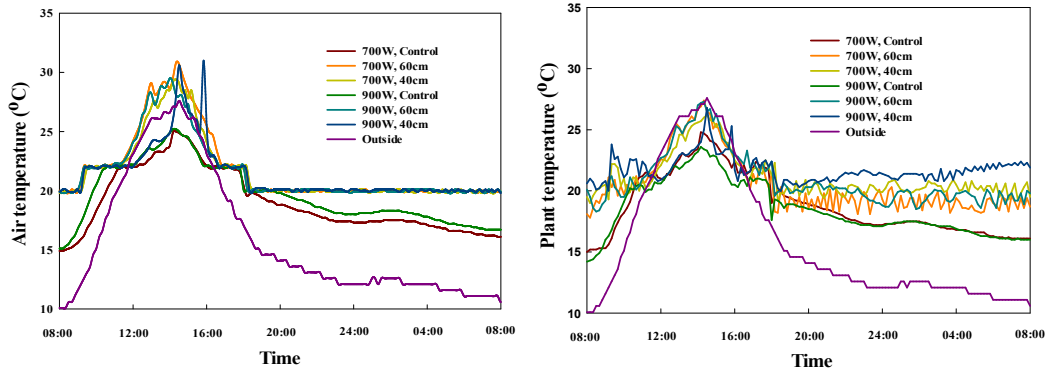


그림 2-82. 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 24시간동안 기온과 식물체 엽온의 변화(좌, 기온; 우, 엽온).

그림 2-82는 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 오전 08시부터 익일 오전 08시까지의 기온과 식물체 엽온의 변화를 나타낸 그래프이다. 그림 2-82(우)는 식물체 엽온의 변화를 측정했으므로 온도설정을 엽온이 아닌 기온으로 설정하였기 때문에 기온의 변화(그림 2-82(좌))에 비하여 엽온에 의한 변화의 진폭(그림 2-82(우))이 나타난 당연한 결과이며, 이는 적외선이 물체의 온도에 먼저 영향을 주기 때문에 난방등이 켜지고 꺼짐에 따라 약 16시 이후부터 엽온의 변화가 기온의 변화에 비해 다소 불안정한 그래프를 보인 것이다. 대조구에서의 기온과 엽온은 야간 설정온도(20°C)를 유지하지 못했다. 이는 충분한 용량의 전력과 난방등의 개수가 확보되지 못해 난방용량 부족으로 온도가 급강하하는 자정 이후부터는 평균 17°C 이상 올릴 수 없었다. 나노탄소섬유적외선 난방등은 물체를 먼저 데우고 물체에서 복사된 열이 다시 공기를 데우는 방식이다. 난방등 한 개로 2.9m²(약 0.9평)의 공간을 난방하기에는 열전달 시간이 부족하고 외부에서 전달되는 차가운 공기를 데우기에는 역부족으로 판단된다. 겨울철 나노탄소섬유적외선 난방등을 이용하여 난방 할 때 기온을 20°C로 유지하기 위해서는 700W, 900W 난방등을 60cm 간격 이상으로 설치하는 것이 바람직하다.

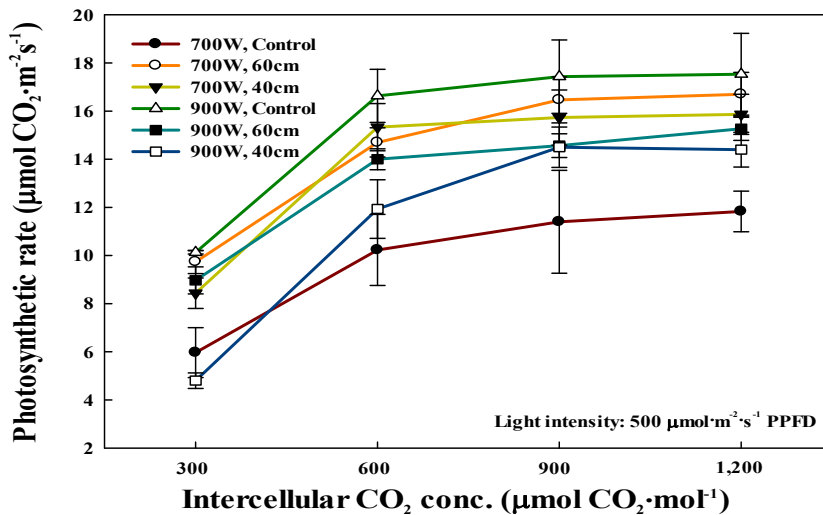


그림 2-83. 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 육묘된 수박 접목묘의 광합성률.

그림 2-83은 나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 설치간격에 따른 수박 접목묘의 광합성률을 나타낸 그래프이다. 모든 처리구에서 이산화탄소의 농도가 높아짐에 따라 광합성 효율이 점차적

으로 증가하는 경향을 보였으며, 900W 난방등의 대조구에서 유의적으로 높게 나타났으며, 700W 난방등의 대조구에서 가장 낮게 나타났다. 그림 2-82에서 900W의 대조구가 야간 설정 온도를 유지하지 못했음에도 광합성 효율이 좋게 나타났는데, 이 부분에서는 광합성 효율과 온도 관리와의 상관성과 관련한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 실험 1에서와 마찬가지로 식물체온도를 빨리 증가시켰던 900W를 40cm 간격으로 설치한 처리에서 광합성률이 낮은 경향을 보였다. 이를 제외하고 나노탄소섬유적외선 난방시 수박 접목묘의 광합성 효율을 높이기 위해서는 700, 900W 난방등을 60cm 간격 이하로 설치하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

라. 요약

수박 접목묘의 경경과 compactness를 고려하였을 때 700W 난방등을 40cm 간격으로 설치한 처리에서 가장 유의성 있게 우수하였다. 나노탄소섬유적외선 난방등을 점등한 후 식물체의 온도 변화는 40cm 간격으로 설치한 처리구(3개 램프)에서 가장 빠른 시간 안에 식물체 온도를 높일 수 있었으나, 너무 높은 온도가 지속되어 광합성률은 다소 저하되었다. 베드당 램프 한 개만 설치된 대조구에서는 야간 설정온도(20℃)에 도달하지 못했다. 광합성률은 900W의 대조구에서 가장 높게 나타나 재실험이 필요할 것으로 판단되며, 900W 난방등을 40cm 간격으로 설치한 처리와 700W 난방등의 대조구에서 낮게 나타났다.

9. 동절기 토마토 공정묘의 상업적 생산을 위한 나노탄소섬유적외선 난방등의 적정 설치 간격 구명

가. 서언

묘의 생산이 가장 활발한 시기는 3월-10월까지이다. 동절기의 묘생산량 증대와 고품질의 묘소질 확보를 위해 난방은 필수적이다. 하지만 겨울철 공정묘 생산자들의 가장 큰 고민은 온실 난방비 절감이다. 나노탄소섬유적외선 난방등으로 고유가 대비 대체 열원으로써 농가경영비를 절감할 수 있다. 나노탄소섬유적외선 난방등은 적외선 방사를 통한 열선을 직접적으로 작물의 표면에 방사함으로써 묘(베드, 지면온도 포함)의 표면온도를 시설내 공기온도보다 1-2℃ 더 높일 수 있으며, 가온비가 전기히터와 온수 난방방식에 비해 25-50%까지 절감할 수 있다는 연구결과가 소개되고 있다. 또한, 산소를 태우지 않는 적외선 방출방식으로 온실 유해가스에 의한 작물피해와 작업자의 가스중독에서 해방 될 수 있고, 작물의 발육상태를 현저히 개선할 수 있다. 또한, 농업용 전기의 효율적인 사용으로 생산단가 절감과 고품질 우량묘 생산을 위한 새로운 난방 방식으로 최근 많은 관심이 집중되고 있는 시스템이다. 본 연구는 동절기 공정육묘장의 난방비 절감과 작물의 적정온도 유지를 통한 고품질 묘생산을 위해 나노탄소섬유적외선 난방등을 도입하여 경제적이며, 작물의 스트레스 없이 최적 온도를 유지할 수 있는 육묘장내 토마토묘생산을 위한 나노탄소섬유적외선 난방등의 적정 설치 간격 구명을 위해 실험을 진행하였다.

나. 재료 및 방법

경상대학교 농업생명과학대학 부속농장 벤로형 유리온실에서 수행되었으며, 묘는 실제 육묘장에서 판매되고 있는 묘를 사용하였다. 시험작물은 토마토(*Solanum lycopersicum* L.) ‘슈퍼도태랑’ 품종을 2015년 1월 29일에 파종하여 3일 동안 발아시켜 육묘하였다. 난방등은 나노탄소섬유적외선 난방등 700W와 900W를 이용하여 각각 베드(폭 1.2 × 길이 2.4 × 높이 0.75m)에서 100cm 높이로 대조구(난방등 1개), 60cm(난방등 2개), 40cm(난방등 3개) 간격으로 설치하여 전력 2처리(700, 900W) × 간격 3처리(대조구, 60, 40cm) × 4반복의 난피법으로 실험을 설계하였다. 벤로형 유리온실 내부에 총 6개의 소형베드를 제작하여 환경조건을 다르게 처리하기 위하여 플라스틱필름을 이용하여 구획화 하였다. 환경설정은 주간인 09시부터 18시까지는 22℃이하로 기온이 내려가면 난방등이 켜지도록 설정하였으며, 야간인 18시부터 9시까지는 20℃이하로 기온이 내려가면 난방등이 켜지도록 설정하였다. 토마토 묘는 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 2월 24일부터 3월 17일까지(21일간) 육묘되었다. 묘의 생육 조사로는 초장, 접수 길이, 근장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽면적, 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, compactness(지상부의 건물중을 초장으로 나눈 값), 엽수, SPAD, 그리고 광합성계측기(CIRAS-3, PP system Inc., USA)를 이용하여 광합성률을 측정하였으며, 환경 측정으로는 베드 주변에 측정센서(GH-101, Youjeong system Co. Ltd., Korea)를 곳곳에 배치하여 베드내부 기온, 엽온, 지온, 광도, 상대습도, 이산화탄소 농도를 측정하였고 버튼식온도계(ibutton DS1923L-F5, Maxim Integrated, USA)를 이용하여 온실전체 평균기온을 측정하였다. 엽온측정을 위해 적외선온도계를 이용하여 24시간 수박묘의 엽온의 변화를 실시간 모니터링 하였다(그림 2-74 참조). 난방등이 켜진 후 시간에 따른 식물체의 표면 온도를 알아보기 위해 열화상측정기(Testo 880-1, Testo Co. Ltd., Lenzkirch, Germany)를 이용하여 촬영하였다. 또한 전력량 계측기(KEM2000, Korins Inc., China)를 이용하여 전력별 설치 높이별 전력소비량을 측정하였다. 통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute., Cary, NC, USA)을 이용하여 Duncan’s multiple range test를 시행하였다.

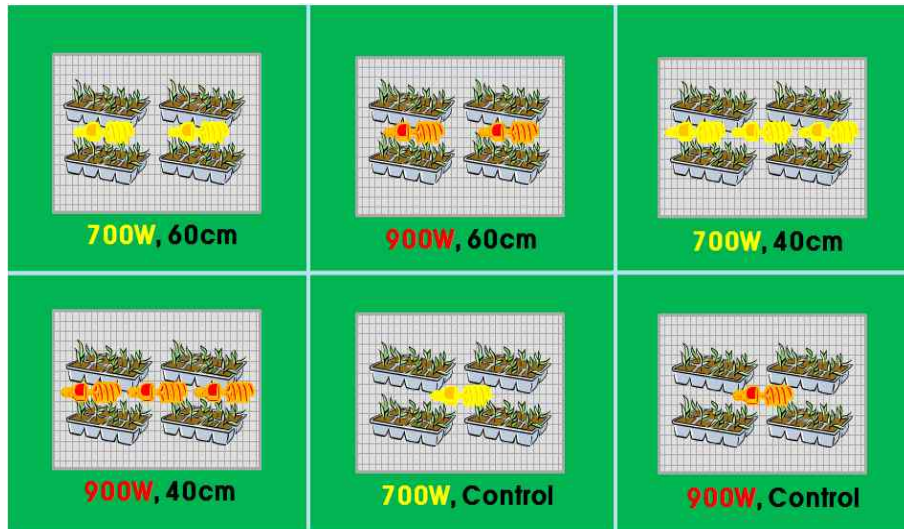


그림 2-84. 유리온실 내부의 토마토 육묘를 위한 나노탄소섬유적외선 난방등(nano-carbon fiber infrared heating lamp)의 전력과 설치간격 배치 상세도.

다. 결과 및 고찰

표 2-13. 나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 간격에 따른 토마토묘의 생육.

Wattage (W)	Lamp spacing (cm)	Plant height (cm)	Scion height (cm)	Root length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm ²)
	Control	28.90 abc ^z	1.93 a	17.10 a	4.86 a	4.83 a	2.75 a	137.12 ab
700	60	30.39 a	1.96 a	17.15 a	4.83 a	4.74 a	2.76 a	138.07 a
	40	29.89 ab	1.94 a	15.10 b	4.73 ab	4.70 ab	2.69 ab	134.61 abc
	Control	28.69 bc	1.93 a	15.79 ab	4.86 a	4.51 bc	2.62 ab	123.68 c
900	60	27.77 cd	2.09 a	16.39 b	4.55 b	4.39 c	2.54 b	130.29 abc
	40	26.37 d	1.95 a	15.96 ab	4.71 ab	4.46 c	2.56 b	125.59 bc

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

표 2-13. (계속).

Wattage (W)	Lamp spacing (cm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Compactness (mg·cm ⁻¹)	No. of leaves	SPAD
		Shoot	Root	Shoot	Root			
	Control	7.91 a ^z	1.26 a	0.493 ab	0.10 a	17.06 bc	7.48 a	42.82 b
700	60	7.59 a	0.73 d	0.436 b	0.06 ab	14.34 d	7.33 a	41.67 b
	40	7.79 a	0.77 cd	0.465 b	0.08 ab	15.56 cd	7.48 a	41.56 b
	Control	7.94 a	1.06 b	0.551 a	0.10 a	19.20 a	7.63 a	43.98 a
900	60	7.42 a	0.67 d	0.459 b	0.06 b	16.52 bc	7.22 a	42.29 b
	40	7.35 a	0.91 bc	0.482 ab	0.10 a	18.27 ab	7.48 a	44.17 a

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

나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 간격에 따른 토마토 접목묘의 생육은 표 2-13에 나타나 있다. 초장, 근장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽면적은 700W 난방등의 대조구와 60cm 간격으로 설치한 처리에서 높은 경향을 보였다. 접수의 길이, 지상부의 생체중, 엽수는 처리간에 유의적인 차이가 없었다. 뿌리의 생체중과 건물중은 700W 난방등의 대조구에서 가장 무거운 경향을 나타냈으며, compactness는 900W 난방등의 대조구에서 가장 높게 나타났다. SPAD는 700W 난방등 처리구 보다 900W 난방등 처리구에서 높게 나타났다. 재배자들이 짧고 강건한 묘를 선호하는 것을 고려하였을 때 접수의 길이가 길지 않고 compactness 값이 가장 높고, 경경이 두꺼웠던 900W 난방등을 1개(대조구) 설치하는 것이 나노탄소섬유적외선 난방등의 적정 설치 간격이라고 판단된다.

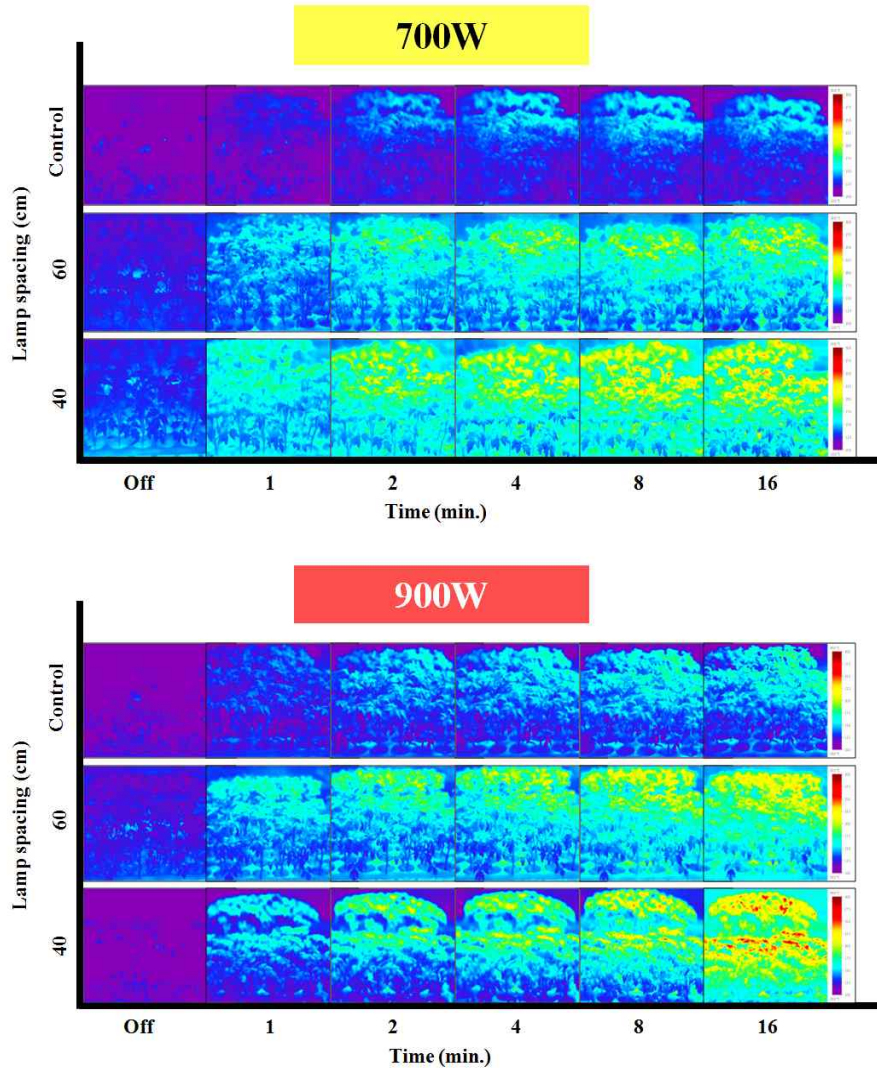


그림 2-85. 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 점등시간에 따른 토마토묘의 온도변화(적색으로 갈수록 물체의 표면온도가 높고 보라색으로 갈수록 온도가 낮음을 의미함, 온도 범위는 10-30℃임).

그림 2-85는 나노탄소섬유적외선 난방등을 켜 후 1, 2, 4, 8, 16분 후의 수박 접목묘의 온도를 열화상 카메라로 측정하였다. 식물체의 온도는 난방등을 켜 후 시간이 지남에 따라 온도가 높아졌으며, 900W 난방등을 40cm 간격으로 설치한 처리에서 가장 온도가 빠르게 올라갔다. 이는 높은 전력과 면적당 많은 난방등의 개수로 식물체온을 빠르게 증가시켰기 때문이다. 대조구에서 온도가 가장 더디게 증가하였다. 겨울철 극저온으로 인한 식물체의 온도저하가 일어날 때 온도를 빠르게 증가시키면서 온도 분포를 균일한 조건으로 맞추기 위해서는 전력이 높은 난방등을 사용하면서 난방등의 개수를 늘리는 것이 유리하다고 판단된다.

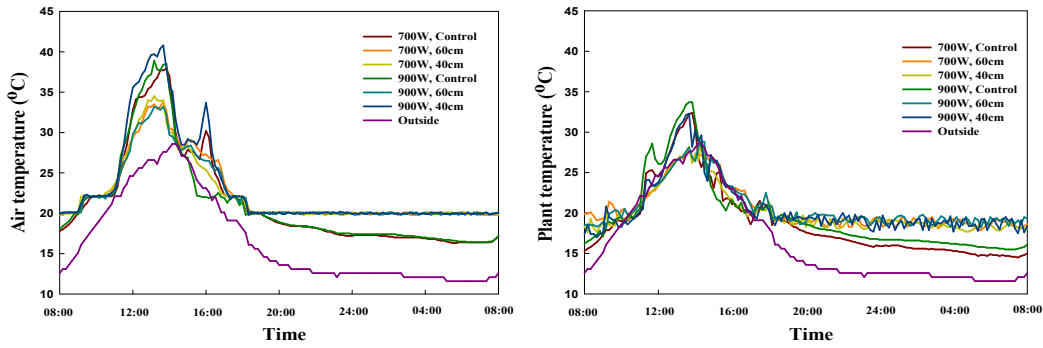


그림 2-86. 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 24시간동안 기온과 토마토 엽온의 변화(좌, 기온; 우, 엽온).

그림 2-86은 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 오전 8시부터 익일 오전 8시까지 24시간 동안의 기온과 식물체 엽온의 변화를 나타낸 그래프이다. 그림 2-86(우)은 식물체 엽온의 변화를 측정된 것으로 온도설정을 엽온이 아닌 공기온도 즉 기온으로 설정하였기 때문에 기온의 변화(그림 2-86(좌))에 비하여 엽온에 의한 변화의 진폭(그림 2-86(우))이 나타난 당연한 결과이며, 이는 적외선이 물체의 온도에 먼저 영향을 주기 때문에 난방등이 켜지고 꺼짐에 따라 엽온의 변화가 기온의 변화에 비해 다소 불안정한 그래프를 보인 것이다. 기온과 엽온은 대조구에서 야간 설정 온도(20℃)를 유지하지 못했다. 나노탄소섬유적외선 난방등은 물체를 먼저 데우고 물체에서 복사된 열이 다시 공기를 데우는 방식이다. 난방등 한 개로 2.9m²(0.9평)의 공간을 난방하기에는 열전달 시간이 부족하고 외부에서 전달되는 차가운 공기를 막기에는 역부족이었기 때문이라고 판단된다. 겨울철 나노탄소섬유적외선 난방등을 이용하여 난방 할 때 기온을 20℃로 유지하기 위해서는 700W, 900W 난방등을 60cm 간격 이상으로 설치하는 것이 바람직하다.

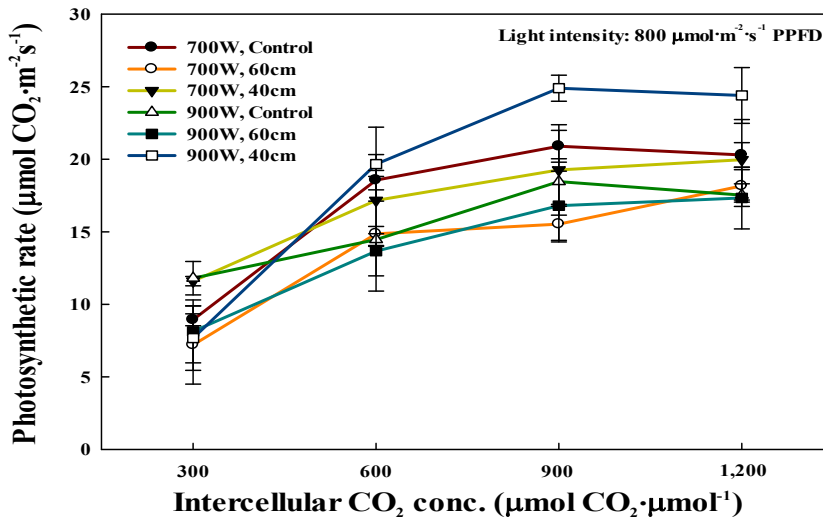


그림 2-87. 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 육묘된 토마토묘의 광합성률.

그림 2-87은 나노탄소섬유적외선 난방등 하에서 육묘된 토마토묘의 광합성률을 나타낸 그래프이다. 모든 처리구에서 이산화탄소의 농도가 높아짐에 따라 광합성 효율이 점차적으로 증가하는 경향을 보였으며, 900W 난방등을 40cm 간격으로 설치한 처리에서 이산화탄소 농도가 약 $500\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 이상일 때 높게 나타났다. 700W 난방등을 60cm 간격으로, 900W 난방등을 대조구와 60cm 간격으로 설치한 처리구에서 광합성률이 낮은 경향을 보였다. 나노탄소섬유적외선 난방시 토마토묘의 광합성 효율을 높이기 위해서는 900W 난방등을 40cm 간격 이하로 설치하는 것이 바람직하다고 판단된다.

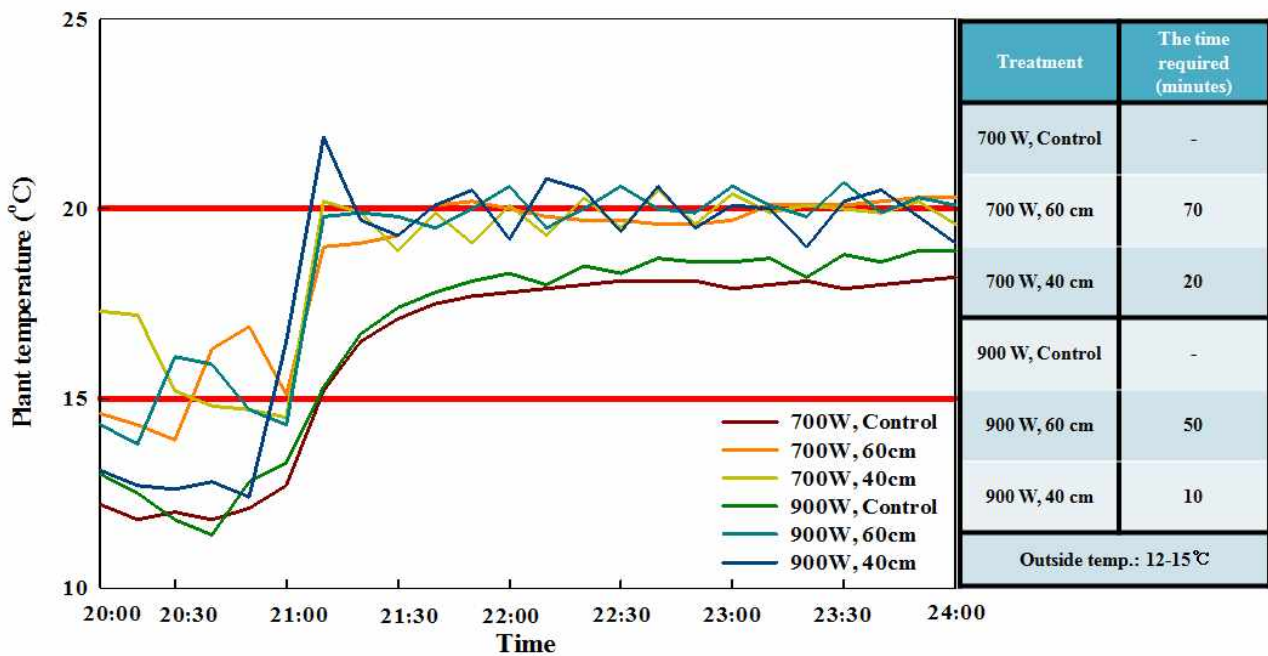


그림 2-88. 나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 설치간격에 따른 식물체온이 15°C에서 20°C에 도달하는데 소요되는 시간.

나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 설치간격에 따른 식물체온이 15°C에서 20°C에 도달하는데 소요되는 시간은 그림 2-88에 나타나있다. 대조구는 목표온도에 도달하지 못하였으며 700W 난방등을 60cm와 40cm 간격으로 설치한 처리에서는 각각 70분과 20분이 소요되었다. 또한, 900W 난방등을 60cm와 40cm 간격으로 설치한 처리에서는 각각 50분과 10분이 소요되었다. 난방등의 전력이 높을수록 설치간격이 좁을수록 목표온도 도달 소요시간을 단축 할 수 있었다.

표 2-14. 나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 설치 간격에 따른 1시간 당 전기 소비량.

Wattage (W)	Lamp spacing (cm)	Energy consumption (kW)
	Control	0.6
700	60	1.4
	40	2.0
	Control	1.0
900	60	1.8
	40	3.0

표 2-14는 나노탄소섬유적외선 난방등의 전력과 설치 간격에 따른 1시간 당 전기 소비량을 나타낸 것이다. 난방등의 전력이 높을수록 설치 간격이 짧을수록 에너지 소비량은 증가하였다. 대조구와 40cm 설치간격 처리는 약 2-3배 정도 차이가 났으며, 700W와 900W 간에는 약 1.5배 차이가 났다.

라. 요약

토마토묘의 경경과 compactness를 고려하였을 때 900W 난방등의 대조구에서 우수한 결과를 보였다. 난방등을 켜 후 식물체 온도의 변화는 40cm 간격으로 설치한 처리구에서 빠른 시간 안에 식물체 온도를 높일 수 있었다. 베드당 램프 한 개만 설치된 대조구 처리구에서 야간 설정온도(20℃)에 도달하지 못하였다. 광합성률은 900W 난방등을 40cm 간격으로 설치한 처리에서 이산화탄소가 약 $500\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 이상일 때 가장 높게 유지되었다. 야간 식물체온의 목표온도 도달시간(20℃)은 900W 난방등을 40cm 간격으로 설치한 처리에서 가장 빨랐다. 결과적으로 동절기 토마토 육묘를 위해서는 900W 난방등을 40cm 간격으로 설치하는 것이 적합하나 에너지 소비량을 고려하여 약 1평당 40cm 이상 60cm 이하의 간격으로 설치하는 것이 바람직하다고 판단된다.

10. 동절기 공정묘의 상업적 생산을 위한 나노탄소섬유적외선 난방등의 경제성 분석

○ 국내 가온재배 면적

- 온실면적 중에서 가온재배면적은 14천ha로 전체의 28% 차지함
- 국내 가온면적: 2,200ha(1990년) → 6,500ha(1995년) → 13,981ha(2014년, 1990년 대비 6.4배 증가)
- 경상남도 가온면적 3,513ha(2014년, 난방비가 생산비의 35-40% 차지)

○ 나노탄소섬유적외선 난방등의 원리

- 적외선 난방등에서 발생하는 적외선이라는 파장의 에너지는 공기온도를 직접 올리기 보다는 식물체나 배지 등 적외선에 비취지는 물체의 온도를 먼저 상승시키고 그 물체들이 발산하는 열이 주변의 온도를 올리는 것이 특징임
- 온실작물 재배에서 중요한 온도관련 요소들로는 기온, 근권 온도, 일평균 온도, 그리고 식물체 온도가 있으며 기온에 비해 식물체 온도가 더 중요함(광합성, 호흡, 증산에 영향을 미침)

○ 나노탄소섬유적외선 난방등의 장점

- 식물체의 엽온, 성장점 온도, 과실 온도를 1-2℃ 정도 증가시킴(성장점 온도 상승으로 생육과 세력이 좋아짐)
- 적산온도를 증가시켜 2-4일정도 수확 속도가 빨라짐으로 인한 조기출하가 가능하고 화훼류(장미), 과채류(딸기) 등에서 품질이 높아지고 수확량이 증가하였다는 보고가 있음
- 온실내부의 상대습도가 상승하는 야간에 나노탄소섬유적외선 난방등이 작동하면서 작물의 결로를 제거하여 병해충(흰가루병, 진딧물, 잭빛곰팡이병 등)발생 및 증식을 억제함
- 실제 설치 후 3-5일 후에 흰가루병, 잭빛곰팡이병 발생이 현저하게 감소하였고 또한, 진딧물과 같은 해충 발생이 억제된 사례가 보고됨
- 고유가 대비 대체 열원(유류비 절감)으로 농가경영비 절감 및 작물 생육촉진으로 농가소득 창출
- 원예작물 난방비 경우 대비 70-80% 절감으로 농가 경쟁력 제고
- 산소를 태우지 않는 적외선 방출로 온실내 유해가스가 발생하지 않아 가스피해 발생에서 해방될 수 있으며, 작물 빛깔과 발육상태가 개선되었다는 보고가 있음

표 2-15. 나노탄소섬유적외선 난방등 설치시 전신주 설치비용.

내역	세부내역	금액(원)	산출근거
초기 투자비용	전신주 신청비	242,000	전신주로부터 실제거리 200m 기준
연 유지 비용	농사용전기사용 (주·야간)	27,572,000	한국전력공사농사용전력(을)저압전력, 시스템 운용일 10시간, 월 10일, 10월-4월(7개월), 일 450kW사용기준
	소계	27,814,000	
	합계	27,814,000	

- 최종 전신주로부터 실제거리(직선거리와 다름) 200m 이내인 경우: 242,000원을 납입하면서 신청 (2014년 기준), 전기계량기 값을 포함함. 전기계량기 값을 포함함. 단 기기는 한전자산임
- 최종 전신주로부터 실제거리가 200m이상인 경우: 42,900원/m을 납입하여야 함. 그러므로 신청비 242,000원과 해당 거리만큼의 비용을 더하면 최종 비용이 산출됨

표 2-16. 농사용 전기 사용시 유지비용.

	나노탄소섬유적외선등 설치농가	전기히터-기존제품 설치농가	온수 보일러 난방 설치농가	온수 보일러 난방 설치농가
일사용량	4,900kW	7,500kW	1,000L	1,000L
월사용량	147,000kW	225,000kW	30,000L	30,000L
단가(원)	39.2(원/kW·h)	39.2(원/kW·h)	900/L(면세유) (2015년 5월 기준)	950/L(병커 c유) (2014년 7월 기준)
기본요금(원미만 절사) (계약전력×기본요금)	1,000kW × 1,150원 = 1,150,000원	1,000kW × 1,150원 = 1,150,000원	-	-
전력량 요금 (원미만 절사)	147,000kWh × 39.2원 = 5,762,400원	225,000kWh × 39.2원 = 8,820,000원	-	-
전기요금계(기본요금+ 역률요금+전력량요금)	1,150,000+0+5,762,400원 = 6,912,400원	1,150,000원+0원+8,820,000원 = 9,970,000원	-	-
부가가치세 (원미만 4사 5입)	6,912,400원 × 0.1 = 691,240원	9,970,000원 × 0.1 = 997,000원	-	-
전력산업기반기금 (10원미만 절사)	6,912,400원 × 0.037 = 255,750원	9,970,000원 × 0.037 = 368,890원	-	-
청구금액(전기요금계 + 부가가치세 + 전력산업 기반기금)(10원미만 절사)	6,912,400원 + 691,240원 + 255,750원 = 7,859,390원	9,970,000원 + 997,000 원 + 368,890원 = 11,335,890원	-	-
계	7,859,390원	11,335,890원	27,000,000원	28,500,000원
난방비 절감률	70.9%	58.0%	대조구(0)	+5.6%

환경 8,250m²(2,500평)은실 기준: 설정온도 18-20℃, 외부기온 -8℃ 내외

* 한국전력공사 전기요금 계산기(<http://cyber.kepco.co.kr/ckeppo/front/jsp/CY/J/A/CYJAPP000.jsp>) 기준.

- 시설 설치비를 제외한 난방비 절감률은 나노탄소섬유적외선 난방등 설치 농가에서는 온수 보일러 난방 설치 농가에 비하여 난방비 절감률이 70.9%였으며, 전기히터 설치 농가는 58.0%였음

표 2-17. 나노탄소섬유적외선 난방등 설치비용 및 난방비 절감률 총액.

항목	나노탄소섬유적외선 난방등 설치 농가	온수 보일러 난방 설치농가
설치비	전신 신청비용+나노탄소섬유 적외선 난방등 설치비 = 242,000원+(2,500평 x 35,000원) = 87,742,000원	2,500평 기준 약 40,000,000원
설치비 절감률(%)	+54.3	대조구(0)
월사용 금액(전기요금 계 + 부가가치세 + 전력산업기반기금) (10원미만 절사)	6,912,400원+691,240원+255,750원 = 7,859,390원	27,000,000원
난방비 절감률(%)	70.9	대조구(0)
환경	8,250m ² (2,500평)온실 기준: 설정온도 18-20℃, 외부기온 -8℃ 내외, 전신주 200m 이내 기준	

- 전신주 설치비용을 제외하고 나노탄소섬유적외선 난방등의 설치비는 온수 보일러 난방 설치 농가에 비하여 약 47,742,000원이 더 소요되었으나, 난방비 절감률이 70.9%로 연간 약 2천만 원가량 절감된다. 설치 후 3년차부터는 두 배 가량 높았던 설치비용이 상쇄되어 이 후로는 온수 보일러 난방에 비하여 난방비가 약 70% 절감된다.

11. 병해충 예방을 위한 방충망(insect screen)설치방안 마련

가. 서언

공정육묘장 내 바이러스를 매개하는 해충에 의한 피해가 만연되어 방충망 설치 등의 대책이 강구되고 있지만, 하절기에 hole size가 작고 조밀한 방충망을 설치한다면 미소해충 차단에 효과적이지만 시설하우스 내 환기불량과 고온으로 인한 작물의 생육스트레스, 생육감소, 고온장해, 품질 및 생산성 저하 등의 다양한 문제가 발생하게 되어 적절한 hole size를 가진 방충망을 선발할 필요가 있다. 따라서 공정육묘장 내 급격한 온도 상승을 방지하면서 해충유입차단을 위한 적절한 크기/밀도의 방충망을 선발하고자 본 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

2016년 5월 14일 경상대학교 부속농장에 위치한 동일한 온실의 크기, 위치, 방향으로 건축된 4동의 온실(면적, 90m²; 길이, 14.4m; 폭, 6.2m; 동고, 3.1m; 측고, 1.75m)에서 수행되었으며, 각각 1)무처리(Control), 2)수입 방충망(Imported insect screen, IS #1), 3)일반 방충망(Common used insect screen, IS #2), 그리고 4)벼망(Net for dry rice, N #1)을 설치하여 총 4처리로 설치하였다(그림 2-89). 각 온실 내부의 공기 온도분포와 온도저감 효과를 판단하기 위해 15군데의 측정지점에 온도센서(FEP-K, Excellence Innpitron Korea Co. Ltd., Korea)를 설치한 후(그림 2-90) 10:00시부터 14:00시까지 10분 간격으로 4시간 동안 data logger(Graphtec Midi Logger, Graphtec Co. Ltd., Japan)를 이용하여 데이터를 수집하였다. 온실 내부 해충 밀도를 관찰하기 위해 2016년 5월 13일부터 5월 17일까지 5일 동안 온실 한 동 당 황색(담배가루이, 온실가루이, 아메리카잎굴파리, 작은뿌리파리, 진딧물, 총채벌레, 응애)과 청색(총채벌레) 끈끈이 트랩(15 x 25cm)을 각각 6장씩 설치하였다. 그리고 m² 당 해충 밀도로 환산하여 나타내었다.

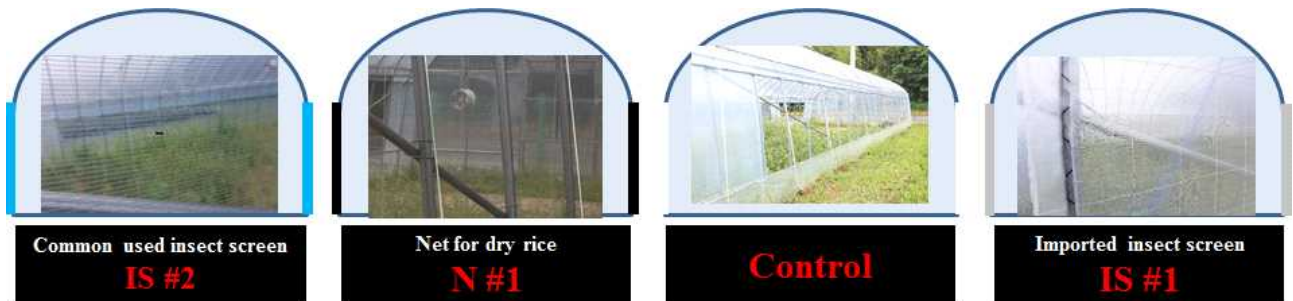


그림 2-89. 동일한 온실의 크기, 위치, 방향으로 건축된 4동의 온실 사진(상)과 단동 플라스틱 온실에 설치된 종류별 방충망(하).

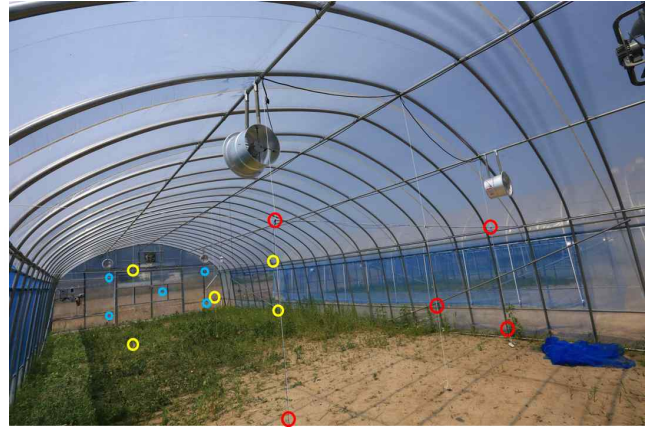
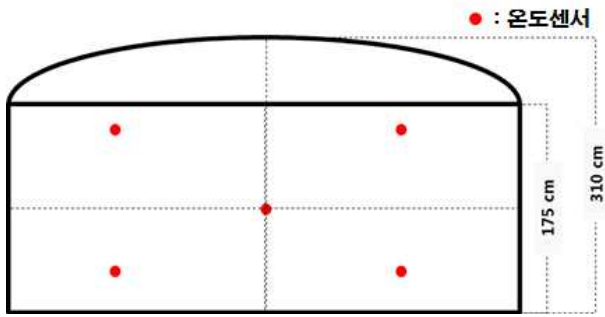


그림 2-90. 단동 플라스틱 온실 내부의 기온 센서의 위치(좌, 온실내 온도 센서 위치 단면도; 우, 15개 측정점의 센서 위치를 표시한 실험사진).

다. 결과 및 고찰

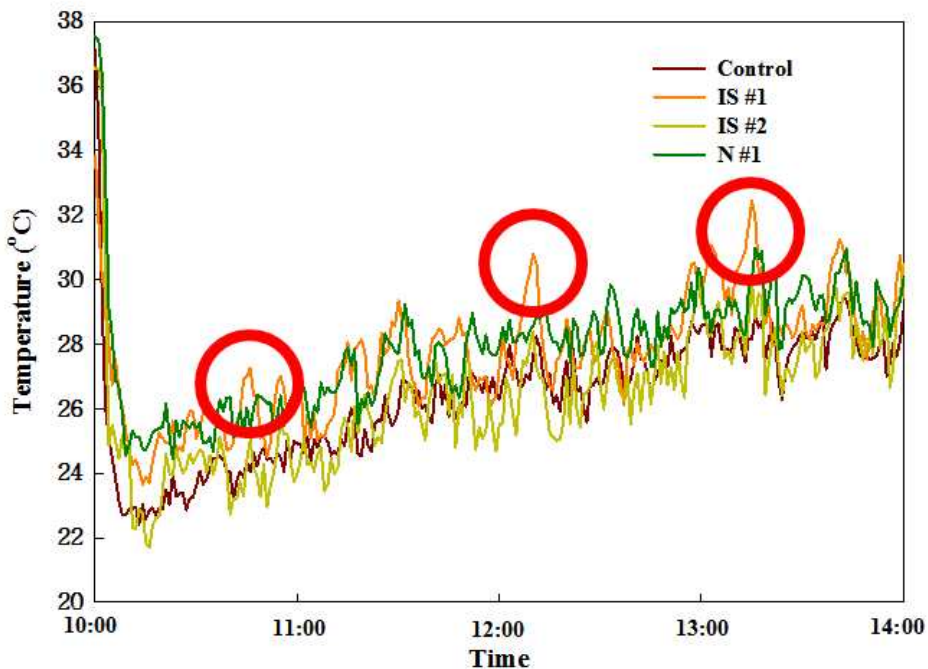


그림 2-91. 공정육묘장 내 방충망 종류에 따른 온도 변화.

그림 2-91은 방충망 종류에 따른 4개동 온실 내부의 온도변화를 나타낸 그래프이다. 온도는 IS #1(수입 방충망)에서 10시 40분경, 12시 10분경, 그리고 13시 20분경에 다른 처리구에 비해서 급격히 높아진 온도를 보였다. 또한, 온도가 가장 높았던 13시 20분경에는 대조구와 약 4°C의 온도차가 나타났다. 이는 IS #1(수입 방충망)이 IS #2(일반 방충망)와 N #1(벼망)에 비하여 hole size가 작고 조밀했기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 IS #2(일반 방충망)에서는 대조구와 유사한 정도로 온도가 낮은 경향을 보여 하절기 공정육묘장 내 방충망에 따른 급격한 온도 상승을 피하기 위해서는 hole size가 작은 수입산 방충망(IS #1)에 비해 일반 방충망(IS #2)을 설치하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

표 2-18. 방충망과 끈끈이 트랩 종류에 따른 해충 밀도.

Sticky trap type	Treatment ^z	No. of insects (insect/m ²)
Yellow sticky trap	Control	1,497.8 a ^x
	IS #1	457.8 b
	IS #2	768.9 b
	N #1	728.9 b
Blue sticky trap	Control	404.4 a
	IS #1	195.6 b
	IS #2	231.1 b
	N #1	226.7 b

^zTreatment presents imported insect screen, IS #1; common used insect screen, IS #2; and net for dry rice, N #1.

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

방충망과 끈끈이 트랩 종류에 따른 해충의 밀도는 표 2-18에 나타내었다. 황색과 청색 끈끈이 트랩 모두 대조구에서 각각 1,497.8insect/m²와 404.4insect/m²로 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 다른 처리구에서는 유의적인 차이가 없었다. 그러므로 하절기 급격한 온도 상승에 영향이 적고 다른 처리구와 비교하여 해충 유입 밀도에 유의적인 차이를 보이지 않은 일반 방충망(IS #2)을 공정육묘장에 설치하는 것이 바람직하다고 판단된다.

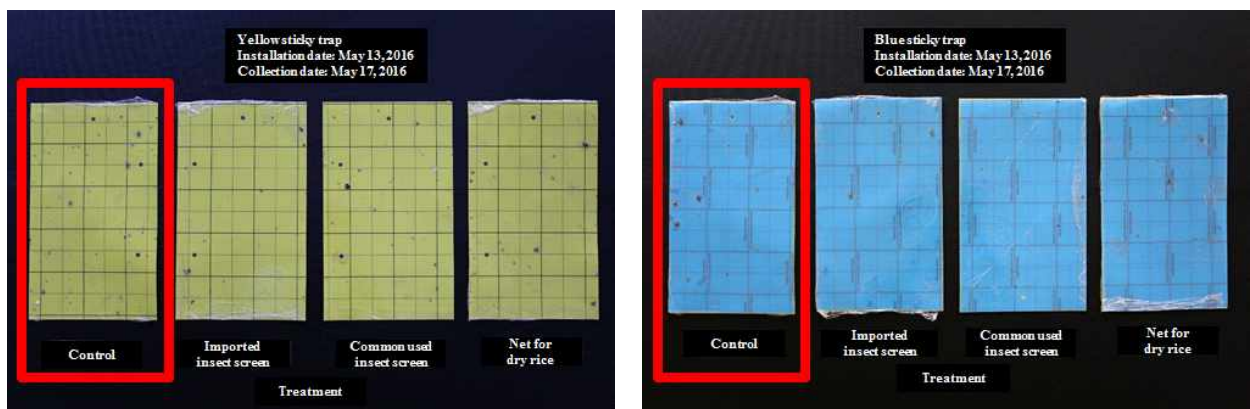


그림 2-92. 방충망과 끈끈이 트랩 종류에 따른 해충 밀도.

라. 요약

하절기 공정육묘장 내 방충망에 따른 급격한 온도 상승을 피하고 해충 유입을 적절하게 막기 위해서는 hole size가 지나치게 작은 수입산 방충망(IS #1)에 비해 일반 방충망(IS #2)을 설치하는 것이 바람직하다.

12. 방충망 설치에 따른 온도상승문제 해결방안 마련

가. 서언

공정육묘장 내 바이러스를 매개하는 해충에 의한 피해가 만연되어 방충망 설치 등의 대책이 강구되고 있지만, 하절기에 hole size가 작은 방충망을 설치한다면 시설하우스 내 환기불량과 고온으로 인한 작물의 생육스트레스, 생육감소, 고온장해, 품질 및 생산성 저하 등의 다양한 문제가 발생하게 된다. 하절기 온실내 온도저감을 위한 방법 중 공기 유동팬은 가격이 저렴하고 손쉽게 설치할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 방충망 설치에 따른 온도하강을 위한 공기 유동팬의 공정육묘장 내 적정 설치 방법에 대해서는 매뉴얼화 되어 있지 않다. 따라서 공정육묘장 내 온도저감과 내부 환경의 균일화를 위한 공기 유동팬의 적정 설치 간격과 높이를 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

2016년 5월 20일 경상대학교 부속농장에 위치한 동일한 온실의 크기, 위치, 방향으로 건축된 4동의 온실(면적, 90m²; 길이, 14.4m; 폭, 6.2m; 동고, 3.1m; 측고, 1.75m)에서 수행되었으며, 각각 공기 유동팬(LD-SF250, Innotech Co. Ltd., Korea)을 1)지상에서 130cm 높이로 2개 설치한 처리(#130-2), 2)지상에서 130cm 높이로 4개 설치한 처리(#130-4), 3)지상에서 220cm 높이로 2개 설치한 처리(#220-2), 그리고 4)지상에서 220cm 높이로 4개 설치한 처리(#220-4)로 총 4처리로 설치하였다(그림 2-93과 그림 2-95). 공기 유동팬은 온도가 높아지는 시간인 11:00시에서 13:00시 까지 가동시켰다. 각 온실 내부의 공기 온도분포와 온도저감 효과를 판단하기 위해 15군데의 측정지점에 온도센서(FEP-K, Excellence Innpitron Korea Co. Ltd., Korea)를 설치한 후 11:00시부터 13:00시 까지 10분 간격으로 2시간 동안 data logger(Graphtec Midi Logger, Graphtec Co. Ltd., Japan)를 이용하여 데이터를 수집하였다. 이와 동시에 열화상 카메라(Testo 882, Testo Co. Ltd., Korea)를 이용하여 온실 내부 온도분포를 확인할 수 있는 이미지를 촬영하였다.

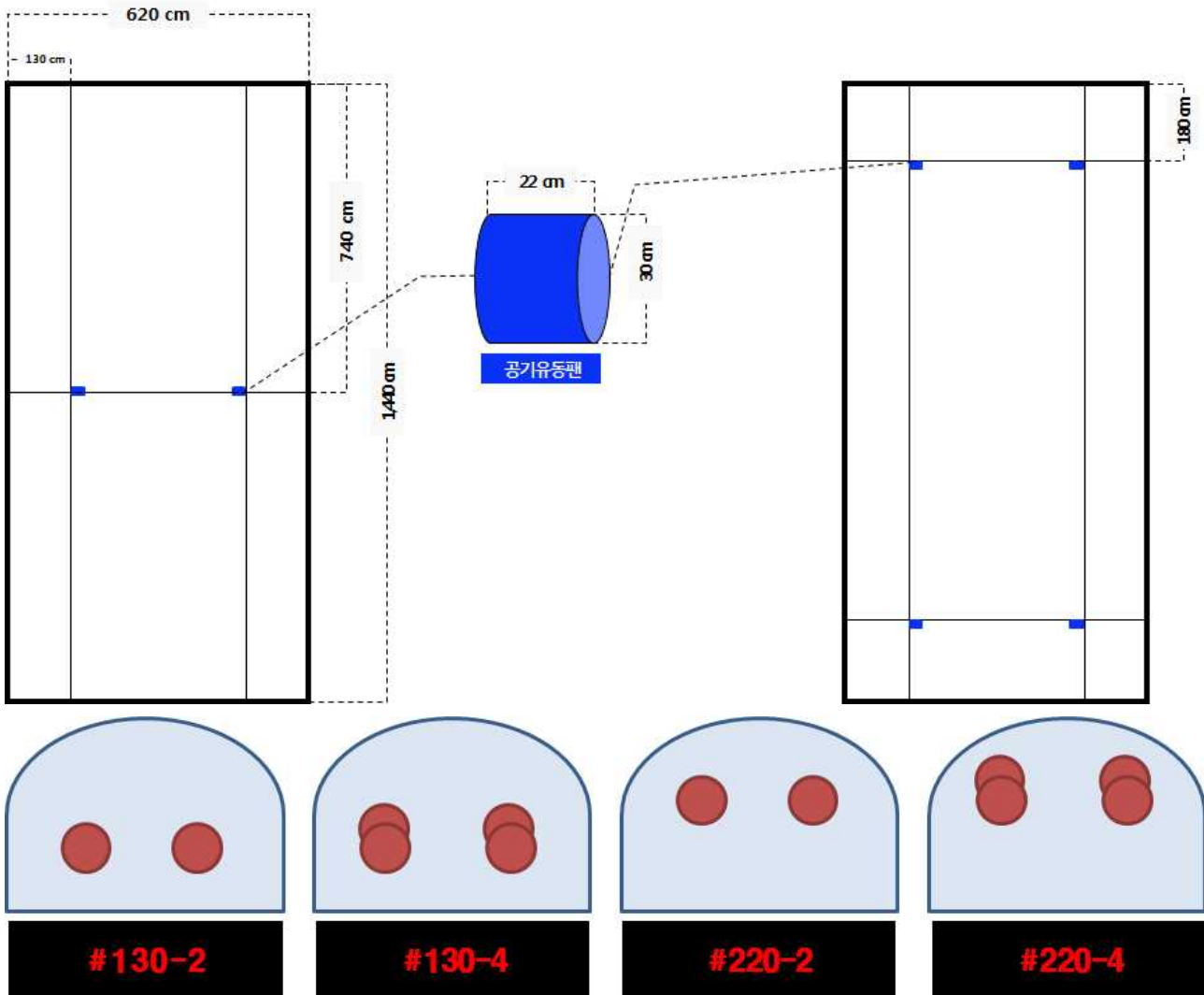


그림 2-93. 단동 플라스틱 온실 내부의 공기 유동팬 설치 위치(상)과 온실내 공기 유동팬의 설치 높이와 개수 처리 구성도(하).



그림 2-94. 동일한 온실의 크기, 위치, 방향으로 건축된 4동의 온실 사진(상)과 단동 플라스틱 온실 내부의 공기 유동팬 설치 모습(중과 하).

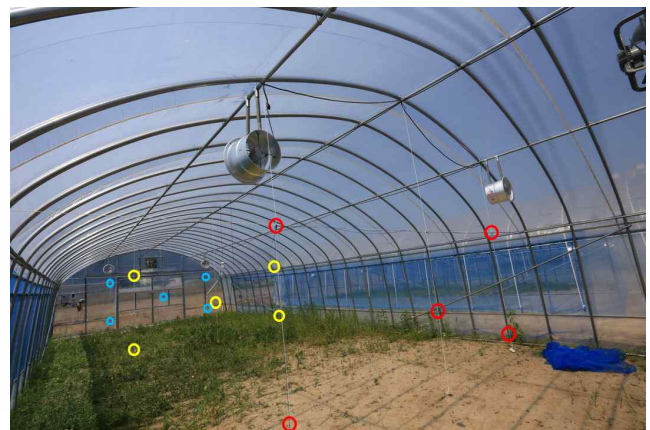
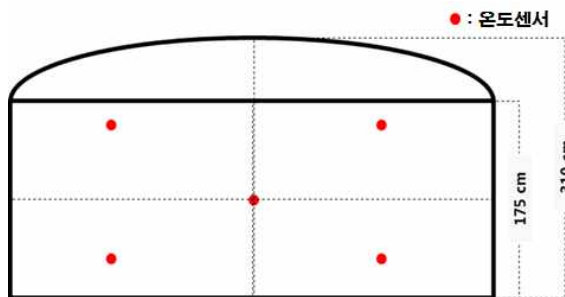


그림 2-95. 단동 플라스틱 온실 내부의 기온 센서의 위치(좌, 온실내 온도 센서 위치 단면도; 우, 15개 측정점의 센서 위치를 표시한 실험사진).

다. 결과 및 고찰

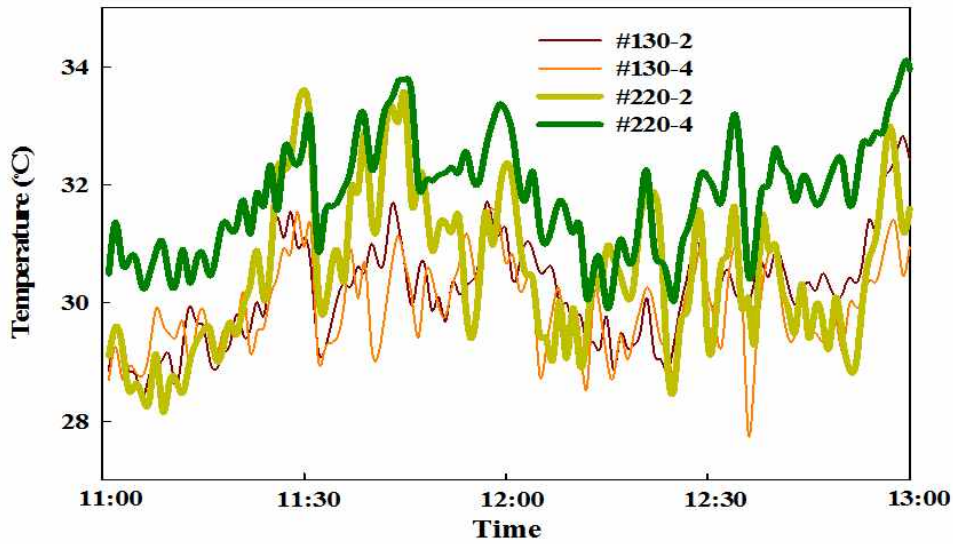


그림 2-96. 공정육묘장 내 공기 유동팬의 설치 높이와 개수에 따른 온도 변화.

그림 2-96은 공기 유동팬의 설치 높이와 개수에 따른 온실 내의 온도변화를 나타낸 그래프이다. 공기 유동팬의 설치 간격과 높이에 따른 온실 내부의 공기 온도는 #220-4 처리에서 높게 유지되었으며 평균 31.8°C를 나타내었다. 다음으로는 #220-2 처리에서 온도가 높게 나타났으며 평균 30.5°C로 나타났다. #130-2와 #130-4 처리에서는 각각 평균 30.2°C와 29.9°C로 나타났다. 이 결과는 지표에서 130cm 높이에 공기 유동팬을 설치하였을 때 220cm 높이에 설치하는 것 보다 온도 감소에 효과적이었다는 것을 나타낸다. 이러한 결과는 측고와 비슷한 높이에 공기 유동팬을 설치하여 공기를 유동시키는 것에 비해 측고의 절반정도 되는 높이에 설치하는 것이 뜨거운 공기를 더 효율적으로 측창을 통해 방출할 수 있기 때문인 것으로 판단된다.

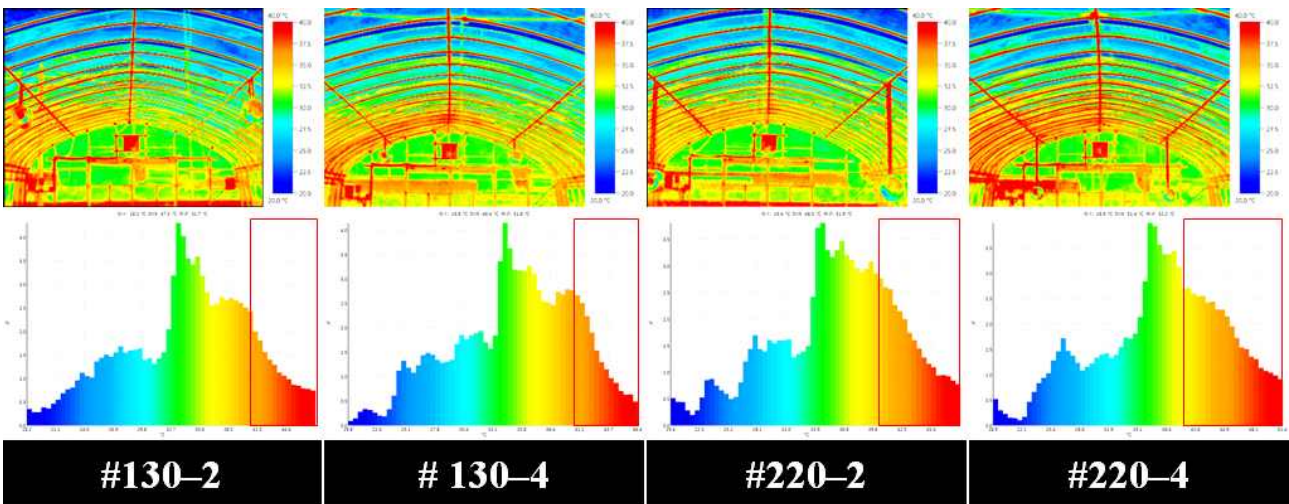


그림 2-97. 공정육묘장 내 공기 유동팬의 설치 높이와 개수에 따른 열화상.

표면에서 방사되는 적외선을 측정하여 얻어진 온실내부의 온도분포가 다양한 색으로 표시되는 화상인 열화상을 그림 2-97에 나타내었다. 공기 유동팬을 지상부에서 220cm 높이에 설치한 처리보다 130cm 높이에 설치한 처리에서 30°C 이상을 넘어서는 온도분포가 적어 온실 내부의 온도가 더 낮은

것을 알 수 있었다. 결과적으로 온실내의 원활한 공기 순환을 위하여 공기 유동팬을 지상부에서 130cm 높이에 설치하는 것이 적합하다고 판단되나 공기 유동팬의 개수에 대한 차이는 뚜렷이 보이지 않아 온실의 높이(측고와 동고)와 길이 등을 고려한 다양한 온실규모에 따른 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

라. 요약

지표에서 130cm 높이에 공기 유동팬을 설치하였을 때 220cm 높이에 설치하는 것 보다 온도 감소에 효과적이었으며, 열화상 역시 220cm 높이에 설치한 처리보다 130cm 높이에 설치한 처리에서 30℃ 이상을 넘어서는 온도분포가 적어 온실 내부의 온도가 더 낮은 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 측고와 비슷한 높이에 공기 유동팬을 설치하여 공기를 유동시키는 것에 비해 측고의 절반정도 되는 높이에 설치하는 것이 뜨거운 공기를 더 효율적으로 측창을 통해 방출할 수 있기 때문인 것으로 판단된다.

13. 국내 공정육묘장의 접목활착실 환경실태 조사

가. 서언

국내 공정육묘장에서 생산되는 과채류 중 접목묘 생산비율이 증가하고 있지만, 기후 변화와 이상 기상에 따른 온실의 환경관리의 어려움과 그에 따른 고품질 접목묘 생산에 어려움이 있다. 그래서 외부 기상 환경의 영향을 상대적으로 적게 받는 접목활착실의 도입이 시도되고 있는 실정이다. 이러한 접목활착실의 도입에 앞서 현재 육묘장에서 사용하고 있는 접목활착 터널(온실 내)과 접목활착실(샌드위치 판넬 벽)의 환경실태를 조사하였다.

나. 재료 및 방법

국내 지역별(경상도, 전라도, 경기도, 충청도) 대표 육묘장을 방문하여 각 농가에서 현재 사용 중인 접목활착실의 환경을 측정하였다. 저온기와 고온기에 방문하여 온·습도(DS1923L-F5, Ibutton, USA)를 한 달간 측정하였다. 또한 접목활착 터널 및 접목활착실의 순간 온·습도 및 광질(USB2000+, Ocean Optics, USA)도 측정하였다.

다. 결과 및 고찰

국내 지역별(경상도, 전라도, 경기도, 충청도) 대표 육묘장을 방문하여 접목활착 터널 및 접목활착실의 일시적인 온·습도 및 광질을 측정한 결과는 아래와 같다(표2-19와 2-20). 저온기에는 온실내의 온도보다 접목활착 터널 내 온도가 더 높은 것으로 나타났는데, 저온기에는 온실보다 접목활착 터널 비닐 내의 온도가 더 높게 나타나는 것으로 생각된다(표 2-19). 또한 육묘장의 내부보다 접목활착 터널의 상대습도, CO₂, 절대습도가 더 높은 것으로 나타났다. 광도는 접목활착 공간을 비닐 또는 비닐+부직포 터널로 만들었을 때 확연히 광도가 더 낮은 것을 알 수 있었다. 접목활착실을 가지고 있는 장성육묘장의 경우는 접목묘의 활착시 공기 중 상대습도를 100% 조절하여 관리하고 있었다. 고온기의 육묘장의 환경을 측정한 결과 표 2-19의 결과와 유사하였다(표 2-20). 저온기와 고온기의 다른 점은 접목활착 터널 내의 온도가 더 낮았는데, 식물체의 온도를 측정한 결과도 이와 같았다. 접목활착 터널 및 접목활착실의 광질도 측정 하였다(그림 2-98, 2-99, 2-100, 2-101, 2-102). 무엇보다 재배농가가 사용하는 피복재의 종류에 따라 광질과 광도에 차이가 많았다. 계절에 따라서도 차이를 보였는데 저온기에 비해 고온기의 방사 조도가 높고 500nm 파장의 광 비율이 다소 감소하는 경향을 보였다. 장성육묘장의 경우 다른 육묘장과 비교해 인공광원을 이용한 접목활착실을 가지고 있기 때문에 선택적으로 특정 광질의 광원을 이용하고 있었다(그림 2-101). 현재 사용하고 있는 LED 광원의 비율은 적색 2:청색 1의 비율이었는데, 그림 2-101은 그 비율의 광파장대를 나타내고 있다. 폐쇄된 공간에서 인공광원을 사용하지 않는 한 광도와 광질을 표준화 하는 것은 어려워 보이고, 그로 인한 재배/관리기술의 표준화도 어려워 보인다.

표 2-19. 저온기 접목활착 터널 및 접목활착실의 순간 환경 측정(2013년 1월 22일-1월 23일).

육묘장 (측정시각)	측정 장소	온도 (℃)	상대습도 (%)	광도 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	CO ₂ (ppm)	절대습도 (g/m ³)
	온실 내	19.4	42.2	190	588	12.7
포승육묘 (11시 30분)	접목활착 터널 비닐 내	22.9	-	91	-	19.7
	접목활착 터널 비닐+무직포 내	-	-	37	599	-
노성육묘 (15시 30분)	온실내	19.6	86.4	118	530	14.4
	접목활착 터널 비닐 내	21.1	77.4	82	700	14.4
정읍육묘 (09시 57분)	온실 내	19.6	72.0	130	500	12.3
	접목활착 터널 비닐 내	19.7	94.0	110	1080	16.0
장성육묘 (11시 35분)	접목활착실 내	19.6	100.0	50-80	485	16.8
초전육묘 (16시)	온실 내	18.9	73.0	72.7	310	
	접목활착 터널 비닐 내	19.5	73.0	53.2	340	

표 2-20. 고온기 접목활착 터널 및 접목활착실의 순간 환경 측정(2013년 6월 21일-6월 22일).

육묘장 (측정시각)	측정 장소	온도 (°C)	상대습도 (%)	광도 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	식물체 온도 (°C)	절대습도 (g/m^3)
포승원예 (12시 05분)	온실 내	30.5	51.9	800	29.8	16.3
	접목활착 터널 비닐 내	29.9	98.5	86	27.4	27.4
노성육묘 (9시 30분)	온실 내	28.0	57.9	222	25.4	16.4
	접목활착 터널 비닐 내	27.4	94.2	144	24.6	24.6
	작은 비닐 내 (접목묘와 밀착)	30.3	99.0	80	30.6	28.8
초전 육묘장 (14시)	온실 내	34.5	35.0	1,400	30.4	17.0
	접목활착 터널 비닐 내	30.4	52.0	89	28.9	21.2
장성육묘 (추정-저온기)	접목활착실 내	19.6	100.0	50-80	-	16.8

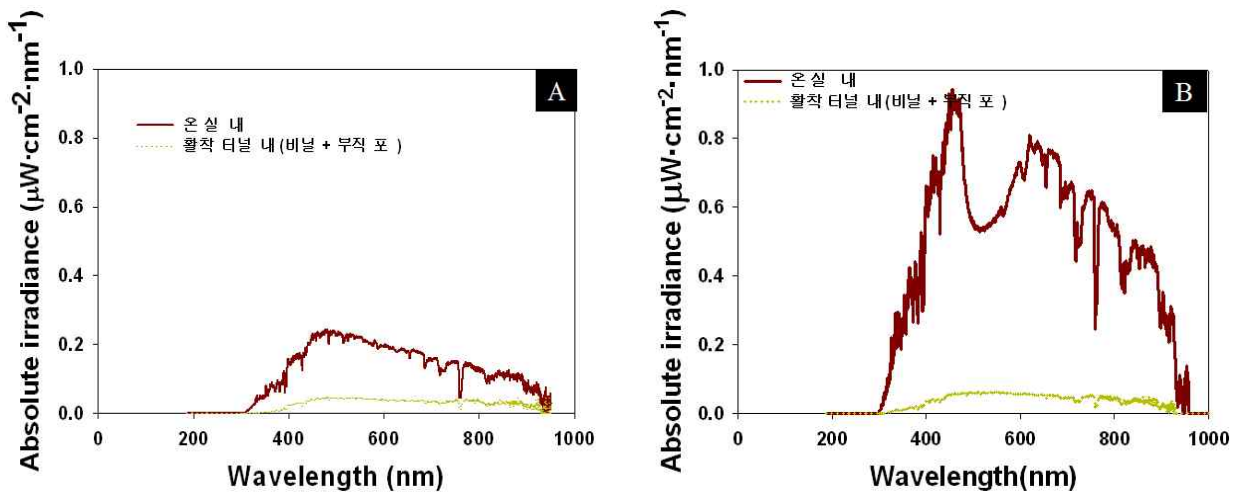


그림 2-98. 경기도 포승원예육묘장의 접목활착 터널 내 광질 측정 결과: A, 저온기; B, 고온기.

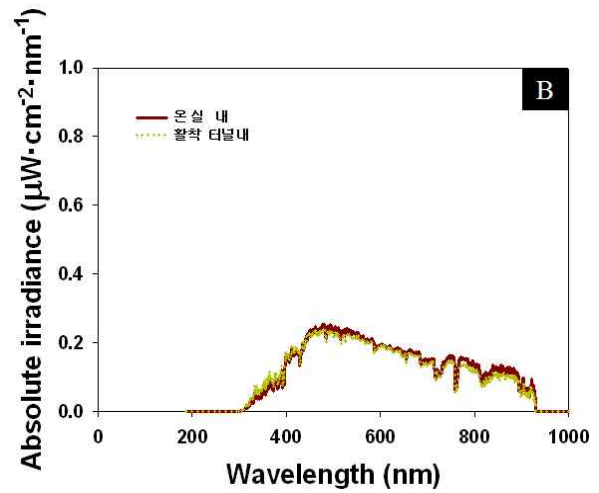
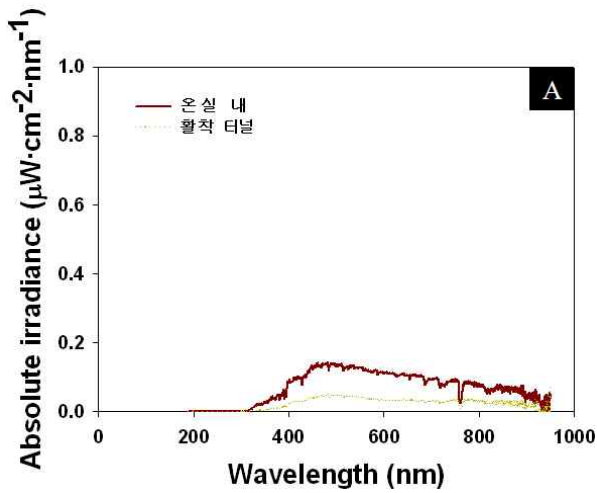


그림 2-99. 충남 노성육묘장의 점목활착 터널 내 광질 측정 결과: A, 저온기; B, 고온기.

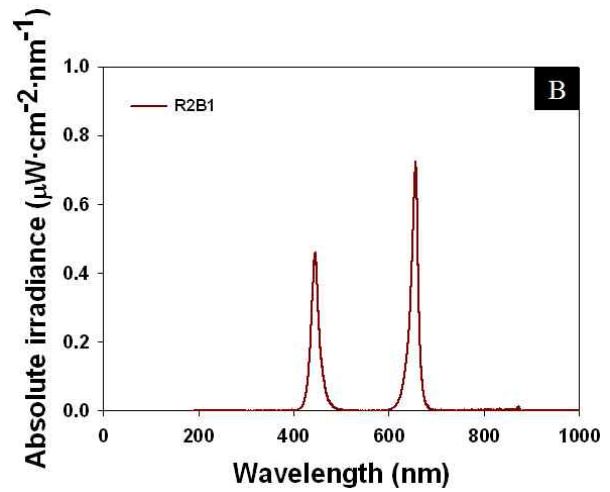
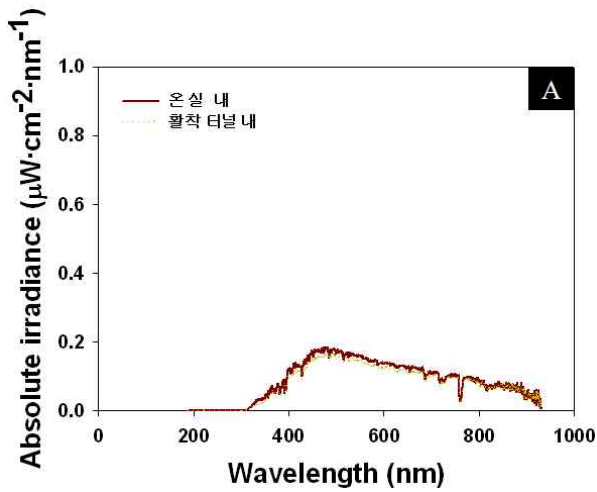


그림 2-100. 전북 정읍육묘장의 점목활착 터널 및 점목활착실 내 광질 측정 결과: A, 저온기 점목활착 터널; B, 고온기 점목활착실.

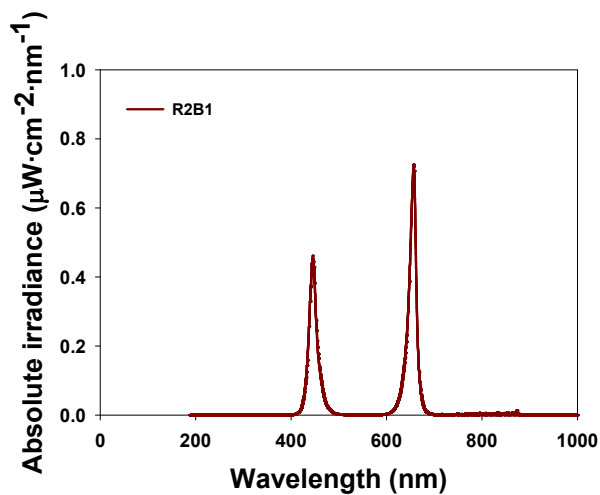


그림 2-101. 전남 장성육묘장의 점목활착실 내 광질 측정 결과(저온기와 고온기 동일).

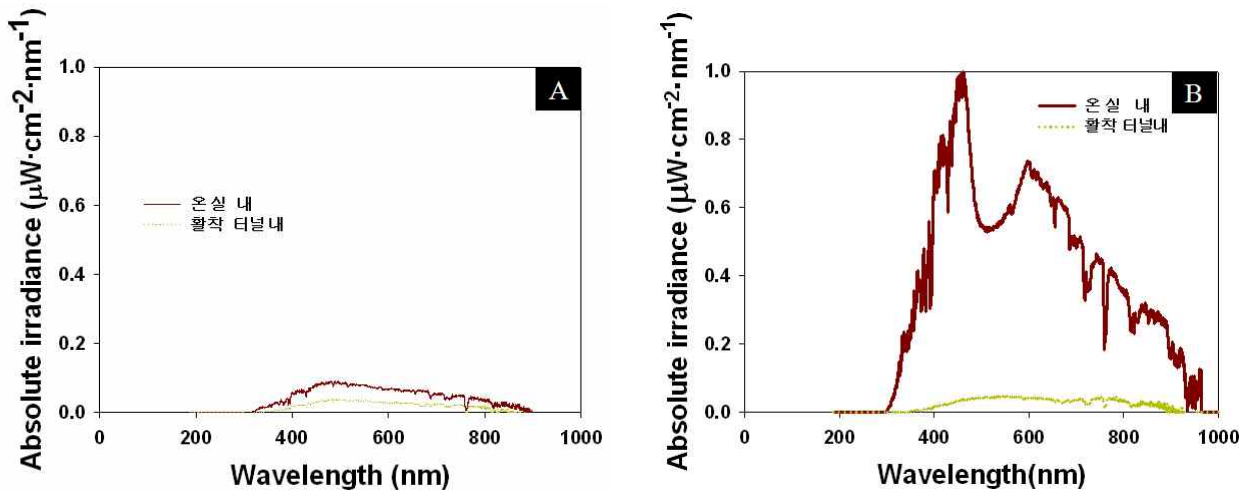


그림 2-102. 경남 초전육묘장의 접목활착 터널 내 광질 측정 결과: A, 저온기; B, 고온기.

국내의 공정육묘장에서 생산되는 접목묘의 대부분은 주로 2-4월의 저온기에 걸쳐 재배되고, 일부가 7-8월의 고온기에 생산되고 있다. 접목 후 활착을 촉진시키고자 육묘장에서 널리 사용되고 있는 방법은 접목 직전에 충분히 관수하고 접목을 한 후 고온기와 저온기에는 폴리에틸렌 비닐 또는 보온용 커튼재를 사용하여 온실내에 터널 형태의 활착용 공간을 조성한다. 온실내에 설치된 터널 형태의 활착용 공간은 태양광의 일부를 차단시키고, 활착 과정에서 상대습도와 광을 조절하는 역할을 한다. 그리고 광도가 높지 않은 시각에 터널을 제거하여 환기를 하거나 고온기에는 미스팅 시설을 가동하여 온·습도를 조절하기도 한다. 이 과정에서 터널 내의 기온과 상대습도를 정확히 조절하는 것은 매우 어려운 실정이다. 또한 이러한 작업은 환경 관리자의 경험에 의해서 이루어져 표준적인 상대습도와 광의 조절이 불가능한 상태이다. 아래 육묘장의 고온기와 저온기의 온습도 그림(그림 2-103, 2-104, 2-105, 2-107)과 같이 자연광 조건 하에서 접목묘를 활착시킬 때 외부 환경의 영향을 쉽게 받아 온·습도의 편차가 커지므로 접목묘의 묘소질이 균일하지 않고 저하될 우려가 있다. 일부 육묘장에는 접목묘의 활착을 촉진시키기 위해 폐쇄형 접목활착실을 온실내에서 사용하고 있다(그림 2-106). 활착용 공간을 효과적으로 사용할 수 있는 다단식 선반이 설치되어 있는데 이로 인해 자연광 조건 하의 활착실보다 온·습도 제어가 보다 쉽게 이루어 질 수 있는 장점이 있다. 하지만 아직까지 온·습도와 인공광원의 적정 광질에 관한 최적 환경조건이 구명되지 않았다.

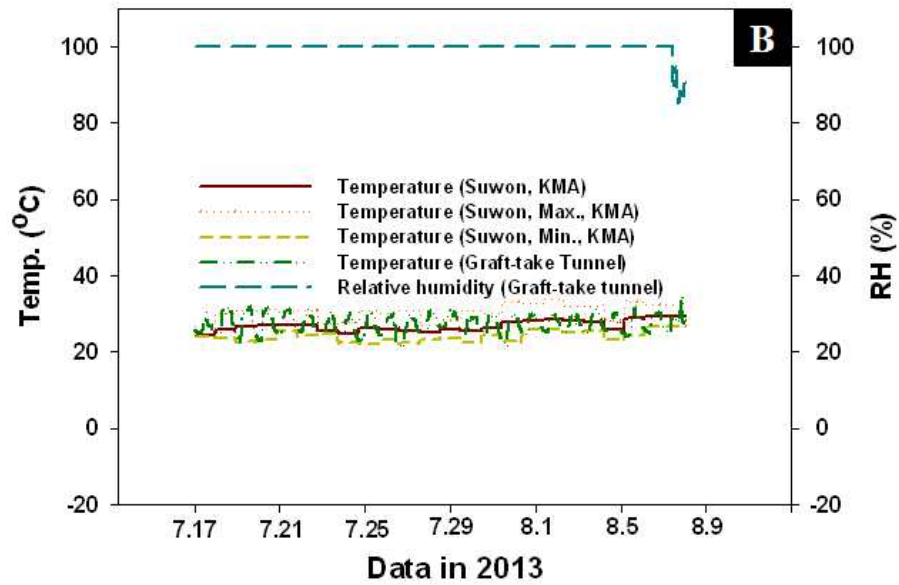
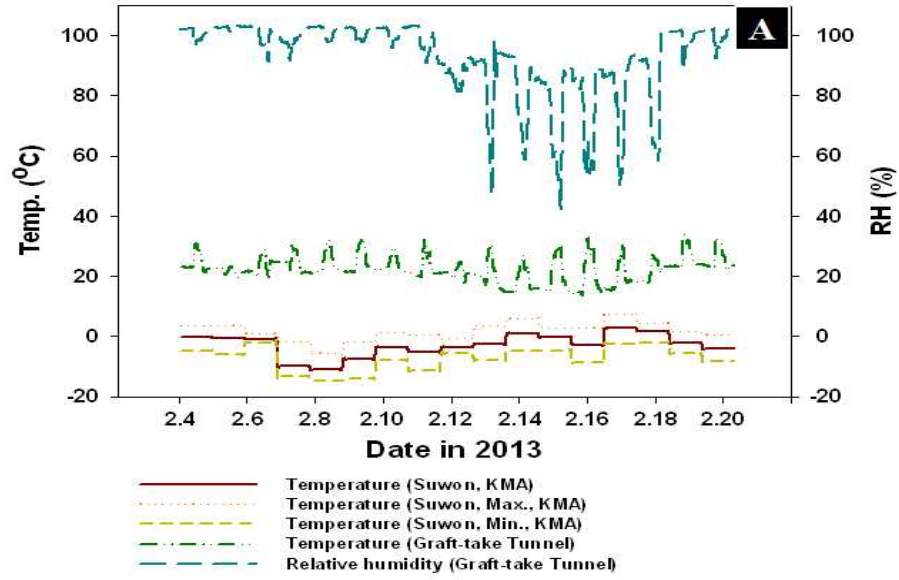
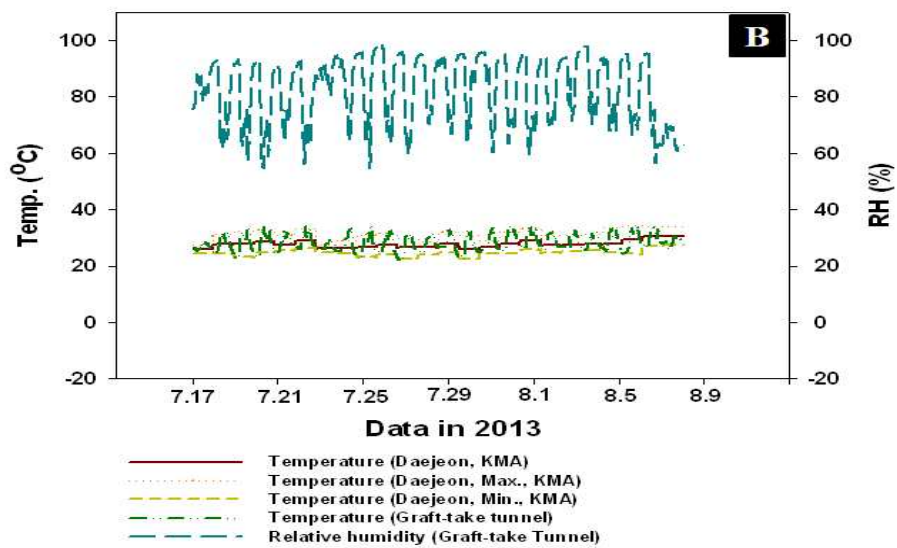
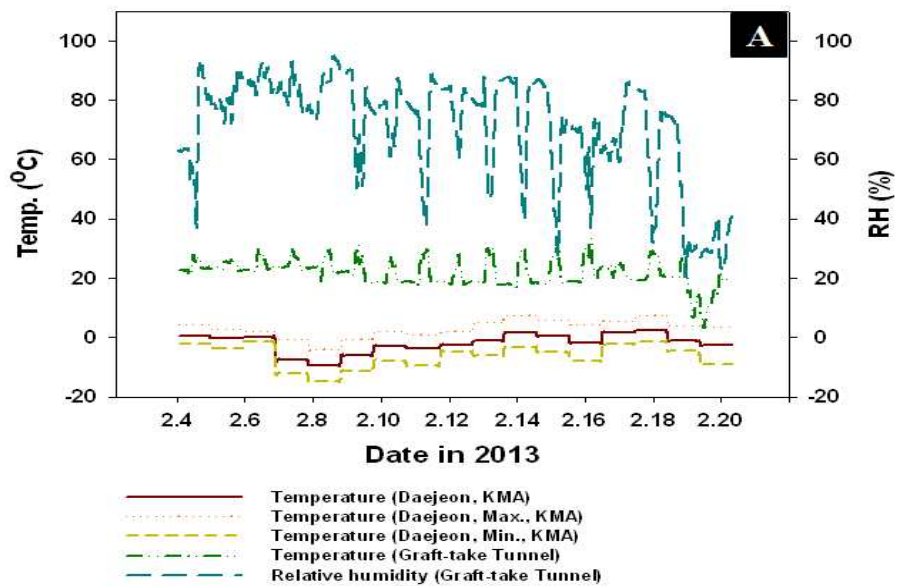




그림 2-103. 경기도 포승원예육묘장의 온·습도 측정 결과 및 점목활착 터널 모습: A, 저온기 온·습도; B, 고온기 온·습도; C, D, 저온기 점목활착 터널 모습; E, F, 고온기 점목활착 터널 모습.



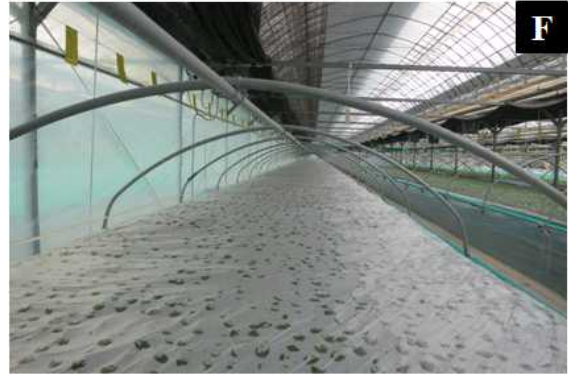


그림 2-104. 충남 노성육묘장의 온·습도 측정 결과 및 점목활착 터널 모습: A, 저온기 온·습도; B, 고온기 온·습도; C, D, 저온기 점목활착 터널 모습; E, F, 고온기 점목활착 터널 모습.

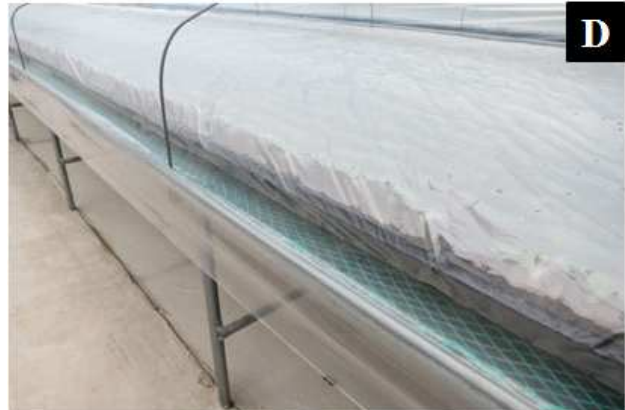
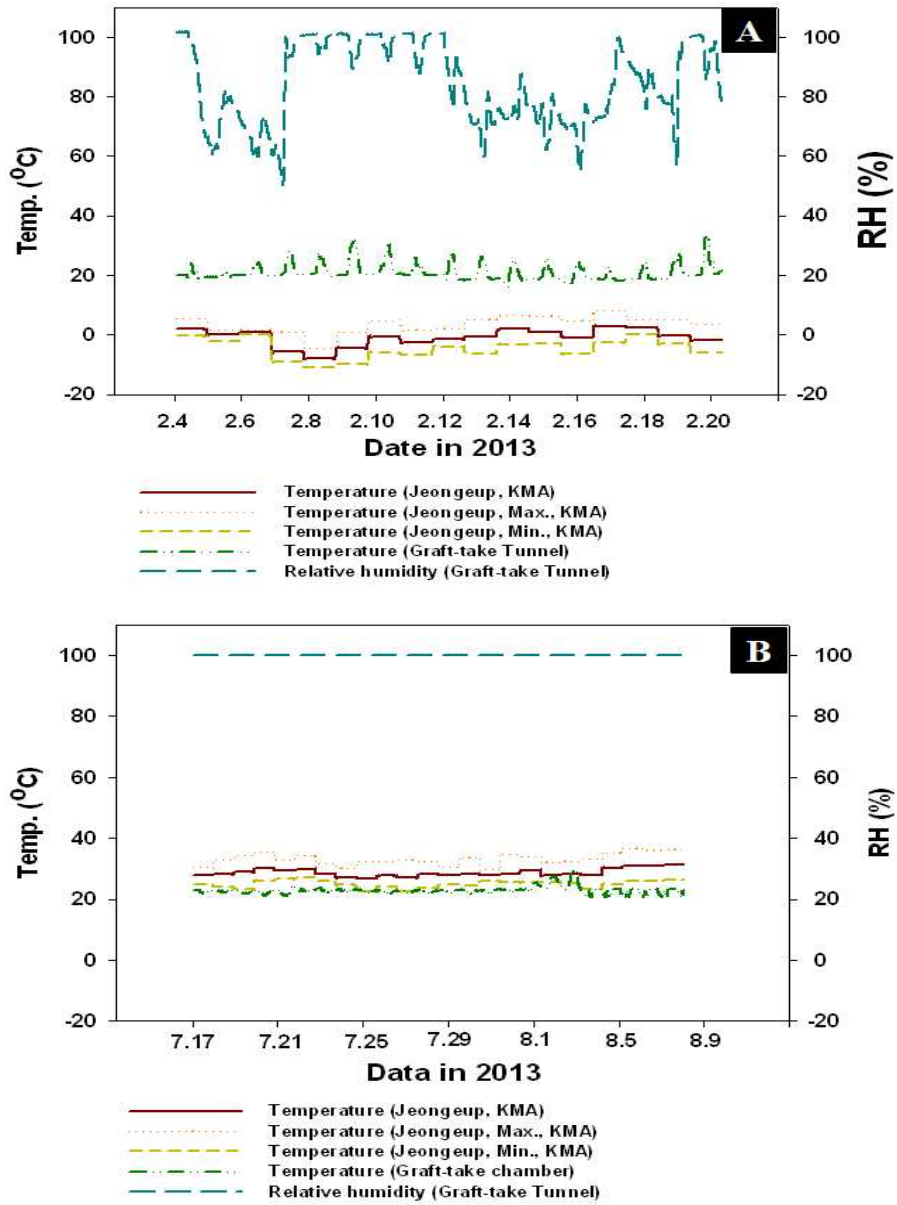


그림 2-105. 전북 정읍육묘장의 온·습도 측정 결과 및 접목활착 터널 모습: A, 저온기 접목활착 터널 온·습도; B, 고온기 접목활착실 온·습도; C, D, 접목활착 터널 모습.

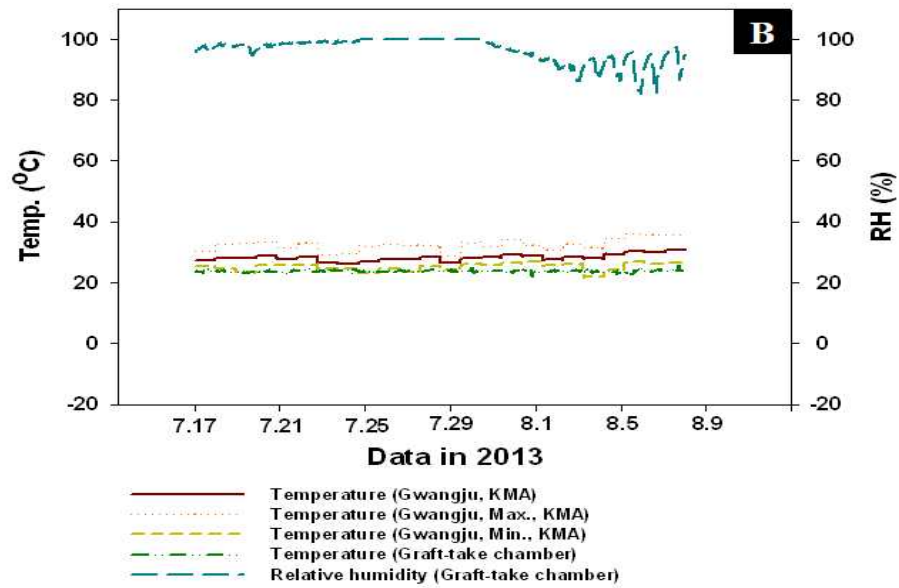
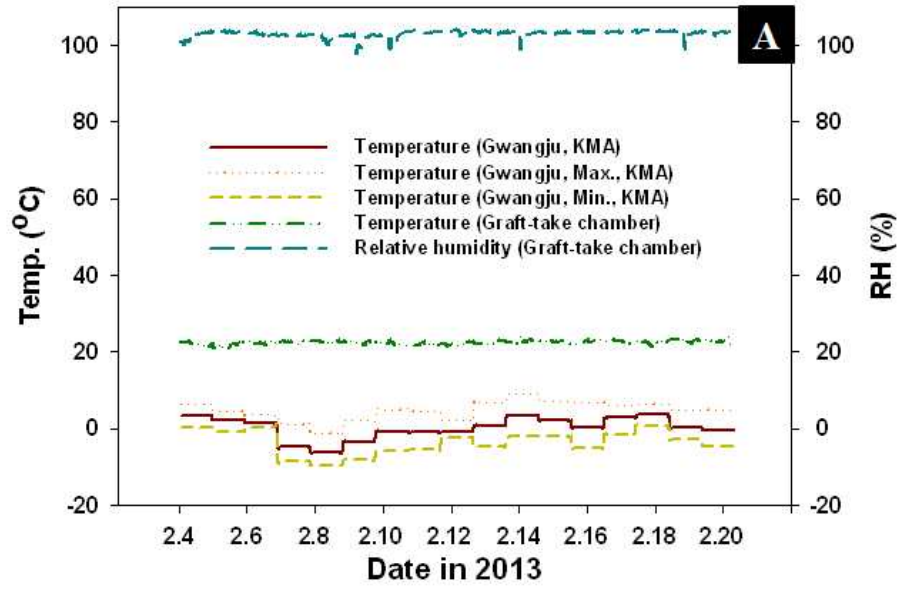


그림 2-106. 전남 장성육묘장의 온·습도 측정 결과 및 접목활착실 모습: A, 저온기 온·습도; B, 고온기 온·습도; C, D, 접목활착실 모습.

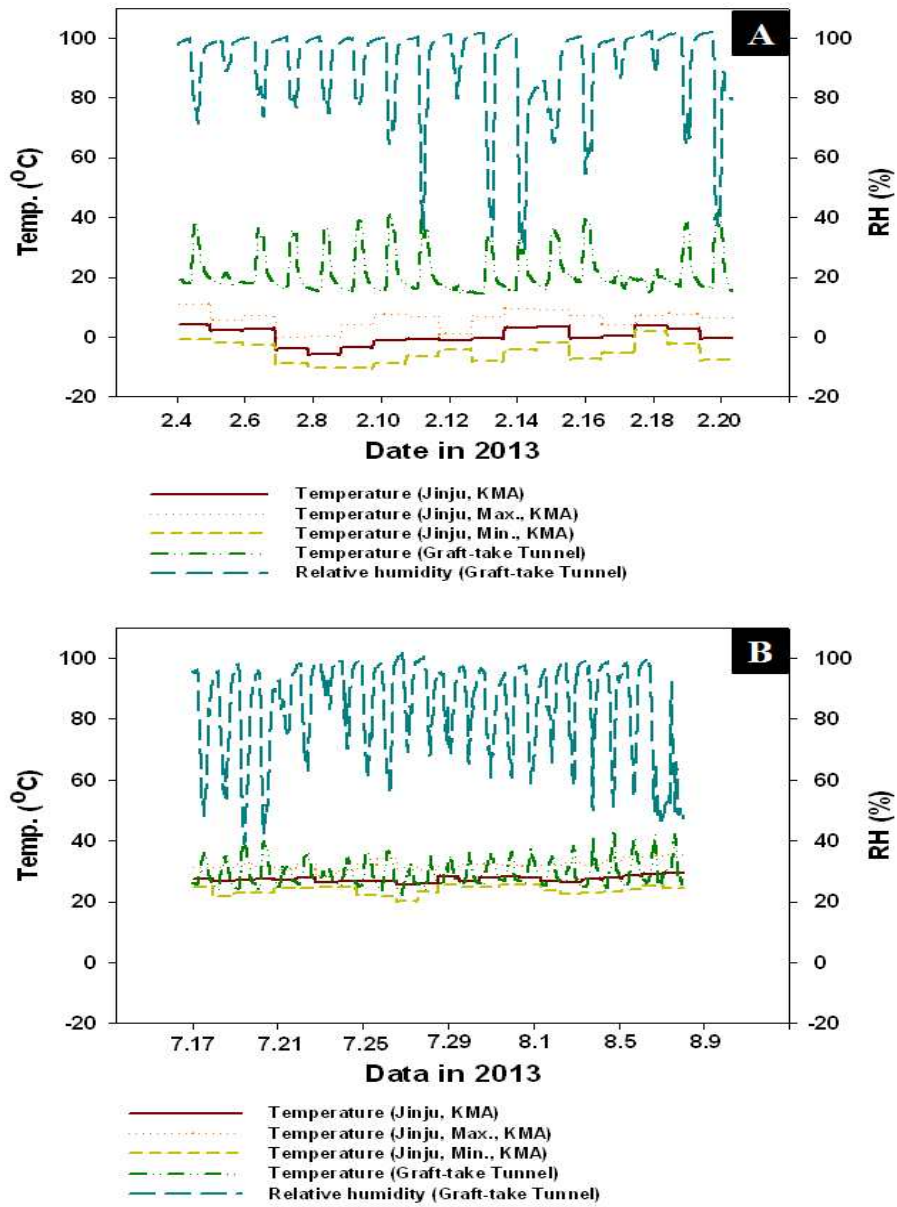


그림 2-107. 경남 초전육묘장의 온·습도 측정 결과 및 점목활착 터널 모습: A, 저온기 온·습도; B, 고온기 온·습도; C, D, 점목활착 터널 모습.

라. 요약

국내의 공정육묘장에서 생산되는 접목묘의 대부분은 주로 2-4월의 저온기에 걸쳐 재배되고, 일부가 7-8월의 고온기에 생산되고 있다. 온실내에 터널 형태의 활착실은 외부 환경의 영향을 쉽게 받기 때문에 기온과 상대습도를 조절하는 것은 매우 어려운 실정이다. 일부 육묘장에는 접목묘의 활착을 촉진시키기 위해 폐쇄형 접목활착실을 온실내에 설치하여 사용하고 있다. 자연광 조건 하의 접목 활착실보다 온·습도 제어가 쉽게 이루어 질 수 있는 장점이 있다. 하지만 아직까지 온·습도와 인공광원의 적정 광질 및 광량 등의 최적 환경조건이 구명되지 않았다.

14. 접목묘의 활착을 촉진하는 인공광원의 탐색

가. 서언

기후 변화와 이상 기상 등에 따른 환경관리와 고품질 접목묘의 생산에 어려움이 있다. 그래서 외부 기상환경의 영향을 상대적으로 적게 받는 접목활착실이 도입이 되고 있다. 고품질 접목묘 생산을 위해 인공광을 이용한 폐쇄형 접목활착실의 설치가 증가하고 있지만, 인공광원에 대한 적정 광질 및 온·습도에 대한 정보가 없다. 본 실험은 폐쇄형 접목활착실의 적정 광질을 구명하고자 수행되었다.

나. 재료 및 방법

폐쇄형 접목활착 실험은 순천육묘장의 활착실을 이용하여 수행하였다. 바퀴가 있어 이동이 가능한 5단 선반에 인공광원을 설치하였고, 각 단의 바닥에 흑색 필름을 사용하여 광의 간섭을 차단하였다. 접목활착실의 온도는 25℃, 상대습도는 약 100%가 유지되도록 하였다. 실험에 이용된 광원은 형광등(FL)과 백색(W), 적색(R), 청색(B), 백색+적색(W₂R₁), 적색+청색(R₂B₂, R₁B₁, R₂B₁, R₁B₂), 백색+적색+청색(W₁R₂B₁)의 혼합 비율을 달리한 LED 광원을 사용하여 제작하였다. 각각의 5단 선반에 LED 광원 장치의 설치는 [(주)티앤아이]에서 제작 하였고(그림 2-108), 각 처리의 광과장 영역은 그림 2-109와 같다. 모든 광원의 광도는 LED 혼합 비율에 따라서 약간 상이하였으나 약 30-50μmol·m⁻²·s⁻¹을 유지하도록 조절하였다. 접수용 수박 ‘삼복꿀’(홍농종묘)과 ‘온세상’(중앙종묘) 품종의 종자를 162구 플러그 트레이에 파종하였고, 수박 대목은 ‘강세’(신젠타종묘) 품종의 종자를 40공 플러그 트레이에 파종하였다. 토마토 접수로는 ‘슈퍼선로드’(사카타종묘) 품종, 그리고 대목으로는 ‘탑너치’(에프앤씨드) 품종의 종자를 각각 40공 플러그 트레이에 파종하였다. 오이 접수로는 ‘입추낙합’(농우바이오) 품종을, 그리고 대목으로는 ‘흑종호박’(코레곤종묘)을 품종을 사용하였고, 각각 162공 플러그 트레이에 종자를 파종하였다. 2013년 4월 24일 수박과 오이는 40공 플러그 트레이에 원예용 상토 ‘초록이’(농우바이오)를 채워 ‘단근 편엽 합접’, 토마토는 ‘합접’ 방법으로 접목하였다(그림 2-110, 2-111). 접목활착실에서 토마토는 5일간, 그리고 수박과 오이는 6일간 활착을 시킨 다음(그림 2-112), 순천육묘장의 유리온실에서 4-5일간 순화를 시켰다(그림 2-113). 수박, 오이, 토마토는 순화를 시킨 후 2013년 5월 4일 경상대학교 베로형 유리온실로 옮겨 재배 실험을 하였다. 재배기간 동안 pH 5.8, EC 1.2dS·m⁻¹로 조제한 경상대학교 ‘온실다용도 액비’를 관주하였다. 수박, 오이, 토마토의 생육반응을 조사하기 위해 토마토와 오이는 재배 27일 후, 그리고 수박은 29일 후 초장, 근장, 경경, 엽수, 생체중과 건물중, 마디길이, 암꽃 수 와 수꽃 수, 엽록소 값을 측정하였다.

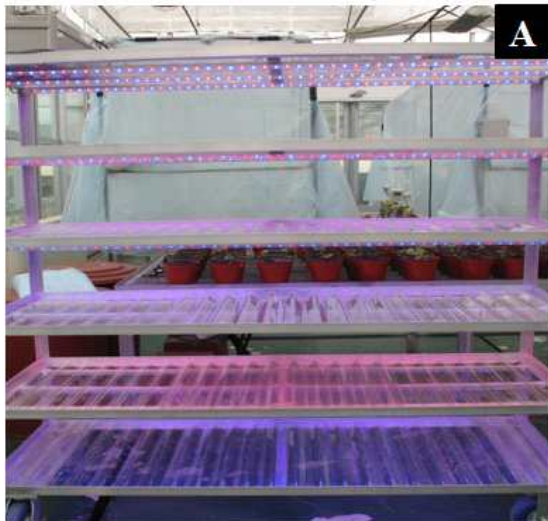


그림 2-108. LED가 설치된 5단 선반: A, 5단 선반; B, 광도 및 타이머 조절 장치.

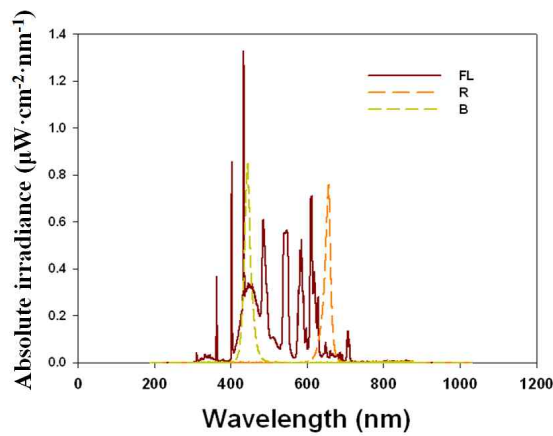
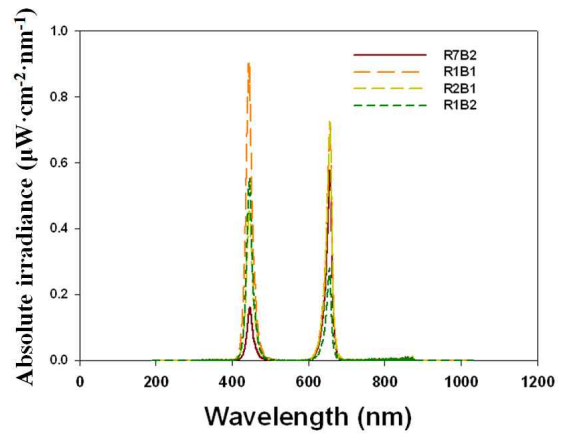
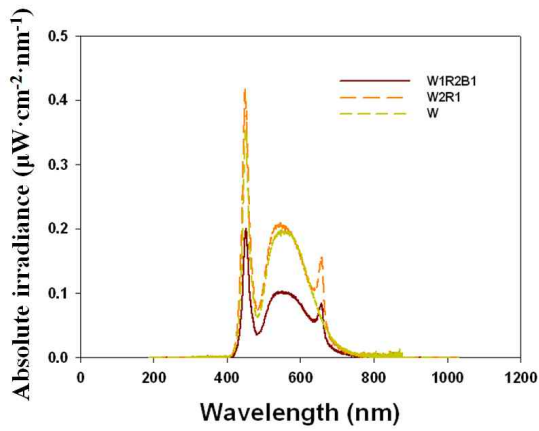


그림 2-109. 실험에 사용된 형광등 및 LED의 혼합 비율에 따른 광질.

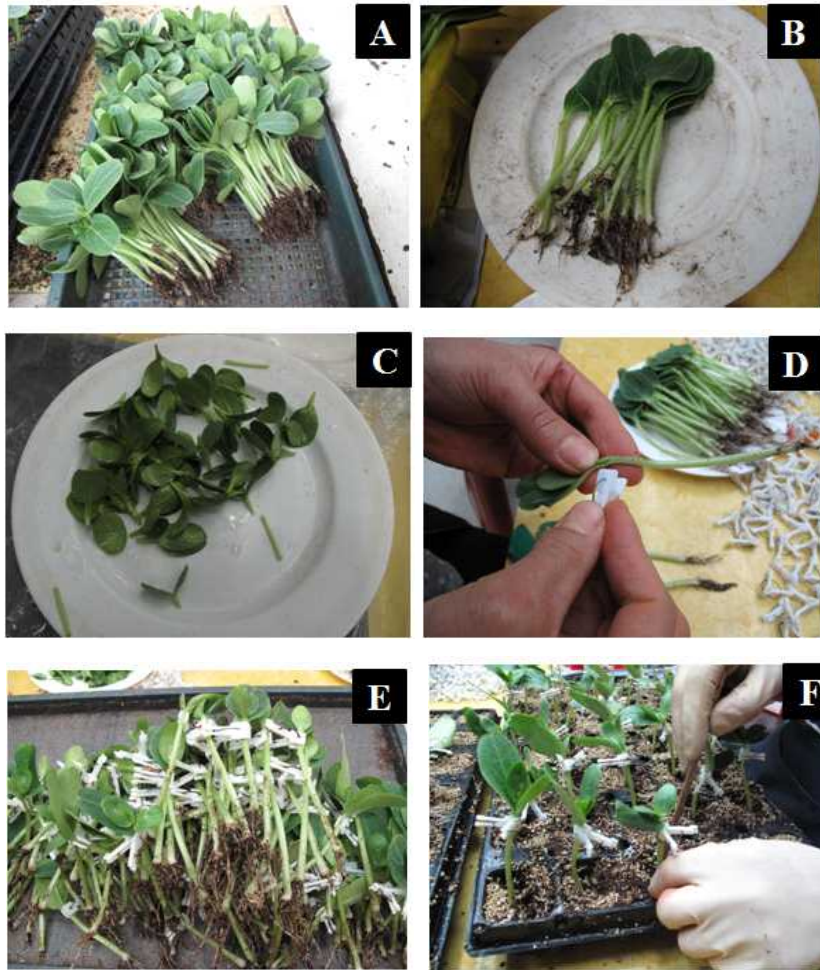


그림 2-110. 단근 편엽 합접 모습: A, 단근한 대목 ; B, 대목의 준비 모습; C, 접수 준비; D, 접수와 대목을 접목하는 모습; E, 접목이 완성된 모습; F, 40공 트레이에 이식하는 모습.

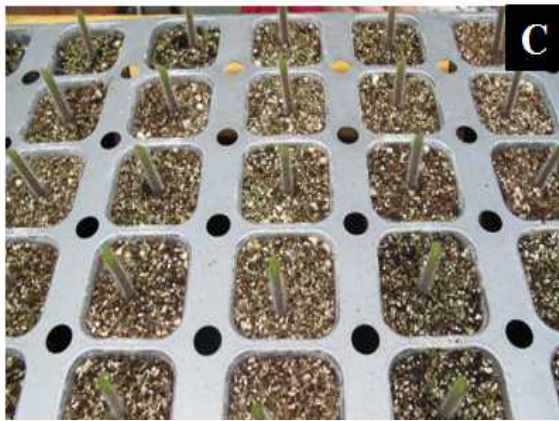


그림 2-111. 토마토 합접 모습. A, 토마토 접수 준비 과정; B, 대목 준비 과정; C, 대목 준비 완료; D, 접수와 대목을 접목하는 모습.



그림 2-112. 수박과 오이 접목묘가 활착되고 있는 모습.

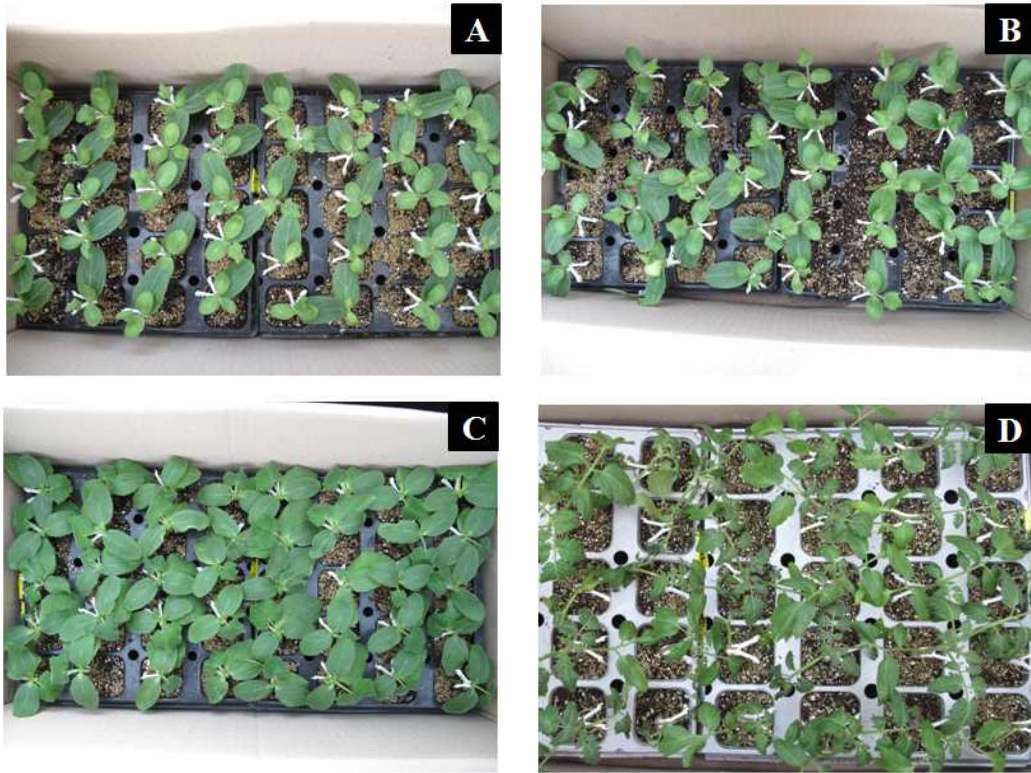


그림 2-113. 수박, 오이, 토마토의 순화 후 모습: A, '삼복꿀' 수박; B, '운세상' 수박; C, '입추낙합' 오이; D, '슈퍼선로드' 토마토.

다. 결과 및 고찰

접목묘의 활착을 촉진하는 인공광원을 탐색하기 위해 본 실험을 수행하였다. 형광등 및 LED 광원을 처리하였을 때 수박과 오이의 접목활착률은 100%였다(그림 2-115).

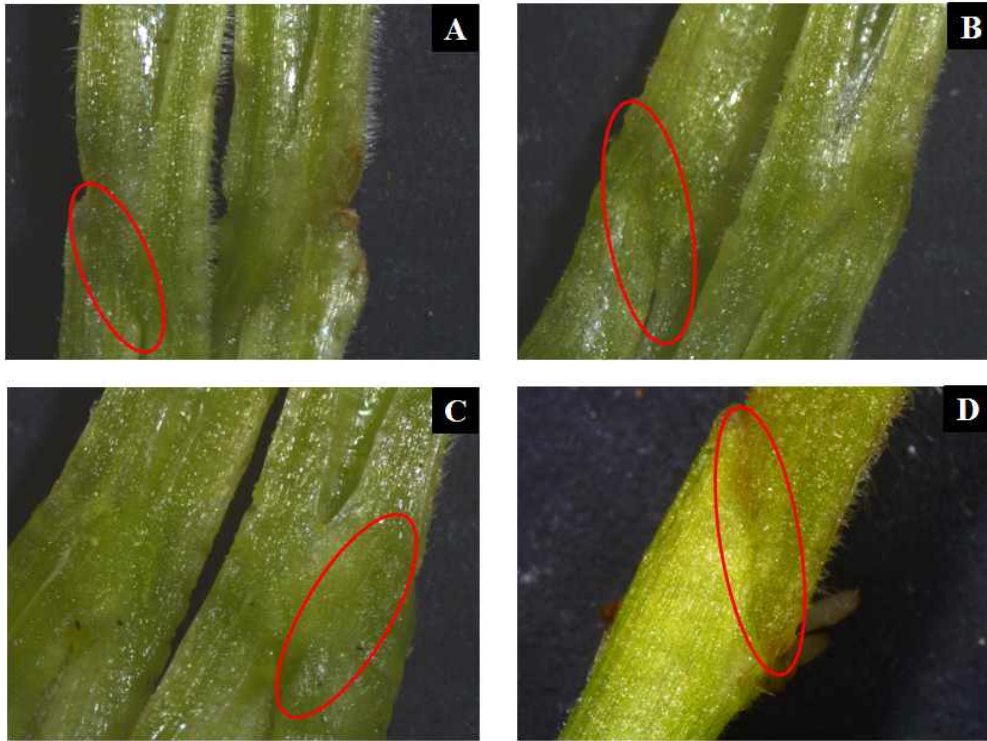


그림 2-114. 수박과 오이의 접목 부위 현미경 사진: A, ‘삼복꿀’ 수박; B, ‘운세상’ 수박; C, ‘입추낙합’ 오이; D, ‘슈퍼선로드’ 토마토.

‘삼복꿀’ 수박의 접목활착기간 중 형광등 및 LED 광질을 달리하여 처리한 결과(그림 2-116), 초장은 $FL = B > R_7B_2 = W$ 순으로 다른 광질의 처리에 비해 길었다(표 2-21). 접목묘의 근장은 R_7B_2 와 B 처리에서 길었다. 그리고 지상부의 생체중과 건물중은 R_7B_2 , W, B 처리에서 높았지만, 지하부의 생체중과 건물중은 R_1B_1 , R_2B_1 , R_1B_2 , R 처리에서 높았다. 엽장과 엽폭은 R_1B_2 , R, B 처리에서 길었고, 엽면적은 R_7B_2 , W, R, B 처리에서 넓었다(표 2-22). $W_1R_2B_1$ 혼합광에서 엽록소 값이 가장 높았다. ‘삼복꿀’ 수박의 접목활착기간 중 형광등 및 LED 광질을 달리하여 처리한 접목묘의 재배 29일 후 생육 결과를 보았다. 초장은 $R_1B_1 > FL > R_1B_2 > R_2B_1$ 순으로 다른 광질의 처리에 비해 길었다(표 2-23). 근장은 W_2R_1 과 R_7B_2 처리가 길었다. 그리고 경경은 R_1B_1 처리에서 가장 두꺼웠고, 잎, 줄기 뿌리의 생체중은 유의성이 없었지만 건물중은 FL 처리에서 높았다. 마디 수는 R_1B_1 , R_2B_1 , R, B 처리에서 많았고, 암꽃 수와 수꽃 수는 FL 처리에서 좋았다(표 2-24). 하지만 엽록소는 FL 처리에서 다소 다른 처리에 비해 낮았다.



그림 2-115. '삼복꿀' 수박의 순화 직전 생육 모습.

표 2-21. 광질에 따른 '삼복꿀' 수박 접목묘의 순화직전 생육.

처리	초장 (cm)	근장 (cm)	경경 (mm)	생체중(g)		건물중(mg)	
				지상부	지하부	지상부	지하부
W ₁ R ₂ B ₁	13.5 a ^z	3.2 ab	3.3 ab	1.6 ab	0.09 b	71.6 ab	2.9 ab
W ₂ R ₁	11.5 c	2.3 ab	2.9 ab	1.3 b	0.10 ab	58.0 b	3.7 ab
R ₇ B ₂	13.8 a	4.5 a	3.0 ab	1.7 a	0.14 ab	70.6 ab	4.9 ab
W	13.8 a	1.2 b	3.5 a	1.6 ab	0.11 ab	88.1 a	4.2 ab
FL	14.0 a	2.8 ab	2.8 ab	1.5 ab	0.08 b	66.4 ab	2.7 b
R ₁ B ₁	12.0 bc	2.5 ab	2.9 ab	1.3 ab	0.14 ab	63.1 ab	6.0 ab
R ₂ B ₁	11.5 c	2.2 ab	3.2 ab	1.3 ab	0.10 ab	65.8 ab	5.0 ab
R ₁ B ₂	12.4 abc	2.2 ab	2.6 b	1.5 ab	0.13 ab	76.0 ab	5.4 ab
R	11.2 c	4.3 a	2.9 ab	1.4 ab	0.13 ab	65.0 ab	6.7 a
B	14.0 a	4.1 ab	2.9 ab	1.5 ab	0.46 a	77.3 ab	4.8 ab

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

표 2-22. 광질에 따른 '삼복꿀' 수박 접목묘의 순화직전 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적 및 엽록소 값.

처리	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽수	엽면적(cm ²)	엽록소(SPAD)
W ₁ R ₂ B ₁	1.4 a ^z	1.1 ab	4 a	13.2 b	56.7 a
W ₂ R ₁	1.2 a	1.1 ab	4 a	13.5 b	39.3 abc
R ₇ B ₂	1.3 a	1.1 ab	4 a	16.9 ab	30.3 c
W	1.0 a	0.8 b	4 a	17.9 ab	51.3 ab
FL	1.3 a	0.9 ab	4 a	16.1 ab	52.0 ab
R ₁ B ₁	1.5 a	0.9 ab	4 a	17.5 ab	52.5 ab
R ₂ B ₁	1.4 a	1.2 ab	4 a	15.7 ab	53.8 ab
R ₁ B ₂	1.9 a	1.5 ab	4 a	16.9 ab	46.3 abc
R	1.8 a	1.7 a	4 a	18.8 ab	39.2 abc
B	1.9 a	1.6 ab	4 a	20.7 a	36.2 bc

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

표 2-23. 광질에 따른 ‘삼복꽃’ 수박 접목묘의 재배 29일 후 생육.

처리	초장 (cm)	근장 (cm)	경경 (mm)	엽수	잎(g)		줄기(g)		뿌리(g)	
					생체중	건물중	생체중	건물중	생체중	건물중
W ₁ R ₂ B ₁	85.3 b ^z	10.7 ab	5.1 c	8.7 b	10.2 a	0.8 b	23.6 a	1.15 b	2.73 a	0.10 b
W ₂ R ₁	89.8 b	12.7 a	5.3 abc	9.2 ab	9.7 a	0.8 b	24.5 a	1.18 ab	2.70 ab	0.09 b
R ₇ B ₂	89.3 b	10.9 ab	5.5 abc	9.1 ab	10.3 a	0.9 b	24.4 a	1.20 ab	2.50 abc	0.10 b
W	95.0 b	9.3 b	5.3 abc	8.8 ab	9.2 a	0.8 b	23.9 a	1.20 ab	2.18 cd	0.10 b
FL	103.1 b	10.1 b	5.3 abc	9.8 a	9.9 a	4.1 a	21.2 a	1.41 a	2.03 cd	0.34 a
R ₁ B ₁	214.4 a	10.8 ab	5.7 a	9.0 ab	10.2 a	0.9 b	24.1 a	1.23 ab	2.30 abc	0.10 b
R ₂ B ₁	93.6 b	9.4 b	5.6 ab	9.4 ab	10.0 a	0.9 b	24.3 a	1.25 ab	2.02 cd	0.09 b
R ₁ B ₂	99.6 b	9.2 b	5.4 abc	8.8 ab	10.1 a	1.0 b	23.8 a	1.28 ab	2.23 bcd	0.10 b
R	95.2 b	10.1 b	5.6 ab	9.2 ab	11.5 a	1.0 b	24.8 a	1.28 ab	2.19 cd	0.10 b
B	89.6 b	9.8 b	5.2 bc	9.7 ab	9.6 a	1.0 b	22.3 a	1.32 ab	1.78 d	0.09 b

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

표 2-24. 광질에 따른 ‘삼복꽃’ 수박 접목묘의 재배 29일 후 마디길이, 마디 수, 암꽃 수, 수꽃 수 및 엽록소 값.

처리	마디길이(cm)	마디 수	암꽃 수	수꽃 수	엽록소(SPAD)
W ₁ R ₂ B ₁	2.5 a ^z	10.0 ab	0.9 ab	6.8 b	39.5 ab
W ₂ R ₁	3.1 a	10.6 ab	0.8 ab	7.4 b	39.6 ab
R ₇ B ₂	3.2 a	10.4 ab	1.1 ab	7.1 b	40.1 a
W	2.9 a	9.6 ab	1.1 ab	7.3 b	40.7 a
FL	3.4 a	9.0 b	1.6 a	14.3 a	35.1 b
R ₁ B ₁	2.4 a	10.8 a	0.4 b	7.6 b	41.4 a
R ₂ B ₁	2.1 a	10.8 a	1.2 ab	7.4 b	40.7 a
R ₁ B ₂	2.3 a	10.6 ab	1.1 ab	8.1 b	40.4 a
R	2.7 a	10.8 a	1.3 ab	8.3 b	41.6 a
B	2.1 a	10.8 a	0.8 ab	7.2 b	41.1 a

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

‘은세상’ 수박의 접목활착기간 중 형광등 및 LED 광원을 조합하여 처리한 결과는 표 2-25, 표 2-26과 그림 2-117과 같다. 초장은 FL > R₂B₁ > W순으로 다른 광질의 처리에 비해 길었다(표 2-25). 접목묘의 근장은 W₁R₂B₁, R₇B₂, R₁B₁ 처리에서 좋은 결과를 얻었고, 경경은 적색과 청색의 혼합광인 R₂B₁, R₁B₂ 처리에서 수치가 높았다. 그리고 지상부의 생체중과 건물중은 W₂R₁, W, FL, R₁B₂ 처리에서 높았고, 지하부의 생체중과 건물중은 R₇B₂, R₁B₁, R₂B₁ 처리에서 높았다. 엽장과 엽폭은 R₁B₁ 처리에서 가장 길었고, 엽면적은 W 처리에서 좋았지만 유의성은 없었다(표 2-26). ‘은세상’ 수박의 엽록소 값은 W₁R₂B₁ 혼합광에서 가장 높았다. ‘은세상’ 수박의 접목활착기간 중 형광등 및 LED 광원을 달리한 접목묘의 재배 29일 후의 생육 결과는 아래와 같았다. 초장은 FL > R > R₁B₂ 순으로 다른 광질의 처리에 비해 길었다(표 2-27). 근장은 처리간 차이가 없었고, 경경은 W₁R₂B₁ 처리에서 수치가 가장 높았다. 엽수는 FL 처리에서 가장 많았으며, 잎, 줄기, 뿌리의 생체중과 건물중은 적색과 청색의 혼합광보다 단색광 처리인 R, B처리가 좋았다. 마디 수는 FL처리, 암꽃 수는 W₂R₁과 R₇B₂처리, 그리고 수꽃 수는 R, B 처리에서 높았다(표 2-28).

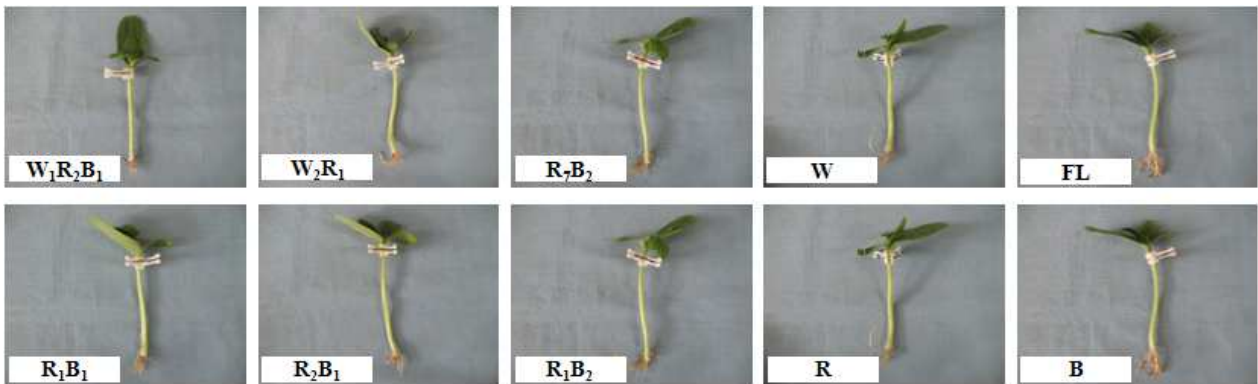


그림 2-116. ‘은세상’ 수박의 순화 직전 생육 모습.

표 2-25. 광질에 따른 ‘은세상’ 수박 접목묘의 순화 직전 생육.

처리	초장 (cm)	근장 (cm)	경경 (mm)	생체중(g)		건물중(mg)	
				지상부	지하부	지상부	지하부
W ₁ R ₂ B ₁	10.5 d ²	4.3 a	2.9 ab	1.5 a	0.13 ab	73.4 b	4.6 ab
W ₂ R ₁	13.3 ab	3.5 ab	2.5 b	1.7 a	0.15 ab	94.4 b	5.5 ab
R ₇ B ₂	11.3 cd	3.8 ab	3.0 ab	0.8 b	0.15 ab	68.2 b	5.8 ab
W	13.7 ab	3.2 ab	3.0 ab	1.7 a	0.10 ab	149.2 a	4.2 ab
FL	14.5 a	2.5 ab	2.7 ab	1.6 a	0.07 b	96.8 b	3.2 b
R ₁ B ₁	12.8 abc	3.0 ab	2.9 ab	1.5 a	0.17 a	75.3 b	7.8 a
R ₂ B ₁	13.8 ab	2.5 ab	3.1 a	1.4 a	0.11 ab	72.9 b	5.3 ab
R ₁ B ₂	12.0 bcd	3.2 ab	3.2 a	1.7 a	0.15 ab	75.4 b	4.4 ab
R	12.7 abc	2.2 b	2.8 ab	1.4 a	0.11 ab	68.2 b	4.4 ab
B	13.0 abc	2.0 b	3.2 a	1.5 a	0.09 ab	71.0 b	2.4 ab

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

표 2-26. 광질에 따른 ‘온세상’ 수박 접목묘의 순화 직전 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적 및 엽록소 값.

처리	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽수	엽면적(cm ²)	엽록소(SPAD)
W ₁ R ₂ B ₁	2.0 a ^z	1.8 ab	4.0 a	18.5 a	58.5 a
W ₂ R ₁	1.5 a	1.2 b	4.0 a	17.6 a	46.3 ab
R ₇ B ₂	1.8 a	1.6 ab	4.0 a	17.7 a	42.2 b
W	2.0 a	1.6 ab	4.0 a	19.5 a	41.5 b
FL	1.9 a	1.8 ab	4.0 a	17.5 a	46.5 ab
R ₁ B ₁	2.1 a	1.9 a	4.0 a	17.7 a	51.0 ab
R ₂ B ₁	2.0 a	1.5 ab	4.0 a	17.7 a	44.5 ab
R ₁ B ₂	1.5 a	1.7 ab	4.0 a	18.4 a	41.0 ab
R	1.7 a	1.6 ab	4.0 a	16.4 a	46.1 ab
B	1.9 a	1.6 ab	4.0 a	18.0 a	36.5 b

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

표 2-27. 광질에 따른 ‘온세상’ 수박 접목묘의 재배 29일 후 생육.

처리	초장 (cm)	근장 (cm)	경경 (mm)	엽수	잎(g)		줄기(g)		뿌리(g)	
					생체중	건물중	생체중	건물중	생체중	건물중
W ₁ R ₂ B ₁	77.0 cde ^z	10.4 a	6.0 a	10.2 bc	9.1 ab	0.8 bc	22.0 b	1.2 bc	2.4 ab	0.10 abc
W ₂ R ₁	67.4 e	12.2 a	4.6 d	8.7 c	6.3 c	0.6 d	18.5 c	0.9 d	2.2 ab	0.09 c
R ₇ B ₂	84.3 bcd	11.2 a	5.6 abc	10.1 bc	10.7 a	0.9 ab	24.3 ab	1.4 ab	2.5 ab	0.11 abc
W	75.3 de	10.7 a	5.7 ab	8.8 bc	8.1 bc	0.6 cd	21.8 b	1.1 c	2.3 ab	0.09 bc
FL	103.4 a	10.1 a	5.1 c	12.0 a	9.6 ab	1.0 ab	23.9 b	1.4 ab	2.3 ab	0.11 abc
R ₁ B ₁	80.2 cde	10.8 a	5.6 abc	8.9 bc	8.0 bc	0.8 bc	21.8 b	1.2 bc	2.4 ab	0.10 abc
R ₂ B ₁	80.9 cd	11.7 a	5.6 abc	9.4 bc	8.9 ab	0.7 cd	24.2 ab	1.1 c	2.5 ab	0.10 abc
R ₁ B ₂	89.3 bc	10.6 a	5.3 bc	9.4 bc	8.2 bc	0.8 bcd	22.4 b	1.1 c	2.0 b	0.09 c
R	96.0 ab	11.6 a	5.3 bc	10.6 ab	10.6 a	1.1 a	26.8 a	1.5 a	2.8 a	0.12 ab
B	83.9 bcd	11.4 a	5.9 a	10.2 bc	10.2 a	1.1 a	23.0 b	1.4 ab	2.5 ab	0.12 a

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

표 2-28. 광질에 따른 ‘입추낙합’ 수박 접목묘의 재배 29일 후 마디길이, 마디 수, 암꽃 수, 수꽃 수 및 엽록소 값.

처리	마디길이(cm)	마디 수	암꽃 수	수꽃 수	엽록소(SPAD)
W ₁ R ₂ B ₁	2.8 a ^z	10.6 bc	1.4 ab	6.8 bc	38.7 abc
W ₂ R ₁	2.3 bc	8.7 e	1.9 a	5.3 d	37.5 abc
R ₇ B ₂	2.5 ab	10.8 b	1.9 a	7.2 b	38.5 abc
W	1.7 d	9.3 de	1.1 ab	5.7 cd	37.1 bc
FL	1.8 cd	11.8 a	1.2 ab	6.7 bc	38.8 abc
R ₁ B ₁	1.3 d	9.7 cd	1.4 ab	5.8 cd	36.1 c
R ₂ B ₁	1.8 cd	9.9 bcd	1.3 ab	6.3 bcd	39.3 abc
R ₁ B ₂	1.6 d	10.2 bcd	1.0 b	6.0 bcd	36.0 c
R	1.8 cd	10.8 b	1.2 ab	10.3 a	40.7 ab
B	1.6 d	10.4 bc	1.1 ab	10.0 a	41.3 a

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

‘입추낙합’ 오이의 접목활착기간 중 형광등 및 LED 광원을 조합하여 처리한 결과는 표 2-29, 2-30과 그림 2-117과 같다. 초장은 $W > R_1B_1 > R$ 순으로 다른 광질의 처리에 비해 길었다(표 2-29). 접목묘의 경경은 적색과 청색의 혼합광인 R₁B₂와 R 처리에서 좋았다. 그리고 지상부의 건물중은 W, FL처리에서 높았고, 지하부의 생체중과 건물중은 R₇B₂, R 처리에서 높았다. 엽장과 엽폭은 FL처리에서 가장 길었고, 엽면적은 $FL > W_1R_2B_1 > R_1B_2$ 처리에서 가장 넓었다(표 2-30). ‘입추낙합’ 오이의 엽록소 값은 R₇B₂ 혼합광에서 가장 높았다. ‘입추낙합’ 오이의 접목활착기간 중 형광등 및 LED 광원을 달리하여 처리한 접목묘를 재배한 결과는 아래와 같다. 초장은 $FL > R_1B_1$ 순으로 다른 광질의 처리에 비해 길었다(표 2-31). 근장과 경경은 광질에 따른 유의성이 없었다. 그리고 잎, 줄기의 생체중과 건물중은 R₇B₂ 처리에서 수치가 가장 높았고, 뿌리의 생체중과 건물중은 W₁R₂B₁ 처리에서 가장 무거웠다. 마디길이, 마디 수, 암꽃 수는 처리간 유의성이 없었고, 수꽃 수는 W₁R₂B₁ 처리에서 가장 많았다. 엽록소 값은 혼합광인 R₁B₁ 처리가 높았다(표 2-32).

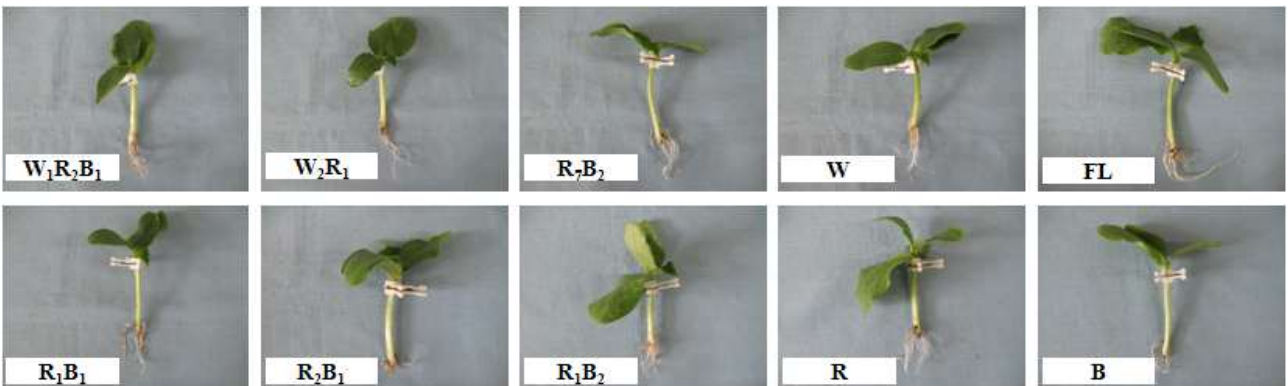


그림 2-117. ‘입추낙합’ 오이의 순화 직전 생육 모습.

표 2-29. 광질에 따른 ‘입추낙합’ 오이 접목묘의 순화 직전 생육.

처리	초장 (cm)	근장 (cm)	경경 (mm)	생체중(g)		건물중(mg)	
				지상부	지하부	지상부	지하부
W ₁ R ₂ B ₁	10.8 bc ^z	8.5 a	3.1 b	2.4 a	0.12 c	116.5 ab	3.1 c
W ₂ R ₁	10.8 bc	5.3 a	3.6 ab	2.4 a	0.23 abc	118.2 ab	7.6 abc
R ₇ B ₂	10.5 bc	6.7 a	3.5 ab	2.3 a	0.30 ab	115.5 ab	10.0 ab
W	11.5 ab	6.8 a	3.1 ab	2.3 a	0.19 bc	221.8 a	7.4 abc
FL	11.0 bc	8.2 a	3.6 ab	2.4 a	0.24 abc	125.3 ab	7.2 abc
R ₁ B ₁	12.8 a	8.0 a	3.1 ab	2.4 a	0.17 c	113.6 ab	5.2 bc
R ₂ B ₁	10.0 c	7.2 a	3.2 ab	2.3 a	0.19 bc	108.4 ab	5.7 abc
R ₁ B ₂	10.5 bc	6.3 a	3.7 ab	2.4 a	0.16 c	104.9 b	7.1 abc
R	11.7 ab	9.0 a	3.8 a	2.1 a	0.32 a	107.5 ab	11.3 a
B	11.0 bc	5.3 a	3.0 b	2.3 a	0.17 c	110.1 ab	6.2 abc

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

표 2-30. 광질에 따른 ‘입추낙합’ 오이 접목묘의 순화 직전 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적 및 엽록소 값.

처리	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽수	엽면적(cm ²)	엽록소(SPAD)
W ₁ R ₂ B ₁	2.5 a ^z	2.4 a	4.0 a	35.2 a	40.2 ab
W ₂ R ₁	2.0 a	1.7 ab	4.0 a	29.4 ab	32.4 ab
R ₇ B ₂	2.0 a	2.0 ab	4.0 a	30.8 ab	43.0 a
W	2.0 a	1.8 ab	4.0 a	32.2 ab	35.2 ab
FL	2.3 a	2.5 a	4.0 a	36.7 a	40.7 ab
R ₁ B ₁	1.7 a	1.7 ab	4.0 a	33.0 ab	37.7 ab
R ₂ B ₁	1.7 a	1.5 b	4.0 a	31.2 ab	38.5 ab
R ₁ B ₂	1.8 a	2.0 ab	4.0 a	35.2 a	37.0 ab
R	2.0 a	2.0 ab	4.0 a	27.6 b	40.8 ab
B	2.2 a	2.2 ab	4.0 a	32.4 ab	31.1 b

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

표 2-31. 광질에 따른 ‘입추낙합’ 오이 접목묘의 재배 27일 후 생육.

처리	초장 (cm)	근장 (cm)	경경 (mm)	엽수	잎(g)		줄기(g)		뿌리(g)	
					생체중	건물중	생체중	건물중	생체중	건물중
W ₁ R ₂ B ₁	49.2 c ^z	13.4 a	5.0 a	7.8 a	16.8 abc	1.0 ab	19.8 c	0.86 bc	4.0 a	0.19 a
W ₂ R ₁	61.5 ab	13.9 a	4.6 a	7.8 a	13.1 def	1.1 ab	23.3 abc	1.12 a	2.9 ab	0.15 a-d
R ₇ B ₂	61.6 ab	14.0 a	4.8 a	8.0 a	19.0 a	1.3 a	26.6 a	1.16 a	4.0 a	0.18 ab
W	61.8 ab	12.5 a	4.9 a	7.5 ab	17.7 ab	0.9 b	21.9 abc	0.93 abc	3.6 ab	0.14 bcd
FL	66.6 a	16.6 a	5.1 a	6.8 b	13.1 def	1.1 ab	23.4 abc	0.13 d	2.7 b	0.13 cd
R ₁ B ₁	67.3 a	12.5 a	4.6 a	7.5 ab	17.0 abc	1.1 ab	24.9 ab	1.15 a	3.1 ab	0.13 cd
R ₂ B ₁	60.8 ab	16.5 a	5.0 a	7.0 b	12.4 ef	1.0 ab	22.8 abc	1.03 ab	2.9 ab	0.14 bcd
R ₁ B ₂	61.0 ab	16.5 a	5.0 a	7.0 b	15.8 bcd	0.9 b	23.2 abc	0.98 abc	3.0 ab	0.12 d
R	64.4 ab	13.6 a	5.0 a	8.0 a	14.1 cde	1.2 ab	23.6 abc	1.11 a	3.1 ab	0.17 abc
B	62.3 ab	16.8 a	5.2 a	7.0 b	13.1 def	1.1 ab	22.5 abc	1.00 abc	3.0 ab	0.15 a-d

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

표 2-32. 광질에 따른 ‘입추낙합’ 오이 접목묘의 재배 27일 후 마디길이, 마디 수, 암꽃 수, 수꽃 수 및 엽록소 값.

처리	마디길이(cm)	마디 수	암꽃 수	수꽃 수	엽록소(SPAD)
W ₁ R ₂ B ₁	5.8 a ^z	2.0 a	4.4 a	3.8 a	38.2 abc
W ₂ R ₁	3.8 a	2.0 a	4.5 a	2.8 a-d	38.9 abc
R ₇ B ₂	6.8 a	2.0 a	4.2 a	2.6 a-d	35.2 c
W	5.6 a	2.0 a	4.3 a	3.0 abc	36.9 abc
FL	7.0 a	2.0 a	3.2 a	3.0 abc	39.6 ab
R ₁ B ₁	7.6 a	2.0 a	3.8 a	1.5 cd	40.9 a
R ₂ B ₁	7.2 a	2.0 a	4.2 a	3.2 abc	35.7 bc
R ₁ B ₂	6.4 a	2.0 a	4.0 a	3.3 ab	38.9 abc
R	4.4 a	2.0 a	5.4 a	3.4 ab	35.2 c
B	6.3 a	2.0 a	5.0 a	2.0 bcd	37.9 abc

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

‘슈퍼선로드’ 토마토의 접목활착기간 중 형광등 및 LED 광원을 조합하여 처리한 결과는 표 2-33, 2-34와 그림 2-118과 같다. 토마토 접목묘의 초장은 유의성이 없었다(표 2-33). 접목묘의 경경은 적색과 청색의 혼합광인 R₇B₂와 R₁B₁ 처리에서 좋았다. 그리고 지상부의 생체중과 건물중은 광질에 따른 차이가 없었고, 지하부의 건물중은 R₇B₂, W, FL, R₁B₁ 처리에서 높았다. 엽장과 엽폭도 처리에 따른 차이가 없었고, 엽수가 R₁B₁, R₂B₁ 처리에서 많았다(표 2-34). ‘슈퍼선로드’ 토마토의 엽면적과 엽록소도 광질에 따른 차이가 없었다. ‘슈퍼선로드’ 토마토의 접목활착기간 중 형광등 및 LED 광원을 달리하여 처리한 접목묘의 재배 결과는 아래와 같다. 초장은 R₁B₂ > FL 순으로 다른 처리에 비해 길었으며, 다른 적색과 청색의 혼합광원에서도 초장의 길이가 길어 결과가 좋았다(표 2-35). 근장은 W₂R₁ > R₁B₁ 처리가 좋았고, 엽수는 R₂B₁, B 처리에서 가장 많았다. 그리고 잎, 줄기, 뿌리의 생체중과 건물중은 처리에 따른 큰 차이가 없었다. 1화방 착화절위와 2화방 착화절위는 R 처리에서 가장 높았고, 1화방 개화 수는 처리가 큰 차이가 없었다(표 2-36).



그림 2-118. ‘슈퍼선로드’ 토마토의 순화 직전 생육 모습.

표 2-33. 광질에 따른 ‘슈퍼선로드’ 토마토 접목묘의 순화 직전 생육.

처리	초장 (cm)	경경 (mm)	생체중(g)		건물중(mg)	
			지상부	지하부	지상부	지하부
W ₁ R ₂ B ₁	14.5 a ^z	3.8 ab	1.6 a	0.57 a	119.4 a	23.6 ab
W ₂ R ₁	14.5 a	3.4 ab	1.3 a	0.47 a	157.0 a	11.1 bc
R ₇ B ₂	14.8 a	4.1 a	2.0 a	0.65 a	161.6 a	27.5 a
W	13.7 a	3.7 ab	1.5 a	0.77 a	104.2 a	30.0 a
FL	13.8 a	3.7 ab	1.6 a	0.61 a	117.8 a	26.3 a
R ₁ B ₁	14.3 a	4.0 a	1.8 a	0.69 a	143.3 a	30.6 a
R ₂ B ₁	13.2 a	3.1 b	1.7 a	0.38 a	111.7 a	7.6 c
R ₁ B ₂	14.3 a	3.3 ab	1.4 a	0.46 a	89.2 a	17.0 abc
R	14.5 a	3.6 ab	1.7 a	0.50 a	108.4 a	18.3 abc
B	15.3 a	3.8 ab	1.8 a	0.66 a	129.2 a	28.2 a

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

표 2-34. 광질에 따른 ‘슈퍼선로드’ 토마토 접목묘의 순화 직전 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적 및 엽록소 값.

처리	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽수	엽면적(cm ²)	엽록소(SPAD)
W ₁ R ₂ B ₁	3.0 a ^z	2.0 a	4.0 b	29.2 a	44.2 a
W ₂ R ₁	3.2 a	1.3 a	4.0 b	23.0 a	48.2 a
R ₇ B ₂	2.7 a	1.8 a	4.0 b	34.1 a	52.1 a
W	2.8 a	1.7 a	4.0 b	27.4 a	44.8 a
FL	2.5 a	1.2 a	4.0 b	33.2 a	49.5 a
R ₁ B ₁	2.2 a	1.2 a	5.0 a	31.0 a	50.7 a
R ₂ B ₁	2.5 a	1.5 a	5.0 a	28.5 a	51.2 a
R ₁ B ₂	2.4 a	1.3 a	4.0 b	25.8 a	44.0 a
R	2.8 a	1.7 a	4.0 b	25.0 a	43.4 a
B	2.7 a	1.3 a	4.0 b	23.0 a	47.6 a

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

표 2-35. 광질에 따른 ‘슈퍼선로드’ 토마토 접목묘의 재배 27일 후 생육.

처리	초장 (cm)	근장 (cm)	경경 (mm)	엽수	잎(g)		줄기(g)		뿌리(g)	
					생체중	건물중	생체중	건물중	생체중	건물중
W ₁ R ₂ B ₁	40.2 ab ^z	11.7 abc	4.5 ab	9.3 ab	8.5 b	1.0 a	11.1 a	0.85 ab	4.3 a	0.4 a
W ₂ R ₁	44.5 a	16.0 a	4.3 ab	10.0 ab	10.2 ab	1.2 a	13.1 a	1.11 a	4.4 a	0.4 a
R ₇ B ₂	35.3 b	9.7 bc	4.5 ab	10.0 ab	9.9 ab	1.1 a	11.7 a	0.81 ab	4.2 a	0.3 a
W	43.0 a	14.0 abc	4.9 a	10.0 ab	11.1 a	1.0 a	13.3 a	0.87 ab	4.7 a	0.3 a
FL	44.7 a	13.7 abc	4.7 ab	9.7 ab	10.2 ab	1.0 a	12.4 a	0.78 ab	3.9 a	0.2 a
R ₁ B ₁	44.5 a	15.0 ab	4.6 ab	9.5 ab	9.5 ab	1.0 a	12.3 a	0.66 b	3.9 a	0.2 a
R ₂ B ₁	43.7 a	12.3 abc	4.7 ab	10.3 a	11.7 a	1.3 a	14.5 a	1.04 ab	4.3 a	0.3 a
R ₁ B ₂	45.5 a	12.0 abc	4.2 b	9.5 ab	9.6 ab	1.0 a	12.5 a	0.86 ab	3.9 a	0.3 a
R	39.7 ab	14.3 abc	4.7 ab	10.0 ab	9.2 ab	1.1 a	11.5 a	0.70 b	3.7 a	0.3 a
B	39.0 ab	14.3 abc	4.6 ab	10.5 a	8.1 b	1.0 a	11.0 a	0.76 ab	3.7 a	0.3 a

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

표 2-36. 광질에 따른 ‘슈퍼선로드’ 토마토 접목묘의 재배 27일 후 마디길이, 마디 수, 암꽃 수, 수꽃 수 및 엽록소 값.

처리	1화방 착화절위	2화방 착화절위	1화방 개화 수	엽록소(SPAD)
W ₁ R ₂ B ₁	6.0 ab ^z	6.0 a	8.0 a	53.8 a
W ₂ R ₁	6.5 ab	9.5 a	9.5 a	53.0 a
R ₇ B ₂	6.7 ab	9.0 a	10.0 a	52.0 a
W	6.5 ab	5.0 a	9.0 a	45.3 ab
FL	6.7 ab	9.7 a	8.3 a	46.4 a
R ₁ B ₁	5.5 b	8.5 a	9.0 a	49.0 a
R ₂ B ₁	6.7 ab	9.7 a	8.7 a	43.9 ab
R ₁ B ₂	6.0 ab	9.5 a	8.5 a	35.9 b
R	7.3 a	10.3 a	9.0 a	44.7 ab
B	6.0 ab	9.0 a	8.5 a	52.7 a

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

라. 요약

접목묘의 활착을 촉진하는 인공광원을 탐색하기 위해 본 실험을 수행하였다. 형광등 및 LED 광원을 처리하였을 때 수박과 오이의 접목활착률은 100%로 광질에 따른 활착률의 차이는 없었다. 수박과 오이 접목묘의 순화 직전 생육에서 다소 차이가 있었지만, 초장은 FL처리에서 다른 처리에 비해 길었다. 그리고 지하부의 생체중과 건물중은 적색과 청색의 혼합광원인 R₇B₂, R₁B₁, R₂B₁, R₁B₂와 FL 처리에서 높았다. 엽수, 엽면적, 엽록소는 광원에 따른 큰 차이가 없었다. 또한 접목묘의 순화 후 재배 실험을 수행하였다. 그 결과 접목묘 활착 실험과 유사한 결과를 얻었고, 광원에 따른 큰 차이가 없었다. 인공광을 이용한 접목활착실을 이용할 경우 적색과 청색광의 단색 처리보다는 혼합광이나 형광등이 바람직할 것으로 판단된다.

15. 1년차에 구명한 최적 인공광원을 바탕으로 최적 광도에 따른 접목묘의 성장반응 조사

가. 서언

기후 변화와 이상 기상 등에 따른 환경관리와 고품질 접목묘의 생산에 어려움이 있다. 그래서 외부 기상환경의 영향을 상대적으로 적게 받는 접목활착실이 도입되고 있다. 고품질 접목묘의 생산을 위해 인공광을 이용한 폐쇄형 접목활착실 설치가 증가하고 있지만, 인공광원에 대한 적정 광도에 대한 정보가 없다. 본 실험은 1년차 실험 결과를 바탕으로 도출된 광질을 이용하여 적정 광도를 구명하고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

폐쇄형 접목활착 실험은 초전육묘장의 활착실을 이용하여 수행하였다. 바퀴가 있어 이동이 가능한 4단 선반에 인공광원을 설치하였고, 각 단의 바닥에 흑색 필름을 사용하여 광의 간섭을 차단하였다(그림 2-119). 접목활착실의 온도는 23℃, 상대습도는 98±2%가 유지되도록 하였다. 실험에 사용된 광원은 1년차 실험의 결과로 도출된 W1:R2:B1 조합의 LED를 제작하여 사용하였고, 광도는 25, 50, 75, 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF로 설정하여 12시간 주기로 광을 공급하며 각 광도별 접목묘의 활착과 생육을 조사하였다. 접수용 수박 ‘삼복꿀’과 ‘스피드’ 품종의 종자를 162구 플러그 트레이에 파종하였고, 수박 대목은 ‘RS동장군’ 품종의 박을 40구 플러그 트레이에 파종하였다. 토마토 접수로는 ‘슈퍼선로드’와 ‘슈퍼도태랑’ 품종을 각각 162구 플러그 트레이에 파종하였고, 대목으로 ‘비블로킹’ 품종을 50구 플러그 트레이에 파종하였다. 수박은 ‘단근 편엽 합접’, 토마토는 ‘합접’ 방법으로 접목 하였고, 접목활착실에서 두 작물 모두 4일 동안 활착 후 초전육묘장의 플라스틱온실에서 순화시켰다(그림 2-120). 활착과 순화과정 중 2일에 한 번씩 무작위로 시료를 채취하여 초장, 근장, 경경, 엽록소 값, 당도, 경도, 생체중, 잉크 흡수도를 측정하고, 각 처리별 접수의 단백질 분석을 하였다. 잉크 흡수도는 접목묘의 뿌리부분을 제거 한 후 잉크에 담가서 30분 동안 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF의 광을 공급한 후 식물체의 무게를 측정하였다(그림 2-121). 경도는 접목묘의 접수와 대목이 붙은 부분에 집계를 제거 후 경도계를 이용하여 연결부위가 끊어질 때까지의 압력을 측정하였다(그림 2-121). 단백질 분석은 접목 후 3일째 되는 날 액체질소를 이용하여 시료를 얼린 후 100mg의 시료를 채취하여 분쇄한 다음 단백질 추출버퍼를 이용하여 시료내부의 단백질을 추출한다. 추출한 단백질은 등전위 초점법을 하기 위하여 MultiphorTM II system (GE Healthcare)와 IPG strip (pH 4-7, nonlinear, 7cm, GE Healthcare)을 이용하여 변형시켰다. 변형시킨 단백질은 SDS젤을 이용하여 크기별로 분류 후 육안으로 식별 할 수 있도록 은을 이용하여 염색을 하였다. 염색된 젤을 PD-Quest 프로그램을 이용하여 각 처리별 점의 개수와 위치, 크기 등을 분석 후 분해하여 다시 단백질을 용액상태로 만들었다. 용액상태가 된 단백질을 MALDI-TOF MS와 MALDI-TOF/TOF MS를 이용하여 포함된 단백질의 종류를 밝힌 후 Protein Pilot V.3.0 database 프로그램을 이용하여 각 단백질을 기능에 따라 나누었다(그림 2-123).



그림 2-119. 실험에 사용된 4단 선반, LED, LED 제어장치.



그림 2-120. 접목활착실에서 활착중인 식물과 플라스틱 온실에서 순화중인 식물.



그림 2-121. 접목묘의 잉크 흡수도와 경도를 측정하는 모습.

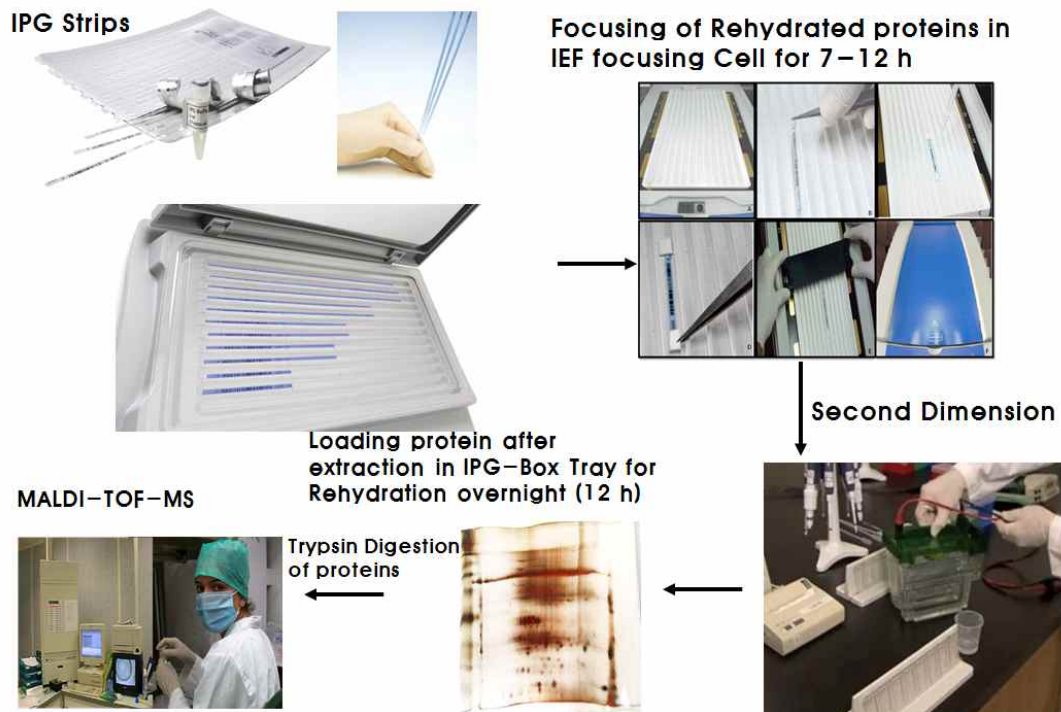


그림 2-122. 단백질 분석 과정.

다. 결과 및 고찰

수박 접목묘의 생육을 조사한 결과 각 처리별 큰 차이는 없었다. 초장, 근장, 접수 생체중, 엽록소 값 등의 결과를 보면 시간의 흐름에 따라 각각의 처리가 모두 비슷한 경향이였다. 접목 후 4일째가 되는 날 접목활착실에서 플라스틱 온실로 이동하여 순화 하는데, 순화 후 4일째가 되는 날부터 초장, 생체중 등 전체적인 생육이 빨라졌다(그림 2-120, 2-121). 접수와 대목사이의 연결 부분 경도는 시간이 지남에 따라 전체적으로 증가하였으나, 처리 간의 뚜렷한 격차는 없었다(그림 2-121). 접수의 당도를 측정한 결과 75, 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF 처리에서 빠르게 변화하였다(그림 2-126). 이는 접수와 대목간의 유관속의 생성이 다른 처리보다 빠르기 때문에 접수에서 생성된 수용성 당이 빨리 이동했기 때문으로 판단된다. 대목에 붙어있는 잎의 당도를 측정한 결과 시간이 지나도 크게 변화하지 않는 것으로 보아 대목의 잎은 생성하는 당과 소비하는 당의 양이 비슷한 것으로 판단된다(그림 2-126). 잉크흡수량의 경우 순화 4일째부터 흡수량이 급속히 증가하였으나 처리간 차이는 없었다(그림 2-127). 수박 접목묘의 활착과 생육을 측정해본 결과 접수 당도 측정치를 제외한 다른 부분에서는 처리별 차이가 없었다. 하지만 단백질을 분석해본 결과 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF 처리에서 다른 처리에 비해 더 많은 단백질이 발견되고, 더 많이 발견된 단백질들이 유관속 형성에 관련이 있는 단백질이라는 것을 확인하였다(그림 2-129, 2-130, 2-131, 표 2-37, 2-38). 즉 처리간 눈에 띄는 차이는 보이지 않았지만 식물체 내부에 단백질을 분석해보면 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF 처리에서 활착에 유리한 단백질이 더 많이 발견되는 것을 확인 하였고, 이와 같은 결과로 미루어 보아 수박 접목묘의 활착시 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF의 광도가 가장 이상적이라고 판단할 수 있다. 하지만 성장 차이가 나지 않은 이유는 접목활착실에서 1주일도 안 되는 짧은 시간동안 있었기 때문에 발견된 단백질이 충분히 제 역할을 하지 못한 것으로 판단 된다.

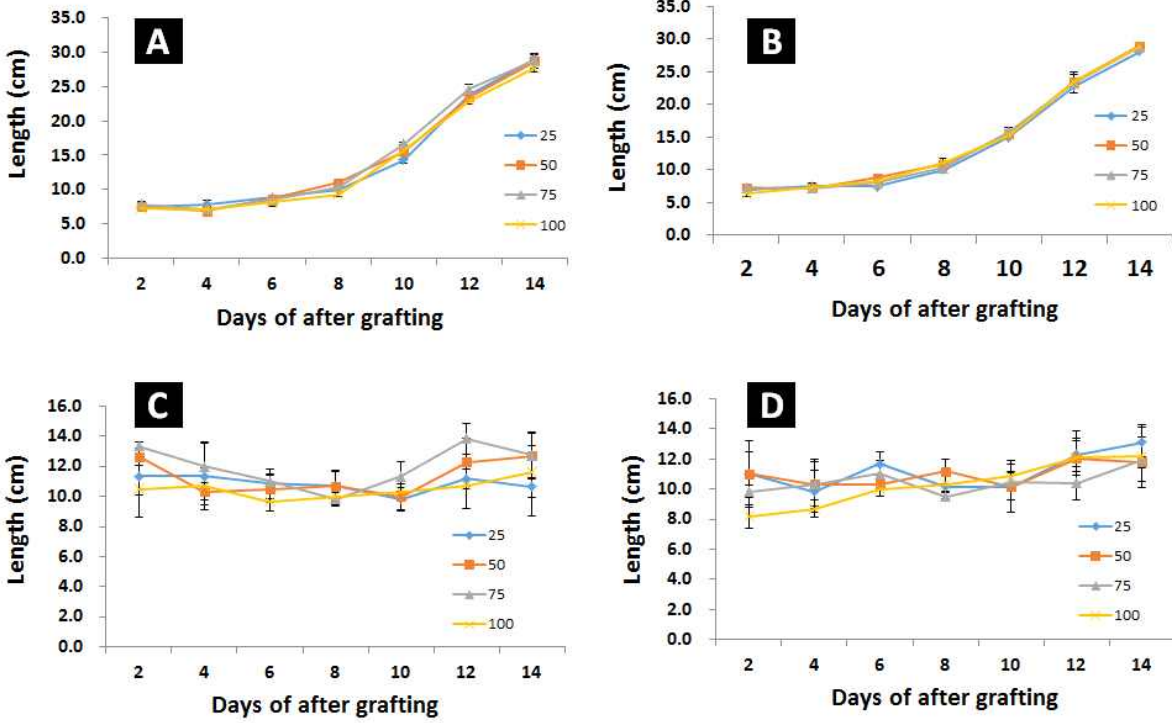


그림 2-123. 수박 접목묘의 초장과 근장. A, ‘삼복꿀’ 품종의 초장 변화; B, ‘스피드’ 품종의 초장 변화; C, ‘삼복꿀’ 품종의 근장 변화; D, ‘스피드’ 품종의 근장 변화.

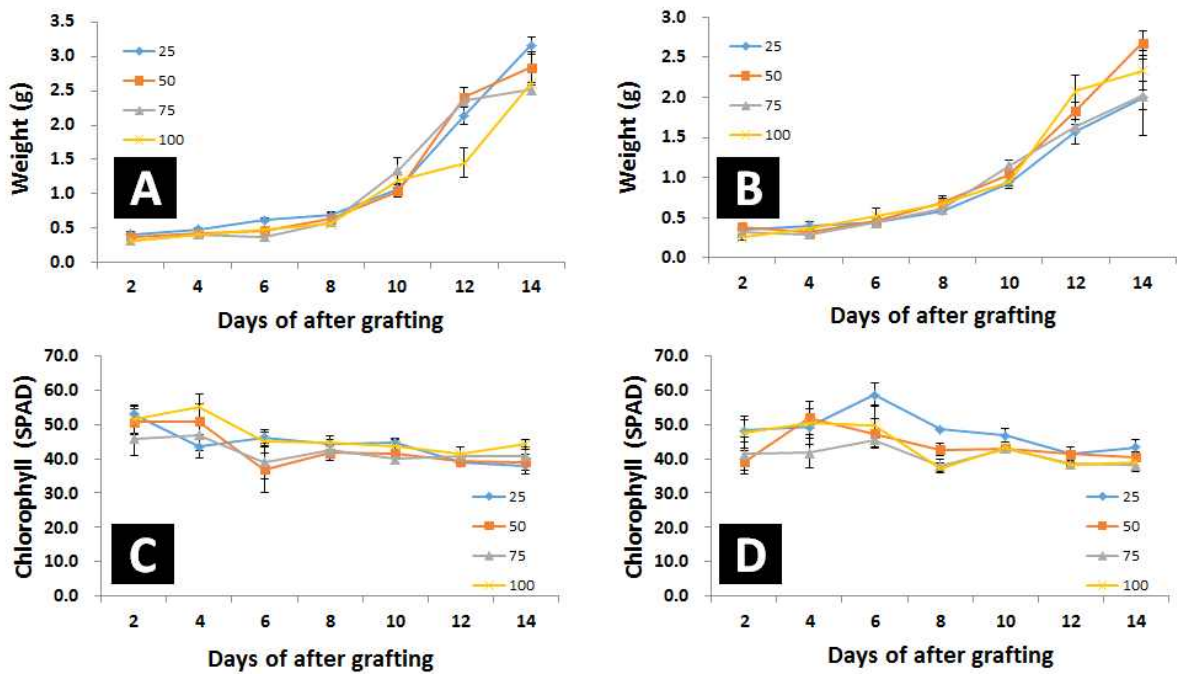


그림 2-124. 수박 접목묘의 접수 생체중과 엽록소 값. A, ‘삼복꿀’ 품종의 접수 생체중 변화; B, ‘스피드’ 품종의 접수 생체중 변화; C, ‘삼복꿀’ 품종의 엽록소 값 변화; D, ‘스피드’ 품종의 엽록소 값 변화.

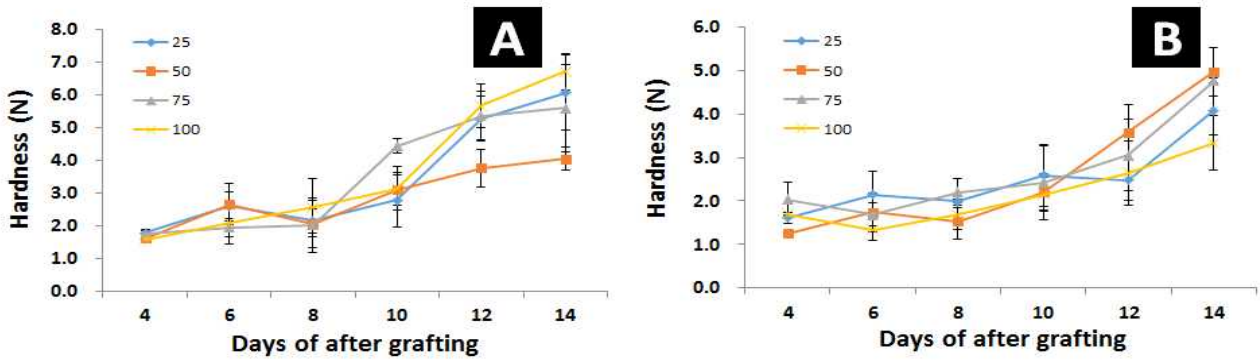


그림 2-125. 수박 접목묘의 경도변화. A, '삼복꿀' 품종의 경도 변화; B, '스피드' 품종의 경도 변화.

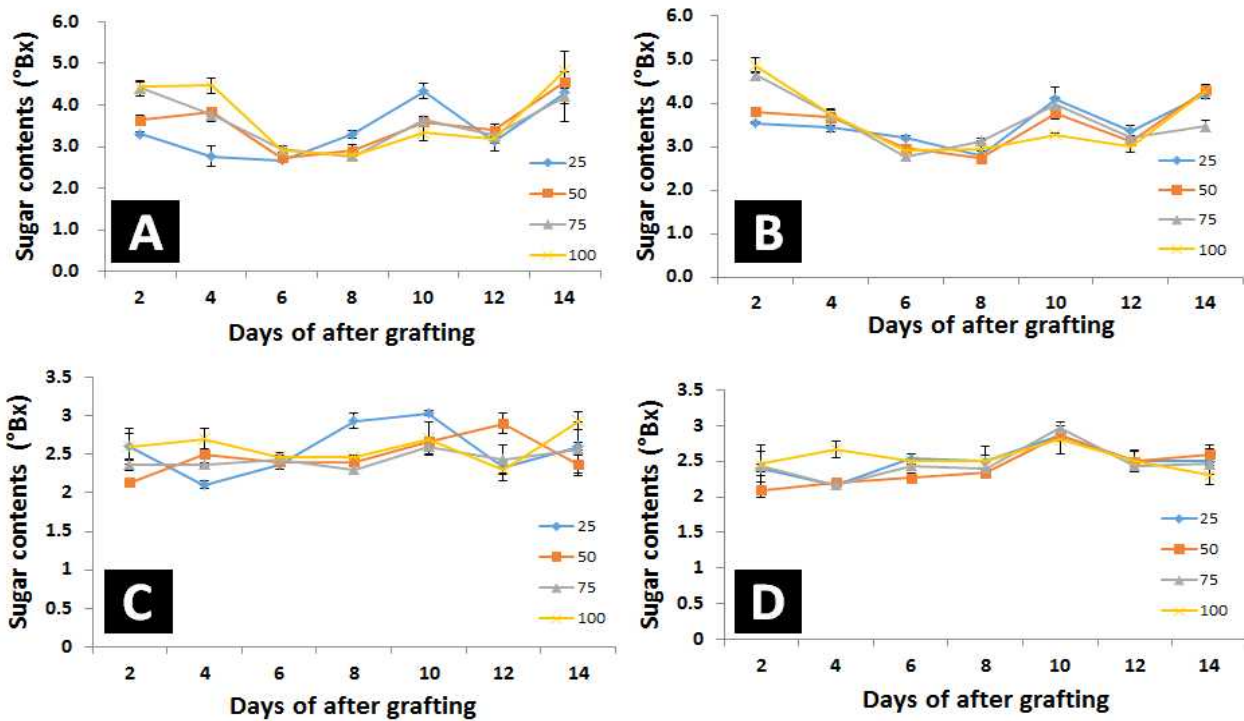


그림 2-126. 수박 접목묘의 당도 변화. A, '삼복꿀' 품종의 접수 당도 변화; B, '스피드' 품종의 접수 당도 변화; C, '삼복꿀' 품종의 대목 당도 변화; D, '스피드' 품종의 대목 당도 변화.

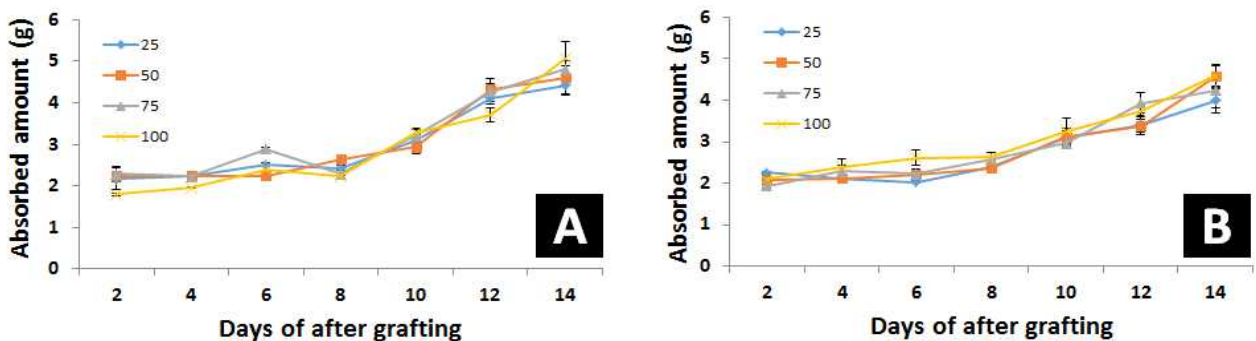


그림 2-127. 수박 접목묘의 잉크 흡수량 변화. A, '삼복꿀' 품종의 잉크 흡수량 변화; B, '스피드' 품종의 잉크 흡수량 변화.



그림 2-128. 접목 6일 후 수박 접목묘 ‘삼복꿀’ 품종의 유관속 생성.

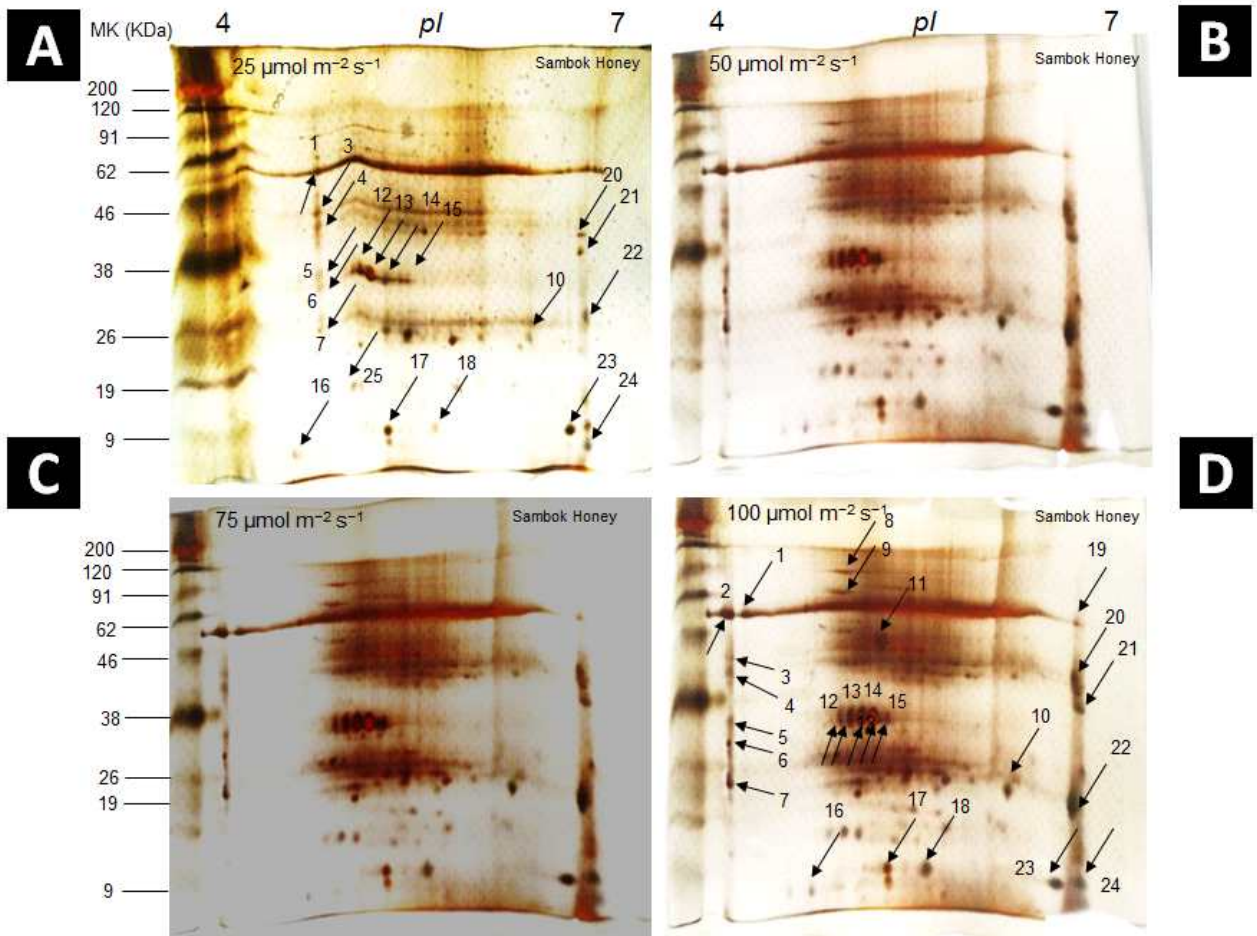


그림 2-129. 접목 3일 후 수박 접목묘 ‘삼복꿀’ 품종의 처리별 단백질 변화. A, $25\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF; B, $50\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF; C, $75\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF; D, $100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF.

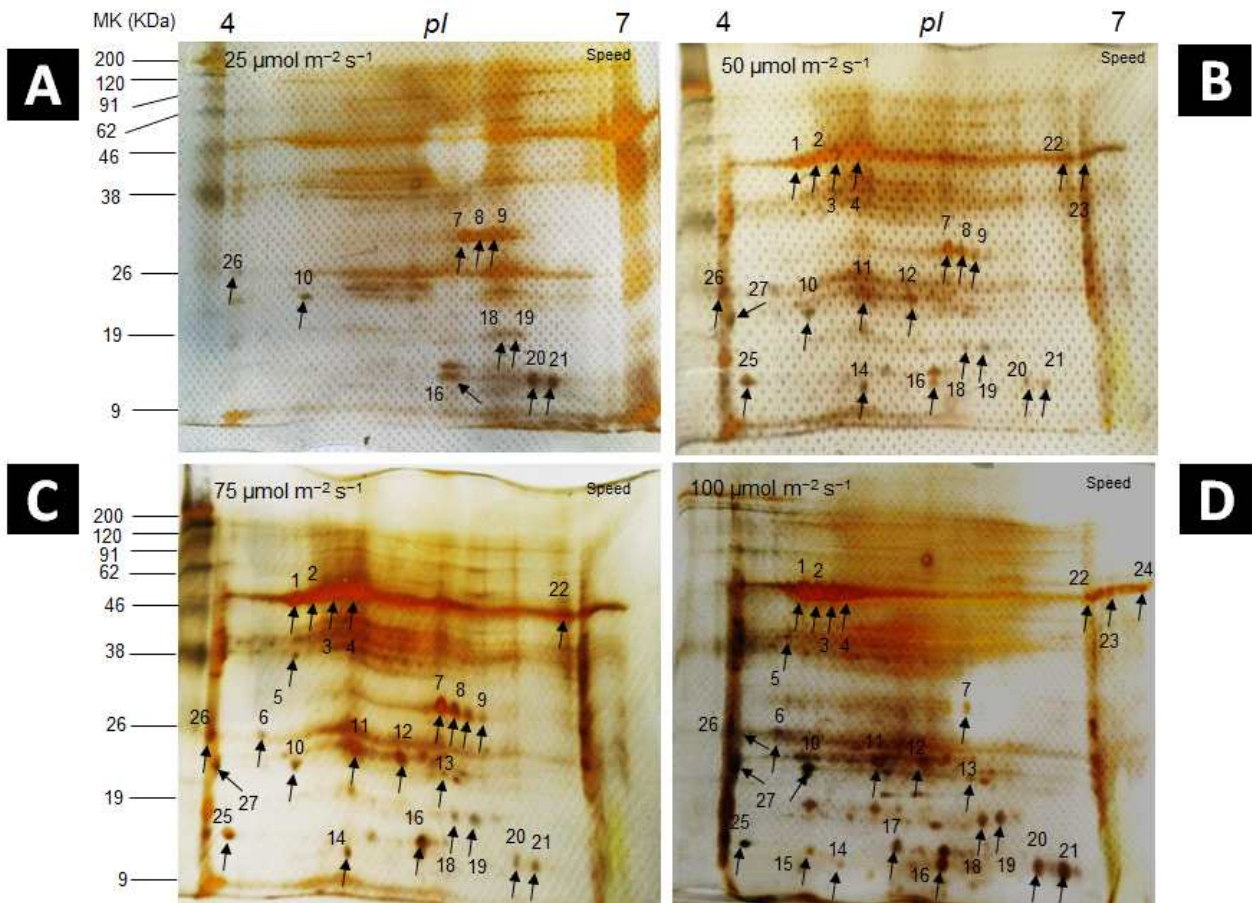


그림 2-130. 접목 3일 후 수박 접목묘 ‘스피드’ 품종의 처리별 단백질 변화. A, $25\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF; B, $50\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF; C, $75\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF; D, $100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF.

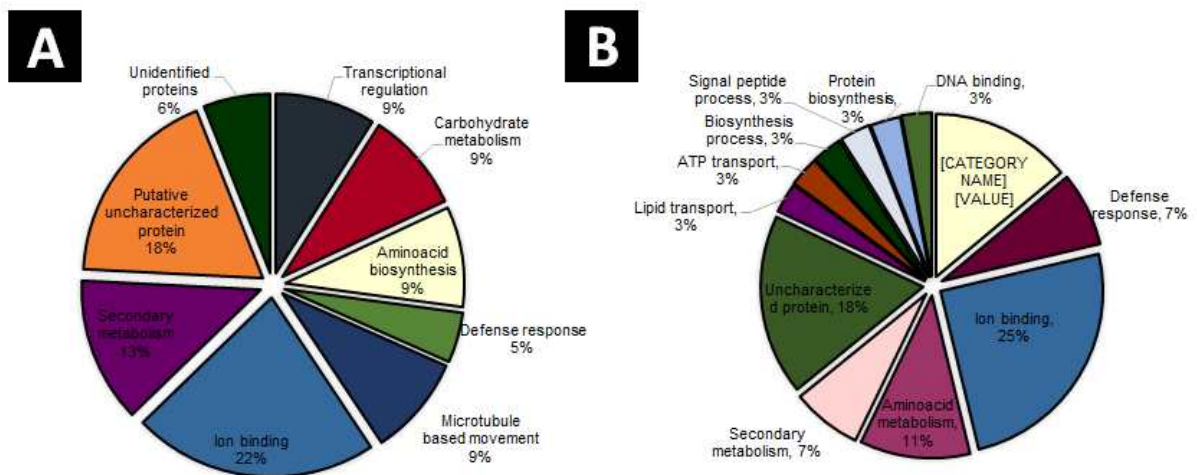


그림 2-131. 수박 접목묘에서 추출한 단백질의 분포. A, ‘삼복꿀’ 품종; B, ‘스피드’ 품종.

표 2-37. MALDI-TOF/TOF-MS를 이용한 수박 접목묘 ‘삼복꽃’ 품종의 단백질 분석.

Spot No.	NCBI accession number	Protein Name	Biological function	Plant Species	Mr Value	Calculated pI/Exp pI	MASCOT Score	Sequence coverage (%)	
1	F4IJ86	Homeobox-leucine zipper protein	ATHB-7	Transcriptional regulation	<i>Arabidopsis thaliana</i>	30421	5.52/4.6	47	20
2	A9PK54	Transcription elongation factor	SPT4 homolog	Transcriptional regulation	<i>Populus trichocarpa</i>	13606	5.66/4.0	44	56
3	M0UZT2	Beta-galactosidase		Carbohydrate metabolism	<i>Hordeum vulgare</i>	81149	5.66/4.0	42	50
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	V4KH47	ATP-dependent Clp protease	proteolytic subunit	Amino acid biosynthesis	<i>Eutrema salsugineum</i>	42995	8.85/4.0	64	41
6	E1ZEF2	Cysteine synthase		Amino acid biosynthesis	<i>Chlorella variabilis</i>	36901	8.79/4.0	52	39
7	O48573	Disease resistance protein-		Defense response	<i>Arabidopsis thaliana</i>	135194	5.75/4.0	66	14
8	D8RG99	Inner arm dynein 3-2		Microtubule based movement	<i>Selaginella moellendorffii</i>	368702	5.44/5.44	67	11
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	V4K6A2	Uncharacterized protein		-	<i>Eutrema salsugineum</i>	77378	5.1/5.4	77	24
11	Q00YY4	Putative DAK2 domain containing	protein	Ion binding	<i>Ostreococcus tauri</i>	88997	6.69/6.6	83	18
12	D8R7J6	Putative uncharacterized protein		-	<i>Selaginella moellendorffii</i>	99451	8.72/5.5	77	21
13	D8RG99	Inner arm dynein 3-2		Microtubule based movement	<i>Selaginella moellendorffii</i>	368702	5.44/5.6	70	9
14	A2YMB7	Beta-amylase		Carbohydrate metabolism	<i>Oryza sativa</i>	55464	5.3/5.7	59	34
15	E0CSS7	Putative uncharacterized protein		-	<i>Vitis vinifera</i>	135140	8.57/6.0	70	14
16	D7KEC0	Galactosyltransferase family	protein	Protein glycosylation	<i>Arabidopsis thaliana</i>	46825	5.9/5.4	61	55
17	Q2A9U7	RNA recognition motif		Nucleotide binding	<i>Brassica oleracea</i>	45703	6.5/6.2	54	28
18	Q84K89	Receptor kinase LRK10		ATP binding	<i>Avena sativa</i>	72721	7.1/6.4	59	21
19	L7PBV6	Maturase K		RNA binding	<i>Derris submontana</i>	61607	9.26/7.0	58	20
20	G7J106	50S ribosomal protein L2		RNA binding	<i>Medicago truncatula</i>	15106	11.6/7.0	56	49
21	R4L8I2	Alanine-glyoxylate	aminotransferase	Pyridoxal phosphate binding	<i>Peperomia prostrata</i>	31935	9.7/7.0	56	20
22	R4L8I2	Alanine-glyoxylate	aminotransferase	Pyridoxal phosphate binding	<i>Peperomia prostrata</i>	31935	9.7/7.1	56	20
23	M5X1H0	ATP-dependent Clp protease	proteolytic subunit	Amino acid biosynthesis	<i>Prunus persica</i>	32028	5.9/7.0	45	42
24	K4CH47	Uncharacterized protein		-	<i>Solanum lycopersicum</i>	10546	10.0/7.0	57	70

표 2-38 MALDI-TOF/TOF-MS를 이용한 수박 접목료 ‘스피드’ 품종의 단백질 분석.

Spot No.	NCBI accession number	Protein Name	Biological function	Plant Species	Mr Value	Calculated pI/Exp pI	MASCOT Score	Sequence coverage (%)
1	M1D5Z5	Uncharacterized protein	-	<i>Solanum tuberosum</i>	9149	9.0/4.5	31	26
2	K7K6U0	Uncharacterized protein	-	<i>Glycine max</i>	27098	5.5/4.6	57	36
3	A8IZ15	Predicted protein	-	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	32240	8.5/4.7	60	22
4	D3W146	Non-specific lipid-transfer	Lipid transport	<i>Phaseolus vulgaris</i>	12341	9.1/4.8	64	13
5	B9NHG2	Disease resistance family protein	Defense response	<i>Populus trichocarpa</i>	105560	5.1/4.4	74	38
6	A8J537	Catalase	Defense response	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	56407	6.3/4.3	76	17
7	A9PK54	Transcription elongation factor SPT4 homolog	Transcription factor	<i>Populus trichocarpa</i>	13606	7.0/6.5	77	21
8	B9I128	DNA-binding bromodomain-containing family protein	DNA binding	<i>Populus trichocarpa</i>	63359	8.6/6.6	88	21
9	F2XX48	Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase	Oxidoreductase	<i>Litchi chinensis</i>	34063	6.1/6.1	76	35
10	J3RTS9	Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase	Oxidoreductase	<i>Cuscuta pentagona</i>	32382	6.7/4.5	82	32
11	D3W358	DNA-directed RNA polymerase	Transcription factor	<i>Platycladus orientalis</i>	18505	9.0/5.5	82	45
12	D7LLC7	UDP-glucuronosyl/UDP-glucosyl transferase family protein	Transferase activity	<i>Arabidopsis lyrata</i>	54068	6.0/6.0	80	16
13	Q93ZQ0	AT5g46390/MPL12_19	Serine-type peptide activity	<i>Arabidopsis thaliana</i>	23128	6.7/6.4	69	16
14	Q9FI43	Calcium-binding transporter-like protein	ATP transport	<i>Arabidopsis thaliana</i>	54984	8.9/5.5	64	31
15	U7DVE4	Uncharacterized protein	-	<i>Populus trichocarpa</i>	25103	9.2/4.5	73	35
16	D3W358	DNA-directed RNA polymerase	Transcription factor	<i>Platycladus orientalis</i>	18505	9.0/6.4	77	54
17	Q0ZS27	Phenylacetaldehyde synthase	Amino acid metabolism	<i>Rosa hybrid cultivar</i>	57077	6.7/5.7	63	19
18	D7LPT3	P-glycoprotein 17	ATP binding	<i>Arabidopsis lyrata</i>	137399	9.2/6.0	71	27
19	A8QMG1	Chalcone synthase	Biosynthesis process	<i>Dactylorhiza praetermissa</i>	29807	5.1/6.1	51	46
20	D3GC08	Annexin	Calcium ion binding	<i>Jatropha curcas</i>	36015	6.4/6.7	61	28
21	C1MLG4	S24-like peptidase	Signal peptide processing	<i>Micromonas pusilla</i>	19224	8.5/6.8	45	40
22	D3VMM9	Magnesium-protoporphyrin	Metal ion binding	<i>Arum italicum</i>	15698	9.5/6.9	41	26
23	Q9T7A2	ATP synthase subunit alpha	ATP binding	<i>Welwitschia mirabilis</i>	42700	9.2/6.9	71	31
24	U7DVE4	Uncharacterized protein	-	<i>Populus trichocarpa</i>	25103	9.2/7.0	57	27
25	D7LLB4	Thiamine biosynthesis family protein	Amino acid metabolism	<i>Arabidopsis lyrata</i>	72588	5.9/4.1	83	15
26	M8BGX0	Large subunit GTPase	GTP binding	<i>Aegilops tauschii</i>	67569	7.9/4.0	81	16
27	P36428-2	Isoform Cytoplasmic of Alanine--tRNA ligase	Protein biosynthesis	<i>Arabidopsis thaliana</i>	105961	8.8/4.1	74	25

토마토 접목묘의 생육 결과를 보면 수박 접목묘의 결과와 마찬가지로 처리별 차이는 없었다. 초장의 경우 처리별 차이 없이 시간에 따라 증가하였다(그림 2-132). 대목과 접수의 경경을 측정한 결과 대목의 경경은 시간이 흘러도 변화가 없는 반면 접수의 경경은 시간이 흐름에 따라 증가하였다(그림 2-133). 이러한 현상은 생체중에서도 나타났는데, 접수의 생체중은 꾸준히 증가한데 반해 대목의 생체중은 시간이 흘러도 큰 차이를 보이지 않았다(그림 2-134). 이러한 결과는 대목의 경우 단지 뿌리로부터 흡수되는 수분과 양분을 운반하는 통로로 이용될 뿐 저장이나 생장을 하지 않는다는 것을 의미한다. 대목과 접수사이의 경도와 잉크 흡수량은 처리별 차이 없이 시간에 따라 증가하였다(그림 2-135). 접수의 당도를 측정한 결과 광도가 높을수록 감소하는 속도가 빠르게 나타났다(그림 2-136). 이러한 결과는 수박 접목묘와 마찬가지로 높은 광도에서 유관속의 생성이 빠르게 이루어져서 접수에서 만들어진 수용성 당이 신속하게 이동했기 때문인 것으로 판단된다. 위와 같은 결과로 미루어보아 토마토 접목묘의 활착과 생육에는 $100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF의 광도가 이상적일 것으로 판단된다.

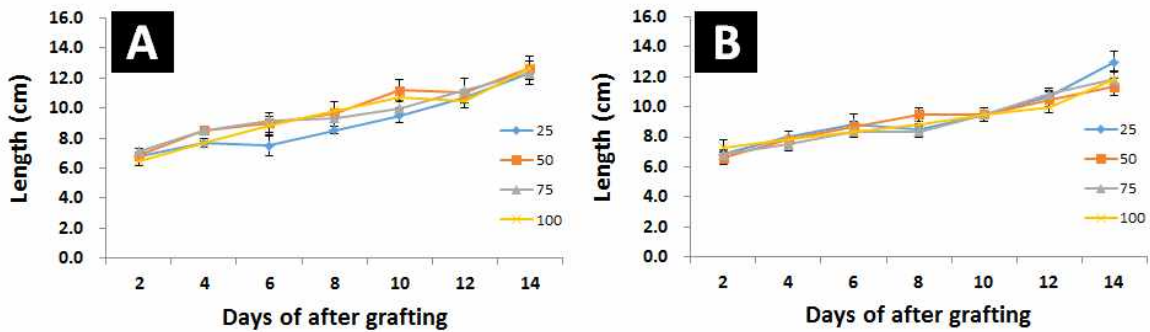


그림 2-132. 토마토 접목묘의 초장 변화. A, '슈퍼선로드' 품종; B, '슈퍼도태랑' 품종.

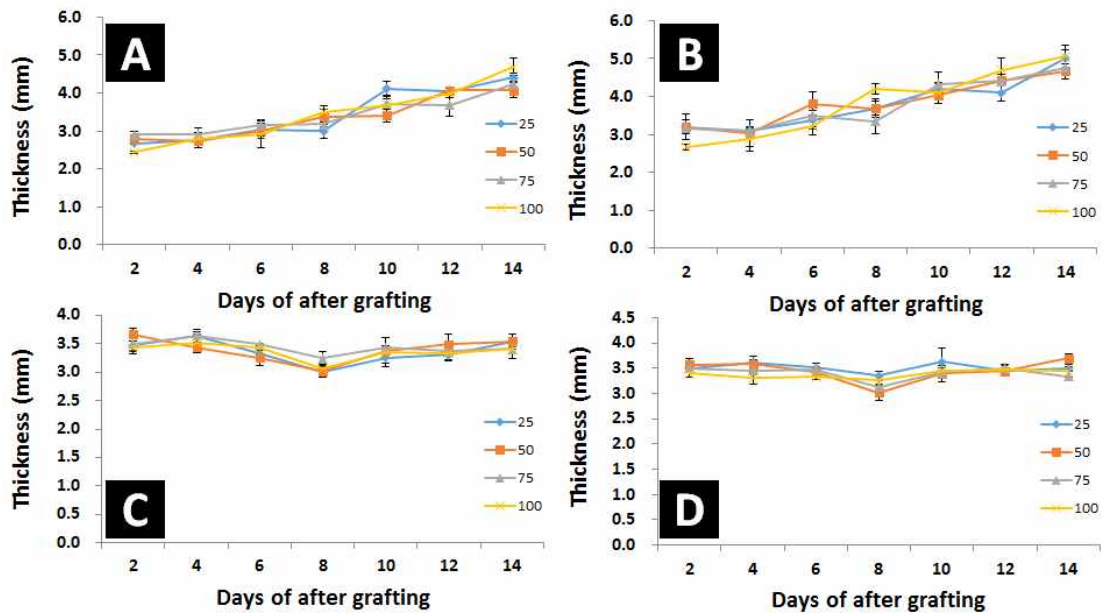


그림 2-133. 토마토 접목묘의 경경 변화. A, '슈퍼선로드' 품종의 접수 경경 변화; B, '슈퍼도태랑' 품종의 접수 경경 변화; C, '슈퍼선로드' 품종의 대목 경경 변화; D, '슈퍼도태랑' 품종의 대목 경경 변화.

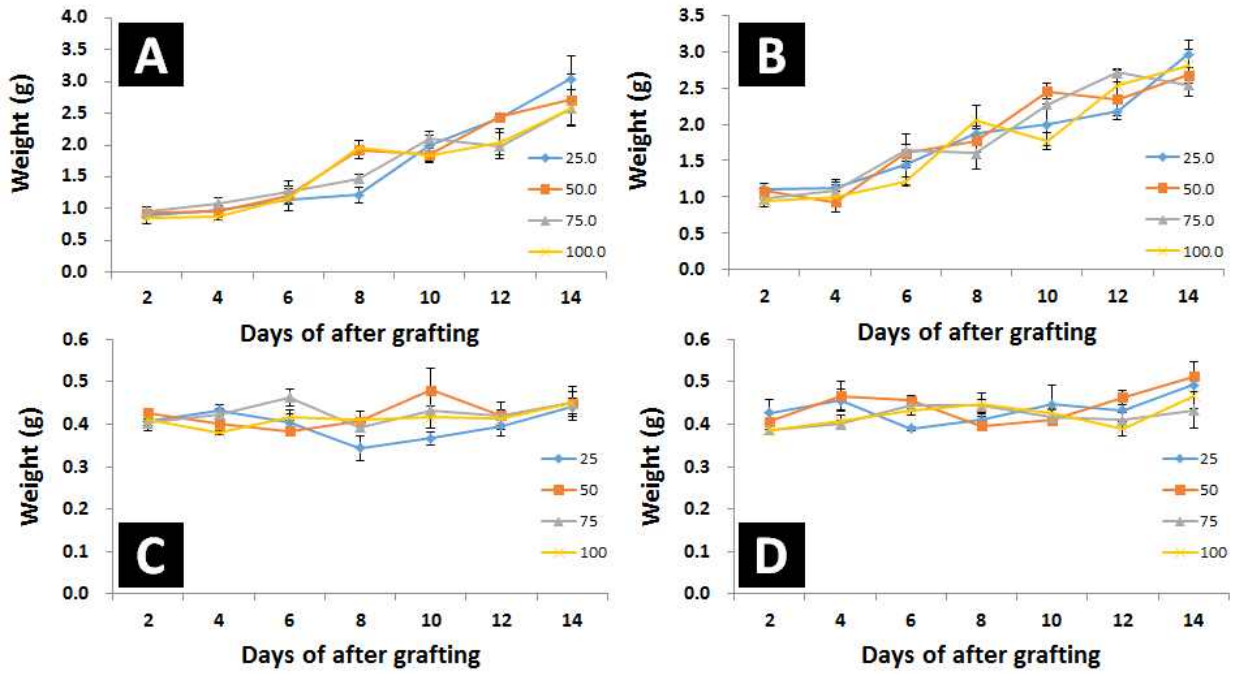


그림 2-134. 토마토 접목묘의 생체중 변화. A, '슈퍼 로드' 품종의 접수 생체중 변화; B, '슈퍼도태랑' 품종의 접수 생체중 변화; C, '슈퍼선로드' 품종의 대목 생체중 변화; D, '슈퍼도태랑' 품종의 대목 생체중 변화.

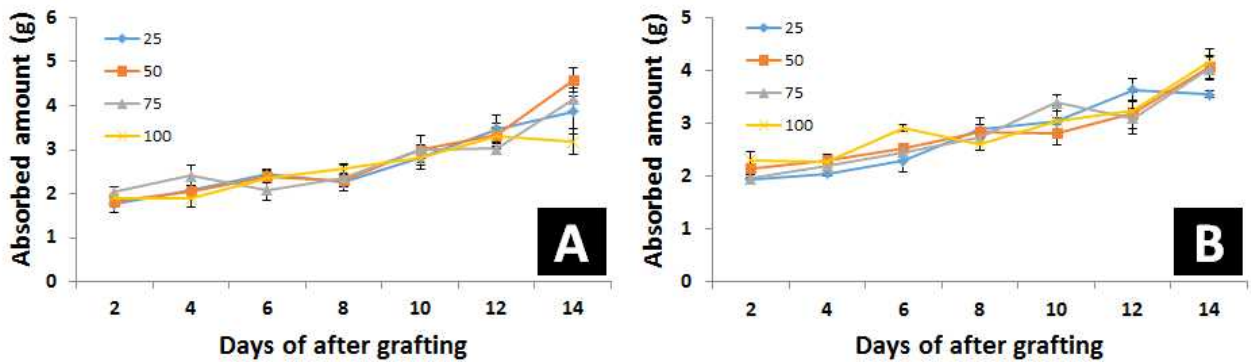


그림 2-135. 토마토 접목묘의 잉크 흡수량 변화. A, '슈퍼선로드' 품종; B, '슈퍼도태랑' 품종.

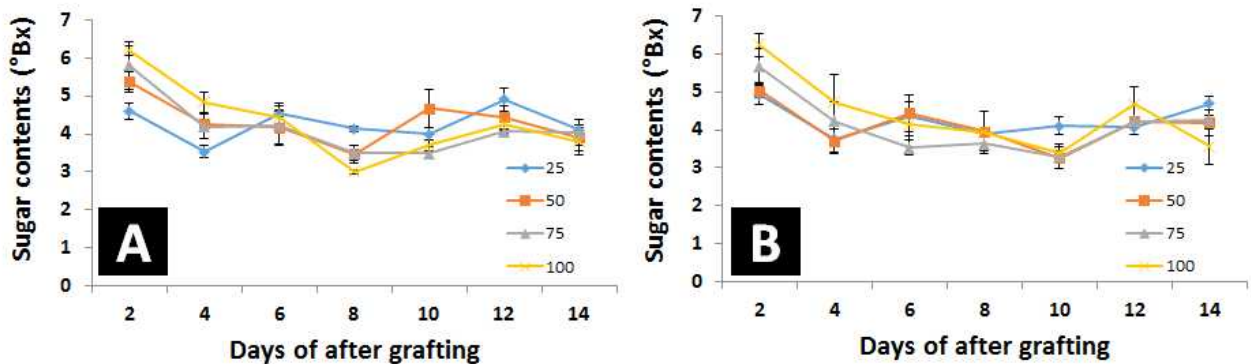


그림 2-136. 토마토 접목묘의 접수 당도 변화. A, '슈퍼선로드' 품종; B, '슈퍼도태랑' 품종.

라. 요약

수박과 토마토의 접목시 이상적인 광도를 찾기 위한 실험결과 광도에 따라 생장에는 큰 차이가 없었다. 하지만 수용성 당의 이동, 유관속의 생성, 그리고 단백질을 분석한 결과 $100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF의 광도가 가장 이상적인 것으로 판단된다. 식물체 내부인자의 변화에도 불구하고 생장에 큰 변화가 없는 이유는 접목묘의 전체 생육기간에 비해 접목활착실 내부에서 생육하는 시간이 너무 짧기 때문에 발현된 단백질이 완벽하게 제 기능을 수행할 시간이 없기 때문인 것으로 판단된다. 만약 접목활착실 내부에서 접목묘가 무르지 않도록 관리할 수 있다면 $100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF의 광도가 수박과 토마토 접목묘의 활착에 가장 이상적인 광도이다.

16. W1:R2:B1조합의 광원을 이용하여 $100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF의 광도로 접목묘의 활착에 최적의 광 조사시간을 측정

가. 서언

최근 점점 고품질의 묘를 요구하는 추세임에도 불구하고 지구 온난화로 인한 기상이변과 기습적인 기후 변화로 인해 전통적인 육묘방법으로는 고품질 묘의 수준과 수요를 따라가기 어려운 실정이다. 이러한 어려움을 해결하기 위한 방편으로 접목활착실이 대두되고 있다. 접목활착실은 점점 증가하고 있지만 접목활착실 내부 환경에 대한 연구는 충분히 이루어지지 않았기 때문에 전국의 접목활착실의 환경이 제각각이며 이러한 현상은 공급되는 묘의 균일성과 품질을 떨어트리는 원인이 되고 있다. 본 실험은 선행실험에서 도출된 광질과 광도를 이용하여 수박과 토마토의 접목시 이상적인 광주기를 구명하기 위하여 수행하였다.

나. 재료 및 방법

폐쇄형 접목활착 실험은 초전육묘장의 활착실을 이용하여 수행하였다. 바퀴가 있어 이동이 가능한 4단 선반에 인공광원을 설치하였고, 각 단의 바닥에 흑색 필름을 사용하여 광의 간섭을 차단하였다 (그림 2-137). 접목활착실의 온도는 23°C , 상대습도는 $98\pm 2\%$ 가 유지되도록 하였다. 실험에 사용된 광원은 1년차 실험의 결과로 도출된 W1:R2:B1 조합의 LED를 제작하여 사용하였고, 광도는 $100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF로 설정하여 각각 12h/12h, 16h/8h, 24h/0h, 6h/6h (2회), 8h/4h (2회), 6min/24min (순환)의 광주기로 설정하여 광을 공급하였다. 접수용 수박 ‘삼복꿀’과 ‘스피드’ 품종의 종자를 162구 플러그 트레이에 파종하였고, 수박 대목은 ‘RS동장군’ 품종의 박을 40구 플러그 트레이에 파종하였다. 토마토 접수로는 ‘슈퍼선로드’와 ‘슈퍼도태랑’ 품종을 각각 162구 플러그 트레이에 파종하였고, 대목으로 ‘비블로킹’ 품종을 50구 플러그 트레이에 파종하였다. 수박은 ‘단근 편엽 합집’, 토마토는 ‘합집’ 방법으로 접목 하였고, 접목활착실에서 두 작물 모두 4일 동안 활착 후 초전육묘장의 플라스틱온실에서 순화시켰다. 활착과 순화과정 중 2일에 한 번씩 무작위로 시료를 채취하여 초장, 근장, 경경, 엽록소 값, 당도, 경도, 생체중, 잉크 흡수도를 측정하였다. 잉크 흡수도는 접목묘의 뿌리부분을 제거 한 후 잉크에 담가서 30분 동안 $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF의 광을 공급한 후 식물체의 무게를 측정하였다. 경도는 접목묘의 접수와 대목이 붙은 부분에 집계를 제거 후 경도계를 이용하여 연결부위가 끊어질 때까지의 압력을 측정하였다.



그림 2-137. LED를 설치한 선반. A, LED를 켜진 모습; B, 차광을 위하여 흑색 필름을 설치한 모습.

다. 결과 및 고찰

광주기에 따른 수박 접목묘의 생육조사 결과 처리별 큰 차이가 없었다. 초장의 경우 시간이 흐름에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 이때 순화 후 4일째 되는 날부터 생육 속도가 증가하였다(그림 2-138). 생체중 역시 처리별 유의적인 차이가 없었으나, 순화 후 4일째 되는 날부터 빠르게 증가하였다(그림 2-138). 초장과 생체중 모두 증가하는 속도와 증가량 모두 모든 처리구에서 유사한 경향을 보였다. 접수와 대목간의 경도를 측정된 결과 오차범위 내의 차이만 보일 뿐 각 처리별 뚜렷한 차이가 없었다(그림 2-139). 잉크 흡수율 역시 처리간 차이는 없었다(그림 2-139). 이처럼 대부분 처리별 차이는 없었지만 공통적으로 순화 후 4일째 되는 날부터 생육속도가 빨라졌다. 이처럼 순화 후 4일째 되는 날이 활착이 완벽하게 이루어지는 시기라고 판단된다. 생육에서는 처리별 차이가 없었으나, 접수의 당도를 측정된 결과 시간에 흐름에 따른 변화가 12h/12h처리에서 가장 급속하게 발생한 것으로 보아 유관속의 생성이 12h/12h처리에서 가장 먼저 이루어진 것으로 판단된다(그림 2-140). 이처럼 활착기간동안의 광주기가 접목묘의 생육에 큰 영향을 미치지 않는지만 12h/12h처리가 유관속의 생성에 유리하다는 것을 알 수 있다. 또한 생육조사 결과를 통하여 가능하면 일반적인 활착기간보다 조금 더 긴 시간인 접목 후 8일까지 활착실에서 재배하는 것이 활착에 더 도움이 될 것으로 판단된다.

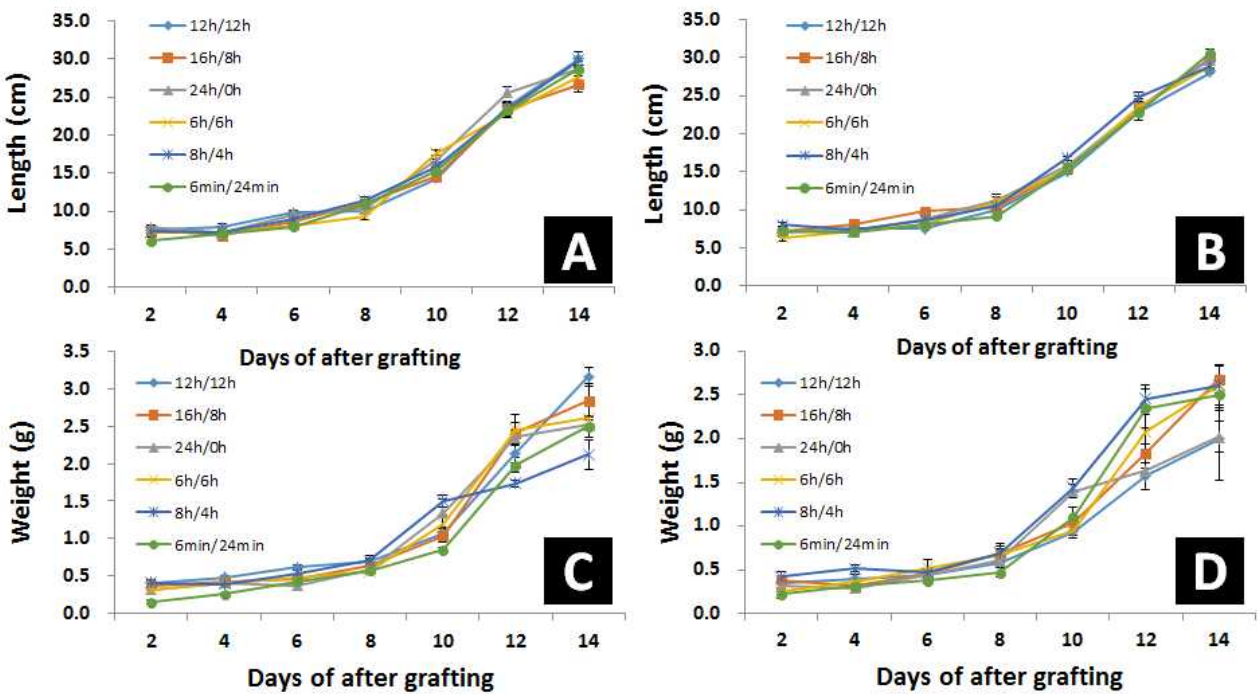


그림 2-138. 수박 접목묘의 초장과 접수 생체중. A, ‘삼복꿀’ 품종의 초장 변화; B, ‘스피드’ 품종의 초장 변화; C, ‘삼복꿀’ 품종의 접수 생체중 변화; D, ‘스피드’ 품종의 접수 생체중 변화.

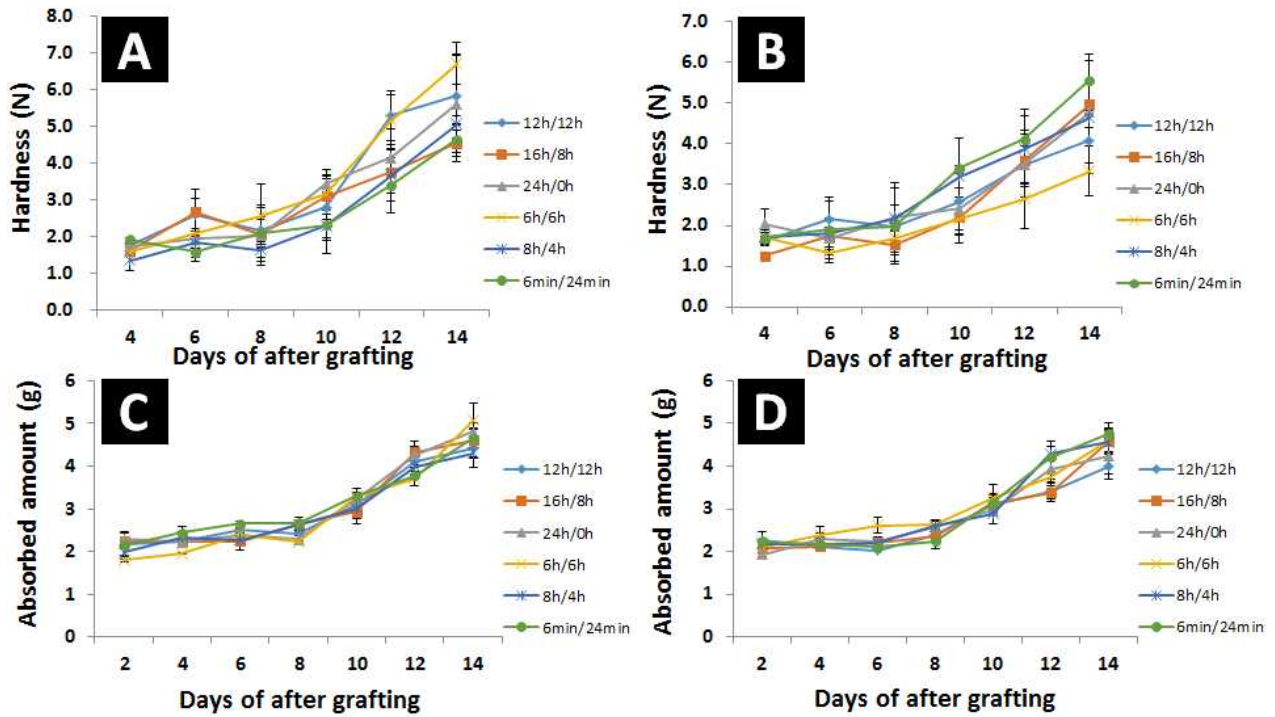


그림 2-139. 수박 접목묘의 경도와 잉크 흡수율. A, ‘삼복꿀’ 품종의 경도 변화; B, ‘스피드’ 품종의 경도 변화; C, ‘삼복꿀’ 품종의 잉크 흡수율 변화; D, ‘스피드’ 품종의 잉크 흡수율 변화.

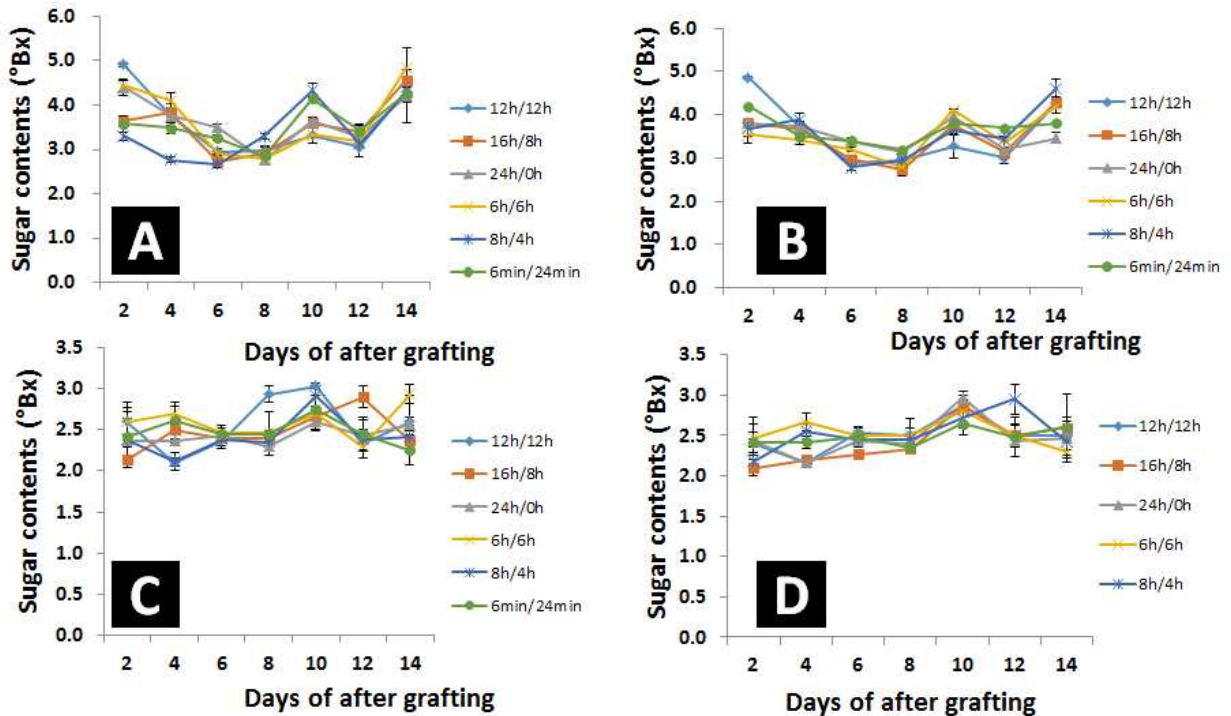


그림 2-140. 수박 접목묘의 접수와 대목 당도 변화. A, ‘삼복꿀’ 품종의 접수 당도 변화; B, ‘스피드’ 품종의 접수 당도 변화; C, ‘삼복꿀’ 품종의 대목 당도 변화; D, ‘스피드’ 품종의 대목 당도 변화.

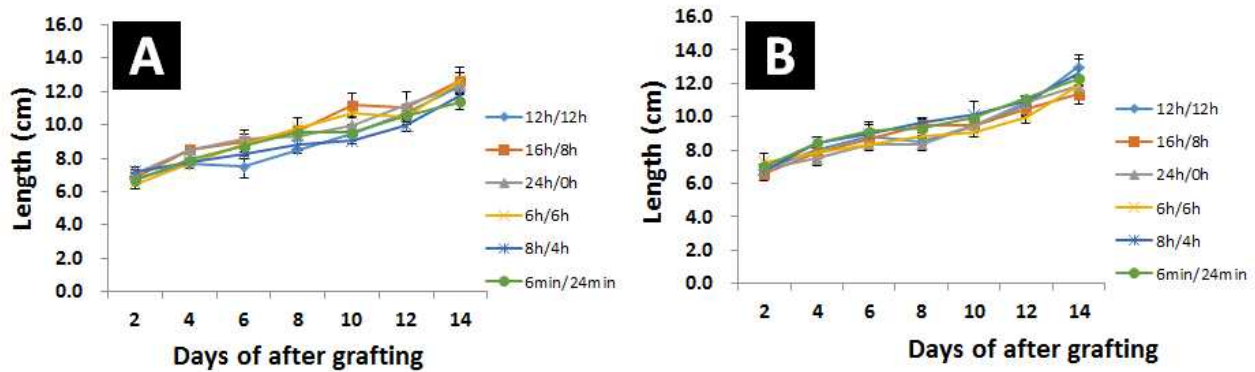


그림 2-141 토마토 접목묘의 초장 변화. A, ‘슈퍼선로드’ 품종의 초장 변화; B, ‘슈퍼도태랑’ 품종의 초장 변화.

토마토 생육조사 결과 두 품종 모두 광주기에 따른 초장의 변화는 없었다(그림 2-141). 모든 처리에서 시간의 흐름에 따라 일정하게 증가하였다. 접수와 대목의 경경을 측정된 결과 접수의 경우 모든 처리에서 약 7mm에서 12mm정도까지 고르게 증가하였으나, 대목 경경의 경우 두 품종 모두 약 3.5mm에서 증가하지 않았다(그림 2-142). 이러한 현상은 생체중에서도 나타났는데, 접수의 생체중의 경우 약 1g에서 2.5g으로 증가하였으나 대목은 약 0.4g에서 증가하지 않았다(그림 2-143). 이러한 결과로 미루어 보아 ‘합접’을 한 토마토 접목묘의 경우 접수에서 생성되는 동화산물이 대부분 접수의 성장에 사용이 되고 대목에서는 거의 소비되지 않는 것으로 판단된다. 그리고 수박의 경우 순화 후 4일째 되는 날부터 생장이 빠르게 증가하였으나 토마토 접목묘는 특별하게 생장이 빨라지는 시점 없이 접목 후 바로 일정하게 성장하는 것을 알 수 있다. 토마토 접목묘의 생장은 광주기에 큰 영향을 받지 않았으나, 접수의 당도 변화를 보면 수박 접목묘와 유사하게 12h/12h처리에서 가장 빠르게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 수박 접목묘와 마찬가지로 12h/12h처리에서 유관속의 발생이 가장 빠르기 때문인 것으로 판단되며, 이와 같은 결과로 토마토 접목묘의 활착과 순화시 12h/12h의 광주기가 가장 이상적인 것으로 판단된다.

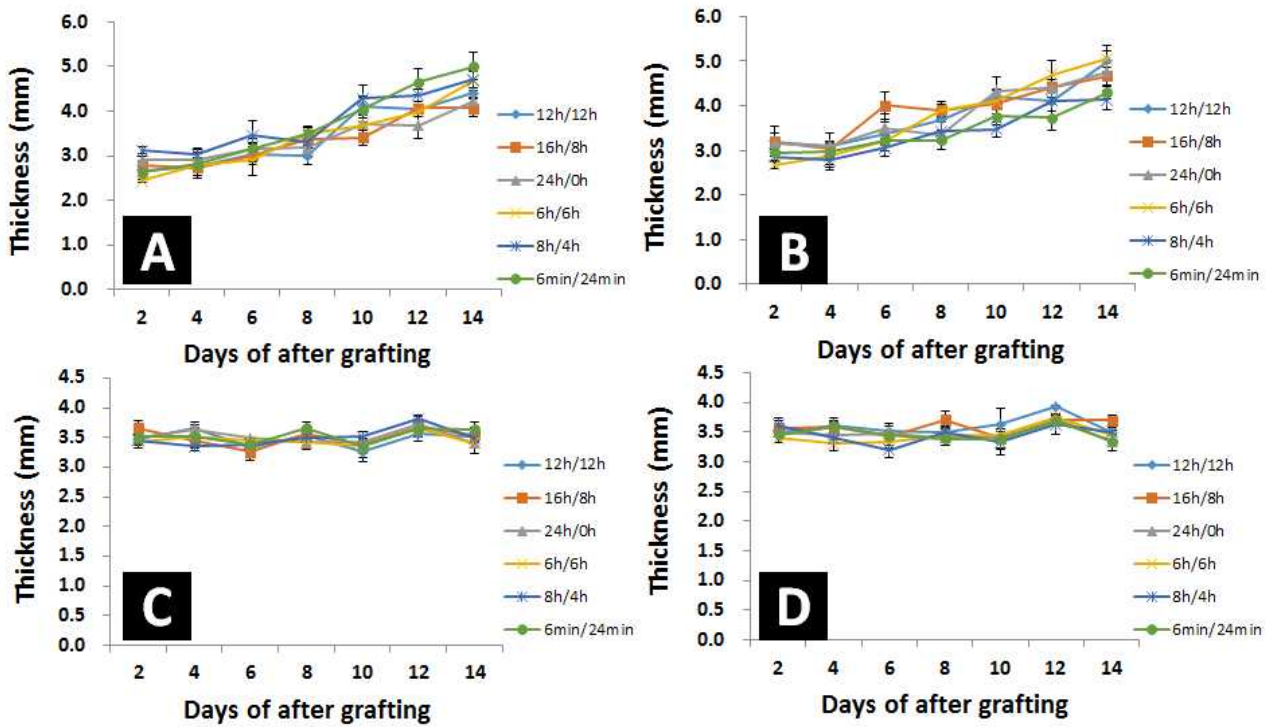


그림 2-142. 토마토 접목묘의 경경 변화. A, '슈퍼선로드' 품종의 접수 경경 변화; B, '슈퍼도태랑' 품종의 접수 경경 변화; C, '슈퍼선로드' 품종의 대목 경경 변화; D, '슈퍼도태랑' 품종의 대목 경경 변화.

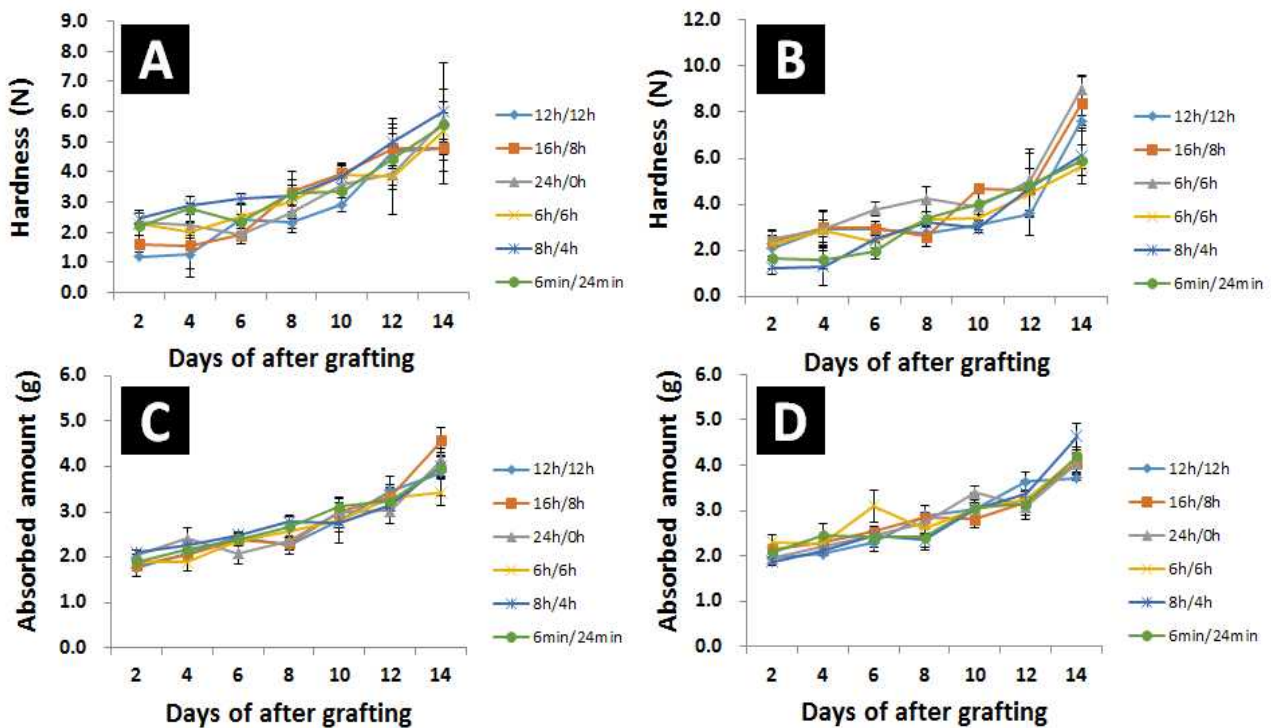


그림 2-143. 토마토 접목묘의 접수와 대목의 생체중 변화. A, '슈퍼선로드' 품종의 접수 생체중 변화; B, '슈퍼도태랑' 품종의 접수 생체중 변화; C, '슈퍼선로드' 품종의 대목 생체중 변화; D, '슈퍼도태랑' 품종의 대목 생체중 변화.

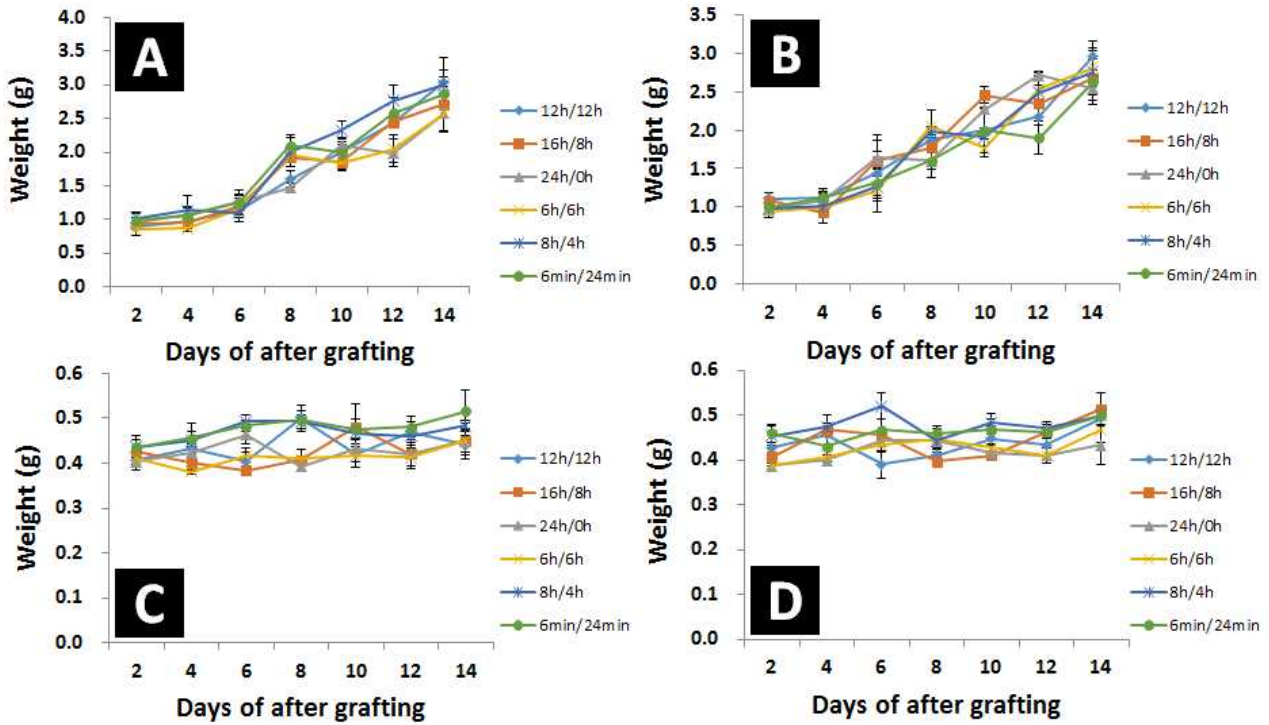


그림 2-144. 토마토 접목묘의 경도와 잉크 흡수율. A, ‘슈퍼선로드’ 품종의 경도 변화; B, ‘슈퍼도태랑’ 품종의 경도 변화; C, ‘슈퍼선로드’ 품종의 잉크 흡수율 변화; D, ‘슈퍼도태랑’ 품종의 잉크 흡수율 변화.

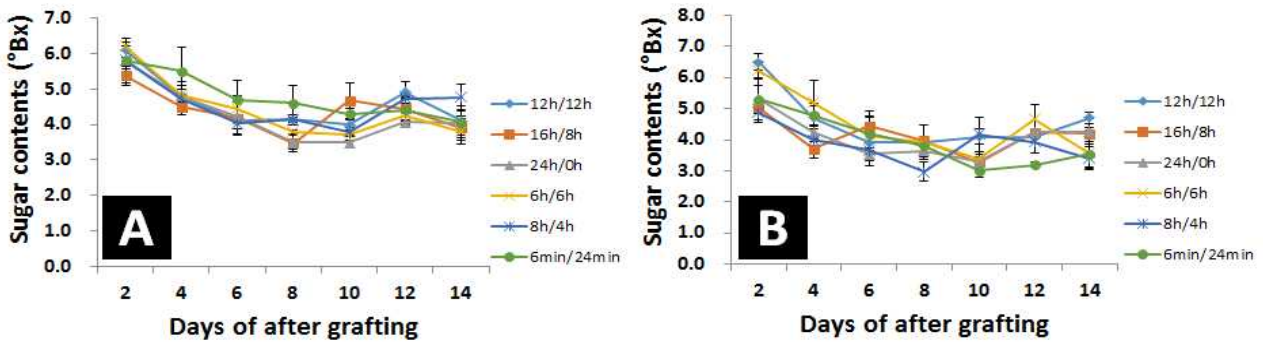


그림 2-145. 토마토 접목묘의 접수 당도 변화. A, ‘슈퍼선로드’ 품종의 접수 당도 변화; B, ‘슈퍼도태랑’ 품종의 접수 당도 변화.

라. 요약

선행연구를 통해 도출된 광질(W1:R2:B1)과 광도($100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF)를 이용하여 수박과 토마토의 접목시 최적의 광주기를 구명하기 위한 실험을 수행함. 실험결과 각 처리별 생장에는 큰 차이가 없었다. 하지만 수박 접목묘의 경우 순화 후 4일째 되는 날부터 생장이 빨라지는 현상을 보였고, 이는 접수와 대목이 완전하게 활착되는 시점으로 판단된다. 또한 접수의 당도 변화를 통하여 12h/12h 처리가 가장 유관속의 생성이 빠르다는 것을 알 수 있다. 토마토의 경우 접목 후 성장속도가 변화하는 시점 없이 시간에 따라 일정하게 성장한다. 토마토 접수의 당도 역시 12h/12h 처리에서 가장 빠르게 변화하는 것으로 보아 유관속의 생성이 가장 빠르다는 것을 알 수 있다. 위와 같은 결과로 미루어보아 수박과 토마토의 접목시 12h/12h 처리가 가장 이상적인 광주기로 판단된다.



**접목묘의 활착촉진을 위한
인공광원의 활용매뉴얼**

경성대학교 원예학과 화훼원예학연구소 교수 정병룡
농림축산식품부 IPET 농산식품유통사업단 농촌진흥청 국립원예특작과학원

배경

기후 변화와 이상 기상 등에 따른 환경관리와 고품질 접목묘의 생산에 어려움이 있다. 그래서 외부 기상환경의 영향을 상대적으로 적게 받는 접목 활착실이 도입이 되고 있다. 고품질 접목묘 생산을 위해 인공광을 이용한 폐쇄형 접목활착실의 설치가 증가하고 있지만, 인공광원에 대한 적정 광질, 광도 및 광주기에 대한 정보가 없다. 본 연구는 폐쇄형 접목활착실의 적정 인공광원을 구명하고자 수행되었다.

접목묘



토마토 접목묘



수박 접목묘

광질



R ₁ B ₁	W ₁ R ₂ B ₁
R ₂ B ₁	W ₂ R ₁
R ₁ B ₂	R ₇ B ₂
R	W
B	FL

10가지 LED가 설치된 5단 선반



광질 처리에 따른 수박 생육 모습



광질 처리에 따른 토마토 생육 모습

- ◆ 형광등 및 LED 광원을 처리하였을 때 수박과 오이의 접목활착률은 100%로 광질에 따른 활착률의 차이는 없음.
- ◆ 인공광을 이용한 접목활착실을 이용할 경우 적색과 청색광의 단색 처리보다는 혼합광이나 형광등이 바람직할 것으로 판단됨.

17. 접목묘의 활착을 촉진하고 도장을 억제/촉진하는 주·야간 온도 구명

가. 서언

기후 변화와 이상 기상 등에 따른 환경관리와 고품질 접목묘의 생산에 어려움이 있다. 그래서 외부 기상환경의 영향을 상대적으로 적게 받는 접목활착실이 도입되고 있다. 접목활착실은 온도, 습도, 광도, 그리고 광주기 등을 조절하여 접목묘의 활착을 신속하고 견고하게 이뤄지도록 하는 역할을 한다. 하지만 아직 접목활착실의 적절한 환경이 구명되지 않아 육묘장마다 서로 다른 환경으로 균일하지 않은 접목묘를 생산하고 있다. 이에 따른 혼란을 방지하고, 농가 소득의 안정성을 높이기 위하여 접목활착실의 환경 중 주·야간 온도 차이에 따른 접목묘의 활착에 대한 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

경상대학교 원예학과 화훼원예학 실험실의 식물성장챔버에서 수행하였다. 실험에 사용된 광원은 1년차 실험의 결과로 도출된 W1:R2:B1 조합의 LED를 제작하여 사용하였고, 광도는 $100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF로 설정하여 12시간 주기로 광을 공급하였다. 식물성장챔버의 상대습도는 $98\pm 2\%$ 로 유지되었고, 온도를 주/야간 각각 $30/15^\circ\text{C}$, $23/23^\circ\text{C}$, 그리고 $25/18^\circ\text{C}$ 로 나누어 각 온도별 접목묘의 활착과 생육을 조사하였다. 접수용 수박 ‘삼복꿀’과 ‘스피드’ 품종의 종자를 162구 플러그 트레이에 파종하였고, 수박 대목은 ‘RS동장군’ 품종의 박을 40구 플러그 트레이에 파종하였다. 토마토 접수로는 ‘슈퍼선로드’와 ‘슈퍼도태랑’ 품종을 각각 162구 플러그 트레이에 파종하였고, 대목으로 ‘비블로킹’ 품종을 50구 플러그 트레이에 파종하였다. 수박은 ‘단근 편엽 합접’, 토마토는 ‘합접’의 방법으로 접목 하였고, 접목활착실에서 두 작물 모두 4일 동안 활착 후 경상대학교 원예학과 소속의 벤로형 유리온실에서 순화시켰다. 토마토 접목묘는 활착과 순화과정 중 2일에 한 번씩 무작위로 시료를 채취하여 초장, 근장, 경경, 엽록소 값, 당도, 경도, 생체중, ROS 생성, 항산화효소 활성, 수분 흡수량을 측정하고, 각 처리별 접수의 단백질 분석을 하였다. 수분흡수량은 접목묘의 뿌리부분을 제거 한 후 잉크에 담가서 30분 동안 $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF의 광을 조사한 후 식물체의 무게를 측정하였다. 경도는 접목묘의 접수와 대목이 붙은 부분에 집계를 제거 후 경도계를 이용하여 연결부위가 끊어질 때까지의 압력을 측정하였다. 단백질 분석은 접목 후 3일째 되는 날 액체질소를 이용하여 시료를 동결시킨 후 100mg의 시료를 채취하여 분쇄한 다음 단백질 추출버퍼를 이용하여 시료내부의 단백질을 추출하였다. 추출한 단백질은 등전위 초점법을 하기 위하여 Multiphor™ IIsystem (GE Healthcare)과 IPG strip (pH 4-7, nonlinear, 7cm, GE Healthcare)을 이용하여 변형시켰다. 변형시킨 단백질은 SDS젤을 이용하여 크기별로 분류 후 육안으로 식별 할 수 있도록 은을 이용하여 염색을 하였다. 염색된 젤을 PD-Quest 프로그램을 이용하여 각 처리별 점의 개수와 위치, 크기 등을 분석 후 분해하여 다시 단백질을 용액상태로 만들었다. 용액상태가 된 단백질을 MALDI-TOF MS와 MALDI-TOF/TOF MS를 이용하여 포함된 단백질의 종류를 밝힌 후 Protein Pilot V.3.0 database 프로그램을 이용하여 각 단백질을 기능에 따라 나누었다.

수박 접목묘는 활착과 순화과정 중 2일에 한 번씩 무작위로 시료를 채취하여 초장, 근장, 엽록소 값, 당도, 경도, 생체중, 수분 흡수량을 측정하였다. 수분흡수량은 접목묘의 뿌리부분을 제거 한 후 잉크에 담가서 30분 동안 $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF의 광을 조사한 후 식물체의 무게를 측정하였다. 경도는 접목묘의 접수와 대목이 붙은 부분에 집계를 제거 후 경도계를 이용하여 연결부위가

끊어질 때까지의 압력을 측정하였다.

다. 결과 및 고찰

토마토 접목묘의 생육을 조사한 결과 각 처리별 큰 차이는 없었다. 초장, 근장, 접수의 생체중, 엽록소 값 등의 결과를 보면 시간의 흐름에 따라 각각의 처리가 모두 비슷한 경향이였다. 접목 후 4일째가 되는 날부터 식물생장챔버에서 유리온실로 이동하여 순화 하는데, 순화 후 4일째가 되는 날부터 초장, 생체중 등 전체적인 생육의 속도가 빨라졌다(그림 2-146). 접수와 대목 사이의 접목 부위 경도는 시간이 지남에 따라 증가하였으나, 처리간 유의적인 차이는 없었다(그림 2-147). 접수의 물질 이동은 30/15°C 처리에서 가장 변화가 적었고, 23/23°C 처리와 25/18°C 처리에서는 비슷한 결과가 나왔다(그림 2-148). ROS 생성과 항산화물질의 활성을 측정한 결과 30/15°C 처리에서 가장 많은 스트레스를 받는 것을 확인하였다(그림 2-149, 2-150, 2-151). 이는 지나치게 큰 주/야간 온도차이가 접목묘에게 스트레스로 작용한 것으로 판단된다. 접목묘의 단백질을 분석한 결과 방어기작에 관련된 단백질, 광합성관련 단백질, 그리고 철 결합 단백질 등이 가장 큰 변화를 보였으며, 이러한 결과는 접목이라는 과정이 식물체를 상처낸 후 회복시키는 단계를 거치기 때문에 식물체 자체의 면역작용이 크게 관여하는 것으로 판단된다(그림 2-152, 2-153, 2-154, 2-155).

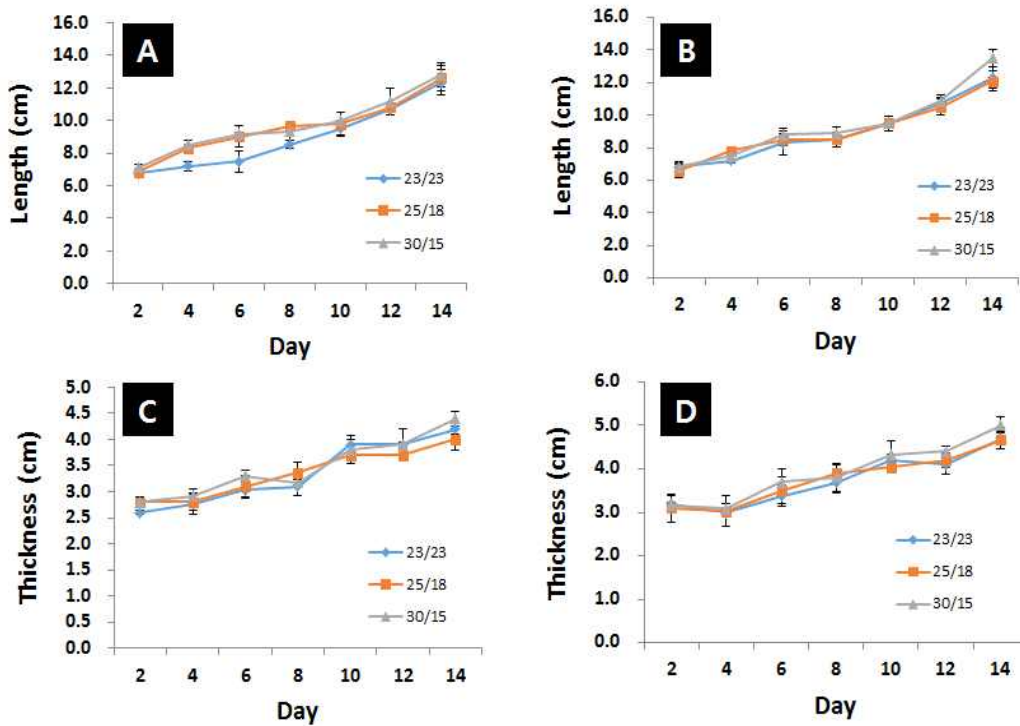


그림 2-146. 토마토 접목묘의 초장과 경경. A, ‘슈퍼선로드’ 품종의 초장 변화; B, ‘슈퍼도테랑’ 품종의 초장 변화; C, ‘슈퍼선로드’ 품종의 경경 변화; D, ‘슈퍼도테랑’ 품종의 경경 변화.

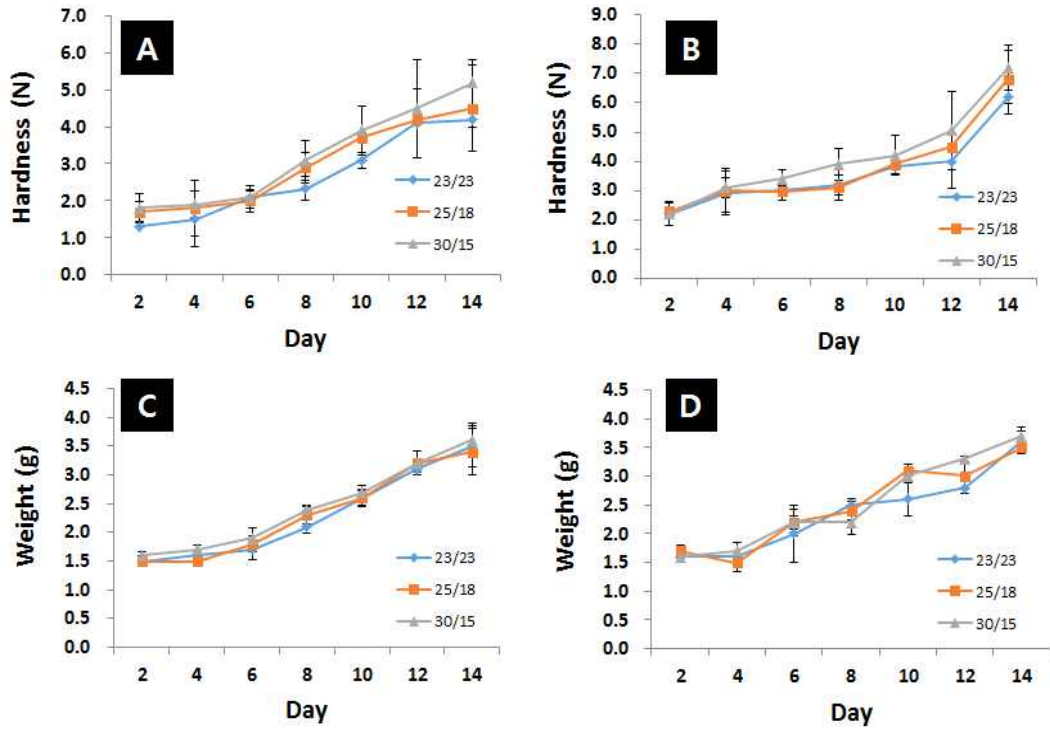


그림 2-147. 토마토 접목묘의 경도와 접수 생체중. A, '슈퍼선로드' 품종의 경도 변화; B, '슈퍼도테랑' 품종의 경도 변화; C, '슈퍼선로드' 품종의 접수 생체중 변화; D, '슈퍼도테랑' 품종의 접수 생체중 변화.



그림 2-148. 온도 처리별 토마토 접목묘의 물질 이동.

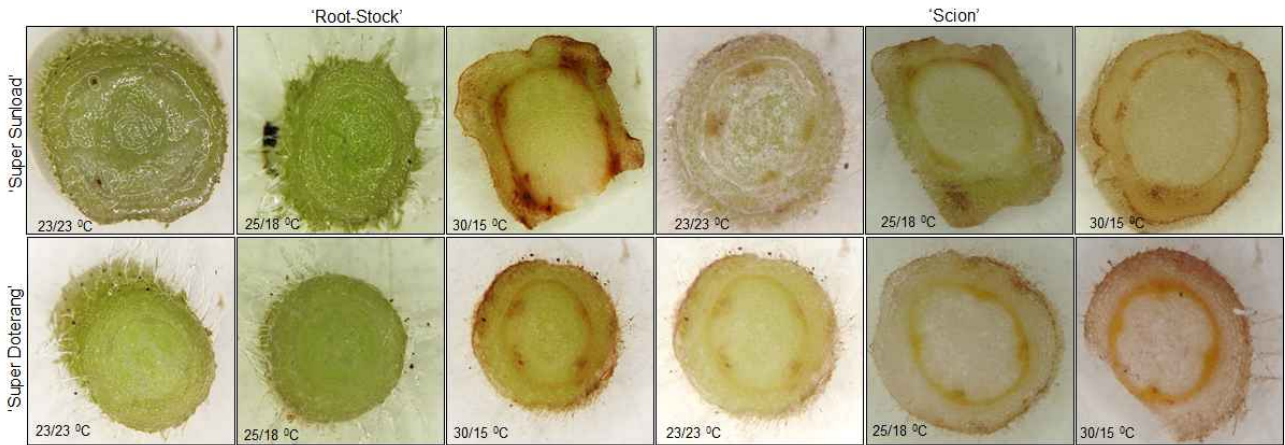


그림 2-149. 온도 처리별 토마토 접목묘의 H₂O₂ 생성.

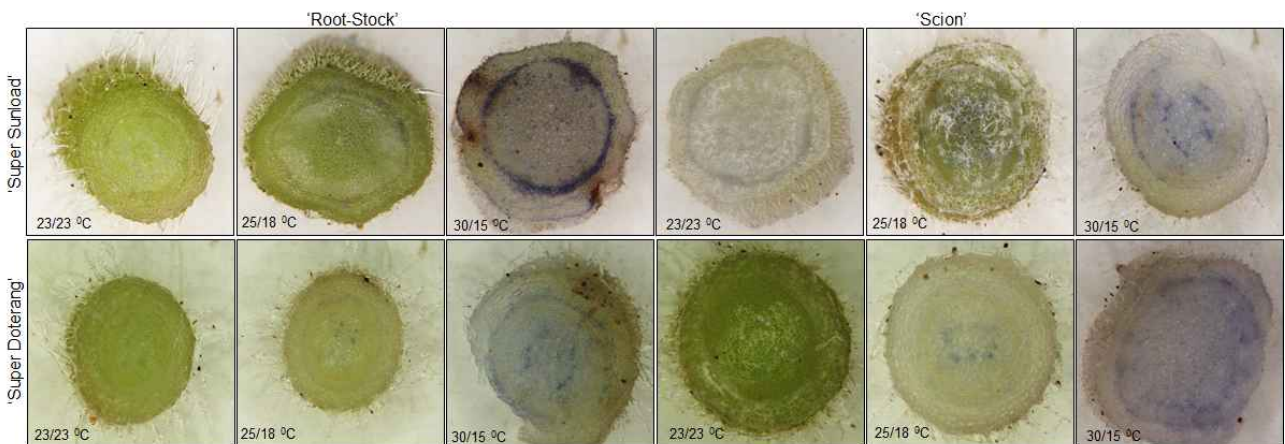


그림 2-150. 온도 처리별 토마토 접목묘의 O₂⁻¹ 생성.

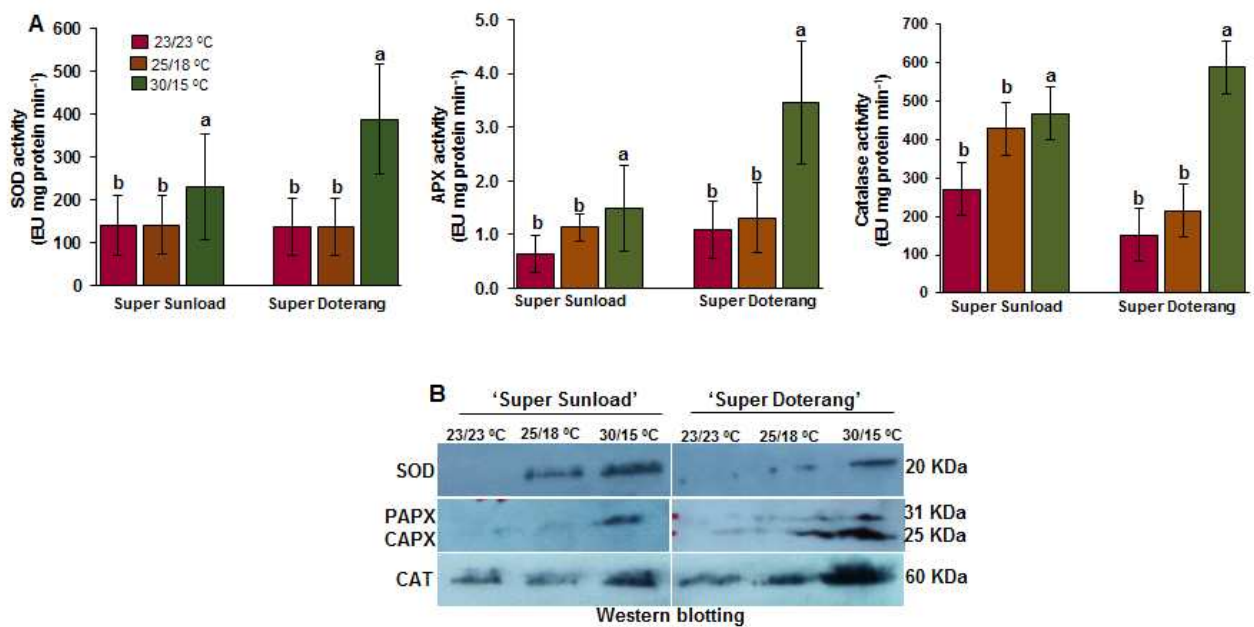


그림 2-151. 온도 처리별 토마토 접목묘의 항산화효소 활성(A) 및 생성(B).

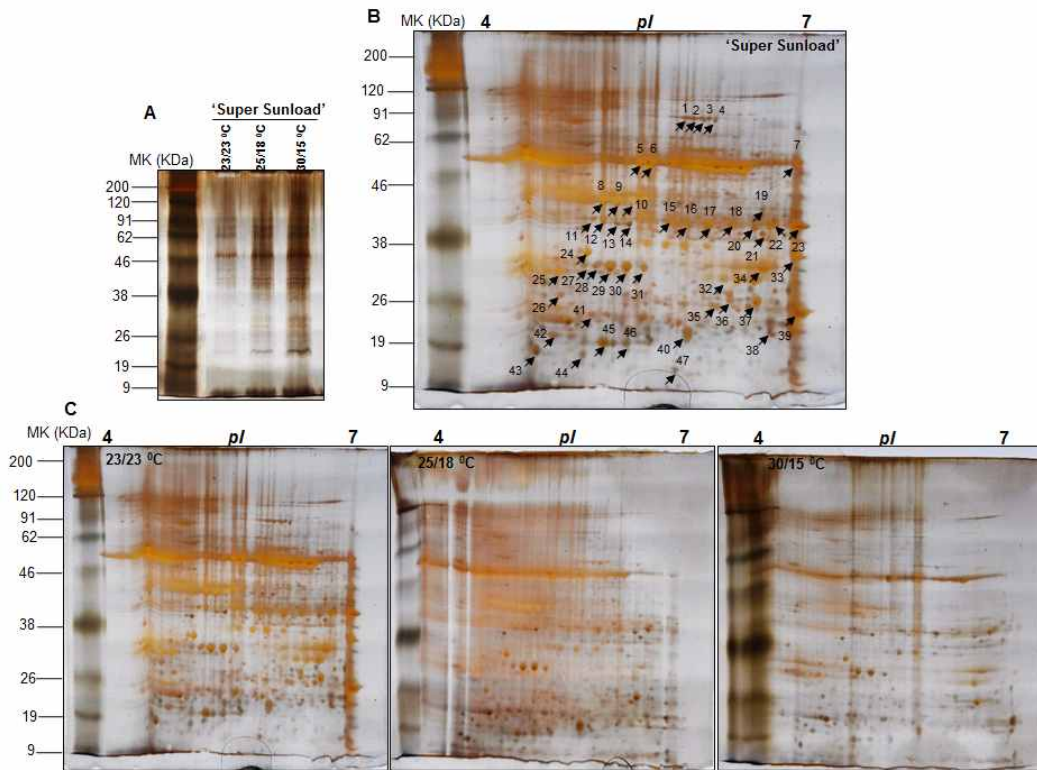


그림 2-152. 온도 처리별 토마토 접목묘 ‘슈퍼선로드’의 단백질 분석. A, 각 처리별 전체 단백질 발현 분석; B, 온도에 따라 변화되는 단백질 분석; C, 각 처리별 단백질 발현 차이 분석.

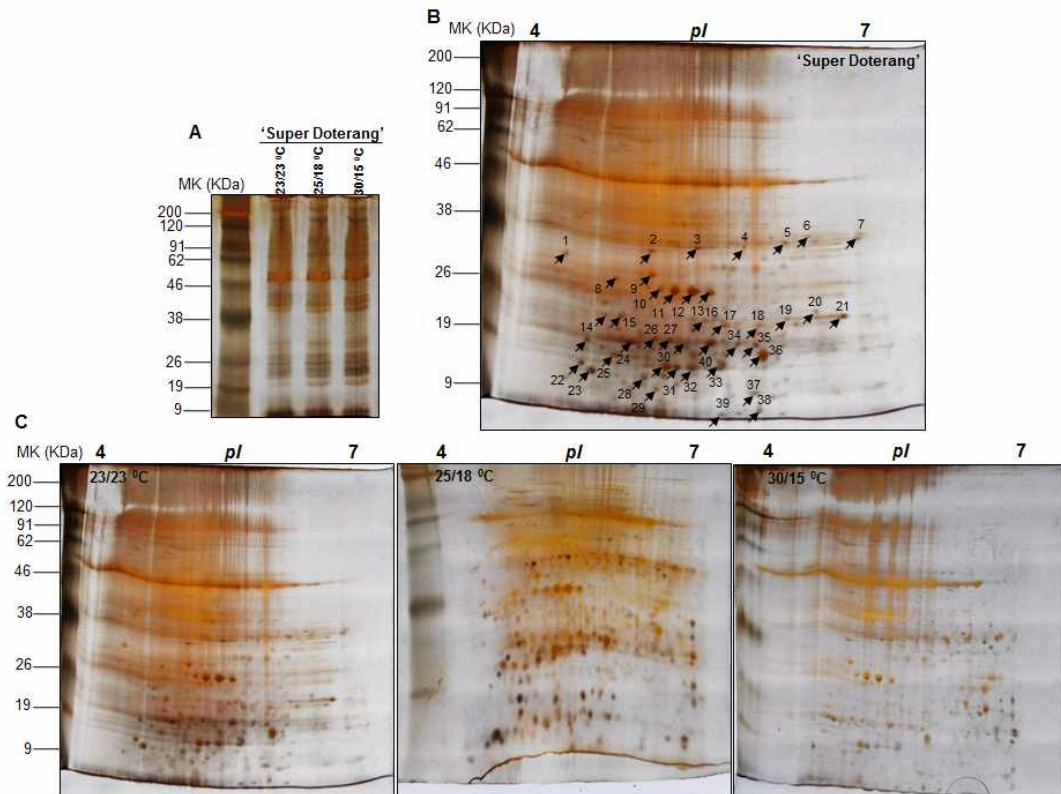


그림 2-153. 온도 처리별 토마토 접목묘 ‘슈퍼 도테랑’의 단백질 분석. A, 각 처리별 전체 단백질 발현 분석; B, 온도에 따라 변화되는 단백질 분석; C, 각 처리별 단백질 발현 차이 분석.

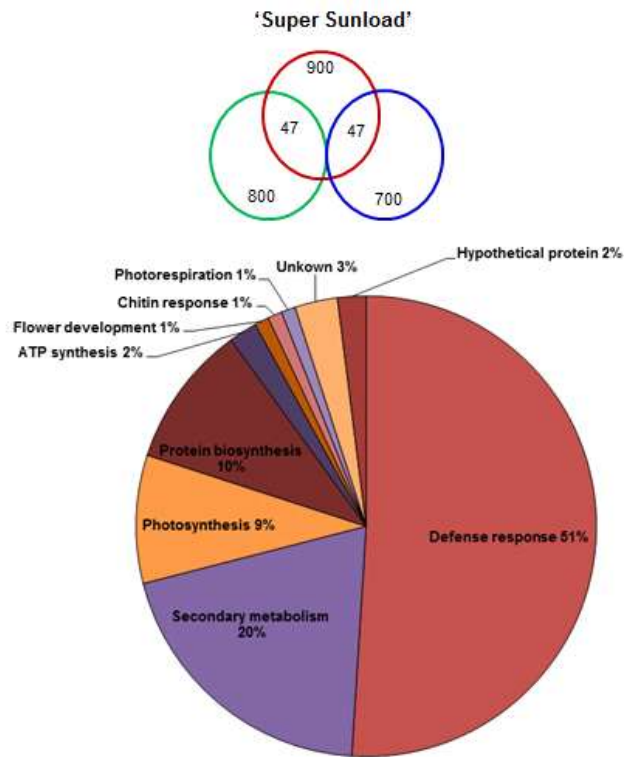


그림 2-154. 온도 처리별 토마토 접목묘 '슈퍼선로드'의 단백질 분석 후 단백질의 특성별 분류.

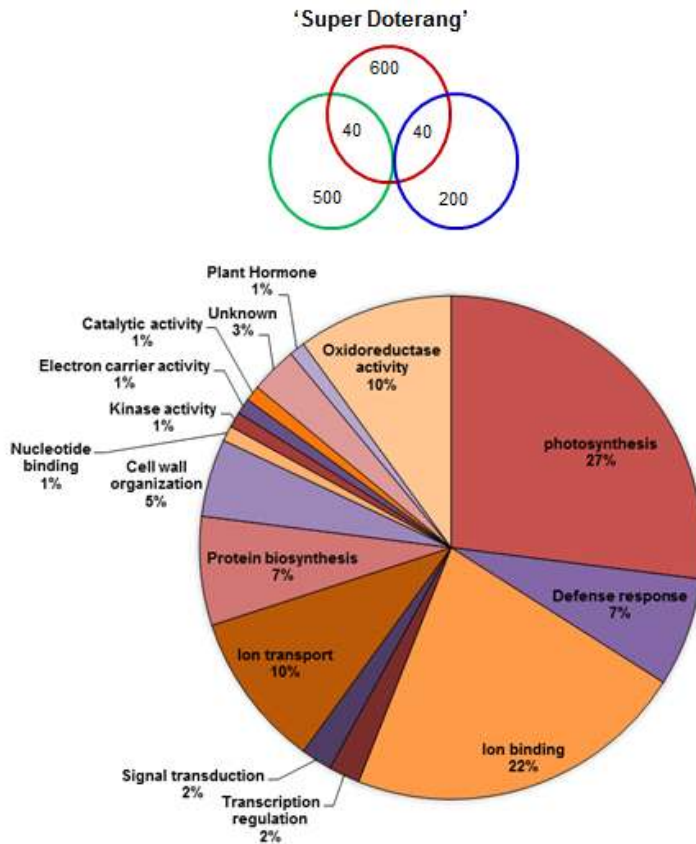


그림 2-155. 온도 처리별 토마토 접목묘 '슈퍼 도테랑'의 단백질 분석 후 단백질의 특성별 분류.

수박 접목묘의 생육에 있어 처리별 통계적인 유의차는 없었다. 시간의 경과에 따라 초장과 접수의 생체중 등이 증가하였으나 처리별 차이는 인정되지 않았다(그림 2-156). 각 온도별 처리가 식물생장 챔버 내에서 접목묘가 활착하는 4일 동안만 적용되었기 때문에 생육의 차이가 없는 것으로 판단된다. 대목과 접수의 생체중을 측정한 결과 시간에 따라 대목의 생체중은 거의 변화가 없었으나 접수의 생체중은 크게 증가하였다(그림 2-157). 접목을 하면 대부분의 양분이 생장점이 남아있는 접수로 이동하여 사용되고, 대목은 뿌리의 성장과 양분의 이동통로 역할을 하는 것으로 판단된다.

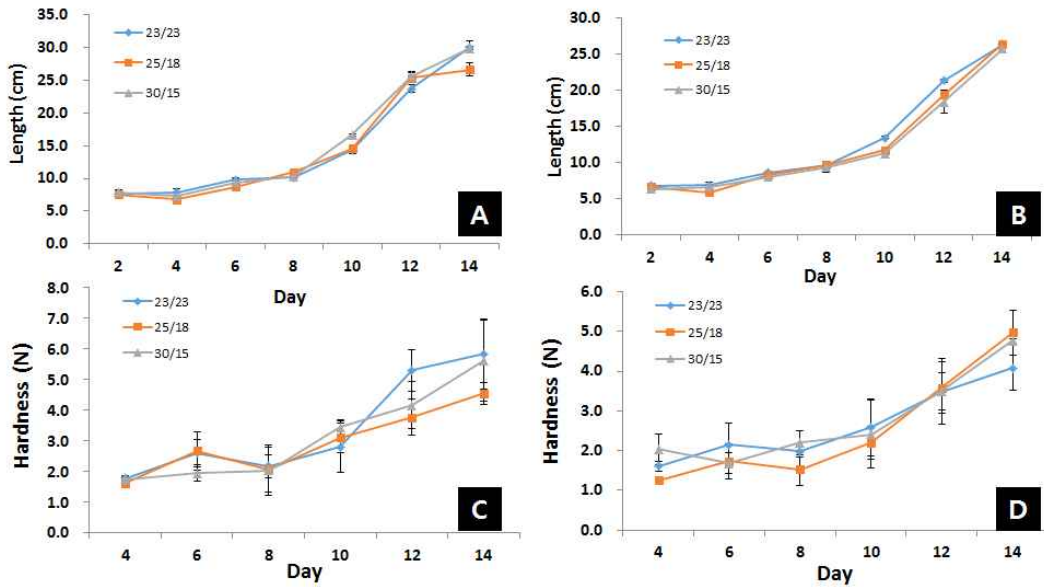


그림 2-156. 수박 접목묘의 초장과 경도. A, ‘삼복꿀’ 품종의 초장 변화; B, ‘스피드’ 품종의 초장 변화; C, ‘삼복꿀’ 품종의 경도 변화; D, ‘스피드’ 품종의 경도 변화.

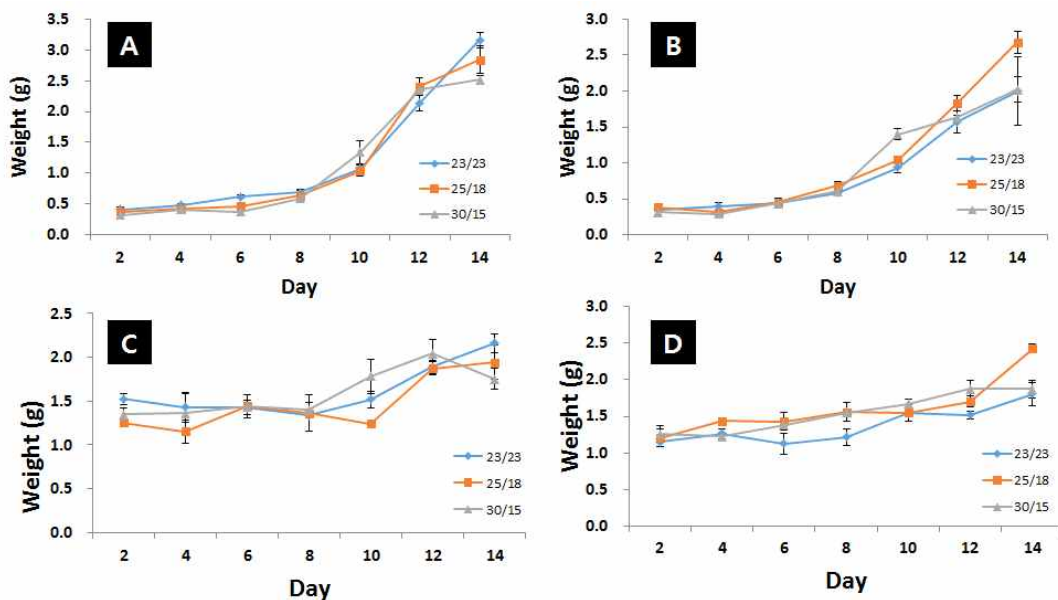


그림 2-157. 수박 접목묘의 접수와 대목의 생체중. A, ‘삼복꿀’ 품종의 접수 생체중 변화; B, ‘스피드’ 품종의 접수 생체중 변화; C, ‘삼복꿀’ 품종의 대목 생체중 변화; D, ‘스피드’ 품종의 대목 생체중 변화.

라. 요약

접목묘의 활착시 온도를 주/야간 각각 30/15℃, 23/23℃, 그리고 25/18℃로 나누어 각 온도별 접목묘의 활착과 생육을 조사하였다. 토마토와 수박의 모든 품종에서 생육에는 유의적인 차이가 없었다. 그 이유는 주/야간 온도 차이의 변화를 주는 처리가 식물성장챔버에서 활착시키는 4일 동안만 적용이 되었기 때문으로 판단된다. 다만 온도차이가 가장 큰 30/15℃처리에서는 다른 처리와 비교하여 대목과 접수간의 물질이동이 늦게 이루어졌다. 이러한 결과는 주/야간 온도차이가 너무 큰 경우 접목묘에 스트레스로 작용하여 접수와 대목의 활착에 부정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

18. 접목묘의 활착을 촉진하는 CO₂의 효과 구명

가. 서언

원예작물의 재배가 고도화, 과학화 되고 있는 실정에 따라 여러 농가에서 균일하고 양질의 묘를 요구하고 있다. 하지만 기후 변화와 이상 기상 등에 따른 환경관리와 고품질 접목묘의 생산에 어려움이 있다. 이러한 이유로 접목활착실이 도입되어 양질의 균일한 묘를 생산하기 위한 노력이 계속되고 있다. 접목활착실은 온도, 습도, 광도, 그리고 광주기 등을 조절하여 접목묘의 활착을 신속하고 견고하게 이뤄지도록 하는 역할을 한다. 하지만 아직 접목활착실의 적절한 환경이 구명되지 않아 육묘장마다 서로 다른 환경으로 균일하지 않은 접목묘를 생산하고 있다. 이에 따른 혼란을 방지하고, 농가 소득의 안정성을 높이기 위하여 접목활착실의 CO₂ 농도를 달리하여 접목묘의 활착에 대한 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

경상대학교 원예학과 화훼원예학 실험실의 벤로형 유리온실내부에 접목활착실을 설치하여 수행하였다. 접목활착실의 상대습도는 98±2%로 유지하였고, 온도는 최대 32℃, 최소 20℃를 기록하였다. CO₂는 CO₂ 패드를 이용하여 공급하였고, 각각 CO₂ 패드 0개, 1개, 2개로 나누어 공급하였다. CO₂의 농도처리에서 CO₂ 패드가 없는 처리는 380ppm, CO₂ 패드가 1개인 처리는 670ppm, 그리고 CO₂ 패드가 2개인 처리는 820ppm을 기록하였다. 접수용 수박 ‘삼복꿀’과 ‘스피드’ 품종의 종자를 162구 플러그 트레이에 파종하였고, 수박 대목은 ‘RS동장군’ 품종의 박을 40구 플러그 트레이에 파종하였다. 토마토 접수로는 ‘슈퍼선로드’와 ‘슈퍼도테랑’ 품종을 각각 162구 플러그 트레이에 파종하였고, 대목으로 ‘비블로킹’ 품종을 50구 플러그 트레이에 파종하였다. 수박은 ‘단근 편엽 합접’, 토마토는 ‘합접’ 방법으로 접목 하였고, 접목활착실에서 두 작물 모두 4일 동안 활착 후 경상대학교 원예학과 소속의 벤로형 유리온실에서 순화시켰다. 접목묘는 활착과 순화과정 중 2일에 한 번씩 무작위로 시료를 채취하여 초장, 근장, 엽록소 값, 당도, 경도, 생체중, 수분흡수량을 측정하였다. 수분흡수량은 접목묘의 뿌리부분을 제거 한 후 잉크에 담가서 30분 동안 200μmol·m⁻²·s⁻¹ PPF의 광을 조사한 후 식물체의 무게를 측정하였다. 경도는 접목묘의 접수와 대목이 붙은 부분에 집계를 제거 후 경도계를 이용하여 연결부위가 끊어질 때까지의 압력을 측정하였다.

다. 결과 및 고찰

토마토 접목묘의 생육을 조사한 결과 CO₂를 공급한 처리와 처리하지 않은 처리간의 생육에서 조금 차이가 있었다(그림 2-158). CO₂를 공급한 처리에서 공급하지 않은 처리보다 초장과 접수 생체중이 높았다. 근장, 엽록소 값, 대목 생체중 등은 처리간 큰 차이가 없었다. 접수와 대목간의 경도와 수분흡수량 역시 시간에 따른 증가는 있었으나 처리간 유의적인 차이는 없었다(그림 2-159). 접수와 대목간의 물질 이동의 경우 ‘슈퍼선로드’ 품종에서 ‘슈퍼도테랑’ 품종보다 더 활발하게 물질이 이동하였으나, 처리간의 차이는 없었다(그림 2-160). CO₂의 공급으로 인하여 초기의 생육에 차이가 생기고 이러한 생육의 차이가 시간이 흘러도 유지되는 경향을 보였다.

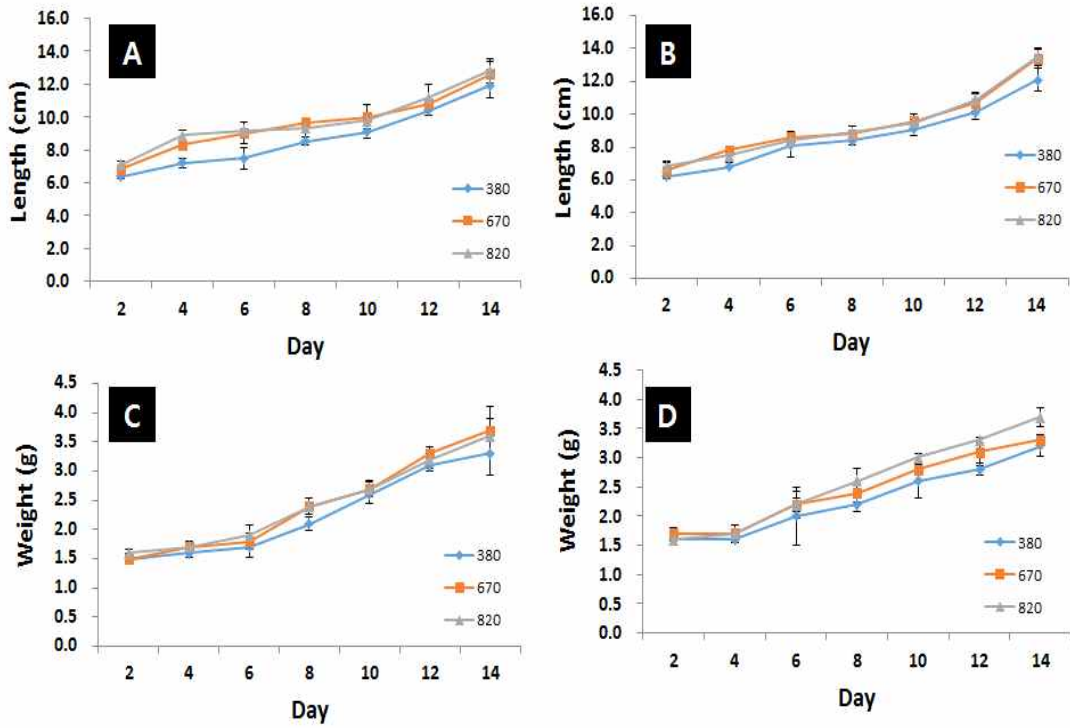


그림 2-158. 토마토 접목묘의 초장과 접수 생체중. A, '슈퍼선로드' 품종의 초장 변화; B, '슈퍼도테랑' 품종의 초장 변화; C, '슈퍼선로드' 품종의 접수 생체중 변화; D, '슈퍼도테랑' 품종의 접수 생체중 변화.

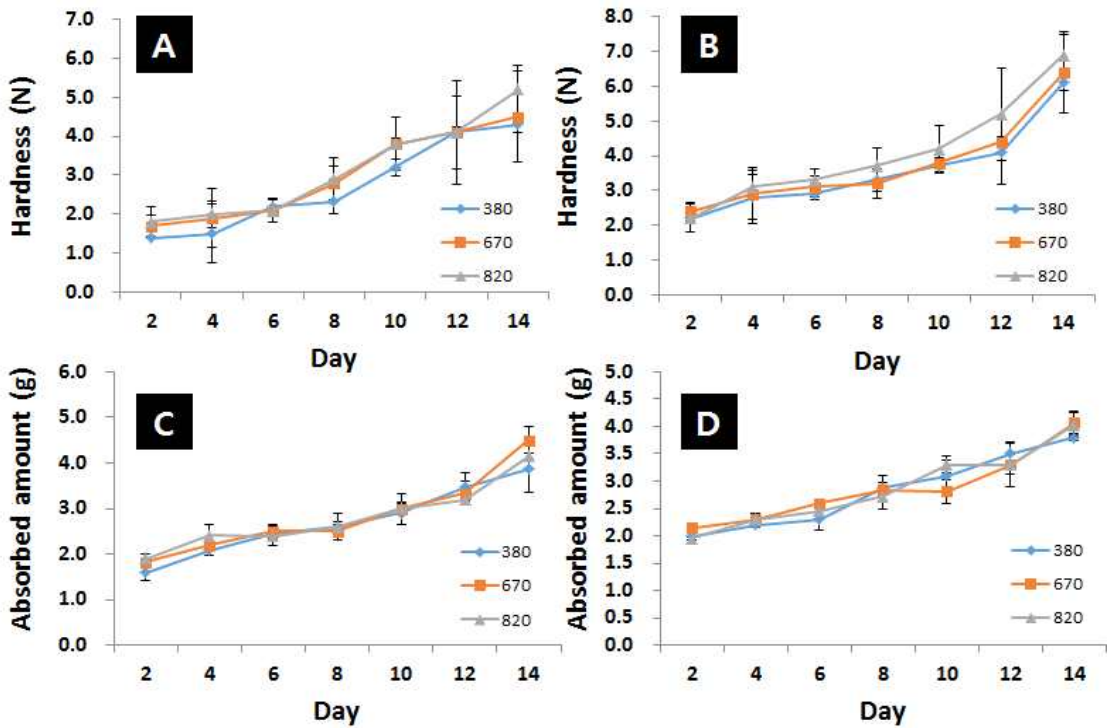


그림 2-159. 토마토 접목묘의 경도와 수분흡수량. A, '슈퍼선로드' 품종의 경도 변화; B, '슈퍼도테랑' 품종의 경도 변화; C, '슈퍼선로드' 품종의 수분흡수량 변화; D, '슈퍼도테랑' 품종의 수분흡수량 변화.

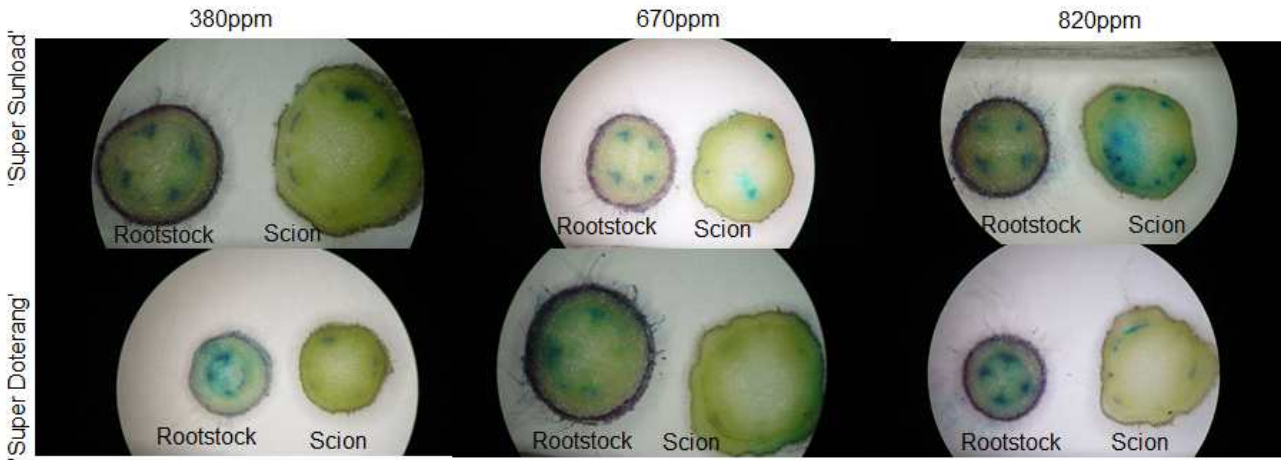


그림 2-160. CO₂ 처리별 토마토 접목묘의 물질이동.

수박 접목묘의 생육을 조사한 결과 토마토와 유사하게 CO₂를 공급한 처리에서 초기 생육이 빨랐다. 초장과 접수의 생체중이 CO₂를 공급하지 않은 처리보다 공급한 처리에서 높았다(그림 2-161). 토마토에서와 마찬가지로 초기의 생육이 차이가 나고 그 차이가 시간이 지나도 유지되는 경향을 보였다. 하지만 경도, 접수의 당도, 수분 흡수량, 그리고 엽록소 값 등은 처리별 차이가 없었다(그림 2-162, 2-163).

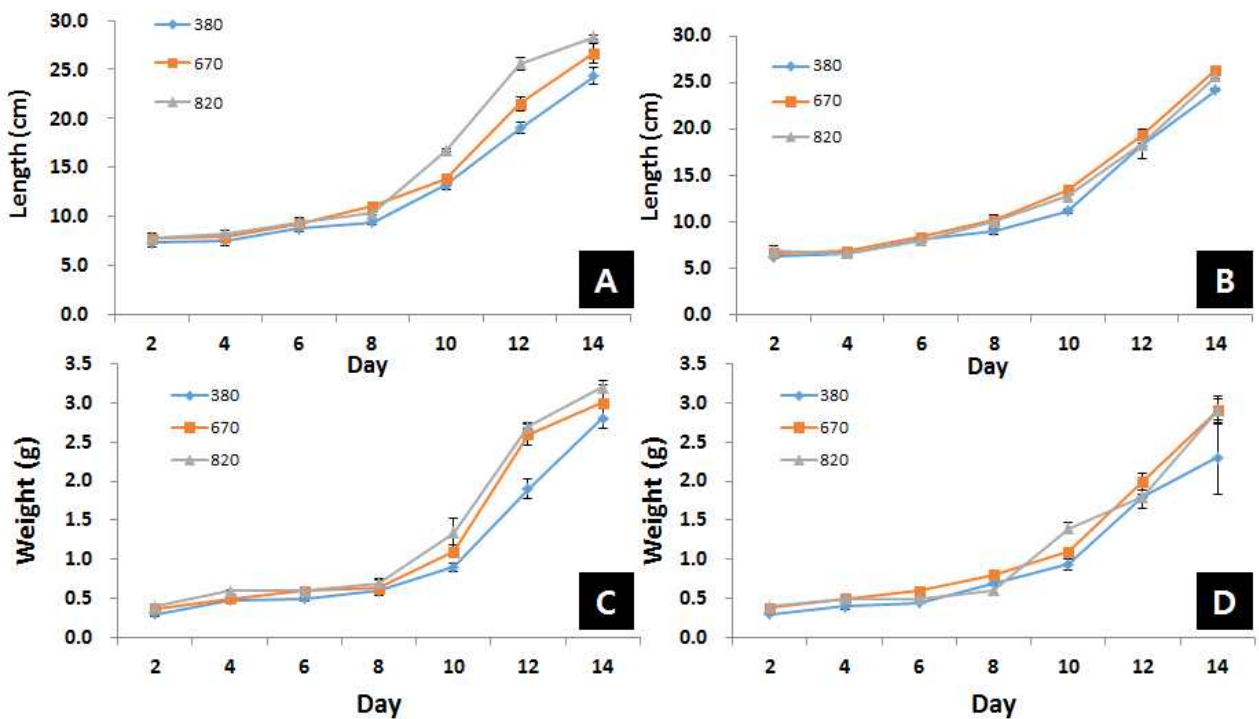


그림 2-161. 수박 접목묘의 초장과 접수 생체중. A, '삼복꽃' 품종의 초장 변화; B, '스피드' 품종의 초장 변화; C, '삼복꽃' 품종의 접수 생체중 변화; D, '스피드' 품종의 접수 생체중 변화.

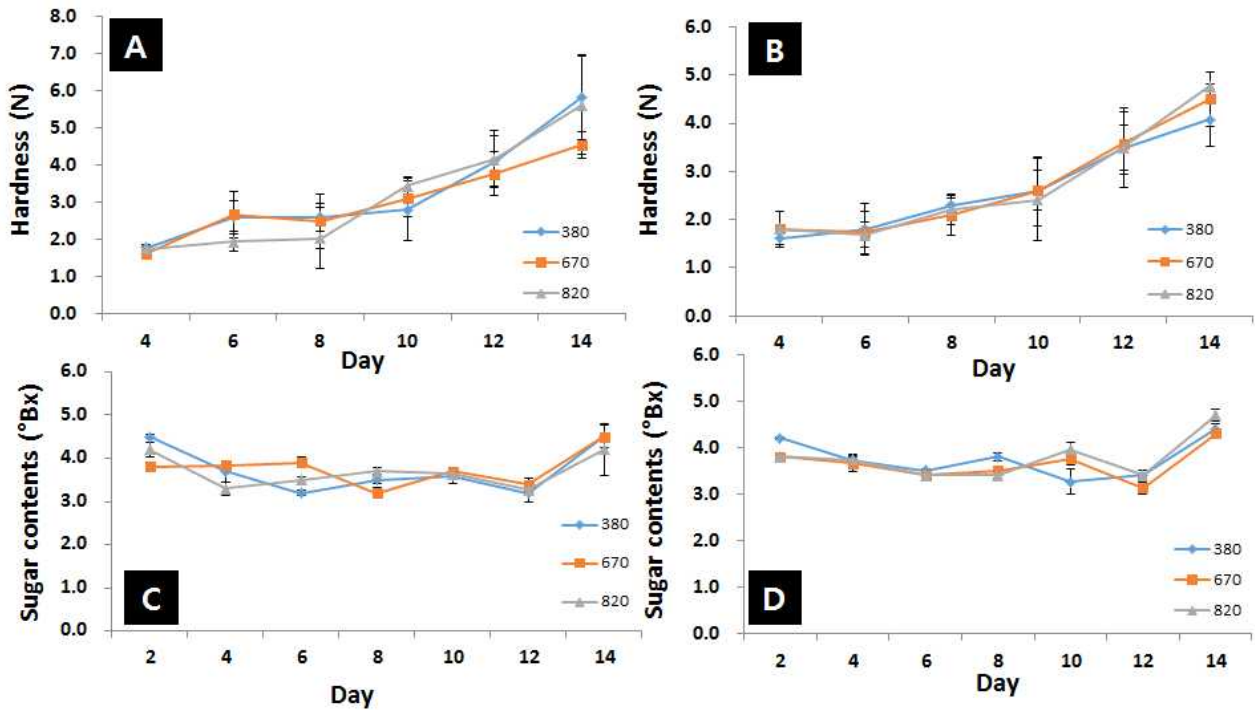


그림 2-162. 수박 접목묘의 경도와 접수의 당도. A, '삼복꿀' 품종의 경도 변화; B, '스피드' 품종의 경도 변화; C, '삼복꿀' 품종의 접수의 당도 변화; D, '스피드' 품종의 접수의 당도 변화.

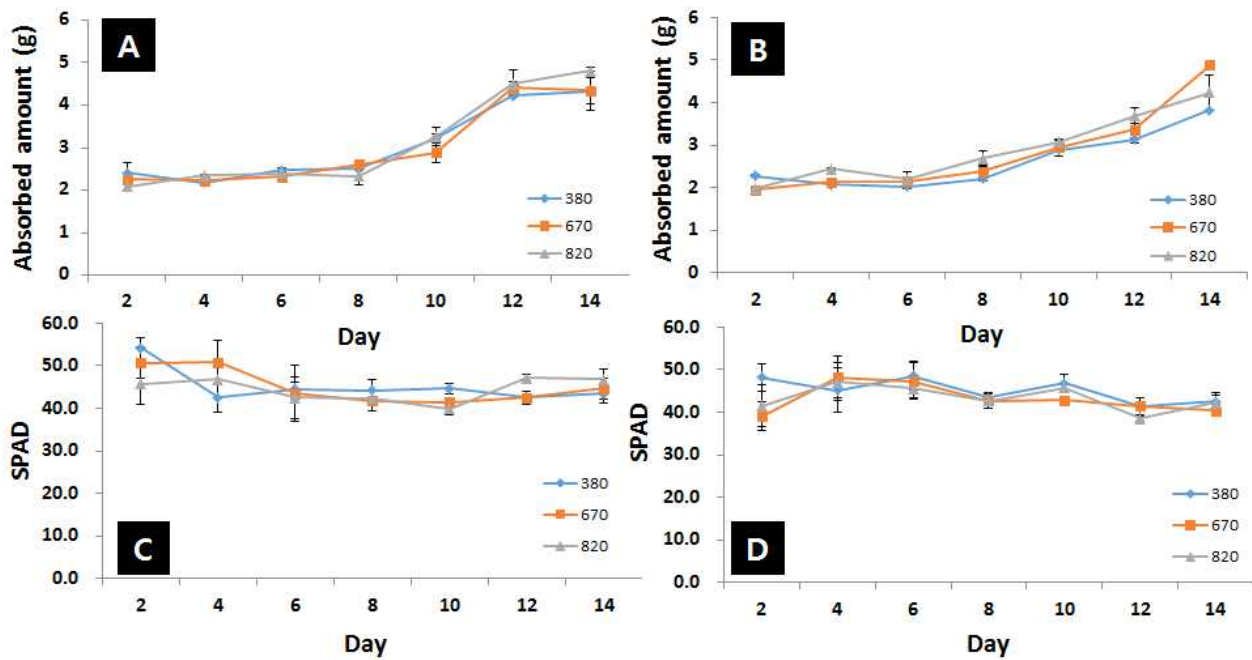


그림 2-163. 수박 접목묘의 수분 흡수량과 엽록소 값. A, '삼복꿀' 품종의 수분 흡수량 변화; B, '스피드' 품종의 수분 흡수량 변화; C, '삼복꿀' 품종의 접수의 엽록소 값 변화; D, '스피드' 품종의 접수의 엽록소 값 변화.

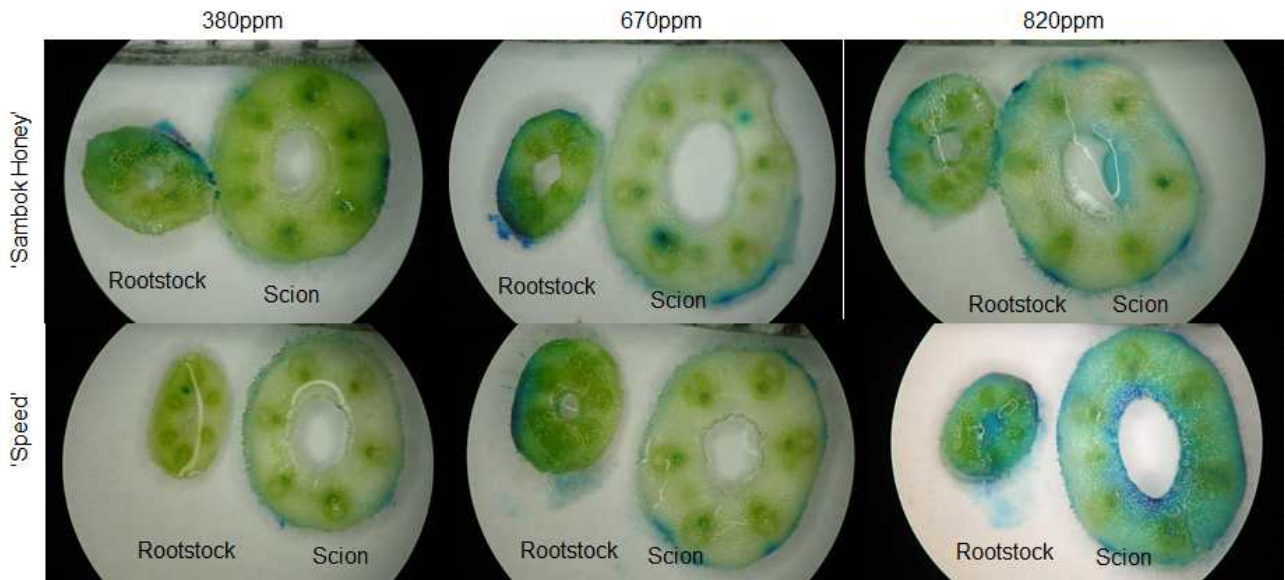


그림 2-164. CO₂ 처리별 수박 접목묘의 물질 이동.

라. 요약

접목묘의 활착시 CO₂를 380, 670, 그리고 820ppm의 농도를 공급하여 접목묘의 활착과 생육을 조사하였다. 토마토와 수박의 모든 품종에서 CO₂를 공급한 처리에서 초장과 접수의 생체중이 유의적으로 증가하였다. 또한 초기의 생육차이가 시간이 흘러도 유지되는 경향을 보였다. 하지만 CO₂가 추가로 공급될 경우 670과 820ppm간의 생육차이는 없었다.

19. 접목묘의 활착을 촉진하는 최적습도(수분부족분)의 구명

가. 서언

기후 변화와 이상 기상 등에 따른 환경관리와 고품질 접목묘의 생산에 어려움이 있다. 그래서 외부 기상환경의 영향을 상대적으로 적게 받는 접목활착실이 국내의 공정육묘장에도 도입되고 있다. 접목활착실은 온도, 습도, 광도, 그리고 광주기 등을 조절하여 접목묘의 활착을 신속하고 견고하게 이뤄지도록 하는 역할을 한다. 하지만 아직 접목활착실의 최적 환경이 구명되지 않아 작물과 품종별로 표준화된 환경조건이 제시되지 못하여 육묘장마다 각각 다른 환경을 적용하므로서 균일하지 않은 접목묘를 생산하고 있다. 이에 따른 혼란을 줄이고, 농가 소득의 안정성을 높이기 위하여 접목활착실의 환경 중 상대습도 차이에 따른 수박과 토마토 접목묘의 활착에 대한 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

경상대학교 원예학과 원예생산공학실험실의 식물성장챔버(KGC-175V -Koencon Co.Ltd, Hanam Korea)에서 이 연구를 수행하였다. 실험 작물로 토마토는 ‘슈퍼선로드’와 ‘슈퍼도태랑’을 접수로 하고 ‘비블로킹’을 대목으로 사용하였고, 수박은 ‘삼복꿀’과 ‘스피드’를 접수로 하고 ‘RS-동장군’을 대목으로 사용하였다. 접목묘는 경남 함안의 그린육묘장에서 구입하였으며 40구 육묘트레이의 상업적 육묘용 배지(Super Mix, Nong Kyung Co. Ltd., Jincheon, Korea)에서 재배하였다. 성장챔버의 온도는 주/야간 25/18℃로 유지하였다. 1차 실험에서는 상대습도를 70-80, 80-90, 그리고 90-100%의 3수준으로 처리하여 각 습도별 접목묘의 활착과 생육을 조사하였다. 그리고 2차 실험에서는 1차 실험에서 접목활착률과 생육상태가 가장 우수하였던 상대습도 90-100%처리를 95-96, 97-98, 그리고 99-100%로 세분하여 각 상대습도별 접목묘의 활착과 생육을 조사하였다. 성장챔버에서 6일간 처리한 후, 경상대학교 원예학과와 벤로형 유리온실에서 6일간 순화시켰다. 활착과 순화과정 중 하루에 한 번씩 무작위로 시료를 채취하였으며 접목묘에 염료(0.1% absorbable flower dye red, Absorbable Flower Dye Purper, Centimo Co., RP De Kwakel, Netherland)를 처리하여 물질의 체내 수송과 이동을 조사하였다. 또한 초장, 접수와 대목의 생체중, 경경, 접목 부위의 경도를 측정하였다. 접합부의 연결 상태 확인을 위한 접목묘 뿌리 부분의 배지를 제거한 후 잉크에 담가서 10분 동안 400W의 메탈할라이드 램프로 조사한 후 염색된 대목과 접수 시료를 각각 횡단면과 종단면으로 절단하고 광학현미경(Eclipse Ci-S/Ci-L, Nikon, Tokyo, Japan)으로 관찰하였다. 경도는 접목묘의 접수와 대목이 붙은 부분에 집계를 제거 후 경도계(IT/DFT-01, Proem Co., Forlì, Italy)를 이용하여 연결부위가 끊어질 때까지 가해진 압력을 측정하여 표기하였다. 경도를 측정한 뒤, 분리된 접수 및 대목의 생체중을 측정하였다. 그리고 접수와 대목의 연결부위의 활성 산소 함량과 항산화효소 활성을 측정하였다.

다. 결과 및 고찰

1차 실험에서 상대습도 70-80, 80-90, 그리고 90-100%처리 중 90-100%처리에서 모든 접목묘(100%)가 활착하였다. 하지만 상대습도가 낮을수록 활착률이 떨어져 접목묘의 접수가 시들고 마르는 현상이 발생하였다. 특히 상대습도 70-80%처리의 수박접목묘가 고사하는 경향이 있었다. 결과적으로 수박과 토마토 접목 시 활착을 위해서 상대습도를 90% 이상으로 유지해야 하는 것

으로 판단하였다.

2차 실험은 상대습도를 세부적으로 95-96, 97-98, 그리고 99-100%로 나누어 각 습도별 접목묘의 활착과 생육 및 수분 스트레스를 조사하였다. ‘스피드’ 수박을 접수로 사용한 접목묘는 상대습도 처리 8일 후에 초장이 유의하게 증가하였지만 상대습도 97-98%처리에서 초장이 유의한 수준으로 증가하였다. 그리고 다른 처리와 비교해 보았을 때 97-98%처리에서 9일 후에 접수와 대목의 생체중이 증가하였다. 마찬가지로 97-98%와 99-100%처리에서 9일 후에 접목부위의 경도가 향상된 반면에 95-96%처리의 접목부위의 경도는 덜 향상되었다. 그리고 접수와 대목의 경경은 습도처리에 의해 유의한 영향을 받지 않았다. ‘삼복꿀’ 수박은 9일 후 97-98% 처리에서 초장이 감소하였다. 또한 접수의 생체중은 7일 후 모든 처리에서 유의하게 증가하였다. 하지만 대목의 생체중에는 유의한 영향을 미치지 않았다. 상대습도 처리 중 95-96%와 97-98%에서 접목부위의 경도가 향상되었으며 접수와 대목의 경경은 ‘스피드’수박과 마찬가지로 상대습도처리에 의해 유의한 영향을 받지 않았다. 접목 초기 단계의 높은 상대습도는 접목묘의 생존율을 향상시키며 접목묘의 성장과 발달에 있어 매우 중요하지만 상대습도가 너무 높으면 수분부족분이 없어 증산이 어려우므로 상대습도 97-98%처리가 접목묘의 성장과 발육에 가장 효율적이라고 판단된다. 토마토 ‘슈퍼선로드’를 접수로 사용한 접목묘는 상대습도 처리 6일 후에 초장이 유의하게 증가하였지만 상대습도 97-98%와 99-100%처리에서 초장이 95-96%처리보다 큰 것을 확인하였다. 그리고 상대습도 97-98%와 99-100%처리에서 접목묘의 접수와 대목의 생체중이 95-96%처리보다 높은 것을 확인하였다. ‘슈퍼도태랑’ 토마토는 상대습도 처리 6일 후에 초장, 접수, 대목의 생체중 및 경경이 모두 유의하게 증가하였다. 또한 상대습도 97-98%처리의 접목묘의 접목부위 경도가 가장 높은 것을 확인하였다. 접수와 대목간 물질의 체내 수송과 이동을 조사하기 위해 염료를 처리한 후 접수와 대목을 횡단면으로 절단하여 관찰하였다. 모든 대목의 줄기 단면에서 붉은 염료를 확인 할 수 있었다. 그리고 접목 2일 후 상대습도 97-98%처리의 접수에서 염료의 흡수율이 높은 것이 관찰되었다. 이는 상대습도 97-98%처리가 접수와 대목간의 도관 연결에 가장 큰 긍정적인 영향을 미쳤음을 나타낸다. Muneer et al.(2015)에 따르면, 유해한 활성 산소 종(ROS)의 생성은 접목묘의 생리학적 변화의 발생에 중요한 요소 중 하나로 작용한다. 그러므로 본 연구에서는 수박과 토마토 접목묘의 내생 과산화수소(H_2O_2)의 함량을 측정하였다. H_2O_2 는 산화 스트레스 조건 하에서 고도로 생성되는 주요 신호 분자로, 본 실험의 상대습도 처리 중 99-100%처리에서 모든 품종의 접목묘가 높은 함량의 H_2O_2 를 생성하며 산화적 스트레스를 유도한 것을 알 수 있다.

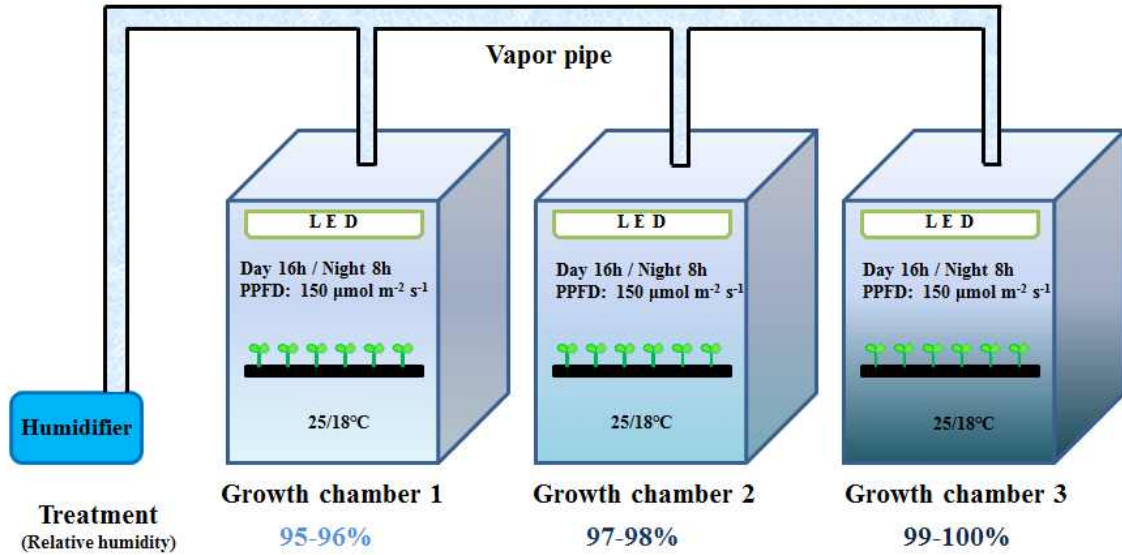


그림 2-165. 농업용 가습기를 이용한 성장챔버의 배치 상세도.

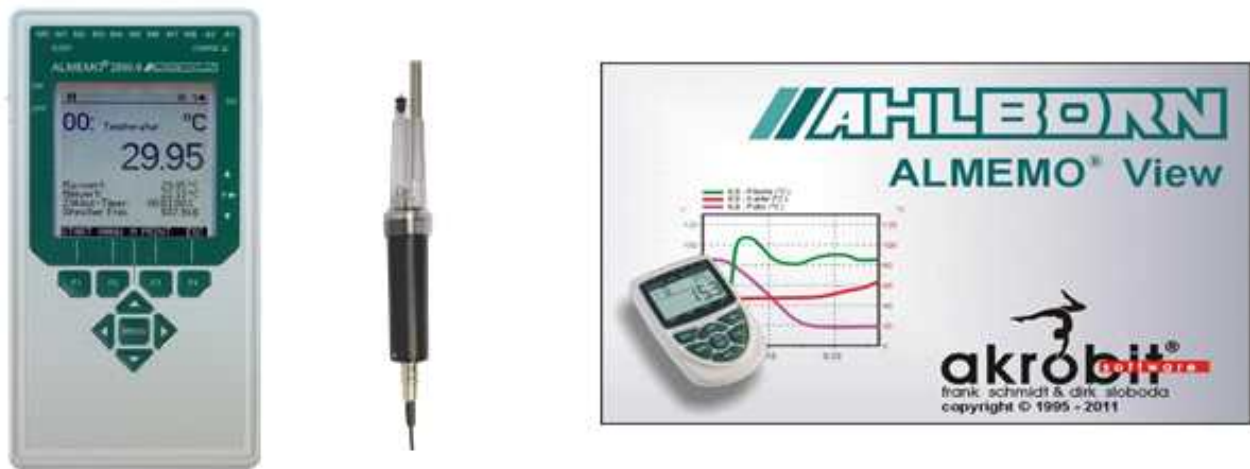
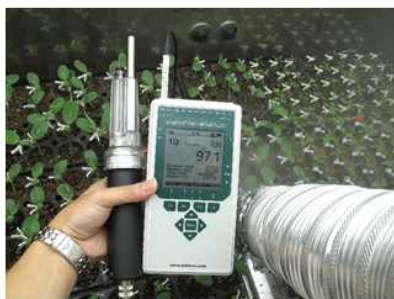


그림 2-166. 습도측정 센서(Almemo-2890-9, Ahlborn Mess-und Regelungstechnik GmbH, Holzkirchen, Germany).



RH: 95-96%



97-98%



99-100%

그림 2-167. 성장챔버에서 3수준의 상대습도 처리 모습.



그림 2-168. 경도계를 사용한 접합부의 경도 측정.

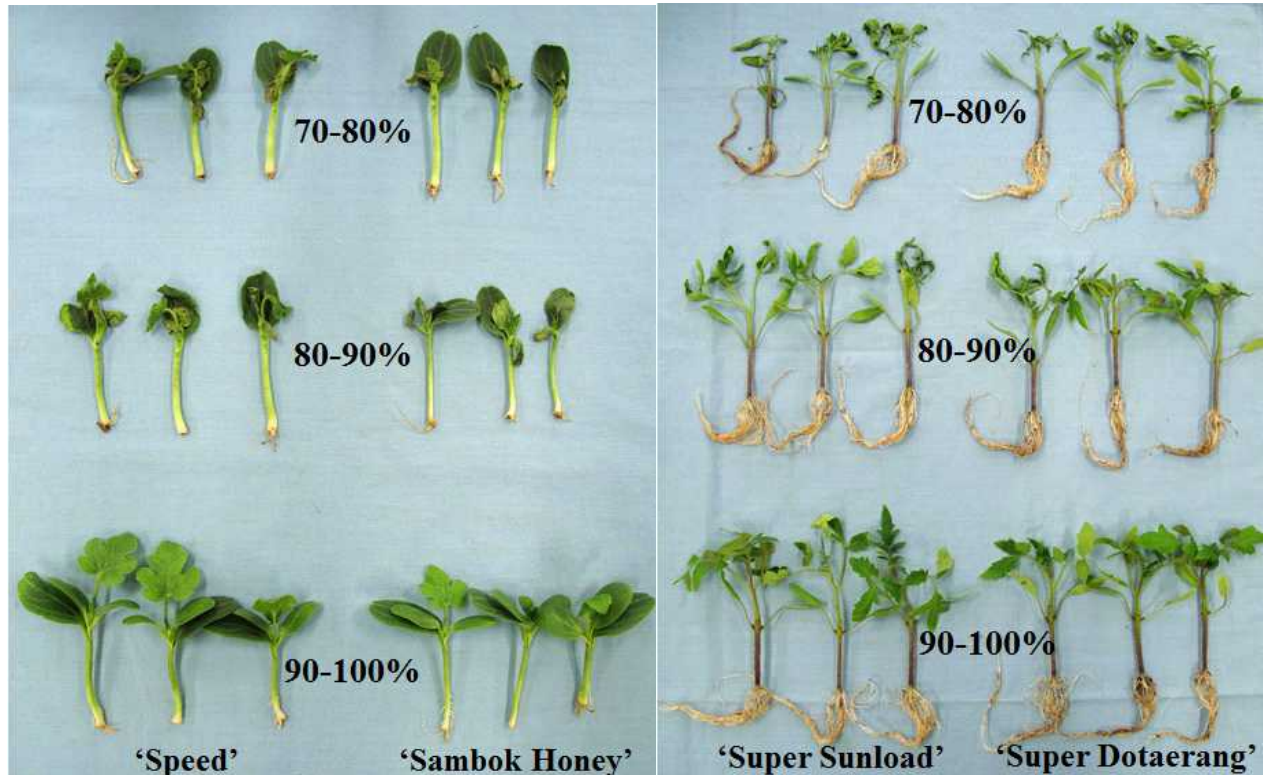


그림 2-169. 상대습도 70-80, 80-90 및 90-100%처리 3일후 수박 ‘삼복꿀’과 ‘스피드’, 그리고 토마토 ‘슈퍼선로드’와 ‘슈퍼도태랑’의 생육 상태.

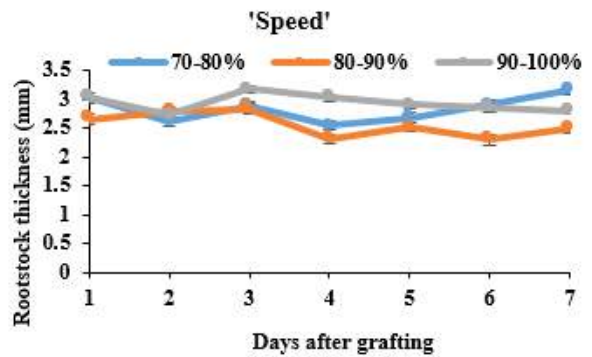
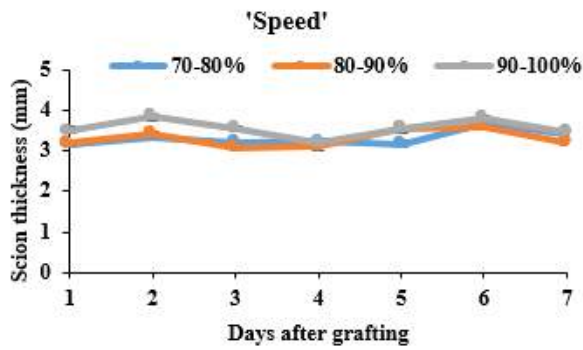
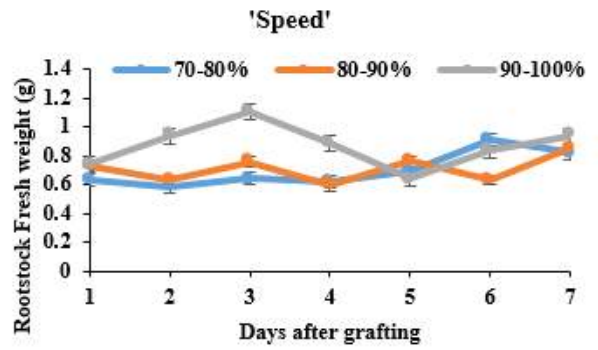
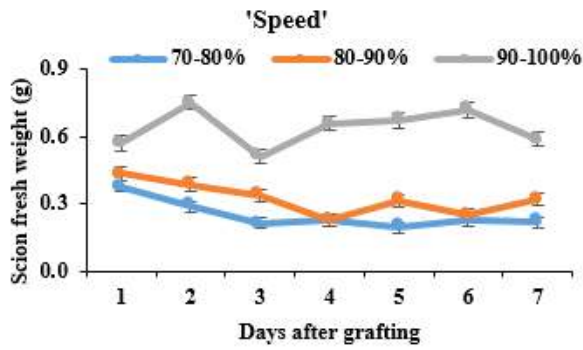
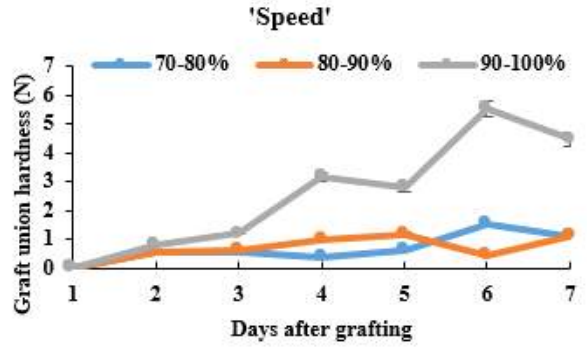
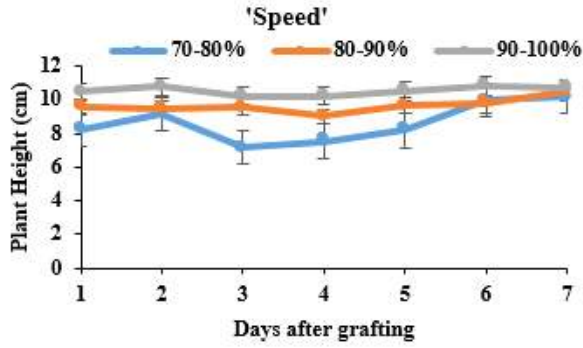


그림 2-170. 상대습도 70-80, 80-90 및 90-100%처리의 수박 '스피드'의 초장, 접수와 대목의 생체중과 경경, 그리고 접합부의 경도 조사 결과(1차 실험).

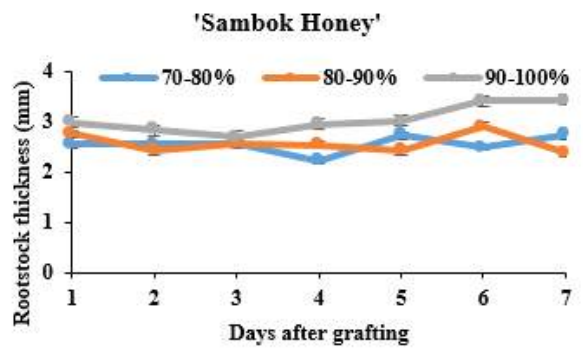
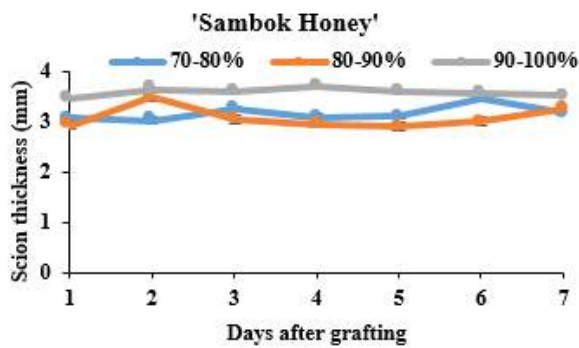
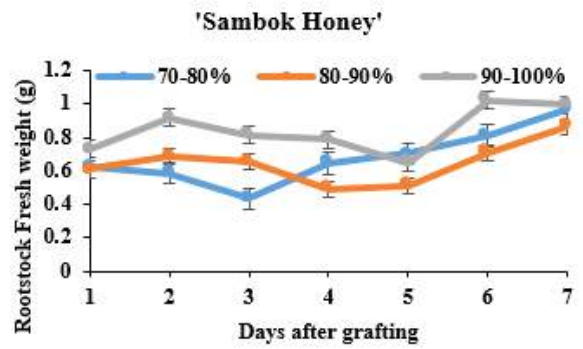
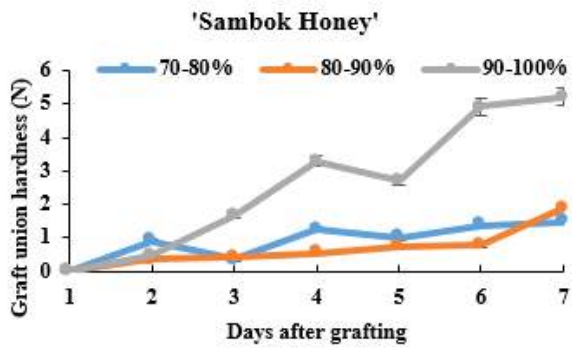
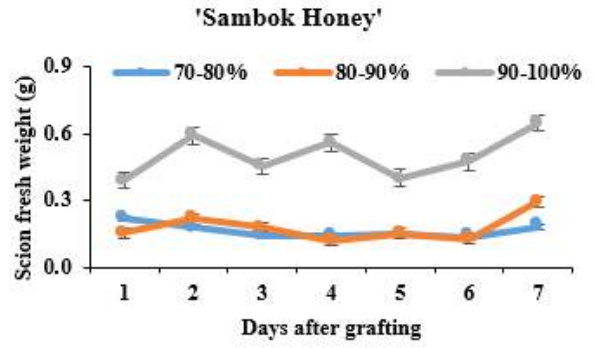
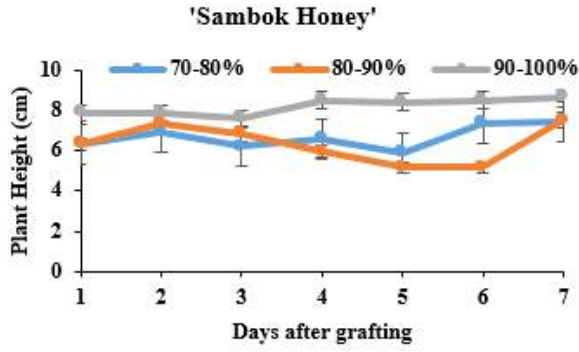


그림 2-171. 상대습도 70-80, 80-90 및 90-100%처리의 수박 '삼복꿀'의 초장, 접수와 대목의 생체중과 경경, 그리고 접합부의 경도 조사 결과(1차 실험).

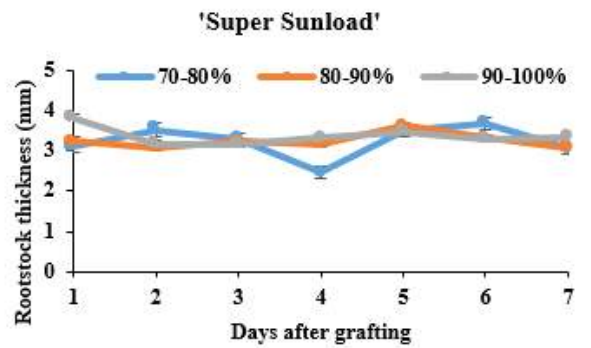
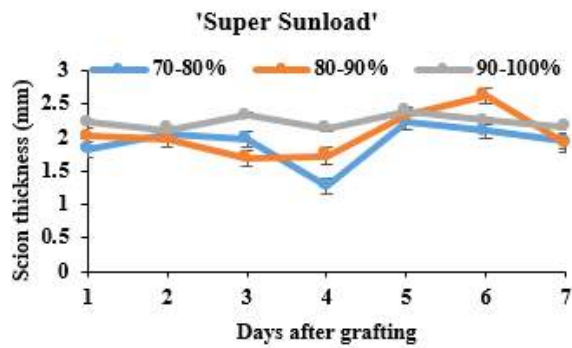
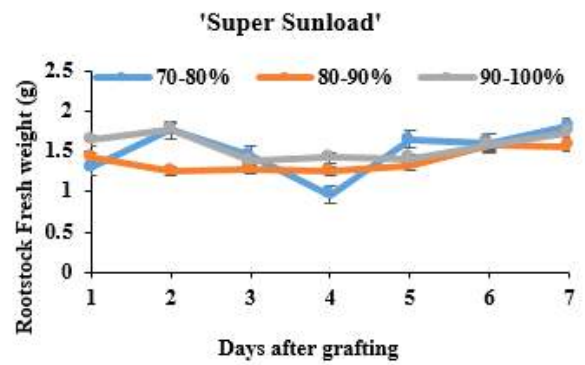
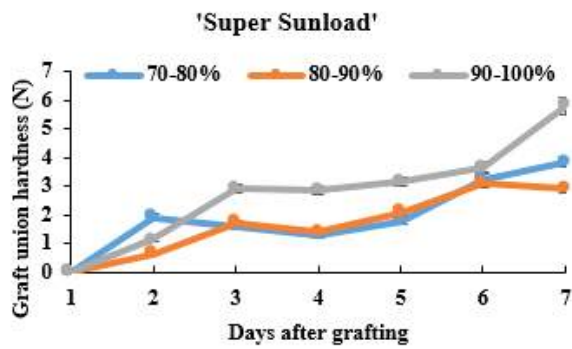
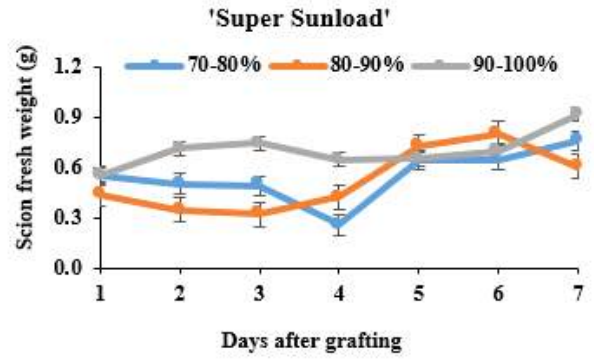
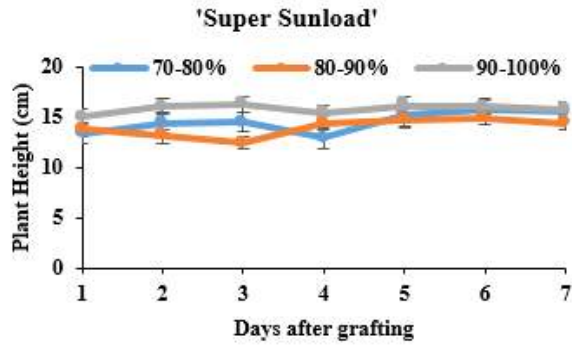


그림 2-172. 상대습도 70-80, 80-90 및 90-100%처리의 토마토 '슈퍼선로드'의 초장, 접수와 대목의 생체중과 경경, 그리고 접합부의 경도 조사 결과(1차 실험).

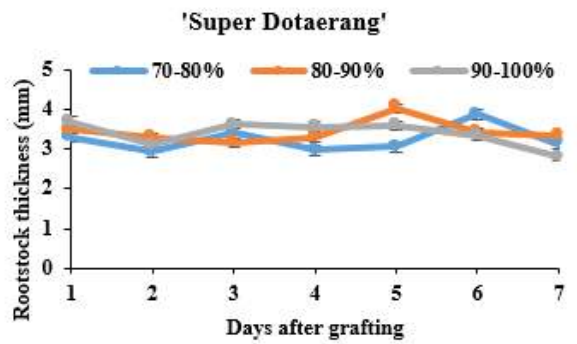
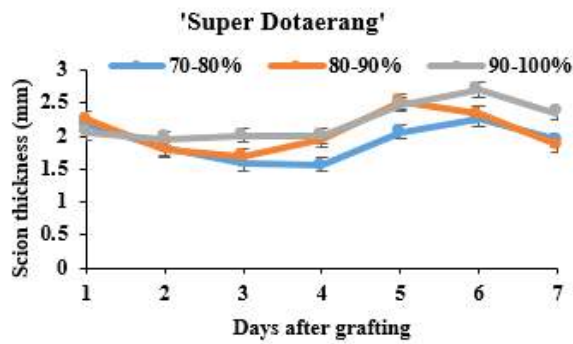
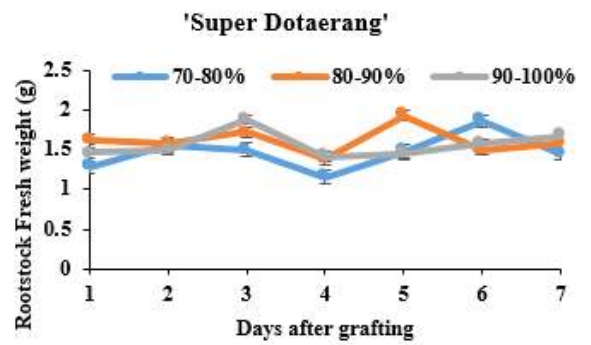
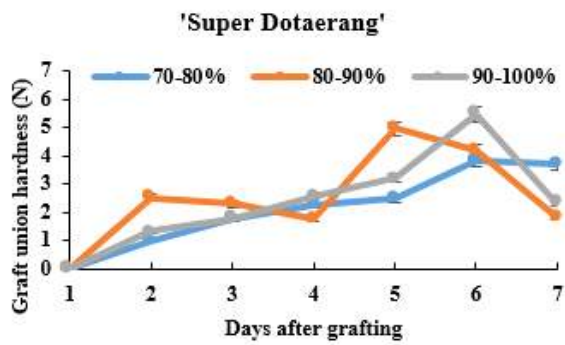
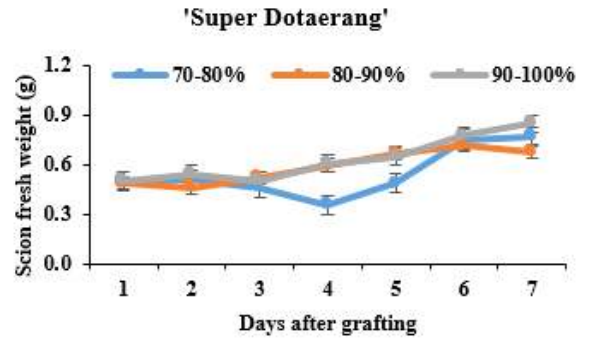
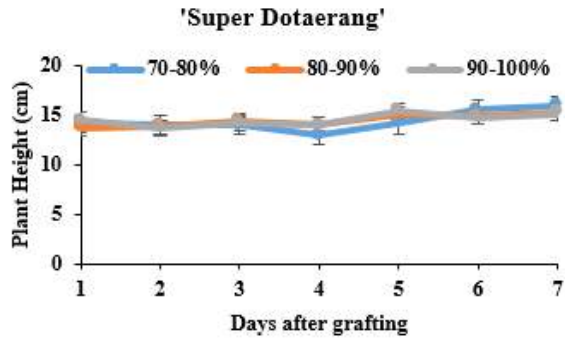


그림 2-173. 상대습도 70-80, 80-90 및 90-100% 처리에서 토마토 '슈퍼도태랑'의 초장, 접수와 대목의 생체중과 경경, 그리고 접합부의 경도 조사 결과(1차 실험).

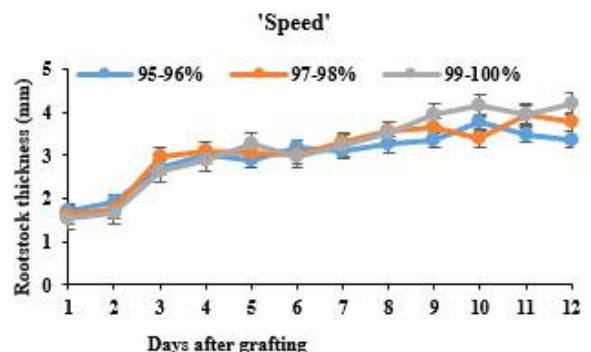
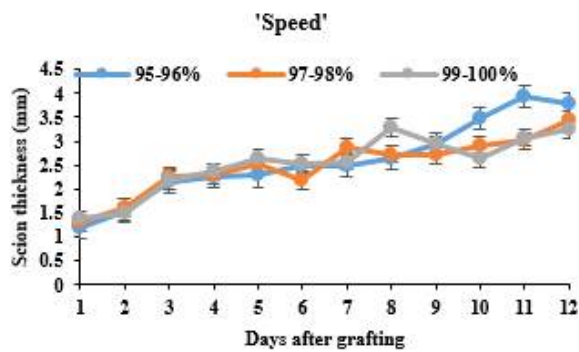
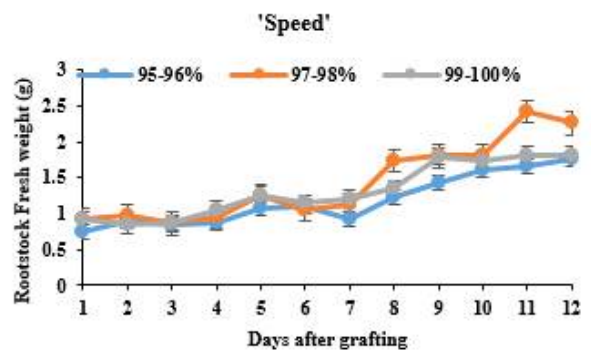
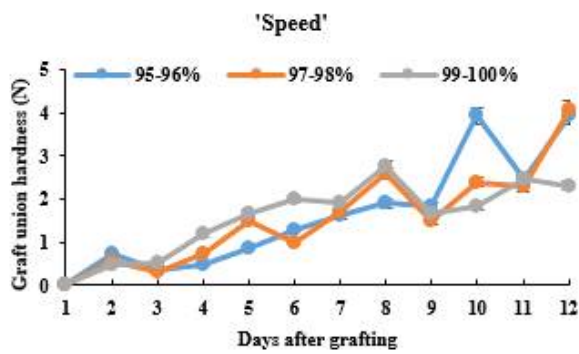
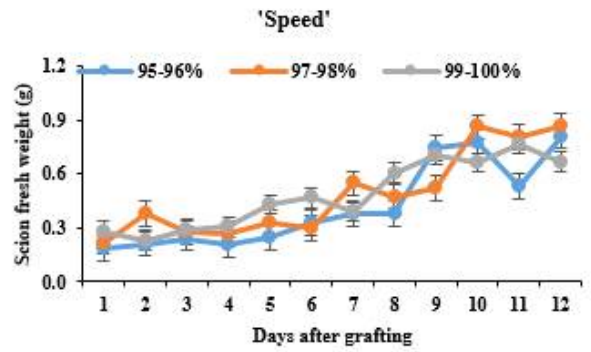
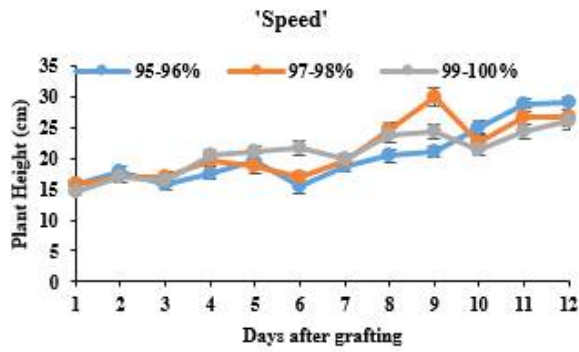


그림 2-174. 상대습도 95-96, 97-98 및 99-100%처리의 수박 ‘스피드’의 초장, 접수와 대목의 생체중과 경경, 그리고 접합부의 경도 조사 결과(2차 실험).

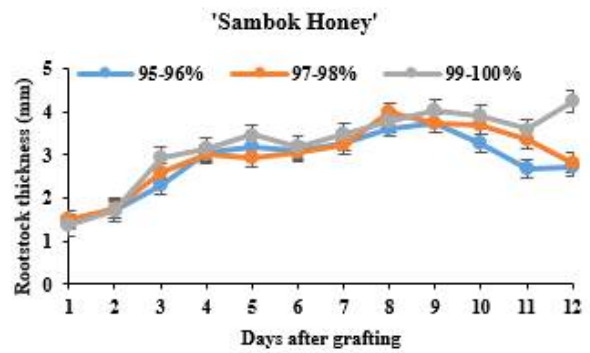
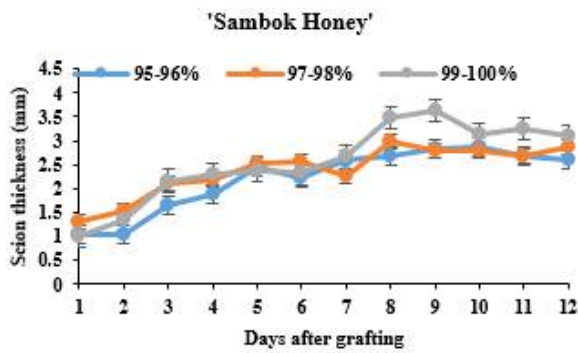
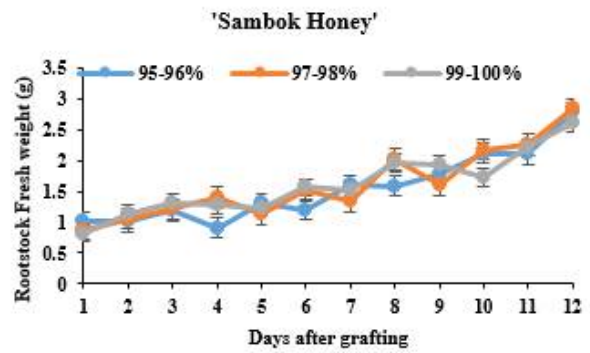
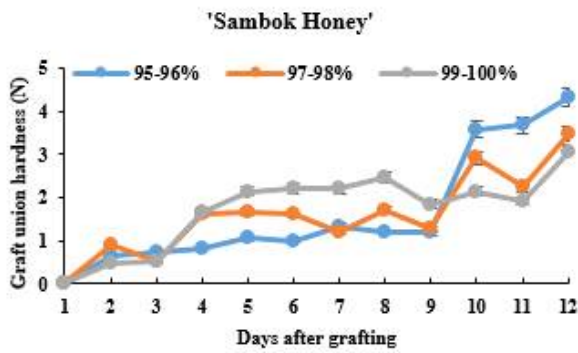
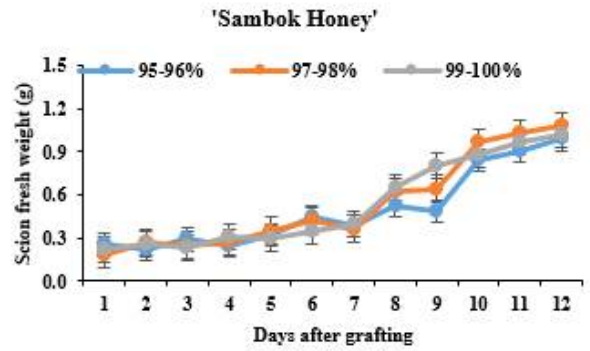
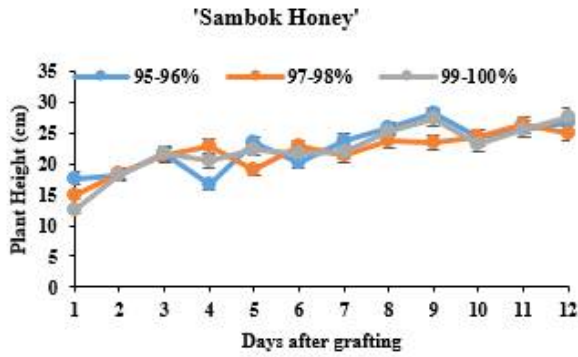


그림 2-175. 상대습도 95-96, 97-98 및 99-100%처리의 수박 '삼복꿀'의 초장, 접수와 대목의 생체중과 경경, 그리고 접합부의 경도 조사 결과(2차 실험).

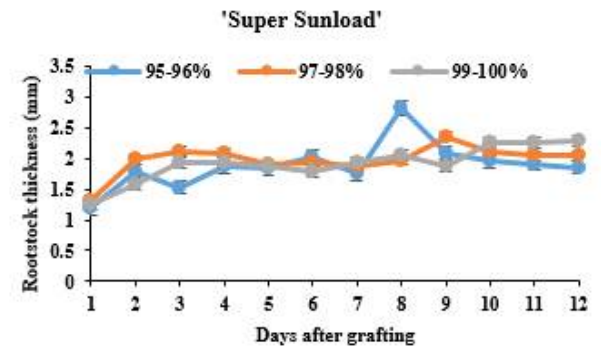
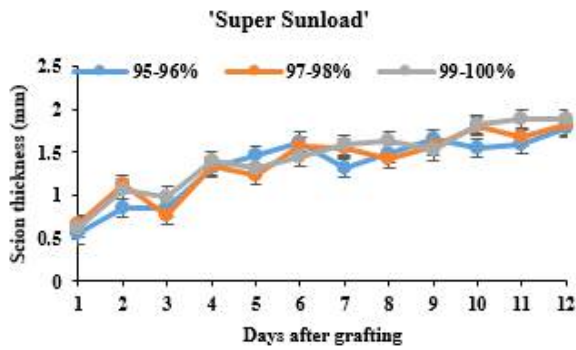
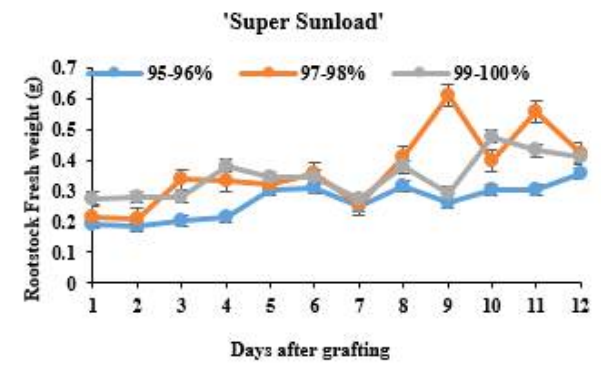
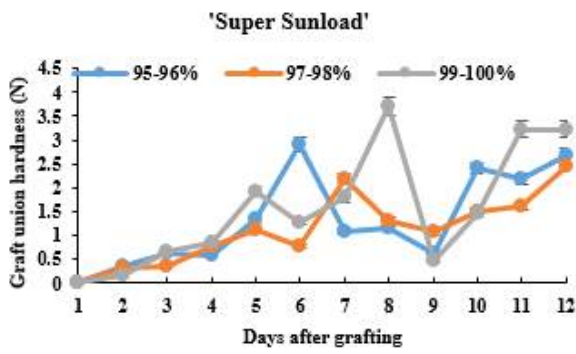
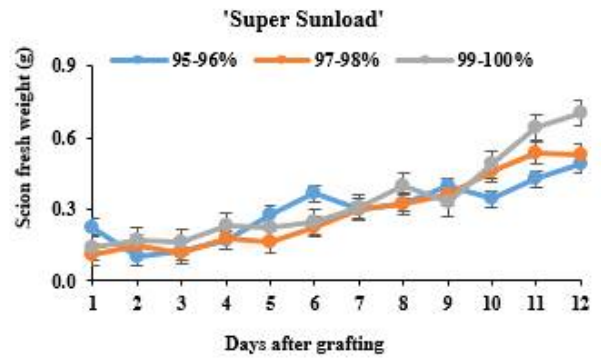
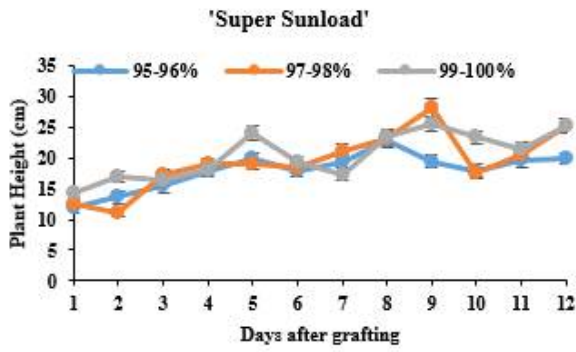


그림 2-176. 상대습도 95-96, 97-98 및 99-100%처리의 토마토 '슈퍼선로드'의 초장, 접수와 대목의 생체증과 경경, 그리고 접합부의 경도 조사 결과(2차 실험).

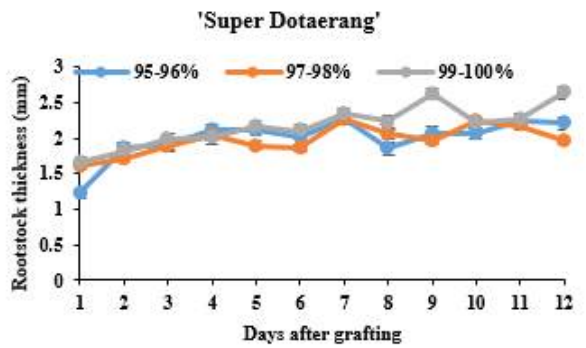
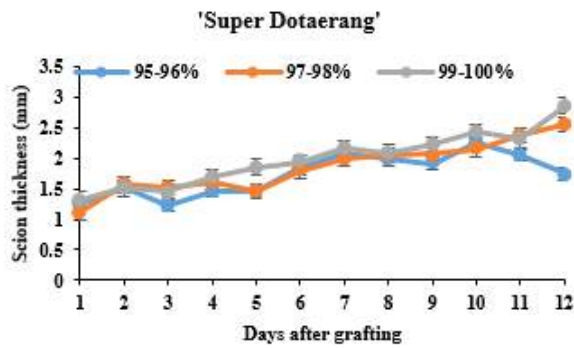
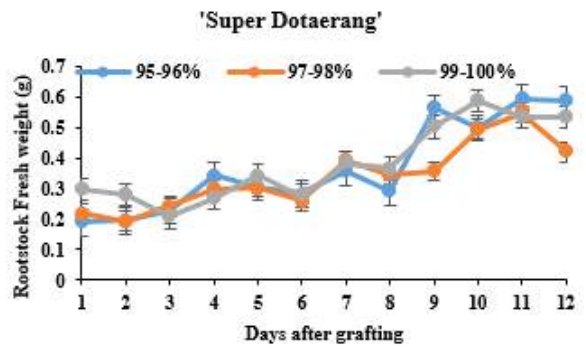
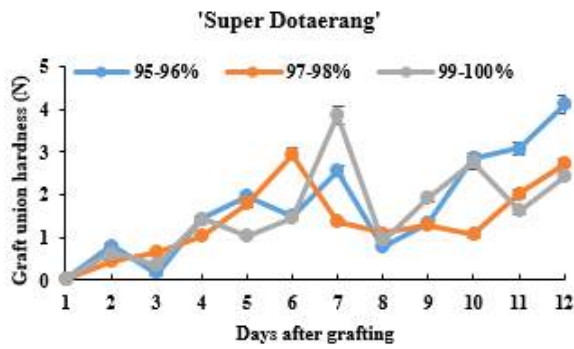
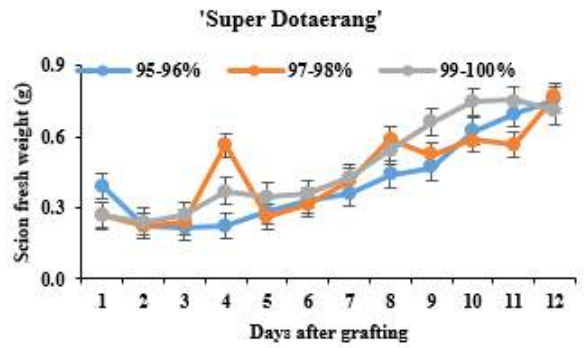
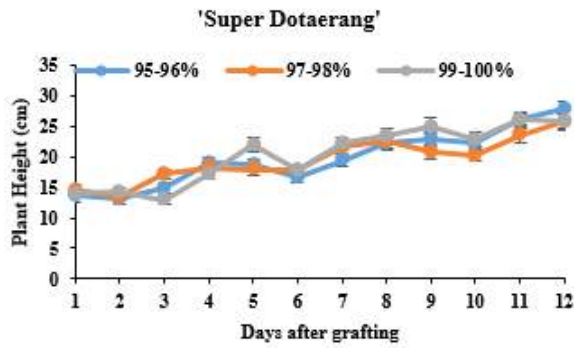


그림 2-177. 상대습도 95-96, 97-98 및 99-100%처리의 토마토 '슈퍼도태랑'의 초장, 접수와 대목의 생체중과 경경, 그리고 접합부의 경도 조사 결과(2차 실험).

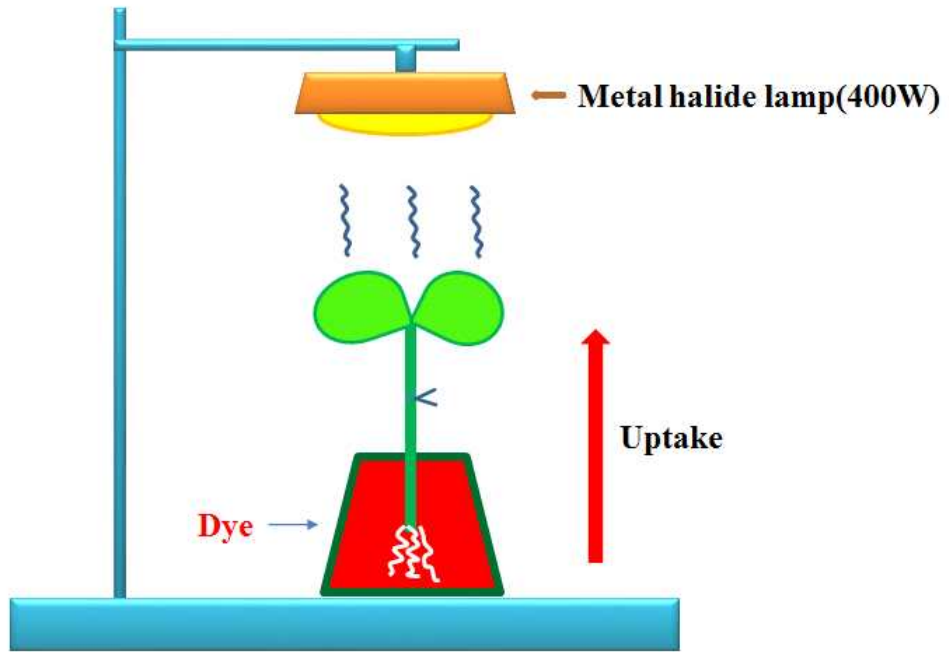


그림 2-178. 접합부의 연결 상태 확인을 위한 잉크와 메탈할라이드 램프를 이용한 실험 도면.

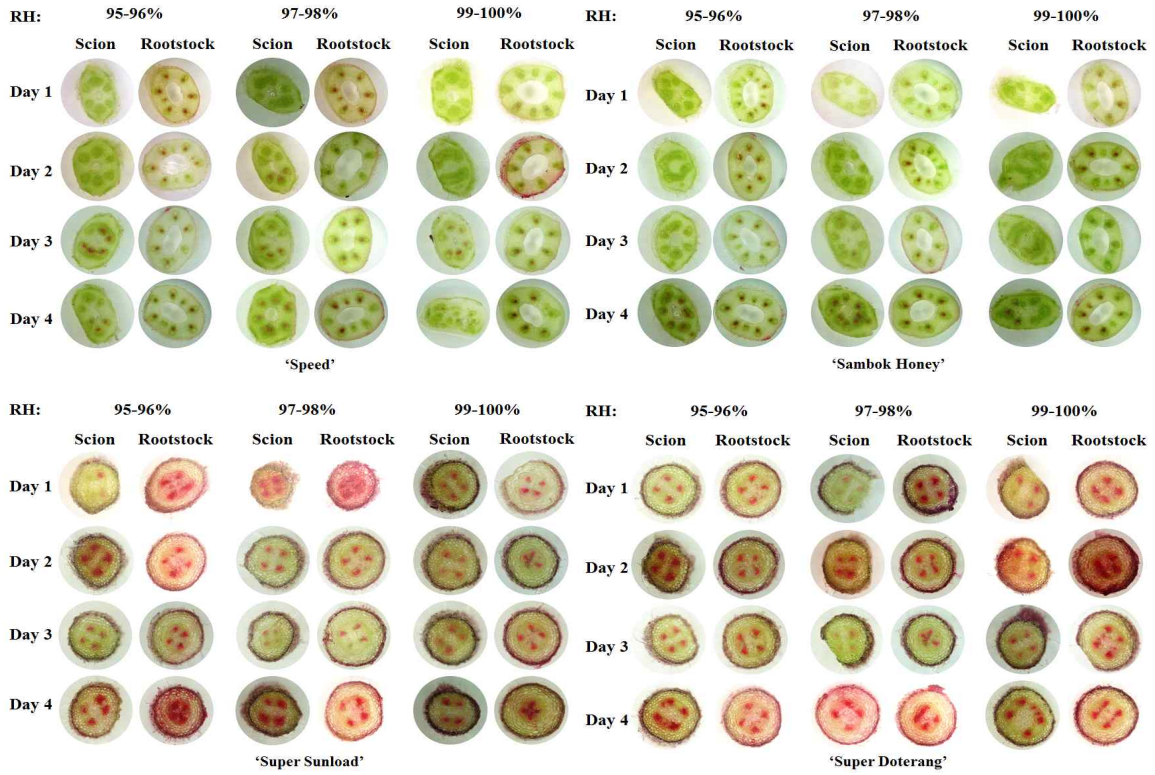


그림 2-179. 접합부의 연결 상태를 확인하기 위해 잉크와 메탈할라이드 램프를 이용한 접수와 대목의 횡단면 사진.

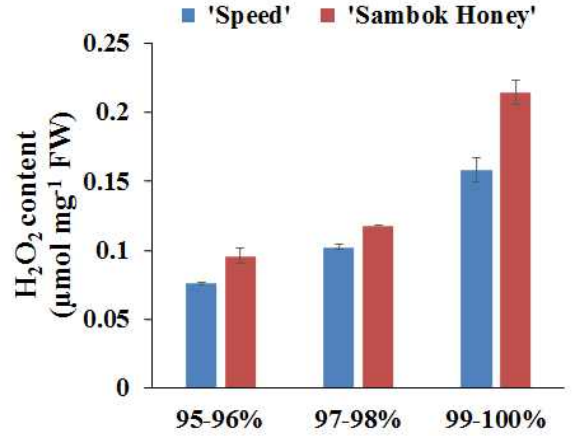
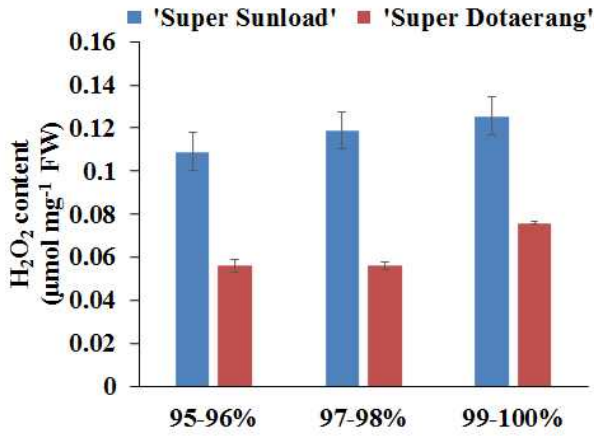
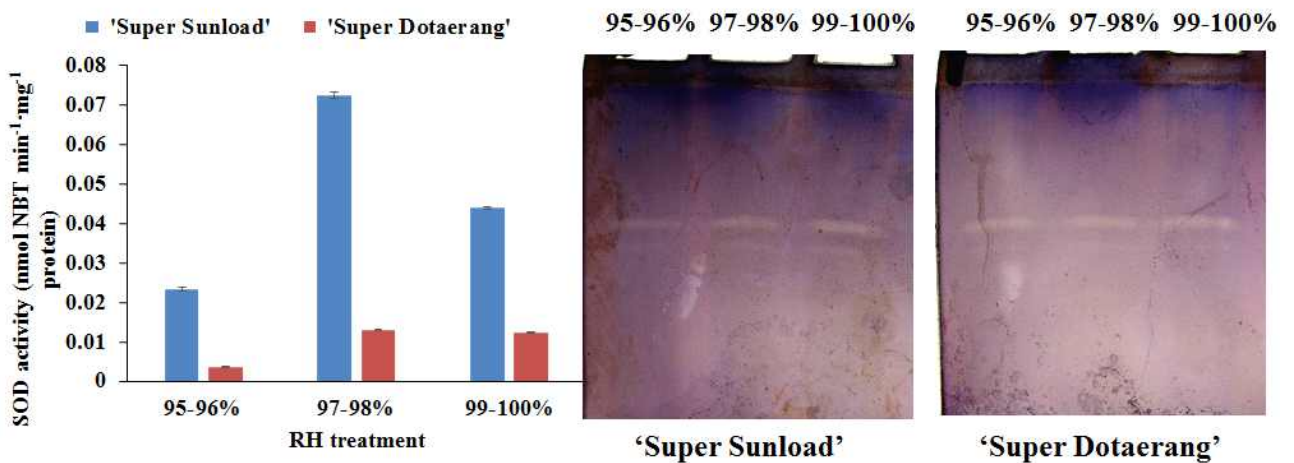
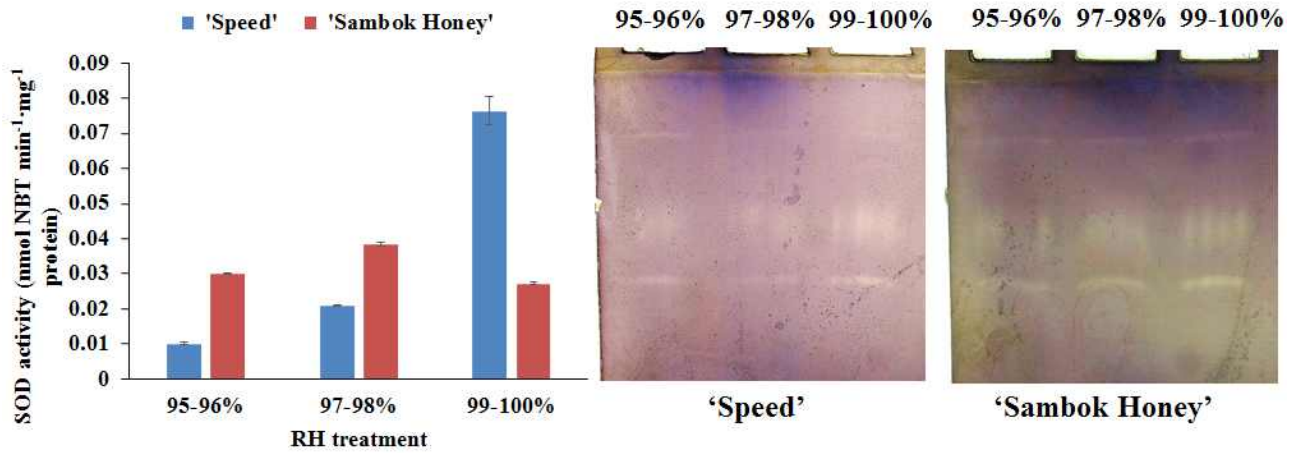


그림 2-180. 내생 과산화수소(H₂O₂) 함량 측정 결과.



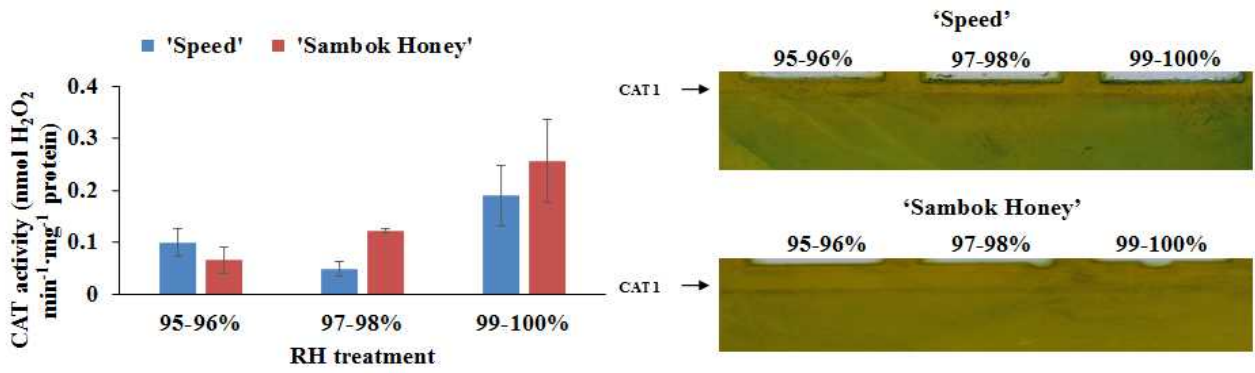


그림 2-181. 과산화물 불균등화효소 SOD의 활성.

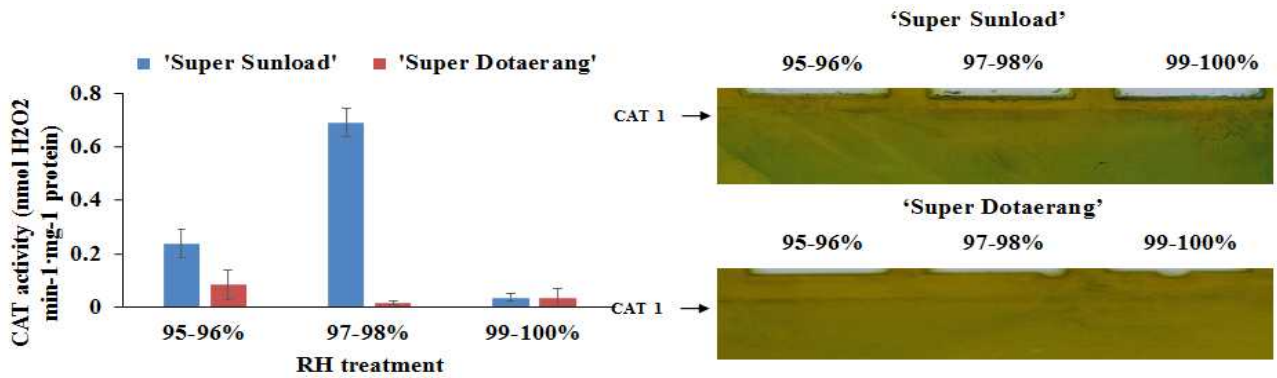


그림 2-182. 과산화수소분해효소 CAT의 활성.

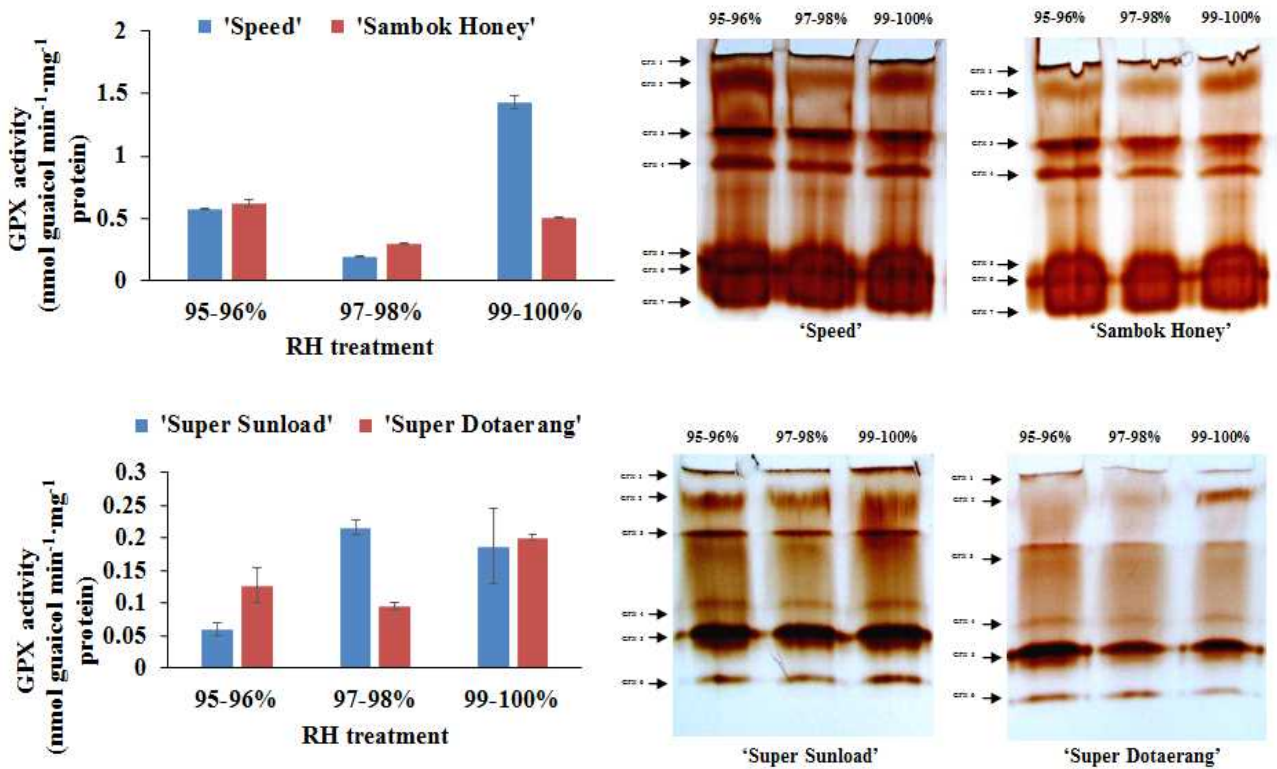


그림 2-183. 과산화효소 GPX의 활성.

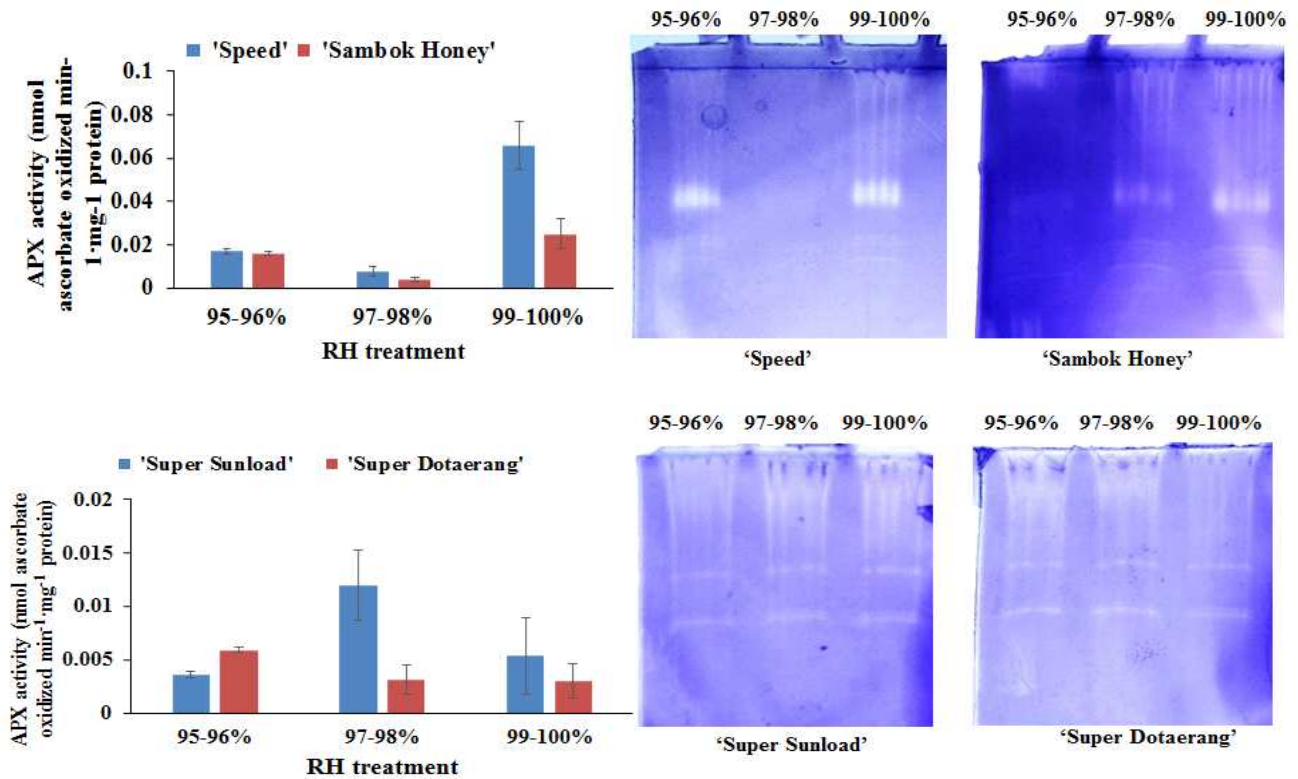


그림 2-184. 과산화효소 APX의 활성.

① 'Sambok Honey' ② 'Speed' ③ 'Super Dotaerang' ④ 'Super Sunload'

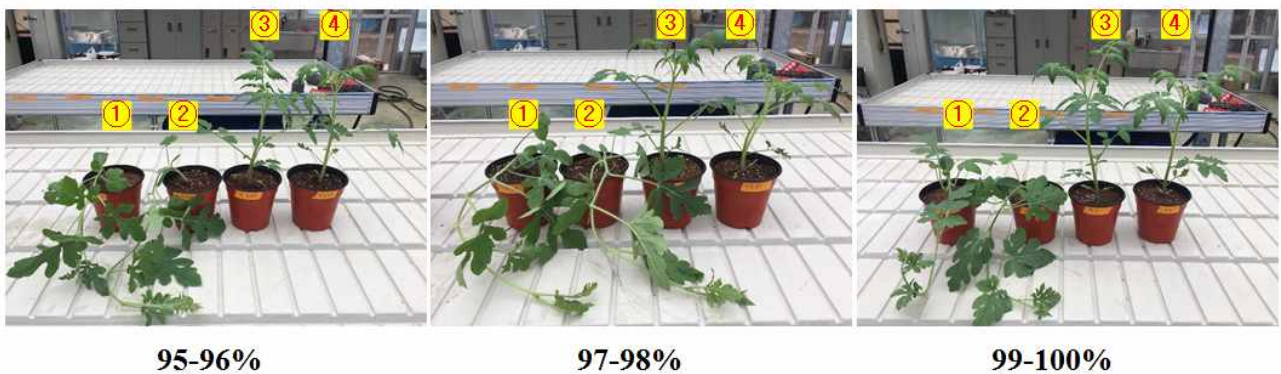


그림 2-185. 접목 3주후 접목묘의 생육상태.

라. 요약

수박과 토마토 접목묘의 활착 시 상대습도를 95-96, 97-98, 그리고 99-100%의 3수준으로 처리하여 상대습도별 접목묘의 활착과 생육을 조사하였다. 상대습도 처리를 3수준으로 하였을 때 3처리 모두에서 접목묘가 활착을 하였으나 97-98과 99-100% 두 처리에서 접목부의 경도가 높았다. 그러나 99-100%처리는 수분부족분이 거의 없기 때문에 접수의 증산이 잘 되지 않아 도관의 활착이 지연되었다. 또한 상대습도를 99-100%로 유지한 처리는 접목묘의 내생 과산화수소 (H₂O₂)의 함량이 높게 측정되었다. 이러한 결과는 습도가 너무 높은 경우 접목묘에 스트레스로

작용하여 접수와 대목의 활착에 부정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 결론적으로 97-98%의 상대습도처리가 사용한 품종의 수박과 토마토 접목묘의 활착에 가장 효율적인 것으로 판단된다.

제 2 절 생산성 및 안전성 향상을 위한 현장애로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발(1협동 연구팀: 농촌진흥청)

1. 오이 접목묘 생산시 기형엽 발생 원인구명 및 경감기술 개발

가. 서언

오이(*Cucumis sativus* L.)는 국내 재배면적 4,167ha, 생산량 288,071톤, 생산액 4,374억 원(농림축산식품부, 2012)의 주요 과채류이다. 오이 재배에 이용되는 묘는 덩굴쪄김병 등 토양전염성 병에 대한 저항성 및 저온 등 불량환경에 대한 내성 증진을 위하여, 약 90%가 접목묘의 형태로 생산되고 있으며, 이러한 접목묘의 생산은 대부분(82%) 전문 공정육묘장에서 이루어지고 있다(장 등, 2013). 오이의 접목방법은 일부 ‘호접’ 방법이 이용되고 있으나, 전문 공정육묘장의 경우 작업효율성이 높은 ‘단근삽접’ 이나 ‘단근합접’ 방법이 주로 이용되고 있다.

오이 접목묘 생산시 잎이 위축되거나 변형되는 기형엽이 발생하거나 심한 경우 정단부의 생장점이 사라지는 경우가 있어, 이에 대한 원인구명과 대책마련이 요구되고 있다(표 3-1 및 그림 3-1). 이러한 오이 접목묘의 기형엽 발생은 접목방법, 대목의 종류(품종)에 따라 다르며, 이는 접수와 대목의 유관속 연결 이전까지의 양분 이동 불균형에 의한 것으로 추정되며, 접목묘 생산시 봉소 처리에 의해 발생이 경감되는 것으로 보고되고 있다(Kawasiro, 2012). 본 연구에서는 오이 접목묘 생산시 기형엽 발생 원인구명을 위하여, 기형엽 또는 순뻗이 발생과 관련된 것으로 추정되는 요인인 접목활착 후 저온, 상토 종류, 접수 품종, 활착기간 중 환경이 기형엽 발생에 미치는 영향을 검토하였다.

표 3-1. 오이 접목묘의 기형엽 유형과 증상(Kawasiro, 2012).

유 형	증 상
축엽	잎이 오그라들고 요철이 생겨 정상적으로 자라지 못함
위축엽	잎은 평평하고 매끄러우나, 크기가 정상엽의 1/2 이하임
변형엽	잎이 부분적으로 없거나, 좌우가 비대칭으로 자라는 등 잎의 모양이 변형됨



그림 3-1. 오이 접목묘의 기형엽.

나. 재료 및 방법

<시험 1> 접목활착 후 저온이 오이 접목묘의 기형엽 발생에 미치는 영향

시험재료는 접수로서 오이 ‘조은백다다기’(세미니스)와 호박대목 ‘신토좌’((주)농우바이오)를 이용하였다. 접수는 원예용 상토(바이오상토(홍농씨앗))를 채운 105공(W 280 x L 540x H 48mm, 범농) 플러그 트레이, 대목은 72공(W 280x L 540 x H 45mm, 범농) 플러그 트레이에 파종하였다. 유리온실 벤치 위에서 육묘관리, 파종 8일 후 편엽합접 방법(대목의 뿌리를 2-3 가닥정도 남기고 나머지는 훑어버림)을 이용하여 접목, 새로운 상토를 채운 50공(W 280 x L 540x H 50mm, 범농) 플러그 트레이에 삽목하였다. 접목 후 육묘벤치 위에 설치된 활착상(PE필름 + 반사필름 + 차광막) 내에서 10일간 활착시킨 후 육묘온실로 옮겨 육묘하였다. 접목활착 후 저온처리를 위해, 무가온 온실에서 육묘하였으며, 야간저온 처리기간을 무처리(D0, 가온 육묘온실에서 육묘, 최저 15°C 이상) 및 1일부터 9일(D1-9) 또는 15일(D1-15)까지 처리하였다(그림 3-2). 이후 가온되는 육묘 온실에서 야간온도 관리가 달리되는 유리온실(가온 및 무가온 온실)로 옮겨 일정기간 육묘 후 기형엽 발생주수를 조사하였다. 이와 함께 기형엽 발생의 원인으로 추정되는 접수와 대목 사이의 양분 이동 불균형에 대해 검토하기 위하여, 가온 육묘온실에서 육묘된 접수 및 대목, 접목활착 직후 및 7일 경과 후 접목묘의 식물체내 무기성분 함량을 조사하였다.

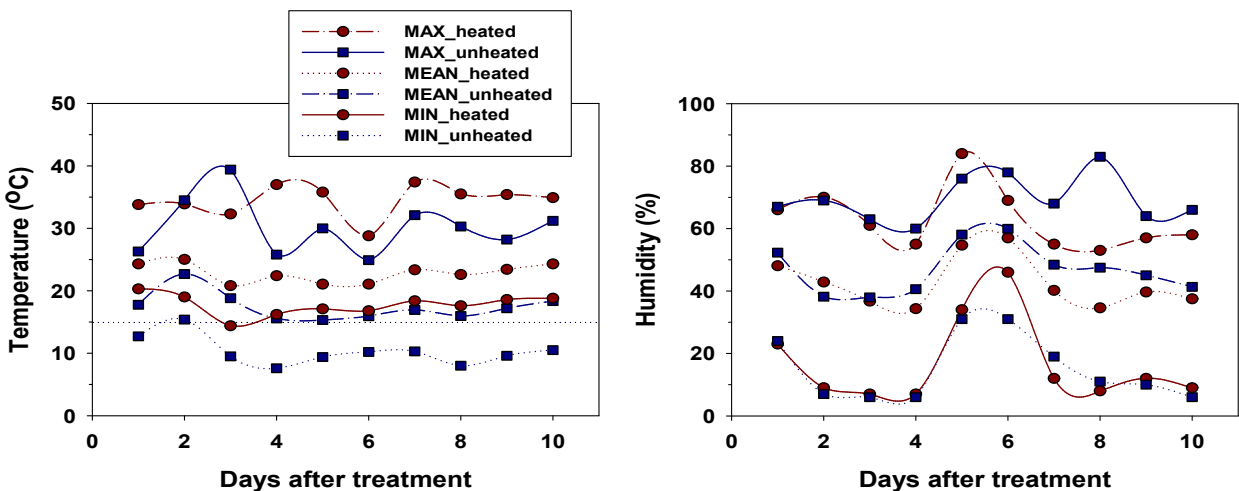


그림 3-2. 접목활착 후 저온처리시 가온(heated) 및 무가온 온실(unheated)의 온도 및 상대습도.

<시험 2> 상토종류 및 살충제 처리가 오이 접목묘의 기형엽 발생에 미치는 영향

시험재료는 접수로서 오이 ‘조은백다다기’(세미니스)와 호박대목 ‘신토좌’((주)농우바이오)를 이용하였다. 접수는 105공(W 280x L 540 x H 48mm, 범농) 플러그 트레이, 대목은 72공(W 280 x L 540 x H 45mm, 범농) 플러그 트레이를 이용하였다. 두 종류의 상토(BM2(Berger Peatmoss Canada), 바이오상토(홍농씨앗))의 상토를 충전한 플러그 트레이를 살충제(부메랑 (동방아그로), 총채벌레 등 방제용) 희석액에 저면관수한 후 접수 및 대목을 파종하였다. 파종 8일 후 접수에 살충제를 살포한 후, 파종 9일째에 편엽합접 방법(대목의 뿌리를 2-3 가닥정도 남기고 나머지는 훑어버림)으로 접목하였다. 접목한 오이 접목묘는 두 종류의 상토를 새롭게 충전하고 살충제 희석액에 저면관수 처리한 50공(W 280 x L 540 x H 50mm, 범농) 플러그 트레이에 삽목하였다. 접목 후 육묘벤치 위에 설치된 활착상 (PE필름 + 반사필름 + 차광막) 내에서 7일간 활착시킨 후 육묘온실 벤치 위에서 육묘하였다. 접목활착 종료 1일 및 13일 후 상토종류 및 살충제 처리에 따른 오이 접목묘의 기형엽 발생주수를 조사하였다 (그림 3-3).



그림 3-3. 접목활착 후 저온 및 상토종류에 따른 오이 접목묘 기형엽 발생 시험처리.

<시험 3> 육묘기간 중 저온처리가 오이품종별 묘의 생육 및 기형엽 발생에 미치는 영향 시험재료는 시판되는 오이 품종 9종을 이용하였다 (표 3-2). 원예용 상토(바이오상토(홍농씨앗))를 채운 50공(W 280 x L 540 x H 50mm, 범농) 플러그 트레이에 각 품종을 파종하여 육묘온실 벤치 위에서 5일간 육묘 후 야간 저온처리를 기간을 달리하여 육묘하였다. 첫 번째 실험(Exp. 1)에서의 야간 저온처리는 온도조절이 가능한 식물성장상(다솔과학)을 이용, 12℃로 설정하여 20:00-08:00 (12시간)하여 처리하였다. 저온 처리기간은 1일에서 10일(D0-10)이었으며, 저온처리가 종료된 후에는 육묘온실 벤치에서 육묘하였다. 대조구(D0)는 처리기간 중 육묘온실 벤치에서 육묘하였다. 두 번째 실험(Exp. 2)의 온도처리는 온도조절이 가능한 식물성장상(다솔과학)을 이용하였다. 광원은 형광등 및 메탈할라이드등을 이용하였으며, 주야간을 각 12시간으로 설정하였다. 대조구의 온도는 주야간 25/15℃(평균온도 20℃, 주야간 온도차 10℃), 저온처리구의 온도는 주야간 20/10℃(평균온도 15℃, 주야간 온도차 10℃)로 설정하였다. 저온 처리기간은 5, 10, 15, 그리고 20일(D5, D10, D15, 그리고 D20)이었으며, 저온처리가 종료된 처리구는 대조구와 동일한 조건(25/15℃)에서 육묘되었다. 처리 종료 후 유리온실(가온 및 무가온 온실)로 옮겨 일정 기간 육묘 후 기형엽 발생주수를 조사하였다.

표 3-2. 시험 3에 이용된 오이 품종.

Treatment code	Variety name	Source
C1	Ganghobaekchimdadagi	Nongwoo Bio Co., Ltd.
C2	Daesun	Koregon Co., Ltd.
C3	Baekmibaekdadagi	Dongbu Farm Hannong
C4	Sangsaeng	NH Seeds Inc.
C5	Singsing	Dongbu Farm Hannong
C6	White all	NH Seeds Inc.
C7	Eunmi M	Koregon Co., Ltd.
C8	Joeunbaekdadagi	Seminis Vegetable Seeds, Inc.
C9	Hanseongbaekdadagi	Koregon Co., Ltd.

다. 결과 및 고찰

<시험 1> 접목활착 후 저온이 오이 접목묘의 기형엽 발생에 미치는 영향

접목활착 후 야간 저온에 따른 오이 접목묘의 기형엽 발생을 조사하기 위해, 접목활착 후 야간 저온 처리기간에 따른 기형엽 발생을 조사하였다. 20% 내외의 접목묘에서 기형엽이 발생하고 생장점이 사라지는 증상이 나타났으나, 접목활착 후 저온처리에 의해 기형엽 발생이 증가하거나 감소하는 경향을 보이지는 않았고, 저온 처리되지 않은 대조구에서도 기형엽이 발생하는 식물체가 있었다(그림 3-4 및 3-5). 오이 접목묘의 접수와 대목 사이의 무기양분 이동과 기형엽 발생과의 관계를 검토하기 위하여, 접목 전후의 접수, 대목 및 접목묘의 식물체 부위별 무기성분 함량을 조사하였다(표 3-3). 접목 전 대목의 K 및 Ca의 함량이 접수에 비해 낮은 경향을 보였으며, 접목 활착 후 새롭게 전개된 본엽에는 다른 식물체 부위에 비해 Ca 및 Mg의 함량이 다소 낮은 경향을 보였다. 기형엽 발생을 경감시키는 것으로 보고된 B 등의 분포에 대해 추가적인 검토가 필요할 것으로 생각된다.

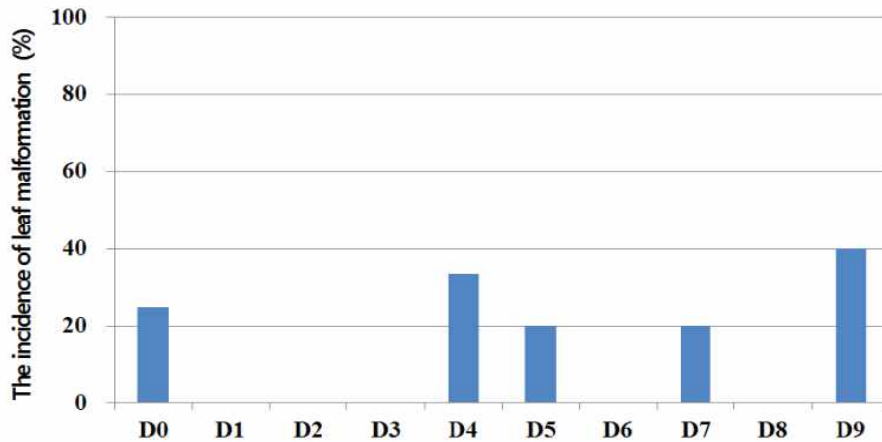


그림 3-4. 오이 접목묘의 야간저온에 따른 기형엽 발생.

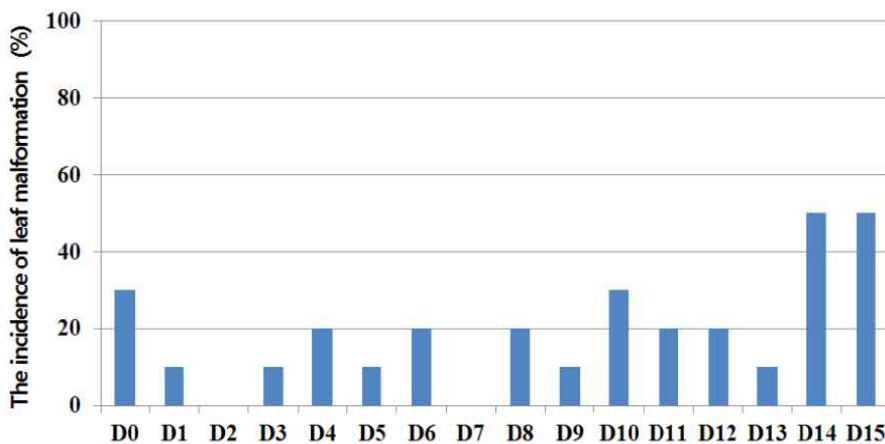


그림 3-5. 오이 접목묘의 야간저온에 따른 기형엽 발생.

표 3-3. 오이 접목묘의 육묘단계 및 식물체 부위별 무기성분 함량.

Stage	Part of plant	K ₂ O(%)	CaO(%)	MgO(%)	P ₂ O ₅ (%)	T-N(%)	
Before grafting	Scion	Shoot	4.97 cd ^z	1.39 c-f	1.62 d	2.59 cd	5.86 cd
		Root	5.05 cd	1.16 d-g	1.02 f	2.17 de	4.40 f
	Rootstock	Shoot	2.76 g	0.54 g	1.17 e	3.40 a	6.31 b
		Root	3.41 f	0.61 g	1.19 e	2.79 bc	5.57 de
10 days after grafting	Grafted seedling	True leaves of scion	5.70 ab	1.03 e-g	0.75 g	2.81 bc	7.10 a
		Cotyledons of scion	5.84 a	2.03 bc	1.66 d	2.28 de	6.02 bc
		Rootstock	5.22 c	1.64 c-e	1.96 c	3.04 ab	5.39 e
	Root of rootstock	4.68 d	0.82 fg	0.75 g	3.39 a	5.93 c	
20 days after grafting	Grafted seedling	True leaves of scion	4.18 e	1.86 cd	1.25 e	1.97 ef	4.26 f
		Cotyledons of scion	5.34 bc	3.81 a	2.11 b	1.58 f	3.61 g
		Rootstock	5.06 cd	2.61 b	2.35 a	2.33 de	3.60 g
	Root of rootstock	3.86 e	1.71 c-e	0.81 g	3.06 ab	4.08 f	

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

<시험 2> 상토종류 및 살충제 처리가 오이 접목묘의 기형엽 발생에 미치는 영향
 육묘시 이용되는 상토에 따라 오이 접목묘의 기형엽 발생에 차이가 있고, 기형엽이 발생한 오이 접목묘에서 총채벌레 피해증상 및 식물체 내에서 총채벌레가 동정되어(그림 3-6), 상토종류 및 살충제 처리에 따른 오이 접목묘의 기형엽 발생을 조사하였다. 살충제를 처리하지 않은 두 종류의 상토 처리구의 경우, 상토종류에 따라 기형엽 발생에 차이를 보였으며, 기형엽 발생이 높았던 상토 처리구의 경우, 살충제 처리에 의해 기형엽 발생이 감소하는 경향을 보였다(그림 3-7). 따라서 상토 종류에 따른 무기양분 함량(Ca, B 등) 및 이동, 상토 내 해충의 존재여부에 대해 추가적인 검토가 필요할 것으로 생각된다.



그림 3-6. 오이 접목묘의 총채벌레 피해증상 및 식물체 내 총채벌레.

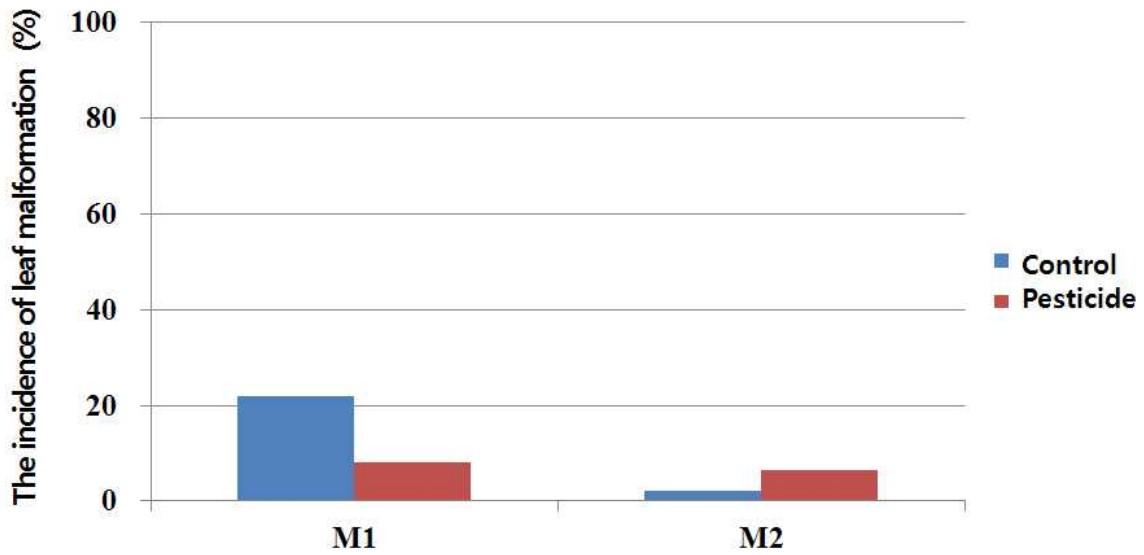


그림 3-7. 상토종류 및 농약처리에 따른 오이 접목묘의 기형엽 발생.

<시험 3> 육묘기간 중 저온처리가 오이품종별 묘의 생육 및 기형엽 발생에 미치는 영향
 육묘기간 중 저온처리(야간 10℃)에 오이품종별 묘의 생육 및 기형엽 발생을 조사하였다(그림 3-8, 표 3-4 및 3-5). 저온처리 기간이 길수록 묘의 생육이 늦었으며, 품종에 따라 다소 차이가 있었다. 성장상에서 육묘된 오이묘의 기형엽 발생은 저온처리 기간이 10일 이상일 때 증가하는 경향을 보였으나, 반복 실험에서는 저온처리 기간과 상관없이 기형엽 발생이 거의 없었다. 따라서 육묘기간 중 저온처리가 오이묘의 생육에는 영향을 주었으나, 기형엽 발생에 있어서는 품종이나 저온에 따른 차이는 없는 것으로 생각된다.

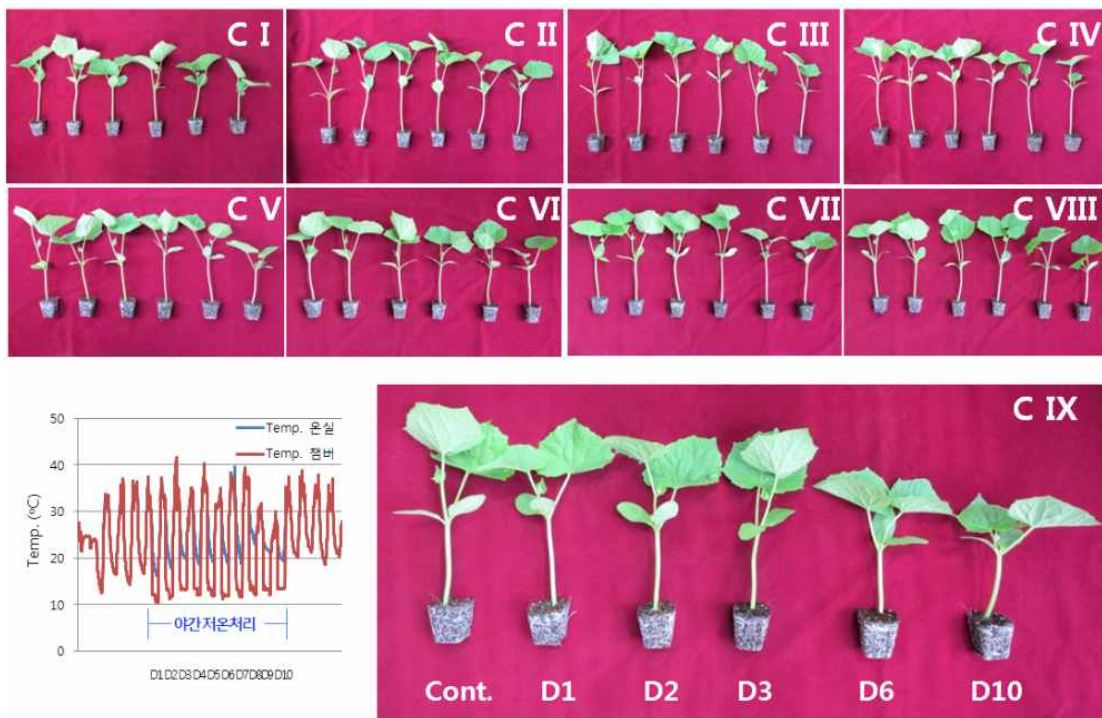


그림 3-8. 육묘기간 중 야간 처리기간에 따른 오이품종별 묘의 생육.

표 3-4. 야간 저온 처리일수에 따른 오이품종별 묘의 본엽수.

Treatment	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
D0	5.0 a ^z	5.4 a	4.6 a	5.0 a	5.0 a	4.8 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a
D5	5.0 a	5.0 a	4.0 b	4.0 b	4.0 b	4.0 b	4.2 b	4.6 a	4.6 a
D10	4.0 b	4.0 b	4.0 b	4.0 b	4.0 b	4.0 b	4.0 b	4.0 b	4.0 b
D15	3.4 c	3.4 c	3.0 c	3.0 c	3.0 c	3.0 c	3.4 c	3.4 c	3.4 c
D20	3.2 c	3.0 c	3.0 c	3.0 c	3.0 c	3.0 c	3.0 c	3.0 c	3.0 c

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

표 3-5. 야간 저온 처리일수에 따른 오이품종별 묘의 기형엽 발생률(%).

Treatment	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
D0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D10	80	40	10	0	10	40	30	40	50
D15	50	20	30	20	0	30	30	20	50
D20	70	30	20	40	0	20	40	50	50

라. 요약

20% 내외의 접목묘에서 기형엽이 발생하고 생장점이 사라지는 증상이 나타났으며, 접목활착 후 저온처리에 의한 유의적인 차이는 없었고, 상토의 종류에 따른 차이가 있었다. 따라서 접목활착 기간 중 저온 등 환경조건 및, 상토 종류에 따른 기형엽 발생 및 상토 내 무기이온 함량(Ca, B 등) 및 식물체내 분포에 따른 기형엽 발생과의 관계에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 생각된다.

2. 오이 접목묘 생산시 황화엽 발생 원인구명 및 경감기술 개발

가. 서언

채소생산시 연작재배에 따른 토양전염성 병에 대한 저항성 및 고염, 저온 등 불량환경에 대한 적응성을 높이기 위해, 전 세계적으로 접목재배가 널리 이용되고 있다(Lee 등, 2010). 시설 및 기술의 발달, 대목 품종의 개발로, 박과 작물에 있어서 접목재배가 일반화되었으며, 1990년대 초반 공정육묘기술의 도입과 더불어 접목묘 생산이 급속히 증가하여 가지과 작물인 토마토와 고추에서도 접목묘 생산이 보편화되었다(Jang 등, 2013).

오이의 경우 덩굴쪄김병 등 토양전염성 병에 대한 저항성 향상 및 저온 등에 대한 불량저항성 향상을 목적으로, 재배면적의 약 90% 정도가 접목재배 되고 있다. 오이 접목묘 생산은 대부분 전문 공정육묘장에서 이루어지고 있으며, ‘흑종 호박’, ‘신토좌 호박’ 등 호박대목이 주로 이용되고 있다. 접목묘 생산시 40공-50공 플러그 트레이가 주로 이용되고 있으며, 접목방법은 ‘단근합접’, ‘단근삽접’, ‘합접’ 방법이 주로 이용되고 있다(Jang 등, 2013). 오이 접목묘 생산시 발생하는 생리 장애로서 생장점이 없어지거나 잎이 위축 또는 변형되는 기형엽 발생과 함께, 제 1 본엽에 발생하는 황화 또는 켈러스, 백색점 발생 증상 등이 있다(일본 야채다업연구소, 2011)(그림 3-9).

본 연구에서는 오이 접목묘 생산시 황화엽 발생 원인구명을 위하여, 황화엽 발생과 관련된 것으로 추정되는 요인인 상토 종류, 대목 품종, 접목방법 및 육묘환경이 황화엽 발생에 미치는 영향을 검토하였다.



그림 3-9. 오이 접목묘 황화엽의 발생유형.

나. 재료 및 방법

시험재료는 접수로서 오이(*Cucumis sativus* L.) ‘조은백다다기’(동부팜농(주), 한국)를 이용하였다. 상토, 대목 품종, 접목방법이 오이 접목묘의 황화엽 발생에 미치는 영향을 검토하였다. 상토 2종, 대목 품종 2종, 접목방법 2가지를 조합하여 8처리를 하였다. 상토는 무비상토(BM2, Berger, 캐나다)와 유비상토(홍농 바이오상토, 동부팜농(주), 한국)를 사용하였다. 대목은 ‘흑종 호박’(*Cucurbita ficifolia*, (주)농우바이오, 한국)과 ‘뉴신토좌’(*Cucurbita maxima* D. × *C. moshata* D., (주)농우바이오, 한국)를 이용하였다. 접목방법은 ‘단근편엽합접’과 ‘편엽합접’ 방법을 이용하였다. 접수용 오이 종자를 상토가 충진 된 105공 플러그 트레이에 파종하였다.

대목용 호박종자는 접목방법에 따라 단근을 한 경우 72공 플러그 트레이에, 단근을 하지 않은 경우 50공 플러그 트레이에 파종하였다. 두상관수로 충분히 관수한 후 27℃로 설정된 챔버에 하루 동안 보관하여 발아를 촉진시켰다. 파종 1일 후 육묘온실의 벤치로 옮겨 육묘하였다. 파종 7일 후 ‘단근편엽합접’ 또는 ‘편엽합접’ 방법으로 접목하였다. 단근을 한 경우 새로운 상토가 충전된 50공 플러그 트레이에 삽목하였다. 접목묘는 육묘벤치 위에 2중 비닐 및 차광막을 이용하여 설치한 접목활착상 내에서 활착시켰다. 활착종료 후 육묘벤치로 옮겨 육묘하였다.

파종 27일(접목 20일) 후 황화엽 발생 및 각 처리 당 5주씩의 시료를 채취하여, 초장, 경경, 생체중, SPAD 값, 엽면적을 측정하였다. 조사 후 시료를 80℃로 설정된 열풍건조기(DS-89, 다솔과학, 한국)에서 3일 이상 건조하여 건물중을 측정하고, 식물체 무기물 함량을 분석하였다. 수집된 자료는 SAS 통계프로그램(v.9.1, SAS Institute, USA)을 이용하여 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

오이 접목묘 생산시 황화엽 발생 원인구명을 위하여, 파종 27일 후의 대목 및 상토 종류, 접목방법이 생육 및 황화엽 발생에 미치는 영향을 검토하였다. 대목종류에 따라 초장, 대목 및 접수의 자엽면적, 대목 및 접수의 엽록소 함량 및 지상부 건물중은 유의적인 차이를 보였다(표 3-12). 상토 종류에 따라서도 일부 건물중을 제외한 모든 조사항목에 있어서 유의적인 차이를 보였으며, 접목방법에 따라 엽면적, 엽록소 함량, 생체중 및 건물중은 유의적 차이를 보였다.

일부 조사항목에 있어서 대목 및 상토 종류, 접목방법 각 요인의 상호작용이 확인되었다. ‘뉴신토좌’ 대목을 이용한 경우 ‘흑종’ 대목을 이용한 경우에 비해, 접목묘의 초장이 길고, 대목의 자엽면적이 더 크고 엽록소 함량은 더 높았다. 반면 접수의 자엽은 면적이 더 작고, 엽록소 함량이 더 낮았다. 생체중 및 건물중에 있어서도, ‘뉴신토좌’ 대목을 이용한 경우 ‘흑종’ 대목을 이용한 경우에 비해, 대목의 값은 더 큰 반면 접수의 값은 더 작았다.

상토 종류의 경우 유비상토를 이용한 경우의 생육이 무비상토를 이용한 경우에 비해 전반적으로 더 빨랐으며, 접목방법에 따라서는 단근을 한 경우 단근을 하지 않은 경우에 비해 전개 본엽수가 적고 대목 자엽의 면적이 작았으나 접수의 자엽 및 본엽 면적은 더 컸으며, 엽록소 값이 더 높았다. 건물중에 있어서도 단근을 한 경우 대목의 값은 작았으나, 접수의 값은 더 큰 경향을 보였다. 전반적으로는 ‘뉴신토좌’ 대목을 이용하여 유비상토에 ‘편엽합접’ 방법으로 접목한 오이 접목묘가 초장이 가장 크고 본엽의 전개가 빨랐으며, 대목의 엽면적 및 건물중이 가장 컸다. 그에 반해 ‘흑종’ 대목을 이용하여 유비상토에 ‘단근편엽합접’ 방법으로 접목한 오이 접목묘는 지하부 및 대목의 건물중은 작은 반면 접수 및 본엽의 건물중은 가장 컸다. 황화엽의 발생은 ‘뉴신토좌’ 대목을 이용하여 무비상토에서 육묘한 오이 접목묘 접수의 자엽에서 발생하였다(그림 3-10). 접목방법에 따라서는 단근편엽합접에 비해 편엽합접시 발생이 더 많았다. 이 두 처리에 있어서 접수 자엽의 엽록소 값이 다른 처리에 비해 낮았다.

표 3-6. 대목 및 상토종류, 접목방법에 따른 오이 접목묘의 생육(과종 27일째).

Root-stock cultivar	Treatment		Shoot length (cm)	Stem diameter (mm)	Number of leaves	Area (cm ²)			Chlorophyll (SPAD)		
	Media	Grafting method				Cotyledon of root-stock	Cotyledon of scion	True leaves	Cotyledon of root-stock	Cotyledon of scion	True leaves
New Shintozwa		OC-SG ^z	16.1 a ^v	5.05 a	3.4 a	28.1 a	14.7 bc	85.5 ab	40.5 b	26.5 c	25.6 a
	Bio	OC-SG-R	17.0 a	5.04 a	3.0 a-c	19.5 b-d	20.4 a	99.0 a	42.5 b	36.7 a	31.1 a
		OC-SG	11.7 b	4.16 b	3.0 a-c	23.8 ab	11.1 d	41.0 c	41.7 b	23.1 c	26.5 a
	BM	OC-SG-R	10.5 bc	4.31 b	2.2 d	16.3 de	14.0 c	42.3 c	48.5 a	22.4 c	25.4 a
OC-SG		10.6 bc	4.76 a	3.2 ab	23.7 ab	20.4 a	71.4 b	32.7 c	32.1 ab	28.1 a	
Heukjong	Bio	OC-SG-R	12.0 b	4.96 a	3.2 ab	21.8 bc	20.3 a	98.5 a	40.5 b	34.7 ab	30.0 a
		OC-SG	9.4 c	3.99 b	2.6 b-d	17.0 c-e	14.2 bc	47.3 c	39.6 b	32.0 b	24.4 a
	BM	OC-SG-R	7.6 d	4.07 b	2.4 cd	14.3 e	16.5 b	48.4 c	39.1 b	33.9 ab	24.7 a
		OC-SG	10.6 bc	4.76 a	3.2 ab	23.7 ab	20.4 a	71.4 b	32.7 c	32.1 ab	28.1 a
P value											
Rootstock (A)			<0.0001	0.0509	0.7505	0.0256	<0.0001	0.9046	0.0008	<0.0001	0.7772
Media (B)			<0.0001	<0.0001	0.0002	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0384	0.0002	0.0088
Grafting method (C)			0.6489	0.3008	0.0316	<0.0001	<0.0001	0.0143	0.0088	0.0035	0.1927
A*B			0.0014	0.9237	0.7505	0.1627	0.9959	0.1130	0.7509	0.0007	0.4027
B*C			0.0014	0.9237	0.3431	0.9602	0.8723	0.0284	0.5675	0.0148	0.1098
A*C			0.9481	0.7283	0.1184	0.0195	0.0088	0.4231	0.7825	0.2671	0.6585

^zOC-SG, One cotyledon splice grafting; and OC-SG-R, One cotyledon splice grafting onto root-removed rootstock.

^vMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

표 3-6(계속). 대목 및 상토종류, 접목방법에 따른 오이 접목묘의 생육(과중 27일째).

Treatment			Fresh weight (g)				Dry weight (mg)			
Root-stock cultivar	Media	Grafting method	Root	rootstock	scion	true leaves of scion	Root	rootstock	scion	true leaves of scion
New Shintozwa	Bio	OC-SG ^z	1.17 a ^y	3.37 a	0.84 bc	2.98 a	60.6 a	210.4 a	54.0 c	257.0 ab
		OC-SG-R	0.72 bc	2.20 b	1.08 a	3.56 a	30.4 bc	105.2 cd	55.2 bc	270.2 ab
	BM	OC-SG	0.78 b	2.34 b	0.50 f	1.12 c	37.0 b	165.6 b	36.8 d	122. 2d
		OC-SG-R	0.57 c	1.95 bc	0.60 ef	1.07 c	24.8 cd	118.2 c	53.0 c	115.8 d
Heukjong	Bio	OC-SG	0.68 bc	1.96 bc	0.96 ab	2.18 b	34.2 bc	98.6 cd	73.0 a	216.8 bc
		OC-SG-R	0.37 d	1.76 cd	1.09 a	3.07 a	17.2 d	84.0 d	67.8 ab	301.8 a
	BM	OC-SG	0.58 c	1.46 de	0.67 de	1.25 c	36.4 b	93.4 cd	56.2 bc	126.6 d
		OC-SG-R	0.56 c	1.28 e	0.74 cd	1.26 c	24.2 cd	78.0 d	76.2 a	162.4 cd
P value										
Rootstock (A)			<0.0001	<0.0001	0.0016	0.0920	0.5203	<0.0001	<0.0001	0.0004
Media(B)			0.0082	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1464	0.0262	0.0640
Grafting method (C)			<0.0001	<0.0001	0.0002	0.0161	0.0517	<0.0001	0.0110	<0.0001
A*B			0.0005	0.4491	0.1822	0.0074	0.3484	0.4811	0.3638	0.0008
B*C			0.0031	0.0436	0.1305	0.0119	0.2812	0.0571	0.0020	0.0361
A*C			0.0542	0.0042	0.2611	0.5102	0.0802	0.0002	0.8290	0.2147

^zOC-SG, One cotyledon splice grafting; and OC-SG-R, One cotyledon splice grafting onto root-removed rootstock.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).



그림 3-10. 대목 및 상토종류, 접목방법에 따른 오이 접목묘의 생육 및 황화엽 발생.

각 처리별, 식물체 부위별 주요 무기성분(K_2O , CaO , MgO , P_2O_5 , T-N)의 함량을 그림 3-11에 나타냈다. K_2O 의 함량은 처리 및 식물체 부위에 따라 2.03-6.31%였다. ‘흑종’ 대목을 이용한 경우 함량이 다소 높았으며, 유기상토를 이용할 때, 단근편엽합집을 이용한 경우 함량이 더 높았다. 식물체 부위별 함량은 대목의 지상부 > 대목의 지하부 > 접수의 자엽 > 접수의 본엽 순이었으나, 무비상토를 이용한 경우엔 접수 본엽의 함량이 접수 자엽에 비해 높았다. CaO 의 함량은 처리 및 식물체 부위에 따라 1.55-5.16%, MgO 는 0.73-2.22%, P_2O_5 는 0.48-1.13%, T-N는 2.45-5.03%였다. 그러나 황화증상이 나타난 접수의 자엽 내 함량은 다른 처리와 유사하거나 더 높아, 분석한 무기성분과 황화증상과의 관련을 찾을 수 없어 추가적인 검토가 필요할 것으로 생각된다.

황화증이 ‘뉴신토좌’ 대목을 이용하여 무비상토에서 육묘한 경우에 발생한 것으로 보아, 접목묘의 대목 및 접수의 생육 및 양분이동이 관여하는 것으로 생각된다. 생육이 왕성한 ‘뉴신토좌’ 대목 이용시 대목의 근권 및 지상부의 왕성한 생육으로 접수의 생육 및 양분이동이 영향을 받은 것으로 보인다. ‘편엽합집’에 비해 ‘단근편엽합집’ 방법을 이용한 경우, 황화증 발생이 적었는데, 이는 접목과정에서 ‘편엽합집’ 방법은 대목이 육묘된 상토를 그대로 이용하나, ‘단근편엽합집’ 방법의 경우 새로운 상토로의 교체로 추가적인 양분공급이 이루어지며, 대목의 단근으로 대목부분의

생육 및 양분이용이 낮아지기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 접목묘 생산시 황화엽 발생을 억제하기 위해서는, 대목 특성의 정확한 이해 및 대목, 접수 육묘 및 접목묘 육묘시 적절한 양분 관리가 필요할 것으로 생각된다.

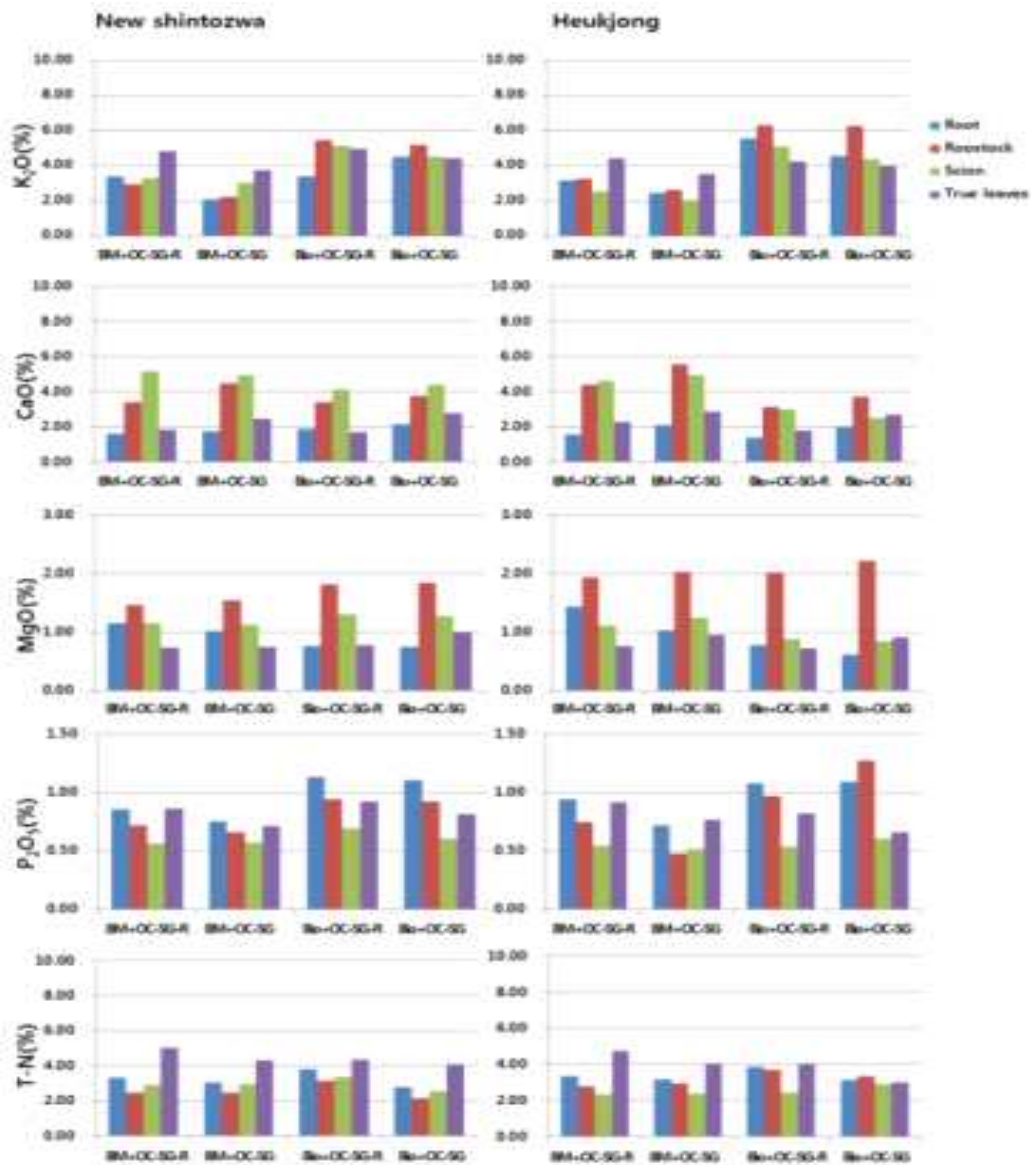


그림 3-11. 대목 및 상토종류, 접목방법에 따른 오이 접목묘의 무기성분 함량(과종 27일째).

라. 요약

오이 접목묘 생산시 황화엽 발생 원인구명을 위하여, 대목 및 상토 종류, 접목방법이 생육 및 황화엽 발생에 미치는 영향을 검토하였을 때, 각 요인별로 건물중 등 생육에 있어서 유의적인 차이를 보였으며, 일부 조사항목에 있어서 대목 및 상토 종류, 접목방법 각 요인의 상호작용이 확인되었다. ‘뉴신토좌’ 대목을 이용하여 유비상토에 ‘편엽합접’ 방법으로 접목한 오이 접목묘가 초장이 가장 크고 본엽의 전개가 빨랐으며, 대목의 엽면적 및 건물중이 가장 컸다.

그에 반해 ‘흑종’ 대목을 이용하여 유비상토에 ‘단근편엽합접’ 방법으로 접목한 오이 접목묘는 지하부 및 대목의 건물중은 작은 반면 접수 및 본엽의 건물중은 가장 컸다. ‘뉴신토좌’ 대목을 이용하여 무비상토에서 육묘한 오이 접목묘 접수의 자엽에서 황화엽이 발생하였으며, 접목방법에

따라서 단근편엽합접에 비해 편엽합접시 발생이 더 많았다. 이 두 처리에 있어서 접수 자엽의 엽록소 값이 다른 처리에 비해 낮았다.

접목묘의 황화엽에는 접목묘의 대목 및 접수의 생육 및 양분이동이 관여하는 것으로 생각되며, 생육이 왕성한 ‘뉴신토좌’ 대목 이용시 대목의 근권 및 지상부의 왕성한 생육으로 접수의 생육 및 양분이동이 영향을 받은 것으로 보인다. 따라서 접목묘 생산시 황화엽 발생을 억제하기 위해서는 대목 특성의 정확한 이해와 대목, 접수 육묘 및 접목묘 육묘시 적절한 양분관리가 필요할 것으로 생각된다.

3. 균일묘 생산을 위한 접수 및 대목 육묘기술 개발

가. 서언

내병성 및 불량환경 적응성 향상 등을 목적으로 한 접목묘의 생산은 접목작업에 숙련된 기술과 활착과 순화에 고도의 집약적인 환경관리기술이 요구된다. 관행의 활착관리는 접목묘의 위조를 막기 위해 암조건의 밀폐된 상태로 관리되어 광합성이 거의 이루어지지 않았으나, 최근 활착기간 중 광량 등 환경 개선을 통한 접목묘의 광합성 증진을 통해 접목활착률 및 생육의 증가, 접목묘 품질의 향상 및 순화기간의 단축 등에 관한 보고가 이루어지고 있다. 접목묘의 활착률 및 생육은 활착기간 중의 환경조건뿐만 아니라 접목 전 접수 및 대목의 생육상태의 영향을 받을 수 있다. 균일한 고품질의 접목묘 생산을 위해서는 접목 후의 환경 조건뿐만 아니라 그 이전의 육묘환경 조건에도 주목할 필요가 있다.

최근 이상기상 및 기후변화 등의 문제로, 외부환경의 영향을 받지 않고 환경조절이 용이한 폐쇄형 시설 내에서 인공광을 이용하여 연중 균일한 고품질의 작물을 관행보다 더 빨리 생산할 수 있는 식물공장 기술이 주목받고 있다(Cho et al., 2012). 채소묘 생산에 있어서도 이러한 인공광형 식물공장 형태의 폐쇄형 육묘장치가 일본에서 개발되어 상용화가 시도되고 있다.

본 연구에서는 균일한 고품질의 접목묘 생산을 위해 균일한 고품질의 접수 및 대목 생산을 목적으로, 폐쇄형 육묘시스템 내에서의 접수 및 대목 육묘기술을 개발하고자, 폐쇄형 육묘장치 내에서의 광량 및 플러그 트레이 규격에 따른 접수 및 대목의 생육을 조사하였다.

나. 재료 및 방법

시험재료는 접수로서 오이 ‘조은백다다기’(세미니스)와 호박대목 ‘신토좌’((주)농우바이오)를 이용하였다. 상토는 원예용 상토(바이오상토(홍농씨앗))를 이용하였다. 50(W 280 x L 540 x H 50mm, 각 셀 용량 73m³, 범농), 72(W 280 x L 540 x H 45mm, 각 셀 용량 35m³, 범농), 105(W 280 x L 540 x H 48mm, 각 셀 용량 35m³, 범농), 128(W 280 x L 540 x H 48mm, 각 셀 용량 21m³, 범농), 또는 200공(W 280 x L 540 x H 42mm, 각 셀 용량 11m³, 범농) 플러그 트레이에 각각 접수 및 대목을 파종하였다.

플러그 트레이 규격별 각각의 재식밀도는 50공, 72공, 105공, 128공, 200공 m² 면적에 각각 331주, 476주, 694주, 847주, 1,323주였다. 파종 후 플러그 트레이를 주야간 온도 25/15℃(12/12시간)로 설정된 폐쇄형 육묘장치(파루) 내 4단의 육묘베드 위에 위치시켰다. 각 단에 설치된 형광등의 개수를 조정하여 광량을 3수준으로 처리하였다(표 3-7). 파종 다음날부터 매일 1회의 육묘용 양액(EC 1.4dS·m⁻¹)이 저면관수 방법으로 공급되었다. 파종 후 7일, 8일, 그리고 9일째 접수 및 대목의 생육을 조사하였다.

표 3-7. 폐쇄형 육묘장치 내 광조건.

Treatment	Low	Medium	High
PPF (μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	142.3±4.6	229.8±7.9	326.3±10.0

다. 결과 및 고찰

폐쇄형 육묘시스템 내에서 광량과 플러그 트레이 규격에 따른 오이 접수 및 호박 대목의 생육을 검토하였다. 접수 및 대목 모두 광량이 증가할수록, 플러그 트레이의 셀 수가 작고 셀 크기가 클수록 초장이 짧고 엽면적 및 건물중, 건물률이 컸으며, 각 처리에 따른 차이는 육묘일수가 경과할수록 더 커졌다(그림 3-12 및 표 3-8, 3-9).

광량과 플러그 트레이 규격에 따른 엽면적 지수는 그림 3-13과 같다. 접수 및 대목 모두 광량이 증가할수록, 플러그 트레이의 셀 수가 작을수록 엽면적 지수가 컸으며, 각 처리에 따른 차이는 육묘일수가 경과할수록 더 커졌다. 대목 200공 플러그 트레이 처리구의 경우 과중 9일째부터 엽면적 지수가 3이상이었다. 그 대목 200공 플러그 트레이 처리구의 경우 1일 1회 관수시 상토가 건조되는 증상을 보여, 셀 용량이 작은 경우 관수횟수를 늘려주는 등 수분관리가 필요할 것으로 생각된다.

따라서 접목 전 대목 및 접수의 적절한 양수분 관리를 통해서 접목묘의 생육촉진 및 품질향상을 도모할 수 있을 것으로 기대된다. 아울러 생육 및 공간이용효율을 고려한 광 환경 관리 및 플러그 트레이 선정이 필요하며, 각 조건에 따라 접수와 대목의 육묘일수를 조정할 필요가 있다.

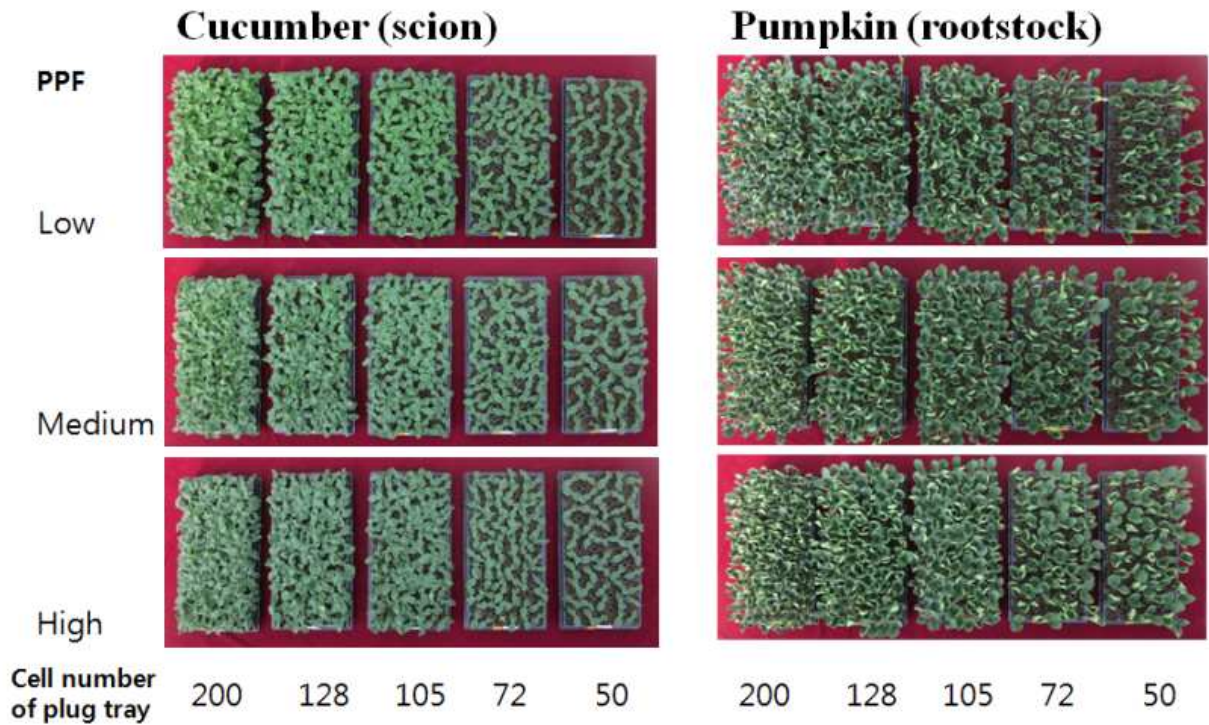


그림 3-12. 폐쇄형 육묘시스템 내에서 육묘된 오이 접수 및 호박 대목의 광량 및 플러그 트레이 규격별 생육(과중 7일 후).

표 3-8. 폐쇄형 육묘시스템 내에서 육묘된 오이 접수의 광량 및 플러그 트레이 규격별 생육.

Treatment		Shoot length (cm)	Stem diameter (mm)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ²)	Dry weight (mg)		SLA ^v (cm ² /g)	DM (%)
PPF	CN ^z					Shoot	Root		
<i>Seven days after sowing</i>									
LOW	200	3.8 a ^x	1.92 a	48.9 h	12.9 a	34.8 ef	2.4 d	427 a-c	5.6 c
LOW	128	3.7 ab	1.83 a-d	51.8 e-h	12.7 a	33.4 f	2.5 d	440 ab	5.5 c
LOW	105	3.2 cd	1.80 a-e	52.0 d-h	13.9 a	38.9 d-f	3.0 d	399 b-d	5.8 bc
LOW	72	3.2 cd	1.69 b-f	50.1 gh	12.7 a	32.9 f	2.4 d	442 a	5.6 c
LOW	50	3.0 d-f	1.69 b-f	52.6 c-g	13.2 a	36.9 d-f	2.8 d	406 a-d	5.5 c
MEDIUM	200	3.4 bc	1.65 d-f	54.9 a-e	12.5 a	36.8 d-f	2.7 d	386 c-e	5.8 bc
MEDIUM	128	3.0 c-f	1.65 d-f	57.4 a	13.3 a	40.6 c-e	3.0 d	370 d-f	5.8 bc
MEDIUM	105	3.3 cd	1.88 ab	56.2 a-c	12.6 a	42.1 cd	3.6 b-d	334 fg	5.8 bc
MEDIUM	72	2.7 e-g	1.91 a	55.4 a-d	13.9 a	45.9 bc	3.8 b-d	334 fg	6.2 a-c
MEDIUM	50	2.7 e-g	1.85 a-c	56.5 ab	14.1 a	51.5 ab	5.1 ab	303 gh	6.5 a-c
HIGH	200	2.3 h	1.64 ef	50.6 f-h	13.1 a	40.5 c-e	3.2 cd	355 ef	6.0 bc
HIGH	128	2.6 hg	1.71 b-f	55.4 a-d	14.3 a	50.9 ab	4.7 a-c	308 gh	6.7 ab
HIGH	105	3.2 cd	1.67 c-f	55.7 a-c	15.5 a	52.0 ab	4.0 b-d	330 gh	6.1 bc
HIGH	72	3.0 d-f	1.55 f	54.1 a-f	14.7 a	57.0 a	5.2 ab	291 gh	6.8 ab
HIGH	50	2.7 e-g	1.58 f	53.4 b-g	14.3 a	57.0 a	6.0 a	278 h	7.1 a
PPF		<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0063	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
CN		<0.0001	0.6369	0.0014	0.2496	<0.0001	0.0005	<0.0001	0.2140
PPF x CN		<0.0001	0.0005	0.7162	0.5181	0.0031	0.2065	0.0222	0.5021
<i>Eight days after sowing</i>									
LOW	200	4.6 a	1.92 a-c	52.0 b-d	11.2 f	29.7 i	1.9 i	459 a	5.0 h
LOW	128	3.8 b	2.10 ab	48.5 ef	13.7 e	33.8 hi	2.6 hi	466 a	5.0 h
LOW	105	3.1 d-f	1.86 a-d	49.8 c-f	15.1 c-d	43.1 fg	3.6 f-h	389 bc	5.7 fg
LOW	72	3.4 cd	1.78 b-d	49.3 d-f	14.6 de	38.0 gh	3.0 g-i	442 a	5.5 g
LOW	50	2.8 fg	1.83 a-d	51.4 b-e	17.9 ab	51.0 d-f	3.9 f-h	382 bc	6.1 ef
MEDIUM	200	3.7 bc	1.63 cd	51.5 b-d	13.6 e	39.3 gh	3.7 f-h	402 b	5.8 fg
MEDIUM	128	3.2 de	1.81 a-d	43.7 h	15.2 c-e	49.3 ef	4.1 e-g	340 cd	6.2 ef
MEDIUM	105	3.0 ef	2.06 ab	52.5 bc	16.2 b-d	55.3 c-e	4.9 d-f	320 ef	6.3 de
MEDIUM	72	2.7 gh	2.17 a	54.4 b	17.3 bc	59.4 b-d	5.5 b-d	315 e-g	6.8 bc
MEDIUM	50	2.6 gh	2.02 ab	53.6 b	19.6 a	72.2 a	7.4 a	291 fg	6.6 b-d
HIGH	200	2.9 e-g	1.89 a-d	52.6 bc	14.3 de	44.4 fg	4.5 d-f	358 cd	6.1 ef
HIGH	128	2.8 e-g	1.97 a-c	47.0 fg	16.5 b-d	56.6 c-e	4.3 c-g	321 d-f	6.4 c-e
HIGH	105	2.9 e-g	1.62 cd	44.5 gh	15.6 b-e	53.1 de	5.4 c-e	324 d-f	6.7 b-d
HIGH	72	2.6 gh	1.55 de	51.7 b-d	16.5 b-d	63.1 bc	6.7 ab	280 gh	6.9 b
HIGH	50	2.4 h	1.28 e	57.9 a	15.4 c-e	65.9 ab	6.2 a-c	247 h	8.3 a
PPF		<0.0001	<0.0001	0.2782	0.0006	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
CN		<0.0001	0.0972	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
PPF x CN		<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0037	0.0322	0.0389	0.0014	<0.0001
<i>Nine days after sowing</i>									
LOW	200	4.9 a	1.70 de	46.9 f-h	12.4 g	34.6 h	3.1 ef	430 a	5.2 fg
LOW	128	3.3 d	1.83 b-d	44.9 h	15.2 f	38.4 gh	3.6 d-f	443 a	4.8 g
LOW	105	3.7 b	1.89 a-c	46.1 gh	16.1 ef	41.9 gh	2.7 f	438 a	5.1 g
LOW	72	2.8 ef	1.68 de	49.5 d-f	20.0 a-c	63.6 de	5.0 b-d	338 bc	6.2 a-d
LOW	50	2.9 ef	1.64 e	51.1 c-e	18.6 b-e	61.3 de	3.5 d-f	333 b-d	6.7 a
MEDIUM	200	3.6 bc	2.07 a	48.7 e-g	15.0 f	47.4 fg	3.4 d-f	359 b	5.7 de
MEDIUM	128	3.1 de	1.96 a-c	52.2 b-d	19.1 a-d	65.2 cd	4.2 c-f	323 b-d	6.2 a-e
MEDIUM	105	3.0 d-f	1.68 de	51.5 c-e	17.4 c-f	55.0 ef	3.4 d-f	346 bc	6.3 a-c
MEDIUM	72	2.7 f	1.82 c-e	54.8 b	19.4 a-d	68.8 cd	4.9 b-e	307 cd	6.6 ab
MEDIUM	50	2.9 ef	1.96 a-c	53.4 bc	21.7 a	78.6 ab	5.0 b-d	294 de	6.6 a
HIGH	200	3.1 de	1.85 b-d	61.6 a	16.8 d-f	55.4 ef	5.4 bc	335 b-d	5.7 ef
HIGH	128	3.d e	2.02 ab	51.8 cd	20.5 ab	68.1 cd	4.2 c-f	325 b-d	6.0 d-e
HIGH	105	2.7 f	1.94 a-c	53.5 bc	20.6 ab	82.7 ab	6.5 ab	266 e	6.3 a-d
HIGH	72	3.3 cd	2.04 a	53.1 bc	21.4 a	73.7 bc	6.0 ab	313 cd	5.9 c-e
HIGH	50	2.8 ef	1.85 b-d	54.0 bc	21.8 a	87.4 a	7.5 a	262 e	6.7 a
PPF		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
CN		<0.0001	0.1179	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
PPF x CN		<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1709	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

표 3-9. 폐쇄형 육묘시스템 내에서 육묘된 호박 대목의 광량 및 플러그 트레이 규격별 생육.

Treatment		Shoot length (cm)	Stem diameter (mm)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ²)	Dry weight (mg)		SLA ^y (cm ² /g)	DM (%)
PPF	CN ^z					Shoot	Root		
<i>Seven days after sowing</i>									
LOW	200	7.8 ab ^x	2.77 fg	80.0 a	19.7 f	126.6 f	13.9 h	191 ef	5.9 b-e
LOW	128	8.4 a	2.84 e-g	76.6 a	22.7 f	139.2 d-f	16.2 gh	204 d-f	5.6 c-e
LOW	105	7.1 bc	2.65 g	65.4 de	29.6 b-e	139.7 d-f	18.9 e-h	256 ab	5.4 e
LOW	72	6.0 d-f	2.72 g	67.3 c-e	29.4 c-e	143.4 c-f	20.6 d-g	242 a-d	5.5 de
LOW	50	6.1 d-f	2.84 e-g	63.6 ef	34.0 a-d	156.6 cd	22.4 c-f	252 a-c	5.4 e
MEDIUM	200	6.7 c-e	3.05 c-e	79.3 a	22.2 f	132.2 ef	17.1 f-h	205 d-f	6.6 c-e
MEDIUM	128	7.1 bc	3.31 a-c	72.2 b	28.4 de	147.9 c-e	18.4 e-h	229 a-e	6.1 b-e
MEDIUM	105	6.8 cd	3.37 ab	71.5 bc	30.5 a-e	155.4 cd	22.4 c-f	234 a-e	5.9 b-e
MEDIUM	72	6.5 c-f	3.50 a	70.2 bc	34.6 a-c	162.2 bc	25.3 b-d	265 a	5.9 b-e
MEDIUM	50	6.0 d-f	3.40 ab	57.9 gh	35.2 ab	162.3 bc	27.1 bc	251 a-c	6.2 b-d
HIGH	200	4.8 g	3.24 a-d	69.2 b-d	20.8f	143.2 c-f	19.5 e-g	174 f	7.3 a
HIGH	128	5.9 ef	2.89 e-g	67.6 c-e	28.0e	157.7 cd	23.5 c-e	207 c-f	6.3 b
HIGH	105	5.6 f	3.19 b-d	67.8 b-e	28.6de	156.3 cd	20.1 d-g	217 b-f	6.3 bc
HIGH	72	4.3 gh	2.85 e-g	55.6 h	35.4a	178.4 ab	29.1 ab	204 d-f	5.9 b-e
HIGH	50	3.9 h	3.03 d-f	60.9 fg	35.6a	185.9 a	32.5 a	209 c-f	6.2 b-d
PPF		<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0189	<0.0001	<0.0001	0.0012	<0.0001
CN		<0.0001	0.7597	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0005
PPF x CN		<0.0261	0.0005	<0.0001	0.6431	0.6837	0.2182	0.6157	0.7307
<i>Eight days after sowing</i>									
LOW	200	8.6a	3.19a-c	75.5ab	20.3e	126.8f	15.3f	207de	5.6d-g
LOW	128	8.4a	2.84b-d	69.5cd	31.0d	141.4ef	19.8d-f	265a	4.9h
LOW	105	8.0ab	3.01a-d	71.5bc	24.9e	141.1ef	19.2d-f	215cd	5.3e-h
LOW	72	6.8c-e	3.01a-d	66.3c-f	32.7d	156.3de	23.0c-e	245ab	5.1gh
LOW	50	6.0e-g	3.21ab	64.9d-f	38.1bc	168.0cd	27.9ab	259a	5.2f-h
MEDIUM	200	7.2b-d	2.64d	77.5a	20.9e	139.8ef	18.1ef	186ef	6.3bc
MEDIUM	128	6.5d-f	2.89b-d	65.7d-f	31.3d	164.8cd	23.9b-d	221b-d	5.5d-g
MEDIUM	105	7.5bc	2.81cd	61.1fg	34.6cd	182.0bc	21.0c-e	227b-d	5.6d-g
MEDIUM	72	6.2e-g	3.36a	58.9g	38.6bc	184.3bc	25.1bc	238a-c	5.6d-g
MEDIUM	50	5.4g	3.11a-c	58.2g	47.0a	210.1a	30.4a	249ab	5.7d-f
HIGH	200	5.7fg	2.65d	77.1a	20.4e	138.2ef	18.3ef	174f	6.8a
HIGH	128	5.6g	2.65d	68.5c-e	32.4d	167.2cd	25.3bc	223b-d	6.0cd
HIGH	105	6.0e-g	2.88b-d	68.5c-e	30.4d	164.6cd	21.9c-e	213cd	5.8ed
HIGH	72	4.4h	2.80cd	63.2e-g	41.7ab	200.3ab	28.5ab	227b-d	5.9cd
HIGH	50	4.2h	2.82cd	63.2e-g	44.1a	214.0a	30.1a	222b-d	6.5ab
PPF		<0.0001	0.0004	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
CN		<0.0001	0.0104	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
PPF x CN		0.1174	0.0149	0.0529	0.0450	0.0031	0.0822	0.1081	0.2910
<i>Nine days after sowing</i>									
LOW	200	8.5a	3.22a-c	72.7a	22.7i	140.7g	15.8f	207d	5.3b-d
LOW	128	8.7a	3.00b-e	70.2a	32.5gh	148.0fg	16.4ef	274ab	5.0cd
LOW	105	8.4a	3.14a-d	66.8b	35.8e-g	169.6ef	21.5cd	253a-c	4.9d
LOW	72	6.9bc	2.88de	65.1bc	35.4fg	172.4ef	23.6b-d	240b-d	5.1cd
LOW	50	5.3e	2.92c-e	63.0c-e	43.6cd	187.0de	28.9a	262a-c	5.0cd
MEDIUM	200	6.4cd	3.24ab	72.2a	26.3hi	141.5g	16.6ef	225cd	6.0a
MEDIUM	128	5.8de	3.32a	60.9ef	42.2d-f	173.4ef	20.9de	286a	5.1cd
MEDIUM	105	3.9f	2.87de	60.7ef	54.5b	233.6ab	25.9a-c	253a-c	5.7ab
MEDIUM	72	5.5e	3.06a-e	61.4d-f	42.6de	189.9de	22.0cd	254a-c	5.5a-d
MEDIUM	50	4.0f	3.11a-e	61.8d-f	64.5a	249.2a	27.4ab	281ab	5.4a-d
HIGH	200	7.6b	3.01b-e	64.1b-d	25.7i	134.3g	15.2f	239b-c	5.5a-d
HIGH	128	7.3b	3.15a-d	59.5f	35.0fg	150.7fg	15.2f	281ab	4.9d
HIGH	105	7.1b	2.98b-e	63.2c-e	40.5d-f	180.2de	18.9d-f	263a-c	5.2b-d
HIGH	72	6.2d	2.81e	61.5d-f	49.6bc	201.0cd	18.8d-f	277ab	5.2b-d
HIGH	50	5.9de	3.17a-d	60.5ef	52.4b	214.9bc	22.4cd	276ab	5.5a-d
PPF		<0.0001	0.1830	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0522	0.0002
CN		<0.0001	0.0049	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0028
PPF x CN		<0.0001	0.0214	<0.0001	<0.0001	0.0004	0.1862	0.9337	0.5712

^zCN: Cell number of plug tray.

^ySLA: Specific leaf area (leaf area/leaf dry weight).

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

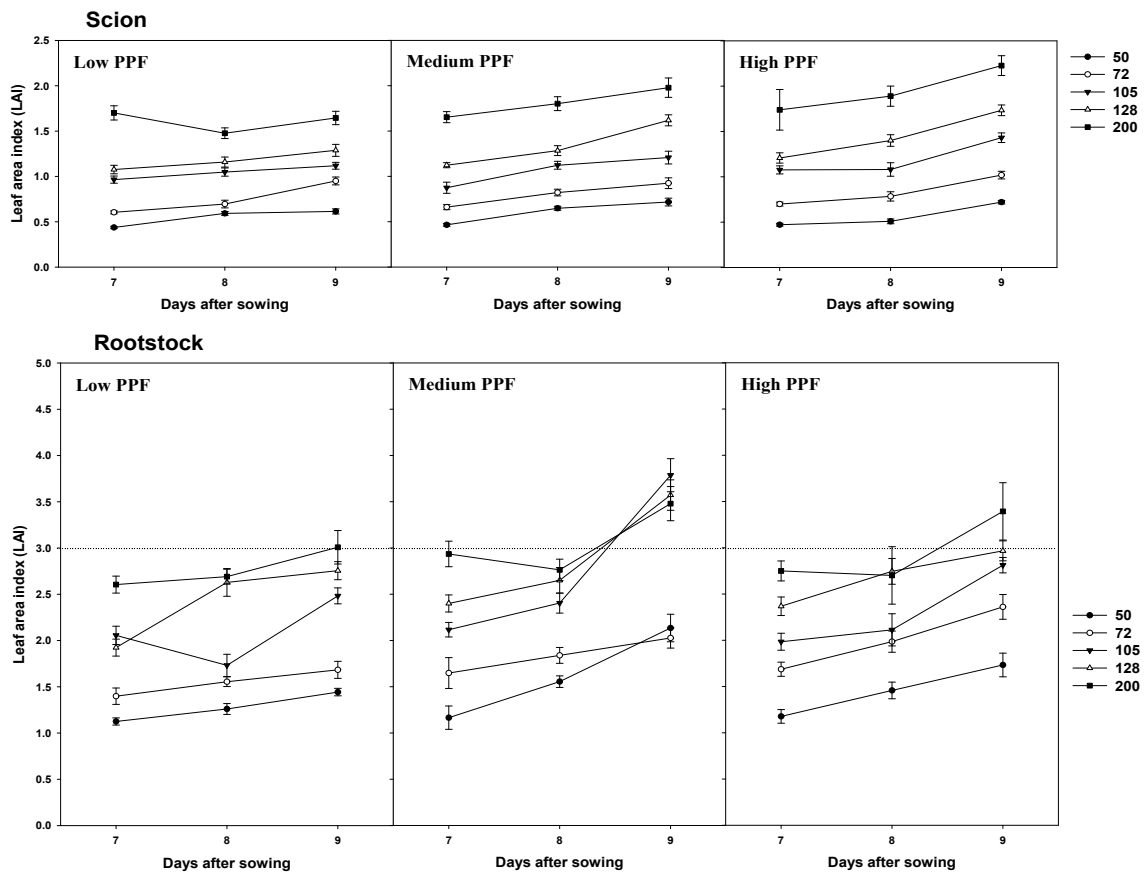


그림 3-13. 폐쇄형 육묘시스템 내에서 광량 및 플러그 트레이 규격별 오이 접수 및 호박 대목의 엽면적지수.

라. 요약

균일한 고품질의 접수 및 대목 생산을 목적으로, 인공광형 폐쇄형 육묘시스템 내에서의 접수 및 대목 육묘기술을 개발하고자, 폐쇄형 육묘시스템 내에서의 광량 및 플러그 트레이 규격에 따른 오이 접수 및 호박 대목의 생육을 조사하였다. 광량 3수준(photosynthetic photon flux, PPF 165, 248, 313 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 및 플러그 트레이 셀 규격 5가지(50, 72, 105, 128, 200공)를 조합한 15처리로 9일간 육묘하였다. 오이 접수와 호박 대목의 지상부 건물중은 광량과 플러그 트레이의 셀 크기가 증가할수록 증가하였으며, 상대생장률은 광량과 플러그 트레이의 셀 크기에 따라 두 배 가까운 차이를 보였다. 그와 함께 광량의 증가에 따라 건물률이 증가하고 비엽면적 및 배축장이 감소하여, 묘의 품질이 향상됨을 확인할 수 있었다. 제 1 본엽의 전개는 200공 플러그 트레이에 육묘한 경우를 제외하고 오이 접수의 경우 파종 8일, 호박 대목의 경우 파종 7일경부터 이루어졌다. 200공 플러그 트레이에 육묘한 경우, 다른 플러그 트레이 규격을 이용한 경우에 비해 생육 및 본엽 전개가 하루 정도 늦어지는 경향을 보였다. 따라서 생육 및 공간이용효율을 고려하였을 때, 단근합접을 위한 오이 접수 및 호박 대목 생산을 위해서는 오이 접수의 경우 105공-128공 플러그 트레이를 이용하여 8일 내외, 호박 대목의 경우 72공-105공 플러그 트레이를 이용하여 7일 내외로 육묘하는 것이 추천된다. 아울러 광량 증가에 따라 묘의 생육 및 품질이 향상되므로, 검토된 범위 내에서 가능한 광량을 높여주는 관리가 추천된다.

4. 토마토 1화방 저질위 착화기술 개발

가. 서언

최근 라이코펜 등과 같은 기능성 물질로 관심 및 이용이 증가하고 있는 토마토는 재배시, 93%가 구입묘를 이용하고 있다(Jang 등, 2013). 구입묘의 68%는 접목묘의 형태로 생산되며, 대부분 공정 육묘장에서 생산된 묘를 구입하는 것으로 조사되었다. 토마토는 묘소질이 정식 후 생육, 꽃의 소질, 과실의 모양 및 크기, 수확 소요기간, 수량 등에 많은 영향을 미치는 대표적인 작물이다. 육묘기간 동안에 영양생장과 꽃눈분화가 동시에 진행되기 때문에, 적절한 환경조절로 묘의 생육을 균형적으로 발달시켜야만 정식 후 생육이 좋은 묘를 육성할 수 있다.

토마토의 화아분화 및 개화는 온도, 광, 영양 등에 영향을 받는다(그림 3-14)(김 등, 1999). 저온에서는 화아분화 및 발육이 빠르고 개화수도 많으며, 제1화방은 저온에서는 7.8절, 고온에서는 10.1절 이상에서 착생한다고 한다. 광량이 높은 경우에는 화아분화가 빠르고 제1화방의 착생절위가 낮으며 꽃의 소질도 향상되는 것으로 보고되고 있다(Saito와 Ito, 1966). 또한 육묘 중 질소, 인산, 칼리 등 양분이 부족한 경우에도 화아분화가 지연되며 특히 질소가 부족하며, 1화방의 절위가 상승하고 개화수도 감소하는 것으로 보고되었다(Saito와 Ito, 1972).

플러그묘와 같이 근권의 부피가 작고 식물체가 밀식된 채 육묘되는 경우, 착화위치 상승 및 화아 불량 등이 보고되어 있다. 야냉육묘 등 온도 및 광 조건 개선 등 환경조건 개선을 통한 착화위치 조정 및 품질 개선 등이 보고되고 있으나, 장마기나 고온기와 같은 시기에 시설 환경을 조절하기에는 많은 비용과 어려움이 따른다. 또한 토마토 접목은 대개 본엽이 3-4매 전개 전후에 이루어지며, 이 시기는 1-2화방의 분화시기에 해당하므로 특히 이 시기의 육묘환경이 토마토의 화아분화에 큰 영향을 미치게 된다.

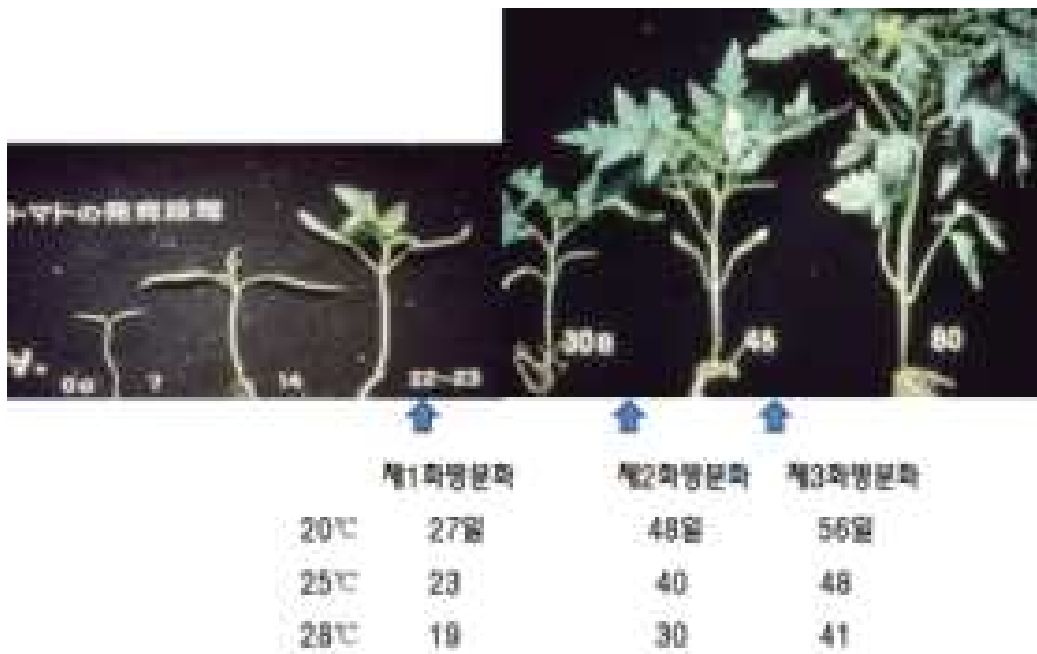


그림 3-14. 토마토 발육단계별 온도조건에 따른 화방분화(자료출처: 일본).

최근 외부환경의 영향을 받지 않고 환경조절이 용이한 폐쇄형 시설내에서 인공광을 이용하여 연중 균일한 고품질의 작물을 관행보다 더 빨리 생산할 수 있는 식물공장 기술이 주목받고 있다(Cho 등, 2012). 채소묘 생산에 있어서도 이러한 인공광형 식물공장 형태의 폐쇄형 육묘시스템이 일본에서 개발되어 상업화되었다. 인공광형 폐쇄형 육묘시스템은 적정 생육조건 조성, 높은 광이용효율, 단위면적당 높은 생산성, 생산기간의 단축 등 여러 장점을 갖고 있으며, 이러한 육묘시스템을 이용하여 연중 균일한 고품질 묘의 생산이 가능하다(Kozai 등, 2000; Kozai, 2012). 본 연구에서는 환경조절이 용이한 폐쇄형 육묘시스템에서의 1화방 저질위 착화기술 개발을 위하여, 폐쇄형 육묘시스템에서의 광주기, 광량 및 플러그 트레이 규격에 따른 토마토의 생육을 검토하였다.

나. 재료 및 방법

시험재료는 접수로서 토마토(*Solanum lycopersicum*) ‘슈퍼 모모타로’(코레곤, 한국)와 대목으로서 ‘비블로킹’(코레곤, 한국)을 이용하였다. 본 실험은 인공광형 폐쇄형 육묘시스템(L 3,300 × W 3,000 × H 3,000mm, ㈜ 파루, 한국)에서 수행되었다. 폐쇄형 육묘시스템 내에 설치된 4대의 다단식 육묘선반(L 2,777 × W 768 × H 2,081mm)은 4단으로 이루어졌으며, 각 단의 높이는 400mm이었다. 각 단에는 4개의 플러그 트레이를 배치시킬 수 있는 저면관수식 육묘용 베드(폴리스틸렌 발포 성형품)가 설치되었으며, 각 육묘베드의 상단에는 형광등(32W, 삼파장 주광색, FLR32SS, 오스람 코리아, 한국) 12개가 설치되었다. 각 단의 뒤쪽 측면에 설치된 4개의 순환팬(120× 120 × 38mm)은 공기순환을 위해 실험기간 중 계속 가동되었다. 폐쇄형 육묘시스템 내 설치된 냉·난방기를 이용하여 온도를 주야간 24/20℃ (12/12시간)로 설정하였다.

파종 다음날부터 매일 1회 육묘용 양액(EC 1.4dS·m⁻¹)을 15분간 저면관수 방법으로 공급하였다. 처리는 광주기 2수준, 광량 3수준 및 플러그 트레이 셀 규격 3가지를 조합하여, 모두 15처리를 하였다. 광량 처리는 각 단에 설치된 형광등의 개수를 조정, 플러그 트레이 바로 위에서 측정하여 PPF 140.10±6.6, 243.6±4.8, 335.0±1.3μmol·m⁻²·s⁻¹ 수준으로 처리하였다. 광주기는 하루 24시간 중 12시간 또는 24시간 연속광으로 처리하였다.

플러그 트레이(범농, 한국)의 셀 규격은 40공(플러그 트레이, W 280 x L 540 x H 50mm; 셀, W 5 x L 10mm; 셀 용량, 73mL), 50공(플러그 트레이, W 280 x L 540 x H 50mm; 셀, W 5 x L 10mm; 셀 용량, 73mL), 72공(플러그 트레이, W 280 x L 540 x H 45mm; 셀, W 6 x L 12mm; 셀 용량, 35mL)이었다. 40공, 50공, 72공 플러그 트레이 각각의 재식밀도는 단위 m² 면적에 각각 331주, 476주였다(PPF 244μmol·m⁻²·s⁻¹ 광주기 24시간 플러그 트레이 규격별 시험 제외).

시험구 배치는 분할구 계획법으로, 광량을 주구, 플러그 트레이의 셀 규격을 세구로 처리하였다. 처리시기는 1-2화방의 분화시기인 본엽 1-4매 전개기인 접수 및 육묘기간을 대상으로, 파종부터 18일까지 처리하였다. 원예용 상토(홍농 바이오상토, 동부팜홍농(주), 한국)를 충진한 플러그 트레이에 접수 및 대목을 파종하였다. 파종 후 플러그 트레이를 폐쇄형 육묘시스템 내 육묘베드 위에 위치시켜 육묘하였다.

파종 후 5일부터 9일까지 매일 처리당 10주씩의 시료를 채취하여, 초장, 경경, 생체중, SPAD 값, 엽면적을 측정하였다. 조사 후 시료를 80℃로 설정된 열풍건조기(DS-89, 다솔과학, 한국)에서 3일 이상 건조하여 건물중을 측정하였다. 조사 후 합접방법으로 접목 후 폐쇄형 육묘시스템 내 설치된 활착장치에서 접목활착을 진행하였다. 접목활착이 완료된 후 일주일간 폐쇄형 육묘시스템 내에서 육묘하였다. 이후 일반육묘시설의 벤치로 옮겨 1화방의 착화위치 및 개화일을 조사하였다. 수집된 자료는 시그마플롯(V.11, Systat Software Inc., UK)과 SAS 통계프로그램(v.9.1, SAS Institute, USA)을 이용하여 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

토마토는 육묘기간 동안에 영양생장과 꽃눈분화가 동시에 진행되어, 육묘기간 동안의 온도, 광, 영양 등 환경관리에 따라 묘의 생육 및 정식 후 생육, 꽃의 소질, 과실의 모양 및 크기, 수확 소요기간, 수량 등이 영향을 받기 때문에, 육묘시 환경관리가 매우 중요하다. 본 실험에서는 폐쇄형 육묘시스템에서의 광주기, 광량 및 플러그 트레이 규격에 따른 토마토의 생육 및 제1화방의 착화 특성을 검토하였다.

인공광형 폐쇄형 육묘시스템 내 육묘시 토마토 접수 및 대목의 생육은 광량 및 플러그 트레이 셀 규격에 따라 유의적인 차이를 나타냈다(그림 3-15, 표 3-10 및 표 3-11). 토마토 접수와 대목의 생육은 지상부 건물중은 광량과 플러그 트레이의 셀 크기가 증가할수록 증가하였으며, 광량과 플러그 트레이의 셀 크기 증가에 따른 지상부의 건물중의 증가는 육묘일수가 경과함에 따라 커졌다.

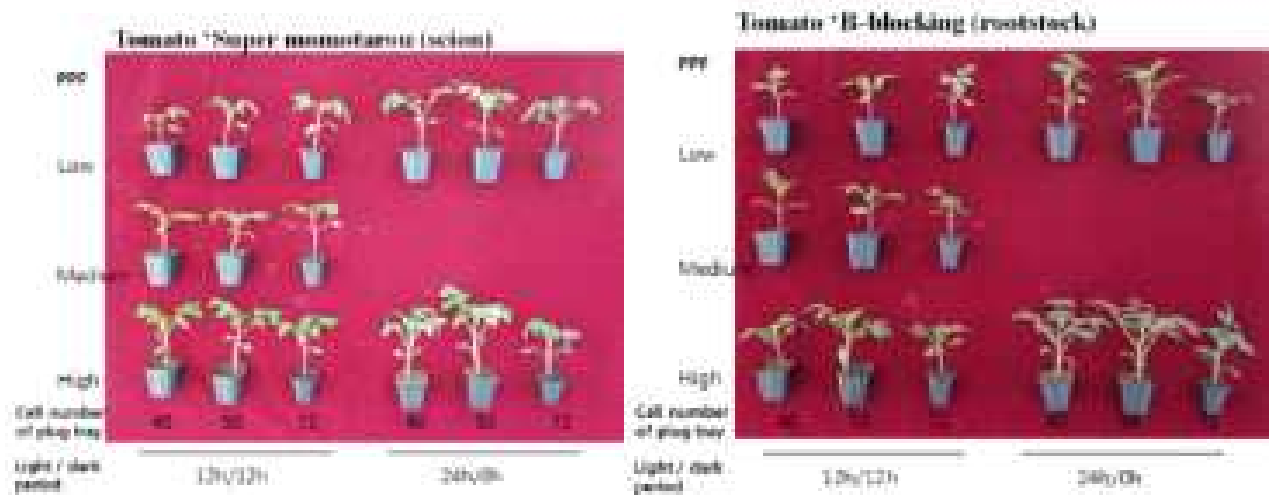


그림 3-15. 광주기, 광량 및 플러그 트레이 규격에 따른 토마토의 생육(과종 18일 후).

표 3-10. 폐쇄형 육묘시스템 내에서 육묘된 토마토 집수의 광주기, 광량 및 플러그 트레이 규격별 생육.

Treatment			Shoot length (cm)	Stem diameter (mm)	Chlorophyll (SPAD)	Number of leaves	Leaf area (cm ²)	Dry weight (mg)		SLA ^y (cm ² /g)	DM (%)
Photo-period	PPF ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	CN ^z						Shoot	Root		
<i>13 days after sowing</i>											
12	140	40	4.5	1.2	38.3	2.0	3.7	10.6	0.4	455.9	5.8
12	140	50	4.1	1.4	40.9	2.0	3.7	11.2	0.5	427.6	6.9
12	140	72	4.3	1.4	35.3	2.0	4.6	12.8	0.2	439.9	5.6
12	244	40	4.7	1.2	39.5	2.1	5.0	17.6	0.8	338.0	6.8
12	244	50	5.5	1.2	38.5	2.1	5.0	16.9	1.1	362.1	7.5
12	244	72	5.0	1.3	37.2	2.0	6.4	23.5	0.7	334.3	6.8
12	335	40	4.4	1.2	39.1	2.2	5.6	21.7	0.7	334.5	6.9
12	335	50	4.2	1.1	35.6	2.0	5.6	20.5	0.6	335.5	6.9
12	335	72	4.1	1.2	40.1	2.2	7.1	22.2	0.8	399.1	6.3
24	140	40	4.3	0.9	36.8	2.2	6.3	25.0	0.8	302.2	6.7
24	140	50	4.3	1.2	38.7	2.2	8.4	30.2	0.8	329.7	6.4
24	140	72	3.8	1.2	37.1	2.2	5.8	20.9	0.5	329.3	6.3
24	335	40	3.6	1.6	46.2	3.7	11.6	50.3	5.8	263.9	7.2
24	335	50	3.3	1.7	40.8	3.2	12.0	60.4	3.2	216.7	8.1
24	335	72	3.8	1.9	45.0	3.2	10.8	55.7	5.4	224.3	7.6
Photoperiod (A)			<0.0001	0.0004	0.0061	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0126	<0.0001	0.0012
PPF (B)			<0.0001	0.0013	0.0164	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0029	<0.0001	<0.0001
CN (C)			0.4360	0.0316	0.4657	0.2802	0.2429	0.0961	0.6385	0.9309	0.0027
A x B			0.0167	<0.0001	0.0064	<0.0001	0.0004	<0.0001	0.0052	0.9791	0.0786
A x C			0.6176	0.1526	0.7030	0.5257	0.0002	0.0159	0.7906	0.4809	0.3512
B x C			0.0011	0.3403	0.0104	0.5276	0.6764	0.5083	0.8177	0.4094	0.8590
A x B x C			0.0458	0.5655	0.4522	0.5257	0.4801	0.2377	0.6885	0.0553	0.0202
<i>15 days after sowing</i>											
12	140	40	6.0	1.1	2.1	29.0	7.0	20.0	0.6	459.2	6.7
12	140	50	5.4	1.4	2.5	26.5	9.2	22.7	0.3	537.1	6.0
12	140	72	6.5	1.4	3.0	30.2	10.9	33.4	1.1	417.9	7.4
12	244	40	5.4	1.6	3.1	29.3	13.1	37.7	1.6	433.9	6.6
12	244	50	5.0	1.6	3.0	31.1	13.1	40.0	1.6	402.1	7.7
12	244	72	6.7	1.8	3.0	33.8	13.8	47.6	2.9	386.0	7.0
12	335	40	6.4	2.2	3.2	35.5	17.1	56.5	2.6	390.6	5.6
12	335	50	6.2	2.0	3.0	35.8	16.5	60.9	2.9	333.6	6.4
12	335	72	7.0	2.0	3.1	36.5	12.9	50.0	3.6	375.8	6.0
24	140	40	6.0	2.1	2.9	35.9	17.7	65.0	3.2	345.7	6.2
24	140	50	5.7	2.1	3.0	34.6	19.9	66.9	2.8	371.2	6.2
24	140	72	5.1	1.9	3.0	35.2	13.7	51.3	3.2	364.5	6.2
24	335	40	6.4	2.6	3.5	45.5	22.4	128.3	10.8	226.9	7.5
24	335	50	7.1	2.8	3.9	42.4	31.1	141.2	9.3	274.6	6.7
24	335	72	6.0	2.4	3.9	45.7	23.0	100.3	7.4	281.4	6.3
Photoperiod (A)			0.0104	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.3870
PPF (B)			<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1151
CN (C)			0.0131	0.7566	0.0146	0.0280	<0.0001	0.0083	0.7592	0.5758	0.8248
A x B			0.2033	0.0177	0.0907	0.0744	0.1161	<0.0001	<0.0001	0.7887	0.0017
A x C			<0.0001	0.0059	0.6852	0.1873	0.0002	0.0005	0.0381	0.1421	0.0756
B x C			0.0016	0.0810	0.4952	0.0319	0.1529	0.0316	0.6438	0.0832	0.0585
A x B x C			.4547	0.0028	0.1947	0.0004	0.0001	0.8211	0.1523	0.0297	0.0563

<i>18 days after sowing</i>											
12	140	40	6.3	2.0	3.7	40.4	27.1	35.9	1.3	684.0	3.8
12	140	50	8.3	2.3	4.2	38.3	37.5	48.5	2.0	962.2	2.6
12	140	72	7.5	2.0	4.1	38.9	28.9	50.1	2.2	1020.1	2.3
12	244	40	7.3	2.1	4.0	39.2	20.9	76.4	6.1	327.2	7.1
12	244	50	7.2	2.4	4.0	37.4	27.4	85.9	5.3	444.8	6.3
12	244	72	7.3	1.9	3.9	37.4	24.8	84.7	9.4	451.9	5.6
12	335	40	6.5	2.0	3.5	31.0	21.2	50.4	3.9	531.8	5.3
12	335	50	7.7	2.2	3.7	36.3	20.6	65.4	4.1	439.0	6.3
12	335	72	6.2	2.0	3.1	33.3	20.0	53.1	3.0	527.1	5.7
<hr/>											
24	140	40	6.3	2.0	3.7	39.8	27.1	86.3	6.8	441.3	6.3
24	140	50	8.2	2.3	4.2	38.3	37.5	116.2	7.2	419.8	6.4
24	140	72	7.5	2.0	4.1	75.1	28.9	80.8	6.0	428.4	6.0
24	335	40	7.0	2.8	4.5	47.4	31.9	200.4	18.6	235.9	8.0
24	335	50	8.2	3.5	5.0	45.4	47.0	243.2	20.3	254.8	8.0
24	335	72	7.7	3.1	4.7	44.5	35.3	170.5	18.2	228.1	8.7
<hr/>											
Photoperiod (A)			0.0008	<0.0001	0.0992	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
PPF (B)			0.2557	<0.0001	0.5397	0.0829	0.1410	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
CN (C)			<0.0001	<0.0001	0.3811	0.0002	<0.0001	<0.0001	0.6826	0.0109	0.0969
A x B			0.0003	<0.0001	0.9716	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0008	0.0543
A x C			0.1931	0.1561	0.3186	0.2078	0.0006	<0.0001	0.7118	0.0076	0.1892
B x C			<0.0001	0.1276	0.5988	0.0191	0.3079	0.0791	0.1070	0.0139	0.0114
A x B x C			0.2435	0.1561	0.2565	0.2078	0.0006	0.4314	0.7185	0.0006	0.0337

^zCN: Cell number of plug tray.

^ySLA: Specific leaf area (leaf area/leaf dry weight).

표 3-11. 폐쇄형 육묘시스템 내에서 육묘된 토마토 대목의 광주기, 광량 및 플러그 트레이 규격별 생육.

Treatment			Shoot length (cm)	Stem diameter (mm)	Chlorophyll (SPAD)	Number of leaves	Leaf area (cm ²)	Dry weight (mg)		SLA ^y (cm ² /g)	DM (%)	
Photo-period	PPF ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	CN ^z						Shoot	Root			
<i>13 days after sowing</i>												
12	140	40	4.3	1.9	1.9	31.2	3.2	9.0	0.1	480.7	6.1	
12	140	50	4.0	1.0	2.0	31.3	3.8	10.0	0.5	474.9	5.9	
12	140	72	4.4	1.0	1.8	30.6	4.2	9.5	0.2	547.6	6.2	
12	244	40	5.3	1.0	2.0	34.3	6.2	16.1	1.2	455.1	6.0	
12	244	50	-	1.3	2.1	31.3	6.4	15.6	0.2	484.7	5.4	
12	244	72	5.1	1.0	2.1	31.0	5.9	13.7	0.3	512.3	5.4	
12	335	40	3.9	1.3	2.1	31.8	5.9	19.1	1.2	375.1	6.3	
12	335	50	3.8	1.1	2.7	32.6	7.5	24.4	1.2	358.6	6.6	
12	335	72	3.6	1.2	3.0	30.9	7.2	21.8	1.0	393.2	6.7	
24	140	40	3.9	1.4	2.9	36.3	8.9	25.8	1.8	401.5	6.3	
24	140	50	3.6	1.4	3.0	35.0	9.0	27.7	1.2	377.4	6.5	
24	140	72	3.9	1.2	2.9	35.2	9.0	25.1	1.1	415.1	6.3	
24	335	40	4.4	1.4	2.9	44.9	9.1	43.7	2.6	244.1	7.3	
24	335	50	4.7	1.6	3.1	42.4	9.1	49.5	5.9	216.2	8.5	
24	335	72	5.1	1.6	3.3	42.3	10.0	51.9	2.2	222.0	7.3	
Photoperiod (A)			<0.0001	0.3639	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0301	<0.0001	<0.0001	
PPF (B)			<0.0001	0.4712	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0146	<0.0001	<0.0001	
CN (C)			0.4361	0.3123	0.0740	0.0043	0.0740	0.0769	0.3553	0.9309	0.0256	
A x B			<0.0001	0.21201	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.2878	0.9791	0.0157	
A x C			0.4039	0.2799	0.4895	0.3511	0.4895	0.6650	0.6806	0.4809	0.2067	
B x C			0.7163	0.6189	0.6211	0.0005	0.6211	0.1053	0.6846	0.4094	0.3533	
A x B x C			0.3509	0.2992	0.8600	0.1627	0.8600	0.2641	0.3522	0.0553	0.9702	
<i>15 days after sowing</i>												
12	140	40	5.2	1.2	2.5	25.8	7.7	19.3	0.8	527.2	6.3	
12	140	50	5.0	1.2	2.8	26.0	8.7	23.4	0.8	481.4	6.8	
12	140	72	5.2	1.3	2.2	26.8	7.4	18.5	1.1	509.9	6.1	
12	244	40	5.5	1.8	3.0	30.2	12.9	39.2	1.8	397.9	6.9	
12	244	50	5.6	1.8	3.1	29.8	15.0	43.1	2.4	432.8	6.5	
12	244	72	6.0	1.8	3.1	31.3	13.6	31.0	1.7	562.0	4.9	
12	335	40	5.6	2.2	3.0	31.9	17.7	53.3	2.9	417.2	5.2	
12	335	50	5.5	2.1	3.0	32.6	18.6	51.4	3.7	444.1	4.9	
12	335	72	6.0	2.0	3.0	33.2	14.8	49.3	2.9	366.0	5.9	
24	140	40	4.9	2.1	3.0	35.9	23.3	55.5	3.9	502.4	5.8	
24	140	50	4.9	2.0	3.3	35.9	21.9	49.6	2.9	539.9	4.5	
24	140	72	5.2	2.0	3.0	36.9	22.4	53.1	3.7	500.1	4.8	
24	335	40	5.4	3.0	4.9	45.2	35.0	164.8	25.3	241.4	6.9	
24	335	50	5.9	3.2	5.0	44.1	36.4	178.1	20.7	236.4	6.7	
24	335	72	5.7	2.9	4.4	43.1	29.5	139.0	14.7	247.4	7.4	
Photoperiod (A)			0.4294	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0005	0.4480
PPF (B)			<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0010
CN (C)			0.0080	0.1821	0.6900	<0.0001	0.6900	<0.0001	0.0028	0.0892	0.0017	
A x B			0.6488	0.1959	0.1889	<0.0001	0.1889	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
A x C			0.1414	0.5478	0.5318	0.5528	0.5318	0.0436	0.0018	0.5255	0.0786	
B x C			0.4868	0.0812	0.8765	0.1591	0.8765	0.0157	0.0134	<0.0001	<0.0001	
A x B x C			0.3223	0.1190	0.5510	0.0029	0.5510	0.0012	0.0056	0.0489	0.0160	

18 days after sowing											
12	140	40	6.3	3.2	5.9	46.9	47.8	37.3	1.5	1,575.3	1.1
12	140	50	7.7	3.6	6.0	46.9	58.0	41.4	1.6	1,857.4	1.0
12	140	72	6.7	3.0	5.3	47.6	39.7	34.8	1.7	1,418.2	1.3
12	244	40	5.8	2.1	4.1	37.4	28.6	86.4	4.7	399.3	6.4
12	244	50	5.9	2.3	4.2	34.3	29.3	93.4	6.5	371.4	6.5
12	244	72	6.7	1.8	4.0	35.8	22.6	73.3	4.5	383.5	6.6
12	335	40	5.9	1.9	4.0	31.6	18.0	51.9	2.0	427.6	5.7
12	335	50	6.4	1.8	3.9	30.8	23.8	64.1	2.5	446.8	6.3
12	335	72	6.0	1.8	4.0	32.7	17.1	48.5	2.5	459.0	6.2
24	140	40	6.3	3.2	5.9	46.9	47.8	287.9	29.2	196.5	8.5
24	140	50	7.7	3.6	6.0	46.9	58.0	320.4	30.1	217.7	8.0
24	140	72	6.7	3.0	5.3	47.6	39.7	144.3	12.4	331.9	5.7
24	335	40	6.8	2.4	4.3	37.3	32.2	131.8	5.2	313.7	9.1
24	335	50	6.9	2.6	4.9	39.3	39.8	206.5	20.2	237.9	11.3
24	335	72	6.1	2.4	4.1	37.2	28.9	110.9	5.8	348.4	8.6
Photoperiod (A)			0.0308	<0.0001	<0.0001	0.0004	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
PPF (B)			0.0005	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
CN (C)			0.0021	<0.0001	0.7754	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.6911	0.0002
A x B			0.0993	<0.0001	0.0003	0.0028	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
A x C			0.6257	0.3495	0.3994	0.0080	0.5995	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
B x C			0.0028	0.0038	0.5370	0.0141	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0002	0.0395
A x B x C			0.6554	0.3495	0.3994	0.0080	0.5997	<0.0001	<0.0001	0.0013	0.1037

^zCN: Cell number of plug tray.

^ySLA: Specific leaf area (leaf area/leaf dry weight).

Kim과 Park(2002)의 보고에 의하면, 인공광 하에서 오이 플러그묘 육묘시 광량이 증가함에 따라 광합성, 건물중, 엽수 등이 증가하였다. 또한 Kitaya 등(1998)은 높은 건물률과 낮은 지상부/지하부 비율, 비엽면적(specific leaf area, 엽면적/엽중), 배축장을 특징으로 한 탄탄한 상추묘를 고품질묘로 정의하고, PPF 100-300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 광량범위에서 상추묘의 생육을 검토하였을 때 광량의 증가에 따라 상추묘의 건물률과 엽수가 증가한 반면 지상부/지하부 비율, 비엽면적(specific leaf area, 엽면적/엽중), 배축장이 감소하여, 고품질 상추묘 생산을 위해서는 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이상의 광량이 추천된다고 보고하였다. 본 연구에서도 광량의 증가에 따라 건물중 및 엽 전개속도가 증가하였으며, 그와 함께 높은 건물률과 낮은 비엽면적(specific leaf area, 엽면적/엽중), 배축장의 경향을 보여, 광량 증가에 따라 묘의 품질이 향상됨을 확인할 수 있었다. 또한 암기 없이 하루 24시간 연속광을 조사함으로써 생육을 더욱 촉진할 수 있었다.

표 3-12에 광량, 광주기 및 플러그 트레이 규격에 따른 토마토 1화방의 착화절위 및 1번 화의 개화일, 개화수를 나타냈다. 1화방의 착화절위는 10-11절이었으며, 1번 화의 개화소요일은 파종 후 74-84일로 플러그 트레이의 셀 크기가 클수록 짧아졌다. 1화방의 개화수는 4개 내외였다. 결론적으로, 인공광형 폐쇄형 육묘시스템 내 토마토 접수, 대목 및 접목묘 육묘를 통하여, 10-11절에 안정적으로 착화됨을 확인할 수 있었다. 인공광형 폐쇄형 육묘시스템을 이용한 토마토 접수 및 대목 육묘를 위해서는 생육 및 공간이용효율을 고려한 광 환경 관리 및 플러그 트레이 선정이 필요하며, 각 조건에 따라 접수와 대목의 육묘일수를 조정할 필요가 있다. 아울러 광량 증가에 따라 묘의 생육 및 품질이 향상되므로, 검토된 범위 내에서 가능한 광량을 높여주는 관리가 추천된다.

표 3-12. 광량, 광주기 및 플러그 트레이 규격에 따른 토마토 1화방의 착화특성.

PPF	Treatment		Node of first flower truss	Number of flowers	Days to flowering
	Photo-period	Plug cell size			
140	12	50	11.0±0.0 ^z	4.0±0.6	75.7±3.9
		72	10.4±0.7	4.5±0.8	83.8±2.8
244	12	50	10.8±0.4	4.5±0.7	73.4±4.1
335	12	50	10.5±0.5	4.4±0.7	74.1±1.6
		72	10.7±0.6	4.3±0.9	79.3±3.6
140	24	72	11.4±0.5	4.0±0.6	83.2±3.0

^zmean±standard deviation.

라. 요약

환경조절이 용이한 인공광형 폐쇄형 육묘시스템에서의 1화방 저절위 착화기술 개발을 위하여, 폐쇄형 육묘시스템에서의 광주기, 광량 및 플러그 트레이 규격에 따른 토마토의 생육을 검토하였을 때, 토마토 접수 및 대목의 생육은 광주기, 광량 및 플러그 트레이 셀 규격에 따라 유의적인 차이를 나타냈다. 토마토 접수와 대목의 생육은 지상부 건물중은 광량과 플러그 트레이의 셀 크기가 증가할수록 증가하였으며, 광량과 플러그 트레이의 셀 크기 증가에 따른 지상부 건물중의 증가는 육묘일수가 경과함에 따라 커졌다. 광량의 증가에 따라 건물중 및 엽 전개속도가 증가하였으며, 그와 함께 높은 건물중과 낮은 비엽면적(specific leaf area, 엽면적/엽중), 배축장의 경향을 보여, 광량 증가에 따라 묘의 품질이 향상됨을 확인할 수 있었다. 또한 암기 없이 하루 24시간 연속광을 조사함으로써 생육을 더욱 촉진할 수 있었다. 인공광형 폐쇄형 육묘시스템에서 생산된 토마토 접목묘의 1화방 착화절위는 10-11절이었으며, 1번 화의 개화소요일은 과종 후 74-84일로 플러그 트레이의 셀 크기가 클수록 짧아졌다. 이와 같이 접수 및 대목 생산시 인공광형 폐쇄형 육묘시스템을 이용하여 적절한 환경관리를 해줌으로써, 묘 생산기간을 단축하고 연중 고품질의 묘를 안정적으로 생산할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 과채류 접목묘 고온기 도장억제 기술 개발

가. 서언

플러그묘는 기존의 포트묘에 비해 공간이용효율 및 작업의 용이성 등의 다양한 장점으로 1990년 초반부터 플러그묘 생산은 급속하게 발전하여 전국에 200여개의 공정육묘장이 설치되어 운영되고 있다. 플러그트레이를 이용한 육묘는 매우 좁은 공간에서 밀식되어 생산되기 때문에 고온과 약광 또는 다습 조건하에서 도장하기 쉬워, 묘 품질이 저하되는 경우가 빈번히 발생되고 있다 (Um 등, 2009). 여름철 고온기 및 장마기간 동안은 그림 3-16과 같이 일조 시간이 부족하여 약광 상태는 플러그묘의 도장이 더욱 촉진된다.

현재 성장조절효과가 있는 살균제를 이용한 생육조절이 일반적으로 이루어지고 있다. 도장이 억제된 건전묘 생산을 위해 과다한 성장억제제를 사용함으로써 기형묘 생산, 인체 유해성 논란 등 여러 가지 문제점이 발생하고 있는 실정이다. 도장 경감을 위한 친환경적인 방법의 구명은 공정육묘장 및 농가차원에서 가장 시급한 기술이라고 할 수 있으며 이에 대한 대안 기술의 개발이 요구되고 있다. 따라서 본 연구는 여름철 고온기 동안 차광 조건에서 LED광을 통한 토마토, 오이 접목묘의 도장 경감 효과를 검토하였다.

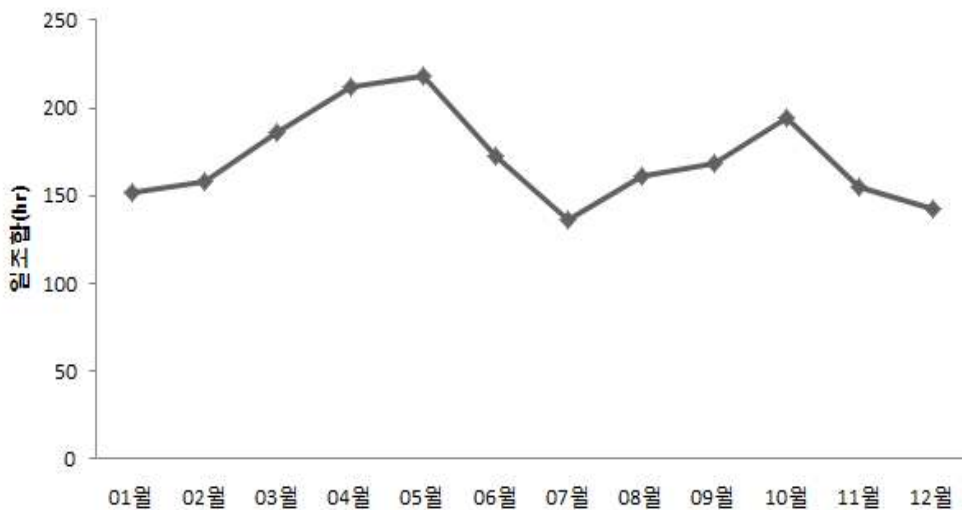


그림 3-16. 전주 지역 월별 일조시간 30년 평년값(1981-2010년).

나. 재료 및 방법

시험재료로 토마토(*Solanum lycopersicum* L.) 접목묘는 접수 ‘슈퍼썬로드’와 대목으로서 ‘간바루네11호’를 오이(*Cucumis sativus* L.) 접목묘는 접수 ‘신세대’와 대목으로서 ‘흑중’을 이용하였다. 차광처리는 접목 활착 완료 후 70% 차광율의 알루미늄 차광막을 이용하여 차광하였으며, 차광 조건에서의 광질 처리는 표 3-13과 같이 LED 청색광 단일, 적색광 단일, 청색광 1: 적색광 1 및 청색광 1: 적색광 2 비율의 4조합으로 하여, 모두 6처리를 하였다. 차광 조건에서의 LED 보광 처리는 06:00부터 18:00까지 12시간 동안 연속 조사하였다.

토마토, 오이 접목묘 작물별로 LED 보광 처리 14일 후 초장, 경경, 생체중, SPAD 값, 엽면적 등의 묘 생육을 조사하였다. 조사 후 시료를 80℃로 설정된 열풍건조기(DS-89, 다솔과학, 한국)에서 3일 이상 건조하여 건물중을 측정하였다. 본 실험은 국립원예특작과학원 채소과 공정육묘유리온실에서 수행하였으며, 수집된 자료는 SAS 통계프로그램(v.9.1, SAS Institute, USA)을 이용

하여 분석하였다.



그림 3-17. 토마토 및 오이 집목 활착 후 LED 보광 처리 기간 동안의 온도 변화.

표 3-13. LED 보광 조건 및 파장별 광량($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Treatments	청색광(B) (440-470nm)	적색광(R) (650-680m)	원적색광(FR) (710-740nm)	R/FR 비율	총 광량 (300-1,000nm)
무차광	88	103	102	1.01	1,543
70% 차광	15	16	12	1.33	244
70% 차광 + B (청색광)	46	22	17	1.26	378
70% 차광 + R (적색광)	16	46	15	3.07	326
70% 차광 + B 1 : R 1	32	32	17	1.85	365
70% 차광 + B 1 : R 2	33	44	23	1.93	474

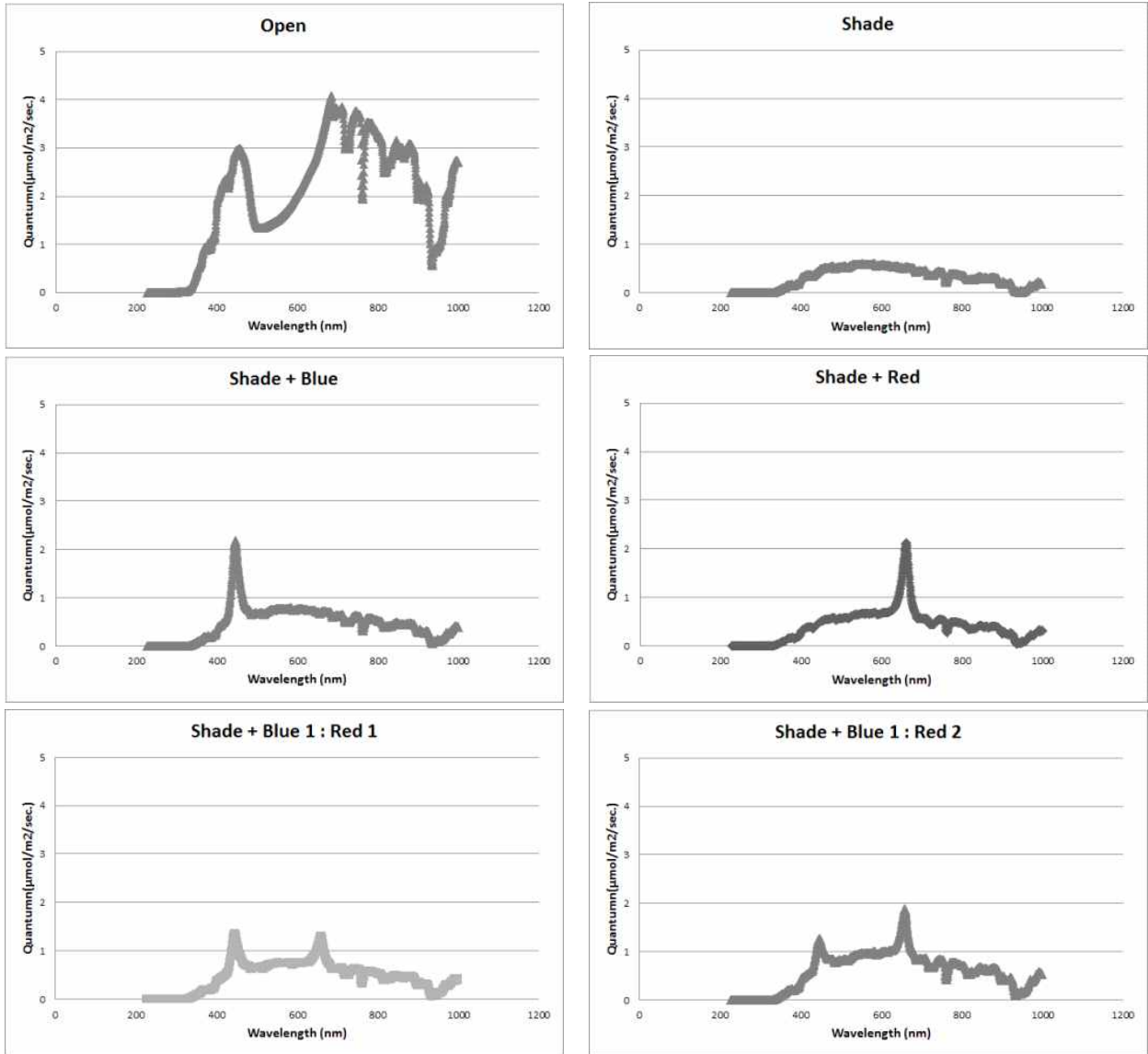


그림 3-18. 차광 조건과 LED 광질 비율에 따른 파장별 광 분포.

다. 결과 및 고찰

오이 접목 활착 후 차광 및 차광 + LED 광 조합 보광 처리 14일 후 오이 접목묘 생육은 차광 및 LED 광 조합에 따라 유의적 차이는 보이지 않았다(그림 3-19, 표 3-14). LED 보광 조합에서는 차광 처리구보다 초장 도장 경감, 생체중, 건물중 등이 증가하였다. 특히, LED 보광 조합에서 적색광 비율이 증가함에 따라 도장 경감, 생체중, 건물중 등의 증가 효과도 증가하는 경향을 보였으며, 적색광 단일 처리에서 가장 우수하였다.

표 3-15에서는 차광 및 LED 광 조합 처리에 따른 오이 접목묘의 비엽면적(specific leaf area, 엽면적/엽중), 건물중비(dry matter content, 건물중/생체중) 및 지상부/지하부 비율 등의 성장 해석을 비교 하였다. 오이 접목묘 성장 해석 지표들은 차광 및 LED 광 조합에 따라 유의적 차이를 보였다. 모든 LED 보광 처리구에서 차광 처리구보다 낮은 비엽면적 결과를 보여 LED 보광에 따른 탄탄한 묘 생육을 확인 하였다. LED 광 조합에서는 적색광이 포함된 처리구들이 청색광만 포함된 처리구보다 상대적으로 낮은 비엽면적과 지상부/지하부 비율 값을 보였으며, 특히 적색광 단일 처리에서 효과가 가장 우수하였다.

결론적으로, 오이 접목 활착 후 고온기 및 일조 부족에 따른 오이 접목묘 도장 경감을 위한 LED 보광 효과를 확인 할 수 있었다. LED 보광에 따른 도장 경감 및 건전한 오이 접목묘 생산을 위해 적색광 비율이 높은 광질 조합이 추천된다.



그림 3-19. 차광 및 LED 광질 비율에 따른 오이 접목묘 생육(처리 14일 후).

표 3-14. 차광 조건과 LED 광질 비율에 따른 처리 14일 후 오이 접목묘 생육.

Treatment	Shoot length (cm)	Number of leaves	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (mg)			Dry weight (mg)		
					Shoot	Stem	Root	Shoot	Stem	Root
Non shade	33.1 ab ^Z	5.1 a	38.5 a	298.0 a	6,291 ab	4,301 a	1,533 a	652 a	288 a	110 a
Shade	35.6 a	5.1 a	37.9 a	298.6 a	6,198 b	3,999 a	1,089 c	582 a	243 b	58 c
Shade+Blue	32.5 b	5.1 a	38.6 a	315.9 a	6,796 a	4,113 a	1,155 bc	635 a	253 b	69 bc
Shade+Red	31.8 b	4.9 a	37.4 a	298.9 a	6,553 ab	4,016 a	1,432 ab	651 a	259 b	91 ab
Shade+Blue1 : Red1	31.8 b	5.0 a	38.0 a	299.1 a	6,520 ab	3,974 a	1,239 bc	629 a	257 b	86 ab
Shade+Blue1 : Red2	32.2 b	5.1 a	36.4 a	307.7 a	6,627 ab	4,162 a	1,431 ab	630 a	260 b	93 ab
Significance	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	***

^ZMean separation by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

표 3-15. 차광 조건과 LED 광질 비율에 따른 처리 14일 후 오이 접목묘 성장 해석.

Treatment	SLA (cm ² /g)	TR Ratio	Dry matter content (Dg/Fg)			
			Shoot	Stem	Root	Plant
Non shade	463.0 b ^Z	8.8 c	0.104 a	0.067 a	0.071 a	0.086 a
Shade	516.6 a	15.7 ab	0.094 b	0.061 b	0.056 b	0.078 b
Shade+Blue	504.8 ab	16.5 a	0.093 b	0.061 b	0.057 b	0.078 b
Shade+Red	461.6 b	11.7 bc	0.100 ab	0.065 ab	0.061 ab	0.083 ab
Shade+Blue1 : Red1	480.2 ab	11.4 bc	0.096 ab	0.065 ab	0.070 a	0.082 ab
Shade+Blue1 : Red2	489.1 ab	10.3 c	0.095 b	0.063 ab	0.064 ab	0.080 b
Significance	*	**	*	*	**	*

^ZMean separation by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

토마토 접목 활착 후 차광 및 차광 + LED 광 조합 보광 처리 14일 후 토마토 접목묘 생육은 차광 및 LED 광 조합에 따른 초장은 유의적인 차이는 없었으나, 엽수, 엽면적, 엽과 줄기의 생체중 및 건물중 결과는 유의적 차이를 보였다(그림 3-20, 표 3-16). 특히, LED 보광 조합에는 청색광과 적색광 혼합 처리구에서 생체중, 건물중 등의 증가 효과도 증가하는 경향을 보였으며, 청색광과 적색광 1:1 조합에서 가장 우수하였다.

표 3-17에서는 차광 및 LED 광 조합 처리에 따른 토마토 접목묘의 비엽면적(specific leaf area, 엽면적/엽중), 건물중비(dry matter content, 건물중/생체중) 및 지상부/지하부 비율 등의 생장 해석을 비교 하였다. 토마토 접목묘 생장 해석 지표들 중에 비엽면적과 줄기의 건물중비는 차광 및 LED 광 조합에 따라 유의적 차이를 보였다. 모든 LED 보광 처리구에서 차광 처리구보다 낮은 비엽면적과 지상부/지하부 비율 결과를 보여 LED 보광에 따른 탄탄한 묘 생육을 확인 하였다. LED 광 조합에서도 청색광과 적색광이 혼합된 처리구들이 청색광 및 적색광 단일 처리구보다 상대적으로 낮은 비엽면적과 지상부/지하부 비율 값을 보였으며, 청색광과 적색광 1:1 조합 처리에서 효과가 가장 우수하였다.

결론적으로, 토마토 접목 활착 후 고온기 및 일조 부족에 따른 토마토 접목묘 도장 경감을 위해서는 LED 보광 효과를 확인 할 수 있었다. LED 보광에 따른 도장 경감 및 건전한 토마토 접목묘 생산을 위해 청색광과 적색광의 혼합 효과가 우수하였으며, 청색광과 적색광 1:1 조합이 추천된다.



그림 3-20. 차광 및 LED 광질 비율에 따른 토마토 접목묘 생육(처리 14일 후).

표 3-16. 차광 조건과 LED 광질 비율에 따른 처리 14일 후 토마토 접목묘 생육.

Treatment	Shoot length (cm)	Number of leaves	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (mg)			Dry weight (mg)		
					Shoot	Stem	Root	Shoot	Stem	Root
Non shade	20.3 a ^Z	6.8 a	41.0 ab	81.2 ab	2,947 a	2,307 ab	1,432 a	364 a	215 ab	89 ab
Shade	20.5 a	6.9 a	40.6 ab	88.1 a	3,050 a	2,136 ab	1,494 a	329 ab	182 bc	70 b
Shade+Blue	21.1 a	6.3 b	41.0 ab	72.5 b	2,407 b	1,975 b	1,415 a	292 b	171 c	74 b
Shade+Red	20.2 a	6.6 ab	40.1 b	84.0 ab	2,894 a	2,082 b	1,451 a	324 ab	190 abc	86 ab
Shade+Blue1 : Red1	20.7 a	6.7 ab	41.0 ab	93.3 a	3,352 a	2,419 a	1,631 a	395 a	230 a	144 a
Shade+Blue1 : Red2	20.4 a	7.0 a	42.2 a	92.7 a	3,152 a	2,297 ab	1,628 a	369 a	211 abc	94 a
Significance	NS	*	NS	*	**	*	NS	*	*	NS

^ZMean separation by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

표 3-17. 차광 조건과 LED 광질 비율에 따른 처리 14일 후 토마토 접목묘 성장 해석.

Treatment	SLA (cm ² /g)	TR Ratio	Dry matter content (Dg/Fg)			
			Shoot	Stem	Root	Plant
Non shade	226.3 c ^Z	6.8 a	0.122 a	0.093 a	0.062 ab	0.099 ab
Shade	273.3 a	7.7 a	0.107 a	0.085 b	0.049 b	0.087 b
Shade+Blue	254.0 ab	6.8 a	0.134 a	0.085 b	0.053 ab	0.093 ab
Shade+Red	260.4 ab	6.4 a	0.112 a	0.090 ab	0.060 ab	0.093 ab
Shade+Blue1 : Red1	237.5 bc	6.1 a	0.118 a	0.095 a	0.084 a	0.104 a
Shade+Blue1 : Red2	254.5 ab	6.6 a	0.116 a	0.091 ab	0.057 ab	0.095 ab
Significance	**	NS	NS	*	NS	NS

^ZMean separation by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

라. 요약

고온기 일조 부족기간의 오이 및 토마토 접목묘의 도장 경감 기술 개발을 위하여, LED 보광을 위한 광질 조합 비율을 검토하였다. 고온기 일조부족 조건에서 LED 보광 처리에서 오이 및 토마토 접목묘 모두 LED 보광에 따른 도장 경감 효과를 보였으나, 청색광과 적색광의 조합과 비율에 따라 작물별 LED 보광 효과가 달랐다. 오이 접목묘 생육은 적색광의 비율이 증가함에 따라 도장 경감, 생체중 및 건물중 증가와 비엽면적 감소 결과를 보였으며, 적색광 단일 처리에서 효과가 가장 우수하였다. 반면 토마토 접목묘의 경우에는 청색광과 적색광 혼합 처리구에서 생체중, 건물중 등의 증가 효과도 증가하는 경향을 보였으며, 청색광과 적색광 1:1 조합에서 가장 우수하였다. 이와 같이 고온기 일조 부족 조건에서 오이 및 토마토 접목묘의 LED 보광의 도장 경감 효과와 적정 광질 조합과 비율이 확인 되어 고품질 묘를 안정적으로 생산할 수 있을 것으로 기대 된다. 또한, 과채류 접목묘 안정 생산을 위한 LED 보광에 대한 작물 확대를 위해서는 각 작물별 적정 광질 비율에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

6. 건전묘 생산을 위한 병해충 간이진단 적용기술 개발

가. 서언

농촌의 노동인력 감소와 고령화로 재배농가에서 직접 묘를 키워 재배하던 과거와는 달리, 최근에는 많은 채소 재배농가에서 공정육묘장에서 생산된 채소묘를 구입하여 재배하고 있다. 채소농가의 채소묘 구입비율은 수박 67%, 오이 61%, 토마토 71%, 고추 52% 등으로 구입률이 상당히 높은 것으로 보고되고 있다(KREI, 2011). 공정묘 생산은 ‘종자 공급 → 묘생산·판매 → 이용(재배)’의 연계 메커니즘을 가지며, 종자 회사와 공정육묘장 및 공정육묘장과 재배 농가 사이에는 끊임없는 분쟁이 발생하고 있다(KREI, 2011).

분쟁 발생의 가장 큰 원인 중 하나인 병해충 감염묘와 관련하여, 최근 외래 병해충의 빈발(담배가루이, 총채벌레, 박과채소 과실썩음병, 토마토 황화잎말림바이러스(TYLCV, Tomato yellow leaf curl virus), 토마토 반점위조바이러스(TSWV, Tomato spotted wilt virus), 봉선화 괴저반점바이러스(INSV) 등) 및 공정묘의 전국 유통에 따른 병해충 확산 위험이 증대되고 있으며, 시설의 연중 가동에 따른 병해충 방제의 어려움 또한 가중되고 있다.

토마토 반점위조바이러스(TSWV) 및 토마토 황화잎말림바이러스(TYLCV)는 각각 총채벌레와 담배가루이를 통해 매개된다. TSWV 또는 TYLCV에 감염된 식물체는 수확량이 크게 감소하거나 수확을 거의 할 수 없을 정도로 피해가 크기 때문에, 저항성 품종 개발 및 경종적 대책 등이 검토되고 있다. TSWV 또는 TYLCV에 의한 피해를 줄이기 위해서는 바이러스에 감염되지 않은 건전묘의 이용이 중요하다.

담배가루이에 의해 영속 전염되는 TYLCV의 경우, 토마토 유묘에 증상은 TYLCV 바이러스를 보유한 담배가루이에 노출된 시간에 따라 바이러스 전염 후 10-33일 정도에 나타난다. 공정육묘장에서 생산되어 출하시에는 육안으로 감염증상을 나타내지는 않으나 TYLCV에 감염된 토마토묘가 농가에 공급되어 정식 15일 가량 후 활착하면서 황화증상이 나타나는 피해사례가 발생하는 사례가 있다.

따라서 공정육묘장 내부로의 매개충 유입방지 및 기주가 될 수 있는 잡초 제거, 약제 살포 등 공정육묘장에서의 병충해 관리는 매우 중요하며, 건전묘의 생산, 보급 또한 매우 중요하다. 그러나 진단을 위해서는 식물체를 채취·이용해야 하며 비용적인 부담도 크므로, 경제적이고 효율적인 진단기술의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 공정육묘장에서의 건전묘 생산을 위해, 출하 전 묘에 대해 TSWV 진단키트(Agdia)를 이용한 샘플 채취량과 농업기술실용화재단에서 서비스하고 있는 분자표지를 이용한 TSWV, TYLCV 바이러스 검정서비스를 이용, 출하 전 묘에 대해 병해충 간이진단기술 개발을 위한 샘플링 방법을 검토하였다.

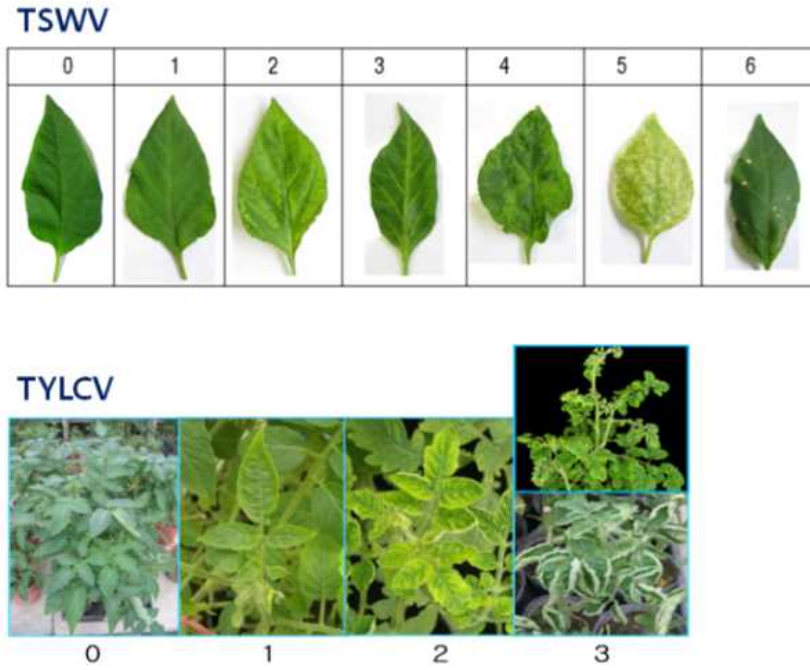


그림 3-21. 인공접종에 의한 바이러스 증상등급(자료출처: 농촌진흥청 국립원예특작과학원).

나. 재료 및 방법

<시험 1> TSWV 진단키트 이용 샘플 채취량 구명

시험재료는 고추(*Capsicum annuum* L.)를 이용하였다. 농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작 환경과에서 분양받은 TSWV 감염 고추 식물체(병징 발현)와 유리온실에서 육묘한 무병 고추묘를 이용하였다. TSWV 진단키트(Agdia)를 이용하여, 간이 진단을 위한 채취방법(시료량 등)을 검토 하였다(그림 3-22).



그림 3-22. TSWV 진단키트를 이용한 간이진단.

<시험 2> 농업기술실용화재단 분자표지 이용 바이러스 검점 샘플링 방법

시험재료는 국립원예특작과학원 원예특작환경과에서 분양받은 고추(*Capsicum annuum* L.)와 토마토(*Solanum lycopersicum* L.) 감염묘를 이용하였다. 각각은 TSWV와 TYLCV에 감염된 식물체였다. 감염된 식물체의 엽부위별, 건전엽과의 희석비율별 진단여부를 검토하였다. 간이진단은 농업기술실용화재단에 의뢰하여, 분자표지를 이용한 진단을 하였다(그림 3-23).

분석개요(실용화재단)

- DNA 추출 : FACT "CTAB Extraction method" 이용
- RNA 추출 : Intron "easy-BLUE Total RNA Extraction kit 이용
- TYLCV검정: TY1/TY2 primer(Accotto et al; 2000)/PCR 분석
- TSWV검정: TSWV-CP primer(Mun et al;2008)/RT-PCR 분석

그림 3-23. TSWV 및 TYLCV 분석개요.

다. 결과 및 고찰

<시험 1> TSWV 진단키트 이용 샘플 채취량 구명

TSWV 진단키트(Agdia)를 이용하여, 간이 진단을 위한 채취방법(시료량 등)을 검토하였다(그림 3-24 및 3-25). 진단키트를 이용하여 식물체 TSWV 감염여부 판별시 식물체를 충분히 으깨어 즙액이 제대로 나오지 않았을 경우에는 감염을 알리는 진단선이 나타나지 않아, 감염여부 판별을 위해서는 식물체를 10여분 이상 으깨어 즙액이 충분히 나온 후 키트를 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 식물 시료량에 따라서도 진단선의 발현에 차이가 있었으며, 감염엽과 감염되지 않은 잎의 비율에 따라서도 진단선의 발현에 차이가 있었다. 진단시 잎을 채취하여 이용하기 때문에 식물체의 상태 및 진단비용을 고려할 필요가 있다. 따라서 진단키트의 감도, 식물체 감염정도 및 식물체 부위에 따른 차이 등에 대해서도 지속적인 검토가 필요할 것으로 생각된다.



그림 3-24. 고추잎의 TSWV 감염 병징.

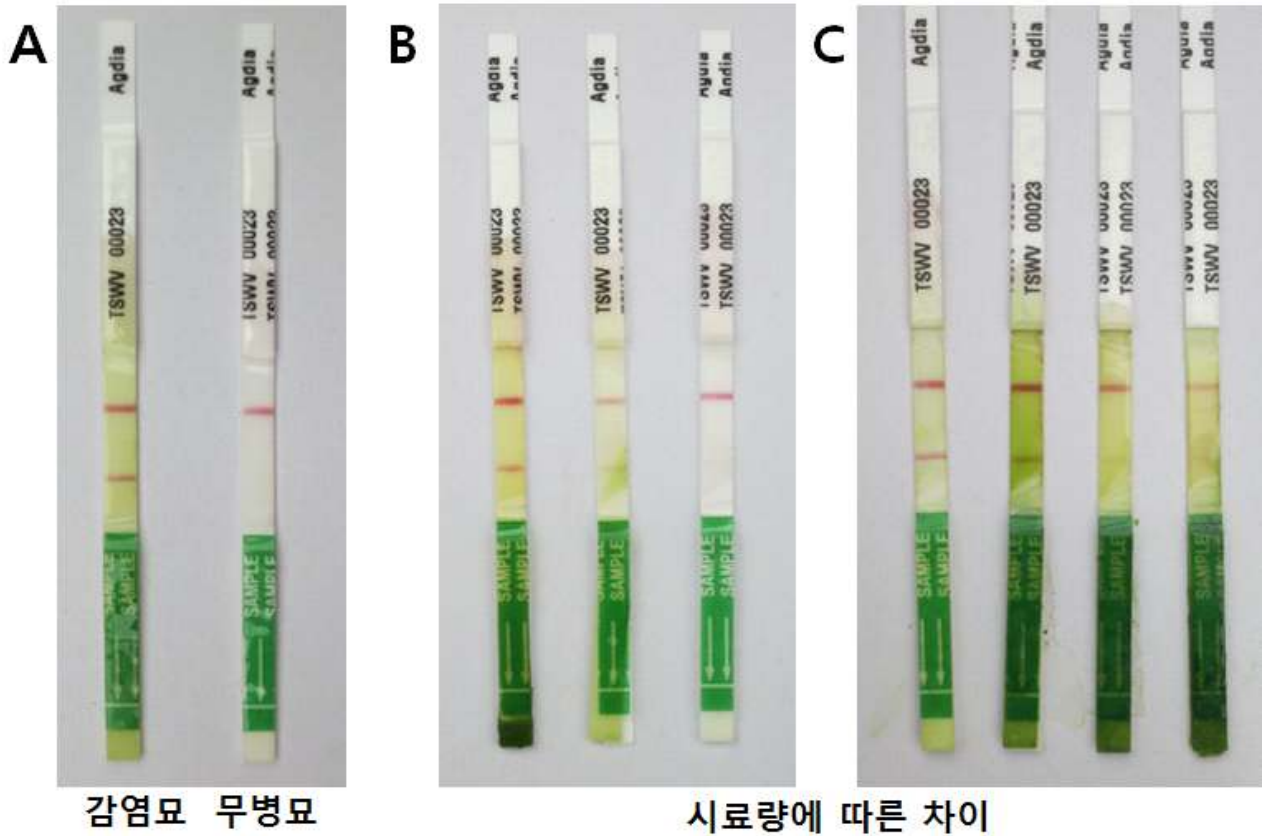


그림 3-25. 진단키트를 이용한 TSWV 판별(A, 감염묘와 무병묘의 판별, 시료량에 따른 차이; B, 마쇄한 식물즙액과 버퍼량의 비율에 따른 차이; C, 감염묘와 무병묘의 혼합비율에 따른 차이).

<시험 2> 농업기술실용화재단 분자표지 이용 바이러스 검점 샘플링 방법

현재 시판되는 진단키트나 농업기술실용화재단에서 서비스하고 있는 분자표지를 이용한 진단 서비스는 시료 1점당 만 원 정도의 비용의 소요된다. 분자표지를 이용한 바이러스 진단은 진단 키트를 이용하는 방법에 비해, 진단의 정확도가 높은 장점이 있지만, 현장에서 바로 확인이 가능한 진단키트에 비해, 시료를 송부하고 검사결과를 받아보기까지 3-5일 정도의 기간이 소요된다. 분자표지를 이용한 공정육묘장 생산묘의 TSWV 및 TYLCV의 간이 진단을 위해 채취방법(경제성을 고려한 이병엽과 건전엽의 희석비율, 채취엽위)을 검토하였다. 고추 이병엽과 건전엽의 혼합비율에 따른 분자표지를 이용한 TSWV 감염여부를 진단하였을 때, 이병엽 1매와 건전엽을 4매 섞어 한 번에 조제한 시료에 대해서도 바이러스 검출이 가능하여, 분석비용 부담 경감을 위하여 5개 시료를 한꺼번에 갈아 바이러스 분석 진단이 가능할 것으로 생각된다(표 3-18).

식물체에 감염된 바이러스는 침투한 곳으로부터 뿌리로 이동, 다시 성장점부위로 이동하여 전신 감염을 일으키는 것으로 알려져 있다. 토마토 엽위에 따른 분자표지를 이용한 TYLCV 및 TSWV 감염여부를 진단하였을 때, 검토된 시료에 따라 성장점에서만 감염된 것으로 진단되거나, 하위엽에서 감염된 것으로 진단되는 경우가 있었다. 바이러스의 감염정도, 계절 등 환경적인 조건에 따라 동일 식물체의 샘플 채취 위치에 따라 감염의 진단결과가 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. 따라서 이에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 생각된다. 건전묘 생산을 위한 출하 전 바이러스 진단과 관련하여, 건전묘 생산을 위해서는 종자의 구입부터 출하까지의 전 생산과정에서의 육묘관리가 선행되어야 하며, 분자표지 등을 이용한 간이진단은 이러한 생산관리를 통해 생산한 묘에 대해 보조적으로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

표 3-18. 고추 이병엽과 건전엽의 혼합비율에 따른 분자표지를 이용한 TSWV 감염 진단.

Dilution ratio (number of infected leaves: number of virus-free leaves)	Infection of TSWV
1:4	positive
2:3	positive
3:2	positive

표 3-19. 토마토 엽위에 따른 분자표지를 이용한 TYLCV 및 TSWV 감염 진단.

Leaf position of sample	Infection of TYLCV	Infection of TSWV
sample1_1	negative	positive
sample1_2	negative	negative
sample1_3	negative	negative
sample1_4	negative	negative
sample1_5	negative	negative
sample2_1	negative	positive
sample2_2	negative	negative
sample2_3	negative	negative
sample2_4	negative	negative
sample2_5	negative	negative
sample3_1	negative	negative
sample3_2	negative	negative
sample3_3	negative	negative
sample3_4	negative	negative
sample3_5	negative	positive
sample4-1	positive	negative
sample5-1	negative	negative
sample6-1	negative	negative
sample7-1	positive	negative
sample7-2	positive	positive
sample7-3	positive	negative



라. 요약

분자표지를 이용한 공정육묘장 생산묘의 바이러스 감염 간이 진단을 위해 채취방법(경제성을 고려한 이병엽과 건전엽의 희석비율, 채취엽위)을 검토하였을 때, 고추 이병엽 1매와 건전엽을 4매 섞어 한 번에 조제한 시료에 대해서도 TSWV 검출이 가능하며, 분석비용 부담 경감을 위하여 5개 시료를 한꺼번에 같이 바이러스 분석 진단이 가능할 것으로 생각된다. 바이러스의 감염정도, 계절 등 환경적인 조건에 따라 동일 식물체의 샘플 채취 위치에 따라 감염의 진단결과가 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. 따라서 이에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 생각된다. 건전묘 생산을 위해서는 종자의 구입부터 출하까지의 전 생산과정에서의 육묘관리가 선행되어야 하며, 분자표지 등을 이용한 간이진단은 이러한 생산관리를 통해 생산한 묘에 대해 보조적으로 활용 할 수 있을 것으로 생각된다.

7. LED 과채류 접목묘 활착실 사용 실태 조사

가. 서언

채소 생산 시 연작재배에 따른 토양전염성 병에 대한 저항성 및 고염, 저온 등 불량환경에 대한 적응성을 높이기 위해, 전 세계적으로 접목재배가 널리 이용되고 있다(Lee 등, 2010). 시설 및 기술의 발달, 대목 품종의 개발로, 박과 작물에 있어서 접목재배가 일반화되었으며, 1990년대 초반 공정육묘기술의 도입과 더불어 접목묘 생산이 급속히 증가하여 가지과 작물인 토마토와 고추에서도 접목묘 생산이 보편화되었다(Jang 등, 2013). 관행 접목묘 활착 방법은 대부분 자연광 조건하에서 이루어져 접목묘의 활착 또는 품질이 외부 환경의 영향을 쉽게 받기 때문에 활착실 환경의 효과적인 제어가 어려운 상황이다(그림 3-26).



그림 3-26. 관행 접목묘 활착상(A) 및 LED 접목묘 활착실(B).

최근, 기후변화와 이상기상으로 여름철 고온기, 겨울철 저온기의 접목 활착 실패의 위험성을 회피하고 접목 활착 불량환경과 접목묘 생산 관리 효율을 증대하기 위해 LED 과채류 접목묘 활착실이 보급되고 있으며(그림 3-26), 최근 3년 사이에 공정육묘장의 LED 접목묘 활착실 설치가 증가하고 있다. 본 연구에서는 LED 접목묘 활착실 사용 실태를 조사하여 LED 활착실 이용에 따른 장점과 환경 관리 조건 및 개선 사항 등에 대하여 검토하였다.

나. 재료 및 방법

본 실태 조사는 채소 육묘 생산자 단체인 (사)한국육묘산업연합회 전체 회원 60명을 대상으로 하였다. 2016년 9월에 전체 조사 대상자 60명중 49명이 전화 설문에 응하여 81.7%의 응답률을 보였다. 수집된 자료는 Microsoft Excel 2010 프로그램을 이용하여 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

LED 접목묘 활착실 이용 여부에 대한 응답 결과는 그림 3-27과 같다. 전체 조사 대상자 중에 33%는 LED 접목묘 활착실을 이용하고 있었다. LED 접목묘 활착실 이용의 장점을 보면 ‘접목 활착 작업 및 활착 관리용이’가 93.8%를 차지하여 가장 많았으며, ‘인건비 등 생산비 절감’이 87.5%, ‘육묘장 이용률 증가로 묘 생산 증대’가 81.3% 순으로 나타났다(그림 3-28). 반면, LED 접목묘 활착실을 사용하지 않는 이유로는 ‘고가의 설치비’가 75.8%로 가장 많았다.

그림 3-29의 LED 접목묘 활착실 사용에 대한 과채류 접목묘 활착 효과를 보면 관행 터널 활착 방식을 이용하였을 경우에는 80%의 활착율에 비해 LED 접목 활착실 이용 시 93.6%의 높은 활착율을 보인다고 답하였다. 또한, 토마토 접목 활착일수 비교에서 관행 터널 활착 방식은 7.1일의 활착기간이 소요된다고 답하였으나, LED 접목 활착실을 이용할 경우에는 2일정도 감소한 5.4일이 소요된다고 답하였다.

LED 접목묘 활착실 이용 시 활착기간에 따른 환경 조건을 구분하여 제어하는지에 대한 응답은 표 3-20과 같다. 습도 관리는 활착기간에 따라 구분하여 제어한다고 81.3%로 전체 환경 요소 중에 가장 많았으며, 광량 43.8%, 광주기 25.0%, 온도 18.8%, 광질 0% 순으로 나타났다.

또한, LED 접목묘 활착실의 온도 제어를 위한 장치로 에어컨 50.0%, 냉온수 이용 팬코일 37.5%가 이용되고 있었으며, 습도 제어를 위해서는 초음파 가습기 62.5%, 이류체 노즐 37.5%가 이용 되고 있는 것으로 조사 되었다(표 3-21).

LED 접목묘 활착실의 개선 사항으로는 ‘작물별 개별 관리를 위한 구획화’ 부분이 88%로 가장 시급한 개선되어야 부분으로 나타났으며, ‘작물별 습도 환경 규명’ 또한 81%로 개선 요구도가 높았다. 이외에도 ‘작물별 온도 환경 규명’ 69%, ‘작물별 광 환경 조건 규명’ 50% 순서로 개선 사항이 조사 되었다(그림 3-30).

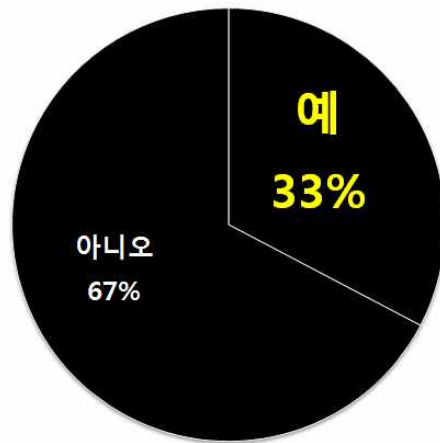


그림 3-27. LED 접목료 활착실 이용 여부 응답율(%).

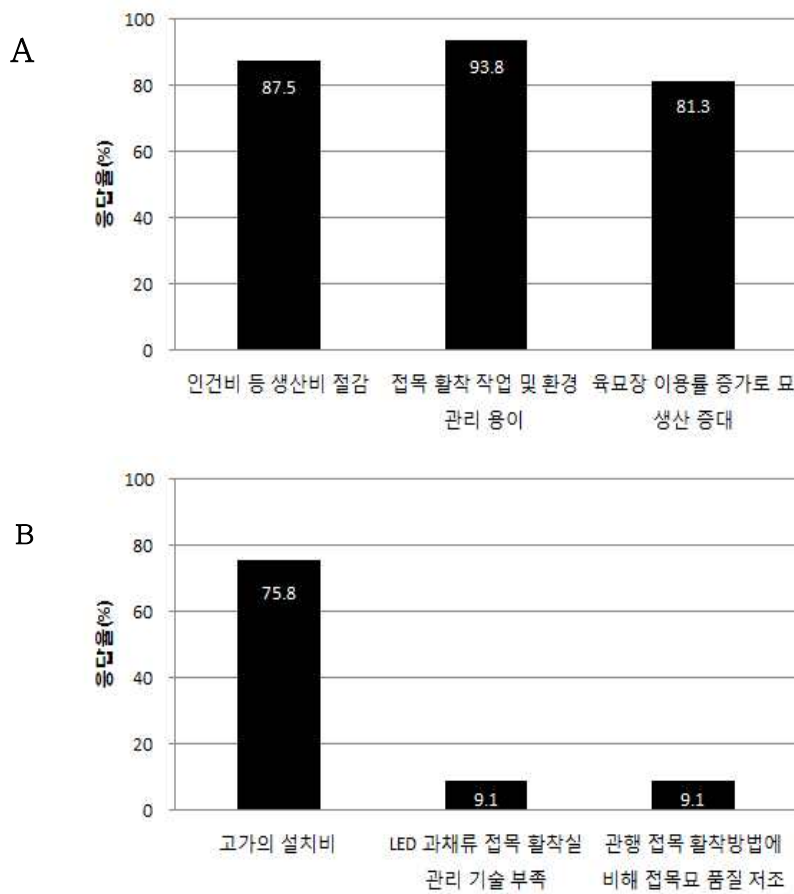


그림 3-28. LED 접목료 활착실 이용 장점(A)과 사용하지 않는 이유(B).

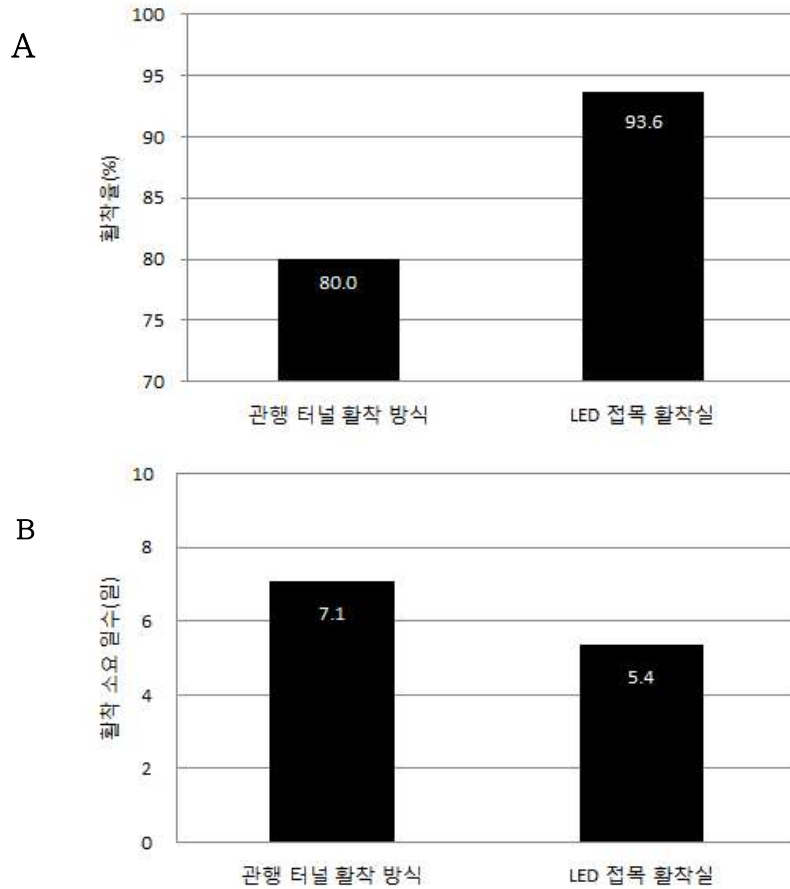


그림 3-29. 활착 방식에 따른 과채류 접목 활착율(A) 및 토마토 접목 활착일수(B) 비교.

표 3-20. LED 접목묘 활착실 이용 시 활착기간에 따른 환경 조건 구분 여부.

환경 요인	응답율(%)	
	예	아니오
온 도	18.8	81.3
습 도	81.3	18.8
광 질	0.0	100.0
광 량	43.8	56.3
광주기	25.0	75.0

표 3-21. LED 접목묘 활착실 온도 및 습도 제어 장치와 조절 방법 이용 비율.

환경 요인	제어 장치 및 조절 방법	사용 비율(%)
온 도	에어컨	50.0
	냉온수 이용 팬코일	37.5
습 도	이류체 노즐 이용	37.5
	초음파 가습기 이용	62.5
습도 조절 방식	시간에 따른 On/Off 조절	87.5
	습도 센서를 이용한 조절	6.3

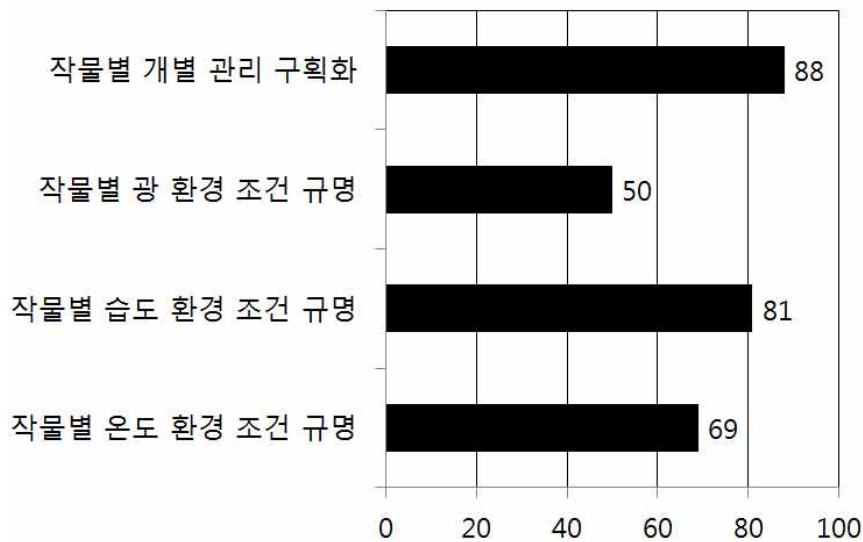


그림 3-30. LED 접목묘 활착실 개선 사항.

라. 요약

LED 접목묘 활착실의 개선 사항으로는 ‘작물별 개별 관리를 위한 구획화’ 부분이 88%로 가장 시급히 개선되어야 할 부분으로 나타났으며, ‘작물별 습도 환경 규명’ 또한 81%로 개선 요구도가 높았다. 이외에도 ‘작물별 온도 환경 규명’ 69%, ‘작물별 광 환경 조건 규명’ 50% 순서로 개선 사항이 조사 되었다.

8. 공정육묘 현장애로기술 및 차세대 공정육묘장 수요 기술 조사

가. 서언

육묘는 농작물 생산의 전 단계로 정식 후 작물 생산의 성공을 좌우할 만큼 중요하며, 육묘와 재배의 분업화와 전문화를 유도하는 원천산업이자 밭아, 접목, 활착, 성장조절, 병해충 관리 등 재배관련 모든 기술이 집대성된 종합적 정밀 산업이다. 국내 공정육묘 산업은 1990년대 시설원예의 발달과 더불어 육묘와 재배의 분업화가 이루어지는 과정에 도입이 되었으며, 이후 지속적인 발전과 전문화를 통해 2013년 기준 2,420억 원 규모의 시장과 2014년 기준 전국 292개의 육묘업체가 운영되고 있다(박기환, 2014).

이러한 공정육묘 산업의 발전에도 불구하고 공정육묘 생산 시설 및 자동화율은 낙후되어 있으며, FTA, 기후변화, 생산비 증가 등에 대응하면서 연중 안정적인 우량묘 생산의 어려움은 증가 하고 있다. 박기환(2014)의 보고에 의하면 국내 공정육묘 기술을 네덜란드 및 일본 등 선진국과 비교 하였을 경우 접목 기술은 상대적으로 우위를 차지하고 있으나, 육묘 자동화, 시비·관수, 환경조절 기술 등은 유사하거나 열세한 것으로 나타났다. 1990년대 공정육묘 도입 이후 생산성 향상과 우량묘 생산을 위해 적합한 공정육묘장 전용 온실 모델 개발, 복합환경관리 및 생산과정 자동화 등의 연구가 부족하였으며, 발전된 ICT 기반 기술과 공정육묘 분야의 융복합 접근은 미흡한 실정이다.

본 연구는 현재 공정육묘 산업이 처해진 여건과 환경에 대응하기 위해 필요한 현장애로기술을 발굴하고 지난 30년간 이어온 공정육묘산업의 한단계 도약을 위해 개선해야 할 분야에 대하여 연구 개발이 필요한 핵심 기술 조사를 위해 수행하였다. 또한, 2012년 11월부터 한국공정육묘 연구회와 (사)한국육묘산업연합회가 공동으로 농림축산식품부 농림수산식품기술기획평가원의 ‘공정묘 생산 환경 개선 및 유통 기술 개발’ 연구사업을 통해 달성된 기술의 지속적인 발전과 현장에서 시급히 요구되는 애로기술의 발굴을 위해 수행되었다.

나. 재료 및 방법

이 연구는 2016년 1월 (사)한국육묘산업연합회로부터 공정육묘 분야의 현장애로기술 수요를 요청하여 이사회 회의를 통해 협의된 결과를 분석하였으며, 이후 2016년 1-2월에 (사)한국육묘산업 연합회 회원사 중 강원·경기권, 충청권, 호남권 및 영남권 전국 11개 육묘장을 직접 방문 하여 육묘산업 발전을 위한 현장애로기술 및 차세대 공정육묘장으로서 갖추어야할 요건과 개선사항 관련 핵심 기술을 심층 인터뷰를 통해 조사하였다(그림 3-31).

심층 인터뷰한 자료는 공정육묘 시설, 생산 관리, 경영 및 유통 등 분야별로 구분하여 분석하였으며, 핵심 기술 개발을 위한 주요 주제와 개선 기술 관련 선호하는 규격, 배치 위치 등을 수록하였다.



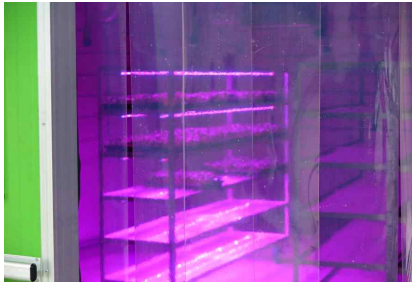
[공주육묘장-우량묘생산]



[남지푸른육묘장-묘 구획관리]



[새 흥농프러그-베드이송시스템]



[아산셀탑-LED활착실]



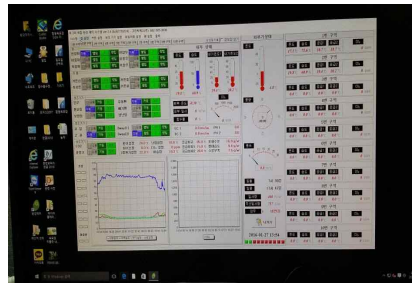
[영산강육묘장-자연대류환기]



[이천CS육묘장-묘판 라벨링]



[장성육묘장-초창기LED활착실]



[함평육묘장-복합환경제어]



[호반육묘장-원통형종이포트묘]

[사계절육묘장-육묘경영관리프로그램]



[내장산육묘장-지열냉난방시스템]

[현장애로기술 심층 조사 문항지]

그림 3-31. 전국 11개 공정육묘장 육묘 생산 현황.

다. 결과 및 고찰

(사)한국육묘산업연합회 이사회 협의를 통해 도출된 현장애로기술 제안 결과는 표 3-22에 나타내었다. 공정육묘 전용 하우스, 환경 및 생산관리 시스템 개발과 관련 환경조절 및 제어 기술 개발의 필요성이 있었다. 근래 기술 확산 속도가 빠른 원통형종이포트 모종 생산과 관련 애로 사항으로 종이 분해, 전용 상토 개발 및 시비·관수 관련 육묘 기술 개발과 정식 후 생산성 비교 요구가 높았다. 기후 변화와 이상기상으로 인한 돌발 병해충과 일조 부족 대비 보광 기술 개발의 필요성도 요구 되었으며, 균일묘 생산을 위한 폐쇄형육묘시스템의 적용과 생육조절 기술 개발의 수요도 나타내었다.

전국 11개 공정육묘장 심층 인터뷰 결과로 공정육묘 온실 구조와 환경관리 분야의 개선 기술을 조사하였다(표 3-23). 주된 개선 사항으로 온실의 유형은 1ha 내외의 규모로서 관리 용이성을 위해 연동형 단일 온실 유형으로 온실 내 구획별 환경관리를 위한 온실 내부 구획화와 난방비, 골조율 및 자외선 투과율을 고려한 비닐 피복 자재를 선호 하였다. 또한, 기후 변화로 인해 여름철 이상 고온 등에 대비하기 위해서 현재 주로 설치된 공정육묘 온실 측고 높이가 2.5-3.0m보다는 4.0-5.0m로 높게 개선되어야 하고 방충망 설치 시 온실 적정 환기량 유지를 위한 설계를 요구하였다. 환경관리 제어와 관련해서는 온실 구획별, 작물별 및 생육 단계별 개별 관리 및 제어의 필요성과 기존 시설과 연계 활용 가능한 시스템의 개발을 요구하였다.

표 3-24는 공정육묘 생산 자동화, 경영 및 유통 분야의 개선사항 조사 결과를 나타내고 있다. 조사된 대부분의 결과는 증가하고 있는 생산비 및 인건비 등을 절감을 위한 생산 장치 및 자동화 개발 기술을 나타내었다. 모종 생산의 대량화로 인해 기존 파종라인에 연계되는 대단위 상토 공급 시스템, 모종의 생육 단계와 온실 환경에 따른 베드 또는 묘판 자동 이송 시스템, 균일 관수 및 노동력 절감을 위한 자동 관수 시스템, 접수 및 대목 생산용 폐쇄형육묘시스템 및 접목 로봇 도입 등의 자동화 시스템 개발을 요구하였다. 효율적인 모종 생산을 위해 묘 생육 스케줄 및 병해충 예찰 프로그램의 개발의 필요성도 언급되었다.

경영 및 유통 분야에서는 묘 주문 및 출하량 파악을 위한 생산 및 경영 관리 프로그램의 필요성과, 바코드 또는 RFID 칩을 이용 육묘 생산 및 관리 내용이 기록되는 생산이력제 도입을 통한 농가와의 신뢰성 구축의 필요성이 요구 되었다.

표 3-22. (사)한국육묘산업연합회 이사회 공정육묘 현장애로기술 수요 제안 내용.

분야	주요 내용
온실 구조 및 환경 개선	공정육묘 전용 하우스, 환경 및 생산 관리 시스템 표준 설계 개발
	육묘장내 환경조절과 제어
	온실구조 개선 : 공기순환, 온실 온·습도, 방충망 등
원동형 종이포트	오래된 하우스의 안전진단·개·보수 및 경영비 관련
	원동형 종이포트의 종이 질과 상토의 적정비율, 입자크기
병해충 관리	원동형 종이포트 육묘 생산 기술 및 정식 후 생산성 비교
	여름, 가을 하우스 오픈 시 발생하는 병해충 방제
보광 시설	기후 변화에 따른 신규 도래 병해충 방제 기술 개발
	효율적인 방역 시스템
균일묘 생산	일조 부족 대비 적정 광원 발굴 및 보광 기술 개발
	보광환경: 식물과의 적정 높이 및 광원(LED, 플라즈마, 나트륨등)
	균일한 접수 및 대목 생산을 위한 폐쇄형육묘시스템 적용
	과채류 공정묘 생육조절기술 개발

표 3-23. 공정육묘 현장 애로기술 온실 구조 및 환경 관리 분야 심층 조사 결과.

분야	주요 내용
온실 구조	관리 용이성으로 연동형 단일 온실 유형 선호
	적정 규모는 1ha 내외(육묘장 부속 시설 전부 포함)
	※ 인력, 시설, 장비 활용도 등 경제성 고려 시
	난방비 및 광 환경(골조율, 자외선투과)을 위해 비닐 온실 선호
	온실 측고는 4.0-5.0m 내외로 현재(2.5-3m)보다 높게
	※ 베로형으로 측고 높고, 광 투과율 높게
	온실 내 구획별 환경관리를 위한 온실 내부 구획화 필요
	※ 온실 내부 비닐막 및 폴딩 도어 등 설치를 통한 구획화
	방충망 설치 시 온실 적정 환기량 유지 설계 필요
	취 등 설치류 육묘장 차단 시설 설계 필요
※ 겨울철 육묘장 전선, 종자, 묘 피해 발생 많음	
작업 및 생산 공정의 동선을 고려한 사무실, 파종-접목-활착실, 묘 생산, 창고 등의 효율적인 육묘장 레이아웃 필요	
※ 사람 및 차량 동선 고려한 구분 필요	
※ 사무실 및 작업동은 북쪽으로 배치 필수	
※ 작업공간(20) : 묘 생육 공간(80) 비율 적정	
※ 접목실 및 활착실은 온·습도 관리 유리한 지하 배치 제안	
중북부 및 남부 지역성(겨울철 저온 및 여름철 고온)을 고려한 온실 설계 필요	
※ 중북부 지역 육묘장은 겨울철 작업장 10℃ 내외의 보온시설 필요	
겨울철 난방과 여름철 냉방 구동 가능 에너지 절감형 시스템 필요	
※ 여름철 근권냉방은 육묘베드 습도 상승의 문제점 있음	
※ 기존 온실 구조에서의 냉방(2-3℃ 저하) 방법 필요	
환경 관리	겨울철 및 여름 장마기 일조 부족(2-3개월) 대비 보광 시설 필수
	온실 구획별+작물별+생육단계별 환경관리 및 제어 필요
기존 시설(온실) 연계/활용 가능한 시스템 필요	

표 3-24. 공정육묘 현장 애로기술 생산 자동화, 경영 및 유통 분야 심층 조사 결과.

분야	주요 내용	
생산 자동화	5평 내외(2실)의 저온 종자보관실 구비 필요 과중라인 연계 대단위 상토 공급 시스템 ※ 대단위 상토 : 1 파레트 (2.4 루베 정도) 묘 생육 단계 및 온실 환경에 따른 베드/묘 자동 이송 시스템 ※ 어린묘 이송 시 진동 및 충격에 따른 스트레스 최소화 필요 균일한 관수와 노동력 절감을 위한 자동 관수 시스템 적용 필요 ※ 저면관수 시스템 도입 고려 필요 ※ 인력관수+분관수의 복합관수시스템 제안 전체 묘 생산 과정의 자동화율을 높혀 인력 최소화 방안 마련 필요 접수/대목 생산용 폐쇄형육묘시스템 및 접목 로봇 도입 고려 인공광 접목묘 활착실 적정 크기/수 및 환경(광,온도,습도) 조건 적정 규모는 1ha 내외(육묘장 부속 시설 전부 포함) ※ 인력, 시설, 장비 활용도 등 경제성 고려 시 묘 생육 스케줄 및 병해충 예찰 프로그램 개발 ※ 묘 생산 관리 및 예측에 유용 ※ 광, 관수, 시비, 억제제 등 상호 관계 해석 필요	
	묘 입고 및 출하량 파악을 위한 생산 및 경영 관리 프로그램 필요 ※ 육묘장 면적 대비 구획별 배치 상황 관리 필요	
	경영 및 유통	모종 생산이력제는 농가와의 신뢰성 구축을 위해 필요성은 매우 공감하나, 부담이 적도록 항목 및 기준의 최적화 요구 높음
		※ 생산 과정 내용 포함 및 수출 시 활용 가능한 수준 필요
		※ 자동입력 비율 높여 수기 입력 최소화 필요
	※ 추가비용(인력, 자재-바코드, RFID칩 등) 발생에 따른 묘 가격 상승 우려	
	RFID 칩 이용 생산 전 과정 생산 및 관리 내용 자동 기록 시스템 도입	

라. 요약

채소 육묘 산업은 1990년대 도입 이후 지속적으로 발전해 오고 있다. 반면 1990년대 도입한 시설이 여전히 사용되고 있어 생산 시설 및 자동화율이 낙후되어, 기후변화 및 생산비 증가 등에 대응하면서 안정적인 우량묘 생산이 어려워지고 있는 실정이다. 본 연구는 이러한 문제점들을 해결하고 차세대 공정육묘장으로서 필요한 현장애로기술과 개선 사항에 대한 기술 수요를 조사하였다. 기후변화 대응과 자동화율을 높일 수 있는 공정육묘장 전용의 구획화된 온실 설계 모델의 개발과 공정육묘 생산 전과정의 자동화율을 향상시키기 위한 관수 시스템, 베드 및 모종 이송 시스템, 폐쇄형육묘시스템, 접목 로봇 도입, 묘 생육 스케줄 프로그램 등의 개발에 대한 요구가 높았다. 또한, 효율적인 경영관리를 위한 공정육묘 생산 및 경영 관리 프로그램의 개발과 농가와의 신뢰성 구축을 위해 생산이력제 도입의 필요성도 대두되었다.

9. 공정육묘 현장애로기술 매뉴얼 제작 및 보급

가. 서언

1990년대 공정육묘를 도입한 이후 채소 공정육묘 산업은 지속적으로 성장하여 2013년 기준 2,420억 원 규모의 시장으로 성장하였다(박기환, 2014). 이러한 육묘산업의 비약적인 발전에도 불구하고, 기후변화, 돌발 병해충 발생, FTA, 농촌 고령화, 생산비 상승 등 과거에 비해 육묘 현장에서 필요로 하는 기술은 증가하고 있는데 비해 육묘 현장과의 연구 개발 및 기술 보급 시스템은 고추, 수박, 딸기 등 작물 단위에 비해서 상대적으로 부족한 실정이다. 2008년부터 일부 대학 및 국가 연구기관 연구원들의 모임인 한국공정육묘연구회를 주축으로 공정육묘장의 현장 애로기술 해결을 위한 현장토론회 및 연구 사업을 수행하고 있다. 본 연구의 목적은 2012년 11월부터 한국공정육묘연구회와 (사)한국육묘산업연합회가 공동으로 농림축산식품부 농림수산식품 기술기획평가원의 ‘공정묘 생산 환경 개선 및 유통 기술 개발’ 연구사업 중 1협동 과제인 ‘생산성 및 안전성 향상을 위한 현장애로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발’을 수행하면서 도출한 결과를 현장에 보급하여 육묘 과정 중의 생산성 및 안정성을 향상하여 우량묘 생산에 도움을 주기 위한 현장애로기술 매뉴얼 제작과 보급이다.

나. 재료 및 방법

‘생산성 및 안전성 향상을 위한 현장애로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발’ 과제를 수행하면서 육묘 현장에서 시급히 해결하고 대응해야 할 사안 3개 ‘오이 접목묘 기형엽 발생 증상과 경감 기술’, ‘오이 접목묘 황화엽 발생 증상과 경감 기술’ 및 ‘무병묘 생산을 위한 TSWV 현장 간이 진단’과 관련한 내용을 사진 등을 포함하여 가독성을 높여 쉽게 이해할 수 있도록 리후렛 형태의 매뉴얼 3종을 제작하였다(그림 3-32).

제작한 매뉴얼은 ‘생산성 및 안전성 향상을 위한 현장애로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발’ 과제 연구 결과 보고회에 참석한 (사)한국육묘산업연합회 회원들에게 배포 하였으며, 매뉴얼에 대한 효용성과 향후 개선 방안에 대한 의견을 수렴하였다(그림 3-33).



그림 3-32. 공정육묘 현장애로기술 매뉴얼.



그림 3-33. 공정육묘 현장애로기술 매뉴얼 보급 및 현장 의견 청취.

다. 결과 및 고찰

(사)한국육묘산업연합회 회원사 공정육묘장들은 신기술에 대한 정보 요구도가 높은 반면에, 수요를 충족할 수 있는 기술 보급 시스템 및 교육 교재 등의 도구가 부족하였다. 농촌진흥청과 일부 대학에서 공정육묘 기술 관련 책자를 제작하여 보급하였으나 현장애로기술 주제별 단일 항목에 대한 설명 자료의 보급은 이전에 많이 이루어지지 않았다.

(사)한국육묘산업연합회에서는 이번 리후렛 형식의 매뉴얼은 간편하고 기술 설명 자료의 이해가 쉬워 현장에서 활용하기 위한 효용성이 높다고 평가하였으며, 지속적으로 여러 현장애로기술에 대한 경감 기술을 리후렛 형식의 매뉴얼을 제작하여 회원사 육묘장에 보급하여 안정적인 우량묘 생산에 기여할 수 있기를 기대하였다. 또한, '오이 접목묘 황화엽 경감 기술 매뉴얼'과 관련하여서는 추후 추가 연구를 통해 황화엽 발생과 연관된 무기 성분 결핍과 여름과 겨울철 황화엽 발생 빈도가 다른 현상에 대해 광량과의 관계를 구명해 주기를 요청하였다.

라. 요약

채소 육묘 산업의 비약적인 발전에도 불구하고 육묘 분야를 위한 연구 및 기술 보급 시스템은 부족한 실정이다. 한국공정육묘연구회와 (사)한국육묘산업연합회가 공동으로 추진한 공정육묘 연구사업의 결과를 회원사 육묘장에 보급하기 위해 가독성이 높은 리후렛 형태의 현장애로기술 경감 기술 매뉴얼 3종을 제작하여 보급하였다. (사)한국육묘산업연합회는 생산비 절감 및 안정적인 우량묘 생산을 위해 리후렛 형태 매뉴얼의 지속적인 제작 및 보급과 현장애로기술 경감기술의 효과를 높이기 위한 추가 연구 수행을 요구하였다.

제 3 절 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발(2협동 연구팀: 충남대학교)

1. 저면관비 방법 적용을 위한 근권부 물리성 조절 및 혼합상토 개발

가. 서언

국내의 공정육묘장들은 물리·화학적 균일성이 낮은 코이어 더스트 대신 피트모스를 혼합상토의 주요 구성재료로 이용하고 있다. 과거에는 주로 캐나다에서 피트모스가 수입되었지만 최근에는 가격이 저렴한 이유로 리투아니아나 라트비아 등 유럽산의 수입량이 증가하고 있다. 그러나 피트모스는 원산지나 채취 장소에 따라 부숙 정도, 입도 분포, 무기물 함량 등 특성이 다르며(Choi et al., 2009), 혼합상토를 조제한 후에도 혼합상토의 핵심인 균일성을 확보하는 것이 어려워 동일한 시설환경 조건에서 작물을 키워도 작물을 재배할 때마다 생장이 달라질 수밖에 없다.

피트모스 등 일부 물질은 단일재료를 용기재배에 이용하는 경우도 있지만 물리·화학적 성을 조절하기 위해 보편적으로 2-3종류의 물질을 혼합하여 작물재배에 이용한다. 피트모스는 보수성이 매우 높은 물질이며 이는 물질 내부에 많은 미세공극이 존재하기 때문이다(Choi et al., 2000). 그러나 플러그 육묘에 이용할 경우 가상지하수(perched water)의 형성을 통한 가스 확산이 어려워 작물 생육 저조의 문제가 빈번하게 발생하여(Nelson, 2003), 이를 극복하기 위하여 공극률을 높이고 공극의 크기를 확대시킨다. 공극률 증가 및 공극 크기의 확대를 위해 버미큘라이트나 펄라이트 등 직경이 큰 입자를 혼합하지만 버미큘라이트는 함수량이 높을 경우 쉽게 부서져 물리성을 유지하기 어려우며 비교적 강도가 높은 펄라이트를 혼합하는 것이 보편적인 추세이다. 그러나 펄라이트는 원산지별로 화학성의 차이가 있고, 소성 후 생성된 입자의 크기가 다양하여 혼합상토 조제 후 물리·화학적 성이 달라질 수밖에 없다.

피트모스는 원산지에 따라 차이가 있지만 대부분 강산성 물질이고, 소성 후의 펄라이트는 대부분 중성-약 알칼리성의 화학적 반응을 보인다(Nelson, 2003; Shin et al., 2012). 피트모스의 비율이 높은 상토는 대부분 산도가 낮고, 이를 개선하기 위하여 상토 조제 과정에서 고토석회 등 석회질 비료를 혼합하여 반응을 교정하며, 혼합상토 조제 후 측정된 pH에 따라 첨가하는 석회질 비료의 양을 조절한다(Nelson, 2003). 따라서 조제한 혼합상토의 pH와 EC가 정확하게 측정되어야 이를 근거로 기비로 혼합할 다른 비료의 종류 및 양을 결정할 수 있게 된다.

시설 내부의 공간 활용률이 높고 이식 후 활착이 양호하여 과채류나 화훼류 등에 많이 이용되는 공정육묘는 셀의 높이가 낮고 용적이 적은 플러그 트레이를 사용하며 셀의 형태상 보수성이 높고 토양 통기성이 불량한 환경이 조성될 수밖에 없다(Choi et al., 1997; Kwon, 2003). 또한 시설하우스 내부의 계절별 온도 차에 따라 식물체 또는 토양 표면으로부터의 증발산량이 달라진다. 증발산량이 적은 동절기에는 높은 공극률과 함께 보수성이 낮은 상토, 반대로 증발산량이 과다한 하절기에는 보수성이 높은 상토가 육묘용으로 적합하다. 많은 육묘 농가가 이의 중요성을 알고 겨울철에는 펄라이트의 혼합비율을 증가시키고, 여름철에는 펄라이트의 혼합비율을 낮추고 있다. 그러나 이와 같은 방법은 정확한 물리성 측정에 기초하였다기보다는 감각적으로 수행하는 방법이며, 적절하지 못한 펄라이트가 혼합될 경우 물리성이 더 악화될 수도 있다.

따라서 국내의 공정육묘장에서 상토 구성 재료로 가장 많이 이용되는 피트모스와 펄라이트의 종류와 혼합비율에 영향을 받은 토양 물리·화학적 성을 구명하여 공정육묘를 위한 기초자료를 확보하고자 본 연구를 수행하였다. 본 연구의 결과는 계절별 온도 변화를 고려한 적정 상토 선정 그리고 이를 통한 플러그묘의 안정 생산에 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

나. 재료 및 방법

(1) 상토재료

실험을 위해 외국에서 수입되어 국내에서 유통되는 피트모스를 수집하여 실험에 이용하였으며, 수집된 피트모스는 다음과 같다: 동부한농(Dongbu Hannong Co., Ltd. Daejeon, Korea)에서 수입한 Blonde Golden(imported from Canada), Sphagnum Turvas(imported from Estonia), White Peat 250(imported from Estonia), Orange 0-10mm(imported from Canada), Green(imported from Canada)의 5종류 피트모스와 신성미네랄(Shinsung Mineral Co., Ltd. Jincheon, Korea)이 라트비아에서 수입한 Latagro 0-10mm, Latagro 7-20mm, Latagro 20-40mm의 3종류를 포함한 총 8종류였다(그림 4-1). 펠라이트는 신성미네랄(Shinsung Mineral Co., Ltd. Jincheon, Korea)이 중국에서 수입한 원석을 국내에서 소성하여 유통하고 <1mm, 1-2mm, 2-5mm, >5mm의 유통 규격을 갖는 4종류였다(그림 4-1). 본 논문에서 피트모스는 Blonde Golden(BG), Sphagnum Turvas(ST), White Peat 250(WP), Latagro 0-10mm(L1), Latagro 7-20mm(L2), Latagro 20-40mm(L3), Orange 0-10mm(O), Green(G)의 약어로 나타내었고, 펠라이트는 입경에 따라 <1mm(PE1), 1-2mm(PE2), 2-5mm(PE3), >5mm(PE4)로 나타내었다. 혼합상토는 피트모스와 펠라이트의 용적을 기준으로 7:3의 비율로 혼합하였다.

(2) 입경분포

수집된 피트모스와 펠라이트의 입경분포는 미국 표준규격(American standard) 번호 3½(직경 5.6mm), 7(2.8mm), 14(1.4mm), 25(710 μ m), 45(355 μ m), 100(150 μ m) 및 140(106 μ m)의 체(sieve)를 사용하여 분석하였으며, Choi et al.(1999)의 방법을 따라 4반복으로 수행하였다.

(3) 삼상비율

혼합상토의 공극률(total porosity, TP), 용기용수량(container capacity, CC), 기상률(air filled porosity, AFP) 및 가비중(bulk density, BD)의 측정 및 계산은 Choi et al.(1997)의 방법을 따랐고, 347.5mL의 알루미늄 실린더(직경 7.6cm, 높이 7.6cm)를 사용하여 3반복으로 측정하였다.

(4) 유효 수분 비율

각각의 상토 재료 또는 이들을 혼합한 상토가 보유할 수 있는 수분 중 4.9kPa 이하의 장력 하에 존재하는 수분으로써 식물이 쉽게 흡수할 수 있는 수분(easily available water, EAW)과 4.9kPa-9.8kPa 장력 하에 존재하는 완충수분(buffering water, BW)의 비율은 sand box(Model pF 0-2.0, Eijkelkamp Agrisearch Equipment, The Netherlands)를 사용하여 측정하였다. 측정 및 계산의 전반적인 과정은 Milks et al.(1989)과 Wallach et al.(1992)의 방법을 따랐다.



그림 4-1. 국내에서 상토재료로 사용되는 8종의 피트모스와 4종의 펄라이트. A, Blonde Golden; B, Sfagnumi Turvas; C, White Peat 250; D, Latagro 0-10mm, E, Latagro 7-20mm; F, Latagro 20-40mm; G, Orange 0-10mm; H, Green; I, Perlite<1mm; J, Perlite 1-2mm; K, Perlite 2-5mm; L, Perlite>5mm.

(5) pH와 EC

상토 재료의 pH 및 EC는 포화반죽법(saturated paste method, Warncke, 1986)으로 측정하였고, 시료를 일정한 용기에 담은 뒤 증류수로 반죽을 만들고 실온에 2시간 치상한 다음 화학평형상태에 도달한 후 추출하여 측정하였으며, 3반복으로 수행하였다.

(6) 양이온 교환용량

Hendershot et al.(1993)이 보고한 Ammonium acetate(pH 7.0) 방법에 준하여 분석하였다. 또한 양이온교환용량 분석을 위해 NH_4OAC 로 치환시킨 용액 속에 존재하는 양이온을 원자흡광분석계(atomic absorption/flame emission spectrophotometer, Model 680, Shimazu, Japan)로 분석하여 치환성 양이온 함량으로 삼았다.

(7) 통계분석

물리·화학적 성을 분석한 후 Costat 프로그램(Monterey, California, USA)을 사용하여 $p \leq 0.05$ 수준의 처리간 평균 비교를 하였다. 또한 F-검정을 통해 피트모스와 펄라이트 상토별 물리성과 화학성을 비교하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 피트모스 또는 피트모스+펄라이트 혼합상토의 입도분포

캐나다, 에스토니아 및 라트비아에서 수입되어 국내에서 유통되고 있는 피트모스의 입도분포를 조사한 결과 710 μ m 이상의 직경을 갖는 입자의 비율은 63.2-91.4% 이었다(그림 4-2). 710 μ m 이상의 입경을 갖는 입자의 비율에서 ST, BG 및 L1이 각각 63.2, 71.5, 73.2%였고, O 및 G는 각각 79.7 및 77.6%였다. WP, L2 및 L3가 각각 91.4, 88.8 그리고 89.8%였으며, 710 μ m 이상의 입자 비율이 가장 적은 것은 ST였고, 가장 많은 것은 WP 피트모스였다. WP, L2 및 L3의 경우 직경이 710 μ m 이상인 입자의 비율이 다른 피트모스에 비해 높아 토양통기성이 우수할 것으로 판단되었고, Bunt(1988)가 보고한 바와 같이 작물을 재배할 때 통기성의 불량문제로 인한 작물 생육의 저조현상은 발생하지 않을 것으로 예상하였다. WP, L2 및 L3 피트모스의 경우 >5.6mm의 직경을 갖는 입자의 비율이 높았지만 다른 5종류의 피트모스는 1.4-2.8mm의 입자의 비율이 높았으며 원산지별 차이가 크다는 것을 알 수 있었다.

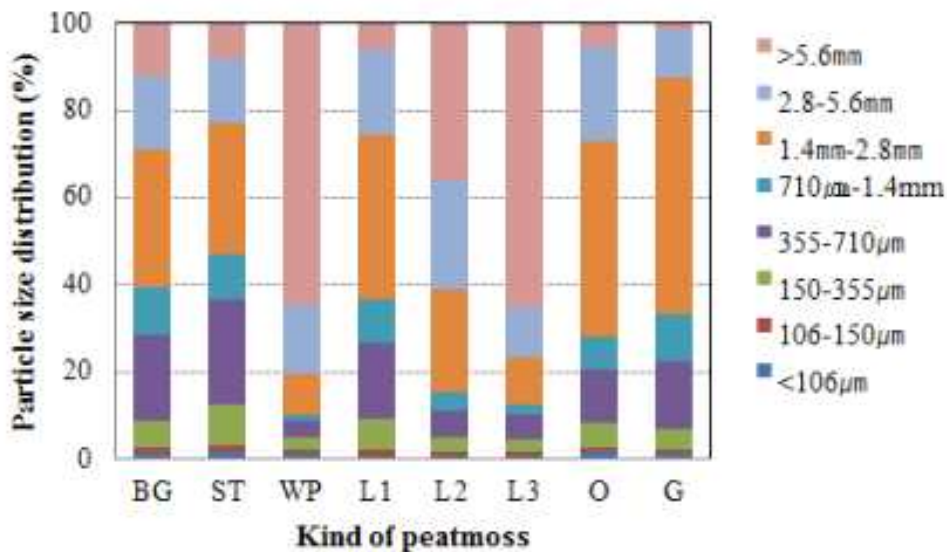


그림 4-2. 국내 상토재료로 사용되는 8종의 피트모스의 입도 분포. BG: Blonde Golden, ST: Sphagnum Turvas, WP: White Peat 250, L1: Latagro 0-10mm, L2: Latagro 7-20mm, L3: Latagro 20-40mm, O: Orange 0-10mm, G: Green.

피트모스와 입경이 다른 4종류의 펄라이트를 혼합한 상토의 입도분포를 조사한 결과, <1mm의 펄라이트를 혼합한 상토는 단일 피트모스와 비슷한 경향을 보였다(그림 4-3). 그러나 직경이 1-2, 2-5, 및 >5mm의 규격으로 유통되는 펄라이트를 혼합한 상토의 경우 펄라이트 유통규격의 입자 크기에 해당하는 각 구간의 입자 비율이 높아졌을 뿐만 아니라 710 μ m 이상의 직경을 갖는 입자의 비율이 크게 증가하여 토양통기성이 우수한 반면 보수성이 불량할 것으로 예상되었다. 그러므로 직경이 2-5mm와 >5mm인 펄라이트를 혼합한 경우 동절기 육묘용 상토의 조건인 토양 통기성 문제는 개선할 수 있지만, >5mm의 입자가 혼합된 상토의 경우 보수성이 과도하게 불량하여 작물 육묘를 위해 적합하지 않다고 판단하였다.

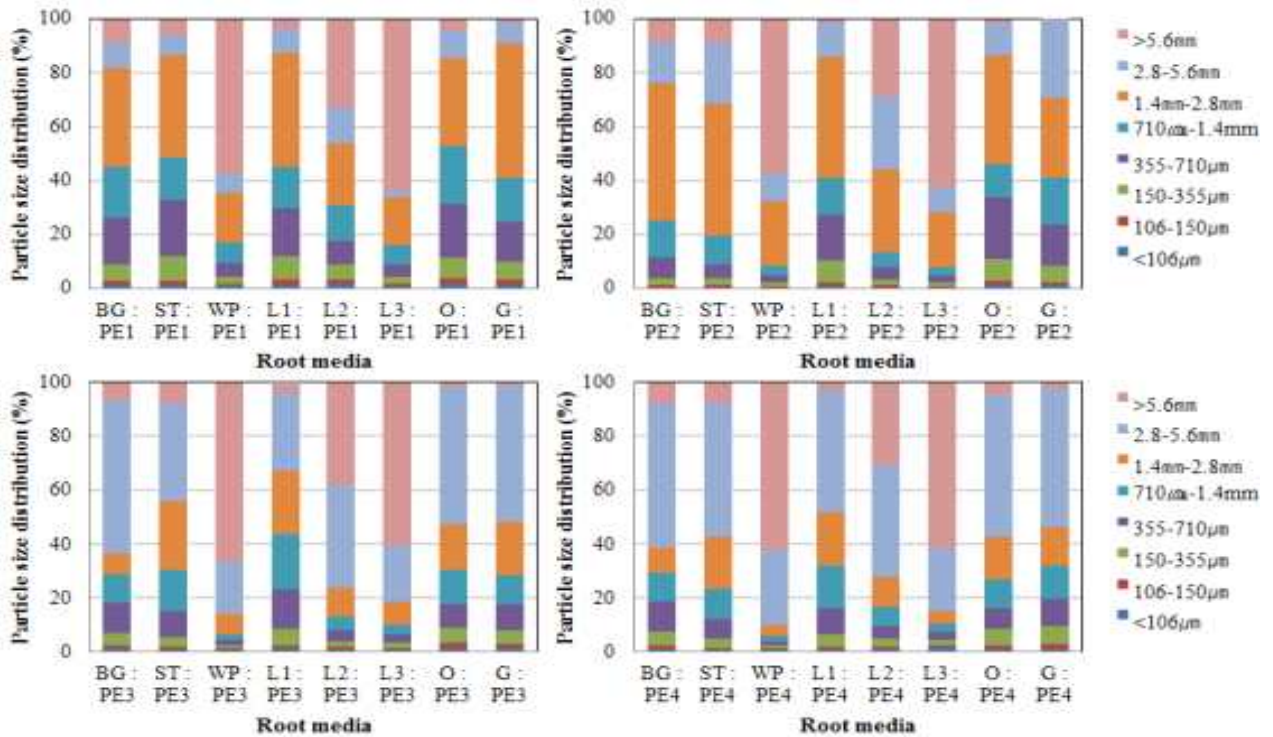


그림 4-3. 8종의 피트모스와 4종의 펄라이트를 각각 7:3(v/v)으로 혼합한 상토의 입도분포. (BG: Blonde Golden, ST: Sphagnum Turvas, WP: White Peat 250, L1: Latagro 0-10mm, L2: Latagro 7-20mm, L3: Latagro 20-40mm, O: Orange 0-10mm, G: Green. PE1: <1mm, PE2: 1-2mm, PE3: 2-5mm, PE4: >5mm).

(2) 피트모스 또는 피트모스+펄라이트 혼합상토의 물리성

다양한 원산지로부터 수입한 피트모스의 물리성을 측정된 결과 공극률은 WP, L2 및 L3가 각각 78.9, 75.5, 및 85.8%로 약간 낮은 반면, 다른 다섯 종류는 90% 이상이었다(표 4-1). 용기용수량은 WP, L2 및 L3가 각각 45.6, 62.5 및 63.6%, 그리고 다른 다섯 종류는 83-87%의 범위로 측정되었다. 기상률은 WP, L2 및 L3에서 33.2, 13.0, 22.3%, 다른 종류의 피트모스에서 7.7-9.6%이었다. WP, L2 및 L3 피트모스는 공극률과 용기용수량이 낮지만 기상률이 상대적으로 높아서 동절기용 혼합상토에 적합한 조건을 가지고 있다고 판단하였다. 가비중은 모두 0.1-0.17g·cm⁻³범위에 포함되었는데, L3가 0.1g·cm⁻³로 가장 가볍고, L1 및 L2 상토가 가장 무거운 것으로 조사되었다.

피트모스에 직경 1mm 미만 규격의 펄라이트를 7:3(v/v)의 비율로 혼합하고 이들 상토의 공극률, 용기용수량, 기상률 및 가비중을 측정하였다(표 4-2). 그 결과 단일 피트모스에 비해 공극률이 약간 감소하였고, 용기용수량은 상토별로 일정한 경향을 찾을 수 없었다. 기상률은 모든 혼합상토에서 감소하는 경향을 보였으며, 특히 WP 및 L3 등 입경이 큰 피트모스를 이용하여 조제된 상토의 기상률이 크게 감소하였다. 이는 피트모스 입자 사이에 형성된 비교적 큰 공극을 직경이 작은 펄라이트가 점유하므로써 보수성이 증가하고 기상률이 낮아진 원인이 되었다고 생각한다. Verdonck and Penninck(1986)도 >2mm, 1-2mm, 0.5-1mm, <0.5mm, 그리고 이들을 모두 혼합한 5종류 피트모스의 물리성을 측정된 결과 기상률이 각각, 68.6, 64.4, 56.5, 17.0 및 7.4%였다고 보고하였으며, 본 연구에서 다양한 입자 크기를 갖는 상토의 기상률이 낮아진 것에 대하여 이론적인 뒷받침을 하고 있다.

표 4-1. 국내 상토재료로 사용되는 피트모스 8종의 물리성.

피트모스 종류	총 공극률 (%)	용기 용수량 (%)	기상률 (%)	가비중 ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
Blonde Golden	93.7	83.9	9.8	0.12
Sfagnumi Turvas	95.7	87.3	8.4	0.15
White Peat 250	78.9	45.6	33.2	0.14
Latagro 0-10mm	97.4	87.8	9.6	0.17
Latagro 7-20mm	75.5	62.5	13.0	0.16
Latagro 20-40mm	85.8	63.6	22.3	0.10
Orange 0-10mm	94.1	85.5	8.6	0.12
Green	95.5	87.8	7.7	0.14
LSD ^z	11.4	6.6	3.8	0.02

^zLeast significant difference at $p=0.05$.

피트모스에 입경이 다른 네 종류 펄라이트[<1mm(PE1), 1-2mm(PE2), 2-5mm(PE3) 및 >5mm(PE4)]를 혼합하고 물리성을 측정한 결과 BG, ST, WP, L1 및 L2 피트모스는 혼합된 펄라이트의 입경이 커질수록 공극률이 감소하는 경향이였다. L3 피트모스는 PE1 보다 PE2가 혼합될 때 공극률이 낮아졌지만 PE3와 PE4가 혼합될 때 PE2가 혼합된 상토 보다 공극률이 높아졌다. O 및 G 피트모스는 <1mm의 펄라이트와 혼합하면 공극률이 낮았지만 PE2, PE3 및 PE4 펄라이트가 혼합된 처리들 간에는 유사한 공극률을 갖는 것으로 측정되었다. 다양한 피트모스에 직경이 작은 PE1을 혼합할 경우 피트모스 단용으로 한 상토와 유사한 용기용수량을 보였지만 펄라이트의 입경이 커질수록 뚜렷하게 낮아지는 경향이였다. 각종 피트모스에 <1mm 규격(PE1)의 펄라이트를 혼합하면 기상률이 감소하였지만, 혼합된 펄라이트의 입경이 커질수록 증가하는 경향이였다. 이상과 같이 다양한 종류의 피트모스 입경 또는 혼합되는 펄라이트 입경의 차이에 따라 물리성이 큰 차이를 나타내며, 입경이 작은 피트모스는 큰 입자의 펄라이트를 그리고 입경이 큰 피트모스는 작은 입자의 펄라이트를 혼합하였을 때 토양통기성과 보수성 등 작물 생육에 적합한 물리성을 보유한다고 판단하였다. 보편적인 원예용 상토의 삼상비율은 공극률 85-95%, 용기용수량 70-80%, 그리고 기상률 10-20%의 범위로 보고되고 있다(Argo, 1998; Bunt, 1988; Cattivello, 1991; Nelson, 2003). 본 연구에서는 농가에서 관행적으로 계절에 따라 상토의 물리성 변화를 시도함을 고려하여 피트모스와 펄라이트를 혼합하여 조제한 상토들 중 이상의 범위에 포함되고 계절별 기상환경의 특성을 반영할 수 있는 상토를 선발하여 표 4-3에 나타내었다. 하절기 육묘용은 부숙도가 가장 높으며 소립자인 피트모스를 포함하여 공극률 및 액상률이 높은 혼합상토가 바람직하며 BG+PE1과 L1+PE2의 혼합상토는 공극률이 각각 90.9와 89.8%, 용기용수량이 81.3과 80.8%로 공극률과 액상률이 높아 하절기용으로 적합하다고 판단하였다. 동절기용은 부숙도가 낮고 대립인 피트모스를 포함하여

삼상비율 중 기상률이 높은 혼합상토가 바람직하다. ST+PE2 및 L3+PE2 혼합상토는 공극률이 86.7과 79.9%이고, 용기용수량이 74.9 및 60.4%로 낮지만, 기상률이 11.8과 19.6%로 높으며 동절기 육묘용으로 적합하다고 판단하였다. 봄과 가을철 육묘용으로는 공극률과 용기용수량이 하절기용과 동절기용의 중간 범위에 포함된 BG+PE3 및 O+PE3 혼합상토가 적합하다고 판단하였다. 계절별 육묘에 적합한 물리성을 보유하였다고 판단하여 선발한 혼합상토의 쉽게 이용할 수 있는 수분(EAW)은 18.0-28.6% 범위였으며, L3+PE2 혼합상토가 18.0%로 가장 낮았다. 완충수분(BW)은 5.8-9.2% 범위에 포함되었다.

표 4-2. 8종의 피트모스와 4종의 펄라이트를 7:3(v/v)으로 혼합한 상토의 물리성.

혼합상토 ^z	총 공극률 (%)	용기 용수량 (%)	기상률 (%)	가비중 (g·cm ⁻³)
Blonde Golden+PE1	90.9	81.3	9.7	0.13
Sfagnumi Turvas+PE1	96.0	90.1	5.9	0.17
White Peat 250+PE1	66.8	46.8	20.0	0.14
Latagro 0-10 mm+PE1	87.3	83.2	4.2	0.18
Latagro 7-20 mm+PE1	76.4	55.8	20.6	0.17
Latagro 20-40 mm+PE1	81.1	68.6	12.5	0.13
Orange 0-10 mm+PE1	89.0	87.8	1.3	0.15
Green+PE1	92.1	89.9	2.2	0.16
Blonde Golden+PE2	85.1	77.8	7.3	0.13
Sfagnumi Turvas+PE2	86.7	74.9	11.8	0.13
White Peat 250+PE2	72.0	45.3	26.8	0.14
Latagro 0-10 mm+PE2	89.8	80.8	9.0	0.17
Latagro 7-20 mm+PE2	78.4	56.8	21.6	0.15
Latagro 20-40 mm+PE2	79.9	60.4	19.6	0.12
Orange 0-10 mm+PE2	87.3	80.3	7.0	0.12
Green+PE2	89.2	83.8	5.4	0.14
Blonde Golden+PE3	85.2	77.9	7.4	0.12
Sfagnumi Turvas+PE3	85.5	77.6	7.9	0.14
White Peat 250+PE3	71.7	44.6	27.1	0.13
Latagro 0-10 mm+PE3	83.4	74.9	8.4	0.19
Latagro 7-20 mm+PE3	76.4	51.6	24.9	0.15
Latagro 20-40 mm+PE3	84.7	63.2	21.5	0.12
Orange 0-10 mm+PE3	87.3	77.9	9.4	0.15
Green+PE3	87.4	82.2	5.3	0.15
Blonde Golden+PE4	82.2	68.5	13.7	0.12
Sfagnumi Turvas+PE4	81.8	74.3	7.5	0.14
White Peat 250+PE4	64.7	42.9	21.8	0.12
Latagro 0-10 mm+PE4	78.9	66.1	12.8	0.18
Latagro 7-20 mm+PE4	77.5	56.6	20.9	0.14
Latagro 20-40 mm+PE4	83.8	56.0	27.8	0.10
Orange 0-10 mm+PE4	87.5	79.7	7.8	0.14
Green+PE4	91.0	84.0	7.0	0.16
<i>F-Significance</i>				
Peatmoss	***	***	***	***
Perlite	NS	NS	NS	*

^zPE1: Perlite <1mm, PE2 : Perlite 1-2mm, PE3: Perlite 2-5mm, PE4: Perlite > 5mm.

NS,*,**,***Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively.

표 4-3. 플러그 육묘에 적합한 계절별 피트모스와 펄라이트 혼합상토(7:3, v/v) 6종의 쉽게 흡수 가능한 수분(easily available water, EAW)과 완충수분(buffering water, BW)의 비율.

계절	혼합상토	쉽게 흡수 가능한 수분(%)	완충수분(%)
여름	Blonde Golden+Perlite <1mm	28.6	7.2
	Latagro 0-10 mm+Perlite 1-2mm	22.0	5.8
겨울	Sfagnumi Turvas+Perlite 1-2mm	21.8	8.4
	Latagro 7-20 mm+Perlite 1-2mm	18.0	8.3
봄·가을	Blonde Golden+Perlite 2-5mm	24.9	7.3
	Orange 0-10 mm+Perlite 2-5mm	24.2	9.2
LSD ^z		2.7	0.5

^zLeast significant difference at $P = 0.05$.

(3) 피트모스 또는 피트모스+펄라이트 혼합상토의 pH 및 EC

피트모스의 pH를 측정된 결과 2.96-3.81의 강산성을 띠었고, EC는 0.08-0.47dS·m⁻¹의 범위에 포함되었다(표 4-4). 강산성의 피트모스와 펄라이트를 7:3(v/v)으로 혼합한 상토의 pH는 피트모스에 비해 높아졌으며, 동일한 피트모스에 펄라이트를 혼합할 경우 입경이 커질수록 pH가 낮아지는 경향을 보였다(표 4-5). 펄라이트 혼합으로 pH가 상승하는 것은 펄라이트의 약알칼리인 pH 7.2를 띠고 있기 때문(data not shown)이라고 판단되며 입경이 커질수록 pH가 다시 낮아진 것은 펄라이트 입경에 따라 표면적 차이가 발생하고 이를 통해 반응 정도가 달라졌기 때문이라고 판단한다. Martinez et al.(1988)은 상토를 입경별로 구분하여 일정한 수준으로 pH를 높이기 위해 필요한 고토석회의 양에 대하여 보고하였으며, 입경이 작은 물질은 큰 직경을 갖는 물질에 비하여 동일한 부피일 때 표면적이 급격히 증가하고 결국 필요한 석회석의 양이 많아진다고 하였다. 본 연구에서도 입경이 작은 펄라이트가 혼합될 경우 반응 표면적이 급격히 증가하고 결국 큰 직경을 갖는 펄라이트 보다 pH에 미치는 영향이 컸다고 판단하였다. EC는 입자 크기에 관계 없이 펄라이트의 혼합으로 인해 다소 낮아지는 경향이였다. 전반적으로 피트모스에 무기물인 펄라이트가 혼합됨에 따라 피트모스 단독일 때 보다 pH는 상승하고 EC는 약간 낮아지는 경향이였으나 그 정도는 크지 않았다.

표 4-4. 국내에서 상토재료로 사용되는 피트모스 8종의 pH와 EC.

피트모스 종류	pH	EC(dS·m ⁻¹)
Blonde Golden	3.52	0.11
Sfagnumi Turvas	3.54	0.09
White Peat 250	3.81	0.09
Latagro 0-10 mm	2.96	0.47
Latagro 7-20 mm	3.55	0.16
Latagro 20-40 mm	3.61	0.08
Orange 0-10 mm	3.50	0.15
Green	3.58	0.17
LSD ^z		0.11

^zLeast significant difference at $P = 0.05$.

표 4-5. 8종의 피트모스와 4종의 펄라이트를 7:3(v/v)으로 혼합한 상토의 화학성.

혼합상토 ^z	pH	EC(dS·m ⁻¹)	혼합상토	pH	EC(dS·m ⁻¹)
Blonde Golden+PE1	3.97	0.06	Blonde Golden+PE2	3.70	0.09
Sfagnumi Turvas+PE1	3.84	0.06	Sfagnumi Turvas+PE2	3.56	0.07
White Peat 250+PE1	3.93	0.06	White Peat 250+PE2	3.78	0.07
Latagro 0-10mm+PE1	3.20	0.21	Latagro 0-10mm+PE2	3.11	0.26
Latagro 7-20mm+PE1	3.63	0.11	Latagro 7-20mm+PE2	3.65	0.11
Latagro 20-40mm+PE1	3.76	0.05	Latagro 20-40mm+PE2	3.70	0.06
Orange 0-10mm+PE1	3.67	0.10	Orange 0-10mm+PE2	3.61	0.10
Green+PE1	3.64	0.13	Green+PE2	3.60	0.14
Blonde Golden+PE3	3.50	0.07	Blonde Golden+PE4	3.52	0.10
Sfagnumi Turvas+PE3	3.55	0.06	Sfagnumi Turvas+PE4	3.50	0.07
White Peat 250+PE3	3.87	0.06	White Peat 250+PE4	3.71	0.06
Latagro 0-10mm+PE3	2.99	0.40	Latagro 0-10mm+PE4	2.96	0.32
Latagro 7-20mm+PE3	3.60	0.13	Latagro 7-20mm+PE4	3.47	0.12
Latagro 20-40mm+PE3	3.57	0.07	Latagro 20-40mm+PE4	3.45	0.07
Orange 0-10mm+PE3	3.55	0.11	Orange 0-10mm+PE4	3.53	0.11
Green+PE3	3.54	0.14	Green+PE4	3.45	0.15
<i>F-Significance</i>					
Peatmoss	***	***	Perlite	NS	NS

^zPE1: Perlite<1mm, PE2: Perlite 1-2mm, PE3: Perlite 2-5mm, PE4: Perlite>5mm.

NS,*,**,***Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

(4) 피트모스 또는 피트모스+펄라이트 혼합상토의 양이온치환용량(CEC) 및 무기물 함량
수집된 피트모스의 CEC를 분석한 결과 107-148meq·100g⁻¹범위에 포함되었다(표 4-6). L3이 107meq·100g⁻¹로 가장 낮고, L1, O 및 G가 각각 148, 145, 140meq·100g⁻¹로 높았다. 모든 피트모스의 K 함량은 3.30-4.22meq·100g⁻¹, Ca 함량은 6.13-16.40meq·100g⁻¹, Mg 함량은 3.94-24.50meq·100g⁻¹의 범위였으며, Na 함량은 0.82-6.58meq·100g⁻¹의 범위로 분석되었다.

표 4-6. 국내에서 상토재료로 사용되는 피트모스 8종의 치환성 양이온 함량 및 양이온치환용량 (cation exchange capacity).

피트모스 종류	K	Ca	Mg	Na	CEC
	----- (meq·100g ⁻¹) -----				
Blonde Golden	4.22	16.40	24.50	6.58	137
Sfagnumi Turvas	3.68	8.28	5.48	1.82	127
White Peat 250	3.67	8.14	4.51	0.93	123
Latagro 0-10mm	3.75	15.00	6.07	1.67	148
Latagro 7-20mm	3.55	11.00	4.16	0.83	130
Latagro 20-40mm	3.30	6.13	3.94	0.82	107
Orange 0-10mm	3.75	12.00	17.20	2.09	145
Green	3.75	6.76	15.00	2.49	140
LSD ^z	0.04	0.26	0.12	0.08	0.34

^zLeast significant difference at $P = 0.05$.

피트모스의 양이온치환용량을 분석한 결과 부숙이 많이 진행된 피트모스에서 높았던 반면, 부숙이 덜 된 피트모스에서 낮았다. 또한 각 무기이온의 양을 분석한 결과도 유사한 경향을 보였다. 그러나 전반적으로 조사된 각종 피트모스의 양이온치환용량은 코이어 더스트 등 다른 상토 재료보다 매우 높았으며 혼합상토 구성재료로 이용하기에 문제가 없다고 판단하였다(Choi et al., 2000). 또한 각종 무기이온의 농도는 매우 낮은 수준이었는데 이는 피트모스의 전형적인 특징이라고 판단된다(Nelson, 2003).

표 4-7. 8종의 피트모스와 4종의 펄라이트를 7:3(v/v)으로 혼합한 상토의 치환성 양이온 함량 및 양이온치환용량.

혼합상토 ^z	K	Ca	Mg	Na	CEC
	----- (meq·100g ⁻¹) -----				
Blonde Golden+PE1	4.09	2.55	6.07	3.12	97
Sfagnumi Turvas+PE1	4.19	4.13	2.48	2.40	92
White Peat 250+PE1	3.40	7.14	2.27	1.33	111
Latagro 0-10mm+PE1	3.70	9.41	3.51	1.78	109
Latagro 7-20mm+PE1	3.63	8.45	3.23	1.47	118
Latagro 20-40mm+PE1	3.91	4.08	2.77	2.00	85
Orange 0-10mm+PE1	3.68	3.80	7.50	3.11	97
Green+PE1	3.70	3.75	7.54	4.12	105
Blonde Golden+PE2	3.92	3.63	8.53	2.92	124
Sfagnumi Turvas+PE2	3.90	4.40	2.42	2.35	99
White Peat 250+PE2	4.14	7.63	2.74	2.43	116
Latagro 0-10mm+PE2	4.00	8.88	3.56	2.46	118
Latagro 7-20mm+PE2	3.91	9.02	4.42	1.88	120
Latagro 20-40mm+PE2	3.55	4.92	3.09	2.06	117
Orange 0-10mm+PE2	3.53	4.16	8.14	2.70	115
Green+PE2	3.58	4.55	9.74	3.21	118
Blonde Golden+PE3	3.65	3.49	7.47	3.21	119
Sfagnumi Turvas+PE3	3.72	6.13	2.98	2.24	114
White Peat 250+PE3	3.49	7.63	2.87	1.48	134
Latagro 0-10mm+PE3	4.16	11.70	7.28	1.88	144
Latagro 7-20mm+PE3	3.89	7.95	2.94	1.70	120
Latagro 20-40mm+PE3	3.64	5.31	2.81	1.99	115
Orange 0-10mm+PE3	3.84	4.48	7.21	2.57	100
Green+PE3	3.74	5.50	10.40	3.37	113
Blonde Golden+PE4	3.89	4.18	9.05	2.50	119
Sfagnumi Turvas+PE4	3.75	7.27	3.42	2.24	109
White Peat 250+PE4	4.08	6.90	4.13	1.69	114
Latagro 0-10mm+PE4	4.07	12.00	3.98	2.27	128
Latagro 7-20mm+PE4	4.95	10.90	3.70	5.67	124
Latagro 20-40mm+PE4	4.67	5.05	2.33	2.54	83
Orange 0-10mm+PE4	4.43	4.96	8.72	4.12	115
Green+PE4	4.16	4.66	9.47	3.60	110
<i>F-Significance</i>					
Peatmoss	NS	***	***	***	NS
Perlite	**	NS	NS	NS	NS

^zPE1: Perlite<1mm, PE2: Perlite 1-2mm, PE3: Perlite 2-5mm, PE4: Perlite>5mm.

NS,*,**,***Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

피트모스와 펄라이트를 혼합한 상토는 피트모스 자체 보다 CEC가 낮아졌고, 혼합된 펄라이트의 입경이 커질수록 CEC가 증가하는 경향을 보였다(표 4-7). 또한 입경이 작은 피트모스를 포함한 하절기용 육묘용 상토는 직경이 큰 피트모스를 포함한 동절기 육묘용 상토 보다 양이온치환용량이 높았다. Bunt(1988)나 Nelson(2003)이 보고한 바와 같이 펄라이트는 양이온치환용량이 매우 낮은 물질이며 펄라이트 혼합으로 피트모스 단용인 경우 보다 CEC가 낮아졌다고 생각한다. 또한 보편적으로 직경이 큰 입자들 사이에는 큰 공극이 형성되고, 형성된 공극을 직경이 작은 입자들이 점유한다. 따라서 입경이 큰 펄라이트가 혼합될수록 직경 30-300 μ m 크기의 입자간 공극(interaggregate pores, Verdonck and Penninck, 1986)의 비율이 많아지고 이 공극을 점유하는 작은 입자의 비율이 늘어나 CEC가 증가하였다고 판단하였다.

이들 상토 중 각 계절별 육묘에 적합하다고 판단한 6종류 상토의 평균 CEC는 97-119meq \cdot 100g $^{-1}$ 였고, 무기원소 중 K 함량 3.55-4.09meq \cdot 100g $^{-1}$, Ca 함량은 2.55-8.88meq \cdot 100g $^{-1}$, Mg 함량 2.42-7.47meq \cdot 100g $^{-1}$, 그리고 Na 함량은 2.06-3.21meq \cdot 100g $^{-1}$ 범위로 분석되었다.

라. 요약

국내의 공정육묘장들이 계절별 기상환경에 적합하도록 혼합상토의 조성을 변화시키고 있지만 물리·화학적 관련 판단근거와 기준이 정립되지 않은 상황이며, 계절별(하절기, 동절기, 봄·가을) 육묘에 적합한 상토를 선발하기 위해 본 연구를 수행하였다. 실험을 위해 다양한 국가에서 수입된 8종류의 피트모스와 입경이 다른 4종류의 펄라이트를 수집한 후 비율을 피트모스 7: 펄라이트 3(v/v)으로 고정시킨 32종류 상토를 만들었다. 이 후 공극률, 기상률 및 액상률의 삼상분포, 그리고 pH, EC 및 무기물 함량 등 화학성을 분석한 후 6종류 상토를 선발하였다. 선발된 상토를 대상을 추가로 쉽게 이용할 수 있는 수분량(EAW)과 완충수분(BW) 그리고 각종 화학성을 분석하여 기비 혼합을 위한 판단기준으로 삼았다. 피트모스와 펄라이트를 혼합한 상토는 공극률 64.7-96.0%, 용기용수량 42.9-90.1%, 그리고 기상률이 1.3-27.8%의 범위로 측정되었고, 혼합되는 피트모스와 펄라이트 종류에 따라 물리성의 차이가 컸다. 피트모스의 pH와 EC가 각각 2.96-3.81 및 0.08-0.47dS \cdot m $^{-1}$ 로 분석되었지만 펄라이트를 혼합한 후 pH가 상승하고 EC가 낮아졌다. 하절기용으로 선발한 Blonde Gold peatmoss(BG)+펄라이트 1호(입경 <1mm, PE1)와 Latagro 10mm 이하+펄라이트 2호(PE2) 상토는 공극률, 용기용수량 및 기상률이 각각 89.8-90.9, 80.8-81.3 및 9.0-9.7%였다. 동절기용으로 선발한 Sfagnumi Turvas(ST)+PE2와 Laragro 20-40mm(L3)+PE2 상토는 이들 세 종류 항목이 각각 79.9-86.7, 60.4-74.9 및 11.8-19.6% 그리고 봄·가을용인 BG+펄라이트 2-5mm(PE3)와 Orange peatmoss(O)+PE3이 각각 85.2-87.3, 77.9 및 7.4-9.4%이었다. EAW는 봄·가을과 하절기용이 각각 24.2-24.9%, 22.0-28.6%의 범위였지만 동절기용은 각각 18.0-21.8%로 측정되었으며, BW는 계절별로 선발한 상토에 따른 차이가 뚜렷하지 않았다. 선발된 6종류 혼합상토의 pH는 3.11-3.97, EC는 0.06-0.26dS \cdot m $^{-1}$, 그리고 양이온치환용량은 97-119meq \cdot 100g $^{-1}$ 범위에 포함되었다.

2. 근권부 염농도 조절을 위한 저면관비 기술 개발

가. 서언

국내 고추의 수요는 주로 양념용 조미채소이며 100% 노지재배이고, 풋고추가 시설 내에서 일부 재배되고 있다. 고추의 재배면적과 생산량은 최근 10년간 감소추세이며 2014년 각각 36천ha, 85천 톤이었다(MAFRA, 2015). 고추, 토마토 등 과채류와 팬지 등 초화류는 플러그묘가 대량 생산되고 있으나 이와 함께 육묘배지용으로 주로 사용되는 피트모스와 펄라이트 등도 대량 수입되고 있다. 이들 비용절감 방법으로 국내의 다양한 부산물 등 대체물질 개발에도 상당한 연구가 진행 중이다(Hwang and Jeong, 2004; Park and Choi, 2014; Park et al., 2014; Shin and Jeong, 2002). 그럼에도 불구하고 피트모스는 보수성 등이 우수하여 단독 또는 공극률 등 물리성을 개선하기 위해 펄라이트나 버미큘라이트 등이 혼용되어 사용되고 있는 실정이다. 널리 사용되는 피트모스의 문제점은 강산성 유기물질이기 때문에 혼합상토 조제시 석회질비료의 혼용이 필수이며, 주로 고토석회[CaMg(CO₃)₂]를 사용하여 육묘기간 중 pH를 안정적으로 유지할 수 있도록 해준다(Lee et al., 2010).

Lee et al.(2014)은 원산지가 다른 다양한 피트모스와 펄라이트의 입자크기별 혼합상토 제조시 물리·화학적 특성을 측정하여 고추 ‘녹광’의 계절별 적합한 상토를 구명하였다. 혼합상토는 pH 뿐만 아니라 N-P-K와 미량원소 역시 중요하므로 기비에 이러한 무기이온들이 포함되어야 하며 일정량은 기비로, 나머지는 생육기간 중 추비로 관비할 수 있다. Shon et al.(1998)은 고추 플러그 육묘 시 상토 조합 뿐만 아니라 질소의 기비량에 따라 생장이 달라졌다고 보고하였다. 그리고 작물을 재배하는 동안 관수나 비료를 공급할 경우 두상관수, 저면관수 등이 주로 이용되고 있다. 두상관수는 물이나 양액의 소모량이 많고 상토가 다져짐으로 인해 물리성이 변화할 수 있다(Lee et al., 2006). 반면 저면관수법은 두상관수법에 비해 관수(비)량은 적고 작업은 생력화 할 수 있으나 염류집적이 문제될 수 있어 육묘시 EC 0.75-2.0dS·m⁻¹를 적절하게 조절해 주어야 한다(Bunt, 1988; Nelson, 2003).

따라서 본 실험에서는 저면관수시 육묘용 피트모스-펄라이트 혼합상토에 적합한 최적의 기비의 종류 및 농도를 구명하고, 이러한 결과가 작물 재배시 작물생장과 근권부 환경에 미치는 영향을 구명하기 위해 본 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 식물재료 및 혼합상토

본 연구에서는 1차년도 연구결과를 토대로 물리성 및 화학성이 구명되고 계절별 육묘 특성에 적합한 피트모스와 펄라이트 혼합상토(7:3; v/v)를 가지고 적정(titration)과정을 통해 최적의 기비 종류 및 농도를 구명하였다. 이후 성장상에서 5주간 육묘한 후 각 계절별 혼합상토에서 기비의 효능 구명을 위한 재배실험을 진행하였으며 구체적인 내용은 다음과 같다. 이전의 연구결과를 통해 물리화학적 특성이 적합하다고 판단된 총 6가지의 혼합상토 중에서 동절기는 부숙도가 낮은 대립의 피트모스가 포함되어 공극률과 기상률이 높은 ST(Sfagnumi Turvas(imported from Estonia, Dongbu Hannong Co., Ltd. Daejeon, Korea)+PE2(Perlite 1-2mm, imported from China, Shinsung Mineral Co., Ltd. Jincheon, Korea)와 L3(Latagro 20-40mm, imported from Latvia, Shinsung Mineral Co., Ltd. Jincheon, Korea)+PE2로, 하절기는 부숙도가 높아 소립인 피트모스가 포함되어 액상률이 높은 BG(Blonde Golden, imported from Canada, Dongbu Hannong Co., Ltd. Daejeon, Korea)+PE1(Perlite <1mm, imported from China, Shinsung Mineral Co., Ltd. Jincheon, Korea)과 L1(Latagro 0-10mm, imported from Latvia, Shinsung Mineral Co., Ltd.

Jincheon, Korea)+PE2로, 분가을용 혼합상토는 이 두 계절의 중간 특성을 갖는 BG+PE3(perlite 2-5mm, imported from China, Shinsung Mineral Co., Ltd. Jincheon, Korea)와 O(Orange 0-10mm, imported from Canada, Dongbu Hannong Co., Ltd. Daejeon, Korea)+PE3로 공정육묘에 사용할 혼합상토를 구명하였다.

(2) pH 적정 및 석회 첨가량

계절별 6종의 혼합상토를 건조시킨 후 비커에 1.5g의 혼합상토 시료와 50mL의 degassed, deionized water를 넣고 30분간 교반시켰다. 이후 자동적정장치(888 Titrando, Metrohm Co., Switzerland)로 0.1M NaOH와 0.1M HCl을 이용하여 pH를 11에서 3으로 높였다 낮추면서 이때 사용된 총 NaOH와 HCl의 양(mL)을 측정하였다. 이후 분당 1/7mL씩 0.1M NaOH를 첨가해주는 전위 적정(forward titration)을 통해서 pH 11까지 천천히 높이면서 첨가된 NaOH의 양을 기록하였고, 반대로 0.1M HCl을 첨가해주는 후위 적정(backward titration)을 통해서 pH 3까지 천천히 낮추면서 첨가된 HCl의 양을 측정하였다. 이들 값을 혼합상토의 비중, 석회 종류에 따른 상대적인 알칼리도 등을 토대로, 목표한 pH에 도달하기 위해 첨가해야 할 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 와 CaCO_3 의 함량을 3반복으로 수행하여 구하였다.

(3) 포화추출법을 통한 용과린의 요구량

석회질비료에 용과린을 0부터 $1.2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 까지 $0.3\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 씩 추가 총 5가지의 처리구를 두어 혼합한 후, 공정묘 생산에 적합한지 여부를 판단하기 위해 포화추출(saturated paste method, Warncke, 1986)하여 수집된 3반복의 시료를 pH 및 EC를 측정하였다(Multi meter CP-500L, Istek Co. Sungnam, Korea).

(4) 저면관비를 위한 혼합상토의 시비

이전 결과에서 물리·화학적 특성이 우수하다고 구명된 혼합상토 6종류를 적정하고 목표 pH에 도달하기 위해 필요한 석회석을 혼합하였다. 또한 기비로 용성인비, KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 미량원소를 혼합한 후, 공정묘 생산에 적합한지 여부를 판단하기 위해 pH와 EC를 측정하여 적합한 처리를 선정하였다. 이후 72공 플러그묘에 혼합상토별로 토마토(도태랑다이아, (주)코레곤종묘), 고추(녹광, (주)동부팜농)를 파종하였고, 이후 성장상(HB-301M-3, 한백과학)에서 계절별로 온도를 조절하여 5주간 재배하였다. 성장상의 환경조건은 춘추(온도/습도/유효광량자속 - 주간: $27^\circ\text{C}/45\%/60-80\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 야간: $23^\circ\text{C}/55\%$), 하계(온도/습도/유효광량자속 - 주간: $33^\circ\text{C}/45\%/70-100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 야간: $27^\circ\text{C}/55\%$), 동계(온도/습도/유효광량자속-주간: $23^\circ\text{C}/45\%/40-70\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 야간: $18^\circ\text{C}/55\%$)로 설정하였다. 파종 후 발아 전까지는 온도 28°C , 상대습도 85%, 암조건에 치상하였다. 토마토의 경우 도장으로 인한 상품성 저하를 막기 위해서 빈나리 수화제(디니코나졸 수화제, (주)동방아그로)를 0.16g/L 로 희석하여 발아된 후부터 매주 1회당 10mL씩 분무하였다. 추비는 파종 2주차부터 트레이의 무게가 수분 최대 포화 기준으로 40-50%로 감소할 때 $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ 기준 13-2-13, 20-9-20, 15-0-15 비료를 순서대로 $50\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 농도가 조절되고 $0.25\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 토양습윤제를 포함한 비료를 1.5L씩 저면관수로 공급하였다. 근권부 무기이온의 수직적 변화를 파악하기 위해서 1, 2, 4, 5 주차 플러그묘의 혼합상토를 수집하여 상, 중 및 하로 나누어 포화추출한 후 시료를 채취하여 Ion chromatography(Waters 432 conductivity, Younglin, Seoul, Korea)로 근권부 무기이온 농도를 분석 하였다.

파종 후 5주에 생육조사를 실시하였으며, 이때 72공 플러그에서 무작위로 수집한 10반복 작물의 초장, 초폭, 엽수, 엽장, 엽폭, 지상부 생체중 및 건물중을 조사하였고, 엽록소 측정계

(chlorophyll meter, Konica Minolta Sensing, INC., Japan)를 사용하여 SPAD 값을 측정하였다.

(5) 통계분석

수집된 자료 중 혼합상토 처리간 평균은 Costat 프로그램(Monterey, California, USA)을 사용하여 LSD 검정과 1차, 2차 곡선의 상관관계를 통계처리 하였다. pH 및 EC 변화는 플러그묘의 근권부를 상부, 중간 및 하부로 나누어 Sigmaplot(Systat Software Inc., San Jose, California)을 통해서 $p=0.05$ 수준의 표준오차를 통계처리 하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) pH 적정 및 석회 첨가량 구명

각 계절별로 물리적 특성이 적합하여 선정된 상토에 적절한 기비 함량을 판단하기 위해 적정을 통해 pH를 6.2까지 높여주기 위한 고토석회[CaMg(CO₃)₂]의 첨가량을 구명한 결과 BG+PE3: 2.31, O+PE3: 1.57 BG+PE1: 2.29, L1+PE2: 1.87, ST+PE2: 1.73, L3+PE2: 1.96g·L⁻¹로 계산되었다(그림 4-4). 겨울용 혼합상토의 경우 기상률이 높고 용기용수량이 낮으며, 상대적으로 2.80mm 크기 이상의 입자 비율이 높았다. 이는 혼합상토 재료로 사용된 피트모스의 부속도가 낮음으로 인해 상토 양이온 교환 부위에 존재하는 H⁺ 입자가 더 적어 pH가 높게 나타났다. 이로 인해 고토석회의 요구량이 겨울용 혼합상토에서 가장 적었다. 반대로 여름용 혼합상토에서는 높은 온도와 광량에 의해 쉽게 건조되기 쉬우므로 용기용수량이 높고 기상률이 낮도록 조절되었으며, 2.80mm 보다 작은 입자의 비율이 높았다. 따라서 혼합상토 자체의 pH가 가장 낮아 적정 과정 중에 pH를 교정하기 위한 고토석회의 요구량이 높게 나타났다. 봄·가을 계절용 혼합상토의 경우 겨울과 여름의 중간정도의 물리·화학적 특성을 가지고 있으므로 고토석회 요구량 역시 중간 값을 가졌다. 그러나 고토석회는 용해도가 낮아 육묘기간 전반에 걸쳐 pH를 점차적으로 높이고 혼합 직후 근권부 pH가 낮게 측정된다. 이를 보완하기 위해 CaCO₃를 pH 6.2-6.5 상승구간의 요구량만큼 혼합하였다. 본 적정 과정은 CaMg(CO₃)₂에 맞게 변환되었으므로, 알칼리도가 1.0인 CaCO₃와 알칼리도가 1.09인 CaMg(CO₃)₂의 특성을 고려하여 CaCO₃의 요구량을 구명하였다. 계산한 결과 BG+PE3: 0.27, O+PE3: 0.16 BG+PE1: 0.27, L1+PE2: 0.19, ST+PE2: 0.15, L3+PE2: 0.23g·L⁻¹였다.

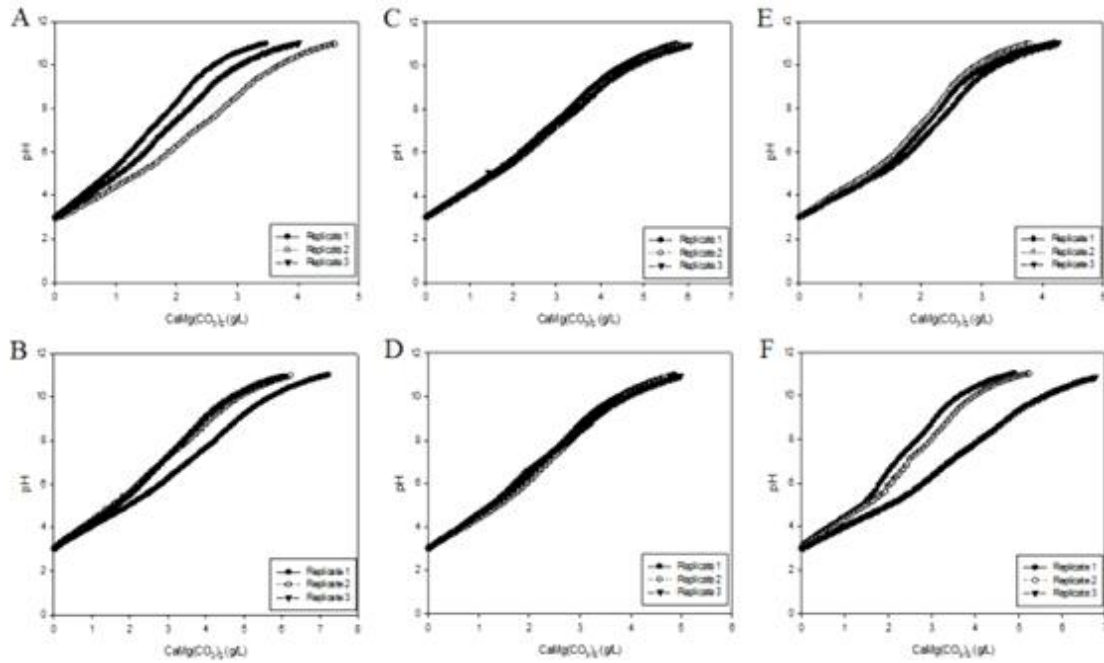


그림 4-4. 각 혼합상토에서 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 시비량에 따른 pH 변화. A, Blonde Golden(BG)+2-5mm perlite(PE3); B, 0-10mm Orange(O)+PE3; C, BG+<1mm perlite(PE1); D, 0-10mm Latagro(L1)+1-2mm perlite(PE2); E, Sfagnumi Turvas(ST)+PE2; and F, 20-40mm Latagro(L2)+PE2.

(2) 용과린의 요구량

각 계절별 혼합상토에 적정에 요구된 석회의 종류 및 농도를 첨가한 후 N-P-K와 미량원소복합제를 포함한 최적의 기비 종류 및 농도를 구명하고자 하였다. 각 혼합상토에 용과린을 $0.3\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 씩 차이를 두고 $1.2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 까지 총 5가지의 처리구를 두어 포화추출법을 통해 pH와 EC를 측정하였다(표 4-8, 표4-9). 기존에 혼합상토 개발시 두상살수법을 이용할 경우 추천된 용과린의 함량은 $0.9\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 이었다(Nelson, 2003). 본 실험은 저면관수를 이용한 실험으로 혼합상토의 적절한 pH는 5.6-6.2, 유묘생장에 적정한 EC는 $0.75\text{-}2.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이다(Bunt, 1988; Nelson, 2003). Gabriels et al.(1986)도 pH와 EC 등 상토의 화학성이 식물체 근권부에 영향을 미쳐 생육의 중요한 결정요인이 된다고 보고하였다.

플러그 육묘시 dolomite 사용은 육묘기간 중 점진적으로 pH를 증가시키기 때문에 파종 초기에 낮은 pH는 용해도가 빠른 CaCO_3 를 첨가함으로써 개선할 수 있다(Lee et al., 2010). 또 용과린은 용성인비와 과린산석회가 혼합되어 있는 비료이므로, 초기에 수용성 인산에 의해서 혼합상토의 pH를 낮출 수 있다. 따라서 근권부 EC와 pH를 고려했을 때, 모든 처리구에서 용과린의 최적 농도는 $0.3\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 판명되었다. 이러한 결과를 토대로 각 혼합상토별 최적 기비의 종류 및 농도를 밝혔다.

이러한 결과를 토대로 각 혼합상토별 최적의 기비의 종류 및 농도가 표 4-8과 4-9의 내용으로 밝혀졌고, 이를 근거로 토마토와 고추를 35일간 육묘하였다.

표 4-8. 기비로서 고토석회와 탄산석회(CaCO₃)를 혼합하여 pH를 교정한 후 용과린의 농도에 따른 혼합상토의 pH 변화.

석회	용과린 (g·L ⁻¹)	혼합상토 ^z 의 pH					
		BG+PE3	O+PE3	BG+PE1	L1+PE2	ST+PE2	L3+PE2
고토석회	0.0	4.09	4.49	4.28	4.04	4.23	4.67
	0.3	4.02	4.37	4.61	4.05	4.18	4.56
	0.6	4.23	4.35	4.31	3.97	4.18	4.54
	0.9	4.27	4.36	4.38	4.01	4.11	4.41
	1.2	4.04	4.24	4.24	3.99	4.08	4.13
LSD ^y		0.02	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04
Regression		NS	L**	Q*	NS	L***	L***
고토석회+CaCO ₃	0.0	4.53	4.56	4.36	4.12	4.33	4.47
	0.3	4.75	4.56	4.13	4.03	4.20	4.48
	0.6	4.39	4.52	4.15	4.02	4.12	4.44
	0.9	4.24	4.47	4.33	4.04	4.18	4.36
	1.2	4.19	4.43	4.15	4.03	4.16	4.29
LSD		0.02	0.11	0.04	0.01	0.04	0.06
Regression		L***	L*	NS	NS	Q***	L***

^zBG: Blonde Golden, PE3: Perlite 2-5mm, O: Orange 0-10mm, PE1: Perlite<1mm, L1: Latagro 0-10mm, PE2: Perlite 1-2mm, ST: Sfagnumi Turvas, L3: Latagro 7-20mm.

^yLeast significant difference at $P = 0.05$. Significance in trends of regression: ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; NS= nonsignificant, L= linear, Q= quadratic.

표 4-9. 기비로서 고토석회와 탄산석회(CaCO₃)를 혼합하여 pH를 교정한 후 용과린의 농도에 따른 혼합상토의 EC 변화.

석회	용과린 (g·L ⁻¹)	혼합상토 ^z 의 EC (dS·m ⁻¹)					
		BG+PE3	O+PE3	BG+PE1	L1+PE2	ST+PE2	L3+PE2
고토석회	0.0	1.99	1.72	1.76	1.69	1.67	1.51
	0.3	2.04	2.00	2.03	1.79	1.75	1.67
	0.6	2.26	2.17	2.06	1.97	1.84	2.08
	0.9	2.37	2.01	2.28	2.25	2.10	1.99
	1.2	2.77	2.39	2.36	2.16	2.36	1.90
LSD ^y		0.15	0.1	0.17	0.12	0.1	0.1
Regression		L***	L***	L***	L***	L***	Q**
고토석회+CaCO ₃	0.0	1.64	1.48	1.61	1.44	1.58	1.55
	0.3	1.79	1.70	1.88	1.71	1.75	1.79
	0.6	1.86	1.86	2.12	1.82	1.88	1.79
	0.9	2.07	1.90	2.19	1.97	1.98	1.96
	1.2	2.11	2.02	2.41	2.06	2.32	1.91
LSD		0.11	0.1	0.16	0.15	0.19	0.09
Regression		L***	L***	L***	L***	L***	L***

^z표 4-8 참고.

^yLeast significant difference at $P = 0.05$. Significance in trends of regression: ***, $P \leq 0.001$; **, $P \leq 0.01$; *, $P \leq 0.05$; NS= nonsignificant, L= linear, Q= quadratic.

(3) 저면관비 후 식물체의 생육과 근권부의 화학성 및 무기이온 변화

기비의 종류 및 농도가 밝혀진 혼합상토에 토마토 ‘도태랑다이아’, 고추 ‘녹광’을 파종하여 성장상에서 발아시킨 후, 파종 1주차부터 플러그 트레이의 중량이 관수 직후와 비교하여 40-50%의 수준이 되면 13-2-13, 20-9-20, 15-0-15 N-P₂O₅-K₂O 복합비료를 교대로 50mg·L⁻¹ 농도로 조성하고 토양습윤제가 0.25mL·L⁻¹ 포함되도록 조제한 후 1.5L씩 공급하였다. 성장상에서 35일간 육묘한 후 생육조사를 실시하였는데, 봄·가을용 혼합상토에서는 BG+PE3가, 여름용 혼합상토에서는 L1+PE2가, 겨울용 혼합상토에서는 ST+PE2가 묘의 생육이 우수하였다(표 4-10, 표 4-11).

표 4-10. 기비를 포함한 계절별 혼합상토를 72공 플러그묘에 충전하고 토마토 ‘도태랑다이아’를 파종하여 성장상에서 35일간 육묘한 결과.

혼합상토	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)	Chlorophyll (SPAD)
BG+PE3	4.6 b ^z	3.7 cd	1.7 bc	0.6 c	4.0 c	0.32 c	0.06 d	6.2 d	35.3 a
O+PE3	4.2 b	2.8 d	1.5 bc	0.5 c	4.0 c	0.43 ab	0.06 d	6.3 d	34.5 a
BG+PE1	4.9 b	6.5 a	3.3 a	2.0 a	8.4 a	0.52 a	0.20 ab	24.8 d	37.0 a
L1+PE2	4.9 b	5.5 ab	2.1 b	1.3 b	6.6 b	0.44 ab	0.18 b	153.1 b	35.4 a
ST+PE2	7.2 a	4.7 bc	1.9 bc	1.4 b	7.0 b	0.46 ab	0.23 a	190.6 a	26.2 b
L3+PE2	4.7 b	3.7 cd	1.1 c	0.8 c	4.8 c	0.36 bc	0.12 c	96.8 c	26.0 b
<i>F-significance</i>	***	***	***	***	***	**	***	***	***

^zMean separation by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

표 4-11. 기비를 포함한 계절별 혼합상토를 72공 플러그묘에 충전하고 고추 ‘녹광’을 파종하여 성장상에서 35일간 육묘한 결과.

혼합상토	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)	Chlorophyll (SPAD)
BG+PE3	6.2 a ^z	7.4 a	3.1 a	2.1 a	6.2 a	0.42 ab	0.23 a	22.4 c	35.0 a
O+PE3	4.9 b	4 b	1.7 cd	1.8 a	6.0 a	0.46 a	0.09 b	8.3 c	36.7 a
BG+PE1	6.8 a	2.7 c	1.7 cd	0.8 b	3.6 b	0.36 bcd	0.11 b	11.4 c	34.2 ab
L1+PE2	4.0 bc	3.6 bc	2.6 ab	1.8 a	6.4 a	0.34 cd	0.10 b	87.8 b	33.4 ab
ST+PE2	6.0 a	3.8 bc	2.1 bc	1.7 a	7.2 a	0.40 abc	0.27 a	222.5 a	26.9 c
L3+PE2	3.9 c	3.5 bc	1.3 d	0.7 b	3.6 b	0.30 d	0.05 b	44.5 bc	31.2 b
<i>F-significance</i>	***	***	***	***	***	***	***	***	***

^zMean separation by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

토마토 육묘에서 근권부 pH는 시간이 경과함에 따라 상승하는 경향을 보였으며, 이는 기비로 혼합된 고토석회가 원인이라고 판단하였다. 겨울용 혼합상토에서 pH가 4.3-5.6의 범위로 가장 높았으며, 이는 ST+PE2 혼합상토에서 토마토의 생육이 가장 좋았던 것과 동일한 경향을 보인 것이라고 판단한다. 혼합상토의 상단부보다 하단부로 갈수록 pH가 더 높아지는 경향을 보였는데, 이는 Morvant(1997)가 보고한 바와 같이 직접 저면관수할 경우 근권부 하단부에서 암모늄의 흡수가 일어나 하단부의 pH가 매우 높아진 것이 원인이라고 생각하며(그림 4-5) 고추에서도 유사한 경향을 보였다(그림 4-7).

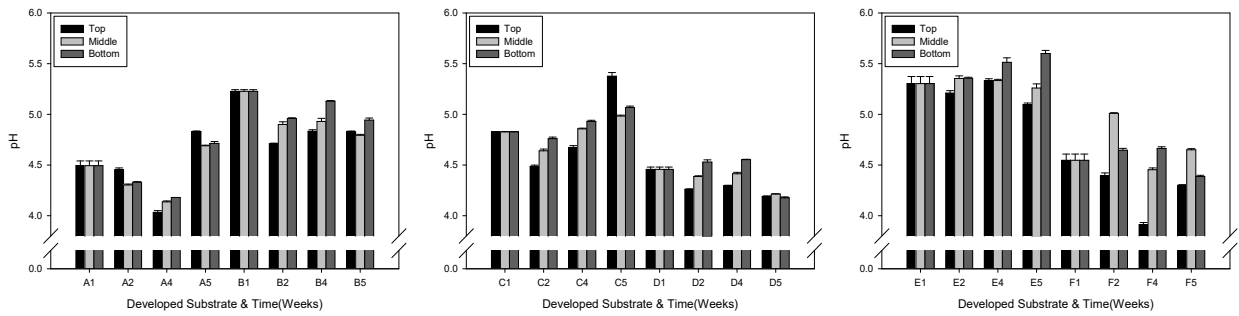


그림 4-5. 35일간 토마토를 육묘하고 혼합상토의 위치에 따른 부위별 pH 변화. (A, BG+PE3; B, O+PE3; C, BG+PE1; D, L1+PE2; E, ST+PE2; F, L3+PE2; Top, 플러그 셀 상단부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중단부 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하단부 1.5cm; 1, 1주차; 2, 2주차; 4, 4주차; 그리고 5, 5주차).

근권부 EC의 경우 토마토와 고추에서 모두 시간이 경과함에 따라 낮아졌으나, 상토 상층부의 EC는 시간이 경과해도 일정한 값을 유지하거나 높아지는 경향을 보였다(그림 4-6, 8). 작물이 성장할수록 흡수하는 비료의 양이 증가하지만 본 연구에서는 추비를 50mg·L⁻¹의 농도로 일정하게 관비하므로써 근권부 전체의 EC가 낮아졌다. 상토 상층부의 경우 저면관수에 의해 용탈이 일어나지 않으므로 지속적으로 상토 상단부에 무기염이 집적되었다고 판단한다. L3+PE2 혼합상토의 경우, 생장이 가장 저조하였다. 물리적인 측면에서 기상률이 너무 높고 용기용수량이 상대적으로 낮아 양이온치환 용량 등의 보비력이 낮고 근권부 EC가 매우 낮은 원인이 되었다고 생각한다.

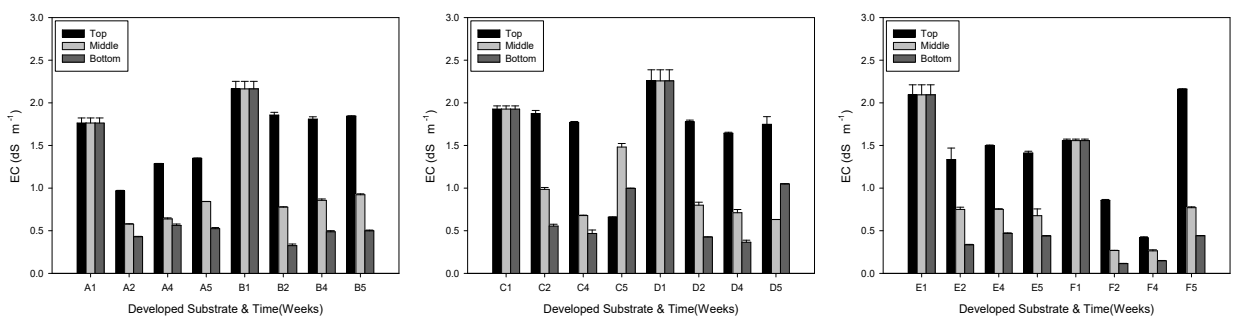


그림 4-6. 35일간 토마토를 육묘하고 혼합상토의 위치에 따른 부위별 EC 변화. (A, BG+PE3; B, O+PE3; C, BG+PE1; D, L1+PE2; E, ST+PE2; F, L3+PE2; Top, 플러그 셀 상단부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중단부 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하단부 1.5cm; 1, 1주차; 2, 2주차; 4, 4주차; 그리고 5, 5주차).

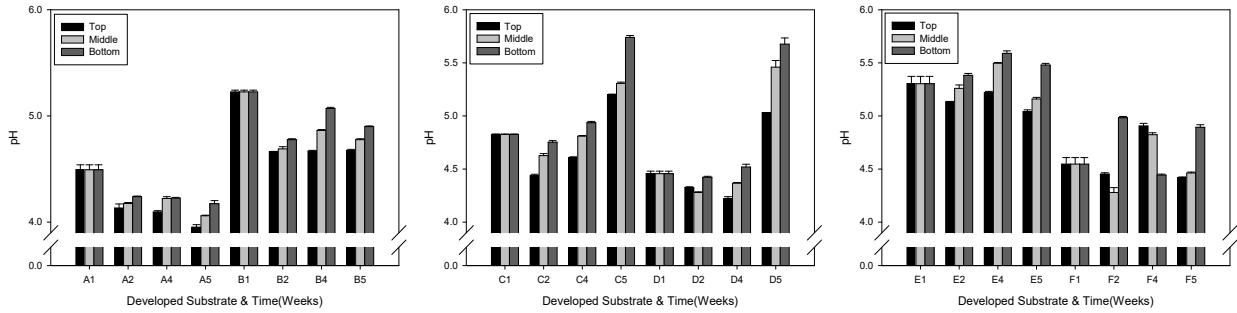


그림 4-7. 35일간 고추를 육묘하고 혼합상토의 위치에 따른 부위별 pH 변화.

(A, BG+PE3; B, O+PE3; C, BG+PE1; D, L1+PE2; E, ST+PE2; F, L3+PE2; Top, 플러그 셀 상단부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중단부 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하단부 1.5cm; 1, 1주차; 2, 2주차; 4, 4주차; 그리고 5, 5주차).

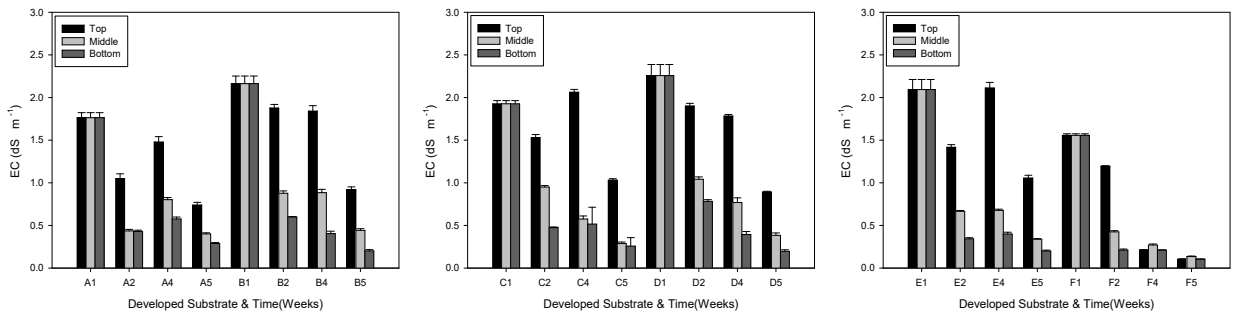


그림 4-8. 35일간 고추를 육묘하고 혼합상토의 위치에 따른 부위별 EC 변화.

(A, BG+PE3; B, O+PE3; C, BG+PE1; D, L1+PE2; E, ST+PE2; F, L3+PE2; Top, 플러그 셀 상단부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중단부 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하단부 1.5cm; 1, 1주차; 2, 2주차; 4, 4주차; 그리고 5, 5주차).

기비가 포함된 계절별 혼합상토에서 포화추출법을 통해 채취한 토양수의 무기이온 농도를 분석하였다. 토마토와 고추 모두 혼합상토에 포함된 피트모스의 특성이 뚜렷하게 나타나, 캐나다산 피트모스 Latagro가 포함되어 조제된 혼합상토 L1+PE2와 L3+PE2에서 모든 무기이온 농도가 상대적으로 높았다.

토마토 육묘 중 근권부의 pH와 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 농도를 분석한 결과, pH가 상대적으로 높았던 O+PE3, BG+PE1, ST+PE2 혼합상토에서 암모늄 농도가 $12\text{-}40\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 범위였으며 나머지 pH가 높은 혼합상토의 암모늄 농도 보다 더 낮았으며, 근권부 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 농도와 pH는 부의 상관관계가 있다고 판단하였다(그림 4-9). $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 의 경우, 근권부 EC가 높을 때 그 농도가 높았고 pH가 낮아졌으며, 이는 근권부 암모늄이 질산화 과정을 거쳐 H^+ 를 발생시키고 최종적으로 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 형태가 변환되어 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 농도가 높아졌다고 판단하였다. K과 Na는 EC와 비례하였고, 부속도가 높아 양이온 치환능력이 높은 여름용 혼합상토에서 Ca과 Mg가 높았다. $\text{PO}_4\text{-P}$ 와 $\text{SO}_4\text{-S}$ 는 근권부의 pH가 상승함에 따라 농도가 감소하는 경향을 보였다.

고추 육묘 중 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 이온은 토마토와 유사한 경향을 나타내어 pH가 가장 높은 BG+PE1에서 약 $23\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이하로 낮은 농도를 가졌다(그림 4-10). $\text{NO}_3^-\text{-N}$, K, Na 이온은 EC와 비례하여 O+PE3, BG+PE1, L1+PE2 혼합상토에서 매우 높은 농도로 분석되었다. L3+PE2 혼합상토의 경우 모든 무기이온 농도가 낮았는데, 이는 혼합상토 자체의 부속도가 낮고 입자가 크기 때문에

무기이온을 보유할 수 있는 능력이 부족했다고 판단하였다(CEC가 낮음). 토마토와 유사하게 근권부 pH가 고토석회에 의해 점차 상승함에 따라 모든 처리구에서 $PO_4\text{-P}$ 와 $SO_4\text{-S}$ 농도가 낮아지는 경향을 보였고, Ca 및 Mg 농도는 pH가 상대적으로 높았던 O+PE3, BG+PE1, ST+PE2 처리구에서 높았다.

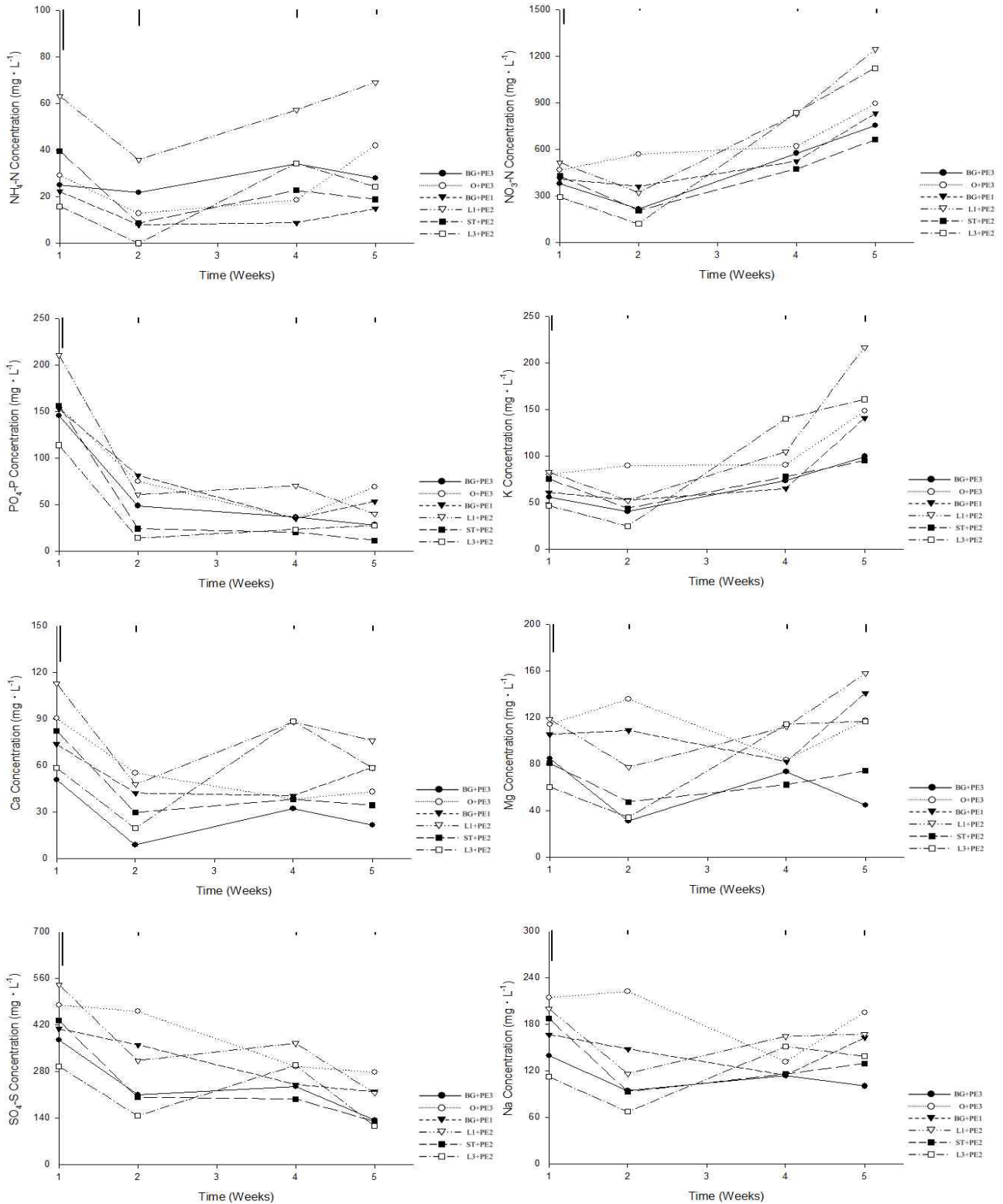


그림 4-9. 35일간 토마토를 육묘하는 동안 상토의 무기이온 농도 변화.

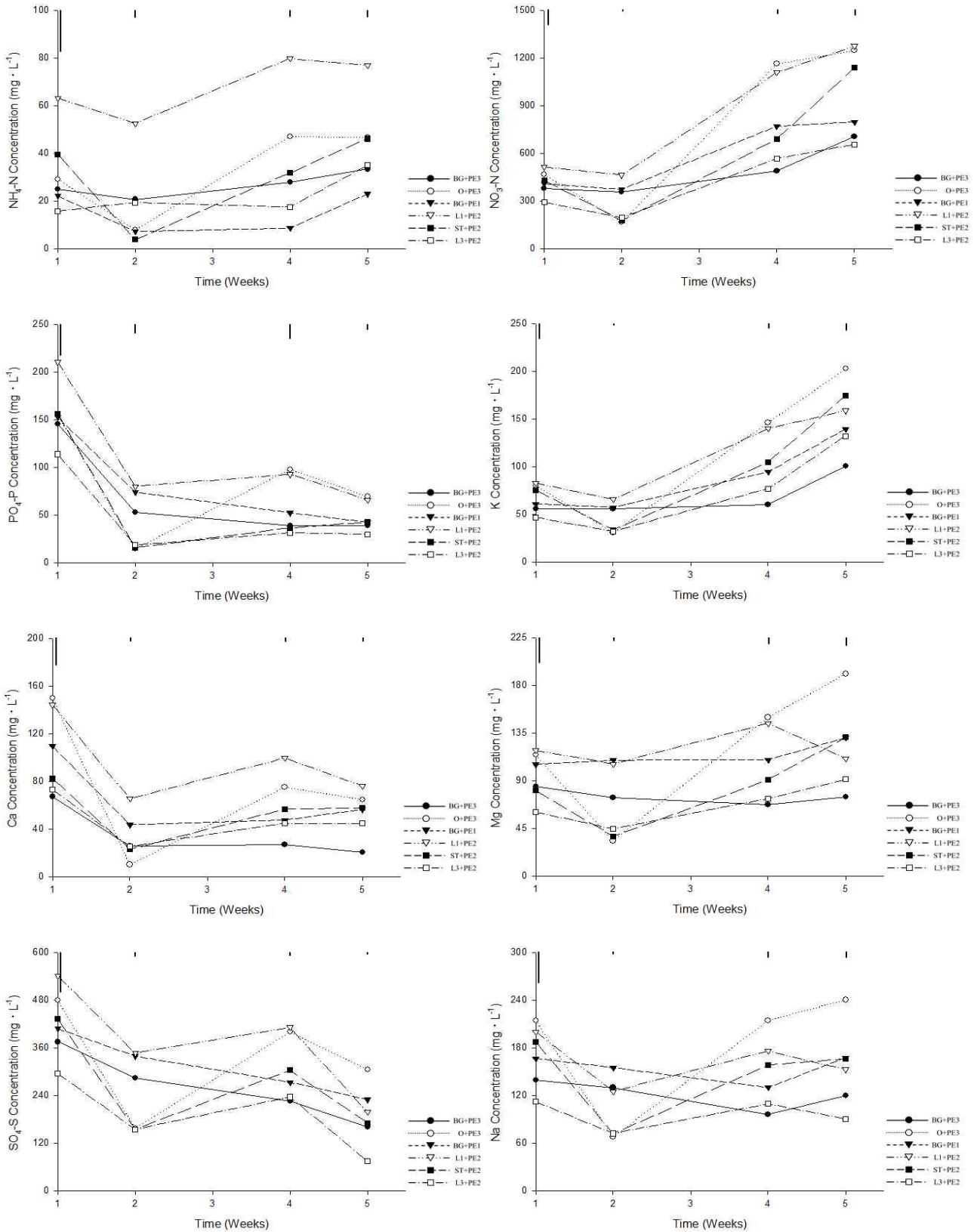


그림 4-10. 35일간 고추를 육묘하는 동안 상토의 무기이온 농도 변화.

라. 요약

토마토와 고추의 공정육묘시 계절별 특성이 고려된 혼합상토를 개발하기 위해, 이전의 결과에서 물리·화학적 특성이 우수하다고 판단된 6종류의 피트모스:펄라이트(7:3, v/v) 배지에 적합한 기비의 종류 및 농도를 구명하였다. 개발된 혼합상토별로 적정을 통해 pH 상승을 위해 필요한 석회의 종류 및 농도를 판단한 결과 dolomite는 BG+PE3: 2.31, O+PE3: 1.57 BG+PE1: 2.29, L1+PE2: 1.87, ST+PE2: 1.73, L3+PE2: 1.96g·L⁻¹, CaCO₃의 요구량은 BG+PE3: 0.27, O+PE3: 0.16 BG+PE1: 0.27, L1+PE2: 0.19, ST+PE2: 0.15, L3+PE2: 0.23g·L⁻¹로 나타났다. 이를 각 혼합상토에 첨가한 후 N, K 및 미량원소복합제를 일정량 첨가하고 용과린의 농도를 변화시켜 기비를 혼합하였으며 포화추출법을 통해 pH 및 EC를 측정된 결과 최적의 용과린 함량은 모든 상토에서 0.3g·L⁻¹로 나타났다. 기비가 포함된 혼합상토에서 계절별 온도 특성을 고려하여 성장상의 온도를 변화시키고 육묘한 결과 고추와 토마토의 과중 35일 후 생장은 각 계절별로 BG+PE3, BG+PE1, ST+PE2에서 우수하였다. 저면관수에 의해 상토 상층부의 EC가 높아지는 경향을 보였고, 고토석회와 석회 시비량이 많을수록 상토 pH가 상승하였다. 상토의 NO₃-N, K 및 Na 농도는 EC와 같은 경향을 보이며 상승하였고, NH₄⁺-N는 pH가 낮은 상토에서 농도가 높았다. Ca²⁺과 Mg²⁺ 농도는 부숙도가 높은 여름용 혼합상토에서 부숙도가 가장 낮은 겨울용 혼합상토인 L3+PE2보다 약 3배 높은 농도를 보였고, PO₄-P와 SO₄-S 이온은 pH가 상승함에 따라 불용화되어 농도가 2-4배 낮았다. 이러한 연구결과를 토대로 계절별 혼합상토의 기비는 dolomite 1.5-2.3g·L⁻¹, CaCO₃ 0.15-0.27g·L⁻¹, 용과린 0.3g·L⁻¹, KNO₃ 0.3g·L⁻¹, Ca(NO₃)₂ 0.3g·L⁻¹, 미량원소복합제 2g·L⁻¹가 적합하다고 판단하였다.

3. 추비 종류 및 농도가 플러그 묘 생장에 미치는 영향

가. 서언

원예작물의 육묘나 본포 재배를 위해 이용하는 혼합상토는 보편적으로 상토 조제과정에서 일정량의 비료를 첨가한다. 이를 우리나라에서는 기비(Choi et al, 2009), 미국의 경우 pre-planting nutrient charge fertilizer(Nelson, 2003), 그리고 유럽에서는 종종 base dressing으로(Sonneveld and Voogt, 2009) 표현한다. 또한 플러그 육묘용 상토에 첨가하는 기비의 양은 분화재배용 상토에 첨가하는 양에 비해 절반 이하로 줄이는 것이 일반적이다(Nelson, 2003). 상토에 기비를 첨가하는 이유는 발아 또는 정식 후 초기생장을 촉진시키기 위함이지만, 플러그 재배용 상토의 경우 과중된 종자가 발아 후 매우 어린 시기일 때 고농도의 비료염이 장해를 유발할 수 있으므로 장해가 나타나지 않는 범위로 기비 혼합량을 줄이는 것이 일반적이다(Styer and Koranski, 1997).

상토에 혼합된 기비는 약 2-3주 정도 비효를 유지하도록 처리량을 조절하는데 과중된 종자가 발아 후 성장하면서 근권부의 비료농도가 과도하게 낮아지면 묘의 생장이 억제될 수 있으므로 적절한 시기에 추비를 해야 한다(Styer and Koranski, 1997). 추비를 위한 비료의 종류 및 농도는 작물의 성장상태 또는 근권부의 pH와 EC를 고려하여 변화시킨다(Sonneveld and Voogt, 2009). 그러나 두상관비 또는 저면관비 등 양액을 공급하는 방법에 따라서도 변화시켜야 하며, 두상관비의 경우 배수공을 통해 용탈되는 무기염의 양이 많아 근권부의 무기원소 농도를 낮추므로 보편적으로 저면관비보다 시비농도를 높여 공급한다(Raviv and Lieth, 2008).

국내의 플러그 묘 생산농가는 대부분 두상관비 및 두상살수 방법을 적용하여 육묘한다. 그러나 잘 알려진 바와 같이 두상관수 또는 관비시 배수공을 통한 비료염의 용탈량이 많고 플러그 트레이 밖으로 흘러내린 비료용액이 심각한 환경오염의 원인이 된다. 미국의 경우 관련법을 제정하여 시설물에서 배출되는 환경오염을 방지하고 있지만 우리나라는 아직까지 관련법규가 제정되지 않은 상태이다. 그러나 환경오염 방지를 위한 대책을 세워야 할 시점이라고 자체판단하고 있으며 폐쇄형 저면관비(closed subirrigation system) 방법이 환경오염을 줄일 수 있는 방법이며 빠른 시일 내에 관련된 연구결과가 도출되어야 재배농가에 적용할 수 있을 것이다.

추비되는 비료의 종류 또한 매우 중요하다. 일반적으로 육묘시에는 N를 기준으로 N-P₂O₅-K₂O 복합비료를 사용하는데, N 비료의 형태에 따라 근권부 pH 및 다른 무기이온의 흡수에 미치는 영향이 다르기 때문이다. 또 각 시기별로 작물 생장에 최소한으로 요구되는 무기이온을 추비를 통해서 공급해 주어야 하므로, 단일형태의 N 비료를 사용하기 보다는 다양한 형태의 N 비료와 P, K 등이 포함된 비료를 사용해야 한다.

따라서 기비의 종류 및 농도가 밝혀진 혼합상토에서 저면관수 조건에서 발생하는 염류집적 피해를 고려하고, 추비의 종류 및 농도에 따른 작물 생육과 수직적 근권부 환경변화를 파악하여 성장 시기별 최적의 추비의 종류 및 농도를 구명하기 위해 본 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 생육단계별 최적 추비 농도 구명

최적의 기비 종류 및 농도가 구명된 6종류의 혼합상토를 72공 플러그묘에 충진한 후, 토마토(도태랑다이아, (주)코레곤종묘), 고추(녹광, (주)동부팜농)를 과중하였다. 공정묘 재배실험은 2014년 5월 28일부터 6월 25일까지 계절별 환경조건을 고려하여 온도가 조절된 성장상(HB-301M-3, 한백과학)에서 5주간 수행하였다. 성장상은 춘추(온도/습도/유효광량자속-주간: 27°C/45%/60-80 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$, 야간: 23°C/55%), 하계(온도/습도/유효광량자속-주간: 33°C/45%/70-100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$, 야간: 27°C/55%), 동계(온도/습도/유효광량자속-주간: 23°C

/45%/40-70 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$, 야간: 18 $^{\circ}\text{C}$ /55%)로 설정하였고, 종자를 파종한 직후부터 발아 전까지는 온도 28 $^{\circ}\text{C}$, 습도 85%, 암조건으로 조절하였다. 토마토의 경우 도장이 발생하여 상품성이 저하되는 것을 막기 위해서 빈나리 수화제(디니코나졸 수화제, (주)동방아그로)를 0.16 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 희석하여 발아 후 매주 1회 10mL씩 토마토에 분무하였다.

파종 2주 후부터 추비프로그램을 실시하였다(표 4-12). 일정한 사이클을 보이면서 상토 내의 함수량을 변화시키기 위해 관비 직후 플러그 트레이의 무게를 측정하고, 관비 후 함수량이 점차 낮아져 최대 무게의 40-50%에 도달할 때 다시 저면관비하는 방법으로 양·수분을 공급하였다. 관비시 13-2-13, 20-9-20, 및 15-0-15 비료(N-P₂O₅-K₂O, Sunshine Technigro, USA)의 3종류 비료를 순차적으로 공급하였으며, N을 기준으로 하여 표 4-12에 제시한 농도로 조절하여 매회 약 1.5L/트레이의 비율로 공급하였다. 비료용액에는 토양습윤제[soil wetting agent, (주)신성미네랄, 진천]를 0.25mL·L⁻¹의 비율로 첨가하였다.

표 4-12. 육묘시기^z에 따라 조절된 3종의 추비(post-planting fertilization) 프로그램(mg·L⁻¹).

파종 후 일수	0	7	14	21	28	35
실생 성장 단계 ^y	S1-S2	S2-S3	S3-S4	S4	S4	S4
Program 1	0	0	25	50	75	100
Program 2	0	25	50	75	100	125
Program 3	0	50	75	100	125	150

^zThree kinds of fertilizers, 13-2-13, 15-0-15, and 20-9-20(N-P₂O₅-K₂O), were fertigated in sequence as sub-irrigation and the fertilizer concentrations were based on the nitrogen (N).

^yS1, stage 1, 유근발생; S2, stage 2, 자엽발생기; S3, stage 3, 본엽 2매가 발생하는 시기; 그리고 S4, stage 4, 본엽 2매 이후 정식 전까지의 기간.

저면관비시 상토의 아랫부분에서 윗부분으로 물이 이동하고, 표토에서 수분이 증발하면서 무기염이 집적되는 점을 고려하여 파종 1, 2, 4 및 5주 후에 상토를 채취하고, 상토를 상부, 중간, 하부로 3등분하였다. 3등분한 상토는 Warncke(1986)의 방법으로 추출하였고, 추출용액의 pH 및 EC 그리고 무기원소 농도를 분석하였다. pH 및 EC는 Multi meter(Model CP-500L, Istek, Korea)로, 다량원소의 농도는 Ion chromatography(Waters 432 conductivity, Younglin, Seoul, Korea)로 분석하였으며, 3반복으로 수행하였다.

이때 72공 트레이에서 무작위로 수집한 5개체를 1반복으로 하여 총 3반복으로 지상부의 초장, 초폭, 엽수, 엽장, 엽폭, 지상부 생체중 및 건물중, 그리고 엽록소 함량을 측정(SPAD-502, Minolta, Japan)하였다.

혼합상토 처리간 평균은 Costat 프로그램(Monterey, California, USA)을 사용하여 $p\leq 0.05$ 수준의 처리간 비교를 하였고 시비 농도에 따른 직선 및 곡선회귀를 분석하여 경향을 파악하고자 하였다. 근권부 상, 중, 하 pH 및 EC 변화는 Sigmaplot(Systat Software Inc., San Jose, California)을 사용하여 $p\leq 0.05$ 수준의 표준오차를 나타내었다.

다. 결과 및 고찰

기비가 포함된 혼합상토를 충전한 플러그 트레이에 파종하고, 종자가 발아된 후 성장상에 플러그 트레이를 치상하여 육묘하였고 파종 후 35일째 지상부 생육을 조사하여 표 4-13, 14 및 표 4-15에 나타내었다. BG+PE1와 ST+PE2에서는 Program 3보다 Program 2에서 생장이 우수하였다. 두 혼합상토의 근권 상층부의 EC를 비교한 결과 5주차의 EC가 Program 3보다 2에서 더 높았고, 그 값이 $2.5\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 미만이었으며, 무기염류의 집적에 의한 생리장애가 염려되지 않은 선에서 근권부에 작물이 이용할 수 있는 무기이온이 많이 존재하여 그 생육이 우수하였다고 판단하였다. 그 이외의 혼합상토에서도 Program 3에 의해 염류집적 피해가 우려되지 않는 수준으로 추비를 제공하였기 때문에 추비의 농도가 높아질수록 생육이 우수하였다고 판단하였다. 토마토묘의 생육조사에서 SPAD를 제외한 모든 항목은 유사한 경향을 나타냈는데, 이는 생육정도에 차이는 있었으나, 각 혼합상토별 SPAD가 측정된 잎 간의 염류소 함량은 큰 차이가 없었기 때문이라고 판단하였다.

고추를 파종한 후 35일간 육묘한 결과 Program 1과 2에서 생장이 우수하였다(표 4-16, 표 4-17, 표 4-18). 이는 Program 3보다 1과 2의 근권부 무기염 농도가 더 높았고 이러한 영향으로 고추의 생장이 우수하였던 것으로 판단하였다. 고추묘의 근권 상단의 EC는 염류집적이 우려될 수준은 아니라고 판단하였다. 고추묘는 토마토와 동일하게 생육조사에서 SPAD를 제외한 모든 항목은 유사한 경향을 나타냈고, 봄·가을 계절용 혼합상토에서 농도에 따른 통계적인 차이가 뚜렷하였다.

표 4-13. 봄·가을 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도태랑다이아’ 토마토를 육묘한 결과.

혼합상토	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)	Chlorophyll (SPAD)
BG+PE3 Program 1	4.7	2.6	1.6	0.5	4.0	0.42	0.06	60	34.7
BG+PE3 Program 2	4.3	4.1	1.7	0.6	4.2	0.41	0.09	91	35.1
BG+PE3 Program 3	5.2	3.9	1.9	0.6	4.4	0.46	0.10	97	36.6
LSD ^z	0.6	0.8	0.3	0.1	0.8	0.2	0.04	37	2.7
<i>F-significance</i>	*	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
O+PE3 Program 1	4.2	2.5	1.3	0.6	4.0	0.46	0.06	62	34.7
O+PE3 Program 2	4.1	2.6	1.4	0.5	4.2	0.48	0.06	56	35.1
O+PE3 Program 3	4.1	3.2	1.8	0.5	4.2	0.42	0.07	72	36.6
LSD	0.6	0.8	0.6	0.1	0.5	0.07	0.02	19	2.7
<i>F-significance</i>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Root media	**	*	NS	NS	NS	NS	*	*	NS

^zLeast significant difference at $P = 0.05$

NS, *, ** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$ and 0.01 , respectively.

표 4-14. 여름 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도테랑다이하’ 토마토를 육묘한 결과.

혼합상토	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)	Chlorophyll (SPAD)
BG+PE1 Program 1	4.3	5.5	2.2	1.2	7.4	0.36	0.12	17.0	37.6
BG+PE1 Program 2	7.5	8.8	3.5	2.8	8.8	0.67	0.27	27.4	36.6
BG+PE1 Program 3	6.3	7.3	2.9	2.4	7.7	0.58	0.23	22.8	36.7
LSD	1.5	2.8	0.9	1.0	1.8	0.18	0.07	6.7	2.8
<i>F-significance</i>	**	NS	*	*	NS	**	***	*	NS
L1+PE2 Program 1	4.1	4.2	1.6	1.5	7.2	0.42	0.13	10.8	32.8
L1+PE2 Program 2	4.1	3.4	1.2	1.2	7.4	0.40	0.11	9.5	33.7
L1+PE2 Program 3	4.6	5.6	1.9	1.4	8.1	0.52	0.17	14.1	33.6
LSD	1.2	2.3	0.6	0.6	1.4	0.10	0.08	6.8	4.1
<i>F-significance</i>	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
Root media	**	**	***	*	NS	NS	*	***	***

²Least significant difference at $P = 0.05$

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

표 4-15. 겨울 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도테랑다이하’ 토마토를 육묘한 결과.

혼합상토	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)	Chlorophyll (SPAD)
ST+PE2 Program 1	6.3	4.9	1.7	1.3	7.0	0.52	0.22	18.6	22.8
ST+PE2 Program 2	8.6	6.3	1.6	1.7	8.8	0.62	0.40	33.3	27.3
ST+PE2 Program 3	7.1	4.5	1.3	1.3	7.2	0.46	0.23	19.0	30.0
LSD	1.9	1.6	0.4	0.4	1.6	0.12	0.14	11.6	4.2
<i>F-significance</i>	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*	*
L3+PE2 Program 1	5.0	4.5	1.2	1.2	4.8	0.48	0.14	11.3	31.0
L3+PE2 Program 2	4.2	3.8	0.9	0.7	4.6	0.36	0.11	9.3	27.5
L3+PE2 Program 3	5.2	4.1	1.3	1.2	5.2	0.48	0.14	11.5	32.9
LSD	0.9	0.8	0.3	0.4	0.67	0.09	0.06	5.2	5.4
<i>F-significance</i>	NS	NS	*	*	NS	*	NS	NS	NS
Root media	***	**	***	**	***	*	***	***	*

²Least significant difference at $P = 0.05$

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

표 4-16. 봄·가을 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘녹광’ 고추를 육묘한 결과.

혼합상토	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)	Chlorophyll (SPAD)
BG+PE3 Program 1	6.0	6.2	2.6	1.8	6.4	0.42	0.18	17.2	34.7
BG+PE3 Program 2	5.4	5.4	2.2	1.6	5.6	0.34	0.12	11.2	33.7
BG+PE3 Program 3	8.1	8.3	3.5	2.1	6.8	0.58	0.31	30.4	34.7
LSD	1.1	1.6	0.7	0.3	1.0	0.10	0.07	6.5	2.3
<i>F-significance</i>	***	**	**	*	NS	***	***	***	NS
O+PE3 Program 1	6.9	5.4	2.5	1.8	7.6	0.52	0.17	16.2	35.9
O+PE3 Program 2	8.6	10.8	4.1	2.8	7.8	0.74	0.50	48.5	37.5
O+PE3 Program 3	6.6	5.7	2.9	2.0	7.0	0.42	0.22	21.3	37.0
LSD	1.5	2.8	0.7	0.6	0.6	0.10	0.10	10.1	3.3
<i>F-significance</i>	*	**	***	*	*	***	***	***	NS
Root media	NS	NS	NS	NS	***	*	NS	NS	**

^zLeast significant difference at $P = 0.05$

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

표 4-17. 여름 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘녹광’ 고추를 육묘한 결과.

혼합상토	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)	Chlorophyll (SPAD)
BG+PE1 Program 1	6.3	5.0	1.8	1.3	8.0	0.50	0.14	14.4	32.1
BG+PE1 Program 2	8.8	6.1	3.8	2.2	8.6	0.62	0.41	35.2	36.4
BG+PE1 Program 3	8.6	2.9	2.0	0.8	9.0	0.50	0.20	24.5	36.4
LSD	1.2	2.2	1.0	0.7	1.6	0.10	0.16	9.7	4.5
<i>F-significance</i>	***	*	**	**	NS	*	**	**	NS
L1+PE2 Program 1	6.0	6.3	2.9	2.2	7.4	0.46	0.31	26.8	33.0
L1+PE2 Program 2	5.4	6.4	2.5	2.0	7.6	0.44	0.31	26.1	31.9
L1+PE2 Program 3	4.9	6.1	2.1	1.8	7.2	0.42	0.19	16.6	31.7
LSD	0.8	1.1	0.8	0.5	1.6	0.07	0.13	11.7	3.2
<i>F-significance</i>	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Root media	***	**	NS	*	*	***	NS	***	*

^zLeast significant difference at $P = 0.05$

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

표 4-18. 겨울 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘녹광’ 고추를 육묘한 결과.

혼합상토	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)	Chlorophyll (SPAD)
ST+PE2 Program 1	7.5	4.5	3.2	2.2	7.6	0.52	0.45	37.5	27.5
ST+PE2 Program 2	7.2	6.6	2.9	2.2	7.4	0.48	0.35	29.1	26.0
ST+PE2 Program 3	6.2	5.4	2.4	1.6	7.2	0.40	0.21	17.5	26.3
LSD	1.1	0.8	0.9	0.7	0.9	0.09	0.12	10.3	4.9
F-significance	NS	***	NS	NS	NS	*	**	**	NS
L3+PE2 Program 1	4.4	3.8	1.5	0.9	4.6	0.32	0.08	6.6	30.0
L3+PE2 Program 2	5.0	4.0	1.6	1.1	6.2	0.34	0.11	8.7	31.4
L3+PE2 Program 3	4.6	4.0	1.3	1.1	6.4	0.34	0.11	9.3	31.2
LSD	0.7	1.3	0.4	0.3	0.7	0.07	0.04	3.2	5.4
F-significance	NS	NS	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS
Root media	***	***	***	***	***	***	***	***	**

²Least significant difference at $P = 0.05$

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

표 4-12의 Program을 적용하여 계절별 육묘를 위한 혼합상토에서 토마토와 고추를 육묘할 때, 저면관비는 상토의 수직 부위별 pH 및 EC에 뚜렷한 영향을 미쳤다. 봄·가을용 혼합상토인 BG+PE3를 제외하고(그림 4-11) 모든 처리구에서 pH가 점차 상승하였으며 상단부나 중간 보다는 하단부에서 pH가 점차 상승하였다(그림 4-12, 그림 4-13, 그림 4-17, 그림 4-18, 그림 4-19). 농도 차이를 둔 Program에 의한 pH 변화는 뚜렷하지 않았으며, 각 계절별 혼합상토에서 5주차의 pH는 시비 프로그램에 큰 영향을 받지 않고 유사한 값을 가졌다. 그러나 하단부의 pH 상승은 하단부의 질소 형태가 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 보다 토양의 pH를 높이는 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 형태로 존재하기 때문으로 판단된다. BG+PE3 혼합상토의 근권부 pH의 저하는 추비에 포함되어 있던 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 이온이 질산화되면서 근권부에 많은 양의 H^+ 이 집적되어 pH가 낮아진 원인이 되었다고 판단한다.

근권부 EC는 시비 Program의 농도차이에 의해 상승하였고, 근권 상부는 중간보다 평균적으로 약 1.5배, 하부보다 약 2.5배 이상 높은 값을 가졌다(그림 4-14, 15, 16, 20, 21, 22). Program 3보다 1이나 2의 EC가 높은 것으로, 일부 혼합상토에서 분석되었다. 앞의 생육조사 결과를 고려할 때 본 실험에서는 염류집적에 의한 생리장애가 발생할 수준의 높은 EC값을 가지지 않았고, 제공된 추비의 성분간 화학적 반응에 의해 발생된 무기이온 불용화가 근권부 EC를 낮춘 원인이 되었다고 판단한다.

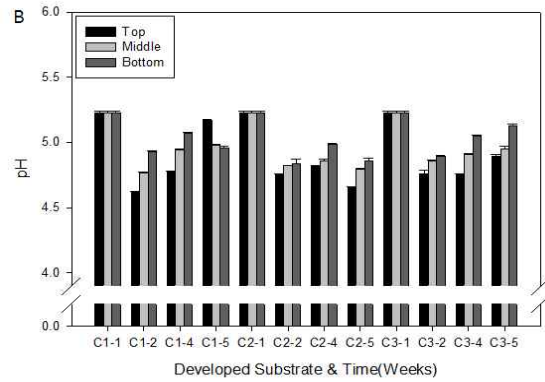
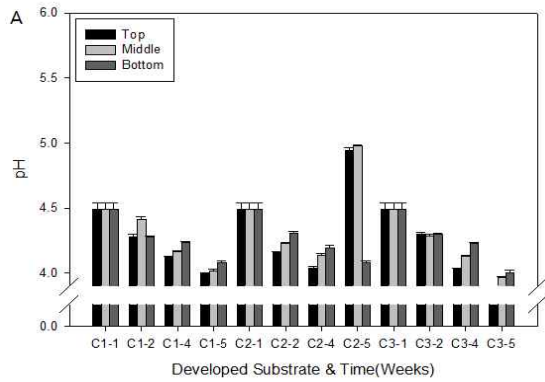


그림 4-11. 봄·가을 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도태랑다이어’ 토마토 육묘시 상토부위별 pH 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

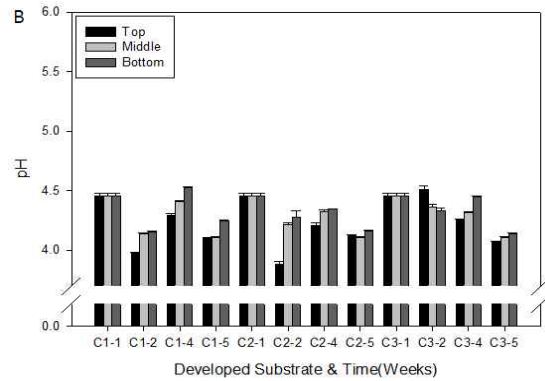
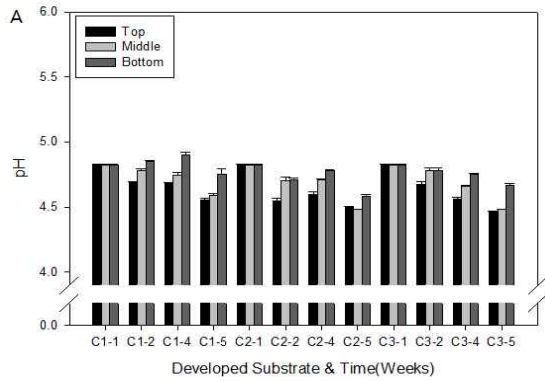


그림 4-12. 여름 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도태랑다이어’ 토마토 육묘시 상토부위별 pH 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

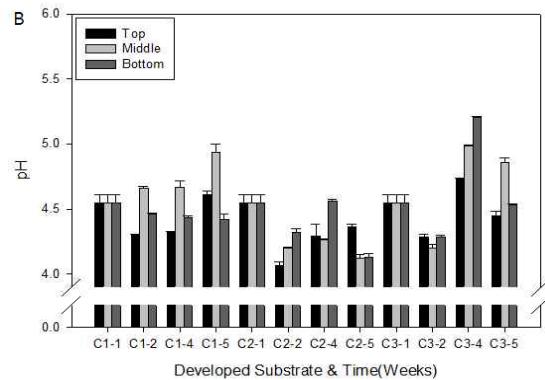
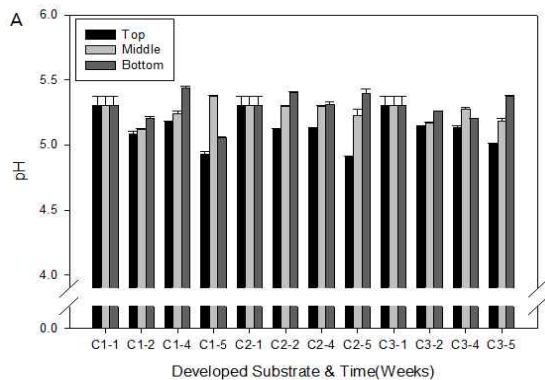


그림 4-13. 겨울 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도태랑다이어’ 토마토 육묘시 상토부위별 pH 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

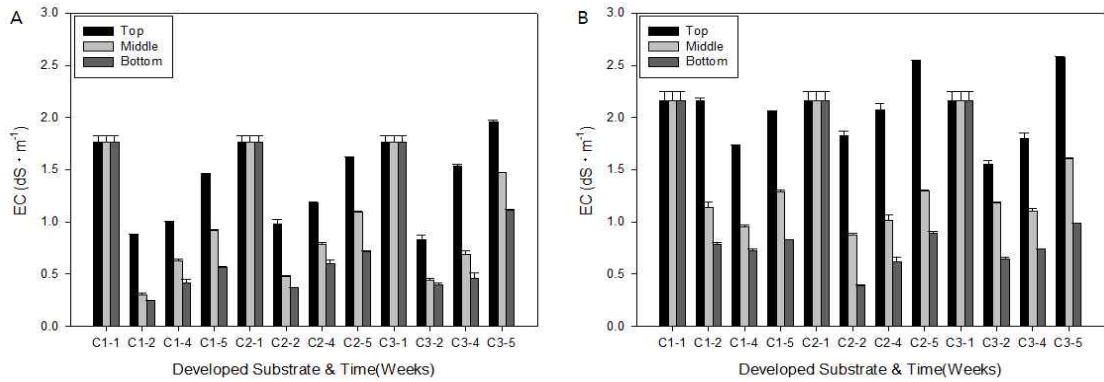


그림 4-14. 봄·가을 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도태랑다이어’ 토마토 육묘시 상토부위별 EC 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

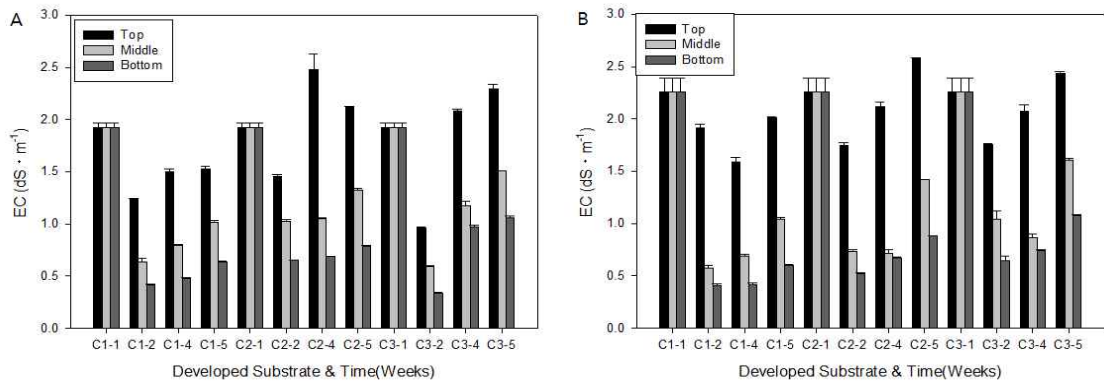


그림 4-15. 여름 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도태랑다이어’ 토마토 육묘시 상토부위별 EC 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

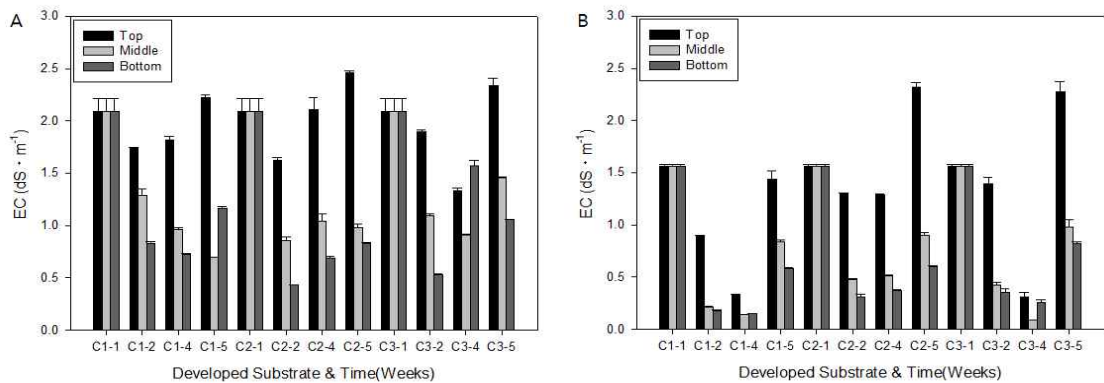


그림 4-16. 겨울 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도태랑다이어’ 토마토 육묘시 상토부위별 EC 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

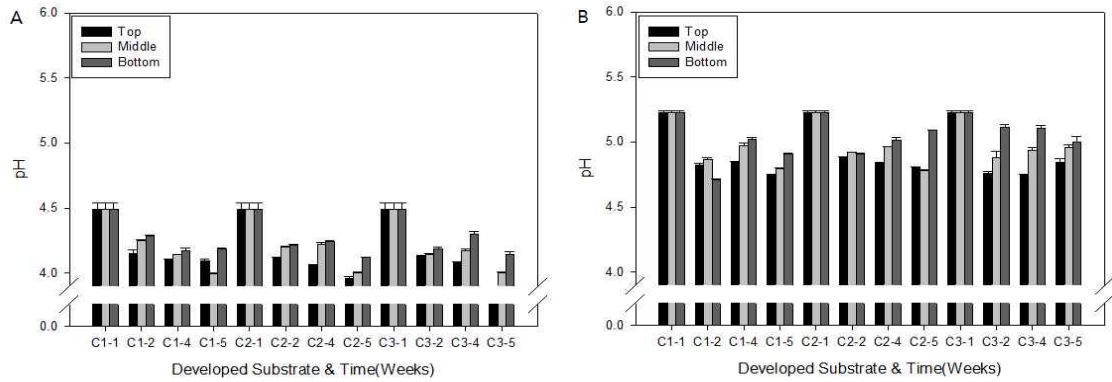


그림 4-17. 봄·가을 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘녹광’ 고추 육묘시 상토부위별 pH 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

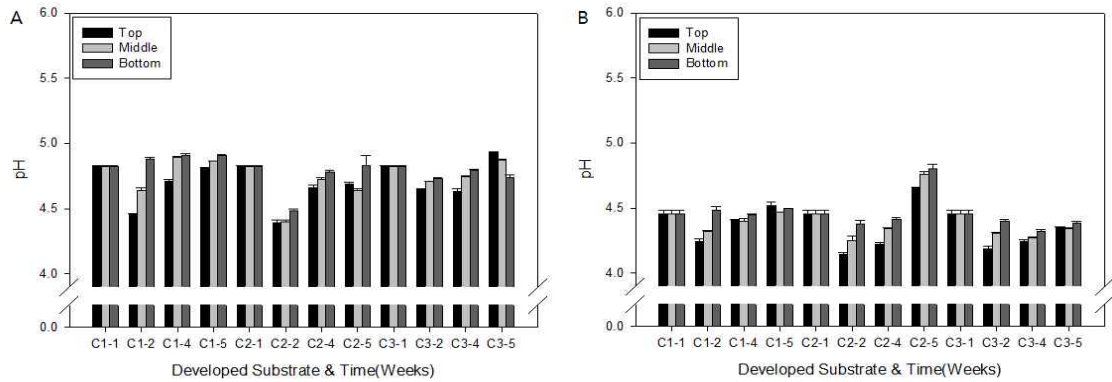


그림 4-18. 여름 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘녹광’ 고추 육묘시 상토부위별 pH 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

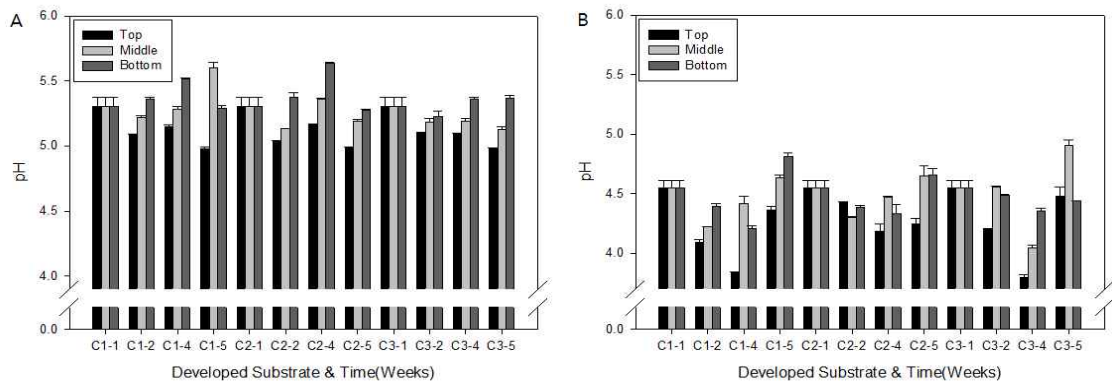


그림 4-19. 겨울 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘녹광’ 고추 육묘시 상토부위별 pH 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

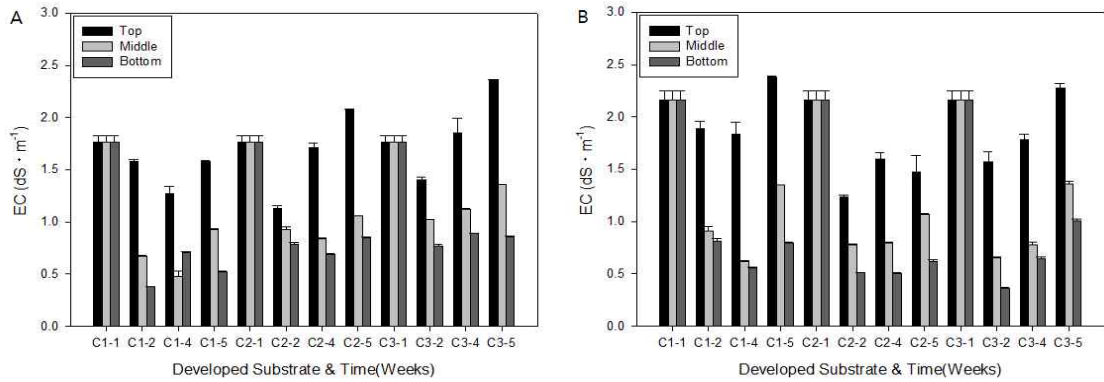


그림 4-20. 봄·가을 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘녹광’ 고추 육묘시 상토부위별 EC 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

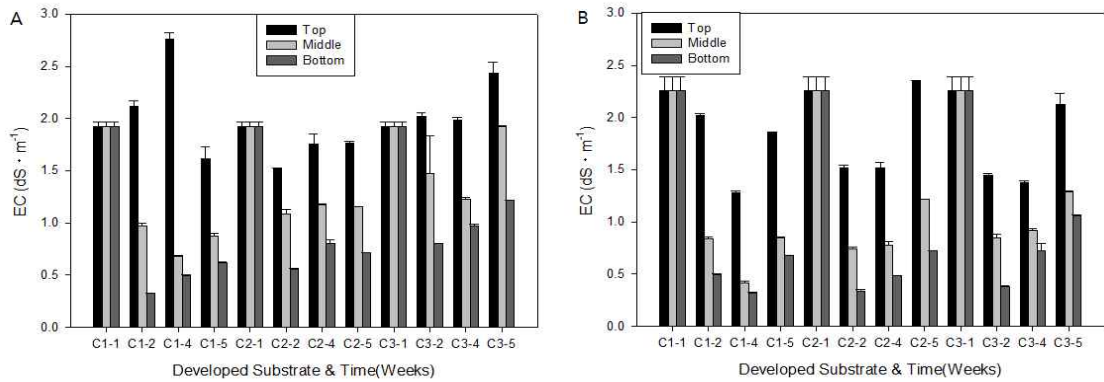


그림 4-21. 여름 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 고추 육묘시 상토부위별 EC 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

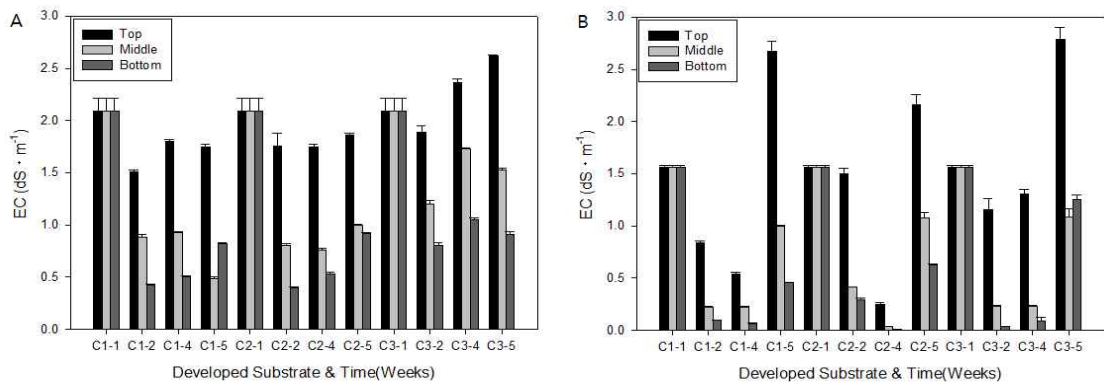


그림 4-22. 겨울 육묘용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 고추 육묘시 상토부위별 EC 변화(A, BG+PE3; B, O+PE3; Top, 플러그 셀 상부 1.5cm; Middle, 플러그 셀 중간 1.5cm; Bottom, 플러그 셀 하부 1.5cm; C1, Program 1; C2, Program 2; C3, Program 3; -1, 1주차; -2, 2주차; -4, 4주차; -5, 5주차).

파종 후 상토를 채취하여 포화추출한 후 Ion Chromatography로 근권부 무기이온 농도를 분석하였다(그림 4-23, 그림 4-24, 그림 4-25). 동일한 혼합상토에서는 Program의 변화를 통해 시비 농도를 다르게 조절하였어도 무기이온 농도가 유사한 경향을 보이면서 변화하였고, Program이 1에서 3으로 가까워질수록 무기이온의 농도가 높아졌다. 봄·가을용 BG+PE3의 경우 근권부 pH가 매우 낮았으며, Ca^{2+} , Mg^{2+} 무기이온이 같은 계절 상토인 O+PE3보다 최종적으로 약 $20\text{-}50\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 높은 농도로 분석되었다. Na, $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 K 이온의 경우 근권부 EC가 $2.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이하로 가장 낮은 값을 보였던 BG+PE3에서 Program 간의 통계적인 차이 없이 유사한 값을 가졌다. BG+PE3에서 pH가 낮고 $\text{NH}_4\text{-N}$ 이온 농도가 높은 Program을 통해 시비해준 암모늄태 질소 비료가 질산화 작용에 의해 H^+ 를 발생시키면서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 로 변화하고 pH를 감소시켰다고 판단하였다. 여름철 육묘를 위해 조제된 두 종류 상토간에 근권부 pH와 EC 변화가 유사하게 나타나서 근권부 무기이온 농도가 전반적으로 매우 비슷한 경향을 보였다. 근권부 Mg^{2+} , Ca^{2+} 이온의 경우 BG가 포함된 혼합상토인 BG+PE3와 BG+PE1에서 낮은 농도로 분석되었다. 겨울용 혼합상토에서는 모든 무기이온 농도가 ST+PE2에서 더 높았고, 근권부 EC가 ST+PE2에서 L3+PE2 보다 높은 값으로 측정되었다. 생육조사 결과를 고려할 때 전체적인 생장이 약 1.5배 우수하였다. 35일 동안 고추를 육묘한 혼합상토의 근권부 무기이온 농도 변화를 분석한 결과 추비의 농도가 높을수록 각 무기이온의 근권부 농도가 높아지는 경향을 보였으며, 각 이온 농도는 pH에 많은 영향을 받았다(그림 4-26, 그림 4-27, 그림 4-28). 여름철 육묘용 혼합상토인 BG+PE1과 L1+PE2의 경우 Program에 따른 농도는 유의한 차이를 보였지만 혼합상토 간의 무기이온 농도 차이는 크지 않았다. 겨울용 혼합상토에서는 ST+PE2의 pH가 L3+PE2보다 약 1정도 높았기 때문에 Ca^{2+} , Mg^{2+} 의 농도가 Program별로 약 $30\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상 높고 $\text{PO}_4\text{-P}$ 가 약 $10\text{-}30\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 정도 낮게 분석되었다. 봄·가을용 혼합상토인 O+PE3에서도 pH가 BG+PE3보다 높아 유사한 경향을 보였다. pH 뿐만 아니라 EC도 근권부 무기이온 농도에 영향을 미쳤다. 토마토의 경우와 마찬가지로 Na^+ , $\text{NO}_3\text{-N}$, K^+ 이온 농도도 EC와 유사한 경향을 보이면서 변화였다.

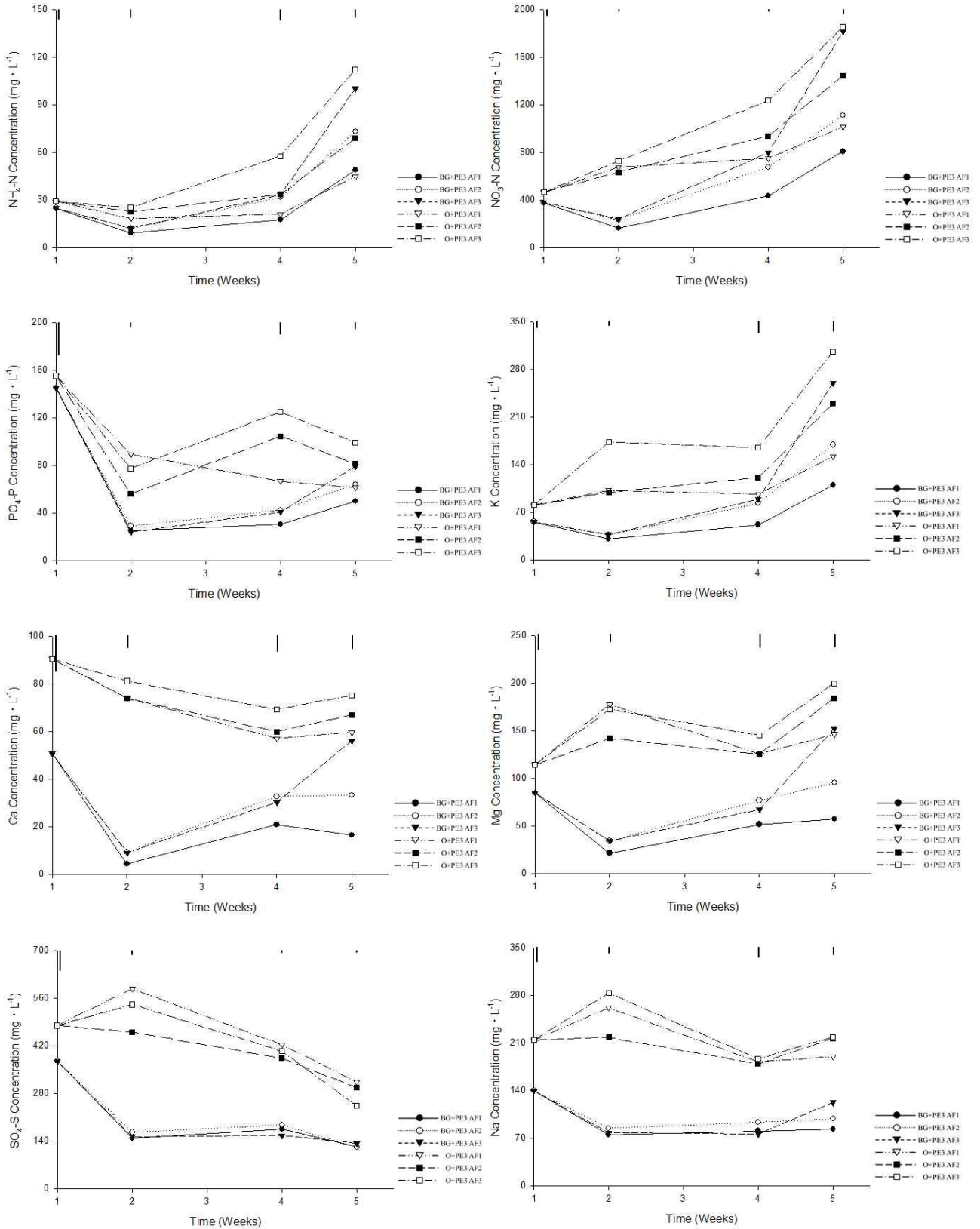


그림 4-23. 봄·가을 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도태랑다이어’ 토마토를 육묘하면서 근권부 무기이온농도를 분석한 결과. AF1, 추비 프로그램 1; AF2, 추비 프로그램 2; AF3, 추비 프로그램 3.

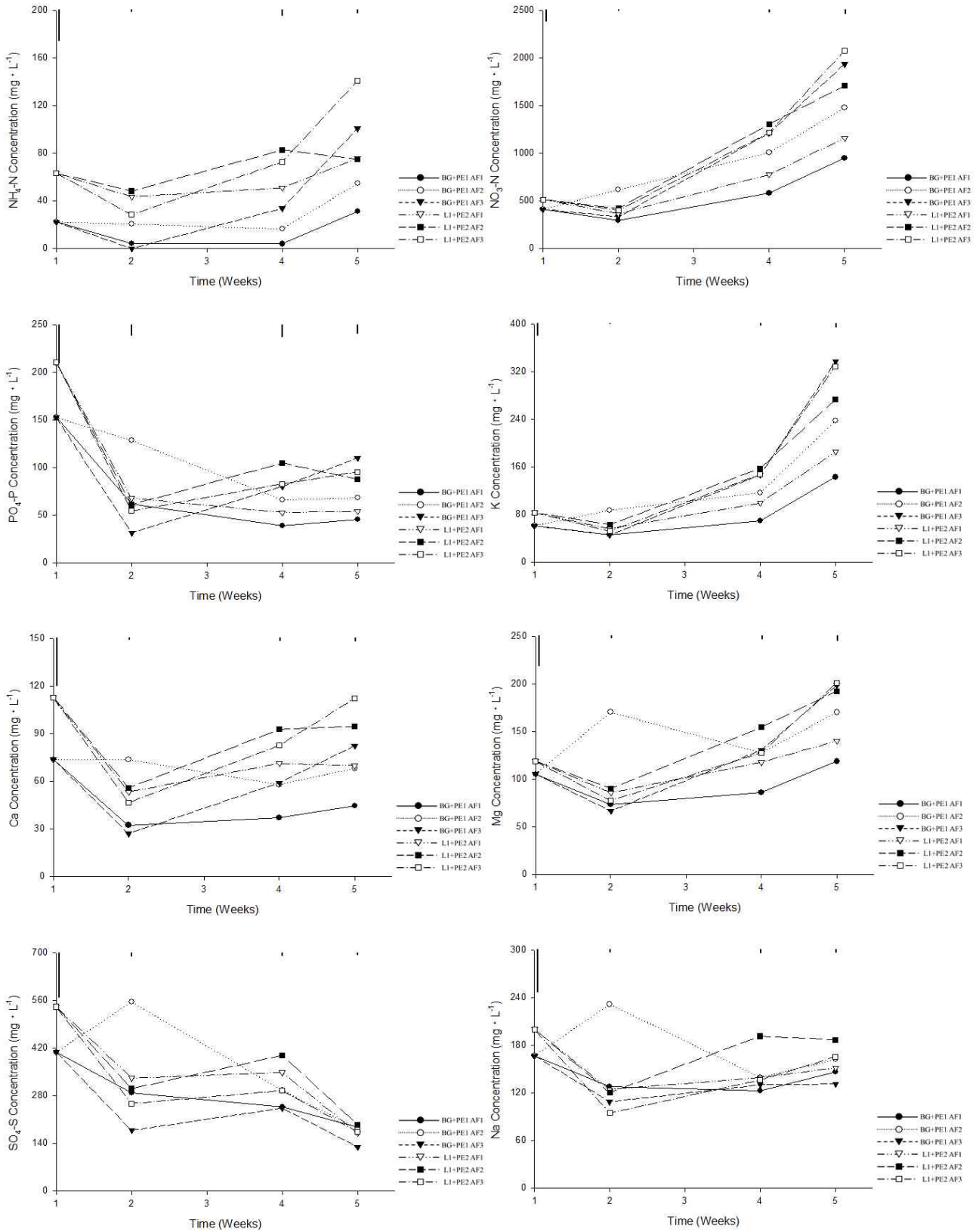


그림 4-24. 여름 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도태랑다이어’ 토마토를 육묘하면서 근권부 무기이온농도를 분석한 결과. AF1, 추비 프로그램 1; AF2, 추비 프로그램 2; AF3, 추비 프로그램 3.

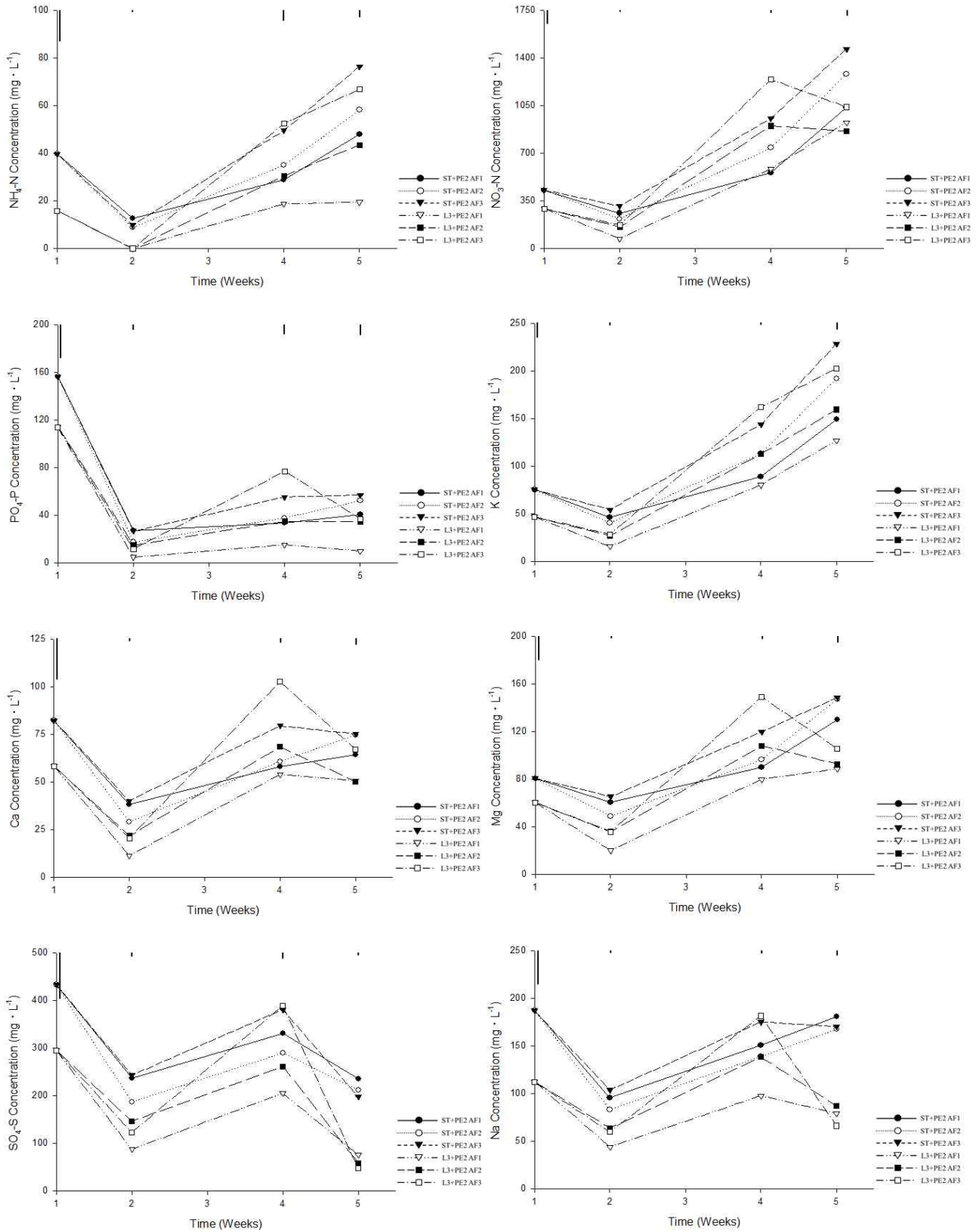


그림 4-25. 겨울 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘도태랑다이어’ 토마토를 육묘하면서 근권부 무기이온농도를 분석한 결과. AF1, 추비 프로그램 1; AF2, 추비 프로그램 2; AF3, 추비 프로그램 3.

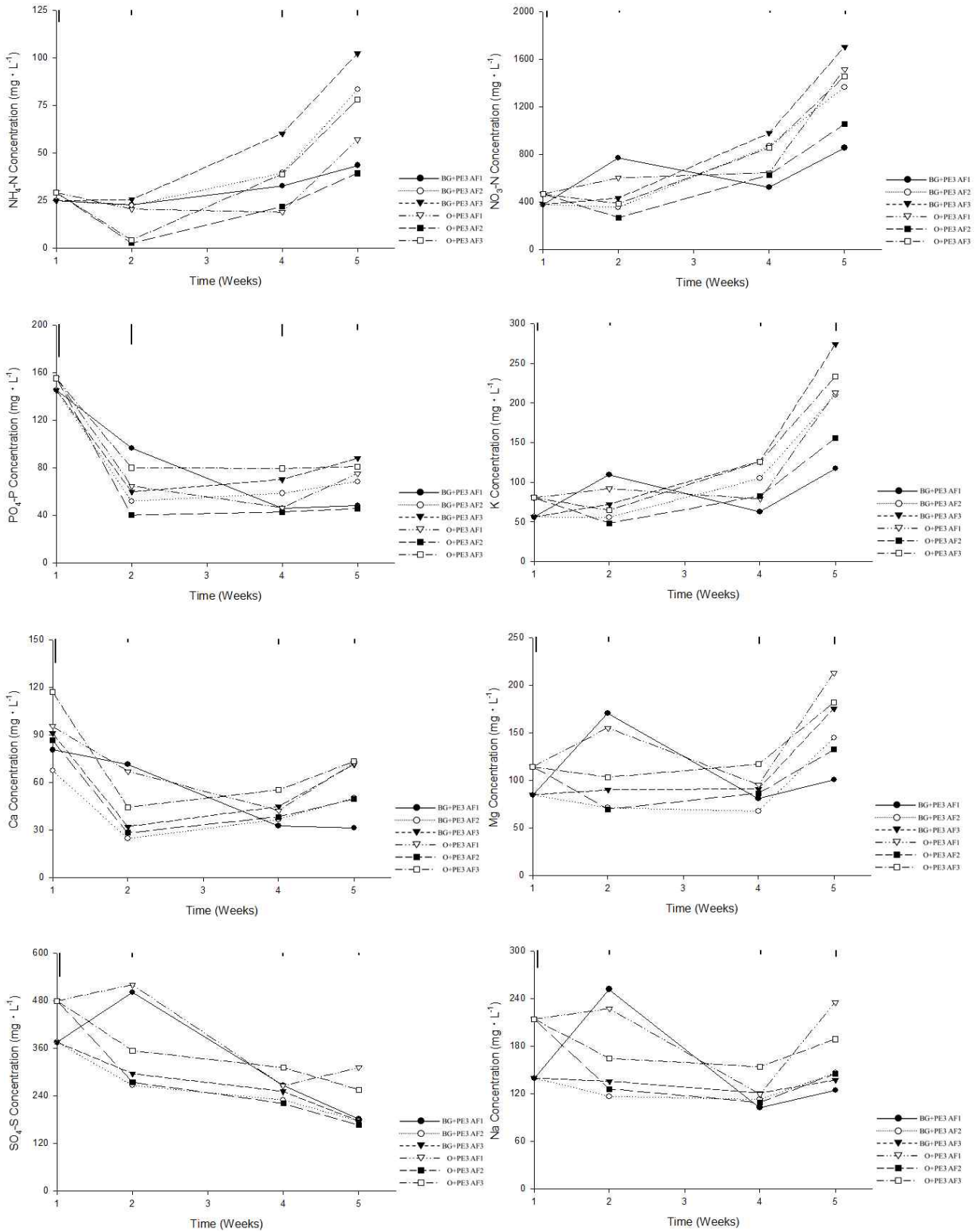


그림 4-26. 봄·가을 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘녹광’ 고추를 육묘하면서 근권부 무기이온농도를 분석한 결과. AF1, 추비 프로그램 1; AF2, 추비 프로그램 2; AF3, 추비 프로그램 3.

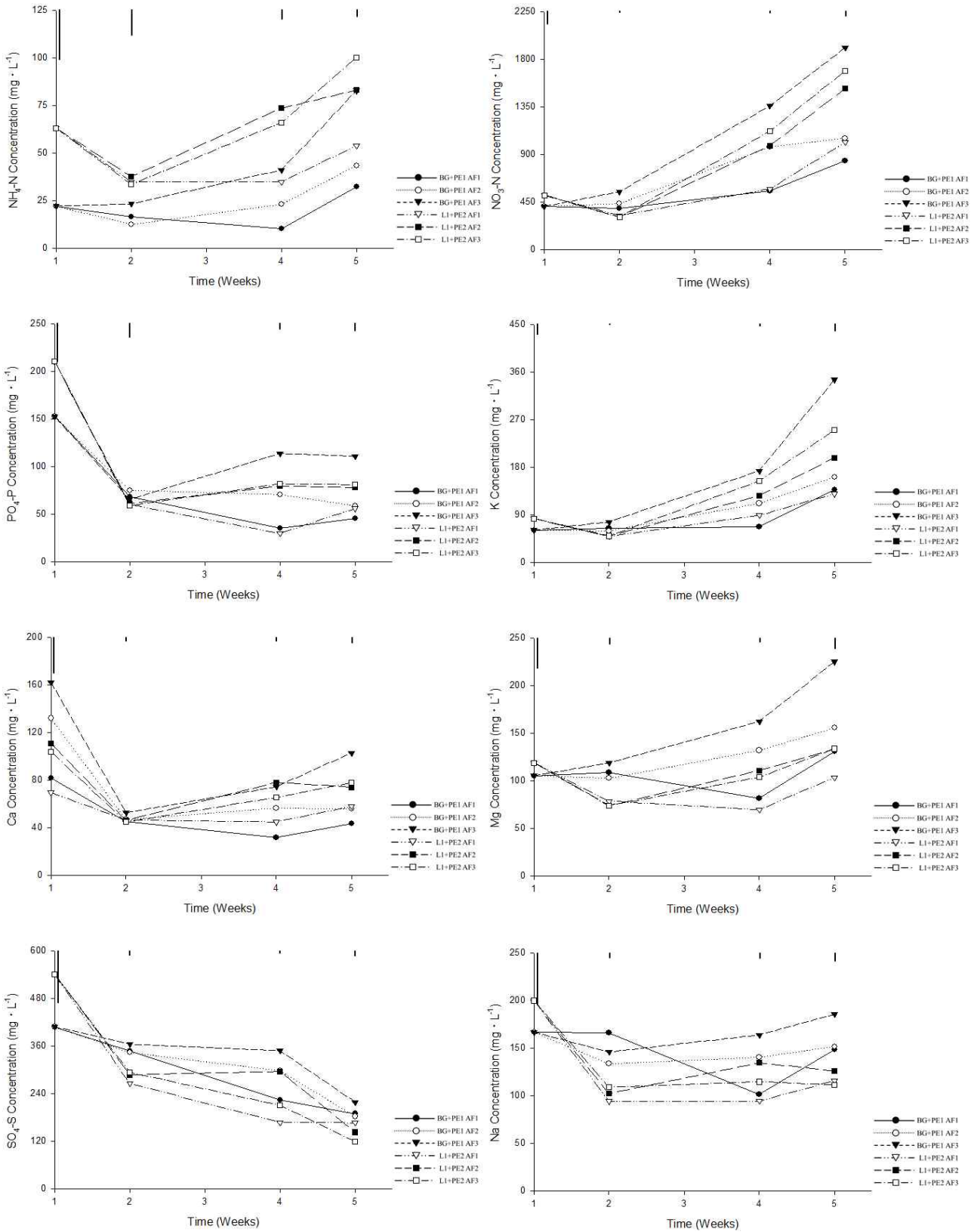


그림 4-27. 여름 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘녹광’ 고추를 육묘하면서 근권부 무기이온농도를 분석한 결과. AF1, 추비 프로그램 1; AF2, 추비 프로그램 2; AF3, 추비 프로그램 3.

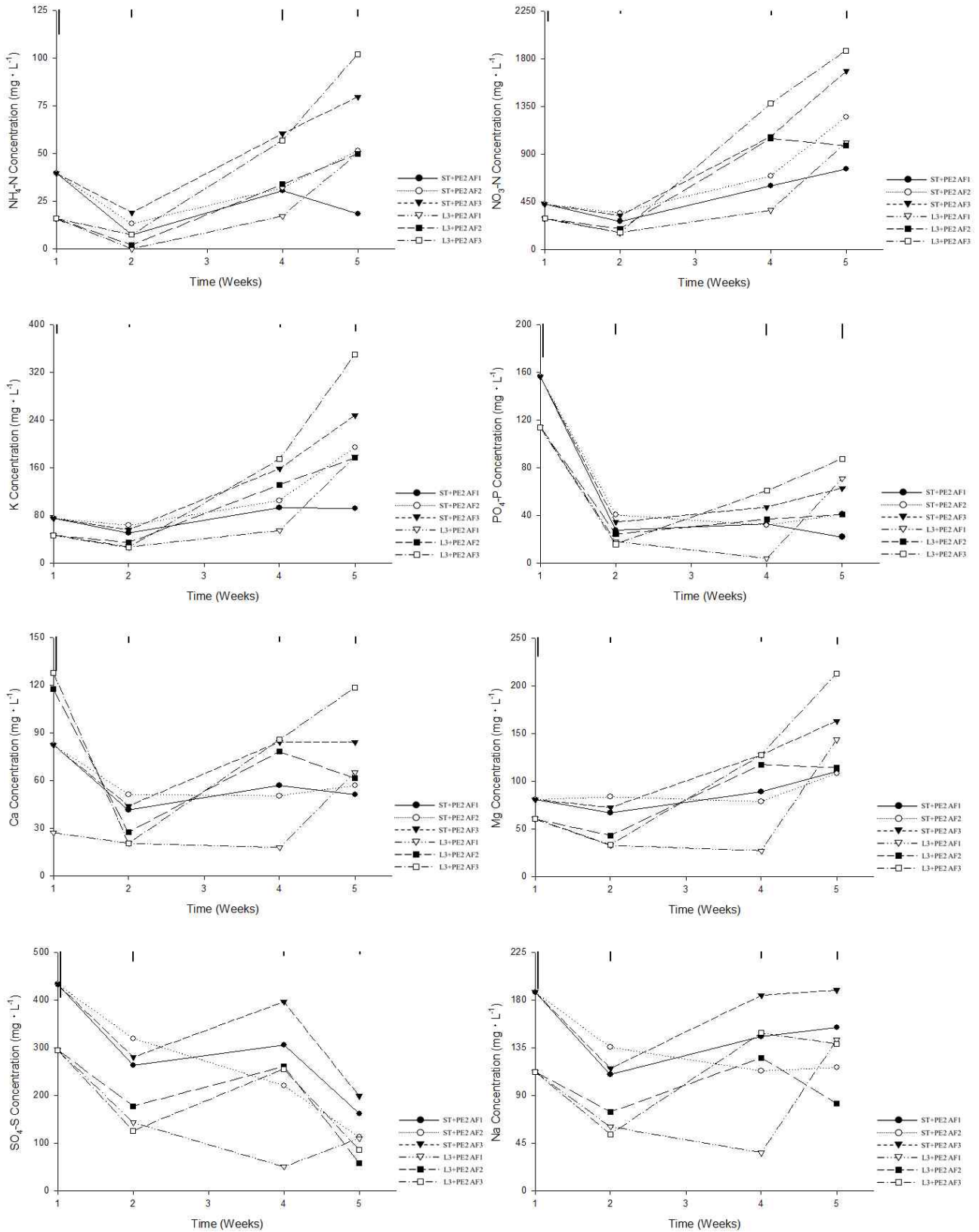


그림 4-28. 겨울 재배용 혼합상토를 이용하여 3가지 추비 프로그램으로 35일간 ‘녹광’ 고추를 육묘하면서 근권부 무기이온농도를 분석한 결과. AF1, 추비 프로그램 1; AF2, 추비 프로그램 2; AF3, 추비 프로그램 3.

라. 요약

토마토와 고추를 저면관비하여 육묘할 때 공급되어야 하는 추비의 종류 및 농도를 구명하기 위해 본 실험을 진행하였다. 72공 플러그에 계절별 육묘를 위한 혼합상토를 충전하고 고추와 토마토를 파종하여 발아시킨 후, 성장상을 각 계절별 특성을 고려한 온·습도 조건으로 설정하였다. 육묘시 최초 추비를 제공되어야 하는 시기인 stage 2인 자엽형성기에 관비를 시작하였다. 추비의 종류는 작물생장기와 비료의 조성비를 고려하였을 때 N기준 13-2-13, 15-0-15, 20-9-20 순서대로 N-P₂O₅-K₂O 복합비료를 제공하는 것이 작물생장에 적합한 근권부 pH 및 무기이온 농도를 조성하는데 적합하다고 판단하였다. 이후 처리구별 25mg·L⁻¹의 농도 차이를 가지는 추비 Program을 1부터 3까지 구성하여 플러그의 수분이 관수직후와 비교하여 40-50% 수준으로 감소할 때 토양 습윤제와 같이 저면관비하였다. 파종 후 1, 2, 4 및 5 주차에 포화추출법으로 수집된 토양수로 근권부 pH, EC, 무기이온 농도를 분석하고, 5주차에는 생육조사를 실시하였다. 토마토에서는 Program 3에서 생육이 우수하였는데 이는 염류집적 피해가 우려되지 않는 수준의 비료가 제공되었기 때문이라고 판단하였다. 고추에서는 Program 1과 2의 EC가 더 높음에도 불구하고 생육이 좋았는데 이는 공급원 비료간의 화학적 반응이 발생하고, 제공된 일부 비료가 불용화되어 Program 3의 EC가 낮아졌다고 판단하였다. 또 저면관수에 의해 상승된 EC는 상층부에서 최고 2.7dS·m⁻¹ 수준이므로 염류집적에 의한 생리장해를 유발시킬 만큼 높은 수준은 아니라고 판단하였다. 무기이온 중 Na⁺, NO₃⁻-N, K⁺ 이온은 EC와 유사한 경향을 보이며 높아졌고, Ca²⁺ 및 Mg²⁺ 이온은 pH가 낮은 처리구에서 매우 낮았고 PO₄-P 이온은 pH가 높은 처리구에서 불용화되어 낮은 농도로 분석되었다. 따라서 각 혼합상토에서 공정육묘시 13-2-13, 15-0-15, 20-9-20 순서로 비료 농도를 Program 2의 방법으로 25mg·L⁻¹에서 125mg·L⁻¹까지 생육기에 따라 점차적으로 비료의 농도를 높여주는 것이 적합하다고 판단하였다.

4. 친환경 공정묘 생산을 위한 혼합상토 개발

가. 서언

국내 공정육묘에 주로 사용되는 혼합상토 소재는 피트모스이며 일부 코코피트도 사용되고 있다. 한편 코코피트는 물리·화학적 균일성이 낮으며 피트모스는 원산지에 따라 다소 다르긴 하지만 대부분 산도가 낮은 단점을 가진다. 피트모스는 물질 내부에 많은 미세공극을 보유하여 보수성이 매우 높은 물질이며 건물중 기준으로 대략 10-15배 정도의 많은 물을 보유할 수 있다. 또한 혼합상토의 보수성을 향상시키기 위한 주된 목적으로 혼합된다. 플러그나 포트재배 방법으로 작물을 재배할 때 사양토 등 노지토양을 용기재배에 이용하면 용기의 특성으로 인해 노지와는 다르게 용기 내의 물리적 환경이 조성되고 작물 성장에 악영향을 미치며 이러한 이유로 공극률이 높은 혼합상토를 용기재배에 이용한다. 공극률을 높이고 공극의 크기를 확대시키기 위해서 보편적으로 직경이 큰 입자의 혼합비율을 증가시키며, 이러한 목적으로 펄라이트나 버미큘라이트가 혼합되며 작물재배에 적합하도록 조절한다. 피트모스의 낮은 pH를 개선하기 위하여 상토 조제 시 고토 석회질 석회질 비료로 혼합된다.

본 실험에서는 유기농 자재로 사용되고 있는 코코피트와 피트모스를 기반으로 질석(vermiculite)과 펄라이트를 다양하게 혼합한 후 보수성뿐만 아니라 토양 통기성 등 물리적 특성을 분석하여 플러그 육묘에 적합한 혼합상토를 선발하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

Peatmoss(Latagro, 라트비아산), coco peat(인도산), Perlite(2-5mm), Vermiculite(3mm 전후)는 (주)신성미네랄에서 구입하여 사용하였다. 코코피트와 피트모스에 혼합된 펄라이트와 질석의 비율은 아래와 같다(표 4-19, 20).

표 4-19. 피트모스를 기본으로 한 펄라이트 또는 질석의 혼합비율.

처리수	Peatmoss(%)	Perlite(%)	처리수	Peatmoss(%)	Vermiculite(%)
1	100	0			
2	90	10	7	90	10
3	80	20	9	80	20
4	70	30	9	70	30
5	60	40	10	60	40
6	50	50	11	50	50

표 4-20. 코코피트를 기본으로 한 펄라이트 또는 질석의 혼합비율.

처리수	코코피트(%)	Perlite(%)	처리수	코코피트(%)	Vermiculite(%)
12	100	0			
13	90	10	18	90	10
14	80	20	19	80	20
15	70	30	20	70	30
16	60	40	21	60	40
17	50	50	22	50	50

(2) 물리성 측정

(가) Porometer를 이용한 고상, 기상, 액상의 비율조사

각 혼합상토별(22종류) 총 공극률(total porosity, TP), 용기용수량(container capacity, CC), 기상률(air space, AS) 및 가비중(bulk density, BD)은 347.5mL의 알루미늄 실린더(직경 7.6cm, 높이 7.6cm)를 사용하여 측정하였다. 실험 시작 전 작물 재배를 위하여 적합하다고 판단되는 용적밀도를 파악한 후 목표 용적밀도가 되도록 실린더에 상토를 채워 놓고 측정하였으며, 3반복으로 수행하였다. 물리성 측정을 위한 전반적인 방법과 공극률, 기상률, 용기용수량과 가비중의 계산은 Choi 등(1997)의 방법을 따랐다.

(나) Ro-tap Sieve Shaker를 이용한 토양의 입도분포 조사

각 혼합상토별 입도분포는 Rotap-II Sieve shaker(Model A.S.T.M.E-11, Fisher Scientific Co., USA)로 조사하였고, 사용된 체(sieve)는 미국 표준규격(American standard) 번호 3.5(직경 5.6mm), 7(2.8mm), 14(1.4mm), 25(710 μ m), 45(355 μ m), 100(150 μ m) 및 140(106 μ m)이었으며 8등급으로 구분하였다. 시료는 건조기에서 105 $^{\circ}$ C, 24시간 건조시킨 다음 100g을 분석에 사용하였다. 각 체에 남아있는 양을 %로 환산하여 3반복 평균하였다.

(다) 쉽게 흡수할 수 있는 수분(EAW)과 완충수(BW)

각각의 상토 재료 또는 이들을 혼합한 상토가 보유할 수 있는 수분 중 쉽게 흡수할 수 있는 수분(4.90KPa 보다 낮은 장력 하에 존재하는 수분, easily available water, EAW)과 완충수분(4.90KPa-9.81KPa 장력 하에 존재하는 수분, buffering water, BW)의 비율은 pF determination sand box(Model pF 0-2.0, Eijkelkamp Agrisearch Equipment, The Netherlands)를 사용하여 측정하였다. 실험을 위해 코어 안에 상토를 충전하고 물로 포화시켜 시료를 준비하였으며, 수주 높이를 10, 50, 100cm의 압력으로 조절한 뒤 sand box를 물로 채웠다. 다시 포화된 상토가 들어있는 코어를 넣고 24시간 뒤 무게를 측정하여 EAW와 BW의 비율을 계산하였는데 전반적인 과정은 Milks 등(1989)과 Wallach 등(1992)의 방법을 따랐다.

다. 결과 및 고찰

(1) Porometer를 이용한 공극률, 용기용수량, 기상률 및 가비중

일반 포트나 베드재배시 공극률과 고상률은 각각 85%와 15%이며 플러그 육묘에 있어서는 공극률이 80-85%이라고 알려져 있다. 본 실험에 사용된 porometer를 이용한 혼합상토의 물리성 측정은 다음과 같다. 피트모스 단독용토의 공극률은 88% 이었으며 피트모스에 펠라이트의 혼용비율이 증가할수록 87%에서 80%로 감소하는 경향이였다(표 4-21). 피트모스와 질석의 혼합상토는 질석의 비율이 가장 높았던 처리구에서 공극률이 92%로 가장 컸다. 보수성의 지표인 용기용수량은 피트모스에 펠라이트의 비율이 증가할수록 약 78%에서 56%로 감소하였다. 피트모스와 질석과의 혼용시에는 질석의 혼용비율이 증가할수록 약간 증가하는 경향이였다. 기상률은 피트모스 단독일 때 약 12% 이었으며 펠라이트의 혼용비율이 가장 많았을 때(동량씩 혼합) 약 2배 수준이었다. 그러나 피트모스와 질석의 혼용시에 기상률은 혼합되는 양의 다소에 관계없이 유의차가 없었다. 가비중은 피트모스 단독일 때 가장 낮았으며 질석과의 혼용비율이 증가할수록 높아지는 경향이였다.

표 4-21. 피트모스를 기본으로 한 펄라이트 또는 질석의 혼합정도별 물리성.

처리	총 공극률(%)	용기 용수량(%)	기상률(%)	가비중($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
Peat moss	88.0 b ^z	76.6 cd	11.5 c	0.080 f
Peat moss(9):Perlite(1)	87.4 bc	77.7 bc	9.8 c	0.090 e
Peat moss(8):Perlite(2)	85.5 d	74.6 de	11.0 c	0.090 e
Peat moss(7):Perlite(3)	84.9 d	73.8 e	11.2 c	0.090 e
Peat moss(6):Perlite(4)	81.1 e	63.8 f	17.3 b	0.103 c
Peat moss(5):Perlite(5)	80.3 e	56.3 g	24.0 a	0.100 d
Peat moss(9):Vermiculite(1)	86.5 bcd	77.7 bc	8.8 c	0.090 e
Peat moss(8):Vermiculite(2)	88.2 b	77.7 bc	10.6 c	0.100 d
Peat moss(7):Vermiculite(3)	88.9 b	77.9 bc	10.9 c	0.100 d
Peat moss(6):Vermiculite(4)	88.4 b	80.2 ab	8.2 c	0.110 b
Peat moss(5):Vermiculite(5)	92.1 a	82.5 a	9.5 c	0.120 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P \leq 0.05$.

공극률은 코코피트를 단독으로 사용하였을 때 약 86%이었으며 펄라이트의 혼합비율이 커질수록 83%에서 71%로 감소하는 경향이였다(표 4-22). 반면 질석과 혼용시 질석의 혼용비율에 관계 없이 공극률은 처리간 유의차가 없었다. 용기용수량 또한 코코피트에 펄라이트의 혼용비율이 커질수록 78%에서 약 61%로 감소하였다. 한편 코코피트에 질석을 혼용하였을 때 용기용수량은 약 80% 전후로 처리간 유의차는 관찰되지 않았다. 기상률은 코코피트 단일 상토일 때 약 6%이었으며 펄라이트의 혼용비율이 높아질수록 기상률은 다소 증가하는 경향이였다. 질석과의 혼용시 기상률은 혼합비율이 동일하였을 때 가장 높았다. 가비중은 모든 처리구에 관계없이 유의차가 나타나지 않았다.

표 4-22. 코코피트를 기본으로 한 펄라이트 또는 질석의 혼합정도별 물리성.

처리	총 공극률(%)	용기 용수량(%)	기상률(%)	가비중(g·cm ⁻³)
Coco Peat	85.9 a ^z	80.2 abc	5.7 abc	0.10 a
Coco Peat(9):Perlite(1)	82.9 ab	78.3 bc	4.6 bc	0.10 a
Coco Peat(8):Perlite(2)	80.9 ab	75.8 c	5.1 bc	0.09 a
Coco Peat(7):Perlite(3)	79.2 ab	71.1 d	8.0 abc	0.09 a
Coco Peat(6):Perlite(4)	76.5 bc	64.9 e	11.6 a	0.09 a
Coco Peat(5):Perlite(5)	71.2 c	60.8 e	10.4 ab	0.10 a
Coco Peat(9):Vermiculite(1)	86.3 a	81.5 ab	4.8 bc	0.08 a
Coco Peat(8):Vermiculite(2)	86.5 a	83.5 a	2.9 c	0.09 a
Coco Peat(7):Vermiculite(3)	85.8 a	82.6 ab	3.1 c	0.10 a
Coco Peat(6):Vermiculite(4)	85.0 a	82.0 ab	3.0 c	0.11 a
Coco Peat(5):Vermiculite(5)	86.0 a	79.1 abc	7.0 abc	0.11 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P \leq 0.05$.

(2) Ro-tap Sieve Shaker를 이용한 입도분포

코코피트 단일상토의 경우 입경은 355 μ m-710 μ m와 710 μ m-1.4mm에 각각 약 38%와 34% 분포하였다(그림 4-29). 펄라이트의 혼용비율이 5배로 증가할수록 입경이 355 μ m-710 μ m와 710 μ m-1.4mm 분포가 다소 감소한 반면 입경이 큰 2.8mm-5.6mm의 분포가 증가하는 경향으로 토양통기성이 양호할 것으로 예상되었다. 한편 코코피트와 펄라이트의 혼합비가 8:2인 처리구에서는 다른 혼합상토에 비해 입도의 분포가 균일한 편이었다.

코코피트에 질석을 혼용하였을 때 입도분포는 355 μ m-710 μ m에서 감소하는 경향이었으며 710 μ m-1.4mm는 다소 증가하는 경향이였다. 코코피트와 질석이 9:1의 비율로 혼합되었을 때 입도분포는 355 μ m-710 μ m와 710 μ m-1.4mm에서 각각 약 31%로 유사하였다. 한편 코코피트와 질석이 8:2로 혼합된 상토에서는 다른 처리구에서보다 각각의 입도분포가 유사하였다.

피트모스의 입도분포를 분석한 결과, 355 μ m-710 μ m의 분포가 31%로 가장 높았다(그림 4-29). 그리고 그 보다 입경이 더 큰 710 μ m-1.4mm와 1.4mm-2.8mm의 분포는 20% 전후로 비슷한 수준이었다. 그리고 2.8mm-5.6mm 입경은 9% 정도이었다. 한편 펄라이트의 비율이 커질수록 355 μ m-710 μ m과 710 μ m-1.4mm에 분포하는 입자들이 감소한 반면 입경이 큰 2.8mm-5.6mm에 분포하는 입자들은 증가하는 경향이였다. 그리고 피트모스와 펄라이트가 9:1로 혼용된 상토에서는 각 입자들이 다른 처리구에 비해 균일하게 분포하였다.

피트모스에 질석의 혼용비율이 5배로 증가함에 따라 150 μ m-355 μ m, 355 μ m-710 μ m 및 2.8mm-5.6mm의 분포는 감소한 반면 710 μ m-1.4mm와 1.4mm-2.8mm는 증가하는 경향이였다. 본 혼합상토 조합 중에서는 보수력 및 통기성을 감안하여 입도가 2.8mm-5.6mm 분포는 다른 처리구보다 다소 낮고, 1.4mm-2.8mm의 분포는 약 42%인 피트모스와 질석의 비율이 6:4인 것으로 선별하였다.

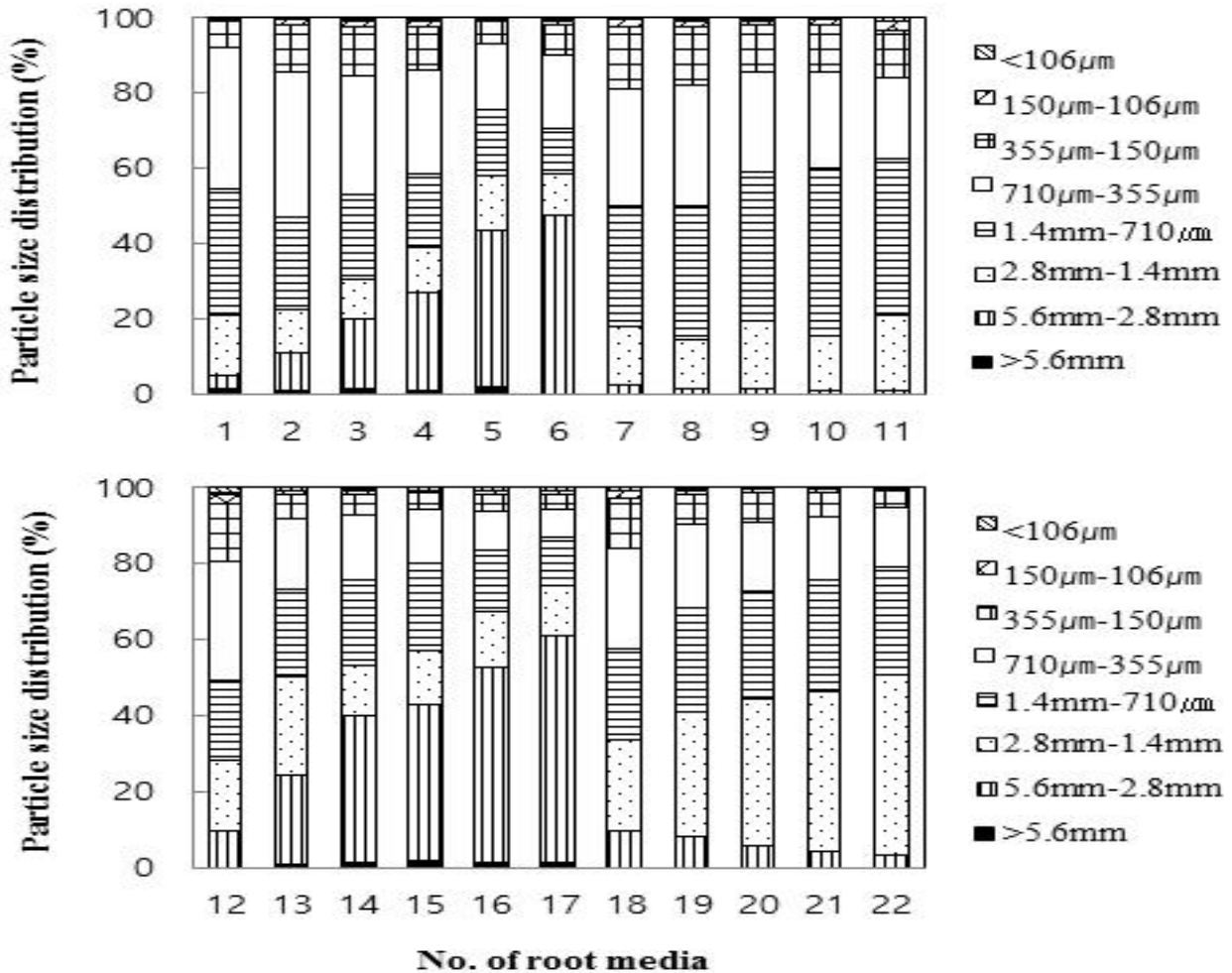


그림 4-29. 피트모스와 코코피트를 기본으로 한 펠라이트 또는 질석의 혼합정도별 입자 분포. [1, 코코피트 단독; 2, 코코피트(9)+펠라이트(1); 3, 코코피트(8)+펠라이트(2); 4, 코코피트(7)+펠라이트(3); 5, 코코피트(6)+펠라이트(4); 6, 코코피트(5)+펠라이트(5); 7, 코코피트 (9)+질석(1); 8, 코코피트(8)+질석(2); 9, 코코피트(7)+질석(3); 10, 코코피트(6)+질석(4); 11, 코코피트(5)+질석(5); 12, 피트모스 단독; 13, 피트모스(9)+펠라이트(1); 14, 피트모스(8)+펠라이트(2); 15, 피트모스(7)+펠라이트(3); 16, 피트모스(6)+펠라이트(4); 17, 피트모스(5)+펠라이트(5); 18, 피트모스(9)+질석(1); 19, 피트모스(8)+질석(2); 20, 피트모스(7)+질석(3); 21, 피트모스(6)+질석(4); 22, 피트모스(5)+질석(5)].

(3) 쉽게 흡수할 수 있는 수분과 완충수분

상토에서 식물이 쉽게 흡수할 수 있는 수분(easily available water, EAW)은 용기용수량 -4.90kPa이며 완충수분(buffering water, BW)은 4.9-9.81kPa이다. Fonteno와 Nelson(1990)은 수분장력이 증가하면 상토 내의 수분보유량이 감소한다고 보고하였다. 본 실험에서도 sand box를 이용하여 코코피트 단독 및 펠라이트를 비율별로 혼합하여 관찰한 결과 동일한 경향이었다. 특히 0.49kPa 이상 2.94kPa까지 수분장력이 증가함에 따라 수분보유력이 급격히 떨어지는 경향이었다(그림 4-30). 그리고 코코피트 단독보다 펠라이트가 혼합되는 비율이 증가됨에 따라 EAW와 BW가 감소하는 경향이었다. 즉 보수력이 감소한다는 결과를 예상할 수 있었다. 완충수 또한 감소하는 결과를 초래하였으며 9.81kPa에서는 모든 처리구에서 40% 미만이었다.

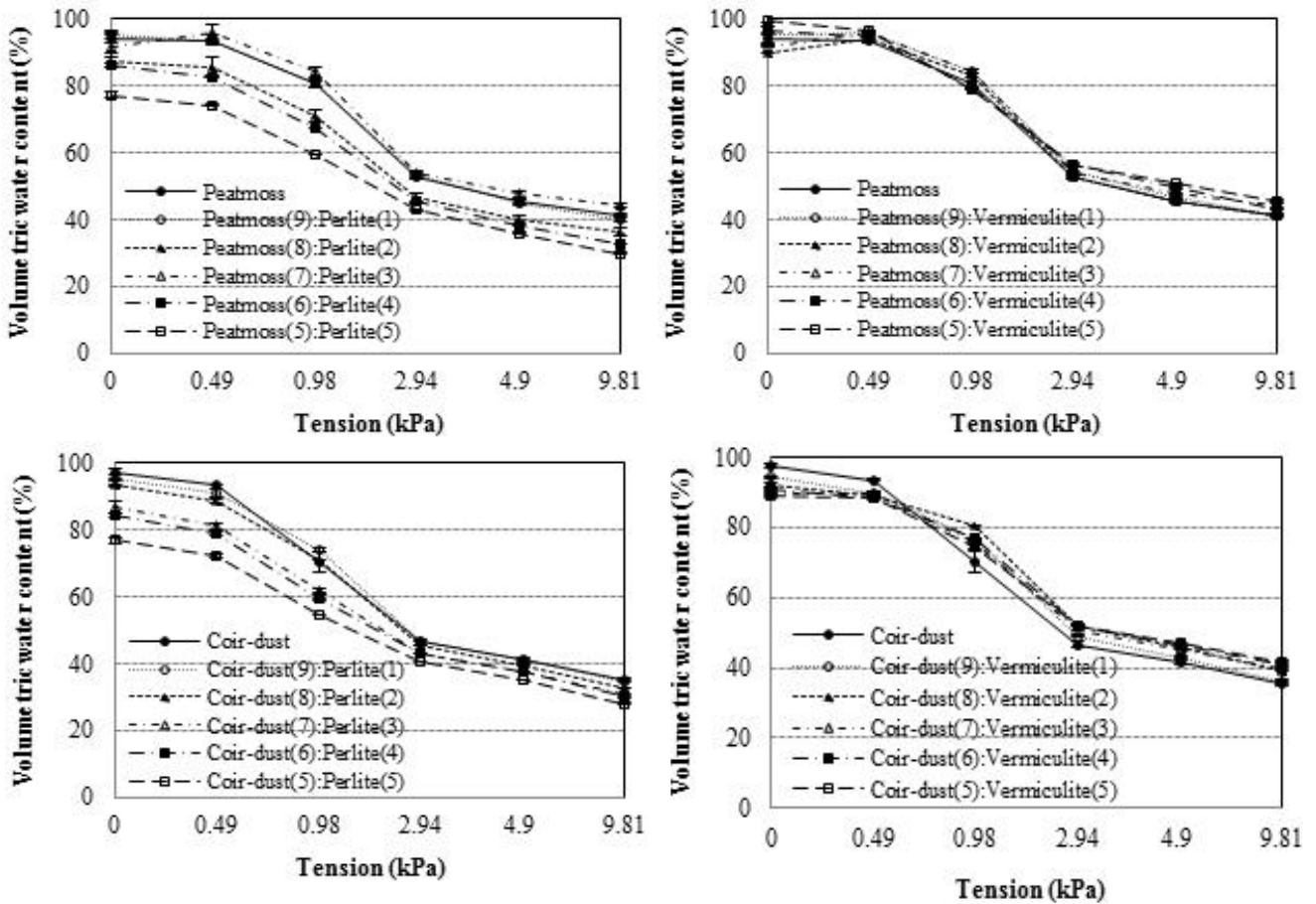


그림 4-30. 혼합상토별 수분장력에 미치는 토양 수분보유량의 변화.

Sand box를 이용한 피트모스의 수분보유량의 변화를 관찰해 보면 수분장력이 0.49에서 2.94kPa로 증가할수록 급격히 감소하였으나 그 진폭은 코코피트보다는 완만하였다. 쉽게 이용할 수 있는 수분 또한 코코피트보다 많았다. 한편 피트모스 단독 배지보다 펄라이트의 혼합비율이 증가함에 따라 수분보유량이 점점 감소하는 경향이였다. 즉 기상률이 증가하는 경향이였다. 피트모스와 질석과의 혼합시 수분보유력의 변화를 관찰한 결과 피트모스 단독배지와 마찬가지로 모든 처리구에서 큰 차이 없이 유사한 경향이 관찰되였다. EAW는 모든 처리구에서 50-70%였으며 BW는 45% 전후였다.

코코피트에 질석을 혼합하여 수분보유력을 측정한 결과, 펄라이트 혼합할 때와 유사하게 0.49-2.94kPa 범위의 수분장력이 증가함에 따라 수분보유량이 급격히 떨어지는 경향이였다. 한편 질석이 혼합됨에 따라 코코피트 단독 배지보다 수분보유량이 다소 높았다. 또한 질석의 혼합비율이 증가함에 따라 수분보유력 또한 다소 높았으며 코코피트와 질석의 비율이 6:4 이상일 때 40%를 약간 상회하였다.

라. 요약

혼합상토의 공극률과 용기용수량은 코코피트에 펄라이트의 혼합비율이 커질수록 감소하였다. 한편 코코피트에 질석을 혼용하였을 때 용기용수량은 펄라이트 처리구보다 높았다. 기상률은 코코피트에 펄라이트나 질석의 비율이 높아질수록 증가하는 경향이였다. 피트모스에 펄라이트의 혼용비율이 증가할수록 공극률은 감소하였으나 질석과의 혼합시에는 상반되는 결과를 나타냈다. 기상률은 피트모스에 펄라이트의 혼합비율이 가장 많았을 때 약 2배로 상승하였다. 가비중은

피트모스와 질석과의 혼용비율이 증가할수록 높아지는 경향이였다.

입도는 코코피트에 펄라이트의 비율이 증가할수록 355 μ m-1.4mm 구간이 다소 감소한 반면 2.8mm-5.6mm의 구간은 증가하는 경향이였다. 코코피트에 질석 혼용 시 입도분포는 355 μ m-710 μ m에서 감소하고 710 μ m-1.4mm는 다소 증가하였다. 피트모스에 펄라이트의 혼용비율이 커질수록 355 μ m-1.4mm에 분포하는 입자들이 감소한 반면 2.8mm-5.6mm에 분포하는 입자들은 증가하였다. 피트모스에 질석의 혼용비율이 증가함에 따라 150 μ m-710 μ m와 2.8mm-5.6mm의 분포는 감소한 반면 710 μ m-2.8mm는 증가하는 경향이였다.

코코피트에 펄라이트나 질석의 혼합시 0.49kPa 이상 2.94kPa까지 수분장력이 증가함에 따라 수분보유력은 급격히 감소하였다. 그리고 코코피트 단독보다 펄라이트가 혼합되는 비율이 증가됨에 따라 EAW와 BW가 감소하는 경향이였으나 질석은 혼용비율이 증가함에 따라 수분보유력 또한 다소 높아졌다. 피트모스 또한 장력이 2.94kPa로 증가할수록 급격히 감소하였으나 그 진폭은 코코피트보다 완만하였다. EAW 또한 코코피트보다 많았다. 한편 피트모스 단독 배지보다 펄라이트의 혼용비율이 증가함에 따라 수분보유량이 점점 감소하는 경향이였다. 피트모스와 질석과의 혼합시 수분보유량은 처리구간 큰 차이가 없었다.

본 혼합상토 20조합 중에서는 플러그 육묘에 적합한 보수력 및 통기성을 감안하여 코코피트(8):펄라이트(2), 코코피트(9):질석(1), 피트모스(9):펄라이트(1), 피트모스(6):질석(4)으로 선발하였다.

5. 친환경 공정묘 생산을 위한 혼합상토의 시비(기·추비)방법 개발

가. 서언

국내 토마토(*Lycopersicon esculentum*)의 생산방법은 2010년 이래 노지재배에서 시설재배로 완전히 변화되었다(MAFRA, 2015). 2014년 기준 재배면적이 7,070ha이고 생산량이 약 50만 톤이었으며 전년대비 각각 16.8과 28.6% 증가하였는데 재배면적의 증가는 공정묘의 수요가 증가하는 원인이 된다.

1990년대 초반 과채류의 플러그 묘 생산방법이 육묘를 위한 상토나 육묘 과정 중 시비가 공정묘의 품질에 큰 영향을 미침에도 국내에 도입된 후 거의 대부분 농가가 공정묘로 구매하여 정식하고 본포재배를 하고 있다. 육묘용 상토나 추비(additional fertilizer)에 관한 연구 예는 드문 실정이다. 공정묘 생산을 위한 혼합상토는 대부분 피트모스나 코이어 등에 펄라이트나 질석 등을 섞어 물리성을 조절한 혼합상토를 사용하고 있지만 대부분 육묘농가가 계절에 관계없이 동일한 혼합상토를 사용하고 있으며, 묘령에 따른 시비농도(기·추비 포함)에 관하여 정밀하게 수행된 연구 결과가 없어 육묘농가에서 시행착오가 발생하는 원인이 된다.

정식 전 토마토의 묘소질은 육묘 과정 중 셀의 크기(Kim et al., 1999; Lee and Kim, 1999), 양액의 농도(Kim et al., 1999), 약제 처리(Choi et al., 2001), 육묘일수(Choi et al., 2002a), 육묘시기(Choi et al., 2002b) 그리고 온도와 일장(Ohyama et al., 2005) 등에 영향을 받는 것으로 보고된 바 있다. 즉 성장정도는 육묘용 셀의 크기가 작거나, 추비시기가 늦어지거나, 시비농도가 낮을 때 저조하였으며, 이 중 가장 큰 영향을 미치는 것은 최초의 추비시기라고 알려졌다(Lee and Kim, 1999). 특히 토마토 플러그 육묘시 또 다른 문제점은 쉽게 도장된다는 것이며, 관수시 저온의 양액공급, 지베렐린 생합성 억제제 사용(Choi et al., 2001; Sun et al., 2010), 플러그 셀의 파종밀도 저하 및 혼합상토의 기비 무첨가 등의 방법(Lee and Kim, 1999)이 적용되기도 한다.

작물재배시 물(양액) 소비 감소와 노동력 절감을 통한 생산비 절감 그리고 지하수 오염 등을 줄이기 위해 전 세계적으로 관수(비) 방법을 두상관수(overhead irrigation)에서 저면관비(subirrigation)법으로 전환하는 추세이지만 국내에서는 관련연구가 수행되지 않았다. 그러나 우리나라도 환경오염을 줄이기 위한 세계적인 추세에 부응해야 한다고 생각하고 저면관비 육묘를 위한 혼합상토 개발과 시비체계 확립을 위한 연구를 수행 중에 있다. 특히 저면관비 방법을 적용할 경우 모세관력에 의한 수분상승과 토양 표면에서의 수분증발을 통해 표토에 많은 무기염이 집적되어 식물생장에 영향을 미치는 문제가 야기되고 있다.

한편 증·발산량이 많은 여름철 육묘를 위해서는 보수성이 높은 상토가 이용되지만, 상대적으로 온도가 낮고 성장량이 적은 겨울철에는 토양 통기성이 우수하고 상토가 쉽게 건조될 수 있도록 보수성이 낮으면서 대공극 비율이 높은 혼합상토가 이용된다. 공극률이나 상토 내에 형성된 공극의 크기를 확대시키기 위해 직경이 큰 펄라이트가 혼합되거나, 혼합된 펄라이트의 비율이 높아질 때 상토 내의 공극크기가 변하며 이는 모세관력에 의한 수분상승과 표토의 무기염 집적도 달라질 수 있음을 의미한다.

노지재배에는 토양에 이미 많은 양의 무기원소가 포함되어 있기 때문에 주로 N, P, K의 대량 원소를 시비하고 있다. 반면 혼합상토는 토양완충력이 매우 낮으며, 이를 이용한 작물 재배시 고토석회(高土石灰)가 혼합된다. 백운석계 고토석회(dolomite)는 용해도가 낮아 토양산도의 변화가 완만하며 적절한 pH에 도달할 때까지 많은 시간이 소요된다. 또한 플러그 육묘기간인 8주-10주 동안 적절한 수준으로 pH를 교정하는 역할 뿐만 아니라 Ca이나 Mg 등의 비료원으로서 역할을 하게 된다. 따라서 혼합상토의 구성재료인 피트모스의 pH와 EC가 정확하게 조절되어야 이를 근거로 혼합할 비료의 종류 및 양을 결정할 수 있게 된다. 혼합상토는 pH 뿐만 아니라 N-P-K와 미량원소

역시 중요하므로 기비에 이러한 무기이온들이 존재하면서 EC는 $2.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이하를 유지해야 저면 관비 조건에서 염류집적에 의한 피해가 발생하지 않는다.

따라서 본 실험에서는 저면관수시 육묘용 코코피트(8)+펄라이트(2), 코코피트(9)+질석(1), 피트모스(9)+펄라이트(1), 피트모스(6)+질석(4)의 혼합상토별, 첨가되는 유기질 기비농도 및 유기질 추비 종류를 화학비료와 비교, 이러한 결과가 작물 재배시 작물생장과 근권부 환경에 미치는 영향을 구명하기 위해 본 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 실험재료

토마토는 ‘슈퍼도태랑’(주, 코레콘), 고추는 ‘천년약속’(주, 농우바이오)의 종자를 사용하였다.

(2) 사용된 비료 종류

유기질비료로 사용된 재료(그림 4-31)는 썰포마그(랑베나이트, 황산가리고토) 인광석, 구아노, 균배양체(흙살림), 고토석회는 (주)신성미네랄에서 구입하였다. 석고(CaSO_4)는 일반 시약회사에서 구매하여 사용하였다. 화학비료에 사용된 종류는 고토석회, 용과린, $\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MgSO_4 , KNO_3 , NH_4NO_3 , 미량원소(MgO , 킬레이트 철, 아연, 망간, 구리, 붕소 및 몰리브덴 복합제제, Nutrichem Kombi-F, Belgium) 이었다. 유기질 추비종류는 그린키(구아노액기스), 생선 아미노산, 잎나라 및 진생이었다.

(3) 혼합상토별 실험

상기에서 선발된 코코피트(8)+펄라이트(2), 코코피트(9)+질석(1), 피트모스(9)+펄라이트(1), 피트모스(6)+질석(4) 각 25L에 해당하는 비료(화학 및 유기질)를 정량하여 상토에 혼합하였다(표 4-23). 습윤제는 2,500배 희석하여 상토 혼합시 사용하였으며 24시간 포화시킨 다음 파종상토로 사용하였다(그림 4-32). 저면관수는 지하수를 사용했으며 상토별 추비는 파종 후 23일 이후 2주간격으로 3회 실시하였다. 추비는 유기질비료로 시판되는 그린키(주, 신성미네랄)를 1/200로 희석하여 사용하였다. 대조구로 사용된 화학비료는 시기별로 각각 13-2-13(Sunshine Technigro), 21-21-21(Azuro 200), 15-0-15(Sunshine Technigro)를 질소 기준 $100\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 를 순서대로 사용하였다. 육묘기간은 고추 파종 후 8주 및 토마토는 파종 후 9주 이었다. 고추 실생묘의 성장, 혼합상토의 근권부 화학성 등은 파종 후 5주와 9주, 토마토는 4주와 8주에 2회 조사분석을 실시하였다. 상토의 무기원소 농도는 Ion chromatography(883 Basic IC Plus, Metrohm, Switzerland)를 이용하여 분석하였다.



그림 4-31. 혼합상토에 기비로 사용된 유기질비료. A, 썰포마그(랑베나이트, 황산가리고토); B, 천연 인광석; C, 구아노; D, 흙살림 균배양체; E, 고토석회; F, 석고.

표 4-23. 코코피트와 피트모스를 기본으로 한 친환경묘 생산용 비료조성.

Coir-dust(9)+vermiculite(1) or coir-dust(8)+perlite(2)				Peatmoss(6)+vermiculite(4) or peatmoss(9)+perlite(1)			
화학비료	g/25L	유기질비료	g/25L	화학비료	g/25L	유기질비료	g/25L
고토석회	75.0	천연 인광석	20.0	고토석회	75.0	천연 인광석	20.0
용과린	10.0	썰포마그	15.0	용과린	10.0	썰포마그	15.0
CaCl ₂ ·2H ₂ O	7.4	고토석회	5.0	CaCl ₂ ·2H ₂ O	7.4	고토석회	5.0
MgSO ₄	6.0	CaSO ₄	37.5	MgSO ₄	6.0	CaSO ₄	37.5
KNO ₃	12.6	Guano	25.0	KNO ₃	12.6	Guano	25.0
NH ₄ NO ₃	30.8	균배양체	125.0	NH ₄ NO ₃	30.8	균배양체	125.0
미량원소	50.0			미량원소	50.0		
				CaCO ₃	50.0		

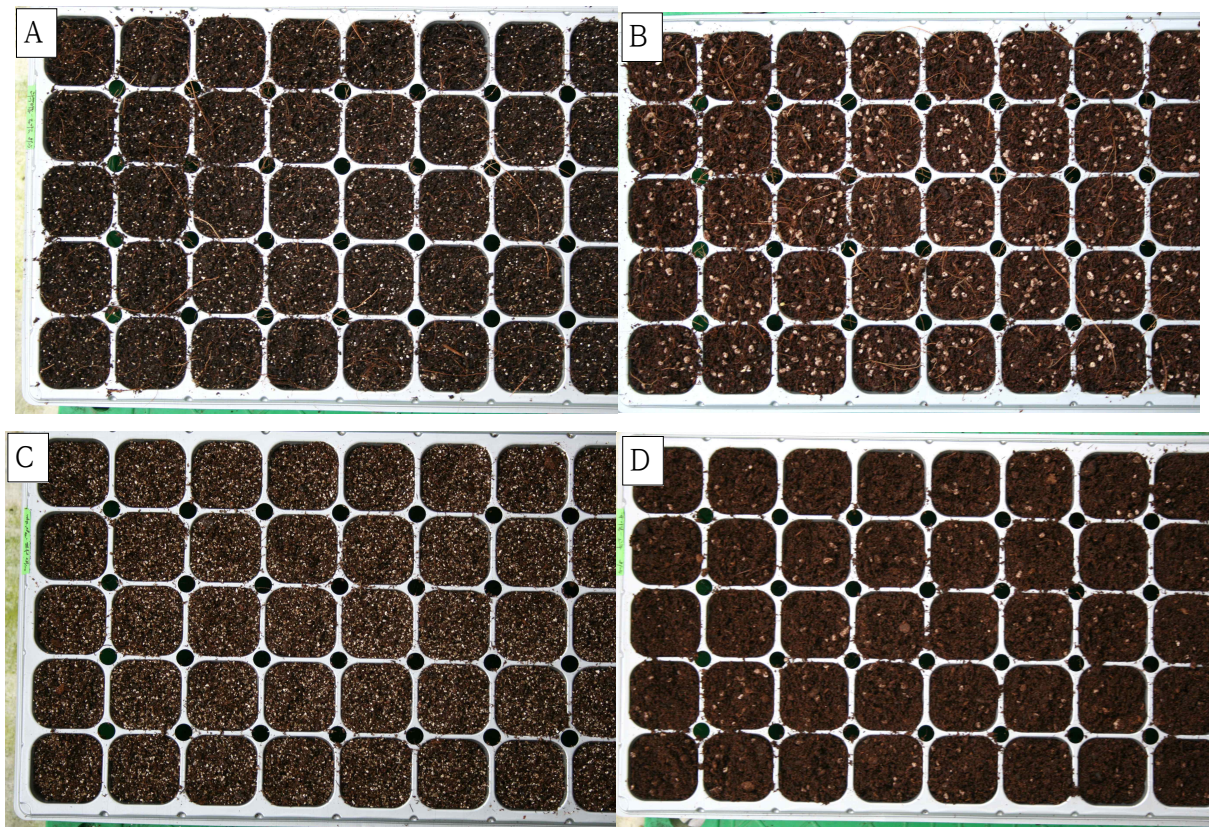


그림 4-32. 코코피트와 피트모스를 기본으로 혼합상토에 화학비료와 유기질비료를 첨가한 후 고추와 토마토를 파종한 모습. A, Coir-dust(9)+vermiculite(1); B, coir-dust(8)+perlite(2); C, Peat moss(6)+vermiculite(4); D, peat moss(9)+perlite(1).

(4) 유기질비료 기비실험

혼합상토로 고추는 코코피트(8)+펠라이트(2)와 토마토는 코코피트(9)+질석(1) 이었다. 기비농도는 혼합상토별 실험의 코코피트 친환경묘 생산용 비료조성에 첨가되는 구아노의 양을 변화시켰다. 즉 기비로 사용되는 구아노의 농도를 0, 0.5, 1.0 및 2.0g·L⁻¹로 하였다. 추비시기는 파종 후 31일 이후 2주 간격, 육묘기간은 토마토가 파종 후 8주 및 고추가 파종 후 9주 이었다. 유기질로 사용된 추비는 그린키 5mL·L⁻¹를 사용하였으며 대조구로 사용된 화학비료는 혼합상토 실험과 동일하였다. 실생묘의 생장은 육묘기간 동안 2회에 걸쳐 수행하였다. 혼합상토의 pH, EC 및 무기이온의 분석 시 고추는 파종 후 45일, 58일 및 72일째, 토마토는 파종 후 5주 이후 9주까지 매주 실시하였다. 또한 혼합상토는 근권부를 3등분하여 pH와 EC 및 무기이온을 분석하였다.

(5) 유기질비료 추비실험

혼합상토와 비료조성은 유기질비료 실험과 동일하였으며 구아노의 농도는 유기질 기비실험성적을 감안하여 2.0g·L⁻¹를 적용하였다. 여기에 4종의 유기질비료(그림 4-33), 즉 그린키(구아노액기스 원액) 10mL/L, 생선 아미노산(흙살림) 4mL/L, 잎나라(흙살림) 1.25mL/L, 진생(Agro Genesis) 1.25mL/L를 파종 후 22일 1회, 이후 2주 간격으로 총 3회 추비하였다. 대조구로 사용된 화학비료는 기비실험과 동일하였으며 모든 처리는 저면관비하였다. 육묘기간은 고추와 토마토 모두 파종 후 9주간 이었다. 공정묘의 생장은 육묘기간 중 2회에 걸쳐 특성을 조사하였다. 혼합상토의 pH, EC 및 무기이온의 분석 시 고추와 토마토 모두 파종 후 5주부터 9주까지 매주 실시하였다.

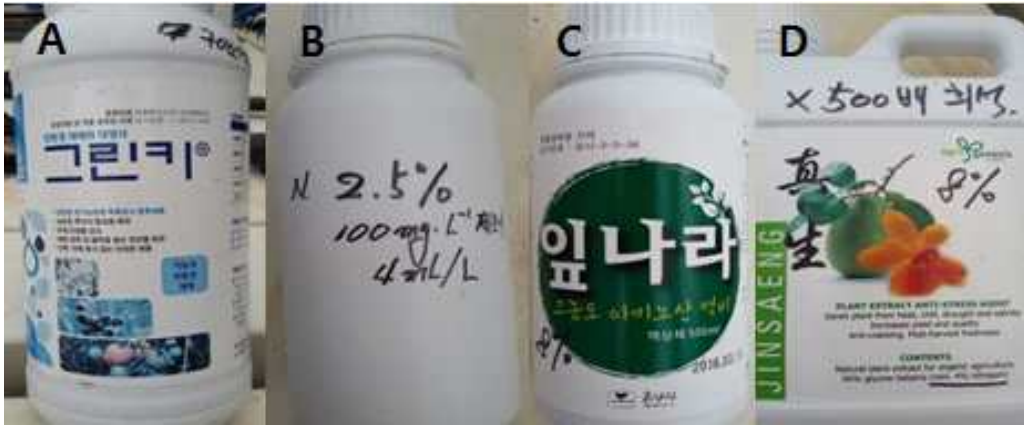


그림 4-33. 유기질비료로 사용된 추비 제품. A, 그린키; B, 생선 아미노산; C, 앞나라; D, 진생.

다. 결과 및 고찰

저면관수는 두상관수보다 적은 양의 비료를 사용하여도 식물생장이 비슷한 수준을 유지할 수 있어 (Dole et al., 1994; Mak and Yeh, 2001) 비료 절감 및 환경오염 방지의 효과를 기대할 수 있다. 혼합상토별 화학비료와 유기질비료를 기비로 첨가하여 저면관수한 토마토 ‘슈퍼도태랑’의 과종 후 4주째 생장은 다음과 같다(표 4-24). 코코피트에 질석과 펄라이트를 혼합한 상토에서 초장과 초폭은 질석이 혼합된 유기질 상토에서 작았던 반면 다른 처리구는 유사하였다(그림 4-34). 엽장과 엽폭 또한 초장과 같은 경향이었으며 화학비료 처리구에서 유기질비료 처리구보다 컸다. 엽록소 함량은 질석이 혼합된 유기질 기비구에서 높았다. 경경은 처리구간 0.1% 수준에서 유의차가 인정되었으며, 혼합상토에 관계없이 화학비료구에서 유기질비료 처리구보다 컸다. 식물체당 무게는 질석이 혼합된 화학비료 처리구에서 가장 큰 것으로 나타났다.

표 4-24. 50공 플러그 셀에서 과종 후 4주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 생장.

혼합상토	기·추비	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	엽록소 함량 (SPAD)	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)
Coir-dust+ vermiculite	화학	22.5	18.0	5.1	2.8	3.1	33.5	314.4	2.88	206.6
	유기질	19.2	13.6	3.8	2.0	2.5	36.8	249.6	1.57	74.1
Coir-dust+ perlite	화학	21.2	16.5	4.9	2.6	3.1	32.4	296.5	2.46	125.8
	유기질	21.5	16.3	4.4	2.3	2.7	33.7	278.0	2.14	130.0
<i>F-significance</i>		**	**	**	***	*	**	***	***	**
Peatmoss+ vermiculite	화학	11.5	10.0	3.0	1.5	2.7	34.2	222.2	0.93	60.8
	유기질	21.3	16.2	4.6	2.4	3.1	35.0	302.0	2.51	137.5
Peatmoss +perlite	화학	12.6	10.7	3.3	1.7	2.9	35.8	226.9	1.00	67.5
	유기질	20.2	14.5	4.5	2.4	3.1	36.3	279.4	2.24	165.8
<i>F-significance</i>		***	***	***	***	NS	NS	***	***	*

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

피트모스에 질석 또는 펄라이트를 혼합한 상토에서 ‘슈퍼도태랑’의 신장생장은 혼합상토에 관계없이 유기질비료 기비구가 화학비료구보다 양호하였다. 잎의 성장 또한 신장생장과 유사한 경향이였다. 엽수와 엽록소 함량은 처리간 차이가 관찰되지 않았다. 경경과 생체중은 유기질비료 처리구에서 화학비료 처리구보다 컸다. 건물중 또한 유기질비료 처리구에서 다소 높은 경향이였다.

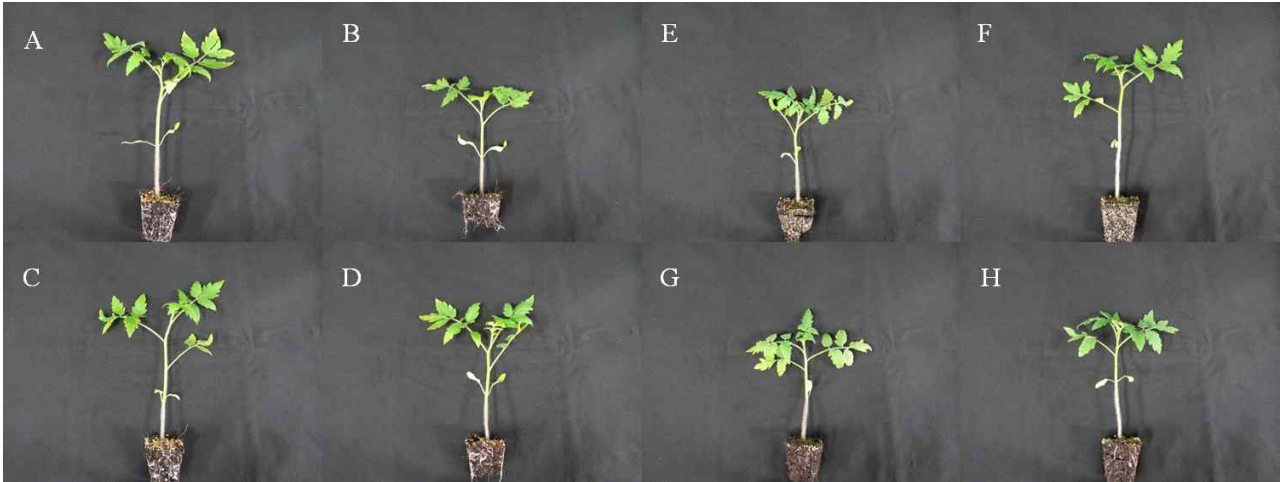


그림 4-34. 50공 플러그 셀에서 파종 후 4주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 지상부 성장. A, Coir-dust(C)+vermiculite(V)+chemical fertilizer(CF); B, C+V+ organic fertilizer(OF); C, C+perlite(P)+CF; D, C+P+OF; E, peatmoss(PM)+V+CF; F, PM+V+OF; G, PM+P+CF; H, PM+P+OF.

코코피트 기본 상토의 ‘슈퍼도태랑’의 파종 후 4주째 상토 추출물의 pH는 질석이 혼합된 상토 보다 펄라이트 혼합상토에서 낮았으나 전반적으로 7.1 이상으로 높은 편이었으며 처리간 0.1% 수준에서 유의차가 인정되었다(표 4-25). EC 또한 유의차가 컸으며 혼합상토 종류에 관계없이 유기질비료 처리구에서 더 높았다.

표 4-25. 50공 플러그 셀에서 파종 후 4주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 화학성 및 무기이온 함량.

혼합상토	기·추비	pH	EC (dS·m ⁻¹)	NH ₄	NO ₃	PO ₄	K	Ca	Mg	Na	SO ₄
				----- (mg·L ⁻¹) -----							
Coir-dust+ vermiculite	화학	7.97	1.1	116.6	75.7	4.6	89.5	29.1	13.0	0.0	357.7
	유기질	7.69	1.5	48.3	4.5	9.4	159.0	27.0	19.5	178.3	654.7
Coir-dust+ perlite	화학	7.13	1.0	4.2	135.0	6.4	84.8	20.8	26.2	140.7	289.6
	유기질	7.56	1.6	65.2	15.3	16.0	168.0	29.5	24.0	145.6	642.9
<i>F-significance</i>		***	***	***	***	***	***	**	***	***	***
Peatmoss+ vermiculite	화학	5.33	2.2	27.7	820.7	17.6	77.4	76.0	55.4	363.4	556.3
	유기질	5.36	1.7	27.0	4.1	13.0	25.4	58.7	32.3	315.9	1099.8
Peatmoss +perlite	화학	5.06	1.8	66.7	718.0	12.1	86.2	110.4	52.6	146.9	355.2
	유기질	4.68	1.6	104.2	7.8	12.6	38.5	70.0	56.4	109.1	977.4
<i>F-significance</i>		***	*	***	***	NS	***	***	**	***	***

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

각 혼합상토 추출물 내 이온함량을 관찰한 결과, NH₄은 질석 혼합상토의 화학비료 기비구에서 가장 높았고 펄라이트 혼합상토의 화학비료 처리구에서 가장 낮았다. NO₃는 펄라이트 혼합상토에서 가장 높았으며 상토별 유기질비료 처리구에서 낮았다. P와 K의 농도는 혼합상토별 유기질비료구에서 화학비료구보다 높았다. Ca은 펄라이트 혼합상토의 화학비료 기비구에서 낮았으며 다른 처리구는 유사한 경향이였다. Mg은 질석 혼합상토보다 펄라이트 혼합상토에서 기비종류에 관계없이 높았다. Na은 질석 혼합상토의 화학비료 기비구에서 전혀 관찰되지 않았다. SO₄는 상토별 화학비료 처리구에서 낮았으며 유기질비료 처리구에서 높은 것으로 관찰되었다.

피트모스를 기본으로 한 혼합상토 추출물의 pH는 질석 혼합처리구에서 5.3 정도였으며, 펄라이트 혼합처리구에서 5.0 이하로 낮아졌다. EC는 피트모스와 질석 혼합상토에 화학비료를 처리한 구에서 2.2dS·m⁻¹로 가장 높았으며 다른 처리구는 1.7dS·m⁻¹ 전후였다. 각 혼합상토별 추출물 중 NH₄은 질석 혼합상토에서 비료종류에 관계없이 낮은 것으로 나타났다. NO₃ 함량은 0.1% 수준에서 유의차가 인정되었으며 상토별 유기질비료 처리구에서 8mg·L⁻¹ 이하로 관찰되었다. 이온별 P의 함량은 혼합상토별 차이가 인정되지 않았다. K과 Ca 이온 함량은 질석이나 펄라이트의 혼합정도에 관계없이 화학비료 기비구에서 유기질비료 기비구보다 높았다. Mg은 질석 혼합상토 중 유기질비료 기비처리구에서 낮았으며 다른 처리구에서는 유사한 경향이였다. Na의 양은 혼합상토에 관계없이 유기질비료 처리구에서 낮았다. SO₄는 상토별 유기질비료 기비구에서 화학비료 기비구보다 높았으며 1,000mg·L⁻¹ 전후였다.

고추 ‘천년약속’의 상토별 기비종류별 파종 후 5주째 성장정도는 다음과 같다(표 4-26). 코코피트 기본 혼합상토 중 신장생장은 $p=0.001$ 수준에서 유의차가 인정되었으며 질석 혼합상토의 화학비료구와 펄라이트 혼합상토의 유기질비료 처리구에서 우수하였다(그림 4-35). 엽의 신장도 신장생장이 컸던 처리구와 유사하였다. 초폭과 엽수는 처리간 유의차가 관찰되지 않았다. 엽록소 함량은 유기질비료 처리구에서 화학비료 처리구보다 다소 높았다. 생체중은 신장생장이 양호했던 처리구에서 컸으나 건물중에는 유의차가 관찰되지 않았다.

표 4-26. 50공 플러그 셀에서 파종 후 5주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘천년약속’ 고추의 성장.

혼합상토	기·추비	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	엽록소 함량 (SPAD)	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)
Coir-dust+ vermiculite	화학	21.5	14.7	6.6	3.6	5.8	39.7	2.5	2.3	214.2
	유기질	18.9	13.5	6.1	3.1	5.4	43.2	2.3	1.9	175.9
Coir-dust+ perlite	화학	16.7	13.0	5.7	3.2	5.9	41.3	2.3	1.6	168.4
	유기질	20.7	13.7	6.7	3.7	6.0	42.8	2.3	2.4	176.7
<i>F-significance</i>		***	NS	*	**	NS	*	NS	**	NS
Peatmoss+ vermiculite	화학	3.9	3.7	1.9	1.2	3.9	41.2	1.2	0.1	8.9
	유기질	20.1	13.2	6.3	3.3	5.8	52.0	1.2	1.8	178.4
Peatmoss +perlite	화학	7.2	6.1	2.9	1.8	4.6	46.4	1.6	0.4	26.7
	유기질	15.3	12.3	6.1	3.2	5.5	50.1	1.8	1.5	103.4
<i>F-significance</i>		***	***	***	***	***	***	**	***	***

NS, *, **, ***Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

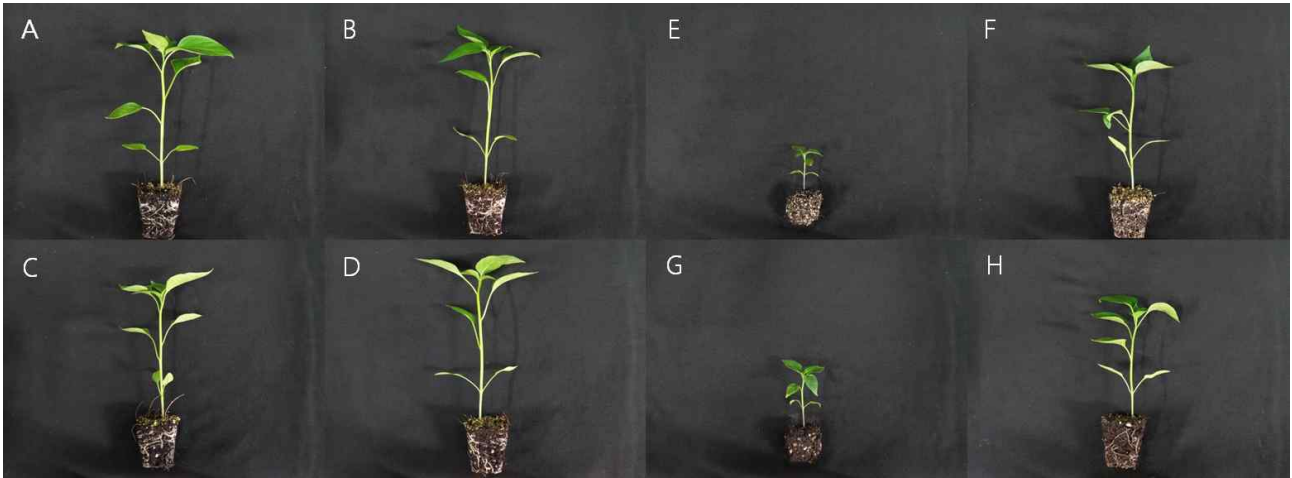


그림 4-35. 50공 플러그 셀에서 파종 후 5주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘천년약속’ 고추의 지상부 성장. A, coir-dust(C)+vermiculite(V)+chemical fertilizer(CF); B, C+V+organic fertilizer(OF); C, C+perlite(P)+CF; D, C+P+OF; E, peatmoss(PM)+V+CF; F, PM+V+OF; G, PM+P+CF; H, PM+P+OF.

코코피트에 질석 또는 펄라이트를 혼합한 상토의 ‘천년약속’의 파종 후 5주째 상토 추출물의 상토의 pH는 상토 종류에 상관없이 화학비료 처리구에서 높았으며, 유기질비료 기비구에서는 6.9로 혼합상토별 차이가 없었다(표 4-27). EC는 펄라이트 혼합처리구를 제외한 나머지 처리구에서 $1.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 전후로 관찰되었다.

표 4-27. 50공 플러그 셀에서 파종 후 5주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘천년약속’ 고추의 화학성 및 무기이온 함량.

혼합상토	기·추비	pH	EC ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	NH ₄	NO ₃	PO ₄	K	Ca	Mg	Na	SO ₄
				----- (mg·L ⁻¹) -----							
Coir-dust+ vermiculite	화학	8.2	1.3	2.2	11.2	4.7	75.0	40.3	18.5	204.7	410.0
	유기질	6.9	1.2	2.8	1.8	6.4	100.2	43.4	28.5	187.8	565.0
Coir-dust+ perlite	화학	7.4	0.7	0.0	5.3	4.0	49.0	13.0	16.8	118.5	204.8
	유기질	6.9	1.1	1.3	9.3	4.6	97.4	35.4	27.6	204.7	526.6
<i>F-significance</i>		***	**	**	NS	*	**	***	***	***	***
Peatmoss+ vermiculite	화학	5.5	1.8	22.1	716.1	15.2	85.2	48.3	37.6	309.1	316.3
	유기질	5.0	1.4	11.5	1.4	6.7	18.9	48.3	24.9	263.7	852.4
Peatmoss +perlite	화학	5.2	1.8	47.9	693.0	11.1	118.3	89.5	46.7	153.4	284.8
	유기질	4.8	0.9	55.4	5.7	17.5	34.6	24.4	37.6	67.3	417.8
<i>F-significance</i>		**	**	***	***	NS	***	***	***	***	***

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

코코피트 혼합상토 추출물 내 이온함량 중 NH_4 은 모든 처리구에서 $3\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이하로 낮았으며 펄라이트 혼합상토의 화학비료 기비구에서는 전혀 검출되지 않았다. NO_3 의 함량은 4처리간 유의차가 없었다. P, K, Ca 및 Mg의 농도는 혼합상토에 구분 없이 유기질비료구에서 화학비료구보다 높았다. 한편 Ca과 Mg은 처리간 0.01% 수준에서 유의차가 인정되었다. Na의 양은 일정한 경향 없이 질석 혼합상토에서는 화학비료 기비구, 펄라이트 혼합상토에서는 유기질 기비구에서 많았다. SO_4 는 상토별 유기질비료 처리구에서 화학비료 처리구보다 높은 것으로 관찰되었다.

피트모스를 기본으로 한 혼합상토 내 pH는 펄라이트 혼합상토의 유기질비료 기비구에서 4.8로 가장 낮았으며 다른 처리구는 5.0 전후이었다. EC는 상토종류에 관계없이 화학비료 기비구에서 $1.8\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 다소 높은 경향이였다.

각 혼합상토의 추출물 중 NH_4 은 질석이 혼합된 상토가 펄라이트 혼합상토보다 낮은 것으로 나타났다. NO_3 함량은 상토별 화학비료 처리구에서 $700\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 전후로 높았으며, 유기질비료 기비구에서는 상토에 구분 없이 화학비료 기비구의 1/100 미만으로 적었다. P의 함량은 코코피트 혼합상토와 달리 유의차가 없었다. K은 혼합된 유기농 자재와 무관하게 화학비료 기비구에서 높았다. Ca의 이온 함량은 펄라이트 혼합상토 중 화학비료 기비구에서 가장 높았으며 질석 혼합상토에서는 비료종류에 관계없이 동일하였다. Mg은 코코피트 혼합상토와 반대로 혼합상토에 구분 없이 화학비료 기비구에서 높았다. Na의 함량은 혼합상토에 관계없이 유기질비료 처리구에서 적었다. SO_4 는 질석이 혼합된 상토 중 유기질 기비구에서 가장 높았으며 전체적으로 유기질 기비구에서 높았다.

코이어와 질석 또는 펄라이트를 혼합한 상토에서 과종 후 4주째 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 플러그 묘생장은 화학비료 처리구에서 우수하였으나 8주째 생장은 친환경 비료 처리구에서 우수하였다(표 4-28). 육묘기간이 4주에서 8주로 길어졌을 때 초장과 엽록소 함량의 처리간 차이가 커졌지만 초폭, 엽장, 엽폭, 경경 및 생체중은 차이가 적어졌다(그림 4-36). 피트모스와 질석 또는 펄라이트를 혼합한 상토에서 과종 후 4주째의 생장은 상토 종류에 관계없이 친환경비료 시비구에서 우수하였으며, 8주째 생장 차이가 더 컸다. 특히 육묘기간이 길어질수록 엽수, 엽록소 함량 및 건물중의 처리간 차이가 커지는 경향을 보였다. 최종생장이 우수하였던 처리구는 친환경 비료가 기비 및 추비로 시비되었던 코이어+질석(9:1, v/v)과 피트모스+질석(6:4, v/v) 혼합상토였다.

표 4-28. 50공 플러그 셀에서 과종 후 8주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 생장.

혼합상토 ^z	기·추비	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	엽록소 함량 (SPAD)	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (g)
C(9)+V(1)	화학	42.2	24.5	6.4	3.2	5.4	33.2	4.0	8.1	0.88
	유기질	40.9	25.2	6.0	3.0	6.0	41.9	4.2	9.5	0.94
C(8)+P(2)	화학	35.1	22.7	5.9	2.9	5.5	32.0	4.0	7.2	0.78
	유기질	37.5	25.6	6.0	3.0	5.7	41.7	4.2	9.0	0.90
<i>F-significance</i>		***	*	*	**	*	***	NS	*	NS
PM(6)+V(4)	화학	23.3	17.0	4.8	2.0	5.8	41.1	3.2	3.4	0.23
	유기질	42.7	25.1	5.7	2.7	6.5	45.3	4.3	9.5	1.10
PM(9)+P(1)	화학	20.4	14.6	4.3	2.0	5.7	40.5	3.1	2.9	0.14
	유기질	36.4	20.3	5.7	2.8	6.1	46.3	3.7	6.9	0.81
<i>F-significance</i>		***	***	***	***	*	***	***	***	***

^zC, coir-dust; V, vermiculite; P, perlite; PM, Peatmoss

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.



그림 4-36. 50공 플러그 셀에서 파종 후 8주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 지상부 생장. A, coir-dust(C)+vermiculite(V)+chemical fertilizer(CF); B, C+V+organic fertilizer(OF); C, C+perlite(P)+CF; D, C+P+OF; E, peatmoss(PM)+V+CF; F, PM+V+OF; G, PM+P+CF; H, PM+P+OF.

코이어가 혼합된 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 근권부 pH와 EC 그리고 분석한 무기 이온 농도는 육묘 기간이 8주로 연장되었을 때 처리구에 관계없이 낮아지는 경향이였다(표 4-29). 그러나 친환경 비료를 기비나 추비로 시비한 경우 화학비료 처리구보다 농도가 높게 유지되었다. 피트모스가 혼합된 상토의 근권부 pH는 파종 후 4주보다 8주째 약간 상승하였으나 EC와 무기이온 농도가 낮아지는 경향이였다. 상토에 관계없이 화학비료 처리구에서는 NO₃, K, Mg 이온의 농도가 높았으나, 친환경비료 처리구에서는 NH₄, PO₄, SO₄ 이온의 농도가 높게 분석되었다.

표 4-29. 50공 플러그 셀에서 파종 후 8주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 화학성 및 무기이온 함량.

혼합상토 ^z	기·추비	pH	EC (dS·m ⁻¹)	NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	Na	SO ₄
				(mg·L ⁻¹)							
C(9)+V(1)	화학	7.0	0.7	1.0	0.0	6.7	17.0	30.6	9.5	134.6	201.0
	유기질	6.4	0.9	12.7	10.2	7.5	10.2	43.9	18.7	150.0	316.3
C(8)+P(2)	화학	7.1	0.5	1.6	0.4	4.6	8.2	14.8	10.4	103.3	122.1
	유기질	7.0	1.1	17.9	56.2	16.7	11.7	57.4	25.3	134.2	260.9
<i>F-significance</i>		**	***	***	***	*	***	***	***	**	***
PM(6)+V(4)	화학	5.6	1.2	8.8	169.8	7.0	15.4	33.6	21.0	239.8	327.8
	유기질	5.4	1.4	16.2	9.0	13.2	13.6	50.7	20.1	262.3	695.0
PM(9)+P(1)	화학	5.2	0.9	16.5	211.2	7.1	21.6	46.3	20.0	112.5	151.9
	유기질	5.5	0.9	75.3	12.4	11.6	11.8	19.7	8.1	85.0	334.1
<i>F-significance</i>		NS	**	***	***	**	*	***	**	***	***

^zC, coir-dust; V, vermiculite; P, perlite; PM, Peatmoss

NS, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

고추 ‘천년약속’의 파종 후 9주째 혼합상토와 기비종류별 신장생장은 코이어+질석(9:1, v/v)의 화학비료, 코이어+펄라이트(8:2, v/v)의 유기질비료 처리구에서 양호하였다(표 4-30, 그림 4-37). 엽수와 엽록소 함량은 화학비료 처리구보다 유기질비료 처리구에서 많았다. 생체중과 건물중은 신장생장이 우수하였던 2처리구에서 무거웠던 반면 코코피트+펄라이트의 화학비료 처리구에서 가장 가벼웠다.

표 4-30. 50공 플러그 셀에서 파종 후 9주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘천년약속’ 고추의 성장.

혼합상토 ^z	기·추비	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	엽록소 함량 (SPAD)	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)
C(9)+V(1)	화학	30.4	17.8	7.0	3.8	6.7	40.3	3.4	4.4	681.7
	유기질	27.2	15.7	6.6	3.6	7.9	46.8	3.0	3.8	475.0
C(8)+P(2)	화학	23.1	13.8	5.9	3.3	5.9	33.9	3.2	2.8	450.0
	유기질	29.8	16.9	7.6	4.2	7.7	45.0	3.1	4.6	558.3
<i>F-significance</i>		***	***	***	**	***	***	***	**	*
PM(6)+V(4)	화학	15.2	9.8	4.0	2.1	9.2	53.1	2.9	1.6	189.0
	유기질	26.1	16.7	6.7	3.8	8.1	58.6	3.0	3.8	500.0
PM(9)+P(1)	화학	16.0	10.3	4.4	2.4	8.9	54.4	2.6	1.6	206.7
	유기질	18.5	14.8	6.4	3.5	8.5	53.9	3.0	3.0	400.0
<i>F-significance</i>		***	***	***	***	*	***	NS	***	***

^zC, coir-dust; V, vermiculite; P, perlite; PM, Peatmoss

NS, *, **, ***Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

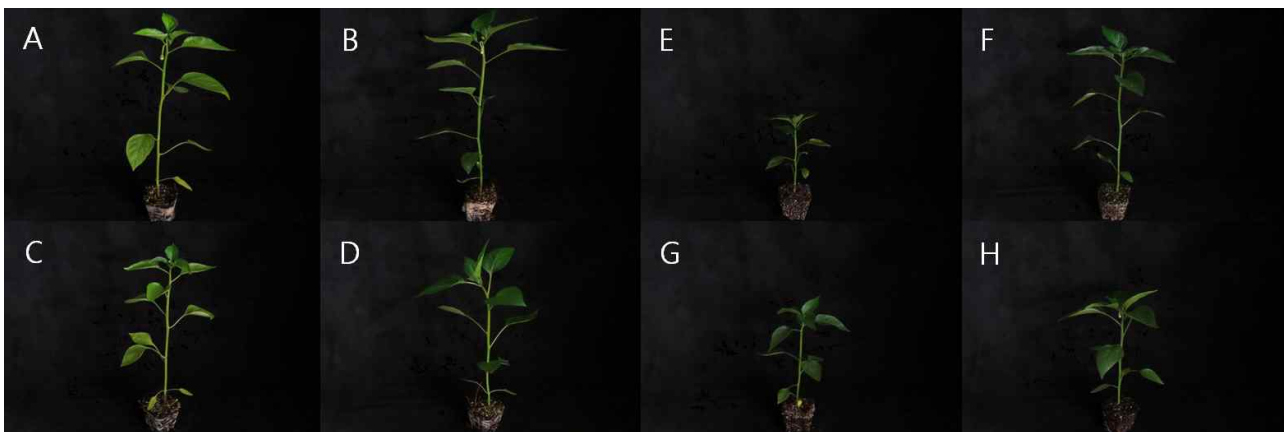


그림 4-37. 50공 플러그 셀에서 파종 후 9주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘천년약속’ 고추의 지상부 성장. A, coir-dust(C)+vermiculite(V)+chemical fertilizer(CF); B, C+V+organic fertilizer(OF); C, C+perlite (P)+CF; D, C+P+OF; E, peatmoss(PM)+V+CF; F, PM+V+OF; G, PM+P+CF; H, PM+P+OF.

피트모스 혼합상토 중에서는 질석이 혼합된 유기질비료 처리구에서 고추 ‘천년약속’의 초장, 초폭, 엽록소 함량 및 생체중 등이 가장 우수한 결과를 나타내었다. 반면 혼합상토의 종류에 관계없이 화학비료 처리구는 유기질비료 처리구보다 성장정도가 낮았다.

코이어 혼합상토 추출물의 pH는 4처리구 모두 6.5 이상이었으며 질석이 혼합된 화학비료 처리구에서 7.4로 가장 높았다(표 4-31). EC는 코이어+펠라이트 혼합상토의 유기질비료 처리구에서 1.5dS·m⁻¹로 가장 높았다. NH₄ 등 무기이온들은 코이어의 혼합소재에 관계없이 유기질비료 처리구에서 높았으며, 특히 펄라이트가 혼합된 상토의 유기질비료 처리구에서 NO₃, Ca, Mg, SO₄의 함량이 높았다. 상대적으로 무기이온의 함량이 적었던 처리구는 코이어+펠라이트의 화학비료 처리구 였다.

표 4-31. 50공 플러그 셀에서 파종 후 9주간 육묘 중 혼합상토와 비료종류에 의한 ‘천년약속’ 고추의 화학성 및 무기이온 함량.

혼합상토 ^z	가·추비	pH	EC (dS·m ⁻¹)	----- (mg·L ⁻¹) -----							
				NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	Na	SO ₄
C(9)+V(1)	화학	7.4	0.9	0.5	0.8	5.5	37.9	38.8	14.9	167.4	311.3
	유기질	6.5	1.1	2.8	118.2	7.9	59.2	45.7	28.4	190.8	399.1
C(8)+P(2)	화학	6.9	0.6	1.5	0.9	4.5	27.4	20.0	18.6	108.0	170.4
	유기질	6.8	1.5	3.2	156.8	7.4	52.4	68.9	40.4	200.9	545.3
<i>F-significance</i>		***	***	**	***	**	**	***	***	**	***
PM(6)+V(4)	화학	5.8	1.0	9.2	93.0	8.1	31.1	18.3	13.5	177.9	249.5
	유기질	5.2	1.1	6.5	24.7	13.4	23.0	38.9	16.8	234.4	556.3
PM(9)+P(1)	화학	5.6	0.8	8.7	146.2	7.6	22.9	36.9	19.2	121.8	114.5
	유기질	5.2	0.8	61.8	12.7	9.6	14.3	18.2	8.9	100.5	328.6
<i>F-significance</i>		*	NS	***	**	**	*	**	NS	***	**

^zC, coir-dust; V, vermiculite; P, perlite; PM, Peatmoss

NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at *P* = 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

피트모스를 기본으로 혼합상토 조합의 pH는 5.5±0.3 수준이었으며 혼합소재에도 불구하고 화학비료 처리구에서 유기질비료 처리구보다 약간 높은 5.7 전후였다. 토양 추출물의 EC는 4처리간 유의차를 관찰할 수 없었다.

무기이온 농도는 NH₄의 경우 피트모스+펠라이트의 유기질비료 처리구에서 가장 높았으며, NO₃은 피트모스+펠라이트 혼합상토의 화학비료 처리구에서 가장 높았다. 한편 NO₃은 피트모스+펠라이트 혼합상토의 유기질비료 처리구에서 12.7mg·L⁻¹로 가장 낮았다. P 농도는 피트모스+질석의 유기질비료 처리구에서, K은 피트모스+질석의 화학비료 처리구에서 가장 높았다. Ca과 Mg의 농도는 피트모스+질석의 유기질비료, 피트모스+펠라이트의 화학비료 처리구에서 높았던 반면 K, Ca, Mg 및 Na의 농도는 피트모스+펠라이트의 유기질비료 처리구에서 가장 낮았다. Na과 SO₄은 피트모스+질석의 유기질비료 처리구에서 가장 높았다.

‘슈퍼도태랑’ 토마토의 육묘시 대조구인 화학비료와 유기질비료인 구아노 농도별 처리를 비교하였을 때, 파종 후 5주차의 결과는 화학비료 처리구에서 우수하였다(표 4-32, 그림 4-38). 그러나 엽록소 함량은 화학비료 처리구에서 오히려 낮았다. 유기질 기비구에서는 구아노의 농도가 2.0g·L⁻¹로 높아질수록 생장이 양호하였으며 화학비료 처리구와 거의 같은 수준이었다. 한편 생체중은 화학비료 처리구와 유의차가 인정되었으나 건물중에서는 차이가 없어 묘소질이 우수한 결과를 나타냈다.

표 4-32. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토를 충전한 50공 플러그 셀에서 파종 후 5주간 육묘 중 기비(구아노)농도별 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 생장.

기비	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	엽록소 함량 (SPAD)	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)	
화학비료	19.2 a	17.4 a	4.2 a	2.2 a	3.2 a	37.7 c	2.9 a	2.6 a	235.5 a	
구아노 (g·L ⁻¹)	0	12.1 d	8.5 c	3.1 c	1.3 c	2.0 c	37.9 c	2.1 d	0.8 d	47.9 c
	0.5	13.8 c	8.6 c	3.0 c	1.3 c	2.0 c	40.6 b	2.5 c	1.0 d	74.5 c
	1.0	15.8 b	11.8 b	3.6 b	1.4 c	2.0 c	42.2 a	2.7 b	1.5 c	133.1 b
	2.0	18.5 a	16.3 a	3.9 ab	1.6 b	2.9 b	39.8 b	3.0 a	2.3 b	232.6 a
<i>F</i> -significance	***	***	***	***	***	***	***	***	***	

***Significant at $P = 0.001$.



그림 4-38. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토를 충전한 50공 플러그 셀에서 파종 후 5주간 육묘 중 기비(구아노)농도별 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 지상부 생장. A, 화학비료; B, 구아노 0; C, 0.5; D, 1.0; E, 2.0g·L⁻¹.

토마토 ‘슈퍼도태랑’의 기비농도별 파종 후 9주째 생육은 파종 후 5주째보다 처리간 생장 차이가 커졌다(표 4-33, 그림 4-39). 화학비료 처리구는 초장을 비롯한 모든 생장 특성이 유기질 시비구보다 우수하였다. 유기질비료 처리구 중에서는 구아노의 기비농도가 높아질수록 초장과 경경 및 건물중 등의 성적이 좋아졌다. 구아노 2.0g·L⁻¹의 초장은 화학비료구와 차이가 없었으며 개화주 또한 동일하게 관찰되었다. 그리고 뿌리 형성정도는 화학비료구와 큰 차이가 없었으며 구아노의 농도가 증가할수록 더 양호한 경향이었다(그림 4-40).

표 4-33. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토를 충전한 50공 플러그 셀에서 구아노 기비농도별 ‘슈퍼도태랑’ 토마토 파종 후 9주째 생육.

기비	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	엽록소 함량 (SPAD)	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (g)	
화학	37.9 a	26.2 a	5.1 a	2.3 a	7.9 a	42.9 a	5.0 a	13.2 a	1.6 a	
구아노 (g·L ⁻¹)	0	23.3 d	12.8 d	3.3 d	1.6 c	5.0 c	35.6 c	3.5 d	2.9 d	0.3 d
0.5	29.2 c	15.6 c	3.6 d	1.6 c	5.2 bc	39.3 b	4.0 c	4.4 c	0.6 c	
1.0	33.1 b	15.0 c	4.0 c	1.7 c	5.6 bc	36.9 c	4.0 c	5.1 c	0.7 c	
2.0	37.8 a	18.9 b	4.7 b	2.0 b	5.7 b	35.3 c	4.3 b	7.5 b	1.2 b	
<i>F</i> -significance	***	***	***	***	***	***	***	***	***	

***Significant at $P = 0.001$.

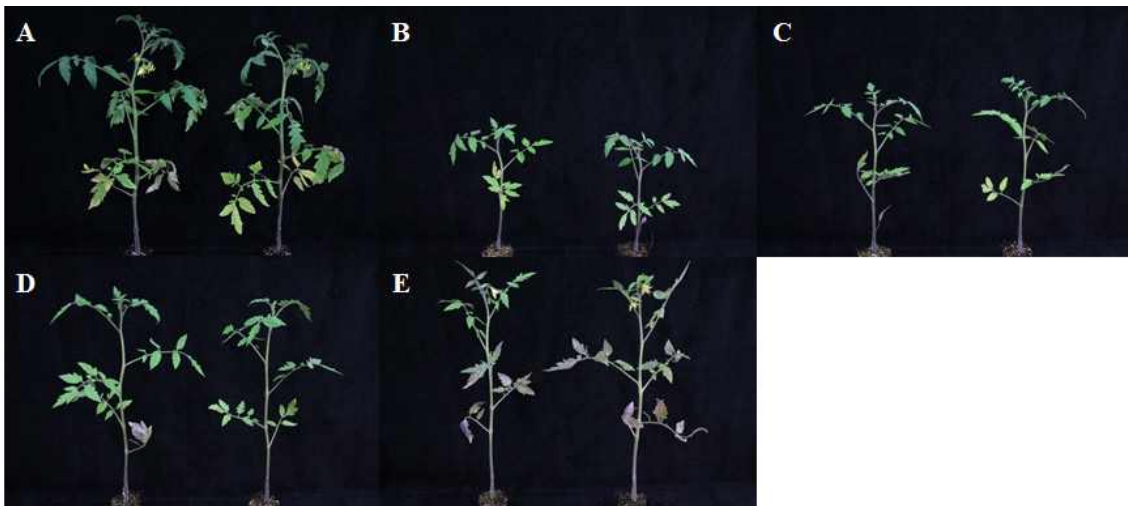


그림 4-39. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토를 충전한 50공 플러그 셀에서 구아노 기비농도별 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 파종 후 9주째 지상부 생육. A, 화학비료; B, 구아노 0; C, 0.5; D, 1.0; E, 2.0g·L⁻¹.

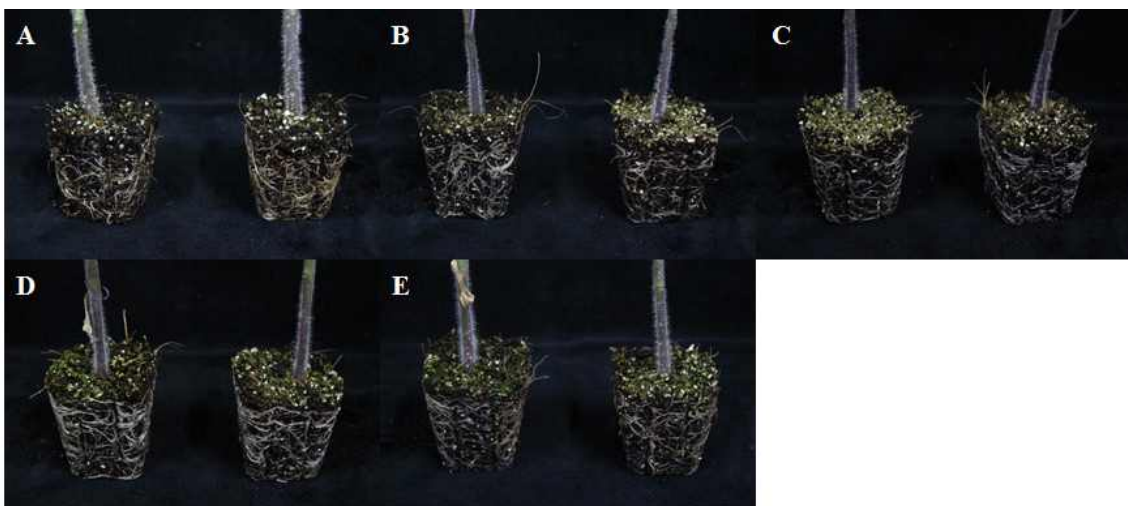


그림 4-40. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토를 충전한 50공 플러그 셀에서 구아노 기비농도별 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 파종 후 9주째 뿌리 성장. A, 화학비료; B, 구아노 0; C, 0.5; D, 1.0; E, 2.0g·L⁻¹.

파종 후 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 육묘기간 중 상토 위치별 pH 변화를 관찰했을 때 화학비료 처리구와 유기질비료 처리구에서 상부가 중간이나 하부보다 낮은 경향이였다(그림 4-41). 파종 전 혼합상토의 pH는 구아노의 기비농도가 높아질수록 다소 상승하는 경향이였다. 구아노 2.0g·L⁻¹에서 혼합상토 상부의 pH는 지속적으로 낮아졌으며 파종 후 7주부터 중간과 하부의 pH는 높아져 상부와와의 변화폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 화학비료 기비구를 포함한 모든 유기질 처리에서 중간과 하부의 pH는 각 처리별로 유사한 경향이였다.

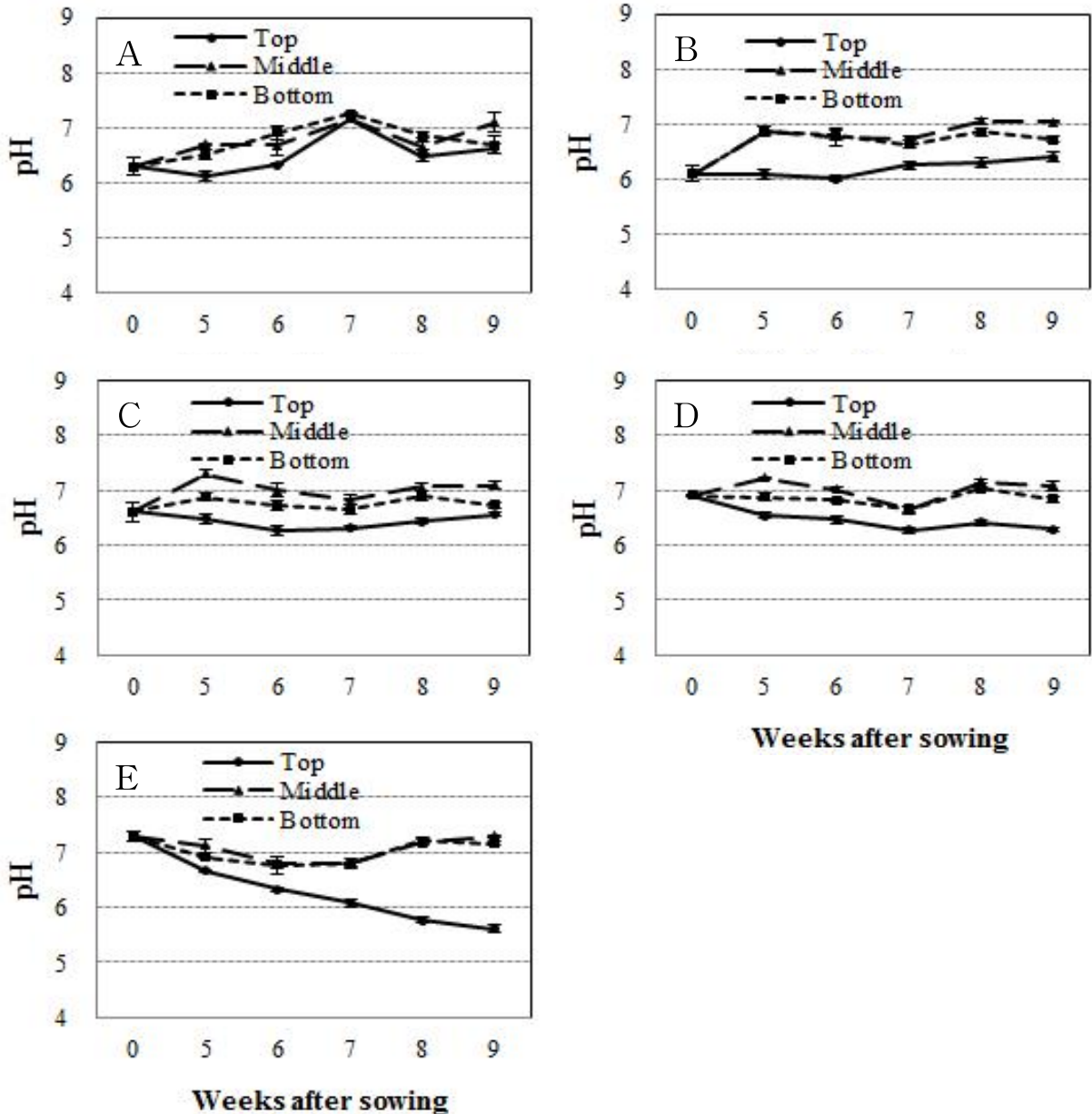


그림 4-41. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토를 충진한 50공 플러그 셀에서 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 기비(구아노) 농도별 파종 후 5주-9주째 근권부 위치별 pH 변화. A, 화학비료; B, 구아노 0; C, 0.5; D, 1.0; E, 2.0g·L⁻¹.

토마토 ‘슈퍼도태랑’의 육묘기간 중 혼합상토의 위치별 EC는 화학비료구 뿐만 아니라 모든 유기질 비료구의 상부에서 중간이나 하부보다 높게 유지되였다(그림 4-42). 화학비료 기비구의 3위치별 EC는 파종 후 5주까지 감소하다가 이후 상승하였으며 파종 후 7주 이후 다시 감소하였다. 유기질

비료 처리구에서 EC 값은 처리농도간 일정한 경향은 없었으나 혼합상토의 상부에서는 파종 후 6주까지 증가하다가 감소하는 경향이었고 중간과 하부는 파종 후 5주째에 급격히 감소한 후 6주 이후에는 약간 상승하는 경향이였다. 그리고 전 처리구에서 파종 후 6주째 상부와 중간 및 하부의 농도변화가 가장 큰 것으로 확인되었다.

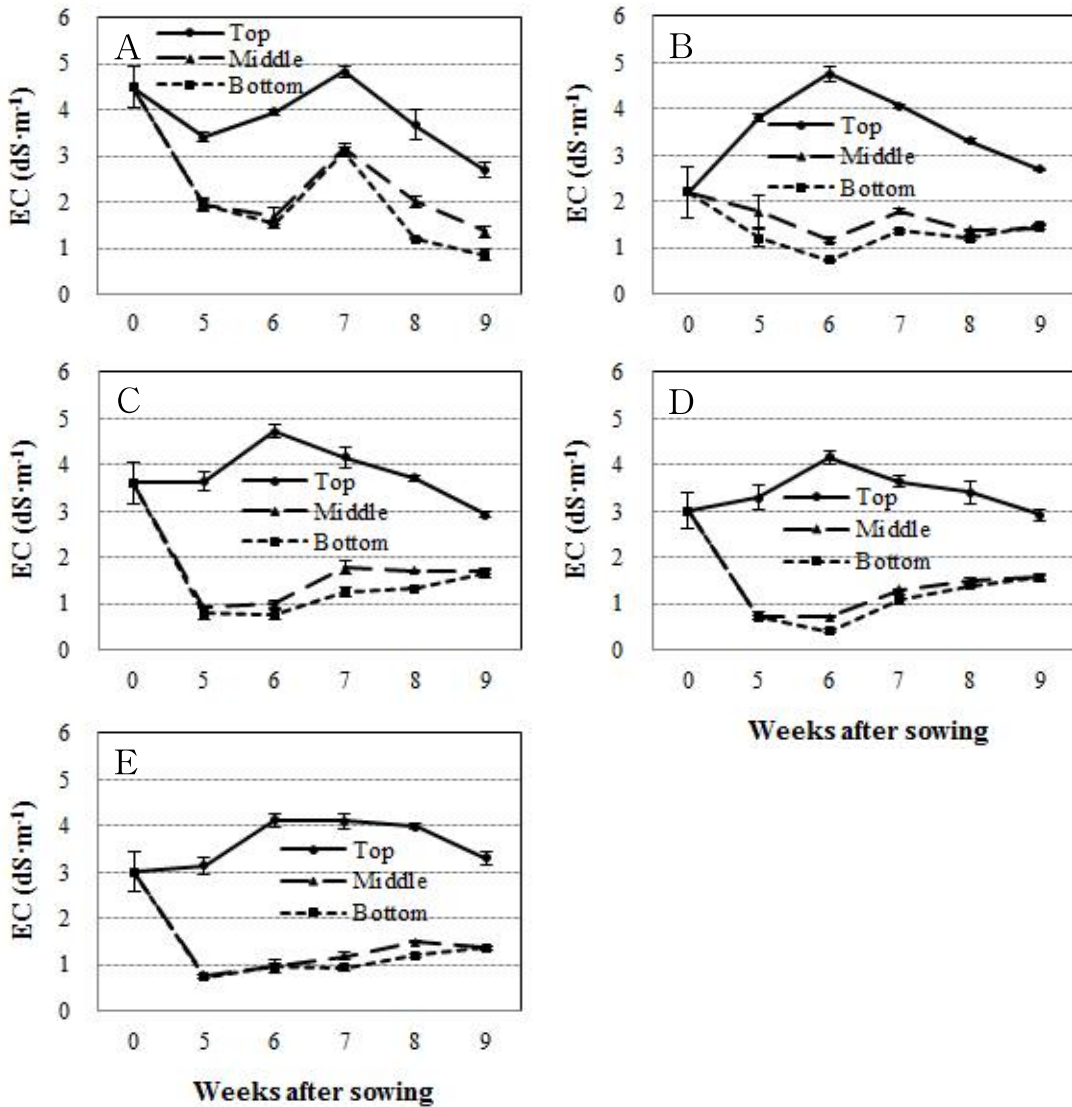


그림 4-42. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토를 충전한 50공 플러그 셀에서 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 기비(구아노) 농도별 파종 후 5주-9주째 근권부 위치별 EC 변화. A, 화학비료; B, 구아노 0; C, 0.5; D, 1.0; E, 2.0g·L⁻¹.

육묘 중 상토 추출물의 무기이온을 분석한 결과 Na 농도는 상부에서 화학비료구 700mg·L⁻¹, 유기질비료구 800mg·L⁻¹ 이상으로 파종 전에 비해 급격히 상승하였으며, 파종 후 6주까지 상승하다 감소하는 경향이였다(그림 4-43). 유기질비료 처리구 중에서는 파종 후 6주째 상부와 나머지 2부분의 농도차가 가장 컸으며 구아노 2.0g·L⁻¹에서 상부의 Na 감소폭이 적은 편이였다. Ca 농도는 화학비료구보다 유기질비료구에서 더 높았으며, 전 처리구의 상부에서 중간이나 하부보다 높게 유지되었다. 한편 구아노 무첨가구에서는 다른 처리구와 다르게 파종 후 5주까지 Na 농도가 증가하다가 감소하는 경향이였다.

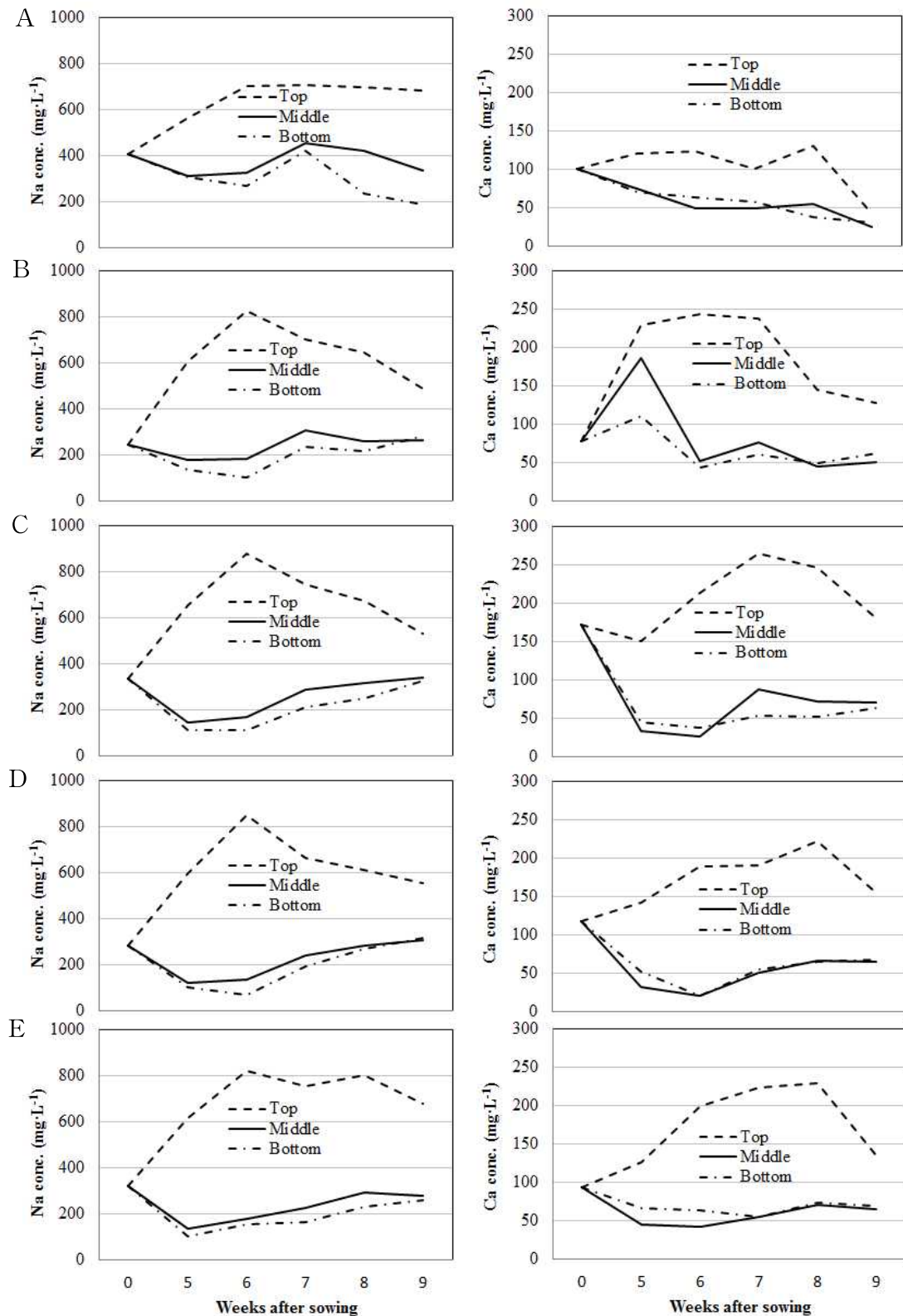


그림 4-43. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토를 충전한 50공 플러그 셀에서 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 기비(구아노) 농도별 파종 후 5주-9주째 근권부 위치별 무기이온(양이온) 변화. A, 화학비료; B, 구아노 0; C, 0.5; D, 1.0; E, 2.0g·L⁻¹.

NO₃ 농도는 화학비료구에서 유기질비료구와 달리 절대적으로 높았다(그림 4-44). 단 모든 처리구에서

파종 후 육묘기간 내내 지속적으로 감소하는 경향이었으나 2.0g·L⁻¹ 처리구에서 파종 후 7주째 부터 급격히 증가하는 양상을 나타내었다. SO₄의 농도는 화학비료구에서 유기질비료구보다 상당히 낮았으며 육묘기간 중 증감은 일부 관찰되었으나 상토 위치에 관계없이 전반적으로 높아지는 경향이였다.

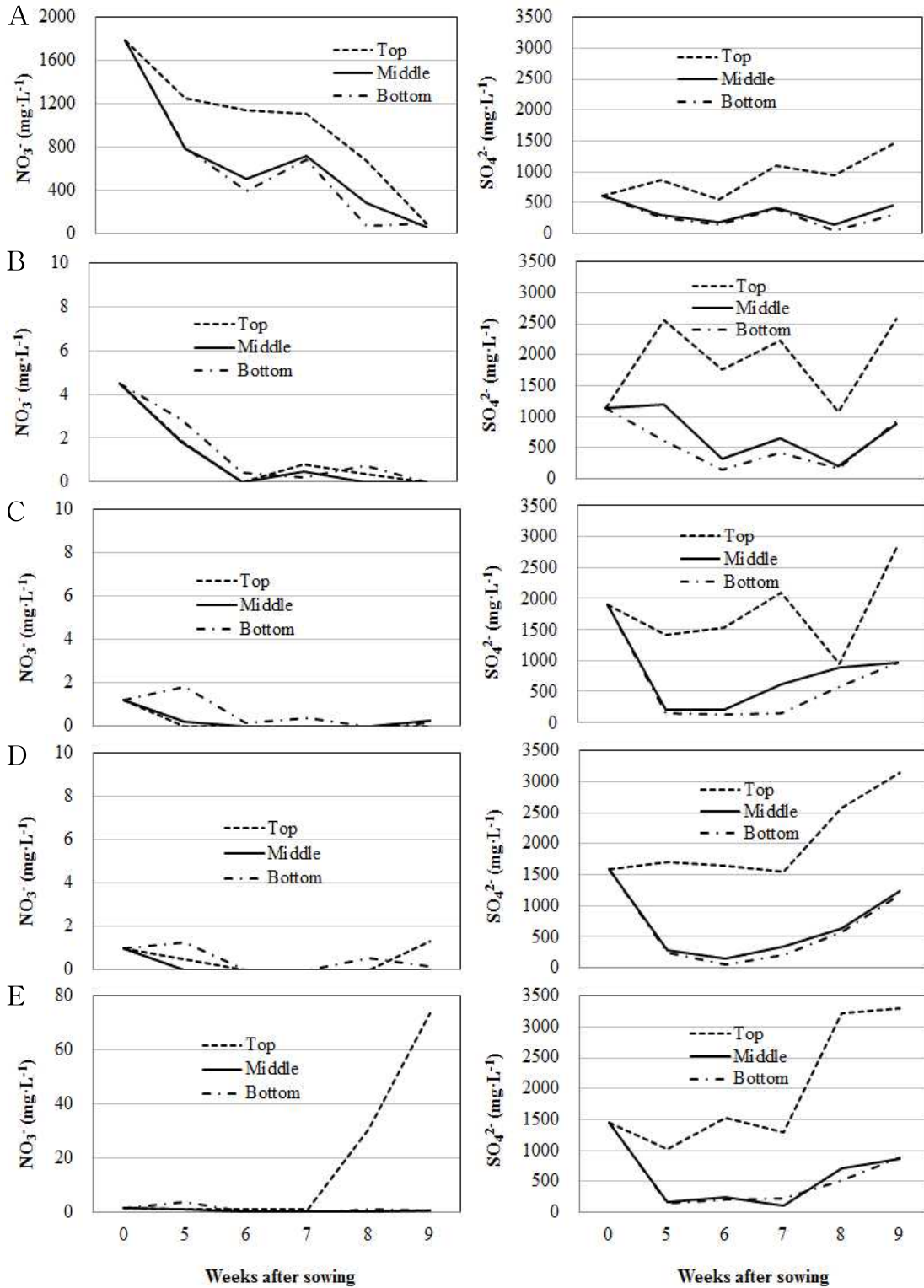


그림 4-44. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토에서 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 기비(구아노) 농도별 파종 후 5주~9주째 근권부 위치별 무기이온(음이온) 변화. A, 화학비료; B, 구아노 0; C, 0.5; D, 1.0;

E, 2.0g·L⁻¹.

기비농도별 실험시 화학비료 대조구의 기비를 N 기준 500mg·L⁻¹를 처리하였을 때 ‘천년약속’ 고추 유묘의 발아억제 뿐만 아니라 발아 후에도 고사주가 발생되었다. 한편 기비로 사용된 구아노는 농도가 높아질수록 엽록소 함량을 제외한 모든 조사항목에서 우수하였으며 처리간 유의차가 인정되었다(표 4-34, 그림 4-44).

표 4-34. 코코피트(8)+펄라이트(2) 혼합상토에서 ‘천년약속’ 고추의 기비(구아노) 농도별 파종 후 45일째 생장.

기비	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	엽록소 함량 (SPAD)	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)
0	8.3 c	6.9 b	2.8 d	1.6 d	4.0 b	40.4 ab	1.8 d	0.5 d	54.3 b
구아노 (g·L ⁻¹)	0.5	8.8 c	7.2 b	3.0 c	1.7 c	40.1 b	1.9 c	0.6 c	52.4 b
	1.0	10.6 b	7.8 a	3.5 b	2.0 b	40.1 b	2.0 b	0.8 b	74.3 b
	2.0	13.1 a	8.1 a	3.9 a	2.3 a	4.5 a	41.6 a	2.2 a	1.1 a
<i>F</i> -significance	***	***	***	***	***	NS	***	***	***
L	***	***	***	***	**	NS	***	***	***
Q	***	***	***	***	***	NS	***	***	***

NS, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

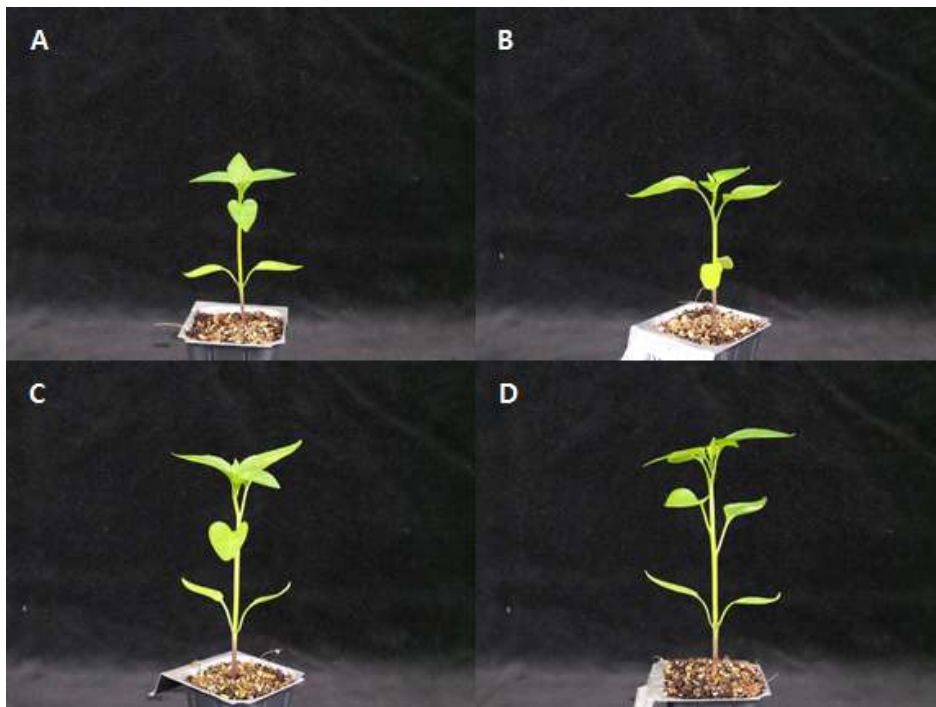


그림 4-45. 코코피트(8)+펄라이트(2) 혼합상토에서 고추 ‘천년약속’의 구아노 기비농도별 파종 후 45일째 지상부 생장. A, 구아노 0; B, 0.5; C, 1.0; D, 2.0g·L⁻¹.

고추 ‘천년약속’의 파종 후 72일째 화학비료 기비구에서 일부 생존한 개체는 유기질비료구보다 성장량이 오히려 양호한 편이었다(표 4-35, 그림 4-46). 그러나 뿌리발달은 불량하였으며, 이는 정식 후 활착시 문제가 발생할 것으로 판단되었다(그림 4-47). 구아노 기비농도별 성장량 또한 파종 후 45일 성장과 유사한 결과를 나타내었다. 한편 지상부 생체중은 화학비료 처리구에서 가장 양호하였으나 건물중은 구아노 2.0g·L⁻¹ 처리구와 차이가 없었으며 이는 식물체가 강건하게 자라지 못했다는 것을 의미한다. 즉 기비로 사용된 구아노의 농도는 높아질수록 지상부 및 지하부 성장량이 증가하는 경향이였다.

표 4-35. 코코피트(8)+펄라이트(2) 혼합상토에서 ‘천년약속’ 고추의 구아노 기비농도별 파종 후 72일째 생육.

기비	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	엽록소 함량 (SPAD)	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (g)
화학	22.5 b	16.5 a	7.5 a	3.8 a	11.3 a	43.8 a	2.6 d	4.0 a	0.30 a
0	21.0 c	10.3 b	4.3 b	2.2 bc	7.9 c	39.9 b	2.7 cd	1.8 d	0.20 b
구아노 (g·L ⁻¹)									
0.5	19.7 d	9.5 c	4.1 b	2.1 c	7.6 c	39.2 b	2.8 bc	1.6 e	0.17 b
1.0	22.8 b	10.1 bc	4.3 b	2.3 bc	8.8 b	40.6 b	2.9 b	2.0 c	0.23 ab
2.0	23.6 a	10.7 b	4.5 b	2.4 b	8.8 b	40.0 b	3.3 a	2.3 b	0.30 a
<i>F</i> -significance	***	***	***	***	***	***	***	***	**

, *Significant at $P = 0.01$ and 0.001 .



그림 4-46. 코코피트(8)+펄라이트(2) 혼합상토에서 ‘천년약속’ 고추의 구아노 기비농도별 파종 후 72일째 지상부 생육. A, 화학비료; B, 구아노 0; C, 0.5; D, 1.0; E, 2.0g·L⁻¹.

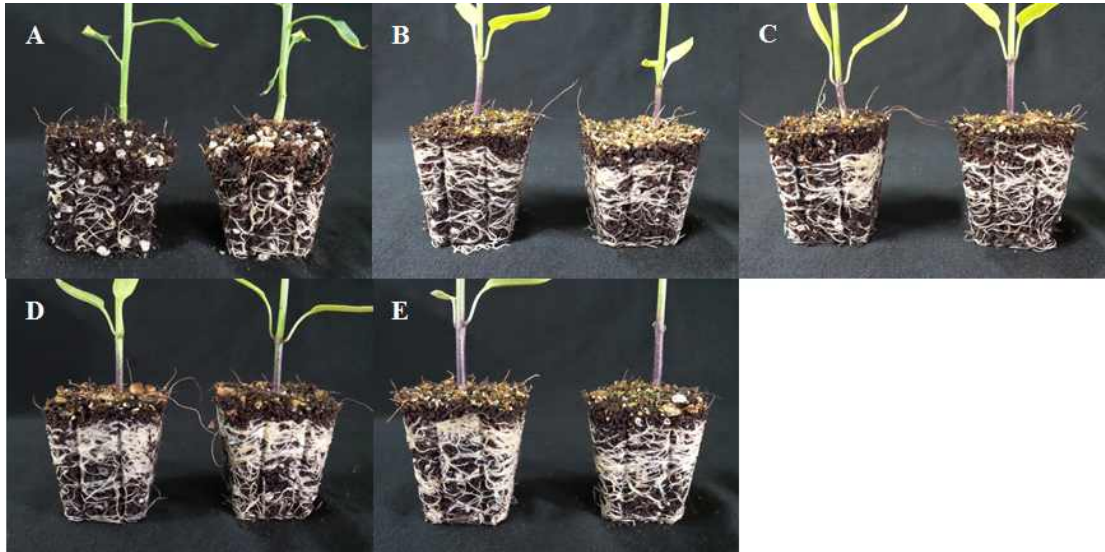


그림 4-47. 코코피트(8)+펄라이트(2) 혼합상토에서 ‘천년약속’ 고추의 구아노 기비농도별 파종 후 72일째 지하부 생장. A, 화학비료; B, 구아노 0; C, 0.5; D, 1.0; E, 2.0g·L⁻¹.

기비농도별 혼합상토의 pH는 파종 전 구아노의 농도가 높아질수록 상승하는 경향이였다(그림 4-48). 육묘기간 중에는 근권부를 3등분하여 pH를 측정하였으며 기비로 사용된 구아노의 농도에 관계없이 상부에서 중간이나 하부보다 낮았으며 6.4 전후였다. 중간과 하부는 대체로 유사한 경향이였으나 하부는 파종 후 58일 경과되면서 다소 감소하는 경향이였다. 이에 반해 가운데는 pH가 7이상을 유지하거나 약간 상승하는 경향이였다.

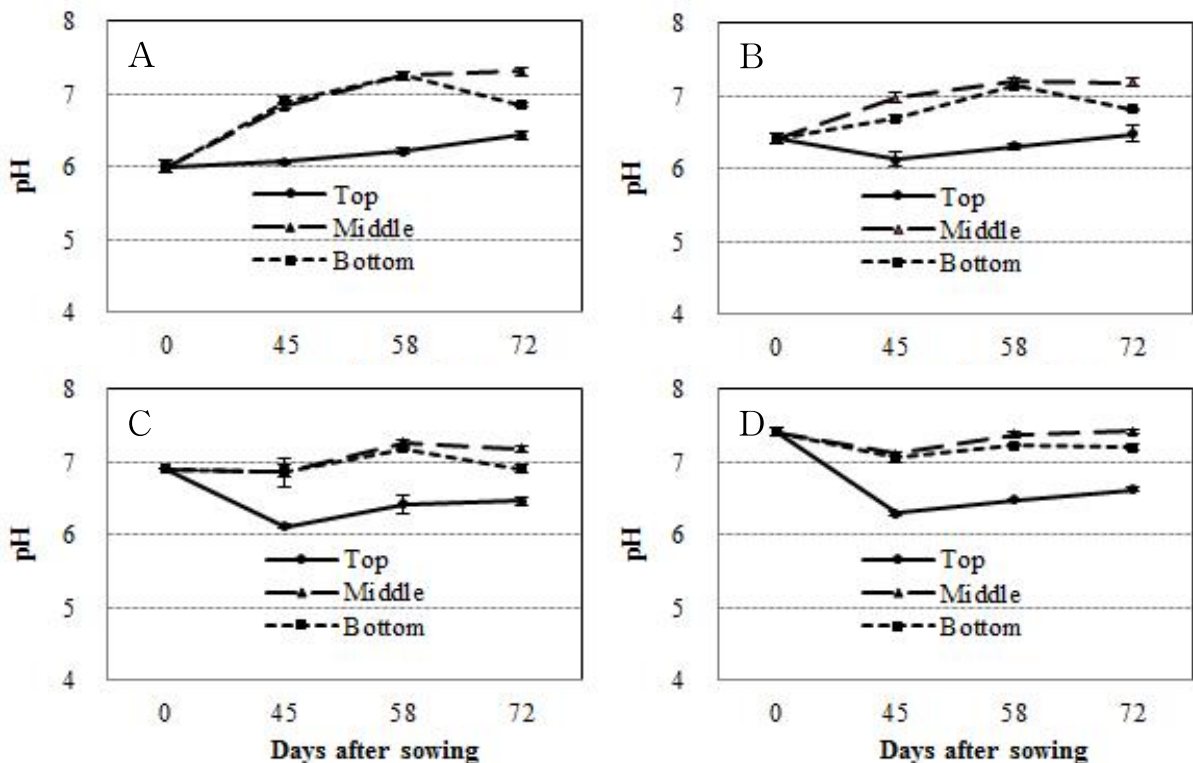


그림 4-48. 코코피트(8)+펄라이트(2) 혼합상토에서 ‘천년약속’ 고추의 구아노 기비농도별 파종 후 45일-72일째 상토 위치별 pH 변화. A, 구아노 0; B, 0.5; C, 1.0; D, 2.0g·L⁻¹.

혼합상토의 위치별 EC는 기비로 사용된 구아노의 농도에 관계없이 상부가 중간이나 하부보다 높게 유지되었다(그림 4-49). 상부의 EC는 파종 후 45일(구아노 0, $1\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) 또는 58일(구아노 0.5, $2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) 이후 감소하였다. 중간과 하부는 전 처리구에서 파종 후 45일째 급격히 감소하는 경향이였다.

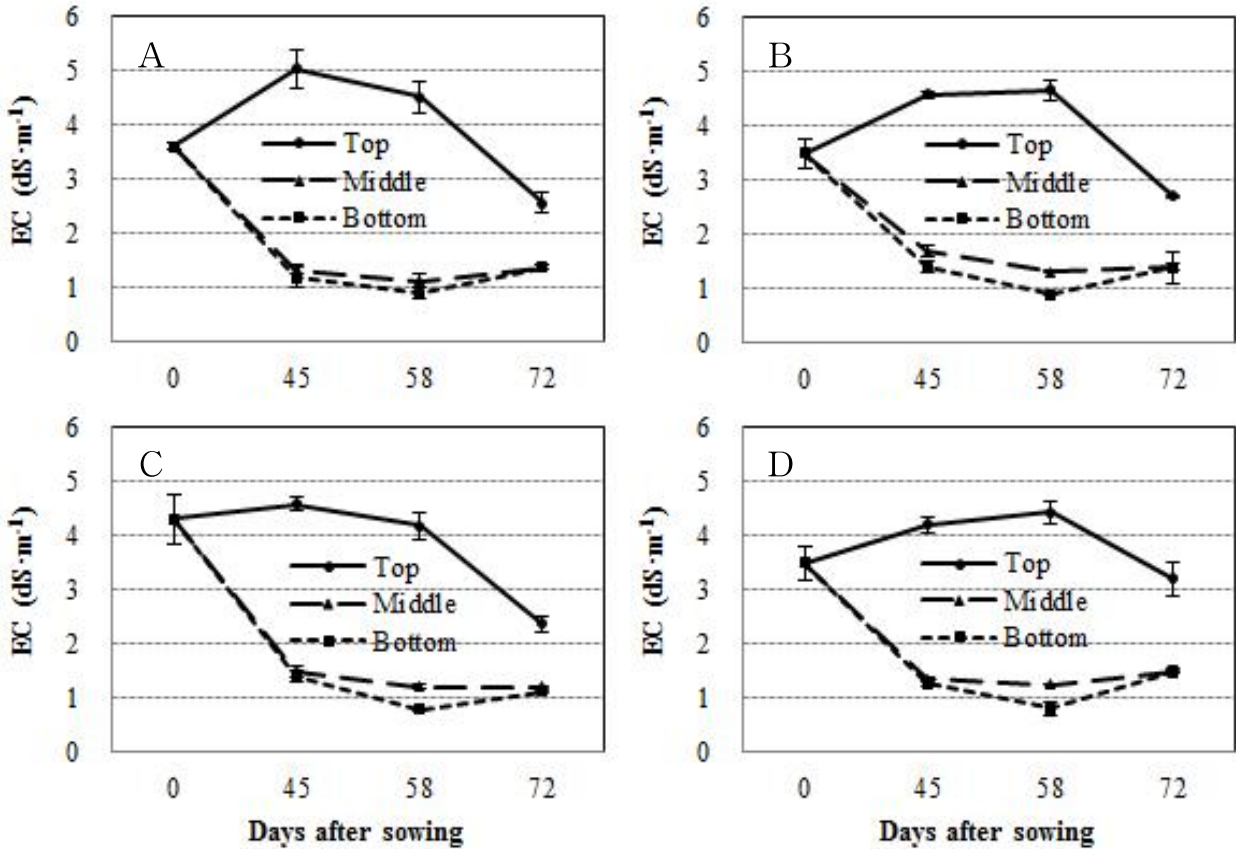


그림 4-49. 코코피트(8)+펠라이트(2) 혼합상토에서 ‘천년약속’ 고추의 기비(구아노) 농도별 파종 후 45일-72일째 상토 위치별 EC 변화. A, 구아노 0; B, 0.5; C, 1.0; D, $2.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Na의 상토 내 농도는 기비로 사용된 구아노의 농도가 높아질수록 상부에서 증가하였으나 파종 후 58일째부터 전 처리구에서 $200\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상 급격하게 감소하였다(그림 4-50). K의 농도는 전반적으로 중간이나 하부보다 상부에서 높은 경향이였으며 구아노의 농도와 상관관계는 성립되지 않는 경향이였다. 중간과 하부는 파종 전에 비해 파종 후 45일째 1/3 이하로 감소하였다. NO_3 는 구아노 $0.5\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 까지 상토의 위치에 관계없이 거의 관찰되지 않았으며, 기비 $1\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상에서는 파종 후 45일까지 급격히 증가하다가 감소하였다. 중간과 하부의 농도는 기비농도에 관계없이 전 처리구에서 유사한 수준이였다.

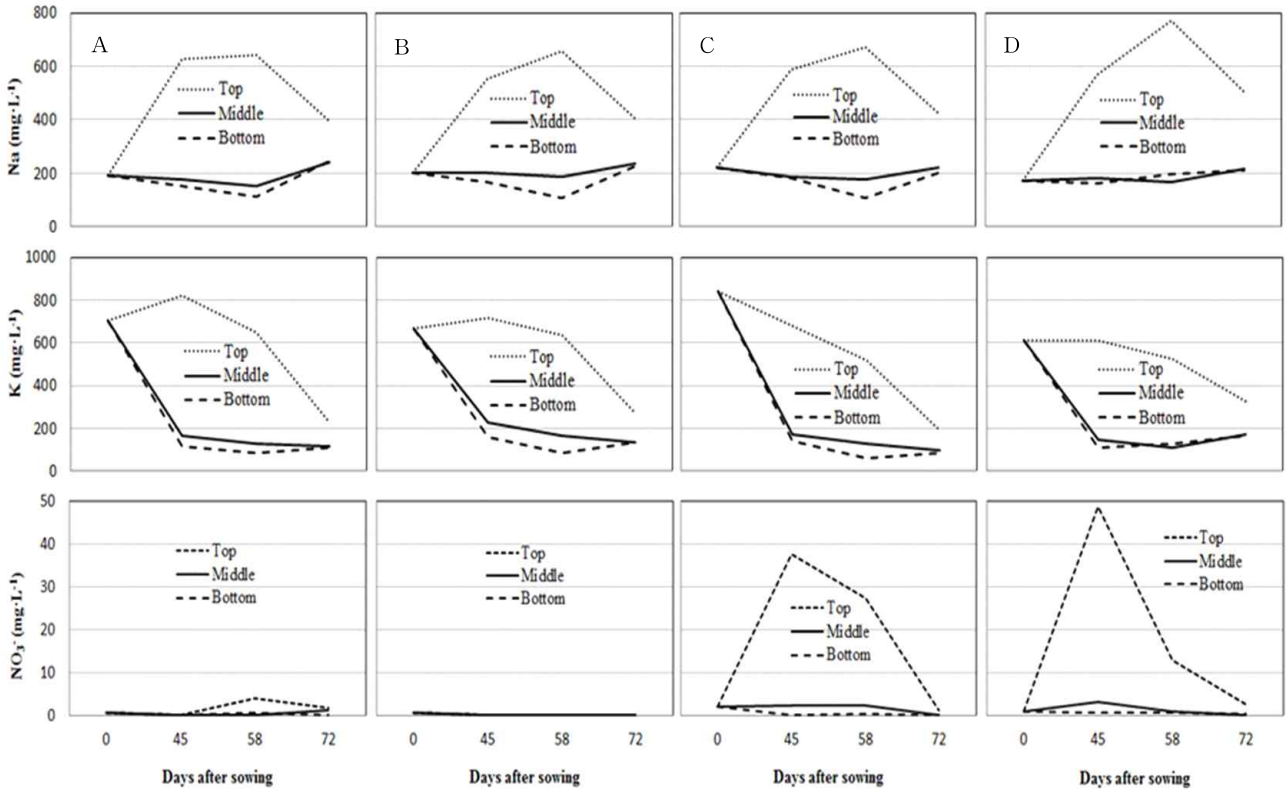


그림 4-50. 코코피트(8)+필라이트(2) 혼합상토에서 ‘천년약속’ 고추의 기비(구아노) 농도별 파종 후 45일-72일째 근권부 위치별 무기이온의 변화. A, 구아노 0; B, 0.5; C, 1.0; D, 2.0g·L⁻¹.

추비종류별 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 파종 후 9주째 생장은 대조구인 화학비료구에서 생장이 가장 양호하였다(표 4-36, 그림 4-51). 유기질비료 중에서는 구아노를 추비로 사용했을 때 초장뿐만 아니라 모든 조사항목에서 우수하였으며 처리간 유의차가 인정되었다. 생선 아미노산과 잎나라 및 진생 처리구는 일부 조사항목에서는 유의차가 인정되었으나 생선 아미노산 처리구에서 엽록소 함량 및 지상부 생장이 가장 억제되었다. 지하부의 뿌리 분포 또한 지상부 성장 정도와 비슷한 경향이였다(그림 4-52). 또한 파종 시기[2016년 3월 28일(기비농도별 실험)과 6월 16일(추비종류별 실험)]에 따라서도 성장차이가 큰 것으로 나타났다. 특히 2016년 여름의 혹서로 인해 식물생장이 전반적으로 억제되었다고 판단되었다.

표 4-36. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토에서 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 추비종류별 파종 후 9주째 생장.

추비종류	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	엽록소 함량	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)
화학비료	46.6 a	23.2 a	5.3 a	2.3 a	7.6 a	39.0 a	4.61 a	10.90 a	1,106.2 a
구아노	37.7 b	16.8 b	4.1 b	1.8 b	6.3 b	31.1 b	3.66 b	4.84 b	455.8 b
생선 아미노산	27.5 e	11.0 c	3.4 c	1.5 c	4.4 e	20.2 d	3.13 d	2.15 d	191.2 c
잎나라	32.7 c	12.1 c	3.2 d	1.3 c	5.4 c	29.7 b	3.14 d	2.87 c	264.5 c
진생	29.7 d	12.0 c	3.3 cd	1.3 c	5.0 d	26.3 c	3.37 c	2.61 c	276.5 c
<i>F-sig.</i>	***	***	***	***	***	***	***	***	***

***Significant at $P = 0.001$.



그림 4-51. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토에서 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 추비종류별 파종 후 9주째 지상부 성장. A, 화학 B, 구아노 C, 생선 아미노산 D, 앞나라 E, 진생.

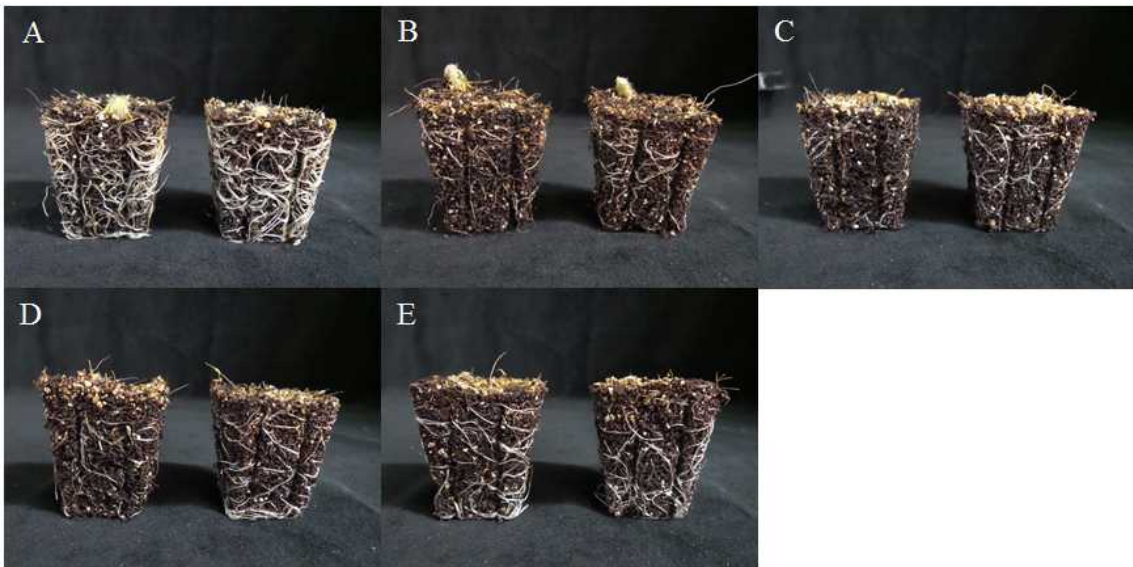


그림 4-52. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토에서 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 추비종류별 파종 후 9주째 뿌리 성장. A, 화학 B, 구아노 C, 생선 아미노산 D, 앞나라 E, 진생.

추비종류별 육묘 중 근권부의 pH는 상부에서 중간이나 하부보다 낮았으며 화학비료구와 구아노 처리구에서 6.5 이하로 낮아지는 경향이였다(그림 4-53). 반면 생선 아미노산, 앞나라 및 진생 추비구에서는 육묘기간 중 pH가 다소 증가하는 경향으로 혼합상토 상부의 pH는 6.5-7.0을 유지 하였다. 화학비료를 포함한 모든 유기질 추비 처리구에서 혼합상토의 중간과 하부의 pH는 실험 종료까지 상승하는 경향이였다. 생선 아미노산과 진생 처리구의 pH는 상토 위치에 관계없이 성장기간 중 6.5 이상으로 다소 높은 편이였다.

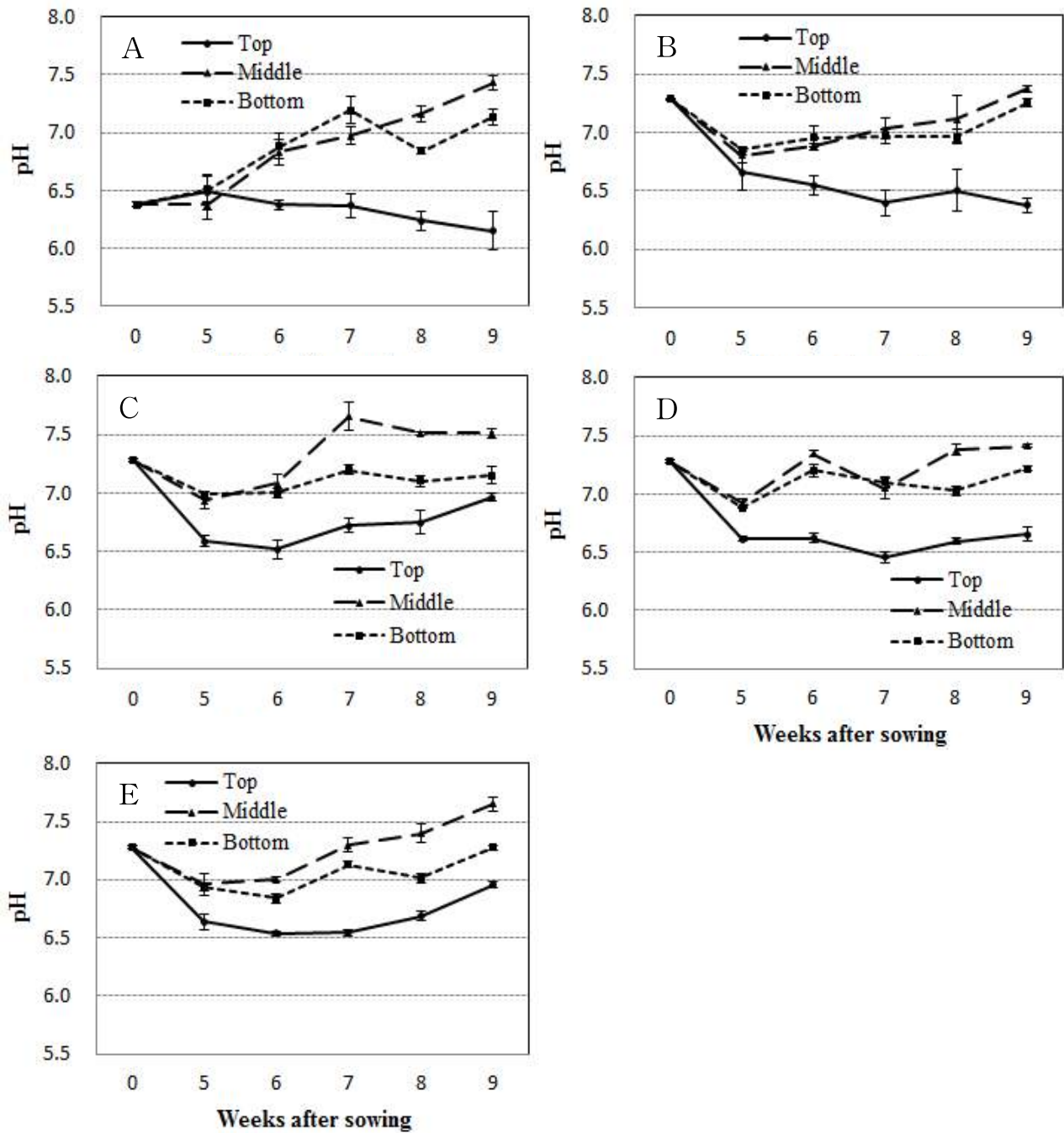


그림 4-53. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토에서 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 추비종류별 생육기간 중 근권부의 pH 변화. A, 화학비료; B, 구아노; C, 생선 아미노산; D, 잎나라; E, 진생.

추비종류별 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 근권부를 파종 후 5주부터 9주까지 매주 3등분하여 EC를 측정된 결과 화학비료 포함 모든 유기질비료 처리구에서 상토 상부의 EC 값이 높았다(그림 4-54). 상부의 EC는 화학비료 처리구에서는 파종 후 5주부터 낮아졌으나 유기질비료 처리구에서는 파종 후 6주째 최솟값을 나타낸 후 육묘기간 동안 지속적으로 감소추세였다. 그리고 EC 값은 $2.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이상 유지되었다. 혼합상토 중간과 하부의 EC는 각 처리구별 모두 유사하게 나타났다.

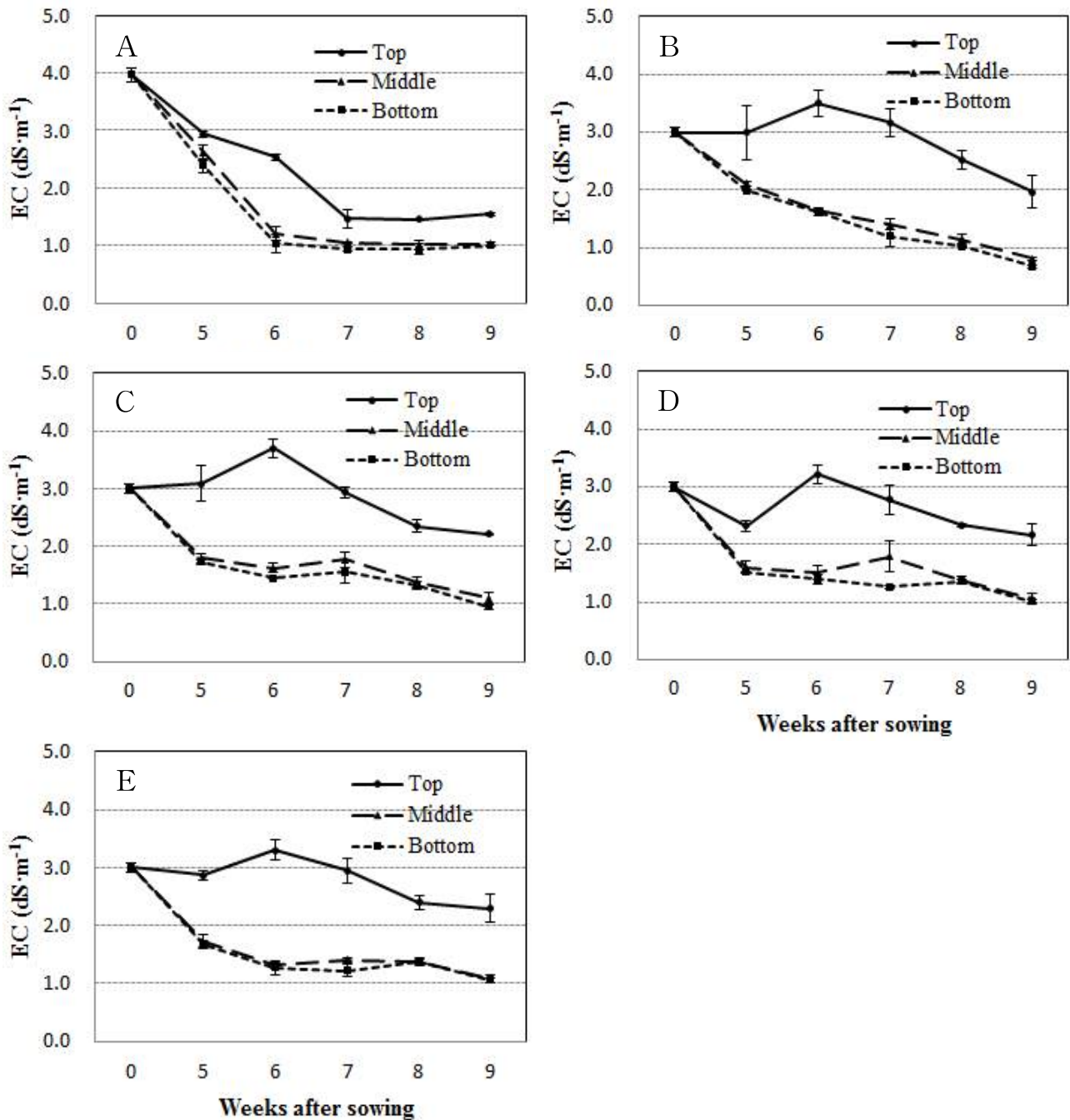


그림 4-54. 코코피트(9)+질석(1) 혼합상토에서 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 추비종류별 생육기간 중 근권부의 EC 변화. A, 화학비료; B, 구아노; C, 생선 아미노산; D, 앞나라; E, 진생.

유기질비료 종류를 달리하여 추비를 저면관비하였을 때, ‘천년약속’ 고추의 생장은 대조구인 화학비료구에 미치지 못하였다(표 4-37, 그림 4-55). 처리된 유기질비료 중에서는 구아노 처리구에서 초장, 엽수, 엽록소 함량, 경경 및 생체중이 우수하였다. 엽수, 엽록소 함량 및 생체중은 생선 아미노산과 진생 처리구에서 가장 적었다. 지하부의 뿌리 분포 또한 지상부 성장과 유사한 경향이었으며 생선 아미노산 처리구에서 가장 불량하였다(그림 4-56).

표 4-37. 코코피트(8)+펄라이트(2) 혼합상토에서 '천년약속' 고추의 추비종류별 파종 후 9주째 생육.

추비종류	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수	엽록소 함량	경경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (mg)
화학비료	31.1 a	15.2 a	6.8 a	3.5 a	9.5 a	34.8 a	3.34 a	4.28 a	684.5 a
구아노	22.7 b	13.6 b	5.8 b	3.3 b	7.5 b	33.1 b	2.71 b	2.26 b	284.5 b
생선 아미노산	18.4 c	10.9 d	4.9 d	2.6 d	5.9 d	23.6 d	2.38 d	1.46 d	227.2 cd
잎나라	21.0 b	12.1 c	5.4 c	2.9 c	6.5 c	27.2 c	2.59 bc	1.96 c	256.5 bc
진생	18.7 c	11.7 cd	5.1 cd	2.7 cd	6.1 d	23.6 d	2.46 cd	1.61 d	204.5 d
<i>F-sig.</i>	***	***	***	***	***	***	***	***	***

***Significant at $P = 0.001$.



그림 4-55. 코코피트(8)+펄라이트(2) 혼합상토에서 '천년약속' 고추의 추비종류별 파종 후 9주째 지상부 생육. A, 화학비료; B, 구아노; C, 생선 아미노산; D, 잎나라; E, 진생.

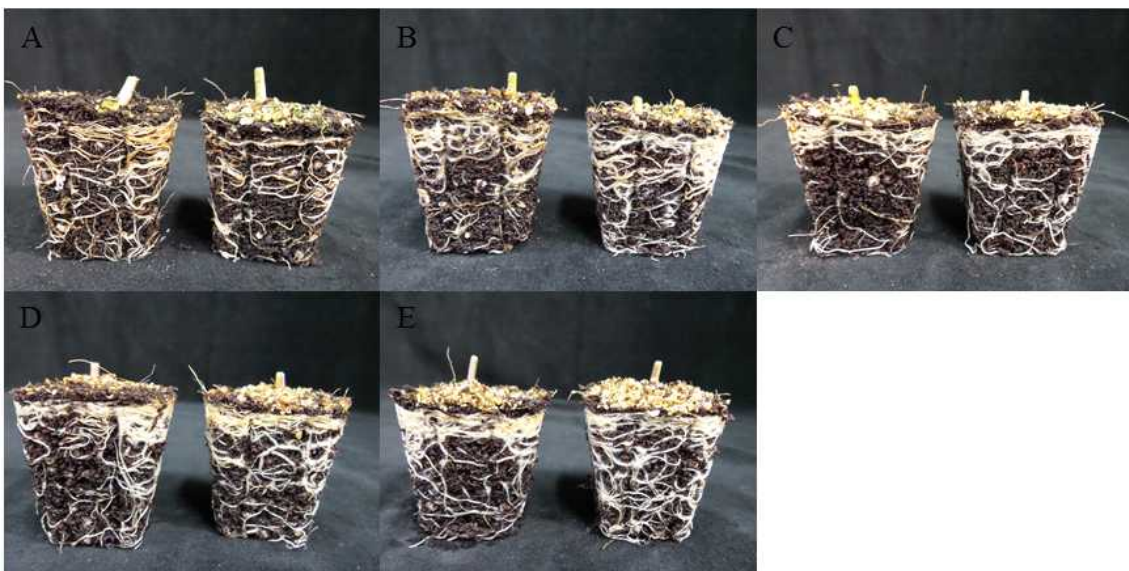


그림 4-56. 코코피트(8)+펄라이트(2) 혼합상토에서 '천년약속' 고추의 추비종류별 파종 후 9주째 뿌리 성장. A, 화학비료; B, 구아노; C, 생선 아미노산; D, 잎나라; E, 진생.

추비종류별 ‘천년약속’ 고추의 육묘 중 근권부 pH는 전 처리구에서 혼합상토의 상부에서 낮았다. pH는 화학비료 처리구에서 추비 종류별 처리구에 관계없이 다소 높은 편이었다(그림 4-57). 화학비료를 포함한 모든 처리구에서 상토의 상단부 pH는 과종 후 7주부터 다소 상승하는 편이었다. 화학비료를 제외한 추비 4종의 중간과 하부의 pH는 시간이 경과함에 따라 다소 증가하는 경향이 있었다.

EC는 화학비료구 포함 모든 유기질 추비 처리구의 상부에서 중간과 하부보다 높았다(그림 4-58). 이는 저면관비에 의한 무기염 집적과 상토 표면의 증발로 인한 결과라 판단된다. 화학비료구의 상부 EC는 육묘기간 중 유기질 추비 4종류보다 낮은 편이었다. 근권부 상부의 EC는 화학비료에서 과종 후 5주, 유기질 4종의 추비구에서 과종 후 6주째부터 감소하는 경향이 있었다. 과종 후 5주부터 8주까지 유기질비료의 모든 추비 처리구에서의 EC는 2-3dS·m⁻¹ 범위였다.

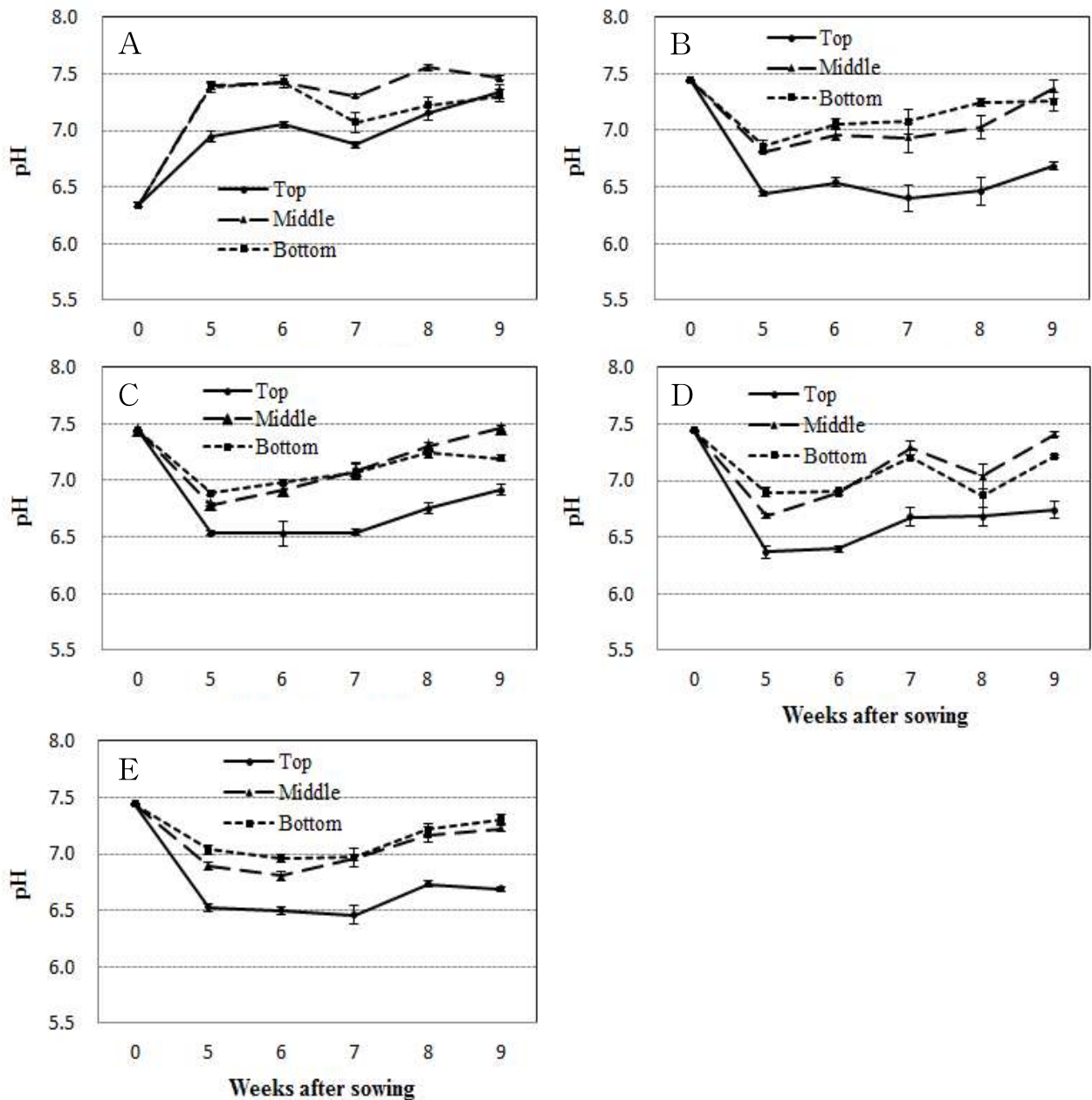


그림 4-57. 코코피트(8)+펠라이트(2) 혼합상토에서 ‘천년약속’ 고추의 추비종류별 생육기간 중 근권부의 pH 변화. A, 화학비료; B, 구아노; C, 생선 아미노산; D, 잎나라; E, 진생.

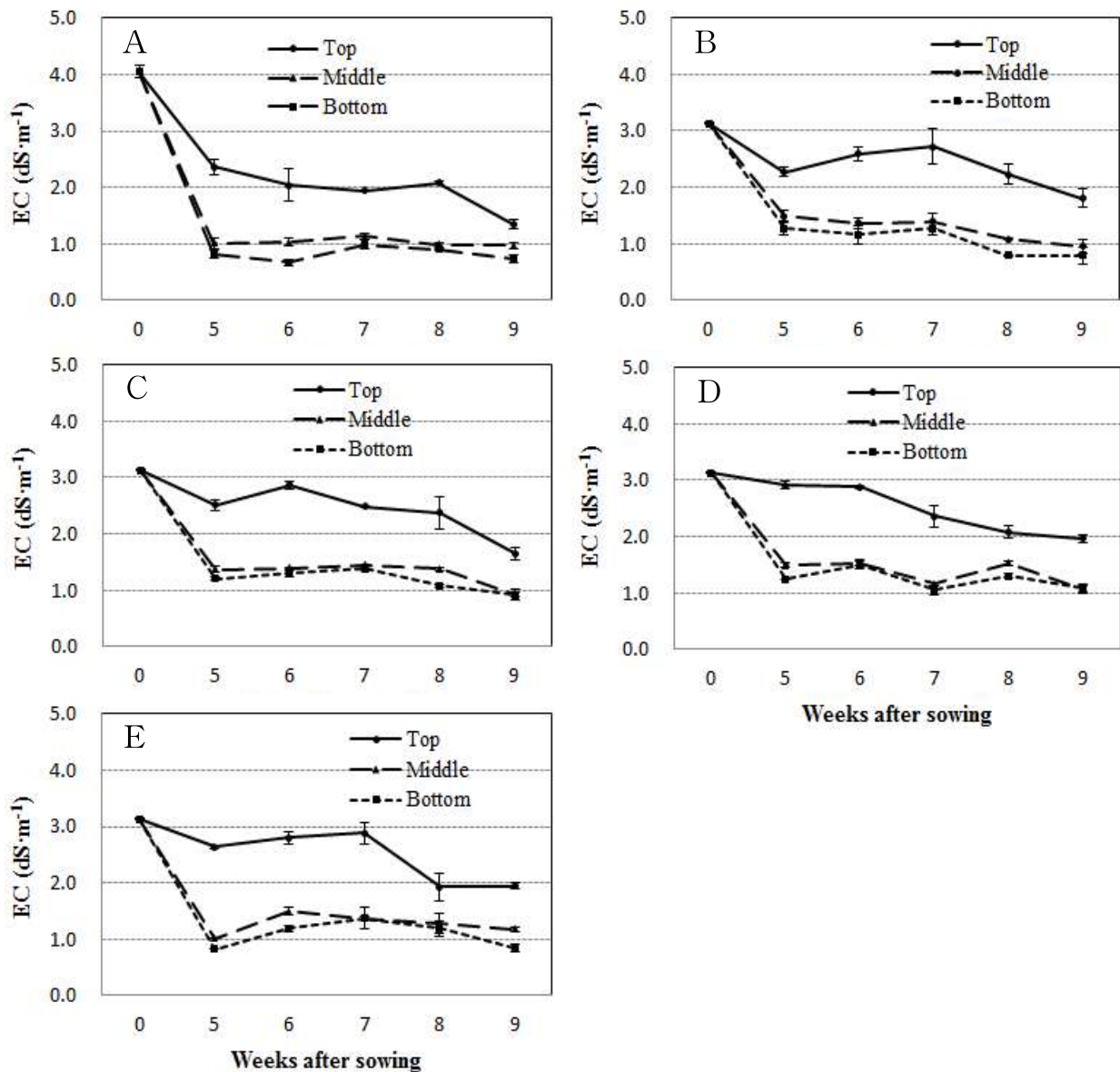


그림 4-58. 코코피트(8)+펄라이트(2) 혼합상토에서 ‘천년약속’ 고추의 추비종류별 생육기간 중 근권부의 EC 변화. A, 화학비료; B, 구아노; C, 생선 아미노산; D, 옫나라; E, 진생.

라. 요약

혼합상토와 비료종류별 영향은 코이어 혼합상토에서 ‘슈퍼도태랑’ 토마토는 육묘기간이 4주에서 8주로 길어졌을 때 초장과 엽록소 함량은 처리간 차이가 커졌으나 초폭, 경경 및 생체중은 감소하였다. 피트모스 혼합상토에서 생장은 상토 종류에 관계없이 유기질비료 처리구에서 우수하였다. 특히 육묘기간이 길어질수록 엽수, 엽록소 함량 및 건물중의 처리간 차이가 커지는 경향이였다. 최종생장이 우수하였던 처리구는 유기질비료가 기비 및 추비로 사용되었던 코이어+질석(9:1, v/v)와 피트모스+질석(6:4, v/v) 이였다. 코이어 혼합상토의 근권부 pH와 EC 그리고 무기이온 농도는 육묘기간이 8주로 길어질수록 처리구에 관계없이 낮아지는 경향이였다. 그러나 유기질비료를 기비나 추비로 사용한 경우 화학비료 처리구보다 농도가 높게 유지되었다. 피트모스 혼합상토의 근권부 pH는 육묘 중 다소 상승하였으나 EC와 무기이온 농도는 낮아지는 경향이였다. 상토에 관계없이 화학비료 처리구에서는 NO₃, K 및

Mg 이온의 농도가 높았으나, 유기질비료 처리구에서는 NH_4 , PO_4 및 SO_4 이온의 농도가 높게 분석되었다.

‘천년약속’ 고추의 코이어 혼합상토에서 생장은 육묘 중 화학비료구에서 양호하였으나 파종 후 9주에는 유기질비료 처리구에서 더 우수하였다. 피트모스 혼합상토에서 생장은 4종의 상토 중 유기질비료 처리구가 화학비료구보다 우수하였으며, 특히 엽수, 엽록소 함량 및 건물중의 차이가 컸다. 모든 처리 중 최종생장이 우수하였던 구는 코이어+질석(9:1, v/v) 혼합상토의 화학비료구와 친환경 비료가 기·추비로 사용되었던 코이어+펠라이트(8:2)였다. 육묘기간이 길어질수록 코이어 혼합상토의 근권부 pH와 EC 및 무기이온 농도는 낮아지는 경향이었지만, 유기질비료 처리구에서 화학비료구보다 무기이온 농도가 높게 유지되는 경향이였다. 피트모스 혼합상토의 근권부 pH는 파종 후 9주째에 5주째 보다 약간 상승하였으나 EC와 무기이온 농도가 낮아지는 경향이였다. 무기이온 농도는 상토에 관계없이 화학비료 처리구에서 NO_3 , K 및 Mg가 높았으며, 유기질비료 시비구에서 NH_4 , PO_4 및 SO_4 가 높게 분석되었다.

구아노 기비농도별 ‘슈퍼도태랑’ 토마토 육묘 시 초장은 $2.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구를 제외한 대조구(화학비료 처리구)에서 컸다. 그리고 구아노의 기비수준이 높아질수록 초폭, 경경 및 생체중이 뚜렷하게 증가하였다. 혼합상토별 육묘 중 pH는 모든 처리구에서 상부에서 가장 낮았고 중간과 하부는 유사한 경향이였다. 또한 구아노 $2.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구의 pH는 육묘 중 상부에서 지속적으로 낮아졌다. 근권부 EC는 저면관비에 의한 모세관 현상으로 인해 모든 처리구의 상토 상부에서 가장 높았다. 화학비료 처리구는 추비의 종류에 따라 EC 변화폭이 컸으며 파종 후 7주까지 상승 후 낮아졌다. 유기질비료 처리구의 EC는 상부에서 파종 후 6주까지 높아지다가 낮아지는 경향이였다. 상토 위치별 이온농도는 전반적으로 상부에서 높았으며 파종 후 6 또는 7주 이후 감소하는 경향이였다. NO_3 는 모든 처리구에서 파종 전보다 감소하는 경향이였으나 $2.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구는 파종 후 7주째 상부에서 높아졌다.

‘천년약속’ 고추의 육묘생장은 전반적으로 구아노의 기비농도가 높아질수록 우수하였다. 엽록소 함량은 화학비료를 제외한 구아노 기비 농도별 차이가 인정되지 않았다. 육묘 중 토양 근권부의 pH는 모든 처리구에서 상부에서 6 이상, 7 이하로 중간이나 하부보다 낮았다. 상토의 중간을 제외한 상·하부는 육묘기간 내내 다소 증가하는 경향이였다. 근권부 EC는 상부에서 높게 유지되었으며 상부의 EC 값은 파종 58일 이후 감소폭이 컸다. 혼합상토의 중간과 하부의 EC는 기비로 사용된 구아노의 농도에 관계없이 비슷한 수준이였다. 근권부 무기이온의 농도는 상부에서 파종전보다 대체로 높았다가 45일 이후 낮아지는 경향이였다. 또한 구아노의 농도가 증가할수록 뿌리분포가 우수하여 이식 후 활착 시 유리하게 작용할 것으로 판단된다.

유기질 추비 종류별 실험에서 ‘슈퍼도태랑’ 토마토와 ‘천년약속’ 고추의 전반적인 생장은 대조구인 화학비료 수준에 미치지 못했다. 그러나 추비로 사용된 유기질 4종 중에서는 그린키(구아노액기스) 처리구에서 생장이 가장 우수하였다. 다음으로 잎나라와 진생 처리구는 비슷한 수준이었으며 생선 아미노산 처리구는 엽록소 농도뿐만 아니라 생장이 가장 불량한 것으로 나타났다. 육묘 중 혼합상토 위치별 pH는 상부에서 가장 낮았고 중간과 하부는 다소 상승하는 경향이였다. EC는 모든 처리구에서 상부에서 가장 높았고 육묘기간이 길어질수록 낮아지는 경향이였다. 최종적으로 ‘슈퍼도태랑’ 토마토와 ‘녹광’ 고추의 친환경 육묘시 각각 코코피트+질석(9:1, v/v), 코코피트+펠라이트(8:2, v/v), 혼합상토에 기비로 구아노 $2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 추비로 그린키를 저면관비하는 것이 가장 유리하였다.

제 4 절 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정 (3협동 연구팀: 원광대학교)

1. 공정육묘의 인증제 필요성과 필요 요소에 대한 현장 설문 조사

가. 서언

육묘는 농가에서 자가 생산 또는 작목반 단위의 공동생산 등 소규모의 육묘방법으로 생산되어 왔으나, 1992년 공정육묘장 설치지원사업이 실시되면서 연중 대량생산 및 공급이 가능해졌다 (Lee et al., 2013). 국내 플러그묘를 생산하는 전문 육묘장은 1997년 50개소(20ha)에서 2014년 292개소(195ha)로 육묘장 수는 6배, 면적은 10배가량 크게 증가하였다. 육묘 시장규모도 2010년 1,870억 원에서 2013년 2,420억 원으로 30% 늘어났다(MAFRA, 2014). 지난 15년간 육묘산업시장은 지속적으로 크게 성장하여 채소산업의 한 분야로 자리 잡았다.

국내 공정묘는 노동력 절감과 균일묘의 대량생산이 용이함에 따라 공정묘 수요가 증가하고 그에 따라 공정육묘장이 급격히 증가하였다. 육묘 기술이 체계화되어 있지 않은 상황에서 공정묘 생산의 급격한 확대는 생산묘의 불균일성을 높이고 이에 따라 소비자와의 분쟁이 일어난다. 또한 법적 기준이 마련되어 있지 않아 앞으로 소비가 확대됨에 따라 분쟁이 발생할 가능성이 높아지고 있다. 최근 들어 정책적으로 종자법을 종묘법으로 확대 개편할 예정으로 이러한 분쟁의 해결책이 될 것으로 보고 있다. 하지만 법적 기준이 마련되면 오랜 기간 관행적으로 생산, 판매하던 육묘장들의 애로가 많을 가능성도 배제할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 전국 공정육묘장을 대상으로 하여 공정묘 인증제(또는 등록제)에 대한 의견을 설문하고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

전국공정육묘연합회 회원 농가들 중 25농가를 선정하여 총 14문항으로 이루어진 공정육묘 등록제/인증제 찬성, 반대 의견과 그 외의 각 농가의 생각되는 내용을 수렴하였다(설문지 14문항 첨부). 등기 우편을 통하여 발송하였으며 수집된 자료는 빈도분석을 통해 각 항목별 경향을 분석하였다.

표 5-1. 공정묘 인증제 설문지 구성 요소.

Main items	Problems	Certification system	
		Necessity	Wanted details
Question number	1	3	18

다. 결과 및 고찰

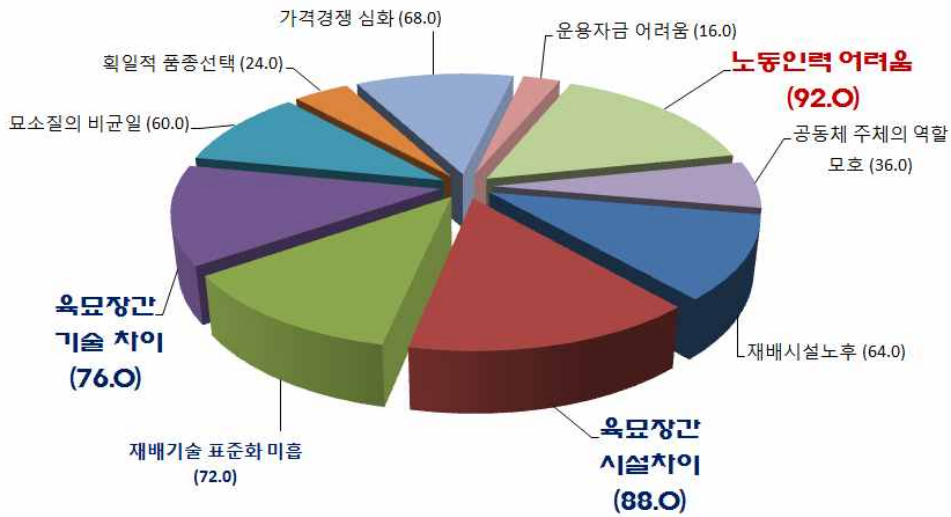


그림 5-1. 공정육묘장에서 가장 큰 애로사항.

조사된 공정육묘장에서는 가장 큰 애로사항으로 노동인력 부족으로 답하였고 다음으로 육묘장간 시설 및 기술 차이, 재배기술 표준화 미흡, 재배시설 노후화 등 순으로 답하였다(그림 5-1).

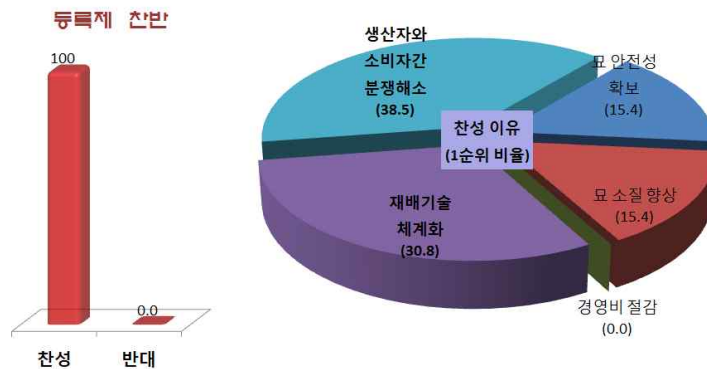


그림 5-2. 공정육묘 등록제의 필요성과 이유.

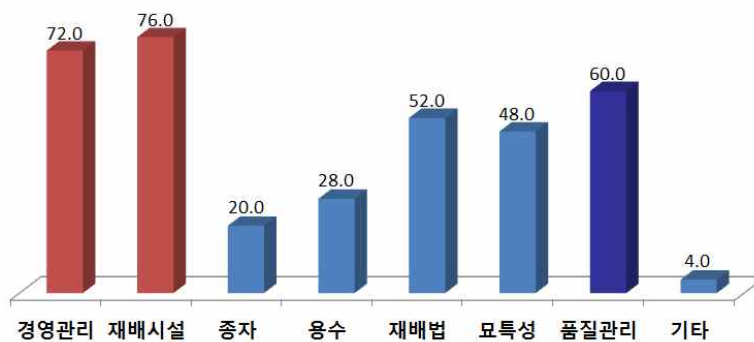
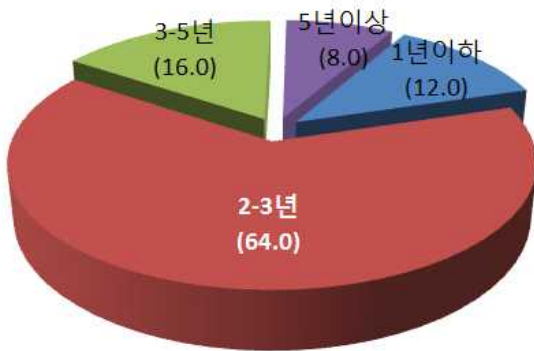


그림 5-3. 공정육묘 등록제를 위한 중요 요소.

조사된 공정육묘장 모두 공정육묘의 인증제에 대하여 찬성한다고 답하였다. 특히, 찬성한 이유로는 생산자와 소비자 간 분쟁 해소(38.5%)와 재배기술의 체계화(30.8%)가 가장 높아 현장에서도 신뢰성을 높이기 위한 방법으로 인증제(등록제)를 필요로 하는 것으로 나타났다(그림 5-2).

조사된 공정육묘장에서는 공정육묘 등록제의 요소 중 가장 중요하게 생각하는 것으로는 경영관리와 재배시설 부분으로 모두 70% 이상이였다(그림 5-3). 대부분 경영관리의 투명성을 강조 하였고 또한 재배시설의 적정 수준이 필요하다고 하였다.

4-1. 영농일지 기록 기간

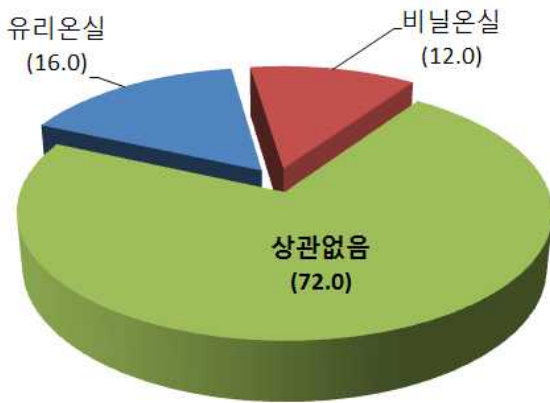


4-2. 재배자 경력



그림 5-4. 공정육묘 등록제의 영농일지와 재배자 기준.

4-3. 시설 유형



4-4. 시설 규모

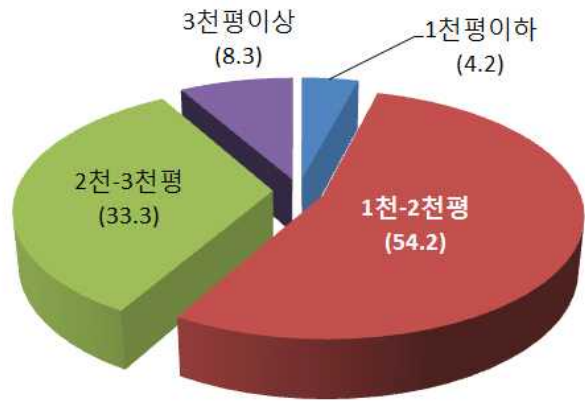


그림 5-5. 공정육묘 등록제의 시설 유형과 규모 기준.

조사된 공정육묘장의 64%는 2년 이상의 영농일지 비치, 5-10년 정도의 재배자 노하우 기술이 필요하다고 답하였다(그림 5-4). 또한 72%가 시설 유형을 조건 요소로 보지 않았고, 87% 이상이 1천에서 3천 평 정도의 규모가 필요하다고 답하였다(그림 5-5). 시설 유형은 현재 공정육묘장들의 시설 개선비용의 우려를 나타낸 것으로 생각되었고, 일정 수준의 기술을 갖춘 자가 육묘장을 전업으로서 경영해야 한다고 생각하였다.

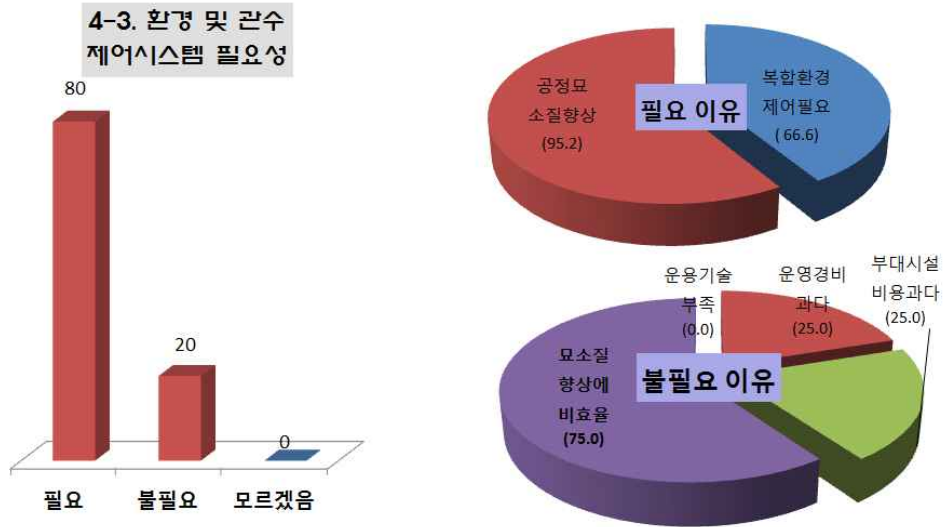


그림 5-6. 공정육묘 등록제의 환경, 관수 시스템 비치.

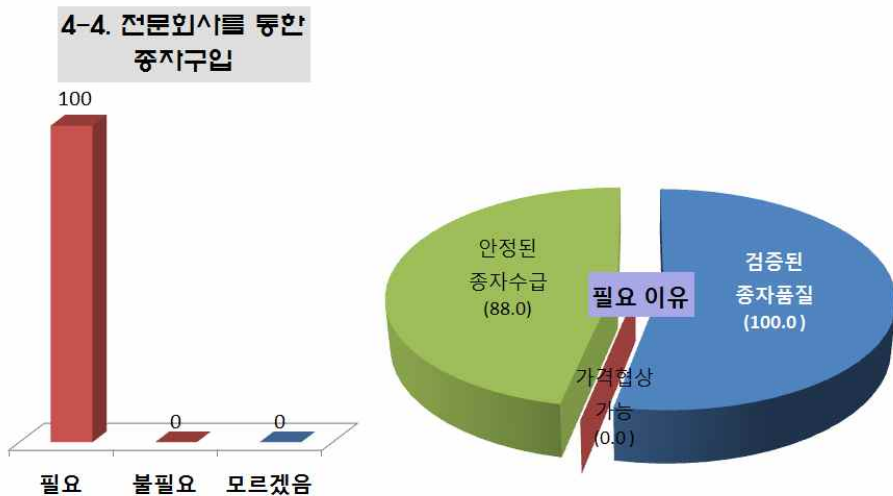


그림 5-7. 공정육묘 등록제의 종자 활용 기준.

조사된 공정육묘장의 80%는 환경 및 관수제어 시스템을 비치해야 한다고 답하였고, 그 이유로는 우량한 공정묘 생산을 위해 필요하다고 하였다(그림 5-6). 하지만 반대하는 20% 응답자는 그 이유로 묘소질을 향상시키는데 큰 기여를 하지 않을 것이라고 답하였다.

조사된 공정육묘장의 100% 모두가 전문회사에서 구입한 종자를 사용해야 한다고 답하였다(그림 5-7). 그 이유로는 검증된 종자(100%), 수급의 안정성(88%)로 답하였다.

이러한 응답은 우량한 공정묘를 생산하기 위해서는 체계적인 환경 관리시스템이 반드시 필요하고 감염되지 않은 종자를 사용하여 무병묘 공급을 통한 소비자의 신뢰를 높이겠다는 의지가 나타난 것으로 생각된다.

4-5. 용수 기준

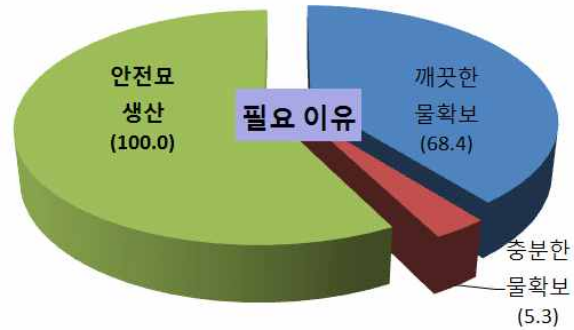
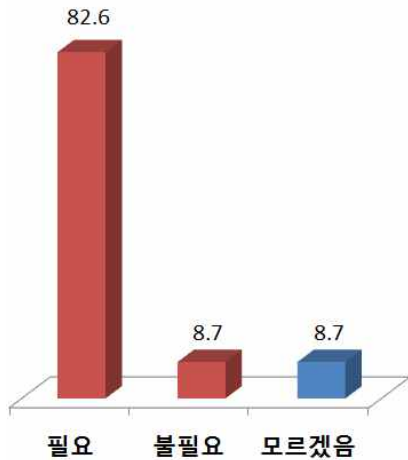


그림 5-8. 공정육묘 등록제의 용수 기준.

4-6. 상토,비배,병해충, 성장조절제 등 관리 기준

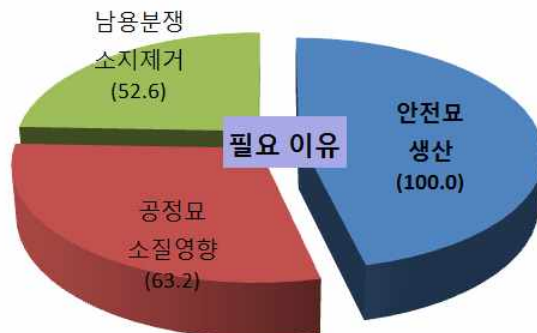


그림 5-9. 공정육묘 등록제의 상토, 비배, 병해충, 성장조정제 관리 기준.

조사된 공정육묘장의 82%가 용수 기준이 필요하다고 답하였는데 그 이유로는 안전하고 우량묘를 생산하기 위함(100%)이며 이를 위해서는 깨끗한 물을 확보(68.4%)하는 것이 중요하다고 답하였다(그림 5-8).

또한 이외의 사용되고 있는 재료(상토, 비료, 농약, 성장조정제 등)들에 대한 필요성도 79%로 높았다. 그 이유로는 안전묘 생산(100%), 다음으로 묘소질 향상(63.2%), 남용 분쟁 소지 해소(52.6%) 순으로 답하였다(그림 5-9).

이러한 경향은 액비 또는 양액을 공급하는 시스템을 사용함으로써 용수에 대한 중요성을 인식하고 있는 것으로 보인다. 또한 재배 중 감염에 의한 피해는 잘 알려져 있는 사항으로 다양한 재료들에 의한 식물체의 감염이 없어야 우량묘를 생산할 수 있다고 생각하기 때문으로 보인다.

4-7. 묘 특성 기준

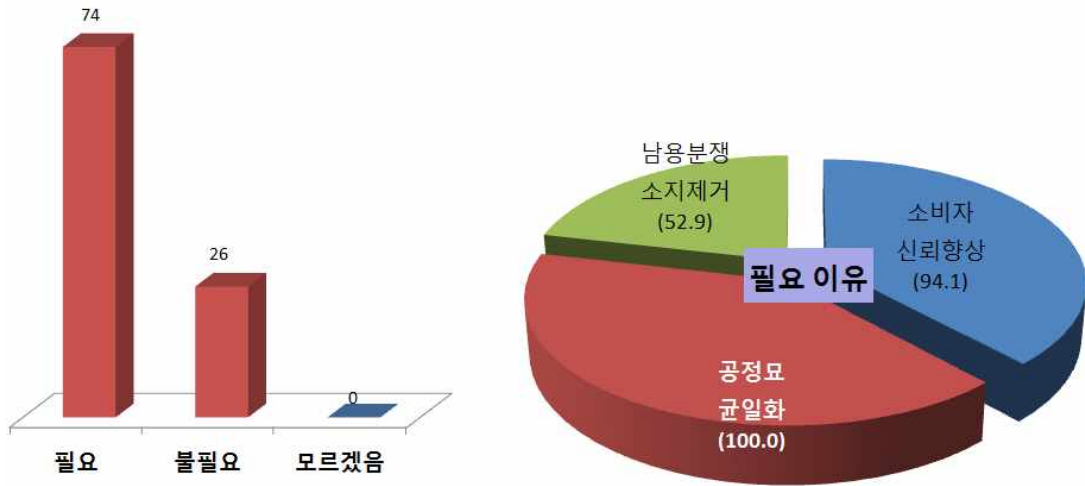


그림 5-10. 공정육묘 등록제의 묘소질 기준

4-8. 잔류농약, 유통출하 기준

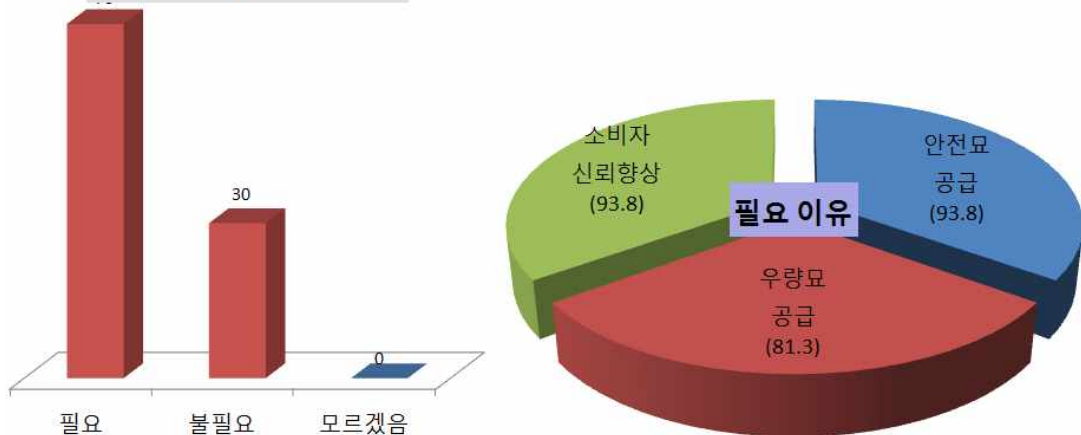


그림 5-11. 공정육묘 등록제의 잔류농약, 유통출하 관리 기준.

조사된 공정육묘장의 74%가 묘소질 기준이 필요하다고 답하였다. 이유로는 묘의 균일화(100%), 소비자 신뢰(94%)로 높게 나타났다(그림 5-10).

식용이 아닌 제품임에도 잔류농약과 유통출하 시 기준이 필요하다는 답변이 70%를 차지하였다. 이유로는 소비자 신뢰와 안전묘 공급이 각각 93%, 우량묘 공급이 81.3%로 나타났다(그림 5-11). 이러한 경향은 유통되고 있는 묘소질이 다양하고 이에 따른 문제점이 있음을 생산자들도 인식하고 있으며, 소비자 신뢰를 높이기 위해서는 농약의 남용을 통한 잔류가 적어야 하며 또한 잔류농약에 의한 소비자 피해를 우려하고 있는 것으로 판단된다.

라. 요약

상기 설문 결과를 요약하면, 조사된 공정육묘장 모두 공정육묘 산업의 신뢰성을 위해서는 등록제(인증제)의 필요성을 느끼고 있었다. 그리고 등록제를 통해 우량하고 안전한 묘, 그리고 균일한 묘를 소비자에게 공급할 수 있는 시스템을 체계화하고자 하는 욕구가 강했다. 그리고 등록제에는 하드웨어와 소프트웨어 부분이 포함되어야 한다고 생각하고 있었다. 하지만 등록제에 소극적으로 응답을 한 공정육묘장은 그 이유로 등록을 위한 시설 개선 부담을 우려하고 있었다. 따라서 공정육묘 산업의 신뢰성 향상과 우량묘 공급을 통한 생산자의 소득 증대를 위해서는 정책적 지원뿐만 아니라 학계의 적극적이고 지속적인 연구 개발을 통한 지원이 필요해 보인다.

2. 주요 과채류 유통 공정묘의 생산 현황 조사

가. 서언

우리나라의 채소묘는 과거의 냉상이나 온상에서 작기 확대를 위한 자가묘의 개별생산 형태에서 최근에는 작기 확대의 목적뿐만 아니라 품질 좋고 다양한 작물의 묘를 공동 또는 집단으로 생산하는 형태로 발전되고 있다. 공동육묘 방식은 이미 서양의 농업 선진국들이 십 수 년간 행해온 공정육묘법의 도입으로 더욱 발전하게 되었다. 플러그묘가 우리나라에 도입되면서 육묘노력 절감과 균일묘의 대량생산이 용이하고 작물생산을 분업화할 수 있는 장점이 있기 때문에 많은 재배농가들에서 이용하고 있으며 플러그묘 이용이 해마다 증가하는 추세이다. 또한 채소 생산이 주년화 되고 작목도 다양화 되어 공정묘 수요가 증가하고 있다. 그러나 시장에 유통되고 있는 묘소질이 다양하여 이에 따른 신뢰성 저하가 우려되고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 전국 공정육묘장을 대상으로 유통되고 있는 묘를 수집하여 소질을 비교하고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

전국 육묘장에서 주요 과채류 공정묘를 수집하여 공정묘 규격 기준을 알아보기 위해서 토마토, 고추, 오이, 수박을 생산하는 공정묘를 대상으로 조사를 실시하였다. 조사 공정육묘장은 행정구역 '도' 단위로 분포하도록 하였다. 수집된 공정묘는 대목 및 삽수 종류, 파종일, 접목일, 육묘기간, 출하일, 트레이 규격을 기본으로 조사하였다. 조사된 자료를 이용하여 각 도별로 동계 및 하계 육묘로 구분하여 육묘기간을 계산하였다. 육묘기간은 파종일에서 출하 직전까지의 일수로 하였고, 평균 육묘기간과 지역별 편차를 구하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 토마토

동계작형 토마토 공정묘의 지역별 파종일, 접목일, 출하일, 그리고 육묘기간을 조사하였다(표 5-2). 조사 농가는 경기도 9농가, 충북 2농가, 충남 3농가, 경북 8농가, 전북 4농가, 전남 6농가였다. 파종일, 접목일, 출하일, 육묘기간은 각 지역마다 차이를 나타내었고, 동일 지역내에서도 농가마다 다소 차이를 나타내었다. 그리고 각 작업 간 일수에서도 차이를 나타내었다. 육묘기간이 가장 짧은 지역은 전북과 전남지역으로 53.8일과 55.5일이었으나 다른 지역은 63.3일-68.0일이었다. 그리고 육묘기간이 긴 지역에서 농가 간 차이도 컸다.

하계작형 토마토 공정묘의 지역별 파종일, 접목일, 출하일, 그리고 육묘기간을 조사하였다(표 5-3). 조사농가 수는 전라도 22농가, 충청도 4농가, 경상도 11개 농가였다. 파종일, 접목일, 출하일에서는 경상도 지역에서 가장 늦은 경향이였다. 하지만 육묘기간은 충청도 지역에서 가장 길었다. 그리고 동일 지역 내에서 농가간 육묘기간의 차이는 모든 지역에서 크지 않았다.

표 5-2. 동계작형 토마토 공정묘의 육묘기간 차이.

Region (No.of farms)		Sowing date	Grafting date	Shipment date	Raising Seedling Period (days)
Gyeonggi (9)	Mean	Dec. 13	Jan. 18	Feb. 19	66.9
	SD	11.5	8.8	2.8	10.4
Chungbuk (2)	Mean	Dec. 16	Dec. 30	Feb. 18	68.0
	SD	7.1	1.4	1.4	4.2
Chungnam (3)	Mean	Dec. 10	Dec. 28	Feb. 5	63.3
	SD	15.6	1.4	1.7	21.4
Gyeongbuk (8)	Mean	Dec. 11	Jan. 9	Feb. 15	7.9
	SD	14.4	12.8	2.2	9.3
Jeonbuk (4)	Mean	Dec. 18	Jan. 8	Feb. 8	53.8
	SD	4.7	3.5	2.9	4.8
Jeonnam (6)	Mean	Dec. 19	Jan. 18	Feb. 15	55.5
	SD	6.2	1.7	3.1	8.8
Inter-regional Var.	Mean	Dec. 15	Jan. 9	Feb. 13	52.6
	SD	3.7	9.0	5.6	22.6

표 5-3. 하계작형 토마토 공정묘의 육묘기간 차이.

Region (No.of farms)		Sowing date	Grafting date	Shipment date	Raising Seedling Period (days)
Jeonla (22)	Mean	Jun. 25	Jul. 7	Aug. 6	42.8
	SD	3.6	1.5	0.6	3.6
Chungcheong (4)	Mean	Jun. 24	Jul. 8	Aug. 8	46.5
	SD	1.7	2.4	1	1.0
Gyeongsang (11)	Mean	Jun. 31	Jul. 16	Aug. 13	44.2
	SD	2.5	4.3	0.4	3.5
Inter-region al Var.	Mean	Jun. 27	Jul. 10	Aug. 9	44.5
	SD	3.8	4.9	3.6	1.9

전국 각 지역에서 수집된 토마토 공정묘의 특성을 살펴보면 육묘기간은 40~94일, 초장은 9.8~34.5cm로 나타났다(표 5-4). 토마토 파종에서 소비자에게 공급할 때까지 평균적인 육묘기간은 73일, 초장은 17.8cm, 엽수는 9매였다. 현재는 토마토묘는 1화방 단계에서 소비자들에게 판매되고 있다. 토마토의 플러그 트레이는 평균적으로 37구를 이용함으로 플러그 셀의 크기는 점차적으로 커지고 있다.

표 5-4. 전국 각 육묘장에서 수집된 토마토 공정묘의 생육 특성과 플러그 트레이 규격(셀 수).

	Raising seedling period (days)	Plant height (cm)	Leaf (No.)	SPAD	Leaf area (cm ²)	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)	Plug hole (No.)
Max.	94	34.5	13	54.80	264.17	294.03	22.97	50
Mean	73	17.8	9	39.10	105.50	126.04	9.54	37
Min.	40	9.8	6	23.50	32.64	60.18	4.12	32

(2) 고추

동계작형 고추 공정묘의 지역별 파종일, 접목일, 출하일, 그리고 육묘기간을 조사하였다(표 5-5). 조사 농가는 경기도 4농가, 충남 2농가, 경북 1농가, 경남 5농가, 전북 1농가, 전남 3농가였다. 파종일은 경남과 전남 지역에서 11월 중이었으나 다른 지역에서는 12월 중이었다. 접목일, 출하일, 육묘기간은 각 지역마다 차이가 나타났고, 동일 지역내에서도 농가마다 다소 차이가 나타났다. 그리고 각 작업 간 일수에서도 차이를 나타내었다. 육묘기간가 가장 짧은 지역은 전북 지역으로 66.0일이었고 가장 긴 지역은 경기 지역으로 81.4일이었다. 그리고 경기와 전남 지역에서는 농가 간 육묘기간 차이가 가장 컸다.

(3) 오이

하계작형 오이 공정묘의 지역별 파종일, 접목일, 출하일, 그리고 육묘기간을 조사하였다(표 5-7). 조사 농가 수는 전라도 4농가, 충청도 4농가, 경상도 3농가였다. 파종일, 접목일, 출하일은 모두 경상도 지역에서 가장 늦었지만, 육묘기간은 가장 짧았다. 그리고 동일 지역 내 농가간 육묘기간은 모든 지역에서 큰 차이를 나타내지 않았다.

(4) 수박

하계작형 수박 공정묘의 지역별 파종일, 접목일, 출하일, 그리고 육묘기간을 조사하였다(표 5-8). 조사농가 수는 전라도 2농가, 충청도 4농가였다. 파종일, 접목일, 출하일 모두 두 지역 간에 차이가 나타나지 않았고 농가간에도 큰 차이를 나타내지 않았다.

표 5-5. 동계작형 고추 공정묘의 육묘기간 차이.

Region (No.of farms)		Sowing date	Grafting date	Shipment date	Raising Seedling Period (days)
Gyeonggi (4)	Mean	Dec. 29	Jan. 3	Feb. 18	81.4
	SD	17.6	11.3	2.8	18.2
Chungnam (2)	Mean	Dec. 2	Jan. 15	Feb. 5	67.5
	SD	16.3	7.6	2.1	7.8
Gyeongbuk (1)	Mean	Dec. 7	Jan. 22	Jan. 22	73.0
	SD	0.0	0.0	0.0	0.0
Gyeongnam (5)	Mean	Nov. 25	Jan. 9	Feb. 15	82.2
	SD	9.2	11.5	1.3	8.1
Jeonbuk (1)	Mean	Dec. 5	Jan. 5	Feb. 10	66.0
	SD	0.0	0.0	0.0	0.0
Jeonnam (3)	Mean	Nov. 29	Dec. 17	Feb. 13	71.3
	SD	18.1	6.4	2.6	16.8
Inter-regio nal Var.	Mean	Dec. 1	Jan. 8	Feb. 9	73.6
	SD	4.3	12.0	9.7	6.9

표 5-6. 전국 공정육묘장에서 수집된 고추 공정묘의 생육 특성과 플러그 사이즈(셀수).

	Seedling age (days)	Plant height (cm)	Leaf (No.)	SPAD	Leaf area (cm ²)	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)	Plug hole (No.)
Max.	102	25.5	20	64.80	109.00	99.07	9.42	72
Mean	77	17.0	13	41.59	61.03	63.69	6.78	56
Min.	52	10.1	8	26.90	25.60	40.87	3.07	32

표 5-7. 하계작형 오이 공정묘의 육묘기간 차이.

Region (No.of farms)		Sowing date	Grafting date	Shipment date	Raising Seedling Period (days)
Jeonla (4)	Mean	Jul. 5	Jul. 18	Aug. 6	34.3
	SD	1.6	2.2	0.5	1.0
Chungchung (4)	Mean	Jul. 5	Jul. 19	Aug. 8	34.5
	SD	1.7	1.9	1.3	1.3
Gyeongsang (3)	Mean	Jul. 10	Jul. 23	Aug. 13	33.3
	SD	0.6	2.1	0.0	0.6
Inter-regional Var.	Mean	Jul. 7	Jul. 20	Aug. 9	34.0
	SD	2.9	2.6	3.6	0.6

표 5-8. 하계작형 수박 공정묘의 육묘기간 차이.

Region (No.of farms)		Sowing date	Grafting date	Shipment date	Raising Seedling Period (days)
Jeonla (2)	Mean	Jul. 4	Jul 19	Aug. 7	35.5
	SD	1.4	1.4	0.7	2.1
Chungcheong (4)	Mean	Jul 4	Jul 19	Aug. 9	35.8
	SD	1.0	1.7	1.3	1.0
Inter-regional Var.	Mean	Jul 4	Jul 19	Aug. 8	35.7
	SD	0.0	0.0	1.5	0.2

라. 요약

동계작형 토마토, 고추, 수박, 오이 공정묘의 파종일, 접목일, 출하일, 육묘기간을 조사한 결과 지역간 차이를 나타내었고, 동일 지역 내에서 육묘장간 차이를 나타내었다. 하계작형 토마토, 오이, 수박 공정묘에서도 지역간, 동일 지역 내 농가간 차이를 나타내었으나 동계작형보다 그 차이는 적었다. 따라서 전국 주요 과채류의 공정묘의 품질은 차이를 나타내므로 균일화를 위해서는 공정묘의 생산 과정 및 품질에 대한 기준 마련이 시급하며, 지역 기상 환경 차이를 반드시 고려해야 할 것으로 사료된다.

3. 주요 과채류 유통 공정묘의 생산 온도와 묘 품질 조사

가. 서언

작물의 생육에는 광, 온도, 습도, 양분공급량 등 다양한 요소가 작용한다. 이중 적절한 온도는 광합성량을 증가시키고 양분흡수를 촉진시킨다. 공정육묘장에서는 표준 관리온도가 관행적으로 이루어지고 있으며 지역 또는 외기 환경의 영향을 받는다. 지역간 또는 시설간 차이는 온실 내 광량, 온도, 습도 등에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 특히, 남북 방향인 우리나라에서는 지역간 기상(일조시간, 온도 등) 편차가 큰 편이어서 동계와 하계작형을 구분하여 재배되고 있다. 공정묘도 재배 유형에 따라 동계와 하계작형으로 구분되어 이에 적합한 온도관리로 묘를 생산하고 있다. 앞에서 다룬 것과 같이 지역적 기상 환경 차이는 온실 내 환경에 영향을 주기 때문에 육묘장의 지역적 위치가 육묘장간 편차의 주요인으로 생각된다. 동일 재배 환경에서 동일 작물은 이론적으로 생육량이 동일해야만 한다. 하지만 복합적 환경요인의 영향을 받기 때문에 온실 내 온도를 동일하게 관리하여도 다른 요인에 의한 영향으로 생육이 동일하지 않은 것이 일반적이다. 따라서 본 연구는 지역별 육묘장의 육묘기간과 묘소질에 온도관리 수준이 미치는 영향을 구명하기 위한 기초자료를 마련하고자 실행하였다.

나. 재료 및 방법

전국 공정육묘장을 대상으로 동계와 하계작형을 구분하여 육묘기간, 온도관리 수준, 그리고 목표로 하는 묘소질(초장, 엽수)을 조사하였다. 각 조사한 데이터를 평균 및 편차를 구하여 지역간 또는 육묘장간 관리 차이를 알아보았다.

다. 결과 및 고찰

(1) 토마토

동계작형 토마토의 육묘기간, 관리 온도, 묘 초장 및 엽수를 조사하였다(표 5-9). 12개 육묘장의 육묘기간은 평균 55.8 ± 3.9 일이었으나 최단과 최장 육묘기간 차이는 17일로 아주 큰 차이를 나타내었다. 육묘 초기에는 평균 22.5°C , 육묘 중기부터는 평균 23.8°C 로 온도를 관리하고 있었다. 12개 육묘장 간에는 육묘 초기 관리 온도에서 가장 큰 편차를 보였고 후기로 갈수록 편차가 적은 경향이 있었다. 농가에서 생산 및 목표로 하는 묘의 초장은 25-30cm 범위로 평균 $27 \pm 2.1\text{cm}$, 엽수는 5.5-9.5매 범위로 평균 7.1 ± 1.9 매였다.

하계작형 토마토의 육묘기간, 관리 온도, 묘 초장 및 엽수를 조사하였다(표 5-10). 7개 육묘장의 육묘기간은 40-57일 범위로 평균 47.4 ± 5.3 일로 동계작형보다 다소 큰 편차를 나타내었다. 육묘기간 동안 육묘 초기에는 평균 $26.1 \pm 3.4^{\circ}\text{C}$, 육묘 중기 및 후기에는 $27.6 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 로 관리하고 있었다. 하계작형에서도 동계작형과 마찬가지로 육묘 초기 관리 온도의 편차가 가장 크게 나타났다. 7개 육묘장에서 생산된 묘의 초장은 25-28cm 범위로 평균 $26.2 \pm 1.3\text{cm}$, 엽수는 5.5-8.0매 범위로 평균 7.4 ± 0.9 매로 나타났다.

표 5-9. 동계작형 토마토의 공정육묘장의 생육환경 및 묘 특성.

Farms	Raising seedling period (days)	Air temperature (°C)			Quality of seedling	
		Early period	Middle period	Latter period	Plant height (cm)	No. of leaves
1	55	23.0	23.0	23.0	26.0	5.5
2	55	24.0	24.0	24.0	25.0	5.5
3	55	25.0	25.0	25.0	25.0	8.5
4	60	24.0	24.0	24.0	30.0	8.5
5	55	25.0	25.0	25.0	25.0	8.0
6	55	16.0	16.0	16.0	30.0	9.5
7	55	17.0	17.0	17.0	30.0	8.0
8	56	22.0	26.0	26.0	27.0	7.5
9	65	21.0	27.5	27.5	28.0	7.5
10	48	17.0	28.0	28.0	25.0	2.5
11	55	26.5	26.5	26.5	27.5	7.5
12	55	29.0	23.0	23.0	25.0	7.0
Mean±SD	55.8±3.9	22.5±4.1	23.8±3.8	23.8±3.8	27.0±2.1	7.1±1.9

표 5-10. 하계작형 토마토 공정육묘장의 생육환경 및 묘 특성.

Farms	Raising seedling period (days)	Air temperature (°C)			Quality of seedling	
		Early period	Middle period	Latter period	Plant height (cm)	No. of leaves
1	47	26.0	26.0	26.0	26.0	5.5
2	40	28.0	28.0	28.0	25.0	8.5
3	50	29.0	29.0	29.0	25.0	8.0
4	48	22.0	26.0	26.0	27.0	7.5
5	57	21.0	27.5	27.5	28.0	7.5
6	45	26.5	26.5	26.5	27.5	7.5
7	45	30.0	30.0	30.0	25.0	7.0
Mean±SD	47.4±5.3	26.1±3.4	27.6±1.5	27.6±1.5	26.2±1.3	7.4±0.9

(2) 고추

동계작형 고추의 육묘기간, 관리 온도, 묘 초장 및 엽수를 조사하였다(표 5-11). 12개 육묘장의 육묘기간은 43-80일 범위로 평균 59.2±12.2로 다른 작물에 비해 그 편차가 아주 컸다. 육묘시 관리 온도는 육묘 초기에는 17-30°C 범위로 평균 23.4±3.8°C, 중기와 후기에는 25.2±3.2°C로 관리하였다. 여기에서 생산된 묘의 초장은 25-35cm 범위로 평균 29.0±3.8cm, 엽수는 4.5-11매 범위로 평균 7.7±1.6매였다.

표 5-11. 동계작형 고추 공정육묘장의 생육환경 및 묘의 특성.

Farms	Rasing seedling period (days)	Air temperature (°C)			Quality of seedling	
		Early period	Middle period	Latter period	Plant height (cm)	No. of leaves
1	65	25.0	25.0	25.0	28.0	7.5
2	55	24.0	24.0	24.0	27.0	7.5
3	80	23.5	23.5	23.5	35.0	11.0
4	70	17.0	17.0	17.0	35.0	8.0
5	58	22.0	26.0	26.0	27.0	7.5
6	75	26.0	26.0	26.0	32.5	9.0
7	68	23.0	23.0	23.0	25.0	7.0
8	50	26.0	26.0	26.0	28.0	7.5
9	51	21.0	27.5	27.5	28.0	6.5
10	45	17.0	28.0	28.0	25.0	4.5
11	50	26.0	26.0	26.0	32.5	9.0
12	43	30.0	30.0	30.0	25.0	7.0
Mean±SD	59.2±12.2	23.4±3.8	25.2±3.2	25.2±3.2	29.0±3.8	7.7±1.6

하계작형 고추묘 조사결과 조사한 농가 중 두 농가만이 하계작형을 하고 있는 것으로 조사되었는데 (표 5-12), 육묘기간은 각각 50일, 70일로 이었고 육묘시 온도관리면에서도 각각 육묘 전반에 걸쳐 동일한 온도로 육묘하되 16°C, 30°C로 차이를 나타냈다. 그러나 생산된 묘의 초장은 각각 28, 31cm로 고온에서 육묘한 묘가 다소 컸으며 엽수는 9.5, 11.5매로 조사되었다. 즉, 단기였지만 고온에서 육묘한 묘가 더 초장이 크고 엽수가 많아 생육이 더 빠른 결과를 나타냈다.

표 5-12. 하계작형 고추 공정육묘장의 생육환경 및 묘의 특성.

Farms	Rasing seedling period (days)	Air temperature (°C)			Quality of seedling	
		Early period	Middle period	Latter period	Plant height (cm)	No. of leaves
1	50	30	30	30	28	11.5
2	70	16	16	16	31	9.5
Mean±SD	60.0±14.1	23.0±9.9	23.0±9.9	23.0±9.9	29.5±2.1	10.5±1.4

(3) 오이

동계작형 오이의 육묘기간, 관리 온도, 묘 초장 및 엽수를 조사하였다(표 5-13). 10개 육묘장의 육묘기간은 25-40일 범위로 평균 31.8±4.9일이었으나 최소와 최대 육묘기간이 15일로 큰 차이를 나타내었다. 육묘시 온도는 육묘 초기에는 16-28°C 범위로 22.7±3.9°C, 중기와 후기에는 16-28°C 범위로 평균 22.6±4.4°C였다. 육묘기간에 적용 온도가 육묘장간 큰 차이를 나타내기도 하였다. 여기에서 생산되는 묘의 초장은 18-32cm 범위로 평균 21.1±4.9cm, 엽수는 2.5-5.5매 범위로 평균 3.9±1.0매였다. 관리 온도의 실질적 차이와 마찬가지로 묘의 소질에서도 큰 차이를 나타내었다.

표 5-13. 동계작형 오이 공정육묘장의 생육환경 및 묘의 특성.

Farms	Rasing seedling period (days)	Air temperature (°C)			Quality of seedling	
		Early period	Middle period	Latter period	Plant height (cm)	No. of leaves
1	30	25.0	25.0	25.0	20.0	3.5
2	30	24.0	24.0	24.0	18.0	3.5
3	32	23.5	23.5	23.5	22.5	4.5
4	33	25.0	25.0	25.0	30.0	4.5
5	38	22.0	16.5	16.5	25.0	4.5
6	40	16.0	16.0	16.0	22.5	4.5
7	35	17.0	17.0	17.0	25.0	3.5
8	25	20.0	25.0	25.0	15.0	5.5
9	30	26.0	26.0	26.0	17.5	2.5
10	25	28.0	28.0	28.0	15.0	2.5
Mean±SD	31.8±4.9	22.7±3.9	22.6±4.4	22.6±4.4	21.1±4.9	3.9±1.0

하계작형 오이묘의 육묘기간은 25일로 동계작형과 동일하였으나 육묘시 온도관리면에서 한 농가는 육묘 초기에는 21℃로 낮게 관리하다가 육묘 중후반에는 27℃이상으로 다소 높게 관리되었다(표 5-14). 그러나 다른 한 농가에서는 26℃로 동일한 온도로 관리한 것으로 나타났다. 생산된 묘의 평균 초장은 16.3cm, 평균 엽수는 평균 3매로 나타났다.

표 5-14. 하계작형 오이 공정육묘장의 생육환경 및 묘의 특성.

Farms	Rasing seedling period (days)	Air temperature (°C)			Quality of seedling	
		Early period	Middle period	Latter period	Plant height (cm)	No. of leaves
1	25	21	27.5	27.5	15.0	3.5
2	25	26	26.0	26.0	17.5	2.5
Mean±SD	25.0±0.0	23.5±3.5	26.8±1.1	26.8±1.1	16.3±1.8	3.0±0.7

(4) 수박

동계작형 수박의 육묘기간, 관리 온도, 묘 초장 및 엽수를 조사하였다(표 5-15). 육묘장의 육묘기간은 49-65일 범위로 평균 53.8±7.5일이었다. 육묘시 온도조건은 육묘 초기에는 17-28℃ 범위로 평균 22.6±4.0℃, 중기와 후기에는 23.9±4.6℃로 관리하고 있었다. 생산된 묘의 초장은 20-30cm 범위로 평균 25.9±3.5cm, 엽수는 3.5-6매 범위로 평균 4.5±0.7매였다.

표 5-15. 동계작형 수박 공정육묘장의 생육환경 및 묘의 특성.

Farms	Rasing seedling period (days)	Air temperature (°C)			Quality of seedling	
		Early period	Middle period	Latter period	Plant height (cm)	No. of leaves
1	50	25.0	25.0	25.0	25.0	4.5
2	50	28.0	28.0	28.0	25.0	4.5
3	60	25.0	25.0	25.0	30.0	4.5
4	58	22.0	16.5	16.5	25.0	4.5
5	65	16.5	16.5	16.5	30.0	5.5
6	58	17.0	17.0	17.0	30.0	4.0
7	58	24.0	27.0	27.0	25.0	4.0
8	49	21.0	27.5	27.5	28.0	4.5
9	53	17.0	28.0	28.0	25.0	5.0
10	55	26.0	26.0	26.0	27.5	6.0
11	55	23.0	23.0	23.0	20.0	4.0
12	35	27.0	27.0	27.0	20.0	3.5
Mean±SD	53.8±7.5	22.6±4.0	23.9±4.6	23.9±4.6	25.9±3.5	4.5±0.7

하계작형 수박의 육묘기간, 관리 온도, 묘 초장 및 엽수를 조사하였다(표 5-16). 육묘장의 육묘기간은 26-31일 범위로 평균 27.3±1.5일이었다. 육묘장의 온도관리는 육묘초기에는 29±1.5℃, 중기와 후기에는 29±1.5℃로 관리하고 있었다. 생산된 묘의 초장은 17.5-27.5cm 범위로 평균 21.7±5.2cm, 엽수는 3-4매 범위로 평균 3.5±0.3cm였다.

표 5-16. 하계작형 수박 공정육묘장의 생육환경 및 묘의 특성.

Farms	Rasing seedling period (days)	Air temperature (°C)			Quality of seedling	
		Early period	Middle period	Latter period	Plant height (cm)	No. of leaves
1	25	31	31	31	27.5	3.5
2	27	26	26	26	17.5	3.0
3	30	30	30	30	20.0	4.0
Mean±SD	27.3±1.5	29±1.5	29±1.5	29±1.5	21.7±5.2	3.5±0.3

라. 요약

토마토, 오이, 수박, 고추 등 과채류 육묘시 하계작형이 동계작형에 비해 기간은 더 짧았으나 묘의 초장이나 엽수는 다소 높았다. 이는 하계작형이 동계작형에 비해 육묘온도가 전반적으로 높았기 때문으로 생각된다. 하지만 육묘시 온도관리 측면에서는 하계작형이 동계작형에 비해 제어수준이 낮은 것으로 파악된다. 전국 육묘장에서 생산되는 동일 작물 및 작형에 따라 생산 관리 온도나 묘소질은 큰 차이를 나타내고 있었는데 이러한 경향은 지역간 영향이 큰 것으로 파악되었다. 따라서 현재 작물의 육묘기간을 고려한 지역간 기후에서 오는 차이가 육묘장간 묘소질의 차이를 가져오는 것으로 파악된다. 따라서 묘의 기준은 일괄적인 것보다는 지역(기후)의 특성을 고려하여야만 할 것으로 생각된다.

4. 주요 과채류 공정묘의 생산을 위한 성장조정제 이용 현황과 적정 사용법 연구

가. 서언

공정묘의 생육조절은 묘소질 향상과 경영비의 절감에 매우 중요한 요인이 된다(Lee and Kim, 1999). 묘소질 중 하나인 생장량을 조절하기 위해 살균제인 트리아졸계 농약이 주로 사용되고 있다(Bae, 1999). 트리아졸 성분은 시트크롬 P450산화효소와 kaurene산화효소에 의해 촉매되는 kaurene의 미립체적 산화를 억제함으로써 식물 생장을 억제시키고, 또한 처리 시 식물 생장 반응에 호르몬이 관여하는 것으로 알려져 있다(Arteca, 1996; Eum et al., 2011; Luster and Miller, 1993). 트리아졸계 농약은 생장억제제로서 채소류보다는 화훼 및 목본류 식물에서 생육 및 개화 조절에 널리 이용되었다(Choi et al., 2011; Kang, 2006; Keever and Foster, 1991). 하지만 최근에는 다양한 채소류에 paclobutrazole, uniconazole, diniconazole 등 트리아졸계 농약이 다용되고 있다(Yun et al., 2007). 특히, 밀식, 고온다습, 광 부족에 따른 묘의 도장을 방지하기 위한 목적으로 사용하고 있다(Zhang et al., 2003).

채소류의 주요 작물인 배추, 고추, 토마토, 오이 등에서 트리아졸계 농약의 도장방지 효과에 대한 연구들이 진행되었다. 배추 묘는 처리 후 40일, 고추묘는 처리 후 24일 경과하면 살포 농약의 잔류가 거의 없는 것으로 밝혀졌고(Sun et al., 2002; Sung et al., 2004), 박과 채소에서는 저농도 처리에서도 빠른 흡수 이행에 따라 생장억제 효과를 기대할 수 있는 것으로 밝혀졌다(Bae, 1999). 특히, 트리아졸계 농약의 한 성분인 diniconazole은 토마토(Yun et al., 2007), 오이(Sun et al., 2010), 박(Kim et al., 1998) 및 고랭지 여름배추(Shin et al., 2002)의 생육(도장) 억제, 그리고 봄배추의 추대 억제(Seong et al., 2003) 등에 효과가 있는 것으로 알려졌고, 단가가 저렴하여 기존 비싸던 성장조정제의 대용으로 널리 쓰이고 있다. 하지만 육묘기간 중 작물, 처리 방법(시기, 농도) 등에 따라 묘소질이 달라지므로(Sun et al., 2010; Yun et al., 2007) 사용시 작물 및 환경 특성을 세밀히 검토하여 활용해야 약해를 최소화할 수 있고 농도 변화에 따른 식물 반응이 강하기 때문에 주의해야 한다(Shin and Jeong, 2002; Venkatramesh and Croteau, 1989; Zhang et al., 2003). 특히, 현장에서 다용되고 있는 ‘빈나리(diniconazole 5%)’ 제품은 배추와 분화용 백합에 한정되어 성장조정제로 공시되어(KCPA, 2014) 다른 작물에 적용할 시 문제점을 해결하기가 어렵다. 그럼에도 불구하고 불량 환경에서 도장에 따른 불량묘를 최소화하거나 경영비 절감을 위해 다용되고 있는 만큼 ‘빈나리’의 올바른 활용 방안을 마련하여 현장에 제시해야 할 필요가 있다.

나. 재료 및 방법

공정육묘장에서는 다수 작물을 공동으로 재배하고 있다. 이에 따라서 전국 공정육묘장의 성장조정제 조사는 토마토로 한정하여 조사하였다. 토마토 공정육묘장을 대상으로 육묘기간, 초장, 엽수, 절간장 등 육묘된 묘의 소질 및 diniconazole 사용농도 및 사용횟수를 설문 조사하였다. 조사된 묘소질은 초장과 엽수이며 절간장은 초장을 엽수로 나눈 평균값으로 하였다. diniconazole 사용량은 이용 제품내 성분농도를 환산하여 구하였고 처리량과 육묘기간 내 처리 횟수를 곱하여 총 사용량으로 계산하였다. 그리고 설문조사 시 사용농도와 횟수에 대한 일정 범위로 답변한 공정육묘장에 대해서는 답변 범위의 중간 값을 사용하였다.

주요 과채류 공정육묘에 대한 diniconazole의 적정 처리농도와 처리횟수를 구명하기 위하여 diniconazole을 0, 5, 10, 20mg · L⁻¹의 농도로 처리하였다. 처리횟수는 접목 직후 1회, 그리고 종료일을 기준으로 일주일 전을 3회, 1회와 3회 중간에 2회 처리를 실시하였다.

주요 과채류 공정묘는 접목묘를 대상으로 하였고, 작물별 다용되고 있는 플러그 트레이를 이용

하였다. 각 작물별 트레이에 파종한 후 온도를 $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ 로, 상대습도는 90% 이상으로 하여 3일간 암실에 두어 발아시킨 후 4일차에 자연광 상태로 옮겨주었다. 이후 본엽이 2-3매 전개되었을 때 접수와 대목을 합접하여 접목하였고, 접목 후 온도는 $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ 로, 상대습도는 85% 이상으로 조절하였다. 묘의 생육 조사는 처리당 12주를 트레이당 4주씩 무작위 선발하여 접목 직후 묘로부터 종료일인 20일까지 4일 간격으로 종료일인 20일 동안 5회 파괴조사를 실시하였다.

조사 항목은 초장, 기관(엽, 줄기, 뿌리)별 생체중 및 건물중, 엽면적, S/R율로 하였다. 총 생체중 및 건물중은 잎, 줄기 및 뿌리 의 무게를 모두 합하였고, S/R율은 엽 및 줄기 건물중의 합을 뿌리 건물중으로 나누어 계산하였다. 엽면적은 LI-3000 엽면적 측정기(LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA)로 측정하였고, 건물중은 70°C 의 건조기(FO-600M, Jeiotech, Korea)에서 72시간을 건조시킨 후 측정하였다. 또한 상대생장률(RGR)과 엽면적(LAR)은 조사데이터를 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA, 2012)에 따라 산출하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 성장조정제 사용 현황

성장조정제 diniconazole 1회 사용량은 $2.5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 부터 $16.7\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 사용횟수는 1-7.5회, 총 사용량은 $2.5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 부터 $90\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 범위로 다양하였다. 변이계수는 육묘기간, 초장, 엽수, 절간장이 각각 5.7, 7.7, 16.0, 13.5cm였으나 성장조정제 사용량 및 사용횟수, 총 사용량은 각각 40.7, 61.3, $62.3\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 으로 변이정도가 매우 컸다(표 5-17).

동계육묘장에서 동일한 55일 육묘에서 생육한 묘의 경우 초장은 25-30cm, 엽수는 5.5-9.5매, 총 사용한 diniconazole은 $2.5\text{--}75\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 공정육묘장간에 현저한 차이를 보였다. 가장 diniconazole 사용량이 적었던 F 육묘장은 55일 육묘시 초장 27cm, 엽수 7.5매, 절간장 3.6cm의 묘를 생산하는데 diniconazole은 $2.5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 을 사용하였다. 그러나 F 육묘장보다 10배 많은 농도의 $25\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 을 사용하였던 H 육묘장은 동일한 55일 육묘시 초장 27.5cm, 엽수 7.5매, 절간장 3.7cm의 묘를 생산하여 F 육묘장이 생산한 묘와 비슷한 결과를 보였다. 이처럼, 동일한 55일 육묘한 묘에서 diniconazole의 처리농도 및 횟수가 달랐어도 비슷한 묘소질을 보인 이유는 해당 육묘장의 재배환경, 즉 육묘장의 온도관리 및 육묘상태에 따라 diniconazole의 처리와 횟수를 적절히 조절하여 육묘하였기 때문인 것으로 생각된다.

하계육묘 토마토의 공정육묘장에서 생산하는 묘 초장, 엽수 및 절간장의 조사결과의 평균, 표준편차, 변이계수는 표 5-18과 같다. 육묘기간 조사결과 평균 육묘기간은 47.4일로 육묘장의 최단과 최장 육묘기간 차이는 동계와 마찬가지로 17일 차이를 나타내었다. 해당 공정육묘장에서 생산 및 목표로 하는 묘의 초장은 25-30cm 엽수는 5.5-9.5매, 절간장은 3.1-4.7cm 범위로 동계육묘와 동일하였다. 하계 공정육묘장의 성장조정제 diniconazole 1회 사용량은 $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 부터 $20\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 범위, 사용횟수는 2.5-7.5회, 총 사용량은 $15.9\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 부터 $90\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 범위였다. 변이계수는 육묘기간, 초장, 엽수, 절간장이 각각 11.0, 9.5, 19.7, 18.9cm으로 동계육묘에 비해 변이정도가 컸고, 성장조정제 사용량 및 사용횟수, 총 사용량은 각각 19.5, 39.0, $25.7\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 동계육묘에 비해 변이정도가 작았다. 육묘기간은 40일 육묘하는 곳이 1개소, 45-50일 육묘는 4개소, 50일 이상 육묘하는 곳은 2개소로 조사되었다.

가장 적은 $41.7\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 diniconazole을 사용하였던 F 육묘장의 육묘기간은 45일, 생산된 묘의 초장은 30cm, 엽수는 8매, 절간장이 3.8cm 이었으며, 가장 높은 $90\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 diniconazole을 사용하였던 C 육묘장에서는 육묘기간 47.5일, 묘의 초장은 30cm, 엽수 8.5매, 절간장 3.5cm로 앞서 동계육묘시와 마찬가지로 F 육묘장에 비해 diniconazole의 2배가 넘는 사용량에 비해 생산된 묘소질은 큰 차이를 보이지 않았다.

표 5-17. 동계작형 토마토 공정묘 생산 시 성장조정제 사용 현황.

Farms	Raising seedling period (days)	Plant height (cm)	No. of leaves (ea/plant)	Internode length (cm)	Concentration and time of diniconazole		
					Concentration (A) (mg·L ⁻¹)	Times (B)	Total (A×B) (mg·L ⁻¹)
A	55.0	26.0	5.5	4.7	16.7	3.5	58.4
B	55.0	25.0	7.0	3.6	12.5	2.0	25.0
C	55.0	25.0	5.5	4.5	16.7	3.5	58.4
D	60.0	30.0	8.5	3.5	20.0	4.5	90.0
E	55.0	25.0	8.5	2.9	14.6	3.5	51.2
F	55.0	25.0	8.0	3.1	16.7	3.5	58.4
G	55.0	30.0	9.5	3.2	10.0	7.5	75.0
H	55.0	27.5	7.5	3.7	16.7	1.5	25.0
I	55.0	30.0	8.0	3.8	16.7	2.5	41.7
J	65.0	28.0	7.5	3.7	5.0	1.0	5.0
K	55.0	27.0	7.5	3.6	2.5	1.0	2.5
Mean	56.4	27.1	7.5	3.7	13.5	3.1	44.6
SD	3.2	2.1	1.2	0.5	5.5	1.9	27.8
CV(%)	5.7	7.7	16.0	13.5	40.7	61.3	62.3

표 5-18. 하계작형 토마토 공정묘 생산 시 성장조정제 사용 현황.

Farms	Raising seedling period (days)	Plant height (cm)	No. of leaves (ea/plant)	Internode length	Concentration and times of diniconazole		
					Concentration (A) (mg·L ⁻¹)	Times (B)	Total (A×B) (mg·L ⁻¹)
A	45.0	30.0	9.5	3.2	10.0	7.5	75.0
B	47.0	26.0	5.5	4.7	16.7	3.5	58.4
C	47.5	30.0	8.5	3.5	20.0	4.5	90.0
D	40.0	25.0	5.5	4.5	16.7	3.5	58.4
E	50.0	25.0	8.5	2.9	14.6	3.5	51.2
F	45.0	30.0	8.0	3.8	16.7	2.5	41.7
G	57.0	25.0	8.0	3.1	16.7	3.5	58.4
Mean	47.4	27.3	7.6	3.7	15.9	4.1	61.9
SD	5.2	2.6	1.5	0.7	3.1	1.6	15.9
CV(%)	11.0	9.5	19.7	18.9	19.5	39.0	25.7

Diniconazole 총 사용량에 따른 초장, 엽수 및 절간장의 선형관계를 나타내었다(그림 5-12). 각 결정계수는 0.0644, 0.0517, 0.0043으로 diniconazole의 총사용량과 초장, 엽수 및 절간장의 상관성은 크지 않은 것으로 판단되었으며 결과적으로 동계, 하계 육묘 공정육묘장 모두에서 diniconazole 사용량과 횡수에 따른 묘소질의 차이에서 뚜렷한 경향은 나타나지 않았다.

앞서 조사한 바와 같이 지역별 각 공정육묘장마다 생산 목표로 하는 묘소질은 조금씩 다르게 나타났다. 일반적으로 정식 후의 생육이 순조롭게 이뤄질 수 있는 묘의 공급은 공정육묘장에서는 중요한 요소이므로 묘의 출하시 적절한 육묘기간을 고려하여 묘를 육묘하지만 지역 육묘장의 기상 환경 및 시설내 환경조절을 위한 연료비의 문제 및 육묘일수의 차이는 묘소질의 차이로 나타날 수 있다.

특히, 외부 환경의 의존도가 높은 우리나라의 시설 재배 형태에서는 근래 찾아지는 이상기후, 겨울철 잦은 기온 변화(Yun, 2001)와 폭설, 여름철 이상고온 발생과 고온기의 장기화 등이 작물 생육뿐만 아니라 다양한 생산 요소에 대한 투자비용 등에 영향을 주기도 한다. 적절한 환경 제어 관리가 어려운 노후화된 육묘 온실에서는 시설 내부의 불균일한 온도관리에 의해 우량묘의 생산이 안정적으로 이뤄지기가 어렵고(Chun, 2002), 일시적 또는 중·장기적으로 부적합한 온도 조건이 다분히 조장될 우려가 있기 때문이다.

채소 전문 육묘장의 75.1%, 겸업 육묘장 47.7%가 재배농가의 주문에 의해서 묘를 생산한다(Kim, 2015). 작형에 따라서 여름철 장마기와 고온기가 겹치는 시기, 겨울철 광 부족시 도장하기

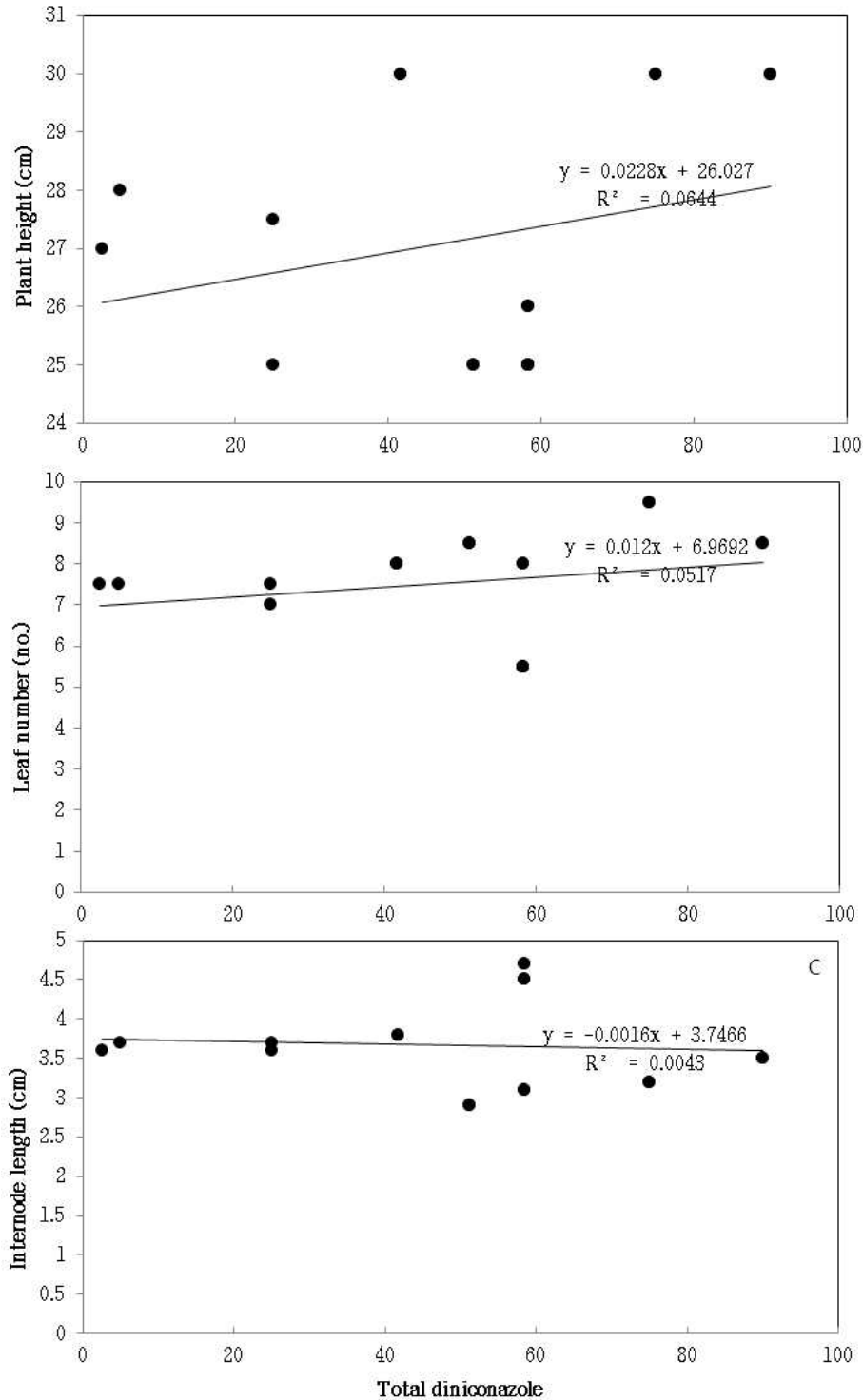


그림 5-12. Diniconazole 총투여량과 묘의 초장(A), 엽수(B), 절간장(C)간 관계성.

쉬운 시기에 생산되기 때문에 생산목표로 하는 초장 및 엽수에 맞춰 육묘기간과 온도를 조정하고 묘의 생육정도 및 성장량 유지를 위해 묘의 성장 속도 및 생육 상태에 따라 부수적으로 성장조정제의 사용 농도 및 횟수를 조절하여 묘의 생육을 조절하여 생산하였을 것으로 추측된다. 따라서 전국 주요 공정묘의 묘의 품질 조사결과 지역별 및 공정육묘장간에도 차이를 나타낸 결과, 공정묘의 균일한 품질에 영향을 끼치는 묘의 생산 체계 및 기상 환경 차이를 고려한 정확한 묘의 육묘방법 및 육묘기준에 따른 규격 마련이 필요할 것으로 생각된다.

(2) Diniconazole 처리농도에 따른 묘소질

(가) 토마토

① 적정 처리농도 구명

Diniconazole 엽면 살포 농도에 따라 20일간 자란 토마토묘의 생장 특성 조사 결과(표 5-19), 대목은 무처리구에 비해 5mg·L⁻¹ 및 10mg·L⁻¹처리구들에서 현저하게 짧았고, 접수는 20mg·L⁻¹ 처리구에서만 유의하게 짧았다. 이는 Han et al.(2002)이 고추 접목묘를 대상으로 diniconazole 처리 시 대목 및 접수 모두 생장이 억제되었다는 연구 결과와 유사하였다. 접목묘의 초장은 무처리에 비해 5mg·L⁻¹ 및 10mg·L⁻¹처리구들에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나 20mg·L⁻¹처리구에서 현저하게 억제 효과를 나타내었다. 묘의 엽면적은 무처리구 대비 diniconazole 처리구들에서 유의하게 작아 농도가 높을수록 엽 확장의 억제 효과가 컸는데 이는 Sun et al.(2010)의 연구에서 보고한 여러 농도의 diniconazole에 토마토 종자를 침지하였을 때 처리농도가 높을수록 엽면적이 작았다는 결과와 일치하였다.

표 5-19. Diniconazole 처리농도에 따른 토마토 공정묘의 초장과 엽면적.

Concentration (mg·L ⁻¹)	Plant height (cm)			Leaf area (cm ² /plant)
	Rootstock	Scion	Total	
Non- treatment	2.9 a ^z	27.1 a	30.0 a	191.1 a
5	2.3 b	28.4 a	30.7 a	164.1 b
10	2.3 b	27.4 a	29.7 a	151.1 c
20	2.7 a	20.8 b	23.5 b	148.2 c

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

Diniconazole 엽면 살포 농도에 따라 20일간 자란 토마토묘의 기관별 생체중을 조사하였다(표5-20). 잎의 생체중은 처리구들에서 엽면적이 작았음에도 불구하고 5mg·L⁻¹ 및 10mg·L⁻¹ 처리구에서 유의하게 무거웠으며 10mg·L⁻¹처리구에서는 무처리구의 1.7배였다. 줄기의 생체중은 초장이 가장 길었던 무처리구와 5mg·L⁻¹처리구에서 다른 처리구들에 비해 유의하게 무거웠다. 뿌리의 생체중은 무처리보다 처리구 모두에서 뚜렷하게 무거웠고 높은 농도 처리구일수록 가벼운 경향이였다. 이에 따라 묘의 총 생체중은 5mg·L⁻¹ 및 10mg·L⁻¹처리구에서 무처리와 20mg·L⁻¹처리구보다 유의하게 무거웠다. 이러한 차이는 잎과 뿌리 생장량에서 기인된 것으로 생각된다. 하지만 Kim et al.(1998)은 diniconazole에 단용 처리된 박 종자를 과중하였을 때 발아 초기 묘의 뿌리 생체중은 지상부 억제와 더불어 적었지만, 처리된 묘의 지상부를 잘라 삼목시 부정근 생체중이 처리구에서 무처리구에 비해 무거웠다고 보고한 결과를 보아 종자침지나 발아 후 엽면살포 등 처리법에 따라 뿌리 생장에 있어 그 효과가 달라질 수 있을 것으로 생각된다.

표 5-20. Diniconazole 처리농도에 따른 토마토 공정묘의 생체중과 엽록소함량.

Concentration (mg·L ⁻¹)	Fresh weight (g/plant)				Chlorophyll (SPAD)
	Leaf	Stem	Root	Total	
Non- treatment	3.81 b ^z	6.02 a	1.47 c	11.30 b	44.6 b
5	4.06 b	6.43 a	3.77 a	14.26 a	48.4 a
10	6.35 a	4.42 b	3.39 a	14.16 a	48.3 a
20	3.57 b	5.55 ab	3.28 b	12.40 b	48.9 a

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

Diniconazole 엽면 살포 농도에 따라 20일간 자란 토마토묘의 기관별 건물중을 조사하였다(표 5-21). 잎의 건물중은 무처리구와 5mg·L⁻¹처리구에서 다른 처리구에 비해 유의하게 무거웠다. 특히, 농도가 가장 높은 20mg·L⁻¹처리구에서는 주당 0.17g으로 무처리구 대비 34% 수준으로 아주 가벼웠다. 줄기의 건물중은 5mg·L⁻¹처리구에서 가장 큰 경향이었고, 다른 처리구들은 무처리구와 유사한 수준이었다. 뿌리의 건물중도 줄기의 건물중과 유사한 경향이었다. 이에 따라 묘의 총 건물중은 무처리구에 비해 가장 낮은 농도인 5mg·L⁻¹처리구에서 유의하게 가장 무거웠고 가장 높은 농도인 20mg·L⁻¹처리구에서 가벼웠다. 본 결과에서도 생체중의 경향(Table 8)과 같이 잎과 뿌리의 건물중이 총 건물중에 가장 크게 영향을 미쳤다. 이에 따라 S/R율에서 무처리구 4.1에 비해 처리구들에서는 2.3-3.0으로 낮아 diniconazole 처리는 생체중뿐만 아니라 잎에서 생산된 건물이 뿌리로 분배되는 비율을 높게 하여 뿌리 활착을 촉진하는데 영향을 준 것으로 생각된다. Symons et al.(1990)은 열대과수인 아보카도에 paclobutrazol를 처리하면 각 기관별 건물중이 감소되며, 동화산물은 뿌리부로 가장 잘 분배된다고 보고하였다.

오이에 paclobutrazol을 처리하였을 때 생체중, 엽면적은 감소되고 엽록소가 증가하였으며(Suh and Chung., 1986), diniconazole 처리에 따라 토마토묘의 초장 및 엽면적이 감소되고 처리농도가 높을수록 그 감소 효과는 뚜렷하였다는 연구결과와 일치하였다(Sun et al., 2009; Yun et al.,2007; Zhang et al., 2003).

이러한 식물 생장 억제 현상은 diniconazole의 처리에 따른 체내 지베렐린의 생합성 억제에 의해 나타나며 그 지베렐린 생합성 억제 정도에 따라 생장 억제 정도도 차이를 나타낸다고 하였다(Eum et al., 2011). 또한 Gomathinayagam et al.(2007)은 트리아졸의 처리 시 생체중 증가는 식물체내의 탄수화물 대사와 관련된 효소의 활성 증가와 더불어 전분을 포함한 탄수화물이 증가하기 때문이라고 하였다.

표 5-21. Diniconazole 처리농도에 따른 토마토 공정묘의 건물중과 S/R율.

Concentration (mg·L ⁻¹)	Dry weight (g/plant)				S/R ratio
	Leaf	Stem	Root	Total	
Non- treatment	0.50 a ²	0.58 ab	0.26 b	1.34 b	4.1 a
5	0.52 a	0.68 a	0.53 a	1.73 a	2.3 c
10	0.36 b	0.53 b	0.30 b	1.19 bc	3.0 b
20	0.17 c	0.55 ab	0.28 b	1.00 c	2.6 bc

²Different letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

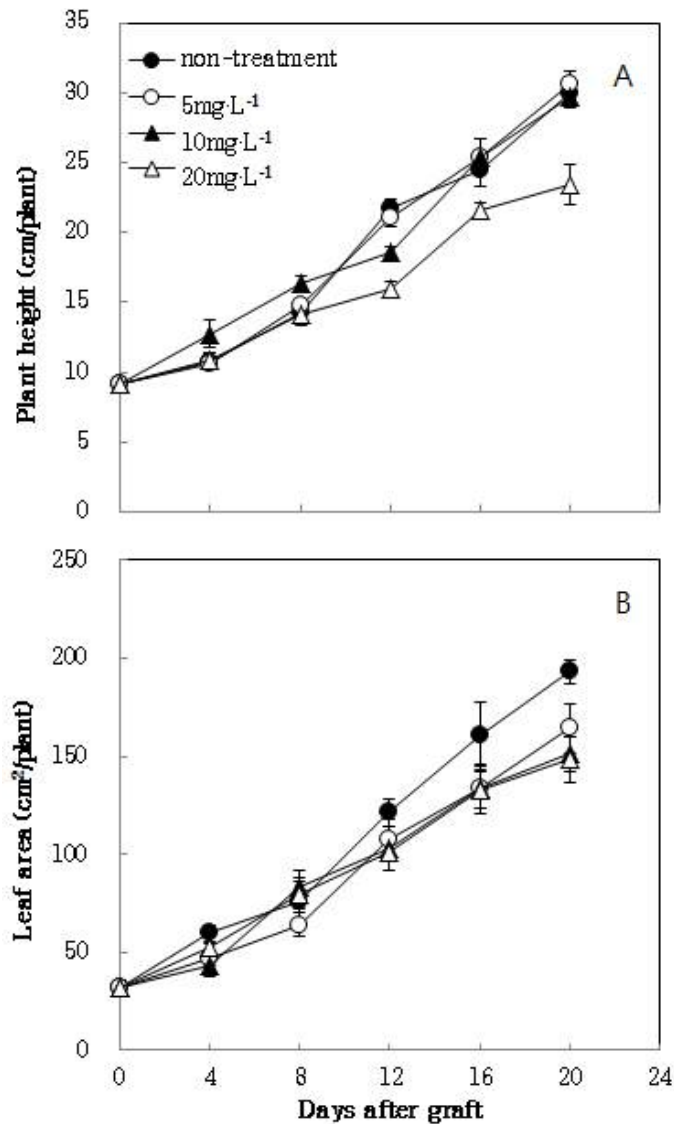


그림 5-13. Diniconazole 처리농도에 따른 토마토 공정묘의 초장과 엽면적 변화(n=12).

Diniconazole 처리 후 초장은 $20\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서 접목 후 12일째 조사부터 다른 처리구들에 비해 급격히 짧은 경향이었고, 엽면적도 처리구들 모두 접목 후 무처리구에 적은 증가율을 나타내었다(그림 5-13). 이를 고려하면 diniconazole의 생장억제 효과는 처리 후 대략 일주일 후부터 우선 엽면적 신장 억제로 나타나며 고농도에서는 줄기 신장 억제로도 나타나는 것으로 이는 diniconazole의 엽면살포시 외에 효과가 빠르게 나타났기 때문이라고 판단된다(Seong et al., 2003).

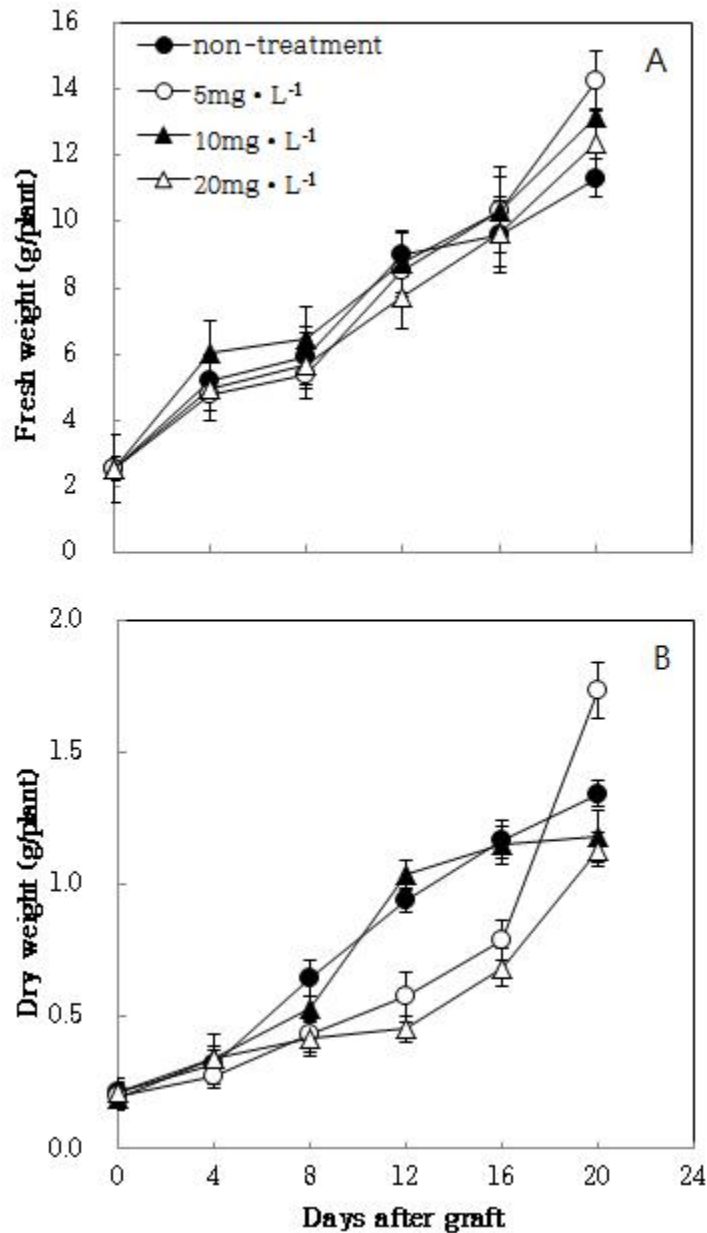


그림 5-14. Diniconazole 처리농도에 따른 토마토 공정묘의 생체중과 건물중 변화(n=12).

조사 기간 동안 묘의 생체중과 건물중 변화를 보면(그림 5-14), 처리구들 간 생체중은 접목 후 20일째 다소 차이를 나타낸 것을 제외하고는 접목 후 뚜렷한 차이를 나타내지 않았지만, 건물중은 접목 후 8일부터 16일 조사까지 무처리구 및 $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구와 $5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 및 $20\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구들간 차이를 나타냈다 최종 조사일인 20일째에는 $5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서 급격한

상승이 나타났다. 이러한 결과들은 triazole계 생장억제제를 처리했을 때 처리농도가 높아질수록 지상부 생육은 억제되나 지하부의 발근을 촉진시킨다는 Kim and Kwack(1991), Kim and Lee(1997)의 연구결과와, diniconazole에 의한 생장 억제 정도는 물질 투여량에 의존한다는 Venkatramesh and Croteau(1989)의 연구결과와 일치하였다.

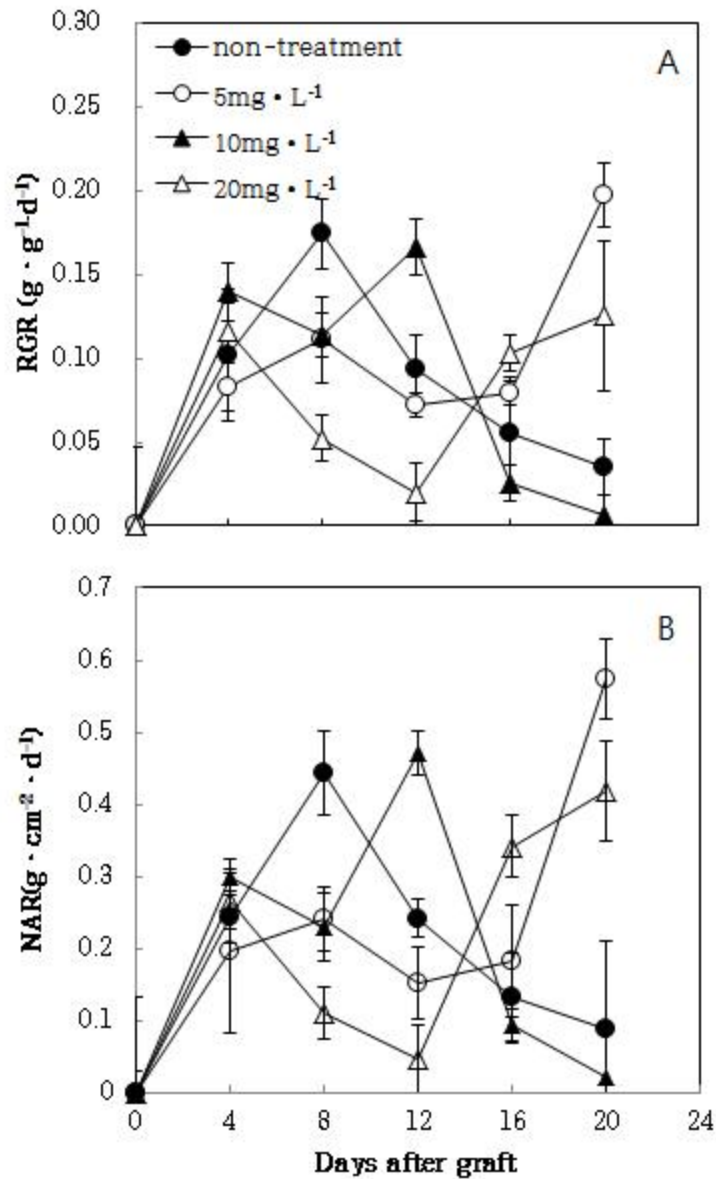


그림 5-15. Diniconazole 처리농도에 따른 토마토 공정묘의 상대성장률과 순동화율 변화(n=12).

Diniconazole 엽면 살포 농도에 따라 20일 동안 자란 토마토묘의 상대성장률과 엽면적률을 분석하였다(그림 5-15). 상대성장률은 무처리구에 비해 처리구들에서 유의하게 낮은 경향이었는데, 가장 높은 농도인 20mg·L⁻¹ 처리구에서는 유의하게 낮았다. 엽면적률은 무처리구에 비해 5mg·L⁻¹ 및 10mg·L⁻¹ 처리구에서 낮았는데 특히, 5mg·L⁻¹ 처리구에서는 무처리구의 66.6% 수준이었다. 전반적으로 엽면적 대비 건물생산능력은 무처리보다 5mg·L⁻¹ 처리구에서 높았고 20mg·L⁻¹ 처리구에서 낮았다.

조사기간 동안 상대성장률 및 엽면적률의 변화를 보면(표 5-22), Table 8에서 엽면적 대비

건물 생산능력이 가장 높았던 5mg·L⁻¹ 처리구에서는 육묘 후반기 상대생장률의 급격한 증가와 엽면적률의 감소에 의한 것으로 나타났고 이에 반해 무처리구에서는 반대의 경향을 나타내었다.

표 5-22. Diniconazole 처리농도에 따른 토마토 공정묘의 상대생장률과 엽면적률.

Concentration (mg·L ⁻¹)	RGR (g·g ⁻¹ ·d ⁻¹)	LAR (cm ² ·g ⁻¹)
Non-treatment	0.092 b ^z	142.5 a
5	0.109 a	94.9 c
10	0.090 b	127.0 b
20	0.077 c	148.2 a

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

본 연구 결과를 종합하여 볼 때 토마토 하계육묘 시 생장을 억제시키는 데에는 diniconazole의 효과가 분명하고 농도가 증가할수록 생장억제 효과가 뚜렷하였다. 그리고 뿌리부 생체중 및 건물중 비율을 높이는데도 효과가 있었다. 하지만 본 연구의 최대 농도인 20mg·L⁻¹ 처리에서는 초장과 엽면적에 있어 무처리 대비 20% 이상의 높은 생장억제 효과를 나타내었기 때문에 정식 후 생육에는 적합하지 않을 것으로 생각된다. 작물은 다르지만 Seong et al.(2003)은 봄배추의 경우에도 diniconazole 35mg·L⁻¹ 이상의 농도 처리 시에는 지나치게 왜화되거나 상토 처리 시에는 발아억제로 인한 결주가 발생하였다고 보고하였다.

따라서 토마토의 하계육묘 시 diniconazole 활용은 10mg·L⁻¹ 이내로 하여 육묘기간에 따른 처리 시기, 그리고 처리 후 묘 상태를 고려하여 낮은 농도로 활용하는 것이 적합할 것으로 생각된다.

② 적정 처리횟수 구명

생장조정제 diniconazole를 10mg·L⁻¹ 농도로 하여 엽면 살포 횟수에 따라 20일간 자란 토마토 접목묘의 생장 특성을 조사 결과(표 5-23), 대목 생장은 유의한 차이를 나타내지 않았고, 접수 생장은 무처리구에 비해 모든 diniconazole 처리구에서 현저하게 낮았다. 기관별 생체중을 보면 무처리구에 비해 처리구들에서 지상부 생장이 억제된 반면 뿌리 생장이 촉진된 결과를 보였다. 처리구들 간에서는 2회 처리구에서 뿌리 생장량이 가장 높았다.

표 5-23. Diniconazole 처리횟수에 따른 토마토 공정묘의 초장과 생체중.

Treatment times	Plant height (cm)			Fresh weight (g)			
	Root stock	Scion	Total	Leaf	Stem	Root	Total
Non-treatment	2.9 a ^z	27.1 a	30.0 a	3.8 b ^z	6.0 a	1.5 c	11.3 b
1	2.7 a	23.9 b	26.6 ab	3.7 b	5.8 a	3.0 b	12.5 ab
2	2.9 a	22.3 b	25.2 b	3.7 b	5.4 b	4.3 a	13.4 a
3	2.8 a	23.9 b	26.7 ab	4.3 a	5.6 ab	3.3 b	13.2 a

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

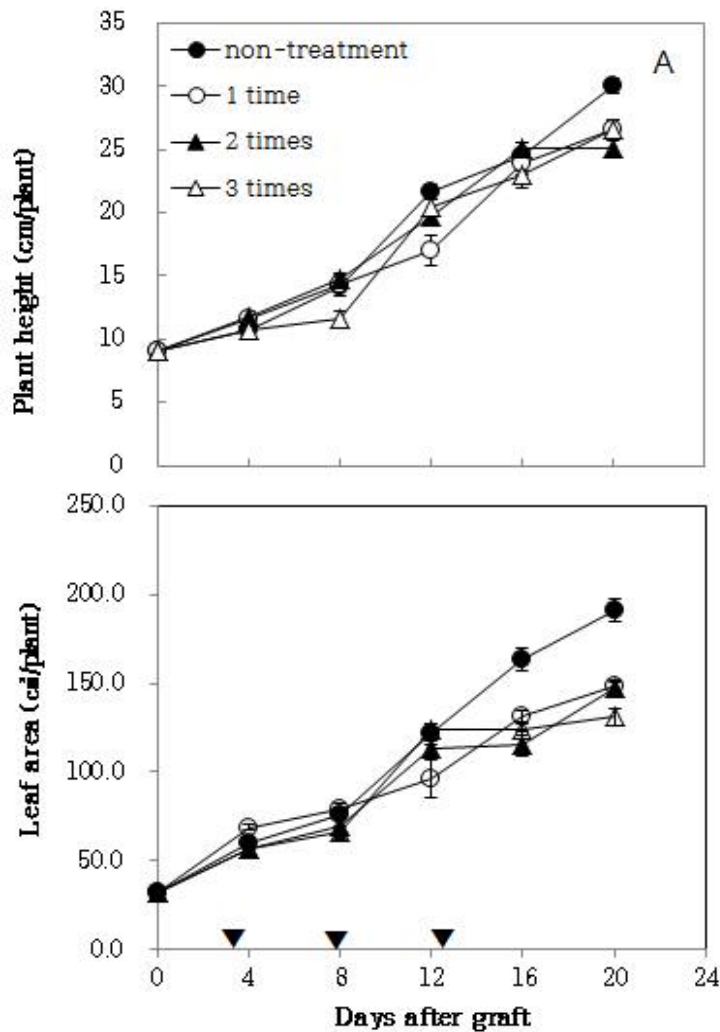


그림 5-16. Diniconazole 처리횟수에 따른 토마토 공정묘의 초장과 생체중 변화(n=12). 접목 후

3, 8, 13일째 diniconazole 10mg·L⁻¹처리.

Diniconazole 처리 후 12일부터 초장은 무처리구에 비해 처리구들이 유의한 차이를 나타내었고 최종 20일 조사에서 처리구들이 무처리구에 비해 현저하게 짧아지는 경향이였다. 엽면적은 무처리구와 처리구들간 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다가 16일째 조사부터 처리구들의 엽면적 감소가 현저하게 나타났다(그림 5-16). 그러나 최종 엽면적 조사에서는 3회 처리구를 제외한 무처리구와 1회, 2회 처리구 사이에서는 유의적인 차이는 없었다. 본 실험에서 무처리구를 제외한 처리구들간에 뚜렷한 차이를 나타내지 않은 것은 처리시기가 빨랐던 시점인 1회, 2회 처리시에는 토마토의 엽면적 감소에 효과를 보였으며 생육이 진행되면서 차차 회복되었고, 3회 처리구는 시기상 늦게까지 처리되어 그 효과가 지속되면서 엽면적 회복의 정도가 느렸던 것으로 생각된다. Diniconazole 처리 횟수에 따른 기관별 건물중 차이를 살펴보면(표 5-24), 잎과 줄기의 건물중은 3회 처리구가 무처리구와 다른 처리구에 비해 월등히 높았다. 뿌리 건물중은 2회와 3회 처리구에서 높았다. Bae(1999)와 Seong et al.(2003)은 triazole계 성장조정제 처리시 지상부의 생장은 비교적 크게 영향을 받는데 비하여, 지하부 즉 뿌리의 생육은 지상부만큼 영향을 받지 않아 억제효과가 미미하였다. 지하부에 대한 지상부의 비율인 S/R율은 무처리구가 처리구들에 비해 월등히 높았으며 처리구들 사이는 유의적인 차이는 없었다. Kang(2006)은 배추에 성장조정제 농도별 처리시 농도가 높아질수록 생체중은 낮아지고 건물물과 엽록소 함량은 증가한다고 하였는데, 처리구들은 생육이 억제된 지상부에 비해 지하부 발육이 더 양호했던 것으로 생각된다.

표 5-24. Diniconazole 처리횟수에 따른 토마토 공정묘의 건물중과 S/R율.

Treatment times	Dry weight(g)				S/R ratio
	Leaf (g/plant)	Stem (g/plant)	Root (g/plant)	Total (g/plant)	
Non-treatment	0.39 b ^z	0.58 b	0.12 b	1.1 b	7.9 a
1	0.36 b	0.54 b	0.24 b	1.2 b	2.3 b
2	0.32 b	0.38 c	0.48 a	1.2 b	2.9 b
3	0.60 a	0.84 a	0.48 a	1.9 a	1.3 b

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

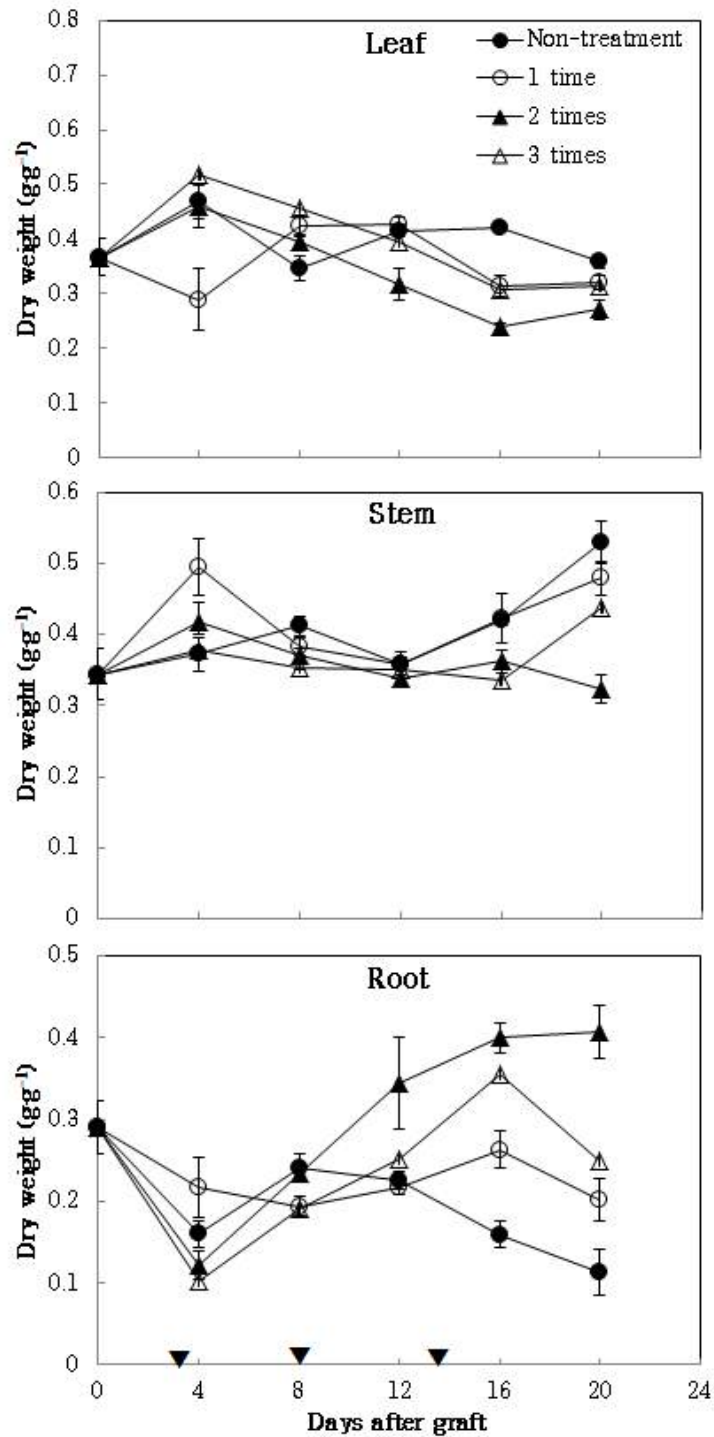


그림 5-17. Diniconazole 처리횟수에 따른 토마토 공정묘의 기관별 건물중 변화(n=12). 접목 후 3, 8, 13일째 diniconazole 10mg·L⁻¹처리.

총 건물중에서의 엽, 줄기, 뿌리 무게의 변화를 알아보기 위해 각 기관의 무게를 건물중으로 나눈 값을 그래프로 나타내었다(그림 5-17). 총 건물중에서 엽의 건물중은 1회 처리가 4일째에 가장 가벼웠으나 12일째부터 2회 처리가 가벼워지는 경향을 보였다. 최종 20일 조사에서는 무처리가 가장 무거웠으며, 1회, 3회, 2회 처리 순이었다. 줄기의 건물중은 무처리에서는 꾸준히 증가하는 경향을 보였으며, 최종 20일 조사에서는 엽과 마찬가지로 3회 처리가 2회 처리에 비해 높아 무처리, 1회, 3회, 2회 처리 순이었다. 뿌리의 경우 엽과 줄기와는 반대로 무처리가 점차

로 낮아지는 결과를 보였다. 처리 4일째에는 1회 처리가 뿌리 건물중이 가장 무거웠으나 2회와 3회 처리는 12일째 이후 증가하였으며 특히 2회 처리시 가장 무겁게 나타났다. 결과적으로 무처리구에 비해 diniconazole의 처리횟수는 토마토 집목묘의 지상부의 생육에 영향을 끼쳤는데 처리구 사이에서는 1회 처리에 비해 2회와 3회 처리의 건물중이 더 감소하는 결과를 보였고 지하부는 지상부와는 반대의 경향을 보였다.

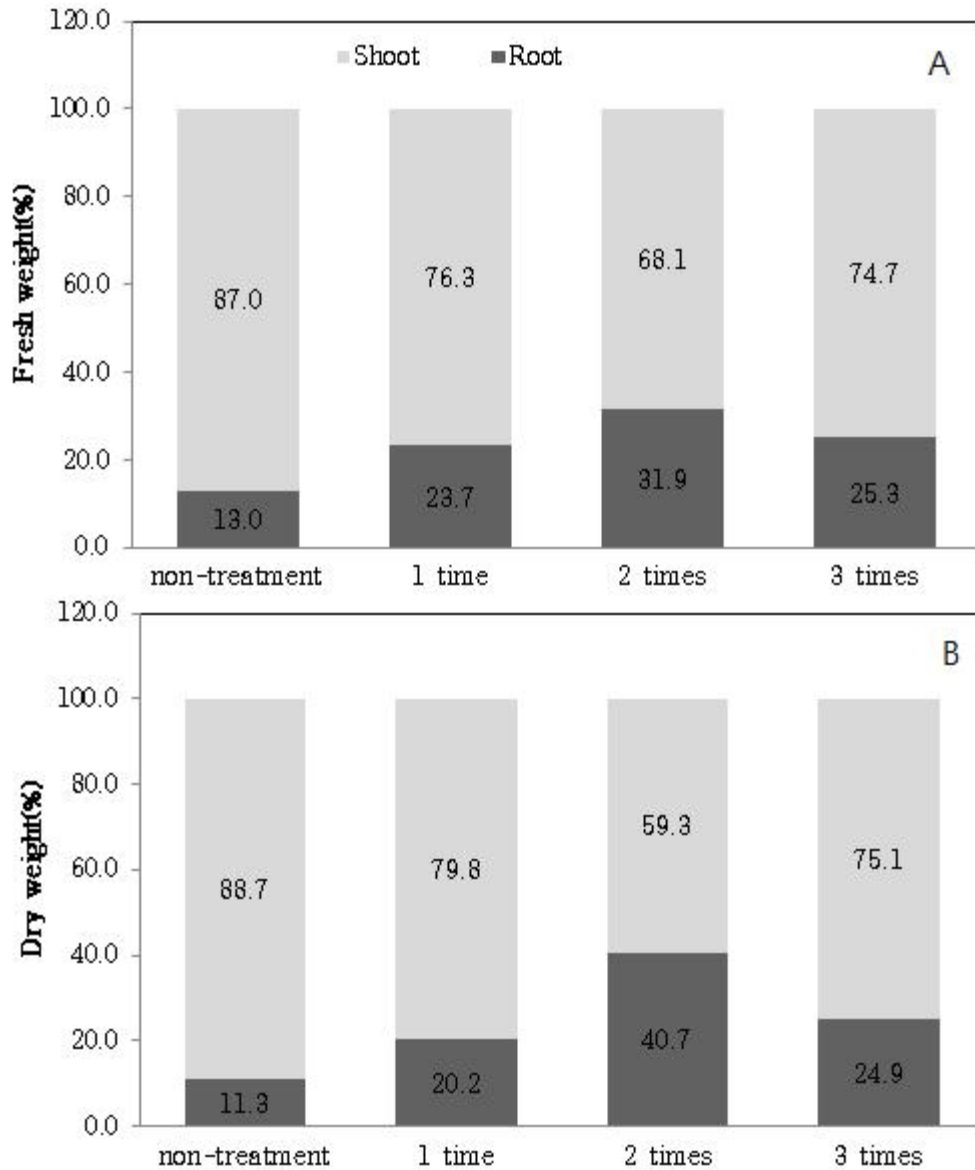


그림 5-18. Diniconazole 처리횟수에 따른 토마토 공정묘의 지상부와 지하부 건물중 비율(n=12). 집목 후 3, 8, 13일째 diniconazole 10mg·L⁻¹처리.

정식 후 20일된 토마토묘의 건물중 및 생체중에서 무게에서 차지하는 지상부와 지하부의 비율을 조사하였다(그림 5-18). 건물중과 생체중 모두 무처리구가 다른 처리구들에 비해 지상부의 비율이 높고 지하부 비율이 적었으며 2회 처리구에서 다소 지하부의 비율이 높게 나타났다. 특히 건물중에서는 3회 처리구의 무게가 가장 무거웠지만 지상부와 지하부의 비율에서는 2회 처리구에서 지상부의 비율이 적고 지하부 비율이 높았던 것으로 나타났다. 이는 diniconazole의 횟수별 처리에

따른 영향으로 처리구들이 왜화로 인해 생육이 더딘 지상부에 비해 지하부의 생체중과 건물중이 비교적 많이 증가하였으며 또한 횃수 처리의 시기가 모두 상이한 결과, 최종 조사인 20일 묘의 지상부와 지하부의 무게 증가율의 결과는 이처럼 다르게 나타난 것으로 생각된다.

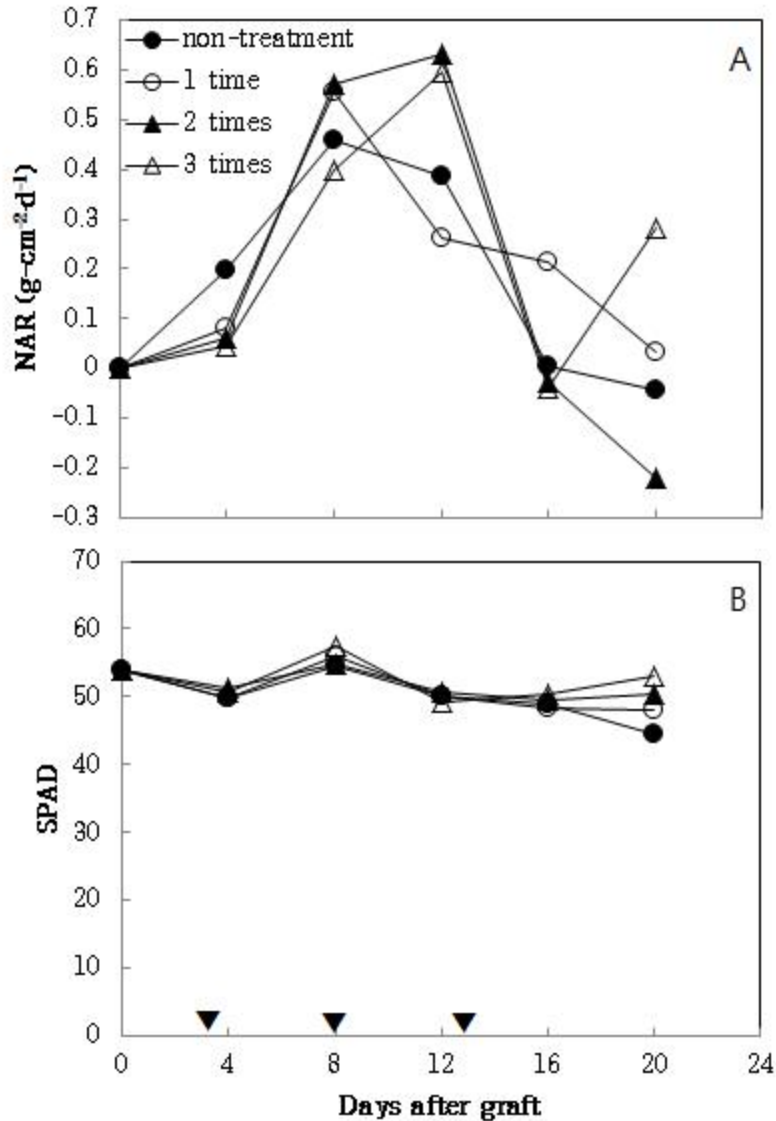


그림 5-19. Diniconazole 처리횃수에 따른 토마토 공정묘의 순동화율과 엽록소 함량 변화(n=12). 집목 후 3, 8, 13일째 diniconazole 10mg·L⁻¹처리.

3회 처리구의 엽면적이 급격히 감소되는 후반부에 무처리구가 다른 처리구들에 비해 뚜렷하게 증가하는 경향을 보였다. 또한 순동화율에서도 3회 처리 이후 다른 처리구들에 비해 높은 경향을 나타내었다(그림 5-19). Suh and Chung(1986), Yun et al.(2007)의 연구에서 triazole계 성장조절제 처리농도가 증가할수록 엽면적이 감소하며 세포벽을 두껍게 하여 지상부 생장은 억제되고 뿌리의 생장이 촉진됨으로써 적은 엽면적에 엽록소 함량이 높아져 순동화율이 높아졌다고 보고하였는데 3회 처리구는 엽면적 확장에서 다른 처리구에 비해 크게 억제되었지만 엽 두께를 증가시켜 엽록소 함량을 증가시킴으로써 광합성능력이 증가하였을 것으로 생각된다. 또한 광합성 능력 증가는 건물생산량 증가를 가져왔을 것으로 생각된다. 따라서 본 실험결과는 토마토 육묘시

diniconazole 처리시 묘의 강한 신장억제효과와 함께 지하부의 생육은 처리횟수가 많을수록 양호해지는 결과를 확인할 수 있었다.

(2) 오이

① 적정 처리농도 구명

오이 공정묘 생산 시 생장억제제 처리농도에 따라서 초장과 엽면적은 무처리구에 비해 처리구들에서 유의하게 낮았고 높은 농도의 처리구일수록 더 낮아지는 경향이었다(표 5-25). 기관별 생체중을 보면 20mg·L⁻¹ 처리구에서 엽과 뿌리의 무게는 가장 낮았고 줄기 무게는 가장 높았다. S/R율은 2.0-2.4 범위로 큰 차이를 나타내지 않았지만 5mg·L⁻¹ 처리구에서 유의하게 낮았다(표 5-26).

표 5-25. 오이 공정묘 생산 시 생장억제제 처리농도에 따른 초장과 엽면적 차이.

Concentration (mg·L ⁻¹)	Plant height (cm)				Leaf area (cm ²)
	Rootstock	Scion	Total	B/C×100	
Non-treatment	2.9 a ^z	14.1 a	17.0 a	82.8 a	110.2 a
5	2.9 a	7.0 b	9.9 b	70.7 ab	66.7 b
10	3.3 a	4.8 c	8.1 b	59.7 b	68.0 b
20	3.3 a	3.4 c	6.6 c	50.7 b	56.1 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 5-26. 오이 공정묘 생산 시 생장억제제 처리농도에 따른 기관별 생체중 차이.

Concentration (mg·L ⁻¹)	Fresh wt. (g/plant)			S/R ratio
	Leaf	Stem	Root	
Non-treatment	2.2 a ^z	1.8 ab	1.8 a	2.2 a
5	2.2 a	1.2 b	1.7 a	2.0 b
10	2.2 a	0.9 b	1.3 b	2.4 a
20	0.7 b	2.3 a	1.4 b	2.2 ab

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

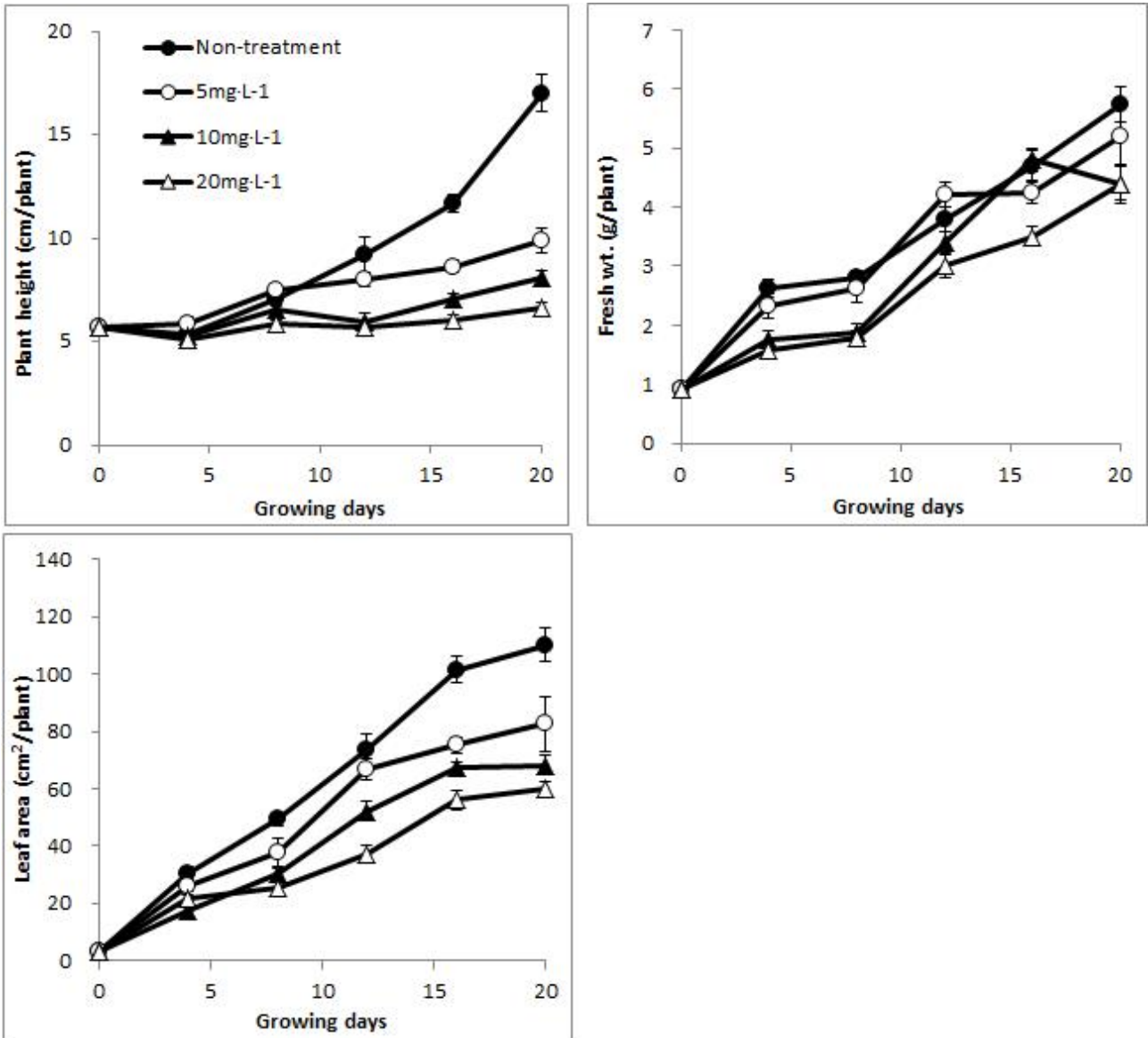


그림 5-20. Diniconazole 처리농도에 따른 오이 공정묘의 초장, 생체중, 엽면적 변화(n=12).

20일 간 생육 기간 중 초장은 무처리구에서 꾸준히 증가하다가 후반부에 그 증가폭이 더 커졌다. 하지만 처리구들에서는 후반부까지 거의 증가량이 적었고 높은 농도일수록 더욱 심한 경향을 나타내었다(그림 5-20). 생체중은 초기에 무처리구와 낮은 농도보다 높은 농도에서 낮은 경향을 나타내다가 10mg·L⁻¹ 처리구에서 급격히 상승하는 시기가 나타났다. 그리고 무처리구에서는 초기부터 후반부까지 꾸준히 증가하는 경향을 나타내었다. 엽면적은 초장과 같은 경향을 나타내어 처리구들에서 무처리구에 비해 꾸준히 낮은 경향이었고, 처리구들에서는 높은 농도일수록 그 수준이 낮은 경향을 나타내었다.

기관별 건물중을 보면(표 5-27), 엽 건물중은 10mg·L⁻¹ 처리구에서 가장 낮았고 다른 처리구들 간에는 차이를 나타내지 않았다. 줄기 건물중은 무처리구에서 유의하게 높았고 처리구들간에서는 차이를 나타내지 않았다. 뿌리 건물중은 5mg·L⁻¹ 처리구와 20mg·L⁻¹ 처리구에서 유의하게 높았다. 이에 따라 S/R율은 무처리구와 낮은 농도 처리구에서 유의하게 높았고 높은 농도 처리구들에서 유의하게 낮은 경향을 나타내었다. 총건물중 변화를 보면 20mg·L⁻¹ 처리구에서는 초기에 다른 처리구들에 비해 증가폭이 가장 낮은 수준이었다가 중반부부터 급격히 상승하는 경향이였다.

무처리구와 나머지 처리구들에서는 처리직후 감소하다 이후 모두 급격히 증가한 후 10mg·L⁻¹ 처리구에서는 꾸준한 증가, 10mg·L⁻¹ 처리구에서는 증감 경향을 나타내었다.

표 5-27. Diniconazole 처리농도에 따른 오이 공정묘의 생체중과 S/R율.

Concentration (mg·L ⁻¹)	Dry wt.(g/plant)			S/R ratio
	Leaf	Stem	Root	
Non-treatment	0.24 a ^z	0.123 a	0.078 b	0.44 a
5	0.24 a	0.088 b	0.120 a	0.45 a
10	0.14 b	0.059 b	0.072 b	0.28 b
20	0.24 a	0.055 b	0.092 a	0.39 ab

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

생장억제제 처리 후 20일 동안 육묘된 묘의 생장을 분석하였다(표 5-28). 상대생장율은 10mg·L⁻¹ 처리구에서 유의하게 낮았고 무처리구와 5mg·L⁻¹ 처리구에서 높은 경향이였다. 엽면적비는 무처리구와 10mg·L⁻¹ 처리구에서 유의하게 높았고 다른 처리구들에서 낮았다. 엽중비는 상대생장율과 유사한 경향을 나타내었다. 순동화율은 5mg·L⁻¹와 20mg·L⁻¹ 처리구에서 유의하게 높았다.

표 5-28. Diniconazole 처리농도에 따른 오이 공정묘의 생장 분석.

Concentration (mg·L ⁻¹)	RGR (g·g ⁻¹ ·d ⁻¹)	LAR (cm ² ·g ⁻¹)	LWR (g·g ⁻¹)	NAR (g·cm ⁻² ·d ⁻¹)
Non-treatment	0.063 a ^z	251.6 a	0.541 ab	0.275 b
5	0.065 a	147.5 b	0.540 ab	0.432 a
10	0.040 b	247.4 a	0.524 b	0.196 c
20	0.057 ab	145.0 b	0.620 a	0.398 a

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

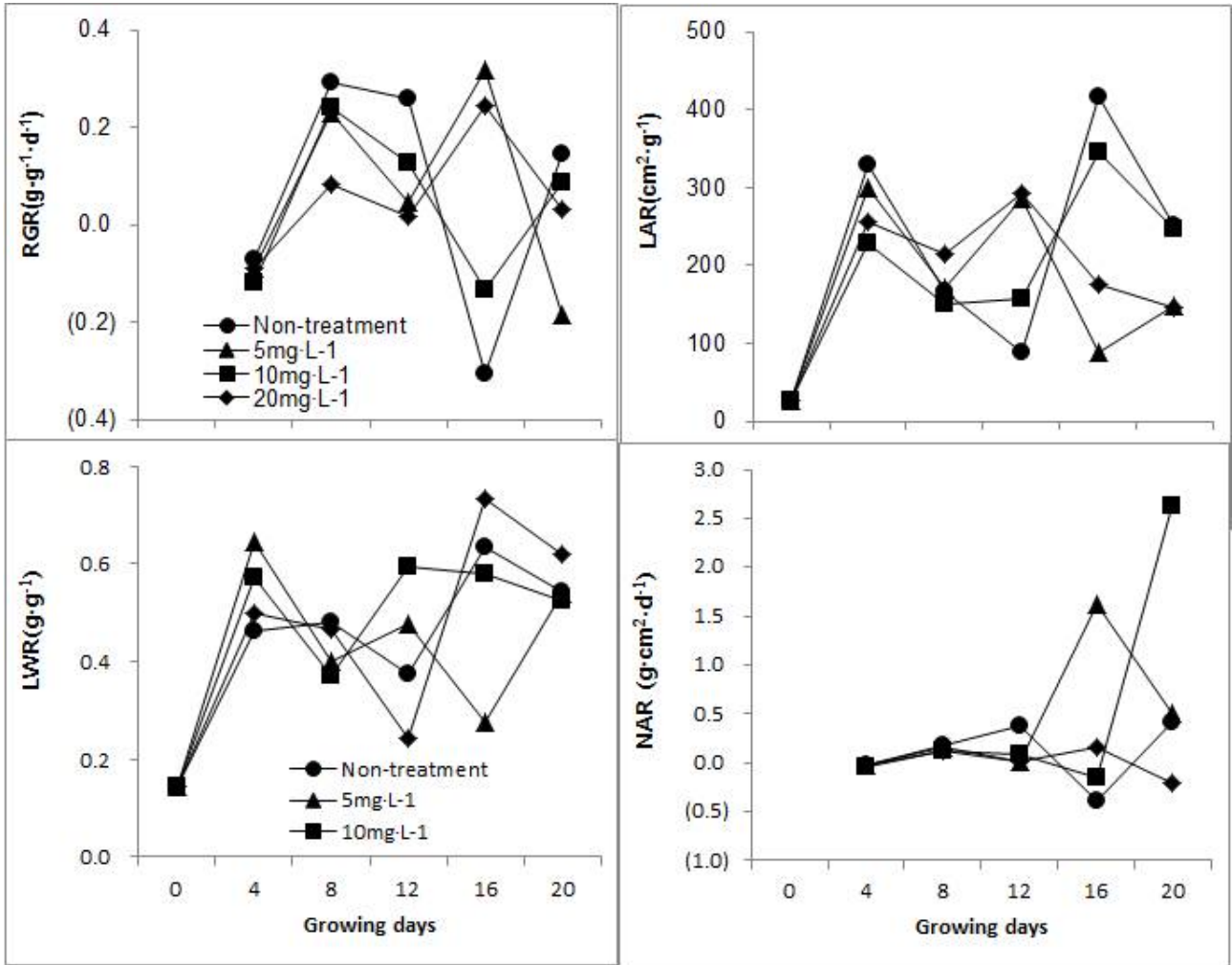


그림 5-21. Diniconazole 처리농도에 따른 오이 공정묘의 성장 변화.

각 생육 특성별 변화를 보면(그림 5-21), 상대생장율은 모든 처리에서 처리 후 큰 폭으로 증감 경향을 나타내었다. 엽면적은 초기에 모든 처리에서 급격히 증가한 후 감소, 증가 등의 경향을 나타내었는데 5mg·L⁻¹과 20mg·L⁻¹ 처리구에서 그 변화 수준이 다소 낮은 경향이었고 무처리구와 다른 처리구에서 큰 경향으로 나타났다. 엽중비는 초기에는 엽면적과 유사한 경향을 나타내었으나 후반기에 증가 또는 소폭의 하락으로 모두 유사한 수준을 나타내었다. 순동화율은 초기에는 유사한 수준이 지속되었으나 중반 이후 5mg·L⁻¹ 처리구에서는 큰 폭으로 증가와 감소, 10mg·L⁻¹ 처리구에서는 큰 증가, 나머지는 소폭으로 변화하는 경향을 나타냈다.

② 적정 처리 횟수 구명

오이 공정묘 생산시 성장억제제 처리 횟수에 따라서 대목 생장은 1회 처리구에서 유의하게 낮았고 다른 처리구들간에는 차이를 나타내지 않았다. 접수 생장은 무처리구에 비해 처리구들에서 유의하게 낮았다. 이에 생체중도 접수 생장과 같은 경향을 나타내었다. 엽면적도 처리구들에서 무처리구에 비해 유의하게 낮았다(표 5-29). 기관별 생체중을 보면 엽 무게는 무처리구와 2회 처리구에서 유의하게 낮았지만 무처리구와 처리구간 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 줄기 무게는 무처리구에 비해 처리구들에서 유의하게 낮았다. 뿌리 무게는 3회 처리구를 제외하고 무처리구에 비해 유의하게 낮았다. S/R율도 무처리구와 처리구간 뚜렷한 차이를 나타내지 않았지만 1회 처리구에서는 4.0으로 높은 경향이었고 3회 처리구에서는 1.6으로 낮은 경향을 나타냈다(표 5-30).

표 5-29. Diniconazole 처리횟수에 따른 오이 공정묘의 초장과 엽면적.

Treatment times	Plant height (cm/plant)				Leaf area (cm ²)
	Rootstock	Scion	Total	B/C×100	
Non-treatment	2.9 a ^z	14.1 a	17.0 a	82.8 a	110.2 a
1 time	2.3 b	4.5 b	6.9 b	66.0 b	74.3 c
2 times	2.8 a	6.7 b	9.5 b	70.8 b	90.2 b
3 times	2.8 a	5.1 b	7.9 b	64.3 b	75.2 c

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 5-30. Diniconazole 처리횟수에 따른 오이 공정묘의 생체중과 S/R율.

Treatment times	Fresh wt. (g/plant)			S/R ratio
	Leaf	Stem	Root	
Non-treatment	2.2 b ^z	1.8 a	1.8 a	2.2 b
1 time	2.6 a	0.8 b	0.9 b	4.0 a
2 times	2.2 b	0.8 b	1.1 b	2.8 b
3 times	2.4 ab	0.8 b	2.0 a	1.6 c

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

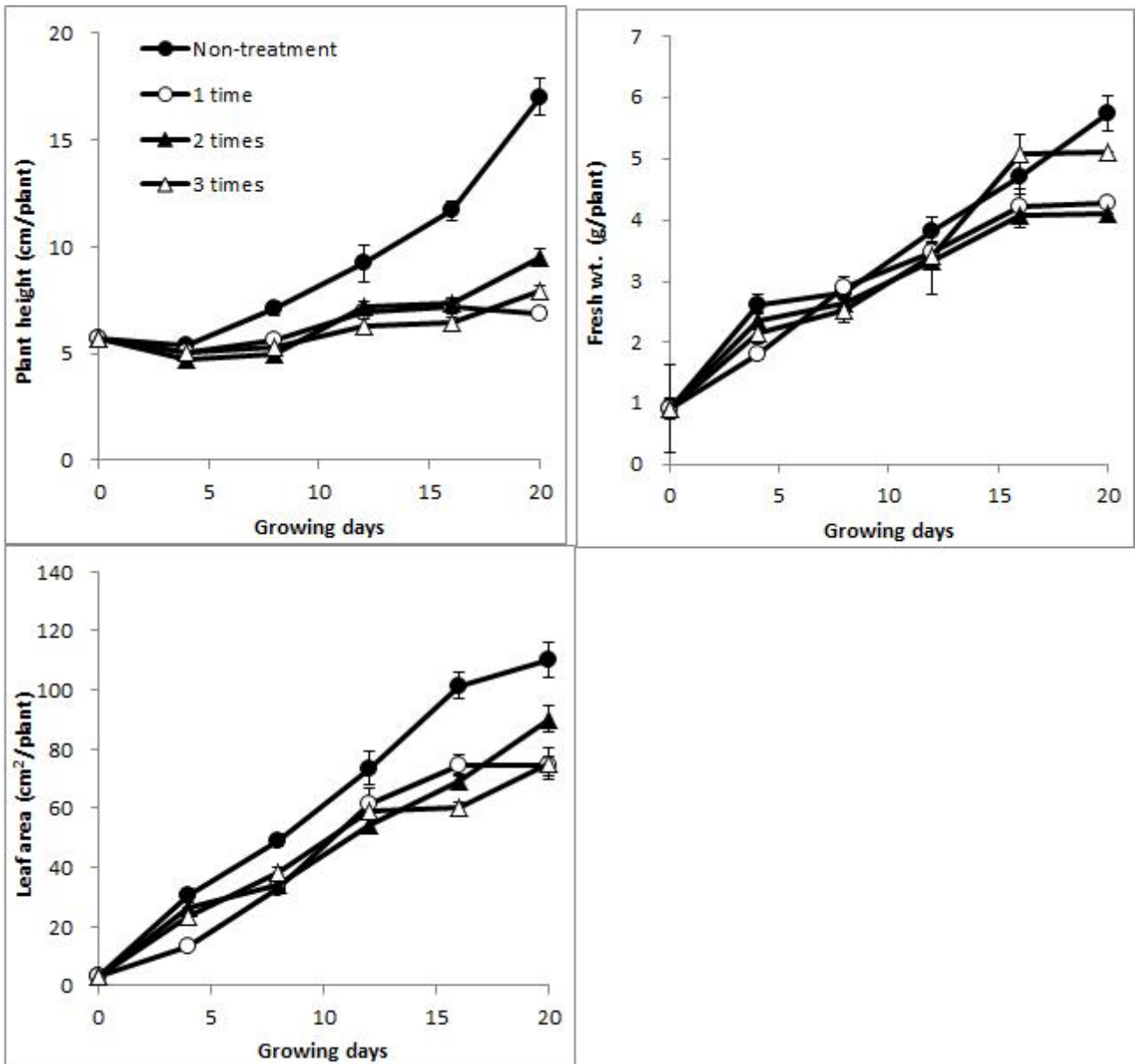


그림 5-22. Diniconazole 처리횟수에 따른 오이 공정묘의 초장, 생체중, 엽면적 변화 (n=12).

20일 간 생육 기간 중 초장은 무처리구에 비해 처리구들에서는 처리 직후부터 뚜렷하게 낮아졌지만, 처리구들간에는 차이를 나타내지 않았다. 생체중은 1회와 3회 처리구에서 처리 직후부터 낮아지는 경향이였다. 엽면적은 무처리구에 비해 처리구에서 1회 처리 후 종료시까지 유의하게 낮아지는 경향을 나타내었는데, 처리농도간에는 차이를 나타내지 않았다(그림 5-22).

기관별 건물중을 보면(표 5-31), 엽 건물중은 3회 처리구에서 유의하게 높았고 다른 처리구들은 무처리구와 유의한 차이를 나타내지 않았다. 줄기 건물중도 3회 처리구에서 유의하게 높았고 다음으로 무처리구, 그리고 1회와 2회 처리구에서 가장 낮았다. 뿌리 건물중도 엽 건물중과 동일한 경향을 나타내었는데, 총건물중도 이와 동일한 결과였다. 이에 S/R율은 3회 처리구에서 유의하게 낮았고 다른 처리구들은 무처리구와 유의한 차이를 나타내지 않았다.

표 5-31. Diniconazole 처리횟수에 따른 오이 공정묘의 건물중과 S/R율.

Treatment times	Dry wt. (g/plant)			S/R ratio
	Leaf	Stem	Root	
Non-treatment	0.24 b	0.123 b	0.078 b	4.6 a
1 time	0.28 b	0.054 c	0.082 b	4.0 ab
2 times	0.24 b	0.089 bc	0.072 b	4.6 a
3 times	0.47 a	0.237 a	0.205 a	3.4 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

20일 동안 생장억제제 처리 횟수별 육묘된 묘의 생장을 분석하였다(표 5-32). 상대생장율은 3회 처리구에서 유의하게 높았고 다른 처리구들간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 엽면적비는 무처리구와 2회 처리구에서 높았고 3회 처리구에서는 상당히 낮은 수준이었다. 엽중비는 1회와 2회 처리구에서 유의하게 높았다. 순동화율은 3회 처리구에서 유의하게 높았다.

표 5-32. Diniconazole 처리횟수에 따른 오이 공정묘의 생장 분석.

Treatment times	RGR ($g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$)	LAR ($cm^2 \cdot g^{-1}$)	LWR ($g \cdot g^{-1}$)	NAR ($g \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$)
Non-treatment	0.063 b ^z	251.6 a	0.541 b	0.275 b
1 time	0.060 b	180.4 b	0.670 a	0.348 b
2 times	0.059 b	225.5 ab	0.598 a	0.285 b
3 times	0.100 a	82.6 c	0.514 b	0.940 a

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

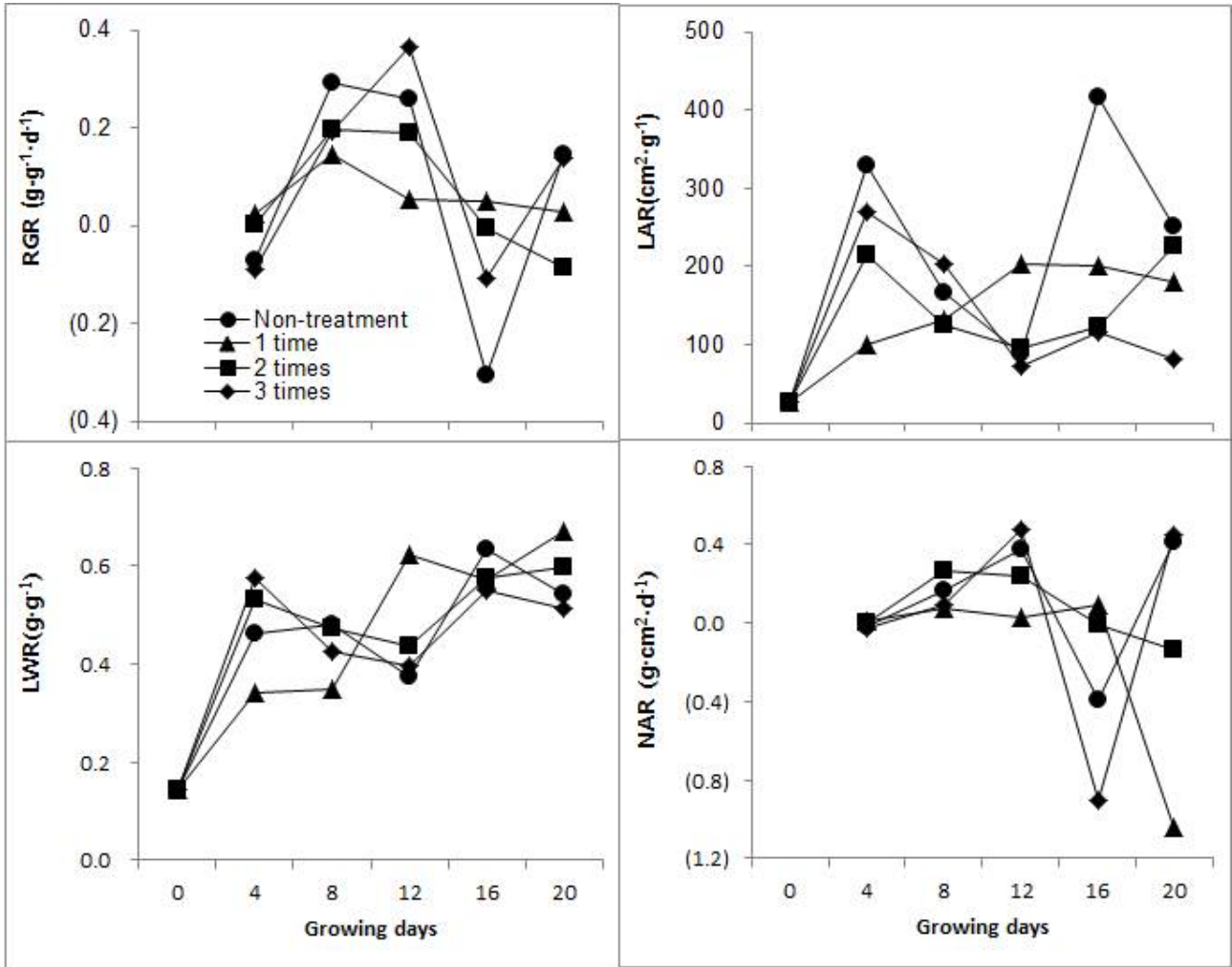


그림 5-23. Diniconazole 처리횟수에 따른 오이 공정묘의 성장 변화 (n=12).

각 생육 특성별로 보면(그림 5-23), 상대성장율은 대부분 초기에 증가, 중반부에 유지, 후반부에 감소 및 증가 경향을 나타내었지만 1회 처리구에서는 초기 증가 이후 꾸준히 소폭으로 감소하는 경향을 나타내었다. 엽면적비는 1회 처리구에서는 중반부까지 꾸준한 증가와 이후 꾸준한 감소가 이루어졌으나, 무처리구와 다른 처리구들은 초기에 모두 급격한 상승과 이후 급격한 하락이 이루어졌다. 이 중 무처리구는 다시 급격한 증가와 하락의 경향을 나타내며 1회와 2회 처리구와 무처리구 간 유사한 수준을 나타내었다. 엽중비는 무처리구와 모든 처리구들에서 초기 증가 후 중반부에 유지, 그리고 후반부에 증가 경향을 나타내었는데, 초기에는 1회 처리구가 가장 낮은 경향이었으나 중반부에 급격한 증가로 가장 높은 수준이었고, 후반부에는 유지하는 수준을 나타내어 모든 처리구가 유사한 수준이었다. 순동화율은 초기와 중기에는 큰 변화가 없는 경향이었던가 후반부 모두 급격히 하강, 또는 하강과 상승을 하는 경향을 나타내었다. 특히, 1회와 2회 처리구는 하강, 무처리구와 3회 처리구는 하강 후 상승을 나타내었다.

(3) 수박

① 적정 처리농도 구명

수박 공정묘 생산시 생장억제제 처리농도에 따라서 대목 생장은 무처리구와 $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서 유의하게 높았고, 접수 생장은 모든 처리구들간 차이를 나타내지 않았다. 이에 초장은 무처리구와 $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서 유의하게 높았고, 접수 비율과 엽면적도 동일한 경향이었던(표 5-34).

기관별 생체중을 보면(표 5-34), 엽의 무게는 가장 높은 농도인 20mg·L⁻¹ 처리구에서 유의하게 낮았지만 줄기무게는 차이를 나타내지 않았다. S/R율은 무처리구에 비해 10mg·L⁻¹ 처리구에서 높았고 다른 처리구들은 낮은 경향이었다.

표 5-33. Diniconazole 처리농도에 따른 수박 공정묘의 초장과 엽면적.

Concentration (mg·L ⁻¹)	Plant height (cm/plant)				Leaf area (cm ²)
	Rootstock	Scion	Total	B/C×100	
Non-treatment	2.9 a ^z	2.0 a	4.9 a	40.4 b	15.6 a
5	2.2 b	1.8 a	3.9 b	44.5 a	13.4 ab
10	2.7 a	1.9 a	4.5 a	41.3 ab	11.2 b
20	2.3 b	1.9 a	4.2 ab	45.0 a	14.3 ab

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 5-34. Diniconazole 처리농도에 따른 수박 공정묘의 기관별 생체중과 S//R율.

Concentration (mg·L ⁻¹)	Fresh wt. (g/plant)			S/R ratio
	Leaf	Stem	Root	
Non-treatment	0.7 a ^z	0.6 a	1.0 b	1.3 b
5	0.8 a	0.6 a	0.7 b	2.1 a
10	0.7 a	0.7 a	1.5 a	0.9 c
20	0.6 b	0.6 a	1.0 b	1.2 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

20일 동안 생장억제제 처리 횟수별 육묘된 묘의 생장을 분석하였다(표 5-35). 상대생장률은 무처리구에서 유의하게 높았고 다른 처리구들간에는 유의한 차이를 나타내었는데 농도가 높을수록 낮아지는 경향이었다. 엽면적비는 상대생장률과 반대의 경향으로 처리농도가 높은 처리구에서 높은 경향을 나타내었다. 엽중비도 농도가 다소 높은 처리구에서 높았고 무처리구에서 낮은 경향을 나타내었다. 순동화율은 5mg·L⁻¹ 처리구에서 유의하게 높았고 이상의 농도 처리구에서는 오히려 감소하였고 무처리구에 비해 이들은 낮았다.

표 5-35. Diniconazole 처리농도에 따른 수박 공정묘의 성장분석.

Concentration (mg · L ⁻¹)	RGR (g·g ⁻¹ ·d ⁻¹)	LAR (cm ² ·g ⁻¹)	LWR (g·g ⁻¹)	NAR (g·cm ⁻² ·d ⁻¹)
Non-treatment	0.079 a ^z	56.1 b	0.308 b	0.578 b
5	0.027 b	41.9 b	0.260 b	0.810 a
10	0.002 c	69.3 ab	0.385 a	0.177 c
20	0.007 c	79.2 a	0.475 a	0.228 c

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

② 적정 처리횟수 구명

수박 공정묘 생산시 생장억제제 처리 횟수에 따라서 대목 생장은 무처리구에 비해 처리구들에서 유의하게 높았고, 접수 생장은 차이를 나타내지 않았다. 이에 초장은 무처리구에 비해 2회 처리구에서 유의하게 낮았고 접수 비율도 낮았다. 엽면적은 무처리구에 비해 처리구들에서 유의하게 낮았다(표 5-36). 기관별 생체중을 보면, 무처리구에 비해 잎과 줄기 무게는 처리구들에서 낮은 경향이었고 뿌리 무게는 높은 경향을 나타내었다. 이에 S/R율은 무처리구에 비해 처리구들에서 유의하게 낮았다(표 5-37).

표 5-36. Diniconazole 처리횟수에 따른 수박 공정묘의 초장과 엽면적.

Treatment times	Plant height (cm/plant)				Leaf area (cm ²)
	Rootstock	Scion	Total	B/C×100	
Non-treatment	2.8 b ^z	18.9 b	21.7 a	87.1 a	123.9 a
2 times	3.4 a	14.1 b	17.5 b	80.5 b	107.0 b
3 times	3.3 a	19.8 b	23.0 a	85.8 a	110.1 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 5-37. Diniconazole 처리횟수에 따른 수박 공정묘의 생체중과 S/R율.

Treatment times	Fresh wt. (g/plant)			S/R ration
	Leaf	Stem	Root	
Non-treatment	5.2 a ^z	2.4 b	1.7 b	4.5 a
2 times	3.0 b	3.8 a	2.1 ab	3.2 b
3 times	4.9 a	2.6 b	2.5 a	3.0 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

20일 동안 생장억제제 처리 횟수별 육묘된 묘의 생장을 분석하였다(표 5-38). 상대생장율은 무처리구와 처리구들간 유의한 차이를 나타내지 않았다. 엽면적비는 무처리구에서 가장 높았고 처리횟수가 많을수록 낮은 수준이었다. 엽중비와 순동화율은 3회 처리구에서 유의하게 높았다.

표 5-38. Diniconazole 처리횟수에 따른 수박 공정묘의 생장 분석.

Treatment times	RGR ($g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$)	LAR ($cm^2 \cdot g^{-1}$)	LWR ($g \cdot g^{-1}$)	NAR ($g \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$)
Non-treatment	0.090 a ^z	200.5 a	0.650 b	0.404 b
2 times	0.088 a	181.6 ab	0.660 b	0.428 b
3 times	0.096 a	157.8 b	0.703 a	0.512 a

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

Diniconazole이 함유된 제품은 토마토, 오이, 수박의 하계육묘시 생장을 억제하는 효과가 뚜렷이 나타났다. 하지만 그 사용량이 육묘장마다 다르기 때문에 기준 마련이 반드시 필요한 실정이다. 공정묘의 생장조정제 처리 후 생장 억제 정도를 고려할 때 작물 모두 $10mg \cdot L^{-1}$ 의 농도로 최대 2회로 제한하여 사용하는 것이 적합할 것으로 생각된다. 하지만 현장의 기상 조건에 따라 작물에 미치는 영향이 달라질 수 있으므로 반드시 주의가 필요하다. 또한 본 제품의 사용 시 부작용으로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 전용약제 등록이 필요한 실정이다.

5. 주요 과채류 공정묘의 생산을 위한 적정 육묘기간과 규격 설정 연구

가. 서언

육묘는 농가에서 자가 생산 또는 작목반 단위의 공동생산 등 소규모의 육묘방법으로 생산되어 왔으나, 1992년 공정육묘장 설치지원사업이 실시되면서 연중 대량생산 및 공급이 가능해졌다 (Lee et al., 2013). 국내 플러그묘를 생산하는 전문 육묘장은 1997년 50개소(20ha)에서 2014년 292개소(195ha)로 육묘장 수는 6배, 면적은 10배가량 크게 증가하였다. 육묘 시장규모도 2010년 1,870억 원에서 2013년 2,420억 원으로 30% 늘어났다(MAFRA, 2014). 지난 15년간 육묘산업시장은 지속적으로 크게 성장하여 채소산업의 한 분야로 자리 잡았다. 공정육묘는 플러그 트레이를 사용하여 파종부터 묘 출하시까지 묘의 생산시기 조절과 생산량 예측이 가능한 육묘시스템으로 규격화된 균일한 소질을 가진 묘 생산을 가능하게 하여 전국에 빠르게 확산되었다(Lee et al., 2013). 공정묘의 확산은 수요의 증가, 채소생산의 주년화, 작목의 다양화를 가져왔고 고품질 묘 생산의 필요성을 증가시켰다. 그러나 공정묘의 생산에 따라 시간과 노력은 절감된 반면, 자동화에 따른 높은 시설 및 설비 비용과 숙련된 기술이 투여되며 묘의 생산과 관리에 더 많은 주의가 필요하게 되었다 (RDA, 2013). 최근에는 공정육묘가 채소묘의 20%를 차지할 만큼 급격히 성장하고 있는 추세 (KREI, 2011)로 육묘산업이 분업화, 전문화되면서 시설재배의 규모 또한 비약적으로 발전하고 있으나 작목마다 묘소질의 규격 설정이 체계화되지 않았다. 대부분 농가의 경험과 관행육묘에 따르고 있으며, 육묘장의 환경이나 지역적인 특성에 따라 유통되는 묘의 소질이 차이를 나타내기도 한다.

시설이 낙후된 생산 농가에서는 생산량을 증가시키기 위해 밀식재배가 이루어져 묘소질이 저하되기도 한다. 특히 플러그 육묘시 육묘 특성상 밀식환경이 조성되기 쉬우므로 도장되지 않도록 적정 육묘기간을 결정하는 것은 정식 후의 초세 안정과 수량 확보, 그리고 농가소득 안정화 측면에서 중요하다.

나. 재료 및 방법

(1) 주요 과채류의 육묘기간 구명

전북 정읍에 위치한 공정육묘장에서 묘를 구입하여 사용하였다. 파종일은 정식일을 미리 정한 후 처리마다 역산하여 결정하였다. 작물별 육묘기간 설정은 전북에서 관행적인 육묘기간을 기준으로 짧거나 길게 처리하였다.

표 5-39. 작물별 육묘기간 처리 내용.

Crop	Raising seedling period (days)
Tomato	40, 45, 50, 55, 60
Chili pepper	45, 55, 65, 75, 85
Cucumber	30, 35, 40, 45, 50, 55
Watermelon	40, 45, 50, 55, 60, 65

육묘기간별 생산된 묘를 원광대학교 실습 포장에 위치한 660m²(200평) 크기의 하우스 내에서 정식하였다.

(2) 동일 육묘기간 내 묘 크기에 따른 생육차이

작물별로 동일한 육묘기간(관행적 육묘기간) 동안 자란 플러그 트레이에서 L, M, S 크기로 분류하여 위의 시험과 동일하게 정식하였다.

(3) 조사항목 및 방법

생육조사는 정식 전에 작물 및 처리별로 10-15주씩 랜덤으로 조사하였고, 정식 후 작물 및 처리당 5-12주씩 랜덤으로 선별하여 2주 간격으로 생장 특성을 조사하였다.

수집된 자료는 SPSS 프로그램(Version 19.0, SPSS Inc., Chicago, USA)과 엑셀 소프트웨어(MS Office 2010, MS사, USA)를 사용하여 분석하였다. 실험 1은 설문조사한 데이터 중 일정 범위로 답변한 수치에 대해서는 중간 값을 사용하였으며 플러그 셀에 따른 육묘기간 차이를 알아보기 위해 독립표본 t-test를 실시하였다. 유의차 검증은 ANOVA(analysis of variance) 분석을 통하여 5% 유의수준에서 Duncan의 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)으로 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 토마토

(가) 육묘기간 및 묘 크기 구명

육묘기간에 따른 정식 전 토마토 생육 상황을 살펴보면 표준묘인 50일 묘를 기준으로 육묘기간이 짧은 것에 비해 육묘기간이 길수록 초장, 마디, 엽면적, 꽃 수, 과실 수 등이 증가하는 경향을 나타냈다(표 5-40). 그러나 육묘기간이 가장 길었던 60일 묘에서는 마디 수와 과실 수를 제외하고는 55일 묘에 비해서 감소하는 경향을 나타냈다.

토마토묘의 생체중 및 건물중은 육묘기간이 긴 묘일수록 무거웠고(표 5-41), Yu et al.(2002)의 연구에서도 오이 접목묘의 건물중은 육묘기간이 길수록 증가한다고 보고되었다. S/R율은 45일 묘가 가장 높고 육묘기간이 길수록 감소하는 경향이였다. 이러한 차이는 뿌리 건물중과 S/R율을 고려할 때 유엽의 생성에 따른 옥신 생성량에 따른 영향인 것으로 생각된다. 옥신의 생장을 촉진하는 최적 농도는 기관에 따라 다르며 옥신이 최적 농도 이상에서는 줄기신장을 억제하며 반대로 줄기의 생장이 촉진되는 농도에서 뿌리의 생성이 억제된다(Taiz and Zeiger., 2010).

45일 처리구에서는 발아 후 1차 줄기 생장과 잎의 확장 단계로 뿌리부로의 옥신 이동량이 적었고, 60일 처리구에서는 1차 줄기 생장과 잎의 확장, 그리고 옥신 이동에 따른 뿌리 발육 촉진이 끝나고 다시 2차 줄기 생장과 잎의 확장 단계로 진입하였기 때문으로 생각된다. 나머지 처리구들은 뿌리부로의 옥신 이동에 의해 뿌리 발육이 활발한 단계로 생각된다.

표 5-40. 육묘기간에 따른 토마토 공정묘의 생육 특성.

Raising seedling period (days)	Plant height (cm)	Node (no.)	Leaf area (cm ²)	No. of flowers	No. of fruits
40	22.6 c ^z	8.2 d	189.5 c	5.8 c	0.0 b
45	25.6 b	8.6 cd	171.8 c	6.1 c	0.0 b
50	25.0 b	8.9 c	213.5 b	8.5 b	0.0 b
55	29.5 a	9.8 b	258.8 a	11.7 a	0.4 a
60	28.4 a	10.4 a	243.2 a	7.4 bc	1.4 a

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 5-41. 육묘기간에 따른 토마토 공정묘의 생체중, 건물중, S/R율.

Raising seedling period (days)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		S/R ratio
	Shoot (A)	Root (B)	Shoot (A)	Root (B)	
40	13.7 c ^z	1.5 d	0.4 d	0.1 c	4.0 ^y
45	13.0 c	1.9 c	0.5 cd	0.1 c	5.0
50	16.5 b	2.2 bc	0.7 b	0.2 b	3.5
55	18.8 a	2.7 a	0.8 a	0.2 a	4.0
60	16.3 b	2.4 b	0.6 bc	0.2 b	3.0

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

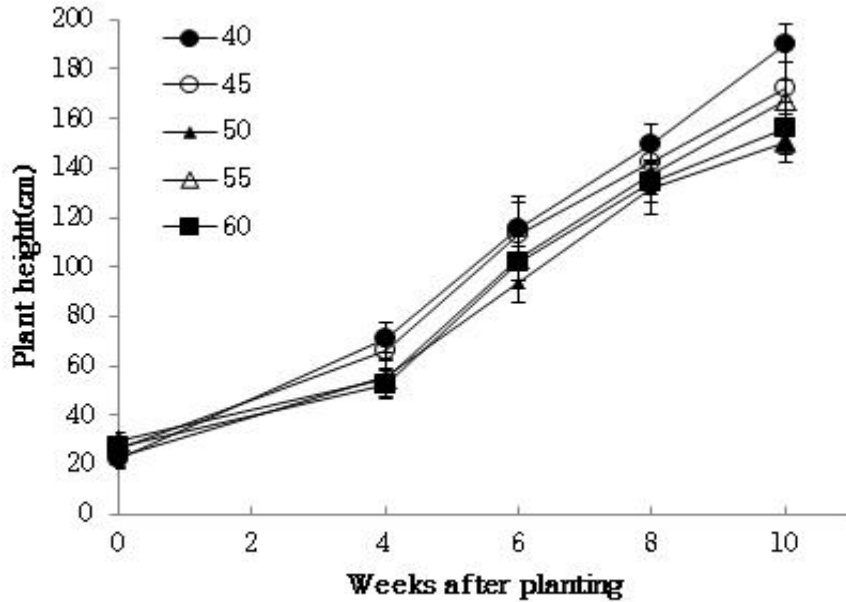


그림 5-24. 육묘기간에 따른 토마토 공정묘의 초장 변화(n=10).

육묘기간에 따라 정식 후 10주 동안의 토마토묘의 초장을 조사한 결과 육묘기간의 기간이 가장 짧은 40일 묘 처리구에서 다른 모든 처리구들에 비해 초장생장이 촉진된 것으로 나타났다(그림 5-24). 표준 육묘기간인 50일 묘보다 육묘기간이 짧은 40, 45일 묘에서 초장생장이 촉진되었는데 어린묘일수록 정식 초에 초장생장이 빨라졌다는 Kim et al.(1999b)의 연구결과와 비교하였을 때 전체적인 생육은 어린 묘를 정식할수록 양분과 수분이 충분하고 광의 경합이 없는 상태에서 영양생장이 활발하여 뿌리의 활착률이 좋아(Leskorvar et al., 1991) 초장생장에 영향을 준 것으로 생각된다.

육묘기간에 따른 토마토 엽수, 줄기직경, 엽면적은 육묘기간이 짧을수록 값이 증가하였다(표 5-42). 모든 특성이 40일 묘에서 가장 우수하였고 60일 묘에서 가장 저조하였다.

그림 5-42. 육묘기간에 따른 토마토 공정묘의 정식 후 생육 특성.

Raising seedling period (days)	No. of leaves	Stem diameter (mm)	Leaf area (cm ² /plant)
40	28.0 a ^z	12.72 a	9,897.4 a
45	27.3 a	12.45 a	7,055.2 b
50	22.0 c	11.39 b	4,941.1 c
55	24.1 b	10.75 b	5,027.3 c
60	22.1 c	9.48 c	4,914.3 c

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

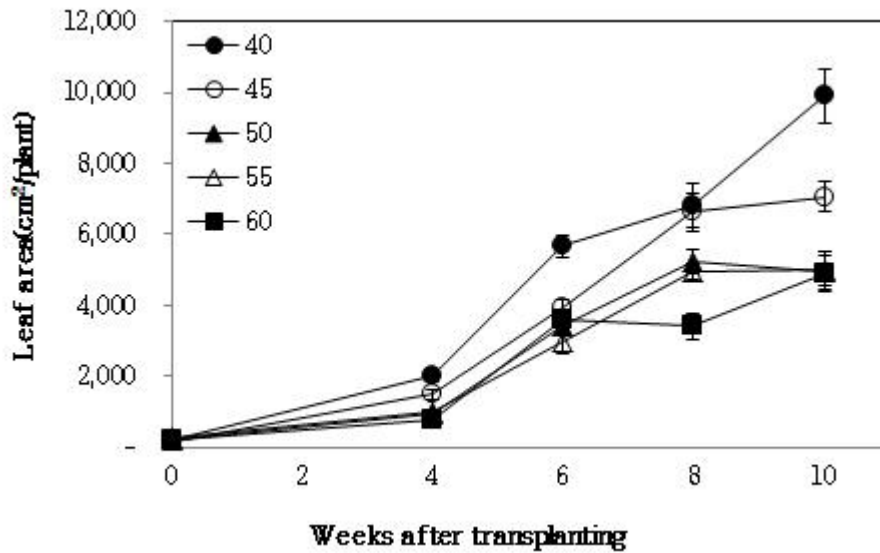


그림 5-25. 육묘기간에 따른 토마토 공정묘의 정식 후 엽면적 변화 (n=10).

특히, 정식 후 4주째의 결과에서 표준 육묘기간인 50일 묘와 비교해서 육묘기간이 짧은 40일 묘와 45일 묘에서 엽면적이 현저하게 높았다(그림 5-25). 표준 육묘기간인 50일 묘와 비교해서 40, 45일 묘에서 엽면적 생산이 현저하게 높은 반면에 나머지 다른 처리구와 비교할 때 유의성의 차이를 나타내지 않았다. 정식 후 10주까지 육묘기간이 40일에서 엽면적 생산이 높은 것은 육묘기간이 짧았던 처리구들에서 정식 후 뿌리 활착이 빨랐고 이에 따라 양·수분 흡수 및 이용 효율이 높았던 것으로 생각된다. 정식 후 육묘기간이 짧은 육묘기간에서 영양생장이 왕성하다고 한 결과와도 일치한다(Choi et al., 2002; Huang et al., 1999). 고추의 육묘기간에 따라 정식 후 생육 후기에는 육묘기간이 긴 처리구에서 작물생장속도(CGR)가 둔화되었고(Shin, 1997), 착색 단고추에서는 8-14주 육묘기간 처리구들 중 짧은 것에서 정식 후 엽면적, 초장, 측지수 등이 많은 것으로 나타났다(Ibrahim et al., 2013). 그러나 오이 접목묘의 정식 후 조사에서 육묘기간이 긴 묘를 사용할 때 생육이 좋았다고 한 Yu et al.(2002)의 결과와는 다른 결과를 보였는데 이는 작물 및 시기별 육묘방법에 대한 차이에서 비롯된 것으로 생각된다.

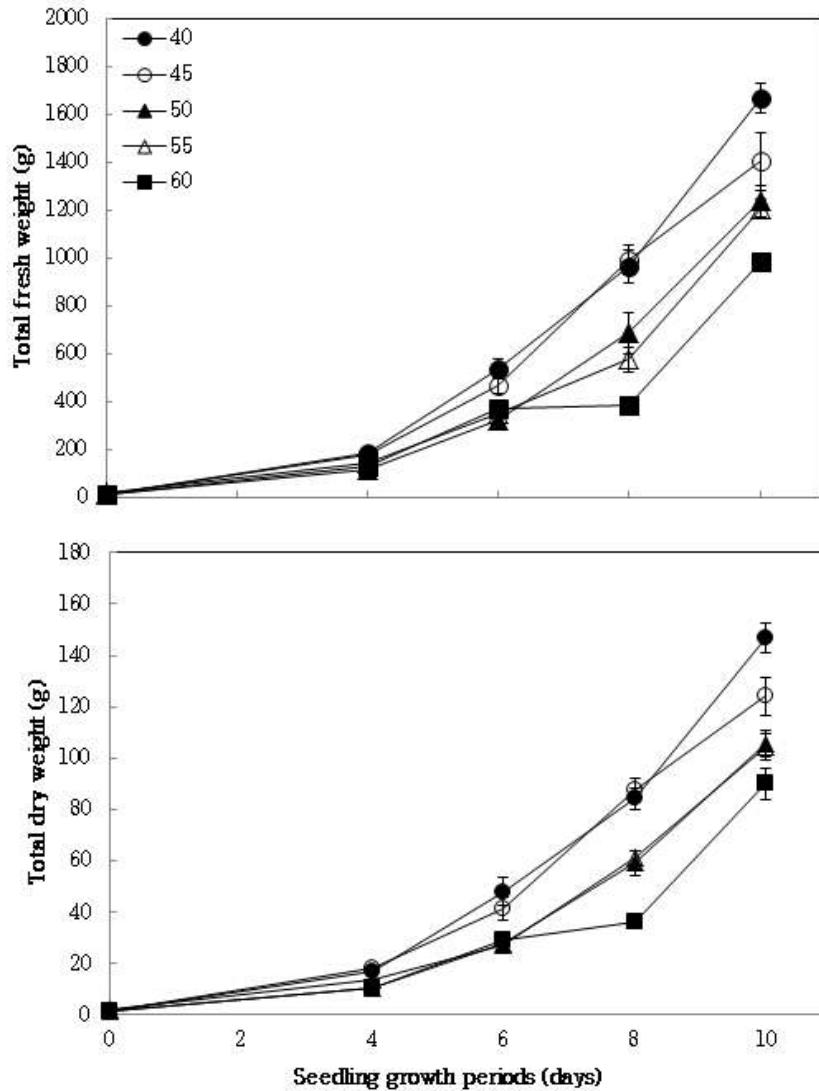


그림 5-26. 육묘기간에 따른 토마토 공정묘의 정식 후 총생체중과 건물중 변화(n=10).

육묘기간에 따라 정식 후 10주째에 토마토의 생체중 및 건물중을 조사한 결과(그림 5-26), 생체중과 건물중은 육묘기간이 짧은 육묘일수록 유의하게 높았다. 육묘기간이 짧을수록 정식 후 초기에 양·수분 흡수가 원활히 되어 초장 및 줄기 직경, 엽면적의 증가 등 영양생장이 잘 이루어진 것으로 생각된다.

육묘기간에 따른 정식 후 10주 동안 착과된 토마토의 무게변화는 정식 후 4주째까지는 육묘기간이 길수록 과실의 무게가 증가하였으며 육묘기간이 60일인 묘에서 가장 무거웠다(표 5-43). 정식 후 6주째는 표준일수의 묘가 다른 처리구보다 현저하게 토마토 과실 무게가 낮았으나 정식 후 8주째는 육묘기간이 짧은 40일 묘와 45일 묘에서 가장 무거웠고 육묘기간이 길수록 과실의 무게가 가벼웠다. 10주째에 토마토 과실의 무게는 처리간에 통계적인 유의성이 나타내지 않았다.

표 5-43. 육묘기간에 따른 토마토 공정묘의 정식 후 착과 특성.

Raising seedling period (days)	Total weight of fruit set(g/plant)			
	4 th week	6 th week	8 th week	10 th week
40	5.7 b ^z	64.1 ab	470.8 a	952.2 a
45	26.9 ab	92.3 ab	462.8 a	827.0 a
50	24.0 ab	45.8 b	288.3 b	820.3 a
55	57.1 a	134.6 a	205.8 bc	786.3 a
60	65.8 a	87.3 ab	144.1 c	653.0 a

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

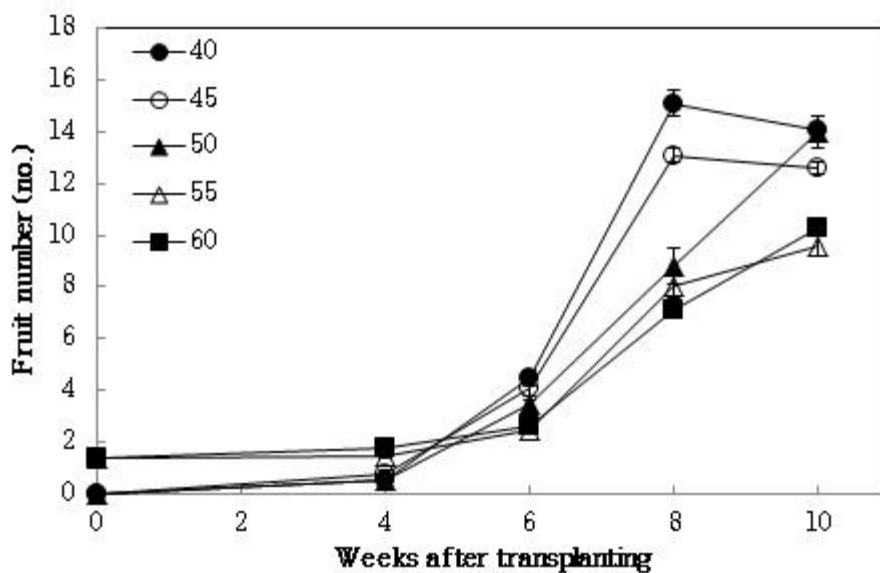


그림 5-27. 육묘기간에 따른 토마토 공정묘의 정식 후 착과 수 변화(n=10).

육묘기간에 따라 생산된 토마토묘를 정식한 후 착과 수 변화를 살펴보았다(그림 5-27). 총 착과 수는 40-45일 묘의 경우 초기에는 적었으나 갈수록 높아졌으며 육묘기간이 길수록 총 착과 수는 감소하는 경향을 보였다. 즉, 육묘기간이 짧은 묘는 엽수가 적어 화뢰가 출현하지 않은 상태이며(Kim et al., 1999b), 어린묘의 영양생장의 촉진에 따라 상대적으로 초기에 수량이 떨어진다고 하였는데(Huang et al., 1999)은 어린 묘는 초기 착과 수는 증가하지만 중기 이후는 차이가 없거나 감소한다는 Kemble et al.(1994)의 연구결과와 일치하는 경향을 보였다.

(나) 동일한 플러그 트레이 내 묘 사이즈별 정식 후 생육

동일 육묘기간에서의 토마토묘의 기준을 설정하고자 동일하게 40일 동안 육묘한 묘의 초장을 기준으로 하여 L, M, S로 크기를 나누어 분류하고 정식 전의 묘의 특성을 분석하였다(표 5-44). 정식 전 묘의 균일도는 판별한 기준이 되었던 초장과 엽수 외에도 엽면적에서 유의한 차이를 나타내었다. 그러나 나머지 경경, 마디 수, 엽록소, 생체중, 건물중 등은 크기별로 유의한 차이가 없었다.

표 5-44. 동일한 기간 동안 양성된 묘의 사이즈별 구분.

Seedling size	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Node (No.)	Chlorophyll (SPAD)
S	22.0 c ^z	4.7 a	7.7 b	44.7 a
M	23.7 b	4.7 a	8.1 ab	42.8 a
L	25.5 a	4.7 a	8.7 a	44.7 a

Seedling size	Leaf area (cm ²)	LAR (cm ² ·g ⁻¹)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
S	129.0 b	141.0 a	9.8 a	0.9 a
M	124.0 b	137.5 a	10.5 a	0.9 a
L	163.6 a	142.7 a	12.8 a	1.2 a

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

정식 후 8주간 육묘한 토마토묘의 특성을 조사하였다(표 5-45). 토마토묘의 초장, 마디 수, 엽면적에서는 크기별 묘의 특징이 유의하게 나타나지 않았다. 그러나 생체중, 건물중에서는 크기의 규격이 클수록 다소 높은 경향을 나타내었다. 식물의 동화작용 능력은 곧 광합성 능력이므로 동화작용이 이루어지는 엽을 측정하는 요소인 엽면적이 클수록 활발한 동화작용에 의한 건물 생산능력이 높아지게 되는데 엽면적은 크기가 클수록 값이 커졌으나 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 8주째인 최종 조사에서는 생체중과 건물중에서는 크기가 클수록 값이 높았고 유의한 차이를 나타냈다. 그러나 엽면적을 식물체 전체 건물중으로 나눈 값인 LAR과 단위 엽건물중 당 엽면적을 나타낸 SIA에서는 유의적인 차이는 없었다.

표 5-45. 동일한 기간 동안 양성된 묘의 사이즈별 정식 8주 후 생육 특성.

Seedling size	Plant height (cm)	Node (no.)	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	LAR (cm ² ·g ⁻¹)	SLA (cm ² ·g ⁻¹)
S	165.9 a ^z	22.6 a	3,423.7 a	708.4 b	121.2 b	28.4 a	46.3 a
M	167.4 a	21.9 a	3,696.7 a	871.7 a	134.2 ab	26.5 a	37.7 a
L	169.5 a	22.0 a	4,198.2 a	986.4 a	157.4 a	27.0 a	39.2 a

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

토마토의 수확량은 크기가 큰 L 사이즈 묘에서 다소 많았으나 과실 생체중은 유의한 차이가 없었다. 과실 건물중은 크기가 클수록 높게 나타났으나 과실 건물중은 유의적인 차이는 없었다. 즉 정식 직후와는 달리 정식 8주 후 초장과 엽면적은 차이를 나타내지 않았고 과실의 건물생산능력 및 광합성산물의 과실로의 분배율은 크기가 큰 처리구에서 유의적인 값을 보였다.

표 5-46. 동일한 기간 동안 양성된 묘의 사이즈별 정식 8주 후 생육 특성.

Seedling size	No. of fruits (ea)	Fruit fresh weight (g)	Fruit dry weight (g)	Fruit dry mass (%)
S	8.4 b ^z	840.1 a	28.4 b	23.2 a
M	10.9 b	1,020.8 a	38.2 ab	26.8 a
L	13.8 a	1,038.9 a	42.7 a	27.7 a

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

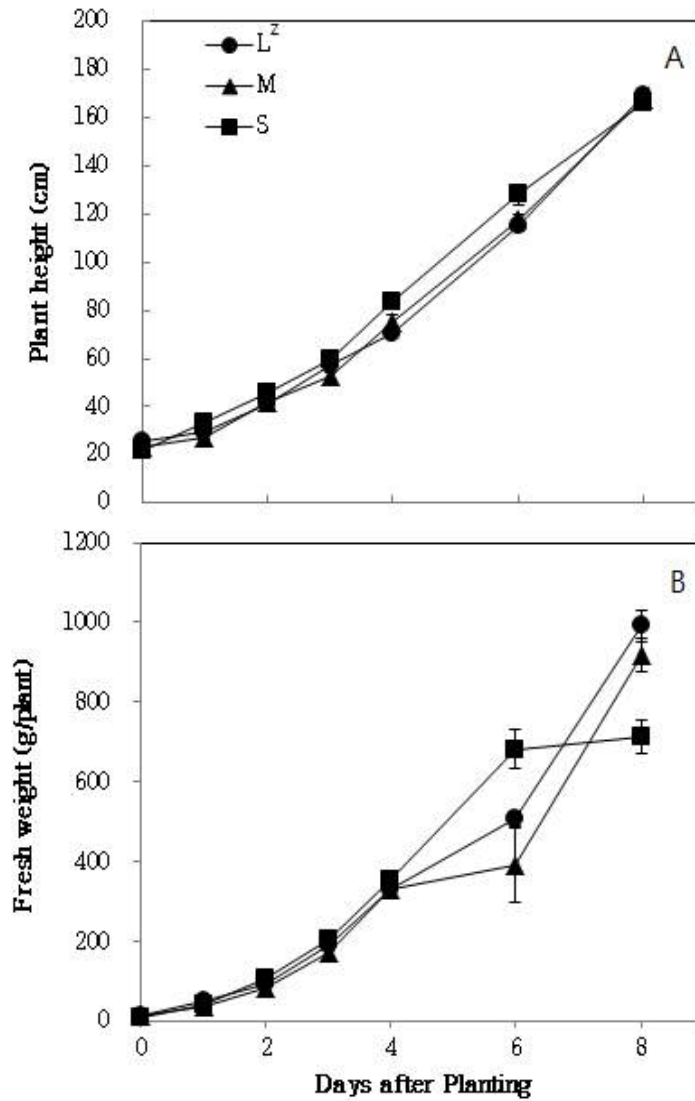


그림 5-28. 동일한 기간 동안 양성된 묘의 사이즈별 정식 후 초장과 생체중 변화(n=5).

정식 8주간 생육에 따른 토마토묘의 초장과 생체중의 변화를 살펴보았다(그림 5-28). 식물 초장은 정식 후 초반부터 사이즈 간 차이를 나타내지 않았다. 생체중은 4주째까지 차이를 나타내지 않다가 6주째 조사에서 S 사이즈 묘에서 높아졌지만 후반부 증가량이 거의 없었다. 반면 M과 L 사이즈 묘에서는 후반부 생체중이 크게 증가하였다.

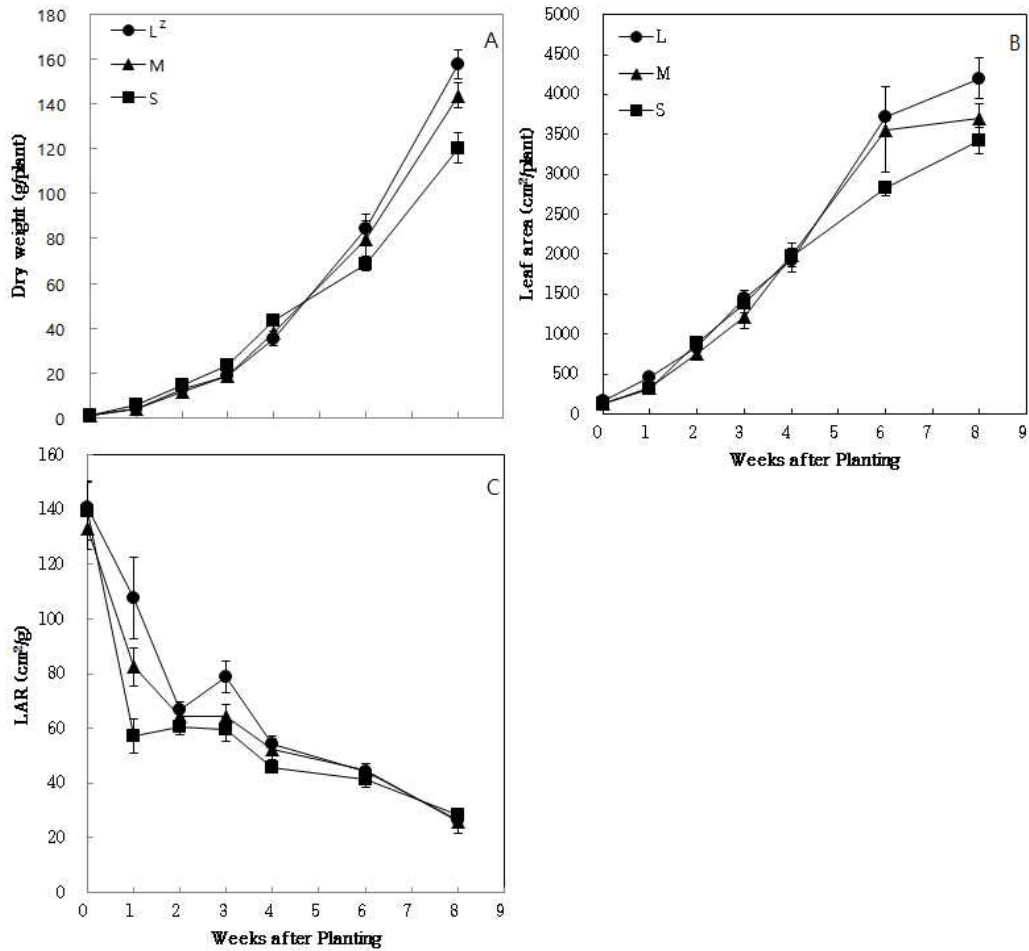


그림 5-29. 동일한 기간 동안 양성된 묘의 사이즈별 정식 후 건물중, 엽면적, 엽면적비 변화(n=5).

건물중과 엽면적, 엽면적비는 6주 이후부터 오히려 L 사이즈 묘에서 더 높았고 엽면적비는 초반에 L 사이즈 묘에서 높다가 생육이 진행되면서 세 처리 모두 비슷한 경향을 보였다.

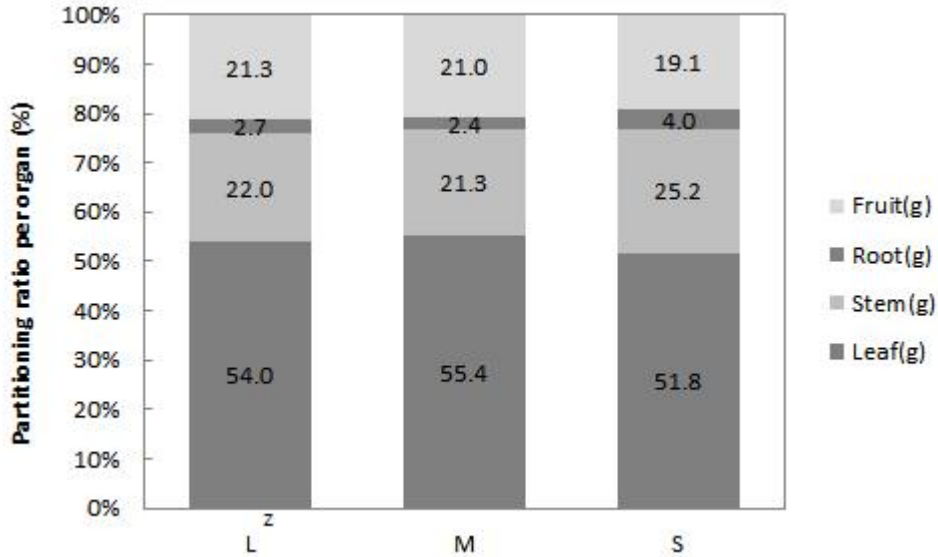


그림 5-30. 동일한 기간 동안 양성된 묘의 사이즈별 정식 후 동화산물 분배(n=5).

정식 8주후 건물중에서의 기관 분배율을 측정한 결과(그림 5-30), L과 M 사이즈 묘에서 잎, 과실로의 분배율이 높았다. 기관별 건물 분배율은 과실로의 분배가 높아지면 뿌리, 잎, 줄기로의 건물 분배는 감소한다고 하였는데(Gonzalez-Real et al., 2008), S 사이즈 묘는 낮은 건물중에 비해 기관별 건물 분배율은 과실로의 분배율은 적는데 비해 지상부와 지하부로의 건물 분배율은 높았다. 또한, 6주 이후의 높은 엽면적비를 유지했던 L 사이즈 묘에서는 건물생산율이 다른 처리구에 비해 높았지만 S 사이즈 묘에 비해 비교적 과실 및 잎으로 고른 분배가 이뤄졌었던 것으로 보인다.

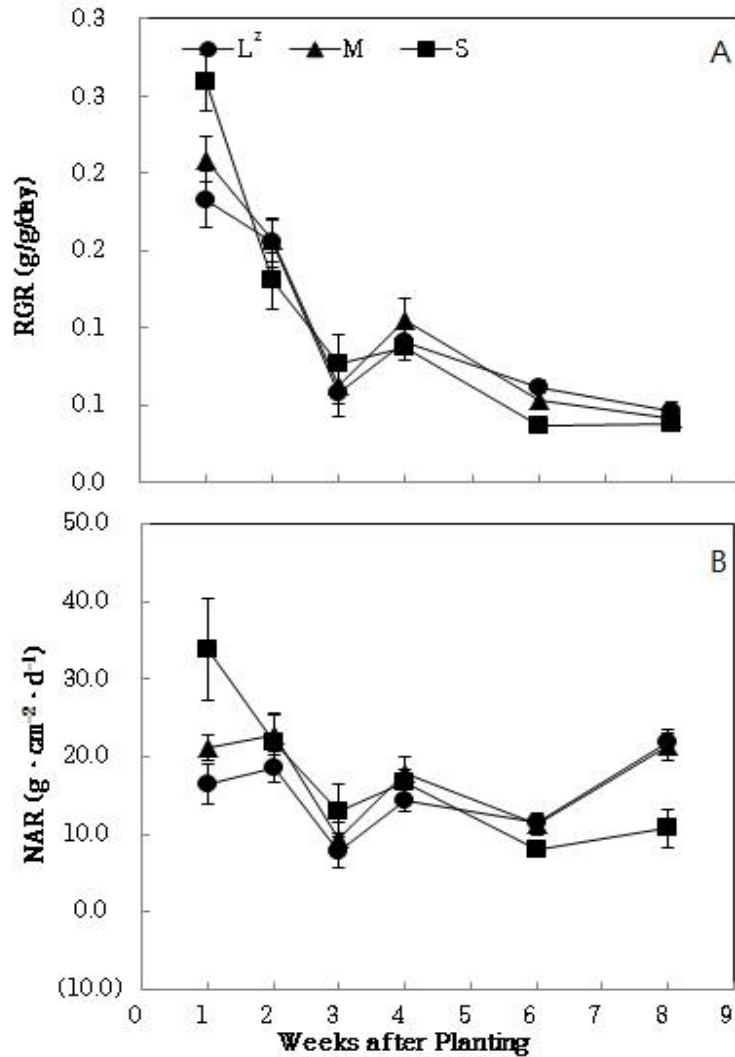


그림 5-31. 동일한 기간 동안 양성된 묘의 사이즈별 정식 후 상대생장률과 순동화율 변화(n=5).

정식 8주간의 상대생장율, 순동화율의 평균값을 나타내었다(그림 5-31). 건물 1g당 1일 건물증가율을 나타내는 상대생장율과 잎 1cm² 당 1일 건물생산능력을 나타내는 순동화율은 모두 초반에는 S 사이즈 묘에서 컸으나 생육이 진행되면서 그 차이는 줄어들고 6주 이후는 L 사이즈 묘에서 높게 나타난 경향이였다. 상대생장율과 순동화율은 육묘 전반기가 후반기보다 높게 나타나므로 (Leskovar et al., 1991) 점차 생육이 진행되면서 크기 간 차이는 더 줄어들고 상대생장율과 순동화율은 더 낮아질 것으로 생각된다.

정식 8주부터 15주까지 수확한 크기별 성숙과의 주당 수확과수, 주당 수확량, 평균과중을 조사하였다(표 5-47). 수확과의 평균과중은 M 사이즈 묘에서 196.3g이었고 L 사이즈 묘에서 182.9g, S 사이즈 묘에서 181.5g으로 비슷하였다. 총 생산한 주당 수확과 수는 L과 M 사이즈 묘에서 주당 26개로 동일하였고 S 사이즈 묘에서는 주당 24개로 다소 적었다.

표 5-47. 동일한 기간 동안 양성된 묘의 사이즈별 정식 후 생산된 과중, 착과 수 및 생산량.

Seedling size	Fruit weight (g/plant) (A)	Fruit number (no/plant) (B)	Yield (g) (A×B)
L	182.9 a	26 a	4,755 a
M	196.3 a	26 a	5,104 a
S	181.5 a	24 a	4,356 a

이처럼 동일 육묘기간의 작물은 정식 후 생산성에 큰 차이를 주지 않으므로 육묘기간을 공정묘 규격의 한 기준으로 사용하여도 생육 및 생산성과는 관계가 없는 것으로 파악된다. 본 연구결과에서 동일 육묘기간에서의 크기의 크기에 따른 초기생육 및 초기 생산성의 차이는 크지 않았지만, 이전의 연구 결과에서 정식 후 차이를 나타내지 않은 육묘기간 범위를 고려하면 묘소질의 일부 범위 차이에 따른 생산성 차이는 정식 후 재배 관리 기술이나 근권부 확장 정도에 따라 영향을 줄 수 있을 것으로 여겨진다.

일반적으로 식물체에서 생산된 동화산물을 이용하고 이동·분배를 조절하는 sink는 크기와 활성도에 따라 그 이용성이 달라진다. 식물의 생육에 관여하는 다양한 환경적 요인은 sink strength에 영향을 줄 수 있으며(Marcelis, 1996; Andersen, 2003; Aranjuelo et al., 2011), Kim(2015)은 균일한 묘일수록 기계화작업이 용이하고 생산성이 높다고 하였으므로 적정한 육묘기간에 생산된 균일한 묘의 생산은 토마토 공정묘의 초기 생육과 수확량에도 영향을 끼칠 것으로 생각된다.

(2) 고추

(가) 육묘기간 및 묘 크기 구명

육묘기간에 따른 정식 전 고추의 생육은 육묘기간이 길수록 초장, 마디, 엽면적, 개화 및 과실 수 등이 증가하는 경향을 나타냈다(표 5-48). 고추의 일반적인 육묘기간은 65일 정도 소요된다. 표준 육묘기간보다 육묘기간이 길면 고추 생체중과 건물중에서 월등한 생장의 효과를 보인 반면에 육묘기간이 짧을수록 생육, 생체중 및 건물중에서 낮은 경향을 보였다.

표 5-48. 고추 공정묘의 육묘기간에 따른 정식 전 생육 특성.

Raising seedling period (days)	Plant ht. (cm)	Internode (no.)	Leaf area (cm ²)	Flower (no.)
45	18.1 e ^z	8.0 c	77.1 d	0.0 b
55	21.0 d	8.7 b	105.1 c	0.0 b
65	22.8 c	9.0 b	105.3 c	1.2 a
75	28.0 b	9.7 a	132.0 b	1.0 a
85	35.6 a	10.0 a	166.5 a	0.7 a

Raising seedling period (days)	Fruit (no.)	Fresh wt. (g)		Dry wt. (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
45	0.0 c	4.3 e	1.7 d	0.5 d	0.1 d
55	0.0 c	5.9 d	3.2 c	0.8 c	0.3 c
65	0.9 b	7.3 c	3.9 b	1.2 b	0.5 b
75	0.6 b	8.7 b	4.4 a	1.3 b	0.5 b
85	2.4 a	17.7 a	4.6 a	2.4 a	0.5 a

Each value is the mean of ten plants per treatment.

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

정식 전 경우 표준 육묘기간보다 육묘기간 85일 묘에서 고추의 초장 성장량의 효과를 나타냈으나 정식 이후부터 10주까지의 실험에서의 육묘기간이 짧은 40일 묘와 55일 묘에서 다른 처리구들에 비해 초장 가장 높았다(표 5-49). 표준 육묘기간인 65일 묘보다 육묘기간이 짧은 45, 55일 묘에서 초장 성장 촉진되었다. 토마토와 비슷하게 어린 묘를 정식 할수록 양분과 수분이 충분하고 광의 경합이 없는 상태에서 식물체가 발육하였기 때문으로 사료가 된다.

표 5-49. 고추 공정묘의 육묘기간에 따른 정식 후 초장변화.

Raising seedling period (days)	Plant height (cm)				
	Weeks after transplanting				
	0	4	6	8	10
45	18.1 e ^z	57.8 a	76.9 a	107.0 a	113.6 a
55	21.0 d	50.6 b	77.5 a	108.6 a	107.8 ab
65	22.8 c	46.9 c	70.1 b	89.8 bc	93.7 d
75	28.0 b	51.2 b	71.4 b	95.5 b	103.1 bc
85	35.6 a	53.7 b	72.4 b	85.8 c	98.1 cd

Each value is the mean of ten plants per treatment.

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

육묘기간에 따른 고추의 엽면적을 살펴보면 정식 전에 육묘기간이 길면 길수록 엽면적이 증가하였다. 그러나 정식 후 4주째의 결과에서 육묘기간이 짧은 45일 묘에서 엽면적 생산이 현저하게 높은 반면에 나머지 다른 처리구에서 통계적인 유의성 차이를 나타내지 않았다(표 5-50). 정식 후 6주째는 처리간에 차이를 보이지 않았다. 정식 후 8 주째도 육묘기간이 45일에서 엽면적 생산이 높았다. 토마토와 유사하게 짧은 육묘기간에서 엽면적 생산이 높았다.

표 5-50. 고추 공정묘의 육묘기간에 따른 정식 후 엽면적 변화.

Raising seedling period (days)	Leaf area (cm ² /plant)				
	Weeks after transplanting				
	0	4	6	8	10
45	77.1 d ^z	895.0 a	2,395.5 a	6,204.1 a	7,295.0 a
55	105.1 c	568.2 b	2,652.8 a	6,363.7 a	4,802.0 bc
65	105.3 c	533.9 b	2,052.4 a	3,594.7 bc	4,339.8 c
75	132.0 b	570.4 b	2,449.3 a	4,959.1 ab	6,574.3 ab
85	166.5 a	642.7 b	2,101.2 a	3,056.4 c	4,927.4 bc

Each value is the mean of ten plants per treatment.

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

정식 전 고추의 육묘기간이 길수록 경경이 두꺼웠고 정식 후는 10주 동안의 줄기의 직경을 보면 어린 육묘기간에서 두꺼운 상태를 보였다. 정식 후 6주째를 제외하고 대부분 측정기간에 육묘기간이 45일 묘에서 줄기의 직경이 두꺼운 경향을 보였다(표 5-51).

표 5-51. 고추 공정묘의 육묘기간에 따른 정식 후 줄기직경 변화.

Raising seedling period (days)	Stem diameter (mm)				
	Weeks after transplanting				
	0	4	6	8	10
45	3.4 e ^z	8.5 a	10.5 a	16.1 a	18.8 a
55	3.7 d	7.9 abc	11.4 a	16.0 a	15.4 bc
65	4.0 c	7.3 c	10.3 a	13.1 bc	14.9 c
75	4.7 a	8.3 ab	11.0 a	14.3 b	17.2 ab
85	4.4 b	7.8 bc	10.4 a	12.3 c	15.3 c

Each value is the mean of ten plants per treatment.

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

육묘기간에 따른 총 고추의 생체중의 증가를 살펴보면 육묘기간이 짧고 정식 후 재배기간이 길수록 생체중이 현저하게 증가한 반면에 표준 육묘기간인 65일 묘보다 육묘기간이 길수록 생체중이 비슷하거나 감소하는 결과를 나타냈다(표 5-52).

표 5-52. 고추 공정묘의 육묘기간에 따른 정식 후 생체중 변화.

Raising seedling period (days)	Total fresh weight (g/plant)				
	Weeks after transplanting				
	0	4	6	8	10
45	4.3 e ^z	89.1 ab	294.4 ab	903.2 a	1,287.6 a
55	5.9 d	82.01 b	340.5 a	839.3 a	815.1 b
65	7.3 c	72.92 b	279.0 abc	494.7 bc	751.9 b
75	8.7 b	85.33 ab	267.8 bc	555.4 b	1,105.7 a
85	17.7 a	101.79 a	218.6 c	377.6 c	785.7 b

Each value is the mean of ten plants per treatment.

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

육묘기간에 따른 총 건물중의 증가를 살펴보면 육묘기간이 짧고 정식 후 재배기간이 길수록 건물중이 증가하고 반대로 육묘기간이 길수록 감소하는 경향을 나타냈다. 육묘기간이 짧은 45일 묘에서 초장, 엽면적, 생체중의 증가로 건물중도 증가하는 결과를 나타냈다(표 5-53).

표 5-53. 고추 공정묘의 육묘기간에 따른 정식 후 건물중 변화.

Raising seedling period (days)	Total dry weight (g/plant)				
	Weeks after transplanting				
	0	4	6	8	10
45	0.6 d ^z	13.2 a	38.0 ab	112.2 a	206.9 a
55	1.1 c	11.2 ab	44.9 a	106.9 a	142.2 c
65	1.7 b	9.9 b	37.7 ab	69.4 b	166.5 bc
75	1.8 b	11.4 ab	36.6 ab	79.0 b	184.0 ab
85	2.9 a	13.0 a	34.3 b	65.9 b	159.1 bc

Each value is the mean of ten plants per treatment.

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

육묘기간에 따른 고추의 착과 수를 살펴보면 정식 후 4주째는 육묘기간 45일부터 65일까지는 통계적인 차이가 나타내지 않았지만 육묘기간이 긴 75일과 85일보다는 현저하게 많았다. 정식 후 6주째에는 육묘기간 75일 처리구에서 가장 낮았고 다른 처리구에서 통계적인 차이를 나타내지 않았다. 정식 후 8주째, 10주째는 고추의 착과 수는 육묘기간이 가장 짧은 45일 묘에서 가장 높은 경향을 보였다. 토마토 작물과 비슷하게 고추 작물도 육묘기간이 짧은 45일 묘에서 고추의 과실 수가 높았다(표 5-54).

표 5-54. 고추 공정묘의 육묘기간에 따른 정식 후 착과 수 변화.

Raising seedling period (days)	Fruit number (no./plant)			
	Weeks after transplanting			
	4	6	8	10
45	4.7 ab ^z	10.6 ab	45.5 a	77.1 a
55	6.5 a	11.7 a	35.2 b	51.1 b
65	4.4 ab	9.1 ab	24.6 c	52.3 b
75	3.6 b	8.0 b	25.7 c	69.2 ab
85	3.1 b	8.2 ab	21.4 c	56.5 b

Each value is the mean of ten plants per treatment.

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

육묘기간에 따른 고추의 과중은 정식 후 4주째까지는 육묘기간이 길수록 증가하였다. 육묘기간 기간이 60일 묘에서 가장 무거웠다. 정식 후 6주째는 45일부터 65일 묘에서 육묘기간 기간이 긴 처리구들보다 과실 무게 높았고 처리간에는 통계적인 차이를 나타내지 않았다(표 5-55). 정식 후 8주째는 육묘기간이 짧은 45일 묘와 55일 묘에서 가장 무거웠고 육묘기간이 길수록 과중이 가벼웠다. 10주째는 과중은 45일 묘와 75일 묘에서 통계적인 유의성이 나타내지 않았지만 육묘기간이 짧은 45 묘에서 고추 과실 무게가 높았다. 육묘기간이 긴 묘를 이용할 때 수량이 현저하게 감소하는 경향을 나타냈다. 고추 본엽이 8매 정도와 육묘기간 기간이 45~50일 정도에 육묘하는 것이 유익한 것으로 사료가 된다.

표 5-55. 고추 공정묘의 육묘기간에 따른 정식 후 착과 중 변화.

Raising seedling period (days)	Fruit weight (g/plant)			
	Weeks after transplanting			
	4	6	8	10
45	9.9 b ^z	120.1 ab	473.0 a	770.6 a
55	30.4 a	138.5 a	404.0 a	493.0 bc
65	29.4 a	125.9 ab	257.0 b	457.2 c
75	27.6 a	81.2 bc	259.2 b	624.6 ab
85	31.6 a	64.0 c	169.1 b	408.1 c

Each value is the mean of ten plants per treatment.

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

정식 후 수확 1(12주), 수확 2(16주), 수확 3(17주)으로 나누는데 고추 육묘기간의 표준 육묘기간인 65일보다 짧은 45일 육묘기간에서 가장 높은 값을 나타냈다 (표 5-56). 육묘기간이 55일과 65일 묘는 통계적인 유의성이 없지만 총 누적 홍고추 수확량은 55일에서 높았다. 표준 육묘기간인 65일보다 더 길수록 통계적인 유의성을 나타내지 않았다. 표준 육묘기간인 65일보다 짧은 육묘기간에서 영양생장뿐 아니라 홍고추 수확에서 높은 결과를 나타냄으로 육묘기간이 45~50일 정도에 육묘하는 것이 유익과 동시에 수량 증대의 결과를 도출할 것으로 사료가 된다.

표 5-56. 고추 공정묘의 육묘기간에 따른 정식 후 홍고추 누적 수량 변화.

Raising seedling period (days)	Cumulative fruit weight of red color pepper (g)		
	Harvest period (times)		
	First	Second	Third
45	251.4 a ^z	697.8 a	950.4 a
55	225.4 ab	588.5 ab	791.8 ab
65	180.5 bc	479.9 b	673.4 b
75	227.7 ab	566.0 ab	767.5 ab
85	158.5 c	549.7 ab	711.3 b

Each value is the mean of ten plants per treatment.

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

(나) 동일한 플러그 트레이 내 묘 사이즈별 정식 후 생육

동일 육묘기간 내에 있는 고추 공정묘의 사이즈별 정식 후 초장, 경경, 마디 수, 생체중, 건물중은 S 사이즈 묘에서 M과 L 사이즈 묘보다 유의하게 낮았다(표 5-57).

잎 특성에서도 생육 특성과 같은 경향을 나타내었다(표 5-58). 이로 고추묘의 정식 후 성장 증대를 위해서는 플러그 트레이에서 작은 묘는 정식하기에 적합하지 않은 것으로 판단된다.

표 5-57. 동일 육묘기간 내 고추 공정묘의 사이즈별 정식 후 생육 특성.

Seedling size	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of nodes	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)
S	72.3 b ^z	12.8 b	17.4 b	186.4 b	24.4 b
M	83.2 a	14.6 a	18.6 a	313.3 a	54.0 a
L	85.3 a	14.4 a	19.2 a	266.6 a	47.2 a

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 5-58. 동일 육묘기간 내 고추 공정묘의 사이즈별 정식 후 잎의 특성.

Seedling size	Chlorophyll (SAPD)	Leaf area (cm ²)	LAR (cm ² /g)
S	63.1 a ^z	1,575.8 b	74.2 a
M	60.7 a	2,727.4 a	56.6 b
L	59.2 b	2,841.4 a	59.9 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

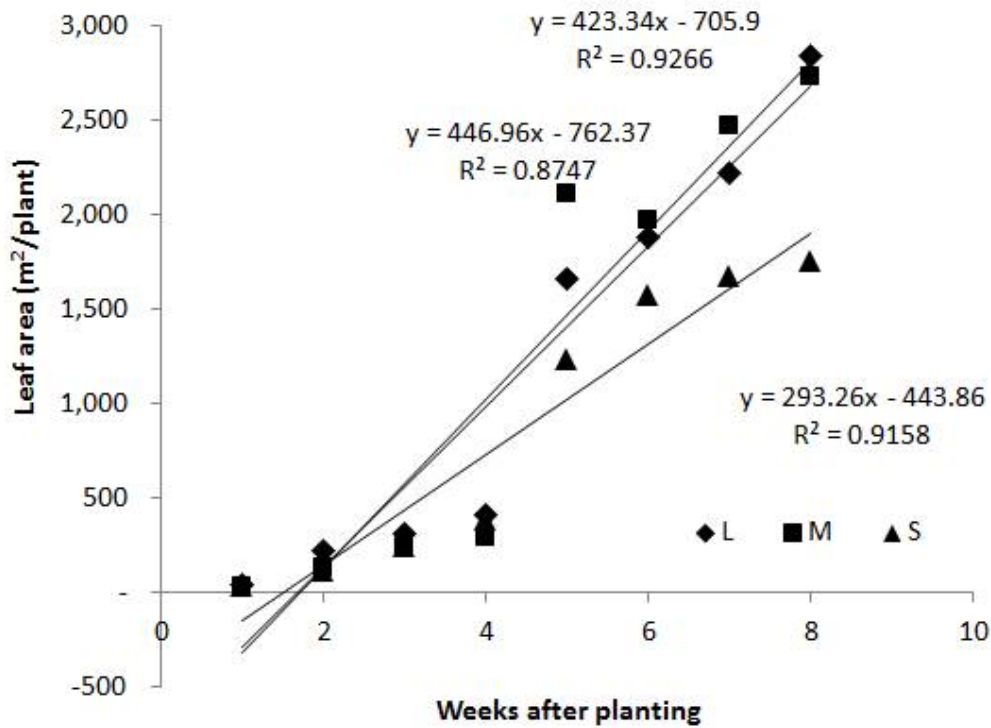


그림 5-32. 동일 육묘기간 내 고추 공정묘의 사이즈별 정식 후 엽면적 변화.

동일 육묘기간에 있는 고추 공정묘 중 S사이즈 묘의 엽면적 증가속도는 M과 L 사이즈 묘보다 유의하게 작았다. 특히, 1/2정도의 증가속도는 향후 큰 차이를 나타낼 수 있기 때문에 착과에 영향을 미칠 것으로 보인다(그림 5-32).

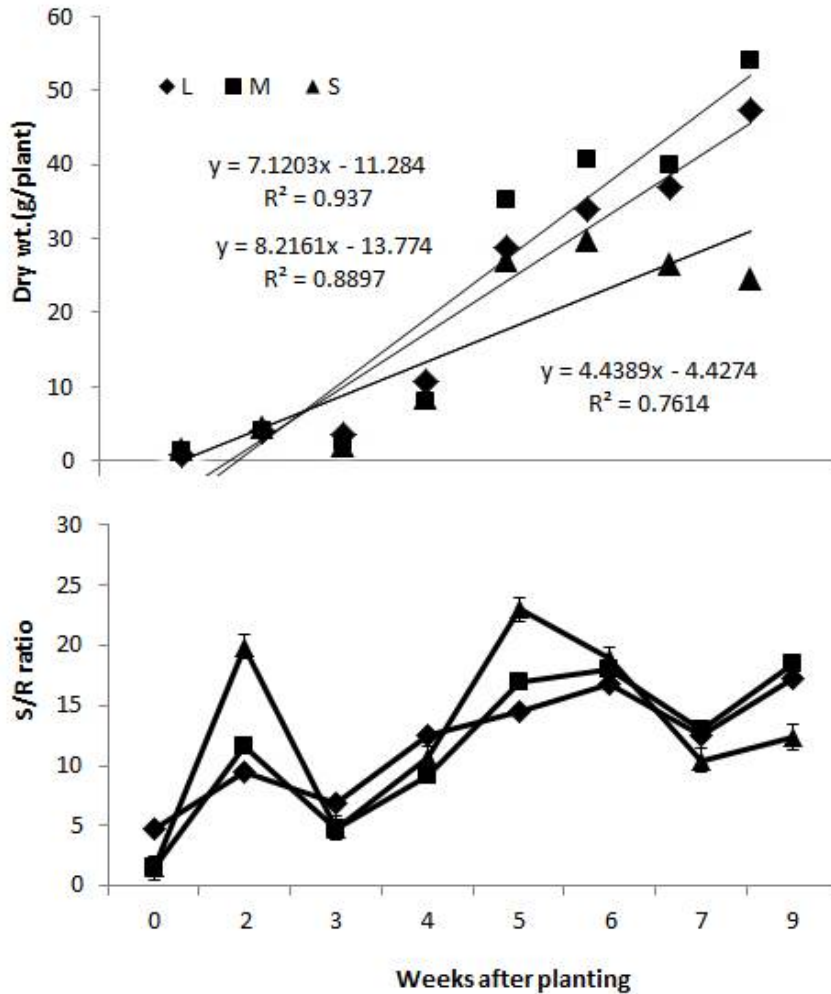


그림 5-33. 동일 육묘기간 내 고추 공정묘의 사이즈별 정식 후 건물중과 S/R을 변화.

고추묘 정식 후 생육주수에 따른 건물중, S/R율의 변화를 그래프로 나타내었다(그림 5-33). 건물중은 M, L, S 사이즈의 순으로 나타났다. S/R율은 최종적으로 M, L, S 사이즈 순으로 각각 18.4, 17.3, 12.4로 분석되었다.

정식 후 고추의 착과 수와 과의 생체중 및 건물중을 분석하였다(표 5-59). 착과는 L, M, S 사이즈 묘 순이었고 과실 생체중 및 건물중은 묘의 생육이 다소 부진했던 S 사이즈 묘를 제외하고는 양호하였다.

표 5-59. 동일 육묘기간 내 고추 공정묘의 사이즈별 정식 후 최종 착과특성.

Seedling size	No. of fruiting	Fresh wt. of fruit (g)	Dry wt. of fruit (g)
S	15.0 b ²	112.6 b	8.8 b
M	22.2 a	209.0 a	23.1 a
L	23.3 a	209.2 a	20.9 a

²Means within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

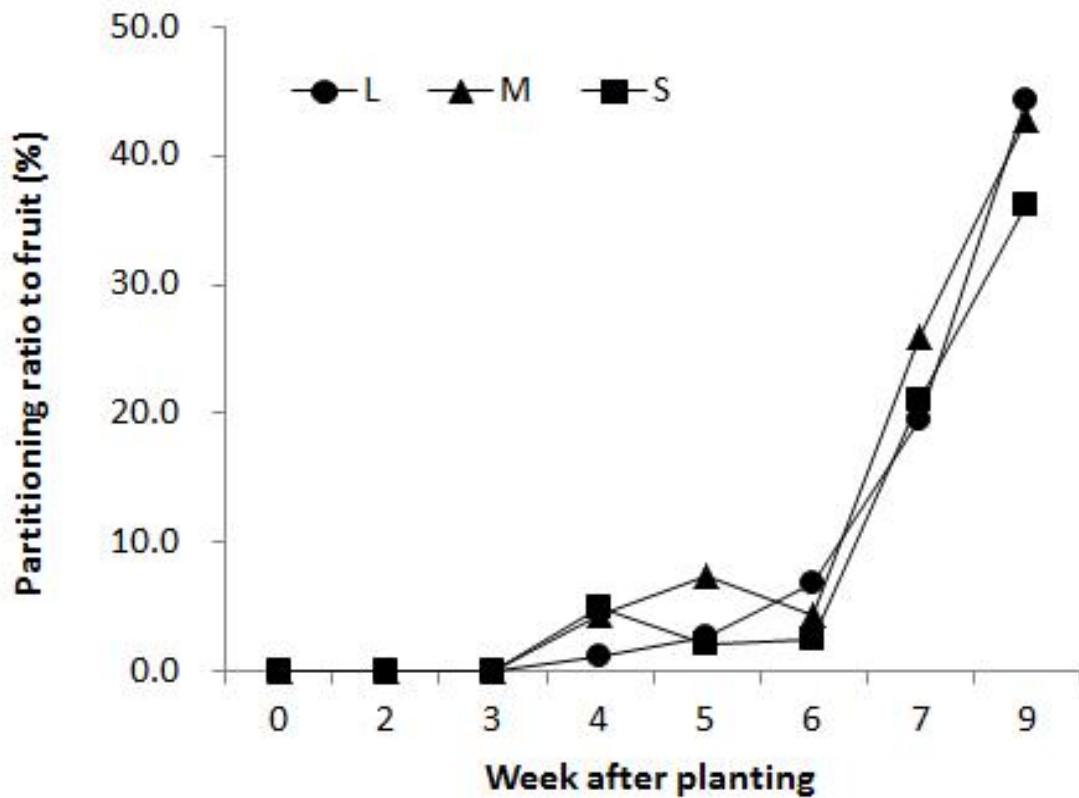


그림 5-34. 동일 육묘기간 내 고추 공정묘의 사이즈별 정식 후 과실로의 건물 분배량 변화.

고추 수확과의 과실분배율을 분석하였다(그림 5-34). 생육 중반까지는 사이즈 별로 큰 차이가 없이 점차 증가하는 추세를 보이다 6주차부터는 과실 분배율이 크게 증가하였고 사이즈는 L, S, M 사이즈 묘 순이었다.

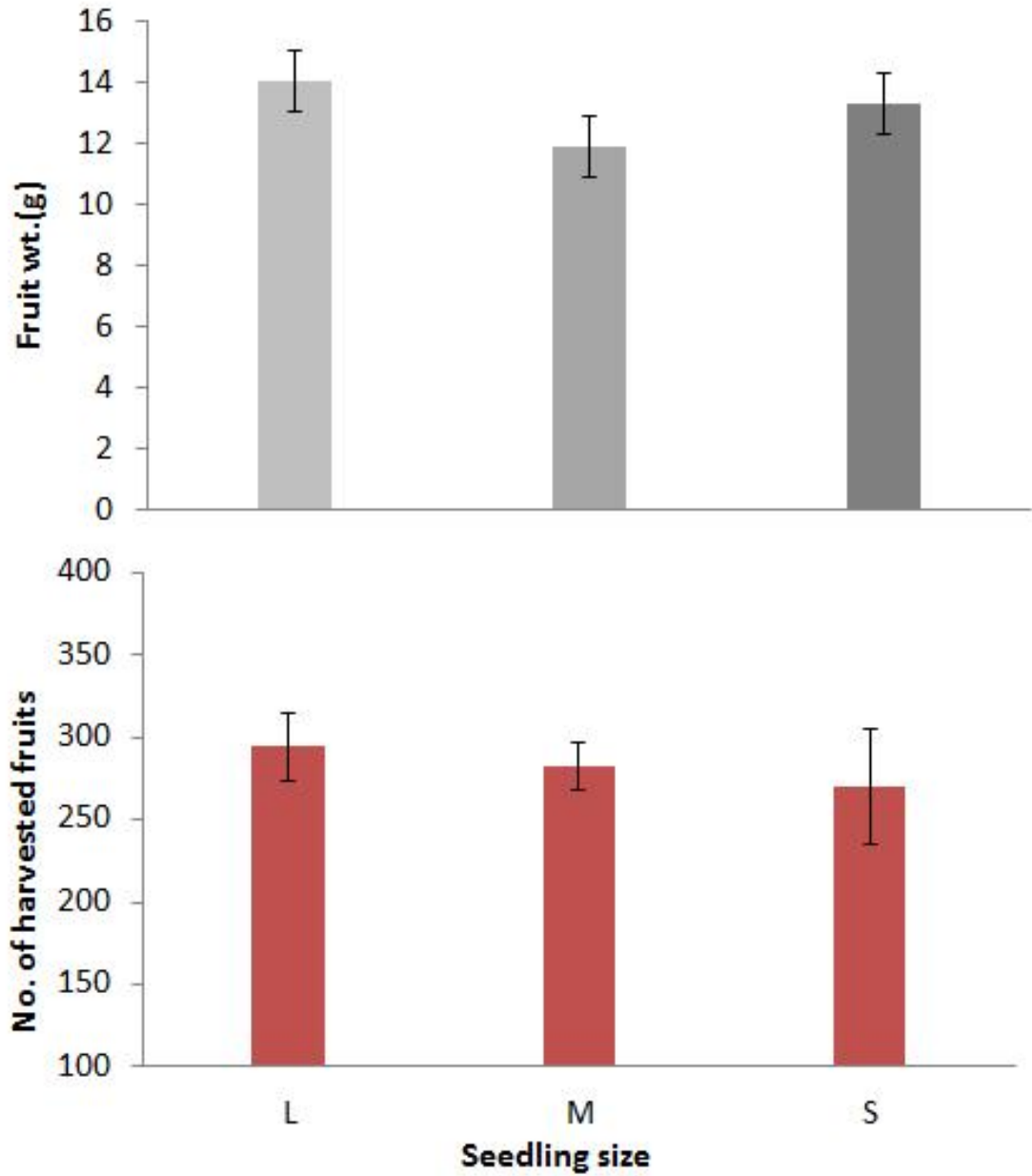


그림 5-35. 고추묘 정식 후 수확과의 평균 과중 및 수확개수.

고추 사이즈별 정식 후 수확한 성숙과의 평균 무게는 L, S, M 사이즈 묘의 순으로 각각 평균 무게는 18.4, 17.3, 12.4g으로 L 사이즈 묘에서 다소 높고 M 사이즈 묘에서 가장 낮았다 나타났다. 3회 수확한 총 수확개수는 L, M, S 사이즈 묘 순으로 적었다(그림 5-35).

(3) 오이

(가) 육묘기간 및 묘 크기 구명

육묘기간에 따른 오이 정식 전 초장, 마디 수, 건물중 등 전반적으로 40일 육묘기간에서 가장 좋았고, 육묘기간이 긴 것에서 낮은 수준이었다(표 5-60).

표 5-60. 육묘기간에 따른 정식 전 오이묘의 생육 특성.

Raising seedling period (days)	Plant height (cm)	No. of nodes	Leaf area (cm ²)	Fresh wt. (g)		Dry wt. (g)	
				Shoot	Root	Shoot	Root
30	18.4 a ^z	4.4 a	210.9 a	10.94 a	1.36 a	1.31 a	0.09 a
35	8.3 b	3.0 ab	113.5 c	6.24 b	1.43 a	0.92 b	0.08 a
40	10.5 b	4.0 a	174.0 b	8.49 a	1.70 a	0.94 ab	0.10 a
45	7.9 bc	3.0 ab	78.8 d	3.00 c	0.63 b	0.35 c	0.07 a
50	5.3 c	2.0 b	109.2 c	3.14 c	0.52 b	0.32 c	0.02 b
55	7.6 bc	2.0 b	114.7 c	3.47 c	0.44 b	0.39 c	0.03 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

육묘기간의 따른 오이 정식 후 초장의 변화를 보면 50일, 55일 육묘기간과 같이 표준육묘기간보다 높은 육묘기간일수록 초장의 생장이 저조하였고, 30-45일 묘에서 생장이 높은 경향을 나타내었다. 정식 6주 후부터 초장의 성장량이 전 처리구에서 우수하였고, 이 시기에 각 처리구간 초장의 생육차이가 나타났다(표 5-61, 그림 5-36).

표 5-61. 육묘기간에 따른 정식 후 오이묘의 초장 변화.

Raising seedling period (days)	Plant height (cm)					
	Weeks after planting					
	0	2	4	6	8	10
30	18.4 a ^z	31.5 c	61.3 a	87.8 a	151.9 ab	249.0 a
35	8.3 b	41.1 b	55.4 b	77.8 ab	170.0 a	230.3 ab
40	10.5 b	46.5 a	55.8 b	84.1 a	170.0 a	232.5 ab
45	7.9 bc	45.0 a	64.1 a	70.7 b	128.2 b	261.3 a
50	5.3 c	37.7 bc	53.2 b	76.5 ab	138.3 b	199.7 b
55	7.6 bc	51.3 a	56.3 ab	73.9 ab	163.4 a	201.7 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

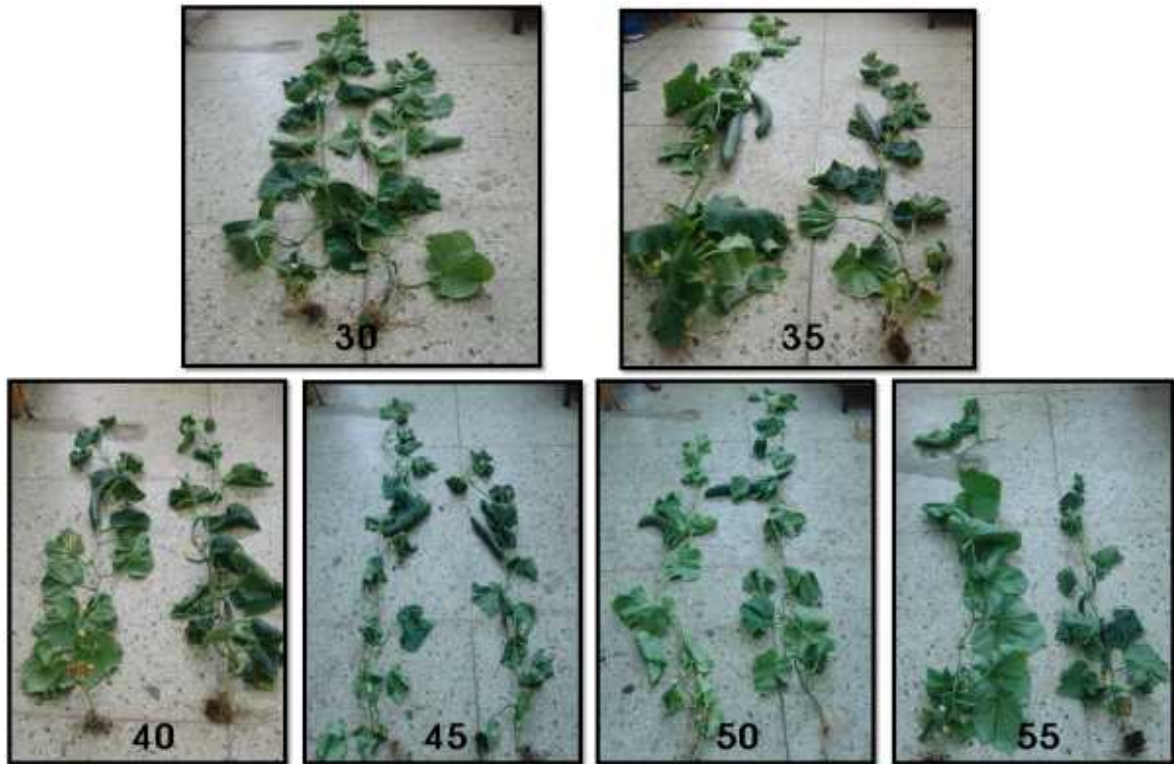


그림 5-36. 육묘기간에 따른 정식 후 오이묘의 초장 차이.

육묘기간의 따른 오이 정식 후 엽면적의 변화를 보면 45일 묘에서 초반에 가장 엽면적이 낮았지만, 재배기간이 길어질수록 잎의 생산량이 가장 많이 증가되었고, 수박과 마찬가지로 육묘기간이 가장 낮은 30일 묘와 가장 긴 55일 묘에서 잎의 생산이 가장 저조한 결과가 나타났다(표 5-62).

표 5-62. 육묘기간에 따른 오이묘의 정식 후 엽면적의 변화.

Raising seedling period (days)	Leaf area (cm ² /plant)					
	Weeks after planting					
	0	2	4	6	8	10
30	210.9 a ^z	371.3 c	1,874.9 a	3,254.1 a	2,902.7 a	3,393.4 b
35	113.5 c	395.8 c	1,707.7 ab	3,108.9 a	2,844.4 a	4,003.8 ab
40	174.0 b	433.0 b	2,045.5 a	2,263.3 b	2,285.9 b	3,612.1 b
45	78.80 d	543.6 a	1,304.9 b	3,509.7 a	2,834.4 a	4,657.1 a
50	109.2 c	507.4 a	1,108.0 b	1,800.7 b	1,951.6 b	3,425.3 b
55	114.7 c	435.0 b	1,150.1 b	1,406.2 c	2,129.2 b	3,079.3 c

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

육묘기간에 따른 오이 총 생체중을 살펴보면 45일 묘에서 초반 생체중이 가장 낮은 모습을 보였지만, 재배기간이 길어질수록 가장 높은 모습을 나타냈다. 초장 및 엽면적과 같은 결과로 영양생장이 우수한 육묘기간에서 생체중과 건물중의 무게도 우수한 결과를 나타냈다(표 5-63). 건물중은 가장 육묘기간이 긴 55일 묘에서는 영양생장이 가장 저조하였고, 이에 따라 생체중과 건물중의 무게도 가장 저조하였다(표 5-64).

표 5-63. 육묘기간에 따른 오이묘의 정식 후 생체중의 변화.

Raising seedling period (days)	Fresh wt. (g/plant)					
	Weeks after planting					
	0	2	4	6	8	10
30	12.3 a ^z	24.2 c	109.3 a	218.8 a	213.4 a	282.8 ab
35	7.6 b	31.5 b	106.9 a	196.8 a	180.2 a	303.9 a
40	10.1 a	42.9 a	85.1 ab	146.2 b	149.4 b	251.6 b
45	3.6 c	25.1 bc	81.9 b	225.9 a	154.2 b	322.5 a
50	3.6 c	23.0 c	53.0 c	146.9 b	98.6 c	250.4 b
55	3.9 c	28.1 b	47.5 c	131.9 b	105.3 c	238.3 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 5-64. 육묘기간에 따른 오이묘의 정식 후 건물중의 변화.

Raising seedling period (days)	Dry wt. (g/plant)					
	Weeks after planting					
	0	2	4	6	8	10
30	1.4 a ^z	2.7 bc	11.6 a	21.6 a	21.1 b	28.0 b
35	1.0 a	3.4 b	12.2 a	20.0 a	17.6 b	32.8 a
40	1.0 a	4.6 a	10.6 a	15.2 c	14.0 bc	27.0 b
45	0.4 b	2.7 bc	9.5 ab	24.2 a	16.7 b	35.1 a
50	0.3 b	3.5 b	6.1 b	18.1 b	10.0 c	25.9 b
55	0.4 b	2.8 bc	5.7 b	17.9 b	12.0 c	26.0 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

육묘기간에 따른 오이 정식 후 착과 수의 변화를 보면 35-45일 묘에서 가장 착과량이 높았고, 육묘기간이 가장 짧은 30일 묘, 가장 긴 55일 묘는 이와 반대의 경향이였다. 수박과 마찬가지로 초반 초장, 엽면적의 확보로 영양생장의 영향을 따라 광합성율의 증대로 향후 수확으로 이루어지는 착과율이 생식생장에 많은 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다(표 5-65).

표 5-65. 육묘기간에 따른 오이묘의 정식 후 착과 수의 변화.

Raising seedling period (days)	No. of fruiting (ea/plant)				
	Weeks after planting				
	2	4	6	8	10
30	2.00 b ^z	6.67 a	5.75 ab	4.75 a	2.67 c
35	3.00 b	5.00 a	7.00 a	4.50 a	5.33 a
40	6.25 a	5.67 a	4.25 b	4.25 b	4.00 b
45	6.33 a	4.67 ab	7.25 a	5.25 a	4.33 a
50	5.50 a	4.33 b	4.50 b	4.25 b	4.00 b
55	3.32 b	4.33 b	4.50 b	2.50 c	3.50 bc

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

육묘기간에 따른 오이 과실특성을 보면 전체 수확량에서는 40일 묘에서 가장 높았고, 전체 수확물 대비 상품과율에서도 가장 높은 결과를 나타내었다. 특히 가장 어린 30일 묘는 착과량 및 수확량에서는 다른 처리구들보다 낮았지만, 상품과율에서는 비교적 높은 결과를 나타내었다(표 5-66).

표 5-66. 육묘기간에 따른 오이묘의 정식 후 과실특성.

Raising seedling period (days)	Fruit characteristics (no.)				
	Harvested fruits (ea/10 plant)	Marketable fruits (ea/10 plant)	Non-marketable fruits (ea/10 plant)	Fresh wt. of fruit (kg/plant)	Dry wt. of fruit (kg/plant)
30	102 ^z	58	44	1.8 a	0.9 b
35	106	63	43	1.9 a	1.0 ab
40	126	74	52	2.2 a	1.1 a
45	114	55	59	1.5 b	1.2 a
50	100	47	53	1.5 b	1.1 a
55	107	43	62	1.5 b	1.3 a

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

(나) 동일한 플러그 트레이 내 묘 사이즈별 정식 후 생육

정식 후 최종 묘소질 측정결과 초장은 L, M, S 사이즈 묘의 순으로 유의한 결과를 나타냈으며 엽면적비는 S 사이즈 묘에서 가장 높았으며 L 사이즈 묘에서 가장 낮은 결과를 보였다. 건물중은 L과 M 사이즈 묘에서 유의하게 높았으며 S 사이즈 묘에서 가장 낮은 것으로 나타났다(표 5-67).

표 5-67. 동일한 플러그에서 오이 공정묘 사이즈별 정식 후 생육 특성.

Seedling size	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of nodes	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)
S	411.2 b ^z	16.3 a	39.4 a	415.7 a	28.9 b
M	420.8 ab	16.9 a	38.0 a	411.6 a	43.4 a
L	469.9 a	17.3 a	38.2 a	396.7 a	52.9 a

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

총엽록소함량, 엽면적은 사이즈에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 엽면적비는 L 사이즈 묘에서 유의하게 낮았다(표 5-68).

표 5-68. 동일한 플러그에서 오이 공정묘 사이즈별 정식 후 잎의 특성.

Seedling size	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ²)	LAR (cm ² /g)
S	46.8 a ^z	4,127.4 a	156.3 a
M	43.6 a	4,940.2 a	121.5 ab
L	46.0 a	4,642.0 a	92.0 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

정식 후 오이의 착과 수와 과실의 생체중 및 건물중을 분석하였다. 착과는 L, M, S 사이즈 묘 순이었고 과실 생체중 및 건물중은 착과 수가 적었던 S 사이즈 묘에서 가장 양호한 것으로 나타났다(표 5-69).

표 5-69. 동일한 플러그에서 오이 공정묘 사이즈별 정식 후 착과 특성.

Seedling size	No. of fruiting	Fresh wt. of fruit (g)	Dry wt. of fruit (g)
S	0.6 a ^z	79.7 a	2.3 a
M	0.7 a	55.1 b	1.7 b
L	1.2 a	54.1 b	1.3 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

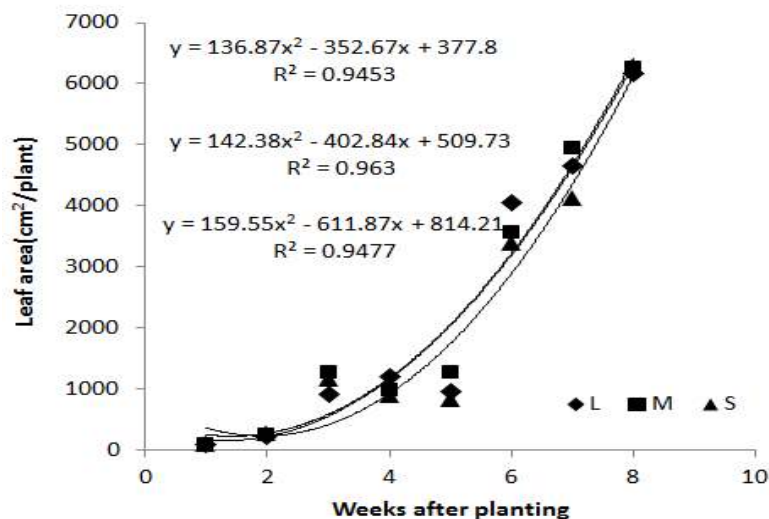


그림 5-37. 동일한 플러그에서 오이 공정묘 사이즈별 정식 후 엽면적 변화.

오이묘의 정식 후 생육주수에 따른 엽면적 변화를 알아보았는데, 사이즈간에 큰 차이를 나타내지 않았고 확장 패턴도 유사한 경향을 나타내었다(그림 5-37).

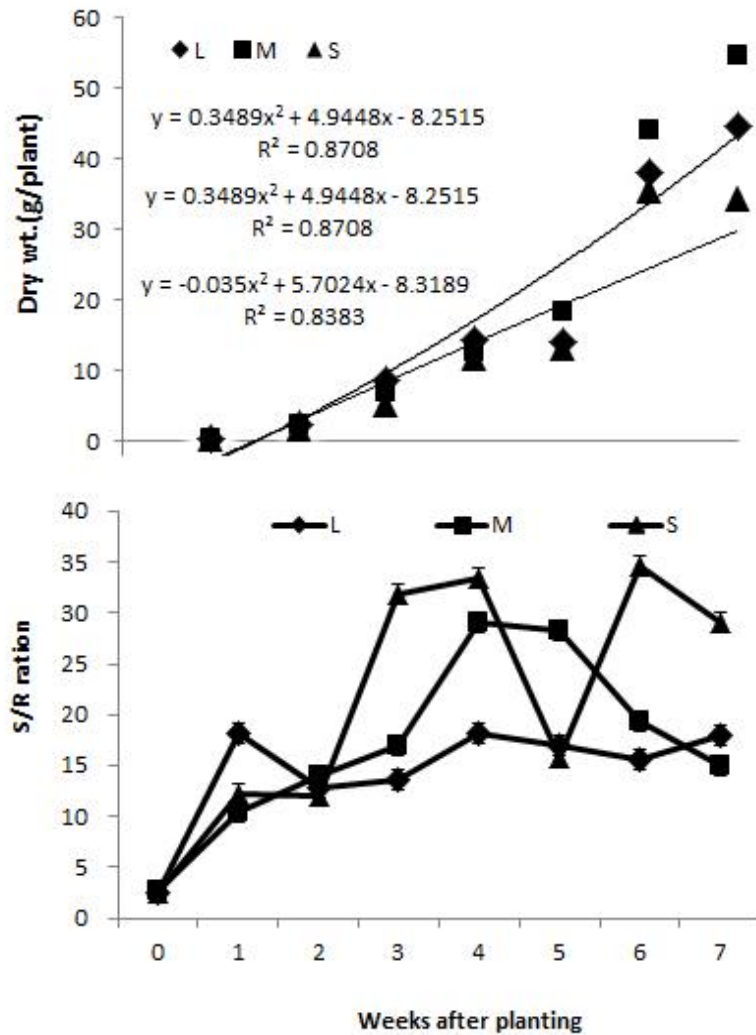


그림 5-38. 동일한 플러그에서 오이 공정묘 사이즈별 정식 후 건물중, S/R율의 변화.

오이묘의 정식 후 생육주수에 따른 건물중, S/R율의 변화를 그래프로 나타내었다(그림 5-38). 총건물중은 M 사이즈 묘에서 가장 무거웠고, S 사이즈 묘에서 가장 가벼웠다. 그리고 3 사이즈 모두 증가 패턴은 유사하였다. S/R율은 L 사이즈 묘에서 가장 상승폭이 적었으나 S와 M 사이즈 묘에서는 정식 후 초기 상당히 높아지는 경향을 나타내었다.

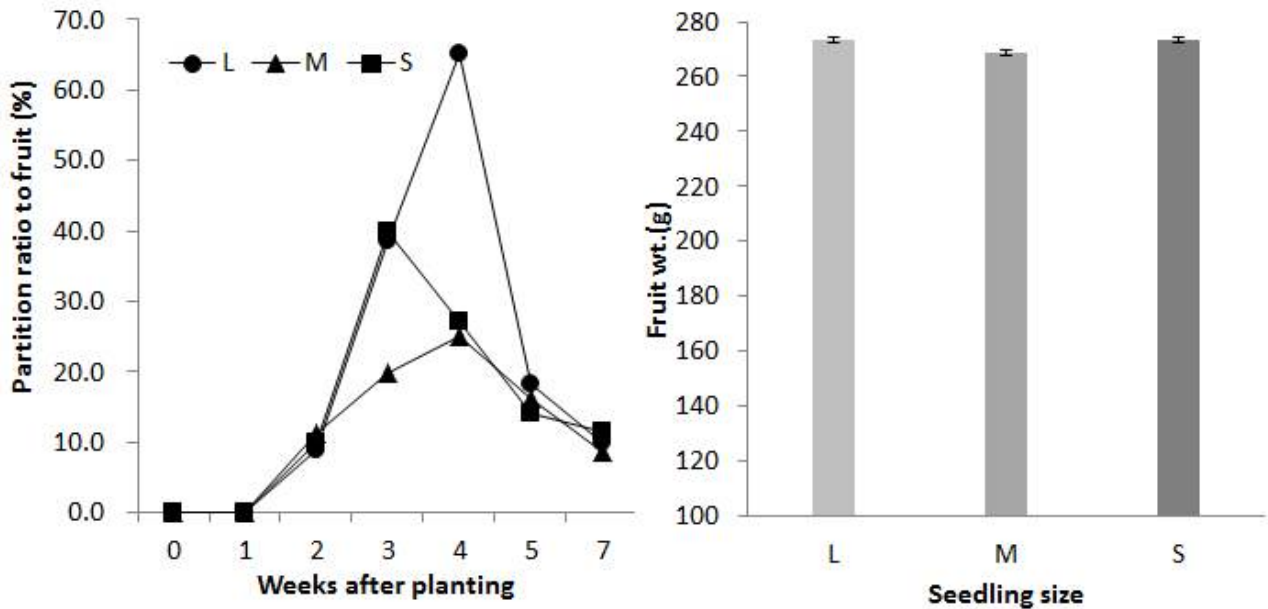


그림 5-39. 동일한 플러그에서 오이 공정묘 사이즈별 정식 후 과실로의 건물 분배율 변화와 수확과의 평균무게.

오이 수확과의 과실 분배율을 분석하였다(그림 5-39). 생육 중반까지는 과실 분배율이 점차 높아지는 경향이었고 4주차 수확에서는 사이즈별로 큰 차이를 보였으나 시일이 지날수록 점차 과실 분배율은 낮아지고 사이즈별 차이도 줄어드는 경향이였다. 오이 사이즈별 정식 후 수확한 성숙과의 평균 무게는 L과 S 사이즈 묘에서는 273g으로 다소 높고 M 사이즈 묘에서는 268g으로 나타났다. 오이 성숙과의 평균무게는 사이즈별로 유의한 차이가 없는 것으로 보인다.

(4) 수박

(가) 육묘기간 및 묘 크기 구명

육묘기간에 따른 양성된 수박의 묘소질을 살펴보면, 초장은 40일 묘에서 8.5cm, 45일 묘에서 8.9cm, 50일 묘에서 7.8cm, 55일 묘에서 8.6cm, 60일 묘에서 8.2cm, 65일 묘에서 22.6cm를 나타내었다(표 5-70). 초장은 40일-60일 묘간에는 유의한 차이를 나타내지 않았으나 65일 묘에서는 유의하게 길었다. 대목의 경경은 6.0-6.3mm 범위로 유의한 차이를 나타내지 않았지만 접수의 경경은 50일 묘와 65일 묘에서 각각 4.4mm와 4.5mm로 다른 처리구의 4.7-5.0mm보다 얇았다. 마디 수는 65일 묘에서 평균 5.6개로 다른 처리구의 3.4-4.4개보다 유의하게 많았다. 엽면적은 40일 묘에서 81.5cm²/plant, 45일 묘에서 79.9cm²/plant, 50일 묘에서 120.8cm²/plant, 55일 묘에서 94.0cm²/plant, 60일 묘에서 95.8cm²/plant 65일 묘에서 174.5cm²/plant로 65일 묘, 50일 묘, 나머지 처리구들간에 유의한 차이를 나타내었다. 65일 묘의 초장이 월등히 길었던 것은 생육 단계에 따라 60일 이후에 상배축 신장, 마디 발달, 절간장 신장, 엽의 생성 및 확장이 일어났기 때문으로 생각된다. 따라서 본 연구의 조건에서 수박 육묘 시 60일 이후 묘의 급격한 신장 또는 생육 단계 변화가 일어나므로 묘 크기를 제어할 때 주의가 필요해 보인다. 또한 접수의 직경이 얇은 65일 묘와 더불어 50일 묘에서 엽면적이 넓었던 것은 육묘기간 동안 동화산물 분배를 줄기보다는 잎 기관 형성 및 확장에 많이 이용한 것으로 생각된다. 하지만 55일과 60일 묘에서 이러한 결과가 나타나지 않은 것을 고려하면 50일 묘의 엽면적 특성은 육묘기간보다는 관리 과정에서 나타난 것으로 보인다.

표 5-70. 육묘기간에 따른 수박 공정묘의 생육 특성.

Raising seedling period (days)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)		Node number (No.)	Leaf area (cm ² /plant)
		Stock	Scion		
40	8.5 b ^z	6.3 a	4.8 a	3.4 b	81.5 b
45	8.9 b	6.1 a	4.8 a	4.0 b	79.9 b
50	7.8 b	6.1 a	4.4 b	4.0 b	120.8 ab
55	8.6 b	6.2 a	5.0 a	3.6 b	94.0 b
60	8.2 b	6.0 a	4.7 a	4.4 ab	95.8 b
65	22.6 a	6.3 a	4.5 b	5.6 a	174.5 a

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

육묘기간에 따른 수박묘의 생체중과 건물중을 살펴보면, 지상부 생체중은 40-45일 묘, 50-60일 묘, 65일 묘 간 유의한 차이를 나타내었다(표 5-71). 하지만 지하부 생체중은 65일 묘와 함께 지상부 생체중이 가벼웠던 40-45일 묘에서도 유의하게 무거웠다. 지상부 및 지하부 건물중은 생체중과 거의 동일한 경향이였다. S/R율은 육묘기간이 짧은 40일과 45일 묘에서 낮았고 육묘기간이 긴 처리에서 길었다. 이러한 경향으로 볼 때 접목 후 묘의 생육 단계는 육묘 초기에 뿌리 발달이 활발히 일어나고 50일 이상이 지나면 초기에 비해 지상부 생육이 활발히 일어나며, 60일 이후에는 지상부 생육이 더욱 뚜렷해지는 것으로 생각된다.

표 5-71. 육묘기간에 따른 수박 공정묘의 생체중, 건물중, S/R율.

Raising seedling period (days)	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (g/plant)			S/R ratio (C/D)
	Shoot (A)	Root (B)	Total (A+B)	Shoot (C)	Root (D)	Total (C+D)	
40	7.10 c ^z	1.50 a	8.60 bc	1.25 c	0.37 a	1.62 c	3.42 c
45	6.87 c	1.32 ab	8.19 c	1.30 c	0.35 ab	1.65 c	3.76 c
50	8.89 b	1.14 b	10.03 b	1.78 b	0.32 b	2.10 b	5.66 b
55	8.22 b	1.59 a	9.81 b	1.68 b	0.34 ab	2.02 b	4.90 bc
60	8.39 b	0.93 b	9.32 b	1.92 b	0.28 b	2.20 b	6.80 b
65	16.07 a	1.85 a	17.92 a	3.38 a	0.40 a	3.78 a	8.47 a

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

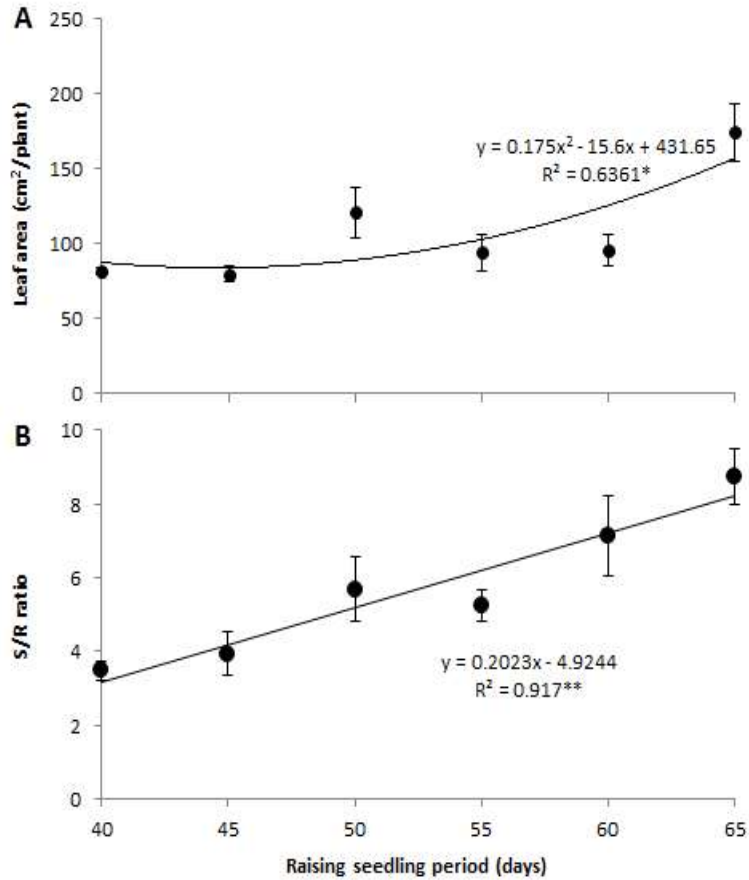


그림 5-40. 육묘기간 따른 수박 공정묘의 엽면적과 S/R을 관계(n=10).

육묘기간과 엽면적 및 건물중 간 회귀분석한 결과(그림 5-40), 엽면적은 육묘기간과 $y = 0.175x^2 - 15.6x + 431.65$ ($R^2=0.6361^*$)의 2차 다항회귀식, S/R율은 $y = 0.2023x - 4.92$ ($R^2=0.9170^{**}$)의 선형회귀식을 나타내었다. 특히, S/R율을 보면, 육묘기간 40일에서 65일 구간에서는 5일 길어질수록 1.0 정도 뚜렷하게 증가하는 경향이였다. 이러한 경향은 육묘기간이 길어질수록 뿌리 성장보다는 상대적으로 지상부 성장으로 전환된다는 것을 의미한다. 묘소질 중 정식 후 뿌리의 활착 및 초기 성장 촉진을 도모하기 위해서는 40일에서 65일 육묘기간에서는 짧은 육묘기간이 유리할 것으로 생각된다. 하지만 적정 S/R율을 낮은 것에서 우수하다고 볼 수 없기 때문에 수박묘의 적정 S/R율에 대한 심도있는 연구가 필요해 보인다.

육묘기간에 따라 양성된 수박묘의 정식 11주 후 초장, 마디 수, 엽면적 특성을 살펴보면, 초장과 마디 수는 45일 묘에서 454.5cm, 48.2개로 가장 낮았던 것을 제외하고 나머지 묘에서는 차이를 나타내지 않았다(표 5-72, 그림 5-41). 하지만 엽면적은 60일과 65일 묘에서 각각 8749.9cm²/plant, 8643.3cm²/plant로 40-55일 묘의 10,659.3-12,720.3cm²/plant에 비해 유의하게 낮았다.

표 5-72. 육묘기간에 따른 수박 공정묘의 정식 11주 후 초장, 마디 수, 엽면적.

Raising seedling period (days)	Plant height (cm)	Node number (No.)	Leaf area (cm ² /plant)
40	529.7 ab ^z	57.0 a	10,659.3 ab
45	454.5 b	48.2 b	11,539.9 a
50	537.7 ab	52.8 ab	11,466.8 a
55	562.5 a	55.5 ab	12,720.3 a
60	566.6 a	58.5 a	8,749.9 b
65	529.6 ab	51.3 ab	8,643.3 b

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

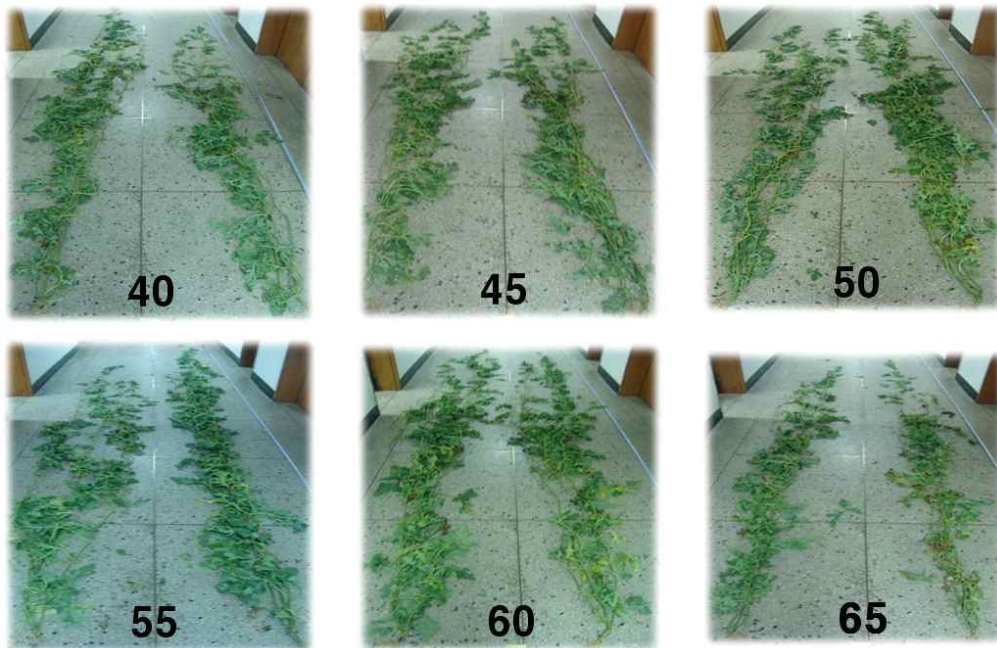


그림 5-41. 육묘기간에 따른 수박 공정묘의 정식 11주 후 식물체 모습.

또한 식물체의 생체중과 건물중을 살펴본 결과, 지상부 생체중은 60일과 65일의 묘를, 지하부 생체중은 45일과 65일 묘를 정식한 식물체에서 가장 낮았다(표 5-73). 그리고 총 생체중도 65일 묘를 정식한 식물체에서 월등히 낮은 경향이였다. 지상부 건물중은 60일과 65일 묘를, 지하부 건물중은 40일과 45일, 60일과 65일 묘를 정식한 식물체에서 유의하게 낮았다. 그리고 총 건물중은 60일과 65일 묘를 정식한 식물체에서 가장 낮은 경향이였다. S/R율은 50일 묘, 65일 묘를 정식한

식물체에서 낮은 경향이였다. 특히, 65일 동안 양성한 묘는 다른 처리구들의 묘보다 초장, 마디 수, 엽면적, S/R율이 높았다. 하지만 정식 11주 후 조사에는 초장과 마디 수는 다른 처리구와 차이를 나타내지 않았고, 엽면적은 유의하게 적었다. 그리고 S/R율은 낮았다. 이러한 결과로 볼 때 다른 처리구들에 비해 65일 묘는 한 단계 앞선 생육 단계에 있었고, 동일 환경에 정식하였을 때 묘의 지상부 성장량에 필요한 양·수분 흡수량을 확보하기 위해 뿌리부 성장에 집중된 것으로 생각된다.

표 5-73. 육묘기간에 따른 수박 공정묘의 정식 11주 후 생체중과 건물중, S/R율.

Raising seedling period (days)	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (g/plant)			S/R ratio (C/D)
	Shoot (A)	Root (B)	Total (A+B)	Shoot (C)	Root (D)	Total (C+D)	
40	1,245.8 ab ^z	17.3 a	1,263.1 ab	167.3 ab	2.9 c	170.2 ab	57.7 a
45	1,297.5 ab	13.5 b	1,311.0 a	185.9 a	2.8 c	188.7 a	66.4 a
50	1,223.3 ab	17.5 a	1,240.8 ab	181.9 a	4.4 a	186.3 a	41.3 c
55	1,484.5 a	16.5 ab	1,501.0 a	195.3 a	3.5 b	198.8 a	55.8 ab
60	1,153.0 b	15.3 ab	1,168.3 ab	148.5 b	2.6 c	151.1 b	57.1 a
65	1,084.5 b	13.3 b	1,097.8 b	142.2 b	2.9 c	145.1 b	49.0 b

^zThe means within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

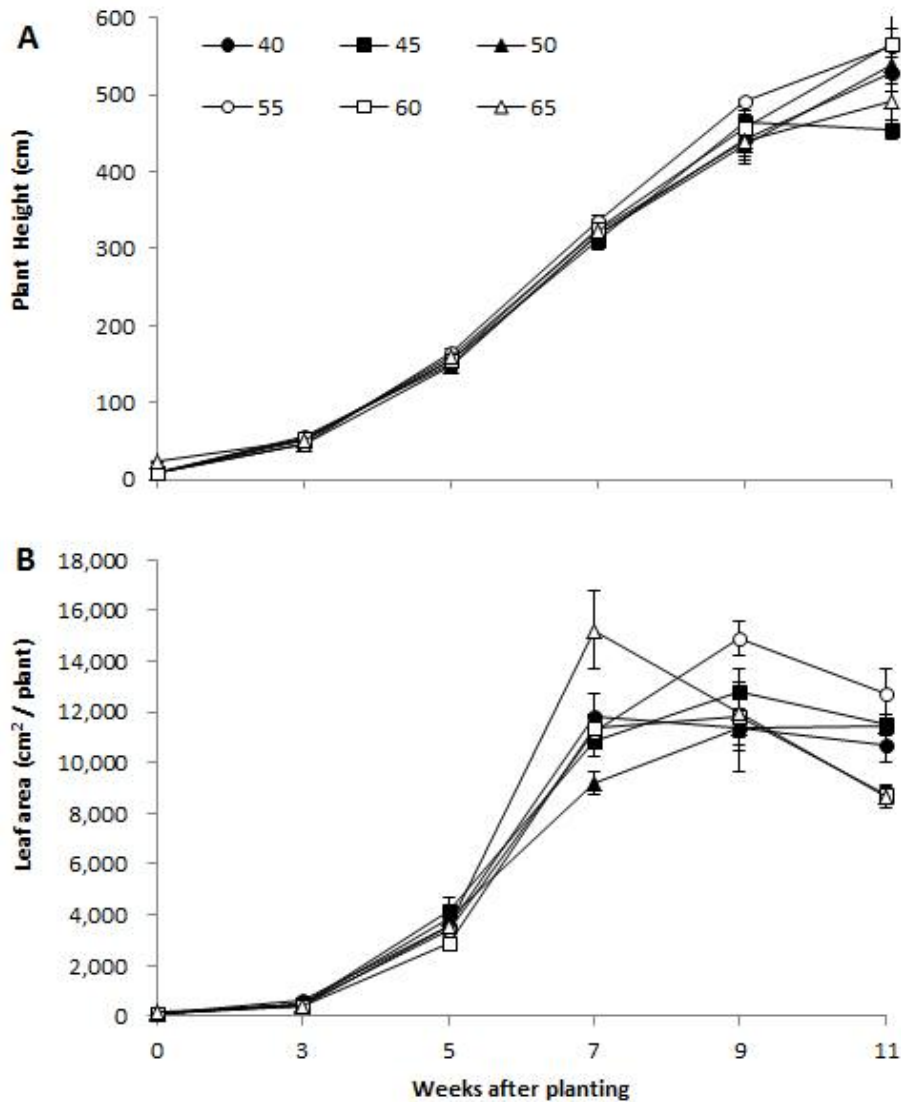


그림 5-42. 육묘기간에 따른 수박 공정묘의 정식 후 초장과 엽면적 변화(n=5).

육묘기간에 따라 양성된 수박묘의 정식 후 11주 동안의 초장과 엽면적 변화를 살펴보면(그림 5-42A), 65일 묘의 정식 후 초장은 정식 후 초기부터 다른 처리구들에 비해 성장량이 적은 경향을 나타내었다(Fig. 3A). 이러한 경향은 묘일 때 다른 처리구들에 비해 급격한 성장을 하였지만, 표 5-73의 S/R을 결과를 고려하면 정식 후에는 묘의 성장량을 유지시키기 위해 또는 성장량에 적합한 양·수분 흡수량을 얻기 위해 상대적으로 뿌리 생장에 집중하였기 때문으로 생각된다. 65일 묘의 정식 후 엽면적은 초기에는 다른 처리구에 비해 낮아졌으나 정식 후 5-7주 사이에 급격한 증가를 보이다가 다시 급격히 낮아지는 경향을 보였다(그림 5-42B). 초기에 엽면적이 낮아진 경향은 초장 변화의 원인과 동일한 것으로 생각되며, 이후 급격히 증가한 것은 다시 뿌리량이 확보됨에 따라 다시 줄기 성장을 많이 한 것으로 생각된다. 그리고 이후 급격한 감소는 다른 처리구들에 비해 묘에서 빨리 발달시킨 잎이 정식 7주 후부터 노화가 되었기 때문으로 생각된다. 수박은 재배 시 수직의 유인하여 재배하지 않고 재배 토양 표면에서 덩굴로 자라는 과채류이다. 65일 묘를 정식한 식물체의 엽면적이 급격히 노화된 원인으로는 앞선 생육 단계에 도달하였기 때문으로 생각되기도 하나, 온도 제어가 이루어지지 않는 하우스 재배에서 높은 토양 표면의 온도에 일찍 노출되었기 때문으로도 생각된다.

65일 육묘기간 동안 양성한 수박묘의 정식 후 나타난 변화를 노화 묘에 따른 변화, 또는 앞에서 논한 원인에서 오는 것인지는 더욱 세밀한 연구가 필요해 보인다.

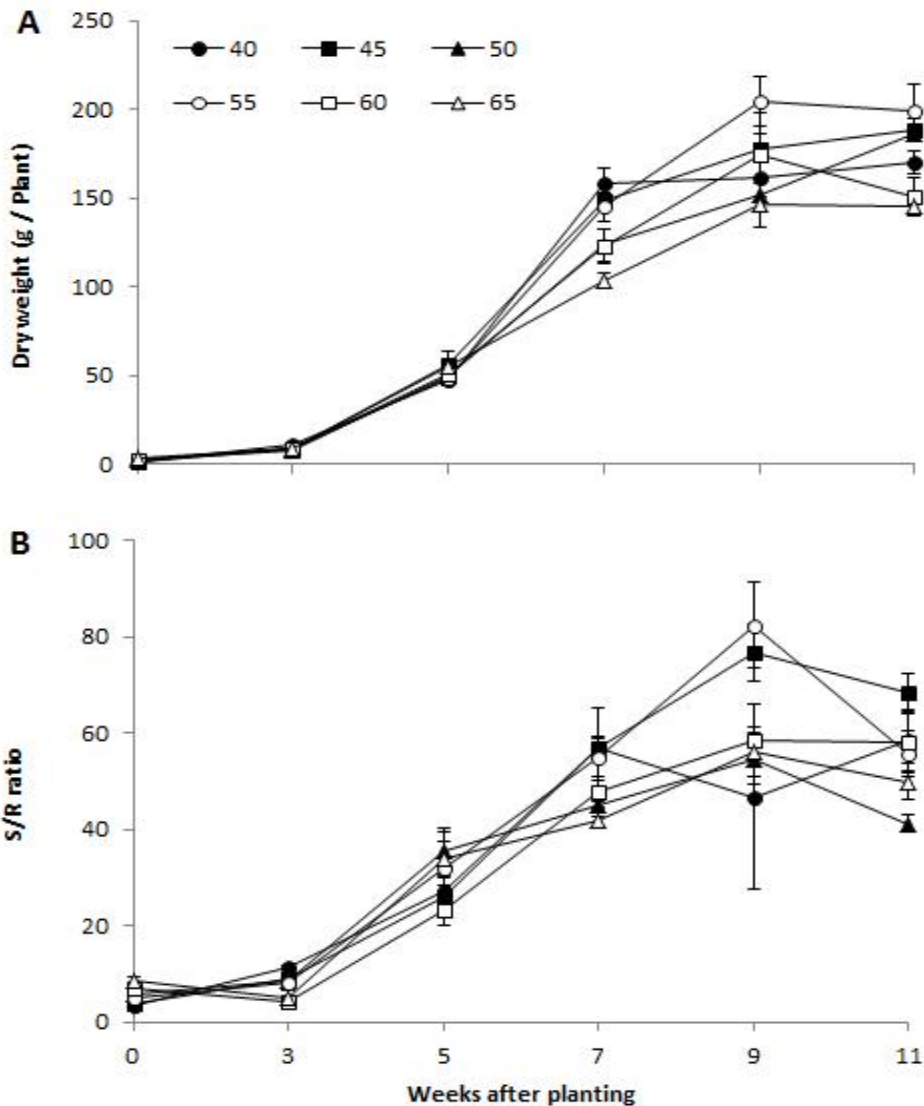


그림 5-43. 육묘기간에 따른 수박 공정묘의 정식 후 건물중과 S/R을 변화(n=5).

육묘기간에 따라 양성된 수박묘의 정식 후 11주 동안의 건물중과 S/R을 변화를 살펴보면(그림 5-43), 건물중은 정식 5주 후부터 육묘기간 간 차이를 나타내기 시작하였다. 7주째 조사부터 60일과 65일 묘를 정식한 식물체에서 다른 처리구들에 비해 낮은 경향을 보였다. 7주째에 높았던 40일-55일 묘를 정식한 식물체에서 40일 묘를 정식한 식물체는 이후 증가하지 않는 경향을 보였고, 나머지는 다른 처리구들에 비해 지속적으로 높은 경향을 나타내었다(그림 5-43A). S/R율도 정식 후 5주째부터 처리 간 차이를 뚜렷하게 나타내었다. 7주째 조사에서는 40일, 45일, 55일 묘를 정식한 식물체에서 다른 처리구들에 비해 높은 경향을 나타내었다. 하지만 이후 40일 묘를 정식한 식물체에서는 급격히 낮아지다 다시 상승하였고, 45일과 55일 묘를 정식한 식물체에서는 지속적으로 상승하다 후반기에는 55일 묘에서 급격히 낮아지는 경향을 나타내었다(그림 5-43B).

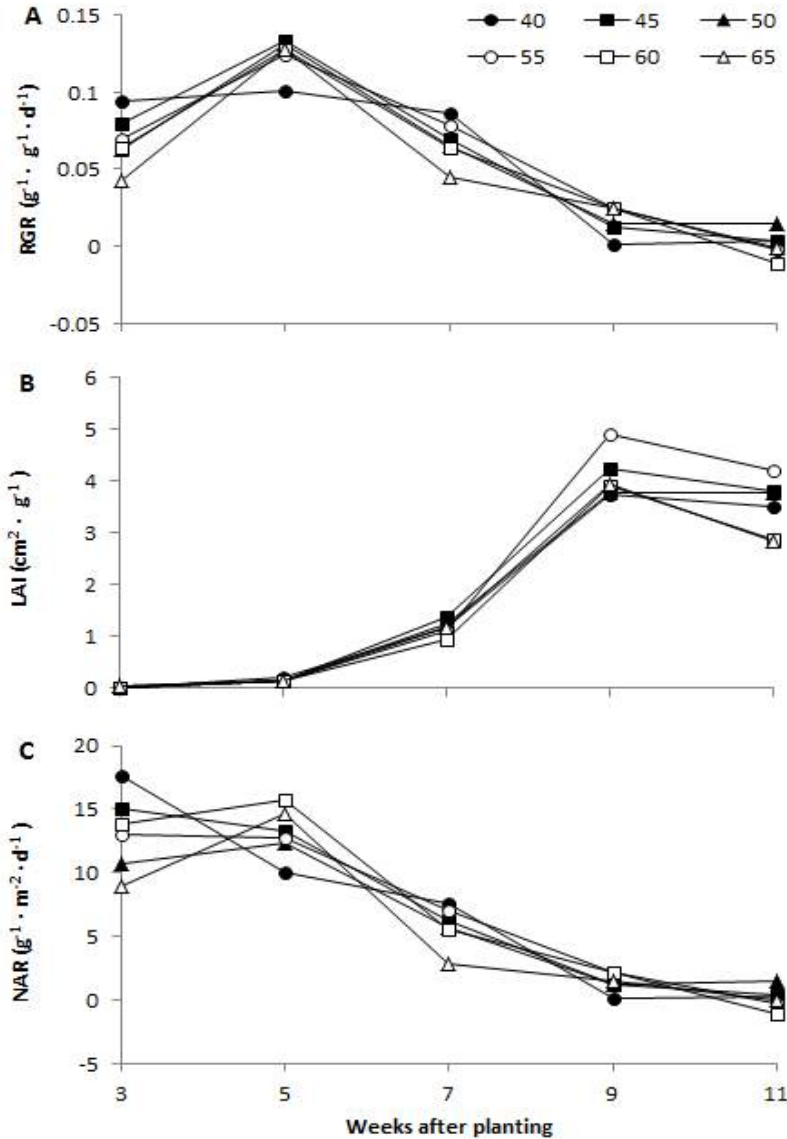


그림 5-44. 육묘기간에 따른 수박 공정묘의 정식 후 상대성장률, 엽면적지수, 순동화율 변화(n=5).

육묘기간에 따라 양성된 수박묘의 정식 후 식물체 상대성장률, 엽면적지수, 순동화율의 변화를 살펴보았다(그림 5-44). 상대성장률은 모든 처리구들에서 정식 후 낮아지는 경향을 나타내었다. 40일 묘를 정식한 식물체에서는 7주째 조사까지 거의 변화를 나타내지 않았지만 다른 처리구들은 정식 후 초기에 급격하게 상승하는 경향을 보였다. 특히, 3주째 조사에서는 40일 묘를 정식한 식물체에서 가장 $0.094g^{-1} \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 으로 가장 높았고 65일 묘를 정식한 식물체에서 $0.042g^{-1} \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 으로 가장 낮았으며, 다른 처리구들에서는 $0.063-0.079g^{-1} \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 으로 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 5주째 조사에서는 40일 묘를 정식한 식물체에서 $0.101g^{-1} \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 으로 가장 낮았고, 다른 처리구들에서는 $0.124-0.134g^{-1} \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 으로 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 7주째 조사에서는 3주째 조사와 유사한 경향을 나타내었고, 9주째 조사에서는 40일 묘를 정식한 식물체에서 $0.002g^{-1} \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 으로 가장 낮았고, 55일-65일 묘를 정식한 식물체들에서 $0.025g^{-1} \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ 으로 높은 경향을 나타내었다. 엽면적지수는 처리구들 모두에서 7주째 조사부터 상승하다가 9주째 조사에서 가장 높은 경향을 나타내었고 다시 11주째 조사에서 낮아지는 경향이였다. 11주째의 엽면적지수에서 3주째의 엽면적지수를 뺀 상승분을 보면, 40일, 60일, 65일 묘를 정식한 식물체들에서는 11주째까지 2.49-2.86

정도 증가한 반면, 45일과 50일 묘를 정식한 식물체들에서는 3.74-3.78 정도 증가하였다. 그리고 55일 묘를 정식한 식물체에서는 4.17로 가장 많이 증가하였다. 순동화율은 모든 처리구들에서 정식 후 낮아지는 경향을 나타내었다. 정식 후 초기 3주째 조사에서는 40일 묘를 정식한 식물체에서 $17.7\text{g}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 으로 가장 높았고, 65일 묘를 정식한 식물체에서 $9.0\text{g}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 으로 가장 낮았다. 5주째 조사에서는 40일 묘를 정식한 식물체에서 $10.1\text{g}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 으로 크게 낮아졌으나 다른 처리구들은 $12.4\text{-}15.8\text{g}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 으로 유지되거나 다소 높아졌는데 60일과 65일 묘를 정식한 식물체에서 높은 경향이였다. 7주째에는 5주째 가장 높은 상승 경향을 보였던 65일 묘를 정식한 식물체에서 $2.9\text{g}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 으로 다른 처리구들에 비해 급격히 낮아졌다. 9주째에는 40일-45일, 65일 묘를 정식한 식물체들에서 낮은 경향을 나타내었다. 11주째에는 40일-50일과 55일-65일 묘를 정식한 식물체들 간 뚜렷한 차이를 나타내었는데, 55일-65일 묘를 정식한 식물체들에서는 순동화율이 음(-)의 값을 나타내었다. 특히, 정식 후 후반기에 엽면적지수가 가장 높았던 55일 묘를 정식한 식물체에서도 순동화율이 음(-)의 값을 나타내었다. 이를 고려하면 육묘기간이 긴 묘들을 정식하였을 때 엽면적 확보도 중요하지만 단위 엽면적당 광합성능력이 순동화율에 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다. 육묘기간에 따라 양성된 수박묘의 정식 후 수확한 성숙한 과실의 특성을 조사하였다(표 5-74). 과중은 40일과 65일 묘를 정식한 식물체에서 9.7-9.9kg의 가벼운 과실이 생산되었고, 50일과 55일 묘를 정식한 식물체에서 모두 11.0kg으로 가장 무거운 과실이 생산되었다. 과실 길이는 60일 묘를 정식한 식물체의 과실에서 32.60cm로 가장 길었고, 65일 묘를 정식한 식물체의 과실에서 29.25로 가장 짧았다. 과실 너비는 과실 무게와 유사한 경향을 나타내어 무게가 가벼운 과실은 횡경비대가 적었던 것으로 생각된다. 과형지수는 60일 묘를 정식한 식물체의 과실에서 1.29로 가장 높았고, 45일 묘를 정식한 식물체의 과실에서 1.22로 가장 낮았다. 과피 두께는 45일 묘를 정식한 식물체의 과실에서 13.92mm로 가장 두꺼웠고, 40일, 50일 및 65일 묘를 정식한 식물체의 과실들에서 12.35-12.54mm로 얇은 경향이였다. 과실 품질 평가 요소 중 가장 중요한 과실 당도는 45일 묘를 정식한 식물체의 과실에서 12.08Brix°로 가장 높았고, 50일과 60일 묘를 정식한 식물체의 과실들에서는 11.18Brix°로 낮았다.

표 5-74. 육묘기간에 따른 수박 공정묘의 정식 후 수확된 성숙과 특성.

Raising seedling period (days)	Fruit weight (kg)	Fruit length (L, cm)	Fruit diameter (D, cm)	Fruit shape index (L/D)	Peel thickness (mm)	Sugar contents (Brix)
40	9.7 b ^z	30.58	24.30	1.26	12.35	11.78
45	10.3 ab	30.58	25.08	1.22	13.92	12.08
50	11.0 a	31.88	25.55	1.25	12.49	11.18
55	11.0 a	31.93	25.58	1.25	13.02	11.83
60	10.7 a	32.60	25.18	1.29	12.94	11.18
65	9.9 b	29.25	23.38	1.25	12.54	11.45

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

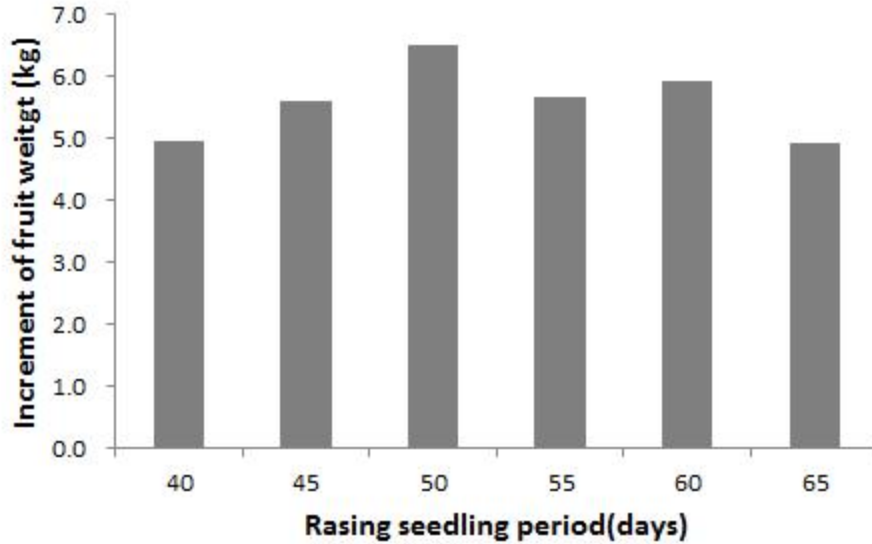


그림 5-45. 육묘기간에 따른 수박 공정묘의 정식 후 5주에서 11주째까지의 과실 비대량(n=5).

육묘기간에 따라 양성된 수박묘의 정식 후 과실 비대량을 조사하였다(그림 5-45). 과실 비대량은 정식 후 5주째 착과된 과실 무게를 11주째 수확한 성숙 과실 무게에서 뺀 값이다. 과실 비대량은 육묘기간별 각각 5.0kg, 5.6kg, 6.5kg, 5.7kg, 5.9kg, 4.9kg으로 50일 묘를 정식한 식물체의 과실에서 가장 많았고, 40일과 65일 묘를 정식한 식물체의 과실에서 적었다. 특히, 50일 묘를 정식한 식물체의 과실에서 5주째에는 4.5kg으로 가장 가벼웠고, 40일, 65일 묘를 정식한 식물체의 과실에서 각각 4.8kg, 4.9kg으로 55일 묘의 식물체를 제외하고는 무거웠다(자료 미제시). 이러한 결과를 고려하면 40일 묘와 65일 묘는 착과를 위한 암꽃 발생이 다른 처리에 비해 늦었거나 빨랐을 것으로 생각된다. 특히, 65일 묘를 정식한 식물체는 수정이 빨라 착생된 과실의 초기 비대가 빨랐지만 과실 비대기에 엽면적이 적고, 이에 따라 낮은 광합성능력으로 동화산물 생성량이 낮아져 과실로의 동화산물 분배량이 적어 비대량이 낮았을 것으로 생각된다.

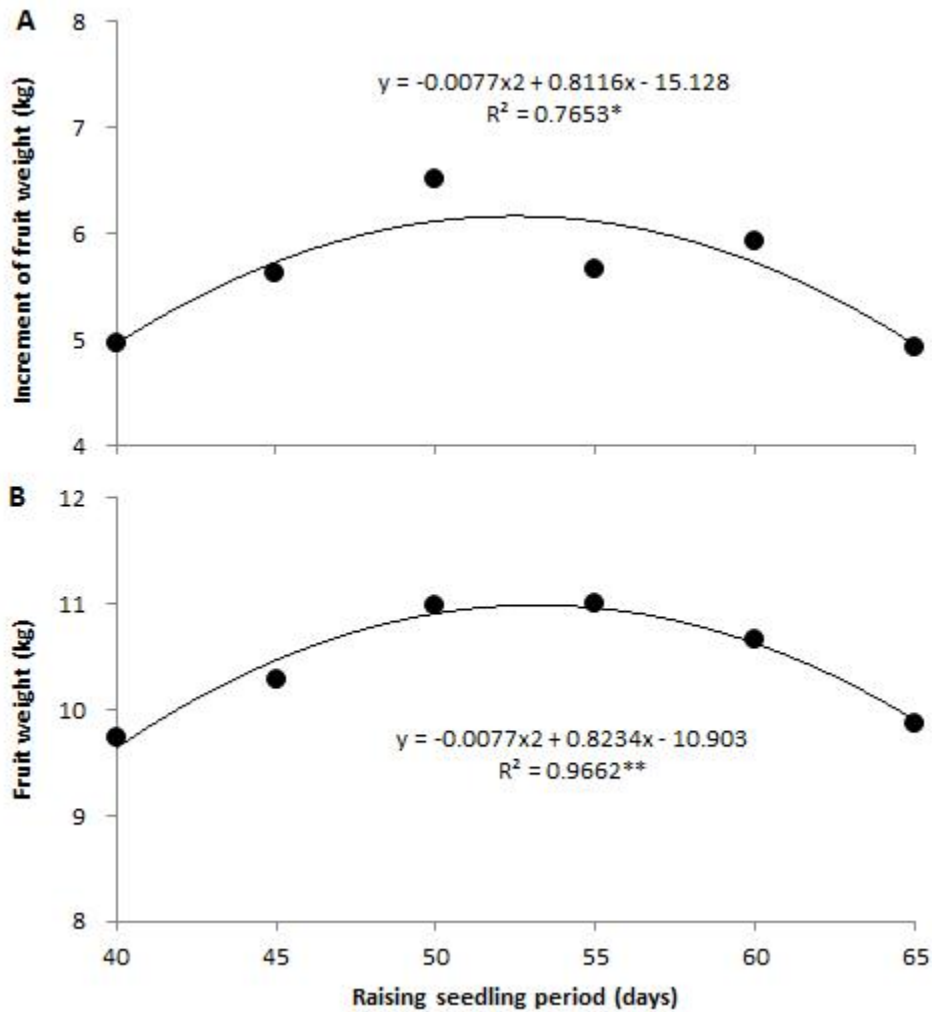


그림 5-46. 육묘기간과 정식 후 과실 비대량과 성숙과 무게와의 관계.

이에 따라 육묘기간과 정식 후 식물체의 과실 비대량 및 성숙 과실 무게 간 회귀분석을 하였다 (그림 5-46). 정식 후 식물체의 과실 비대량은 육묘기간과 $y = -0.0077x^2 + 0.8116x - 15.128$ ($R^2=0.7653^*$), 성숙한 과실 무게는 $y = -0.0077x^2 + 0.8234x - 10.903$ ($R^2=0.9662^{**}$)의 다항회귀식을 나타내었다. 본 두 회귀식에 따라 육묘기간이 50-55일인 묘가 정식 후 과실 비대와 최종 성숙 과실 무게를 증가시키는 데에는 가장 적합한 것으로 생각된다.

(나) 동일한 플러그 트레이 내 묘 사이즈별 정식 후 생육

정식 후 최종 묘소질 측정결과 경경과 엽록소를 제외하고는 모든 사이즈간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 정식전의 묘소질 분석결과 사이즈 간 유의한 차이를 보이지 않았고 역시 정식 후에도 생육 변화가 없이 진행된 것으로 생각된다(표 5-75).

표 5-75. 동일한 플러그 내 수박 공정묘의 사이즈별 정식 후 최종 생육 특성.

Seedling size	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of nodes	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)
S	373.6 a ^z	15.4 b	38.6 b	2075.8 a	249.3 a
M	402.9 a	16.6 a	40.0 ab	2147.5 a	253.0 a
L	424.2 a	16.7 a	41.3 a	2198.8 a	266.4 a

Seedling size	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ²)	LAR (cm ² /g)
S	52.4 a	15,297 a	63.5 a
M	43.6 b	15,491 a	62.6 a
L	51.1 ab	15,689 a	59.1 a

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

2회에 걸쳐 수확한 과실을 묘의 사이즈별로 과실 비대 변화를 조사한 결과 L사이즈가 조금 높았으나 통계적으로는 유의한 차이가 없었던 것으로 나타났고 성숙과의 과실특성도 같은 경향이 었다(표 5-76, 표 5-77).

표 5-76. 동일한 플러그 내 수박 공정묘의 사이즈별 정식 후 과실 비대.

Seedling size	Fruit wt. (kg/ea)		
	May 23 (A)	Jun. 25 (B)	B-A
S	9.0 a ^z	12.1 a	3.1 a
M	9.5 a	12.3 a	2.8 a
L	9.6 a	13.8 a	4.2 a

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 5-77. 동일한 플러그 내 수박 공정묘의 사이즈별 정식 후 성숙과 특성.

Seedling size	Fruit characteristics				
	Weight (kg/ea)	Length (cm)	Width (cm)	Thickness of peel (mm)	Sugar contents (°Brix)
S	12.1 a ^z	32.8 b	26.9 a	14.3 a	12.1 a
M	12.3 a	31.7 ab	26.9 a	14.2 a	12.3 a
L	13.8 a	34.6 a	28.4 a	15.8 a	12.0 a

^zMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

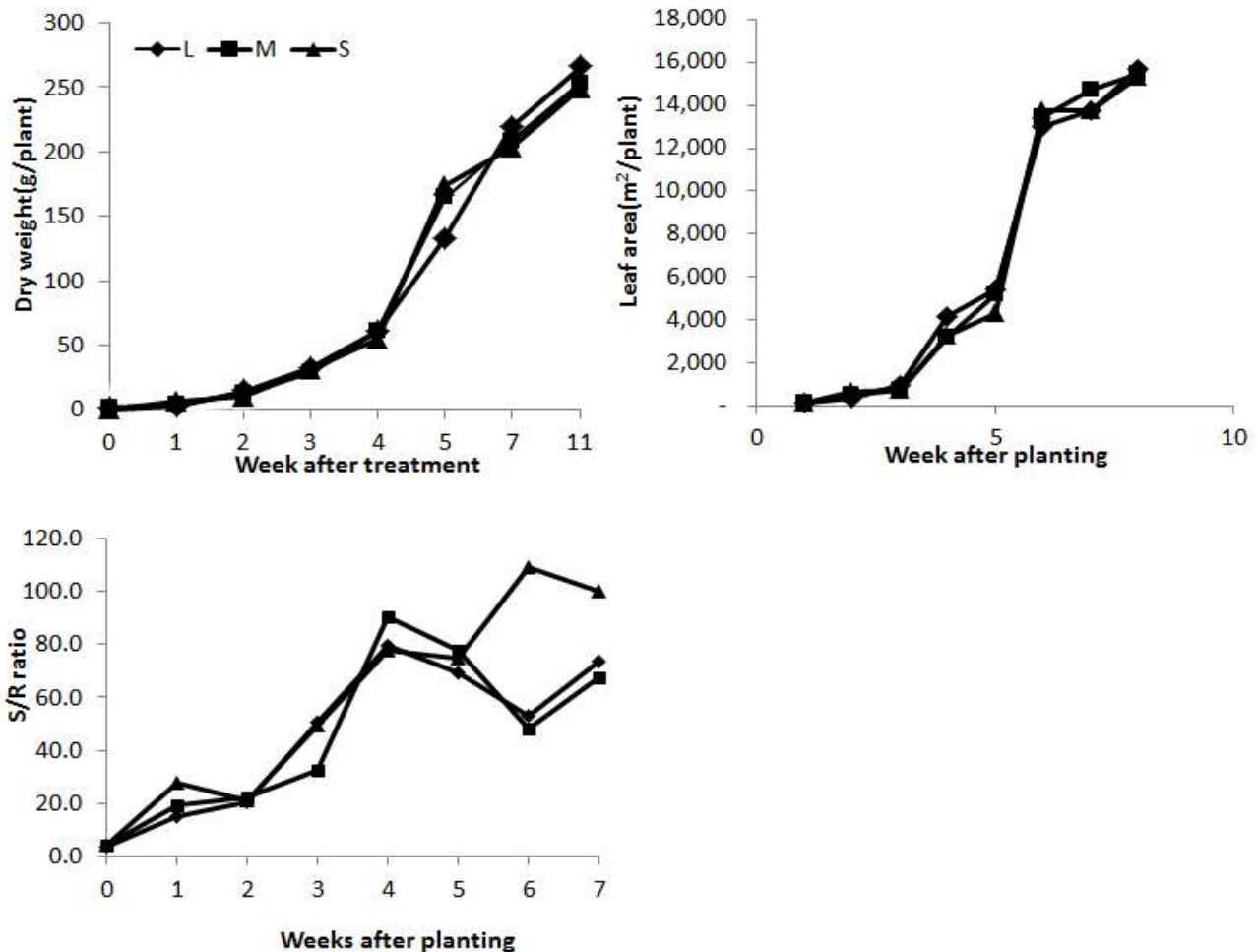


그림 5-47. 수박묘 정식 후 생육주수에 따른 엽면적, 건물중, S/R율의 변화.

수박묘 정식 후 생육주수에 따른 엽면적, 건물중, S/R율의 변화를 그래프로 나타내었다(그림 5-47). 엽면적과 총건물중은 L, M, S 사이즈 묘의 순으로 나타났다. S/R율은 최종적으로 S, L, M 사이즈 순으로 각각 99.9, 73.6, 67.7로 분석되었다.

(5) 딸기의 육묘 소질(현황 조사)

현재 딸기 재배 작형은 9월 초중순에 정식하는 촉성 재배로 90% 이상 전환된 것으로 나타났다. 그리고 육묘는 노지 육묘가 사라지고 시설 비가림 형태로 전환되었다. 특히, 묘 양성 시 연결형 포트(28구 이하)를 이용한 묘 번식 방법이 이용되고 있다. 자가 육묘가 80% 이상을 차지하고 있고, 조직배양묘(무병묘)를 양성하여 농가에 보급하는 비율은 낮은 것으로 나타났다(표 5-78).

표 5-78. 국내 딸기 작형 및 묘 생산 현황(협조: 충남농업기술원 논산딸기시험장).

구 분	현 황
재배 작형	촉성 재배 90% 이상(9월 초중순 정식)
육묘 형태	시설 비가림 형태로 전환
육묘 포트	연결형 포트(28구 이하 권장)
묘 유통	조직배양묘(보급묘) <자가육묘(80% 정도)

국내 딸기 육묘의 주요 기술을 보면(표 5-79), 번식법으로는 영양번식에 의한 자묘를 생산하는 방식이다. 총 육묘 소요시간은 모주에서 정식묘인 자묘를 생산하기까지 약 10개월이 소요되어 관리 기간이 타 공정묘에 비해 상당히 길다. 모주에서 자묘를 양성하기까지는 약 60-70일이 소요된다. 이 자묘 육성 기간을 일반적으로 묘 육묘기간(육묘일수)으로 간주하고 있다. 양성된 자묘는 재배 식물체로 주로 사용되고, 또한 다음 재배의 모주로 활용되기도 한다(표 5-79). 하지만 자묘를 다음 재배의 모주로 이용할 시 감염률이 증가할 가능성을 갖고 있다. 이에 따라 보급되는 조직배양묘를 모주로 사용하는 것이 이러한 감염률을 낮출 수 있다. 하지만 조직배양묘의 수량 한계로 자가 육묘 농가에서는 자묘를 다음해의 모주로 사용을 하고 있다.

표 5-79. 국내 딸기 육묘의 주요 기술 현황(협조: 충남농업기술원 논산딸기시험장).

구 분	현 황
번식법	영양번식(자묘) 생산
육묘기간	모주에서 정식묘(자묘) 생산 10개월 정도
	총 소요시간
묘의 활용	자묘의 발근시부터 60-70일
	자묘 육성기간(육묘일수)
	모주에서 자묘 생산 및정식 → 다음 재배에 현 자묘를 모주로 활용

딸기 묘도 규격화되어 있지 않고 관행적으로 규격을 제시하고 있다. 자묘의 관부직경이 10mm 이상으로 두터울수록 좋고, 엽이 3-4장을 갖춘 묘로 선호하고 있다. 또한 모주로서의 소질은 관부 직경 10-14mm 정도의 것을 이용하고 있었다.

규격 묘를 생산하기 위한 기술로는 모주에서 순차적으로 3개 정도의 자묘가 연결형 포트 위에 발생하면 이때 일괄적으로 관수를 개시하여 뿌리 발근이 동시에 이루어지도록 하고 있었다. 특히 관수 이전에 첫 번째 또는 두 번째까지 발생한 자묘의 하엽을 제거하여 한 개의 런너에서 발생한 3개 정도의 자묘가 동일한 엽수를 갖도록 조절하였다. 그리고 한 런너에 발생한 3개 정도의 자묘가 관수를 통해 뿌리가 발생한 후 정식 5-10일 전이 되면 런너를 절단하여 독립적인 자묘로 만든다. 특히, 딸기 자묘의 도장 등을 억제하기 위한 전용 생장조절제로 메트코나졸이 액상수화제가 등록되어 있다.

표 5-80. 국내 딸기 묘의 관행적 규격과 규격화 기술(협조: 충남농업기술원 논산딸기시험장).

구분	관행적 규격 및 투여 기술	비 고
정식 묘 규격	관부 직경10mm 이상 (대묘) 엽수3장-4장	모주 소질 : 관부직경10-14mm
정식 묘 규격화 기술	첫 관수시점을 통일(정식 60-70일전)	자묘의 발근 시기 조절
	자묘의 하엽 제거(2-3매 남김) 런너 절단	한 런너의 자묘들 엽수 통일 정식 5-10일전 자묘 분리
	전용 도장 억제제 사용	메트코나졸(metconazole)

표 5-81. 주요 과채류 공정묘의 적합 묘 규격 설정.

작물	육묘일수	초장(cm)	엽수	엽면적 (cm ²)	비 고
토마토	40-50	20-25	8-9	170-220	첫 화방 일부 개화 또는 미개화
고추	45-55	20-25	10-12	130-160	방아다리 꽃 개화 또는 이전
오이	30-40	15-20	4-5	170-250	-
수박	45-55	20-25	3-5	80-120	접수직경 4mm 이상
딸기	60-70 (자묘)	1cm 이상 (관부직경)	3-4		-

라. 요약

주요 과채류 공정묘에서 동일한 플러그 트레이 내의 묘 사이즈는 정식 후 생육 및 과실 특성에 뚜렷한 영향을 나타내지 않았다. 이에 따라 공정묘 구입 시 플러그 트레이의 균일도는 큰 차이를 나타내지 않으므로 육묘기간 또는 이에 따른 묘 크기가 중요할 것으로 생각된다. 토마토, 고추, 수박, 오이, 딸기의 적정 육묘기간과 묘소질은 표 5-81과 같다.

6. 공정육묘 인증제 가이드라인 설정

상기 연구결과와 수행되고 있는 주요 인증제도를 고려하여 공정육묘 시 반드시 필요한 부분과 권장 내용을 아래와 같이 작성하였다(표 5-82).

표 5-82. 육묘 인증제 시스템을 위한 기준 설정 필요 요소(설문결과+타인증체계).

핵심분야	세부분야	주요범위	기록유무	필수/권장	비 고	중요도
경영	영농일지	2년 이상	○	필수	생산-출하 정보 (전산화 권장)	+++++
	재배자경력	5년 이상	-	권장		++
시설	시설유형	유리/비닐	-	필수	외부병해충 차단	++
	시설규모	1천평 이상	-	권장		++
	자동화		-	필수/권장		과중, 관수, 환경제어 필수
재배	소독		○	필수	정기적, 단계별 수시 소독기구	+++++
	용수기준	유해물질 여부	○	필수	농업용수 기준 준수	++++
	상토	-	○	권장		++
	시비	외부유출 방지	○	필수		+++
	병해충	등록약제	○	필수	종합관리계획 수립	+++++
	생장조정제	등록약제	○	권장	전용약제 사용	+++
	품질	종자구입	종자전문회 사	○	권장	종자품질 확보
내부지침 (권장사항)	묘 소질	현장환경고 려	○	필수		+++++
	육묘단계별 지침	단계별 수준 및 점검	○	권장	자체 인증기준 이상의 기준 설정	++
교육	자체검증	연 1회	○	필수	필수사항 점검	++++
	인증교육	정기적		필수	별도 인증기관에 의한 1회/2년	+++++

※ 묘소질의 기준은 '5번 시험결과' 참조.

제 5 절 공정묘 안정 공급 및 수출확대를 위한 유통·저장 기술 개발 (4협동 연구팀: 서울대학교)

1. 공정묘 암조건 저온 저장 시 적정 저장 온도 구명

가. 서언

기상 이변 및 노동력 부족에 따른 출하 및 정식 시기 조절을 위해서는 공정묘의 저장 기술 개발은 필수적이다. 암조건 저온 저장은 수확 후 산물 저장을 위해서 가장 보편적으로 사용되고 있으며, 온도 조절이 가능한 저장고 설치만으로 가능하기 때문에 경제적이다. 하지만, 수확 후 산물 저장과는 달리 공정묘 저장은 암조건 저장 중 호흡량을 감소시키고 엽록소 파괴를 줄여서 저장 후 묘소질의 변화를 감소시면서 묘의 활력은 유지시켜 정식 후 생육에 문제가 없어야 한다. 온도는 암조건 저장 중 호흡량에 가장 큰 영향을 미치는 요인이다.

본 실험에서는 박과(수박, 오이) 및 가지과(파프리카, 토마토) 공정묘의 암조건 저온 저장 중의 호흡량 및 묘의 활력 변화를 알아보고, 저장묘의 정식 후 생육을 평가하여 암조건 저온 저장 시 작물별 적정 저장 온도를 구명하였다.

나. 재료 및 방법

공정묘묘장에서 출하된 수박, 오이, 파프리카, 토마토 공정묘를 저장고에서 2주간 저장하였다. 저장 온도는 9, 12, 15 및 18℃로 설정하였고, 저장 기간 동안 암상태를 유지하였고 상대습도는 80%이상으로 유지하였다.

저장 기간 중, 각 저장 온도 별 작물의 호흡량을 LI-6400(LiCor Inc., NE, USA)을 이용해서 측정하였다. 저장 전과 후의 묘소질 변화를 확인하기 위하여, 초장, 엽수, 생체중 및 건물중을 측정하였다. 또한, 암조건 저장 중 엽록소 파괴 정도를 알아보기 위하여 엽록소의 특정 파장대의 빛 흡수율을 이용하여 비파괴적으로 엽록소 함량을 측정할 수 있는 SPAD-502(Minolta Camera Co. Ltd., Japan)를 이용하여 각 작물 별 저장 전과 후의 SPAD 값을 측정하였다.

저장 중 저온이 정식 후 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 각 저장 온도에서 저장한 묘를 정식하고 온실에서 2주간 재배한 후, 생존율, 초장, 엽수, SPAD 값, 엽면적, 생체중 및 건물중을 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

<수박>

수박묘의 호흡량은 저장 초기에는 저장 온도가 감소함에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 저장 후기에는 모든 처리구에서 낮은 호흡량을 보였다(그림 6-1). 18℃에서 저장했을 때, 수박묘의 초장 신장 및 엽록소 감소도 가장 컸다(표 6-1). 저장 전과 후의 엽수 및 엽면적은 차이가 없었으며, 저장 후 수박묘의 생체중은 저장 전보다 약간 증가하였으나 건물중은 감소하였다. 저장 중 건물중의 감소는 12℃에서 저장한 수박묘에서 가장 적었다.

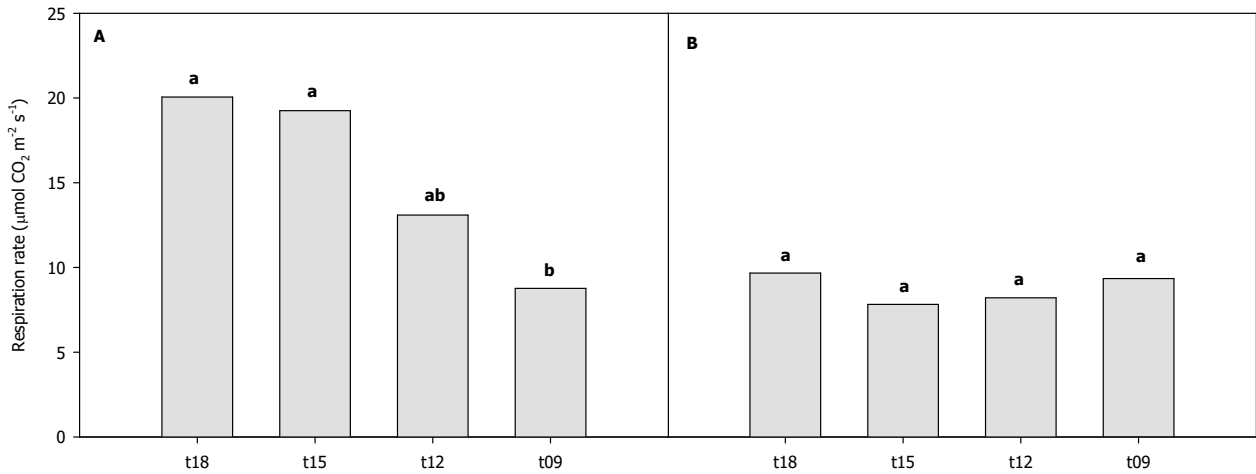


그림 6-1. 암조건 저장 후 3일(A)과 12일(B)의 저장 온도에 따른 수박묘의 호흡률 변화.

* Means in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-1. 암조건 저장 시 저장 온도에 따른 수박묘의 저장 후 소질 변화.

Treatment	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	Chloro phyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
					Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	15.6 d ²	4.4 a	35.8 9a	91.5 a	8.22 b	1.76 b	0.82 a	0.14 ab
18°C	24.7 a	4.9 a	21.45 d	92.9 a	8.98 ab	1.86 b	0.70 bc	0.11 c
15°C	20.1 b	4.3 a	28.56 c	95.6 a	9.41 a	2.22 a	0.78 ab	0.13 b
12°C	17.9 c	4.5 a	9.24 bc	96.3 a	8.88 ab	2.19 a	0.81 a	0.15 a
9°C	15.6 d	4.8 a	30.89 b	82.3 b	8.32 b	1.93a b	0.66 c	0.13 bc

²Means in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

9°C에서 저장한 수박묘는 저장 중 저온 장애로 인하여 정식 후 가장 낮은 생존율을 보였고, 정식 후 생육 및 발달 또한 가장 낮았다(표 6-2). 정식 후 수박묘의 SPAD 값은 18°C에서 저장한 수박묘에서 낮게 나타났으며, 이는 저장 중 엽록소 파괴가 가장 활발하게 진행되어 정식 후에도 회복이 늦어진 것으로 생각된다. 정식 후 생육은 12°C와 15°C에서 저장한 수박묘에서 가장 높게 나타났다.

표 6-2. 암조건 저장 시 저장 온도에 따른 수박묘의 정식 후 생존율 및 생육.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	No. of flowers (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
18°C	100	53.4 b ^z	12.6 a	3.9 b	36.30 b
15°C	100	65.3 a	12.4 a	5.7 a	40.16 a
12°C	100	66.7 a	11.9 ab	5.3 a	41.39 a
9°C	100	30.8 c	10.0 b	0.0 c	41.76 a

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
18°C	305.6 b	20.71 b	5.56 a	2.44 ab	0.42 a
15°C	431.1 a	28.39 a	5.18 a	3.02 a	0.40 a
12°C	488.8 a	30.48 a	5.60 a	3.01 a	0.34 a
9°C	320.3 b	19.13 b	4.69 a	1.85 b	0.21 b

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

<오이>

저장 초기 오이묘의 호흡량은 저장 온도가 감소함에 따라 감소하였으나, 저장 후기에는 모든 처리구에서 낮은 호흡량을 나타냈다(그림 6-2). 저장 후 오이묘의 초장 신장 및 엽록소 감소는 저장 온도가 낮아질수록 억제되었고 저장 전과 후의 엽수 및 엽면적은 차이가 없었다(표 6-3). 9°C에서 저장한 오이묘는 정식 후 모두 고사하였다(표 6-4). 저장 후 묘소질의 변화는 9°C에서 저장한 오이묘에서 가장 적었으나 저온 스트레스로 활력이 감소하여 정식 후 회복하지 못한 것으로 생각된다. 정식 후 생존율은 18, 15, 12°C에서 저장한 오이묘에서 각각 90, 100, 90%였다. 12°C에서 저장한 오이묘에서 정식 후 생육이 가장 좋았으며, 꽃 수도 가장 많았다. 18°C에서 저장한 오이묘는 저장 후 엽록소 감소가 가장 컸으나, 정식 후 빠르게 회복되어 정식 후 SPAD 값은 다른 처리구들 간의 유의차가 없었다.

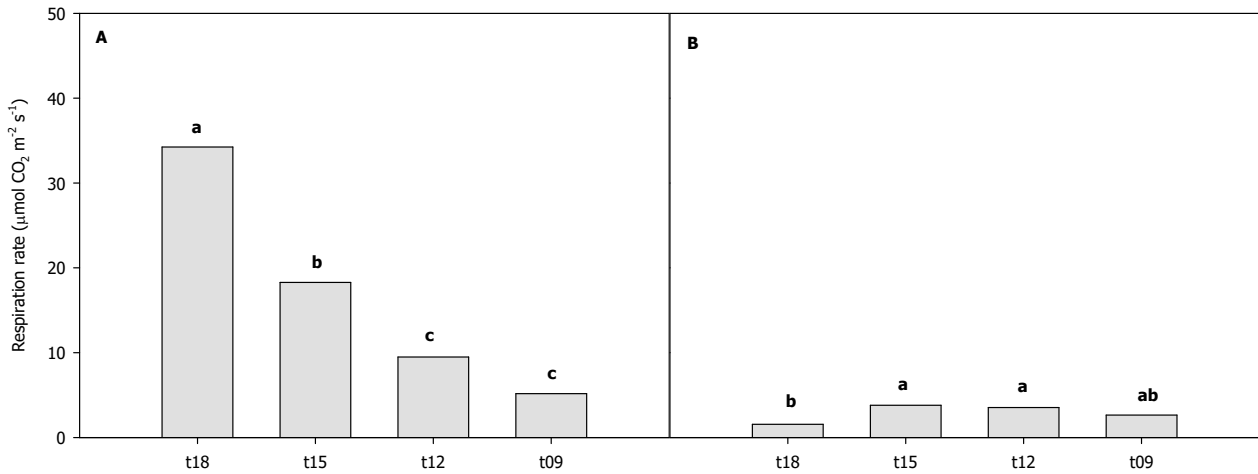


그림 6-2. 암조건 저장 후 3일(A)과 12일(B)의 저장 온도에 따른 오이묘의 호흡률 변화.

* Means in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-3. 암조건 저장 시 저장 온도에 따른 오이묘의 저장 후 소질 변화.

Treatment	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	Chloro phyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
					Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	19.3 d ^z	4.0 b	37.87 a	208.0 a	8.75 c	3.69 b	0.87 a	0.20 ab
18°C	27.8 a	4.9 a	8.89 d	193.6 a	11.09 a	4.23 ab	0.87 a	0.20 ab
15°C	26.1 ab	4.3 b	16.84 c	206.5 a	10.68 ab	4.10 ab	0.83 ab	0.17 b
12°C	25.7 b	4.2 b	21.17 b	213.3 a	9.84 bc	4.40 a	0.76 ab	0.20 ab
9°C	22.4 c	4.0 b	20.97 b	201.7 a	9.46 c	4.26 ab	0.72 b	0.25 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-4. 암조건 저장 시 저장 온도에 따른 오이묘의 정식 후 생존율 및 생육.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	No. of flowers (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
18°C	90	41.3 b ^z	9.6 b	5.1 b	30.66 a
15°C	100	52.6 b	9.9 b	7.4 a	31.97 a
12°C	90	64.3 a	11.2 a	8.1 a	32.00 a
9°C	0	n.a	n.a	n.a	n.a

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
18°C	341.1 c	13.62 c	2.41 b	1.05 c	0.13 b
15°C	579.1 b	22.74 b	3.08 b	1.59 b	0.15 b
12°C	765.3 a	30.33 a	5.13 a	1.99 a	0.24 a
9°C	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

<파프리카>

암조건 저장 중 파프리카묘의 호흡량은 다른 작물들과 다른 양상을 보였다. 저장 초기 파프리카묘의 호흡량은 낮은 온도에서 높은 값을 나타냈고, 저장 후기에는 저장 온도가 감소함에 따라 파프리카묘의 호흡량이 감소하였다(그림 6-3). 파프리카는 고온성 작물이기 때문에 저장 중 저온 스트레스가 극심하여 저장 초기에는 낮은 온도에서 호흡량이 증가한 것으로 생각된다. 파프리카묘는 암조건 저장 중 초장이 거의 신장되지 않았고 엽록소 감소량도 다른 작물에 비해 매우 적었다(표 6-5).

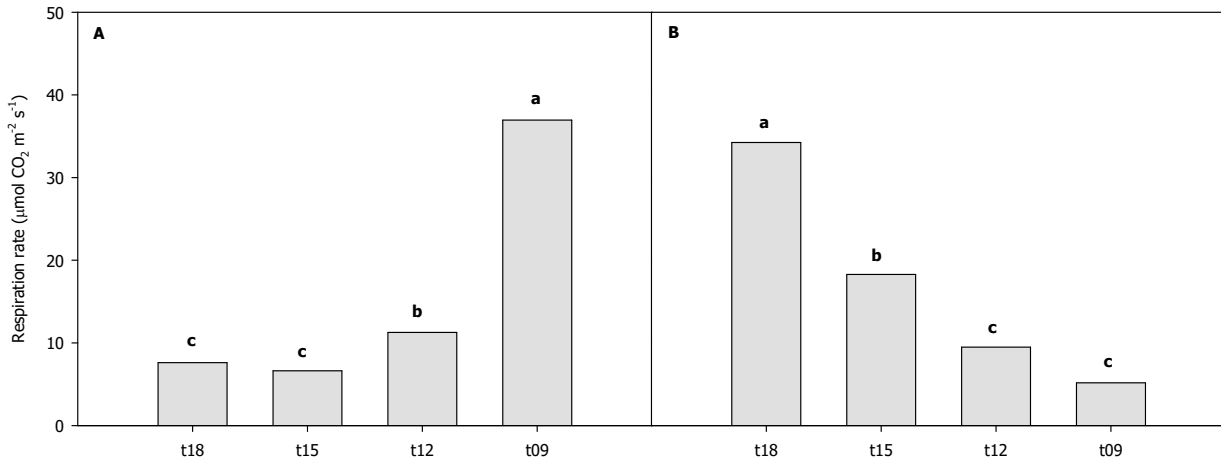


그림 6-3. 암조건 저장 후 3일(A)과 12일(B)의 저장 온도에 따른 파프리카묘의 호흡률 변화.
* Means in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-5. 암조건 저장 시 저장 온도에 따른 파프리카묘의 저장 후 소질 변화.

Treatment	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	No. of internodes (/plant)	Chloro phyll (SPAD)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
					Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	24.1 ab ^z	11.8 a	8.9 a	51.8 a	8.67 ab	4.34 c	1.14 a	0.36 b
18°C	24.9 a	12.0 a	8.6 a	49.3 b	9.28 a	6.71 a	1.03 b	0.42 ab
15°C	23.1 c	11.3 ab	8.9 a	49.5 b	8.31 b	6.61 a	0.93 b	0.39 ab
12°C	23.5 bc	10.8 b	8.2 a	52.5 a	8.29 b	5.96 ab	1.02 b	0.42 ab
9°C	23.3 bc	10.8 b	8.4 a	52.4 a	7.98 b	5.36 bc	1.00 b	0.44 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

온실에 정식 후 파프리카묘의 생존율은 모든 처리구에서 100%였고, 정식 후 파프리카묘의 생육은 저장 온도에 영향을 거의 받지 않았다(표 6-6). 하지만, 정식 후 화방 수는 높은 온도(15와 18°C)에서 저장한 파프리카묘 보다 낮은 온도(9와 12°C)에서 저장한 파프리카묘에서 높았다.

표 6-6. 암조건 저장 시 저장 온도에 따른 파프리카묘의 정식 후 생존율 및 생육.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	No. of internodes (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)
18°C	100	31.2 a ^z	29.5 a	11.5 a	55.05 a	499.1 a
15°C	100	29.4 b	27.1 a	10.8 a	55.39 a	470.8 a
12°C	100	32.6 a	29.1 a	11.9 a	56.31 a	508.2 a
9°C	100	32.6 a	28.6 a	11.6 a	53.73 a	525.2 a

Treatment	No. of flower clusters (/plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
18°C	12.4 b	25.09 ab	12.83 a	2.94 a	1.01 a
15°C	12.0 b	22.58 b	12.66 a	2.63 b	0.98 a
12°C	17.3 a	25.68 a	13.13 a	3.08 a	0.98 a
9°C	15.1 a	24.56 ab	12.48 a	2.95 a	0.94 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

<토마토>

토마토묘의 저장 초기 호흡량은 저장 온도가 낮아짐에 따라 감소하는 경향을 보였고, 12, 15, 18°C에서 저장한 토마토묘는 저장 후기에 거의 호흡을 하지 않았다(그림 6-4). 9와 12°C에서 저장한 토마토묘는 암조건 저장 후 초장이 신장하지 않았다(표 6-7). 토마토묘를 9°C에서 저장했을 때, 저장 중 하위엽의 탈락 현상이 나타나지 않았으며 엽록소도 감소하지 않았다. 엽면적, 생체중 및 건물중 등 저장 후 묘소질의 변화도 9°C에서 저장한 토마토묘에서 가장 적었다.

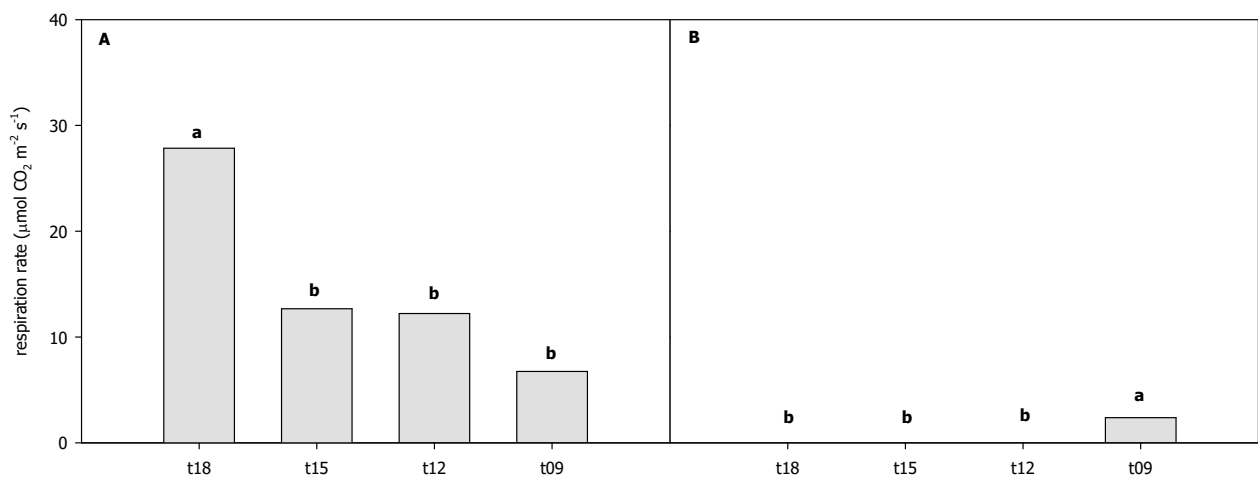


그림 6-4. 암조건 저장 후 3일(A)과 12일(B)의 저장 온도에 따른 토마토묘의 호흡률 변화.

* Means in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-7. 암조건 저장 시 저장 온도에 따른 토마토묘의 저장 후 소질 변화.

Treatment	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	No. of fallen leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	
Before storage	17.2 b ^z	6.1 ab	0.0 a	43.09 a	
18°C	18.6 a	5.4 cd	1.4 ab	16.43 d	
15°C	18.5 a	5.8 bc	1.0 b	22.57 c	
12°C	16.4 c	5.0 d	1.8 a	28.30 b	
9°C	15.8 c	6.6 a	0.0 c	46.71 a	

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	165.8 a	9.64 a	3.06 a	0.83 a	0.24 a
18°C	112.6 b	8.07 b	2.57 a	0.65 b	0.23 a
15°C	113.3 b	6.43 c	2.01 b	0.51 c	0.14 bc
12°C	83.4 c	6.00 c	1.91 b	0.49 c	0.16 b
9°C	124.8 b	8.08 b	1.35 c	0.69 b	0.11 c

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

정식 후 생존율은 18°C에서 저장한 토마토묘가 100%로 가장 높았고, 15°C에서 저장한 토마토묘는 50%로 가장 낮았다(표 6-8). 정식 후 생존율과는 달리, 정식 후 생육은 저장 온도에 영향을 거의 받지 않았고, 저장 중 감소했던 SPAD 값 역시 정식 후 빠르게 회복되어 모든 처리구간 유의차가 없었다.

표 6-8. 암조건 저장 시 저장 온도에 따른 토마토묘의 정식 후 생존율 및 생육.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	No. of internodes (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
18°C	100	21.2 a ^z	9.1 a	8.6 a	40.86 a
15°C	50	19.0 a	7.3 a	7.5 ab	40.58 a
12°C	75	21.5 a	8.8 a	8.3 ab	42.45 a
9°C	88	17.9 a	7.3 a	7.0 b	40.09 a

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
18°C	184.5 a	10.70 a	1.97 a	0.83 a	0.18 a
15°C	111.5 a	7.43 a	1.78 a	0.60 a	0.15 a
12°C	194.8 a	12.18 a	2.47 a	0.96 a	0.19 a
9°C	151.1 a	8.67 a	1.51 a	0.69 a	0.13 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

수박, 오이, 토마토묘의 경우, 암조건 저장 초기 호흡량은 온도가 낮아질수록 감소하였고, 저장 후기에는 모든 저장 온도 처리구에서 호흡량이 급격히 감소하였다. 암조건 저장 중 온도가 낮을수록 초장 신장 및 엽록소 감소가 억제되어 낮은 저장 온도가 저장 중 묘소질 유지에 유리하였으나, 저온 스트레스로 인한 활력 저하로 정식 후 생존율 및 생육에는 불리하였다. 저장 중 묘소질 변화 및 정식 후 생육 결과, 수박과 오이는 12°C, 토마토는 18°C를 암조건 저장 시 적정 온도로 판단하였다.

파프리카묘의 경우, 암조건 저장 초기 호흡량이 온도가 낮아질수록 증가하였고, 저장 후기 호흡량은 온도가 낮아질수록 감소하였다. 파프리카묘는 암조건 저장 중 저장 온도에 따른 묘소질의 변화가 거의 없어, 다른 작물들보다 장기간 저장이 가능할 것으로 생각된다. 정식 후 파프리카묘의 생육은 저장 온도의 영향을 거의 받지 않았으나, 정식 후 화방 개수를 비교했을 때 9-12°C가 파프리카묘의 암조건 저장 시 적정 온도로 판단된다.

2. 공정묘 암조건 저온 저장 시 적정 상대습도 구명

가. 서언

암조건 저온 저장 시에는 재배시와는 달리 관수를 행하지 않기 때문에 일정 기간 동안 공정묘의 활력을 유지시키기 위해서는 적정 상대습도를 유지할 필요가 있다. 수확 후 산물의 저장 시에는 저장 중 생체중 감소를 줄이기 위하여 상대습도를 90%이상으로 유지시키는 것이 보편적이다. 하지만 공정묘 저장 시 과습 혹은 건조한 저장 환경이 수분 스트레스를 유도해서 저장 중 공정묘의 활력을 감소시킬 수 있다.

본 실험에서는 오이와 토마토 공정묘의 암조건 저온 저장 시 상대습도에 따른 저장 후 묘소질을 확인하고, 저장묘의 정식 후 생육을 평가하여 암조건 저온 저장 시 오이와 토마토의 적정 상대습도를 구명하였다.

나. 재료 및 방법

공정묘묘장에서 출하된 오이와 토마토 공정묘를 저장고에서 12일간 저장하였다. 저장 중 상대습도는 90, 70 및 50%로 설정하였고, 저장 기간 동안 암상태를 유지하였고 저장 온도는 15℃였다. 저장 전과 후의 묘소질 변화를 확인하기 위하여, 초장, 엽수, 생체중 및 건물중을 측정하였다. 또한, 암조건 저장 중 엽록소 파괴 정도를 알아보기 위하여 엽록소의 특정 파장대의 빛 흡수율을 이용하여 비파괴적으로 엽록소 함량을 측정할 수 있는 SPAD-502(Minolta Camera Co. Ltd., Japan)를 이용하여 각 작물별 저장 전과 후의 SPAD 값을 측정하였다.

저장 중 상대습도가 정식 후 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 각 상대습도에서 저장묘를 정식하고 온실에서 10일간 재배한 후, 생존율, 초장, 엽수, SPAD 값, 엽면적, 생체중 및 건물중을 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

<오이>

상대습도 50%에서 저장 후, SPAD 값과 엽면적을 측정할 수 없을 정도로 잎이 많이 시들었다. 모든 상대습도 처리구에서 저장 후 초장이 신장하였고, 상대습도 90%에서 저장하였을 때 저장 중 엽록소 감소가 가장 컸다(표 6-9). 저장 중 상대습도가 증가할수록 저장 후 생체중이 증가하였고, 건물중 감소는 상대습도 70%에서 저장한 오이묘에서 가장 적었다.

표 6-9. 암조건 저장 시 상대습도에 따른 오이묘의 저장 후 소질 변화.

Treatment	Plant height (cm)	No.r of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
					Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	10.6 b ^z	2.0 a	35.12 a	52.5 a	3.00 a	1.04 ab	0.207 a	0.049 a
RH90%	12.4 a	2.0 a	24.48 c	46.5 ab	2.74 b	1.23 a	0.176 b	0.048 a
RH70%	12.6 a	2.0 a	29.61 b	49.7 ab	2.58 b	0.97 ab	0.200 a	0.056 a
RH50%	11.8 a	2.0 a	n.a	n.a	2.02 c	0.87 b	0.181 b	0.046 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

온실에 정식 후 생존율은 상대습도 70% 처리구에서 60%로 가장 높았고 상대습도 50% 처리구에서는 모두 고사하였다(표 6-10). 상대습도 90%와 70%에서 저장한 오이묘의 정식 후 생육은 처리구간의 차이가 없었다.

표 6-10. 암조건 저장 시 상대습도에 따른 오이묘의 정식 후 생존율 및 생육.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
RH90%	30	13.3 a ^z	4.3 a	36.13 a
RH70%	60	13.8 a	4.8 a	34.96 a
RH50%	0	n.a	n.a	n.a

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
RH90%	160.3a	5.23a	1.23a	0.475a	0.066a
RH70%	192.1a	6.29a	1.25a	0.523a	0.064a
RH50%	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

<토마토>

상대습도 50%에서 저장한 토마토묘는 잎이 많이 시들어서 SPAD 값과 엽면적을 측정할 수 없었다. 저장 후 모든 상대습도 처리구에서 초장이 신장하였고, 상대습도 90%에서 저장한 토마토묘는 하위엽이 탈락하여 엽수와 엽면적이 적었다(표 6-11). 상대습도 90%에서 저장한 토마토묘에서 엽록소 감소가 가장 컸으며, 생체중과 건물중은 상대습도 70% 처리구에서 가장 컸다.

표 6-11. 압조건 저장 시 상대습도에 따른 토마토묘의 저장 후 소질 변화.

Treatment	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	No. of internodes (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	
Before storage	14.1b ^z	6.2a	5.2a	42.69a	
RH90%	16.5a	4.9b	4.9a	35.29c	
RH70%	15.8a	6.0a	5.3a	39.07a	
RH50%	16.5a	6.3a	5.3a	n.a	

Treatment	Leaf area (cm ² / plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	107.2 a	6.67 b	1.66 b	0.555 a	0.132 b
RH90%	89.0 b	6.17 ab	1.84 ab	0.429 b	0.144 b
RH70%	106.5 a	6.94 a	2.05 a	0.546 a	0.195 a
RH50%	n.a	5.83 b	1.67 b	0.522 a	0.154 ab

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

상대습도 90, 70, 50%에서 저장한 후 정식한 토마토묘의 생존율은 각각 70, 90, 80%였다. 정식 후 생육은 상대습도 70%에서 저장한 후 정식한 토마토묘에서 가장 좋았다(표 6-12).

표 6-12. 암조건 저장 시 상대습도에 따른 토마토묘의 정식 후 생존율 및 생육.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	No. of fallen leaves (/plant)	No. of internodes (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
RH90%	70	20.1b ^z	7.6ab	0.8a	7.3b	47.36ab
RH70%	90	23.5a	8.7a	0.2a	8.0a	48.03a
RH50%	80	21.0b	7.1a	0.9a	7.3b	45.55b

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
RH90%	185.8b	10.53b	1.65b	0.746b	0.140b
RH70%	254.0a	15.09a	3.03a	1.237a	0.228a
RH50%	45.55b	9.43b	1.69b	0.876b	0.145b

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

암조건 저온 저장 시, 적정 상대습도는 오이묘와 토마토묘 모두 70%였다. 저장 중 과습 조건은 공정묘의 엽록소 감소율이 증가시키고, 건조 조건은 공정묘의 활력을 지나치게 감소시키는 것을 확인하였다.

3. 공정묘 저장 시 적정 광 환경 구명

가. 서언

암조건 저온 저장은 가장 경제적이고 용이한 방법이지만 저장 중 암조건은 작물의 호흡 속도 증가, 초장 신장 및 엽록소 감소 등 묘소질 변화를 초래한다. 작물의 호흡 혹은 광합성 속도를 조절하고 엽록소 감소를 줄이기 위해서는 저장 중 광 공급이 필수적이다.

본 실험에서는 오이와 토마토묘의 광보상점을 확인하고 저장 중 광 환경에 따른 묘소질의 변화 및 정식 후 생존율과 생육을 평가하여 공정묘 저장 시 적정 광 환경을 구명하였다.

나. 재료 및 방법

공정육묘장에서 출하된 오이와 토마토 공정묘를 온도 15℃와 상대습도 80%이상으로 설정된 저장고에서 10일간 저장하였다. 대조구인 암조건 처리구와 동일한 적산 PPF를 가지도록 광보상점의 광을 24시간 공급하는 L24처리구와 광보상점 2배의 광을 12시간 공급하는 L12처리구를 설정하였다.

저장 전과 후의 묘소질 변화를 확인하기 위하여, 초장, 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 측정하였다. 또한, 암조건 저장 중 엽록소 파괴 정도를 알아보기 위하여 엽록소의 특정 파장대의 빛 흡수율을 이용하여 비파괴적으로 엽록소 함량을 측정할 수 있는 SPAD-502(Minolta Camera Co. Ltd., Japan)를 이용하여 각 작물 별 저장 전과 후의 SPAD 값을 측정하였다.

저장 중 광 조건이 정식 후 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 다른 광 조건에서 저장한 묘를 정식하고 온실에서 10일간 재배한 후, 생존율, 초장, 엽수, SPAD 값, 엽면적, 생체중 및 건물중을 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

<오이>

저장 후 오이묘의 초장은 암조건 처리구에서 가장 많이 신장되었고, L12처리구의 오이묘는 저장 중 전혀 도장하지 않았다(표 6-13). 저장 중 적산 PPF는 동일하더라도 L24 처리구에서는 저장 중 오이묘의 초장이 신장하였다. 저장 시 광을 공급한 처리구에서 저장 후 엽수와 엽면적의 증가가 컸고, 저장 후 엽록소 감소는 적었다. 저장 후 생체중 및 건물중은 L24 처리구에서 가장 높게 증가하였고, L12 처리구에서는 거의 증가하지 않았다.

표 6-13. 공정묘 저장 시 광 환경에 따른 오이묘의 저장 후 소질 변화.

Treatment	Plant height (cm)	No. leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
					Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	11.2 c ^z	3.2 b	42.9 a	56.0 c	2.79 b	0.36 b	0.230 bc	0.020 b
Dark	14.4 a	3.1 b	35.2 c	76.6 b	3.53 a	0.46 b	0.219 c	0.024 b
L24	12.6 b	3.8 a	40.4 b	90.4 ab	3.68 a	0.57 a	0.332 a	0.024 b
L12	11.2 c	4.0 a	40.0 b	98.7 a	3.50 a	0.43 b	0.265 b	0.034 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

정식 후 오이묘의 생존율은 암조건 처리구에서 70%였고, 엽면적, 생체중 및 건물중이 저장 시 광을 공급한 처리구보다 낮았다(표 6-14). 정식 후 생육은 L24와 L12 처리구 간 차이가 없었다.

표 6-14. 공정묘 저장 시 광 환경에 따른 오이묘의 정식 후 생존율 및 생육.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (cm)	No. leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
					Shoot	Root	Shoot	Root
Dark	70	16.8 b ^z	7.9 a	36.1 a				
L24	100	21.9 a	8.3 a	34.3 b				
L12	100	22.1 a	8.5 a	35.6 ab				

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
Dark	215.4 b	8.61 b	2.13 a	0.587 b	0.066 b
L24	340.9 a	12.32 a	1.89 a	0.926 a	0.121 a
L12	357.3 a	12.78 a	1.86 a	0.806 ab	0.103 ab

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

<토마토>

저장 후 토마토묘의 초장은 L12처리구에서 가장 짧았고, 저장 시 광을 공급한 처리구에서는 저장 전과 후의 엽록소 및 건물중 변화가 없었다(표 6-15). L24와 L12처리구의 저장 후 묘소질 차이는 없었고, 저장 중 적산 PPF가 같으면 광량 및 명기가 달라지더라도 저장 중 묘소질에 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

표 6-15. 공정묘 저장 시 광 환경에 따른 토마토묘의 저장 후 소질 변화.

Treatment	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	No. of internodes (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	
Before storage	23.9 ab ^z	6.8 b	6.5 a	48.2 a	
Dark	26.2 a	7.4 ab	6.6 a	39.9 b	
L24	26.5 a	7.8 a	6.1 a	45.7 a	
L12	23.1 b	7.3 ab	6.3 a	47.4 a	

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
		Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	371.9 a	20.36 a	1.50 a	1.691 a	0.135 a
Dark	296.4 b	16.61 b	1.34 a	1.288 b	0.110 a
L24	289.7 b	15.46 b	1.32 a	1.691 a	0.142 a
L12	244.5 b	17.06 b	1.42 a	1.816 a	0.147 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

정식 후 토마토묘의 생존율은 모든 처리구에서 100%였고, 엽수, 절간 수, 꽃 수, 엽면적, SPAD 값 및 생체중이 L12처리구에서 가장 높았다(표 6-16). 동일한 적산 PPF의 광을 공급하였을 때, 저장 중 묘소질 변화에는 차이가 없었으나 정식 후 생육은 명기와 암기를 나누어 공급한 L12처리구에서 가장 높았던 것은 저장 중 명/암기 구분에 적응한 토마토묘가 정식 후 광 환경에서도 회복이 빨랐던 것으로 생각된다.

표 6-16. 공정묘 저장 시 광 환경에 따른 토마토묘의 정식 후 생존율 및 생육.

Treatment	Survival rate (%)	Height (cm)	No. of leaves (/plant)	No. of internodes (/plant)	No. of flowers (/plant)
Dark	100	29.7 a ^z	7.9 a	7.0 ab	2.0 b
L24	100	30.1 a	8.1 a	6.4 b	3.3 ab
L12	100	32.7 a	8.6 a	7.5 a	4.0 a

Treatment	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g)	
			Shoot	Root
Dark	31.2 b	354.4 b	20.37 b	1.68 b
L24	41.3 ab	421.7 ab	23.17 b	1.74 b
L12	44.7 a	631.8 a	33.38 a	3.06 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

오이묘의 경우, 저장 후 묘소질은 동일 적산 PPF 조건이라도 광량과 명기의 차이에 영향을 받았지만, 토마토묘의 경우, 광량과 명기가 달라지더라도 저장 중 적산 PPF가 같으면 저장 후 묘소질에 차이가 없었다. 오이묘는 광보상점 2배의 광을 12시간동안 공급하면 저장 중 묘소질을 유지할 수 있으며, 암조건 저장보다는 저장 중 약광을 공급하는 것이 저장 후 묘소질 저하를 줄일 수 있음을 확인하였다. 토마토묘는 광보상점 2배의 광을 12시간동안 공급하면 저장 중 명/암기 구분에 적응하여 정식 후 생육이 좋은 것을 확인하였다.

4. 공정묘 저장 시 적정 공기조성 환경 구명

가. 서언

CA(controlled atmosphere)저장은 저장고 내의 공기 성분 중 산소와 이산화탄소를 인위적으로 조절하여 저장성을 향상시키는 방법으로, 적정 공기조성비는 작물의 종류와 품종에 따라 많은 차이를 보인다. 이산화탄소 농도를 높여서 수확 후 산물의 호흡을 억제시키는 원리를 공정묘 저장에도 도입하여 압조건 저장 중 작물의 호흡량을 줄여 묘소질 저하를 줄일 수 있을 것이다. 본 실험에서는 오이묘의 저장 중 공기조성 환경에 따른 묘소질의 변화 및 정식 후 생존율과 생육을 평가하여 공정묘 저장 시 적정 공기조성 환경을 구명하였다.

나. 재료 및 방법

공정육묘장에서 출하된 오이 공정묘를 온도 15℃와 상대습도 80%이상으로 설정된 저장고에서 10일간 저장하였다. 저장 박스 내 이산화탄소 농도를 각각 400과 800ppm으로 맞추고 밀폐하였다. 저장 전과 후의 묘소질 변화를 확인하기 위하여, 초장, 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 측정하였다. 또한, 압조건 저장 중 엽록소 파괴 정도를 알아보기 위하여 엽록소의 특정 파장대의 빛 흡수율을 이용하여 비파괴적으로 엽록소 함량을 측정할 수 있는 SPAD-502(Minolta Camera Co. Ltd., Japan)를 이용하여 각 작물 별 저장 전과 후의 SPAD 값을 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

이산화탄소 400과 800ppm에서 저장 후, 초장은 신장하였고 SPAD 값은 감소하였다(표 6-17). 이산화탄소 800ppm에서 저장한 오이묘는 저장 후 생체중은 증가하였으나, 지상부 건물중 감소가 적었다. 이는 높은 이산화탄소 농도가 저장 중 호흡을 억제시켜 동화산물 소모가 감소한 것으로 생각된다.

표 6-17. 공정묘 저장 시 공기조성 환경에 따른 오이묘의 저장 후 소질 변화.

Treatment (ppm)	Plant height (cm)	No. leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)
Before storage	15.10 b ^z	3.0 a	25.8 a	92.42 b
CO ₂ 400	19.67 a	3.2 a	21.2 b	94.50 b
CO ₂ 800	19.93 a	3.1 a	20.5 b	102.64 a

Treatment (ppm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
	Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	4.30 b	0.40 b	0.310 a	0.025 b
CO ₂ 400	4.46 b	0.41 b	0.261 c	0.025 b
CO ₂ 800	4.90 a	0.61 a	0.283 b	0.036 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

이산화탄소의 농도를 높이면 저장 후 오이묘의 호흡을 억제시켜 동화산물 소모를 감소시킬 수 있으므로 CA저장을 공정묘 저장에도 적용할 수 있음을 확인하였다.

5. 공정묘의 수송 기간별 적정 온도 구명

가. 서언

공정묘 수출량은 증가 추세에 있으나, 현재 수출 대상 국가는 일본에만 한정되어 있는 실정이다. 수출 국가 확대를 위해서는 공정묘의 수송 가능 기간을 확인하고 각 수송 기간별 적정 온도를 구명할 필요가 있다. 현재, 조절 가능한 수송 환경은 온도에 한정되어 있으므로 단기간 혹은 장기간 수송을 위한 적정 수송 온도를 구명할 필요가 있다.

본 실험에서는 오이와 토마토 공정묘의 수송 기간(3, 6, 9, 12, 15일) 및 수송 온도(6, 9, 12, 15, 18℃)에 따른 공정묘의 소질 변화 및 정식 후 초기 생육을 평가하여 단기간 혹은 장기간 수송을 위한 작물별 적정 수송 온도를 구명하였다.

나. 재료 및 방법

공정육묘장에서 출하된 오이와 토마토 공정묘를 3, 6, 9, 12, 15일간 각각 6, 9, 12, 15, 18℃에서 저장하였다. 저장 기간 동안 암상태를 유지하였고, 상대습도는 80%이상으로 유지하였다. 암조건 수송 중 발생하는 공정묘의 소질 변화를 확인하기 위하여 수송 기간 중 각 온도 처리구의 작물의 초장을 측정하였다. 또한, 수송 중 엽록소 파괴 정도를 알아보기 위하여 엽록소의 특정 파장대의 빛 흡수율을 이용하여 비파괴적으로 엽록소 함량을 측정할 수 있는 SPAD-502(Minolta Camera Co. Ltd., Japan)를 이용하여 수송 기간 중 각 온도 처리구의 작물의 SPAD 값을 측정하였다.

수송 기간 및 온도가 정식 후 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 각 수송 기간 및 온도 처리구의 묘를 정식하고 온실에서 2주간 재배한 후, 생존율, 초장, 엽수, SPAD 값, 엽면적 및 건물중을 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

<오이>

수송 온도가 낮아질수록 수송 기간 중 초장 증가 및 엽록소 감소가 억제되었다. 수송 3일 동안 오이묘의 초장이 급격하게 증가하였고 이후에는 초장이 거의 신장하지 않았다(그림 6-5). SPAD 값은 수송 3일 동안은 수송 온도와 관계없이 감소하였고 이후에는 수송 온도가 증가할수록 SPAD 값의 감소폭도 증가하였다(그림 6-6).

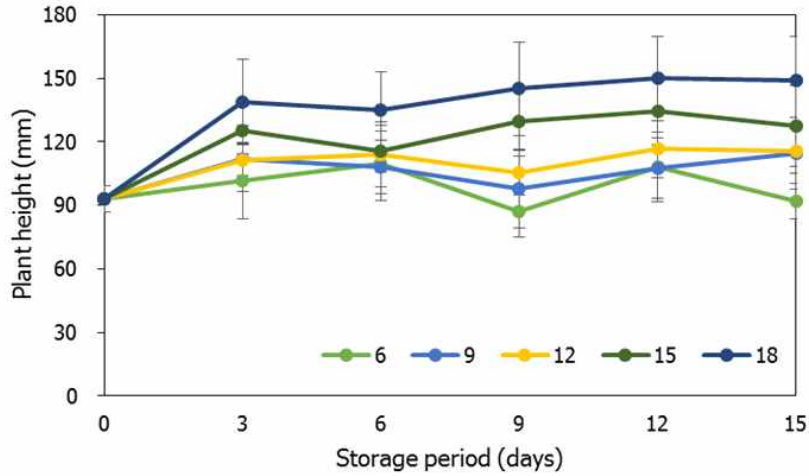


그림 6-5. 수송 기간 및 온도에 따른 오이묘의 초장 변화.

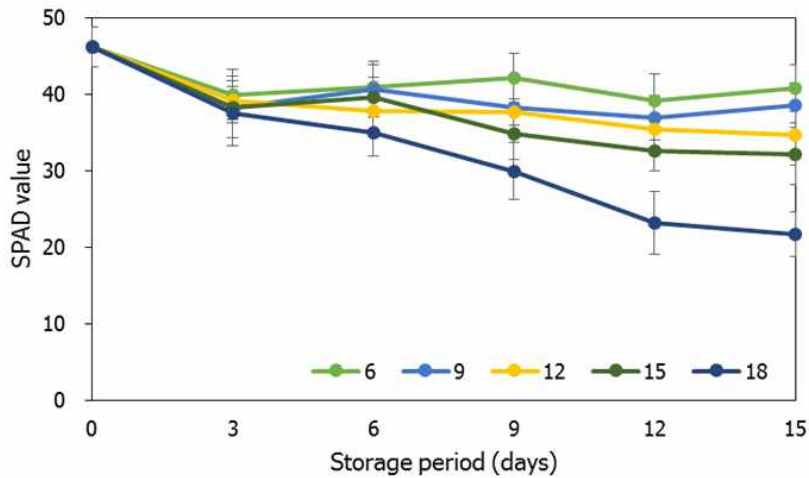


그림 6-6. 수송 기간 및 온도에 따른 오이묘의 SPAD 값 변화.

3일간 수송한 오이묘는 모든 온도 처리구에서 정식 후 생존율이 100%이었고, 출하 직후 정식한 묘와 비교하였을 때 저온 수송에 따른 오이묘의 활력 감소 현상은 나타나지 않았다(표 6-18). 6일간 수송한 오이묘는 6 및 9°C 처리구의 정식 후 생육이 출하 직후 정식한 묘의 생육보다 현저하게 낮았다(표 6-19). 6 및 9°C에서 9일 이상 수송한 오이묘는 장기간 저온 스트레스로 활력이 감소하여 정식 후에도 회복하지 못하고 고사하였다(표 6-20, 21, 22). 12일 이상 수송한 오이묘의 정식 후 생존율은 12, 15, 18°C 처리구에서 모두 75%이었으나, 출하 직후 정식한 오이묘와 비교하였을 때 정식 후 생육은 현저하게 낮았다.

표 6-18. 3일간 수송한 오이묘의 수송 온도별 정식 후 생육 변화.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (mm)	No. leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)
Non-stored	100	368	7.4	45.3	624
6°C	100	386 ab ^z	8.0 a	43.0 a	600 a
9°C	100	368 ab	7.9 a	43.1 a	612 a
12°C	100	393 ab	7.4 ab	41.8 ab	600 a
15°C	100	419 a	7.5 ab	42.3 ab	644 a
18°C	100	335 b	7.0 b	39.5 b	459 b

Treatment	Dry weight (g/plant)		No. female flowers (/plant)
	Shoot	Root	
Non-stored	3.08	0.40	5.5
6°C	2.97 a	0.28 a	6.8 a
9°C	2.98 a	0.31 a	7.3 a
12°C	3.04 a	0.35 a	6.3 ab
15°C	3.28 a	0.31 a	7.4 a
18°C	2.17 b	0.26 a	5.0 b

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-19. 6일간 수송한 오이묘의 수송 온도별 정식 후 생육 변화.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (mm)	No. leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
Non-stored	100	368	7.4	45.3
6°C	100	138 b ^z	4.0 b	51.3 a
9°C	88	134 b	6.1 a	45.5 b
12°C	88	261 a	6.6 a	44.4 b
15°C	100	334 a	7.8 a	43.2 b
18°C	88	335 a	7.6 a	42.2 b

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Dry weight (g/plant)		No. female flowers (/plant)
		Shoot	Root	
Non-stored	624	3.08	0.40	5.5
6°C	237 c	1.99 a	0.16 b	1.4 c
9°C	334 bc	2.12 a	0.17 ab	2.7 bc
12°C	462 ab	2.58 a	0.26 ab	5.0 ab
15°C	535 a	2.60 a	0.25 ab	7.0 a
18°C	494 a	2.41 a	0.27 a	6.4 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-20. 9일간 수송한 오이묘의 수송 온도별 정식 후 생육 변화.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (mm)	No. leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
Non-stored	100	368	7.4	45.3
6°C	0	n.a	n.a	n.a
9°C	50	83 b ^z	3.5 b	50.9 a
12°C	88	301 a	7.3 a	41.5 b
15°C	75	312 a	7.3 a	46.4 ab
18°C	88	332 a	7.4 a	46.1 ab

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Dry weight (g/plant)		No. female flowers (/plant)
		Shoot	Root	
Non-stored	624	3.08	0.40	5.5
6°C	n.a	n.a	n.a	n.a
9°C	120 b	0.96 b	0.08 b	0.8 b
12°C	446 a	1.93 a	0.27 a	5.4 a
15°C	415 a	1.86 a	0.24 a	6.8 a
18°C	451 a	1.84 a	0.21 a	5.6 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-21. 12일간 수송한 오이묘의 수송 온도별 정식 후 생육 변화.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (mm)	No. leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
Non-stored	100	368	7.4	45.3
6°C	0	n.a	n.a	n.a
9°C	0	n.a	n.a	n.a
12°C	75	223 a ^z	5.7 a	40.6 a
15°C	75	278 a	6.7 a	40.0 a
18°C	75	297 a	6.7 a	42.0 a

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Dry weight (g/plant)		No. female flowers (/plant)
		Shoot	Root	
Non-stored	624	3.08	0.40	5.5
6°C	n.a	n.a	n.a	n.a
9°C	n.a	n.a	n.a	n.a
12°C	282 a	1.13 a	0.15 a	5.0 a
15°C	354 a	1.24 a	0.12 a	6.3 a
18°C	301 a	1.10 a	0.08 a	3.7 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-22. 15일간 수송한 오이묘의 수송 온도별 정식 후 생육 변화.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (mm)	No. leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
Non-stored	100	368	7.4	45.3
6℃	0	n.a	n.a	n.a
9℃	0	n.a	n.a	n.a
12℃	38	250	6.7	40.4
15℃	25	338	8.0	41.4
18℃	0	n.a	n.a	n.a

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	Dry weight (g/plant)		No. female flowers (/plant)
		Shoot	Root	
Non-stored	624	3.08	0.40	5.5
6℃	n.a	n.a	n.a	n.a
9℃	n.a	n.a	n.a	n.a
12℃	354	1.30	0.07	4.0
15℃	451	1.54	0.08	7.0
18℃	n.a	n.a	n.a	n.a

^ZMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

<토마토>

수송 15일 동안 토마토묘의 초장은 계속 신장하였고, 온도가 낮아질수록 신장률이 감소하였다 (그림 6-7). 수송 3일 동안의 엽록소 감소는 온도의 영향을 받지 않았으나, 이후 SPAD 값의 감소폭은 온도가 증가함에 따라서 증가하였다(그림 6-8).

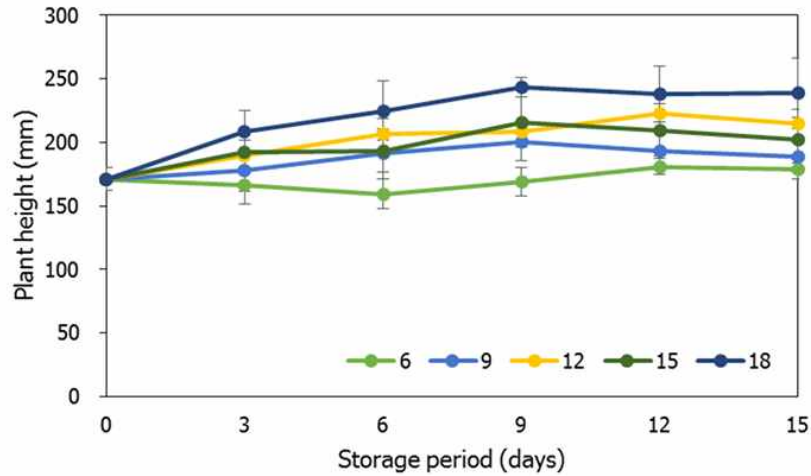


그림 6-7. 수송 기간 및 온도에 따른 토마토묘의 초장 변화.

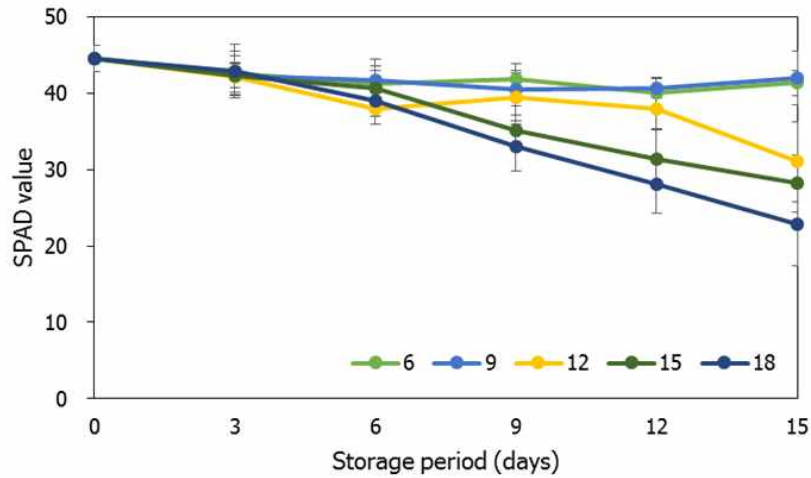


그림 6-8. 수송 기간 및 온도에 따른 토마토묘의 SPAD 값 변화.

3일 및 6일간 수송한 토마토묘의 정식 후 생존율은 모든 온도 처리구에서 100%이었다(표 6-23, 표 6-24). 3일 수송한 토마토묘의 정식 후 생육은 모든 처리구에서 출하 직후 정식한 토마토묘의 정식 후 생육과 비슷하였다. 6일간 수송한 토마토묘는 9 및 12°C에서 정식 후 활력이 감소하였다. 9일 이상 수송한 토마토묘의 정식 후 생육은 출하 직후 정식한 토마토묘보다 감소하였고(표 6-25, 표 6-26), 15일간 수송한 토마토묘의 정식 후 생존율은 15 및 18°C에서 모두 71%로 높았다(표 6-27).

표 6-23. 3일간 수송한 토마토묘의 수송 온도별 정식 후 생육 변화.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (mm)	No. of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
Non-stored	100	416	11	43.5
6°C	100	394 ab ^z	12 a	41.3 b
9°C	100	387 b	12 a	42.6 ab
12°C	100	379 b	12 a	40.9 b
15°C	100	449 a	12 a	43.9 a
18°C	100	426 ab	12 a	42.9 ab

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	No. of trusses (/plant)	Dry weight (g/plant)	
			Shoot	Root
Non-stored	535	1.3	2.60	0.49
6°C	478 a	1.3 a	2.67 a	0.53 a
9°C	454 a	1.1 a	2.71 a	0.59 a
12°C	409 a	1.1 a	2.42 a	0.45 a
15°C	496 a	1.1 a	3.12 a	0.53 a
18°C	517 a	1.1 a	3.31 a	0.53 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-24. 6일간 수송한 토마토묘의 수송 온도별 정식 후 생육 변화.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (mm)	No. of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
Non-stored	100	416	11	43.5
6°C	100	472 a ^z	11 a	43.8 ab
9°C	100	369 bc	10 c	41.5 bc
12°C	100	358 c	10 bc	42.3 bc
15°C	100	431 abc	10 bc	40.7 c
18°C	100	447 ab	11 ab	45.1 a

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	No. of trusses (/plant)	Dry weight (g/plant)	
			Shoot	Root
Non-stored	535	1.3	2.60	0.49
6°C	567 a	1.4 a	3.67 a	0.60 a
9°C	372 b	1.3 a	2.13 b	0.41 ab
12°C	354 b	1.1 a	1.97 b	0.33 b
15°C	514 a	1.3 a	2.95 ab	0.50 ab
18°C	523 a	1.7 a	3.22 ab	0.54 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-25. 9일간 수송한 토마토묘의 수송 온도별 정식 후 생육 변화.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (mm)	No. of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
Non-stored	100	416	11	43.5
6°C	86	310 c ^z	10 b	43.5 ab
9°C	86	341 bc	10 b	42.1 ab
12°C	86	431 ab	11 b	42.0 ab
15°C	100	394 abc	10 b	40.7 b
18°C	100	448 a	12 a	44.0 a

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	No. of trusses (/plant)	Dry weight (g/plant)	
			Shoot	Root
Non-stored	535	1.3	2.60	0.49
6°C	323 a	1.3 b	2.16 a	0.43 a
9°C	365 a	1.5 b	2.81 a	0.46 a
12°C	470 a	1.7 ab	2.87 a	0.42 a
15°C	379 a	1.4 b	2.21 a	0.43 a
18°C	486 a	2.1 a	2.98 a	0.47 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-26. 12일간 수송한 토마토묘의 수송 온도별 정식 후 생육 변화.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (mm)	No. of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
Non-stored	100	416	11	43.5
6°C	71	346 bc ^z	12 a	38.3 bc
9°C	71	278 c	9 b	42.5 a
12°C	86	435 a	11 ab	42.9 a
15°C	100	310 c	9 b	37.9 c
18°C	86	396 ab	12 a	41.0 ab

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	No. of trusses (/plant)	Dry weight (g/plant)	
			Shoot	Root
Non-stored	535	1.3	2.60	0.49
6°C	360 ab	1.4 b	2.11 ab	0.44 ab
9°C	283 b	1.2 b	1.48 b	0.31 b
12°C	423 a	2.0 a	2.85 a	0.58 a
15°C	281 b	1.1 b	1.56 b	0.33 ab
18°C	375 ab	2.0 a	2.43 ab	0.46 ab

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-27. 15일간 수송한 토마토묘의 수송 온도별 정식 후 생육 변화.

Treatment	Survival rate (%)	Plant height (mm)	No. of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)
Non-stored	100	416	11	43.5
6°C	57	405 a ^z	13 a	45.0 a
9°C	57	370 a	11 a	43.0 ab
12°C	57	346 a	11 a	39.6 b
15°C	71	351 a	12 a	41.1 ab
18°C	71	368 a	14 a	40.8 b

Treatment	Leaf area (cm ² /plant)	No. of trusses (/plant)	Dry weight (g/plant)	
			Shoot	Root
Non-stored	535	1.3	2.60	0.49
6°C	425 a	1.8 a	3.86 a	0.62 a
9°C	334 a	1.8 a	2.12 b	0.42 ab
12°C	299 a	1.8 a	1.68 b	0.31 b
15°C	315 a	1.8 a	1.58 b	0.32 b
18°C	322 a	2.0 a	1.89 b	0.27 b

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

본 실험을 통하여 암조건 수송 시 묘소질 변화 양상이 오이묘와 토마토묘에서 다르게 나타나는 것을 확인하였다. 오이묘는 수송 초기에 급격하게 도장하였으나, 토마토묘는 수송 기간 동안 지속적으로 초장이 신장하였다. 단기 및 장기 수송에서 저온을 통해서 묘소질 변화를 줄일 수 있음을 확인하였으나, 10°C 이하의 저온에서 저장 시 저온스트레스에 따른 활력 저하를 피할 수 있는 오이와 토마토의 수송 기간은 각각 3일과 6일이었다. 또한, 일주일 이상의 장기 수송(저장)에는 오이보다 토마토가 적합하나, 장기간의 저온 스트레스에 의한 활력 저하를 피하기 위해서는 수송(저장) 후 온도 순화 과정이 필요할 것으로 생각된다.

6. 수송 중 광 환경에 따른 공정묘의 이산화탄소 교환율 변화

가. 서언

공정묘 수송은 주로 암 환경에서 온도 조절 없이 이루어지고 있다. 연속적인 암 환경은 식물체의 호흡률을 증가시켜서 체내 탄소 동화산물을 소비하게 되고, 이는 공정묘의 묘소질 저하 및 정식 후 활력 감소에 영향을 미친다. 따라서 이전 연구에서 저장(수송) 중 공정묘의 탄소 동화산물 감소를 줄이기 위한 연구들이 진행되었으나, 대부분의 연구가 식물체의 건물중 및 탄수화물 함량 변화 측정에 그치고 있다. 식물체는 연속 암 환경 혹은 약광 환경이 지속될 경우, 스스로 식물체 자신을 적응시켜서 이산화탄소 교환율을 변화시킨다. 따라서 공정묘의 최적 저장 환경을 구명하기 위해서는 저장 중 식물체의 연속적인 이산화탄소 교환율을 측정하고 연속 암 환경에서 작물의 광합성 등 생리 변화를 구명할 필요가 있다.

나. 재료 및 방법

트레이 한 판의 식물체 전체 광합성률을 측정할 수 있는 이산화탄소 교환율 측정기를 제작하였다. 제작한 측정기 챔버 내부에 공정육묘장에서 출하된 오이묘 트레이 한 판씩 배치하였다. 챔버 외부 온도는 25℃로 유지하였고, 챔버 내부 상대습도는 80%이상으로 유지하였다. 연속 암과 12시간 명암을 주는 처리구를 설정하고 5일 동안 챔버 내부의 이산화탄소 농도를 측정하였다.

다. 결과 및 고찰

새롭게 제작한 이산화탄소 교환율 측정기를 이용하여 오이묘의 저장 중 이산화탄소 교환율의 연속 변화를 확인할 수 있었다. 연속 암 환경에 저장한 오이묘의 이산화탄소 교환율은 감소하다가 증가 후 다시 감소하는 양상을 보였다(그림 6-9). 12시간 명암주기 하에서 저장한 오이묘는 12시간을 주기로 교대로 광합성과 호흡을 하는 양상을 보였고, 호흡량은 변화가 없었으나 광합성량은 시간이 지날수록 감소하는 경향을 보였다(그림 6-10).

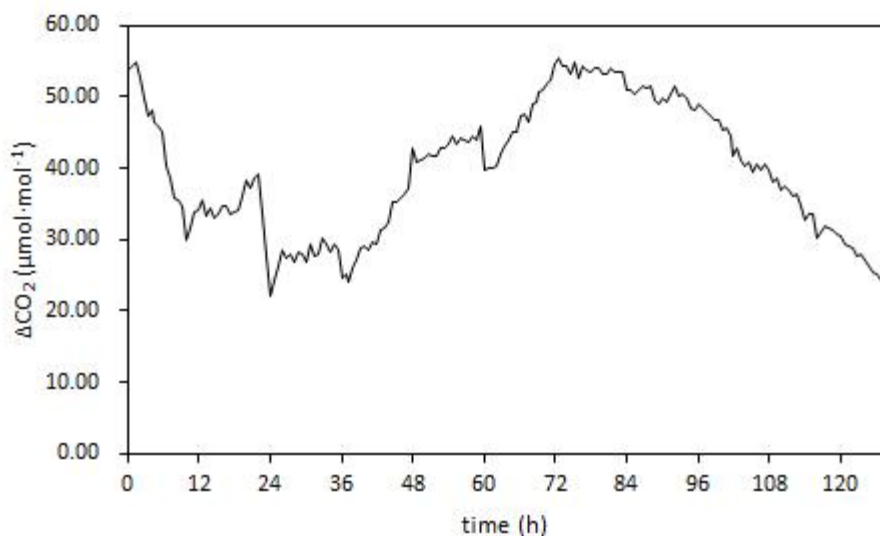


그림 6-9. 연속 암 환경 하에서의 오이묘의 이산화탄소 교환율 변화.

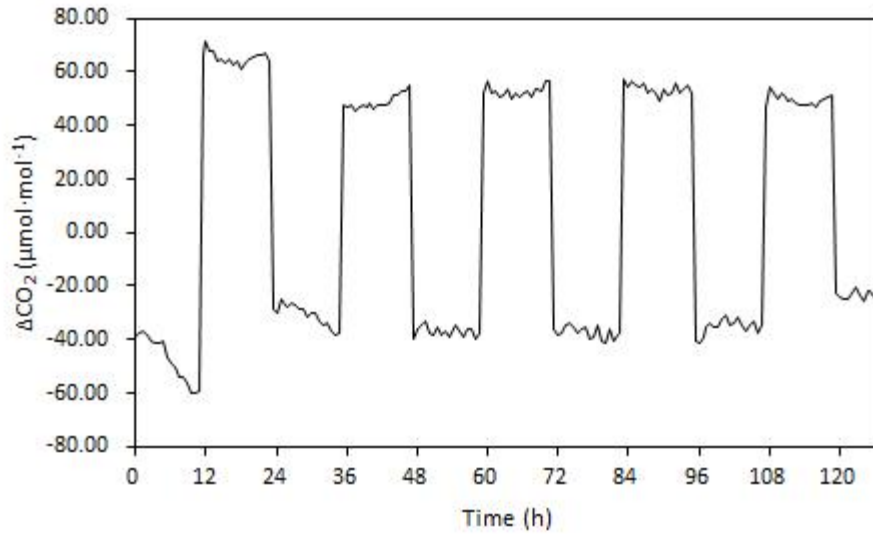


그림 6-10. 12시간 명암주기 하에서의 오이묘의 이산화탄소 교환율 변화.

라. 요약

새롭게 제작한 이산화탄소 교환율 측정기를 이용하여 저장 중 장기간 연속적인 이산화탄소 교환율을 측정할 수 있었다. 명암주기 하에서의 오이묘의 이산화탄소 교환율은 명암주기에 따른 변화 양상이 뚜렷하게 나타났으나, 연속 암 환경 하에서의 오이묘의 이산화탄소 교환율은 일정한 경향을 보이지 않았다.

7. 수송 시 진동에 따른 공정묘의 소질 및 정식 후 생육 변화

가. 서언

수송 시에는 운송 수단(자동차, 배, 비행기 등)에 따라서 진동이 발생하며 일정 기간 동안의 지속적인 진동은 공정묘의 소질 변화에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 때로는 수확물의 저장성을 높이기 위하여 수확 전 작물에 일부러 물리적 스트레스를 주는 경우도 있다. 아직까지 수송 중의 진동이 공정묘의 수송 중 소질 변화 및 정식 후 생육에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 보고된 적이 없다.

본 실험에서는 오이와 토마토 공정묘의 수송 시 진동에 따른 묘소질 변화 및 정식 후 생육을 평가하여 수송 중 진동이 공정묘의 저장성에 미치는 영향을 확인하였다.

나. 재료 및 방법

공정묘장장에서 출하된 오이와 토마토 공정묘를 0, 100, 200rpm으로 설정한 shaker에서 3일간 저장하였다. 저장 기간 동안 암상태를 유지하였고, 온도와 상대습도는 15℃ 및 80%이상으로 유지하였다.

진동에 따른 수송 전과 후의 묘소질 변화를 확인하기 위하여, 초장, 엽수, 생체중 및 건물중을 측정하였다. 또한, 암조건 수송 중 엽록소 파괴 정도를 알아보기 위하여 엽록소의 특정 파장대의 빛 흡수율을 이용하여 비파괴적으로 엽록소 함량을 측정할 수 있는 SPAD-502(Minolta Camera Co. Ltd., Japan)를 이용하여 각 작물 별 저장 전과 후의 SPAD 값을 측정하였다.

수송 중 진동이 정식 후 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 각 진동 처리구의 묘를 정식하고 온실에서 5일간 재배한 후, 생존율, 초장, 엽수, SPAD 값, 생체중 및 건물중을 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

<오이>

3일간의 수송 중 진동은 오이묘의 초장 신장 및 엽록소 감소에 영향을 미치지 않았다(표 6-28). 무진동 처리구에서는 수송 후 건물중이 감소하였으나, 진동 처리구에서는 수송 후 건물중 감소 현상이 나타나지 않았다. 정식 후 오이묘의 생육에서 진동에 따른 차이는 거의 없었으나, 진동 처리구에서 정식 후 암꽃 수가 현저히 감소한 것을 확인하였다(표 6-29).

표 6-28. 수송 중 진동에 따른 오이묘 소질의 변화.

Treatment	Plant height (mm)	No. leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
				Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	158 a ^z	4.5 a	38.8 a	5.69 a	1.36 b	0.52 a	0.07 b
rpm 0	158 a	4.6 a	37.8 a	5.81 ab	1.47 b	0.44 b	0.07 b
rpm 100	152 a	4.4 a	38.0 a	6.22 a	1.69 a	0.51 a	0.09 a
rpm 200	152 a	4.5 a	37.6 a	5.69 a	1.50 b	0.46 ab	0.08 ab

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-29. 수송 중 진동에 따른 오이묘의 정식 후 생육 변화.

Treatment	Plant height (mm)	No. leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	No. flowers (/plant)		Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
				Male	Female	Shoot	Root	Shoot	Root
rpm 0	163 a ^z	7.3 b	36.2 a	0.9 a	2.1 a	8.44 b	2.71 b	0.72 a	0.13 a
rpm 100	180 a	8.0 a	36.2 a	0.3 a	0.7 b	9.44 a	3.35 a	0.74 a	0.14 a
rpm 200	180 a	7.7 ab	35.8 a	0.4 a	0.7 b	9.11 a	2.93 ab	0.76 a	0.14 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

<토마토>

진동 속도가 증가할수록 수송 중 토마토묘의 초장 신장률이 감소하였으나, 3일간의 수송 중 SPAD 값은 수송 전과 비교하였을 때 모든 처리구에서 감소하지 않았다(표 6-30). 무진동 처리구에서 오이묘의 생체중 및 건물중이 가장 증가하였고, 진동 속도가 증가할수록 증가량이 감소하였다. 무진동 처리구에서 수송 중 초장 신장률이 가장 높았기 때문에, 정식 후 5일의 토마토묘의 초장도 무진동 처리구에서 가장 높았다(표 6-31). 정식 후 토마토묘의 생체중은 무진동 처리구에서 가장 높았으나, 지상부 건물중은 진동 처리에 따른 차이가 없었다. 지하부 건물중은 진동 처리구에서 감소하였다.

표 6-30. 수송 중 진동에 따른 토마토묘의 소질 변화.

Treatment	Plant height (mm)	No. internodes (/plant)	No. leaves (/plant)	Chloro phyll (SPAD)	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
					Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	119 d ^z	4.3 c	5.5 c	41.8 a	5.97 c	0.83 b	0.48 c	0.48 c
rpm 0	180 a	6.2 a	7.3 a	41.0 a	7.93 a	1.21 a	0.62 a	0.62 a
rpm 100	164 b	5.8 b	6.8 b	41.2 a	7.74 a	1.20 a	0.58 ab	0.58 ab
rpm 200	148 c	5.7 b	6.7 b	41.5 a	6.72 b	1.13 a	0.52 bc	0.52 bc

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-31. 수송 중 진동에 따른 토마토묘의 정식 후 생육 변화.

Treatment	Plant height (mm)	No. internodes (/plant)	No. leaves (/plant)	Chloro phyll (SPAD)	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
					Shoot	Root	Shoot	Root
rpm 0	216 a ^z	6.5 a	7.8 a	41.7 b	10.19 a	2.04 b	0.91 a	0.16 a
rpm 100	177 b	6.1 b	7.5 ab	44.1 a	9.76 ab	2.44 a	0.82 a	0.13 b
rpm 200	166 b	5.8 b	7.1 b	42.8 ab	9.11 b	1.83 b	0.80 a	0.13 b

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

진동이 오이묘의 수송 중 소질 변화에는 영향을 미치지 않았으나, 정식 후 암꽃 수를 현저히 감소시키는 것을 확인하였다. 진동이 토마토묘의 초장 신장률을 감소시켜서 수송 중 묘소질 저하를 억제시킬 수 있고, 정식 후 생육에 큰 영향을 미치지 않는 것을 확인하였다. 따라서 오이묘는 수송 중 진동을 줄이기 위한 대책이 필요할 것으로 생각되나, 토마토묘는 적절한 진동이 수송 중 묘소질 저하를 억제시키는 긍정적인 효과가 있을 것으로 생각된다.

8. 저장 필름 사용에 따른 수송 중 묘소질 및 정식 후 생육 변화

가. 서언

수확 후 산물 저장 시에 체내 수분 함량 감소 및 공기 중 가스 환경 조절을 위하여 기능성 저장 필름을 사용하고 있다. 기능성 저장 필름 사용은 공정묘 수송 중 가스 환경을 쉽게 조절하여 작물의 암호흡률을 조절하여 수송 중 묘소질 저하를 억제할 수 있을 것으로 생각되나, 아직까지 공정묘 수송(저장)에 사용된 예는 없다.

본 실험에서는 기능성 저장 필름을 이용하여 토마토묘를 각기 다른 온도에서 저장하였을 때의 수송 중 묘소질 변화 및 정식 후 생육 변화를 확인하였다.

나. 재료 및 방법

공정묘장에서 출하된 토마토묘를 3가지의 종류의 polyethylene 필름을 이용하여 밀봉하여 10일간 저장하였다(표 6-32). 대조구는 육묘장에서 수송 시 일반적으로 사용하고 있는 종이 박스를 사용하였다. 수송 온도는 6, 12, 18℃로 설정하였고, 상대습도는 80%이상으로 유지하였다.

표 6-32. 실험에 사용된 기능성 저장 필름의 종류.

Treatment	
Control	Paper box
PE0.05	Polyethylene 0.05mm
PE/LF50	Oriented Poly Propylene Long lasting Freshness Oxygen transmission rate 50,000cc/24h
LDPE0.06	Low Density Polyethylene 0.06mm

필름 내 공기 조성 환경을 알아보기 위하여 필름 내 O₂와 CO₂ 농도를 측정하였다. 저장 필름이 수송 중 공정묘 소질 및 정식 후 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수송 전과 후의 초장, 생체중 및 건물중을 측정하였다. 또한, 암조건 수송 중 엽록소 파괴 정도를 알아보기 위하여 엽록소의 특정 파장대의 빛 흡수율을 이용하여 비파괴적으로 엽록소 함량을 측정할 수 있는 SPAD-502(Minolta Camera Co. Ltd., Japan)를 이용하여 각 작물 별 저장 전과 후의 SPAD 값을 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

LDPE0.06 필름 내에서만 CO₂가 측정되었고, O₂ 농도는 온도 및 저장 필름에 따른 큰 차이가 없었다(표 6-33). 6℃에서에서는 LDPE0.06 처리구에서 초장이 가장 많이 신장되었고, 대조구에서 가장 낮은 신장률과 엽록소 감소율을 보였다(표 6-34). 6℃에서 저장한 토마토묘의 생체중 및

건물중은 필름 처리에 따른 차이가 거의 없었다. 12°C에서는 PE/LF50과 LDPE0.06 처리구에서 가장 높은 초장 신장률을 보였고, SPAD 값은 PE0.05 처리구에서 가장 많이 감소하였다(표 6-35). 18°C에서는 PE/LF50 처리구에서 초장이 가장 많이 신장하였고, 지하부 건물중은 PE0.05 처리구에서 가장 많이 감소하였다(표 6-36).

표 6-33. 저장 필름 내 O₂와 CO₂ 농도 변화.

Temperature	Storage film	3 DAS		6 DAS		9 DAS	
		O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
6°C	PE0.05	21.2	0.0	20.8	0.0	21.0	0.0
	PE/LF50	21.2	0.0	20.9	0.0	20.9	0.0
	LDPE0.06	20.7	0.4	20.0	0.6	20.1	0.5
12°C	PE0.05	20.7	0.0	20.7	0.0	20.9	0.1
	PE/LF50	21.2	0.0	21.0	0.0	21.1	0.0
	LDPE0.06	20.4	0.5	20.2	0.6	20.4	0.4
18°C	PE0.05	20.8	0.0	20.7	0.0	20.8	0.1
	PE/LF50	21.0	0.0	20.8	0.0	20.9	0.0
	LDPE0.06	20.2	0.7	19.7	0.8	19.6	0.8

표 6-34. 저장 필름 사용에 따른 6°C에서 저장한 토마토묘의 소질 변화.

Treatment	Plant height (mm)	Chlorophyll (SPAD)	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
			Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	192 c ^z	43.0 a	10.83 a	2.91 ab	1.07 a	0.23 a
Control	197 c	36.2 b	10.78 a	3.03 a	0.93 a	0.22 a
PE0.05	220 b	38.4 ab	11.56 a	3.08 a	1.06 a	0.24 a
PE/LF50	202 c	39.8 ab	11.51 a	2.68 ab	0.98 a	0.19 a
LDPE0.06	241 a	39.0 ab	11.83 a	2.35 b	1.06 a	0.18 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-35. 저장 필름 사용에 따른 12°C에서 저장한 토마토묘의 소질 변화.

Treatment	Plant height (mm)	Chlorophyll (SPAD)	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
			Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	192 c ^z	43.0 a	10.83 b	2.91 a	1.07 a	0.23 ab
Control	246 b	38.4 b	12.15 ab	2.87 a	1.05 a	0.22 ab
PE0.05	257 b	36.3 c	12.64 ab	3.42 a	1.07 a	0.29 a
PE/LF50	271 a	38.0 bc	12.29 ab	2.97 a	1.05 a	0.22 ab
LDPE0.06	272 a	40.0 b	13.43 a	3.45 a	1.06 a	0.18 b

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-36. 저장 필름 사용에 따른 18°C에서 저장한 토마토묘의 소질 변화.

Treatment	Plant height (mm)	Chlorophyll (SPAD)	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
			Shoot	Root	Shoot	Root
Before storage	192 c ^z	43.0 a	10.83 b	2.91 a	1.07 a	0.23 ab
Control	276 b	39.0 b	11.79 a	2.72 a	0.97 a	0.19 b
PE0.05	281 b	37.7 b	12.32 a	2.95 a	1.07 a	0.28 a
PE/LF50	346 a	37.1 b	12.29 a	2.97 a	0.91 a	0.24 ab
LDPE0.06	271 b	39.2 b	11.43 a	3.28 a	0.88 a	0.25 ab

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

필름 내 공기 조성은 O₂ 농도는 저장 필름에 따른 차이가 거의 없었으나, CO₂는 LDPE0.06에서만 측정되었다. 저장 필름에 따른 오이묘의 수송 중 소질 변화는 저장 온도에 따라서 차이가 있었으나, 저장 필름 사용에 따른 오이묘의 저장성 향상 효과는 거의 없는 것으로 생각된다.

9. 저장 중 온도 순화 처리가 오이 공정묘 품질에 미치는 영향

가. 서언

저온 처리는 암 저장 중 공정묘의 급격한 품질 저하(도장, 엽록소 함량 감소, 건물중 감소)를 막을 수 있으나, 장기간 저온 처리는 저온 스트레스에 따른 공정묘의 정식 후 생존율 감소 및 생육 지연을 일으킬 수 있다. 본 연구는 저장 초기에 저온을 처리하여 공정묘의 품질 저하를 막고 저장 후기에 온도를 높여서 정식 후 저온 스트레스에 의한 공정묘의 생존율 감소 및 생육 지연을 막을 수 있는지 확인하고자 수행하였다.

나. 재료 및 방법

공정육묘장에서 출하된 오이묘를 15일 동안 연속 암 조건에서 저장하였다. 온도 처리구는 4개의 항온 처리구와 10개의 변온 처리구로 설정하였다(그림 6-11). 저장 중 상대습도는 80%이상으로 유지하였다.

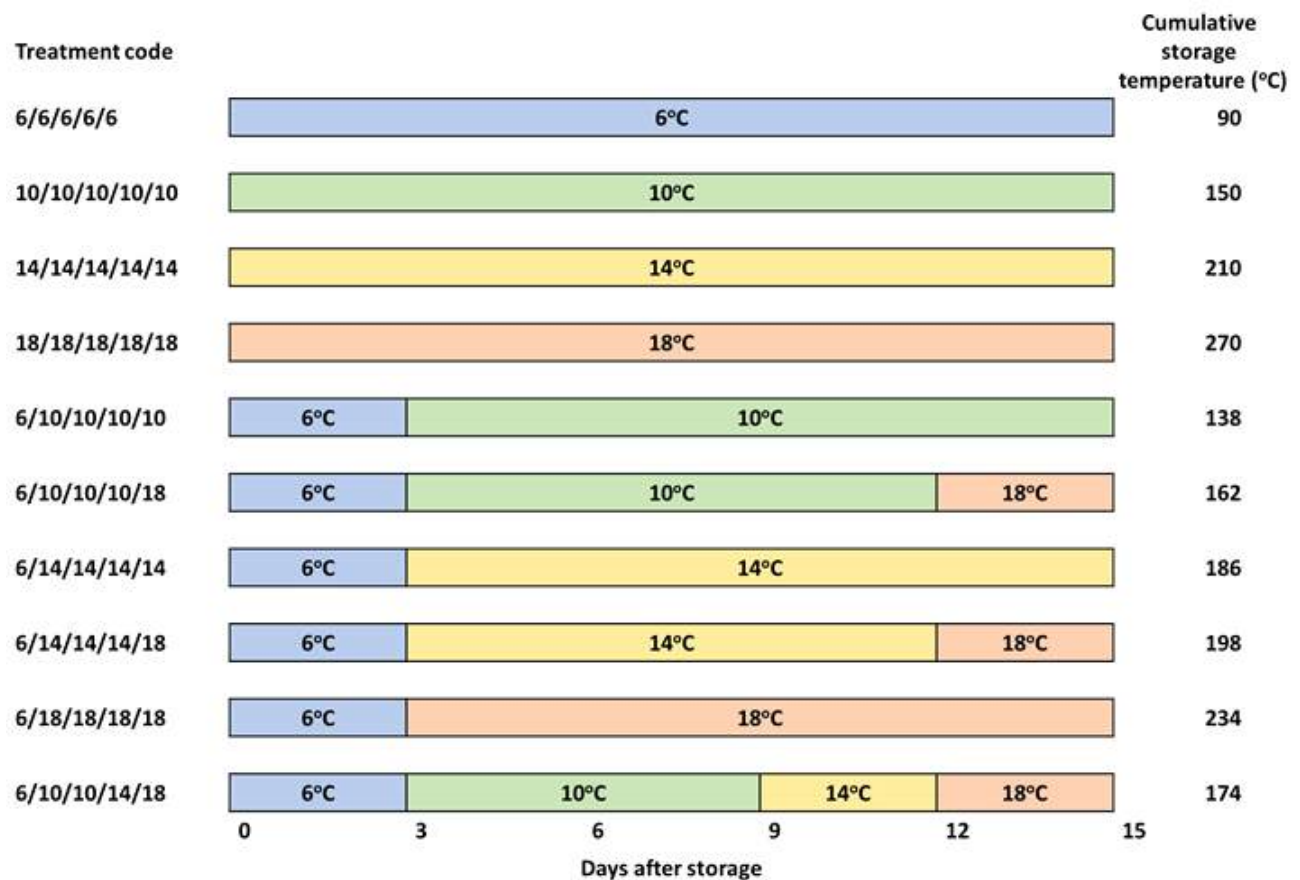


그림 6-11. 본 연구에 적용된 4개의 항온 처리구 및 6개의 변온 처리구.

저장 중 오이묘의 품질 변화를 확인하기 위하여 3일마다 초장과 SPAD값을 측정하였다. 또한, 저장 중 저온 처리에 의한 오이묘의 생리학적 변화를 확인하기 위하여 malondialdehyde(MAD) 함량, DPPH-radical scavenging activity, total soluble sugar(TSS) 함량을 측정하였다.

각 온도 처리구에서 저장한 오이묘를 온실에 정식하고 30일 후의 생존율, 초장, 엽수, SPAD 값, 암꽃 수, 착과 수를 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

15일 동안 계속 18℃에서 저장한 오이묘의 초장 신장률이 가장 높았고, 저장 기간 동안 적산 온도가 증가할수록 오이묘의 초장 신장률이 증가하는 지수함수의 상관관계를 보였다(그림 6-12, 그림 6-13).

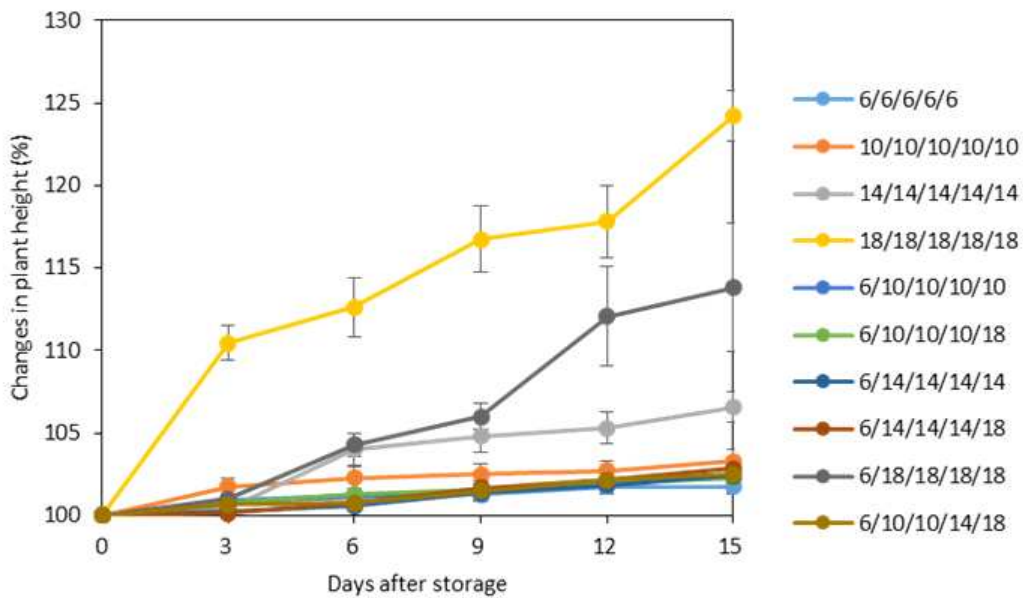


그림 6-12. 온도 처리구에 따른 저장 중 오이묘의 초장 변화.

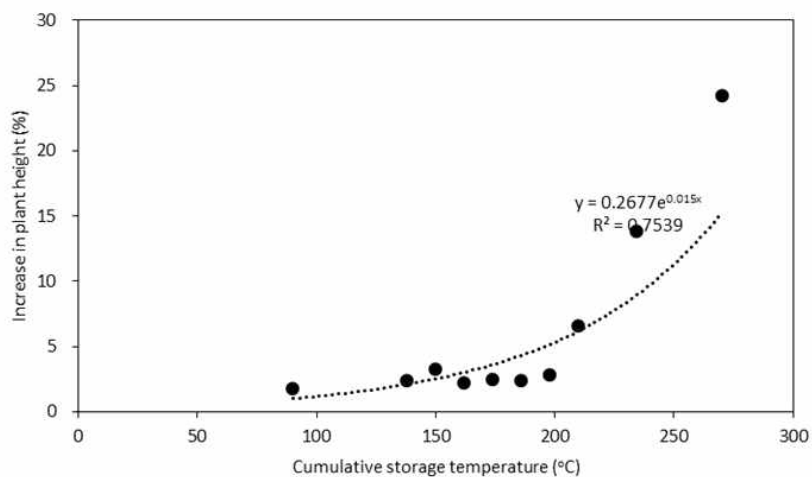


그림 6-13. 적산 저장 온도와 초장 신장률과의 관계.

15일 동안 계속 18℃에서 저장한 오이묘의 SPAD 값이 가장 많이 감소하였고 계속 6℃에서 저장한 오이묘의 SPAD 값이 가장 적게 감소하였다. 저장 기간 동안 적산 온도가 증가할수록 SPAD 값 감소율이 증가하는 일차함수의 상관관계를 보였다(그림 6-14, 15).

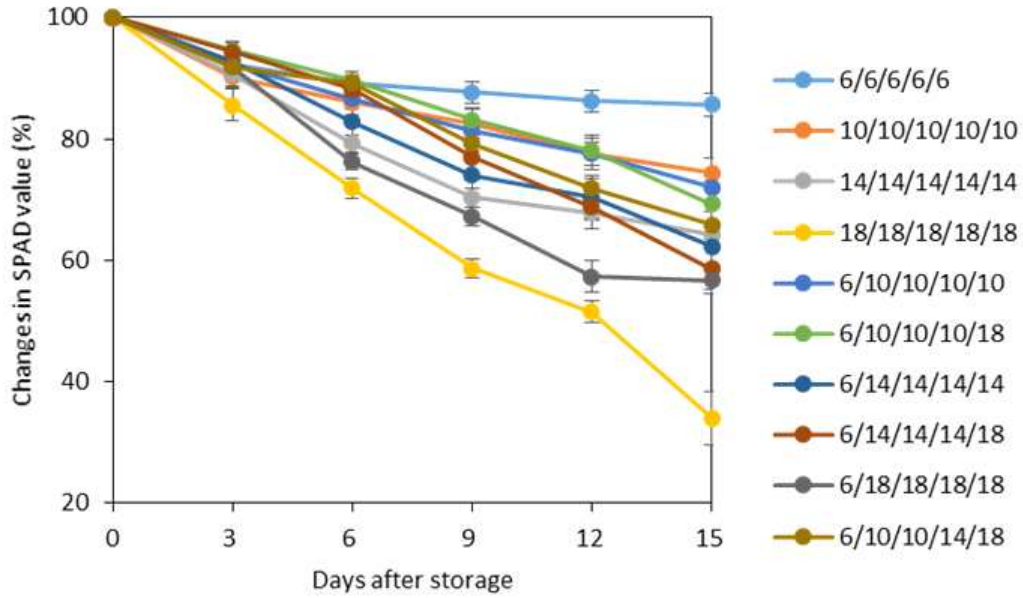


그림 6-14. 온도 처리구에 따른 저장 중 오이묘의 SPAD 값 변화.

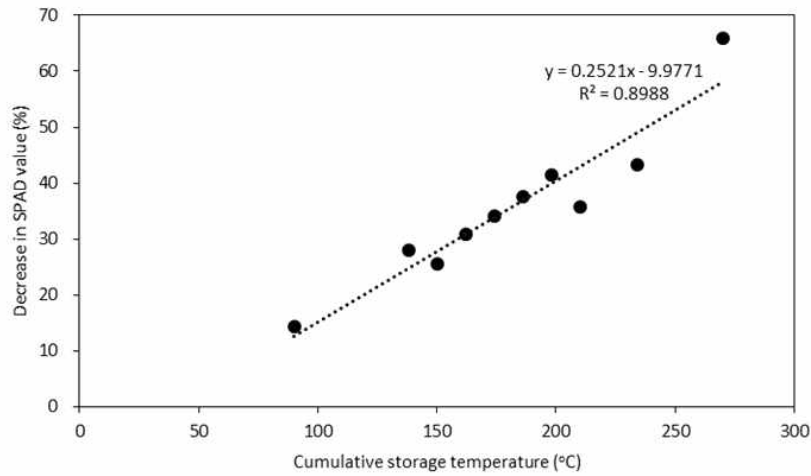


그림 6-15. 적산 저장 온도와 SPAD 값 감소율과의 관계.

저장 중 저온 처리에 따른 오이묘의 스트레스 정도를 확인하기 위하여 MDA 함량과 DPPH-radical scavenging activity를 3일마다 측정하였으나, 저장 중 온도 변화에 따른 MDA 함량 및 DPPH-radical scavenging activity의 유의미한 변화는 없었다(표 6-37). 적산 저장 온도가 감소할수록 15일 동안 저장 후 MDA 함량이 증가하고 DPPH-radical scavenging activity가 감소하는 경향을 보였으나 유의미한 상관관계를 보이지 않았다(그림 6-16, 그림 6-17).

표 6-37. 15일 저장 후 온도 처리구에 따른 MDA(malondialdehyde) 함량, DPPH-radical scavenging activity 및 TSS(total soluble sugar) 함량 변화.

	MDA content ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$)	DPPH-radical scavenging activity ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$)	TSS content ($\text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$)
Before storage	1.48±0.05	362.79± 9.15	14.97±0.32
6/6/6/6/6	1.92±0.05	235.50±21.67	11.34±1.13
10/10/10/10/10	2.06±0.09	279.37±12.22	4.76±0.44
14/14/14/14/14	1.99±0.18	300.78±25.46	4.12±0.39
18/18/18/18/18	2.34±0.15	294.06±24.81	1.19±0.18
6/10/10/10/10	1.87±0.11	298.33±14.84	4.24±0.62
6/10/10/10/18	2.32±0.19	253.66±14.46	3.67±0.77
6/14/14/14/14	2.38±0.10	310.02±32.78	4.21±0.20
6/14/14/14/18	2.23±0.12	333.16±27.99	5.61±0.87
6/18/18/18/18	2.12±0.13	296.17±22.00	1.90±0.07
6/10/10/14/18	2.07±0.07	311.10±23.41	5.51±0.44

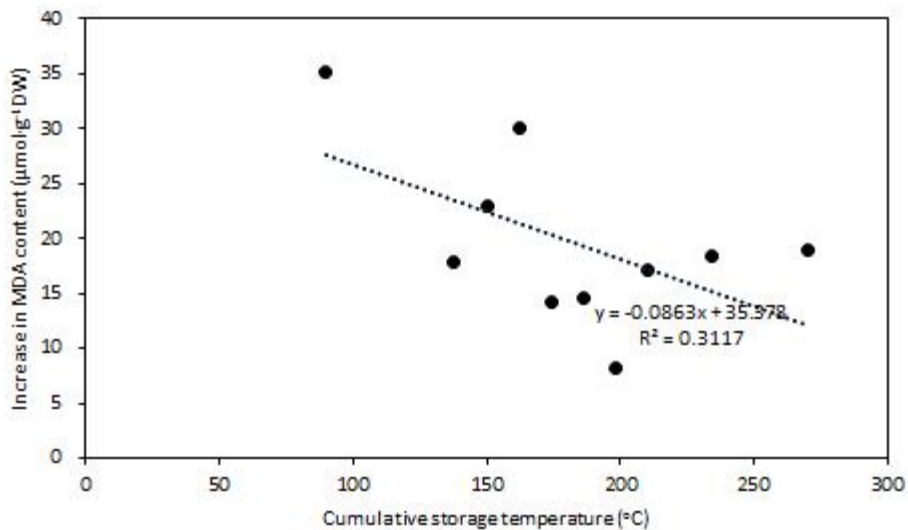


그림 6-16. 적산 저장 온도와 MDA 증가량과의 관계.

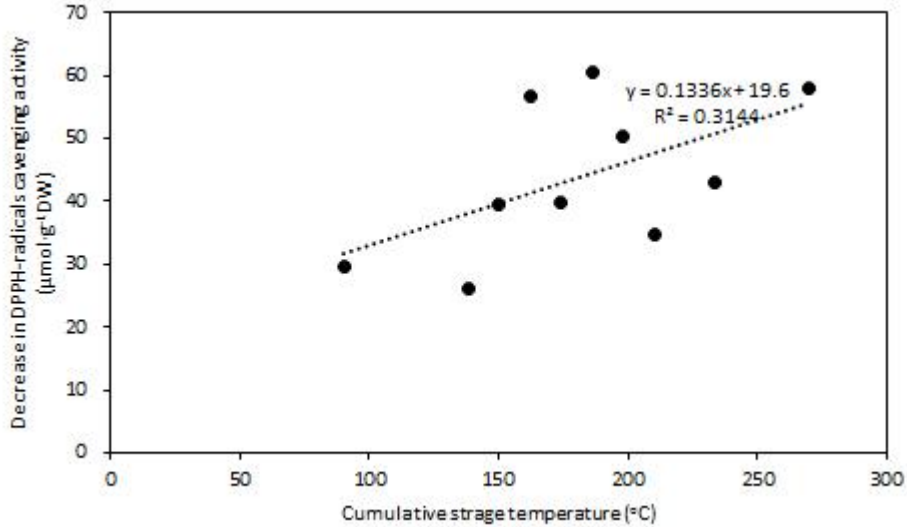


그림 6-17. 적산 저장 온도와 DPPH-radical scavenging activity 감소량과의 관계.

15일 동안 연속 암 조건 하에서 저장하였으므로 온도 처리구에 따른 호흡량 변화를 확인하기 위하여 TSS 함량을 측정하였다. 적산 저장 온도가 증가할수록 15일 동안 저장 후 TSS 감소량이 증가하는 1차 함수의 상관관계를 보였다(그림 6-18).

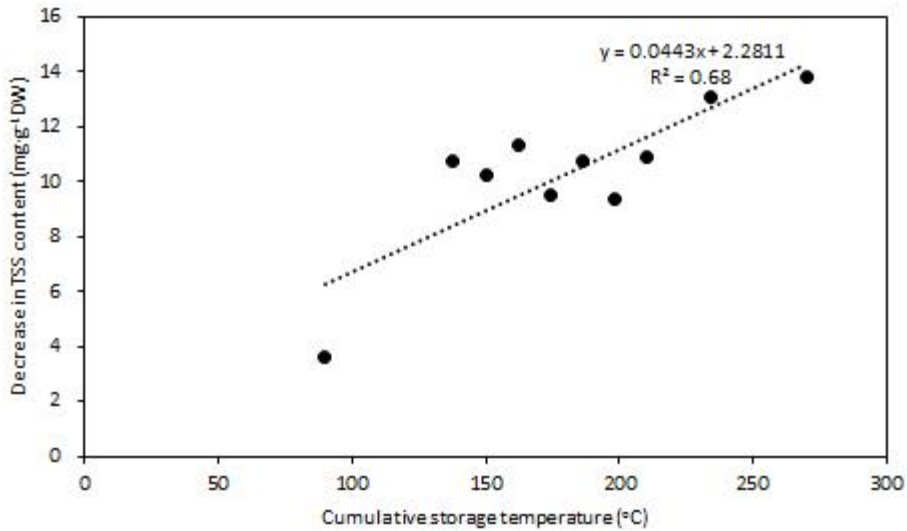


그림 6-18. 적산 저장 온도와 TSS 감소량과의 관계.

15일 동안 계속 6°C와 18°C에서 저장한 오이묘는 정식 후 모두 고사하였다(표 6-38). 초장과 엽수는 저장 중 온도 처리구에 따른 차이가 적었으나, 저장한 오이묘의 SPAD값은 저장하지 않은 오이묘에 비해서 낮았다. 10/10/10/10/10 및 6/10/10/14/18 처리구의 암꽃 수는 저장하지 않은 오이묘와 차이가 거의 없었다. 착과 수는 저장하지 않은 오이묘에서 가장 높았고 저장 중 적산 온도가 높을수록 착과 수가 감소하는 경향을 보였다.

표 6-38. 각 온도처리구에서 저장한 오이묘 정식 후 30일의 생육.

Treatment	% of survival	Plant height (cm)	No. leaves (/plant)	Chloro phyll (SPAD)	No. of female flowers (/plant)	No. of fruits (/plant)
Non-stored	100	123 a ^Z	16.6 a	48.9 a	13.6 a	7.8 a
6/6/6/6/6	0	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
10/10/10/10/10	100	131 a	16.3 a	40.1 b	12.1 ab	5.0 bc
14/14/14/14/14	100	124 a	14.8 a	40.2 b	10.0 bc	2.3 d
18/18/18/18/18	0	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
6/10/10/10/10	100	131 a	14.1 b	41.5 b	10.8 bc	4.6 bc
6/10/10/10/18	100	133 a	16.1 ab	41.6 b	11.4 bc	6.5 ab
6/14/14/14/14	88	130 a	15.7 ab	41.4 b	10.1 bc	4.4 c
6/14/14/14/18	100	132 a	15.6 ab	41.5 b	9.6 c	4.6 bc
6/18/18/18/18	75	117 a	13.8 b	41.2 b	10.5 bc	4.5 c
6/10/10/14/18	100	122 a	14.9 ab	41.2 b	12.0 ab	5.0 bc

^ZMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

저장 중 온도 순화 처리에 따른 오이묘의 품질 저하 감소 효과는 확인할 수 없었고, 저장 중 초장 신장률, SPAD 값 감소율 및 TSS 함량 감소율은 적산 저장 온도와 높은 상관관계가 있었다. 저장 중 암 스트레스와 저온 스트레스가 복합적으로 주어졌기 때문에, 향온 및 변온 처리와 MDA 함량 및 DPPH-radical scavenging activity 변화는 유의미한 관계를 보이지 않았다. 정식 후 오이묘 생육을 비교하였을 때, 적정 순화 온도 처리는 6℃(3일)→10℃(9일)→18℃(3일)였다.

10. 저장 중 광 순화 처리가 오이 공정묘 품질에 미치는 영향

가. 서언

장기간 저장 중 연속 암 조건은 공정묘의 품질 저하를 동반한다. 도장과 엽록소 함량 감소는 저장 후 공정묘의 소질 저하로 이어지고, 저장 중 호흡에 의한 동화산물의 손실은 정식 후 공정묘의 생식 기관에 분배되는 동화산물이 감소하면서 생식 생장에 부정적인 영향을 미친다. 따라서 저장 중 공정묘의 소질 저하 및 정식 후 생육 개선을 위하여 장기간 저장 중 광 처리가 필요하나, 이전 연구 결과에 의하면 광보상점 수준의 약광을 연속적으로 공급하였을 때 식물이 연속 약광에 적응하여 생장을 계속한다는 보고가 있었다. 또한, 정식 후 강광에 갑자기 노출되었을 때, 식물이 스트레스를 받아 생존율이 감소하고 생육이 지연된다는 보고가 있었다. 본 연구에서는 장기간 저장 중 다양한 광 처리(광도 및 광주기) 및 광 순화 처리가 공정묘의 저장 후 품질 및 정식 후 생육에 미치는 영향을 확인하였다.

나. 재료 및 방법

공정육묘장에서 출하된 오이묘를 15일 동안 저장하였다. 처리구는 연속 암 처리구와 저장 중 적산 PPF가 같도록 광도와 광주기를 변화시킨 3개의 광 처리구 및 저장 중 광도를 증가시키는 1개의 광 순화 처리구를 설정하였다(표 6-39). 저장 중 온도는 15℃, 상대습도는 80%이상으로 유지하였다.

표 6-39. 본 실험에 적용한 광 처리구.

Treatment	PPF	Photo-period (h/day)	Dark-period (h/day)
Dark	0	0	24
L30	30	24	0
L45	45	16	8
L60	60	12	12
LAC		Dark (6 days) → L30 (6 days) → L60 (3 days)	

저장 중 발생하는 공정묘의 소질 변화를 확인하기 위하여 저장 기간 중 각 광 처리구의 작물의 초장, 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중을 측정하였다. 또한, 저장 중 엽록소 파괴 정도를 알아보기 위하여 엽록소의 특정 파장대의 빛 흡수율을 이용하여 비파괴적으로 엽록소 함량을 측정할 수 있는 SPAD-502(Minolta Camera Co. Ltd., Japan)를 이용하여 저장 기간 중 각 광 처리구의 작물의 SPAD 값을 측정하였다.

각 광 처리구에서 저장한 오이묘를 온실에 정식하고 30일 후의 생존율과 착과 수를 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

연속 암 조건에서 저장한 오이묘의 소질이 가장 많이 저하되었다. 광 순화 처리구의 초장 신장률이 일정한 광을 공급한 처리구에 비해서 높았다(표 6-40). 연속 광 처리구(L30)의 오이묘는 광합성을 통하여 동화산물을 축적하여 건물중이 증가하였다(표 6-41). L60과 LAC(광순화) 처리구의 오이묘가 저장 전 묘소질과 비교하였을 때, 묘소질의 변화가 가장 적었다.

표 6-40. 각 광 처리구에서 저장한 오이묘의 초장, 엽수, SPAD 값 및 엽면적.

Treatment	Plant height (cm)	No. of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)
Before storage	13.5 c	4.1 b	43.4 a	143 ab
Dark	19.1 a	2.8 c	27.8 e	112 c
L30	16.3 b	5.0 a	40.5 b	154 a
L45	16.8 b	5.1 a	40.0 bc	140 ab
L60	16.5 b	5.4 a	37.2 cd	128 bc
LAC	17.5 ab	5.5 a	36.1 d	152 ab

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-41. 각 광 처리구에서 저장한 오이묘의 생체중 및 건물중.

Treatment	Fresh weight (g)			Dry weight (g)		
	Leaf	Node	Root	Leaf	Node	Root
Before storage	3.3 a	3.3 b	1.2 a	0.32 ab	0.18 c	0.07 c
Dark	2.5 b	4.6 a	1.3 a	0.20 c	0.21 c	0.07 c
L30	3.4 a	4.4 a	1.2 a	0.38 a	0.33 a	0.11 a
L45	3.0 ab	4.0 a	1.0 b	0.37 ab	0.29 ab	0.10 ab
L60	3.0 ab	4.0 a	0.8 b	0.29 b	0.20 c	0.06 c
LAC	3.5 a	4.4 a	1.3 a	0.33 ab	0.24 bc	0.08 bc

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

연속 암 조건에서 저장한 오이묘의 정식 후 생육이 가장 저조하였고, 광을 공급한 모든 처리구에서 정식 후 오이묘의 생육은 유의적으로 차이가 없었다(표 6-42).

표 6-42. 각 광 처리구에서 저장한 오이묘의 정식 후 30일의 생존율 및 착과 수.

Treatment	Percentage of survival (%)	No. of fruits (/plant)
Dark	38	2.3 b
L30	100	4.3 a
L45	100	4.1 a
L60	100	4.3 a
LAC	100	4.1 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

저장 중 광을 공급하였을 때, 오이묘의 소질 저하를 줄일 수 있음을 확인하였고 정식 후 생육 또한 연속 암 조건에서 저장하였을 때보다 높음을 확인하였다. 저장 후 오이묘의 소질 저하를 줄이고 정식 후 생육을 유지하기 위해서는 저장 중 광을 광주기 12시간으로 공급하는 것이 효과적임을 확인하였다.

11. 저장 중 약광 조사 시 다양한 명/암기 처리가 오이 공정묘의 품질 변화에 미치는 영향

가. 서언

저장 중 약광 조사는 공정묘의 소질 저하를 억제시키고 정식 후 활력을 유지시킬 수 있다. 이론적으로 저장 중 광합성량과 호흡량이 동일해져서 동화산물의 축적 또는 소모가 0이 되는 광보상점의 광도를 조사함으로써 저장 중 공정묘의 소질을 유지할 수 있다. 광보상점의 광도를 24시간 조사할 때의 적산 PPF와 동일해지도록 광도와 명/암기 시간을 조절하였을 때, 오이 공정묘의 저장 중 품질 변화와 정식 후 생육의 차이를 구명하고자 본 실험을 수행하였다.

나. 재료 및 방법

공정육묘장에서 출하된 오이묘를 15일 동안 저장하였다. 처리구는 연속 암 처리구와 저장 중 적산 PPF가 같도록 광도와 명/암기 시간을 변화시킨 4개의 광 처리구를 설정하였다(그림 6-19). 저장 중 온도는 15°C, 상대습도는 80%이상으로 유지하였다.

	0	3	6	9	12	15	18	21	24hr
Dark									
L24	PPF 7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$								
L12	PPF 14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$								
L6	PPF 14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$						PPF 14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$		
L3	PPF 14			PPF 14				PPF 14	

그림 6-19. 본 실험에 적용한 광 처리구.

저장 중 발생하는 공정묘의 소질 변화를 확인하기 위하여 저장 기간 중 각 광 처리구의 작물의 초장, 엽수, 엽면적 및 건물중을 측정하였다. 또한, 저장 중 엽록소 파괴 정도를 알아보기 위하여 엽록소의 특정 파장대의 빛 흡수율을 이용하여 비파괴적으로 SPAD 값을 측정할 수 있는 SPAD-502(Minolta Camera Co. Ltd., Japan)를 이용하여 저장 기간 중 각 광 처리구의 작물의 SPAD 값을 측정하였다.

각 광 처리구에서 저장한 오이묘를 온실에 정식하고 15일 후의 생존율, 초장, 엽수, SPAD값 및 건물중을 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

연속 암 처리구에서 저장한 오이묘의 SPAD 값이 크게 감소하였고, 저장 중 모든 처리구의 줄기 건물중이 저장 전과 비교하여 증가하였다(표 6-43). L6 및 L3 처리구에서 정식 후 암꽃 수가 증가하였고, 지상부 건물중은 L3처리구에서 가장 높았다(표 6-44).

표 6-43. 저장 중 약광 조사 시 다양한 명/암기 처리에 따른 오이묘의 품질 변화.

Treatment	Plant height (mm)	No. of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)	Dry weight (g/plant)		
					Leaf	Stem	Root
Before storage	163 a ^z	4.0 c	35 a	144 c	0.26 abc	0.14 b	0.05 c
Dark	182 a	4.6 ab	29 c	164 abc	0.25 bc	0.21 a	0.07 ab
L24	180 a	4.8 a	36 a	168 abc	0.30 ab	0.22 a	0.08 a
L12	178 a	5.0 a	30 bc	152 bc	0.24 c	0.18 ab	0.06 bc
L6	162 a	4.1 bc	33 a	176 ab	0.31 a	0.21 a	0.08 a
L3	174 a	5.0 a	32 ab	181 a	0.30 ab	0.19 a	0.06 bc

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-44. 저장 중 약광 조사 시 다양한 명/암기 처리에 따른 정식 후 오이묘의 생육 변화.

Treatment	% of survival	Plant height (mm)	No. of leaves (/plant)	No. of female flowers (/plant)	Shoot dry weight (g/plant)
Dark	100	306 ab ^z	7.75 ab	7.75 b	1.77 ab
L24	100	353 a	8.25 a	7.38 b	1.85 ab
L12	100	342 a	8.25 a	7.25 b	1.84 ab
L6	100	292 b	8.25 a	9.38 a	1.68 b
L3	100	348 a	7.38 b	8.13 ab	2.01 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

동일한 적산 PPF 환경에서는 광도 및 명/암기 처리를 달리하여도 저장 중 공정묘의 품질 차이는 거의 없었으나, 정식 후 오이묘의 생육은 명/암기 시간을 짧게 한 처리구(L6 및 L3)에서 암꽃 수가 증가하는 것을 확인하였다.

12. 저장 중 온도 및 광 순화 처리가 토마토 공정묘 품질에 미치는 영향

가. 서언

저온 및 연속 암 조건에 장기간 노출 시, 저장 중 공정묘의 묘소질 및 활력 저하의 문제점이 발생한다. 이는 저장묘의 정식 후 생육에 부정적인 영향을 미치게 되며, 정식 후 급격한 환경 변화, 고온 및 강광 스트레스로 생육이 지연되게 된다. 앞서, 오이묘의 저장 중 온도 및 광 순화 처리가 정식 후 생육 지연을 방지할 수 있다는 결과를 확인하였고, 본 실험에서는 저장 중 온도 및 광 순화 처리가 토마토 공정묘의 품질에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

공정육묘장에서 출하된 토마토묘를 15일 동안 저장하였다. 처리구는 연속 암 조건에서 6°C로 유지하는 처리구(C6), 6일간 6°C에서 저장 후 6일간 12°C, 이후 3일은 18°C로 온도 순화 처리구(6-12-18), 6일간 6°C에서 저장 후 9일간 12°C에서 연속 암 조건으로 저장하는 처리구(6-12-D) 및 마지막 3일에 약광을 조사하는 광 순화 처리구(6-12-L)를 설정하였다(표 6-45). 저장 중 상대습도는 80%이상으로 유지하였다.

표 6-45. 본 실험에 적용한 온도 및 광 처리구.

Treatment	
C6	6°C(dark, 15days)
6-12-18	6°C(dark, 6days)→12°C(dark, 6days)→18°C(dark, 3days)
6-12-D	6°C(dark, 6days)→12°C(dark, 9days)
6-12-L	6°C(dark, 6days)→12°C(dark, 6days)→12°C(PPF 30, 3days)

저장 중 발생하는 공정묘의 소질 변화를 확인하기 위하여 저장 기간 중 각 처리구의 작물의 초장, 엽수, 엽면적 및 건물중을 측정하였다. 또한, 저장 중 엽록소 파괴 정도를 알아보기 위하여 엽록소의 특정 파장대의 빛 흡수율을 이용하여 비파괴적으로 SPAD 값을 측정할 수 있는 SPAD-502(Minolta Camera Co. Ltd., Japan)를 이용하여 저장 기간 중 각 처리구의 작물의 SPAD 값을 측정하였다.

각 처리구에서 저장한 토마토를 온실에 정식하고 15일 후의 생존율, 초장, 엽수, Chlorophyll (SPAD), 화방 수, 꽃 수 및 건물중을 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

6-12-L처리구에서 저장 후 토마토묘의 SPAD 값이 가장 적게 감소하였고, 저장 전과 비교하였을 때 엽면적 및 건물중 감소가 일어나지 않았다(표 6-46). 연속 암 조건에서 저장 온도를 증가시킨 6-12-18처리구에서 저장 중 토마토묘의 소질 저하가 가장 크게 나타났다. 15일 간

6°C에서 계속 저장한 C6처리구의 토마토묘는 저온 스트레스로 정식 후 생존율이 80%로 낮았다 (표 6-47). 정식 후 생육 또한 온도 및 광 순화 처리를 함께 적용한 6-12-L처리구에서 가장 좋았다.

표 6-46. 저장 중 온도 및 광 순화 처리에 따른 토마토묘의 소질 변화.

Treatment	Plant height (mm)	No. of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)	Dry weight (g/plant)		
					Leaf	Stem	Root
B e f o r e storage	200 bc ^z	8.2 a	49.4 a	167 a	0.52 a	0.34 ab	0.12 ab
C6	204 abc	8.4 a	44.7 b	128 c	0.42 b	0.33 b	0.12 ab
6-12-18	192 c	7.3 b	32.0 d	141 bc	0.34 c	0.26 c	0.11 b
6-12-D	209 ab	6.8 b	38.5 c	157 ab	0.43 b	0.35 ab	0.14 a
6-12-L	215 a	7.1 b	41.5 bc	173 a	0.53 a	0.40 a	0.14 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-47. 저장 중 온도 및 광 순화 처리에 따른 정식 후 토마토묘의 생육 변화.

Treatment	% of survival	Plant height (mm)	Chlorophyll (SPAD)	No. of leaves (/plant)	No. of trusses (/plant)	No. of flowers (/plant)	Shoot dry weight (g/plant)
B e f o r e storage	100	554 a	47.7 c	14.1 b	2.6 b	18.7 c	4.84 a
C6	80	461 c	55.5 ab	16.9 a	4.3 a	31.0 a	3.26 d
6-12-18	100	486 bc	55.4 ab	17.5 a	4.2 a	27.6 ab	3.59 cd
6-12-D	100	530 ab	54.3 b	17.7 a	4.3 a	29.9 a	4.03 bc
6-12-L	100	518 ab	57.3 a	18.3 a	2.8 b	22.6 bc	4.40 ab

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

저온에서 온도를 증가시키고 정식 전에 약광을 조사하여 온도 및 광 순화 처리를 함께 적용하였을 때, 저장 중 토마토묘의 소질 변화를 줄이고 정식 후 생육 지연을 억제할 수 있음을 확인하였다.

13. 저장 전 청색광 처리가 저장 중 오이 공정묘의 품질에 미치는 영향

가. 서언

저장 중 저온 및 연속 암 환경은 작물에게 스트레스로 작용하게 되고 이를 극복하기 위하여 작물은 스트레스 방어 기작을 작동시키게 된다. 저장 중 스트레스 극복에 유리할 수 있도록 저장 전에 약한 스트레스 환경에 노출시킴으로써 저장 전 스트레스 방어 기작을 작동시켜 저장 중 묘소질 저하를 억제할 수 있는지 구명하기 위하여 본 실험을 수행하였다.

나. 재료 및 방법

서울대학교 채소학연구실 내 폐쇄형육묘시스템에서 재배한 오이묘를 각각 저장 전 1, 3, 5일 에 청색LED를 인공광으로 하는 성장상으로 옮겼다. 폐쇄형육묘시스템 및 성장상 내 주/야간 온도는 25/20℃, 명/암기는 16/8h으로 유지하였다.

과종 후 28일 간 재배한 오이묘를 15일 간 연속 암 조건에서 저장하였고, 저장 중 온도는 15℃, 상대습도는 80%이상으로 유지하였다.

저장 전과 후의 초장, 엽수, 엽면적 및 건물중을 측정하였고, 저장 중 엽록소 파괴 정도를 알아보기 위하여 엽록소의 특정 파장대의 빛 흡수율을 이용하여 비파괴적으로 SPAD 값을 측정할 수 있는 SPAD-502(Minolta Camera Co. Ltd., Japan)를 이용하여 저장 전과 후 각 처리구의 작물의 SPAD 값을 측정하였다.

통계분석은 SAS 9.3(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 5% 유의수준에서 각 처리구간 차이의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

청색광에서 재배한 일수가 증가할수록 오이묘의 초장이 증가하고 SPAD 값 및 엽면적이 감소하였다(표 6-48). 저장 전 청색광 처리에 의한 오이묘의 건물중 변화는 없었다. 저장 전 청색광 처리일수가 증가할수록 15일 간 저장 후 오이묘의 초장 신장 및 SPAD 값 감소가 촉진되었다(표 6-49). 저장 후 엽수, 엽면적 및 건물중은 저장 전 청색광 처리에 따른 차이가 없었다.

표 6-48. 청색광 처리에 의한 저장 전 오이묘의 소질 변화.

Treatment	Plant height (mm)	No. of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)	Dry weight (g/plant)	
					Shoot	Root
Control	45 b ^z	3.1 a	35.6 a	121 b	0.47 a	0.11 a
Blue1	56 ab	3.0 a	35.3 ab	130 b	0.48 a	0.10 a
Blue3	68 a	3.1 a	33.9 bc	155 a	0.47 a	0.11 a
Blue5	69 a	3.0 a	32.0 c	117 b	0.41 a	0.10 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

표 6-49. 저장 전 청색광 처리에 의한 저장 후 오이묘의 소질 변화.

Treatment	Plant height (mm)	No. of leaves (/plant)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm ² /plant)	Dry weight (g/plant)	
					Shoot	Root
Control	61 c ^z	4.0 a	29.3 a	140 a	0.46 a	0.11 a
Blue1	72 bc	4.0 a	27.0 a	135 a	0.44 a	0.10 a
Blue3	81 ab	4.0 a	24.1 b	131 a	0.43 a	0.10 a
Blue5	89 a	4.0 a	18.4 c	132 a	0.41 a	0.10 a

^zMeans in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

라. 요약

저장 전 청색광 처리에 따른 오이묘의 소질 저하 억제 효과가 없는 것을 확인하였다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

코드번호 D-06

제 1 절 목표달성도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2013)	[세부] 경상대학교 '에너지노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발'	○ 플러그 트레이 운반용 대차, 벨트식 컨베이어 사용 효율화 및 간이이송 저비용 자동화 장치 이용기술	100	○ 육묘장의 벨트식 컨베이어의 설치를 통한 발아실, 접목실, 재배실, 온실외부 이송시 동선, 인력소모, 생산비용, 노동 시간, 에너지 효율성 조사 -저비용 간이 이송장치의 배치방안 강구 -자동화 장치를 이용한 노동력 대체 효과 및 경제성 분석
		○ 국내 공정육묘장의 접목활착실 환경 실태조사	100	○ 국내 지역별(경상도, 전라도, 경기도, 충 청도, 강원도) 대표 육묘장을 방문하여 현재 사용 중인 접목활착실의 환경조건 측정 ○ 2회(고온기, 저온기)
		○ 접목묘의 활착을 촉진하는 인공 광원의 탐색	100	○ 최적 광원의 탐색 -처리: 형광등, 여러 가지 LED(white, red, blue)의 조합 탐색 -대상작물: 가지과(토마토), 박과(수박) -조사항목: 접목활착율, 접목활착속도, 초장, 뿌리활력, 엽면적, 엽록소함량, 탄수화물 함량, 일소엽수
	[1협동] 농촌진흥청 '생산성 및 안전성 향상을 위한 현장애로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발'	○ 과채류 접목묘 생산시 생리장해 경감기술 및 현 장애로 해결기술 개발	100	○ 오이 접목묘 생산시 순뿔이 현상 발생 원인구명 및 경감기술 개발 -대상작물: 오이 -처리 : 야간온도 등 환경요인에 따른 순뿔이 현상 발생정도 및 생육 조사 ○ 균일묘 생산을 위한 접수 및 대목 육묘기술 개발 -대상작물: 토마토, 오이 -폐쇄형 육묘시스템에서의 온도, 광 등 환경조건에 따른 접수 및 대목 생육 및 균일도 검토
		○ 안전성 향상을 위한 건전묘 생산기술 개발	100	○ 무병묘 생산을 위한 병해충 간이진단 적용기술 개발 -대상작물: 토마토, 고추 -대상병(바이러스): TYLCV(tomato yellow leaf curl virus), TSWV(tomato spotted wilt virus) -간이진단방법: 분자표지 또는 진단 키트 이용 -진단시기: 출하 전 -간이진단을 위한 샘플량, 채취시기, 채취방법 등 검토

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2013)	[2협동] 충남대학교 '신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발'	○ 저면관비 방법 적용을 위한 근권부 물리성 조절 및 혼합상토 개발	100	○ 물리·화학적 특성 조사를 통해 공정묘 생산을 위한 저면관비 시스템에 적 합한 유·무기 상토 재료 선발 ○ 공정묘 생산을 위한 저면관비에 적합 하도록 물리적 특성을 조절한 혼합 상토 개발 - 혼합상토는 무기 토양 보다 입경이 10-1,000배 정도 크며 포화류가 빠른 반면 불포화류가 느림 → 불포화류를 향상시킬 수 있는 상토를 개발(불포화류의 측정이 매우 어렵고 까다로우며 간접적인 방법으로 불포화류를 판단) - 공극률: 85% 이상을 목표함 - 기상률: 15% 이상을 목표함 - 쉽게 이용할 수 있는 수분(50cm 이하의 장력 하에 존재하는 수분): 30-40% 수준 유지 - 완충수(buffering water, 50-100cm의 장력하에 존재하는 수분): 10-20%를 목표로 함
	[3협동] 원광대학교 '유통 공정묘의 품질관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정'	○ 공정묘의 상품 으로서의 규격과 형상 기준 설정	100	○ 소비자와 생산자의 공정묘의 규격 설문 조사 ○ 육묘장에서 수집된 공정묘의 성장 파라 미터(Growth parameter) 분포 조사 - 대상작물: 토마토, 고추, 수박, 오이 - 조사 항목: 초장, 절간장, 경경(대목과 삽수), 엽수, 엽폭, 엽장, 엽면적, 엽색, 엽록소(SPAD), 뿌리 색, 병해충 유무 ○ 공정묘의 묘소질과 성장 파라미터에 대한 상관 및 회귀분석
	[4협동] 서울대학교 '공정묘 안정 공급 및 수출확대를 위한 유통저장기술 개발'	○ 공정묘의 적정 저장 환경 구명	100	○ 각 작물 별 저장 환경(기온, 상대 습도, 광도 및 가스 조성)에 따른 공정묘의 활력(엽록소 함량, 광합성 및 증산 속도), 생존률 및 초기 생육 조사

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 년도 (2014)	[세부] 경상대학교 '에너지노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발'	○ 하절기 냉방 효율성 증대 방안 구명	100	○ 차광제 종류별, 농도별 도포를 통한 육묘장 내부 온도하강 효과구명 및 광선택적 차광효과 측정 ○ 차광스크린과 포그시스템 및 차광제의 차광효과 및 온도하강 효율성 비교와 고온기 온도하강 효과 측정
		○ 접목묘의 활착과 생장을 촉진하는 인공광원의 최적광도 구명	100	○ 처리: 25, 50, 75, 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF ○ 대상작물: 가지과(토마토), 박과(수박) ○ 조사항목: 접목활착율, 접목활착속도, 초장, 뿌리활력, 엽면적, 엽록소함량, 탄수화물 함량, 일소엽수
		○ 접목묘의 활착과 생장을 촉진하는 인공광원의 최적 광조사 시간 구명	100	○ 처리: 명기/암기 12h/12h, 16h/8h, 24h/0h, 6h/6h(2회), 8h/4h(2회), 명기의 6min 명기/24min 암기(순환조명) ○ 대상작물: 가지과(토마토), 박과(수박) ○ 조사항목: 접목활착율, 접목활착속도, 초장, 뿌리활력, 엽면적, 엽록소함량, 탄수화물 함량, 일소엽수
	[1협동] 농촌진흥청 '생산성 및 안전성 향상을 위한 현장애로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발'	○ 과채류 접목묘 생산시 생리장애 경감기술 및 현장애로 해결 기술 개발	100	○ 대상작물: 오이 ○ 처리 : 접목묘 생산시 대목종류, 활착시 광 등 환경조건에 따른 황화엽 발생 정도 및 생육 조사
		○ 안전성 향상을 위한 건전묘 생산기술 개발	100	○ 대상작물: 토마토 ○ 관행대비, 정밀환경제어가 가능한 폐쇄형 육묘시스템에서의 온도, 광 등 환경조건에 따른 토마토 생육 및 착화위치 검토
		○ 안전성 향상을 위한 건전묘 생산기술 개발	100	○ 대상작물: 토마토, 고추 ○ 대상병(바이러스): TYLCV(tomato yellow leaf curl virus), TSWV(tomato spotted wilt virus) ○ 간이진단방법: 분자표지 또는 진단키트 이용 ○ 진단시기: 출하 전 ○ 간이진단을 위한 샘플량, 채취시기, 채취방법 등 검토

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 년도 (2014)	[2협동] 충남대학교 '신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발'	○ 근관부 염농도 조절을 위한 저면관비 기술 개발	100	○ 화학성 조절: pH, EC 및 각종 무기물 함량이 저면관비 방법에 적합하도록 설계되어야 함 ○ 기비로 혼합될 비료를 확보한 후 비료의 종류 및 농도 조절 ○ 공정묘 생산 기간 동안 상토의 화학성 변화 추적을 통해 적합성을 판단함 ○ 저면 관비에 따른 상토내 무기원소 농도의 수직 분포상 변화 추적
			100	○ 추비로 시비될 비료를 확보한 후 비료의 종류 및 농도 조절 ○ 공정묘 생산 기간 동안 상토의 화학성 변화 추적을 통해 적합성을 판단함 ○ 저면 관비에 따른 상토내 무기원소 농도의 수직 분포상 변화 추적 ○ 최종적으로 시비방법 개발
	[3협동] 원광대학교 '유통 공정묘의 품질관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정'	○ 공급자 기준에서의 가이드라인 설정	100	○ 파종, 정식, 재식간격 넓히기 및 수송 까지 소요 되는 일수 조사
			100	○ 생장억제제 사용에 따른 공정묘의 생장 분석(RGR, LAR, NAR, SLA, LWR)
			100	○ 공급자 기준에서의 공정묘 가이드라인 수립 및 기준 설정
	[4협동] 서울대학교 '공정묘 안정 공급 및 수출확대를 위한 유통저장기술 개발'	○ 공정묘의 적정 수송 환경 구명	100	○ 수송 환경(기온, 상대 습도, 광도, 가스 조성 및 진동)에 따른 공정묘의 활력 (엽록소 함량, 광합성 및 증산 속도, 뿌리 활력) 생존률 및 초기 생육 조사
			○ 수송 효율성 향상을 위한 포장재 제안	100

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2015)	[세부] 경상대학교 '에너지노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발'	○ 동절기 난방 효율성 증대 방안 구명	100	○ 동절기 에너지 절감형 난방기술 활용방안 구명 -나노탄소섬유적외선 난방등의 적정 설치 간격, 높이 구명 -난방효과 구명: 겨울철 온실내 난방등 설치를 통한 묘소질 측정 -대상작물: 박과(수박), 가지과(토마토) -조사항목: 식물체온도, 배지온도, 온실바닥 온도, 공기 온습도 조사, 열화상카메라 촬영을 통한 식물체와 온실내부 온도분포 -전기료 상승 및 농업용 전기 등급 조정에 대비한 나노탄소적외선 난방등의 경제성 분석(대조구: 온수난방 보일러)
		○ 접목묘의 활착을 촉진하고 도장을 억제/촉진 하는 주야간 온도 구명	100	○ 처리: (주/야) 23℃/23℃, 25℃/18℃, 30℃/15℃ ○ 대상작물: 가지과(토마토), 박과(수박) ○ 조사항목: 접목활착율, 접목활착속도, 초장, 뿌리활력, 엽면적, 엽록소함량, 탄수화물 함량, 일소엽수
		○ 접목묘의 활착을 촉진하는 CO ₂ 의 효과 구명	100	○ 처리: 200, 500, 800, 1,000ppm ○ 대상작물: 가지과(토마토), 박과(수박) ○ 조사항목: 접목활착율, 접목활착속도, 초장, 뿌리활력, 엽면적, 엽록소함량, 탄수화물 함량, 일소엽수
	[1협동] 농촌진흥청 '생산성 및 안전성 향상을 위한 현장어로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발'	○ 과채류 접목묘 생산시 생리장해 경감기술 및 현장 어로 해결기술 개발	100	○ LED 과채류 접목묘 활착실 사용 실태 조사 -대상: 한국육묘산업연합회 회원 -조사내용: LED 접목묘 활착실 사용 이유, 장점, 환경조절 및 개선사항 등
			100	○ 과채류 접목묘 도장억제기술 개발 -대상작물: 오이, 토마토 -시설 내 광질 처리에 따른 생육 및 도장억제 정도 검토
		○ 안전성 향상을 위한 건전묘 생산기술 개발	100	○ 무병묘 생산을 위한 병해충 간이진단 적용기술 개발 -대상작물: 토마토, 고추 -대상병(바이러스): TYLCV(tomato yellow leaf curl virus), TSWV(tomato spotted wilt virus) -진단 및 방제시기에 따른 발생억제정도 검토

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2015)	[2협동] 충남대학교 '신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발'	○ 최종적으로 친환경묘 대량생산에 적합한 혼합상토 개발	100	-물리성 목표: 공극률: 80% 이상을 목표함 기상률: 10% 이상을 목표함 -쉽게 이용할 수 있는 수분(50cm 이하의 장력하에 존재하는 수분): 25-35% 수준 유지 -완충수(buffering water, 50-100cm의 장력하에 존재하는 수분): 10-20%를 목표로 함
		○ 친환경 육묘를 위한 혼합상토의 기비 방법 확립	100	-화학적 조절: pH, EC 및 각종 무기물 함량이 공정묘 생산에 적합하도록 설계되어야 함 -기비로 혼합될 비료를 확보한 후 비료의 종류 및 농도 조절 -공정묘 생산 기간 동안 상토의 화학성 변화 추적을 통해 적합성을 판단함 -저면 관비에 따른 상토내 무기원소 농도의 수직 분포상 변화 추적
	[3협동] 원광대학교 '유통 공정묘의 품질관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정'	○ 공정묘 규격 및 사이즈 수치화 설정	100	○ 공정묘 규격 수치화 -실험을 통해 작물별 우량묘 기준 설정 -공정묘 생장 파라미터 범위설정: 초장, 절간장, 경경, 엽수, 엽폭, 엽장, 엽면적, 엽색, 엽록소
		○ 공정묘의 양적 기준 설정	100	○ 양적 기준 -지상부: 엽색, 엽면적이 크고 굽은 줄기 및 균일한 절간장 -지하부: 뿌리색 및 근모가 많고 뿌리 형성 및 활력이 양호
		○ 공정묘의 질적 기준 설정	100	○ 질적 기준 -개화, 착과, 수량 및 생산성 측정 -동화산물의 분배율 측정 -노화묘 이용 한계 기준 설정
		○ 공정묘 소질과 환경 조건 관계 구명	100	○ 공정묘소질 및 환경조건 조사 -1-2년차 수집 육묘장 -재배력, 환경제어 수준 조사 -환경제어수준에 따른 묘소질 차이 분석
		○ 딸기 육묘의 애로 기술 파악을 위한 실태 조사	100	○ 국내 딸기 육묘 실태 조사 -조사 시기: 3-4년차 -조사 범위: 전국 딸기 육묘장 -조사 항목: 작형별 육묘법, 묘소질
	[4협동] 서울대학교 '공정묘 안정 공급 및 수출확대를 위한 유통저장기술 개발'	○ 정식 후 저장묘의 초기 생육 향상을 위한 순화 기술 개발	100	-정식 후 각 과채류 별 생식 생장(초기 생육, 개화를 및 착과율) 평가 -정식 후 생존율 및 생리 장애 발생 시 각 작물 별 순화 기술 개발

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
4차 년도 (2016)	[세부] 경상대학교 '에너지노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발'	○ 병해충 예방을 위한 방충망(insect screen)설치방안 마련 및 매뉴얼 작성 ○ 방충망 설치에 따른 온도상승문제 해결 방안 마련	100	○ 효율적인 Insect screen 설치방법 마련 -온실내부 유입 주요 해충 크기별 Insect screen hole size 설치기준 마련 ○ 방충망 설치에 따른 온도상승 문제해결 방안 마련 -환기효율성 향상을 위한 팬 설치 방법 및 효과 검토 -Screen hole size별 온실의 기온분 포 분석 -순환팬 배치에 따른 기온분포 시뮬레이션 -팬 설치 위치, 높이, 간격에 따른 기온분포 분석 및 최적설치 방안 제시
		○ 하절기 냉방, 동절기 난방 효율성 증대 방안마련 및 농가 교육	100	○ 하절기 온도하강 기술 및 동절기 에너지 절감형 난방 효율성 증대기술 관련 매뉴얼 작성/제공 및 응용기술 지원
		○ 벨트식 컨베이어의 이용기술 보급	100	○ 플러그 트레이 운반용 대차, 벨트식 컨베이어 사용 효율화 및 간이이송 저비용 자동화 장치 이용기술의 현장보급 및 기술지도
		○ 접목묘의 활착을 촉진하는 최적습도 (수분부족분)의 구명	100	○ 온도와 습도(수분부족분)에 따른 접목묘의 생장 -처리: 수분부족분 0(RH 100%), 3, 6 g·m ⁻³ air x 처리시기(활착실 입고 후 처음 0, 3, 6 일간) -대상작물: 가지과(토마토, 고추), 박과 (수박, 오이) -조사항목: 접목활착율, 접목활착속도, 초장, 뿌리활력, 엽면적, 엽록소 함량, 탄수화물 함량, 일소엽수
		○ 구멍된 접목묘의 활착을 촉진하는 최적 환경조건의 작물별 매뉴얼 작성	100	○ LED 광원을 이용한 접목묘 최적 생육을 조절 기술관련 매뉴얼 제공 및 응용 기술 지원
	[1협동] 농촌진흥청 '생산성 및 안전성 향상을 위한 현장애로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발'	○ 생리장해, 현장애로 해결기술 및 건전묘 생산기술 매뉴얼 제작 및 보급	100	○ 과채류 생산시 생리장해 및 현장애로 경감 기술 3종 매뉴얼 제작 및 현장 보급
			100	○ 공정육묘 현장애로 및 차세대 공정 육묘 기술 수요 조사

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
4차 년도 (2016)	[2협동] 충남대학교 '신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발'	○친환경 재배에 적합한 비료의 수집 및 성분 분석	100	○유기농 자재로 등록된 구아노를 비롯한 다양한 비료의 수집 및 성분분석으로 화학비료를 대체할 수 있는 자재 선발
		○공정묘 생산에 적합한 최적 혼 합비율 결정	100	○분석된 유기농 자재를 대상으로 공정묘 생산에 적합한 배합기준 설정
		○공정묘 생산을 위한 재배실험(기·추비 사용)	100	○일반 공정묘(화학비료 사용)를 대조 구로 두고 선발된 유기농 혼합상토에 기비 및 추비를 시비하여 작물 성장량 비교
		○최종 시비방법 개발	100	○친환경 재배에 적합한 유기농 자재의 적합한 배합기준에 따른 기비 및 추비방법 개발
	[3협동] 원광대학교 '유통 공정묘의 품질관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정'	○공정묘의 규격화 설정	100	○1-3년차 결과 검증을 통한 보완 사항 재시험
		○공정묘의 규격과 사이즈에 관한 기준 제시	100	○1-3년차 결과 종합 및 현장 조사를 통한 주요 과채류 묘의 규격 제시
		○공정묘 기준, 규격 및 품질 통일화 책자 발간	100	○주요 과채류의 공정묘 규격 책자 발간 및 배포
		○딸기 공정묘 현황 조사	100	○국내 육성 딸기 공정묘의 생산 현황 및 문제점 분석
	[4협동] 서울대학교 '공정묘 안정 공급 및 수출확대를 위한 유통저장기술 개발'	○공정묘의 저장/수송 /유통 시스템 확립 및 검증	100	○공정묘 저장/수송/유통 매뉴얼 작성 및 검증

제 2 절 관련분야 기여도

[세부] 에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발 현황 (경상대학교)

- 국내에서 생산된 접목로봇과 농가에서 행해지는 일반적인 접목방식(수작업을 통한 접목)과의 비교 연구를 통한 자동화 장치의 효율성 구명과 이의 활용도 향상 방안을 제시를 통한 노동 효율성 증대 및 인건비 절감
- 간이 이송장치의 효율성 비교분석과 장치의 이용확대 및 이송장치의 배치방안 강구를 통한 육묘장 공간 및 노동 효율성 증대
- 하절기 공정육묘 온실내 온도저감을 위한 경제적이면서 효율적인 적정 차광제의 종류와 농도의 구명을 통한 공정묘 연중생산 방안 제시
- 하절기 육묘장 내 냉방장치의 온도하강 효율성을 비교 분석을 통한 효율적인 냉방장치 활용방안 제시 및 농가의 냉방비 절감
- 동절기 공정육묘장의 나노탄소섬유적외선 난방등 적용 연구를 통한 경제적인 난방 방법 및 고품질 묘 생산 방안 제시
- 공정육묘장 내 급격한 온도 상승을 방지와 해충유입차단을 위한 적정 방충망 선발과 그에 따른 온도저감 방안 구명을 통한 하절기 공정묘 연중생산 및 농가 소득 증대
- 국내의 공정육묘장에서 생산되는 접목묘의 대부분은 주로 2-4월의 저온기에 걸쳐 재배되고, 일부가 7-8월의 고온기에 생산되고 있음. 온실내에 터널 형태의 활착실은 외부 환경의 영향을 쉽게 받기 때문에 기온과 상대습도를 조절하는 것은 매우 어려운 실정임. 그래서 일부 육묘장은 외부 기상환경의 영향을 상대적으로 적게 받는 폐쇄형 접목활착실을 도입하고 있지만, 인공 광원에 대한 적정 광질 및 온·습도에 대한 정보가 없었음
- 폐쇄형 접목활착실의 적정 환경조건으로 구명된 인공광원은 혼합LED광, 광도는 $100\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF, 광주기는 12h 명기/12h 암기, 주·야간온도는 온도차이가 너무 크지 않으며 CO_2 농도는 700ppm 내외, 상대습도는 97-98%임
- 접목활착실의 적정 환경조건 구명으로 폐쇄형 접목묘의 효율을 높이고, 묘소질 향상(입모율, 활착률 향상, 건전주 획득)을 증진시키며 활착을 촉진시키고 활착 관리에 요구되는 노력을 절감할 수 있으며 접목묘 생산 시 효율을 높일 수 있음
- 접목활착이 구명되어 접목묘 생산의 자동화와 기계화를 더 수용할 수 있어 생력화 및 노동력 절감에 기여할 수 있음
- 묘소질이 개선된 생산된 접목묘가 생산농가에서의 이용효율성이 증가하여 농가소득 증대로 이어질 수 있음
- 다른 연구 또는 묘 생산 농가에의 적용시 환경의 표준화가 가능하여 균일하고 건전한 접목묘를 신뢰도 높게 생산할 수 있음

[1협동] 생산성 및 안전성 향상을 위한 현장애로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발 현황 (농촌진흥청)

- 오이 접목묘에서 발생하는 기형엽 및 황화엽 발생원인 구명과 대목, 상토 등을 개선을 통한 경감 기술 개발 연구는 오이 접목묘의 안정적인 우량묘 생산에 기여할 수 있음

- 폐쇄형육묘시스템을 이용한 박과 대목 및 오이 접수 생산을 위한 플러그트레이 크기 및 광량의 구멍은 균일묘 생산을 통한 접목 활착률 증대 및 접목묘 품질을 향상 시킬 수 있으며, 향후 접목로봇의 현장 이용 효율성 증대에 기여할 수 있음
- 폐쇄형육묘시스템을 이용한 토마토 모종 생산을 위한 플러그 트레이 크기 및 광량 구멍은 우량 균일묘 생산에 기여할 수 있으며, 광량 등의 조절로 1번화 착화절위를 낮추는 기술은 정식 후 토마토 수확 시기를 앞당길 수 있어 농가 소득 증대에 기여할 수 있음
- 고온 및 일조 부족 시기의 과채류 접목묘 도장 경감을 위한 LED 보광 및 적정 광원 구멍 개발 기술은 불량 환경 기간 동안의 과채류 우량묘 생산에 기여할 수 있음
- LED 접목묘 활착실 이용 실태 조사 결과를 통해 도출된 우량 접목묘 생산과 최적 환경 관리를 위해 필요한 개선 기술들은 향후 관련 정책 수립과 연구과제 개발에 활용 될 수 있음
- 본 연구를 통해 제작한 오이 접목묘 기형엽 및 황화엽 경감 기술 및 TSWV 간이 진단 현장 애로기술 매뉴얼은 현장 보급 및 이용으로 안정적인 우량묘 생산에 기여할 수 있음
- 공정육묘 현장애로기술 및 차세대 공정육묘장 필요 기술 조사 결과는 공정육묘 산업 기반 구축과 발전을 위한 정책 수립과 연구과제 개발을 기초 자료로서 활용 될 수 있음

[2협동] 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발 현황(충남대학교)

- 개발된 상토를 저면관비 방법을 활용한 공정묘 생산에 적용할 뿐만 아니라 추후 발생할 유사 연구에 활용하여 공정묘의 성장량 증가 및 품질향상에 기여함
- 저면관비를 위해 개발된 시비방법 또한 추후 발생할 유사 연구 및 실용화에 적용하여 묘 성장량 및 품질향상에 기여함
- 상토개발시 발생하는 제반문제점을 상토 생산회사와 의견을 교류하여 개발시 발생하는 문제점을 감소시킴
- 공정육묘시 상토와 무기원소에 의해 발생하는 제반문제를 감소시킴으로 생산된 공정묘의 상품가치 향상 및 수출증대
- 공정묘 생산을 위한 저면관비에 적합한 적정 상토 개발
- 공정묘 생산 기간에 맞는 적정 상토 개발
- 저면관비 또는 유기농 묘 생산 등 재배목적에 맞는 적정 상토 개발
- 기비 및 추비방법 확립으로 안정된 공정묘 생산 가능
- 개발된 상토의 상품화 기대
- 값싼 상토 공급으로 공정묘의 생산가 절감 및 소득증대
- 유기농묘 생산에서 묘 생장에 적합한 상토 공급으로 단위면적당 생산량 증가
- 상토의 특성에 적절한 시비방법 확립으로 품질의 고급화 가능
- 저면관비 및 유기농 공정묘 생산을 위한 국산 상토의 개발로 수입 상토를 대체함으로써 수입 절감으로 인한 외화 절약
- 저면관비 및 유기농 공정묘 생산을 위한 국산 비료의 이용비율 확대로 인한 외화 절약
- 기술이전
 - 저면관비 방법 적용을 위한 근권부 물리성 조절 및 혼합상토 개발
 - 근권부 염농도 조절을 위한 저면관비 기술
 - 유기농 공정묘 생산을 위한 혼합상토 개발
 - 유기농 공정묘 생산을 위한 기비 및 추비방법

[3협동] 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정 현황(원광대학교)

- 국내 육묘 산업의 중요성이 부각됨에 따라 급격히 시장이 확대되었음에도 불구하고 육묘 기술 분야에 대한 연구는 생산성 증대를 위한 재배기술, 신품종 개발을 위한 육종 기술 연구에 비해 아주 저조한 실정이임
- 그리고 법적 근거나 자체적인 인증 프로그램의 미비로 인하여 제품(묘)의 규격화가 되어있지 않아 상시 분쟁의 소지를 안고 있음
- 본 연구는 이러한 상황에서 공정육묘 기술의 과학적 체계화와 더불어 제품의 규격을 개발 함으로서 향후 확대 개편될 종자 및 육묘 관련 법(종묘법)의 기초자료를 확보함
- 특히, 다양한 환경 요인(시설, 지역, 재배자 기술 등)속에서 변이될 수 있는 현 지표인 육묘 기간(육묘일수, 묘령)을 배제하고 실제적인 묘 품질을 선발함으로서 현장에 더욱 밀착된 연구로 평가됨
- 묘소질의 선발은 전국에서 생산되는 공정묘 소질의 통일화 또는 표준화에 기초자료로 활용될 수 있고 이는 향후 공정묘 인증제의 기초자료, 그리고 소비자 신뢰를 높일 수 있는 근거가 될 것임

[4협동] 공정묘 안정 공급 및 수출확대를 위한 유통·저장 기술 개발 현황(서울대학교)

- 공정묘의 저장 및 수송 기술 개발 연구는 국내 공정육묘장의 출하시기의 노동력 분배 문제 개선에 따른 공정묘 안정 수급 및 장거리 수송 기술 개발로 해외 수출 시장 확대 등 공정육묘 산업의 확대에 기여할 수 있음
- 공정묘의 저장 중 온도 및 광 순화 기술 개발 연구는 국내 뿐 만 아니라 국외 에서도 신규 연구 분야로써 학술적으로 우위를 차지할 수 있음
- 본 연구에서 작성된 공정묘 저장 및 유통 기술 매뉴얼은 국내 공정육묘장 현장에 공정묘 저장 및 수송 기술 적용을 확대시킴으로써 국내 공정육묘기술 발전에 기여할 수 있음
- 본 연구에서 개발된 공정묘 저장용 LED램프는 공정묘의 원거리 수송을 가능하게 하여 수출시장 확대 및 관련 산업의 발전에 기여할 수 있음



제 3 절 연구개발성과

1. 연구개발 성과목표 대비 실적

(단위 : 건수)

성과목표	사업화지표								연구기반지표								
	지식 재산권		기술이전	사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타 연구 활용 (타 연구 등)
	출원	등록		제품화	기술창업	매출창출	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
			SCI						비SCI								
최종목표	4	1	21	2					14	12		20		1	6	12	
1차년도	목표								1	1						3	
	실적										6	12			5		
2차년도	목표	1							3	4						3	
	실적									1	21	13	1		5	4	
3차년도	목표	1							4	4						3	
	실적	1		17					5	3	10	13	4		7	3	
4차년도	목표	2	1						6	3				1		3	
	실적	3		6	1				6	3	14	18	8	1	8	6	
소계	목표	4	1	21	2				14	12		20		1	6	12	
	실적	4		23	1				11	7	51	56	13	1	25	13	
종료 1차년도																	
종료 2차년도																	
종료 3차년도																	
종료 4차년도																	
종료 5차년도																	
소계		4		23	1				11	7	51	56	13	1	25	9	
합계		4		23	1				11	7	51	56	13	1	25	9	

2. 지식재산권

지식재산권[발명특허, 실용신안, 의장, 상표, 규격], 신품종 , 프로그램개발 등으로 구분하고, 세부적으로 전부(건별로) 기록하며, 국외인 경우 반드시 국명을 기록합니다]									
구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등 록			기타
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	과채류 육묘 온실 난방을 위한 나노 탄소섬유 적외선 난방등의 설치방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2015. 9. 24.	10-2015-0135928	-	-	-	-
2	공정육묘장내 온도저감을 위한 적정 방충망 선발과 공기유동팬 설치 방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2016. 12. 0.	진행 중	-	-	-	-
3	엘이디광원을 이용한 아이스플랜트 재배방법	대한민국	경상대학교 산학협력단	2016. 12. 22.	10-2016-0176408	-	-	-	-
4	토마토와 수박 접목 공정묘의 활착을 촉진하는 최적 상대습도	대한민국	경상대학교 산학협력단	2016. 12. 22.	10-2016-0177175	-	-	-	-

증빙자료[지식재산권(1과 2)]

관인생략
출원번호통지서

출원 일자 2015.09.24
 특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(KIP15110)
 출원 번호 10-2015-0135928 (접수번호 1-1-2015-0935475-58)
 출원인 명칭 경상대학교산학협력단(2-2004-010719-4)
 대리인 성명 김종석(9-2009-003900-9)
 발명자 성명 황승재 정병룡 김혜민 김영진 박유경 고중호
 발명의 명칭 과채류 익은 은실 난방을 위한 나노팅스섬유 적외선 난방등의 설치방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(가공코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허포털(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다우로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허/실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr> > 특허마당-PCIT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허/실용신안은 12개월, 상표/디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원권 기호로 우리나라에 우선권주장할 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자제출허가서(PTOSB39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

증빙자료[지식재산권(3과 4)]

관인생략
출원번호통지서

출원 일자 2016.12.22
 특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(ZP20160126)
 출원 번호 10-2016-0176408 (접수번호 1-1-2016-1260842-26)
 출원인 명칭 경상대학교산학협력단(2-2004-010719-4)
 대리인 성명 김종석(9-2009-003900-9)
 발명자 성명 황승재 정병룡 김혜민 김영진 김현민
 발명의 명칭 열에너지교환을 이용한 아이스블렌드 재배방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(가공코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허포털(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다우로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허/실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr> > 특허마당-PCIT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허/실용신안은 12개월, 상표/디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원권 기호로 우리나라에 우선권주장할 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자제출허가서(PTOSB39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 출원인이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

관인생략
출원번호통지서

출원 일자 2016.12.22
 특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원 번호 10-2016-0177175 (접수번호 1-1-2016-1264476-12)
 출원인 명칭 경상대학교산학협력단(2-2004-010719-4)
 대리인 성명 한은호(9-2007-000728-3)
 발명자 성명 정병룡
 발명의 명칭 수박껍질 공경요의 물막 차단 방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(가공코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허포털(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다우로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허/실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr> > 특허마당-PCIT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허/실용신안은 12개월, 상표/디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원권 기호로 우리나라에 우선권주장할 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자제출허가서(PTOSB39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 출원인이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

3. 논문게재 및 학술회의 발표

가. 논문게재

논문(국내외 전문학술지) 게재							
번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)
1	Growth and phytochemical contents of ice plant as affected by light quality in a closed-type plant production system	Korean Journal of Horticulture Science & Technology	김영진	34(6)	대한민국	한국원예학회	SCI
2	Physiological and proteomic investigations to study the response of tomato graft unions under temperature stress	PLOS ONE	Sowbiya Muneer	11(6)	USA	PLOS ONE	SCI
3	Functional vascular connections and light quality effects on tomato grafted unions	Scientia Horticulturae	이강모	201(2016)	USA	Scientia Horticulturae	SCI
4	Proteomic study related to vascular connections in watermelon scions grafted onto bottle-gourd rootstock under different light intensities	PLOS ONE	Sowbiya Muneer	10(3)	USA	PLOS ONE	SCI
5	Proteomic analysis provides new insights in phosphorus homeostasis subjected to Pi (inorganic phosphate) starvation in tomato plants (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	PLOS ONE	Sowbiya Muneer	10(7)	USA	PLOS ONE	SCI
6	Nutrient concentrations and root substrate formulations influence the performance of seedling grafts of tomato	European Journal of Horticultural Science	최종명	80(2)	Germany	European Society for Horticultural Science	SCI
7	Performance of seedling grafts of tomato as influenced by root substrate formulations, fertigation leaching fractions, and N concentration in fertilizer solution	Hort. Environ. Biotechnol.	최종명	56(1)	대한민국	한국원예학회	SCI
8	다양한 종류의 피트모스와 펠라이트 혼합에 따른 물리·화학적 변화와 계절별 육묘를 위한 상토 선발	원예과학기술지	심창용	34(6)	대한민국	한국원예학회	SCI
9	Growth characteristics of grafted tomato seedlings following treatment with various concentrations of diniconazole during the summer growth season	Korean Journal of Horticultural Science & Technology	Ho Cheol Kim	34(2)	대한민국	한국원예학회	SCI
10	Changes in quality and vigour of cucumber and paprika transplants as affected by storage temperature under dark condition	원예과학기술지	Yurina Kwack	33(5)	대한민국	한국원예학회	SCI
11	Proper period and temperature for transportation of cucumber and tomato transplants	Horticulture, Environment, and Biotechnology	Yurina Kwack	57(6)	대한민국	한국원예학회	SCI

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)
12	Comparison of pepper grafting efficiency by grafting robot. protected horticulture and plant factory	Protected Horticulture and Plant Factory	김혜민	24(2)	대한민국	한국생물환경조절학회	비SCI
13	Using of shade agent for high quality tomato plug seedling production on summer season	Journal of Agriculture & Life Science	김영진	49(3)	대한민국	농업생명과학연구원	비SCI
14	Optimum wattage and installation height of nano-carbon fiber infrared heating lamp for heating energy saving in plug seedling production greenhouse in winter season	Protected Horticulture and Plant Factory	김혜민	25(4)	대한민국	한국생물환경조절학회	비SCI
15	Proteomics: Method for studying vascular connection proteins between scions grafted on rootstock (Editorial)	Aperito Journal of Recent Trends in Genomics and Proteomics	Sowbiya Muneer	1(1)	USA	Aperito Journal of Recent Trends in Genomics and Proteomics	비SCI
16	Effect of different levels of relative humidity on physiological response in grafted seedlings of watermelon	Protected Horticulture and Plant Factory	Hao Wei	25(4)	대한민국	Protected Horticulture and Plant Factory	비SCI
17	인공광형 폐쇄형 육묘시스템 내 광량 및 플러그 트레이 규격에 따른 오이 접수 및 호박대목의 생육특성	Protected Horticulture and Plant Factory	장윤아	23(4)	대한민국	한국생물환경조절학회	비SCI
18	Seedling qualities of watermelon as affected by different raising seedling period and growth characteristics after planting	Protected Horticulture and Plant Factory	Ba-Ul Ko	게재 확정	대한민국	한국생물환경조절학회	비SCI

나. 국내 및 국제 학술회의 발표

국내 및 국제 학술회의 발표 (학술회의명을 세부적으로 전부(건별로) 기록하고, 국외인 경우 반드시 국명을 기록.- 본 연구과제의 수행결과로 발표한 것만 기재합니다.)					
번호	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2013 한국원예학회 춘계학술발표대회	황승재	2013. 5. 22.	순천만 국제정원박람회장	대한민국
2	2013 한국원예학회 추계학술발표대회	김혜민	2013. 10. 31.	원광대학교	대한민국
3	1st ISHS International Symposium on Vegetable Grafting (ISVG2014)	김혜민	2014. 3. 18.	Wuhan	China
4	2014 한국원예학회 춘계학술발표대회	김혜민	2014. 5. 27.	서울대학교 평창캠퍼스	대한민국
5	식물공장 한일 심포지엄	황승재	2014. 9. 19.	경상대학교	대한민국
6	International Conference on Agriculture and Animal Science (ICAAS 2014)	김혜민	2014. 10. 08.	경상대학교	대한민국
7	2014 한국원예학회 추계학술발표대회	김혜민	2014. 10. 23.	창원컨벤션센터	대한민국
8	2015 생물환경조절학회 춘계학술발표대회	김혜민	2015. 4. 29-30.	농촌진흥청 국립농업과학원	대한민국
9	2015 한국원예학회 춘계학술발표대회	김혜민	2015. 5. 20-23.	농촌진흥청 국립원예특작과학원	대한민국
10	ICESC 2015. Hydroponics and aquaponics	Hye Min Kim	2015. 7. 5-8.	The Gold Coast. Queensland	Australia
11	JCK forum	김영진	2015. 9. 17.	Tsukuba	Japan
12	2015 한국원예학회 추계학술발표대회	김혜민	2015. 10. 28.	여수	대한민국
13	2016 한국원예학회 추계학술발표대회	김혜민	2016. 10. 27.	광주	대한민국
14	2016 생물환경조절학회 추계학술발표대회	김혜민	2016. 10. 13.	대구	대한민국
15	2016 한국원예학회 추계학술발표대회	김영진	2016. 10. 27.	광주	대한민국
16	The 1 st international symposium on vegetable grafting	이강모	2014. 3. 18.	WuHan	China
17	2014 한국원예학회 춘계학술발표대회	이강모	2014. 5. 28-30.	서울대학교 그린바이오과학기술원	대한민국
18	2014 한국원예학회 추계학술발표대회	Sowbiya Muneer	2014. 10. 22-25.	창원 컨벤션센터	대한민국
19	The 2 nd International Conference on Agriculture and Biotechnology (ICABT 2014)	김수훈	2014.12. 27-28.	Phuket	Taiwan
20	2014 한국원예학회 추계학술발표대회	고충호	2014. 10. 22-25.	창원 컨벤션센터	대한민국
21	2015 한국원예학회 춘계학술발표대회	고충호	2015. 5. 20-23.	농촌진흥청 원예특작과학원	대한민국
22	3 rd International Conference Agriculture and Biotechnology	Sowbiya Muneer	2015. 11. 9-11.	진주	대한민국

번호	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
23	5 th International Conference on Agriculture & Horticulture	정병룡	2016. 6. 27-29.	Cape Town	Republic of South Africa
24	Plant Genomics Congress: Asia	Sowbiya Muneer	2016. 4. 11-12.	Kuala Lumpur	Malaysia
25	2016 한국원예학회 추계학술발표회	Hao Wei	2016. 10. 26-29.	광주	대한민국
26	2013 한국원예학회 춘계학술발표대회	장윤아	2013. 10. 31. -11. 2.	원광대학교	대한민국
27	2014년 한국원예학회 춘계학술발표대회	장윤아	2014. 5. 29.	서울대학교 평창캠퍼스	대한민국
28	2014 한국원예학회 추계학술발표대회	장윤아	2014. 10. 22. -10. 25.	창원컨벤션센터	대한민국
29	2016 한국원예학회 추계학술발표대회	안세웅	2016. 10. 26. -10. 29.	광주	대한민국
30	1st ISHS International Symposium on Vegetable Grafting	Jong Myung Choi	2014. 3. 18.	Wuhan	China
31	2014 한국원예학회 춘계학술발표대회	이희수	2014. 5. 29.	서울대학교 평창캠퍼스	대한민국
32	2014 한국원예학회 춘계학술발표대회	김창현	2014. 5. 29.	서울대학교 평창캠퍼스	대한민국
33	2014 한국원예학회 춘계학술발표대회	김창현	2014. 5. 29.	서울대학교 평창캠퍼스	대한민국
34	2014 ASHS Annual Conference	Chi Won Lee	2014. 7. 29.	Orlando, Florida	USA
35	2015 한국원예학회 춘계학술발표대회	박인숙	2015. 10. 30.	여수	대한민국
36	2014 한국원예학회 춘계학술발표대회	박인숙	2016. 5. 27.	창원	대한민국
37	2016 한국원예학회 춘계학술발표대회	박인숙	2016. 5. 27.	창원	대한민국
38	2016 한국원예학회 추계학술발표대회	박인숙	2016. 10. 28.	광주	대한민국
39	2016 한국원예학회 추계학술발표대회	박인숙	2016. 10. 28.	광주	대한민국
40	2013 한국원예학회 추계학술발표대회	구양규	2013. 10. 31.	원광대학교	대한민국
41	2014 한국원예학회 추계학술발표대회	김선민	2014. 10. 23.	창원컨벤션센터(CECO)	대한민국
42	2014 한국원예학회 춘계학술발표대회	정평화	2014. 5. 29.	서울대학교 평창캠퍼스 그린바이오과학기술연구원	대한민국
43	2015 한국원예학회 추계학술발표대회	고바울	2015. 10. 28.	2012여수세계박람회장	대한민국
44	2016 한국원예학회 춘계학술발표대회	김호철	2016. 5. 26.	창원컨벤션센터	대한민국

번호	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
45	2016 한국원예학회 추계학술발표대회	고바울	2016. 10.	광주김대중컨벤션센터	대한민국
46	2013 한국원예학회 추계학술발표대회	Yurina Kwack	2013. 10. 31. -11. 2.	원광대학교	대한민국
47	2013 한국원예학회 추계학술발표대회	Joon Hyeok Lee	2013. 10. 31. -11. 2.	원광대학교	대한민국
48	2014 한국원예학회 춘계학술발표대회	Joon Hyeok Lee	2014. 5. 28. -5. 31.	서울대학교 그린바이오과학기술연구원 (평창)	대한민국
49	2014 한국원예학회 추계학술발표대회	Joon Hyeok Lee	2014. 10. 22. -10. 25.	창원컨벤션센터	대한민국
50	2015 한국원예학회 춘계학술발표대회	Yurina Kwack	2015. 5. 20. -5. 23.	농촌진흥청 (전주)	대한민국
51	2016 한국원예학회 춘계학술발표대회	Yurina Kwack	2016. 5. 25. -5. 28.	창원컨벤션센터	대한민국

4. 기술거래 및 기술료

기술거래(이전)					
번호	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)
1	무상	동절기 공정육묘장 내 나노탄소섬유적외선 난방등을 이용한 난방기술	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 7. 1.	-
2	무상	공정육묘장 내 자동화와 생력화를 위한 접목로봇 활용기술	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 7. 1.	-
3	무상	공정육묘장 내 컨베이어 벨트, 두상모노레일, 대차를 이용한 육묘트레이 저비용 간이 이송 기술	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 7. 1.	-
4	무상	하절기 공정육묘장 내 냉방장치(팬, 차광스크린, 미스트시스템, 팬코일유닛)를 이용한 온도하강 기술	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 7. 1.	-
5	무상	공정육묘장 내 온도저감을 위한 적정 방충망 선발과 공기유동팬 설치 방법	(사)한국육묘산업 연합회	2016. 11. 17.	-
6	무상	토마토와 수박 접목묘의 활착시 최적 광도	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 7. 1.	-
7	무상	토마토와 수박 접목묘의 활착시 최적 광주기	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 7. 1.	-
8	무상	토마토와 수박 접목묘의 활착시 최적 광질	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 7. 1.	-
9	무상	토마토와 수박 접목묘의 활착시 최적 온도	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 7. 1.	-
10	무상	토마토와 수박 접목묘의 활착시 최적 습도	(사)한국육묘산업 연합회	2016. 12. 1.	-
11	무상	공정묘 생산을 위한 저면관비용 혼합상토 개발	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 8. 18.	-
12	무상	저면관비를 위한 혼합상토의 기비 방법	(사)한국육묘산업 연합회	2016. 6. 10.	-
13	무상	공정묘에 적합한 유기농 비료 선발	(사)한국육묘산업 연합회	2016. 6. 10.	-
14	무상	주요과채류 공정묘의 적정 엽면적 범위 설정 기술	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 11. 17.	-
15	무상	주요과채류 공정묘의 적정 초장 범위 설정 기술	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 11. 17.	-

16	무상	주요과채류 공정묘 규격 매뉴얼 설정기술	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 11. 17.	
17	무상	주요과채류 공정묘 생산을 위한 생장억제제 처리 기술	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 11. 17.	
18	무상	오이 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 저장 중 광 조사 기술에 대한 통상실시권 설정 계약	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 8. 1.	-
19	무상	오이 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 암저장 중 온도 순화 기술에 대한 통상실시권 설정 계약	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 8. 1.	-
20	무상	오이 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 저온 저장 기술에 대한 통상실시권 설정 계약	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 8. 1.	-
21	무상	토마토 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 저온 저장 기술에 대한 통상실시권 설정 계약	(사)한국육묘산업 연합회	2015. 8. 1.	-
22	무상	토마토 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 암저장 중 온도 순화 기술에 대한 통상실시권 설정 계약	(사)한국육묘산업 연합회	2016. 10. 1.	-
23	무상	파프리카 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 저온 저장 기술에 대한 통상실시권 설정 계약	(사)한국육묘산업 연합회	2016. 10. 1.	-

5. 교육 및 지도활동 내역

교육 및 지도활동 내역				
번호	교육명	교재명	주요내용	활용년도
1	(사)한국육묘산업연합회 제 5차 교육	(사)한국육묘산업연합회 제 5차 교육	공정묘 생산 환경 개선 및 유통기술 개발	2013. 10. 29.
2	2014년 제 2차 교육훈련	2014년 제 2차 교육훈련	온실환경측정과 물리어다이아그램의 활용(공정육묘장 환경측정 위주)	2014. 10. 29.
3	2014년 제 4기 귀농·귀촌교육	2014년 제 4기 귀농·귀촌교육	시설원예 온실환경과 재배이해	2014. 9. 19.
4	2014년 공정묘 품질관리 방안모색 심포지엄	2014년 공정묘 품질관리 방안모색 심포지엄	과채류 접목묘 생산 신기술	2014. 6. 19.
5	2014년 제 2차 채소 포럼	2014년 제 2차 채소 포럼	공정묘 생산 환경 개선 및 유통 기술 개발	2014. 5. 26.
6	경상대학교 최고농업경영자과정	하절기 시설내 고품질 원예작물 생산을 위한 온도하강기술	하절기 시설내 고품질 원예작물 생산을 위한 온도하강기술	2015. 6. 12.
7	경남농업마이스터 대학	시설환경조절	여름철 효율적인 시설환경조절장치의 사용법 습득 및 특성의 이해	2015. 8. 25.
8	한국공정육묘연구회 2014년 제4차 현장토론회	-	공정육묘장 병해충 예방과 신속 예찰방안	2014. 10. 1.
9	한국공정육묘연구회 2015년 제1차 현장토론회	-	공정육묘장 종이 포트 묘 생산 기술과 장단점	2015. 5. 27.
10	한국공정육묘연구회 2015년 제2차 현장토론회	-	채소 육묘장 냉·난방 에너지 절감 방안	2015. 8. 26.
11	한국공정육묘연구회 2015년 제3차 현장토론회	-	인공광 과채류 접목묘 활착실 이용	2015. 10. 6.
12	2015년 한국공정육묘연구회 심포지엄	박과채소 공정육묘 및 접목 기술 개발	공정육묘 연구 동향 및 발전 전략	2015. 10. 21.
13	2016년 제1기 신규농업인 교육 초청특강	시설채소 재배이해	시설채소 재배이해	2016. 2. 25.
14	공정육묘 연구현황과 전망(한국한의학연구원 UST 초청 특강)	공정육묘 연구현황과 전망(한국한의학연구원 UST 초청 특강)	공정육묘 연구현황과 전망	2016. 4. 20.

번호	교육명	교재명	주요내용	활용년도
15	(주)호현 F&C 영남권 토마토대학	ICT 원예농업의 필요성 및 사례 (3ICT 원예농업 현장적용)	ICT 원예농업의 필요성 및 사례 (3ICT 원예농업 현장적용)	2016. 6. 1.
16	경남농업마이스터 대학	토마토전공 (시설원예학심화)	토마토 수경재배기초와 공정육묘	2016. 8. 23. -12. 6.
17	(사)한국육묘산업 연합회 육묘인의 날 기념 심포지엄	(사)한국육묘산업연합회 육묘인의 날 기념 심포지엄	식물생육조절 기술의 공정묘 적용방안	2013. 6. 20.
18	한국공정육묘연구회 2016년 제4차 현장토론회	한국공정육묘연구회 2016년 제4차 현장토론회	접목묘 생산을 위한 활착실의 현황조사, 적정 광원과 광도, 적정 습도	2016. 11. 9.
19	중국 화중농업대학 초청 특별강연	중국 화중농업대학 초청 특별강연	Research on Ornamental & Medicinal Plants in Controlled Environment in GNU	2016. 11. 1.
20	2014 식물공장 한일 심포지엄	2014 식물공장 한일 심포지엄	LED광의 원예식물 광생리생태 연구에의 활용	2014. 9. 19.
21	진주시 농업정책자문교수단 연구과제 발표회 세미나	진주시 농업정책자문교수단 연구과제 발표회 세미나	진주시 공장형 종묘산업 육성에 관한 연구	2013. 12. 19.
22	부산광역시농업 기술센터	부산광역시농업기술센터	수경재배기술	2014. 6. 26. -7. 3.
23	경남농업마이스터대학	식물의 육묘와 번식	식물의 육묘와 번식	2015. 2. 26. -7. 23
24	경남농업마이스터대학	식물의 육묘와 번식	식물의 육묘와 번식	2015. 4. 26. -5. 26
25	경기농업마이스터대학	과채류재배 기초 기술	공정육묘, 토마토 접목방법 및 실습	2013. 3. 30.
26	경상대 최고농업경영자과정	공정육묘 & 고추육묘	공정육묘, 고추 육묘기술 교육	2013. 8. 9.
27	2014 최고농업경영자 과정 '시설원예'	2014 최고농업경영자 과정 '시설원예'	시설원예전공 '공정육묘 문제점과 최신기술'	2014. 5. 1.
28	2014 최고농업경영자 과정 '시설원예'	2014 최고농업경영자 과정 '시설원예'	박과채소 공정육묘 및 접목 기술소개	2014. 7. 23.
29	2014년 제 4차 교육훈련	2014년 제 4차 교육훈련	공정육묘장 환경측정과 물리아다이어그램의 활용	2014. 12. 5.
30	1차 공정육묘장 현장으로기술 조사 및 컨설팅	공정육묘장 현장으로기술 조사 및 컨설팅	공정육묘장 업계 동향, 원통형종이포트 생산, ICT 공정육묘 방향 설정 컨설팅	2016. 1. 26. -1. 27.

번호	교육명	교재명	주요내용	활용년도
31	2차 공정육묘장 현장애로기술 조사 및 컨설팅	공정육묘장 현장애로기술 조사 및 컨설팅	공정육묘장 업계 동향, 원통형종이포트 생산, ICT 공정육묘 방향 설정 컨설팅	2016. 2. 2. -2. 3.
32	한국공정육묘연구회 2016년 제1차 현장토론회	친환경 묘 생산의 실제와 문제점	친환경 묘 생산의 실제와 문제점	2016. 4. 6.
33	한국공정육묘연구회 2016년 제2차 현장토론회	공정육묘 ICT 적용 방안	공정육묘 ICT 적용 방안	2016. 5. 11.
34	2016년 한국공정육묘연구회 심포지엄	중묘 품질인증 기반 구축 및 금후 방안	중묘 품질인증 기반 구축 및 금후 방안	2016. 6. 9.
35	한국공정육묘연구회 2016년 제3차 현장토론회	공정육묘의 새로운 시장 도시농업	공정육묘의 새로운 시장 도시농업	2016.
36	금산군 품목별 상설교육(친환경 및 시설 토양관리 교육)	자체 프레젠테이션 제작	시설토양 관리에 관한 교육	2013. 2. 7.
37	(사)한국육묘산업연 합회 ‘육묘인의 날 기념 심포지엄 및 토론회’	자체 프레젠테이션 제작	용기재배를 위한 혼합상토의 물리성 및 기상률 간이측정 방법	2013. 6. 20.
38	고양시 농협대학교 최고농업경영자과정	자체 프레젠테이션 제작	양액재배와 배지관리	2013. 7. 2.
39	밀양시 농업인 대학	자체 프레젠테이션 제작	딸기 생리장해 1	2013. 8. 28.
40	밀양시 농업인 대학	자체 프레젠테이션 제작	딸기 생리장해 2	2013. 9. 4.
41	(사)한국공정육묘연 합회 제 5차 교육	자체 프레젠테이션 제작	관수 사이클과 관련한 혼합상토의 문제점과 토양습윤제의 필요성	2013. 10. 29.
42	금산군 농업인 대학(친환경특화 대학)	상토학	있들개 시설재배의 토양 및 시비관리, 공정육묘 및 관리 등	2014. 5. 14.

번호	교육명	교재명	주요내용	활용년도
43	익산시 농업기술센터 농업인 역량강화	딸기 관리	딸기 재배기술 및 육묘기술	2014. 7. 14. -7. 18.
44	작물 생리학	자체 프레젠테이션 제작	딸기 육묘가 정식 후 개화 및 결실에 미치는 영향	2015. 4. 29.
45	작물생리학	자체 프레젠테이션 제작	채소작물 육묘와 관련한 식물 생리	2015. 5. 20.
46	시설딸기 육묘방법	자체 프레젠테이션 제작	딸기 육묘과정의 모본 및 자묘 영양 관리	2015. 6. 10.
47	시설딸기 육묘방법	자체 프레젠테이션 제작	딸기 육묘과정의 생리장해 해결	2015. 7. 17.
48	수박산업 발전 심포지엄	자체 프레젠테이션 제작	수박 육묘의 중요성 및 우량묘 확보에 관한 토론	2015. 8. 7.
49	하동군 농업인 대학 강의	자체 프레젠테이션 제작	딸기 육묘기 생리장해	2016. 6. 23.
50	한국딸기 연구회 세미나	자체 프레젠테이션 제작	육묘후기 양분관리	2016. 7. 1.
51	홍성농업대학 강의	자체 프레젠테이션 제작	꽃눈 분화생리와 영양 관리	2016. 8. 10.
52	홍성군 농업기술센터 주최 강의	자체 프레젠테이션 제작	딸기 정식 전·후 환경관리 요령	2016. 8. 17.
53	홍성농업대학 강의	자체 프레젠테이션 제작	하우스 내의 광, 온도, 수분, 공기관리	2016. 9. 7.
54	원예용 상토 품질 제도 개선을 위한 전문가 간담회	자체 프레젠테이션 제작	(제도 개선)비료 공정규격상 상토 2호 제조시 질소농도 적정범위 설정 (분석법 개선) 상토 원료 및 제조상토의 표준 분석법 개선	2016. 9. 22.
55	(사)한국공정육묘연 합회 제 5차 교육	(사)한국공정육묘연합회 제 5차 교육	육묘업 등록제에 관한 주제발표	2013. 10. 29.
56	2014년 공정묘 품질관리 방안모색 심포지엄	2014년 공정묘 품질관리 방안모색 심포지엄	농산물이력추적관리제도	2014. 6. 19.

6. 사업화

기술사업화								
번호	제품(상품)명	제품(상품)설명	활용 업체명	사업화 여부	매출 발생여부	제품 매출액	고용창출	R&D 기여율
1	공정묘 수송용 LED램프	공정묘 수출 혹은 장거리 수송 중 공정묘의 소질 저하를 억제하기 위하여 수송 박스에 간단하게 거치할 수 있는 LED램프	퓨처그린	시제품제작	-	-	-	-

증빙자료[기술사업화(1)]



7. 인력활용/양성


연구인력 활용/양성 성과													
번호	분류	기준년도	인력양성 현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	인력 양성	2015		1				1			1		
2	인력 양성	2014	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
					1		1						1
3	인력 양성	2016	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
					5		5		2	1		2	
4	인력 양성	2015	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				1			1			1			
5	인력 양성	2016	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			1	2			1	2		1		2	
6	인력 양성	2015	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				2			2		1	1			

8. 정책활용 내역


정책활용 내역(농정시책 반영 및 정책건의)				
번호	정책활용상태	주관부처	시책추진실적 및 계획	활용년도
1	연중 안정적인 접목묘 생산을 위한 LED 접목활착실 시설 지원 정책 제안	농림축산식품부 창조농식품정책관 종자생명산업과	연중 안정적인 접목묘 생산을 위한 LED 접목활착실 시설 지원	2016

증빙자료[정책활용(1)]

미래가 있는 대학, 다 함께 행복한 대학 SMART GNU



경상대학교



수 신 농림축산식품부장관
(경유) 창조농식품정책관 종자생명산업과

제 목 농림축산식품부 연구과제 제안서 제출(황승재)


1. 귀 기관의 발전을 기원합니다.
2. 우리대학교 연구자가 안정적인 접목묘 생산을 위한 시설 지원을 내용으로 한 제안서를 제출하오니 검토하여 주시기 바랍니다.

제안서 개요

제안자		제목	활용가능부서
소속	성명		
농업생명과학대학 농업식물학과	황승재	연중 안정적인 접목묘 생산을 위한 LED 접목 활착실 시설 지원	농림축산식품부 창조농식품정책관 종자생명산업과

붙임 제안서 1부. 끝.

경상대학교산학협력단장



★주무관 이현주 담당 회의중 과장 권경 11/23 이상우

첨조자

시행 산학지원과-16355 (2016.11.23.) 접수 ()

우 52828 진주시 진주대로 501 / http://www.gnu.ac.kr

전화번호 055-772-0227 /팩스번호 055-772-0229 / ihj23@gnu.ac.kr / 공개

9. 홍보/전시

가. 홍보실적

홍보실적(신문, 방송, 저널 등)				
번호	홍보유형	매체명	홍보내용	홍보일자
1	지방전문지	한국농어민 신문	공정육묘 연구회 현장토론회 ‘활착률 제고 기대되지만 곱팡이 생길 땐 문제’	2013. 6. 6.
2	외국홍보	The 1st International Symposium on Vegetable Grafting	First Int'l Symposium on Vegetable Grafting(제 1회 국제 채소 접목학회 개최)	2014. 3. 1.
3	중앙전문지	한국농자재신문	‘공정육묘 발전방안 모색’ 공정육묘발전, 업계보호 위한 제도 요구	2014. 7. 1.
4	중앙전문지	월간원예	‘수출묘 저장기술과 활용’ 주제로 산·학·연 수출국 다변화 모색, 아산 셀탑육묘장, 연평균 400만주 수출	2014. 9. 1.
5	중앙전문지	농업정보신문	육묘산업 발전대책 토론회 개최	2014. 10. 20.
6	월간잡지	월간원예	2014년 한국공정육묘연구회 제4차 현장토론회, 병해충 예방과 신속 예찰 방안	2014. 10. 31.
7	중앙전문지	농업정보신문	육묘산업 발전위해 등록제 강화해야	2015. 3. 25.
8	중앙전문지	농업정보신문	채소 육묘장 냉난방 에너지 절감방안 모색	2015. 9. 1.
9	월간잡지	월간원예	한국육묘산업연합회 현장토론회	2015. 6. 15
10	중앙전문지	한국농어민신문	종자산업법에 육묘업 법적기준 필요	2016. 6. 17.
11	월간잡지	팜&마켓매거진	공정육묘 재배기술 서포트와 리딩롤 역할 해야 한다	2016. 7. 1.
12	중앙TV방송	팜&마켓매거진	공정육묘 발전을 위한 내병성 대목, 접수와의 친화성, 접목 효율화 기술개발 시급	2016. 8. 1.
13	중앙전문지	월간원예	채소육묘장 냉·난방 에너지 절감 방안 ‘냉·난방 효율화 에너지 절감 방안 모색 절실’	2016. 3. 11.
14	잡지(인터뷰)	팜앤마켓매거진	재배기술 서포트와 리딩롤 역할 해야 한다	2016. 7. 3.
15	Internet/PC통신	인터넷 대한민국 정책포털	공정묘 생산환경 개선기술 공유의 장 마련	2013. 6. 17.
16	지방전문지	한국농어민 신문	공정육묘 연구회 심포지엄 개최 ‘육묘환경, 성장 이해도 높여야’	2013. 6. 27.
17	월간잡지	월간원예	학계, 육묘장 참여 협력 필요하다	2015. 6. 29.
18	중앙전문지	원예산업신문	박과채소 공정육묘분야 경쟁력 강화	2015. 10. 28
19	신문	원예산업신문	국내 공정묘 산업 문제점 및 개선방향	2016. 4. 27.
20	신문	농민신문	고추 노지재배 육묘일수	2016. 8. 17.
21	전문잡지	팜앤마켓매거진	공정묘 인증제 및 묘 표준화 필요성	2016. 9. 1.

나. 전시회 등 참여

전시회 등 참여(전시회, 박람회, 제품설명회 등)					
번호	유형	행사명	전시품목	장소	활용년도

다. 기타 활용 및 홍보실적

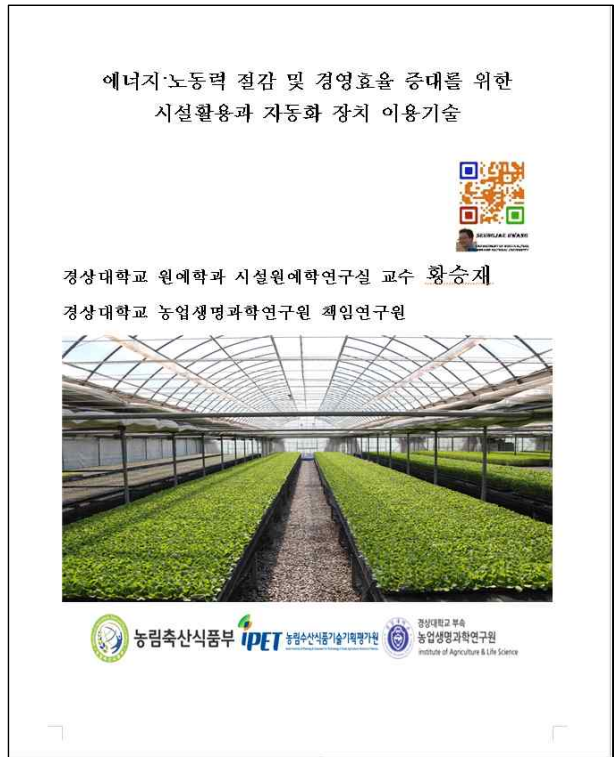
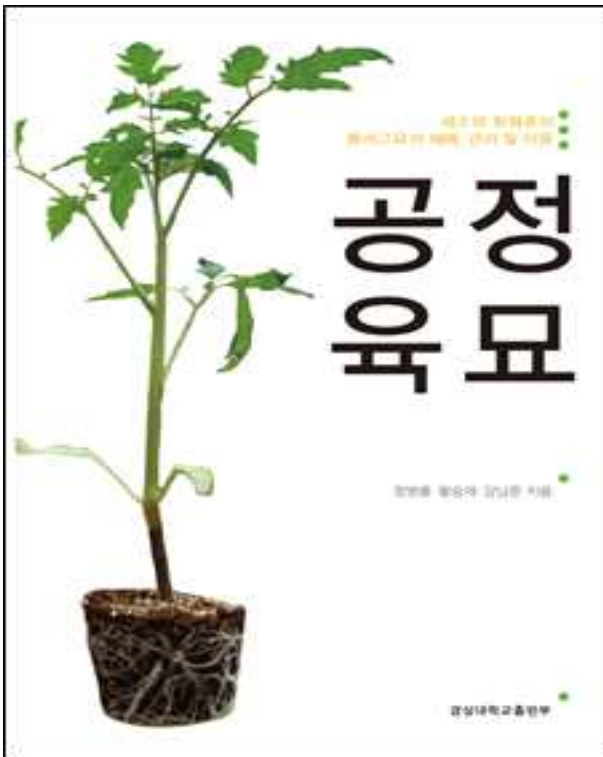
기타 활용 및 홍보실적(단행본 발간, CD 제작 등)			
번호	일자	활용명칭	활용내역
1	2015. 6. 17.	육묘산업 정책 추진을 위한 워킹그룹 자문회의 참석	육묘산업법 정책추진을 위한 연구결과의 활용
2	2013.	한국의 시설원예. 국립원예특작과학원 개원 60주년 기념 도서	회고담(공정육묘)
3	2013.	진주시 공장형 종묘산업 육성에 관한 연구	정책자문교수단 정책과제 연구자료. p. 1157-1180
4	2015. 2. 3.	2015년 벼 육묘용 지원사업 상토 위원회	공급업체 선정과 관련한 육묘용 상토의 특성에 관한 토론

10. 기타

가. 매뉴얼 제작

번호	일자	제목	활용내역
1	2016. 2. 18.	공정육묘	공정육묘 매뉴얼 출판 및 농가 보급
2	2016	에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술	공정육묘 매뉴얼 출판 및 농가 보급
3	2016	접목묘의 활착축진을 위한 접목활착실의 최적 환경	공정육묘 매뉴얼 출판 및 농가 보급
4	2016. 12.	채소류 육묘를 위한 저면관비 방법의 적용과 친환경묘 생산	공정육묘 매뉴얼 출판 및 농가 보급
5	2016. 11. 30.	공정묘 저장 및 유통 기술	연구 내용을 바탕으로 공정육묘장 현장에서 저장 및 수송 기술이 활용될 수 있도록 함

증빙자료[매뉴얼(1과 2)]





증빙자료[매뉴얼(3과 4)]

| 공정묘 접목활착실 환경조절기술 매뉴얼 |


접목묘의 활착촉진을 위한 접목활착실의 최적 환경

경상대학교 원예학과 시설원예학연구실 교수 정병룡
 경상대학교 농업생명과학연구원 책임연구원





채소류 육묘를 위한 저면관비
방법의 적용과 친환경묘 생산





평 정 당

증빙자료[매뉴얼(5)]

| 공정묘 저장 및 유통 기술 매뉴얼 |

공정묘 저장 및 유통 기술





나. 기타 연구개발사업에의 활용

타 연구개발사업에의 활용					
번호	연구사업명	과제명	책임자	과제발주처 (부처)	활용년도
1	첨단생산기술개발사업	인삼 공정육묘의 생산 및 시설 표준화를 통한 실용화 기술개발	이응호	농림축산식품부 (농림수산식품기술기획평가원)	2016.

다. 포상 및 수상 실적

포상 및 수상실적						
번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일자	포상기관
1	수상실적	제 100차 한국원예학회 춘계학술대회 우수 포스터상	제 100차 한국원예학회 춘계학술대회 우수포스터상	김혜민	2014. 5. 29.	한국원예학회
2	수상실적	제 7회 농업생명과학분야 대학원생 학술발표대회 우수상 수상	제 7회 농업생명과학분야 대학원생 학술발표대회 우수상 수상	김혜민	2014. 11. 4.	경상대학교 농업생명과학연구원
3	수상실적	제 18회 농업생명과학대학 학생 학술 심포지엄 최우수상 수상	제 18회 농업생명과학대학 학생 학술 심포지엄 최우수상 수상	김영진	2014. 11. 11.	경상대학교 농업생명과학연구원
4	수상실적	대학원생 학술발표대회 우수상	대학원생 학술발표대회 우수상	김영진	2015. 11. 3.	경상대학교 농업생명과학연구원
5	수상실적	2014년 2학기 캡스톤 디자인 경진대회 입상	고품질 원예작물의 생산 및 관리를 위한 재배기술 개발	박준성, 김수연, 김용현, 손상현, 김현식, 도솔지, 박지은, 장미현 황승재(지도교수)	2015. 2. 24.	경상대학교총장
6	수상실적	육묘산업의 초석을 다지는 성과	공로패(제2014-01호)	정병룡	2014. 1. 14.	(사)한국육묘산업연합회
7	수상실적	2014년 추계학술발표대회 우수 구두발표상	상장 및 상금	소비야 뮤니어	2015. 5. 21	한국원예학회

제 5 장 연구결과의 활용계획

코드번호

D-07

제 1 절 기술실시

[세부] 에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발 현황 (경상대학교)

- 선택적 차광제 작업 매뉴얼 개발·보급을 통한 농업생산력 증대
- 선택적 차광제 도포 → 자외선, 적외선 차단 → 광합성유효광선 통과 → 공정묘 생육 증진 및 묘소질 개선
- 묘의 고품질 생산과 수입대체를 통한 육묘업체 소득향상 및 농자재 제조회사들의 신소득 창출
- 국내외 언론홍보를 통한 관련 연구자, 재배자, 및 산업체 관련자들과 정보의 공유 및 확산을 통한 연구결과물의 대외적인 홍보와 소득증대
- 미스트 시스템과 차광 스크린 및 차광제의 효율적 사용 매뉴얼 개발 및 육묘전문 재배자와 육묘업체 기술이전
- 플러그 트레이 운반용 대차, 벨트식 컨베이어 사용 효율화 및 간이 이송장치의 활용을 통한 인력절감, 생산비 절감, 노동시간 단축 및 에너지 효율성 향상을 통한 육묘생산업체의 소득 증대 및 균일묘 생산
- 벨트식컨베이어, 공정육묘장 전용 대차, 간이 이송장치 등의 활용을 통한 관련 농산업체 수익 창출
- 공정육묘장의 겨울철 나노탄소섬유적외선 난방등 설치를 통한 난방 에너지 절감 및 묘소질 향상
- 병해충 예방을 위한 방충망 설치를 통한 공정육묘장 내부 병해충 유입감소, 농약사용량 절감, 청정묘 생산 및 고객 신뢰도 향상
- 하절기 냉방, 동절기 난방 효율성 증대 방안 마련 및 묘생산자들 교육을 통한 저탄소, 에너지 절감 및 묘 생산단가를 낮춤
- 동절기 온실난방에 이용되는 수입연료대체를 통한 저비용 고효율 에너지원 개발
- 육묘회사 경영의 효율화 및 소득향상 및 농자재 제조회사들의 신소득 창출
- 공정묘 생산환경 개선 및 유통 기술 개발 기술의 특허출원 등록
- 저비용 고효율 이송장치의 활용을 통한 공정육묘장의 작업 효율성 극대화
- 공정묘재배 실험을 통한 재배 매뉴얼 개발
- 국내외 언론홍보를 통한 공정육묘 관련 연구자, 재배자, 및 산업체 관련자들과 정보의 공유 및 확산
- 최적의 광도, 광원, 광조사 시간 구명을 통한 육묘의 성장기술 개발
- 자연광(태양광)과 유사한 효율성을 가지는 육묘용 광원 개발을 통한 고품질 육묘생산
- 저비용 고효율의 광원을 사용하여 식물공장의 요소기술로 사용
- 광원과 CO₂ 조합을 통한 육묘용 적용기술 실현 및 산업화
- 활착 촉진을 위한 최적 환경조건의 하에서 육묘를 재배하여 재배 매뉴얼 개발

- 개발된 공정묘 생산환경 개선 및 유통 기술의 참여업체로의 기술이전
 - 하절기 시설내 냉방 효율성 향상을 위한 차광제 이용기술
 - 동절기 적외선 난방등 이용기술
 - 저비용 자동화 장치(롤러컨베이어, 이동식 대차) 활용기술
 - 접목활착실 인공광원 이용기술
 - 묘종에 따른 최적 광도, 광주기, CO₂ 농도를 이용한 접목활착 증대기술
 - 병해충 예방을 위한 방충망 시설 활용기술

[2협동] 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발 현황(충남대학교)

- 연구과정 중에 개발된 공정묘 생산을 위한 저면관비용 혼합상토 개발, 저면관비를 위한 혼합상토의 기비 방법 등을 (사)육묘산업연합회에 노하우의 무상 기술이전을 완료하였음
- 이는 저면관비 또는 유기농 묘 생산 등 재배목적에 맞는 상토 선택으로 묘소질 향상과 단위면적당 생산량 증가와 공정묘 생산에 필요한 비료의 오·남용을 방지하고 안정된 묘 생산 및 국산 비료의 이용 비율을 확대시킬 수 있으리라 판단됨

제 2 절 추가연구

[세부] 에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발 현황

- 접목로봇의 시간당 접목 주수와 노동 효율성은 일반 접목에 비해 높았지만 접목 오류 등에 대한 단점과 현장에 적용성을 보완할 수 있는 연구결과를 접목로봇 개발업체에 전달하여 개발연구에 활용토록 할 것임
- 저가형, 경량형 및 고내구성 컨베이어 벨트의 개발과 공정육묘장에서의 효율적인 배치 방안 구명
- 하절기 온실내 온도저감에 가장 효과적이었던 미스트 시스템의 최적 분사시간, 간격, 횟수에 대한 작물별 추가 연구가 필요함. 또한 본 연구에서 fan coil unit(FCU)의 수자원이 지하수가 아닌 지상에 위치하여 냉방 효과가 없었기 때문에 FCU의 효율적인 이용방안을 마련해야 함
- 일반적으로 농가에서 사용하는 일반 방충망과 벼망 이외에 방충망의 여러 mesh size와 종류 중에서 공정육묘장 최적의 방충망을 선별해야함
- 본 연구에서 나노탄소섬유적외선 난방등이 설정온도를 유지하지 못했음에도 묘소질이 우수 하였던 결과를 보완하기 위해 나노탄소섬유적외선 난방등을 이용한 작물별 동절기 최적 난방 온도를 구명해야함
- 방충망 설치에 따른 온도상승을 해결하기 위한 공기 유동팬의 설치 방안 연구에서 공기 유동팬의 개수에 대한 차이는 뚜렷이 보이지 않아 온실의 높이(측고와 동고)와 길이 등을 고려한 다양한 온실규모에 따른 연구개발 추진
- 묘종에 따른 최적 광도, 광주기, CO₂ 농도를 이용한 접목활착 증대기술
- 최적의 광도, 광원, 광조사 시간 구명을 통한 육묘의 생장기술 개발

[1협동] 생산성 및 안전성 향상을 위한 현장어로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발 현황 (농촌진흥청)

- 본 과제의 연구수행으로 도출한 차세대 공정육묘장 구축을 위해 필요한 공정육묘장 전용 온실 및 환경관리, 원통형종이포트 이용 육묘 기술 확립, 일조 부족 대비 보광 기술 개발, 공정육묘 생산비 절감을 위한 전과정 자동화 및 관련 장비 개발 등의 후속 연구 추진

[2협동] 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발 현황(충남대학교)

- 친환경 묘 생산과 관련하여 본 연구에서 ‘천년약속’ 고추와 ‘슈퍼도태랑’ 토마토의 상토와 시비법 등이 개발됨
- 그러나 작물의 생육이 아직 화학비료 성적의 70% 수준에 미치지 못해 다양한 유기질 비료의 개발 분석과 적용 등의 연구가 필요할 것으로 판단됨

[3협동] 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정 현황(원광대학교)

- 지역 및 공정육묘장의 기상환경(온도, 광)에 따른 묘 생육 모델 개발
 - 현재 공정묘 소질의 차이는 시설 수준에 따른 환경제어 능력, 지역 국지기상 특성 등의 차이에서 오는 것으로 파악되므로, 시설 개선이 어려운 상황에서 각 육묘장의 기상환경과 묘 생장량 관계를 구명하여 제시한다면 현장의 묘 생육 조절에 따른 소질의 조절이 효율적으로 이루어 질 것임

제 3 절 타연구에 활용 계획

[세부] 에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발 현황

- 국내외 저명 원예관련 학회지에 포스터 발표, 논문투고(SCI 및 국내 산업체를 위한 학술지 등)
- 환경 조절 기술(냉·난방 기술)약용작물의 발아 및 육묘 기술 확립연구의 기초자료로 활용
- 자동화 장치를 이용한 약용작물의 육묘관리 시스템 개발연구에 응용
- 균일하고 건전한 묘를 통해 균일하며 신뢰감 있는 연구 결과 도출 가능
- 종류별 성장조절제의 작물별 최적농도, 살포시기, 적용시점 등의 구명을 위한 연구에 활용할 계획이며 일부 결과들은 특허출원, 특허등록 및 기술이전이 진행 중이거나 완료된 상태임

[2협동] 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발 현황(충남대학교)

- 인공상토를 사용하여 친환경 포트 육묘 연구에 활용할 계획이며, 일부 결과들은 논문 투고 중에 있음

[3협동] 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정 현황(원광대학교)

- 타작물의 공정묘 생산 연구 활용
 - 기존 공정육묘가 이루어지지 않은 작물을 대상으로 한 공정화 연구가 이루어지고 있음
 - 타작물에 비해 채소류의 공정생산시스템 수준이 우수하므로 이를 인삼 공정묘 생산을 위한 기초자료로 활용하고자 함

제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호

D-08

제 1 절 국내외 육묘 기술 수집

[세부] 에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발 현황 (경상대학교)

- 2014년 3월 17 - 21일에 개최된 ISVG 2014 채소접목 국제심포지엄에서는 1)접목묘 생산, 2)대목 육종과 생명공학, 3)접목과 생물학적 스트레스, 4)접목과 비생물학적 스트레스, 5)대목과 접수토양생물상 상호작용, 그리고 6)과실 품질과 수량증진을 위한 대목의 효과에 관한 발표가 이루어짐
- 채소 접목기술은 1960년 아시아에서 근대 채소접목이 본격적으로 시작되었으며, 2000년부터는 Methyl-bromide의 사용이 단계적으로 금지되면서 접목이 이루어졌음
- 생태계오염, 농약잔류, 종자생산비 상승, 화학비료, 살충제 과다 사용으로 환경친화적 채소 생산에 대한 관심이 증가하였고 그 해답은 접목임
- 내병성, 비생물적 스트레스 내성, 흡비력 향상, 저온신장성 향상, 생육/수량/품질 증진을 접목을 통해 이룰 수 있음
- 일본에서 최초의 상업적 접목 로봇이 1993년에 개발됨
- 국내에서는 2013년 반자동/완전자동 접목로봇이 농촌진흥청에서 개발되었으며 (주)헬퍼로보틱에서 출시되었음

Table 7-1. 아시아 4개국의 채소재배 면적과 접목묘 사용현황(2012).

(단위: 주)

국가	박과				가지과		
	수박	오이	멜론	호박	토마토	고추	가지
중국	1,814,893 (40%)	1,110,990 (30%)	591,956 (5%)	377,427 (0%)	985,817 (1%)	1,300,000 (1%)	728,287 (10%)
일본	8,336 (94%)	7,060 (93%)	6,905 (32%)	1,241 (41%)	7,467 (58%)	1,707 (14%)	4,644 (79%)
한국	15,717 (99%)	4,540 (89%)	5,852 (98%)	8,820 (32%)	5,860 (69%)	47,338 (10%)	747 (41%)
대만	11,909 (65%)	2,221 (20%)	4,847 (15%)	2,101 (0%)	4,501 (45%)	2,290 (8%)	1,214 (5%)

Table 7-2. 한국과 일본의 채소접목방법의 비교.

(단위: %)

작물	국가	접목 방법						
		삼접	단근삼접	합접	단근합접	할접	호접	기타
수박	한국	4.9	0.0	23.7	64.3	0.0	6.9	0.3
	일본	22.6	74.0	0.5	1.1	0.8	0.7	0.3
오이	한국	2.9	1.6	21.5	57.6	0.0	16.4	0.0
	일본	8.7	45.0	1.7	18.0	0.1	24.8	1.8
멜론	한국	0.0	0.0	79.3	7.1	0.0	13.7	0.0
	일본	72.8	18.1	0.3	54.7	0.2	3.5	0.0
호박	한국	0.0	40.6	25.8	1.8	0.0	31.9	0.0
여주	일본	0.0	41.4	0.3	54.7	0.2	3.5	0.0
토마토	한국	2.4	0.0	40.5	49.1	0.0	5.9	2.1
	일본	13.1	9.9	56.4	10.6	2.8	5.6	1.7
가지	한국	0.0	0.0	75.0	0.0	0.0	25.0	0.0
	일본	12.5	8.2	43.8	5.5	28.4	0.1	1.4
고추	한국	0.0	0.0	24.1	10.5	0.0	65.4	0.0
	일본	4.4	5.2	86.4	0.2	1.8	2.0	0.0

접목로봇	회사(국가)	작물	효율	기타
GR 800 CCG G 892 Super Angel G-710 Super Angel G-720 Grafting Robot AG 1000 TGR grafting robot Pin grafting robot Plug-in grafting robot (or machine)	Helper Robotec (Korea) IAM BRAIN (Japan) IAM BRAIN (Japan) Nasmix Co. (Japan) Nasmix Co. (Japan) Yanma (Japan) Technical Grafting Res. Institute (Japan) Takii (Japan) Osaka Prefecture Univ. (Japan)	Cucurbits&Solanaceous Cucumber Cucumber Cucurbit Cucurbit Solanaceous Solanaceous Cucurbit Cucurbit Solanaceous Solanaceous Solanaceous Cucurbit	650-900/h 7 sec/plant 3 sec/plant 600-800/h 600-800/h 1000/h 800/h - -	Most-widely distributed over the world Cutting-off cotyledon grafting(CCG) First prototype grafting robot(1987) Super Idol 31 silica rubber split tube for fixing Same as above. Instant glue is used and all 128 Seedling in a tray can be grafted at once. Ceramic pin is used. Plug-in method without other grafting clips or glue.
Grafting robot/Korea (Plug-in type) Pin-grafting robot Tongue Approach Grafting robot Semi-automatic grafting Machine Iseki-cucurbit Iseki-solanaceae Iso Group Conic System EPA 300/Taiwan Grafting Robot GR 300 GrowGroup	Kyungpuk Univ.(Korea) RDA (Korea) Sungkyunkwan Univ. (Korea) Yupoong(Korea) Iseki (Japan) Iseki (Japan) IsoGroup (Netherlands) Conic System (Spain) EPA300 (Taiwan) Atlantic ManGroup GrowGroup (Netherland)	Solanaceous&Cucurbits Solanaceous Cucurbits Cucurbits Cucurbits Solanaceous Solanaceous Solanaceous Solanaceous Solanaceous Solanaceous	900/h 1200/h 900-1200/h 400/h 800-900/H 1000/h 400-600/h	Not yet commercialized. Ceramic pin is used. Ordinary clip is used. One operator is needed per machine.

그림 7-1. 전 세계 접목 로봇 개발 현황(ISVG 2014 심포지엄 발표자료, 경희대 이정명).



그림 7-2. 접목(삽접) 광경(중국 우한 Weierfu 생물공학주).



그림 7-3. 삽접방법을 이용한 수박 접목모습(중국 우한 Weierfu 생물공학㈜).

- 박과(수박, 오이)와 가지과(고추, 토마토)의 최적 저장 기간과 온도, 그리고 광도는 박과는 모두 각각 4주, 12°C, $12\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 임(ISVG 2014 미국 아리조나대학 ‘치에리 쿠보타’ 교수 발표)
- LED 광을 이용한 접목묘 생산을 위해서는 $150\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 광도에서 적색과 청색비율이 7:3인 LED가 적합함(ISVG 2014 중국 화중농대 ‘Zhilong Bie’ 연구팀 발표)
- 수박 접목묘에서 종자감염에 의한 *Acidovorax avenae* spp. citrulli (Aac)의 감염경로는 인위적 대목 종자감염 → 대목 → 떡잎, 하배축 체관/물관부 존재 → 접수로 전이 → 전체 감염임 (ISVG 2014 중국 화중농대 ‘Zhilong Bie’ 연구팀 발표)
- 접목활착공장을 개발하기 위해서는 1)지능형 환경조절 시스템, 2)환기장치, 습도조절장치, 이산화탄소 공급 장치, 인공광원, 온도조절 장치, 육묘선반, 풍속제어 장치, 냉난방 장치, 3)접목묘의 캘러스 성장과 활착률 증진을 위한 식물공장 시스템이 필요함(ISVG 2014 중국 베이징 농업기계연구소 ‘W. Dong 등’ 포스터 발표)
- 대목을 박과인 ‘신토좌’와 ‘에이스’를 이용한 머스크멜론의 건조 스트레스 내성을 평가하였을 때 비접목 멜론에 비해 수확량이 8% 증대되었고 과실의 무게 증가하였으며, 기존의 60% 관수만으로 최대의 수량을 나타냈음(80%관수 처리구와 동일한 결과). 또한, 건조스트레스 내성과 물이용 효율이 증대되었음. ‘신토좌’대목이 ‘에이스’ 대목보다 우수하게 나타남 (ISVG 2014 이란 Islamic Azad Univ. ‘S. Shafeei 등’ 구두발표)

[2협동] 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발 현황(충남대학교)

- 덴마크 PINDSTRUP사는 채소 육묘용으로 피트 제품 판매
 - Pindstrup Plus Orange(100% blonde peat), Pindstrup Plus Blue(60% dark peat) 및 Pindstrup Plus Black(100% dark peat)
- 원예용 유기질 혼합상토를 구분하여 취급

- 소비자 요구에 적합한 tailer-made mixes
- 주로 raw material로 block이나 mill로 된 peat moss 취급

[3협동] 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정 현황(원광대학교)

1. 공정육묘 도입에 따른 작물 생산의 분업화(일본에서의 작물 이식(공정묘) 생산 시스템의 장점)
 <관련 연구 목록>

Ito, T. 1992. Present state of transplant production practices in Japanese horticultural industry, In: Kurata K, Kozai T (eds). Transplant production system. Kluwer, Dordrecht, pp65-82.

2. 공정묘 성장조정제의 활용 연구(식물 성장조정 기능을 갖고 있는 물질 정보와 그 기작 정보)
 <관련 연구 목록>

Luster, DG and PA Miller. 1993. Triazole plant growth regulator binding to native and detergent-solubilized plant microsomal cytochrome P450. Pesticide Biochem Physiol 46:27-39.

Arteca, RN. 1996 Plant Growth Substance: principle and applications. Chapman&Hall press, London, UK, p. 244.

Keever, GJ and WJ Foster. 1991. Uniconazole suppresses bypass shoot development and alters flowering of two forcing azalea cultivars. HortScience 26:875-877.

Venkatramesh, M and RB Croteau. 1989. Influence of diniconazole on growth and essential oil content of sage and spearmint. Pesticide Biochem Physiol 34:32-38.

Kitahata, N, Saito S, Miyazawa Y, Umezawa T, Shimada Y, Min Y.K, Mizutani M, Hirai N, Shinozaki K, et al 2005. Chemical regulation of abscisic acid catabolism in plants by cytochrome P450 inhibitors. Bioorganic & Medicinal Chem. 13:4491-4498.

Luster DG and PA Miller. 1993. Triazole plant growth regulator binding to native and detergent-solubilized plant microsomal cytochrome P450. Pesticide Biochem Physiol 46:27-39.

Sankhla N, Davis TD, Upadhyaya A, Sankhla D, Walser RH, Smith BN. 1985. Growth and metabolism of soybean as affected by paclobutrazole. Plant Cell Physiol 26:913-921.

3. 육묘 기간, 묘소질에 따른 이후 생육(육묘 기간과 육묘기 양분가 묘소질에 미치는 영향)
 <관련 연구 목록>

Kemble JM, Davis JM, Gardner G, Sanders DC. 1994. Spacing, root cell volume, and age affect production and economics of compact-growth-habit tomatoes. HortScience 29:1460-1464.

Weston LA, Zandra BH. 1989. Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes. HortScience 24:88-90.

Weston LA, Zandra BH. 1986. Effect of container size and location of production on growth and yield of tomato transplanting. J Amer Soc Hort Sci 111:498-501.

제 7 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

[세부] 에너지·노동력 절감 및 경영효율 증대를 위한 시설활용과 자동화 장치 이용기술 개발 현황
(경상대학교)

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수등)
1	특허 출원	과채류 육묘 온실 난방을 위한 나노탄소섬유 적외선 난방등의 설치방법	경상대학교 산학협력단	-	대한민국	-	2015. 9. 24.	-	-
2	특허 출원	공정육묘장내 온도저감을 위한 적정 방충망 선발과 공기유동팬 설치 방법	경상대학교 산학협력단	-	대한민국	-	2016. 12.	-	-
3	논문	Growth and phytochemical contents of ice plant as affected by light quality in a closed-type plant production system	Korean Journal of Horticulture Science & Technology	제1저자	대한민국	0.261	2016. 12.	단독사사	SCI
4	정책 제안	연중 안정적인 접목묘 생산을 위한 LED 접목활착실 시설 지원 정책 제안	농림축산 식품부	-	대한민국	-	2016. 11. 23.	-	-
5	도서 출판	공정육묘	경상대학교 출판부	-	대한민국	-	2016. 2. 18.	중복사사	-
6	특허 출원	토마토와 수박 접목 공정묘의 활착을 촉진하는 최적 상대습도	경상대학교 산학협력단	-	대한민국	-	2016. 12. 22.	-	-
7	논문	Functional vascular connections and light quality effects on tomato grafted unions	Scientia Horticulturae	제1저자	미국	1.538	2016. 2. 13.	단독사사	SCI
8	논문	Physiological and proteomic investigations to study the response of tomato graft unions under temperature stress	PLOS ONE	제1저자	미국	3.057	2016. 6. 16.	중복사사	SCI
9	도서 출판	회고담(공정육묘)	농촌진흥청 국립원예 특작과학원	-	대한민국	-	2013. 5.	-	-
10	수상	육묘산업의 초석을 다지는 성과	(사)한국 육묘산업 연합회	수상자	-	-	-	-	-

[1협동] 생산성 및 안전성 향상을 위한 현장애로해결 기술 및 건전묘 생산기술 개발 현황 (농촌진흥청)

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	논문	인공광형 폐쇄형 육묘시스템 내 광량 및 플러그 트레이 규격에 따른 오이 접수 및 호박대목의 생육특성	국립원예 특작과학원	제1저자	Protected Horticulture and Plant Factory	-	2014. 12.	중복사사	-
2	홍보	공정육묘 산업 및 연구 방향 기획 기사 4회	한국공정 육묘연구회	-	팜 & 마켓 매거진	-	2016.7-11.	-	-
3	매뉴얼	공정육묘 현장애로기술 경감기술 리후렛	국립원예 특작과학원	-	-	-	2016. 11. 9.	단독사사	-

[2협동] 신규 수요 대응 새로운 육묘 기술 개발 현황(충남대학교)

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	논문	Nutrient concentrations and root substrate formulations influence the performance of seedling grafts of tomato	충남 대학교	제1저자	European Journal of Horticultural Science	0.281	2015. 4.	단독사사	SCI
2	논문	Performance of seedling grafts of tomato as influenced by root substrate formulations, fertigation leaching fractions, and N concentrations in fertilizer solution	충남 대학교	제1저자	Horticulture, Environment, and Biotechnology	0.662	2015. 2.	단독사사	SCI
3	논문	다양한 종류의 피트모스와 펠라이트 혼합에 따른 물리·화학적 변화와 계절별 육묘를 위한 상토 선발	충남 대학교	교 신 저 사	원예과학 기술지	0.261	2016. 12.	단독사사	SCI
4	기술 이전	저면관비를 위한 혼합상토의 기비 방법	충남 대학교	-	-	-	2016. 6. 10.	-	-
5	기술 이전	공정묘에 적합한 유기농 비료 선발	충남 대학교	-	-	-	2016. 6. 10.	-	-

[3협동] 유통 공정묘의 품질 관리를 위한 품질 규격(묘 규격 등) 설정 현황(원광대학교)

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	논문	Growth characteristics of grafted tomato seedlings following treatment with various concentrations of diniconazole during the summer growth season	원광대학교	제1저자 및 교신저자	원예과학기술지	0.261	2016. 10. 31.	단독	SCIE
2	기타	고추 노지재배 육묘일수	원광대학교	-	농민신문	-	2016. 8. 17.	-	신문사 자체 게재
3	기타	육묘방법에 따른 토마토의 묘소질과 정식 후 생육특성 및 수량	원광대학교	-	원광대학교	-	2016. 8.	-	박사학위 인력양성
4	기타	주요과채류 공정묘 규격 매뉴얼 설정기술	원광대학교	-	대한민국	-	2015. 11. 17.	-	기술이전

[4협동] 공정묘 안정 공급 및 수출확대를 위한 유통·저장 기술 개발 현황(서울대학교)

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	논문	Proper period and temperature for transportation of cucumber and tomato transplants	서울대학교	교신 저자	Horticulture, Environment and Biotechnology	0.662	2016. 12. 31.	단독사사	SCI
2	논문	Changes in quality and vigour of cucumber and paprika transplants as affected by storage temperature under dark condition	서울대학교	교신 저자	원예과학기술지	0.261	2015. 10. 31.	단독사사	SCI
3	기술 이전	오이 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 암저장 중 온도 순화 기술에 대한 통상실시권 설정 계약	서울대학교	-	-	-	-	-	-
4	기술 이전	오이 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 저장 중 광 조사 기술에 대한 통상실시권 설정 계약	서울대학교	-	-	-	-	-	-
5	기술 이전	토마토 공정묘 안정 공급 및 수출 확대를 위한 암저장 중 온도 순화 기술에 대한 통상실시권 설정 계약	서울대학교	-	-	-	-	-	-

제 8 장 참고문헌

코드번호	D-14
------	------

- Andersen CP** (2003) Source - sink balance and carbon allocation below ground in plants exposed to ozone. *New Phytol* 157:213 - 228
- An JU, An CG, Hwang YH, Yoon HS, Chang YH, Shon GM, Jeong BR** (2013) Effect of heating by infrared heating lamps on growth of strawberry and heating cost. *Protected Hort. Plant Factory* 22:355-360
- Aranjuelo I, Cabrera-Bosquet L, Morcuende R, Avice JC, Nogués S, Araus JL, et al** (2011) Does ear C sink strength contribute to overcoming photosynthetic acclimation of wheat plants exposed to elevated CO₂? *J Exp Bot* 62:3957 - 3969
- Argo WR** (1998) Root medium physical properties. *HortTechnology* 8:481-485
- Arteca RN** (1996) *Plant Growth Substance: principle and applications*. Chapman&Hall press London UK p 244
- Bae EJ** (1999) Growth control of vegetable seedlings by plant growth retardant and UV light treatment. PhD Diss, Kyung Hee Univ, Seoul, Korea
- Bunt AC** (1988) *Media and mixes for container grown plants*. Unwin Hyman London
- Byun HJ, Kim YS, Kang HM, Kim IS** (2012) Effect of mixture rate of used media and perlite on physico-chemical of properties root media and seedling quality in fruit vegetables plug nursery system. *J Bio-Environ Control* 21:213-219
- Cattivello C** (1991) Physical parameters in commercial substrates and their relationships. *Acta Hort* 294:183-196
- Choi JM, Ahn JW, Ku JH, Lee YB** (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 JM, Chung HJ, Choi JS** (1999) Physical properties of pine bark affected by peeling method and improving moisture retention capacity. *J Kor Soc Hort Sci* 40:363-367
- Choi JM, Chung HJ, Choi JS** (2000) Physico-chemical properties of organic and inorganic materials used as container media. *Kor J Hort Sci Technol* 18:529-535
- Choi JM, Kim IY, Kim BK** (2009) *Root substrates*. Hackyesa, Daejeon, Korea
- Choi SH, Kang JS, Choi YW, Lee YJ, Park YH, Kim MR, Son BG, Kim HK, Kim HY, et al** (2011) Effect of diniconazole on growth and flowering of *Vinca rocea* and *Salvia splendis*. *J Life Sci* 21:1004-1008
- Choi YH, Cho JL, Rhee HC, Kwon JK, Lee JH, Park DK** (2002a) Effect of seedling age on growth and yield of tomato and cucumber in forced culture. *J Kor Soc Hort Sci* 43:681-685
- Choi YH, Cho JL, Rhee HC, Park DK, Kwon JK, Lee JH** (2002b) Effect of summer grown seedling quality on growth and yield of tomato. *J Kor Soc Hort Sci* 43:395-398
- Choi YH, Rhee HC, Park DK, Kwon JK, Lee JH** (2001) Effects of mechanical

- stimulation and chemical treatments on growth of seedlings and yield of tomato. *Kor J Hort Sci Technol* 19:320-324
- Chung HD, Choi YJ, Shin SH** (1998) Effects of top dressing fertilizers on growth of pepper plug seedling in vermiculite-based root media. *J Kor Soc Hort Sci* 39:1-7.
- Chun C** (2002) Closed-type systems for producing high quality transplants of floral horticultural crops. *Kor J Hort Sci Technol* 20:191-196
- Colla G, Roupael Y, Cardarelli Mi, Salerno A, Rea E** (2010a) The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environ Exp Bot* 68:283-291
- Colla G, Suarez CMC, Cardarelli M, Roupael Y** (2010b) Improving nitrogen use efficiency in melon by grafting. *HortScience* 45:559-565
- Colla G, Roupael Y, Leopardi C, Bie Z** (2010c) Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae* 127:147-155
- Colla G, Roupael Y, Mirabelli C, Cardarelli M** (2011) Nitrogen-use efficiency traits of mini-watermelon in response to grafting and nitrogen-fertilization doses. *J Plant Nutr. Soil Sci* 174:933-941
- Dole JM, Cole JC, Von broembsen SL** (1994) Growth of poinsettias, nutrient leaching, and water-use efficiency respond to irrigation methods. *HortScience* 29:858-864
- Eum SJ, Park KI, Lee IJ, Choi YJ, Oh W, Kim KW** (2011) Effects of foliar-sprayed diniconazole on contents of endogenous gibberellic acids and abscisic acid in *Lilium davuricum*. *Kor J Hort Sci Technol* 29:165-171
- Fernández-García N, Carvajal M, Olmos E** (2004) Graft union formation in tomato plant: Peroxidase and catalase involvement. *Ann Bot* 93:53-60
- Flaishman MA, Loginovsky K, Golobowich S, Lev-Yadun S** (2008) *Arabidopsis thaliana* as a model system for graft union development in homografts and heterografts. *J Plant Growth Regul* 27:231-239
- Fonteno WC, Nelson PV** (1990) Physical properties of and plant responses to rockwool-amended media. *J Amer Soc Hort Sci* 115:375-381
- Gabriels R, Verdonck O, Mekers O** (1986) Substrate requirement for pot plants in recirculating water culture. *Acta Hort* 178:93-99
- Gomathinayagam M, Jaleel CA, Lakshmanan GMA, Panneerselvam R** (2007) Changes in carbohydrate metabolism by triazole growth regulators in cassava (*Manihot esculenta Crantz*); effects on tuber production and quality. *C R Biol* 330:644-655
- Gonzalez-Real MM, Baille A, Liu HQ** (2008) Influence of fruit load on dry matter and N-distribution in sweet pepper plants. *Sci Hort* 117:307-315
- Guy CL, Huber JL, Huber SC** (1992) Sucrose phosphate synthase and sucrose accumulation at low temperature. *Plant Physiol* 100:502-508
- Han EJ, Son BG, Choi YW, Ahn CK, Kang JS, Lee YJ, Son GW, Choi BD** (2002) Effect of diniconazole on the growth of scions and rootstocks in hot pepper seedlings (*Capsicum annuum* L.). *J Bior Dev Inst* 6:1-7

- Hendershot WH, Lalande H, Duquette M** (1993) Ion exchange and exchangeable cations. In: MR Carter (ed.). Soil sampling and methods of analysis. Can Soc Soil Sci, Lewis Publisher, Toronto, pp 167-176
- Huang Y, Wang H, Sheen T** (1999) Influence of plug cell modification on the pan root and growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Hawlien-Yasu No.5). J Chinese Soc Hort Sci 45:192-202
- Hwang SJ, Jeong BR** (2004) Use of CGF and CCW as medium components for commercial production of plug seedlings of pepper. Kor J Hort Sci Technol 22:12-18
- Ibrahim HM, Olasantan FO, Oyewale RO** (2013) Age of seedling at transplanting influenced growth and fruit yield of sweet pepper (*Capsicum annum* L. cv. Rodo). Net J Agri Sci 1(4):107-110
- Ito T** (1992) Present state of transplant production practices in Japanese horticultural industry, In: Kurata K, Kozai T (eds). Transplant production system. Kluwer, Dordrecht, pp65-82
- Ito T** (1992) Springer Netherlands. pp 65-82. In: Transplant Production Systems (eds.). Present state of transplant production practices in Japanese horticultural industry
- Jeong BY** (1996) Cooperative raising seedling. High-technology greenhouse management and cultural technique. The Agriculture and Fishery Development Corporation. pp 465-562
- Jeong BR** (1998a) Plug production. Management of and cultural techniques in the high technology glasshouse. Rural Development Corporation pp 451-661
- Jeong BR** (1998b) Technology and environment management for the production of plug transplants of flower crops. Kor J Hort Sci Technol 16:282-286
- Jeong BR** (2002) Current status and problems in the transplant production of floral crops. Kor J Hort Sci Technol 20:197-204
- Jeong BR, Hwang SJ, Kang NJ** (2016) Plug seedling (in Korean). Gspress, Jinju, Republic of Korea. p 21
- Kamp PGH, Timmerman GJ** (1996) Computerized environmental control in greenhouse. IPC-Plant, The Netherlands. pp 239-240
- Kang BH** (2006) Effect of triazole bioregulators on the quality of plug seedlings in chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*) and hot pepper (*Capsicum annum* L.). Master's thesis, Kyung Hee Univ, Seoul, Korea
- Kang YI, Kwon JK, Park KS, Yu IH, Lee SY, Cho MW, Kang NJ** (2010) Changes in growths of tomato and grafted watermelon seedlings and allometric relationship among growth. J Bio-Environ Control 19:275-283
- Keever GJ, Foster WJ** (1991) Uniconazole suppresses bypass shoot development and alters flowering of two forcing azalea cultivars. HortScience 26:875-877
- Kemble JM, Davis JM, Gardner G, Sanders DC** (1994) Spacing, root cell volume, and age affect production and economics of compact-growth-habit tomatoes. HortScience

- Kim CK, Oh JY, Kang SJ** (2001) Effect of plug cell size and seedling age on growth and yield of Chinese chives (*Alliumtuberosum* R.). J Kor Soc Hort Sci 42:167-170
- Kim DO, Choi CS** (2008) Cause analysis ignited at a far infrared radiation heater. Transactions of Korean Institute Fire Sci Engineering 22:91-96
- Kim EJ, Lee SH, Lee JH** (2013) Effects of the high pressure sodium lamp lighting on the dynamics of growth and dry mass partitioning in sweet pepper plant. Kor J Hort Sci Technol 31:565-572
- Kim JG, Yoon JO** (2013) Unsteady state simulation of surface temperature of ground with solar radiation. Architectural Institute Korea. 33:237-238
- Kim JM, Choi KY, Kim YH, Park ES** (2008) growth and yield of potato after transplanting of potato plug seedlings grown at different plug cell size and photoperiod J Bio-Environ Control 17:26-31
- Kim JS** (2015) Present studies and development plan of vegetable seedling industry in Korea. Master's thesis. Konkuk Univ, Seoul Korea
- Kim JS, Kwack BH** (1991) Effect of paclobutrazol on growth, chlorophyll content and tolerances to drought and rust in Korean lawn grass (*Zoysia japonica* Steud). J Kor Soc Hort Sci 32:112-117
- Kim KS, Kim YS, Kim YH, Park KW, Park HY, Son JI, Lee YB, Lee JS, Lee CH, Im YJ, Jeong BR** (2000) Protected horticulture and management (in Korean). Hyangmunsa, Seocho-gu, Seoul, Republic of Korea. p 170
- Kim OI, Chae YS, Jeong BR** (1999a) Effect of day/night temperatures, and N concentration and $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio of nutrient solution on the differentiation of flower buds, node of early fruit set, and growth of 'Seokwang' tomato. J Kor Soc Hort Sci 40:287-293
- Kim SE, Lee JM** (1997) Analysis of the auxin-like activity in triazole chemical. Memorial Thesis Collection of Kyung Hee Univ, pp 1029-1037
- Kim SJ, Lee JM, Kang CK** (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
- Kim SE, Lee MH, Kim YS** (2013a) Efficient light treatment for graft-take and early growth of grafted tomato seedlings. Protected Horticulture Plant Factory 4:322-327
- Kim SE, Lee MH, Kim YS** (2013b) Effect of scion age on survival rate and initial yield of the grafted tomato seedlings. Protected Horticulture Plant Factory 4:335-340
- Kim YB, Hwang YH, Shin WK** (1999b) Effect of root container size and seedling age on growth and yield of tomato. J Kor Soc Hort Sci 40:163-165
- Kitahata N, Saito S, Miyazawa Y, Umezawa T, Shimada Y, Min YK, Mizutani M, Hirai N, Shinozaki K, et al** (2005) Chemical regulation of abscisic acid catabolism in plants by cytochrome P450 inhibitors. Bioorganic & Medicinal Chem 13:4491-4498

- Korea Crop Protection Association (KCPA)** (2014) Instructional manual of agricultural chemicals. p 1091 (in Korean)
- Korea Rural Economic Institute (KREI)** (2011) Current Status and Development Strategies of Seedling Production. p 17 (in Korean)
- Kwon JK, Park JC, Lee JH, Park DK, Choi YH** (2003) Effect of UV-B irradiation on overgrowth retardation of plug-grown fruit vegetable transplants. *J Kor Soc Hort Sci* 44:458-463
- Lee EJ, Suh JK** (2004) Effect of watering control on growth and bulb size of plug seedling in onion (*Allium cepa* L.) set production. Master's thesis. Kyung Pook Natl Univ, Daegu, Korea
- Lee HH, Ha SK, Kim BH, Seol YJ, Kim KH** (2006) Optimum physical condition of peatmoss-based substrate for growth of chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp.) plug seedlings. *Kor J Hort Sci Technol* 24:322-329
- Lee HJ** (2005) Effects of rootstocks and plant bioregulator treatment on the seedling growth, salt tolerance, low-temperature tolerance in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). PhD Diss Kyung Hee Univ, Seoul, Korea
- Lee HK, Lee MH, Park GS, Lee EM, Jeon NB, Seo SD, Cho PH, Kim YS, Kim SE, Cho SK** (2015) Effect of seedling type and early transplanting of summer grown seedling on the growth and yield of tomato. *J Kor Org Agri* 23:59-66
- Lee HS, Park HG, Park BK, Kim CH, Choi JM** (2014) Development of root media by blending of various peatmosses and perlites for plug seedling raising through subirrigation. *Kor J Hort Sci Technol* 32 (Supp. I):91 (Abstr.)
- Lee JM** (2010) Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae* 127:93-105
- Lee JM** (2000) Guidelines for plant growth regulators on plug seedlings. *J Bio-Environ Control* 4:111-134
- Lee JS, Lee HI, Kim YH** (2012) Seedling quality and early after transplanting of paprika nursed under light-emitting diodes, fluorescent lamps and natural light. *J Bio-Environ Control* 21:220-227
- Lee JW, Kim KY** (1999a) Effect of seedling age and transplanting depth on growth and yield of tomato. *J Kor Soc Hort Sci* 40:412-415
- Lee JW, Kim KY** (1999b) Tomato seedling quality and yield following raising seedlings with different cell sizes and pretransplant nutritional regimes. *J Kor Soc Hort Sci* 40:407-411
- Lee JW, Kim YC, Jang YA, Chun CH** (2013) Seedling raising technology of vegetable, pp 127-133. In: Korean Society for Horticultural Science (ed.) History of Korea horticulture. (in Korean)
- Lee MH, Park GS, Kim YB** (2014) Characteristics of tomato. pp 80-81 Tomato (Standard textbook for Agricultural technology-106). RDA, Suwon (in Korean)

- Lee PO, Lee JS, Choi JM** (2010) Impact of application rates of pre-planting liming fertilizers on changes in soil chemical properties and growth of 'Melody Yellow' pansy in plug production. *Kor J Hort Sci Technol* 28:735-742
- Leskovar DI, Cantliffe DJ, Stoffella PJ** (1991) Growth and yield of tomato plants in response to age transplant. *J Amer Soc Hort Sci* 116:416-420
- Levitt J** (1980) Responses of plants to environmental stresses. Vol. 1. Chilling, freezing and high temperature stresses. 2nd ed. Academic Press, New York, USA
- Lim MY, Ko CH, Son MS, Lee SB, Kim GJ, Kim BS, Kim YB, Jeong BR** (2009) Effect of heating by nano-carbon fiber infrared lamps on growth and vase life of cut roses and heating cost. *J Bio-Environ Control* 18:1-8
- Luster DG, Miller PA** (1993) Triazole plant growth regulator binding to native and detergent-solubilized plant microsomal cytochrome P450. *Pesticide Biochem Physiol* 46:27-39
- Mak ATY, Yeh DM** (2001) Nitrogen nutrition of *Spathiphyllum* 'Sensation' grown in sphagnum-peat and coir-based media with two irrigation methods. *HortScience* 36:645-649
- Marcelis LF** (1996) Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant. *J Exp Bot* 47:1281 - 1291
- Martinez FX, Casasayas R, Burės S, Cañameras N** (1988) Titration curves of different organic substrates. *Acta Hort* 221:105-116
- Mengel K, Kirkby EA** (2012) Principles of plant nutrition. 5th ed. Springer Science+Business Media, B.V
- Milks RR, Fonteno WC, Larson RA** (1989) Hydrology of horticultural substrates: II. Predicting physical properties of media in containers. *J Amer Soc Hort Sci* 114:53-56
- Milks RR, Fonteno WC, Larson RA** (1989) Hydrology of horticultural substrates: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. *J Amer Soc Hort Sci* 114:57-61
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA)** (2015) 2014 시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적. Hanra Press, Sejong. Korea
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA)** (1997) Development and application of a standard greenhouse model and of an automated system of plug seedling production. Sejong, Korea (in Korean)
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA)** (2014) Study on establishing and legislating seedling management system for protection and development of seedling industry. Sejong, Korea (in Korean)
- Morvant JK, Dole JM, Ellen E** (1997) Irrigation systems alter distribution of roots, soluble salts, nitrogen and pH in the root medium. *HortTechnology* 7:156-160.
- Nelson PV** (2003) Greenhouse operation and management. 6th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ

- Ohyama K, Manabe K, Omura Y, Kozai T, Kubota C** (2005) Potential use of a 24-hour photoperiod (continuous light) with alternating air temperature for production of tomato plug transplants in a closed system. *HortScience* 40:374-377
- Park EY, Choi JM** (2014) Development of root media containing pine bark for cultivation of horticultural crops. *Kor J Hort Sci Technol* 32:499-506
- Park EY, Choi JM, Shim CY** (2014) Development of root media containing carbonized and expanded rice hull for container cultivation of horticultural crops. *Kor J Hort Sci Technol* 32:157-164
- Park KS, Kang YG, Lee SG, Seong KC, Park DK** (2004) Effect of DIF treatment during seedling on height and lateral shoot development of white-spined cucumber (*Cucumis satives* L.). *J Bio-Environ Control* 11:154-158
- Park YB, Ko SB, Moon JS** (2002) Effectiveness of growth regulators on height control of cabbage plug seedlings. *J Kor Soc Hort Sci* 20:221-224
- Park YJ, Kang BH, Jung KY, Lee JM** (2006) Effect of triazole plant bioregulators on seedling growth of 'Honey moon' watermelon. Thesis Collection, Life Science & Research Kyung Hee Univ 25:22-28
- Pyon JY, Yun SJ, Lee IJ, Kim DS** (2014) Crop physiology (in korean). Hyangmunsa, Seocho-gu, Seoul, Republic of Korea. p 197
- Raviv M, Lieth JH** (2008) Soilless culture: Theory and Practice. Elsevier, Amsterdam pp 117-155
- Richards D, Gobran FH, Collins KE** (1979) Root-Shoot equilibria in fruiting tomato plants. *Ann Bot* 43:401-404
- Rural Development Administration (RDA)** (2012) Analysis standard for research in agricultural science and technology. pp 503-504 (in Korean)
- Rural Development Administration (RDA)** (2013) Production manual of plug seedlings. (in Korean)
- Ryu SN, Kim GS** (2010) Factors affects the photoperiod of plant, pp 218 - 220. In: S.N. Ryu and G.S. Kim (eds.). Principle of cultivation science. Korea National Open Univ. Press, Seoul
- Seong KC, Cho JR, Moon JH, Kim KY, Suh HD** (2003) Effect of triazole chemicals on bolting retardation of chinese cabbage (*Brassica pekinensis*) in spring cultivation. *J Kor Soc Hort Sci* 44:434-437
- Shin BK, Son JE, Choi JM** (2012) Physico-chemical properties of peatmoss and coir dust currently used as root medium components for crop production in Korean plant factories. *J Bio-Environ Control* 21:362-371
- Shin SB, Chun IJ, Kim IS** (2002) Effect of CO₂ enrichment during seedling stage on the effectiveness of CO₂ enrichment after transplanting in leafy vegetable. *J Bio-Environ Control* 11:35-39
- Shin WG, Jeong BR** (2002) Seed treatment of growth retardants for height suppression of

pepper plug seedlings. J Kor Soc Hort Sci 43:565-570

- Shin YA** (1997) Studies on optimal seedling quality for mechanical transplanting and growth regulation in plug seedling of hot pepper. PhD Diss Konkuk Univ, Seoul, Korea
- Shin YA, Kim KY, Kim YC, Seo TC, Chung JH, Park HY** (2000) Effect of plug cell size and seedling age on seedling quality and early growth after transplanting of red pepper. J Kor Soc Hort Sci 41:49-52
- Shon YG, Piao FZ, Lee HJ, Park JC** (1998) Effects of fertilizer concentrations, composition of soil and tray sizes on growth of pepper 'Nokkwang'. Kor J Hort Sci Technol 16(1):138. (Abstr.)
- Sonneveld C, Voogt W** (2009) Plant nutrition of greenhouse crops, Springer, London.
- Styer RC, Koranski DS** (1997) Plug & transplant production: A grower's guide. Ball Publishing, Batavia, IL
- Suh SG, Chung HD** (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
- Sun ES, Kang HM, Kim YS, Kim IC** (2009) Effect of diniconazole treatment on the inhibition of over-growth of tomato seedlings. J Bio- Environ Control 18:401-407
- Sun ES, Kang HM, Kim YS, Kim IS** (2010) Effects of seed soaking treatment of diniconazole on the inhibition of stretching of tomato and cucumber seedlings. J Bio-Environ Control 19:55-62
- Sun SY, Jeon JY, Yeung YR, Kim BS** (2002) Application of diniconazole for growth inhibition of chinese cabbage (*Brassica pekinensis* Pupr.) for summer production in alpine region. J Kor Soc Hort Sci 43:280-284
- Sun YW, Chen JJ, Chang WN, Tseng MJ, Wu FS** (2010) Irrigation with 5 degrees C water and paclobutrazol promotes strong seedling growth in tomato (*Solanum lycopersicum*). J. Hort Sci Biotech 85: 305-311
- Sung KY, Choe GI, Jeong MH, Heo JH, Kim JG, Lee GS** (2004) Residues and half-lives of bitertanol and tebuconazole in greenhouse-grown peppers. J Kor Soc Appl Biol Chem 47:113-119
- Symons PR, Hoftman PY, Wolstenholme BN** (1990) Responses to paclobutrazol of potted 'Hass' avocado trees. Acta Hort 275:193-198
- Taiz L, Zeiger E** (2010) Plant Physiology (5th edition), Chapter 19 Auxin: The Growth Hormone. Sinauer Associates Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts USA, 545 - 578
- Um YC, Jang YA, Lee JG, Kim SY, Cheong SR, Oh SS, Cha SH, Hong SC** (2009) Effects of selective light sources on seedling quality of tomato and cucumber in closed nursery system. J Bio-Environ Control 18:370-376
- Venkatramesh M, Croteau RB** (1989) Influence of diniconazole on growth and essential

oil content of sage and spearmint. *Pesticide Biochem Physiol* 34:32-38

- Verdonck O, Penninck R** (1986) Air content in horticultural substrates. *Acta Hort* 178:101-106
- Wallach R, Da silva FF, Chen Y** (1992) Hydraulic characteristics of Tuff (Scoria) used as a container medium. *J Amer Soc Hort Sci* 117:415-421
- Warncke DD** (1986) Analysing greenhouse growth media by the saturation extraction method. *HortScience* 21:223-225
- Weston LA, Zandra BH** (1986) Effect of container size and location of production on growth and yield of tomato transplanting. *J Amer Soc Hort Sci* 111:498-501
- Weston LA, Zandra BH** (1989) Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes. *HortScience* 24:88-90
- Yang SK, Cho MS, Choe KJ, Kim WS** (2001) Effect of plug cell volume and medium composition on rooting and growth of lateral shoot cuttings of tomato. *J Kor Soc Hort Sci* 19:25-328
- Yu YM, Lee JW, Kim KY, Kim YC, Lee SG, Seo TC, Yun HK** (2002) Effect of seedling age and plug cell size on seedling quality, lateral vine development, and yield in white-spine cucumber. *J Kor Soc Hort Sci* 20:5-9
- Yun HK, Seo TC, Lee JW, Yang EY** (2007) Effect of triazole growth regulator treatment on the growth of plug seedling and yield of tomato. *J Bio-Environ Control* 16:205-209
- Yun SH, Lee JT** (2001) Climate Change impacts on optimum periods of rice plant and its countermeasure in rice cultivation. *Kor J Agri Forest Meteorology* 3:55-70
- Zhang CH, Chun IJ, Park YC, Kim IS** (2003) Effect on the inhibition of over-growth of plug seedling by triazole-type growth regulator treatment. *J Bio-Environ Control* 12:139-146