

최 중
연구보고서

친환경 자루 충전 방식 펄라이트 수경재배 체계 개발

Development of Environmentally Friendly Perlite Bag Culture
System

상명대학교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “친환경 자루 충전 방식 펄라이트 수경재배 체계 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006 년 7 월 14 일

주관연구기관명 : 상명대학교
총괄연구책임자 : 김 영 식
세부연구책임자 : 김 영 식
연 구 원 : 이 남 경
연 구 원 : 임 은 선
협동연구기관명 : 경기도농업기술원
협동연구책임자 : 임 재 욱

요 약 문

I. 제 목

친환경 자루 충전 방식 펄라이트 수경재배 체계 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라 수경재배 면적은 90년대의 급성장에 이어 2002년 2,068호 780ha로 꾸준한 성장세가 계속되고 있다. '02년 780ha 중에서 펄라이트 재배는 944농가에 314.3ha에 달하고 있어 전체 수경재배 면적의 40%를 점하고 있는데 이것은 펄라이트 배지경 재배가 수경재배의 가장 보편적인 재배 시스템으로 널리 보급되고 있음을 나타내고 있다. 따라서 펄라이트 재배의 발전은 곧 수경재배 발전을 의미하며, 이에 따라 펄라이트 생산시스템의 지속적 발전이 요구된다.

고형배지경은 베드충진 방식과 자루 방식으로 나뉜다. 암면재배방식이 세계적으로 호응을 얻고 있는 이유는 자루 방식에 의한 표준화된 관리에 있다. 반면에 한국의 수경재배 종류 중 가장 큰 부분을 차지하고 있는 펄라이트 재배는 베드 충전 방식이다. 이 때문에 발생하는 경제적, 환경적, 기술적 문제를 개선하기 위해서는 자루 방식을 채택할 필요가 있다,

이를 위해 펄라이트 자루 및 자루재배 시스템 규격을 확립 및 보급하고, 펄라이트 자루재배용 배양액 관리 시스템을 확립하는 것을 연구목적으로 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 1차년도(2003)

내용: 펄라이트 자루재배 시스템 규격의 설계 및 구현

범위

충진용 펄라이트 선정 및 실증시험

자루의 적정 규격 simulation 및 실증시험

자루재배용 배양액 관리 시스템 설계 및 pilot system 구축

2. 2차년도(2004)

내용: 펄라이트 자루재배 시스템 관리법 설계 및 구현

범위

자루내 수직 및 수평적 수분분포 연구

점적관 설치 및 배액구의 규격 확립

자루재배용 배양액 관리법 simulation 및 개발

자루의 최적 온도조절 방법 구명
필라이트 자루의 경제적 사용연한 구명

3. 3차년도(2005)

내용: 필라이트 자루재배 시스템 확립 및 보급

범위

WUE(용수이용효율) 및 FUE(비료이용효율)을 높이기 위한 배양액 관리법 simulation 및 개발

자루의 경제적 온도조절 방법 구명

자루재배의 경쟁력 분석

기술교육자료 작성

농가 실증 시험

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 충전용 필라이트 선정 및 생산

토마토 필라이트 자루재배에 가장 적합한 필라이트 입도분포는 1.2-5mm였으며, 1.0 mm 이상 입자의 비율이 60%이며 1.0mm 이하가 40%였다. 용이하게 이용할 수 있는 유효수 비율은 30%였다. 필라이트 자루재배용으로 제작된 자루는 제품수율이 100%이며, 0.1mm 두께의 흑백PE필름으로 포장되어 있는 것으로 개발됐다.

2. 필라이트 자루재배시 자루의 적정 규격 확립

토마토 필라이트 자루재배시 1.2-5mm의 입도분포를 가지며, 길이는 120cm (흑백비닐 두께 0.1mm)로 하고, 6그루를 식재했을 경우, 적합한 필라이트 자루의 부피는 30L나 45L에 비해 35L 혹은 40L였다.

3. 자루재배용 배양액 관리 시스템에 적합한 제어법 구축

시간제어법과 일사량제어법을 비교한 실험과 시간제어법에서 관수시간대를 달리한 실험을 수행하여 적절한 배양액 공급법을 구명하였다. 두 제어법 모두 배액안정성은 높지 않아 조정이 필요한 것으로 나타났으며, 일사량제어법과 시간제어를 병용하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

4. 점적핀 위치에 따른 점적관 관리법 확립

필라이트 자루재배시 적절한 점적핀 위치를 구명하고자 2회에 걸쳐 실험하였다. 실험 처리는 점적 핀 위치에 따라 4가지 처리를 두었는데, 필라이트 자루 재배에 대해서는 지제부로부터 5cm 위치에 고정(F5), 15cm 고정(F15), 5cm-15cm로 이동(M5-15)의 3처리 구를 두었으

며, 대조구로 관행의 베드 재배(Control)를 두었으며, 점적핀은 5cm 위치에 고정했다. M5-15 처리 구에서는 정식한지 35일 후인 12월 8일 지체부로부터 5cm에서 15cm 위치로 점적 핀을 이동하였다.

수확량은 F15 처리 구에서 가장 많았으며, M5-15과 Trough가 다음이었고, F5에서 가장 낮았다. 이상의 결과에서, 점적핀은 지체부에서 15cm 정도에 위치시키는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

5. 펠라이트 자루재배시 배액구의 규격 확립

배지 입도분포가 1.2-5mm이고, 규격이 W 340 * L 1,200 * H 150mm (용량 40L)인 자루를 사용한 자루재배에서 배액구를 자루의 한쪽 면에만 개설하는 경우 적정 배액구 개수를 연구한 결과, 배액구의 개수가 1개인 처리와 3개인 처리 사이에 생육차이가 인정되지 않았다. 실제로 펠라이트 자루재배를 할 경우 자루를 몇 작기씩 사용하는데, 배액구를 세군데 개설하는 경우 배액구의 상대적 위치가 작기에 따라 달라지므로, 배액구의 위치가 그루사이이나 그루 직하나 하는 것은 현실에 맞지 않다. 그리고 자루의 사용연한이 다 하면 시설 밖으로 운반해야 하는데, 운반성을 고려하면 배액구를 한군데만 개설하는 것이 효율적이다. 배지 재사용할 경우, 배지를 소독하는 경우가 발생할 수 있는데, 이 경우 배액구를 한군데만 개설하면 이 부분을 위로 올려서 쉽게 소독액을 배지에 포수시켜놓을 수 있는 것도 장점이다.

6. 자루재배용 배양액 관리법 개발

- 타이머 제어에 의한 토마토 펠라이트 자루재배시 적정 관수시간 도출

본 연구에서는 실제 재배되고 있는 토마토의 배지 무게를 일사량이나 배지 내 수분함량 등과 관련지어 측정, 분석함으로써 타이머 제어법의 관수전략을 도출해 내기 위해 수행하였다. 본 실험의 결과, 토마토의 펠라이트 자루재배에서는 생산자의 극한 상황에 따라 하루 1회 관수도 가능한 것으로 나타났다. 그러나 건조일수에 따른 식물의 수분 스트레스는 식물의 생육 단계, 배지 및 일조량 등에 따라 달라지므로 본 실험에 사용한 식물보다 수분흡수량이 많거나 일조량이 많은 경우에는 관수안정성에 변화를 주어야 한다. 본 실험에서와 같은 5단 수확이 끝난 토마토 6그루가 심겨져 있는 40L 크기의 펠라이트 자루의 경우 일일적산일사량이 $1,519\text{W}/\text{m}^2$ 혹은 $796\text{Wh}/\text{m}^2$ 일 때, 관수를 하루에 5회 혹은 10회 타이머를 이용하여 공급할 경우의 적정 시간을 수분흡수량의 시간 대비 적산값을 이용하여 산출했다.

7. 펠라이트 베드재배와 자루재배의 흑한기 및 흑서기 근권온도 변화

흑한기 및 흑서기에 펠라이트 베드재배와 자루재배를 대상으로 근권온도를 제어하여 온도 변화양상을 분석하여 평가한 결과, 재배방식간에 뚜렷하고 일관된 차이를 보이지 않았다. 생육양상이나 수확량 등에서도 일관된 차이를 보이지 못했다. 자루가 베드 방식에 비해 배지의 용적이 적기 때문에 기온의 영향을 많이 받아 일중 온도변화도 크고, 근온제어도 용이하지

않을 것으로 추측되었으나, 실험결과, 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 베드의 경우, 스티로폼 보온이 자기 역할을 하지 못하며, 상부가 밀봉되지 않은 반면, 자루의 경우는 보온자재는 없지만 비닐 밀봉의 효과가 크기 때문인 것으로 판단된다. 또한 배지 위를 식물체가 그늘을 만들어주는 것도 어느 정도 관여한 것으로 사료된다. 따라서 재배시기나 근온 조절의 유무에 관계없이 자루재배는 관행의 베드재배와 차이를 보이지 않는 것으로 판단된다.

8. 펠라이트 자루의 경제적 사용연한 구명

펠라이트 자루재배시 경제적 사용연한을 구명하기 위해서, 3차에 걸쳐 실험을 수행하였다. 1차 실험에서는 신규배지와 1기작 사용한 배지 2처리를 두었으며, 2차 실험에서는 추가로 2기작 사용한 배지를 포함한 3가지 처리를 두었다. 3차 실험에서는 추가로 3기작 사용한 배지를 포함한 4가지 처리를 두었다. 1차 실험, 2차 실험 및 3차 실험 모두에서 식물체는 전체적으로 양호한 생육을 보였으며, 사용회수에 따른 수확량 차이를 찾아볼 수 없었다. 따라서 펠라이트 자루재배에서 자루의 사용연한은 최소한 3기작 한 것까지는 재사용하는데 전혀 문제가 없음을 알 수 있었다. 즉, 펠라이트 자루를 신규로 교체하는 비용에 비해 토마토의 생육이나 수량이 경제적으로 큰 영향을 받지 않아, 4기작까지는 동일한 배지를 사용할 수 있는 것으로 나타났다.

3차 실험에서는 수확종료 후 물 만을 관수함으로써 배지 내 염류집적 변화 상황을 분석하였다. 처리로 수확종료 후 0, 3, 7, 10일간 물만을 관수하였는데, 사용작기가 증가할수록 배지 내 염의 함량이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 또한 물 만을 관수해서는 10일 정도의 기간만으로는 배지 내 염류집적을 해결할 수 없었다.

9. 관수마감시간에 따른 용수이용효율(WUE) 및 비료이용효율(FUE) 증대

일중 관수마감시간을 달리해서 WUE 및 FUE를 높이는 실험을 수행한 결과, 상품수량은 일몰 1시간 전 및 2시간 전에서 가장 많았고, 4시간 전에서 가장 낮았으며, 단위 상품수량당 용수사용량과 비료사용량은 일몰마감 1시간 전 처리구에서 가장 높았고, 3시간 전 처리구에서 가장 낮았다. 따라서 용수 및 비료 절감을 고려하는 경우에도 일몰 4시간 전에 관수를 중단하는 것은 바람직하지 않으며, 3시간 전에 마감하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

10. 저온기 펠라이트 자루재배시 배지의 최적 온도조절 방법 구명

저온기 펠라이트 자루재배시 배지의 최적 온도조절 방법을 구명하기 위해서, 최저 근권 온도를 15℃로 고정하는 처리구, 13℃로 유지하다가 일출 1시간 전부터 일출 1시간 후까지 2시간 동안은 온도를 15℃로 올렸다가 그 이후에는 13℃로 유지하는 처리구, 13℃로 유지하다가 일출 2시간 전부터 일출 2시간 후까지 4시간 동안은 온도를 15℃로 올렸다가 그 이후에는 13℃로 유지하는 처리구 및 온도 제어를 하지 않는 무처리의 4 가지를 두고 실험하였다. 근권 온도 처리별 토마토 수확량을 비교한 결과, 가온처리구에서 무처리구에 비해 수확량이 많았

으나, 가온 처리구간에는 유의차가 없었다. 당도는 처리간 차이가 인정되지 않았다. 따라서 연료비를 절감하는 방안의 한 가지로 시간에 따라 가온 설정을 달리하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

11. 자루재배의 경제성 분석

필라이트 재배시 베드방식과 자루방식의 설치 및 철거에 소요되는 비용을 조사한 결과, 철거시 총노동 투하시간은 자루방식에서는 1416, 베드방식에서는 4070초로, 3.5배나 차이를 나타냈다. 구성 작업별로 보면, 필라이트 철거에 소요되는 시간이 베드방식에서 월등히 많았다. 온실외부로 반출하는 작업에서는 베드방식이 자루방식에 비하여 138% 과다 소요되었으며, 베드철거 및 반출에서 베드방식이 129% 추가 노동투하시간이 더 들어갔다. 베드재배 방식은 경제적이지 않을 뿐만 아니라, 재배적인 측면에서나 사회적인 측면에서도 바람직하지 않다.

12. 자루재배 기술교육자료 작성

토마토 필라이트 자루재배에 관한 연구들에서 얻어진 결과와 관련 자료들을 종합하여 현장에서 사용가능한 기술교육자료를 작성하였다. 25쪽 분량의 이 자료는 현장에서 재배 지침으로 사용되고 있다.

13. 필라이트 자루재배 현지 실증시험

현장 실증시험은 크게 3개소에서 이루어졌다. 첫 번째 실증시험은 평택시 진위면에 소재하는 농가에서 1500평의 벤로형 유리온실에 일반토마토와 방울토마토를 시험하였다. 두 번째 실증시험은 서산시 성연면에 소재하는 농가 다섯 군데에서 2160평의 플라스틱하우스에 일반 토마토를 시험하였다. 세 번째 실증시험은 평택시 농업기술센터에서 4연동 플라스틱하우스에 일반 토마토와 방울토마토를 시험하였다. 실증시험한 모든 곳에서 필라이트 자루재배의 우수성이 입증되었으며, 평택시 오성면의 농가에도 보급할 예정으로 있다.

여 백

SUMMARY

(영문요약문)

The acreage of hydroponic cultivation in Korea increased sharply in 1990s and was still growing steadily by 780 ha (2,068 households) in 2002. The acreage of perlite culture is 314.3 ha (944 households) with 40% of total hydroponic cultivation area. It shows that perlite culture is the most popular system. It means that the development of perlite culture is directly related to that of hydroponic cultivation. That is the reason why the development of perlite culture should be kept growing. The types of substrate cultures are divided into trough type and bag type. The standardized management in rockwool culture is the reason why it is generally adapted in the world. On the contrary perlite culture, occupying the biggest share in Korea, adopted trough system. The culture system should be changed from trough to bag system to overcome many problems in economical, environmental and technical aspects. This study was conducted to establish perlite bag culture system as well as nutrient management system and to distribute to farmers.

1. Selection of perlite type for perlite bag culture

The perlite particle distribution with the best physical characteristics for tomato perlite bag culture was 1.2-5mm with the ratio of 60% in the particle size bigger than 1.0 mm and 40% in smaller one than 1.0mm. It has easily available water of 30%. The manufactured perlite bag for perlite culture uses all of perlite particles produced from ore and is wrapped by black-and-white polyethylene film with the thickness of 0.1mm..

2. Establishment of appropriate bag volume for perlite bag culture

The appropriate bag volume for tomato perlite culture was 35L or 40L, compared to 30L or 45L in the case that the length was fixed to 120cm and the number of plants were 6 in a bag. Perlite had a particle size distribution of 1.2-5mm and was wrapped by black-and-white polyethylene film.

3. Appropriate nutrient solution control method for perlite bag culture

Appropriate nutrient solution control method for perlite bag culture was investigated by the comparison in control methods of timer and integrated solar radiation sensor and also, by different time schedule controlled by time. Both of control methods needed to be adjusted frequently as drainage were not stable day by day for perlite culture. It is recommended to use integrated solar radiation and timer together to control nutrient

solution satisfactorily.

4. Establishment of dripper position for perlite bag culture

Experiments were conducted twice to elucidate the appropriate dripper position for perlite bag culture. Treatments with different dripper position were as follows; 5cm or 15cm apart from stem base, 5cm apart from stem base at first and moved to 15cm distant from stem base 35 days after transplant for bag culture, and, finally, 5cm apart for trough culture. Yield were the highest in treatment of 15cm apart and the lowest in treatment of 5cm apart. To position dripper 15cm distant from stem base is recommended for tomato perlite bag culture economically.

5. Placement and number of Drainage holes for perlite bag culture

The number of drainage holes for perlite bag culture with different horizontal positions were studied. The used bag has a particle size distribution of 1.2-5mm and its volume was 40L with the dimension of W 340 * L 1,200 * H 150mm. The drainage holes are slitted on one side of bag. The growth of tomato was not different between treatments with the number of holes of 1 or 3. To discuss whether the position of hole is right below the plant stem is useless because the relative position from the stem should be changed by cropping times. To have only one hole per a bag is preferred when it is considered to move used bags outside the greenhouse and to dip disinfectants into bags.

6. Development of nutrient solution management for perlite bag culture

- Elicitation of appropriate irrigation time in time control for tomato perlite bag culture
Irrigation strategy in time control for tomato perlite bag culture was established by analyzing substrate weight and solar radiation intensity. Once a day irrigation frequency is suggested possible in extreme case. More irrigation frequency is safe in the case that plants require more water. The recommended time was calculated by using integrated values of water absorbed to perlite bag of 40L with 6 plants, and set when frequency was 5 or 10 in a day with the daily integrated solar radiation of 796Wh/m².

7. Root temperature in coldest and hottest cultural seasons for trough-type and bag-type perlite culture

Root temperatures were controlled and analyzed in lowest and hottest cultural seasons for trough-type and bag-type perlite culture. There were no significant differences in substrate temperatures, growth and yield between cultural types. The reason was

suggested to be that polystyrene bed could not insulate well and its upper part was uncovered in bed-type culture, whereas thick insulator was not used but thin polyethylene film was efficient to keep heat in bag-type culture.

8. Elucidation of the economical use period of growing bag in perlite bag culture

The experiments were conducted twice to elucidate the economical period for use of growing bag in perlite bag culture. There were no significant differences between new, once-used and twice-used bags. It means that perlite bags can be used for three times when tomatoes are harvested until 5th cluster.

9. Improvement of water and fertilizer use efficiency by the last irrigation time

From the results of experiment varying the last irrigation time to improve water and fertilizer use efficiency, marketable yield was higher in one hour or two hours before sunset, and lowest in four hours before sunset. Water use efficiency and fertilizer use efficiency were highest in three hours before sunset.

10. Appropriate substrate temperature control in winter perlite bag culture

The minimum substrate temperatures were set in 15°C constant, 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise, 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise, and uncontrolled to elucidate the appropriate substrate temperature control method in winter perlite bag culture. From the result of tomato yield, treatments raising the minimum substrate temperature showed higher yield than uncontrolled treatments. The control method changing root temperature was recommended

11. Economic analysis of bag culture

In analyzing costs for installation and removal of cultural system in trough-type and bag-type perlite culture, total labor input for removal was 1416 seconds in bag-type and 4070 seconds in trough-type. Time needed in removal of substrate is especially much longer in trough-type. Trough-type is not economical and even preferable in cultural and social aspects.

12. Manual preparation for perlite bag culture

Results from studies and informations from other articles for tomato perlite bag culture were reviewed and made to the manual for farmers, which is being used in some greenhouses.

13. Verification experiments of perlite bag culture

Verification experiments of perlite bag culture were implemented at three regions. Firstly, common tomato and cherry tomato were cultivated in Venlo-type greenhouse with the acreage of 0.5ha located at Jinwhi-myeon, Pyeongtaek city. Secondly, common tomatoes were cultivated in plastic houses with the acreage of 0.72 ha located at Seongyeon-myeon, Seosan city. Thirdly, common tomato and cherry tomato were cultivated in 4 ridge-connected plastic house of Pyeongtaek-si Agricultural Technology and Research Center. Excellency of perlite bag culture was verified well in every places conducted. A greenhouse located at Oseong-myeon, Pyeongtaek city is, therefore, planning to choose it.

CONTENTS

(영 문 목 차)

Chapter 1. Introduction

Section 1. Necessity of the research project

Section 2. Objective and content of the research

Chapter 2. Research trends in Korea and foreign countries

Chapter 3. Content and result of the research

Section 1. Selection of perlite type for perlite bag culture

Section 2. Establishment of appropriate bag volume for perlite bag culture

Section 3. Appropriate nutrient solution control method for perlite bag culture

Section 4. Establishment of dripper position for perlite bag culture

Section 5. Placement and number of Drainage holes for perlite bag culture

Section 6. Development of nutrient solution management for perlite bag culture

Section 7. Root temperature in coldest and hottest cultural seasons for trough-type and bag-type perlite culture

Section 8. Elucidation of the economical use period of growing bag in perlite bag culture

Section 9. Improvement of water and fertilizer use efficiency by the last irrigation time

Section 10. Appropriate substrate temperature control in winter perlite bag culture

Section 11. Economic analysis of bag culture

Section 12. Manual preparation for perlite bag culture

Section 13. Verification experiments of perlite bag culture

Chapter 4. Achievement of the purpose and contribution for industry

Section 1. Achievement of the purpose

Section 2. Contribution for industry

Chapter 5. Application plans of the results

Chapter 6. Information of new technology obtained overseas during research period

Chapter 7. References

여 백

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

- * 연구개발의 목적, 필요성 및 범위 등을 기술

제 2 장 국내외 기술개발 현황

- * 국내·외 관련분야에 대한 기술개발현황과 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치 등을 기술

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

- * 이론적, 실험적 접근방법, 연구내용, 연구결과를 기술

제1절 증진용 펄라이트 선정 및 생산

제2절 펄라이트 자루재배시 자루의 적정 규격 확립

제3절 자루재배용 배양액 관리 시스템에 적합한 제어법 구축

제4절 점적핀 위치에 따른 점적관 관리법 확립

제5절 펄라이트 자루재배시 배액구의 규격 확립

제6절 자루재배용 배양액 관리법 개발

제7절 펄라이트 베드재배와 자루재배의 흑한기 및 흑서기 근권온도 변화

제8절 펄라이트 자루의 경제적 사용연한 구명

제9절 관수마감시간에 따른 용수이용효율(WUE) 및 비료이용효율(FUE) 증대

제10절 저온기 펄라이트 자루재배시 배지의 최적 온도조절 방법 구명

제11절 자루재배의 경제성 분석

제12절 자루재배 기술교육자료 작성

제13절 펄라이트 자루재배 현지 실증시험

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

- * 연도별 연구목표 및 평가착안점에 입각한 연구개발목표의 달성도 및 관련분야의 기술발전에서의 기여도 등을 기술

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

- * 추가연구의 필요성, 타연구에의 응용, 기업화 추진방안을 기술
- * 연구기획사업 등 사업별 특성에 따라 목차는 변경 가능함

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 7 장 참고문헌

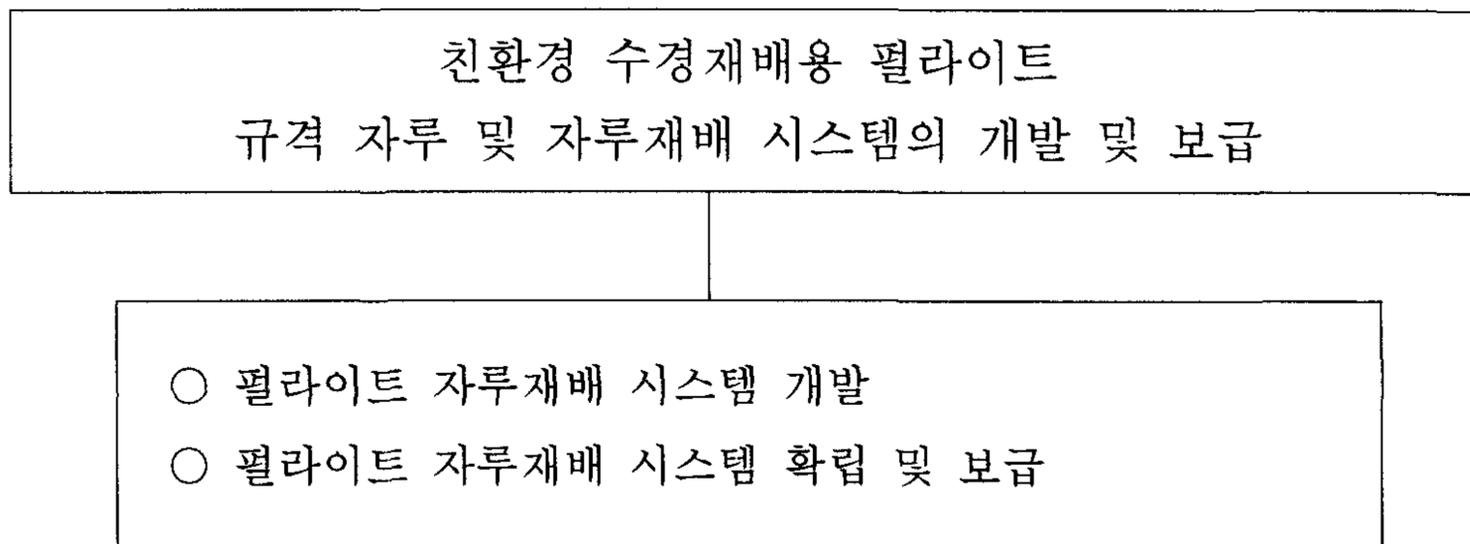
* 보고서 작성시 인용된 모든 참고문헌을 열거

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

우리나라 수경재배 면적은 90년대의 급성장에 이어 2000년에는 1,944호 700ha, '01년 2,008호 736ha, '02년 2,068호 780ha로 꾸준한 성장세가 계속되고 있다. '02년 780ha 중에서 펠라이트 재배는 944농가에 314.3ha에 달하고 있어 전체 수경재배 면적의 40%를 점하고 있는데 이것은 펠라이트 배지경 재배가 수경재배의 가장 보편적인 재배 시스템으로 널리 보급되고 있음을 나타내고 있다. 따라서 펠라이트 재배의 발전은 곧 수경재배 발전을 의미하며, 이에 따라 펠라이트 생산시스템의 지속적 발전이 요구된다.

고형배지경은 베드충진 방식과 자루 방식으로 나뉜다. 암면재배방식이 세계적으로 호응을 얻고 있는 이유는 자루 방식에 의한 표준화된 관리에 있다. 반면에 한국의 수경재배 종류 중 가장 큰 부분을 차지하고 있는 펠라이트 재배는 베드 충진 방식이다. 이 때문에 발생하는 경제적, 환경적, 기술적 문제를 개선하기위해서, 펠라이트 자루 및 자루재배 시스템 규격을 확립 및 보급하고, 펠라이트 자루재배용 배양액 관리 시스템을 확립하는 것을 연구목적으로 한다.



제2절 연구개발의 필요성

펠라이트 재배는 크게 베드충진 방식과 자루 방식으로 나뉜다. 우리나라에서는 베드충진 방식만을 사용하고 있다. 국외에서는 지중해 연안 지역에서 펠라이트 자루 재배가 일반화 되어있다. 북유럽의 과채류 수출 전진기지인 스페인의 경우 75%가 펠라이트, 25%가 암면재배이다. 미국에서도 펠라이트 재배는 자루 재배가 표준이다. 즉, 우리나라 이외에는 농업경쟁력을 갖고 있는 모든 국가에서 펠라이트 재배를 자루 방식으로 행하고 있다.

1) 기술적 측면

- ◇ 펠라이트 재배시 현재의 베드충진 방식은 사용자가 배지를 임의충진 → 재배환경이 불균일 → 표준화된 펠라이트 수경재배 기술 발전을 기대하기 곤란 → 자루 방식에 의한 재배환경 표준화 필요
- ◇ 배양액관리 체계화 미흡에 의해 용수와 비료의 효율적 이용도 낮음 → 자루 방식에 의한 배양액관리 표준화 필요
- 암면재배방식이 세계적으로 호응을 얻고 있는 이유: 자루 방식에 의한 표준화된 관리
- ◇ 베드충진 방식은 일단 생산시스템을 설치하고 나면 베드 내 온도, 공기조성, 양수분 분포 등에 문제가 있어도 이의 해결이 곤란. 작목, 재식거리 등의 변경이 매우 어려워 소비환경에 유연하게 대처하기 어려운 단점 → 자루 방식에 의한 유연성 필요
- ◇ 베드충진 방식은 배지 표면으로부터의 증발이 많아 수직적 양수분 분포가 크게 다름 → 자루 방식에 의한 수분 환경 향상 필요
- ◇ 베드충진 방식은 배지 표면의 비닐 멀칭 유무와 관계없이 조류(Oscillatoria속, Sphaerosystis 등)와 병의 발생이 많음 → 자루 방식에 의한 생산 환경 향상 필요
- ◇ 펠라이트 배지 취급시 시설내 분진 발생 → 온실 및 비닐하우스 내 부착에 의한 투광을 저하 → 생육불량

2) 경제·산업적 측면

- ◇ 베드충진 방식의 경우 300평당 시설 및 자재비가 900만원, 인건비가 300만원 소요됨.
- ◇ 베드충진 방식에 필요한 총 설치비용 1200만원 중에서 286만원의 비용과 시간소모는 자루 재배로 절감 가능.
 - 베드충진 방식에서는 초기 비용 중에서 집액판, 베드, 비닐, 배액관, 방근망 등의 초기 자재 구입비(약 500만원/300평)와 베드 설치작업에 따른 시간소모 및 노동력(60만원/300평)이 많이 필요 → 설치비 및 노동력 절감이 가능한 자루 방법 필요
 - 베드충진 방식에서는 베드 설치후 배지 충진 작업에 시간과 노동력이 많이 필요(약 34만원/300평) → 노동력 절감에 의한 경제성 확보 필요

표 1. 펠라이트 베드 자재 및 설치 비용 (원/10a)

| 구 분 | 펠라이트 관행시스템 | 자루재배 |
|-------------------|------------|----------|
| 스티로폼 베드 | 1,193,396 | 0 |
| 흑백필름 | 415,094 | 0 |
| 망사 | 202,358 | 0 |
| 부직포 | 290,566 | 0 |
| 파라트(100L)/자루(40L) | 1,867,924 | 2,650,00 |
| 벤치제작/집액판 | 1,698,000 | 500,000 |
| 베드충진노력비 | 342,000 | 0 |
| 소 계 | 6,009,338 | 3,150,00 |
| | | 0 |

표 2. 펠라이트 재배 시스템의 벤치 자재 및 설치비 (10a 기준)

| 품명 | 수량 | 단가 | 금액 |
|-----------------|--------|---------|------------|
| 파이프 (22mm/1.2T) | 200본 | 4,300원 | 860,000원 |
| 조리개 (22mm) | 1,000개 | 60원 | 60,000원 |
| T고정구 (22mm) | 500개 | 120원 | 60,000원 |
| 연결핀 (22mm) | 150개 | 120원 | 18,000원 |
| 잡자재 | | | 100,000원 |
| 인건비 | 10인 | 60,000원 | 600,000원 |
| 합 계 | | | 1,698,000원 |

표 3. 펠라이트 재배 시스템 공사 인건비 (10a 기준)

| |
|--|
| 1. 평당 인건비 : 10,000원 |
| 2. 300평 기준 인건비 : 300평 X 10,000원 = 3,000,000원 |
| 3. 공사내역별 인건비 |
| - 양액 공급시설 : 6인 X 60,000원 = 360,000원 |
| - 관수배관시설 : 9인 X 60,000원 = 540,000원 |
| - 베드시설 : 19인 X 60,000원 = 1,140,000원 |
| - 배수시설 : 6인 X 60,000원 = 360,000원 |
| - 벤치시설 : 10인 X 60,000원 = 600,000원 |

◇ 베드충진 방식에서는 배지 사용후 회수 작업에 시간과 노동력이 많이 필요. 펠라이트 배

지 폐기시 베드에서 자루로 배지를 옮기는 비용만 372,000원/300평 → 노동력 절감에 의한 경제성 확보 필요

◇ 펄라이트 배지 취급시 시설내 분진 발생 → 온실 및 비닐하우스 내 부착에 의한 투광을 저하 → 살수처리에 의해 노동투하 부담 유발

◇ 베드충진 방식에서는 대용량(100 리터) 비닐봉지의 펄라이트를 베드에 충진하는 과정에서 일정 부분의 배지 손실이 발생(약 5%로 추산) → 배지 손실 절감에 의한 경제성 확보 필요

◇ 일본, 중국 등 주변 경쟁국의 미도입 → 동북아시아의 선점권(이니셔티브) 확보 필요

◇ 국내의 경우 1970년대 후반부터 펄라이트 생산이 시작되어 현재 4개 업체가 펄라이트의 1차 생산에 관여하고 있으나 최근 수경재배용 펄라이트의 소비가 둔화돼 가고 있음 → 21세기 농업인에게 각광을 받는 펄라이트 재배 방식을 개발할 필요가 큼.

3) 사회·문화적 측면

◇ 농촌의 노령화로 베드충진 방식에서 사용되는 100 리터 비닐봉지는 베드 충진시 취급이 어려움 → 소포장 용기 필요

◇ 베드충진 방식에서는 수작업이 많아 생산자의 중노동을 요구 → 재배의 간결화 및 공정화에 의한 생산자 삶의 질 향상 필요.

◇ 베드충진 방식에서는 배지 충진 및 폐기시 분진이 많이 발생 → 환경 부담 및 작업자에 위해 → 과학적 친환경 생산 방식 필요

◇ 펄라이트 배지 취급시 발생하는 분진은 호흡기 질환 유발 가능성을 내포하여 3D업종으로 분류되어 노동투입 인력 구난,

◇ 배지 이외에도 여러 가지 공업 자재 필요 → 제작 및 사용후 환경부담 발생(현재 단순 폐기함) → 환경친화적 생산 방식 필요

제3절 연구개발의 범위

1. 1차년도(2003)

내용: 펄라이트 자루재배 시스템 규격의 설계 및 구현 범위

충진용 펄라이트 선정 및 실증시험

자루의 적정 규격 simulation 및 실증시험

자루재배용 배양액 관리 시스템 설계 및 pilot system 구축

2. 2차년도(2004)

내용: 펄라이트 자루재배 시스템 관리법 설계 및 구현

범위

자루내 수직 및 수평적 수분분포 연구
점적관 설치 및 배액구의 규격 확립
자루재배용 배양액 관리법 simulation 및 개발
자루의 최적 온도조절 방법 구명
필라이트 자루의 경제적 사용연한 구명

3. 3차년도(2005)

내용: 필라이트 자루재배 시스템 확립 및 보급

범위

WUE(용수이용효율) 및 FUE(비료이용효율)을 높이기 위한 배양액 관리법 simulation 및 개발
자루의 경제적 온도조절 방법 구명
자루의 적정 규격 확립
자루재배의 경쟁력 분석
기술교육자료 작성
농가 실증 시험

제 2 장 국내외 기술개발 현황

* 국내·외 관련분야에 대한 기술개발현황과 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치 등을 기술

외국의 경우 자루 방식이 일반화되어 있는 만큼 연구도 많이 이루어져 있다. 자루재배시 배지의 물리성은 재료의 종류, 구성재료 입자의 크기, 용기의 모양과 크기, 충전시의 진압정도, 수분상태 등 여러 가지 요인들에 의해 달라지는 것으로 밝혀져 있다. 펄라이트 자루재배에서는 자루 하부에 자유 배양액이 고여 있는 한, 작물에 의해 소모되는 배양액이 모세관 현상에 의해 충분히 상부로 올라가기 때문에 항상 안정된 수분분포곡선을 가지고 있는 것으로도 연구되었다. 단, 겨울철 온도가 온화하고 강수량이 적은 그리스 등의 지중해 연안 국가에서 활발히 연구되고 있어 한국과는 다른 재배 조건에서의 연구들이다. 일반적인 자루 규격은 길이 1.2m, 부피 40리터이며 여러 변형이 존재한다. 미국에서는 노지 재배에 펄라이트 자루재배를 이용하는 연구가 행해지고 있다. 이들 국가의 특성상 현재는 버림식 자루재배를 주로 연구하고 있어 순환식 시스템을 대상으로 한 연구가 수행되어야 한다.

국내에서 주로 이루어지고 있는 연구는 베드충진 방식이다. 자루 방식과 관련해서는 이용범 등이 1993년, 이용호 등이 1996년, 김경제 등이 2000년과 2003년에 연구결과를 발표하였는데, 주로 혼합배지에 관련된 것으로 자루재배법의 개발에는 미치지 못하였다. 즉, 자루재배의 경제성을 중요시 여기기는 하였으나, 연구가 실제로 성장분석에 머물러 경제성을 고려하지 않았으며, 배지의 종류나 양의 차이에 따라 급액관리가 바뀌어야 함에도 불구하고 관수체계에 대한 사항을 고려하지 않았다. 배지의 양에 관해서는 부피뿐만 아니라 깊이나 폭도 중요하며, 이 경우 길이를 재식거리와 함께 고려해야 하는 점도 간과되었다. 배지의 선택에는 성장뿐만 아니라 배지의 취급, 가격, 재배기간 중의 변화 등도 고려해야 하는 점도 연구되지 못하였다. 또한, 자루 시스템에서 매우 중요한 배액구, 배지 종류, 재식간격을 고려한 배지량 등의 연구에는 접근하지 못하였다.

김덕호 등이 2000년 질소비료 연구에 자루 방식을 사용하였으나, 본격적인 연구는 이루어지지 못했다. 본 연구의 책임자인 김영식은 펄라이트의 용기재배를 대상으로 배양액관리, 자동제어 등의 연구를 5년 이상 행해 온 결과, 자루재배에서는 단순한 배지의 양이나 종류만을 대상으로 하는 것보다, 경제성을 고려한 제어법과 배양액관리가 동시에 개발되어야 한다는 결론에 도달했으며, 국내의 경우 자루의 제품화를 고려한 연구는 아직 시행된 바 없다.

본 연구를 수행한 결과, 단순히 연구에 그치지 않고, 그 결과가 연구기간이 종료되기 이전에 이미 생산현장에 도입 시도됨으로써 국내 기술개발 및 보급에 독보적인 성과를 가져왔다. 도입한 농가들이 다음 작기에도 개발 기술을 계속 도입하기를 희망하고 있어 성과의 지속성도 좋은 것으로 나타났다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

* 이론적, 실험적 접근방법, 연구내용, 연구결과를 기술

제1절 충전용 펄라이트 선정 및 생산

1. 서언

우리나라의 수경재배면적은 90년대 급성장에 이어 2001년에는 2,008호 736ha, '04년 2,176호 847ha로 증가하고 있으며 이중 펄라이트 배지경 재배는 823농가 304.8ha로 36%를 점유하고 있다(RDA, 2005).

현재 국내에서 이루어지고 있는 펄라이트 배지경 재배는 베드충진 방식을 사용하고 있으며 사용자가 배지를 임의충진 함으로써 재배환경이 농가마다 다르므로 표준화된 펄라이트 수경재배 기술 발전을 기대하기 곤란한 실정이며, 이에 따른 배양액관리 체계화 미흡에 의해 용수와 비료의 효율적 이용도가 낮으므로 자루 방식에 의한 표준화로 재배환경의 균일화와 배양액 관리의 체계화가 필요하다. 또한, 베드충진 방식의 재배에서는 베드 설치 및 배지 충전 작업에 과도한 시간과 경비가 많이 투입되며, 악성 노동력이 많이 소요되고 있어 자루 방식에 의한 표준화로 재배시설 설치작업 시간과 경비, 악성 노동력 절감의 효과가 크므로 개선할 필요가 있다. 현재, 유럽과 미국에서는 배지의 종류에 관계없이 자루재배가 표준인 사실이 한국에 자루재배를 도입해야 할 필요성을 암시하고 있다.

펄라이트 자루재배에서는 자루 하부에 자유 배양액이 고여 있는 한, 작물에 의해 소모되는 배양액이 모세관 현상에 의해 충분히 상부로 올라가기 때문에 항상 안정된 수분분포 곡선을 가지고 있는 장점이 있기 때문에(Hall 등, 1989) 자루 하단부에서 일정 높이의 위치에 배액구를 만드는 것이 일반적이다.

작물의 생육은 배지의 물리성, 화학성 및 미생물적 특성에 많은 영향을 받는데 물리성은 재료의 종류, 구성재료 입자의 크기, 용기의 모양과 크기, 충전시의 진압정도, 수분상태 등 여러 가지 요인들에 의해 달라진다(Milks 등, 1989; Nelson, 1991).

따라서 본 실험에서는 국내·외에서 생산 가능한 펄라이트의 특성을 조사하여 제품 생산성 및 경제성을 고려한 펄라이트의 적정 입경 및 밀도 범위 설정과 자루 충전 용으로 적합한 펄라이트를 개발하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

토마토 자루재배 충전용 펄라이트의 적정 입도분포를 구명하기 위해서 두 가지 실험을 수행했다.

첫 번째 실험은 자루재배에 적합한 펄라이트 배지의 선발을 위하여 입도분포가 다른 7가지 배지를 대상으로 물리화학적 특성 및 수분특성을 조사했다. 조사한 배지는 국내 시판용 펄라이트 배지 5종류 및 Spain의 대표적 펄라이트 회사인 Agroperl 및 Otavi의 자루용 제품 각각

1종류였다(Table 1). Agroperl 및 Otavi의 자루용 제품의 특성은 Table 2와 같다. 입도 분포 및 수율 조사를 위해 조사 대상 perlite를 15리터씩 수집한 후, ROTAP-II sieve shaker(Model RX-94-1, W.S. Tyler, USA)로 분류하여 입도 분포 및 수율을 조사했다. 이용된 sieve는 미국 표준규격 번호 3(직경 5.6mm), 5(4mm), 7(2.8mm), 14(1.0mm), 25(710 μ m), 35(500 μ m), 45(335 μ m), 60(250 μ m), 80(180 μ m) 및 140(106 μ m) 등 13단계였다. 입경분포 조사는 Bilderback과 Fonteno(1993)의 방법에 따라 수행하였다. 펄라이트의 수분특성 등 물리성 분석은 Choi 등(1997)의 방법에 따라 행했다.

Table 1. Types of perlites for test.

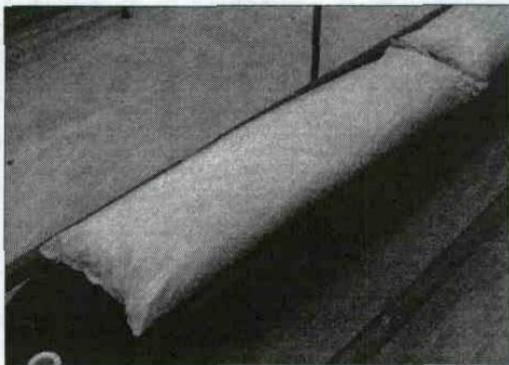
| Label | Product name | Maker |
|-------|--------------------------------------|-----------------|
| S-1 | New | Gungon(Korea) |
| S-2 | Greento-hydroponic(for seedling) | Gungon(Korea) |
| S-3 | Greento-pera103(for seedling) | Gungon(Korea) |
| S-4 | Parat No. 2(for hydroponic culture) | Samson(Korea) |
| S-5 | Parat No. 1(for hydroponic culture) | Samson(Korea) |
| S-6 | OTAVI(for hydroponic culture) | Otavi(Spain) |
| S-7 | Agroperl B-3(for hydroponic culture) | Agroperl(Spain) |

Table 2. Specifications of Spanish perlite bags.

| Item | Agroperl(B-3) | OTAVI |
|-------------------------|---------------|-------|
| Circumference (cm) | 67.6 | 69 |
| Length (cm) | 124 | 110 |
| Width (cm) | 21.4 | 23.0 |
| Internal length (cm) | 122.2 | 108.8 |
| Product weight (kg) | 4.4 | 3.35 |
| Perlite weight (kg) | 4.25 | 3.25 |
| PE weight (kg) | 0.15 | 0.1 |
| Bag volume (L) | 38.95 | 40.45 |
| PE width (mm) | 0.15 | 0.1 |
| Perlite volume (L) | 31.1 | 26.6 |
| Specific gravity (kg/L) | 0.144 | 0.114 |

| | | |
|-------------------------|-------|-------|
| Volumetric density (kg) | 0.137 | 0.12 |
| Water in bag (%) | 5.56 | 0 |
| pH | 8.8 | 8.8 |
| EC(mS/cm) | 0.098 | 0.088 |

Fig. 1은 시험 제작한 국내 펄라이트 자루와 외국의 시판 펄라이트 자루의 외관을 비교한 사진이다.



Perlite bags used for the experiment

Spanish perlite bags

Fig. 1. Comparison of external appearance on perlite bags used for the experiment and Spanish perlite bags.

두 번째 실험은 물리적 특성을 조사한 7가지 배지 중에서 물리적 특성이 다른 국내 시판용 2가지 배지와 새롭게 제작한 배지에 대하여 재배 적응성을 평가하기 위해서 수행되었다. 본 시험은 경기도농업기술원의 벤로형 유리온실에서 2004년에 실시하였다. 재배 작물로는 완숙 토마토 로꾸산마루(사카타종묘, 일본)를 사용하였으며, 펄라이트 입도분포가 다른 3가지 배지, S-1(1.2~5mm)과 대립인 S-2(0.15~5mm), 소립인 S-3(1~3mm)로 펄라이트 자루를 제작하여 사용하였다. S-1은 새롭게 시험제작한 배지이며, S-2와 S-3은 국내 수경재배용 시판 펄라이트 배지이다. 시험구 배치는 완전임의배치 4반복이었으며, 반복당 5개체씩을 사용했고 한 자루당 6그루를 식재했다. 자루 규격은 길이 120× 폭 34cm(배지량 40 리터, 흑백비닐 두께 0.1mm)였다.

식재부위에 점적관을 설치하고, 정식 하루 전 배지를 배양액으로 포수하였다. 정식 직전에 배액 흡을 자루 하부에서 3cm 위에 수평방향으로 5cm 크기로 그루사이에, 자루 당 3군데에 만들었다. 강광을 회피하여 3월29일 오후 4시경 정식하고, 배액될 때까지 충분히 관수하였다. 시험구 배치는 완전임의배치 4반복으로 5단 적심 외대가꾸기 재배하였다. 실험 중 관수는 06-16시 사이에 적산일사량(ISR: Integrated solar radiation)에 의해 행했다. 단, 5월11일부터

는 10시 및 14시에 타이머로 급액하고 그 이외의 시간에는 ISR에 의해 급액 하였다. ISR에 의해 급액 할 경우 ISR 설정값 및 급액지속시간은 배액율이 20% 정도가 되도록 생육단계에 따라 달리했다. 배양액은 Yamazaki 토마토 전용 배양액이었으며, 배양액의 공급은 자동 공급 장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하였다. 공급 배양액의 pH는 6.0, EC는 $1.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이었으며 배액의 pH는 7.56, EC는 $1.12\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이었다. 일사량은 SONDA Radiacion solar(Sistemas electronics progres SA, Spain) 센서를 사용하여 측정하였다. 배지와 배액량은 저울 센서(SB series, CAS, Korea)에 매달아 무게를 측정하였으며, multi-channel static amplifier(AI-1600, CAS, Korea)를 통해 컴퓨터에 저장하였다.

토마토는 5단 재배하였고 측지는 5cm 이하에서 제거했으며, 화방당 착과수는 조절하지 않았다. 줄기는 양쪽으로 V자 형태로 외줄 유인하였고 착과를 위해 정식 초기에 토마토란을 살포하였으며 후기에는 나투벌을 투입하여 수정시켰다. 수확은 1주일에 1~2회 실시하였으며 수확종료 화방 이하는 적엽하였다. 생육조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2003)에 따라 조사하였고 수량은 상품과중, 열과, 당도, 100g 이하 소형과, 기형과, 상품수량을 조사하였다. 통계 처리에는 SAS 통계패키지를 이용하였다.

2004년 8월 7일 하루 전에 관수를 중단한 펄라이트 자루에 식물체 지상부를 제거하고 지제부를 종으로 관통하여 절단한 후 Acetate orcein 염색약을 절단한 면으로 부터 30cm 위치에서 소형 스프레이분무기를 사용해 전체적으로 골고루 살포하여 뿌리 세포와 1시간 동안 반응시킨 후 분사노즐(에어스프레이건)을 사용하여 절단면의 30cm 전면에서 perlite 입자가 절단면에서 떨어지지 않도록 주의하면서 물로 세척하여 반응을 멈추게 한 후 디지털 카메라로 촬영하고 image acquisition program (i-Solution, Korea)으로 분석하여 뿌리분포를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 펄라이트 특성

펄라이트는 진주암, 흑요암 또는 이에 준하는 석질을 갖는 암석을 분쇄한 후 소성 팽창시켜 제조한 것으로 국가기술표준원이 입도에 의해 펄라이트를 구분(KSSN, 2001)하고 있다 (Table 3). 이 중에서 수경재배용으로 사용하고 있는 것은 0.6-2.5 및 1.2-5의 범주에 해당하는 것으로 조사되었다.

Table 3. Classification of particle size in perlite by Korean Standards.

| Classification | Particle size distribution |
|----------------|-----------------------------------|
| 0.3 less than | 0.3mm > particle size 60% over |
| 0.15-0.6 | 0.15-0.6mm particle size 60% over |
| 0.3-1.2 | 0.3-1.2mm particle size 60% over |
| 0.6-2.5 | 0.6-2.5mm particle size 60% over |
| 1.2-5 | 1.2-5mm particle size 60% over |
| 2.5-10 | 2.5-10mm particle size 60% over |

바람직한 배지는 적정 보수성과 통기성을 가진 것이어야 한다. 이를 위해 입도분포를 조사한 결과(Table 4), 수경재배에 사용되는 펄라이트는 1.0mm 이상의 입자가 47.8% 이상, 1mm 이하의 입자가 52.2% 이하를 점유하는 것으로 조사되었다. 제품별로는 큰 차이를 보였는데, S-1, S-2 및 S-5에서는 1.0-2.8mm의 입자가 39.82%, 35.81% 및 55.45% 이었고, 2.8mm 이상의 입자가 57.56%, 62.07% 및 40.33%로 비교적 고르게 분포하였다. S-3, S-4, S-6 및 S-7에서는 1.0-2.8mm의 입자가 84.66%, 58.67%, 32.11% 및 41.75% 이었고, 2.8mm 이상의 입자가 8.85%, 8.84%, 15.73% 및 22.26%로 비교적 대립이 적게 분포하였다. 특히, S-4, S-6 및 S-7은 1mm 이하의 입자가 많이 분포하였다.

Table 4. Distribution (%) of particle sizes in the different types of perlites for testing.

| Particle size distribution | S-1 | S-2 | S-3 | S-4 | S-5 | S-6 | S-7 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| > 5.6 mm | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0 |
| 5.6 ~ 4.0 mm | 16.22 | 9.99 | 0 | 0.23 | 0.21 | 3.77 | 4.13 |
| 4.0 ~ 2.8 mm | 41.34 | 52.08 | 8.85 | 8.61 | 40.12 | 11.71 | 18.13 |
| 2.8 ~ 2.0 mm | 24.62 | 31.51 | 58.56 | 21.81 | 41.45 | 11.43 | 16.05 |
| 2.0 ~ 1.4 mm | 10.86 | 3.97 | 21.25 | 15.55 | 10.08 | 11.15 | 14.45 |
| 1.4 ~ 1.0 mm | 4.34 | 0.33 | 4.85 | 21.31 | 3.92 | 9.53 | 11.25 |
| Particles larger than 1.0 mm | 97.48 | 97.88 | 93.51 | 67.51 | 95.78 | 47.84 | 64.01 |
| 1.0 ~ 0.71 mm | 0.69 | 0.21 | 1.09 | 15.29 | 1.34 | 7.75 | 8.53 |
| 710 ~ 500 μ m | 0.56 | 0.22 | 0.56 | 13.51 | 0.98 | 9.25 | 8.77 |
| 500 ~ 335 μ m | 0.31 | 0.29 | 0.55 | 2.65 | 0.72 | 7.75 | 9.41 |
| 335 ~ 300 μ m | 0.23 | 0.17 | 0.17 | 0.14 | 0.08 | 0.20 | 0.13 |
| 300 ~ 250 μ m | 0.12 | 0.37 | 0.33 | 0.28 | 0.22 | 7.85 | 0.99 |
| 250 ~ 180 μ m | 0.11 | 0.41 | 0.49 | 0.14 | 0.28 | 12.37 | 3.05 |
| 180 ~ 150 μ m | 0.14 | 0.13 | 0.15 | 0.10 | 0.14 | 3.03 | 0.13 |
| 150 ~ 106 μ m | 0.14 | 0.17 | 0.86 | 0.17 | 0.24 | 2.03 | 2.21 |
| < 106 μ m | 0.22 | 0.15 | 2.29 | 0.21 | 0.22 | 1.93 | 2.77 |
| Particles smaller than 1.0mm | 2.52 | 2.12 | 6.49 | 32.49 | 4.22 | 52.16 | 35.99 |

화학적 특성은 SiO_2 70~78%, Al_2O_3 11~14%, Fe_2O_3 0.5~2.0%, Na_2O_3 2.0~5.0%, K_2O 1.0~4.0%, CaO 0.2~2.0%, pH 6~8 등으로 나타났다.

배지별 물리적 특성을 조사한 결과(Table 5), 공극률은 59~62% 정도로 제품간 큰 차이를 보이지 않았다. 용기용수량은 S-2에서 27.7%로 낮은 것을 제외하고는 35~40% 사이의 수치를 나타내었다. 이는 총공극량과 용기용수량 사이에는 큰 상관성이 존재하지 않는 것을 시사한다. Poiseuille's law에 의하면 모세관에서의 물 이동속도는 입자 반지름의 4승에 비례하므로

자루 내 입도분포는 매우 중요한 인자이다. 또한 펄라이트 재배시 배지 하부로 갈수록 산소는 감소, 이산화탄소와 에틸렌은 증가하는 경향을 보이는데, 분석한 배지의 경우는 산소농도 5.4%, CO₂농도 8.7%, ethylene농도 $8.3 \times 10^{-5}\%$ 정도 이었다. 기상은 모든 배지에서 20% 이상으로 나타났다. 배지에서 겉보기 자유공간(apparent free space, AFP)이 10% 이상이면 산소가 식물생육의 제한요인이 되지 않으므로(Bunt, 1988) 모든 펄라이트 배지에서 산소부족의 염려는 없는 것으로 나타났다. 단, 이산화탄소의 용해도는 산소의 25배이므로 이산화탄소의 원활한 배출을 위해서도 보수력이 생육제한인자가 아닌 한은 입도가 큰 것이 좋은 것으로 사료된다. 가비중(부피비중)과 진비중에는 큰 차이가 없었으나, S-3, S-6 및 S-7이 낮은 경향을 보였다(Table 5). 용기용수량이 작은 배지는 높은 기상 비율을 나타냈는데 기상율의 증가는 식물재배 시 토양통기성을 좋게 하여 작물생육에 바람직하며 모든 제품에서 액상 및 기상은 적정 범위 안에 있었다. 총 함수량도 용기용수량과 유사한 경향을 나타냈다(Table 5).

Table 5. Physical properties of various expanded perlites for testing.

| Substrate | TP ^z (% vol.) | CC ^y (% vol.) | AS ^x (% vol.) | Bulk density (g·cm ⁻³) | Particle density (g·cm ⁻³) | Total water (g H ₂ O/ 347.5cm ³) | Water retention (g H ₂ O/cm ³) |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|--|---|
| S-1 | 60.99 | 40.37 | 20.61 | 2.04 | 5.22 | 140.3 | 0.403 |
| S-2 | 62.08 | 27.74 | 34.34 | 2.04 | 5.39 | 96.4 | 0.277 |
| S-3 | 59.57 | 35.98 | 23.60 | 4.98 | 2.01 | 125.0 | 0.360 |
| S-4 | 59.00 | 36.94 | 22.06 | 2.00 | 4.89 | 128.4 | 0.369 |
| S-5 | 62.20 | 34.87 | 27.34 | 2.08 | 5.51 | 121.2 | 0.349 |
| S-6 | 59.12 | 38.69 | 20.43 | 1.95 | 4.76 | 134.5 | 0.387 |
| S-7 | 58.96 | 36.61 | 22.35 | 2.00 | 4.86 | 127.2 | 0.366 |

^zTP: total porosity, ^yCC: container capacity, ^xAS: air space.

펄라이트를 pressure plate extractor를 사용하여 0, 0.37, 4.90, 9.81 및 1,470kPa의 수분장력 하에서 잔존하는 수분량을 측정하였다(Fig. 2). 모두 0kPa에서는 약 60% 정도의 수분을 보유하였으나 4.90kPa에서 급격히 감소하였고, 9.81kPa까지 감소한 후 1,470kPa까지는 유사한 수준을 유지하였다. 제품별로는 S-2에서 급격히 잔존하는 수분 함량이 감소하였다. Gabriëls 등 (1986)과 Verdonck와 Penninck(1986)은 용기용수량부터 50cm(4.90kPa)의 토양 수분장력에 존

재하는 수분을 쉽게 이용될 수 있는 수분(easily available water)이라고 하였고, 50cm(4.90kPa)부터 100cm(9.81kPa)까지의 토양 수분장력 하에 존재하는 수분을 완충수(buffering water)라고 하였다. 그리고 1.5MPa에 존재하는 것은 무효수(unavailable water, UAW)라고 하였다. 본 연구에서 배지 종류에 관계없이 4.90kPa에서 존재하는 수분이 많지 않았는데, 이는 모든 배지에서 식물이 쉽게 흡수할 수 있는 수분 양이 많음을 시사한다.

Verdonck와 Penninck(1986)은 배지 내에 존재하는 공극을 30-300 μ m의 입자간 공극(inter-aggregate pores)과 10-30 μ m의 입자내 공극(intra-aggregate pore)으로 구분하였다. 그들은 배지를 구성하는 입자의 직경이 작아질수록 입자간 공극이 작게 형성되어 수분 보유량이 증가하나 배지의 구성입자에 강하게 흡착되어 식물이 흡수할 수 있는 유효수의 양이 감소함을 지적한 바 있다. Table 4에 나타낸 바와 같이 작은 입자가 많은 제품이 보수성이 높되 유효수 감소의 원인이 된다고 판단되었다. 작은 입자들이 갖는 강한 모세관력에 의해 많은 수분을 보유하더라도, 결국 높은 모세관력 때문에 무효수의 양이 증가하게 되는데 특히 작은 입자가 극히 적은 제품에서 무효수의 양이 매우 적게 나타났다.

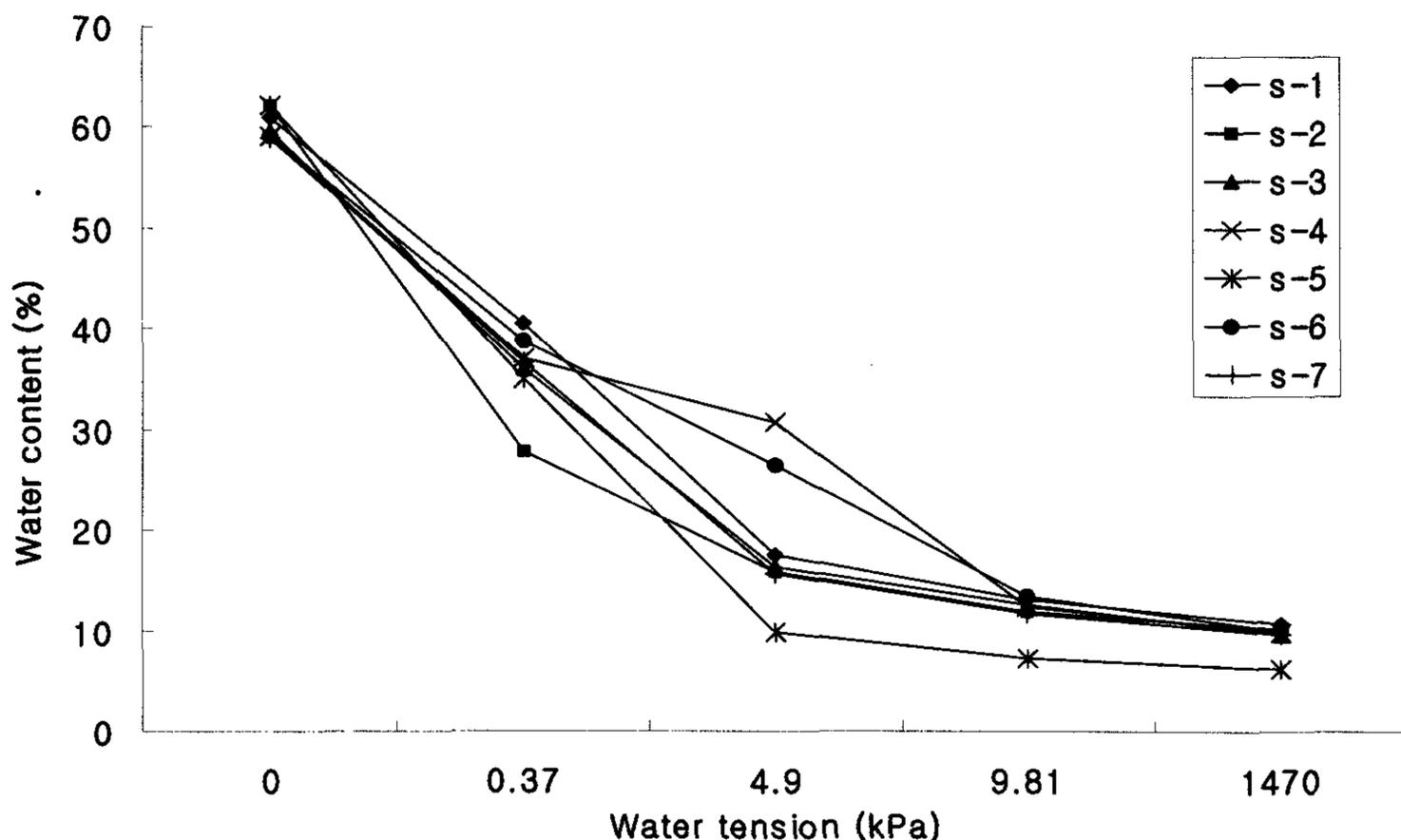


Fig. 2. Moisture retention - Water content curve of various perlite types.

배지별 고유 특성 중 입도분포의 결과만을 고려할 때 S-4, S-6, S-7에서 보수성이 높고 토양 통기성이 낮을 것으로 예상되었다. 수분특성 등의 물리적 성질을 고려할 때 S-2는 보수성이 낮은 것으로 나타났다. 재배 중에 물리화학성이 변하는 것을 고려해서 배지를 선정해야 하는데, 펄라이트의 경우 안정성이 뛰어난 점을 고려하여 S-2 이외의 배지들은 사용상 문제가 없을 것으로 판단되었다.

2) 토마토 재배 적응성 평가

펄라이트는 재배 도중 입자가 부서질 수 있으며(Willumsen, 1993), 중력 등에 의해 다져 지거나, 특히 작은 입자들은 자루 내에서 하부로 이동할 수 있고(Marfa 등, 1992), 자루 내에서의 물리적 성질은 재배기간에 따라 달라질 수 있다(Orozco 와 Marfa, 1995). 배지의 수분 보유력은 뿌리발달에 따라 증가하고 건조의 반복 등에 의해 변화된다(Wever 등, 2004). 그러므로 배지 고유의 물리적 특성만을 이용하여 실제 재배에 사용하는 것에는 어려움이 따른다. 이에 따라 첫 번째 실험에서 얻은 물리적 특성을 바탕으로 7가지 배지 중에서 물리적 특성이 다른 국내 시판용 2가지 배지와 새롭게 제작한 배지에 대하여 재배 적응성을 평가하였다. 사용한 펄라이트는 새롭게 개발한 S-1(1.2~5mm)과 대립인 S-2(0.15~5mm), 소립인 S-3(1~3mm)이었다.

생육일수에 따라 일사량과 급액량 및 배액율을 조사한 결과, 배지간에 일정한 경향을 발견하기 어려웠으며, 처리 간에 급액 및 배액의 차이는 인정되지 않았다 (Fig. 2).

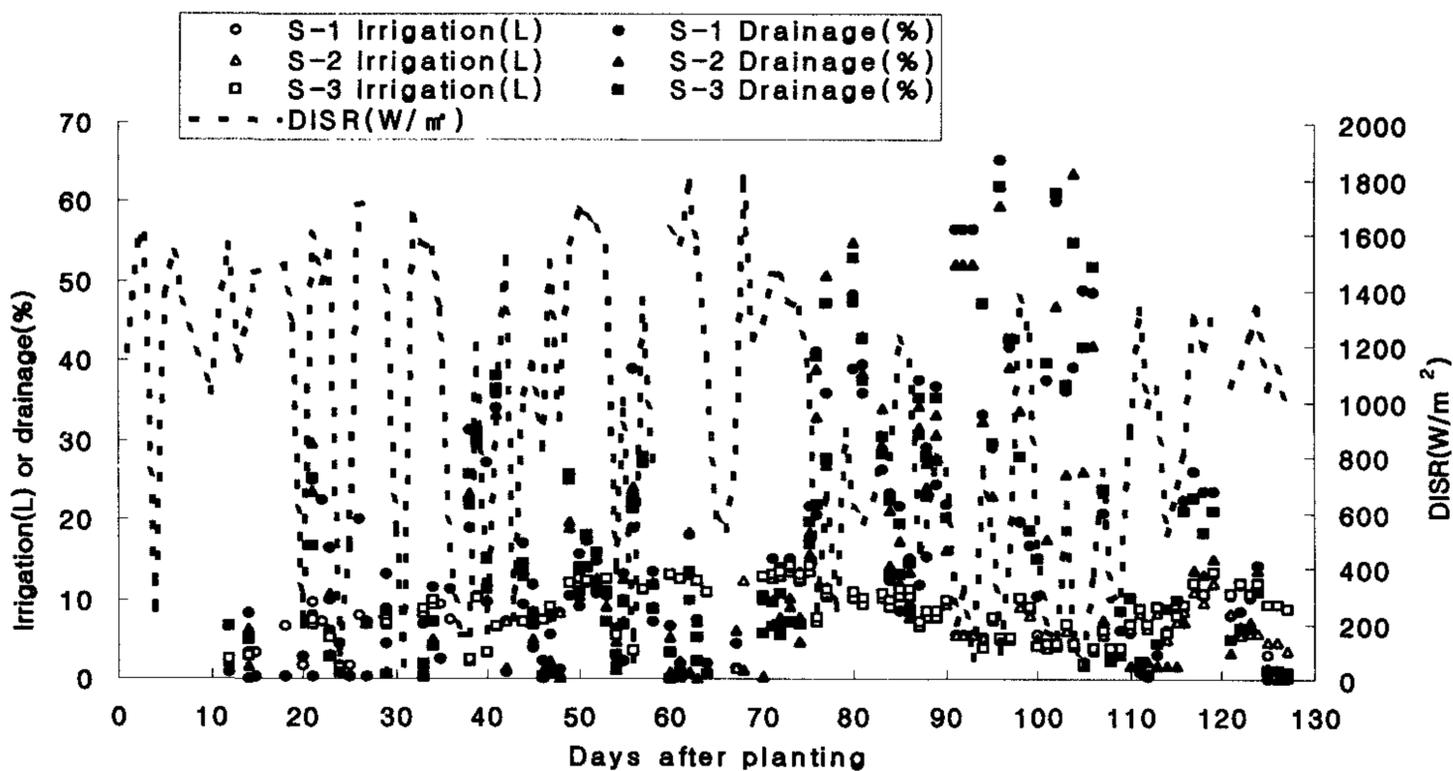


Fig. 3. Amounts of irrigation and drainage by daily integrated solar radiation of different perlite types in tomato perlite bag culture.

일일적산일사량에 따른 급액량과 배액율을 조사한 결과, 배지 종류에 관계없이 일일적산일사량에 비례해서 급액량은 증가하고, 배액율은 반비례하는 경향을 나타냈다(Fig. 4).

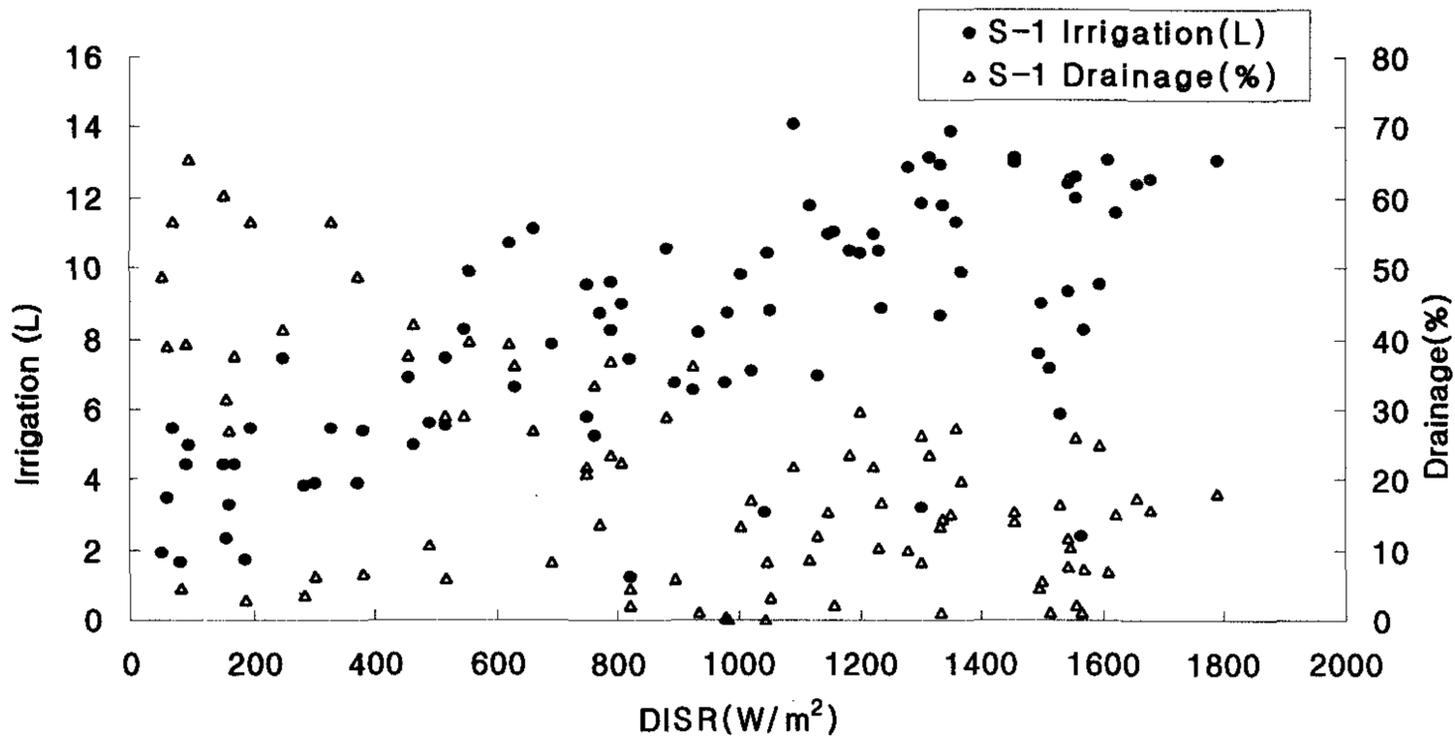


Fig. 4. Relation between irrigation and drainage by DISR(daily integrated solar radiation) in tomato perlite bag culture using S-1 substrate.

배지 종류별 자루단면의 뿌리분포를 나타낸 결과(Fig. 5), S-1과 S-2에서 S-3에 비해 뿌리 분포량이 많은 것으로 나타났다. 이는 공극이 큰 대립입자가 많은 배지에서 식물체의 뿌리 생장이 왕성했기 때문인 것으로 생각된다.

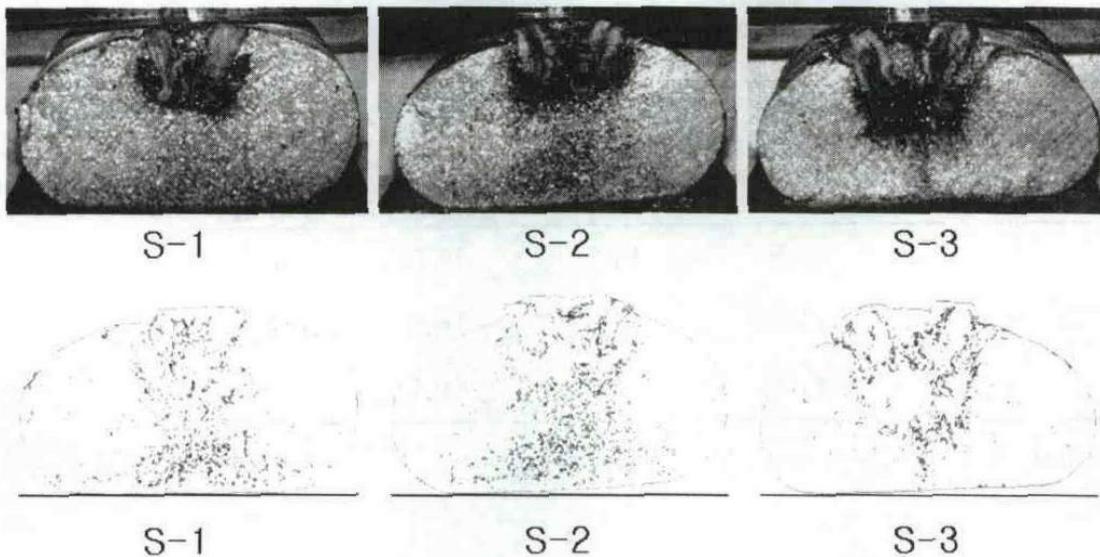


Fig 5. Distribution of root mass on the cross section of perlite bag. The upper pictures were taken after roots were stained and the lower images show root distribution analyzed by the image acquisition program.

펄라이트 배지 입도분포의 모든 처리에서 생육은 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 6). 수량은 S-1(입도1.2~5mm) 처리가 다른 처리에 비해 총수량과 상품수량이 각각 8,628kg/10a, 7,759kg/10a으로 다소 높았다(Table 7). 과실 당도는 처리 간 차이가 없이 4.9~5.1°Brix 수준이었으며, 소형과와 기형과는 S-3에 비해 S-1과 S-2에서 비교적 적게 나왔다.

공시한 펄라이트 배지는 물리적 성질에 차이가 있음에도 불구하고 모두 자루재배용으로 사용가능한 것으로 나타났다. 3그룹을 식재한 30L 크기의 펄라이트 자루에서 토마토를 재배 실험한 기존의 보고(Hitchon 등, 1991)에서도 세립, 중립, 및 조립으로 입자분포가 서로 다르더라도 수확량에 차이가 없었는데, 이는 펄라이트가 물리성이 서로 다르더라도 수분함량이 충분하고 통기성이 전체적으로 양호하기 때문이다. 근권 온도 안정성 및 관수 안정성 등에 따라 자루재배에 적합한 입도분포에 차이가 있을 수 있겠으나 이상의 연구결과를 볼 때, 입도분포가 1.2-5mm인 것이 약간이나마 더 나은 것으로 나타났다.

Table 6. Growth characteristics of tomato in perlite bag culture with the different particle sizes.

| Perlite particle size ^z | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Fresh weight (g/plant) |
|------------------------------------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|------------------------|
| S-1 | 159 | 43.5 | 44.2 | 18.0 | 857 |
| S-2 | 149 | 41.7 | 42.6 | 16.6 | 867 |
| S-3 | 161 | 41.9 | 44.7 | 19.1 | 989 |

^z S-1(Ø1.2~5mm), S-2(Ø0.15~5mm), S-3(Ø1~3mm)

Table 7. Yield and fruit quality of tomato in perlite bag culture with the different particle sizes.

| Perlite particle size ^z | Total yield (g/Plant) | Marketable yield (g/Plant) | Small fruit ^y (g/Plant) | Malformed fruit (g/Plant) | Sugar contents (°Brix) |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| S-1 | 9,145 ^x a | 8,515 a | 409 b | 222 b | 4.9 |
| S-2 | 8,470 b | 7,930 b | 318 c | 221 b | 5.1 |
| S-3 | 8,961 a | 7,902 b | 472 a | 586 a | 5.0 |

^z S-1(Ø1.2~5mm), S-2(Ø0.15~5mm), S-3(Ø1~3mm)

^y Small fruit : fruit weight under 100g

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

펄라이트 자루용 배지를 생산하는 첫 번째 단계는 사용하는 원석의 선택에 있다. 국내 생산 펄라이트를 조사한 결과 중국 및 몽골에서 원석을 수입하는 것이 가장 경제적이었으며, 중국산은 지역에 따른 수입원가에 차이가 없었다. 단, 하남성 등의 중국산은 팽창율이 0.13인데 반해, 내몽골산은 팽창율이 0.18로 높아 진비중이 적고 생산단가가 저렴하고 보수성이 높아 개발 원석으로 사용하는 것이 적합한 것으로 조사되었다. 분말의 유무에 대해 조사한 결과, 펄라이트 자루재배를 행하고 있는 유럽의 경우, 경제적인 이유에 따라 분말을 포함하는 것이 일반적인 것으로 나타나, 개발하는 배지도 제품수율에 의한 경제성(생산성)을 위해 분말을 제거하지 않기로 1차 결정하였다. 입도분포가 넓은 것은 입자가 불균일하여 자루 하단부에 가는 것이 쌓이고 따라서 수분보유량이 많으며, 겨울에 추우면 배지 하단 부분이 너무 차서 뿌리가 다치기 쉽기 때문에 특히 겨울재배가 어려울 수 있다는 염려가 있다. 따라서 균일

한 것을 사용하는 것이 좋지만 가격 문제 때문에 선별하지 않되, 향후 온도 실험을 통하여 개선 및 확립해 갈 필요가 있다. 또한 자루 내 장소에 따른 양수분 차이 정도에 따라서 배지 입도의 변화 및 관수주기 등이 결정될 수 있는데, 향후 연구를 통하여 이를 확립해 가도록 할 계획이다

이상의 연구결과에 의해 다음과 같은 배지를 선정하였으며, 자루를 제작하여 실제 생산, 사용하였다.

원석 채광 장소: 내몽골

입도분포: 1.2-5mm (1.0 mm 이상 60%, 이하 40%)

easily available water: 30%

제품수율: 100%

피복재: 흑백PE필름, 비닐두께 0.1mm

4. 인 용 문 헌

- Bilderback, T.E. and W.C. Fonteno. 1993. Improving nutrient and moisture retention in pine bark substrate with rockwool and compost combinations. *Acta Hort.* 342:265-272.
- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman, London. pp.1-61.
- Choi, J.M., J.W. Ahn, J.H. Ku, and Y.B. Lee. 1997. Effect of medium composition on physical properties of soil and seedling growth of red pepper in plug system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:618-624.
- Gabriëls, R., O. Verdonck, and O. Meekers. 1986. Substrate requirements for pot plants in recirculating water culture. *Acta Hort.* 178:93-100.
- Hall, D.A., R.A.K. Szmids and G.M. Hitchon. 1989. Glasshouse crop production in inert rooting media. *Aspects of Applied Biology* 22:333-339.
- Hitchon, G.M., D.A. Hall, and R.A.K. Szmids. 1991. Hydroponic production of glasshouse tomatoes in Sardinian plaster-grade perlite. *Acta Hort.* 287:261-266.
- Klute, A. 1986. Water retention: laboratory methods, p. 635-662. In: A. Klute (ed.). *Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods.* Soil Sci. Soc. of Amer. Inc., Publisher. Madison, Wisconsin USA.
- Korea Standards Service Network(KSSN). 2001. KS F 3701 Perlite. Seoul, Korea.(in Korean)
- Machado, R.M.A., M.R.G. Oliveira, and C.A.M. Portas. 2000. Effect of drip irrigation and fertilization on tomato rooting patterns. *Acta Hort.* 537:313-320.
- Marfa, O., A. Martinez, R. Orozco, L. Serrano, and F.X. Martinez. 1992. The use of

fine-grade perlites in lettuce bag cultures. II Physical properties, rheologic effects and productivity. *Acta Hort.* 342:339-348.

Milks, R.R., W.C. Fonteno, and R.A. Larson. 1989. Hydrology of horticultural substrate: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:57-61.

Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operations and management. 4th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA. pp. 171-207.

Orozco, R. and O. Marfa. 1995. Granulometric alteration, air-entry potential and hydraulic conductivity in perlites used in soilless cultures. *Acta Hort.* 408:147-161.

Rural Development Administration(RDA). 2003. Survey standard of agriculture experiment. Suwon, Korea.

Rural Development Administration(RDA). 2005. Hydroponic culture dissemination present status 2004. Suwon, Korea.

Verdonck, O. and R. Penninck. 1986. Air content in horticultural substrate. *Acta Hort.* 178:101-105.

Wever, G., J.S. Nowak, O.M. De Sousa Oliveira, and A. van Winkel. 2004. Determination of hydraulic conductivity in growing media. *Acta Hort.* 648:135-143.

Willumsen, J. 1993. Assessment of fluctuations in water and air contents of pot substrates during plant growth. *Acta Hort.* 342:371-378.

제2절 펄라이트 자루재배시 자루의 적정 규격 확립

1. 서언

유럽이나 아메리카에서는 고품배지경의 경우 자루재배가 일반적이다(Olympios, 1992). 펄라이트 자루재배를 위해서는 작물, 사용 배지의 종류, 자루의 부피와 규격이 정해져야 한다. 토마토의 경우, 배지의 종류로는 이전의 연구 결과 입도분포가 1.2-5mm인 것이 식물생장이나 경제성에서 뛰어난 것으로 나타났다(Sim, et al., 2006).

뿌리의 양은 작물의 생리 및 생장에 영향을 미치므로(Bar-Tal et al., 1994; Peterson et al., 1991), 뿌리의 양을 한정하는 자루재배의 경우, 자루의 부피 또한 영향을 미친다(이용범 등, 1993; 이용호 등, 1996). 자루의 부피에 관한 기존의 연구결과를 보면, Xu와 Kafkafi(2001)는 착색단고추에서 perlite의 용적을 9, 18, 33L로 했을 경우 33L가 좋았다고 보고했으며, 그 이유는 뿌리용적의 제한과 근권온도 차이를 들었다. 김학현 등(1998)은 방울토마토의 경우 펄라이트 배지량을 3, 6, 및 9L로 할 경우 식물당 6L로 하는 것이 9L보다 경제적인 것으로 추천했다. 방순배(2001) 등은 토마토를 팽화왕겨와 피트모스를 9:1(v/v)로 혼합한 4, 6, 8, 10L 크기의 자루에서 재배한 결과, 4L 이외에는 생육에 장애가 없는 것으로 발표했다. 김경제 등

(2002)은 착색단고추를 훈탄과 펄라이트를 1:1(v/v)로 혼합한 자루재배에서 재배한 결과, 그루당 4 혹은 6L 보다는 8 혹은 10L가 좋은 것으로 보고했다. 토마토의 펄라이트 자루재배에 관한 연구로는 자루당 2그루씩 식재할 경우, 식물체당 9.0, 12.5 및 16 L 중에서는 차이가 없어 식물체당 9L로 충분하다는 보고가 있다(Navrogiannopoulos and Papadakis, 1987). Hall 등(1989)은 그루당 6.7과 10L를 비교했을 때 차이가 없었다고 보고했다. 한편, 유럽에서는 Agroperl(B-3)이 38.95L, OTAVI가 40.45L를 사용하고 있는 등 상용 자루인 경우 33 - 41L 사이에서 배지량에 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 연구결과로 보았을 때, 적정 배지량은 작물에 따라 상이함은 물론, 배지 종류, 배양액 농도나 관수방법에 따라서도 다를 수 있다. 급액빈도, 배지공극 크기, 배지량 사이에는 상호보완성이 존재한다. 입자가 굵을수록 배지 내 절대수분함량이 적어지므로(Marfa et al., 1998), 급액빈도를 늘리거나, 배지량을 많게 하거나 하는 것이 우선적으로 요구된다. 단, 배지의 절대량이 적어지면 뿌리발달이 제한되고, 급액 안정성이 떨어지므로 적정 배지량은 우선적으로 정해져야 한다. 배지의 통기성 및 수분이동은 뿌리 밀도가 높아감에 따라 저하되는데, 이 경우 관수빈도를 높여도 배지량이 적을 경우 불충분할 수 있다(Bar-Tal et al., 1994). 또한 배지량에 어느 정도의 허용 범위가 있는 지를 규명할 필요가 있다.

본 연구에서는 새롭게 개발된 펄라이트 배지를 대상으로 토마토의 생산성 및 재식거리를 고려한 펄라이트 재배용 자루의 적정 부피 및 규격을 구명하기 위해서 행해졌다.

2. 재료 및 방법

Spain, Italy, Greece 등 펄라이트 자루재배를 보급한 국가를 방문하거나 외국의 전문가의 협조를 받아 외국 자루 제품의 특성 자료 및 자루재배 운용방식을 benchmarking 하였다. 시판 제품 중에서 가장 시장점유율이 높은 Otavi 및 Agroperl사 제품을 구하여 이들의 특성을 조사했다.

펄라이트 종류별 실험을 통해 자루재배에 적합할 것으로 판단된 펄라이트(입도분포 1.2-5mm)를 충전한 30 (V30), 35 (V35), 40 (V40), 45 (V45) 리터 크기의 자루를 전문 생산업체에 의뢰, 제작하여 실험에 사용하였다. 각각의 둘레는 60, 64, 68, 72cm였으며, 배치했을 때 폭은 약간씩 차이를 보였으나, 30, 32, 34, 36 cm였다. 다. 길이는 120cm (흑백비닐 두께 0.1mm)로 같았다.

공시 토마토의 품종은 로꾸산마루 (사카타종묘, 일본)이었다. 각 처리는 2반복 했으며, 반복당 5 자루를 사용했다. 자루당 6그루를 식재했다. 식재부위에 점적관을 설치하고, 정식 하루 전 배지를 배양액으로 포수하였다. 정식 직전에 배액 홈을 자루 하부에서 3cm 위에 수평방향으로 5cm 크기로 그루사이에 만들되, 자루 당 3군데에 만들었다. 강광을 회피하여 오후 4시경 정식하고, 배액될 때까지 충분히 관수하였다 (350mL). 실험 중 관수는 06 - 16시 사이에 ISR에 의해 행했다. 단, 5월11일부터는 10시 및 14시에 타이머로 급액하고 그 이외의 시간에는 ISR로 급액하였다. ISR로 급액할 경우 ISR 설정값 및 급액지속시간은 배액율이 20% 정

도가 되도록 생육단계에 따라 달리했다. 배양액 조성은 Yamazaki 배양액이었으며, 배양액의 공급은 자동공급장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하였다. 공급 배양액의 pH는 5.2-6.2, EC는 1.3이었다. 배액의 pH는 4.39-9.31, EC는 0.63-2.29이었다.

토마토는 5단 재배하였다. 측지는 5cm 이하에서 제거하도록 노력했으며, 화방당 착과수는 조절하지 않았다. 하우스 파이프를 이용한 사각 유인 틀을 설치하여 줄기를 양쪽으로 V자 형태로 외줄 유인하였다. 수정은 정식 초기에 토마토란을 살포하였으며 후기에는 나투벌을 투입하여 수정하였다. 수확은 1주일에 1~2회 실시 하였다. 수확종료 화방 이하는 적엽하여 통풍을 좋게 하도록 했다. 조사항목은 급액량, 배액량, 배액율, 일사량, 생장특성 및 과실특성 등이었다. 생육조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2003)에 따라 5단화방 수확종료 시 및 10월 6일에 조사하였고, 수량은 상품과중, 열과, 당도, 100g 이하 소형과, 기형과, 상품 수량을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 외국 자루 제품의 특성 자료 수집 및 분석

유럽에서 일반적으로 사용하고 있는 자루의 길이는 1-1.5m 이며 1.2m가 표준이었다. 부피는 30-60리터이며 주로 40리터였다. 자루의 직경은 20-30cm 이었다. 자루길이 80cm에 3그루 식재하는 경우도 있었다. 모든 규격은 사용하는 작물과 재식밀도에 따라 선택할 수 있게 운용되고 있었다. 유럽에서 가장 많이 사용되고 있는 제품 2가지를 직접 국내로 들여와 조사한 특성은 다음과 같다(Table 1). 각 배지의 물리적 성질은 이 전의 실험에서 보고하였다(Sim, et al., 2006).

Table 1. Characteristics of typical commercial perlite bags used in Europe.

| Product name | Agroperl(B-3) | OTAVI |
|--|---------------|-------|
| Circumference of bag (cm) | 67.6 | 69 |
| Length of bag (cm) | 124 | 110 |
| Semicircumference of bag (cm) | 33.6 | 36.1 |
| Inside length of bag (cm) | 122.2 | 108.8 |
| Weight of product (kg) | 4.4 | 3.35 |
| Weight of perlite (kg) | 4.25 | 3.25 |
| Calculated potential volume of bag (L) | 44.58 | 45.68 |
| Real volume of bag (L) | 38.95 | 40.45 |
| Cover thickness (mm) | 0.15 | 0.1 |
| Volume of perlite (L) | 31.1 | 26.6 |

| | | |
|------------------------------|-------|-------|
| Weight of 1L of perlite (kg) | 0.144 | 0.114 |
| Volumetric density (kg) | 0.137 | 0.12 |
| % water | 5.56 | 0 |
| pH | 8.8 | 8.8 |
| EC(mS/cm) | 0.098 | 0.088 |

2) 주간과의 상관성에 기초한 자루의 적정 규격 simulation

토마토를 재배할 경우 재식간격을 20cm로 하여 교호 유인할 경우와 30cm 혹은 40cm로 하여 한 방향으로 유인할 경우를 모두 고려한다면, 자루의 길이를 120cm로 하여 6주 혹은 3-4주를 식재하는 것이 재식밀도에 탄력성을 주어 바람직한 것으로 판단했다. 자루의 길이를 100cm로 하면, 사용 배지의 계산 등에는 유리하나, 식재에 어려움이 있는 것으로 사료되었다.

3) 1일 최대 양수분 흡수량 및 배지의 함수율에 근거한 그루당 적정 부피 simulation

그루당 배지량을 많게 하고, 물과 양분을 충분히 주면 재배 안정성도 높고 생육은 좋다. 그러나 경제적으로는 한정 지어야 한다. 토마토의 1일 최대 양수분 흡수량은 3L까지 되며, 1일 최대관수 횟수를 7회로 할 경우, 그루당 배지 내 0.43L의 수분을 공급해야 한다. 개발된 펄라이트의 유효수분함량은 30% 정도인데(Sim, et al., 2006), 유효수분함량의 1/2 선에서 급액한다면 배지의 15%가 0.43L여야 하므로 3L의 배지가 필요하다. 뿌리의 용적은 1L까지 되므로 배지 공간은 4L정도가 되어야 한다. 배양액의 균일도 등을 고려해서 30%의 공간허용오차를 감안할 경우 배지량은 5L 이상이 되어야 한다. 자루당 6그루를 식재할 경우 30L 이상이 필요하다. 1일 최대관수 횟수를 5회로 할 경우, 그루당 배지량은 6L 정도 이상이 필요하다.

관수량에 따라 추정된 최저 배지량인 30, 35L를 포함하여 배지량을 30, 35, 40, 45L로 하여 배지 내 함수율 변화를 연구한 결과, 낮에는 급격하게 배지의 무게가 감소하는 반면 오후 6시 이후부터 다음날 오전 7시까지의 무게의 변화를 크게 보이지 않았다(결과 생략). 이것은 오후 6시부터는 필요한 수분의 양이 거의 없는 것으로 여겨져 여름재배시에 오후 6시 이전까지만 급액을 해주어도 무방할 것으로 사료되었다. 또한, 배지량이 적을수록 함수율 변화가 커서, 생육최성기를 감안하여 실제 적정 배지량을 설정해야 할 것으로 나타났으며, 실증실험을 통하여 재배 안정성과 경제성 등을 고려한 배지량을 설정했다.

4) 자루의 적정 규격 실증시험

4가지 자루 부피 30, 35, 40 및 45 L에서 토마토를 재배한 결과, 처리 간에 큰 차이 없이 배액율 변화가 심하게 일어났다(Fig. 1). 본 실험에서의 관수제어는 적산일사량에 의해 이루어졌는데, 적산일사량에 의한 급액제어는 작물의 수분흡수량과 일사량과의 상관관계를 이용하여 적산일사량이 일정수준에 도달하면 급액이 이루어지도록 하는 방법(Choi, et al., 2001)

으로 타이머제어 급액보다 식물의 생리적인 면을 고려한 방법이지만 식물체의 증산량 관여 인자 중 식물의 활력과 증기압포차를 고려하지 않아 수분의 과부족이나 급액지연 등의 문제가 있다는 이전 연구결과(Kim and Kim, 2004; Lorenzo et al., 1998)를 뒷받침하는 것으로, 실험 중 관수지속시간과 적산일사량을 계속 조정해야 하는 문제를 가져왔다. 적산일사량에 의한 제어가 신뢰받을 수 있기 위해서는 배액율이 일정하거나, 배액율을 일일적산일사량으로 나눈 값의 표준편차가 매우 커야 한다. 본 실험에서는 35 및 40L 처리구의 표준편차가 0.087 및 0.090으로, 30 및 45 L 처리구의 표준편차 0.071 및 0.076 보다는 높았으나, 전체적으로 매우 작아서 제어 신뢰도가 낮았다.

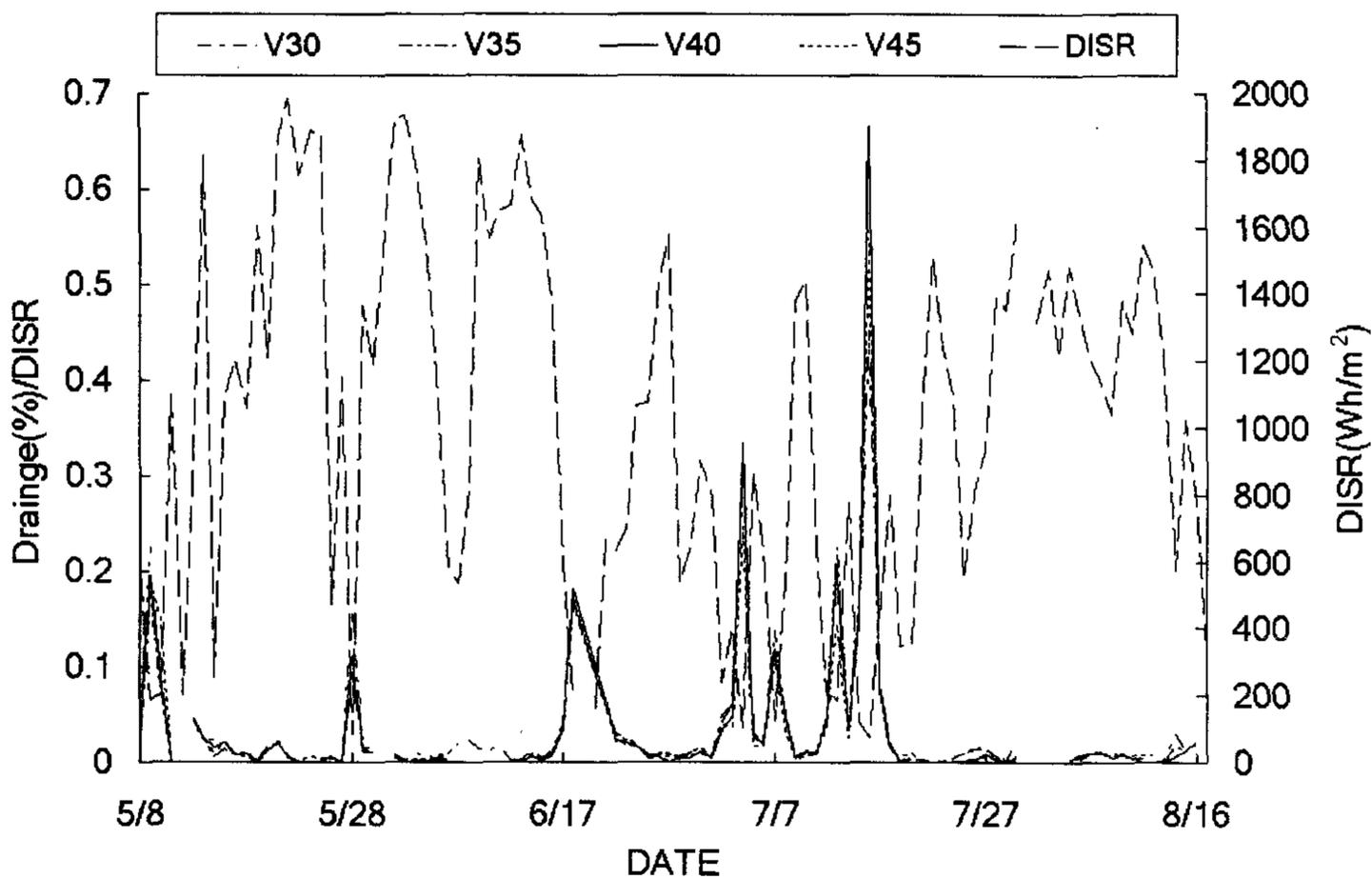


Fig. 7. Drainage(%) / DISR in the different volume of perlite bag. V30: substrate volume is 30L.

토마토의 생육은 배지 부피에 관계없이 매우 양호하였다(Table 2, 3). 따라서 펄라이트 자루재배의 경우, 6그루당 배지량은 30-45L의 넓은 허용범위를 가지는 것으로 판단되었다. 수확량은 45L 처리구에서 가장 많았으나, 반대로 변형과와 소과의 수도 많았다(Table 4). 30L 처리구에서 수확량도 적었고, 변형과나 소과의 비율도 높아서 배지량이 적을수록 생산량이 감소하는 경향을 나타냈다. 이상의 결과에서 배지량이 많을수록, 비용부담이 증가하고, 각종 노동부담도 증가하므로, 상품과, 변형과, 소과 등을 고려하면 35L나 40L 배지를 사용하는 것이 안정

성 및 경제성에서 바람직한 것으로 사료되었다. 단, 환경이나 재배방법 등에 따라 허용범위 안에서 최적의 배지량이 달라질 수 있으므로 이에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 사료되었다.

Table 2. The growth characteristics of tomato in the different volume of perlite bag.

| Substrate volume(L) | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) |
|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| V30 | 281 | 38.8 | 36.9 | 13.5 |
| V35 | 288 | 38.9 | 37.3 | 13.2 |
| V40 | 288 | 39.8 | 36.3 | 13.2 |
| V45 | 288 | 38.7 | 37.4 | 13.9 |

Table 3. The growth characteristics of tomato in the different volume of perlite bag.

| Substrate volume(L) | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Fresh weight (g/plant) |
|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|------------------------|
| V30 | 420 | 42.0 a | 37.7 b | 15.1 | 1036 |
| V35 | 407 | 41.1 a | 40.6 a | 15.2 | 1021 |
| V40 | 414 | 42.1 a | 40.4 a | 15.1 | 1035 |
| V45 | 407 | 39.1 b | 37.9 b | 15.6 | 1068 |

* DMRT at 5% level

Table 4. Yield and quality of tomato fruits in the different volume of perlite bag.

| Substrate volume(L) | Total yield (kg/Plant) | Marketable yield (kg/Plant) | Malformed fruit (kg/Plant) | Small fruit 100g> (kg/Plant) | Brix (°Bx) | Index (%) |
|---------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------|-----------|
| V30 | 5.850 c | 5.729 c | 0.121 a | 0.446 b | 5.0 | 98% |
| V35 | 5.916 b | 5.869 b | 0.047 c | 0.393 c | 5.0 | 99% |
| V40 | 5.898 b | 5.828 b | 0.070 b | 0.616 a | 4.9 | 99% |
| V45 | 6.389 a | 6.299 a | 0.090 b | 0.484 b | 4.8 | 99% |

* DMRT at 5% level

4. 인 용 문 헌

- Bang, S.B., S.J. Jeon, B.J. Ham, K.H. Kim, and B.C. Jeong. 2001. Effect of substrate amount on tomato yield in bag culture system of the nutrient solution culture. Spring Conference of KSHS. p.53.
- Bar-Tal, A., A. Feigin, I. Rylski, and E. Pressman. 1994. Effects of root pruning and N-NO₃ solution concentration on nutrient uptake and transpiration of tomato plants. *Sci. Hort*(1). 58:77-90.
- Bar-Tal, A., A. Feigin, I. Rylski, E. Pressman. 1994. Effects of root pruning and N-NO₃ solution concentration on tomato plant growth and fruit yield. *Sci. Hort.* 58(1):91-103.
- Choi, E.Y., Y.B. Lee, and J.Y. Kim. 2001. Determination of total integrated solar radiation range for the optimal absorption by plant in different substrates. *Kor. J. Soc. Hort. Sci.* 42(3):271-274.
- Hall, D.A., G.M. Hitchon, and R.A.K. Szmidt. 1989. *Proceedings 7th Int. Congr. Soilless culture.* ISOSC, Wageningen, p. 177-183.
- Kim, H.H., U.R. Im, H.K. Lee, Y.K. Min, I.K. Ham. 1998. Effect of perlite volume in hydroponics on the growth and yield of cherry tomato. A Temporary Meeting and 1998 Fall Conference / Abstracts 56, *Kor. J. Hort. Sci. Tech.* 16(3):428.
- Kim, H.J. and Y.S. Kim. 2004. Evaluation of Irrigation System by Balance and Integrated Solar Radiation on the Fruit Quality of Muskmelon in Closed Perlite Culture System. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 45(3):127-130.
- Kim, G.J., I.S. Woo, J.H. Kim, K.S. Jeon, S.O. Yu, and J.H. Bae. 2002. Investigation of optimum substrate volume for bag culture of sweet pepper (*Capsicum annuum*) in

- hydroponics. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43(6):677-680.
- Lee, E.H., J.W. Lee, S.J. Kwon, Y.I. Nam, I.H. Cho, and Y.S. Kwon. 1996. Effect of Substrates on Growth and Yield of Hydroponically Grown Cucumber in Bag Culture. Journal of Bio-Environment Control 5(1):15-22.
- 이용범, 박권우, 노미영, 채의석, 박소홍, 김수현. 1993. 자루재배용 배지종류가 토마토 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향. J. Bio. Fac. Env. 2(1):37-45.
- Lorenzo, P., E. Medrano and M.C. Sanchez-Guerrero. 1998. Greenhouse crop transpiration-an implement to soilless irrigation management. Acta Hort. 458:113-119.
- Marfa, O., R. Save, C. Biel, M. Cohen, and R. Llado. 1998. Substrate hydraulic conductivity as a parameter for irrigation of carnation soilless culture. Acta Hort. 458:65-74.
- Navrogiannopoulos, G.N. and J.G. Papadakis. 1987. The effect of bag size on tomatoes in bags of perlite. Soilless culture 3(2):71-76.
- Olympios, C.M. 1992. Soilless media under protected cultivation rockwool, peat, perlite and other substrates. Acta Hort. 323:215-234.
- Peterson, T.A, M.D. Reinsel, and D.T. Krizek. 1991. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. 'Better Bush') plant response to root restriction. II. Root respiration and ethylene generation. J. Exp. Bot. 42:1241-1249.
- Rural Development Administration(RDA). 2003. Survey standard of agriculture experiment. Suwon, Korea.
- Sim, S.Y., S.Y. Lee, S.W. Lee, M.W. Seo, J.W. Lim, S.J. Kim, and Y.S. Kim 2006. Desirable particle size distribution of perlite for tomato bag culture. J. Bio. Fac. Env. (in press)
- Xu, G. and U. Kafkafi. 2001. Nutrient supply and container size effects on flowering, fruiting, assimilate allocation, and water relations of sweet pepper. Acta 554:113-120.

제 3 절 자루재배용 배양액 관리 시스템에 적합한 제어법 구축

- 펄라이트 자루재배의 관수제어법으로서의 일사량 제어법과 시간 제어법 구축

1. 서언

국제적으로 현재 자루재배에서 사용하고 있는 배양액 급액법은 시간 제어, 일사량 제어, 배액량제어, 중량제어 및 복합제어 등이다. 최근에는 현장에서 적절한 제어법을 단독 혹은 복합적으로 선택하여 적용시키는 방향으로 발전하고 있다. 배양액 관리에서 priority는 급액에 두는 경우도 있으며, 배액율을 주 요인으로 하는 경우도 존재한다(Kim, 2004). 한국에서는 펄라이트재배 시 대부분이 시간 제어에 의존하고 있으며, 일부 일사량 제어를 실시하고 있다.

식물의 증발산량은 식물의 활력, 일사량, 온도, 증기압차(VPD), 이산화탄소량 등에 의존하

는데, 일사량 제어는 고품배지경에서 광도계를 이용하여 급액 시기를 정하는 방식으로, 이는 작물의 흡수량과 일사량과의 밀접한 관계를 이용하여(Smith, 1987) 하루 일사량의 시간적 변화에 따라 일정한 적산 일사량에 도달하면 급액되도록 제어하는 방법이다. 일사량 제어는 증발산량과의 상관성을 이용하기 때문에 이론적으로는 시간 제어법에 비해 식물요구도를 잘 반영하고 있다. 단, 적산일사량값, 일회 급액량, 급액시간대 등은 수동으로 설정해 주어야 하는데, 일사량 제어는 식물의 활력과 상대습도 등을 고려하지 않는 단점이 있어서 작물별, 계절별, 생육단계별로 적절히 설정하는 것이 용이한 것은 아니다(Kim and Kim, 2004). 또한, 식물이 요구하는 시기와 공급시기 사이에 지연시간(time lag)이 발생하게 되므로 주의해야 한다. 즉,동이 터서 일정한 적산일사량이 될 때까지는 급액이 되지 않거나 적는데 이 때 식물의 흡수속도는 왕성해지므로 일시적인 수분결핍이 생기게 된다. 이러한 결점을 회피하기 위하여 기본적으로는 시간 제어를 하되 일사량이 강한 한낮에만 일사량 제어법을 이용하거나, 반대로 일사량에 주로 의존하되 시간 제어를 일부분 가미하는 방식을 도입하고 있다. 그러나 일사량 제어에 의한 배양액 관리 시스템을 사용했던 현장도 시간 제어법으로 회귀하는 현상이 나타나고 있는 것이 현실이다.

시간 제어법이 급액관리에 좋은 방법은 아니지만 주로 사용되는 이유는 가장 간단하며, 오동작이 적고, 작업자가 이해하기 용이한 제어방법이기 때문이다. 토마토 펠라이트 자루재배에서 토마토의 증발산량에 따라 적산한 급액관리 모델에 따르면, 일일 5회 관수하는 경우, 06:00, 11:47 - 12:22, 13:35 - 14:14, 14:56 - 15:25, 및 16:55 - 17:30 혹은 10회 관수의 경우, 06:00, 10:19 - 10:52, 11:47 - 12:22, 12:42 - 13:18, 13:35 - 14:14, 14:20 - 14:48, 14:56 - 15:25, 15:43 - 16:16, 16:55 - 17:30, 및 19:30 - 20:40인 것이 바람직한 것으로 나타났다.

본 연구는 한국에서 일부 채택하고 있는 일사량 제어법의 펠라이트 자루재배에의 적용을 시도하고, 대부분의 현장에서 사용되고 있는 시간 제어에서의 적절한 시간을 조사함으로써 안정적 자루재배를 구현하기 위해서 행해졌다.

2. 재료 및 방법

외국의 자루재배 시·배양액 관리 시스템 자료를 현지 방문 조사 및 자료를 통하여 수집했다. 제어법에 기초한 배양액 관리 시스템의 소요 자재 사양을 설정하여 pilot system을 구축하였다. 제어효율과 경제성에 기초한 배양액 공급 제어 방법을 선정하였다. 배양액에 기초한 효율적 배양액 제어 방법을 도출하였다. 실증시험을 통하여 펠라이트 자루재배용 배양액관리 시스템을 구축하였다.

실증시험으로는 펠라이트 자루재배의 관수제어법에 차이를 둔 두 가지 실험을 수행했다. 첫 번째 실험은 시간 제어법과 일사량 제어법을 비교 평가하기 위해 행해졌다. 처리로는 시간 설정을 달리한, 06-16시까지 2시간 간격 급액 처리구(TS6)와 6, 10, 12, 13, 14, 16시 급액 처리구(TD6)를 두었으며, 적산일사량(ISR)에 의해 급액하지만, 타이머로 6, 14시에 급액하는 처리구(IT2)와 6, 10, 14시에 급액하는 처리구(IT3)를 두었다. 적산일사량 제어는 06 - 16시

사이에 행했다. ISR 설정값 및 급액지속시간은 180-200Wh/m², 1-5분 사이에서 배액율이 20% 정도가 되도록 생육단계에 따라 달리했다. 두 번째 실험은 시간 제어에서의 적절한 시간을 조사하기 위해 행해졌다. 처리로는 시간 설정을 달리하여, 06-16시까지 2시간 간격 급액 (F16), 6, 10, 12, 13, 14, 16시 급액(V16), 06-14시까지 2시간 간격 급액 (F14), 6, 10, 12, 13, 14시 급액(V14)의 4처리를 두었다. 모든 실험은 2반복 했으며, 반복당 5 자루를 사용했다. 자루당 6그루를 식재했다. 자루 규격은 길이 120 * 폭 34 cm (배지량 40 리터, 흑백비닐 두께 0.1mm) 였다.

토마토의 공시품종은 로꾸산마루 (사카타종묘, 일본)이었다. 토마토는 5단 재배하였다. 측지는 5cm 이하에서 제거하도록 노력했으며, 화방당 착과수는 조절하지 않았다. 수확종료 화방이하는 적엽하여 통풍을 좋게 하도록 했다. 식재부위에 점적관을 설치하고, 정식 하루 전 배지를 배양액으로 포수하였다. 정식 직전에 배액홈을 자루 하부에서 3cm 위에 수평방향으로 5cm 크기로 그루사이에 만들되, 자루 당 3군데에 만들었다. 강광을 회피하여 오후 4시경 정식하고, 배액될 때까지 충분히 관수하였다 (350mL). 배양액 조성은 Yamazaki 토마토용 배양액이었으며, 배양액의 공급은 직접 제작한 자동공급장치를 이용하였다. 공급 배양액의 pH는 4.1-7.48, EC는 0.97-1.37이었다. 배액의 pH는 4.39-9.31, EC는 0.63-2.29이었다. 조사항목은 식물의 영양생장특성과 과실특성, 자루내 수분함량 및 뿌리분포, 일사량, 배액량 등이었다. 배양액 관리 시스템의 자동 계측 시스템을 구축하여, 일사량을 측정, 저장할 수 있게 하였다. 배액량은 중량법을 이용하여 구축했으며, RS232C를 통하여 컴퓨터에 자동 저장되도록 하였다. 자루 내 수분함량을 측정하기 위해서는 별도로 weighing sensor를 장착하여 실시간적으로 측정하였다. 배양액 관리 시스템의 자동 제어 시스템은 일사량과 시간에 의해 제어되도록 구축하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 자루재배용 배양액 관리 시스템 설계

수경재배에서 급액의 목적은 식물뿌리가 원활하게 양수분을 흡수하도록 하는 것이다. 이를 위해서는 배지 내 양수분을 균일하게 관리할 필요가 있다. 필요에 의해 불균일하게 관리하는 경우도 있으나, 배지의 특성이 허락하는 한 균일한 관리가 기본이다. 급액관리 항목으로 급액량, 급액빈도, 급액시간대, 급액속도 등을 들 수 있다. 이들 인자들을 최적 상태로 유지함으로써 배지에 적정량의 양수분이 균일하게 존재하게 된다.

이상적으로는 급액되는 배양액이 배액되지 않는 것이 바람직하지만 현실적으로는 배액이 되어야 한다. 대단위 면적에 가느다란 점적관으로 개개의 식물에 급액이 되므로 개개의 점적관의 토출량에 편차가 생기게 되는데, 토출량이 적은 점적관에 의한 양수분 부족을 막기 위해서 일반적으로 필요량보다 많이 급액하게 된다. 현재 식물의 양수분 요구도를 완벽하게 알지 못하기 때문에 일중 시간대별, 일사량별, 식물 개개의 흡수 편차 등에 의해 부족할 수 있는 양수분의 양을 방지하기 위해서도 급액량을 많이 유지한다. 따라서 급액량의 20-30%가

배액 되도록 하는 것이 현실이다. 일정 부분의 배액이 필요한 것은 사실이나, 가능한 한 배액율을 줄이는 것은 경제적인 면, 환경적인 면, 식물생장적인 면 등에서 바람직하다. 배액율을 줄이면서 급액관리를 잘 하기 위한 방법으로, 배액을 고려하는가에 따라 크게 두 가지를 들 수 있다.

배액을 무시한 급액제어는 식물 혹은 배지의 상태만을 고려하는 제어방식으로, 시간 제어법, 일사량 제어법, 배지 중량법, 수분센서법(Baas and Straver, 2001; Cohen et al., 1995), sap flow법(Sato and Hasegawa, 1995) 등이 있다. 배액을 위주로 한 급액제어는 배액되는 양 혹은 시기 등을 고려하는 제어방식으로 배액 중량법, 배액 전극법 등이 있다.

배양액 관리 시스템의 소요 자재 사양은 기본적인 사항 이외에 제어법에 따라 타이머, 일사센서, 수위센서, 중량센서 및 이와 관련된 interface와 software 등이 있으며, 수준은 다양하다.

(1) 시간 제어

시간 제어가 급액관리에 좋은 방법은 아니지만 주로 사용되는 이유는 잘 알려져 있다. 즉, 급액 제어법 중 가장 간단한 제어방법이다. 타이머를 이용하여 급액할 시간과 지속시간을 설정해 두고 마그네트를 경유하여 급액펌프를 연결하는 것으로 급액시스템 설정이 끝난다.

설정은 배지의 용량이나 보수력 등의 배지특성, 식물의 성장특성, 환경특성 등에 맞추어 행해지는데, 일사량이 강하고 온도가 높은 시간(혹은 시기)에는 자주(혹은 길게) 급액하도록 하고, 반대인 경우에는 약간만 급액되도록 설정해 두고 작동시키는 것이 일반적이다. 시간간격이나 일회 공급하는 급액량은 상황에 따라 맞추어주어야 함은 물론이다. 그러나 이 방식은 작물, 품종, 생육단계 및 계절에 따른 급액 조절이 곤란하고, 비순환식 배지경에서 급액량의 과부족 현상이 자주 나타나는 결점을 지닌다.

식물자체의 정보와 기상자료가 충분히 구비되었을 경우에는 이에 관한 데이터베이스를 구비한 컴퓨터를 이용하여 비교적 적당하게 제어할 수는 있으며, 이러한 관점에서 급액량과 급액회수에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다.

연구 결과, 시간 설정은 청천시 6, 8, 10, 11, 12, 12:30, 13, 13:30, 14, 14:30, 15, 16시로 하는 것이 배지 내 수분함량이 안정적이었으며, 하절기에는 17시 급액을 첨가하는 것이 바람직할 것으로 사료되었다. 우천시에는 여름 10시 및 2시, 겨울 11시 및 2시를 기준으로 하되, 흐린 정도에 따라 매시 급액까지 조절하는 것이 바람직할 것으로 사료되었다. 추후 관수회수와 일사량별 적정 시간 설정을 행할 예정이다.

(2) 일사량 제어법

일사량 제어는 고품배지경에서 광도계를 이용하여 급액량과 횟수를 정하는 방식으로, 이는 작물의 흡수량과 일사량과의 밀접한 관계를 이용하여 하루 일사량의 시간적 변화에 따라 일

정한 적산 일사량에 도달하면 급액될 수 있도록 하고 1회 급액량은 작물의 생육 상황에 따라 증산량을 추정하여 급액시간으로 제어하는 방법이다.

일사량 제어는 증발산량과의 상관성을 이용하기 때문에 이론적으로는 시간 제어법에 비해 식물요구도를 잘 반영하고 있다. 단, 적산일사량값, 급액량, 급액시간대 등은 수동으로 설정해 주어야 하는데, 작물별, 계절별, 생육단계별로 적절히 설정하는 것이 용이한 것은 아니다.

이 방식에서는 광센서, 온도센서 및 컴퓨터를 필요로 한다. 이 방식에 의하면 밤에는 적산 일사량이 없으므로 배양액이 공급되지 않게 되는데, 일반적으로는 밤에도 급액할 필요가 있는 경우가 많으므로 시간 제어 방식과 겸용하는 경우가 많다. 또한, 일사량에 의존하는 경우에는 식물이 요구하는 급액량과 공급량 사이에 지연시간(time lag)이 발생하게 되므로 주의해야 한다. 즉,동이 터서 일정한 적산일사량이 될 때까지는 급액이 되지 않거나 적는데 이때 식물의 흡수속도는 왕성해지므로 일시적인 수분결핍이 생기게 된다. 토마토의 경우 낮에 왕성하게 성장한 후 밤에 수분결핍이 생기면 뿌리의 활력이 떨어지거나 EC가 높아져 배꼽썩이가 발생할 가능성이 있다. 또한, 극단적이기는 하지만 맑은 후 비가 오는 경우에는 비가 오고 있음에도 불구하고 그 이전에 적산된 일사량에 의하여 급액이 되는 현상이 생길 수도 있다.

이러한 결점을 회피하기 위하여 기본적으로는 시간 제어를 하되 일사량이 강한 한낮에만 일사량 제어법을 이용하거나, 반대로 일사량에 주로 의존하되 시간 제어를 일부분 가미하는 방식을 실제로 많이 사용하고 있다.

2) 자루재배용 배양액 관리 시스템 실증실험

첫 번째 실험인 시간 제어법과 일사량 제어법의 비교 평가 실험에서, 일사량 제어는 배양액의 편차가 매우 높아, 관수 안정성이 낮은 것으로 나타났다. 또한, 적산일사량값, 지속시간, 급액시간대 등을 어떻게 설정하든 실제로 1일적산일사량이 과도하게 변하는 경우, 즉 우천시와 청천시 모두를 만족시키는 설정값을 찾는 것은 불가능한 것으로 나타나, 생산자가 수동으로 설정값을 보완해야 하는 것으로 나타났다 (Fig. 1). 즉, 일사량에만 의존하는 경우에는 일사량이 많을수록 과다 급액되는 경향이 나타났으며, 우천이거나 흐릴수록 급액부족 현상이 나타나 안정적이지 못했다. 일사량 제어와 시간 제어를 병행할 경우, 시간 설정을 10시 및 14시로 고정하는 것이 일사량 제어에만 의존하는 것보다 관수안정성이 높게 나타났다. 따라서 일사량 제어 및 시간 제어 병용방식은 일사량에만 의존하여 제어하는 경우보다 우천시 배양액 관리의 안정성이 높아, 시간 제어방식이 제한적으로 가미되어야 하는 것으로 나타났다.

적산일사량 제어에서 기본적인 설정은 다음과 같이 하는 것이 좋은 것으로 판단된다. 토마토 재배의 경우에는 일몰 후 배지 과습을 방지하기 위해 16시에 급액 마감한다. 우천시에도

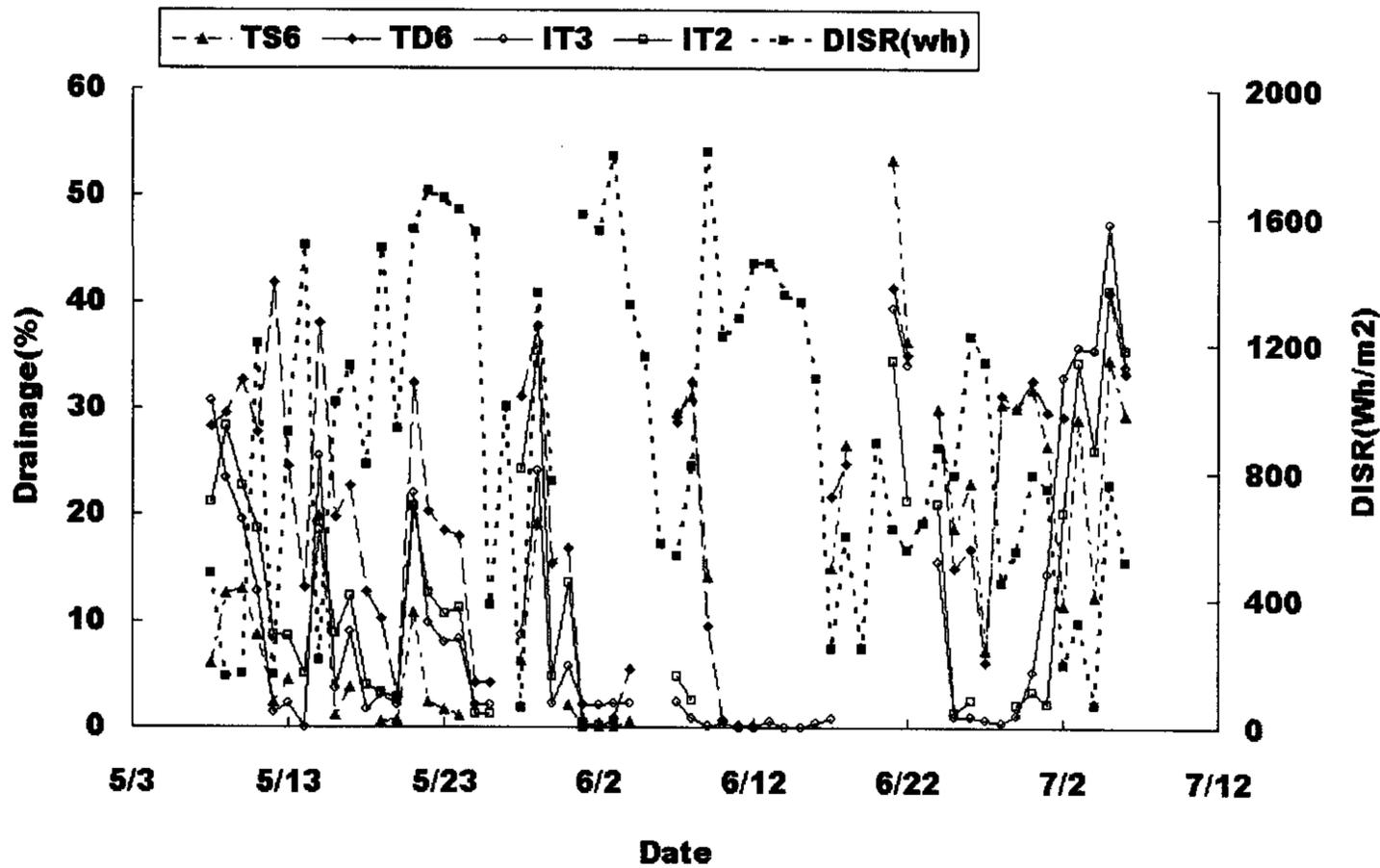


Fig. 8. Drainage(%) and daily integrated solar radiation according to irrigation regimes.

관수는 행해져야 하는데 일사량 제어의 특성상 우천시 급액부족이 발생하기 쉬우므로 시간 제어법에서 주요 시간대로 보이는 10:00 - 11:00 및 14:00 - 15:00시에 시간 제어에 의한 급액을 행한다. 일출시간이 빠른 경우에는 일찍, 겨울철에는 11시 및 15시에 급액한다. 온실 내 연중 최대 일일적산일사량은 12MJ/m²이며, 최소ISR은 1.4MJ 이하이다. 최대급액회수가 25를 넘는 것은 현실적으로 한계가 있으므로, 540KJ 마다 관수하면 최대 20여회, 최소 2회(우천시) 관수된다. 1회 급액량이 너무 적으면 급액개시 후 점적관별로 급액편차가 크게 발생하므로 최소지속시간은 1분으로 설정하는 것이 안전하다. 매회 100mL 관수하면, 최대 하루에 2L 관수된다. 따라서 재배시에는 150Wh/m² (540 kJ/m²)마다 관수하기로 하되, 생육단계 및 기후에 따라 매회 관수량을 증가시키기로 하든지, 혹은 설정 ISR을 줄이든지 한다. 우선 정식 시에는 220Wh/m² (792 kJ/m²)마다 100mL 관수하도록 한다. 단, 배액량이 20% 되도록 설정한다. 정식 후 급액해 보고, 배액율이 높을 경우 1회 급액량을 줄인다. 초기에는 주당 300mL/day 정도를 기준으로 하고, 최대 2L/day로 한다. 적정 유효수분함량은 최저 15%, 적정 25%(겨울), 30%(여름), 최고 35%를 기준으로 한다.

두 번째 실험인 시간 제어에서의 적절한 시간 구명 실험에서는 낮에 급액회수를 증가시킨 처리에서 배지 내 수분함량이 안정적이었으며, 하절기에는 17시 급액을 첨가하는 것이 바람직한 것으로 나타났다(Fig. 2). 우천시에는 여름 10시 및 2시, 겨울 11시 및 2시를 기준으로 하되, 흐린 정도에 따라 매시 급액까지 조절하는 것이 바람직할 것으로 사료되었다.

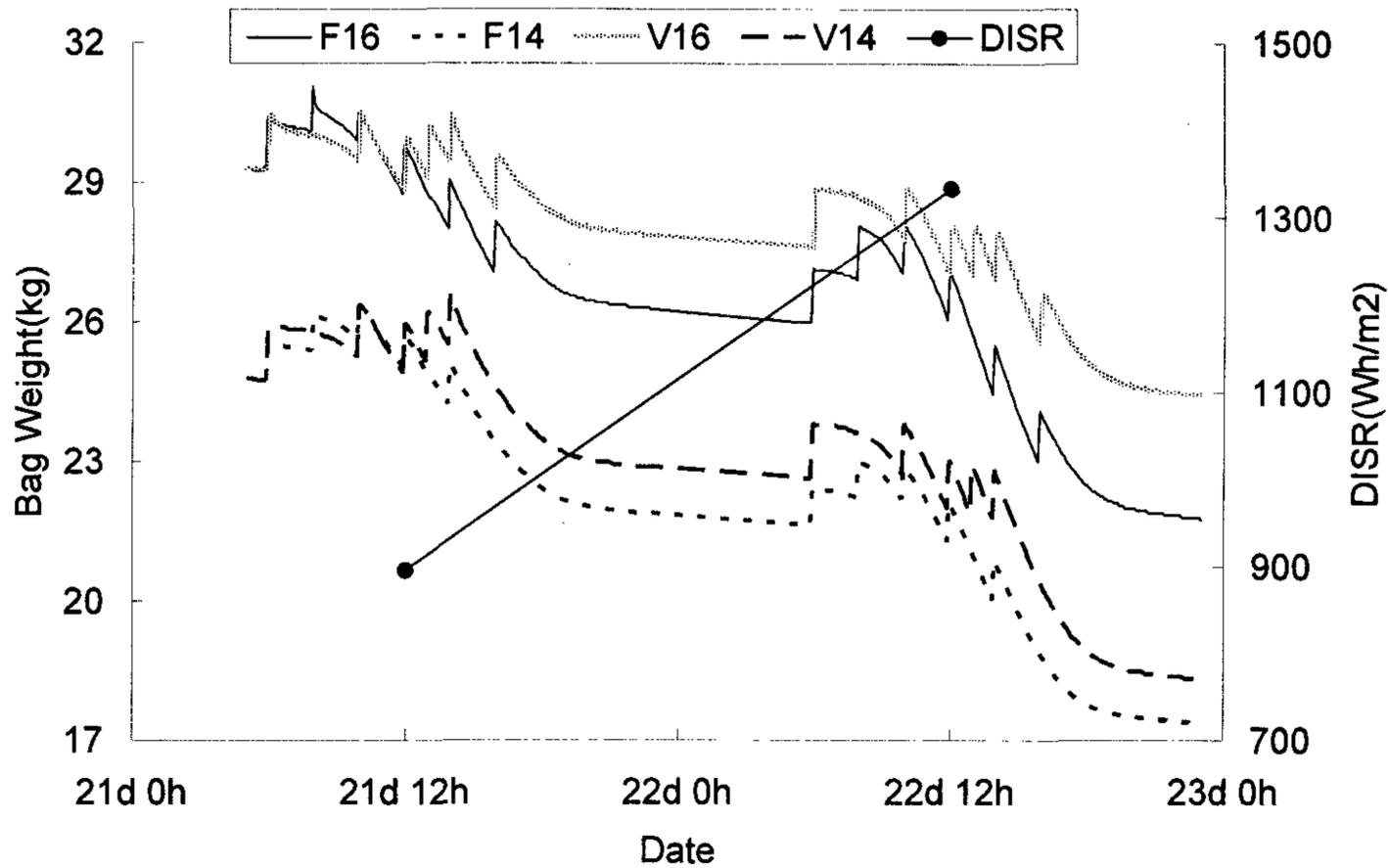


Fig. 9. Bag weight and daily integrated solar radiation according to different irrigation time.

시간 제어에서의 시간 설정은 배지의 용량이나 보수력 등의 배지특성, 식물의 성장특성, 환경특성 등에 맞추어 행해지는데, 일사량이 강하고 온도가 높은 경우에는 자주 혹은 길게 급액하도록 하고, 반대의 경우에는 약간만 급액되도록 설정해 두고 작동시키는 것이 일반적이다. 시간간격이나 일회 급액량은 상황에 따라 맞추어주어야 함은 물론이다. 그러나 이 방식은 작물, 품종, 생육단계 및 계절에 따른 급액 조절이 곤란하고, 비순환식 배지경에서 급액량의 과부족 현상이 자주 나타나는 결점을 지닌다(Matsuno, 1990). 단, 식물자체의 정보와 기상자료가 충분히 구비되었을 경우에는 비교적 적절히 제어할 수는 있으며, 이러한 관점에서 급액량과 급액회수에 관한 연구가 필요하다.

식물생육(Table 1)이나 수확량(Table 2)은 F16에서 좋은 경향을 보였으나, 개체간 차이가 커서 통계적 유의성은 발견할 수 없었다. 배지 내 수분함량 변화를 보면 낮 동안에 급액회수를 늘리는 것이 좋은 것으로 나타났으나, 수확량에는 영향을 미치지 못한 이유로는 급액이 전체적으로 충분하여 수분스트레스가 적었고, 사용한 펄라이트 배지 특성상 수분과다에 의한 장애가 없었던 것을 들 수 있다. 즉, 시간제어나 일사량제어에서는 매일 배지 내 수분 양상을 보고 급액량을 변경해야만 하는데, 이에 따라 관수시간의 영향이 줄어드는 것으로 사료된다.

Table 1. The growth characteristics of tomato in the different irrigation regime.

| Treatment | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Nodes (nodes/plant) | Fresh weight (g/plant) |
|-----------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| F16 | 157.8 | 42 | 44.5 | 18.0 | 20.7 | 836 |
| F14 | 151.8 | 38 | 38.7 | 17.7 | 21.1 | 733 |
| V16 | 163.0 | 41 | 39.7 | 18.8 | 20.6 | 683 |
| V14 | 151.3 | 38 | 38.4 | 20.6 | 21 | 687 |

* DMRT at 5% level

Table 2. Yield and quality of tomato fruits in the different irrigation regime.

| Treatment | Total yield (kg/plant) | Marketable yield (kg/plant) | Malformed fruit (kg/plant) | Small fruit 100g> (kg/plant) | Brix (°Bx) | Index (%) |
|-----------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------|-----------|
| F16 | 6.418 | 6.112 | 0.179 | 0.127 | 5.3 | 95% |
| F14 | 5.445 | 4.879 | 0.326 | 0.240 | 5.1 | 90% |
| V16 | 5.776 | 5.314 | 0.263 | 0.199 | 5.1 | 92% |
| V14 | 5.681 | 5.171 | 0.154 | 0.357 | 5.2 | 91% |

* DMRT at 5% level

제어효율과 경제성을 고려했을 때 적정 배양액 공급 제어 방법은 생산자의 수준에 따라 달라져야 하는데, 설비투자의 여력이 적거나 자동화 설비 운영능력이 적은 경우에는 오히려 시간 제어법이 적합하다. 그 상위수준에서는 일사량 제어를 하되 시간 제어법을 병행해야 안정적이다. 광도계는 센서 관리가 중요하지만 현장에서 높게 설치되기 때문에 관리 소홀로 인하여 오작동을 하는 사례가 많은 것이 결점이다. 급액관리 프로그램이 복잡한 것도 결점이다. 생산현장에서 급액량 편차를 줄일 수 있는 경우에는 배액을 제어법 및 중량 제어법이 정밀제어가 가능한 것으로 사료된다. 단, 배액전극법 및 중량법은 매우 한정된 부분으로 전체를 대표해야 하며, 국내에서 개발된 것이 없고 농가에서 실제 사용하기가 어려우므로 미래에 선정하는 것으로 한다. 배지 중량법에 사용되는 중량센서는 고가이며, 측정하는 베드가 제한되어 측정치가 전체 식물을 대표하기 어려운 단점을 가진다. 저울의 피로도에 의해 장기간 사용시 보정이 필요하나, 현장에서의 보정은 현실적으로 어려움이 많아 사용되고 있지 않다. 배액 중

량법은 배지 중량법 보다 많은 식물을 측정할 수 있으며, 장치가 간단한 것이 장점이다. 배액 전극법은 배액의 부피를 전극을 이용해서 측정, 제어하므로 시간 제어법 다음으로 저가이며, 유지, 보수가 용이하다. 즉, 전극법은 3접점 수위센서만으로도 구성할 수 있는 등, 중량법에 비하여 시스템 구성이 용이하고 가격이 저렴하기 때문에 직접측정법 중에서는 가장 많이 사용되고 있는 방식이다. 단, 배액 중량법과 마찬가지로 배지에 따라 배액되는 속도와 지속시간이 달라 적정 위치를 정하는데 심혈을 기울여야 하는 것이 어려운 점이다. 제한 요인이 없는 생산자의 경우에는 이 모든 제어법을 복합적으로 이용하되, priority에 주의하여 운용하도록 한다.

4. 인용문헌

- Baas, R. and N.A. Straver. 2001. In situ monitoring water content and electrical conductivity in soilless media using a frequency-domain sensor. *Acta Hort.* 562:295-303
- Cohen, M., R. Save, C. Biel, and O. Marfa. 1995. Simultaneous measurements of water stress with LVDT sensors and electrotensiometers: application in pepper plants grown in two types of perlites. *Acta Hort.* 421:193-200.
- Kim, H.J. and Y.S. Kim. 2004. Evaluation of irrigation system by balance and integrated solar radiation on the fruit quality of muskmelon in closed perlite culture system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 45(3):127-130.
- Kim, Y.S. 2004. Priority determination in nutrient solution management in perlite culture. *한국산학기술학회논문지* 5:7-12.
- Matsuno, A. 1990. The guide book of rockwool culture-Retarding culture of tomato plant. pp. 33-41. The national agricultural cooperative union, Tokyo.
- Sato, N. and K. Hasegawa. 1995. A computer controlled irrigation system for muskmelon using stem diameter sensor. *Acta Hort.* 399:161-166.
- Smith, D.L. 1987. Rockwool in horticulture. pp. 66-72. Grower Books.

제4절 점적핀 위치에 따른 점적관 관리법 확립

1. 서언

재배방법에 따라 뿌리의 양과 분포가 달라지며, 식물체 부위간 건물의 분포도 달라진다 (Richards and Rowe, 1977; Carmi and Heuer, 1981). 이러한 원인은 뿌리용적이 작을 경우 배지 내 수분 양상과 관계가 있다(Hameed et al., 1987). 배지용적에 따른 식물반응은 항상 명확하지는 않는데(Sirin and Sevgican, 1999), 이것은 용기재배의 경우에 관수가 빈번하게 이루어져 수분 스트레스를 받지 않기 때문인 것으로 판단된다(Krizek et al., 1985). 오히려 뿌리생장에 나쁜 관리방식이 더 큰 영향을 미칠 수 있다.

점적관수는 용기재배에 적합하고 관수효율성이 높은 방식으로 널리 사용되고 있다. 점적관수를 하는 경우에는 점적핀의 위치와 관수량 및 관수시기 등이 중요하게 고려되어야 하는데, 적정 관수시각을 맞추지 못할 경우에는 수분 스트레스를 유발할 수 있다(Bar-Yosef et al., 1980). 즉, 관수에 의해 수분함량이 높아지는 배지 영역의 크기나 모양이 변화함으로써 뿌리생장이나 수분흡수가 영향을 받는다. 또한 자루 내 양액분포 특성과 시간별 관수특성을 고려하여 균일한 배양액 분포를 위해 점적관을 위치시켜야 하며 필요시 재배기간 중 이동시켜야 한다.

본 연구는 토마토의 생육단계에 따라 점적핀의 위치를 달리함으로써 생육단계별 적정 점적핀 위치를 구명하여 자루재배시 점적관 관리법을 확립하고자 행해졌다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 2004년 9월 10일 및 2006년 1월 25일 2회에 걸쳐 경기도농업기술원 벤로형 유리온실에서 수행되었다. 공시품종인 대과용 토마토 630(SAKATA, Japan)을 2004년 9월 10일 72공 공정 육묘 판에 파종하였고, 5단 적심 외대 가꾸기로 재배하였다. 육묘는 양지붕 유리온실 내에서 자체 개발한 분사 형 육묘 시스템을 이용했으며, 1일 1회(오전 11:30) 관수 하였다. 2004년 11월 04일 본엽이 6매 일 때 정식하고, 즉시 처리를 시작했다.

펄라이트 자루재배(W 340 * L 1,200 * H 150mm, 용량 40L)는 정식 전날 포수한 후, 정식 직전 배액 구를 뚫은 다음, 펄라이트 자루 당 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였다. 배액구는 자루의 한쪽 면에만 그루와 그루 사이의 정중앙에 바닥에서 3cm 높이에 5cm 길이로 만들었다. 재식간격은 40cm로 하였다. 줄간 간격은 2m였다. 관행 방식인 펄라이트 베드재배는 다목적 1호 베드(Mod.MP1B, W 310 * L 1,000 * H 215mm, 가화텍)를 사용하고, 재식방법은 자루재배와 동일하게 했다.

실험 처리는 점적 핀 위치에 따라 4가지 처리를 두었는데, 펄라이트 자루 재배에 대해서는 지제부로부터 5cm 위치에 고정(F5), 15cm 고정(F15), 5cm-15cm로 이동(M5-15)의 3처리 구를 두었으며, 대조구로 관행의 베드 재배(Control)를 두었으며, 점적핀은 5cm 위치에 고정했다. M5-15 처리 구에서는 정식한지 35일 후인 12월 8일 지제부로부터 5cm에서 15cm 위치로 점적 핀을 이동하였다. 처리별 8 자루, 48 식물을 공시했다.

사용 배양액은 토마토용 Yamazaki 배양액이었으며, 공급 시 pH 5.5, EC 0.8 이었다. 배양액의 공급은 자동 공급 장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하였다. 관수는 적산일사량법과 타이머 법을 병행 사용하였다. 생육초기에는 적산일사량 200Wh에 198ml 씩 관수하였고, 10시 및 14시에는 타이머로 급액 하였다. 이후로는 배액을 10% 선에서 관수 시간 및 일사량을 조절 하였다. 측지는 5cm 이상에서 제거했다. 하엽은 제거하지 않았다. 2004년 11월 26일부터 매주 월, 수, 금에 착과제로 토마토 톤을 살포했다. 수확은 2005년 2월 4일부터 토마토가 90%정도 착색 되었을 때 처리별, 화방별로 수확하여 2-4화방에 대하여 100g이하(소과), 100g~200g, 200~300g, 300g~400g, 400g이상의 중량, 기형과(배꼽, 창문), 당도 등을 조사하였

다.

점적 핀 위치에 따른 배지 내 뿌리 분포를 알아보기 위해서 토마토가 13마디인 2004년 12월 14일 및 24마디인 2005년 1월 26일에 배지를 절단 한 후 Schiff's reagent (SIGMA)로 염색하였다. 절단은 지체부로부터 10cm씩 자루를 9등분 하였고, 최대한 빛의 조건을 같이 하기 위해 한 방향으로 정렬하였다. 배지 내 수분이 많으면 염색된 색이 묽고 펠라이트로 퍼질 수 있기 때문에 조사 하루 전날 관수를 중지하고, 절단하였다. 절단한 배지는 다음 날 오후 1시경 무색의 유독성 염색약인 Schiff's reagent (SIGMA)를 사용하여 염색하였다. 염색약 살포 방법은 입자가 미세한 분무기를 사용하여 일정한 위치에서 20회 정도 살포하였다. 염색 시 직사광선은 펠라이트 배지의 염색을 유발시키므로 차광막을 치고 작업하였다. 자주색이 적절히 발현되는 염색 후 30분정도에 디지털 카메라로 촬영하고, image acquisition program (i-Solution)으로 분석하였다.



Fig. 10. The cross section of stained substrate in perlite bag.

펠라이트 자루 내 배지 부위별 수분 분포를 생육단계에 따라 조사했다. 2005년 4월 1일에는 점적 핀을 이동시키기 전 생육단계(15마디) 및 수확종료기(25마디)인 식물의 수분분포를 특수 제작된 채취기로 측정하였다. 2005년 4월 25일 점적 핀을 이동시키기 전 생육단계(16마디)에서의 수분분포를 재차 측정하였다. 측정하는 날에는 정오에 관수를 중단하고, 2시에 타이머로 동일한 양을 관수하고 1시간 및 3시간 후에 지체부로부터 5cm씩 가로로 3단계(0-5, 5-10, 10-15cm), 세로로 3단계(right, center, left), 깊이 3단계(high, mid, low)의 총 27개의 시료를 채취하였다. 지상부는 동일한 시간에 채취부위의 좌우의 것을 모두 제거하였다. 배액구는 자루 좌측에 존재했다. 습도중량을 측정하고, 110°C에서 48시간 열풍건조한 후 건물 중량을 측정하였다. 식 "중량수분함량=(습도중량-건토중량)/건토중량*100"을 사용하여 수분함량을 계산하였다.

두 번째 실험에서는 2006년 1월 25일 파종했으며, 3월 13일 정식했다. 처리일은 3월 27일이었으며, 펠라이트 자루 재배에 대해서만 지제부로부터 5cm 위치에 고정(F5), 15cm 고정(F15) 및 5cm-15cm로 이동(M5-15)의 3처리 구를 두었다. M5-15 처리 구에서는 정식한지 39일 후인 4월 20일 지제부로부터 5cm에서 15cm 위치로 점적 편을 이동하였다. 처리별 5 자루, 30 식물을 공시했다. 3월 22일부터 매주 월, 수, 금에 착과제로 토마토 톤을 살포했다. 수확은 5월 24일부터 실시됐다. 최종생육조사는 7월13일이었다. 6단 외대가꾸기했으나, 수확량은 2-6화방만 조사했다. 다른 사항은 첫 번째 실험과 같았다.

3. 결과 및 고찰

공급 배양액의 pH와 EC는 4.3-6.2, 0.8-1.1이었으나, 배액의 pH와 EC는 변화가 매우 커서 각각 4.31-8.05, 0.33-1.58이었다.

펠라이트 자루 배지를 9등분해 염색한 결과, 점적 편 위치가 지제부에서 5cm인 처리 구에서는 다른 처리에 비해 뿌리 량이 지제부 가까이에 좀 더 많았고 지제부에서 멀어질수록 뿌리 량은 적었다. 지제부에 가까울수록 뿌리는 하위로 많이 발달해 있으며, 멀수록 배지 전체에 균일하게 분포하는 경향을 보였다. 점적 편 위치가 지제부에서 15cm인 처리 구에서는 지제부에서 멀수록 뿌리가 많이

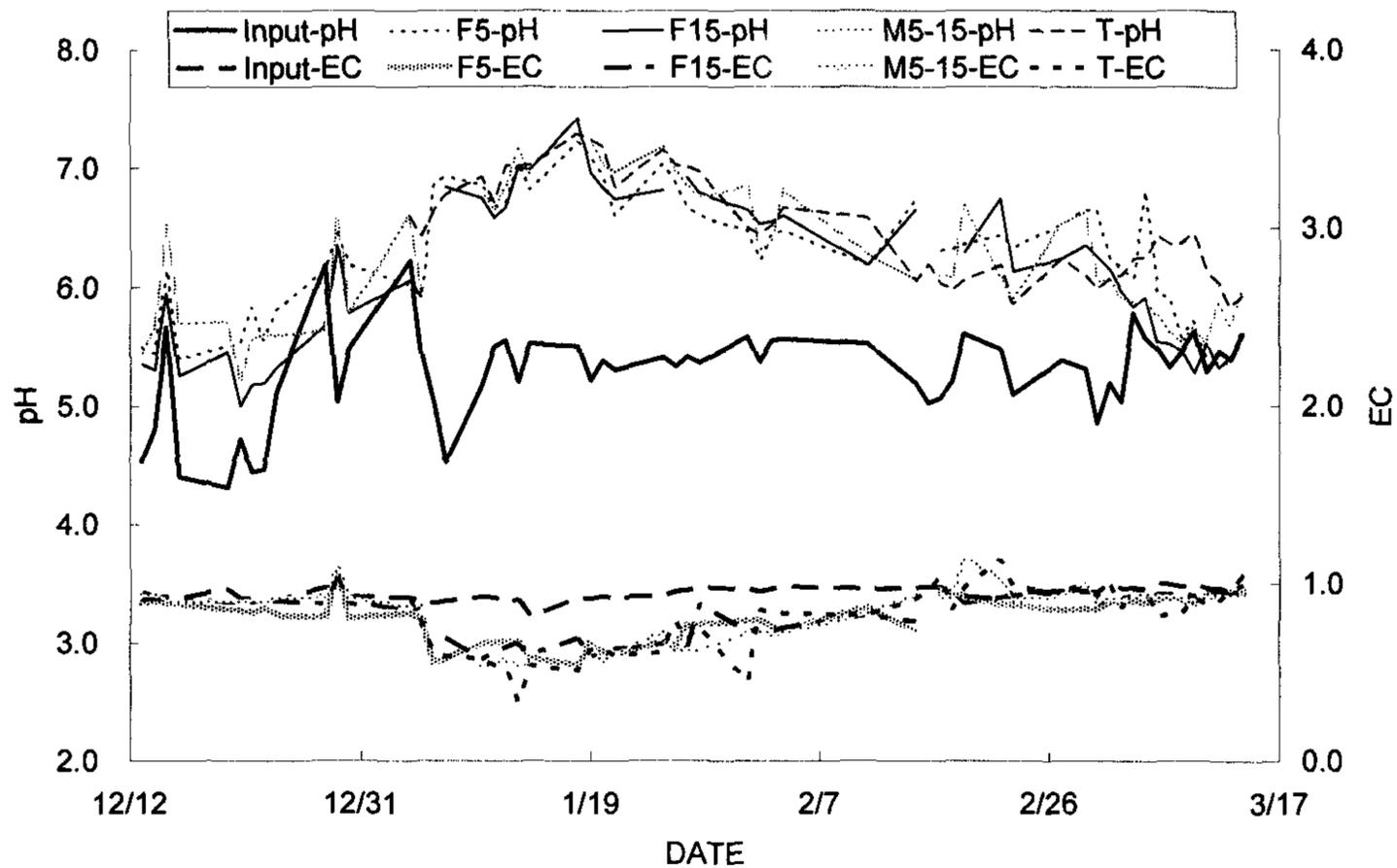
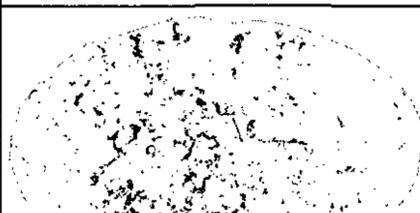
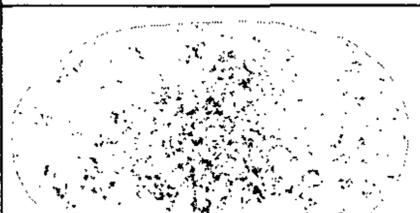


Fig 2. The pH and EC of supplied and drained nutrient solution in treatments of dripper positions.

밀집되어 있었다. 그리고 지제부에서 멀어질수록 위쪽에 많이 분포되어 있었다. 점적 편 위

치가 지체부로부터 5cm 위치에서 15cm로 이동한 처리구에서는 전체적으로 뿌리가 균일하게 분포되어 있었다. 토마토를 expanded clay와 coconut fiber가 포함된 높이 17cm, 폭 30cm 베드방식으로 재배한 실험(Leonardi et al., 2003)에서는 표면에서 3.5cm 깊이의 뿌리분포는 점적편이 위치한 곳에서 많았으나, 깊은 위치에서는 명확하게 서로 다르지 않았는데, 펄라이트를 사용한 본 실험에서는 깊은 위치에서의 결과가 기존 연구결과와 상이하게 나타났다. 이는 사용한 배지가 다른 것도 한 가지 이유인데, 배지 종류에 따라 뿌리량이나 분포가 서로 다르게 나타난다(Leonardi et al., 2003).

Table 1. Root distribution in perlite bag according to different dripper positions.

| Treat | 5cm from the stem | 15cm from the stem | 25cm from the stem |
|-------|---|--|---|
| F5 |  |  |  |
| F15 |  |  |  |
| M5-15 |  |  |  |

점적 편을 이동시키기 전 생육단계(16마디)에서의 펄라이트 자루 배지의 부위별 수분분포 함량을 조사한 결과, 처리에 관계없이 수직분포는 하부로 갈수록 수분함량이 많았으며, 하부에서 특히 많았다. 이 현상은 배액구가 바닥에서 3cm 정도 위에 존재하기 때문에 심화된 것으로 사료된다. 점적 편 위치가 지체부에서 5cm인 F5 처리 구에서 관수종료 1시간 후와 관수종료 3시간 후의 같은 수직부위별 수분감소량은 상부 8%, 중부 7%, 하부 33%였다. 수평분포의 경우, 관수종료 1시간 후에는 상부에서는 차이가 없었지만, 중부 및 하부에서는 지체부에 가까울수록 수분함량이 많았다. 중앙과 양측 면 사이에 큰 차이는 없었다. F5 처리 구에서 관수종료 3시간 후에는 상부 및 중부에서는 차이가 없었지만, 하부에서는 지체부에 가까울수록 수분함량이 많았다. 중앙과 양측 면 사이에 큰 차이는 없었다.

M5-15 처리 구에서 관수종료 1시간 후와 관수종료 3시간 후의 같은 수직부위별 수분감소

량은 상부 14%, 중부 12%, 하부 9%였다. 수평분포의 경우, 관수종료 1시간 후에는 상부 및 중부에서는 차이가 없었지만, 하부에서는 지제부에 가까울수록 수분함량이 많았다. 중앙과 양측 면 사이는 상부 및 중부에서는 별 차이가 없었지만 하부에서는 한쪽에만 있는 배액구로 인해 배액구가 없는 쪽이 수분함량이 많았다. M5-15 처리 구에서 관수종료 3시간 후에는 상부 및 중부에서는 차이가 없었지만, 하부에서는 지제부에 가까울수록 수분함량이 많았다. 중앙과 양측 면 사이는 상부와 중부는 큰 차이는 없었으나, 하부는 역시 한쪽이 수분함량이 높았다.

F15 처리 구에서 관수종료 1시간 후와 관수종료 3시간 후의 같은 수직부위별 수분감소량은 상부 28%, 중부 15%, 하부 38%였다. 수평분포의 경우, 관수종료 1시간 후에는 상부, 중부 및 하부에서 모두 큰 차이가 없었다. 중앙과 양측 면 사이는 상부 및 중부에서는 별 차이가 없었지만 하부에서는 한쪽에만 있는 배액구로 인해 배액구가 없는 쪽이 수분함량이 많았다. 관수종료 3시간 후에는 상부 및 중부 모두 점적 핀 있는 쪽이 높게 나타났다. 하부는 모두 동일했다. 중앙과 양측 면 사이에 큰 차이는 없었다.

Table 2. Sectional water distribution in grow bag

| F5 | | one hour after the last irrigation | | | three hours after the last irrigation | | |
|----------|---------|------------------------------------|-----------|----------|---------------------------------------|-----------|----------|
| Vertical | Lateral | 15-20 (%) | 10-15 (%) | 5-10 (%) | 15-20 (%) | 10-15 (%) | 5-10 (%) |
| 0-5 | left | 323 | 321 | 333 | 333 | 308 | 310 |
| 0-5 | center | 312 | 324 | 327 | 321 | 312 | 312 |
| 0-5 | right | 310 | 322 | 303 | 297 | 320 | 295 |
| 5-10 | left | 340 | 337 | 327 | 335 | 338 | 344 |
| 5-10 | center | 344 | 338 | 369 | 330 | 334 | 352 |
| 5-10 | right | 335 | 347 | 340 | 333 | 324 | 323 |
| 10-15 | left | 375 | 422 | 419 | 356 | 370 | 397 |
| 10-15 | center | 409 | 427 | 436 | 370 | 389 | 404 |
| 10-15 | right | 438 | 421 | 404 | 384 | 384 | 399 |

0-5: vertical distance from substrate profile, 15-20: horizontal distance from stem base along the row

| M5-15 | | one hour after the last irrigation | | | three hours after the last irrigation | | |
|----------|---------|------------------------------------|-----------|----------|---------------------------------------|-----------|----------|
| Vertical | Lateral | 15-20 (%) | 10-15 (%) | 5-10 (%) | 15-20 (%) | 10-15 (%) | 5-10 (%) |
| 0-5 | left | 326 | 313 | 328 | 301 | 320 | 312 |
| 0-5 | center | 331 | 309 | 323 | 308 | 317 | 313 |
| 0-5 | right | 345 | 347 | 319 | 319 | 310 | 314 |

| | | | | | | | |
|-------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5-10 | left | 355 | 367 | 367 | 348 | 345 | 357 |
| 5-10 | center | 356 | 370 | 367 | 356 | 349 | 357 |
| 5-10 | right | 348 | 368 | 364 | 347 | 352 | 338 |
| 10-15 | left | 433 | 426 | 437 | 454 | 432 | 461 |
| 10-15 | center | 417 | 427 | 453 | 408 | 427 | 457 |
| 10-15 | right | 435 | 451 | 468 | 387 | 417 | 415 |

| F15 | | one hour after the last irrigation | | | three hours after the last irrigation | | |
|----------|---------|------------------------------------|-----------|----------|---------------------------------------|-----------|----------|
| Vertical | Lateral | 15-20 (%) | 10-15 (%) | 5-10 (%) | 15-20 (%) | 10-15 (%) | 5-10 (%) |
| 0-5 | left | 353 | 346 | 334 | 326 | 312 | 310 |
| 0-5 | center | 348 | 348 | 337 | 325 | 319 | 303 |
| 0-5 | right | 343 | 330 | 342 | 320 | 302 | 304 |
| 5-10 | left | 354 | 392 | 346 | 345 | 336 | 333 |
| 5-10 | center | 361 | 366 | 370 | 367 | 350 | 332 |
| 5-10 | right | 355 | 340 | 337 | 363 | 336 | 323 |
| 10-15 | left | 432 | 413 | 431 | 409 | 390 | 399 |
| 10-15 | center | 457 | 418 | 453 | 405 | 400 | 410 |
| 10-15 | right | 461 | 433 | 441 | 405 | 383 | 399 |

수확량은 F15 처리 구에서 가장 많았으며, M5-15과 Trough가 다음이었고, F5에서 가장 낮았다.

Table 3. Yield from 2nd to 4th cluster in treatments of dripper positions.

| Treat | Total yield (kg/Plant) | Marketable yield (kg/Plant) | Malformed fruit (kg/Plant) | Small fruit 100g> (kg/Plant) | Brix (°Bx) | Index (%) |
|--------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------|-----------|
| F15 | 1.342 a | 1.342 a | 0 | 0.054 b | 4.8 | 100% |
| F5 | 0.830 c | 0.814 c | 0.016 | 0.052 b | 4.9 | 98% |
| M5-15 | 1.246 b | 1.246 b | 0 | 0.100 a | 4.5 | 100% |
| Trough | 1.268 b | 1.214 b | 0.055 | 0.038 b | 4.8 | 96% |

두 번째 실험에서 초장은 6단 화방 위 2엽까지의 결과이며, 생육조사 전날 발생한 약해로 인해 생체중은 작게 나타났다. 생육은 처리구간에 차이를 보이지 않았다. 수확량은 F15 처리구에서 가장 많았으며, M5-15가 다음이었고, F5에서 가장 낮은 경향을 보였으나 유의성은 없었다.

Table 4. The growth characteristics in treatments of dripper positions.

| Treat | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Nodes (nodes/plant) | Fresh weight (g/plant) |
|-------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| F15 | 206.6 | 48.8 | 42.7 | 11.5 | 27.8 | 538.8 |
| F5 | 202.8 | 48.5 | 43.9 | 12.1 | 27.4 | 528.1 |
| M5-15 | 191.4 | 44.5 | 38.9 | 12.5 | 26.8 | 458.9 |

* DMRT at 5% level

Table 5. Yield from 2nd to 6th cluster in treatments of dripper positions.

| Treat | Total yield (kg/Plant) | Marketable yield (kg/Plant) | Malformed fruit (kg/Plant) | Small fruit 100g> (kg/Plant) | Brix (°Bx) | Index (%) |
|-------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------|-----------|
| F15 | 2.772 | 2.591 | 0.012 | 0.169 | 4.8 | 93% |
| F5 | 2.381 | 2.256 | 0.015 | 0.110 | 4.9 | 95% |
| M5-15 | 2.590 | 2.377 | 0.019 | 0.194 | 5.0 | 92% |

이상의 결과에서, 점적편을 이동시키는 것은 상대적으로 비경제적이기 때문에, 점적편은 지체부에서 15cm 정도에 위치시키는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 점적편의 위치는 배지 내 수분분포에 영향을 미치는 것이므로 이러한 결과는 배양액공급 간격이나 시기에 의해 달라질 수 있다. 본 연구에서는 일반 상토를 사용한 플러그 묘를 자루에 정식했기 때문에, 암면 큐브를 사용하여 자루 위에 그냥 올려놓는 경우에는 수분분포가 달라질 수 있는 점도 고려해야 한다. 배지 종류에 따라서도 점적 위치에 따른 뿌리분포가 달라지므로(Leonardi et al., 2003) 본 연구결과는 펄라이트 자루재배에만 적용되는 결과이다. 또한, 자루를 재사용하는 경우에는 배액구의 위치가 변하고, 배지의 수분보유특성도 바뀌기 때문에 이를 고려할 필요가

있다.

4. 인용문헌

- Bar-Yosef, B., C. Stammers, and B. Sabiv. 1980. Growth of trickle irrigated tomato as related to rooting volume and uptake of N and water. *Agron. J.* 72:815-822.
- Carmi, A. and B. Heuer. 1981. The role of roots in control of bean shoot growth. *Ann. Bot.* 48:519-527.
- Hameed, M.A., J.B. Reid, and R.N. Rowe. 1987. Root confinement and its effects on the water relations, growth and assimilate partitioning of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Ann. Bot.* 59:685-692.
- Krizek, D.T., A. Carmi, R.M. Mirecki, F.W. Snyder, and J.A. Bunce. 1985. Comparative effects of soil moisture and restricted root zone volume on morphogenetic and physiological responses of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *J. Exp. Bot.* 36:25-38.
- Leonardi, C., G. Vasquez and F. Giuffrida. 2003. Tomato root growth in relation to dripper position in substrate cultivation. *Acta Hort.* 614:217-222.
- Richards, D. and R.N. Rowe. 1977. Effects of root restriction, root pruning and 6-benzylaminopurine on the growth of peach seedlings. *Ann. Bot.* 41:729-740.
- Sirin, U. and A. Sevgican. 1999. The effect of pot size and growing media on growth of tomato in soilless culture. *Acta Hort.* 486:343-347.

제5절 펄라이트 자루재배시 배액구의 규격 확립

1. 서론

펄라이트 자루재배에서 배액구의 개수, 수직 수평적 위치 등은 배양액을 관리하는데 있어 매우 중요하다. 배액구의 수직 위치는 관수 후 저장된 배양액량을 결정하므로 관수시기와 연동된다. 배액구의 수직 위치에 관한 연구는 거의 행해지고 있지 않으나(Moss, 1983), 관행적으로 펄라이트 자루재배에서는 하부에서 위로 3cm 지점에 개설하는 것이 일반적이다. 배액구의 수평 위치는 그루직하나 그루사이냐에 따라 배수성에 영향을 미친다. 배액구의 개수가 많을수록 수분분포가 균일할 가능성이 있다. 배액구의 개수는 단순히 배지 내 수분분포에 영향을 미칠 뿐만 아니라 작업효율과 소독효율에도 영향을 미치므로 매우 중요한 인자이다.

본 연구는 펄라이트 자루재배에서 채택 가능한 배액구 개설 방법 중에서 배액구의 개수를 확립하기 위해 행해졌다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 2006년 1월 25일부터 경기도농업기술원 벤로형 유리온실에서 수행되었다. 공시

품종인 대과용 토마토 630(SAKATA, Japan)을 2006년 1월 25일 50공 공정 육묘판에 파종하였고, 6단 적심 외대 가꾸기로 재배하였다. 육묘는 양지붕 유리 온실 내에서 자체 개발한 분사형 육묘 시스템을 이용했으며, 1일 1회(오전 11:30) 관수 하였다. 2006년 3월 13일 본엽이 6매 일 때 정식하고 배액구 개설처리를 시작했다.

배액구는 처리에 관계없이 자루의 한쪽 면에만 개설하였다. 배액구 개설 처리는 그루와 그루 사이의 정중앙에 바닥에서 3cm 높이에 5cm 길이로 3군데 개설한 형태와 자루의 한쪽 귀퉁이 부분을 5cm 크기로 잘라내 1군데만 개설한 형태 두 가지를 두었다. 처리는 임의배치했으며, 4반복하였으며, 반복당 4자루를 사용했다. 펠라이트 자루는 W 340 * L 1,200 * H 150mm (용량 40L)의 것을 사용하였으며, 배지 입도분포는 1.2-5mm였다. 정식 전날 포수한 후, 정식 직전 배액 구를 처리규격대로 뚫은 다음, 펠라이트 자루 당 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였다. 재식간격은 40cm로 하였다. 줄간 간격은 2m였다. 자루 바닥 경사는 1%였다.

사용 배양액은 토마토용 Yamazaki 배양액이었으며, pH 5.5, EC 0.8 이었다. 배양액의 공급은 자동 공급 장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하였다. 관수는 적산일사량법과 타이머 법을 병행 사용하였다. 생육초기에는 ISR(적산일사량) 200Wh/m²에 198ml 씩 관수하였고, 10시에는 타이머로 급액 하였다. 이후로는 배액을 10% 선에서 관수 시간 및 일사량을 조절 하였다.

측지는 5cm 이상에서 제거했다. 하엽은 제거하지 않았다. 2006년 3월 22일부터 매주 월, 수, 금에 착과제로 토마토 톤을 살포했다. 수확은 2006년 5월 24일부터 토마토가 90%정도 착색 되었을 때 처리별, 화방별로 수확하여 100g이하(소과), 100g~200g, 200~300g, 300g~400g, 400g이상, 기형과(배꼽, 창문), 당도를 조사하였다. 수확량은 2-6화방만 조사했다.

3. 결과 및 고찰

배액구를 3군데 개설한 처리구와 한 군데 개설한 처리구 간에 생육차이나 수확량 차이도 인정되지 않았으며, 당도도 차이가 없었다.

Table 1. The growth characteristics in treatments of number of drainage holes

| Treatment | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Nodes (nodes/plant) | Fresh weight (g/plant) |
|-----------------------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| One hole ^z | 194.9 | 49.7 | 46.7 | 13.1 | 26.6 | 562.1 |
| Three holes | 196.1 | 50.7 | 47.1 | 12.3 | 26.7 | 600.3 |

^zOne hole; Only one hole was slitted on lower side of bag. Three holes; Three holes were slitted between plant stem base

* DMRT at 5% level

Table 2. Yield from 2nd to 6th cluster in treatments of number of drainage holes

| Treatment | Total yield (kg/Plant) | Marketable yield (kg/Plant) | Malformed fruit (kg/Plant) | Small fruit 100g> (kg/Plant) | Brix (°Bx) | Index (%) |
|-----------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------|-----------|
| One hole ^z | 2.816 | 2.670 | 0 | 0.145 | 4.8 | 94% |
| Three holes | 2.780 | 2.610 | 0.026 | 0.144 | 4.8 | 95% |

^zOne hole; Only one hole was slitted on lower side of bag. Three holes; Three holes were slitted between plant stem base

이상의 결과에서 배액구의 개수는 생육과 관계가 없는 것으로 나타났다. 실제로 펄라이트 자루재배를 할 경우 자루를 몇 작기씩 사용하는데, 배액구를 세군데 개설하는 경우 배액구의 상대적 위치가 작기에 따라 달라지므로, 배액구의 위치가 그루사이이나 그루 직하냐 하는 것은 현실에 맞지 않다. 그리고 자루의 사용연한이 다 하면 시설 밖으로 운반해야 하는데, 운반성을 고려하면 배액구를 한군데만 개설하는 것이 효율적이다. 배지 재사용할 경우, 배지를 소독하는 경우가 발생할 수 있는데, 이 경우 배액구를 한군데만 개설하면 이 부분을 위로 올려서 쉽게 소독액을 배지에 포수시켜놓을 수 있는 것도 장점이다.

4. 인용문헌

Moss, G.I. 1983. The Australian BAGULEY TRAY system for carnation growing. Acta Hort. 141:189-196.

Ślusarski, C. 2005. Evaluation of chemical and biological control methods for their

potential to reduce bacterial canker of tomato in a greenhouse stonewool cultivation system. Acta Hort. 698:299-304.

제6절 자루재배용 배양액 관리법 개발

- 타이머 제어에 의한 토마토 펄라이트 자루재배시 적정 관수시간 도출

1. 서 언

타이머법은 현재 한국에서 배지경에서의 관수제어법으로 가장 많이 사용하고 있다. 다른 제어법은 보다 정확할 수 있으나 보급에는 이르지 못하고 있다. 펄라이트를 배지로 사용하는 경우에는 배지와 밀착성이 떨어지기 때문에 TDR법(Wever 등, 2004)이나 tensiometer를 이용한 제어법을 사용하는 것이 어렵다. 일사량에 의한 급액제어는 작물의 수분흡수량과 일사량과의 상관관계를 이용하여 적산일사량이 일정수준에 도달하면 급액이 이루어지도록 하는 방법(Choi 등, 2001)으로 타이머제어 급액보다 식물의 생리적인 면을 고려한 방법이나 식물체의 증산량 관여 인자 중 식물의 활력과 증기압포차를 고려하지 않아 수분의 과부족이나 급액 지연 등의 문제가 있다(Kim과 Kim, 2004; Lorenzo et al., 1998). 타이머에 의한 급액제어는 장치자체가 간단하고 가격이 저렴한 반면 재배자의 경험을 기초로 하여 급액을 제어할 수 있기는 하지만 날씨에 따라 급액횟수나 1회당 급액량을 조절하지 않으면 배지가 과습 하거나 건조해지기 쉽다(Matsuno, 1990). 즉, 타이머법은 단순한 제어법으로(Hardy 등, 1989) 반자동 시스템이며(Humpherys, 1995), 특성상 엄밀한 제어법이 될 수 없으나, 적절한 식물의 수분흡수모델을 이용하여 상황에 맞게 설정하면 자본이 열악한 생산현장에서 충분히 통용될 수 있다. 단, 현재는 설정시간이 객관적이고 표준화되어 있지 않아 오차가 많이 발생하고 있는 현실이다.

토마토 펄라이트 자루재배에서 배지의 입도분포 및 배지량에 따른 유효수분함량을 아는 것은 관수안정성을 구명하는데 중요하다. 배지종류 및 배지량에 따른 유효수분함량은 실험실에서의 분석값과 차이를 보이는데, 이는 공간분포, 근권분포, 배지압축 등이 작용하고 있기 때문이다. 즉, 펄라이트는 재배 도중 입자가 부스러질 수 있으며(Willumsen, 1993), 중력 등에 의해 다져지거나, 특히 작은 입자들은 자루 내에서 하부로 이동할 수 있어(Marfa 등, 1992) 자루 내에서의 물리적 성질은 재배기간에 따라 달라질 수 있다(Orozco 와 Marfa, 1995). 배지의 수분보유력은 뿌리발달에 따라 증가하고 건습의 반복 등에 의해 변화된다(Wever 등, 2004). 이에 따라, 배지별 고유특성은 자루 형태로 재배되는 과정에서 변화될 수밖에 없다.

기본적으로 배지 내 수분함량은 증발산량에 비례하고 식물의 활력이 관여한다. 이 흡수량은 생육단계별로 배지 내 수분이 시간의 경과 및 일사량에 따라 변해가는 양상을 조사함으로써 알 수 있다. 단, 배지 내 수분함량에 따라 일사량과 식물의 생육단계나 활력 등에 따른 증발산량을 규명하는 것은 매우 어렵다.

본 연구에서는 실제 재배되고 있는 토마토의 배지 무게를 일사량이나 배지 내 수분함량 등

과 관련지어 측정, 분석함으로써 타이머 제어법의 관수전략을 도출해 내기 위해 수행하였다.

2. 재료 및 방법

대과 토마토인 로꾸산마루(사카타종묘, 일본)를 펠라이트 자루당 6그루를 식재했다. 자루 규격은 길이 120× 폭 34cm (배지량 40 리터, 흑백비닐 두께 0.1mm) 였다. 실험은 5단 수확이 끝난 토마토 6그루가 심겨져 있는 40L 크기의 펠라이트 배지를 대상으로, 18시에 재배 중 사용하던 Yamazaki 토마토 전용 배양액으로 포수시킨 후 증발산량을 배지 내 수분감소로 측정하였다. 배지의 증발량 조사를 위해서는 식물의 기부를 절단하여 지상부가 없는 상태의 배지를 사용했다. 공급 배양액의 pH는 5.5, EC는 $0.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이었다. 배지는 저울 센서(SB series, CAS, Korea)에 매달아 수분감소를 무게로 측정하였으며, multi-channel static amplifier(AI-1600, CAS, Korea)를 통해 컴퓨터에 저장하였다. 무게는 1분마다 계측했으며, 무게 변화가 50g 이상일 때만 값을 출력하도록 하였다.

실험은 벤로형 유리온실에서 2회 실시하였다. 첫 실험은 식물 위조의 전체적인 반응을 알아보기 위해서 7월21일 18시부터 28일 06시까지 행했다. 사용한 배지는 소립(1-3mm, S-1)과 대립(1.2-5mm, L-1)의 두 가지였다. 두 번째 실험은 8월25일 18시부터 31일 16시까지 소립(1-3mm, S-2), 중립(0.15-5mm, M-2) 및 대립(1.2-5mm, L-2) 펠라이트를 대상으로 실시했다. 두 번째 실험에서는 종료시 배지 및 식물의 함수량을 조사하였다. 배지의 수분함량은 10 $^{\circ}\text{C}$ 에서 16시간 이상 건조시키면서 무게변화가 없을 때의 값으로 하였다. 식물체의 수분함량은 105 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간 동안 건조시킨 후, 80 $^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 이상 건조시키면서 무게변화가 없을 때의 값으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

첫 번째 실험에서, 배지 무게는 시간이 경과함에 따라 감소하였다(Fig. 1). 배지 내 수분이 감소함에 따라 일중 무게 변화폭도 감소하는 경향을 나타냈으며, 위조가 발생하는 시점(급액 중단 후 48시간 이내)에는 무게 변화가 아주 미약하였다. 배지 내 수분 감소속도는 S-1에서 빠른 경향을 나타냈다. 무게 감소 특성을 보다 명확히 해석하기 위해서 무게 감소가 계측된 시간에서 다음으로 무게 감소가 계측된 시간까지 걸리는 경과시간을 분으로 나타내었다(Fig. 2, 3). 계측값의 변화 추이를 보면, 하루 중에서는 밤일수록 무게감소가 서서히 이루어지고 있음을 알 수 있다. 적산일사량에 따라 차이는 있으나, 무게감소는 건조일수가 진행됨에 따라 늦어지는 경향을 나타냈다. 급액중단 7일째에는 가장 단시간에 변화량이 나타난 경과시간이 S-1의 경우 99분, L-1의 경우 122분으로 첫째 날의 가장 느린 경과시간인 96분 및 125분 정도로, 이미 뿌리의 수분흡수 능력이 상실된 것으로 나타났다. 6일 동안의 적산일사량은 $6,170\text{W}/\text{m}^2$ 이었다. 배지의 무게 감소로부터 계산한 24시간 동안의 식물의 수분흡수량은 L-1의 경우, 22일 06시부터 24시간 동안 6.8kg이었으며, 그 이후 각각 4.65, 2.35, 0.6, 0.7 및 0.5kg으로 감소하였다. S-1의 경우는 8.35, 6.45, 2.7, 0.75, 0.55 및 0.4kg이었다. 즉, 본 실험의

경우에는 급액중단 후 48시간 이내에 식물이 수분스트레스를 받는 것으로 나타났으며, S-1에서 유효수분이 많은 것으로 나타났다.

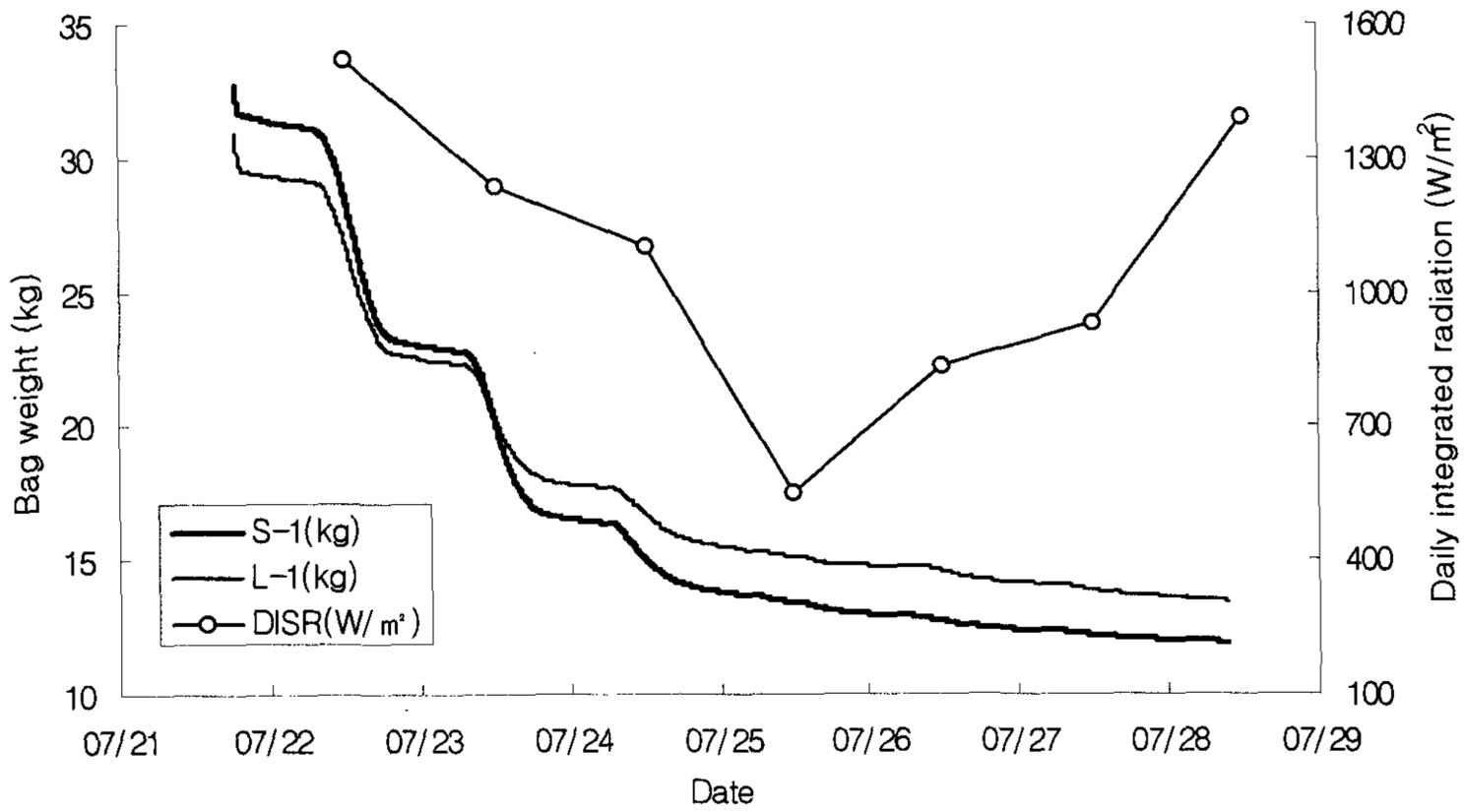


Fig. 1. Transition of bag weight with perlite and DISR(daily integrated solar radiation) in tomato hydroponics in the first experiment. The distribution of particle sizes is 1-3mm in S-1 and 1.2-5mm in L-1.

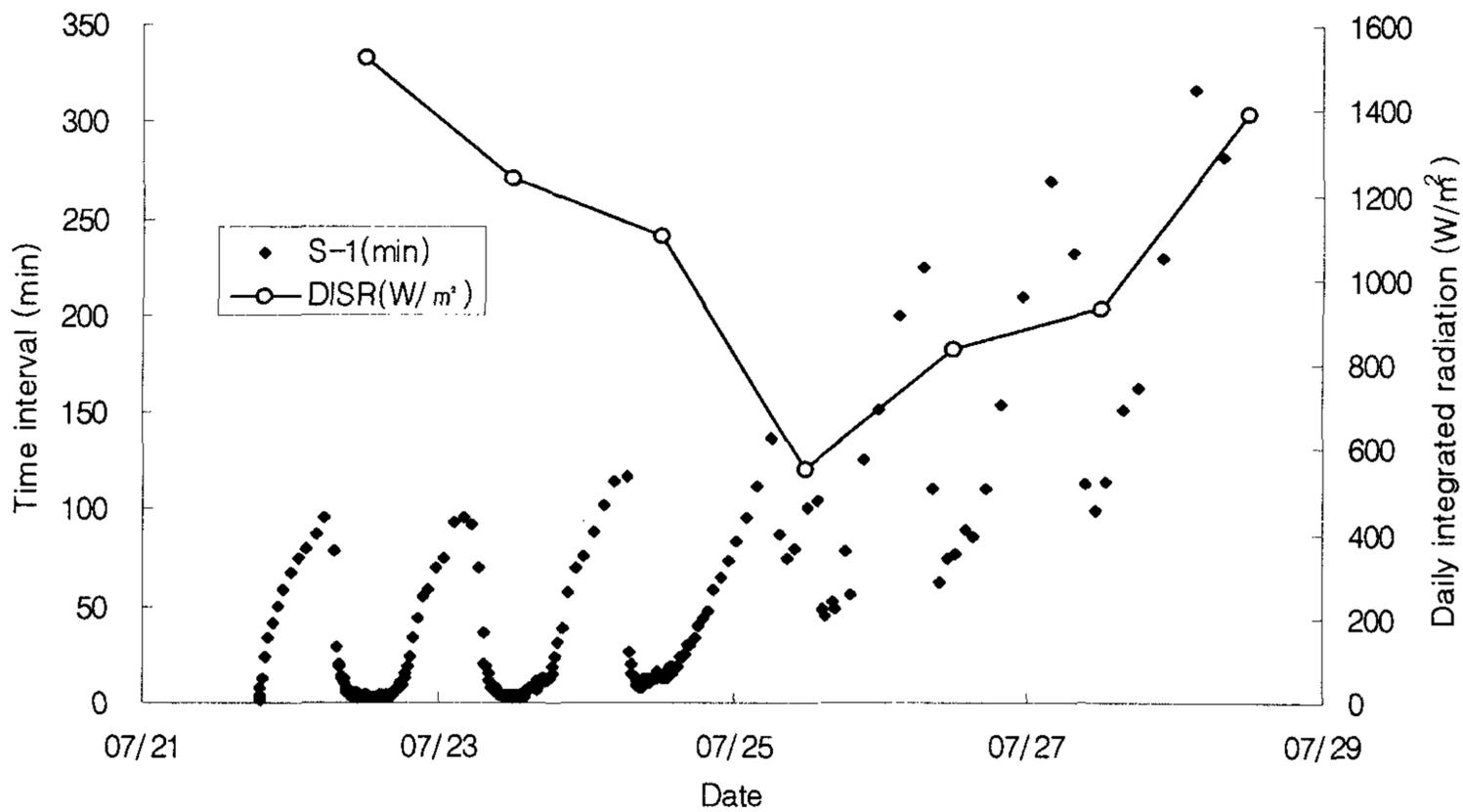


Fig. 2. Time interval(min) with bag weight changes for coarse perlite and DISR(daily integrated solar radiation) in the first experiment. The distribution of particle sizes is 1-3mm in S-1.

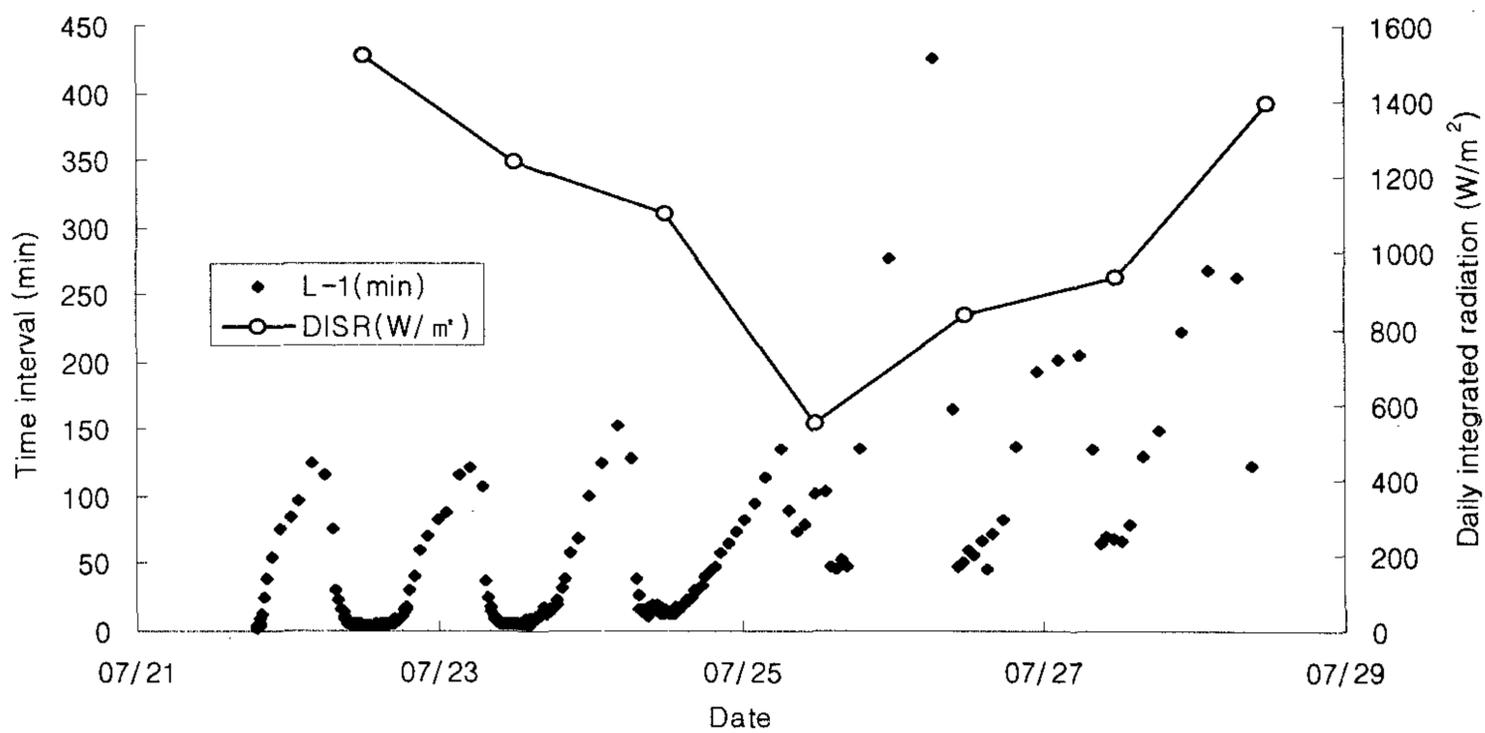


Fig. 3. Time interval(min) with bag weight changes for coarse perlite and DISR(daily integrated solar radiation) in the first experiment. The distribution of particle sizes is 1.2-5mm in L-1.

두 번째 실험에서, 배지 무게는 시간이 경과함에 따라 감소하였으며, 일사량과 비례하였다 (Fig. 4). 배지 내 수분이 감소함에 따라 일중 무게 변화량도 감소하는 경향을 나타냈으며, 위 조가 발생하는 시점에는 무게 변화가 아주 미약하였다.

무게 감소 특성을 보다 명확히 해석하기 위해서 무게 감소가 계측된 시간에서 다음으로 무게 감소가 계측된 시간까지 걸리는 시간간격을 분으로 나타내었다(Fig. 5, 6, 7). 25일의 계측값은 포수시킨 후 배액이 지속적으로 일어나 배지의 무게 감소가 전적으로 식물에 의한 배지 내 수분흡수에 의한 것이라고 보기 어려워 수분흡수 해석에는 사용하지 않았다. 26일부터의 계측값의 변화 추이를 보면, 밤일수록 무게감소가 서서히 이루어지고 있음을 알 수 있다. 무게감소는 건조일수가 진행됨에 따라 늦어지는 경향을 나타냈다. 특히 주목할 것은 일중 최장 무게 변화 시간 간격이 L-2의 경우, 26일 5:11 및 6:03에 53분, 27일 4:13에 72분, 28일 6:25에 95분, 29일 7:01에 127분, 30일 7:17에 138분, 31일 7:20에 175분으로 최장시간대와 흡수속도가 모두 점차 늦어지는 현상이었다. 즉, 수분스트레스에 의해 식물활력의 회복이 일출 후 점차 느려지는 것으로 나타났으며, 수분흡수 속도도 꾸준히 낮아졌다. 한편, 일중 최단 무게 변화 시간 간격은 L-2의 경우, 26일 14:15-14:45에 3-4분, 27일 11:32-12:26에 4-5분, 28일 10:22-12:13에 9-11분, 29일 12:41-14:13에 17-19분, 30일 13:02-15:31에 30-38분, 31일 13:47에 50분으로 시간대에는 차이가 있으나 건조일수의 증가에 따라 일중 최대 수분흡수 속도도 꾸준히 낮아졌다. 이러한 현상은 다른 처리구에서도 유사하게 나타났다.

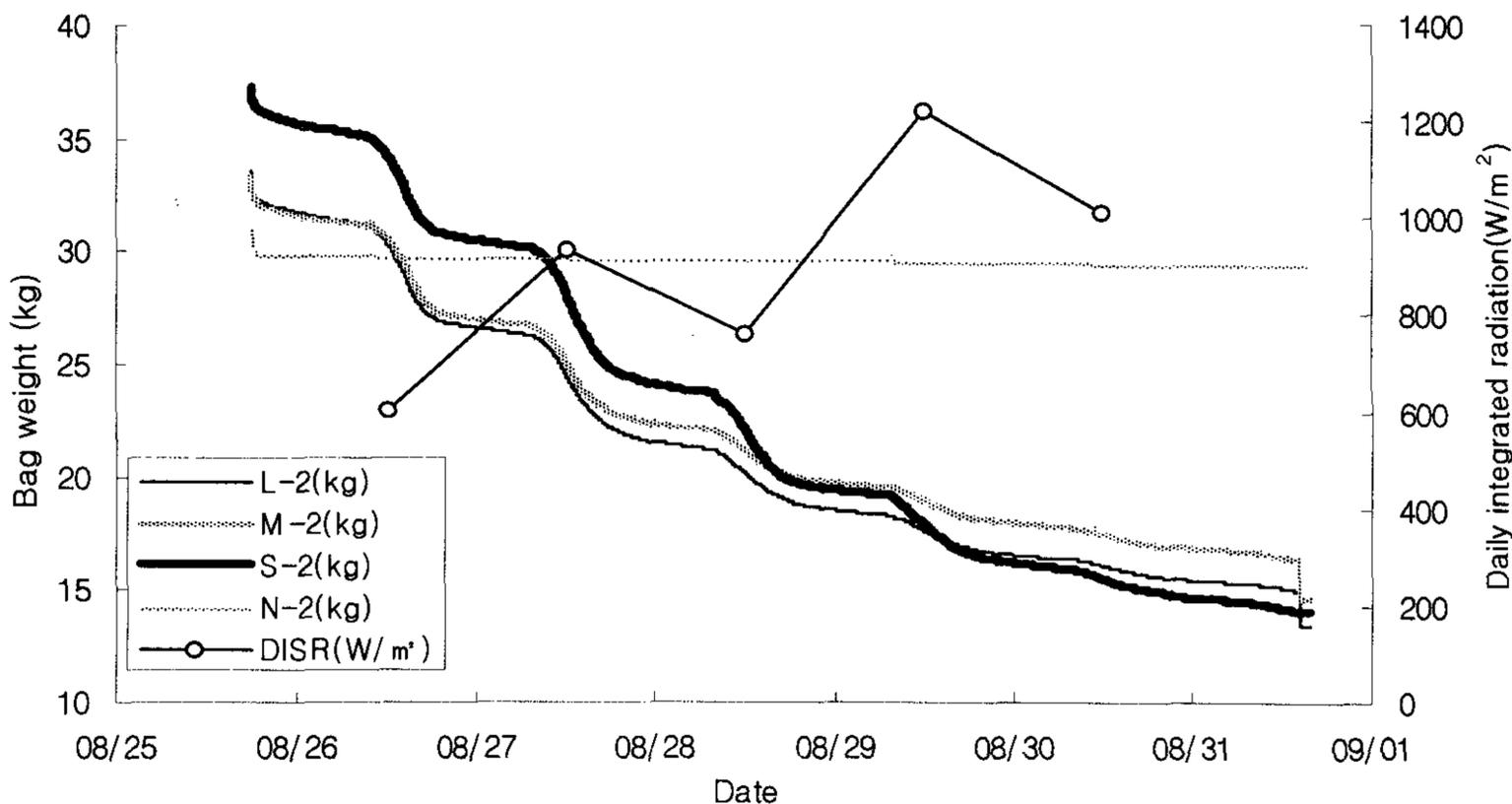


Fig. 4. Transition of bag weight with perlite and DISR(daily integrated radiation) in tomato hydroponics in the second experiment. The distribution of particle sizes is 1-3mm in S-2, 0.15-5mm in M-2 and 1.2-5mm in L-2.

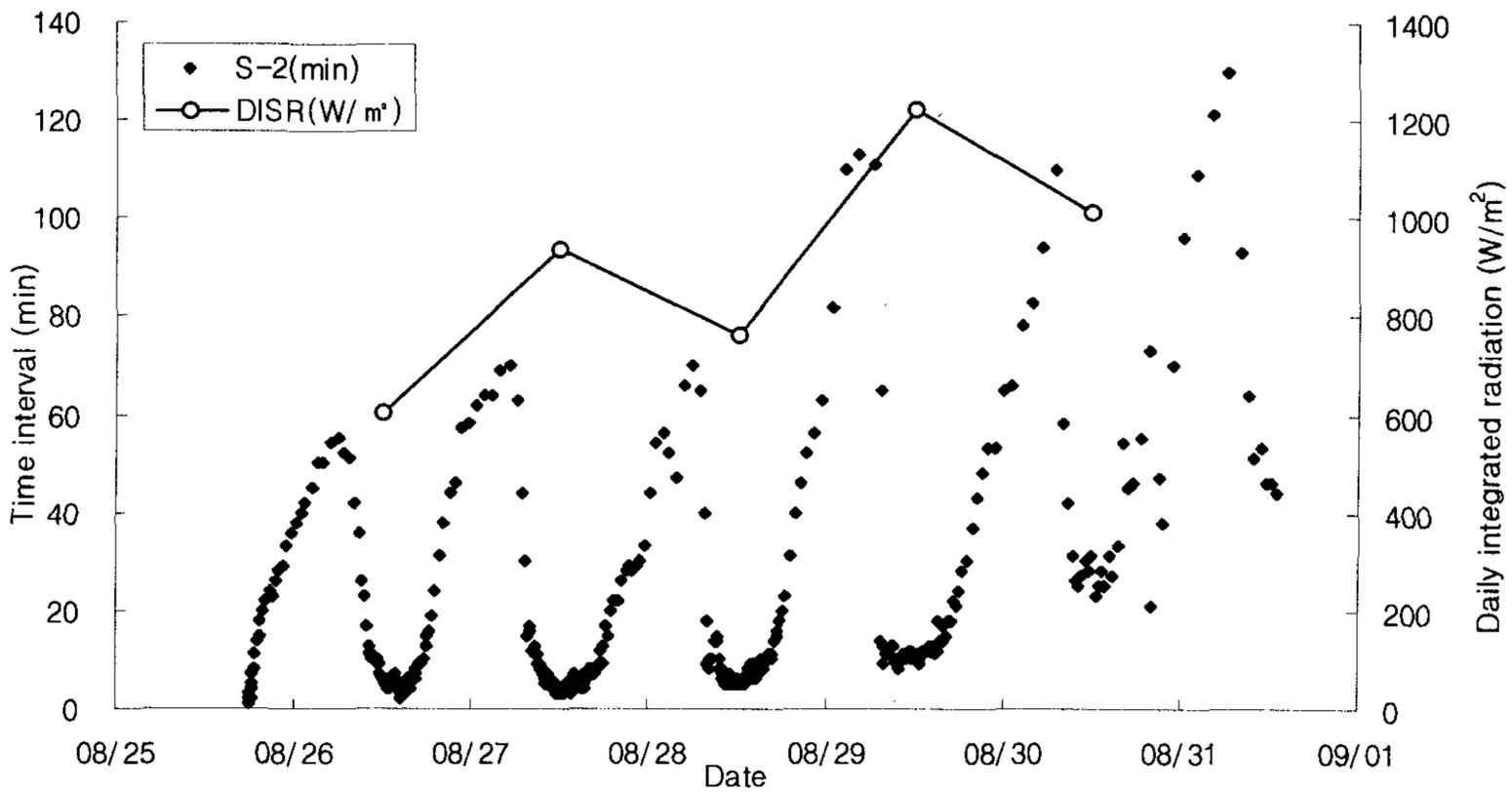


Fig. 5. Time interval(min) with bag weight changes for fine perlite and DISR(daily integrated solar radiation) in the second experiment. The distribution of particle sizes is 1-3mm in S-2.

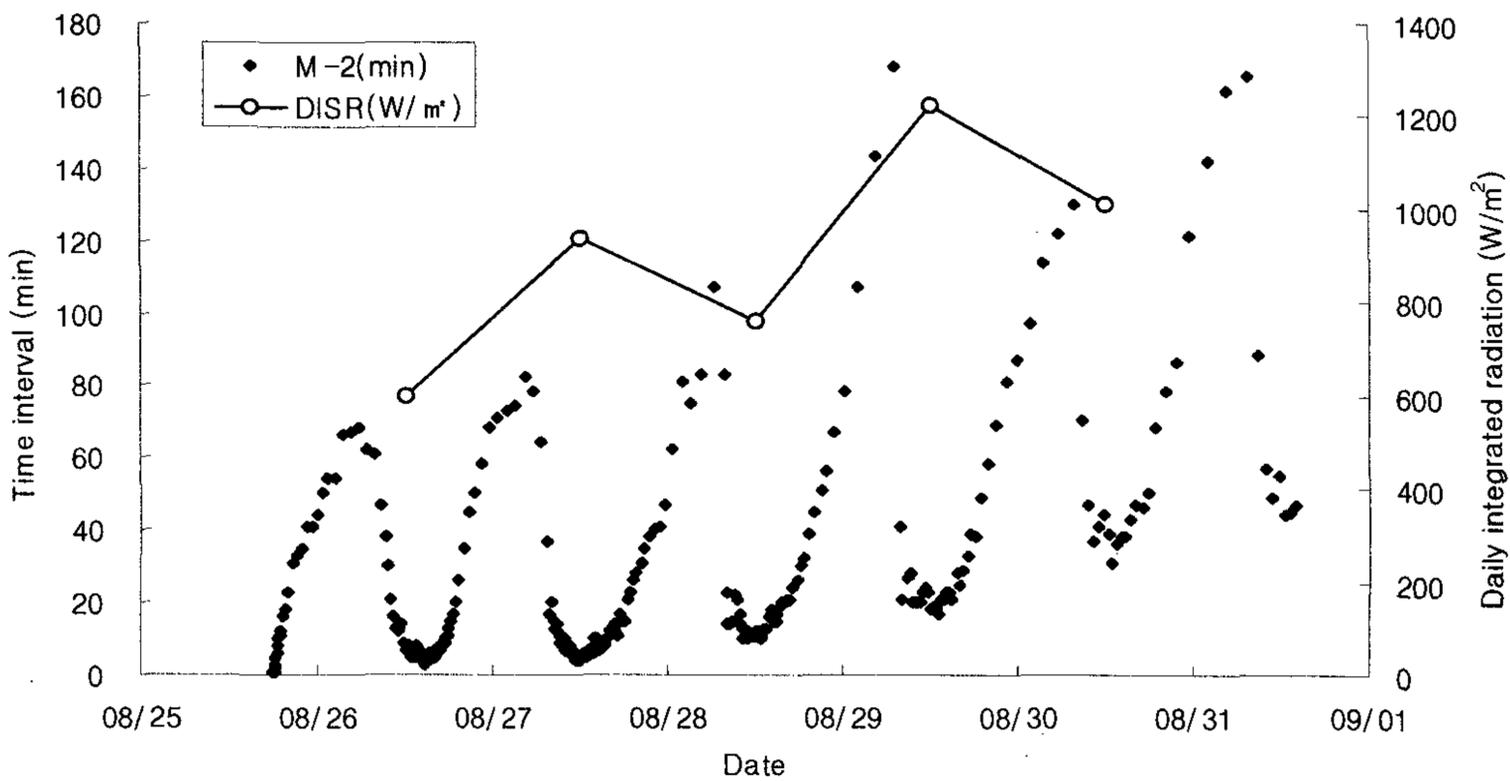


Fig. 6. Time interval(min) with bag weight changes for medium perlite and DISR(daily integrated solar radiation) in the second experiment. The distribution of particle sizes is 0.15-5mm in M-2.

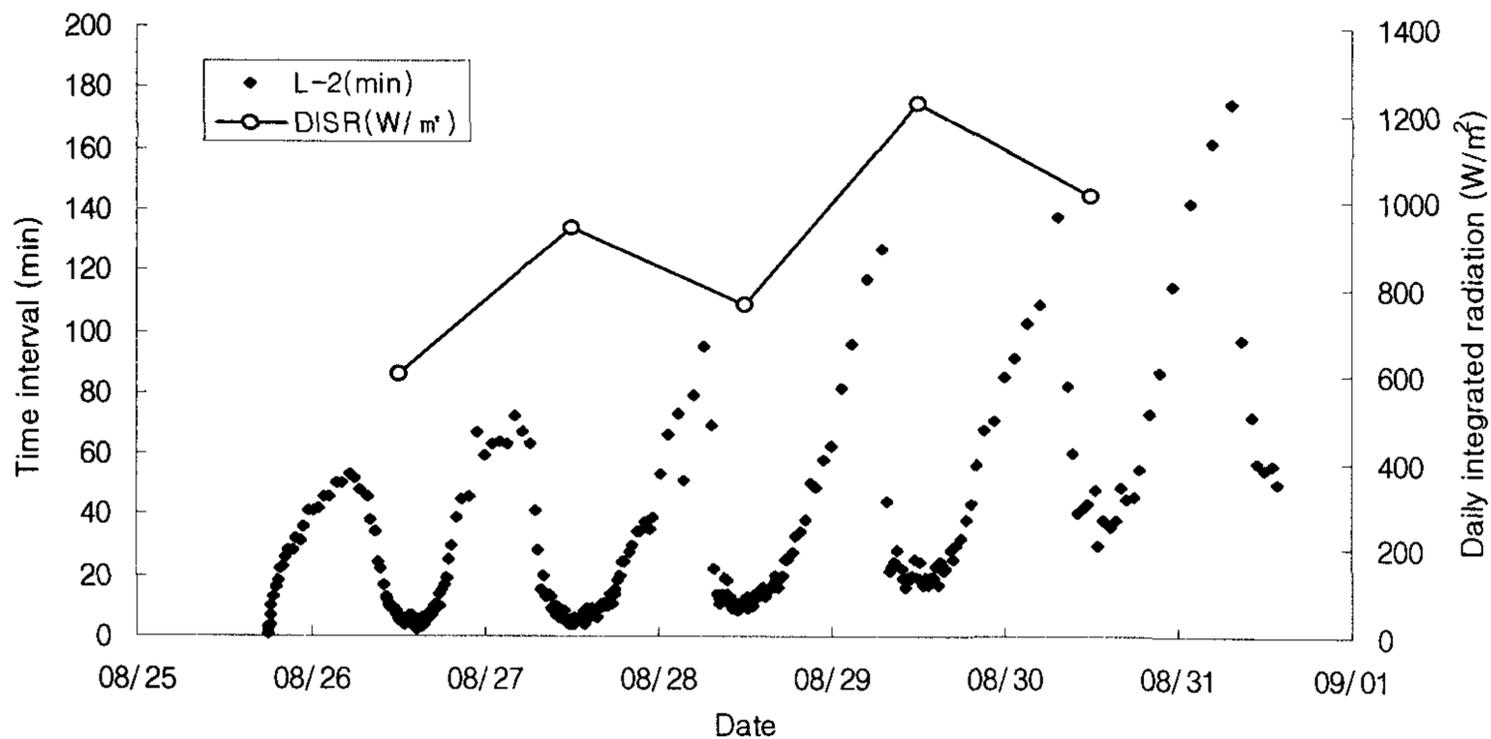


Fig. 7. Time interval(min) with bag weight changes for coarse perlite and DISR(daily integrated solar radiation) in the second experiment. The distribution of particle sizes is 1.2-5mm in L-2.

증발량 조사를 위해 식물의 기부를 절단하여 지상부가 없는 배지의 무게 변화를 본 경우, 50g의 무게 변화가 야간에는 1,000분 이상의 간격으로 감지되었으며, 주간에는 200분 이상의 간격으로 감지되었다. 25일 야간까지 84분 이내로 무게 변화가 일어난 것은 포수 후 배액이 발생했기 때문이었다. 26일 0시부터 31일 15시까지 135시간 동안 배지의 증발량은 0.45kg에 불과했다.

위조실험은 6일째에 중단했으며, 이 시기에 식물에는 위조현상이 확연히 나타났다. 급액중단 6일째에는 가장 단시간에 변화량이 나타난 경과시간이 S-2의 경우 44분, M-2의 경우 45분, L-2의 경우 50분으로, 첫째 날의 가장 느린 경과시간인 55분, 68 및 53분 보다는 약간 짧았으나 이미 뿌리의 수분흡수 능력이 상실된 것으로 나타났다. 5일 동안의 적산일사량은 $4,531 \text{ W/m}^2$ 이었다. 배지의 무게 감소로부터 계산한 식물의 수분흡수량은 L-2의 경우, 26일 06시부터 27일 06시까지의 24시간 동안 5.10kg이었으며, 그 이후 각각 5.00, 3.0, 1.9, 1.1kg으로 감소하였다. M-2의 경우는 4.55, 4.60, 2.55, 1.80 및 1.05kg이었으며, S-2의 경우는 5.05, 6.45, 4.53, 3.27 및 1.45kg이었다. 즉, 본 실험의 경우에는 급액중단 후 48시간 이내에 식물이 수분 스트레스를 받는 것으로 나타났으며, 첫 번째 실험과 마찬가지로 S-2에서 수분스트레스가 적은 것으로 나타났다. 실험 결과, 실험에 사용한 배지의 경우 유효 수분량은 30% 정도로 12kg인 것으로 나타났으며, 배액 되지 않고 배지에 남아있는 수분량은 하루 5kg 이상이어야 수분 스트레스를 받지 않는 점을 고려할 때, 배지의 수분보수력은 토마토의 수분 요구도를 만족하는 것으로 나타났다.

두 번째 실험 종료시 조사한 배지의 함수율은 S-2, M-2 및 L-2에서 각각 무게비로 19, 45 및 35%로, 유효수분이 소립 펄라이트인 S-2에서 월등히 많은 것으로 나타났다. 이는 이전 보고(Sim 등, 2006)에서의 물리성 및 수분보수 양상을 뒷받침하고 있다. 식물의 생체중은 S-2, M-2 및 L-2에서 각각 505, 603 및 553g이었으며, 식물의 건물율은 23% 정도로 처리간 차이가 인정되지 않았다.

배지 내 수분이 감소함에 따라 배지 내 양분 농도의 변화가 발생할 가능성이 있어 위조 시점에서의 배지의 EC를 측정된 결과, L-2의 경우 $2.23\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, M-2 $2.34\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, S-2 $1.83\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 및 식물이 없는 경우 $1.35\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 높아지는 경향은 나타났다. 양분이 고농도로 되면 같은 수분부족이라도 배지의 수분 포텐셜이 더 작아져 수분흡수가 일어나기 어려워진다. S-2의 무게는 실험개시 시에는 가장 컸으나 종료 시에는 가장 작아 수분흡수량이 다른 배지에 비해 많았는데, 배지 내 양분농도가 가장 적게 높아진 것이 기여했을 가능성도 있다.

본 실험의 결과, 토마토의 펄라이트 자루재배에서는 생산자의 극한 상황에 따라 하루 1회 관수도 가능한 것으로 나타났다. 이는 펄라이트는 입도분포에 따라 다르기는 하지만 큰 수분 보유력을 가지고 있기 때문이다(Marfa et al., 1993). 그러나 건조일수에 따른 식물의 수분 스트레스는 식물의 생육단계, 배지 및 일조량 등에 따라 달라지므로 본 실험에 사용한 식물보다 수분흡수량이 많거나 일조량이 많은 경우에는 관수안정성에 변화를 주어야 한다.

본 실험에서와 같은 5단 수확이 끝난 토마토 6그루가 심겨져 있는 40L 크기의 펄라이트 자루의 경우, 일일적산일사량이 $1,519\text{W}/\text{m}^2$ 혹은 $796\text{W}/\text{m}^2$ 일 때, 관수를 하루에 5회 혹은 10회 타이머를 이용하여 공급할 경우의 적정 시간을 수분흡수량의 시간 대비 적산값을 이용하여 산출했다(Table 1). 수분흡수량은 관수개시 시각 후 자정까지의 흡수량을 이용하였고, 첫 급액을 6시 혹은 7시로 고정하여 계산했다. 첫 급액을 7시로 고정하고 14시에 관수를 마감하는 경우는 동절기에 해당되거나 혹은 배지를 일찍 건조시키려는 경우에 적합하다. 단, 타이머에 의한 급액제어는 날씨에 따라 급액횟수나 1회당 급액량을 조절하지 않으면 배지가 과습하거나 건조해지기 쉬우므로 주의해야 한다. 태양광만을 이용하는 경우에는 일일적산일사량이 다르더라도 일중 변화양상은 비슷할 것이므로 본 설정시간에 준해서 운용해도 될 것으로 사료된다. 날씨가 많이 변하거나 생육단계가 크게 진행되지 않으면 일정 기간 동안은 급액횟수나 급액량은 유지해도 무방하다(Raviv 등, 1993).

Table 1. Recommended irrigation schedule in tomato perlite bag culture in a day based on plant water absorption (bag volume: 40L with 6 plants).

| No. | Unlimited in last supply | | Supplied until 2 PM |
|-----|---|-------------------|---------------------|
| | 5 supplies a day | 10 supplies a day | 5 supplies a day |
| 1 | 06:00 | 06:00 | 07:00 |
| 2 | 10:35 ^z - 11:47 ^y | 09:29 - 10:19 | 10:03 - 10:45 |
| 3 | 12:26 - 13:40 | 10:35 - 11:47 | 11:31 - 12:06 |
| 4 | 14:09 - 14:56 | 11:34 - 12:42 | 12:45 - 13:02 |
| 5 | 16:13 - 16:55 | 12:26 - 13:35 | 14:00 |
| 6 | | 13:14 - 14:20 | |
| 7 | | 14:09 - 14:56 | |
| 8 | | 15:06 - 15:43 | |
| 9 | | 16:13 - 16:55 | |
| 10 | | 17:50 - 19:30 | |

* The first irrigation was fixed at 06:00 or 07:00.

^zDISR is 1,519W/m² or ^yDISR is 796W/m²

4. 인용문헌

- Choi, E.Y., Lee, Y.B. and J.Y. Kim. 2001. Determination of total integrated solar radiation range for the optimal absorption by cucumber plant in different substrates. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(3):271-274. (in Korean)
- Hardy, L., P. Koluvek, and T. Spofford. 1989. Electronic advance and opportunity timers for irrigation evaluations. *Amer. Soc. Agr. Eng.* 89:2555-2566.
- Humpherys, A.S. 1995. Semi-automation of irrigated basins and borders. III. Control elements and system operation. *Appl. Eng. Agr.* 11:83-91.
- Kim, H.J. and Y.S. Kim. 2004. Evaluation of irrigation system by balance and integrated solar radiation on the fruit quality of muskmelon in closed perlite culture system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 45(3):127-130.
- Lorenzo, P., E. Medrano and M.C. Sanchez-Guerrero. 1998. Greenhouse crop transpiration-an implement to soilless irrigation management. *Acta Hort.* 458:113-119.
- Marfa, O., A. Martinez, R. Orozco, L. Serrano, and F.X. Martinez. 1993. The use of fine-grade perlites in lettuce bag cultures. II Physical properties, rheologic effects and productivity. *Acta Hort.* 342:339-348.
- Matsuno, A. 1990. The guide book of rockwool culture-Retarding culture of tomato plant. pp. 33-41. The national agricultural cooperative union, Tokyo.
- Orozco, R. and O. Marfa. 1995. Granulometric alteration, air-entry potential and hydraulic

conductivity in perlites used in soilless cultures. *Acta Hort.* 408:147-161.

Raviv, M., S. Medina, Y. Shamir, and Z. Ben-Ner. 1993. Very low medium moisture tension - a feasible criterion for irrigation control of container-grown plants. *Acta Hort.* 342:111-119.

Sim, Sang Youn, Su Yeon Lee, Sang Woo Lee, Myeong Whoon Seo, Jae Wook Lim, Soon Jae Kim, and Young Shik Kim. 2006. Desirable particle size distribution of perlite for tomato bag culture. *J. Bio-Environment Control* (submitted) (in Korean)

Wever, G., J.S. Nowak, O.M. De Sousa Oliveira, and A. van Winkel. 2004. Determination of hydraulic conductivity in growing media. *Acta Hort.* 648:135-143.

Willumsen, J. 1993. Assessment of fluctuations in water and air contents of pot substrates during plant growth. *Acta Hort.* 342:371-378.

제7절 펄라이트 베드재배와 자루재배의 흑한기 및 흑서기 근권온도 변화

1. 서론

근권온도는 작물생육에 매우 중요한 인자이다. 온도가 너무 높거나 낮으면 광합성이나 광합성산물의 partitioning(Gosselin et al., 1984), 물과 영양(Kuiper, 1964; Cornillon, 1977; Passioura, 1988) 및 전체적인 생육(Cooper, 1973; Shishido et al., 1979) 등에 나쁜 영향을 미친다. 10L 크기의 펄라이트 배지를 함유한 용기에서 착색단고추를 대상으로, 12°C에서 20°C로 근권온도를 높이면 도관액의 이동속도가 250% 빨라지므로 20°C까지는 근권온도가 높을수록 생육에 좋으며, 근권온도가 낮으면 질산염, 인산염 및 칼륨의 체내 이동속도가 떨어진다(Kafkafi, 2001).

고형배지경은 그 특성상 배지의 온도 변화가 크다. 수경재배에서는 근권온도가 용기의 특성에 따라 다를 수 있는데(Fretz, 1971; Verma, 1979; Ingram, 1981), 배지를 감싼 용기의 용적이 작을수록 온도변화가 클 수 있다(Giuffrida, 2001). Xu와 Kafkafi(2001)는 착색단고추의 펄라이트 자루재배에서 배지의 용량이 많을수록 생육이 좋았는데, 그 이유의 하나로 배지 내 근권온도 변화폭이 작은 것을 들었다. 따라서 펄라이트 자루재배의 경우 근권온도 변화 양상이 베드재배와 다를 수 있다. 한국에서 채택하고 있는 베드 형태는 스티로폼으로 감싸져 있기 때문에 겨울에는 보온되고 여름에는 고온이 되지 않는다고 생각할 수 있다. 그러나 상부가 열려져 있기 때문에 보온성이 크지 않을 수 있으며, 스티로폼의 보온성 자체도 크지 않을 수 있다. 자루재배의 경우 자루의 부피가 베드재배에서보다 작기 때문에 온도변화가 클 수 있으며, 자루가 보온재로 감싸져 있지 않기 때문에도 온도변화가 클 가능성이 있다. 그리고 자루는 흑백비닐로 감싸져 있어, 주간에는 열의 흡수를 막고, 야간에는 열의 방출을 방지하는 역할을 하여, 일중 온도변화가 크지 않도록 고안되어 있지만, 얇은 필름상의 물질이 보온성이

낮을 수 있다.

펄라이트 재배에서 자루 방식과 베드 방식으로 재배하는 경우, 흑한기와 흑서기의 온도변화 양상은 각 재배 방식의 선택에 중요한 영향을 미친다. 따라서 본 연구는 펄라이트 재배에서 채택 가능한 자루 방식과 베드 방식의 재배 방식에서 온도변화 폭을 검증함으로써 흑한기 및 흑서기에 바람직한 재배 방식을 구명하고자 행해졌다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 흑한기 및 흑서기 두 계절로 나누어 각각 수행되었다. 공시품종은 대과용 토마토 630(SAKATA, Japan)이었으며, 경기도농업기술원 한국형 유리온실에서 5단 적심 외대 가꾸기로 재배하였다. 육묘는 양지붕 유리 온실 내에서 자체 개발한 분사형 육묘 시스템을 이용했으며, 1일 1회(오전 11:30) 관수 하였다.

흑한기 실험은 2004년 11월 3일 72공 공정 육묘판에 파종하였고, 2004년 12월 23일 본엽이 6매 일 때 정식하고, 2005년 1월 4일 처리를 시작했다. 흑서기 실험은 2005년 5월 2일 50공 공정 육묘판에 파종하였고, 2005년 6월 16일 본엽이 6매 일 때 정식하고, 2005년 6월 19일 처리를 시작했다.

펄라이트 자루재배에서는 스티로폼 판에 비닐과 엑셀판을 깎 후, 자루(W 340 * L 1,200 * H 150mm, 용량 40L)를 놓았다. 정식 전날 포수한 후, 정식 직전 배액 구를 뚫은 다음, 펄라이트 자루 당 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였다. 배액구는 자루의 한쪽 면에만 그루와 그루 사이의 정중앙에 바닥에서 3cm 높이에 5cm 길이로 만들었다. 재식간격은 40cm로 하였다. 줄간 간격은 2m였다. 관행 방식인 펄라이트 베드재배에서는 다목적 1호 베드(Mod.MP1B, W 310 * L 1,000 * H 215mm, 가화택)에 엑셀판, 비닐, 방근망을 깎 후, 배지를 충전했다. 재식방법은 자루재배와 동일하게 했다.

자루재배와 베드방식 간에 동절기 온도 변화 양상과 온도 제어 용이성을 규명하기 위해서, 각 재배방식에 대해서 무처리와 최저온도를 17°C로 하는 처리를 두었다. 처리명은 17°C의 펄라이트 자루재배(B17), 무처리의 펄라이트 자루재배(BC), 17°C의 베드재배(T17), 무처리의 베드재배(TC)로 하였다. 처리당 9개 자루를 사용했다. 엑셀판 입구쪽과 반대쪽에서 5번째 와 6번째 식물 사이에, 배지 상단으로부터 5cm와 10cm의 깊이에 온도센서(thermistor, AUTOMATA)를 꽂고 CR10X로 온도 자료를 수집했다. 따로 pt100 센서를 사용해 배지중앙의 온도를 측정하고 흑한기 실험에서는 온도가 17°C아래로 떨어졌을 경우 30°C 온수를 펄라이트 자루 아래와 펄라이트 베드아래에 두 줄로 설치해 놓은 엑셀판을 통해 순환시켰다. 흑서기 실험에서는 반대로 냉수인 지하수를 흘려보냈다.

사용 배양액은 토마토용 Yamazaki 배양액이었으며, pH 5.5, EC 0.8 이었다. 배양액의 공급은 자동 공급 장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하였다. 관수는 적산일사량법과 타이머 법을 병행 사용하였다. 생육초기에는 ISR(적산일사량) 200Wh에 198ml 씩 관수하였고, 10시에는 타이머로 급액 하였다. 이후로는 배액을 10% 선에서 관수 시간 및 일사량을 조절 하였다. 측

지는 5cm 이상에서 제거했다. 하엽은 제거하지 않았다. 2005년 1월 7일부터 매주 월, 수, 금에 착과제로 토마토 톤을 살포했다. 수확은 혹서기 실험에서는 2005년 7월 20일부터, 혹한기 실험에서는 2005년 2월 4일부터 실시됐다. 수확은 토마토가 90%정도 착색 되었을 때 처리별, 화방별로 수확하여 100g이하(소과), 100g~200g, 200~300g, 300g~400g, 400g이상, 기형과(배꼽, 창문), 당도를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

혹한기 실험에서는 가장 혹한기였던 1월 13일과 3월 12일의 온도변화를 나타냈다. 온도 측정은 온수가 가장 먼저 도달하는 온수관 입구쪽 배지와 그 반대쪽 배지의 두 군데에서 수행되었다. 온수관 입구쪽 배지의 온도 변화 양상 중에서(Fig. 1, 2), 배지 상단에서 5cm 깊이의 온도(Fig. 1)는 1월 13일에는 야간 실내 기온이 낮아 설정온도 이하까지 떨어졌으며, 17℃로 가온한 베드재배 처리구에서 높게 유지됐다. 3월 12일에는 야간 실내 기온이 높아 처리간 온도 차이가 적었으나, 베드재배 처리구에서 높았다. 일중 변화는 자루재배가 베드재배보다 약간 크게 나타났다. 배지 상단에서 10cm 깊이의 온도(Fig. 2)는 1월 13일에도 설정온도에 가깝게 유지되었으며, 17℃로 가온한 베드재배 처리구가 자루재배 처리구와 낮에는 온도 변화가 유사하고, 좀 일찍 가온 반응하였다. 3월 12일에는 처리간 온도 차이가 거의 인정되지 않았다.

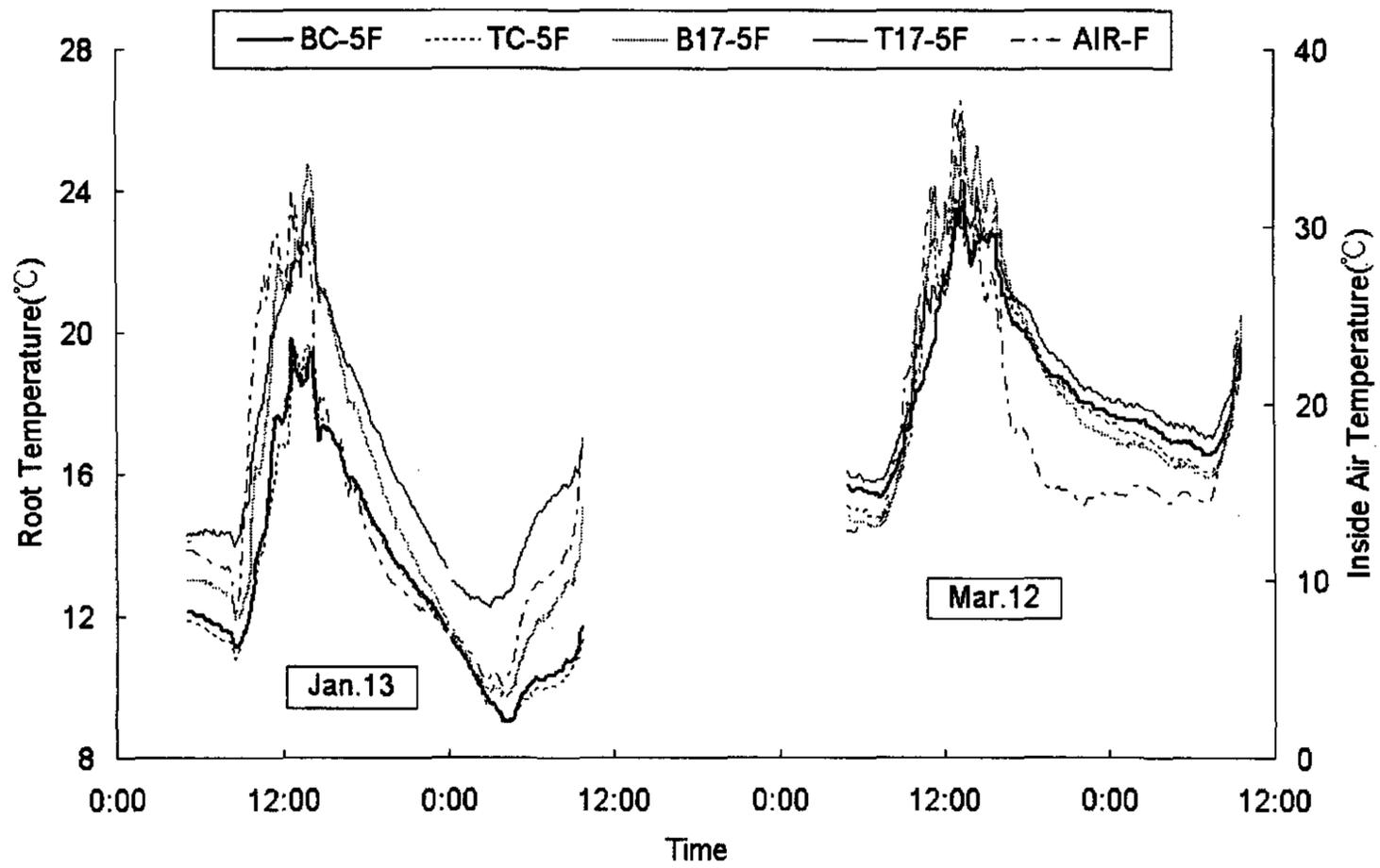


Fig. 28. Root temperature in the depth of 5cm from substrate profile by cultural methods and temperature-warming (front part of warm water line). B17-5F: bag-17°C-5cm-front, T: Trough.

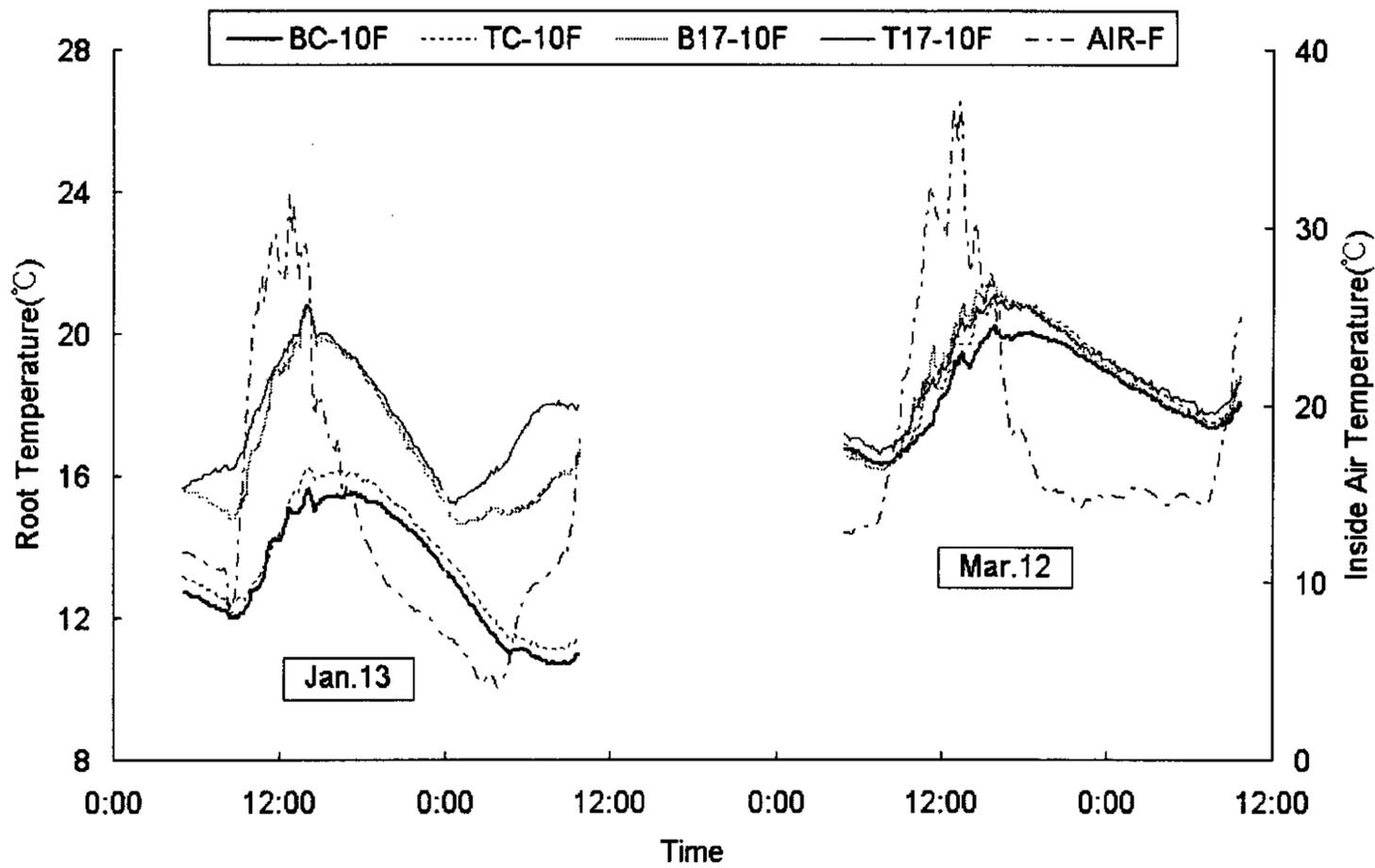


Fig. 29. Root temperature in the depth of 10cm from substrate profile by cultural methods and temperature-warming (front part of warm water line). B17-10F: bag-17°C-10cm-front, T: Trough.

온수관 뒤쪽 배지의 온도 변화 양상 중에서(Fig. 3, 4), 배지 상단에서 5cm 깊이의 온도(Fig. 3)는 온수관 입구쪽 온도 변화 양상과 비슷하기는 하지만, 1월 13일의 베드재배 처리구와 자루재배 처리구간의 최저온도 차이가 더 적었다. 3월 12일에는 처리간 온도 차이가 거의 없었다. 배지 상단에서 10cm 깊이의 온도(Fig. 4)는 온수관 입구쪽 온도 변화 양상과 비슷하게 1월 13일에도 설정온도에 가깝게 유지되었으며, 자루재배 17°C 처리구가 베드재배 처리구보다 최저온도가 높아서 온수관 입구와 다른 결과를 보였다.

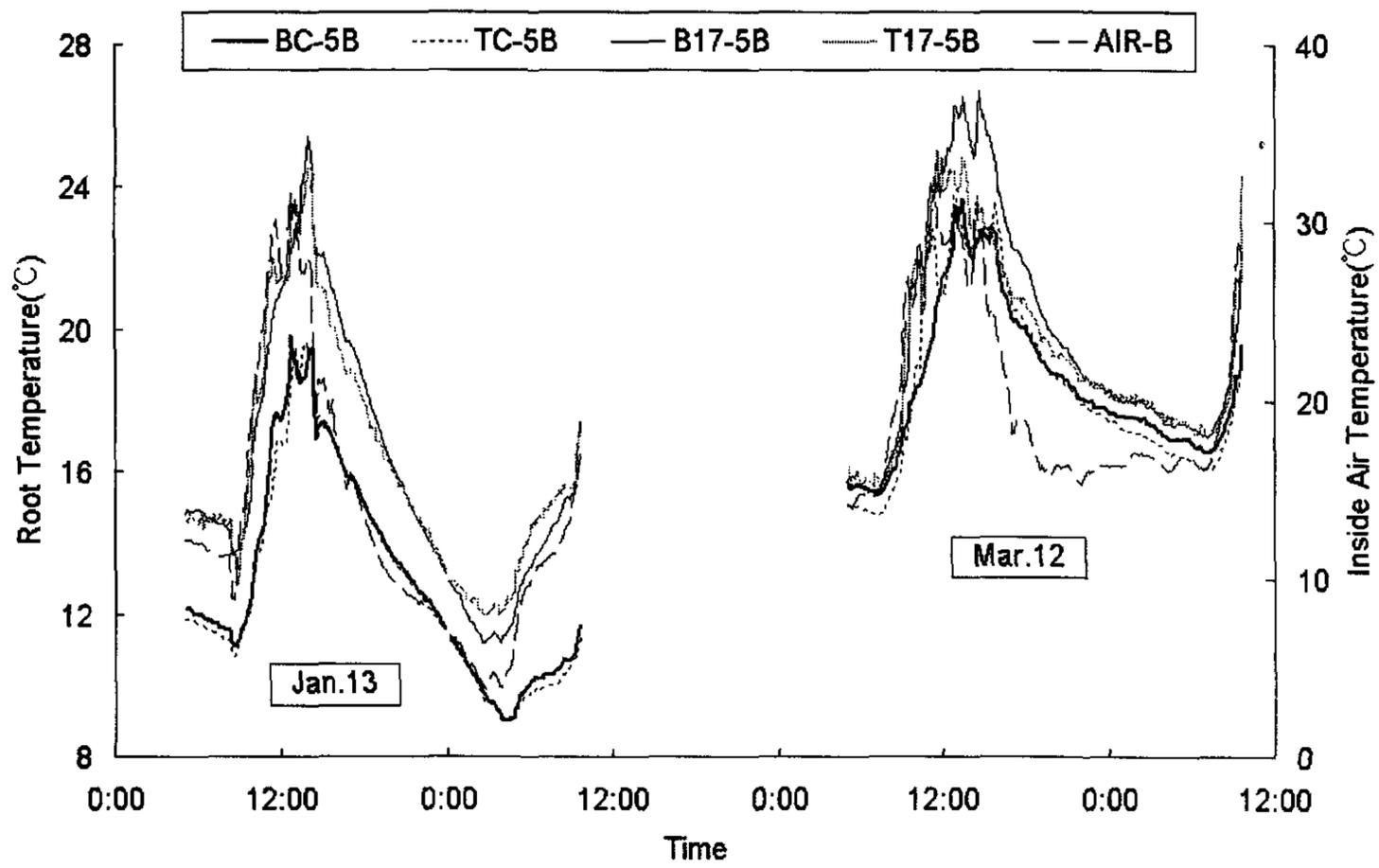


Fig. 30. Root temperature in the depth of 5cm from substrate profile by cultural methods and temperature-warming (back part of warm water line). TC-5B: trough-control-5cm-back, B: Bag.

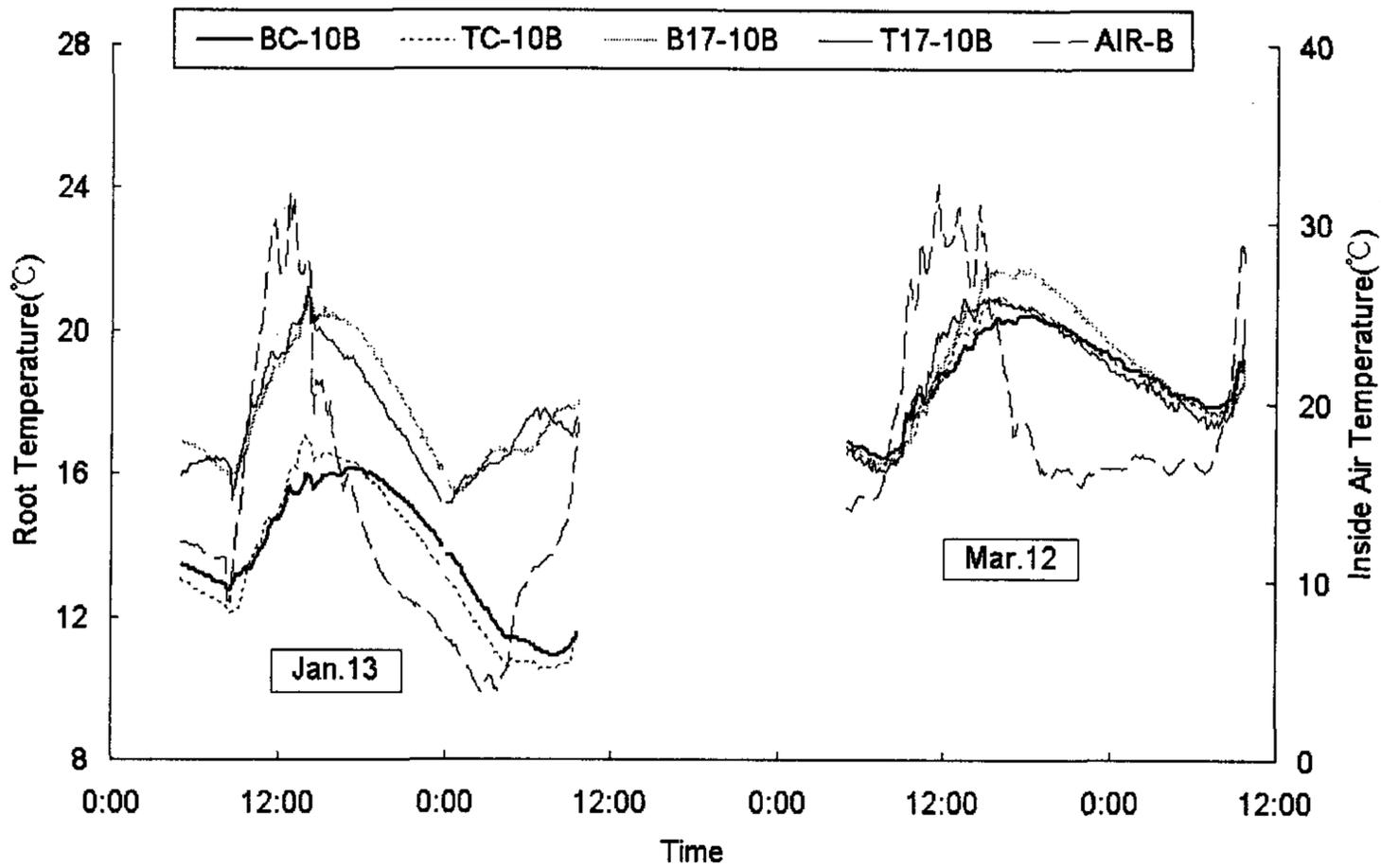


Fig. 31. Root temperature in the depth of 10cm from substrate profile by cultural methods and temperature-warming (back part of warm water line). TC-10B: trough-control-10cm-back, B: Bag.

배지온도의 제어는 Pt100을 자루의 한가운데에 설치하여 행했는데, 자루의 높이가 15cm인 데 반해 센서의 길이가 5cm였기 때문에 측정 부위인 표면으로부터 5cm 및 10cm의 부위의 온도는 제어온도와 약간 다르게 나타났다. 또한, 아무리 정확하게 측정센서와 제어센서를 설치했다더라도 약간의 위치 차이로 인해 온도의 편차가 약간 감지되었다. 이러한 점을 감안하면 배지 깊이간 재배방식을 비교하면 재배방식간에 거의 온도차이를 발견하기 어려웠다. 배지 표면으로부터의 깊이가 깊을수록 최저온도가 높았는데, 이는 측정부위 위에 설치된 제어용 온도센서보다 낮은 위치에 있기 때문에 일어난 현상이며 더구나 더운 온수가 배지 하부에 정체되어 늦게 까지 정체된 온수의 효과 때문에 온도가 올라간 것으로 추정된다. 5cm 깊이의 부위는 반대로 최저온도가 설정온도보다 낮은 현상으로 나타났다.

혹서기 실험에서는 가장 혹서기였던 6월 23일과 8월 27일의 온도변화를 나타냈다. 온도 측정은 냉수가 가장 먼저 도달하는 냉수관 입구쪽 배지와 그 반대쪽 배지의 두 군데에서 수행되었다. 냉수관 입구쪽 배지의 온도 변화 양상 중에서(Fig. 5, 6), 배지 상단에서 5cm 깊이의 온도(Fig. 5)는 6월 23일에는 최저온도가 자루재배 무처리에서 가장 높았고, 17°C로 조절된 자루재배 처리구에서 가장 낮게 유지됐다. 최고온도는 자루재배 무처리에서 가장 높았다. 8월 27일에서도 최저온도는 6월 23일과 비슷한 양상이었는데, 최고온도는 베드재배 무처리에서 가장 높았다. 배지 상단에서 10cm 깊이의 온도(Fig. 6)는 전체적으로 온도 강하 처리효과가

5cm에서 보다 크게 나타났으며, 처리간 양상은 5cm에서와 유사하였다.

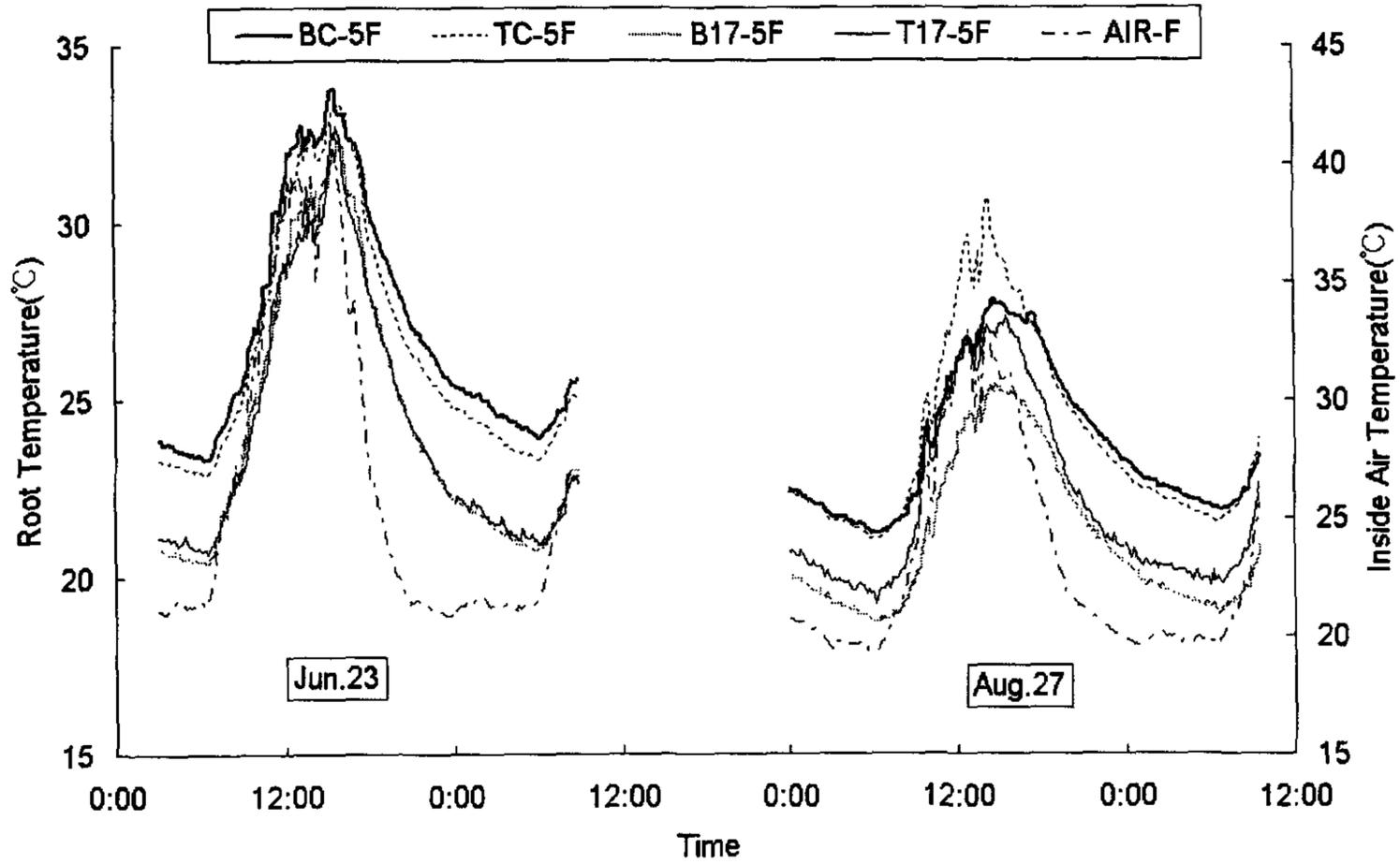


Fig. 32. Root temperature in the depth of 5cm from substrate profile by cultural methods and temperature-warming (front part of warm water line). B17-5F: bag-17°C-5cm-front, T: Trough.

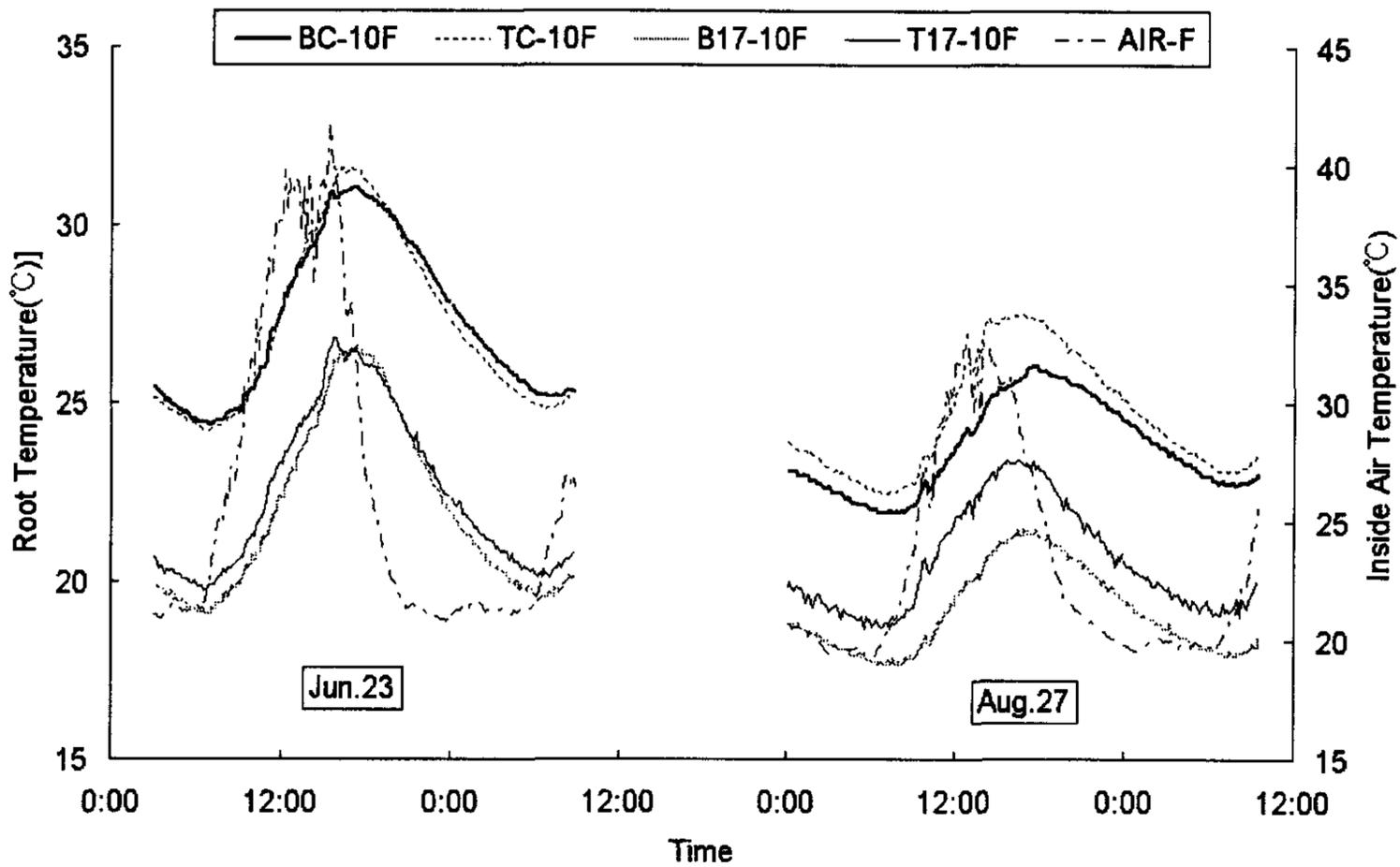


Fig. 33. Root temperature in the depth of 10cm from substrate profile by cultural methods and temperature-warming (front part of warm water line). B17-10F: bag-17°C-10cm-front, T: Trough.

냉수관 뒤쪽 배지의 온도 변화 양상 중에서(Fig. 7, 8), 배지 상단에서 5cm 깊이의 온도(Fig. 7)는 6월 23일에는 최저온도가 17°C로 조절된 베드재배 처리구에서 보다 낮게 유지됐다. 최고온도는 자루재배에서 가장 높았다. 8월 27일에서도 온도변화는 6월 23일과 비슷한 양상이었는데, 차이는 크지 않았다. 냉수관 뒤쪽 배지의 5cm 깊이의 온도는 온도센서가 부족하여 무처리구의 자료는 구하지 못했다. 배지 상단에서 10cm 깊이의 온도(Fig. 8)는 전체적으로 온도 강하 처리효과가 5cm에서 보다 크게 나타났으며, 최저온도는 재배방식간에는 차이가 없었으며, 최고온도는 자루재배에서 높은 경향을 보였다.

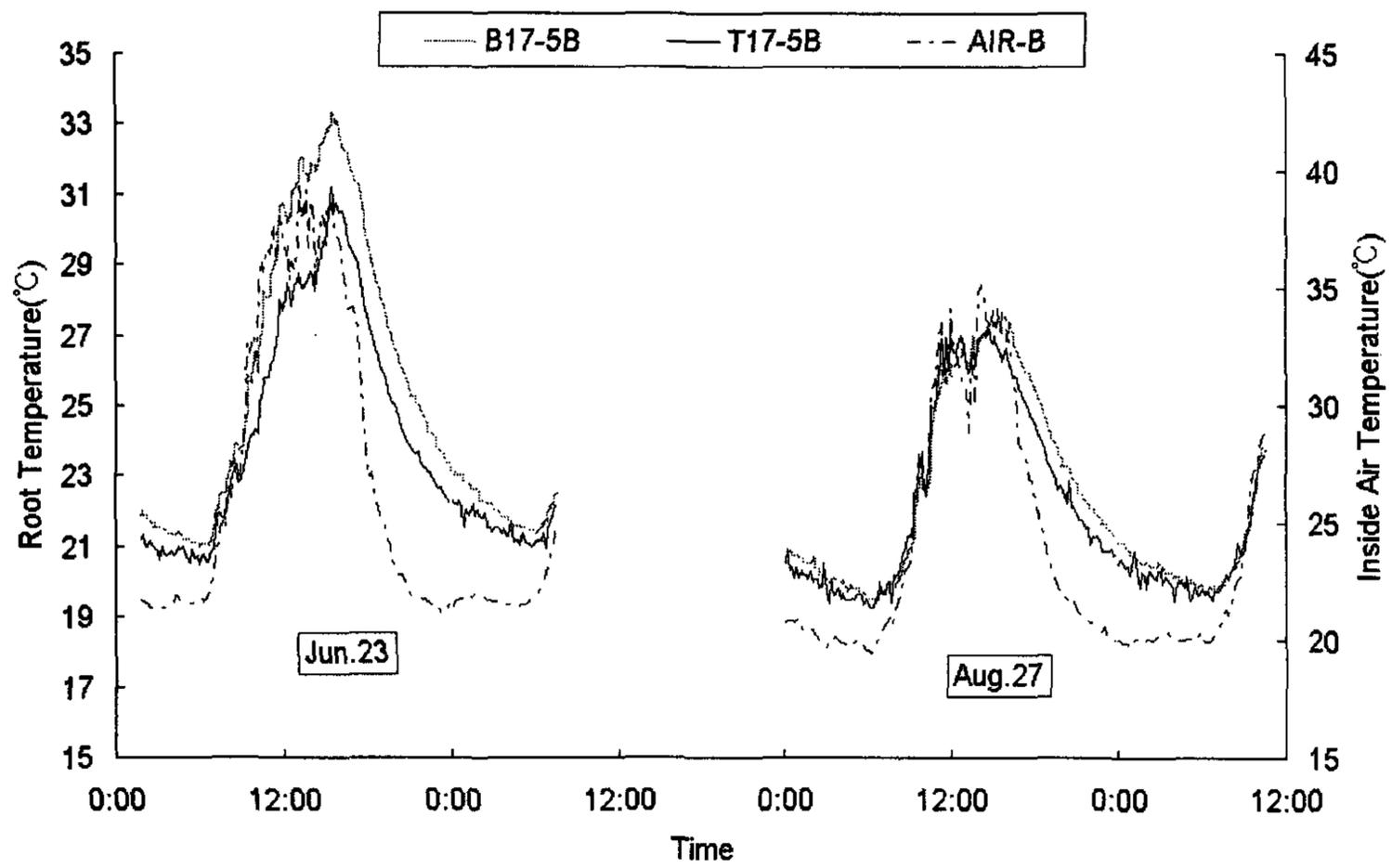


Fig. 34. Root temperature in the depth of 5cm from substrate profile by cultural methods and temperature-warming (back part of warm water line). T17-5B: trough-17°C-5cm-back, B: Bag.

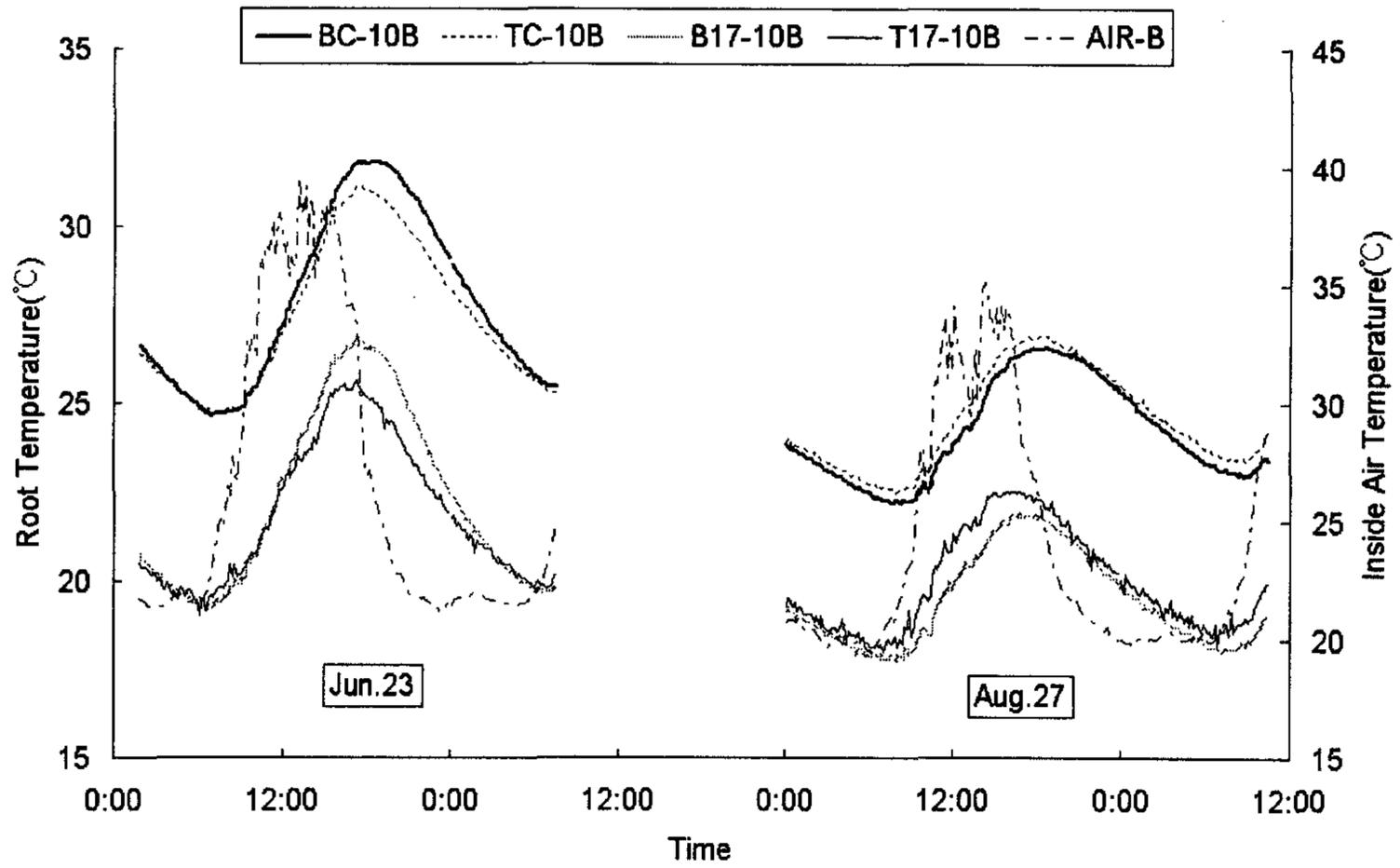


Fig. 35. Root temperature in the depth of 10cm from substrate profile by cultural methods and temperature-warming (back part of warm water line). TC-10B: trough-control-10cm-back, B: Bag.

근권가온 처리별 토마토 최종 생육을 비교한 결과, 처리간 차이가 인정되지 않았다.

Table 1. The growth characteristics in different raised root temperatures (May, 31)

| Treatment | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Nodes (nodes/plant) | Fresh weight (g/plant) |
|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| T-17 ^z | 158 | 42 | 44.5 | 18.0 | 20.7 | 836 |
| T-C | 163 | 41 | 39.7 | 18.8 | 20.6 | 683 |
| B-17 | 151 | 38 | 38.4 | 20.6 | 21.0 | 687 |
| B-C | 152 | 38 | 38.7 | 17.7 | 21.1 | 733 |

^z T-17; 17°C root temperature in trough type

T-C; uncontrolled root temperature in trough type

B-17; 17°C root temperature in bag type

B-C; uncontrolled root temperature in bag type

자루재배와 베드재배에서 근권가온과 무가온 처리간의 수량 및 품질을 살펴보면(Table 2) 전체적으로 통계적 유의성은 발견되지 않았으나, 베드재배 근권 가온처리에서 식물체당 총수량과 상품수량이 1.120kg와 1.029kg로 다소 높게 나왔으며 기형과 수량도 0.034kg로 많았다. 과실의 당도는 차이가 없었다.

Table 2. Yield in different raised root temperatures.

| Treatment | Total yield (kg/Plant) | Marketable yield (kg/Plant) | Malformed fruit (kg/Plant) | Small fruit 100g> (kg/Plant) | Brix (°Bx) | Index (%) |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------|--------------|
| T-17 ^z | 1.120 | 1.029 | 0.034 | 0.058 | 4.7 | 92% |
| T-C | 0.992 | 0.861 | 0.037 | 0.094 | 4.9 | 87% |
| B-17 | 0.998 | 0.877 | 0.021 | 0.100 | 4.8 | 88% |
| B-C | 0.945 | 0.839 | 0.011 | 0.094 | 4.7 | 89% |

^z T-17; 17°C root temperature in trough type

T-C; uncontrolled root temperature in trough type

B-17; 17°C root temperature in bag type

B-C; uncontrolled root temperature in bag type

근권냉수 처리별 토마토 최종 생육을 비교한 결과, 처리간 차이가 인정되지 않았다.

Table 3. The growth characteristics in different lowered root temperatures.

| Treatment | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Nodes (nodes/plant) | Fresh weight (g/plant) |
|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| T-17 ^z | 157.6 | 21.1 | 38.4 | 38.7 | 19.0 | 733 |
| T-C | 151.3 | 21.6 | 38.2 | 38.4 | 18.7 | 687 |
| B-17 | 158.4 | 21.7 | 39.3 | 38.5 | 19.9 | 736 |
| B-C | 153.2 | 21.0 | 38.1 | 38.7 | 18.8 | 683 |

^z T-17; 17°C root temperature in trough type

T-C; uncontrolled root temperature in trough type

B-17; 17°C root temperature in bag type

B-C; uncontrolled root temperature in bag type

자루재배와 베드재배에서 근권냉방과 무가온 처리간의 수량 및 품질을 살펴보면(Table 4) 전체적으로 통계적 유의성은 발견되지 않았으나, 자루재배 무처리에서 식물체당 총수량과 상품수량이 1.468kg와 1.320kg로 다소 높게 나왔으며 기형과 수량도 베드재배 무처리보다 적었다. 베드재배 근권가온처리와 무처리 자루재배 근권무가온 처리에서는 총수량이 비슷한 경향을 나타냈으며 자루재배 무가온 처리에서 상품수량이 다소 낮게 나타났다. 100g이하 소형과는 베드재배에서 비교적 많이 나왔으며 과실의 당도는 차이가 없었다.

Table 4. Yield in different lowered root temperatures.

| Treatment | Total yield (kg/Plant) | Marketable yield (kg/Plant) | Malformed fruit (kg/Plant) | Small fruit 100g> (kg/Plant) | Brix (°Bx) | Index (%) |
|-------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------|-----------|
| T-17 ^z | 1.260 | 1.146 | 0.068 | 0.047 | 4.0 | 91% |
| T-C | 1.341 | 1.145 | 0.152 | 0.045 | 3.9 | 85% |
| B-17 | 1.315 | 1.219 | 0.070 | 0.026 | 4.0 | 93% |
| B-C | 1.468 | 1.320 | 0.138 | 0.010 | 4.0 | 90% |

^z T-17; 17°C root temperature in trough type

T-C; uncontrolled root temperature in trough type

B-17; 17°C root temperature in bag type

B-C; uncontrolled root temperature in bag type

흑한기 및 흑서기의 재배방식별 온도 변화 양상을 종합해 보면, 재배방식간에 뚜렷하고 일관된 차이를 보이지 않았다. 생육양상이나 수확량 등에서도 일관된 차이를 보이지 못했다. 자루가 베드 방식에 비해 배지의 용적이 적기 때문에 기온의 영향을 많이 받아 일중 온도변화도 크고, 근온제어도 용이하지 않을 것으로 추측되었으나, 실험결과, 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 베드의 경우, 스티로폼 보온이 자기 역할을 하지 못하며, 상부가 밀봉되지 않은 반면, 자루의 경우는 보온자재는 없지만 비닐 밀봉의 효과가 크기 때문인 것으로 판단된다. 또한 배지 위를 식물체가 그늘을 만들어주는 것도 어느 정도 관여한 것으로 사료된다. 따라서 재배시기나 근온 조절의 유무에 관계없이 자루재배는 관행의 베드재배와 차이를 보이지 않는 것으로 판단된다.

4. 인용문헌

- Cooper, A.J. 1973. Root temperature and plant growth. *Commonw. Bur. Hortic. Plant Crops Res. Rev.* 4:1-73.
- Cornillon, P. 1977. Effect de la temperature des racines sur l'absorption des elements minéraux par la tomate. *Ann. Agron.* 28:409-423.
- Fretz, T.A. 1971. Influence of physical conditions on summer temperatures in nursery containers. *HortScience* 6:400-401.
- Giuffrida, F. 2001. Temperature of substrates in relation to trough characteristics. *Acta Hort.* 559:647-654.

- Gosselin, A. and M.J. Trudel. 1984. Interactions between root and night air temperatures on leaf area development and photosynthesis of tomato plants cv. Vendor. *Can. J. Plant Sci.* 65:185-192.
- Ingram, D.L. 1981. Characterization of temperature fluctuations and woody plant growth in white poly bags and conventional black containers. *HortScience* 16:762-763.
- Kafkafi, U. 2001. Root zone parameters controlling plant growth in soilless culture. *Acta Hort.* 554:27-38.
- Kuiper, P.J.C. 1964. Water uptake of higher plants as affected by root temperature. *Meded. Land-bouwhoges. Wageningen* 64:1-11.
- Passioura, J.B. 1988. Water transport in and to roots. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 39:245-265.
- Shishido, Y. and Y. Hori. 1979. Studies on translocation and distribution of photosynthetic assimilates in tomato plants. 3. Distribution pattern as affected by air and root temperatures in the night. *Tohoku J. Agric. Res.* 30:87-94.
- Verma, B.P. 1979. Container design for reducing root zone temperature. *Proc. Southern Nurs. Assoc. Res. Conf.* 24:179-182.
- Xu, G. and U. Kafkafi. 2001. Nutrient supply and container size effects on flowering, fruiting, assimilate allocation, and water relations of sweet pepper. *Acta* 554:113-120.

제8절 펠라이트 자루의 경제적 사용연한 구명

1. 서언

우리나라의 수경재배면적은 90년대 급성장에 이어 2001년에는 2,008호 736ha, '04년 2,176호 847ha로 증가하고 있으며 이중 펠라이트 배지경 재배는 823농가 304.8ha로 36%를 점유하고 있다(RDA, 2005). 펠라이트 재배는 크게 베드층진 방식과 자루재배 방식으로 나뉜다. 우리나라에서는 베드층진 방식만을 사용하고 있으나 국제적으로는 농업경쟁력을 갖고 있는 모든 국가에서 펠라이트 자루 재배가 일반화 되어있다.

베드층진 방식을 채택하고 있는 농가들은 배지 층진이 매우 번거로우며, 비용을 줄이기 위해 펠라이트 배지를 여러 작기에 걸쳐 몇 년 동안 재사용하고 있다. 단, 재사용하는 기간이 특별한 지침 없이 이루어지기 때문에 약품소독이나 증기소독 등을 하지 않고 사용하여 일부 농가에서는 배지가 오염되어 토마토 사용에 의한 청고병이나 시들음병에 의한 피해가 심각하며 염류집적 등에 의해 생산성이 떨어지는 단점이 있으나 개선되고 있지 못하고 있는 상황이다. 또한 최근 펠라이트의 사용이 증가함에 따라 펠라이트 배지를 사용한 후에 폐기하는데 따른 토양오염 문제가 있을 수 있다(Lee 등, 2002). 배지를 오래 사용할 경우에는 입자가 자루 내에서 이동하고 다져지기도 하는 등 물리성이 변하기도 하며(Marfa et al., 1993). 배지 내 존재하는 유기 잔해물의 영향(Willumsen, 1993)으로 사용하는 기간에 따라 생산성이 달라질

수 있다. 상추에서는 신규 배지에 비해 1회나 2회 사용한 배지에서 지상부 생체중, 지상부 건물중, 엽면적, 뿌리 생체중, 뿌리 건물중이 모두 저하되는 보고도 있다(Marfa et al., 1993). 현재까지 국내에서 토마토 펠라이트 자루재배시 자루의 적정 사용횟수나 자루 재사용에 따른 생육 및 수량변화 등에 대한 연구가 되어있지 않은 실정이다. 자루재배의 경우 자루의 처리가 용이하여 폐기시키는데 어려움은 없으나, 경제적인 측면에서 사용연수를 규명하는 것이 중요하며, 사용을 잘 함으로써 내구연한을 늘리는 것이 요망된다.

따라서 본 연구는 한국에서 가장 보편적인 시설형태인 1-2W형 플라스틱하우스에서 펠라이트 자루재배시 자루의 사용연수에 따른 생산성을 비교, 분석함으로써, 펠라이트 자루의 경제적인 연속재배 연한을 검토하고 펠라이트 자루의 재사용이 토마토의 생육이나 수량에 미치는 영향을 알아보고자 수행되었다.

또한 배지를 재사용하는 경우에는 전작에서 어떻게 배지를 관리했는가가 매우 중요하다. 본 연구에서는 전작에서 수확을 종료한 이후에 물 만을 관수함으로써, 뿌리가 배지 내 염류를 흡수하게 하여, 재사용시 염류집적을 줄이는 방법도 실험하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 세 번에 걸친 실험으로 나누어 경기도농업기술원 1-2W 단동형 비닐하우스에서 수행되었다. 1차 실험은 2005년 1월 7일부터 수행되었다. 공시품종인 대과용 토마토 630(SAKATA, Japan)을 2005년 1월 7일 50공 공정 육묘 판에 파종하였고 2월 25일 본엽이 6매 일 때 정식하고, 즉시 처리를 시작했다. 2차 실험에서는 7월 4일 50공 공정 육묘 판에 파종하였고, 2005년 8월 24일 정식하였다. 3차 실험은 2006년 1월 25일 50공 공정 육묘 판에 파종하였고 3월 13일 본엽이 6매 일 때 정식하고, 즉시 처리를 시작했다. 육묘는 양 지붕 유리 온실 내에서 자체 개발한 분사 형 육묘 시스템을 이용했으며, 1일 1회(오전 11:30) 관수하였다.

실험 처리로 1차 실험에서는 신규배지와 1기작 사용한 배지 2처리를 두었다. 1기작 사용한 배지는 벤로형 유리온실 혹은 한국형 유리온실에서 각각 재배에 사용한 것이었다. 2차 실험에서는 추가로 2기작 사용한 배지를 포함한 3가지 처리를 두었다. 1기작 사용한 배지는 1차 실험에서의 신규배지였으며, 2기작 사용한 배지는 1기작 사용한 배지였다. 3차 실험에서는 추가로 3기작 사용한 배지를 포함한 4가지 처리를 두었다. 1기작 사용한 배지는 2차 실험에서의 신규배지였으며, 2기작 사용한 배지는 1기작 사용한 배지, 3기작 사용한 배지는 2기작 사용한 배지였다. 처리별 15 자루, 90 식물을 완전임의 배치 3반복 공시했다. 공시한 펠라이트 자루의 규격은 W 340 * L 1,200 * H 150mm (용량 40L)이었다. 신규 펠라이트 자루는 정식 전날 포수한 후, 정식 직전 배액 구를 뚫은 다음, 펠라이트 자루 당 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였다. 1기작 사용한 펠라이트 자루는 정식 전 30분간 관수한 후, 1기작 재배시의 정식구와 정식구 중간에 새로 정식구를 뚫은 다음, 펠라이트 자루 당 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였고, 2기작 사용한 펠라이트 자루는 신

규 정식구와 1기작 정식구 사이에 새로이 정식구를 뚫었다. 3기작 사용한 펠라이트 자루는 신규 배지 사용 시 만들었던 정식구에 있는 뿌리 잔여물을 제거한 후 정식하였다. 재사용 자루는 페로산 200배액으로 관주 소독한 후 30분간 물을 관수하여 수세 후 사용하였다. 새로운 배지 이외의 것은 기존의 식물을 지체부에서 절단하고, 뿌리는 그대로 두었다. 3기작 사용한 자루는 첫 번째 정식구를 이용했기 때문에 이전 뿌리를 제거하고 정식했다. 재식간격은 40cm이고 줄 간 간격은 1.5m였다. 점적편은 지체부 5cm 위치에 고정했다.

사용 배양액은 토마토용 Yamazaki 배양액이었으며, 정식 후 공급 시 pH 6.2, EC 1.2 이었다. 1차 실험에서는 실험기간 중 배양액 농도를 바꾸지 않았다. 그 이후 연구에서 수확기에 배양액 농도를 높이는 것이 좋게 나타나서, 2차 실험에서는 11월14일 이후로는 EC 1.8로 공급하였다. 3차 실험에서는 5월10일 이후에 EC 1.8로 공급하였다. 배양액의 공급은 0.8톤 양액탱크에 인력으로 조제 공급하였다. 관수는 1차 실험에서는 6시, 8시, 10시, 12시, 13시, 14시, 16시에 타이머로 급액 하였다. 2차 실험에서는 초기에는 6시, 8시, 10시, 12시, 13시, 14시, 16시에 관수하고, 11월 30일 7시, 10시, 12시, 14시로 변경하였다. 3차 실험에서는 7시, 10시, 12시, 13시, 14시, 16시에 타이머로 급액 하였다. 1회 관수량은 배액을 10% 선에서 관수 시간으로 조절 하였다. 측지는 5cm 이상일 때 제거했다. 수확이 종료된 화방 이하의 하엽은 제거하였다. 5화방 개화 후 상위 엽 2매를 남겨두고 적심하여 5단 적심 외대 가꾸기로 재배 하였다. 2차 실험에서는 2005년 9월 8일부터, 3차 실험에서는 2006년 3월 24일부터 매주 월, 수, 금에 착과제로 토마토 톤을 살포했다.

수확은 토마토가 90%정도 착색 되었을 때 그루별, 처리별, 화방별로 수확하여 100g이하 (소과), 100g~200g, 200~300g, 300g~400g, 400g이상의 중량, 기형과(배꼽, 창문), 당도 등을 조사하였다. 1차 실험에서는 2005년 5월 9일부터 수확했으며, 최종생육조사는 7월 4일에 하였다. 2차 실험에서는 2005년 11월 21일부터 수확했으며, 최종생육조사는 2006년 1월 23일에 하였다. 3차 실험에서는 2006년 5월 18일부터 수확했으며, 최종생육조사는 2006년 8월 9일에 하였다.

3차 실험에서는 수확종료 후 물 만을 관수함으로써 배지 내 염류집적 변화 상황을 분석하였다. 처리로 수확종료 후 0, 3, 7, 10일간 물만을 관수하였다. 배지 분석은 농촌진흥청에서 만든 상토의 표준 분석법을 기초로 하였다(Rural Development Administration, 2003). 질소분석은 비색법을 사용하였고, P, Ca, K, Mg, Na는 ICP를 사용하여 분석하였다. 인산은 유효인산을 측정하였고, Ca, K, Mg, Na는 치환성 이온을 측정하였다. 유기물은 회화법으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

2차 실험이 수행된 실험 포장의 전경을 나타냈다.

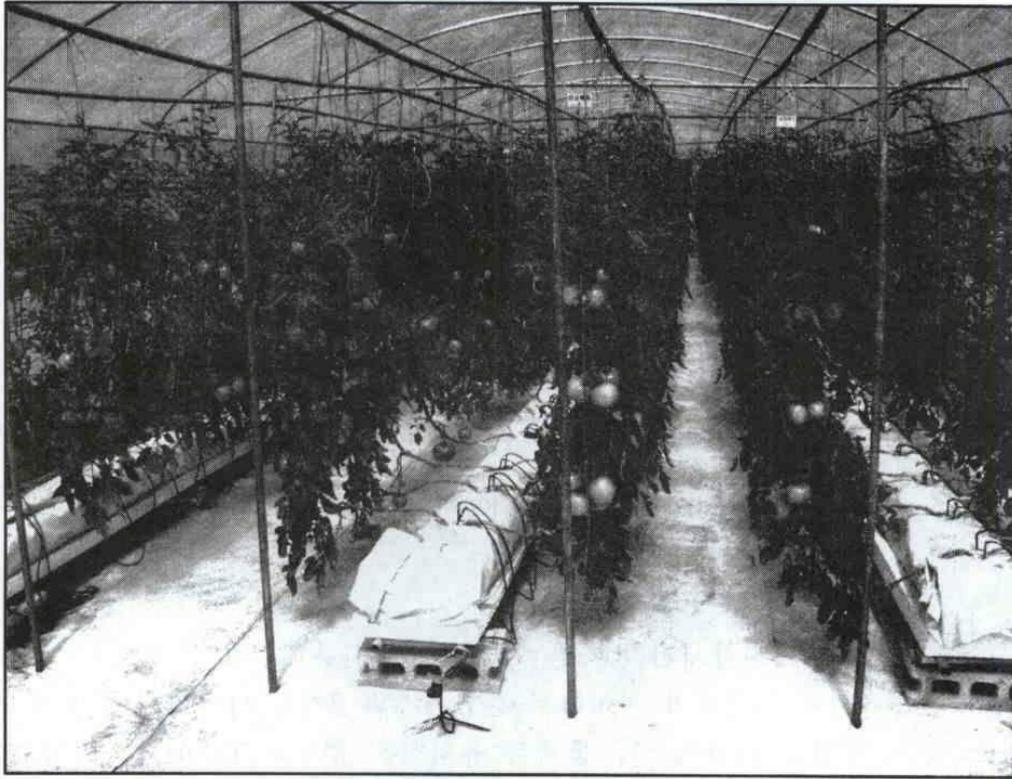


Fig. 36 Greenhouse with plants

1년차 실험에서 신규 배지와 1작 사용배지간의 생육은 차이가 없었으며, 수량은 1작 사용배지 중 A처리에서 신규배지나 1작 사용배지 중 B처리에 비해 총수량, 상품수량이 다소 높은 경향을 나타내기는 했으나 통계적 유의성은 없었다. 소형과도 1작 사용배지에서 다소 적었으며 배지처리 간 당도차이는 없었다.

Table 1. Tomato growth in the first experiment (July, 4, 2005)

| Treatment | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Nodes (nodes/plant) | Fresh weight (g/plant) |
|--------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| New | 184 | 36.6 | 32.3 | 10.5 | 22.6 | 363.1 |
| Once-used-1* | 180 | 35.5 | 31.7 | 10.5 | 23.3 | 312.2 |
| Once-used-2 | 183 | 37.7 | 35.5 | 10.0 | 23.3 | 340.5 |

*Once-used-1 and 2 came from the other greenhouses cropping same variety of tomatoes.

Table 2. Tomato yield in the first experiment

| Treatment | Total yield (kg/plant) | Marketable yield (kg/plant) | Malformed fruit (kg/plant) | Small fruit 100g> (kg/plant) | Brix (°Bx) | Index ^z (%) |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------|---------------------------|
| New | 3.162 | 2.945 | 0.079 | 0.137 | 4.9 | 93.1 |
| Once-used-1 ^y | 3.693 | 3.494 | 0.116 | 0.083 | 4.8 | 94.6 |
| Once-used-2 | 3.188 | 3.084 | 0.036 | 0.068 | 4.7 | 96.7 |

^zIndex = ratio of marketable yield to total yield

^yOnce-used-1 and 2 came from the other greenhouses cropping same variety of tomatoes.

2년차 실험에서는 신규 배지와 1기작 사용배지, 2기작 사용배지간의 생육은 차이가 없었으며(Table 3), 수량은 1기작 사용배지 처리에서 신규배지와 2기작 사용배지에 비해 총수량, 상품수량이 다소 높은 경향을 나타냈으나 통계적 유의성은 없었다(Table 4). 기형과와 100g이하 소형과는 2기작 사용배지에서 다소 적었으며 배지처리 간 당도차이는 없었다. 오이를 양액재배 했을 때 후반기에 수량이 저하되는 현상이 있는데, 이의 한 원인으로 뿌리에서 분비되는 억제물질(佐々木, 1986, 1989)을 보고한 것과 보리의 경우 vanillic acid 등의 뿌리 분비물질이 양액에 축적되어 생육이 억제되었다고 보고한 Stowe와 Osborn(1980)의 결과 등이 있는데, 본 연구에서는 수확량이 적은 경향은 나타났으나 통계적 유의성이 없어 사용연수에 따른 생육억제 현상을 명확히 알 수는 없었다.

Table 3. Tomato growth in the second experiment (Jan, 23, 2006)

| Treatment | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Nodes (nodes/plant) | Fresh weight (g/plant) |
|------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| New | 216.5 | 54.3 | 49.1 | 9.5 | 27.3 | 532.8 |
| Once-used | 211.8 | 57.4 | 51.0 | 9.6 | 27.1 | 588.4 |
| Twice-used | 209.2 | 55.8 | 50.3 | 9.6 | 27.1 | 544.2 |

Table 4. Tomato yield in the second experiment

| Treatment | Total yield (kg/plant) | Marketable yield (kg/plant) | Malformed fruit (kg/plant) | Small fruit 100g> (kg/plant) | Brix (°Bx) | Index ^z (%) |
|------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------|---------------------------|
| New | 7.190 | 6.050 | 0.005 | 1.140 | 6.2 | 84.1 |
| Once-used | 7.236 | 6.202 | 0.026 | 1.008 | 5.9 | 85.7 |
| Twice-used | 6.738 | 6.097 | 0 | 0.641 | 5.9 | 90.5 |

^zIndex = ratio of marketable yield to total yield

3년차 실험에서도 신규 배지와 1기작 사용배지, 2기작 사용배지, 3기작 사용배지간의 생육은 차이가 없었으며(Table 5), 수량도 통계적 유의성은 없었다(Table 6).

Table 5. Tomato growth in the third experiment (Aug, 9, 2006)

| Treatment | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Nodes (nodes/plant) | Fresh weight (g/plant) |
|-------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| New | 256.1 | 40.0 | 36.6 | 12.7 | 33 | 767.5 |
| Once-used | 251.2 | 37.9 | 33.7 | 13.1 | 32 | 675.6 |
| Twice-used | 253.8 | 37.1 | 33.5 | 12.4 | 33 | 670.9 |
| Thrice-used | 262.7 | 37.8 | 33.9 | 13.0 | 34 | 686.6 |

Table 6. Tomato yield in the third experiment

| Treatment | Total yield (kg/plant) | Marketable yield (kg/plant) | Malformed fruit (kg/plant) | Small fruit 100g> (kg/plant) | Brix (°Bx) | Index ^z (%) |
|-------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------|---------------------------|
| New | 10.273 | 9.598 | 0.244 | 0.431 | 4.9 | 93.4 |
| Once-used | 9.723 | 9.001 | 0.222 | 0.501 | 4.9 | 92.6 |
| Twice-used | 10.273 | 9.707 | 0.221 | 0.346 | 4.9 | 94.5 |
| Thrice-used | 10.168 | 9.551 | 0.213 | 0.405 | 5.0 | 93.9 |

^zIndex = ratio of marketable yield to total yield

3차 실험에서 수확이 종료된 후 배지 내 양분 잔유량을 조사하였다. 또한, 식물이 식재되어 있는 상태에서 수확종료 후 3일, 7일, 10일 동안 물 만을 관수하여 배지 내 양분의 변화를 측정하였다. 수확종료 후 배지 내 양분 상태를 측정한 결과, 특히 인의 집적이 두드러졌으며, 칼슘도 집적되어 있었다(Table 7). 유기물 함량은 배지 내 뿌리 분포 특성에 의해 조사 부위에 따른 편차가 커서 처리 간에 유의성은 나타나지 않았다. 다른 양분들은 처리 간에 일관된 차이를 보이지 않았다. 물 만을 관수함으로써 배지 내 잔존하는 잉여 양분을 흡수시켜 염류 집적 장애를 줄이고자 했으나, 10일 동안의 관수로는 양분의 명확한 감소를 발견할 수 없었다. 이의 이유로는 수확 후의 식물이기 때문에 식물의 양분 흡수활력이 낮으며, 배지에 충분한 양분이 존재하고, 양분이 배지와 비교적 강하게 결합하고 있는 점들을 들 수 있다. 수확종료 후 무한정 포장에 식물을 놔둘 수는 없게 때문에, 수확 말기부터 물로만 관수하는 방법을 강구할 필요가 있는 것으로 사료된다.

Table 7. Chemical properties of perlite after cropping without washing.

| Treatment | pH | EC | Organic matter (%) | NO ₃ (mg/l) | NH ₄ (mg/l) | P ₂ O ₅ (mg/l) | K | Ca | Mg | Na | Water content (%) |
|-------------|-----|------|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| | | | | | | | | | | | |
| New | 8.5 | 0.25 | 2.7 | 42.75 | 2.51 | 11.30 | 0.098 | 0.466 | 0.231 | 0.229 | 31 |
| Once-used | 8.0 | 0.24 | 2.2 | 35.59 | 3.01 | 31.45 | 0.090 | 0.439 | 0.131 | 0.109 | 34 |
| Twice-used | 8.3 | 0.16 | 2.8 | 37.67 | 2.14 | 64.94 | 0.092 | 0.609 | 0.149 | 0.114 | 35 |
| Thrice-used | 8.5 | 0.21 | 3.5 | 35.98 | 1.71 | 226.05 | 0.110 | 1.142 | 0.255 | 0.216 | 33 |

*Perlite in the bag was sampled right after harvest was finished.

Table 8. Chemical properties of perlite after cropping and washing for 3 days.

| Treatment | pH | EC | Organic matter (%) | NO ₃ (mg/l) | NH ₄ (mg/l) | P ₂ O ₅ (mg/l) | K | Ca | Mg | Na | Water content (%) |
|-------------|-----|------|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| | | | | | | | | | | | |
| New | 7.2 | 0.18 | 1.5 | 45.31 | 4.33 | 12.39 | 0.101 | 0.372 | 0.153 | 0.147 | 10 |
| Once-used | 7.1 | 0.12 | 7.0 | 25.60 | 6.44 | 42.69 | 0.089 | 0.359 | 0.087 | 0.089 | 9 |
| Twice-used | 7.6 | 0.16 | 1.9 | 29.50 | 3.69 | 72.61 | 0.109 | 0.867 | 0.177 | 0.146 | 9 |
| Thrice-used | 7.7 | 0.19 | 3.2 | 30.89 | 3.57 | 175.59 | 0.120 | 0.993 | 0.195 | 0.171 | 10 |

*Only water, instead of nutrient solution, was supplied for 3 days by dripper after cropping to absorb nutrients from substrate by plant root after harvest was finished.

Table 9. Chemical properties of perlite after cropping and washing for 7 days.

| Treatment | pH | EC | Organic matter (%) | NO ₃ (mg/l) | NH ₄ (mg/l) | P ₂ O ₅ (mg/l) | K | Ca | Mg | Na | Water content (%) |
|-------------|-----|------|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| | | | | | | | | | | | |
| New | 7.6 | 0.18 | 2.9 | 27.27 | 2.58 | 16.56 | 0.114 | 0.384 | 0.151 | 0.140 | 10 |
| Once-used | 7.5 | 0.12 | 2.4 | 18.10 | 2.08 | 55.43 | 0.080 | 0.451 | 0.101 | 0.096 | 9 |
| Twice-used | 7.6 | 0.14 | 3.3 | 20.87 | 2.45 | 76.16 | 0.096 | 0.570 | 0.107 | 0.107 | 10 |
| Thrice-used | 8.1 | 0.19 | 3.8 | 17.12 | 4.02 | 213.28 | 0.094 | 1.114 | 0.192 | 0.192 | 10 |

*Only water, instead of nutrient solution, was supplied for 7 days by dripper after cropping to absorb nutrients from substrate by plant root after harvest was finished.

Table 10. Chemical properties of perlite after cropping and washing for 10 days.

| Treatment | pH | EC | Organic matter (%) | NO ₃ (mg/l) | NH ₄ (mg/l) | P ₂ O ₅ (mg/l) | (cmol ⁺ /l) | | | | Water content (%) |
|-------------|-----|------|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------------------|
| | | | | | | | K | Ca | Mg | Na | |
| New | 7.7 | 0.21 | 1.5 | 32.16 | 2.63 | 14.13 | 0.108 | 0.399 | 0.201 | 0.195 | 18 |
| Once-used | 8.1 | 0.14 | 2.1 | 21.50 | 2.12 | 45.64 | 0.085 | 0.472 | 0.135 | 0.139 | 13 |
| Twice-used | 7.9 | 0.16 | 3.2 | 24.72 | 2.50 | 55.15 | 0.088 | 0.581 | 0.163 | 0.143 | 12 |
| Thrice-used | 8.4 | 0.17 | 4.0 | 20.36 | 4.11 | 173.70 | 0.087 | 0.927 | 0.219 | 0.200 | 13 |

*Only water, instead of nutrient solution, was supplied for 10 days by dripper after cropping to absorb nutrients from substrate by plant root after harvest was finished.

1차 실험, 2차 실험 및 3차 실험 모두에서 식물체는 전체적으로 양호한 생육을 보였으며, 사용회수에 따른 수확량 차이를 찾아볼 수 없었다. 따라서 펄라이트 자루재배에서 자루의 사용연한은 최소한 3기작 한 것까지는 재사용하는데 전혀 문제가 없음을 알 수 있었다. 즉, 펄라이트 자루를 신규로 교체하는 비용에 비해 토마토의 생육이나 수량이 경제적으로 큰 영향을 받지 않아, 4기작까지는 동일한 배지를 사용할 수 있는 것으로 나타났다. 본 결과는 4기작의 비교에 불과하므로 앞으로 사용횟수를 더 증가시켜 생육특성과 수량을 조사하고 자루내의 펄라이트의 물리 화학적 변화 등을 조사하여 수량 증감의 가능성 및 원인을 구명하여야 경제적으로 재사용가능한 자루의 사용연한을 설정할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 인용문헌

- Chung, S.J., Seo, B.S., Kang, J.K., and Kim, H.G. 1995. Development of hydroponic technique of fruit vegetables using perlite and mixtures with perlite as a substrate. I. Effects of containers and substrates on the growth and fruit quality of hydroponically grown cucumber. *J. Bio-Env. Con.* 4(2):159-166.
- Kang, Tae-Mo and Hyun-Bok Jung. 1995. Effect of rock wool classification on the growth and yield in long term-culture of tomato. I Evaluation of new rock wool, used rock wool, and domestic rock wool. *Kor. J. Hort. Sci. essentials*:352-353.

- Kim, Yong Bum, Sang Sik Nam, In Hu Choi, Byeong Choon Jeong, and Soon Ju Chung. 2002. The influence of recycling hydroponic and used substrate on marketable yield and quality of sweet paper. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 20(SUPPL. II):67.
- Lee, Sang-Woo, Myeong-Whoon Seo, Su-yeon Lee, Sang-youn Sim, Seong-Jae Lee, and Young-Hwan Lee. 2002. Effect of washing and stam sterilization of perlite medium on the tomato cultivation in the recycling hydroponic system. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 20(2):90-94.
- Lee, Su-Youn, Seong-Jae Lee, Myeong-Whoon Seo, Sang-Woo Lee, and Sang-youn Sim. 1999. Reusing techniques of nutrient solution for recycling hydroponic culture of lettuce. *J. Bio-Env. Con.* 8(3):172-182.
- Marfa, O., A. Martinez, R. Orozco, L. Serrano, and F.X. Martinez. 1993. The use of fine-grade perlites in lettuce bag cultures. II. Physical properties, rheologic effects and productivity. *Acta Hort.* 342:339-348.
- Rural Development Administration(RDA). 2003. Survey standard of agriculture experiment. Suwon, Korea.
- Rural Development Administration(RDA). 2005. Hydroponic culture dissemination present status 2004. Suwon, Korea.
- 佐々木皓二. 1986. 作物別養液栽培技術. キュウリ. 養液栽培の新技術. 誠文堂新光社. 東京. p. 103-105.
- 佐々木皓二. 1989. 養液栽培の生育と技術. キュウリ. 農業技術大系. 野菜編 12 共通 技術・先端技術. 養液栽培. 農山漁村文化協會. 東京. p. 99-103.
- Stowe, L. G. and A. Osborn. 1980. The influence of nitrogen and phosphorus levels on the phytotoxicity of phenolic compounds. *Can. J. Bot.* 58:1149-1153.
- Willumsen, J. 1993. Assessment of fluctuations in water and air contents of pot substrates during plant growth. *Acta Hort.* 342:371-378.

제9절 관수마감시간에 따른 용수이용효율(WUE) 및 비료이용효율(FUE) 증대

1. 서언

수경재배에서 배양액 관리는 여러 측면에서 매우 중요하다. 배양액 공급은 작물의 생육을 최적화하여 수확량을 극대화하기 위한 것이기는 하지만, 이와 더불어 경제성도 고려해야 한다. 즉, 효용체감의 법칙에 의해 배양액 공급량을 늘리는 비용의 증가분이 수확량 증가에 의한 수익 증가분보다 높을 경우에는 효율이 떨어지는 것이므로 효율이 높은 배양액 관리를 행해야 한다. 배양액은 용수와 비료의 혼합물이므로, 효율을 고려할 경우 수확량에 대한 용수이

용효율(WUE)과 비료이용효율(FUE)을 모두 고려해야 한다. WUE와 FUE는 각각 단위 소요된 용수나 비료의 양이 생산한 수확량을 의미하는데, WUE와 FUE는 토양재배와 수경재배간에도 다르다(Rouphael et al., 2005). WUE와 FUE를 높이는 방법으로는 환경관리(Zabri and Burrage, 1998), 재배법(Abou-Hadid et al., 1993), 배양액관리(Warren and Bilderback, 2004) 등 여러 가지가 있다. WUE와 FUE를 높이는 방법으로는 관수량을 줄이는 방법이 가장 단순한 방법이다. FUE만을 위해서는 배양액의 농도나 조성을 적절히 하는 방법이 있다.

WUE와 FUE를 높이는 가장 단순하면서도 효과적인 방법인 일일 관수량을 줄이기 위해서는 먼저 배지 내 수분함량과 식물의 수분흡수양상을 알 필요가 있다. 작물의 경우 오후 늦은 시각 혹은 야간에 급액하는 경우도 있지만 급액 적정 시간대가 있다. 오전의 배양액은 작물 생육에 많이 사용되며, 오후 늦은 시간대의 과다 수분은 오히려 해로운 경우까지 있다. 따라서 오후에 배지 내 수분함량을 적게 함으로써 식물 생육을 좋게 유지하고, 한편으로는 WUE와 FUE를 높이는 배양액 관리법을 강구할 필요가 있다.

본 실험은 일중 관수마감시간을 달리함으로써 최적 생장을 유지하면서도 WUE와 FUE를 높이기 위해 실시되었다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 2005년 8월 12일부터 경기도농업기술원 벤로형 유리온실과 실험실에서 수행되었다. 공시품종인 대과용 토마토 630(SAKATA, Japan)을 2005년 8월 12일 50공 공정 육묘판에 파종하였다. 육묘는 양지붕 유리 온실 내에서 자체 개발한 분사형 육묘 시스템을 이용했으며, 1일 1회(오전 11:30) 관수 하였다.

2005년 10월 10일 본엽이 6매 일 때 정식하고, 5단 적심 외대 가꾸기로 재배하였다. 작물은 펠라이트 자루재배법으로 실험하였다. 펠라이트 자루(W 340 * L 1,200 * H 150mm, 용량 40L)는 정식 전날 포수한 후, 정식 직전 배액 구를 뚫은 다음, 펠라이트 자루 당 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였다. 배액구는 자루의 한쪽 면에만 그루와 그루 사이의 정중앙에 바닥에서 3cm 높이에 5cm 길이로 만들었다. 재식간격은 40cm로 하였다. 줄 간 간격은 2m였다.

2005년 10월 17일부터 처리를 시작했다. 처리는 관수마감시간에 따라 4가지 처리를 두었는데, 일몰 1시간 전부터 4시간 전까지 4단계로 나누어 처리하였다 (sunset-1, 2, 3, 4). 일몰 시각은 한 달에 한 번씩 기상청 자료를 참고로 하여 처리시간에 반영하였다. 2005년 10월 17일 일몰시각이 17:40분일 때, 관수마감 시간을 처리별로 일몰 4시간 전인 1:40분, 3시간 전인 2:40분, 2시간 전인 3:40분, 1시간 전인 4:40분으로 시작하였다. 그리고 약 한 달 후인 2005년 11월 22일 일몰시각이 17:17분일 때, 1:20분, 2:20분, 3:20분, 4:20분으로 변경, 또 약 한달 후 인 2005년 12월 27일 일몰시각이 17:00일 때 관수마감시간을 1:00, 2:00, 3:00, 4:00로 조정하여 처리하였다.

사용 배양액은 토마토용 Yamazaki 배양액이었으며, 공급 시 pH 6.0, EC 1.2 이었다. 그리

고 작물의 생육단계에 따라 2005년 11월 24일 EC 1.6, 2005년 12월 7일 1.8로 EC를 점차 높여서 급액하였다. 배양액의 공급은 자동 공급 장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하였다. 관수는 배액량 제어 법을 이용하여 제어하였다. 배액량 제어 법은 배지로부터 나온 배액을 모으는 집액용기 안에 배액이 모인 후, 배액이 다시 배지로 재흡수되어 배액량이 정해진 높이까지 낮아졌을 때 급액 하는 방법이다. 본 실험에서는 일중 관수는 일출시부터 행했다. 배액량 제어 장치는 스티로폼 틀의 중앙에 식물이 식재된 배지를 놓고, 한쪽 끝의 공간에 전극 봉 2개를 세운다. 이 때 좀 더 정밀한 제어를 위해 물에 닿는 전극의 아래쪽을 뿔족하게 깎는다. 전극 봉 하나는 바닥에 닿게 설치하고 다른 하나는 배액 높이를 정하기 위해 위 아래로 조정할 수 있게 설치한다. 그리고 배액이 방출되게 하기 위해 스티로폼 틀에 구멍을 뚫는다. 구멍 바깥쪽으로 엘보를 꼽고 거기에 유연한 고무관을 연결한다. 고무관 끝에는 배액구의 높이를 조정할 수 있도록 아크릴 제 배액구 높이 조절 용기를 부착한다. 이것에 pH 센서 및 EC 센서를 연결한다.

측지는 5cm 이상에서 제거했다. 수확이 종료된 화방 이하의 하엽은 수확종료시 제거하였다. 2005년 10월 24일부터 매주 월, 수, 금에 착과제로 토마토 톤을 살포했다. 각 처리별로 집액 용기와 배액량을 중량 센서에 매달아 무게를 측정하였으며, multi-channel static amplifier(AI-1600, CAS)를 통해 컴퓨터에 저장하였다. 수확은 2006년 1월 3일부터 토마토가 90%정도 착색 되었을 때 처리별, 그루별, 화방별로 수확하여 100g이하(소과), 100g~200g, 200~300g, 300g~400g, 400g이상의 중량, 기형과(배꼽, 창문), 당도 등을 조사하였다. 최종 생육조사는 2006년 3월 17일 처리별로 10주씩 생체중, 초장, 엽장, 엽폭, 경경, 마디수 등을 측정하였다. 정식일부터 159일 동안의 재배기간 중 사용한 총 용수량 및 비료량을 계산하여 물이용효율 및 비료이용효율을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

배지 내 수분함량은 마감시각이 늦을수록 많은 경향을 나타냈다(Fig. 1). 일중 배액량 변화 추이를 보면 마감시각이 늦은 처리구에서 오후에 배액량이 많았다(Fig. 2).

본 실험은 배액전극법에 의해 배양액 공급을 제어하였는데, 전극법에서는 광도에 관계없이 일중 배지 내 수분함량이 설정범위 안에서 일정한 경향을 나타냈다. 일사량에 따라 관수 마감시각부터 익일 관수개시시각까지의 차이는 인정되었으나, 이는 모든 처리구에서 동일한 경향이였다.

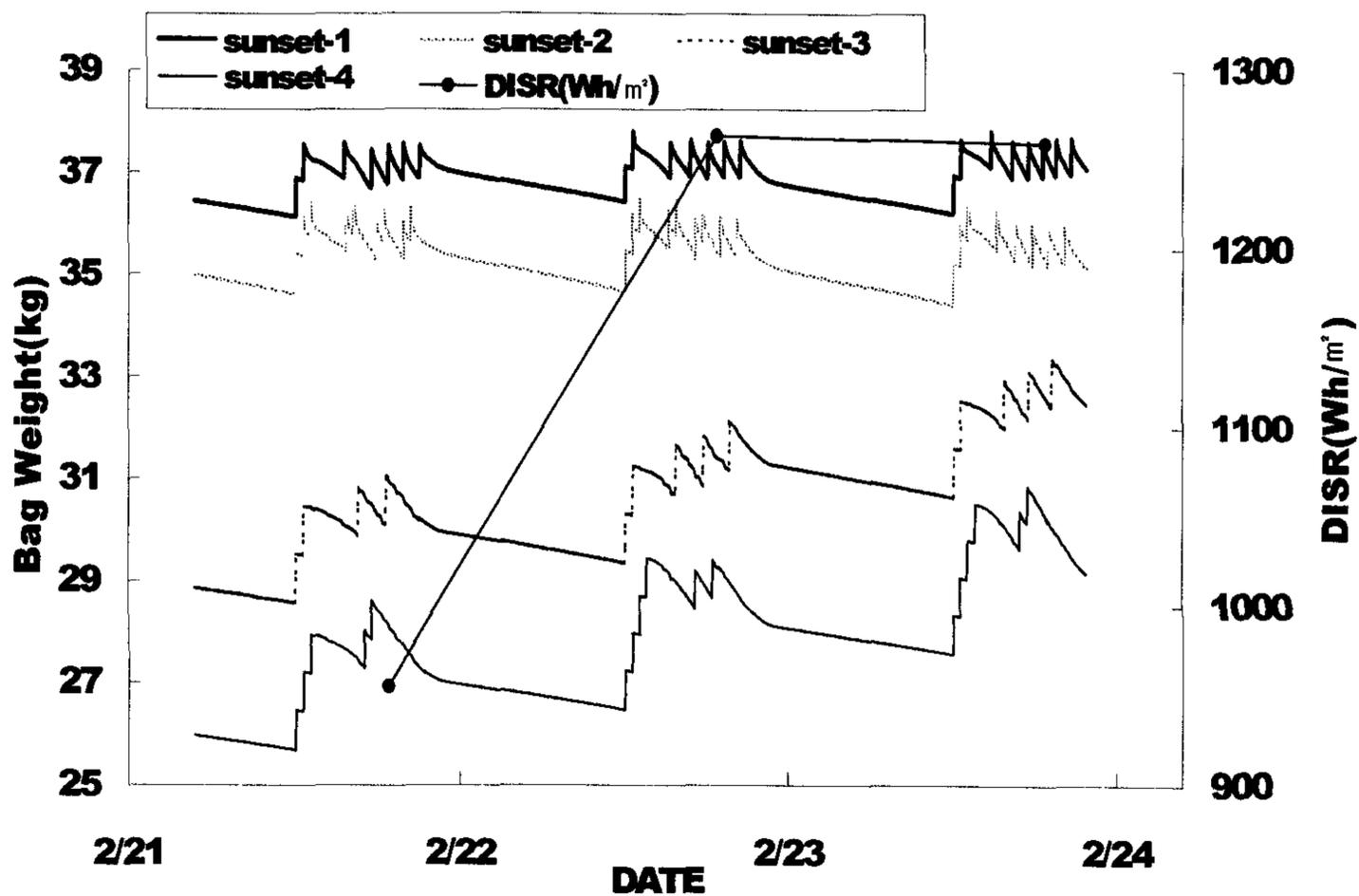


Fig 1. Perlite bag weight and daily integrated solar radiation according to treatments by the last irrigation time. Sunset-1-4: Irrigation ended 1-4 hours before sunset, DISR: daily integrated solar radiation

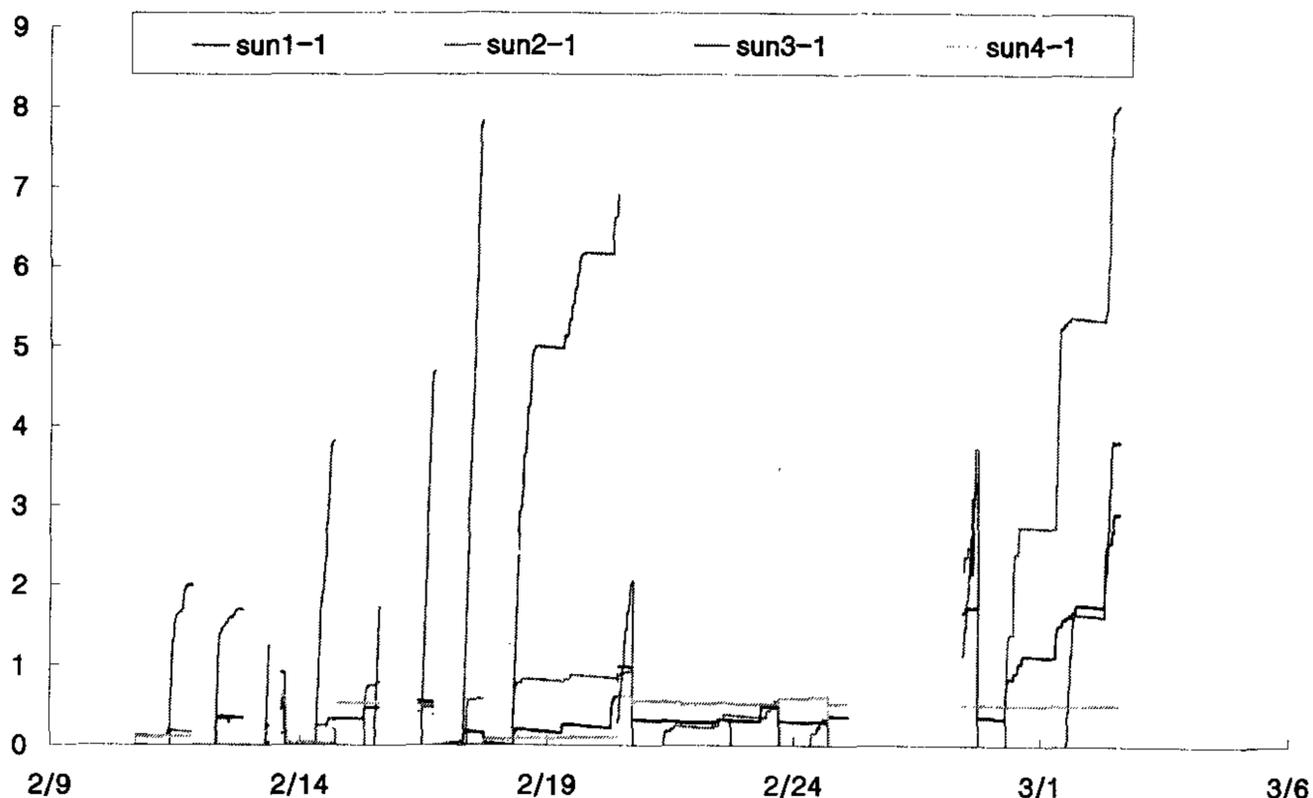


Fig 2. Drainage according to treatments by the last irrigation time. Sunset-1-4: Irrigation ended 1-4 hours before sunset, DISR: daily integrated solar radiation

관수마감시간 처리별 최종 생육을 비교한 결과, 일몰 4시간 전 처리구에서 약간 생육이 낮은 경향을 보이기는 했으나, 통계적 유의차는 보이지 않았다(Table 1).

Table 1. The growth characteristics according to treatments by the last irrigation time.

| Treat | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Nodes (nodes/plant) | Fresh weight (g/plant) |
|----------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| sunset-1 | 213.0 | 54.7 | 61.1 | 12.6 | 27.4 | 1009.4 |
| sunset-2 | 211.9 | 55.9 | 61.5 | 13.2 | 28.4 | 1128.9 |
| sunset-3 | 215.3 | 54.9 | 61.3 | 12.4 | 28.3 | 936.5 |
| sunset-4 | 208.5 | 53.5 | 56.9 | 12.3 | 26.7 | 908.0 |

Sunset-1-4: Irrigation ended 1-4 hours before sunset

관수마감시간 처리별 수확량을 비교한 결과, 일몰 4시간 전 처리구에서 상품수량이 약간 적었는데, 특히 100g이하 소형과가 많아 상품수량이 낮았다. 반면에, 당도는 높은 경향을 나타냈다(Table 2).

표 2. Yield according to treatments by the last irrigation time.

| Treat | Total yield (kg/plant) | Marketable yield (kg/plant) | Malformed fruit (kg/plant) | Small fruit 100g> (kg/plant) | Brix (°Bx) | Index (%) |
|----------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------|-----------|
| sunset-1 | 6.011 | 4.862 | 0.269 | 0.879 | 5.4 | 80.9 |
| sunset-2 | 6.286 | 4.955 | 0.334 | 0.997 | 5.2 | 78.8 |
| sunset-3 | 5.551 | 4.363 | 0.233 | 0.955 | 5.5 | 78.6 |
| sunset-4 | 5.460 | 3.800 | 0.184 | 1.477 | 5.7 | 70.0 |

Sunset-1-4: Irrigation ended 1-4 hours before sunset

관수마감시간 처리별 128일동안의 배양액 급액량을 조사한 결과, 관수마감시간이 늦을수록 소요 배양액량도 많았다(Table 3). 단, 3시간 전과 4시간 전이 비슷했는데, 그 이유는 사용한

배양액관리 시스템의 특성 때문이었다. 배양액 공급은 배액전극법에 의해 제어되었는데, 이 방법은 급액개시 명령이 배액의 양에 의해 이루어지며, 이 양은 배지 내 수분함량과 연동되도록 설계되어 있다. 일몰 4시간 전에 관수를 마감한 배지의 경우, 다른 배지에 비해 아침에 배지의 수분함량이 매우 낮으며, 따라서 아침 첫급액시 관수가 행해져도 여전히 배지 내 수분함량이 낮아 수 회 관수가 계속되어 급액회수가 증가한다. 단위 용수사용량당 상품수량은 일몰마감 3시간 전 처리구에서 41.2로 가장 높아 1kg의 토마토를 생산하는데 가장 적은 용수를 소비하는 것으로 나타났고, 1시간 전 처리구에서 33.5로 가장 낮았다. 동일한 배양액 농도와 조성을 사용했으므로 단위 상품수량당 비료사용량도 동일한 차이를 나타냈다.

Table 3. WUE and FUE according to treatments by the last irrigation time.

| Treat | Irrigation (L/plant) | Fertilizer (g/plant) | Marketable yield (kg/plant) | WUE (g/L) | FUE (g/kg) |
|----------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------|------------|
| sunset-1 | 145.2 a | 202.9 a | 4.862 | 33.5 | 24.0 |
| sunset-2 | 128.5 b | 179.5 b | 4.955 | 38.6 | 27.6 |
| sunset-3 | 106.0 c | 148.1 c | 4.363 | 41.2 | 29.5 |
| sunset-4 | 106.6 c | 148.9 c | 3.800 | 35.6 | 25.5 |

Sunset-1-4: Irrigation ended 1-4 hours before sunset

WUE (water use efficiency): quantity of water irrigated / marketable yield

FUE (fertilizer use efficiency): quantity of fertilizer supplied / marketable yield

관수마감시간을 달리해서 WUE 및 FUE를 높이는 실험을 수행한 결과, 상품수량은 일몰 1시간 전 및 2시간 전에서 가장 많았고, 4시간 전에서 가장 낮았으며, 단위 상품수량당 용수사용량과 비료사용량은 일몰마감 1시간 전 처리구에서 가장 높았고, 3시간 전 처리구에서 가장 낮았다. 따라서 용수 및 비료 절감을 고려하는 경우에도 일몰 4시간 전에 관수를 중단하는 것은 바람직하지 않으며, 3시간 전에 마감하는 것이 좋을 것으로 사료된다. 단, 본 연구결과는 배액구를 하단 3cm 위에 개설하여 하부에 일정량의 저장된 배양액이 있는 경우의 결과이므로, 통기성 확보를 위해 배액구를 더 아래에 개설할 경우에는 관수마감시간을 달리해야 할 것이다. 일중 관수시간대 이내에서는 배액구 아래의 물의 양이 크게 배지 수분함량에 기여하

지는 않으나(Marfa et al., 1993) 일중 마지막 관수시간에는 영향을 미칠 것으로 사료된다. 단, 펄라이트 자루는 모양이 일정하지 않으므로 배액구 높이 아래에 존재하는 배양액 양을 정확하게 알 수는 없다(Orozco and Marfa, 1995). 또한 계절 및 배양액 관리법에 따라 차이가 있을 수 있으므로 이를 고려해야 할 것이다.

4. 인용문헌

Abou-Hadid, A.F., M.Z. El-Shinawy, A.S. El-Beltagy, and S.W. Burrage. 1993. Relation between water use efficiency of sweet pepper grown under nutrient film technique and rockwool under protected cultivation. *Acta Hort.* 323:89-96.

Marfa, O., A. Martinez, R. Orozco, L. Serrano, and F.X. Martinez. 1993. The use of fine-grade perlites in lettuce bag cultures. II. Physical properties, rheologic effects and productivity. *Acta Hort.* 342:339-348.

Orozco, R. and O. Marfa. 1995. Granulometric alteration, air-entry potential and hydraulic conductivity in perlites used in soilless cultures. *Acta Hort.* 408:147-161.

Rouphael, Y., G. Colla, M. Cardarelli, S. Fanasca, A. Salerno, C.M. Rivera, A. Rea, and F. Karam. 2005. Water use efficiency of greenhouse summer squash in relation to the method of culture: Soil VS. soilless. *Acta Hort.* 697:81-86.

Warren, S.L. and T.E. Bilderback. 2004. Irrigation timing: Effect on plant growth, photosynthesis, water-use efficiency and substrate temperature. *Acta Hort.* 644:29-37.

Zabri, A.W. and S.W. Burrage. 1998. The effects of vapour pressure deficit (VPD) and enrichment with CO₂ on photosynthesis, stomatal conductance, transpiration rate and water use efficiency (WUE) of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) grown by NFT. *Acta Hort.* 458:351-356.

제10절 저온기 펄라이트 자루재배시 배지의 최적 온도조절 방법 구명

1. 서언

근권온도는 작물생육에 매우 중요한 인자이다. 온도가 너무 높거나 낮으면 광합성이나 광합성산물의 partitioning(Gosselin et al., 1984), 물과 영양(Kuiper, 1964; Cornillon, 1977; Passioura, 1988) 및 전체적인 생육(Cooper, 1973; Shishido et al., 1979) 등에 나쁜 영향을 미친다. 10L 크기의 펄라이트 배지를 함유한 용기에서 파프리카를 대상으로, 12°C에서 20°C로 근권온도를 높이면 도관액의 이동속도가 250% 빨라지므로 20°C까지는 근권온도가 높을수록 생육에 좋다(Kafkafi, 2001). 근권온도가 낮으면 질산염, 인산염 및 칼륨의 체내 이동속도가 떨어진다(Kafkafi, 2001). 고품배지경은 그 특성상 배지의 온도 변화가 크다. 수경재배에서는

근권온도가 용기의 특성에 따라 다를 수 있는데(Fretz, 1971; Verma, 1979; Ingram, 1981), 배지를 감싼 용기의 용적이 작을수록 온도변화가 클 수 있다(Giuffrida, 2001). 이와 같은 이유로 토마토 펠라이트 자루재배에서 근권온도를 높이는 것이 생육에 좋은 것을 알 수 있는데, 가온시각 및 기온기간 또한 식물생육과 경제성을 고려할 때 매우 중요하게 고려되어야 할 인자이다. 오이의 경우 일출 전에 가온을 일찍하는 것이 생육에 좋았다(권준국, 2004). 이는 작물은 일출과 더불어 광합성을 시작할 수 있지만, 시설 내 온도가 광합성 속도의 장애가 될 정도로 낮은 상태에 있기 때문이다. 한편으로는 야간에 호흡속도를 줄이기 위해 생육에 지장을 초래하지 않는 범위에서 저온관리를 한다(Choi et al., 2001). 특히 기온보다는 지온의 상승속도가 느리기 때문에 적극적으로 지온관리를 하는 것이 좋다(Heuvelink, 1989).

본 연구에서는 토마토 펠라이트 자루재배에서 저온기 가온 방법을 달리함으로써 효율적이고 경제적인 방법을 찾고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 2005년 10월 27일부터 경기도농업기술원 한국형 유리온실과 실험실에서 수행되었다. 공시품종인 대과용 토마토 630(SAKATA, Japan)을 2005년 10월 27일 50공 공정 육묘판에 파종하였다. 육묘는 양지붕 유리 온실 내에서 자체 개발한 분사형 육묘 시스템을 이용했으며, 1일 1회(오전 11:30) 관수 하였다. 2005년 12월 22일 본엽이 6매 일 때 정식하고, 5단 적심 외대 가꾸기로 재배하였다. 작물은 펠라이트 자루재배법으로 실험하였다. 스티로폼 판에 비닐과 온수관을 깔 후, 자루(W 340 * L 1,200 * H 150mm, 용량 40L)를 놓았다. 정식 전날 포수한 후, 정식 직전 배액 구를 뚫은 다음, 펠라이트 자루 당 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였다. 배액구는 자루의 한쪽 면에만 그루와 그루 사이의 정중앙에 바닥에서 3cm 높이에 5cm 길이로 만들었다. 재식간격은 40cm로 하였다. 줄 간 간격은 2m였다.

2005년 12월 26일부터 처리를 시작했다. 처리는 자루의 경제적 온도조절 방법을 구명하기 위해서 최저 근권 온도를 15°C로 고정하는 처리구(15), 13°C로 유지하다가 일출 1시간 전부터 일출 1시간 후까지 2시간동안은 온도를 15°C로 올렸다가 그 이후에는 13°C로 유지하는 처리구(13-1), 13°C로 유지하다가 일출 2시간 전부터 일출 2시간 후까지 4시간동안은 온도를 15°C로 올렸다가 그 이후에는 13°C로 유지하는 처리구(13-2) 및 온도 제어를 하지 않는 무처리의 4 가지였다. 처리당 4개의 자루를 사용했다. 기온은 최저온도를 12°C로 설정했다.

가온은 길이 5cm 크기의 pt100 센서를 사용해 실험구 정중앙에 위치한 배지에서 수직으로 정가운데의 온도를 측정하고 온도가 처리에 따라 설정온도 아래로 떨어졌을 경우 40°C 온수를 펠라이트 자루 아래에 네 줄로 설치해 놓은 엑셀관을 통해 순환시켜 조절하였다. 온수관 입구쪽과 반대쪽에서 5, 6번째 식물 사이에, 배지 상단으로부터 5cm와 10cm의 깊이에 지름 5cm 크기의 온도센서(thermistor, AUTOMATA)를 꽂고 CR10X로 온도 자료를 수집했다.

사용 배양액은 토마토용 Yamazaki 배양액이었으며, 공급 시 pH 6.0, EC 1.2 이었다. 그리고 작물의 생육단계에 따라 2006년 1월 12일 EC 1.4, 2006년 2월 27일 1.8로 EC를 점차 높여

서 급액하였다. 배양액의 공급은 자동 공급 장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하였다. 관수는 타이머법으로 7시, 10시, 12시, 2시, 4시에 관수하였다. 이후로는 배액을 10% 선에서 관수 시간을 조절하였다. 측지는 5cm 이상에서 제거했다. 수확이 종료된 화방 이하의 하엽은 수확종료시 제거하였다. 2006년 1월 3일부터 매주 월, 수, 금에 착과제로 토마토 톤을 살포했다. 수확은 2006년 3월 6일부터 토마토가 90%정도 착색 되었을 때 처리별, 그루별, 화방별로 수확하여 100g이하(소과), 100g~200g, 200~300g, 300g~400g, 400g이상의 중량, 기형과(배꼽, 창문), 당도 등을 조사하였다. 최종 생육조사는 2006년 5월 17일 처리별로 10주씩 생체중, 초장, 엽장, 엽폭, 경경, 마디수 등을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

실험 기간 중에서 대표적으로 가장 혹한기에 해당되었던 1월 5일 ~1월 8일 및 2월 2일 ~2월 5일의 배지 표면으로부터 5cm 및 10cm 깊이의 온도변화를 나타냈다. 전체적으로 시설 내 기온은 설정온도인 12℃ 이하로 내려가지 않아 양호하게 제어됐음을 알 수 있었다. 배지 온도의 제어는 Pt100을 자루의 한가운데에 설치하여 행했는데, 자루의 높이가 15cm인데 반해 센서의 길이가 5cm였기 때문에 측정 부위인 표면으로부터 5cm 및 10cm의 부위의 온도는 제어온도와 약간 다르게 나타났다. 또한, 아무리 정확하게 측정센서와 제어센서를 설치했다라도 약간의 위치 차이로 인해 온도의 편차가 약간 감지되었다.

배지온도 처리간에는 무가온 처리구의 배지 온도가 실험기간 내내 가장 낮아 야간온도의 효과가 주간에 까지 미침을 알 수 있었다. 1월 5일 ~1월 8일 기간 중의 배지온도에서, 일중 최고온도를 보이는 처리구는 예상외로 13-2였다. 이는 15℃ 처리구에서는 야간에 계속 배지 하부의 난방관에 온수가 순환되는 반면, 13℃ 처리구에서는 일출 전 1 혹은 2시간 전부터 높게 가온되는 바람에 상대적으로 더운 온수가 배지 하부에 정체되어 늦게 까지 정체된 온수의 효과 때문에 온도가 올라간 것으로 추정된다. 이것은 10cm의 온도가 5cm의 온도에 비해 더 차이가 큰 것으로 증명된다. 즉, 온수의 정체효과가 하부로 갈수록 강하게 작용했기 때문이다. 정체된 온수효과가 끝나는 오전 8시경부터 13℃ 처리구에서 근온이 강하하기 시작했으며, 일중 기온의 상승에 따라 15℃나 무가온 처리구와 동일한 양상을 보였다.

일중 온도변화를 보면, 배지온도는 5cm 위치보다는 10cm 위치에서 최저온도가 높고 최고 온도는 낮은 경향을 보였으나, 13-2 처리구에서는 최고온도 차이가 크지 않았다. 시설 내 대기온도가 12℃ 이상이였기 때문에 처리간 온도 차이는 크지 않았다.

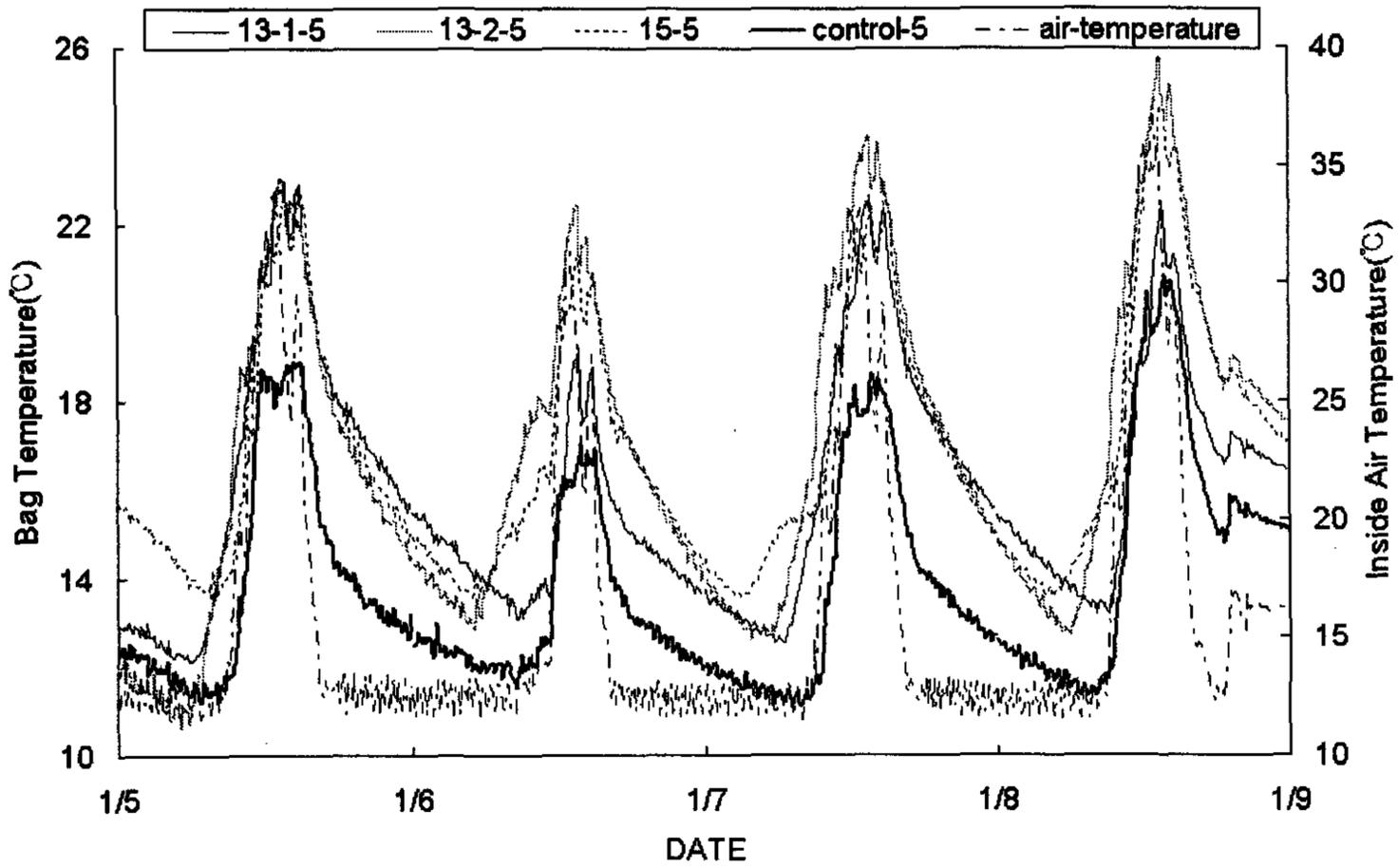


Fig. 39. Substrate temperature in the depth of 5cm according to different substrate temperature (Jan, 5 ~ Jan, 8). 15°C; 15°C constant in substrate temperature, 13-1; 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise, 13-2; 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise, Control; uncontrolled

13-1-5: 근권 온도 13°C로 유지하다가 일출 1시간 전부터 2시간동안 15°C로 유지, 13-2-5: 근권 온도 13°C로 유지하다가 일출 2시간 전부터 4시간동안 15°C로 유지, 15-5: 근권 온도 15°C로 쪽 유지, Control-5: 근권 무가온, Air-temperature: 시설 내부 기온

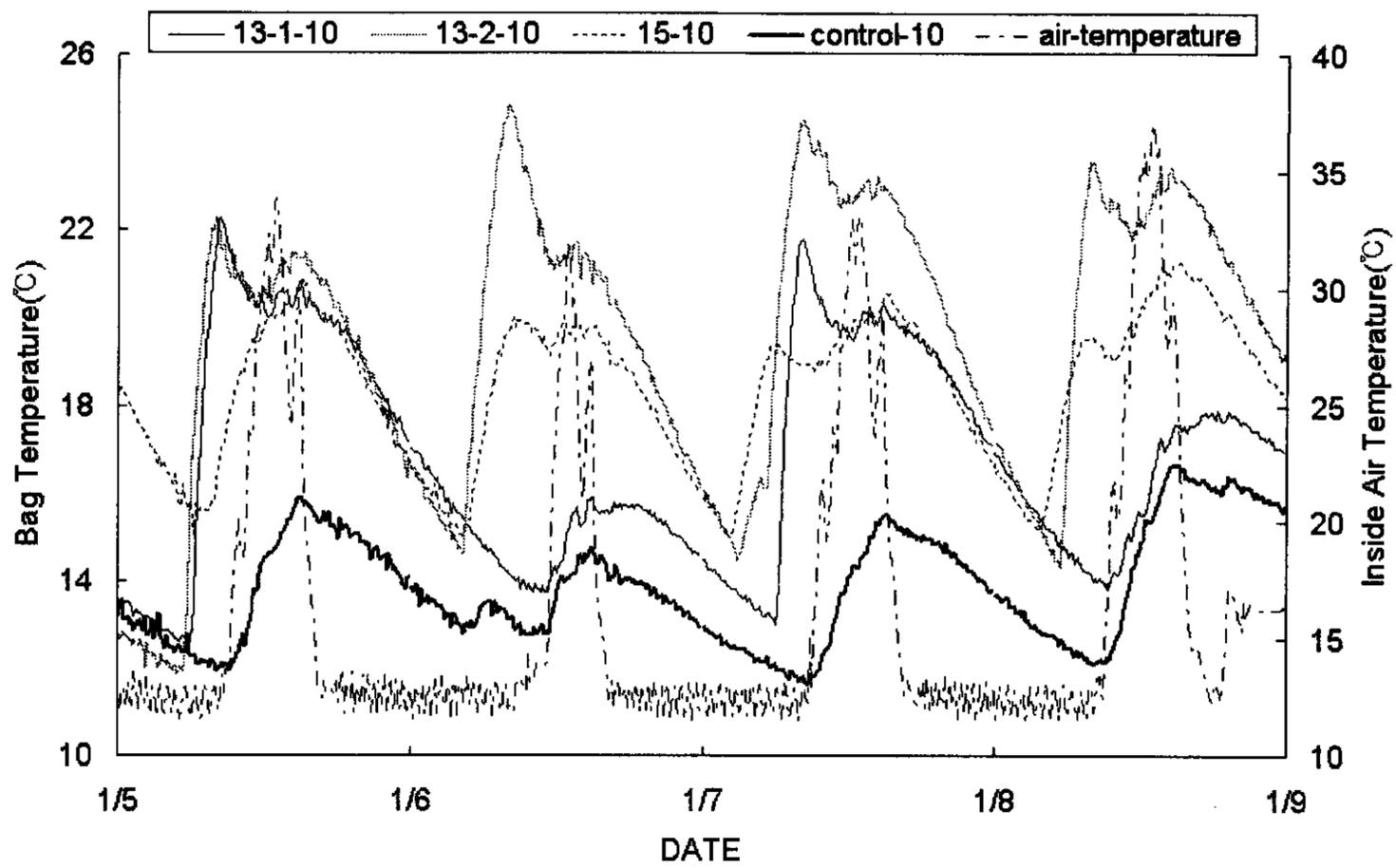


Fig. 40. Substrate temperature in the depth of 10cm according to different substrate temperature (Jan, 5 ~ Jan, 8). 15°C; 15°C constant in substrate temperature, 13-1; 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise, 13-2; 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise, Control; uncontrolled

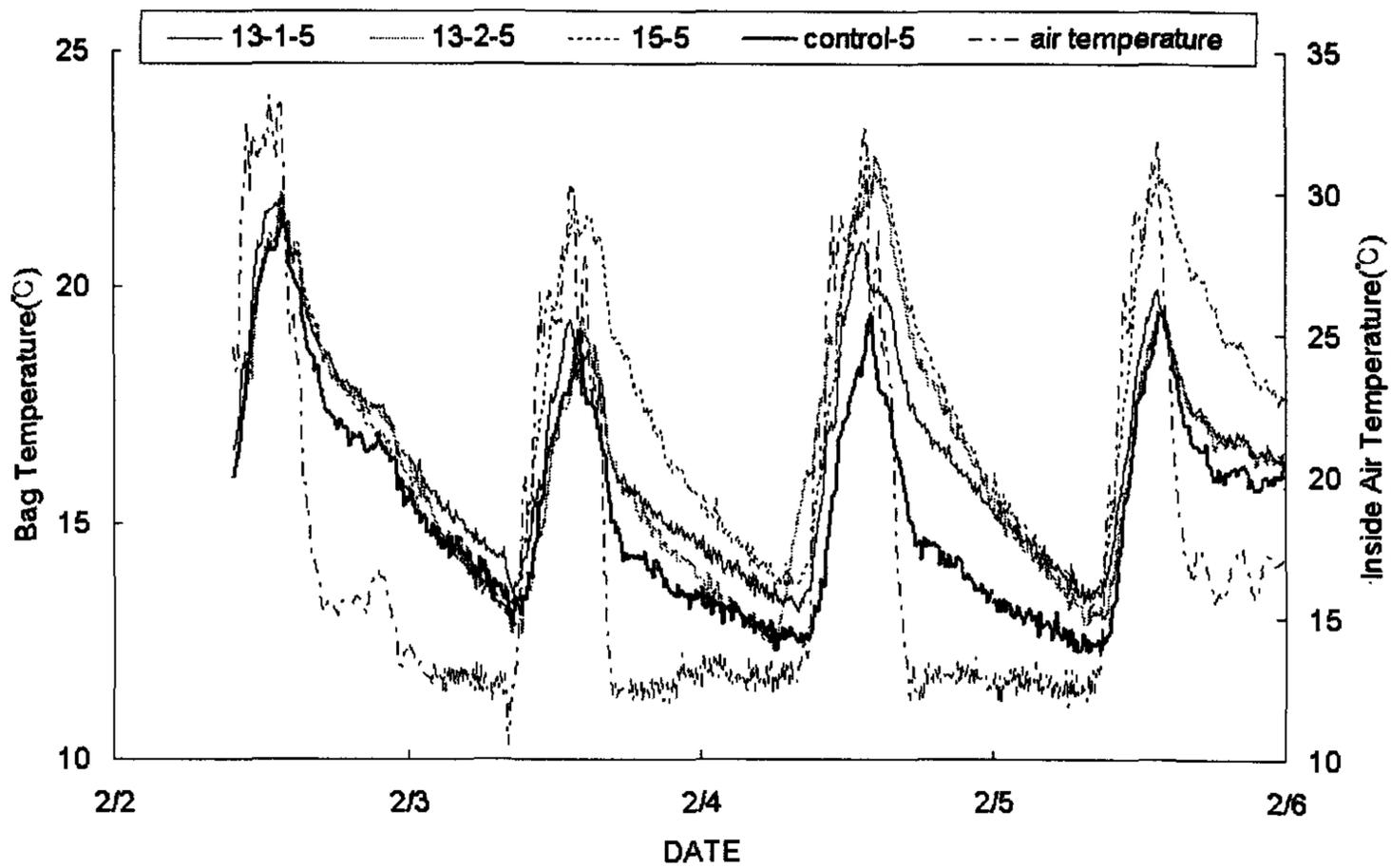


Fig. 41. Substrate temperature in the depth of 5cm according to different substrate temperature (Feb, 2 ~ Feb, 5). 15°C; 15°C constant in substrate temperature, 13-1; 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise, 13-2; 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise, Control; uncontrolled

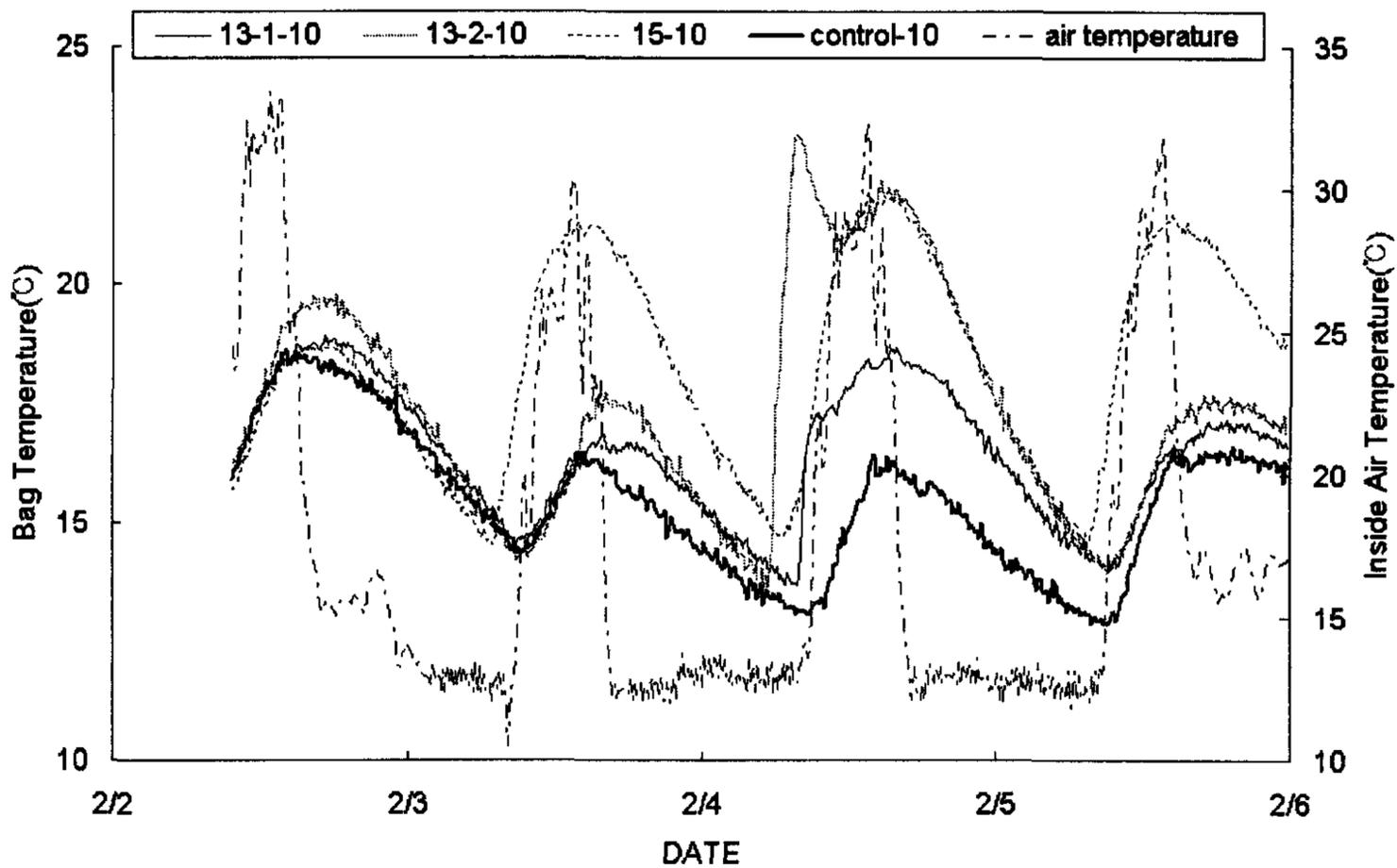


Fig. 42. Substrate temperature in the depth of 10cm according to different substrate temperature (Feb, 2 ~ Feb, 5). 15°C; 15°C constant in substrate temperature, 13-1; 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise, 13-2; 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise, Control; uncontrolled

근권온도 처리별 토마토 최종 생육을 비교한 결과, 처리간 차이가 인정되지 않았다. 최종 생육조사는 2006년 5월 17일 실시됐는데, 5단 적심했기 때문에 차이가 없었던 것으로 추정된다.

Table 1. The growth characteristics in different substrate temperatures

| Treatment | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Nodes (nodes/plant) | Fresh weight (g/plant) |
|-----------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| 15 | 176.9 | 51.9 | 51.7 | 12.1 | 21.6 | 742.6 |
| 13-1 | 180.2 | 51.8 | 51.5 | 11.8 | 21.4 | 681.3 |
| 13-2 | 177.4 | 51.2 | 48.8 | 12.5 | 21.3 | 713.6 |
| Control | 178.2 | 50.9 | 51.7 | 12.5 | 21.8 | 742.6 |

^z 15°C; 15°C constant in substrate temperature

13-1; 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise

13-2; 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise

Control; uncontrolled

^y DMRT at 5% level

근권온도 처리별 토마토 수확량을 비교한 결과, 가온처리구에서 무처리구에 비해 수확량이 많았으나, 가온 처리구간에는 유의차가 없었다. 당도는 처리간 차이가 인정되지 않았다. 수확은 2006년 3월 6일부터 행해졌는데, 13°C로 가온하되 일출 전후로 15°C로 상승시키는 것과 15°C로 가온하는 것은 큰 차이가 없으므로, 연료비를 절감하는 방안의 한 가지로 시간에 따라 가온 설정을 달리하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

Table 2. Tomato yield in different substrate temperatures

| Treatment | Total yield (kg/Plant) | Marketable yield (kg/Plant) | Malformed fruit (kg/Plant) | Small fruit <100g (kg/Plant) | Brix (°Bx) | Index (%) |
|-----------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------|-----------|
| 15°C | 3.286 a ^y | 3.164 a | 0.028 | 0.093 | 4.7 | 96.3 |
| 13-1 | 3.249 a | 3.075 a | 0.021 | 0.104 | 4.4 | 96.2 |
| 13-2 | 3.230 a | 3.119 a | 0.044 | 0.111 | 4.6 | 95.2 |
| Control | 2.882 b | 2.742 b | 0.008 | 0.132 | 4.9 | 95.1 |

^z 15°C; 15°C constant in substrate temperature

13-1; 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise

13-2; 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise

Control; uncontrolled

^y DMRT at 5% level

4. 인용문헌

- Choi, Young Hah, Joon Kook Kwon, Han Cheol Rhee, Dong Kum Park, and Jae Han Lee. 2001. Effects of night temperatures on growth, yields of tomato and green pepper in the glasshouse cultivation and its impact on heating costs. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:385-388.
- Cooper, A.J. 1973. Root temperature and plant growth. *Commonw. Bur. Hortic. Plant Crops Res. Rev.* 4:1-73.
- Cornillon, P. 1977. Effect de la temperature des racines sur l'absorption des elements mineraux par la tomate. *Ann. Agron.* 28:409-423.
- Fretz, T.A. 1971. Influence of physical conditions on summer temperatures in nursery containers. *HortScience* 6:400-401.
- Giuffrida, F. 2001. Temperature of substrates in relation to trough characteristics. *Acta Hort.* 559:647-654.
- Gosselin, A. and M.J. Trudel. 1984. Interactions between root and night air temperatures on leaf area development and photosynthesis of tomato plants cv. Vendor. *Can. J. Plant Sci.* 65:185-192.
- Heuvelink, E. 1989. Present status of greenhouse crop production in Europe and its prospective in the 21st century. *The international symposium on the strategy of protected horticultural industries toward 21st century.* p. 51-74.

- Ingram, D.L. 1981. Characterization of temperature fluctuations and woody plant growth in white poly bags and conventional black containers. HortScience 16:762-763.
- Kafkafi, U. 2001. Root zone parameters controlling plant growth in soilless culture. Acta Hort. 554:27-38.
- Kuiper, P.J.C. 1964. Water uptake of higher plants as affected by root temperature. Meded. Land-bouwhogesch. Wageningen 64:1-11.
- 권준국, 강남준, 이재한, 강경희, 최영하. 2004. 조조가온기간이 시설재배 오이의 생육과 수량 및 난방부하에 미치는 영향. J. Bio-Environ. Con. 13:245-250.
- Passioura, J.B. 1988. Water transport in and to roots. Ann. Rev. Plant Physiol. 39:245-265.
- Shishido, Y. and Y. Hori. 1979. Studies on translocation and distribution of photosynthetic assimilates in tomato plants. 3. Distribution pattern as affected by air and root temperatures in the night. Tohoku J. Agric. Res. 30:87-94.
- Verma, B.P. 1979. Container design for reducing root zone temperature. Proc. Southern Nurs. Assoc. Res. Conf. 24:179-182.

제11절 자루재배의 경제성 분석

1. 서언

펄라이트를 이용한 고품배지 재배는 자루를 이용하는 자루재배와 베드를 이용하는 베드재배로 대별된다. 유럽이나 미주에서는 펄라이트를 위시하여 다른 고품배지재배에서 모두 자루재배 방식을 채택하고 있는데 반하여, 한국에서는 암면, 코이어, 피트 등을 사용하는 고품배지 재배에서는 자루재배 방식을 채택하고 있으나 유독 펄라이트 재배에서만은 베드재배 방식을 채택하고 있다.

한국과 다른 나라에서 사용하는 방식이 서로 다른 이유를 실험과 자료를 통해 분석함으로써, 어느 방식이 경쟁력이 있는 방식인지를 알아보려고 본 연구를 실시했다. 특히, 펄라이트 재배시 작업단계 중에서 가장 많은 노동력이 투입되는 작업인 펄라이트 충전 작업 및 교체 작업의 작업단계별 노동 투하시간을 베드재배와 자루재배법으로 실험, 비교하였다.

2. 재료 및 방법

자루재배 방식과 베드재배 방식에서 필요한 자재 및 노동력 관련 자료를 조사하였다. 베드재배 방식에 소요되는 자재 및 노동력관련 비용은 시공업체의 견적서를 이용하였다. 자루재배 방식에 대해서는 시공업체가 없어 베드재배 방식에서 산출된 비용을 참조하였다.

펄라이트 충전 작업 및 교체 작업의 작업단계별 노동 투하시간을 조사하는 실험에서는 토마토 재배가 종료된 유리온실에 있는 배지를 사용하였다. 실험은 서로 시설 및 배지 위치가 다른 벤로형 유리온실과 한국형 유리온실에서 각각 수행되었다. 자루재배 방식과 베드재배

방식 모두 조사에 사용한 길이는 12m였다. 자루는 10개였다. 실험은 동일한 온실 내의 서로 다른 장소에 있는 구획의 것을 대상으로 3반복했다. 자루는 길이 120cm, 폭 34cm, 용량 40L의 것을 사용했다. 베드는 일반적으로 사용되는 것으로, 길이 100cm, 폭 31cm, 높이 21.5cm이었다. 노동 투하시간에 대한 사항은 펠라이트 철거, 온실 외부로 반출, 비닐철거 및 반출, 재배베드 철거 및 반출 등에 소요된 시간으로 나누어서 조사하였다. 작업단계별 소요시간 측정항목에서 펠라이트 철거는 자루방식방식은 운반용 일륜손수레에 펠라이트 자루를 옮겨 싣는 시점까지 측정하였으며, 베드방식은 펠라이트를 마대자루에 퍼 담아서 묶은 후 손수레에 옮겨 싣는 시점까지를 측정하였다. 온실외부로 반출시간은 펠라이트를 싣고 온실 밖의 5m 지점까지 옮기는데 소요된 시간을 측정하였으며, 비닐철거 및 반출은 자루를 감싸고 있던 흑백비닐과 베드방식의 펠라이트를 싸고 있던 흑백비닐과 망사를 철거하는데 소요된 시간을 측정하였다. 재배베드 철거 및 반출은 자루방식에서는 스티로폼 집액판의 철거 및 온실 밖 5m 지점에 옮기는 시간, 베드방식은 스티로폼 베드의 철거 및 온실 밖 5m 지점에 옮기는 시간을 측정하였다. 출입문의 폭은 2.3m였다. 시설 내 배지 위치는 문으로부터 벤로형 온실은 12m, 한국형 온실은 2m 떨어진 곳부터 존재했다. 종류별 작업에 참여한 인원수는 2명이었다.



그림 1, 2. 베드방식의 펠라이트 철거 및 자루방식의 펠라이트 자루 철거



그림 3, 4. 베드방식의 펠라이트 반출 및 자루방식의 펠라이트 반출



그림 5, 6. 베드방식의 망사 및 흑백비닐 철거

자루재배 방식에 대해서는 평택시 진위면 소재 농가에서 자루재배를 개시할 때, 포장에 자루를 배치하는 시간과 관수라인 설치 시간을 조사하였다. 자루를 배치하는 시간은 온실 밖 5m 정도 지점에 쌓아놓은 자루를 재배위치에 배치하는 시간으로 하였다. 설치한 자루의 수는 168개였다. 작업인수는 6명이었다. 자루는 10cm 간격으로 설치했으며, 줄간 거리는 2m였다. 점적핀 및 정식구를 뚫는데 소요된 시간은 자루를 설치한 후, 부설된 관수라인의 점적핀을 펠라이트 자루에 꽂고, 자루에 정식구를 뚫는데 소요된 시간으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

베드충진 방식에서는 초기 비용으로 베드지지물, 집액관, 베드, 방수용 비닐, 배액관, 방근망 등의 초기 자재 구입비와 베드 설치작업에 따른 시간소모 및 노동력이 필요하다. 또한, 베드 설치 후 배지 충진 작업에 시간과 노동력이 많이 필요하다. 10a당 소요 비용은 베드재배에서 6,009,338원인데 비해, 자루재배에서는 3,150,000원으로 1.9배의 차이를 보인다.

대용량(100 리터) 비닐포대의 펠라이트를 베드에 충진 혹은 폐기하는 과정에서 일정 부분의 배지 손실이 발생한다. 배지를 폐기하는 경우 비닐 포대에 담아 들어내는 경우가 일반적인데, 이 경우 포대 하나에 많이 담으면 한 사람이 취급하기가 어려우므로 약간 모자라게 담기 때문에 포대 공간을 낭비하면서 노동효율이 떨어진다. 배지 표면이 노출되어있어서 증발량이 많고, 조류가 많이 발생하는데, 이를 방지하기 위해서 멀칭 할 경우에는 추가적인 비용과 노동력이 발생한다. 배지 사용 후 폐기 혹은 회수 작업에 시간과 노동력이 많이 필요하다. 재배 후 뿌리가 방근망에 엉켜있는 경우가 있어, 저렴한 망을 사용할 경우에는 재사용이 어렵다.

표 1. 펠라이트 베드 자재 및 설치 비용 (원/10a)

| 구 분 | 베드재배 | 자루재배 |
|------------------------|-----------|-----------|
| 스티로폼 베드 | 1,193,396 | 0 |
| 흑백필름 | 415,094 | 0 |
| 방근망 | 202,358 | 0 |
| 부직포 | 290,566 | 0 |
| 펠라이트(100L)/자루 (40L) | 1,867,924 | 2,650,000 |
| 벤치제작/집액판 | 1,698,000 | 500,000 |
| 베드충진노력비 | 342,000 | 0 |
| 소 계 | 6,009,338 | 3,150,000 |

표 2. 펠라이트 재배 시스템의 베드지지물(벤치) 자재 및 설치비 (10a 기준)

| 품명 | 수량 | 단가 | 금액 |
|-----------------|--------|---------|------------|
| 파이프 (22mm/1.2T) | 200본 | 4,300원 | 860,000원 |
| 조리개 (22mm) | 1,000개 | 60원 | 60,000원 |
| T고정구 (22mm) | 500개 | 120원 | 60,000원 |
| 연결핀 (22mm) | 150개 | 120원 | 18,000원 |
| 잡자재 | | | 100,000원 |
| 인건비 | 10인 | 60,000원 | 600,000원 |
| 합 계 | | | 1,698,000원 |

표 3. 펠라이트 재배 시스템의 공사 인건비 (10a 기준)

| |
|--|
| 1. 평당 인건비 : 10,000원 |
| 2. 300평 기준 인건비 : 300평 X 10,000원 = 3,000,000원 |
| 3. 공사내역별 인건비 |
| - 양액 공급시설 : 6인 X 60,000원 = 360,000원 |
| - 관수배관시설 : 9인 X 60,000원 = 540,000원 |
| - 베드시설 : 19인 X 60,000원 = 1,140,000원 |
| - 배수시설 : 6인 X 60,000원 = 360,000원 |
| - 벤치시설 : 10인 X 60,000원 = 600,000원 |

펠라이트 재배시 작업단계 중에서 가장 많은 노동력이 투입되는 작업인 펠라이트 교체 작업의 작업단계별 노동 투입시간을 베드재배와 자루재배법으로 비교한 결과, 벤로형 유리온실

에서 총노동 투하시간은 자루방식에서는 666, 베드방식에서는 2336초로, 3.5배나 차이를 나타냈다. 구성 작업별로 보면, 펠라이트 철거에 소요되는 시간이 자루방식에서는 192, 베드방식에서는 1684초로 베드방식에서 펠라이트 철거에 드는 노동력이 자루방식에 비해 월등히 많음을 나타내었다. 교체시의 전체 노동투하시간에서 펠라이트 철거가 차지하는 비율은 자루방식에서는 35%를 차지하며 베드방식에서는 72%를 차지하여, 특히 베드방식에서 대부분의 노동력이 펠라이트 철거에 드는 것임을 알 수 있었다. 온실외부로 반출하는 작업에서는 베드방식이 자루방식에 비하여 161% 과다 소요되었으며, 비닐철거 및 반출에는 90%로 큰 차이가 없었고 베드철거 및 반출에서 베드방식이 155% 추가 노동투하시간이 더들어갔다.

표 4. 벤로형 유리온실에서의 펠라이트 교체시 작업단계별 노동투하시간

| 작업 단계별 | 자루방식 노동투하시간 (sec/bed 12m) | 베드방식 노동투하시간 (sec/bed 12m) | 베드방식 추가노동 투입지수(%) |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| 펠라이트 철거 | 192 | 1,684 | 877 |
| 온실 외부로 반출 | 92 | 148 | 161 |
| 비닐철거 및 반출 | 136 | 122 | 90 |
| 재배베드 철거 및 반출 | 246 | 382 | 155 |
| 계 | 666 | 2,336 | 351 |

2차로 조사한 한국형 유리온실에서의 총노동 투하시간은 자루방식에서는 750, 베드방식에서는 1734초로, 2.3배의 차이를 나타냈다. 구성 작업별로 보면, 펠라이트 철거에 소요되는 시간이 자루방식에서는 274, 베드방식에서는 1240초로 베드방식에서 펠라이트 철거에 드는 노동력이 자루방식에 비해 월등히 많음을 나타내었다. 교체시의 전체 노동투하시간에서 펠라이트 철거가 차지하는 비율은 자루방식에서는 37%를 차지하며 베드방식에서는 72%를 차지하여, 특히 베드방식에서 대부분의 노동력이 펠라이트 철거에 드는 것임을 재차 알 수 있었다. 온실외부로 반출하는 작업에서는 베드방식이 자루방식에 비하여 117% 과다 소요되었으며, 비닐철거 및 반출에는 107%로 큰 차이가 없었고 베드철거 및 반출에서 베드방식이 95%로 큰 차이가 없었다.

표 5. 한국형 유리온실에서 펠라이트 교체시 작업단계별 노동투하시간

| 작업 단계별 | 자루방식 노동투하시간 (sec/bed 12m) | 베드방식 노동투하시간 (sec/bed 12m) | 베드방식 추가노동 투입지수(%) |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| 펠라이트 철거 | 274 | 1,240 | 453 |
| 온실 외부로 반출 | 96 | 112 | 117 |
| 비닐철거 및 반출 | 184 | 196 | 107 |
| 재배베드 철거 및 반출 | 196 | 186 | 95 |
| 계 | 750 | 1,734 | 231 |

종합적으로 베로형 온실과 한국형 온실에서의 총노동 투하시간은 자루방식에서는 1416, 베드방식에서는 4070초로, 3.5배나 차이를 나타냈다. 구성 작업별로 보면, 펠라이트 철거에 소요되는 시간이 자루방식에서는 466, 베드방식에서는 2924초로 베드방식에서 펠라이트 철거에 드는 노동력이 자루방식에 비해 월등히 많음을 나타내었다. 교체시의 전체 노동투하시간에서 차지하는 비율은 자루방식에서는 33%를 차지하며 베드방식에서는 72%를 차지하여, 특히 베드방식에서 대부분의 노동력이 펠라이트 철거에 드는 것임을 알 수 있었다. 온실외부로 반출하는 작업에서는 베드방식이 자루방식에 비하여 138% 과다 소요되었으며, 비닐철거 및 반출에는 차이가 없었고 베드철거 및 반출에서 베드방식이 129% 추가 노동투하시간이 더들어갔다.

자루재배 방식에 대해서 포장에 자루를 배치하는 시간과 관수라인 설치 시간을 조사한 결과, 신규 자루 배치시간이 19분/자루168개/6명 정도 밖에 소요되지 않았으며, 점적핀 및 정식 구 뚫는 데에도 19분/자루168개/6명으로 동일한 시간이 소요되었다. 정식하는 데에는 50분이 소요되었다.

각 방식에서 산출 가능한 경제적 측면이외에도 정성적인 특성 차이가 있다. 재배적인 측면으로는, 처음 베드에 배지를 충전할 때에는 일반적으로 대립과 소립을 구분하여 충전하지만 재배와 더불어 입자의 수직 이동이 발생하며, 작기 종료시 뿌리를 제거하는 과정에서 입자 분포가 달라진다. 배지가 연결되어 있어 어느 한 곳에서 토양전염성 병이 발생했을 경우 이의 방제가 상대적으로 어렵다. 베드충진 방식에서는 펠라이트 배지 취급시 시설 내 분진이 발생하여 피복자재에 부착하여 투광율을 저하시킨다.

사회적인 측면으로는, 베드 충전시 시설 내 분진이 발생하기 때문에 호흡기 질환 유발 가능성을 내포한다. 펠라이트 배지를 폐기하는 경우에도 시설 내 분진이 발생하여 노동조건이 열악하다. 펠라이트 배지를 퍼 넣거나 퍼내는 작업은 허리를 굽혀서 행해야 하므로 건강에 좋지 않다. 베드충진 방식에서는 100L 용량의 포장을 이용하는데, 농촌의 노령화로 대용량

비닐포대는 취급이 어렵다. 이외에도 베드충진 방식에서는 수작업이 많아 생산자의 중노동을 요구한다. 배지 이외에도 여러 가지 공업 자재가 필요한데, 현재 단순 폐기하는 경우가 많아 제작 및 사용 후 환경부담이 발생한다. 이와 같이 베드재배 방식은 여러 가지 단점을 가지고 있는 반면에, 자루재배에서는 집액판, 방수용 비닐 등만이 초기 자재 구입에 필요하며, 자루의 설치 및 폐기 작업이 간단하여 비용 및 작업시간 등에서 유리하다.

이상의 결과로 볼 때, 한국에서 베드재배 방식을 채택하고 있는 것은 경제적이지 않을 뿐만 아니라, 재배적인 측면에서나 사회적인 측면에서도 바람직하지 않으며, 자루재배 방식으로 전환되어야 할 것으로 나타났다. 단, 자루재배의 보급을 위해서는 자루를 생산하는 업체를 육성해야 할 것이며, 자루재배를 지도, 보급하는 역량도 키워야 하는 전제조건이 필요한데, 이를 위해 업체에서 자루 생산에 참여했으며, 본 연구진이 전국적인 보급을 위해 계속 지도를 해나갈 계획이다.

제12절 자루재배 기술교육자료 작성

1. 자루재배 개요

1) 펄라이트 자루를 이용한 수경재배 방법

펄라이트 입자를 자루에 넣어 사용하는 수경재배 방법으로 펄라이트 자루재배라 칭하며, 기존의 스티로폼베드에 펄라이트를 부어넣고 재배하는 베드방식에 비해 시설이 간단하고 배지 교체 시에 노동력 및 작업이 손쉽고 재배관리가 간편한 장점을 가진다.

2) 펄라이트 배지 및 자루의 특성

펄라이트의 입도분포: 1.2~5mm

자루의 크기: 40L(길이 120 × 폭 34cm)

자루 교체 시기: 평균 3년에 한번 (물리, 화학, 생물학적 성능에 의해 증감됨)

2. 자루재배 준비 과정

1) 재배 계획

배양액관리 시설의 설치 혹은 점검

양액재배용 비료 확보

자루재배법 숙지

작형 선정

품종 선정

파종 및 육묘 계획

정식일 계획

2) 설비 준비

시설 바닥 고르기 (자루 바닥 경사: 1% 이상)

바닥 전면 멀칭

흙이 멀칭 위로 올라오면 병이 발생하므로 완전 차단할 것
플라스틱제 멀칭을 사용할 것. 짙은 병원균의 안식처가 되므로 안 됨.

급액관 배관

시설 내 관압이 균일하도록 배관
온도 변화가 없도록 차광할 것.

배액관 배관 및 배액집액구 설치

배액관 막힘 방지 설비 갖출 것.
집액구 입구에 여과기를 설치하여 잡물의 인입을 방지.
주기적으로 집액구 청소
배액을 쉽게 채취할 수 있도록 하여, pH, EC, 배액량 조사에 사용.
집액구의 입구 혹은 출구에 유량계를 달아 배액량 검사

배액 펌프 설치

인입구에 여과기 설치.
수위 조절기 설치.
수위 경보기 설치.

배액 집액판 배치 (집액판 끝에서 배액을 집액하여 한 곳에 모아 재사용하거나, 폐기)

필요시 냉난방관 부설

자루배치 (재식간격을 고려하여 배치)

점적관 설치

압력보정 점적관 사용
줄 당 자루에 사용하는 것 외에 한 곳을 더 설치하여 pH, EC, 급액량 조사에 사용
배양액 측정구 설치.

자루 두개의 배액 집액판을 일반적인 것과 분리하고, 배액을 별도로 용기에 집액함.
배액량, 배액의 pH, EC, 화학물질 분석 등에 사용.

3) 재배 준비

정식전날 자루에 배양액을 관수하여 포수시킴

정식전 배액구를 뚫어 배액을 시키고 정식

정식시 모종의 지체부가 묻히지 않도록 정식. 묻히면 병 발생.
배액구는 정식 후 일주일 후에 뚫어서 배양액을 절약하는 방법도 있음.

배액구: 사용자에 따라 다양한 방법이 있음.

배액구를 자루 중간의 식물 사이마다 뚫는 경우

관수간격이 긴 경우, 바닥에서 3cm 위에 수평으로 길이 5cm 크기로 만듦

자루 바닥이 집액 역할을 하여 배지의 수분변화 폭을 작게 하며, 배양액 부족을 방지함
관수간격이 짧은 경우, 바닥에서부터 5cm 위까지 대각선으로 길이 5cm 크기로 만듦

대각선이어야 하는 이유: 배액구가 막히지 않도록 하기 위해

배액구를 자루 끝 한 곳에만 뚫는 경우

자루의 낮은 쪽 끝을 잘라 배액시킨다.

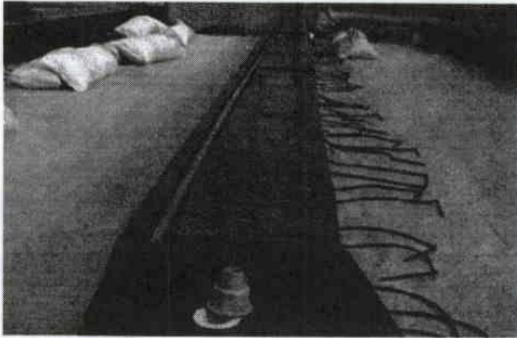
자루를 소독하거나 이동시키기 위해, 자루를 봉합할 경우 유리한 방법

점적관 위치

일반 상토에서 육묘한 경우, 점적관을 지제부에서 15cm 떨어진 지점에 위치시키거나, 처음에는 지제부에 위치시키다가 정식 한 달 후 점적관을 식물 사이(식물에서 먼 곳)로 이동시켜 뿌리 전개를 촉진시킨다.

암면큐브를 사용한 경우, 점적관을 지제부에 위치시킴.

자루재배시스템 설치 전경



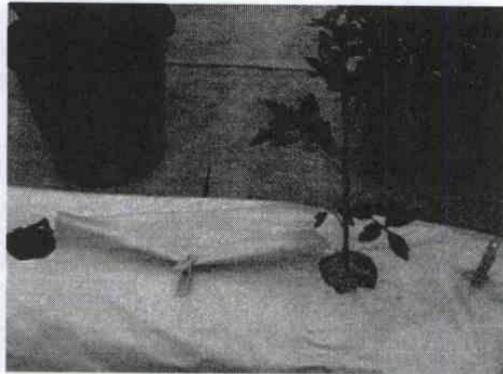
베드설치



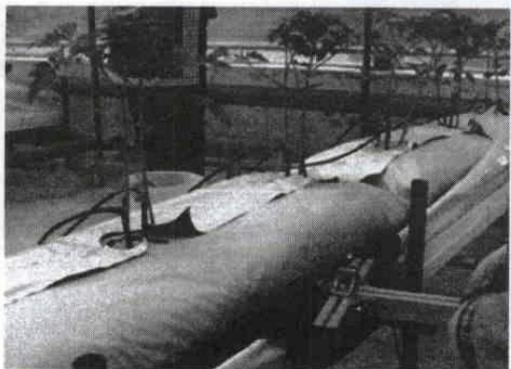
자루배치



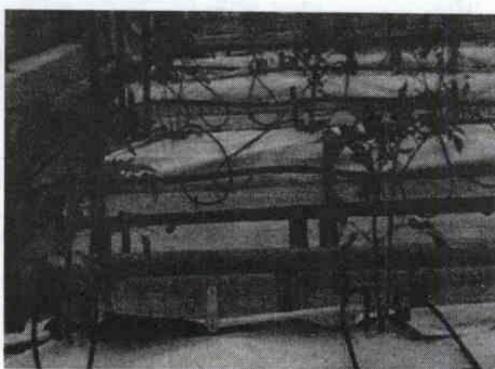
식재구



식재



배액구



정식완료

3. 자루재배 방법

가. 파종 및 육묘

1) 파종

파종전 반드시 침종한다. 궤양병 방제 등을 위하여 온탕침지법으로 종자소독을 하는 과정에서 종자휴면이 일부 발생한 관계로 미온수에 6~12시간 정도 침종한 후 파종하면 발아세가 촉진된다.

암면플러그(대과 40공, 방울토마토 50공) 혹은 일반 무균 상토에 파종한다.

소요량의 13-15% 많게 파종한다.

발아용 배지의 온도는 25-26℃가 좋다. 29℃가 넘지 않도록 한다. 공기온도는 최저 17℃ 이상을 유지한다.

2) 육묘

○ 일반

본엽이 나오기 전까지는 물로만 관수하고, 그 이후에는 1/3 농도의 배양액을 공급한다. 관수할 때에는 배액이 나올 때까지 충분히 관수하여 배지 내 수분분포를 균일하게 하며, 배지 내 비료농도가 높아지지 않도록 한다.

육묘시 공기온도는 최저 17℃ 이상을 유지한다.

육묘시 바람을 공급하면 키가 작고 강한 묘가 된다.

정식 전에는 온도를 낮춰서 경화시킨다(18-19℃). 이렇게 하면 전분을 많이 저장해서 좋다. 관수를 줄여 약간 스트레스를 준다. 단 시들게 하면 안 된다.

묘의 아랫잎의 뒷면이 자주색이면 묘가 약간 경화된 것을 의미하며 이런 묘는 전분을 많이 저장하고 있어 정식하고 나면 세력이 강한 좋은 묘가 된다.

○ 어린 묘를 정식하는 경우

플러그트레이에서 정식할 때까지 육묘하는 것은 묘가 도장하는 등 부실해지기 쉬우므로 어린 묘를 정식한다.

○ 노화 묘를 정식하는 경우

어린 묘를 정식하지 않는 경우에는 암면큐브나 10cm 포트에 이식했다가 정식하는 것이 좋다. 본엽이 전개되면(파종후 약 2주) 암면큐브(10*10*6.5 혹은 7.5*7.5*6.5cm)에 이식한다. 이식할 때에는 기부를 절곡해서 이식하여 줄기의 기부에서 부정근을 발달시킨다.

이식하기 전 24시간 동안 암면큐브를 배양액으로 침지하여 안정화시킨다.

잎들이 서로 겹쳐지지 않도록 간격을 주기적으로 벌려서(1회 정도) 4-5주에는 15cm 간격(16-25주/m²)으로 한다.

관수할 때에는 25% 정도가 배수되도록 한다. 암면큐브 하단에 물이 고이지 않도록 밑에 물

길이 있는 것을 깔아둔다. 암면큐브는 절대로 건조해지지 않도록 한다.

일반적으로 암면큐브 밖으로 뿌리가 나올 때면 정식한다.

현재 국내에는 암면큐브를 사용하여 육묘해 주는 수경재배 전문 육묘장이 없는 관계로 작목 반 별로 육묘하는 경우가 많다.

나. 정식

○ 정식 방법

묘를 충분히 관수한 후 정식한다.

정식은 오후 늦게 실시해서 밤 동안 재배환경에 순화시킨다.

유인선은 정식 전에 설치하여 정식하면서 유인해야 한다. 유인선은 본엽 아래에 고정시켜서는 안 되며, 강한 본엽이 있는 줄기에 고정시킨다. 시계방향으로 유인선을 감아준다.

플러그트레이에서 육묘한 묘 중에서 개화된 노화묘를 정식하는 경우에는 제1화방에 착과시킬 경우 초세가 약해질 위험성이 있으므로 제1화방을 제거하는 방법도 있다.

○ 재식밀도: 제곱미터당 0.3-0.4그루를 표준으로 한다. 줄간 180-200cm, 그루사이 30(夏)-60cm(冬)로 한다. 광도에 따라 차이를 둔다. 재식본수가 많다고 수확량이 많아지는 것이 아니라, 그루당 수확가능한 과실수가 많고, 과실의 성장속도가 빨라야 수확량이 많은 것이다. 재식밀도가 높아 채광이 나쁘면 오히려 나쁘다. 즉, 光合成 不足, 過繁茂, 着色不良, 저당도, 통기성 불량(病 多發), 반점세균병과 같은 물리적 상처에 의한 병 발생, 농작업 효율 저하 등의 단점이 있다.

겨울에 정식하는 작형에서는 약광을 극복하기 위해서 그루당 0.6제곱미터 밀도로 재식하고 2월에 측지를 받아서 광도가 높은 봄부터 밀도를 2배로 늘리는 방법이 있으나 숙련자만 해야 한다. 식물이 강건해야 하며 병 발생이 없어야 한다.

다. 재배 일반

1) 잎과 줄기의 생장

잎은 단단하게 키운다.

아침보다 낮에 엽색이 짙어지는 것은 생식생장이 좋은 바람직한 징조이다.

질소과다시 색이 옅고 부드러우며, 육질이 약하다.

잎은 위로 말리는 것이 정상이며, 밑으로 말리거나 퍼져있으면 비료과다이므로 비료를 줄여야 한다.

엽온이 공기 온도보다 3℃ 정도 낮아야 증산활동 및 광합성이 활발한 것이다.

잎이 황화되는 데에는 여러 가지 이유가 있다. 에틸렌은 잎을 황화시킨다. 산소부족, 광부족 일 때도 황화된다. 산소가 19.5% 이하가 되면 난방기가 완전연소하지 않기 때문에 불완전연소에 의해 황화가 일어난다.

줄기의 단면이 동그란 모양에서 납적한 모양으로 변하면 초세가 너무 강한 것이며, 그 이후 생육이 약해지므로 피한다.

○ 摘葉.

황화된 잎은 광합성을 하지 않으므로 적엽한다.

하엽을 적엽하는 것은 통풍을 좋게 해서 병 발생을 방지하는 등 좋다.

초세가 강한 것은 착색될 때 果房 下部의 잎을 적엽하는 것이 일반적이며, 초세가 약한 것은 밑에 잎을 3매 남겨둔다. 花房이 수확 종료되면, 花房以下를 모두 摘葉한다. 過多 摘葉하면 光合成 不足으로 着色이 불량해지므로 주의한다.

적엽은 일주일에 그루당 2매 보다 많이 하면 스트레스를 받으므로 안 된다.

○ 측지 관리

주지재배의 경우, 일반적으로 화방 직하의 측지는 나오는 즉시 제거한다(2-3cm).

초세가 강하면 측지를 가능한 한 일찍 제거하고, 약하면 늦게 제거한다. 그 이유는 잎(생장점)이 많으면 향후 초세가 강해지기 때문이다.

초세가 너무 약하면 화방 바로 밑의 잎에서 발생하는 측지를 키우고, 어느 정도 자라면 잎을 2장만 남기고 측지를 적심하면 잎이 확보되어 초세가 좋아진다. 극단적인 경우에는 잎을 4장 남기고 적심한다. 화방 바로 밑의 측지를 키우는 것은 측지 중에서 가장 세력이 강하기 때문이다.

생식생장과 영양생장의 조절 면에서 보면 측지를 키우는 것이 영양생장이 강해지므로 초세가 약할 경우에는 측지를 키우는 것이 좋다.

뿌리에 가까운 잎에서 나오는 측지는 뿌리생장에 필요하므로 제3본엽 밑의 측지는 제거하지 않고 그대로 둔다. 측지에서 화방이 나오기 전에 적심하되 측지를 계속 받아서 성장점이 항상 있도록 하는데, 이를 재배종료시까지 반복한다.

○ 초세유지방법

- 초세가 약할 경우 초세 회복 방법

초세가 너무 약하면 적심하고 맨 위 화방 위의 잎에서 측지를 키우면, 다음 화방과의 사이에 잎의 수가 많아져서 세력이 회복된다.

초세가 약할 경우 적절히 적과하여 부담을 줄인다. 크기가 큰 과실보다는 개화 중인 화방이나 크기가 커지려는 과방을 제거하는 것이 효과가 크다. 즉, 엽수가 확보되지 않으면 한 단 건너뛰는 것이 좋다.

- 초세가 강할 경우 초세 조절 방법

이상경이 나올 정도로 초세가 강할 경우 잎이 말려 뒤틀리는 경우도 있는데, 이럴 경우 적엽

하여 초세를 약하게 하거나, 온도를 올려 잎에서 만들어진 광합성 산물을 빨리 소모시켜 생장속도를 빠르게 하는 방법을 사용한다.

잎이 말려 뒤틀리는 경우는(흐린 날 더 심하다) 질소과다 때문이며 너무 영양생장이 강하기 때문이므로, EC를 높여 영양생장을 약화시키고, 질소를 줄인다. 암모니아태 질소를 사용하고 있다면 멈춘다.

초세가 너무 강하면 잎이 활동할 필요를 못 느끼기 때문에 광합성 활성이 떨어지므로 잎이 활동하도록 해야 한다.

초세가 너무 강하면 순땀이 현상이 발생할 수 있다. 이럴 위험이 있는 경우에는 측지제거를 늦게 해서 만일 순땀이가 되면 측지를 키우도록 주의한다. 이 경우 부주의하여 측지를 제거하지 않도록 칼라 테이프로 표시해두는 경우도 있다.

○ 토마토의 생식생장과 영양생장 조절

생식생장인 경우의 상황: 식물의 생장점에 가깝게 짙은 노란색의 꽃이 개화한다. 화방 내에서 개화가 빠르고 고르다. 생장점 부근의 새 잎들은 짧고 질고 단단하다. 화방 줄기는 굵고 강하고 짧고 굽어져 있다. 과실은 모양이 좋다.

영양생장인 경우의 상황: 식물의 생장점에서 멀리 떨어져서 옅은 노란색의 꽃이 피고, 약하게 피고 꽃받침은 서로 붙어있다. 잎은 평편하고 길고 옅은 초록이고 부드럽고 펼쳐져있다. 화방 줄기는 가늘고 길고 위로 향한다. 열매수가 적고 늦게 발달하고 작고 모양이 나쁘다.

영양생장에서 생식생장으로 바꾸는 방법:

공기습도를 낮춘다.

탄산시비를 해서 탄산가스농도를 1000ppm으로 올린다.

흐린 날에는 EC를 올려 영양생장을 막는다.

관수회수를 줄이고, 매회 관수지속시간은 늘린다.

일중 관수개시시각을 늦게 해서 수분스트레스를 조금 준다.

일중 관수마감시각을 앞당긴다.

착과를 더 많이 시킨다.

야온을 낮춘다. 온도강하를 일찍 시작한다.

2) 개화 결실

1단 개화시 5단 화아가 형성된다. 따라서 이 때 정식할 때 환경이 나쁘면 5단에서 기형과가 발생한다.

1단 수확시 7단이 개화되어야 적당한 속도이다. 이보다 늦으면 영양생장이 강한 것이다.

빛과 물을 이용해서 잎에서 광합성 산물이 만들어지고, 과실로 이동한다. 따라서 당도를 높이려면, 엽면적을 확보하고, 채광율을 높이고, 물은 적게 주고, 질소를 적게 주어야 한다.

토마토는 착색은 온도에 의해, 당도는 광에 의한다. 미숙과 수확 후 놔두면 착색은 되나 당도는 일정 이상 올라가지 않으므로 미숙과 수확을 삼간다. 일반적으로 수확 후 시간이 지나면 당도는 낮아진다. 과실 주위에 잎이 없으면 착색은 되지만 품질이 떨어지므로 반드시 잎이 있도록 한다.

花落(stylar scar)이 늦으면 과실이 커지면서 꽃자리도 커져 과실 끝이 지저분해진다. 초세가 강하면 꽃이 늦게 떨어지므로 초세를 조절해야 한다.

자실(子室, 젤리)이 고르게 발달해야 이상과가 안 된다. 자실 내 종자 성숙이 잘돼야 당도가 높다.

과방이 꺾이는 것 방지책: S자 고리로 화방 지지, 유인선으로 화방을 지지

과실이 지면에 닿으면 채광이 나쁘며, 착색이 나쁘고, 병발생의 원인이 되는 등 좋지 않으므로 닿지 않도록 주의한다.

千果(치카)는 품종특성상 5단까지 싱글화방이 나오는데, 그 전에 더블화방이 나오면 비료과다이다.

초세가 강하면, 더블화방이 많고, 이상과도 많으므로 주의한다.

○ 적과

일반 토마토의 경우 화방당 4-5개를 착과시킨다. 적과는 완두콩 만할 때 실시한다.

주지에 가까운 과실이 먼 것보다 생장이 느릴 경우에는 정상적으로 성장하지 않으므로 적과한다.

영양생장 중일 경우에는 착과수를 많게 하고, 생식생장 중일 경우에는 착과수를 적게 해서 초세를 조절한다.

○ 수정

꽃은 꽃잎이 뒤로 젖혀졌을 때가 수정 능력이 있을 때이다. 꽃은 완전히 피고 짙은 노랑색을 띤다. 꽃이 열은 노랑색을 띄거나 꽃받침조각(萼片)이 서로 붙어있으면 개화되지 않으며, 너무 영양생장이 강한 것을 의미한다.

낮은 광도와 높은 습도에서는 수정이 잘 안되고, 따라서 변형과가 생긴다. 습도가 너무 낮아도 수정이 불량하다. 칼륨이 부족해도 수정이 불량하다.

○ 토마토톤

토마토톤을 살포할 때 잎에 닿으면 변형되므로 피해야 한다. 生長點에 묻으면 순댓이 되므로 注意한다. 토마토톤이 잎에 묻지 않더라도 여러 번 처리하면 식물 내부에서 이동해서 잎이 변형되는 장애가 나타나므로 한 화방에 3번 이상 살포하면 안 된다. 이러한 현상은 특히 광합성이나 증산속도가 낮을 때 많이 발생한다.

토마토톤의 농도에 주의해야 한다. 처리 농도는 여름에 묽게, 겨울에 짙게 한다. 온도*30배를

기준으로 한다.

○ 수정벌

수정벌은 토마토톤 장해를 방지하고 수정을 위한 노동력을 줄이기 위해서 이용한다. 벌을 구입하면 반드시 해지기 조금 전에 하우스 문을 모두 막은 후 벌을 처녀비행시킨다. 이 때 벌들은 자신들이 활동할 영역을 결정해 두므로 이 과정을 생략하면 안 된다. 이 후에는 창문을 열어두어도 벌들이 밖으로 잘 나가지 않는다. 단, 내부에 꽃이 없을 경우에는 나간다. 수정벌의 수명은 사용방법에 따라 달라진다. 수정벌을 사용하는 경우에는 농약사용을 삼가야 한다. 특히 살충제를 사용해서는 안 된다.

수정벌은 시설내 온도, 적정 면적과 벌통 수에 주의한다. 600평에 한 통이면 된다.

수정벌을 사용할 경우의 단점으로는 수정벌을 사용하면 수정이 되어 종자가 생기므로 연약해서 수송성이 나빠지기 쉽다. 또한, 벌이 쏜 자국이 발생해서 상품성이 떨어지는 경우가 있는 것이 단점이다. 즉, 수정벌의 움직임이 너무 활발하거나 많으면 비래과다로 꽃이 상할 수 있으므로 흐린 날이나 온도가 낮을 때에는 벌통 위에 벌 먹이로 꽃가루를 설치해서 과다비래를 방지한다. 광도가 높아져서 개화량이 많아지면 제거한다.

3) 뿌리

지상부 생육이 나쁘면 뿌리발달도 나쁘다.

공기습도가 높으면 기근이 발생한다. 기근이 많으면 수분과다에 의해 뿌리가 상해하므로, 추 후에 병이 발생하기 쉽다. 따라서 기근이 적게 관리한다. 단, 양액재배에서는 기근이 지체부에서 발생하는 현상을 피할 수 없으며 어느 정도는 괜찮다.

적정 지온 이상이 되면 용존산소가 줄어 뿌리 활력이 떨어지므로 적정 지온을 지킨다. 지온이 높아서 용존산소가 적을 경우에는 관수하는 배양액에 산소를 많이 함유시켜도 소용이 없다.

지체부가 습하면 병 발생이 많으므로 건조하게 유지한다.

뿌리 주위의 수분 변화가 크면 뿌리에 상처가 생겨 병이 발생하기 쉬우므로 수분변화가 크지 않도록 배양액 관리를 한다.

뿌리가 넓게 뻗게 하려면 관수관을 지체부에서 먼 곳에 깔아 급액하여 뿌리가 양수분을 찾아오도록 하는 방법도 있다.

라. 환경조절

약광 고온 다습 조건에서는 광합성이 적고 호흡이 많기 때문에 식물체내 저장 영양분이 소모되므로 영양생장이 우월하게 되어 생산량이 줄어들게 된다. 특히 4-5화방에서 과실 손실이 생긴다.

1) 대과토마토의 온도환경

생육적온 24-26, 생존최저온도 5, 착색최저온도 12℃

최저온도는 15℃ 이상으로 관리하고, 최고온도는 29℃ 이상이 되지 않게 한다.

적정온도 범위를 벗어나면 화분발아와 화분관 신장이 나빠져서 과실발달이 나쁘다.

시설 내 온도가 아침에 한 시간에 1℃ 증가하는 것이 가장 바람직하다. 어쩔 수 없는 경우에는 2℃ 증가시킨다.

해가 뜨면서 시설 내 기온은 급격히 올라가는 반면, 품온은 서서히 오른다. 따라서 시설 내 기온은 높아서 식물에 좋을 것 같지만, 품온이 아직 낮아서 왕성한 생장이 어렵다. 품온을 시설 내 기온과 동일하게 올리기 위해서는 일출 전부터 적극적인 가온이 필요하다. 일출 1시간 전부터 2시간 동안 2℃ 더 높게 관리함으로써 해결할 수 있다.

아침에 일비액이 있으면 안 된다. 광합성도 안 되고, 병해를 입기 쉽다.

난방기의 설정온도가 중요한 것이 아니라 실제 시설 내 온도가 중요하므로 최고최저온도계를 시설 내에 3군데에 설치해서 측정해야 한다.

○ 주온 관리

생육적온 24-26℃이지만, 30℃에서 온실을 열도록 설정해서 생육적온에 있는 시간이 길어지도록 관리한다.

겨울철 아침 9시경에 외기온도가 5℃ 이상일 경우, 10분정도 시설을 열어서 공기교환을 교환시키는 방법이 있다. 이 방법은 시설 내 습도를 강하시키고, 이슬을 조기에 없애는 역할을 한다. 차가운 공기가 들어오므로 키가 작아지게 된다. 그 이후에는 온도를 높여주어야 한다.

○ 야온 관리

야온은 14℃이상으로 관리하는 것이 좋다. 기본적으로 토마토 생장점 부근의 500원 동전크기의 색깔이 황금색이면 야간 온도가 적절한 것이다. 그보다 크면 야온이 너무 높은 것이고, 그보다 작으면 야온이 너무 낮은 것이다.

밤 온도가 높으면 호흡이 많아지고, 저장양분이 소모되어 영양생장이 활발해진다.

○ 주야간 온도 차이

낮과 밤의 온도차(DIF)가 크면 당도가 높아진다.

일출 전 4시간과 일출 후 4시간의 평균온도차가 2℃인 것이 좋다.

일몰 전 4시간과 일몰 후 4시간의 평균온도차가 3-5℃ 이상이면 생식생장, 이하이면 영양생장 위주로 성장한다. 단, 초세가 약하면 낮추지 않는다.

2) 광 환경

식물은 빛이 부족하면 성장장애를 받으므로 광포화점 이하에서는 최대한 채광율을 높게 관리한다.

토마토의 광포화점은 4만lux이지만, 그루 전체로 봤을 경우에는 잎들 사이에 그늘이 있으므로 6만lux 정도까지는 일사량이 많은 것이 그루 전체의 광합성량이 많다.

여름에 흐린 날이 계속되다가 강한 빛이 들어오면 식물이 낮에 시드는 경우가 있다. 이 때에는 부분 차광을 해주어 빛에 순화시키는 것이 좋다. 지침으로는 첫째 날 10:30-3:00, 둘째 날 11:30-2:00, 셋째 날 12:00-2:00 부분 차광한다.

3) 습도

적정 상대습도: RH 70-80%

같은 공기라도 온도가 높아지면 상대습도는 떨어지므로, 외기온도가 시설 내 온도보다 낮을 경우에는 비가 오더라도 환기를 시키면 시설 내 상대습도는 저하되므로 시설 내가 다습할 경우에는 환기시키는 것이 좋다.

습도가 높으면 꽃가루가 뭉쳐져서 수분이 잘 안 되거나 변형과가 생긴다.

습도가 높으면 증산이 잘 안되므로 양수분의 흡수가 적고 광합성 속도도 낮고, 생식생장이 잘 안 된다. 다습조건에서는 곰팡이병이 다발한다.

습도가 낮으면 꽃가루가 말라서 수분이 잘 안 된다.

4) 공기 유동

공기유동은 시설 내 온도 차이와 탄산가스 차이를 작게 하고, 아랫부분의 습도를 낮추고, 증산을 촉진해서 품온을 낮추고, 수정을 돕는 역할을 한다.

유동팬을 사용한다. 유속 1m/sec인 것이 좋다. 10m 간격으로 일반 유동팬을 24시간 사용하면, 고온장애를 극복할 수 있다(정확하게는 장소와 풍량에 맞는 계산이 필요). 식물 위에 위치시켜 식물에 상처가 나지 않도록 주의한다. 方向은 하우스 안에서 순환하도록 서로 역방향으로 설치한다. 흰가루병 예방에도 효과적이다. 겨울에도 습도 강하 및 병 예방에 효과적이다.

5) 탄산가스시비

탄산가스시비를 하는 경우에는 탄산가스농도 측정기를 반드시 사용해야, 고농도 장애를 방지할 수 있으며, 시비효과를 볼 수 있다.

탄산가스시비를 위해 액화탄산을 사용하는 경우, 주정공장에서 나온 것은 에틸렌(ethylene)을 포함할 수 있기 때문에 피하는 것이 좋다. 공기 중에 에틸렌이 0.05ppm 이상이면 해롭다.

마. 정지법

○ 일반

과실과 잎이 배지에 닿지 않고 아래쪽의 통풍도 좋게 하기 위해서 바닥에서 30cm 정도 높이에 지지선을 설치한다. 보통 지지선은 8번이나 9번 철사를 양 끝을 머리핀 모양으로 올린 모양으로 만들어 줄기가 그 밖으로 나가지 않도록 한다.

제1화방 이외의 수확과방은 허리 위치에 항상 두도록 誘引한다.

고광도가 아닐 때에는 직립유인해서 과방에 채광이 좋게 하고, 고광도일 때에는 유인선을 고풍쪽으로 이동시켜서 과방 위의 잎이 차광하도록 관리하는 방법도 있다.

사키가케 정지법은 예전의 정지법으로 너무 번거로워서 현재는 사용하지 않는다.

○ 적심

작기종료 60일 전에 적심한다.

적심 후에는 맨 위에 있는 한 개의 측지만 남기고 모든 측지를 제거해서 영양생장과 생식생장의 균형을 취한다. 측지에서 나오는 화방은 제거한다. 모든 성장점을 제거할 경우 성장균형이 깨지므로 측지에서 나오는 성장점을 한 개 이상은 놔둔다.

○ 외 대 가꾸기 덩굴내리기

외줄심기하며, V자 유인한다.

유인높이: 180cm 이상이 좋은데, 그래야 과실이 지면에 닿지 않는다.

줄기는 올릴수록 초세가 약해지므로 초세와 덩굴내리기 시기는 서로 잘 살펴 행한다.

○ 두 대 가꾸기

두 대가꾸기는 측지별로 세력이 다르기 쉬워 재배관리가 어려우므로 외대가꾸기가 좋다. 두 대가꾸기의 경우, 제1화방 아래에서 나오는 측지를 사용하며, 측지 바로 위에서 주지를 적심한다. 가급적 아래에서 나오는 측지를 사용한다. 주지와 측지를 함께 사용하지는 않는다.

○ 측지 유인법

측지를 유인하여 사용하는 경우, 화방 바로 밑의 측지는 세력이 너무 강해서 사용하지 않는다.

측지재배하는 경우, 측지에 열매가 많으면 줄기가 부러지는 염려가 있는데, 이런 경우에는 측지에서 제2화방이 개화할 때 주지에 가까운 부분의 측지부분을 반바퀴 정도 비틀어서 수평정도가 되게 한다. 그러면, 무게 때문에 점차 아래로 기울어 늘어진다. 이 작업은 맑은 날 낮 건조할 때 실시하는 것이 좋다. 비틀어주면 무게가 많이 나가도 부러지지 않으며, 비튼 부분에서 에틸렌이 나와 개화 결실이 좋다.

○ 연속2단 3단 적심법

토마토에서 발생하는 측지는 필요하기 때문에 나오는 것이며 성장점이 많을수록 좋으며, 지

상부의 길이가 길면 뿌리로부터 물질의 이동이 좋지 않다는 관점에서 개발된 정지법이다. 맨 아래의 잎은 뿌리발달에 중요하므로 하부에 항상 광합성이 활발한 잎을 남겨두는 특징이 있다. 이 정지법에서는 정식후 제3화방 착과기 전까지 측지를 전혀 제거하지 않는다. 제3화방 착과기가 되면 맨 아래 측지 두 개만 남기고 제2화방 아래의 측지를 모두 제거한다. 제3화방부터 화방 바로 밑에서 나오는 측지를 사용하는데, 지면과의 거리와 초세를 고려하여 2-4단을 남기고 화방 위 2엽을 남기고 적심한다. 초세를 봐서 각 화방 사이에서 나오는 나머지 측지를 사용해도 된다. 주지는 지지선 위로 30-40cm 정도 자라거든, 지지선 부근에서 반바퀴 정도 비틀어서 반대 방향으로 수평으로 되도록 한다. 그러면 무게 때문에 자연히 밑으로 기울어지게 된다. 주지가 계속 자라면 생장점이 자꾸 위로 향하게 되는데, 때때로 생장점 부근을 같은 방법으로 비틀어 아래로 향하게 하며, 지면에 가까워지면 화방위로 잎 두 장을 남기고 적심한다. 사용하는 모든 측지는 측지의 제2화방이 개화할 때 주지와 가까운 부분을 반바퀴 정도 비틀어서 수평으로 유인한다. 방향은 비어있는 곳으로 하기 때문에 인접한 측지와 반대 방향으로 된다. 이 정지법에서는 한 그루의 무게가 10kg 정도로 매우 무거우므로 지지선은 굵은 파이프를 사용한다. 주지가 이 파이프에 걸쳐있기 때문에 유인선은 일반적인 것을 사용해도 된다. 그루사이 30cm, 줄간 150cm를 표준으로 한다.

바. 수확 및 유통

한국은 대과, 일본은 소과를 선호한다.

일본: 표준크기 180g, 24개/4kg,

개화후 75일 경이면 수확한다.

제6화방이 개화할 때 제1단에서 수확이 개시된다.

토마토는 격일로 수확한다.

과실은 건조할 때 수확해야 하므로 아침에는 수확하지 않지만, 선별 등의 과정에서 건조시킬 수 있으면 아침에 수확해도 된다.

토마토는 에틸렌에 약하므로 에틸렌을 발생시키는 것과는 함께 유통시키면 안 된다.

저장 유통: 상대습도 85-95%, 온도 13-16℃

사. 토마토 양액재배 양액관리

1) 배양액조성 관리

○ 기본 원리

토마토는 제3화방 착과기까지는 음이온인 질산태 질소나 인산의 흡수가 많아서 배지 내 배양액 pH가 높아지기 쉬우므로, 이 시기에는 암모니아태 질소를 상대적으로 많이 사용한다. 암모니아태 질소의 비율은 배액의 pH를 조사하여 정한다. 제3화방 착과기 이후부터는 pH가 떨어지므로 암모니아태 질소를 줄여야 한다. 단, 이러한 변화는 배액의 pH를 조사하여 결정한다.

칼륨과 칼슘이 많으면 저장성이 좋아진다.

○ 암모니아태 질소를 늘리는 방법

1. 중국산 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 과 노르웨이 산 $5\{\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}\}\text{NH}_4\text{NO}_3$ 을 1:0.9로 사용하는 농가는 1:1.1 정도로 조절한다.
2. 농도조절이 어려운 경우에는 질산암모늄(NH_4NO_3) 혹은 제1인산암모늄($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)을 첨가한다.

2) 배양액 농도관리

배양액의 농도관리에는 여러 가지 방법이 있다.

배양액 농도는 기본적으로 식물상태를 보아가면서 조절한다. 토마토는 아침에 생장점 부위의 작은 잎들이 기부 측에 노란색을 띄어야 하며, 아래 잎들은 펼쳐져 있어야 한다.

생장점의 세력으로 비료농도를 판단한다. 생장점 부근의 미전개엽의 직립 각도가 45도 정도이며, 엷은 색인 것이 기준이며, 이보다 누웠거나 짙은 색이면 비료과다이므로 농도를 낮춘다.

4단계부터 이상과가 나오기 쉬운데, 비료과다로 초세가 강할 경우 발생하므로 이상경이나 이상과가 염려되는 경우에는 정식초기의 배양액농도를 낮춘다.

EC를 급격히 변화시키면 장애가 발생하므로 한 번에 0.2 이내에서 조절한다.

방법-1

정식시 EC 0.8, 2주후 1.0 - 1.2, 3화방개화시 1.4 - 1.6, 1화방 수확시 1.8정도로 유지

방법-2

정식시 0.6-0.8 → (2주마다 0.2씩 증가) → 수확 개시 2.4 →종료까지 유지하는 것이 일반적이나 혹은 후기에 3.5까지 올림(소과 고당도)

방법-3

정식시 EC : 1.2, 3화방개화시 1.4-1.6, 수확 개시후 2.4-4.5 사이로 관리한다. 조절방법은 초세와 당도의 상태에 의한다. 초세가 강하고 당도가 낮으면 EC를 서서히 올리고, 그 반대로 초세가 약하고 당도가 높으면 EC를 서서히 낮추는 것을 반복하여 파도 물결 같은 농도변화로 관리한다.

3) 양액공급 횟수 및 급액량

1회당 배액량(15-25%)에 따라 관수시간을 결정한다. 생육상황이나 기상조건에 따라 급액량이 달라진다.

자루재배 : 시간제어의 경우 여름철에는 일출~오후 4시(06:00, 11:00, 13:00, 14:00, 16:00)까지 5회 관수. 겨울철에는 일출~오후 2시(07:00, 10:00, 11:30, 13:00, 14:00)까지 5회 관수.

여름에는 EC를 낮게 하고 관수지속시간을 줄이고 관수회수를 늘린다. 겨울에는 반대로 한다. 여름에는 배액비율을 늘리는데, 특히 10시-3시 사이의 배액량을 늘린다. 겨울에는 배액비율을 낮춰서 배지 내 EC를 높게 해서 생식생장을 유지한다.

4) 배양액 공급 시스템 관리

농축배양액 통에서 감소하는 배양액을 조사하여 같은 비율로 공급되는지 조사해야 한다.

칼슘과 인산을 별도 관리해서 침전을 방지한다. 침전이 생기면 영양불균형 뿐만 아니라 방근망을 막아 통기성이 저하된다.

5) 베드 관리

방근망은 완벽하게 뿌리가 나오는 것을 방지해야 한다. 뿌리가 통과하면 배액관을 막아 장애가 발생한다. 재배 중 방근망을 들어 올리면 물이 흘러나와야 한다.

수평을 유지해서 배액이 배액관을 잘 흘러나오도록 노력한다.

6) 조류 방지

배양액이 있는 곳은 어디나 빛이 들어가지 못하게 한다.

조류를 없애려면 과산화수소(hydrogen peroxide)를 30-50ppm 첨가시킨다.

7) 농가에서 재배일지에 적어야 하는 사항

재배상황을 기록해야 문제가 생겼을 경우 해결방법을 찾을 수 있으며, 다음 작기에 참고가 되므로 반드시 기록해야 한다.

기록 사항:

종자관련(품종, 구입처, 구입가, 구입량 등)

묘를 구입하는 경우 구입처, 구입가, 구입량, 묘 상태

원수의 pH, EC, 영양소 농도

일일 조사: pH, EC, 급액량, 배액량, 배액율, 최고최저온도, 광도(맑은 정도)

8) 식물 및 배양액 분석

매일 조사하는 사항 이외에 주기적으로 식물체 및 배양액 분석을 실시하는 것이 좋다. 이러한 분석을 전문기관에 의뢰하여 처방까지 받도록 한다.

식물체를 채취할 경우에는 항상 같은 곳에서 채취한다. 예를 들어 가장 위의 성숙한 잎을 채취하거나, 생장점에서 5번째 잎을 채취한다.

식물체를 분석할 경우에는 배양액도 동시에 분석해야 한다.

식물체를 분석처로 보낼 때에는 비닐봉지에 그대로 넣어 보내면 잎이 발효될 수 있으므로 피한다. 갈색 종이 봉지에 넣어 보낸다.

9) 배양액 조제방법 (야마자키 토마토 전용 배양액의 예)

○ 양액조성

| 다 량 원 소 (me/L) | | | | | | 미 량 원 소 (ppm) | | | | | |
|----------------|---|---|----|----|-----------------|---------------|-----|------|------|-----|------|
| N | P | K | Ca | Mg | SO ₄ | Fe | Mn | Cu | Zn | B | Mo |
| 7 | 2 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 0.5 | 0.02 | 0.05 | 0.5 | 0.01 |

○ 사용 비료의 종류 및 사용량

| 구 분 | 재배양액 (g/톤) | A 액 (g/톤) | | B 액 (g/톤) | |
|---|------------|-----------|--------|-----------|--------|
| | | 50배 | 100배 | 50배 | 100배 |
| 1. KNO ₃ | 404.4 | 10,110 | 20,220 | 10,110 | 20,220 |
| 2. Ca(NO ₃) ₂ •4H ₂ O | 354 | 17,700 | 35,400 | - | - |
| 3. Fe-EDTA | 24 | 1,200 | 2,400 | - | - |
| 4. MgSO ₄ •7H ₂ O | 246.5 | - | - | 12,325 | 24,650 |
| 5. NH ₄ H ₂ PO ₄ | 76.7 | - | - | 3,835 | 7,670 |
| 6. H ₃ BO ₃ | 3 | - | - | 150 | 300 |
| 7. MnSO ₄ •4H ₂ O | 2 | - | - | 100 | 200 |
| 8. ZnSO ₄ •7H ₂ O | 0.22 | - | - | 11.0 | 22.0 |
| 9. CuSO ₄ •5H ₂ O | 0.05 | - | - | 2.50 | 5.00 |
| 10. NaMoO ₄ •2H ₂ O | 0.02 | - | - | 1.00 | 2.00 |

○ 농축 배양액 조제 방법

농축 배양액을 만들어 사용하는 경우, 사용되는 비료는 두 가지 이상의 농축 배양액통에 나누어 녹인다. 사용하는 농축 배양액통의 개수는 관리시스템이 정교할수록 많아지는데, 일반적으로는 두 개를 사용한다.

- 농축 배양액통별 포함되는 비료 종류

A액 (칼슘과 Fe를 포함한 혼합액)

KNO_3 , $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, Fe-EDTA

B액 (황산과 인산이 포함된 혼합액)

KNO_3 , $MgSO_4$, $NH_4H_2PO_4$, H_3BO_4 , $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$

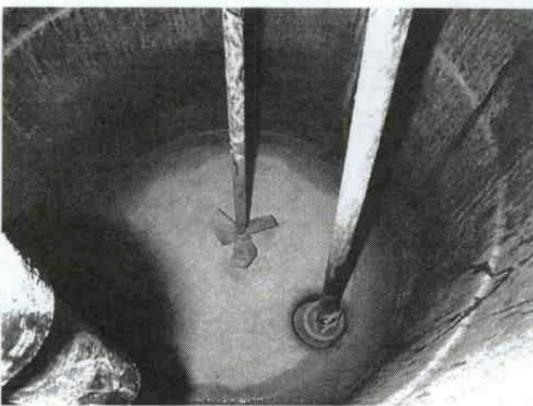
$(NH_2)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, $CuSO_4$, NaCl

C액 (pH 조절용)

산 탱크는 인산(H_3PO_4) 1,250ml/톤으로 희석사용

- 비료를 녹이는 방법

농축 배양액통에 용이하게 녹이기 위해서 작은 양일 경우에는 교반기를 사용하거나, 수중펌프로 배양액을 순환시키면서 녹인다. 1000L보다 양이 많을 경우에는 배양액통에 여러 갈래의 공기가 옆으로 나오는 구멍을 가진 관(PE)을 넣고 강한 공기펌프를 이용하여 녹인다.



KNO_3 는 많은 양을 녹이기 어려우며, 어디에 녹여도 침전이 안 일어나기 때문에, 두 농축 배양액통에 나누어 녹인다.

H_3BO_4 (붕산)은 용해가 어려우므로, 물을 미리 가열시켜 놓은 후, 시약을 넣고 완전 용해시킨다.

4. 작기 종료 후 작업 과정

○ 작물 제거 방법

수확 종료 후 반드시 1주일간 비료를 함유하지 않는 용수만을 충분히 공급하여 식물이 배지에 남아있는 영양분을 흡수하도록 하여, 다음 작기에 배지를 사용할 때 양분과잉에 의해 장애를 받지 않도록 한다. 배지를 더 이상 사용하지 않을 경우에도 마찬가지이다.

잔류 양분을 흡수시킨 후 작물을 걷어내기 수 일 전에 유인선에 매단 채로 뿌리만 빼서 매달아 놓으면 건조되어 제거가 용이해진다.

○ 배지의 폐기

배지를 더 이상 사용하지 않을 경우에는 배지 판매 업체에 연락하여 회수시킨다. 혹은 일반 토양에 혼합하여 통기성을 증대시키는 데 사용한다. 단, 이 경우 병충해 감염에 주의한다.

○ 위생 및 소독

작물(plant debris)은 가능한 한 빨리 시설에서 멀리 떨어진 곳에 폐기해야 하며, 소각시키거나, 1m 이상의 깊은 구멍에 묻어서 해충 알이 부화(eggs hatching)하거나 곰팡이 포자(fungal spores)가 퍼지는 것을 방지하는 것이 좋다.

작기 종료시 병해충이 있으면 다음 작기까지 시설 내에서 존재하다가 다시 발생하므로 작기를 종료시키기 전에 농약잔류기간이 짧은 농약을 살포해서 완전히 박멸한다. 작물이 살아있을 때 농약을 살포하는 것이, 작물이 죽은 후에 하는 것보다 좋다. 그 이유는 작물이 죽으면 병원균이 불활성화 되기 때문이다.

사용한 농자재들 중 가능한 것은 10% 표백제에 수 시간 침지해서 소독한 후 재사용한다. 시설은 모든 부분을 소독한다.

온실 소독법(greenhouse disinfection)

1. 작물을 제거하기 전에 마지막 수확한 후 관수를 중단하여 배지가 마르도록 한다.

온실 내 병해충의 발생이 많을 경우 농약으로 방제한다.

2. 작물과 배지를 온실 밖으로 들어내어 폐기한다.

3. 온실 내 깔려있는 비닐(polyvinyl resin)과 작물의 찌꺼기(waste)를 깨끗이 청소한다.

4. 온실 내 작물과 비닐을 제거한 후 약품으로 온실을 소독

지금까지는 고독성 농약인 포르말린으로 소독하여 인체에 유해하므로 사용상 각별한 주의가 요망되었다. 그러나 최근에 식품 및 음료산업용 살균소독제를 이용하여 소독하는 방법이 보급되어 농가에 편리함을 주고 있다.

소독약 종류

○ 과산화수소+개미산(formic acid, 포름산) 혼합용액

- 과산화수소(대개 3% 정도의 수용액을 만들어 표백제, 소독제, 산화제 따위로 사용. 화학식은 H₂O₂. ≡ 이산화수소)
- 과산화수소는 일반 소독약으로, 살포 1시간 후 물과 산소로 분리되므로 물로 씻어낼 필요 없음

○ 과산화수소 계통(lineage)의 약품 : P3-옥소니아액티브

P-3옥소니아액티브는 사용 후 공기와 접촉하면 쉽게 주성분이 분해되어 잔류성분이 남지 않아 안전한 소독제로 활용되고 있다. 농가에서 이미 사용 중이며 국내 구입가능, 온실의 금속이나 전기 전자기기 등에 비교적 안전.

성 분 : 과초산계 유기산, 소독제, 물, 과산화수소수(28.7%), 기타

상품명 : 페로산

용 도 : 식품 및 음료산업용 살균·소독제

사용량 : 0.2~1.0%로 물에 희석하여 온실전면에 살포

특 징 : 저온에서도 모든 종류의 미생물에 대해 효과적

○ 사용요령

- 작물이 없을 때 : 물 1톤에 10ℓ 를 희석하여 하우스내에 골고루 살포
- 작물이 있을 때 : 물 1톤에 3ℓ 를 희석하여 살포
- 살포시 마스크 반드시 착용
- 살포후 하우스를 밀폐하고 3~4시간이 지나면 개방하여 작업 시작

○ 취급시 주의사항

- 서늘한 장소에 보관할 것
- 피부와 접촉시 다량의 물로 충분히 씻을 것
- 적절한 보호복 및 안면 보호구를 착용할 것
- 사고시 혹은 불쾌감을 느끼면 즉시 의사의 검진을 받을 것
- 가연성 물질과 접촉하면 발화 가능성 있음
- 심한 화상을 일으킴

취급처 : 유리환경 박세진 010-6886-8888

농협 606-12-157468 한은희

가 격 : 액체 20KG - 60,000원(부가세포함 72,000원)

관수라인 물량 5톤/10a - 관수라인 씻어내기 위해 두 배의 물 필요 10톤(100리터 소요)

바이오 스펫

원료명 : 이염화이소시아눌산나트륨 100%

제품유형 : 식품첨가물

상품명 : 바이오스펫

중 량 : 1KG 분말

취급처 : 네오케미칼 02-578-1964

제조원 : 시코쿠 케미칼 코프레이션(일본)

가 격 : 35,000원(부가세별도)

관수라인 소독 법(irrigation line sterilization method)

○ 이끼(moss) 류 제거

1. 물 100L에 차아염소산 400g 희석 관수(물량은 양액시스템 용량 두 배).
예) 차아염소산(次亞鹽素酸) 4%(락스) 10L를 물 100L에 희석 - pH 9-9.5
2. 차아염소산(하이포아염소산, HClO) 관수 후 24시간 동안 대기(압력단추로 인해 관수라인에 소독액이 머무르며 농도가 약하므로 지표나 시설물에 큰 영향을 주지 않음) - 10a당 1톤 관수
3. 원수를 공급하여 세척(pH가 원수 수준으로 안정될 때까지, 보통 10분 소요)
4. 점적핀을 통해서 나오는 물의 pH로 확인

○ 관수라인 내에 비료 찌꺼기(dregs) 제거

1. 물 100L에 68% 질산 1.7L를 희석해서 관수라인에 공급. (EC 9, pH 1.5)
2. 24시간 동안 대기 (압력단추로 인해 관수라인에 소독액이 머무르며 농도가 약하므로 지표나 시설물에 큰 영향을 주지 않음)
3. 원수를 공급하여 세척(pH가 원수 수준으로 안정될 때까지, 보통 10분 소요)
4. 점적핀을 통해서 나오는 물의 pH로 확인

※ 주의

- 차아염소산과 질산을 같이 섞으면 폭발 위험
- 혼합 탱크가 없는 곳은 원수 탱크에 차아염소산염이나 질산을 투여
- 바이러스는 질산이나 제3인산나트륨으로 소독. 점적핀은 질산이나 제3인산나트륨을 섞은 용액에 24시간 동안 침지.

질산(HNO₃) (60%) - 물100L 질산 8리터

제3인산나트륨(Na₃(PO₄)₂) - 물 100L 제3인산나트륨 10 kg

제13절 펄라이트 자루재배 현지 실증시험

1. 서언

시험연구기관의 pilot system에서의 연구결과를 바로 현장에 적용하기에는 현장의 생산환

경이 다르기 때문에 무리가 따른다. 이에 따라, 개발된 자루재배를 현지 실증 시험할 필요가 있는데, 펠라이트 재배 경험이 있는 평택 소재 농가를 대상으로 실증시험을 수행하였다. 펠라이트 자루재배에 관한 연구결과는 여러 매스컴에 보도되었는데, 이를 보도한 매스컴을 보고 전국적으로 여러 농가가 문의를 해왔으며, 그 중 서산에 있는 성연농협 산하 5개 농가들이 경기도농업기술원에서의 연구 상황과 평택시 농가의 재배 상황을 보고, 자루재배를 도입하기로 결정하여 보급하였다. 이곳의 농가들은 수경재배 경험이 없었으며, 토양시설재배에서의 연작장애 때문에 자루재배를 시도하게 되었다. 또한, 경기도농업기술원에서 실시된 연구결과 평가회에서 평택시 농업기술센터가 흥미를 보였으며, 뒤이어 자체적으로 자루재배 실증시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

현장 실증시험은 크게 3개소에서 이루어졌다. 첫 번째 실증시험은 평택시 진위면에 소재하는 농가(김창규, 평택시 진위면 야막리 144, 011-9017-7438)에서 수행되었다. 농가의 주작물은 방울토마토이며, 시설형태는 벤로형 유리온실, 시설면적은 0.5ha이었다. 공시작물은 방울토마토와 완숙토마토였는데, 품종은 방울토마토는 꼬꼬(다끼이종묘)와 완숙토마토는 마이로꾸(사카타코리아) 이었다. 춘천의 호반육묘장에서 6월 29일(꼬꼬), 6월 20일(마이로꾸) 파종하여 육묘한 묘를 7월 30일 정식하였다. 자루재배 양식은 연구한 결과와 동일하게 적용하였다. 토마토는 5단 재배하였다. 이 농가의 경우에는 동일한 벤로형 유리온실에 펠라이트 베드방식이 함께 적용되어 있었는데, 배양액 관리 시스템이 분리될 수 없어, 자루재배 특유의 배양액관리는 이루어지지 못했으며, 농가가 관행적인 시간제어방식으로 배양액관리를 하였다. 월2회 주기적으로 농가를 방문하여 자루재배 요령을 지도하였다.

두 번째 실증시험은 서산시 성연면에 소재하는 농가 다섯 군데에서 수행되었다. 실증 시험 농가의 상황은 다음과 같다.

표 1. 서산시 성연면 농가 현황

| 농 가 | 주 소 | 전화번호 | 하우스면적 (2,160평) |
|-------------|---------------------|---------------|-------------------|
| 김옥출 (회장) | 서산시 성연면 오사리 3구 276 | 016-412-8159 | 586평 |
| 배헌재 | 서산시 성연면 오사리 3구 82-1 | 019-9764-8339 | 455평 |
| 성순경 (총무) | 서산시 성연면 오사리 3구 293 | 011-427-8226 | 467평 |
| 성기원 | 서산시 성연면 오사리 2구 20 | 010-9422-7644 | 345평 |
| 한익수 | 서산시 성연면 오사리 2구 508 | 010-3166-7665 | 305평 |

이곳 농가들은 수경재배를 처음으로 시도하는 것이었기 때문에 배양액 관리 시스템을 모두 동일하게 도입하였다. 공시작물은 대과용 토마토였으며, 품종은 농가에 따라 달랐다. 묘는 육묘장에서 육묘한 것을 구입하였다. 자루재배 양식은 연구한 결과와 같았다. 7단 재배하였다. 시설은 연동 플라스틱하우스(농가보급형 1-2W형)였으며, 시간제어에 의해 배양액관리를 행하였다. 배양액 농도는 정식시 EC 0.8에서 시작하여 제3화방 착과기까지 서서히 올려 2.2-2.4로 관리했다. 월2회 주기적으로 농가를 방문하여 자루재배 요령을 지도하였다.

표 2. 서산시 성연면 농가 재배 개요

| 농 가 | 파종일 | 정식일 | 품 종 |
|---------|---------|--------|-----------|
| 김옥출(회장) | 12월 25일 | 2월 16일 | 슈퍼도태랑 |
| 배헌재 | 12월 25일 | 2월 15일 | 슈퍼도태랑 |
| 성순경(총무) | 1월 15일 | 2월 28일 | 로꾸산마루, 호용 |
| 성기원 | 12월 25일 | 2월 20일 | 슈퍼도태랑 |
| 한익수 | 12월 25일 | 2월 19일 | 슈퍼도태랑 |

세 번째 실증시험은 평택시 농업기술센터에서 수행되었다. 4연동 플라스틱하우스에서 완숙

토마토로는 2품종 호용과 토태랑을 공시하였으며 방울토마토로는 3품종 와와, 조이풀, 꼬꼬를 공시하였다. 묘는 육묘장에서 육묘한 것을 구입하여 사용하였으며 2006년 2월 17일 정식하였다. 토마토의 자루재배 방법은 연구한 결과와 동일하였다. 5단 외대 가꾸기 재배하였다. 3회 센터를 방문하여 자루재배 요령을 지도하였다.

3. 결과 및 고찰

첫 번째 실증시험 대상인 평택시 진위면에 소재하는 농가에서 자루 시스템을 설치하고 있는 모습이다. 이 농가는 펠라이트 베드재배를 행하고 있던 농가인데, 농가의 강력한 요청에 의해 기존에 사용하던 펠라이트 베드 위에 자루를 놓고 재배하게 되었다. 이 농가는 작기 종료 후 시설 및 배지를 소독하지 않는 농가이기 때문에 병충해가 염려되었으나, 농가의 주장을 받아들여 별도로 소독은 하지 않았다.



그림 1, 2. 김창규농가 기존베드방식 포장전경 및 펠라이트 자루 배치 작업



그림 3, 4. 정식전 포수 작업, 자루재배 정식 작업

토마토의 중간 생육을 조사한 결과, 양호한 생육을 보였다.

표 3. 평택시 진위면 소재 농가의 중간 생육 현황

| 농 가 | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | Nodes (nodes/plant) |
|------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|
| 꼬꼬 | 271 | 34.8 | 33.2 | 10.5 | 22 |
| 마이로꾸 | 216 | 36.8 | 34.3 | 11.1 | 24 |

* DMRT at 5% level

아래 사진은 초기 생육 광경이다. 시설 내 위생관리 상황은 매우 양호하였으며, 양호한 생육을 보여주고 있다.



그림 5. 정식 25일 후 시험포장 전경

아래 사진은 서산시 성연농협의 농가들이 견학을 하러 온 광경인데, 이들 농가들은 이곳을 견학한 후 자루재배 도입을 긍정적으로 생각하게 되었다. 이 이후 경기도농업기술원을 방문하고, 연구진과 협의를 거친 후 자루재배를 도입하기에 이르렀다.

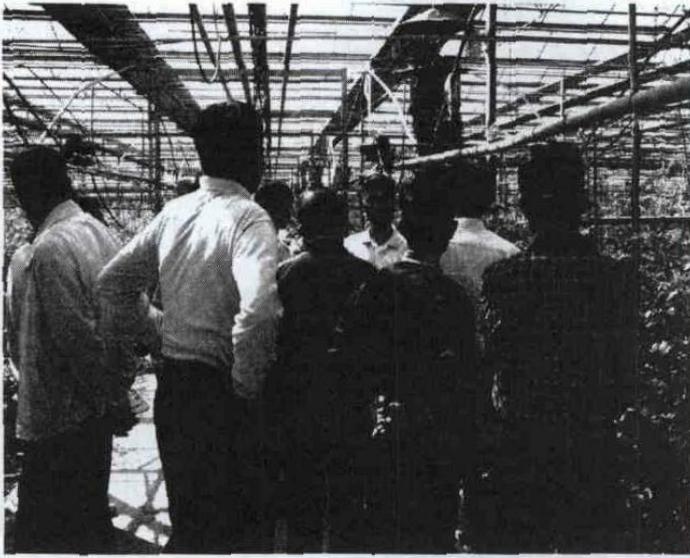


그림 6. 자루재배 현지시험포장 견학

아래 사진들은 생육최성기의 광경이다. 시설 내 위생관리 상황은 매우 양호하였다.



그림 7, 8. 방울토마토 꼬꼬 시험포장 전경, 완숙토마토 마이로꾸 시험포장 전경

농가의 최종 생산량 합계는 다음과 같았으며, 처음으로 자루재배를 도입한 농가로서는 매우 양호한 결과를 얻었다. 단, 자루재배 특유의 특성을 살리는 데는 미흡했는데, 이는 기존에 농가가 갖고 있던 재배에 관한 사고방식이 너무 완고하여, 배양액관리를 잘 하지 못했기 때문이었다. 또한, 원래 두 그루를 함께 식재하되 그루사이를 40cm 띄워야함에도 불구하고, 재식밀도에 대한 욕심 때문에 자루사이를 10cm 띄우지 않은 것도 이유의 하나이다.

표 4. 평택시 진위면 소재 농가의 자루재배에서의 토마토 생산량

| | 꼬 꼬 | 마이로꾸 | 비 꼬 |
|--------------------------|-------|-------|-----|
| Total yield (g/plant) | 2,226 | 2,415 | |

두 번째 실증시험 대상인 서산시 성연면에 소재하는 농가들에서 자루 시스템을 설치하고 있는 모습이다. 이 농가들은 수경재배를 처음 도입하는 농가들이었기 때문에 수경재배를 위한 모든 시스템을 설치하였다.

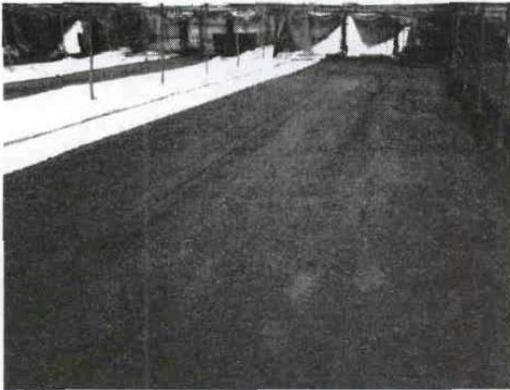


그림 9, 10. 자루재배를 위한 포장 평탄작업, 바닥 피복 및 자루배치 준비



그림 11, 12. 양액혼합기 설치작업, 작목반 양액혼합기 조작 교육

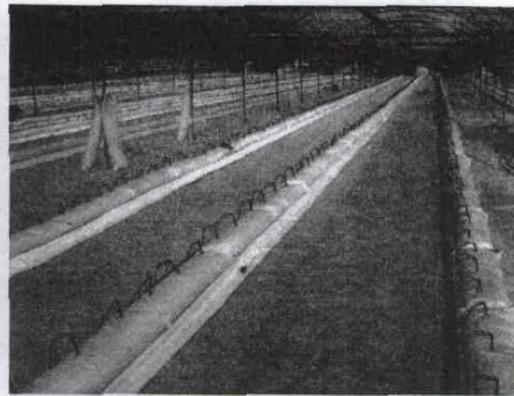


그림 13, 14. 작목반 자루재배 교육 전경, 점적핀 설치 및 정식전 포수

서산시 성연면에 소재하는 농가 다섯 군데의 원수를 분석한 결과, 여러 면에서 차이가 크게 나타났다. 이러한 원수 차이를 감안하여 배양액 조성을 지도하였다. 중탄산 농도가 높은 농가는 원수를 산처리 하였으며, 생육초기에 암모니아태 질소의 함량을 증가시켜 배양액의 pH를 안정시키는 방법을 사용하였다. 기타 영양소의 경우에는 농도를 가감하였다.

표 5. 농가별 원수 분석 현황

| 농가 | pH | EC | NH ₄ -N (ppm) | NO ₃ -N (ppm) | S (ppm) | P (ppm) | 다량원소(ppm) | | | | 미량원소(ppm) | | | | | 중탄산 | |
|-----|------|------|-----------------------------|-----------------------------|------------|------------|-----------|------|------|------|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-----|
| | | | | | | | K | Ca | Mg | Na | Fe | Mn | Zn | B | Mo | | Cu |
| 김옥출 | 7.12 | 0.31 | 0.463 | 0 | 1.390 | 0.0015 | 2.58 | 28.4 | 11.5 | 8.3 | 0.25 | 0.06 | 0.0014 | 0 | 0.009 | 0.003 | 119 |
| 배현재 | 5.85 | 0.23 | 0.366 | 6.57 | 3.679 | 0.0091 | 5.76 | 18.9 | 4.31 | 10.4 | 0.012 | 0 | 0.012 | 0.000 | 0 | 0.001 | 28. |
| 성순경 | 6.03 | 0.20 | 0.425 | 5.08 | 3.712 | 0.0353 | 4.13 | 17.0 | 3.84 | 6.81 | 0.008 | 0 | 0.030 | 0.000 | 0 | 0.002 | 33. |
| 성기원 | 5.4 | 0.95 | 0.393 | 19.4 | 5.776 | 0.0006 | 4.65 | 87.5 | 16.0 | 31.0 | 0 | 1.30 | 0.024 | 0 | 0 | 0.002 | 57. |
| 한익수 | 5.38 | 0.28 | 0.232 | 2.47 | 8.983 | 0.0606 | 5.84 | 2.89 | 5.99 | 8.52 | 0.006 | 0.007 | 0.006 | 0.005 | 0 | 0.001 | 62. |



그림 15, 16. 생육 초기 배양액 관리 및 기술지도 전경, 배양액 퇴수 pH, EC 조사

아래 사진들은 초기 생육기간 중 농가지도를 행하고 있는 광경이다. 시설 내 위생관리 상황은 매우 양호하였으나, 농가에 따라 토마토튼 살포에 따른 장애가 발생하는 경우가 있었다.

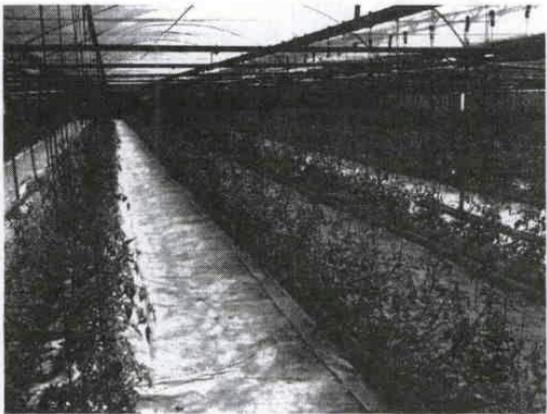


그림 17, 18. 정식한달 후 자루재배 시험포장 전경, 성기원 농가 초기생육 및 기술지도



그림 19, 20. 김옥출 농가 초기생육 및 기술지도, 배헌재 농가 초기생육 및 기술지도

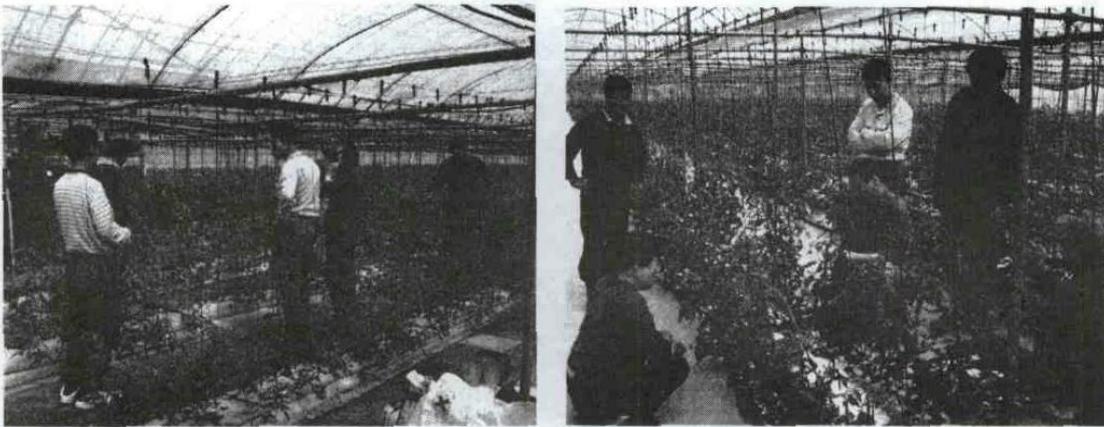


그림 21, 22. 성순경 농가 초기생육 및 기술지도, 한익수 농가 초기생육 및 기술지도

농가별로 중간 생육을 조사한 결과, 농가에 따라 생육 차이를 보였다. 이는 생산자의 재배 능력에 기인하는 것으로, 측지제거, 주지 유인 등에서 차이가 있었기 때문이었다. 재배 지도를 합동으로 혹은 개별적으로 동일하게 했음에도 불구하고, 농가의 특성상 잘 이행하지 않는 경향이 나타났다. 재배일지도 잘 기록하지 않아 지도하는데 애로사항도 있었다.

Table 6. 중간 생육 조사 (3월 19일)

| Farmer | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | No. Leaves (number) |
|--------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|
| 김옥출 | 85.3 | 29.2 | 24.5 | 1.1 | 15 |
| 배헌재 | 73.7 | 25.7 | 20.7 | 0.9 | 11 |
| 성순경 | 45.5 | 25.6 | 22.8 | 0.9 | 10 |
| 성기원 | 53.3 | 22.3 | 17.3 | 0.7 | 10 |
| 한익수 | 64.7 | 21.5 | 19.0 | 0.9 | 13 |

아래 사진들은 생육최성기때의 광경이다. 시설 내 위생관리 상황은 여전히 양호하였으며, 처음 수경재배를 도입한 농가들로서는 작황이 좋은 편이었다.



그림 23, 24. 김옥출 농가 포장전경, 배헌재 농가 포장전경



그림 25, 26. 성순경 농가 포장전경, 한익수 농가 포장전경



그림 27, 28. 성기원 농가 포장전경, 수확기 기술지도 모습

농가별 생산량을 조사한 결과, 농가에 따라 생산량에 차이를 보였다. 이는 토마토톤을 처리하는 과정에서 호르몬장애를 입는 경우, 배양액 공급량의 과부족 등이 나타나는 경우가 있었

기 때문이지만, 전체적으로 양호한 결과였다. 이들 농가들의 판로가 서산시이기 때문에 시장의 특성상 대과를 요구하므로, 다음 작기에는 대과의 성질을 가진 품종으로 품종전환을 하고, 배양액 관리도 적극적으로 높여나가기로 지도하였다. 농가들을 지도하는 과정에서 주위 농가들의 질문을 많이 받았다. 향후 현재의 농가들을 잘 지도함으로써 보다 선진화된 농법을 보급시키도록 노력할 것이다.

Table 7. 서산시 성연면 농가별 생산량

| | 김옥출 | 배헌재 | 성순경 | 성기원 | 한익수 | 비 고 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Total yield (g/plant) | 2,325 | 2,478 | 2,412 | 2,346 | 2,453 | |

세 번째 실증시험 대상인 평택시 농업기술센터에서의 자루 시스템 설치 광경이다.



그림 29, 30. 평택시농업기술센터 자루재배 시험포장 시설설치 및 재배법 기술지도 광경

생육초기의 생육 상황은 매우 양호하였다. 단, 시설 주위에 바람이 너무 강한 외부 환경 때문에 창문개폐가 용이하지 않아 고온기 생육이 염려되었다. 방풍망을 설치할 것을 건의했으나 용이하지 않았다.

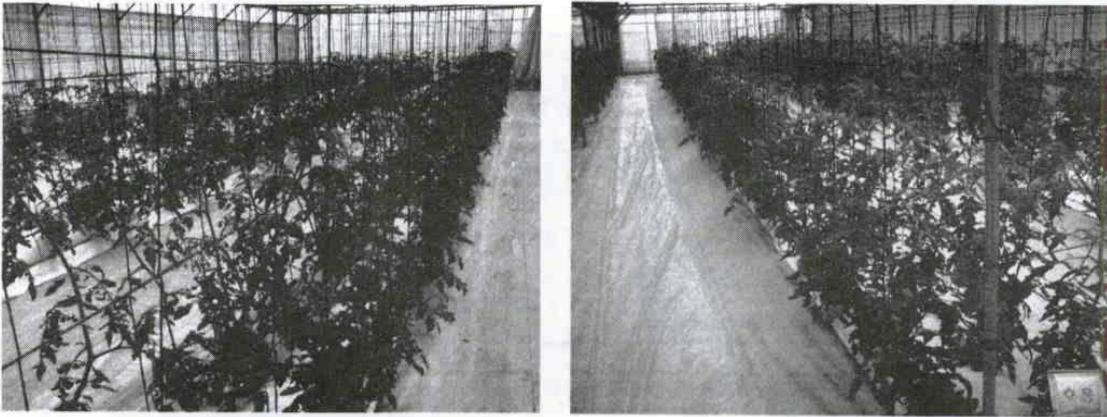


그림 31, 32. 평택시농업기술센터의 생육 초기 방울토마토와 완숙토마토 자루재배 전경

평택시농업기술센터에서의 중간 생육 현황은 다음과 같이 양호하게 나타났다.

Table 8. 평택시농업기술센터에서의 중간 생육 현황

| 품종 | Plant height (cm) | Leaf length (cm) | Leaf width (cm) | Stem diameter (mm) | No. Leaves (number) |
|-----|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|
| 호 용 | 166 | 36.6 | 31.3 | 9.8 | 17 |
| 도태랑 | 169 | 38.2 | 33.2 | 9.3 | 18 |
| 와 와 | 227 | 34.2 | 31.7 | 10.3 | 22 |
| 조이폴 | 235 | 34.3 | 32.3 | 9.7 | 24 |
| 꼬 꼬 | 225 | 33.5 | 34.3 | 10.1 | 21 |

수확기에 기능성 물질인 게르마늄과 셀레늄을 잘못 처리하는 실수로 생육은 좋지 않은 상황을 나타냈다.

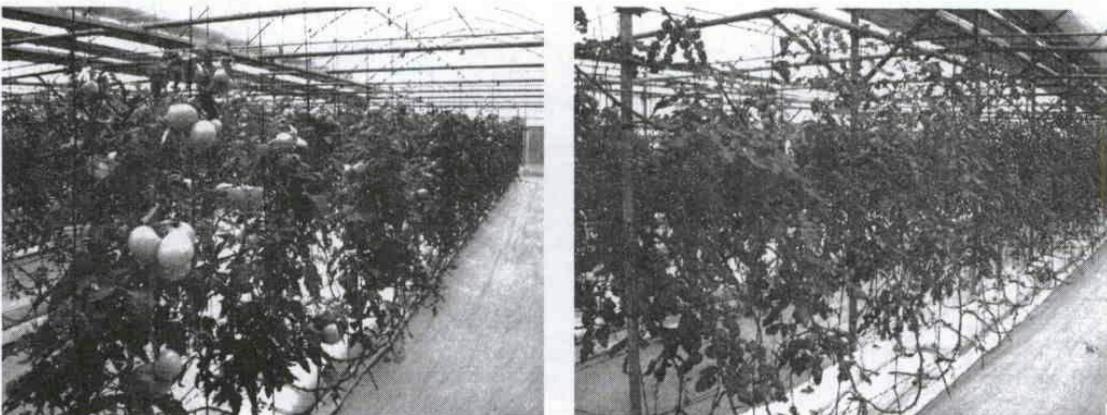


그림 33, 34. 수확기의 평택시농업기술센터 수확기 방울토마토와 완숙토마토 자루재배 전경

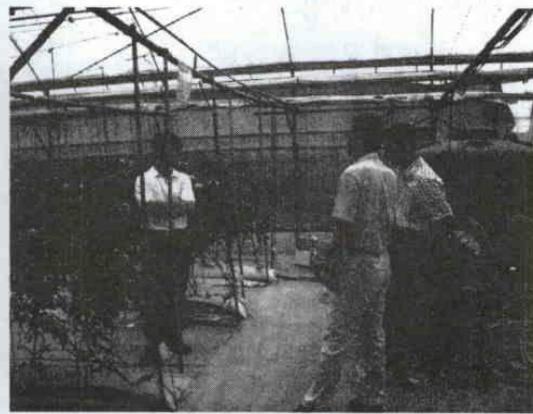


그림 35, 36. 평택시농업기술센터 자루재배 시험포장 및 기술지도 광경

Table 9. 평택시농업기술센터에서의 자루재배에 의한 토마토 생산량

| | 호 용 | 도태랑 | 와 와 | 조이폴 | 꼬 꼬 | 비 고 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Total yield (g/plant) | 2,565 | 2,678 | 2,014 | 2,156 | 2,175 | |

평택시 농업기술센터에서의 성공적인 자루재배 시험과 경기도농업기술원에서의 재배 상황을 보고, 평택시 다른 농가에서도 도입하기를 요청해왔는데, 초기 도입의 위험성을 고려하여 평택시농업기술센터의 시범사업으로 추진할 것을 결정하였다.

□ 2006 평택시농업기술센터 시범사업추진 현황

- 농 가 명 : 황복경
- 사업장소 : 평택시 오성면 양교리 480
- 사업면적 : 600평(농가보급형 1-2W 연동하우스)
- 사업내용
 - 기존 비닐하우스를 이용한 펄라이트 자루재배시설 설치 (재배 베드, 펄라이트자루, 점적관수 등)
 - 펄라이트 자루재배시 배액전극법에 의한 양액관리 기술 등
- 농가 일반현황

- 토마토 재배면적 : 600평
- 기타 과채류 재배면적 : 1,500평
- 주요작물 : 토마토, 방울토마토, 가지, 단호박 등
- 연락처 : 016-769-4407(031 681-4407)
- 사업예산 : 3천만원
- 시설설치 : 7월 하순
- 정식기 : 8월 상순
- 수확기 : 9월 하순 ~

이와 같이 자루재배의 농가 적용은 예상외의 짧은 기간에 시험사업이 벌어지는 경기도뿐만 아니라 충청남도에게까지 보급되는 등 성과가 있었다. 처음 시도되는 만큼 생산량에서는 큰 차이를 나타내지 못했지만, 자루재배 특유의 편리성에는 모두 만족하였다. 경기도농업기술원에서는 자루재배의 효과를 높게 평가하여 2007년도 시험사업을 예산에 반영할 예정이다.

□ 2007 경기도농업기술원 자루재배 시범사업 예산 반영 추진

1) 목적

- 시설재배지 토양오염 및 연작장해에 의한 재배환경 악화에 따른 지속가능한 새로운 재배 시스템도입으로 농가소득 안정화와 노동환경 개선에 의한 삶의 질 향상
- 저비용 펠라이트자루 수경재배 시설로 토마토 연중 안정생산 기술 조기보급

2) 사업내용

- 사업량 : 10개소, 2ha(개소당 0.2ha)
- 사업비 : 3억(1개소 3,000만원)
 - 자루재배시설(스티로폼베드, 펠라이트자루 등) : 600평 × 16,000원 = **9,600천원**
 스티로폼베드 2,500원/개(90cm) * 1,200개 = 3,000천원
 펠라이트 자루 5,500원/개(120*34cm, 40L) * 1,000개 = 5,500천원
 베드 수평용 파이프 10,000원/개(Ø25.4×1.2mm×10m) * 110개 = 1,100천원
 - 양액급액기 및 점적관수시설(양액기, 연결호스, 점적버튼, 매니홀더, 에어우드립퍼, 점적 튜브, 원수탱크, 액비탱크, 원수혼합탱크, 여과기, 원수펌프, 배관연결부속 및 잡자재, HDPE파이프, 전자밸브, 배수펌프, 전자밸브, 볼밸브 등) : 1식 × 16,000,000원 = **16,000천원**
 - 기타(흑백PE필름, 바닥피복 PP원단, 유인줄, 등) : 1식 × 4,400,000원 = **4,400천원**

○ 시범요인

- 농업기술원 특허출원 저비용 펠라이트 자루식 수경재배 신기술

- 펠라이트 자루이용 새로운 토마토 금액 제어방법
- 규격화된 재배시스템으로 수경재배 초심자도 손쉽게 자루재배 기술 구현 가능

3) 기대효과

- 저비용 수경재배 시스템도입으로 시설비 절감 및 : 베드재배 대비 시설비 및 노력비 41%절감(6,009천원→3,565천원/10a)
- 재배환경 개선과 생력형 재배시스템으로 고품질 토마토 연중 안정생산 체계 구축
- 기존 베드식 수경재배 시설설치와 제거시 악성노동력 유발되었으나 펠라이트 자루식 수경재배는 설치와 제거가 용이하여 생력적 설치 가능

(펠라이트 자루재배에 관한 매스컴의 보도 내용)

KBS NEWS

토마토 펠라이트 자루 재배기술 개발

토마토 수경재배에서 간편하게 자루를 이용해 시설비와 노동력 41% 절감할 수 있는 재배기술이 개발돼 신선채소 생산성 향상이 기대되고 있습니다.

경기도농업기술원이 개발한 토마토 펠라이트 자루재배기술은 자루재배용 펠라이트의 적정자루규격과 타이머 관수시 관수법 등에 대해 시험을 한 결과 시설비와 노동력이 10a당 244만 4천원으로 종전보다 41%를 절감할 수 있는 것으로 나타났습니다.

그동안 청정 신선채소 생산을 위한 수경재배 시스템이 초기 시설비가 많이 투자되고 재배기술이 어려워 농가들이 꺼려하고 있는 실정이었습니다.

[사회] 백인순 기자

입력시간 : 2005.05.27 (06:49) / 수정시간 : 2005.05.27 (07:41)

경기신문

THE KYEONG GI SHIN MOON

토마토 펠라이트 자루재배기술 개발

시설비, 노동력 41% 절감과 설치간편으로 신선채소 생산성 향상 기대

경기도 농업기술원(원장 전세창)은 토마토 수경재배에서 간편하게 자루를 이용해 시설비와 노동력을 41% 절감 할 수 있는 재배기술을 개발했다고 29일 밝혔다

그동안 청정 신선채소 생산을 위한 수경재배 시스템은 초기 시설비가 많이 투자되고 재배기술이 어려워 농가들이 꺼려했으며 특히 펠라이트 배지를 이용한 수경재배는 베드층진 방식을 사용하고 있으나 설치가 복잡하고 비용이 많이 소요돼 배양액 관리가 어려워 농가보급이 확

대되지 않고 있는 실정이었다.

농업기술원은 지난해부터 이 같은 문제점을 개선할 수 있는 토마토 펠라이트 자루재배기술을 연구, 자루재배용 펠라이트의 입도와 적정자루규격, 타이머 관수시 관수법 등을 정립해 시험을 추진한 결과 시설비와 노동력이 10a당 244만4천원(41%)이 절감되고 재배관리면에서도 편리한 것으로 조사됐다.

특히 토마토를 대상으로 과실 생산성, 경제성 및 재식거리를 고려해 시험한 결과 토마토 자루재배시 펠라이트 적정입도는 1.2~5mm, 자루크기는 40L(120×34cm)을 설치하고 배양액 급수를 6시~16시까지 2시간 간격 6회 타이머로 관수하는 것이 적합한 것으로 나타났다.

심상연 농업연구사는 “자루재배기술이 수경재배 농가에 보급될 경우 생산비와 노동력 절감은 물론 재배관리가 손쉬워져 신선채소 생산성을 향상시키는데 크게 기여 할 수 있을 것”이라고 말했다.

최모란기자 moran3022@kgnews.co.kr

2005-05-29

시민일보

■ 종합 II

HOME > 종합 > 종합 II

토마토 수경재배 쉬워진다

경기도농업기술원, 펠라이트 자루 활용... 시설비 등 41% 절감효과

기사입력(2005-05-26 19:40)

수경재배된 청정 농작물의 수요가 늘고 있는 가운데 수경재배 시설비와 노동력을 획기적으로 절감할 수 있는 기술이 개발돼 농가의 수경재배 도입이 한결 쉬워질 전망이다.

경기도농업기술원(원장 전세창·이하 농기원)은 토마토 수경재배에 자루를 이용함으로써 수경재배에 소요되는 시설비와 노동력의 41%를 절감할 수 있는 재배기술을 개발했다고 26일 밝혔다.

농기원에 따르면 그동안 청정 신선채소 생산을 위한 수경재배 시스템은 초기 시설비가 많고 고도의 재배기술을 요해 많은 농가가 수경재배를 원하면서도 도입을 꺼리고 있었다.

또 기존의 펠라이트 배지를 이용한 수경재배는 베드충진 방식을 택하고 있어 비용이 많이 들 뿐만 아니라 설치가 복잡하고 배양액 관리가 어려와 보급 확대에

어려움을 겪고 있는 실정이었다는 것이 농기원의 설명이다.

이 같은 문제점을 개선하기 위해 농기원은 지난해부터 토마토 펄라이트 자루재배 기술을 연구해 올해 실용화에 성공했으며 자루재배용 펄라이트의 입도, 자루의 적정규격, 타이머 관수시 관수법 등을 정립해 시험해 본 결과 10a당 244만4000원(41%) 상당의 시설비와 노동력이 절감되고 재배관리도 간편한 것으로 나타났다.

이번 연구를 주도한 심상연 농업연구사는 “자루재배기술이 수경재배 농가에 보급될 경우 생산비와 노동력 절감은 물론 재배관리가 손 쉬워져 신선채소 생산성을 향상시키는 데 크게 기여할 수 있을 것”이라고 말했다.

/최원만 기자 cwm@siminilbo.co.kr

한국농어민신문

영농신기술
토마토 펄라이트 재배기술 개발

* 2005-5-30

베드수경재배보다 시설비 10a당 41% 절감

시설비와 노동력 절감효과가 입증된 펄라이트 토마토 재배기술이 개발됐다. 경기도농업기술원은 펄라이트 배지를 이용한 베드 수경재배의 단점을 극복한 토마토 펄라이트 자루재배 기술을 개발했다고 밝혔다.

도 농업기술원에 따르면 토마토 펄라이트 자루재배 기술을 활용하면 기존 베드충진 수경재배 방식보다 시설비가 10a당 244만원이 줄어 41%나 절감된다는 것이다.

이번에 개발된 토마토 자루재배 기술의 핵심은 자루재배용 펄라이트 입도와 적정한 자루규격, 타이머 관수법 등으로 도 농업기술원의 연구결과 펄라이트 적정입도는 1.2~5mm, 자루크기는 40리터(120×34cm)로 설치하고 배양액은 오전 6시부터 오후 4시까지 2시간 간격으로 6회 공급하면 된다.

경기도농업기술원 심상연 연구사는 “자루재배기술이 수경재배 농가에 보급될 경우 생산비와 노동력 절감은 물론 재배관리가 손쉬워져 신선채소 생산성을 향상시키는데 크게 기여할 수 있을 것”이라고 말했다.

제1764호/ 농기자재/ 이병성 기자

토마토 재배 신기술 개발

{[PlugIn]:/AD/bannerBlog.swfhttp://news.itimes.co.kr/AD/bannerBlog.swf} 수경재배 기술을 보완한 새로운 토마토 재배기술이 개발됐다.

경기도농업기술원은 26일 종전의 토마토 수경재배 기술을 보완, 시설비와 노동력을 41% 절감할 수 있는 새로운 재배기술을 개발했다고 밝혔다.

지금까지 청정 신선채소 생산을 위한 수경재배 시스템은 초기 시설비가 많이 투자돼 재배농가들이 꺼려하고 있는 실정이었다.

도 농업기술원은 이같은 문제점을 개선하기 위해 토마토 필라이트 자루재배기술을 연구, 이번에 실용화에 성공했다.

이 재배기술은 시설비와 노동력이 10a당 244만4천 원(41%)을 절감하는 효과는 물론 재배관리면에서도 편리한 것으로 조사됐다.

도 농업기술원 심상연 농업연구사는 “자루재배기술이 수경재배 농가에 보급될 경우 생산비와 노동력 절감을 절감하는 동시에 재배관리가 손쉬워 신선채소 생산성을 향상시키는데 크게 기여할 수 있을 것”이라며 “앞으로도 생산성을 높이고 각종 부담을 줄여 농가소득을 증대시킬 수 있는 기술개발에 적극적으로 노력하겠다”고 말했다. /구대서기자 (블로그)kds

종이신문정보 : 20050527일자 1판 6면 게재 

인터넷출고시간 : 2005-0

BreakNews 한국인문의 시대교체

토마토 수경재배 쉬워진다

최원만 기자 

수경재배된 청정 농작물의 수요가 늘고 있는 가운데 수경재배 시설비와 노동력을 획기적으로 절감할 수 있는 기술이 개발돼 농가의 수경재배 도입이 한결 쉬워질 전망이다.

경기도농업기술원(원장 전세창·이하 농기원)은 토마토 수경재배에 자루를 이용함으로써 수경재배에 소요되는 시설비와 노동력의 41%를 절감할 수 있는 재배기술을 개발했다고 26일 밝혔다.

농기원에 따르면 그동안 청정 신선채소 생산을 위한 수경재배 시스템은 초기 시설비가 많고 고도의 재배기술을 요해 많은 농가가 수경재배를 원하면서도 도입을 꺼리고 있었다.

또 기존의 필라이트 배지를 이용한 수경재배는 베드층진 방식을 택하고 있어 비용이 많이 들 뿐만 아니라 설치가 복잡하고 배양액 관리가 어려와 보급 확대에 어려움을 겪고

있는 실정이었다는 것이 농기원의 설명이다.

이 같은 문제점을 개선하기 위해 농기원은 지난해부터 토마토 펄라이트 자루재배기술을 연구해 올해 실용화에 성공했으며 자루재배용 펄라이트의 입도, 자루의 적정규격, 타이머 관수시 관수법 등을 정립해 시험해 본 결과 10a당 244만4000원(41%) 상당의 시설비와 노동력이 절감되고 재배관리도 간편한 것으로 나타났다.

이번 연구를 주도한 심상연 농업연구사는 “자루재배기술이 수경재배 농가에 보급될 경우 생산비와 노동력 절감은 물론 재배관리가 손 쉬워져 신선채소 생산성을 향상시키는데 크게 기여할 수 있을 것”이라고 말했다./최원만 기자 cwm@siminilbo.co.kr

2005/05/26 [09:38] ©브레이크뉴스

AFFiS

토마토 펄라이트 재배기술 개발

[2005-05-30]

스크랩하기

시설비와 노동력 절감효과가 입증된 펄라이트 토마토 재배기술이 개발됐다. 경기도 농업기술원은 펄라이트 배지를 이용한 베드 수경재배의 단점을 극복한 토마토 펄라이트 자루재배 기술을 개발했다고 밝혔다.

도 농업기술원에 따르면 토마토 펄라이트 자루재배 기술을 활용하면 기존 베드층진 수경재배 방식보다 시설비가 10a당 244만원이 줄어 41%나 절감된다는 것이다. 이번에 개발된 토마토 자루재배 기술의 핵심은 자루재배용 펄라이트 입도와 적절한 자루규격 타이머 관수법 등으로 도 농업기술원의 연구결과 펄라이트 적정입도는 1.2~5mm 자루크기는 40리터(120×34cm)로 설치하고 배양액은 오전 6시부터 오후 4시까지 2시간 간격으로 6회 공급하면 된다.

경기도농업기술원 심상연 연구사는 “자루재배기술이 수경재배 농가에 보급될 경우 생산비와 노동력 절감은 물론 재배관리가 손쉬워져 신선채소 생산성을 향상시키는데 크게 기여할 수 있을 것”이라고 말했다.

출처 : 한국농어민신문

환경일보

토마토 펄라이트 자루재배기술 개발

시설비, 노동력 절감으로 신선채소 생산성 향상 기대

이지수 기자 dlwltn69@hanmail.net

토마토 수경재배에서 간편하게 자루를 이용하여 시설비와 노동력을 41%절감 할 수 있는 재

배기술이 개발됐다.

그동안 청정 신선채소 생산을 위한 수경재배 시스템은 초기 시설비가 많이 투자되고 재배기술이 어려워 농가들이 꺼려하고 있는 실정이었다.

또한 지금까지 국내에서 펠라이트 배지를 이용한 수경재배는 베드충진 방식을 사용하고 있으나 설치가 복잡하고 비용이 많이 들 뿐 아니라, 배양액 관리가 어려워 농가보급이 확대되지 않고 있는 실정이었다.

이에 경기도농업기술원은 지난해부터 이와같은 문제점을 개선할 수 있는 토마토 펠라이트 자루재배기술을 연구하여 금년도에 실용화하는데 성공했다.

농업기술원이 자루재배용 펠라이트의 입도와 적정자루규격, 타이머 관수시 관수법 등을 정립하여 시험을 추진한 결과 시설비와 노동력이 10a당 2,444천원(41%)를 절감하고 재배관리면에서도 편리한 것으로 조사됐다.

이번 기술을 개발한 연구진은 토마토를 대상으로 과실 생산성, 경제성 및 재식거리를 고려하여 자루 충전용으로 적합한 펠라이트 입도와 자루의 적정 부피 및 규격을 설정하고 타이머 제어법의 적정방법 구명과 펠라이트 자루 수경재배기술을 체계화하여 농업인이 쉽게 이용할 수 있도록 했다.

이번 연구를 주도한 심상연 농업연구사는 "자루재배기술이 수경재배 농가에 보급될 경우 생산비와 노동력 절감은 물론 재배관리가 손쉬워져 신선채소 생산성을 향상시키는데 크게 기여할 수 있을 것"이라고 말했다. <이지수 기자>

기사입력 :2005-05-27 오전 8:22:58

NEWSWiRE
Korea Press Release Network

경기도농업기술원, 토마토 펠라이트 자루재배기술 개발

출처 : 경기도청

(수원=뉴스와이어) 2005년05월26일-- 경기도농업기술원(원장 전세창)은 토마토 수경재배에서 간편하게 자루를 이용하여 시설비와 노동력을 41%절감 할 수 있는 재배기술을 개발했다고 밝혔다.

그동안 청정 신선채소 생산을 위한 수경재배 시스템은 초기 시설비가 많이 투자되고 재배기술이 어려워 농가들이 꺼려하고 있는 실정이었다.

또한 지금까지 국내에서 펠라이트 배지를 이용한 수경재배는 베드충진 방식을 사용하고 있으나 설치가 복잡하고 비용이 많이 소요되고 배양액 관리가 어려워 농가보급이 확대되지 않고 있는 실정이었다.

농업기술원은 지난해부터 이와같은 문제점을 개선할 수 있는 토마토 펠라이트 자루재배기술을 연구하여 금년도에 실용화하는데 성공했는데 자루재배용 펠라이트의 입도와 적정자루규격, 타이머 관수시 관수법 등을 정립하여 시험을 추진한 결과 시설비와 노동력이 10a당 2,444천원(41%)를 절감하고 재배관리면에서도 편리한 것으로 조사되었다.

이번 기술을 개발한 연구진에서는 토마토를 대상으로 과실 생산성, 경제성 및 재식거리를 고려하여 자루 충전용으로 적합한 펠라이트 입도와 자루의 적정 부피 및 규격을 설정하고 타이머 제어법의 적정방법 구명과 펠라이트 자루 수경재배기술을 체계화하여 농업인이 쉽게 이용할 수 있도록 하였다.

시험결과 토마토 자루재배시 펠라이트 적정입도는 1.2~ 5mm, 자루크기는 40L(120×34cm)을 설치하고 배양액 급수를 6시~16시까지 2시간 간격 6회 타이머로 관수하는 것이 적합한 것으로 조사됐다.

이번 연구를 주도한 심상연 농업연구사는 「자루재배기술이 수경재배 농가에 보급될 경우 생산비와 노동력 절감은 물론 재배관리가 손쉬워져 신선채소 생산성을 향상시키는데 크게 기여 할 수 있을것」 이라고 말했다.

보도자료 통신사 뉴스와이어(www.newswire.co.kr) 배포

이 보도자료는 언론매체가 보도를 목적으로 자유롭게 사용할 수 있습니다.



<http://www.koreawebtimes.com>
<http://www.koreanwebtimes.com>

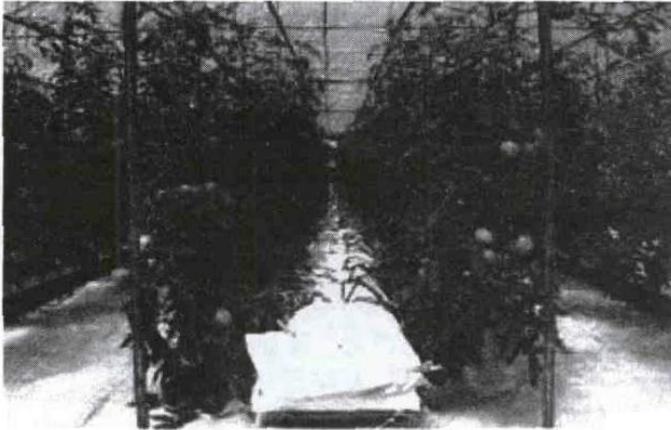
∴ 경기도농업기술원, 토마토 펠라이트 자루재배기술 개발

경기도농업기술원(원장 전세창)은 토마토 수경재배에서 간편하게 자루를 이용하여 시설비와 노동력을 41%절감 할 수 있는 재배기술을 개발했다고 밝혔다.

그동안 청정 신선채소 생산을 위한 수경재배 시스템은 초기 시설비가 많이 투자되고 재배기술이 어려워 농가들이 꺼려하고 있는 실정이었다.

또한 지금까지 국내에서 펠라이트 배지를 이용한 수경재배는 베드충진 방식을 사용하고 있으나 설치가 복잡하고 비용이 많이 소요되고 배양액 관리가 어려워 농가보급이 확대되지 않고 있는 실정이었다.

농업기술원은 지난해부터 이와같은 문제점을 개선할 수 있는 토마토 펠라이트 자루재배기술을 연구하여 금년도에 실용화하는데 성공했는데 자루재배용 펠라이트의 입도와 적정자루규



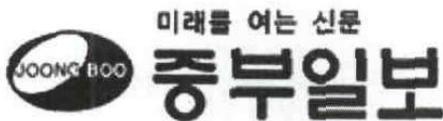
격, 타이머 관수시 관수법 등을 정립하여 시험을 추진한 결과 시설비와 노동력이 10a당 2,444천원(41%)를 절감하고 재배관리면에서도 편리한 것으로 조사되었다.

이번 기술을 개발한 연구진에서는 토마토를 대상으로 과실 생산성, 경제성 및 재식거리를 고려하여 자루 충전용으로 적합한 펄라이트 입도와 자루의 적정 부피 및 규격을 설정하고 타이머 제어법의 적정방법 구명과 펄라이트 자루 수경재배기

술을 체계화하여 농업인이 쉽게 이용할 수 있도록 하였다.

시험결과 토마토 자루재배시 펄라이트 적정입도는 1.2~5mm, 자루크기는 40L(120×34cm)을 설치하고 배양액 급수를 6시~16시까지 2시간 간격 6회 타이머로 관수하는 것이 적합한 것으로 조사됐다.

이번 연구를 주도한 심상연 농업연구사는 「자루재배기술이 수경재배 농가에 보급될 경우 생산비와 노동력 절감은 물론 재배관리가 손쉬워져 신선채소 생산성을 향상시키는데 크게 기여할 수 있을 것」이라고 말했다.



道 농기원, 토마토 펄라이트 자루재배기술 개발

경기도농업기술원은 26일 토마토 수경재배에서 간편하게 자루를 이용해 시설비와 노동력을 41

경기도농업기술원은 26일 토마토 수경재배에서 간편하게 자루를 이용해 시설비와 노동력을 41% 절감할 수 있는 재배기술을 개발했다고 밝혔다. 청정 신선채소 생산을 위한 수경재배 시스템은 초기 시설비가 많이 들고 재배기술이 어려워 농가들이 꺼리고 있다. 또한 지금까지 국내에서 펄라이트 배지를 이용한 수경재배는 베드충진 방식을 사용해 왔으나 설치가 복잡하고 비용이 많이 들어 농가보급이 여의치 않았다. 이에 따라 도농업기술원은 지난해부터 이같은 문제점을 개선할 수 있는 토마토 펄라이트 자루재배 기술을 연구, 최근 실용화에 성공했다. 도농업기술원 심상연 농업연구사는 “자루재배기술이 수경재배 농가에 보급될 경우 생산비와 노동력 절감은 물론 재배관리가 쉬워져 신선채소 생산성을 향상시키는데 크게 기여할 것으로 기대된다”고 말했다. 김광범기자

/kgb@joongboo.com

기재일 : 2005.05.27

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

* 연도별 연구목표 및 평가착안점에 입각한 연구개발목표의 달성도 및 관련분야의 기술발전의 기여도 등을 기술

제1절 목표달성도

| 구 분 | 평가의 착안점 및 척도 | |
|------------|---|---------|
| | 착안 사항 | 척도 (점수) |
| 1차년도(2003) | ○ 펄라이트 자루재배 시스템 규격의 이론 정립 및 설계 양부 ○ 펄라이트 자루재배 시스템의 규격 구현 양부 | 100 |
| 2차년도(2004) | ○ 펄라이트 자루재배 시스템 관리법 이론 정립 및 설계 양부 ○ 펄라이트 자루재배 시스템 관리법 구현 양부 | 100 |
| 3차년도(2005) | ○ 펄라이트 자루재배 시스템 향상 및 경제성 분석 양부 ○ 펄라이트 자루재배 시스템 확립 및 보급 양부 | 120 |
| 최종평가 | ○ 펄라이트 자루 및 자루재배 시스템 규격 확립 및 보급 달성도 ○ 펄라이트 자루재배용 배양액 관리 시스템 확립 달성도 | 100 |

제2절 관련분야에의 기여도

1. 기술적 측면

◇ 베드층진 방식에서 필연적으로 발생하는 불균일성을 극복한 표준화된 펄라이트 수정재배 기술을 확립함으로써 배양액관리 체계화가 가능하고 이에 따른 용수와 비료의 효율적 이용이 가능하여 새롭게 개발되는 배지의 자루 방식을 촉진하는 파급효과에 기여.

◇ 자루 방식은 시스템이 고정되어 있지 않기 때문에 생산시스템을 설치한 후 작목, 재식거리 등의 변경이 자유로워 소비환경에 유연하게 대처함으로써 다른 생산방식에 대해 경쟁력을 높이는데 기여.

◇ 베드층진 방식의 단점인 조류와 병의 발생 그리고 수직적 양수분 편차를 줄일 수 있어 좋은 생산 환경에 기여.

2. 경제 · 산업적 측면

- ◇ 자루방식에서는 베드충진 방식에서 필요한 베드, 배액관, 방근망 등의 자재를 생략할 수 있어 초기 자재비와 설치작업에 따른 시간소모 및 노동력을 절감시켜 경제성을 높이는데 기여(252만원/300평 절감 가능).
- ◇ 베드충진 방식에는 베드 설치 후 배지 충진 작업에 노동력이 많이 필요한 반면, 자루방식에서는 충진작업이 생략되므로 노동력이 적은 경제성(34만원/300평 절감 가능)과 함께 생산자의 중노동을 생략시킴으로써 수경재배산업의 평가에도 기여.
- ◇ 베드충진 방식에서는 대용량 비닐봉지의 펠라이트를 베드에 충진하는 과정에서 일정 부분의 배지 손실이 발생하는데, 자루방식에서는 이를 방지함으로써 경제성에 기여.
- ◇ 베드충진 방식에서는 소요되는 자재와 노동력이 복잡하여 플랜트 수출에 어려움이 있으나, 자루방식에서는 이의 간결화가 가능하여 수출경쟁력을 높이는데 기여.
- ◇ 펠라이트 배지 폐기 작업 비용 절감에 기여(372,000원/300평).
- ◇ 현재의 1차 제품 중심의 펠라이트 생산업체의 2차 제품 생산에 의한 부가가치 향상에 기여.
- ◇ 수출입 경쟁력의 경우 작물의 종류 및 상품의 가격이 중요한데, 자루 방식에서는 작물의 선택과 생산방식이 유연하기 때문에 수출입 시장에서 능동적으로 대처하는데 기여.
- ◇ 자루 방식의 생산시스템은 펠라이트 수경재배의 경쟁력을 높임으로써 수경재배 면적 증가에 기여하고, 나아가 원예생산산업의 경쟁력을 높이는데 기여.

3) 사회 · 문화적 측면

- ◇ 베드충진 방식에서 발생하는 분진에 의한 환경 및 건강 부담성을 절감한 환경친화적 생산 방식이므로 국내외 소비자 및 사회의 공감대를 얻는데 기여.
- ◇ 공업자재 사용을 절감한 생산방식이므로 국내외 소비자 및 사회의 공감대를 얻는데 기여.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

- * 추가연구의 필요성, 타 연구에의 응용, 기업화 추진방안을 기술
- * 연구기획사업 등 사업별 특성에 따라 목차는 변경 가능함

◇ 활용분야: 수경재배 농가 및 배지 생산업체

◇ 활용유형: 자루 배지 및 그 사용 시스템의 산업체 기술이전 및 농촌지도사업 반영

◇ 현장 보급 방안

펼라이트 자루재배 제반 기술을 농촌진흥청 영농활용과제로 활용

펼라이트 자루재배 시스템은 경기도 시책반영자료로 제출하여 대대적 기술 보급

평택 및 서산 등 농가에 직접 기술 보급 및 지속적 컨설팅

한국생물환경조절학회, 농촌진흥청 및 각도 농업기술원 등을 통한 기술 교육실시

◇ 추가연구의 필요성 및 타 연구에의 응용

현재 연구 중인 “고형배지경에서의 배지수분 직접 제어에 의한 친환경 급액관리 시스템 개발”과 연계하여 보다 종합적인 연구를 수행할 예정이며, 향후 이러한 하드웨어 시스템을 효율적으로 운용하기 위한 배양액 관리법에 대한 심층 연구 등으로 진전시켜나갈 예정임.

◇ 기업화 추진방안

현재 배지 생산 기업과 기업화에 관한 실무 협의를 행하고 있으며, 현장 보급을 하는 과정에서 발생하는 기업화 조건을 분석하고 있음. 현재 반자동식 생산 기술을 완전 자동화하는 방안을 강구하고 있음.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제1절 학회지에서 수집한 정보

Kang, J.-Y., H.-H. Lee, and K.-H. Kim. 2004. Physical and chemical properties of inorganic horticultural substrates used in Korea. *Acta Hort.* 644:237-241.

한국에서 사용되는 배지를 대상으로 European standard methods, or CEN methods에 의해 물리화학적 특성을 분석하였는데, perlite가 총공극량이 많았고, 수분보유력이 낮았으며, vermiculite는 총공극량과 수분보유량이 모두 높았다. perlite의 pH는 5.9-6.8였으며, CEC는 낮았다. perlite의 물리화학적 특성에 이용.

Park, H.J., Y.K. Jung, K.-H. Kim, and J.E. Son. 2004. COMPARISON OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF GROWING MEDIA BASED ON THE EUROPEAN STANDARD METHOD AND THE SELF-COMPACTON METHOD. *Acta Hort.* 644:225-230.

perlite의 물리화학적 특성을 Bulk density를 기본으로 해서 European Standard method and "self-compaction method" 등의 방법으로 분석했다. pH and EC는 saturated media extract method와 1:2 (v/v) extraction ratio 방법을 비교 분석하였다. perlite의 물리화학적 특성 분석에 이용.

최종명. 원예과학기술지 18(4):529-535, 2000. 혼합배지 조제에 이용되는 유무기 물질들의 물리화학적 특성을 연구.

perlite의 물리화학적 특성 분석에 이용.

Murray, J.D., J. D. Lea-Cox and D.S. Ross. 2004. Time Domain Reflectometry Accurately Monitors And Controls Irrigation Water Applications In Soilless Substrates Proc. Symp. 16. XXVith Int. Hort. Congress. Toronto, Canada. *Acta Hort.* Vol. 632 :(In Press).

TDR 사용법 연구. 급액관리에 이용.

Serrano, L., R. Orozco, A. Martinez, and O. Marfà. 1993. THE USE OF FINE GRADED PERLITES IN BAG CULTURE II. YIELD AND WATER CONSUMPTION OF LETTUCE. *ACTA* 335:435-442.

상추를 5 종류의 perlite 배지에서 재배했을 경우, more fine graded perlite에서 수확량이 많았다. more fine graded perlite에서 bag profile에 따른 수분변화가 적기 때문에 수분소비가 좋아서 생육이 좋았고, 따라서 수확량이 높았던 것으로 고찰되었다. 배지 종류에 이용.

Wever, G., R. Baas, J.C. Marques, and L.J. van Aanholt. 2001. GAS CONCENTRATION MEASUREMENT IN HORTICULTURAL GROWING MEDIA. Acta Hort. 554:149-156.

perlite 입자와 gas와의 관계. 다른 배지보다 우수한 산소함량 (perlite 우수성에 이용)

Bar-Tal, A., Feigin, A., Rylski, Irena and Pressman, E. 1994. Effects of root pruning and N-NO₃ solution concentration on nutrients uptake and transpiration of tomato plants. Sci. Hort. 58:77-90.

배지의 aeration 및 hydraulic coefficient는 뿌리 밀도가 높아감에 따라 저하된다. 따라서 관수빈도를 높여도 배지량이 적을 경우 불충분할 수 있다. 배지량 연구에 이용.

Bar-Tal, A., A. Feigin, Rylski, Irena and E. Pressman. 1994. Effects of root pruning and N-NO₃ solution concentration on tomato plant growth and fruit yield. Sci. Hort. 58(1):91-103.

뿌리가 잘려 적으면 물 흡수가 줄어 성장불량된다. 단, 단위근량당 양수분흡수속도 및 엽당 증산속도는 정상보다 높다. 즉, 절대량이 적을 뿐이다. 배지량 연구에 이용.

Guohua Xu and Uzi Kafkafi. 2001. Nutrient supply and container size effects on flowering, fruiting, assimilate allocation, and water relations of sweet pepper. Acta 554:113-120. 이것의 참고문헌도 참조.

perlite의 용적(9, 18, 33L)에서 용적이 클수록 좋음. 최저근은이 높을수록 좋음. time 제어한 것이 결점. 배지량 및 급액관리, 근은에 이용.

Tüzel, I.H., Y. Tüzel, A. Gül, and R.Z. Eltez. 2004. EFFECTS OF DIFFERENT LEACHING FRACTIONS AND SUBSTRATES ON TOMATO GROWING. Acta Hort. 633:301-308.

15-20% leaching이 5-10% leaching 보다 좋은 생육. 배양액 관리에 이용.

Masuda, Masaharu. 1989. Mineral concentration in xylem exudate of tomato and cucumber plants at midday and midnight. J. Japan Soc. Hort. Sci. 58(3):619-625.

양분흡수농도가 주야간으로 달라, 주간에는 NO₃, K가 높고, 야간에는 P, Ca, Mg가 높으므로, 어떠한 배양액조성을 사용하더라도 한 가지 배양액조성으로 적절한 것은 없으며, 배양액농도와 다르게 흡수농도가 결정되므로 식물의 완충작용이 있다고 할 때 배양액 조성 및 농도는 어느 범위에 있으면 될 것으로 생각된다. 단, 배양액 농도가 높을수록 흡수농도와 배양액농도 차이가 적은 것은 고려해야 한다. 또한, 근권온도가 높으면 흡수농도도 높다. 이 논문 등 목부액 관련 논문을 좀 더 보완하면 배양액 실험 및 결과가 용이하게 추정될 것으로 본다. 배

양액 관리에 이용.

Suay, R., P.F. Martínez, D.Roca, M. Martínez, J.M. Herrero, and C. Ramos. 2003. MEASUREMENT AND ESTIMATION OF TRANSPIRATION OF A SOILLESS ROSE CROP AND APPLICATION TO IRRIGATION MANAGEMENT. Acta Hort. 614:625-630

일반적인 급액 관리가 fixed interval scheduling이며, drainage or substrate extract의 EC monitoring에 의해 보정되거나 solar radiation integration에 의해 추정된 crop transpiration estimations에 의하는데, 절곡법을 이용한 장미재배에서 electronic balance를 이용하여 transpiration을 연속적으로 측정하고, simplified Penman-Monteith equation을 이용하여 계산하여 제어하는 방법을 연구했다. 이 경우 매주 LAI estimations로 보정했다. 기존의 방법과 비교하여 높은 효과를 얻었다. 배양액 관리에 이용.

Leonardi, C., G. Vasquez, and F. Giuffrida. 2003. TOMATO ROOT GROWTH IN RELATION TO DRIPPER POSITION IN SUBSTRATE CULTIVATION. Acta Hort. 614:217-222

coconut fibre and expanded clay 배지에서 착과기의 토마토를 점적관 위치를 달리하여 재배한 결과, Root density along the horizontal profile은 점적관 위치나 배지에 따라 차이를 보였다. 대부분의 뿌리는 점적관 아래에 분포하였다. 특히 upper layer of the substrate (3.5 cm)에서 처리간 차이가 많았고, deeper substrate profiles (7-14 cm)에서는 차이가 적었다. 단, mean root density는 처리간 차이가 없었다. 뿌리분포는 점적관 위치보다는 배지 종류, 배양액관리에 의해 더 크게 차이를 보였다. 점적관 연구에 이용.

이상규, 강용구, 박동금, 박경섭, 허윤찬, 고관달. 2005. 백침계 오이의 적심방법과 관수부위 확대가 측지발생수와 수량에 미치는 영향. J. Bio-Environ. Control 14(1): 52-55.

오이에서 생육단계에 따라 점적호스를 이동시키면 수량이 증대된다. 점적관 위치에 이용.

Marfà, O., R. Savé, C. Biel, M. Cohen, and R. Lladó. 1998. SUBSTRATE HYDRAULIC CONDUCTIVITY AS A PARAMETER FOR IRRIGATION OF CARNATION SOILLESS CULTURE. Acta Hort. 458:65-74.

두가지 종류의 perlite (coarse and fine)를 세가지 matric potential (-2, -5 and -10kPa)에서 carnation bag culture할 경우, usefulness of Kunsat을 조사했다. electrotensiometers를 사용했다. 배지 종류 혹은 급액 관리에 이용.

Machado, R.M.A., M.R.G. Oliveira, and C.A.M. Portas. 2000. EFFECT OF DRIP IRRIGATION AND FERTILIZATION ON TOMATO ROOTING PATTERNS. Acta Hort.

537:313-320.

Tomato rooting patterns, root length density (cm/cm³) and root length intensity (cm/cm²), 등을 three irrigation regimes (0.5, 0.7 and 1 ETm) 및 three nitrogen application levels: 50, 150 and 250 kg N/ha as Ca (NO₃)₂에 대해서 연구했다. 뿌리 길이의 63-78%는 soil profile의 상위 10cm에 분포했으며, 관수는 뿌리의 측면신장에 효과적이었다. 배지 내 뿌리분포에 이용

제2절 외국 방문 및 일반 기사에서 수집한 정보

perlite 입자크기는 B-10 (0-3mm, VW 100-120 kg/m³)와 B-12 (medium grade, 0-5mm, VW 105-125 kg/m³)이다.

포장재는 주로 PE이며 PP도 있다. 두께는 여러 가지이며, 색은 하얀색 혹은 흑백색이다.

제3절 인터넷에서 수집한 정보

<http://www.perlite.org> -> Role of perlite in hydroponic culture by Dr. David A. Hall.
토마토 perlite culture에서 암면보다 7% 수확량이 많다. 또한 관리가 용이하다.

http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_CV263 perlite bag culture에 관한 정보 수록.

<http://www.perlite.net/> sites cited 풍부.

<http://www.schundler.com/size.htm> perlite standard

<http://www.schundler.com> perlite 생산업체이며 유용한 자료 수록

<http://www.schundler.com/hort.htm> perlite에 관한 많은 것이 있음, starter tray 포함.

<http://www.schundler.com/keys.htm> starter-tray 포함 관수방법 상세한 내용

<http://www.otavi.es/> perlite생산회사 관련자료 포함.

<http://edis.ifas.ufl.edu/HS169>

Keys to Successful Tomato and Cucumber Production in Perlite Media by George J. Hochmuth and Robert C. Hochmuth

bag positioning, drainage, transplanting, media re-use, irrigation program 등 수록.

<http://www.euoperl.com/> 유럽의 perlite 자루 생산 업체

제 7 장 참고문헌

* 보고서 작성시 인용된 모든 참고문헌을 열거

- Abou-Hadid, A.F., M.Z. El-Shinawy, A.S. El-Beltagy, and S.W. Burrage. 1993. Relation between water use efficiency of sweet pepper grown under nutrient film technique and rockwool under protected cultivation. *Acta Hort.* 323:89-96.
- Alan, R., A. Zuikadir, and H. Padem. 1994. The influence of growing media on growth, yield and quality of tomato grown under greenhouse conditions. *Acta Hort.* 366:429-436.
- Baas, R. and N.A. Straver. 2001. In situ monitoring water content and electrical conductivity in soilless media using a frequency-domain sensor. *Acta Hort.* 562:295-303
- Bang, S.B., S.J. Jeon, B.J. Ham, K.H. Kim, and B.C. Jeong. 2001. Effect of substrate amount on tomato yield in bag culture system of the nutrient solution culture. Spring Conference of KSHS. p.53.
- Bar-Tal, A., A. Feigin, I. Rylski, and E. Pressman. 1994. Effects of root pruning and N-NO₃ solution concentration on nutrient uptake and transpiration of tomato plants. *Sci. Hort*(1). 58:77-90.
- Bar-Tal, A., A. Feigin, I. Rylski, E. Pressman. 1994. Effects of root pruning and N-NO₃ solution concentration on tomato plant growth and fruit yield. *Sci. Hort.* 58(1):91-103.
- Bar-Yosef, B., C. Stammers, and B. Sabiv. 1980. Growth of trickle irrigated tomato as related to rooting volume and uptake of N and water. *Agron. J.* 72:815-822.
- Baskan, N. and L. Arin. 1999. The effects of different composts and bag volumes on the development of watermelon seedling. *Acta Hort.* 492:253-258.
- Bilderback, T.E. and W.C. Fonteno. 1993. Improving nutrient and moisture retention in pine bark substrate with rockwool and compost combinations. *Acta Hort.* 342:265-272.
- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman, London. pp.1-61.
- Cantliffe, D., N. Shaw, E. Jovicich, J.C. Rodriguez, I Secker, and Z. Karchi. 2001. Passive ventilated high-roof greenhouse production of vegetables in a humid, mild winter climate. *Acta Hort.* 559:195-202.
- Carmi, A. and B. Heuer. 1981. The role of roots in control of bean shoot growth. *Ann. Bot.* 48:519-527.
- Choi, E.Y., Lee, Y.B. and J.Y. Kim. 2001. Determination of total integrated solar radiation range for the optimal absorption by cucumber plant in different substrates. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(3):271-274. (in Korean)
- Choi, J.M., J.W. Ahn, J.H. Ku, and Y.B. Lee. 1997. Effect of medium composition on

- physical properties of soil and seedling growth of red pepper in plug system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:618-624.
- Choi, Young Hah, Joon Kook Kwon, Han Cheol Rhee, Dong Kum Park, and Jae Han Lee. 2001. Effects of night temperatures on growth, yields of tomato and green pepper in the glasshouse cultivation and its impact on heating costs. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:385-388.
- Chung, S.J., Seo, B.S., Kang, J.K., and Kim, H.G. 1995. Development of hydroponic technique of fruit vegetables using perlite and mixtures with perlite as a substrate. I. Effects of containers and substrates on the growth and fruit quality of hydroponically grown cucumber. *J. Bio-Env. Con.* 4(2): 159-166.
- Cohen, M., R. Save, C. Biel, and O. Marfa. 1995. Simultaneous measurements of water stress with LVDT sensors and electrotensiometers: application in pepper plants grown in two types of perlites. *Acta Hort.* 421:193-200.
- Cooper, A.J. 1973. Root temperature and plant growth. *Commonw. Bur. Hortic. Plant Crops Res. Rev.* 4:1-73.
- Cornillon, P. 1977. Effect de la temperature des racines sur l'absorption des elements minéraux par la tomate. *Ann. Agron.* 28:409-423.
- Diver, Steve. 1995. *Hydroponic Vegetable Production*. ATTRA
- Fretz, T.A. 1971. Influence of physical conditions on summer temperatures in nursery containers. *HortScience* 6:400-401.
- Gabriëls, R., O. Verdonck, and O. Meekers. 1986. Substrate requirements for pot plants in recirculating water culture. *Acta Hort.* 178:93-100.
- Giuffrida, F. 2001. Temperature of substrates in relation to trough characteristics. *Acta Hort.* 559:647-654.
- Gosselin, A. and M.J. Trudel. 1984. Interactions between root and night air temperatures on leaf area development and photosynthesis of tomato plants cv. Vendor. *Can. J. Plant Sci.* 65:185-192.
- Gul, A., I.H. Tuzel, O. Tuncay, R.Z. Eltez, and E. Zencirkiran. 1999. Soilless culture of cucumber in glasshouses: I. A comparison of open and closed systems on growth, yield and quality. *Acta Hort.* 491:389-394.
- Hall, D.A., G.M. Hitchon, and R.A.K. Szmidt. 1989. *Proceedings 7th Int. Congr. Soilless culture*. ISOSC, Wageningen, p. 177-183.
- Hall, D.A., R.A.K. Szmidt and G.M. Hitchon. 1989. Glasshouse crop production in inert rooting media. *Aspects of Applied Biology* 22:333-339.
- Hameed, M.A., J.B. Reid, and R.N. Rowe. 1987. Root confinement and its effects on the water relations, growth and assimilate partitioning of tomato (*Lycopersicon esculentum*

Mill). *Ann. Bot.* 59:685-692.

Hardy, L., P. Koluvek, and T. Spofford. 1989. Electronic advance and opportunity timers for irrigation evaluations. *Amer. Soc. Agr. Eng.* 89:2555-2566.

Heuvelink, E. 1989. Present status of greenhouse crop production in Europe and its prospective in the 21st century. *The international symposium on the strategy of protected horticultural industries toward 21st century.* p. 51-74.

Hitchon, G.M., D.A. Hall, and R.A.K. Szmidt. 1991. Hydroponic production of glasshouse tomatoes in Sardinian plaster-grade perlite. *Acta Hort.* 287:261-266.6.

Hochmuth, R.C. and M.S. Sweat. 2000. Hydroponic Nutrient Effluent - A Recoverable Energy Resource. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. (http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_CV222)

Hochmuth, R.C., Lei Lani Davis, David Dinkins, and Mike Sweat. 1999. The Development and Demonstration of an Outdoor Hydroponic Specialty Crop Production System for North Florida 99-12. North Florida Research and Education Center - Suwannee Valley (http://nfrec-sv.ifas.ufl.edu/outdoor_hydro_report.htm)

Hochmuth, R. C., Lei Lani Leon, George J. Hochmuth, and Charles Vavrinal. 1997. Effect of Three Planting Depths on Greenhouse Tomato Yield 97-14. North Florida Research and Education Center - Suwannee Valley (http://nfrec-sv.ifas.ufl.edu/97-14_report.htm)

Humpherys, A.S. 1995. Semi-automation of irrigated basins and borders. III. Control elements and system operation. *Appl. Eng. Agr.* 11:83-91.

Ingram, D.L. 1981. Characterization of temperature fluctuations and woody plant growth in white poly bags and conventional black containers. *HortScience* 16:762-763.

전신재, 방순배, 함봉주, 임상현, 이경국. 2001. 배지경 양액재배 시 자루모양이 토마토의 수량에 미치는 영향. *원예과학기술지* 19(별호2호):53.

Jones, Jr. J. Benton. 1998. *Tomato Plant Culture In the Field, Greenhouse, and Home Garden.* C.H.I.P.S.

Kafkafi, U. 2001. Root zone parameters controlling plant growth in soilless culture. *Acta Hort.* 554:27-38.

Kang, Tae-Mo and Hyun-Bok Jung. 1995. Effect of rock wool classification on the growth and yield in long term-culture of tomato. I Evaluation of new rock wool, used rock wool, and domestic rock wool. *Kor. J. Hort. Sci. essentials*:352-353.

Kim, Deok-Ho, Young-Ho Kim, and Heon-Jae Jong. 2000. Effects of Substrates and the Ratios of $\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}$ in Nutrient Solution on Growth and Yield of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) in Bag-Culture. *J. Bio-Environment Control.* 9:85-93.

김홍기, 정순주, 서범석, 이정필, 문현희. 2000. 자루 재배시 배지종류에 따른 양액재배 오이의

생육 및 과실품질 반응. 원예과학기술지 18(5):683.

Kim, H.H., U.R. Im, H.K. Lee, Y.K. Min, I.K. Ham. 1998. Effect of perlite volume in hydroponics on the growth and yield of cherry tomato. A Temporary Meeting and 1998 Fall Conference / Abstracts 56, Kor. J. Hort. Sci. Tech. 16(3):428.

김혜진, 김영식. 1998. 방울토마토 고품배지경에서의 적산일사량에 따른 관수와 당도와의 관계. 생물생산시설환경 7(2):144-150

김혜진, 김영식. 2000. 펄라이트 재배시 시간 및 적산일사량에 의한 관수제어가 멜론의 품질에 미치는 효과. 생물환경조절학회지 9(1):66-72.

Kim, Hye Jin and Young Shik. Kim. 2002. Favorable Irrigation Timing with Timer and Fruiting Position Focused on the Fruit Quality and Harvesting Time in Perlite Culture of Muskmelon. Journal of Bio-Environment Control 11(4):157-162.

Kim, Hye Jin and Young Shik. Kim. 2002. The Effect of Irrigation Regime by Integrated Solar Radiation on the Growth Pattern of Muskmelon Fruit in Perlite Culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43(3): 255-260.

Kim, H.J. and Y.S. Kim. 2004. Evaluation of Irrigation System by Balance and Integrated Solar Radiation on the Fruit Quality of Muskmelon in Closed Perlite Culture System. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 45(3):127-130.

김경제, 우인식, 이은모, 인민식, 김진한. 2000. 단고추 자루식 양액재배시 적정 육묘일수 구명. 생물환경조절학회지 9:146-150.

Kim, G.J., I.S. Woo, J.H. Kim, K.S. Jeon, S.O. Yu, and J.H. Bae. 2002. Investigation of optimum substrate volume for bag culture of sweet pepper (*Capsicum annuum*) in hydroponics. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43(6):677-680.

김성은, 김영식, 김승우. 1996. 수경재배 자동화를 위한 계측시스템의 개발. 생물생산시설환경 5(2):210-214.

Kim, Yong Bum, Sang Sik Nam, In Hu Choi, Byeong Choon Jeong, and Soon Ju Chung. 2002. The influence of recycling hydroponic and used substrate on marketable yield and quality of sweet paper. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 20(SUPPL. II):67.

Kim, Y.S. 2004. Priority determination in nutrient solution management in perlite culture. 한국산학기술학회논문지 5:7-12.

Klute, A. 1986. Water retention: laboratory methods, p. 635-662. In: A. Klute (ed.). Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods. Soil Sci. Soc. of Amer. Inc., Publisher. Madison, Wisconsin USA.

Krizek, D.T., A. Carmi, R.M. Mirecki, F.W. Snyder, and J.A. Bunce. 1985. Comparative effects of soil moisture and restricted root zone volume on morphogenetic and physiological responses of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. J. Exp. Bot. 36:25-38.

- Kuiper, P.J.C. 1964. Water uptake of higher plants as affected by root temperature. *Meded. Land-bouwhoges. Wageningen* 64:1-11.
- 권준국, 강남준, 이재한, 강경희, 최영하. 2004. 조조가온기간이 시설재배 오이의 생육과 수량 및 난방부하에 미치는 영향. *J. Bio-Environ. Con.* 13:245-250.
- Lee, E.H., J.W. Lee, S.J. Kwon, Y.I. Nam, I.H. Cho, and Y.S. Kwon. 1996. Effect of Substrates on Growth and Yield of Hydroponically Grown Cucumber in Bag Culture. *Journal of Bio-Environment Control* 5(1):15-22.
- Lee, Sang-Woo, Myeong-Whoon Seo, Su-yeon Lee, Sang-youn Sim, Seong-Jae Lee, and Young-Hwan Lee. 2002. Effect of washing and stam sterilization of perlite medium on the tomato cultivation in the recycling hydroponic system. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 20(2):90-94.
- Lee, Su-Youn, Seong-Jae Lee, Myeong-Whoon Seo, Sang-Woo Lee, and Sang-youn Sim. 1999. Reusing techniques of nutrient solution for recycling hydroponic culture of lettuce. *J. Bio-Env. Con.* 8(3):172-182.
- 이용범, 박권우, 노미영, 채의석, 박소홍, 김수현. 1993. 자루재배용 배지종류가 토마토 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향. *생물환경조절* 2:37-45.
- Leonardi, C., G. Vasquez and F. Giuffrida. 2003. Tomato root growth in relation to dripper position in substrate cultivation. *Acta Hort.* 614:217-222.
- Lorenzo, P., E. Medrano and M.C. Sanchez-Guerrero. 1998. Greenhouse crop transpiration-an implement to soilless irrigation management. *Acta Hort.* 458:113-119.
- Machado, R.M.A., M.R.G. Oliveira, and C.A.M. Portas. 2000. Effect of drip irrigation and fertilization on tomato rooting patterns. *Acta Hort.* 537:313-320.
- Malorgio, F., S. Lemmetti, F. Tognoni, and C.A. Campiotti. 1994. The effect of substrate and watering regime on chrysanthemum grown with soilless culture. *Acta Hort.* 361:495-500.
- Maloupa, E., C. Samartzidis, P. Couloumbis, and A. Komninou. 1999. Yield, quality and photosynthetic activity of greenhouse-grown 'MADELON' roses on perlite-zeolite substrate mixtures. *Acta Hort.* 481:97-102.
- Maree, P.C.J. 1994. Using bio-degradable material as a growing media in hydroponics in the REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. *Acta Hort.* 361:141-158.
- Marfa, O., A. Martinez, R. Orozco, L. Serrano, and F.X. Martinez. 1993. The use of fine-grade perlites in lettuce bag cultures. II. Physical properties, rheologic effects and productivity. *Acta Hort.* 342:339-348.
- Marfa, O., R. Save, C. Biel, M. Cohen, and R. Llado. 1998. Substrate hydraulic conductivity as a parameter for irrigation of carnation soilless culture. *Acta Hort.*

458:65-74.

Mascarini, L., O.S. Delfino, and F. Vilella. 2001. Evapotranspiration of two gerbera JAMESONII cultivars in hydroponics: Adjustment of medels for greenhouses. *Acta Hort.* 554:261-270.

Matsuno, A. 1990. The guide book of rockwool culture-Retarding culture of tomato plant. pp. 33-41. The national agricultural cooperative union, Tokyo.

Milks, R.R., W.C. Fonteno, and R.A. Larson. 1989. Hydrology of horticultural substrate: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:57-61.

Moss, G.I. 1983. The Australian BAGULEY TRAY system for carnation growing. *Acta Hort.* 141:189-196.

Navrogiannopoulos, G.N. and J.G. Papadakis. 1987. The effect of bag size on tomatoes in bags of perlite. *Soilless culture* 3(2):71-76.

Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operations and management. 4th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA. pp. 171-207.

Olympios, C.M. 1992. Soilless media under protected cultivation rockwool, peat, perlite and other substrates. *Acta Hort.* 323:215-234.

Orozco, R. and O. Marfa. 1995. Granulometric alteration, air-entry potential and hydraulic conductivity in perlites used in soilless cultures. *Acta Hort.* 408:147-161.

Ozeker, E., R.Z. Eltez, Y. Tuzel, A. Gul, K. Onal, and A. Tanrisever. 1999. Investigations on the effects of different growing media on the yield and quality of strawberries grown in vertical bags. *Acta Hort.* 491:409-414.

Padem, H. and R. ALAN. 1994. The effects of some substrates on yield and chemical composition of pepper under greenhouse conditions. *Acta Hort.* 366:445-452.

Papadopoulos, A.P. 1986. The "HARROW" peat bag system for greenhouse tomatoes. *Acta Hort.* 178:237-244.

Passioura, J.B. 1988. Water transport in and to roots. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 39:245-265.

Peterson, T.A, M.D. Reinsel, and D.T. Krizek. 1991. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. 'Better Bush') plant response to root restriction. II. Root respiration and ethylene generation. *J. Exp. Bot.* 42:1241-1249.

Raviv, M., S. Medina, Y. Shamir, and Z. Ben-Ner. 1993. Very low medium moisture tension - a feasible criterion for irrigation control of container-grown plants. *Acta Hort.* 342:111-119.

Richards, D. and R.N. Rowe. 1977. Effects of root restriction, root pruning and 6-benzylaminopurine on the growth of peach seedlings. *Ann. Bot.* 41:729-740.

- Rouphael, Y., G. Colla, M. Cardarelli, S. Fanasca, A. Salerno, C.M. Rivera, A. Rea, and F. Karam. 2005. Water use efficiency of greenhouse summer squash in relation to the method of culture: Soil VS. soilless. *Acta Hort.* 697:81-86.
- Rural Development Administration(RDA). 2003. Survey standard of agriculture experiment. Suwon, Korea.
- Rural Development Administration(RDA). 2005. Hydroponic culture dissemination present status 2004. Suwon, Korea.
- 佐々木皓二. 1986. 作物別養液栽培技術. キュウリ. 養液栽培の新技术. 誠文堂新光社. 東京. p. 103-105.
- 佐々木皓二. 1989. 養液栽培の生育と技術. キュウリ. 農業技術大系. 野菜編 12 共通 技術・先端技術. 養液栽培. 農山漁村文化協會. 東京. p. 99-103.
- Sato, N. and K. Hasegawa. 1995. A computer controlled irrigation system for muskmelon using stem diameter sensor. *Acta Hort.* 399:161-166.
- Shishido, Y. and Y. Hori. 1979. Studies on translocation and distribution of photosynthetic assimilates in tomato plants. 3. Distribution pattern as affected by air and root temperatures in the night. *Tohoku J. Agric. Res.* 30:87-94.
- Sim, S.Y., S.Y. Lee, S.W. Lee, M.W. Seo, J.W. Lim, S.J. Kim, and Y.S. Kim. 2006. Desirable particle size distribution of perlite for tomato bag culture. *J. Bio. Fac. Env.* (in press)
- Sirin, U. and A. Sevgican. 1999. The effect of pot size and growing media on growth of tomato in soilless culture. *Acta Hort.* 486:343-347.
- Smith, D.L. 1987. Rockwool in horticulture. pp. 66-72. Grower Books.
- Tuzel, I.H., M.E. Irget, A. Gul, O. Tuncay, and R.Z. Eltez. 1999. Soilless culture of cucumber in glasshouses: II. A comparison of open and closed systems on water and nutrient consumption. *Acta Hort.* 491:395-400.
- Ślusarski, C. 2005. Evaluation of chemical and biological control methods for their potential to reduce bacterial canker of tomato in a greenhouse stonewool cultivation system. *Acta Hort.* 698:299-304.
- Stowe, L. G. and A. Osborn. 1980. The influence of nitrogen and phosphorus levels on the phytotoxicity of phenolic compounds. *Can. J. Bot.* 58:1149-1153.
- Tuzel, I.H., Y. Tuzel, A. Gul, H. Altunlu, and R.Z. Eltez. 2001. Effect of different irrigation schedules, substrates and substrate volumes on fruit quality and yield of greenhouse tomato. *Acta Hort.* 548:285-292.
- Varis, S. and T. Ozuyaman. 1994. The comparison of growth and yield of tomatoes grown in glasshouse borders, bags, rings, straw bales and top and bottom watered fine and coarse perlites in the cold glasshouse. *Acta Hort.* 366:417-422.

- Verdonck, O. and R. Penninck. 1986. Air content in horticultural substrate. *Acta Hort.* 178:101-105.
- Verma, B.P. 1979. Container design for reducing root zone temperature. *Proc. Southern Nurs. Assoc. Res. Conf.* 24:179-182.
- Warren, S.L. and T.E. Bilderback. 2004. Irrigation timing: Effect on plant growth, photosynthesis, water-use efficiency and substrate temperature. *Acta Hort.* 644:29-37.
- Wever, G., J.S. Nowak, O.M. De Sousa Oliveira, and A. van Winkel. 2004. Determination of hydraulic conductivity in growing media. *Acta Hort.* 648:135-143.
- Willumsen, J. 1993. Assessment of fluctuations in water and air contents of pot substrates during plant growth. *Acta Hort.* 342:371-378.
- Wilson, G.C.S. 1980. Perlite system for tomato production. *Acta Hort.* 99:159-166.
- Xu, G. and U. Kafkafi. 2001. Nutrient supply and container size effects on flowering, fruiting, assimilate allocation, and water relations of sweet pepper. *Acta Hort.* 554:113-120.
- Ymeri, A., D. Gerasopoulos, and E. Maloupa. 1999. Quality characteristics of 'DANIELA' tomatoes grown on a perlite-zeolite culture bag fed with slow release fertiliser. *Acta Hort.* 491:331-336.
- Zabri, A.W. and S.W. Burrage. 1998. The effects of vapour pressure deficit (VPD) and enrichment with CO₂ on photosynthesis, stomatal conductance, transpiration rate and water use efficiency (WUE) of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) grown by NFT. *Acta Hort.* 458:351-356.