

GOVP 12007246

631.4

L 2938

시설과채류의 연작장애 회피와 고품질 안정생산을 위한

토양양액재배시스템 및 재배기술체계 확립

Establishment of Soil Fertigation System and Its
Technologies for Avoiding Successive Cropping Injuries and
for Ensuring Regular Production and Higher Fruit Quality
of Greenhouse Grown Vegetables

연 구 기 관

사단법인 한국온실작물연구소

농 립 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “시설과채류의 연작장해 회피와 고품질 안정생산을 위한 토양양액재배시스템 및 재배기술체계 확립”의 최종보고서로 제출합니다.

1999년 12월 24일

주관연구기관명 : 한국온실작물연구소

총괄연구책임자 : 서 범 석

연구 원 : 이 정 필

연구 원 : 김 홍 기

연구 원 : 임 종 극

연구 원 : 윤 점 속

연구 원 : 지 을 선

협동연구기관명 : 전 남 대 학 교

협동연구책임자 : 정 순 주

연구 원 : 이 범 선

연구 원 : 박 순 기

요 약 문

I. 제 목

시설과채류의 연작장애 회피와 고품질 안정생산을 위한 토양양액재배 시스템 및 재배기술체계 확립

II. 연구개발의 목적 및 중요성

시설원에 생산에 있어서 연작장애를 회피하고 생산성 안정화 및 품질 향상을 꾀할 수 있도록 양액재배의 장점을 토양재배에 접목시킨 토양양액재배 기술의 조기 정착을 위하여 ① 토양의 물리성 개량법, ② 양액의 조성 및 급액관리법, ③ 배지의 살균소독관리법, ④ 토마토, 방울토마토, 오이, 고추의 재배기술개발 등에 관한 연구를 수행하였다. 또한, 이외의 기타 과채류 작목의 시설생산에도 직접 적용할 수 있는 기술 가이드라인을 제공하는 데 연구목표를 두었다.

특히, 대다수 농가에서 편리하게 토양양액재배기술을 도입할 수 있도록 기존의 시설농가에서 보유하고 있는 관수시설을 그대로 활용하면서 본 기술 개발 성과를 적용할 수 있도록 하였으며, 또한 급액관리를 자동화할 경우에는 최소한의 경비만으로 시스템을 구축할 수 있도록 하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

세부연구과제	연구개발 내용 및 범위
<p>토양유형별 시비기준의 적정화</p>	<p>① 시설원에 토양의 채취 및 연작지의 물리화학적 특성 분류 조사 ② 토양유형 및 작물종류별 시비수준에 따른 염류집적패턴의 구명 ③ 인공배지 첨가에 따른 토양물리성 개선 기술 ④ 작물종류별·생육단계별 시비기준의 적정화 기술 ⑤ 토양조건과 시비수준에 따른 작물종류별 생육 반응 조사</p>
<p>토양양액재배용 부자재 개발과 이용기술 개발</p>	<p>① 토양양액재배용 액체복합비료, 재배조, 자동 급액장치, 관수시비프로그램의 설계 ② 시설내 환경요인 변화에 따른 부자재의 이용 기준 작성 및 평가</p>
<p>토양소독 및 배액 재활용 기술 개발</p>	<p>① 폐액의 재활용기술 ② 토양살균소독시스템의 개발</p>
<p>작물별 토양양액 재배기술의 계량화 및 재배지침서 작성</p>	<p>① 작물종류별 토양양액재배 기초 및 적용 실험 (토마토·방울토마토·오이·고추) ② 시범농가 선정과 현지조사를 통한 토양양액 재배 적응성 및 문제점 평가 ③ 작물종류별 토양양액재배 지침서 작성</p>
<p>현장애로백서 작성</p>	<p>① 현장애로과제별 사례 연구 및 기술지침서 작성</p>

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

본 연구의 결과 시설과채류 토양양액재배의 실용화 가능성은 포장에서의 실험, 조사 및 분석결과에서 확연히 나타났으며, 실제로 토마토, 방울토마토, 오이, 고추재배농가에 그 방법과 기술을 농가에 직접 적용시켜 본 결과, 투자비용을 줄이면서도 고품질의 산물을 생산할 수 있음을 확인할 수 있었다.

1. 과채류 이랑 조성시 관행의 100~130cm 폭을 80cm로 개선함으로써 작물 군락의 채광성과 작업성을 개선할 수 있으며, 무공멀칭필름에 비하여 구멍의 크기가 작으면서도 밀도가 높은 유공필름이 토양 염류의 분산에 유효하였다.
2. 1조식으로 재식시 적정 근역은 폭 40cm, 깊이 20cm이었으며, 제한된 근역에 펄라이트, 왕겨, 코코피트, 입상암면 등 인공배지를 토성에 따라 10~40%의 비율로 첨가하여 혼합함으로써 토양의 물리성을 개선하고, 제염후 양액(EC 1.0dS/m, pH 6.0)으로 포화시키므로써 토양의 화학성도 개선할 수 있었다.
3. 양액조성시 일본원예시험장 표준처방액에서 황산마그네슘의 일정량을 질산마그네슘으로 대체한 처방액(황산이온의 함량을 25ppm 낮춤)에서 과채류의 생육이 안정되었다.
4. 양액의 적정 급액EC는 1.3~1.7dS/m으로 일반 고품배지경 양액재배에 비

해 저농도로 급액해야 하며, 급액량은 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 수준이 적정하다.

5. 양액공급시기는 일출전 1회 양액을 급액하고 물만 관수하거나, 지속적으로 저농도의 양액을 급액하여도 생육에 큰 차이가 없었으며, 전자는 배수성이 불리한 경우 유리하였고, 후자는 물리성이 양호한 토양에서 근권 환경의 안정성을 보였다.
6. 토마토의 경우 생육 초기에 저농도로 관리하여 영양생장량을 충분히 확보한 후 생육후기에는 상대적으로 고농도의 양액을 공급함으로써 과실의 품질을 향상시킬 수 있으며, 정식 후 1개월간의 급액량은 2일 1회(5~7분 정도) 소량 관수하는 것이 과번무로 인한 생리장해 예방에 유효하였다.
7. 황산이온을 감량한 저염류 처리 양액을 급액할 경우 토양단용처리구보다는 펄라이트, 입상암면, 코코피트 등의 배지를 혼용한 토양처리구에서 작물 생육이 촉진되었다.
8. 오이의 경우 고온기에는 오전에 양액을 공급한 후 정오 전·후로 물만 추가 관수하는 것이 생육과 품질향상에 유리하였으며, 영양생장기에 저염류 처리 양액을 저농도로 급액하고 수확기 이후에는 이를 점차 고농도로 급액하는 방법이 적절하였다.
9. 고추의 경우 생육초기에는 EC 1.5dS/m 내외로 저농도의 양액을 공급하고 착과수가 증가하는 시기에는 EC 2.0dS/m 수준이 효과적이었으며, 주지를 2줄기보다는 4줄기로 유인하고 재식간격을 25cm로 넓혀 수광량을 늘려 주는 것이 수량이 많았다.

10. 과채류의 경우 생식생장기간 동안 칼륨(K)추비에 의하여 수량증대와 품질향상이 현저하였으며, 토마토의 경우 황산가리 80~120ppm, 오이는 질산가리 150~200ppm 범위로 처리하고 단계적으로 증량시키는 방법이 효과적이었다.
11. 작기종료 2주 전에 양액공급을 중단하고 관수하므로써 토양의 제염이 가능하였지만 이후 토양을 재건조시킬 경우 염류집적이 증가되어 충분한 담수가 요구되었다.
12. 화학제를 사용하지 않고 토양소독을 실시할 경우 증기소독법의 도입이 필요하며, 태양열 소독시에는 재배도중 정기적인 살균제(프리엔, 지오판 등)의 관주처리가 요구된다.
13. 토양양액재배 시범농가를 대상으로 한 현장조사 결과 실내 공기유동팬, 살수장치 등 환경조절장치와 지중난방시스템의 구비가 반드시 요구되었으며, 농가 보급시 사용한 토양의 전력 중 제초제, 훈몬제 등에 의한 오염 여부를 사전 조사할 필요가 있었다.

본 연구개발의 성과들은 시·군농업기술센터를 통하여 시설토양재배 농가에 직접 적용할 수 있으며, 관비장치, 액비, 멀칭필름 등의 부자재는 산업체에 기술 이전하여 내수 및 수출확대에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

SUMMARY

I. Title

Establishment of soil fertigation system and its technologies for avoiding successive cropping injuries and for ensuring regular production and higher fruit quality of greenhouse grown vegetables

II. Goal and significance of the study

The studies on ① improvement of soil physical characteristics, ② constituent of nutrient solution and management in supply and drained nutrient solution, ③ sterilization method of medium, and ④ development of cultural technologies of tomato, mini-tomato, cucumber, and green pepper were conducted to establish soil fertigation technology, which the merit of nutrient fertigation was added into current soil culture, for avoiding successive cropping injuries and for ensuring regular production and higher fruit quality of fruit vegetables in greenhouse.

Also, the goal of this study is to provide technology guide line, which can be adapted directly, for the production of other fruit crops.

Particularly, the system let most of farmers introduce soil

fertigation system easily, using the current irrigation system which grower have, adapt this system suitably, and establish the system with the least expense by automation in supply management of nutrient solution.

III. Content of Research & Development and Its Range

Sub-subject	Content of R & D and Its Range
Optimization of fertilizing level by soil textures	<ul style="list-style-type: none"> ① Collecting soil in greenhouse and classification of physico-chemical characteristics of successive cropping area ② Soil texture and pattern of salt accumulation ③ Improvement of soil physics by addition of artificial medium ④ Optimization of fertilizing level under different crops and different growth stages ⑤ Assessment of crop growth response to differential soil conditions and fertilizing levels
Exploitation of by-materials for soil fertigation system	<ul style="list-style-type: none"> ① Programming of complex liquid fertilizers for soil fertigation system, culture chamber, automatic supplier of nutrient solution, and fertigation program ② Standardization and evaluation on utilization of by-materials as affected by different environmental factors in greenhouse

Technology of soil sterilization and recycling of drained nutrient solution	<ul style="list-style-type: none"> ① Recycling technology of waste nutrient solution ② Development of soil sterilization system
Quantification of technology and drawing up of guide book for soil fertigation system	<ul style="list-style-type: none"> ① Fundamental and adaptive experiments on soil fertigation for crops such as tomato, mini-tomato, cucumber, and green pepper ② Evaluation on adaptation and problems of soil fertigation through selection of model greenhouse-farmer and on-the-spot survey ③ Guide book for soil fertigation of each crop
Drawing up of white paper on on-the-spot bottleneck	<ul style="list-style-type: none"> ① Case studies by each subject of on-the-spot bottleneck and drawing up of technology guide book.

IV. Results of Research & Development and Suggestions for Utilization

As the result of this research, utilization of soil fertigation system in fruit vegetables is adaptable through field experiment, other investigation, and its analysis. In practice, adapting the method and technology of the system results in the production of high quality-products which can reduce investment expenses.

1. Light receipting of crop canopy and work conditions of human were greatly improved by changing conventional ridge width from 100-130cm to 80cm.
2. At 1-row planting, optimized root zone was 40cm in width and 20cm in depth, and addition of artificial media such as perlite, rice hulls, cocopeat, and granular rockwool to the restricted root zone in 30 to 50 % ratio could improve physical characteristics, and also irrigation of nutrient solution(EC 1.0dS/m, pH 6.0) to the soil after removal of salt improve chemical characteristics.
3. Growth of fruit vegetables was enhanced by using nitrate magnesium to reduce sulfuric by 25ppm compared to the composition of nutrient solution recommended by Japan Horticulture Experiment Station.
4. Optimum electric conductivity of nutrient solution was 1.3 to 1.7 dS/m. Nutrient solution of the system should be supplied at lower concentration than with solid medium and its volume was suitable at 1/3 to 1/2 level of solution.
5. No significant change in growth was observed even though nutrient solution was supplied once at dawn, and only water was irrigated at daytime, or nutrient solution at lower concentration was continually supplied at daytime. The former was suitable for bad drainage conditions, and the latter was well for good physical characteristics

of soil condition which is appropriate for micro-environment of root system.

6. After supplying sufficient nutrient solution with lower concentration at early growth stage of tomato, vegetative biomass was sufficiently obtained. However, at late growth stage supply of nutrient solution with higher concentrations improved quality of fruits. Supply of nutrient solution with small volume at 1-month periods after transplanting has done once (drip for 5-7 minutes) every 2 days, being effective to prevent physiological stresses from over-vegetative growth.
7. Soil textures mixed with media such as perlite, granular rockwool etc. enhanced crop growth more than soil alone culture when low-stressed nutrient solution was supplied by using the reduced sulfuric ion.
8. Growth and quality of cucumber was enhanced when irrigated with only pure water, supplying nutrient solution at high temperature period. Nutrient solution at vegetative period was appropriate at low concentration which is low saline type, and supply of nutrient solution at higher concentration after harvesting.
9. Effective electric conductivity of nutrient solution at lower concentration is around 1.5dS/m at early growth of cucumber and at

fruiting period 2.0dS/m, respectively. Yield of green pepper was greatly increased at 4 stems, with planting density of 25cm, and high light-receiving efficiency.

10. Additional application of potassium to nutrient solution during reproductive growth period enhanced yield and quality of fruit vegetables. When application of 80-120ppm potassium sulfate to tomato and of 150-200ppm potassium nitrate to cucumber was done the quality and yield of fruits was increasingly improved.
11. At 2 weeks before final growing season, stopping supply of nutrient solutions and irrigating removed salt accumulation. But if later the soil was redried, sufficient irrigation was needed, due to avoiding salt accumulation in soil.
12. Soil sterilization by water steaming method, not by chemicals was more effective, and sterilization by sun-heating needed to apply regularly fungicides (propamocarb hydrochloride, thiophanate etc) by using flushing method during growing period.
13. At on-the-spot survey against model farms which are managing soil fertigation system were necessarily required to be fully equipped with convection fan, foliar spraying system, underground heating system. Before distributing the system to farmers, contamination of herbicide and hormones in soil through investigation of

previous pesticide application history should be investigated.

The results of this research could be adapted directly to farmers, who are managing soil fertigation system in greenhouse, through the help of Agricultural Technology Service Center of each City and County in Province. By-materials including fertigation system, liquid fertilizers, mulching film can be transferred their technologies into industries and was thought to be contributed to increase domestic demand and international export.

CONTENTS

Chapter 1. Preface -----	18
Section 1. Purpose of Research -----	18
Section 2. Goal and Significance of Research -----	26
Section 3. Results and Application -----	30
Chapter 2. Optimization of Fertilizing Level by Soil Texture -----	35
Section 1. Physio-chemical Analysis of Greenhouse Soil -----	35
Section 2. Improvement of Soil Physics by Addition of Artificial Medium -----	41
Section 3. Standardization of Fertilizing Level -----	45
Chapter 3. Exploitation of By-materials for Soil Fertigation System -----	55
Section 1. Development and Utilization of Complex Liquid Fertilizers -----	55
Section 2. Constructuin and Utilization of Culture Chamber -----	59
Section 3. Constructuin and Utilization of New-type Fertigation System -----	67
Chapter 4. Technology of Soil Fertigation and Recycling of Drained Nutrient Solution -----	75
Section 1. Necessity and Present Status of Soil Sterilization --	75
Section 2. Recycling Technology of Waste Nutrient Solution and Utilization -----	77

Chapter 5. Quantification of	
Soil Fertigation Technology by Crops -----	81
Section 1. Tomato -----	81
Section 2. Cucumber -----	95
Section 3. Green Pepper -----	122
 Chapter 6. Drawing up of Guide Book	
for Soil Fertigation System -----	152
Section 1. Definition of Soil Fertigation System -----	152
Section 2. Construction and Equipment	
of Soil Fertigation System -----	154
Section 3. Optimization of	
Environmental Control in Greenhouse -----	167
Section 4. Composition and Management	
of Nutrient Solution -----	175
Section 5. Sowing and Planting -----	188
Section 6. Crop Management -----	195
Section 7. Soil Management after	
Cropping and Technology against Saline -----	207
Section 8. Expected Results and Pratical Application -----	210
 Chapter 7. Trouble Shooting on on-the-spot Bottleneck -----	213
Section 1. Trouble Shooting	
on on-the-spot Bottleneck by Crops -----	213
Section 2. Diagnosis of Plant and Soil -----	224
 Chapter 8. Conclusion -----	233
 References -----	236

목 차

제 1 장 서 론 -----	18
제 1 절 연구개발의 필요성 -----	18
제 2 절 연구개발의 목표와 내용 -----	26
제 3 절 기대효과 및 활용방안 -----	30
제 2 장 토양유형별 시비기준의 적정화 -----	35
제 1 절 시설토양의 물리화학적 특성 분석 -----	35
제 2 절 인공배지 첨가에 의한 토양개량 기술 개발 -----	41
제 3 절 시비기준의 설정 -----	45
제 3 장 토양양액재배용 부자재 개발과 이용기술 개발 -----	55
제 1 절 액체비료의 개발과 활용기술 -----	55
제 2 절 토양양액재배용 재배조의 구성과 이용 -----	59
제 3 절 작물 개체관수형 수분센서를 이용한 신개념 급액지령장치의 구성과 이용 -----	67
제 4 장 토양소독 및 배액 재활용기술 개발과 이용 -----	75
제 1 절 토양소독법의 필요성과 기술 현황 -----	75
제 2 절 폐액의 집액, 정화처리 및 재활용기술 -----	77

제 5 장	작물별 토양양액재배기술의 계량화 -----	81
제 1 절	토마토 -----	81
제 2 절	오이 -----	95
제 3 절	고추 -----	122
제 6 장	토양양액재배 기술지침서 -----	152
제 1 절	토양양액재배기술의 의의와 장단점 -----	152
제 2 절	토양양액재배시스템의 설치 -----	154
제 3 절	시설환경의 최적화 -----	167
제 4 절	양액조성과 급배액관리 -----	175
제 5 절	파종과 육묘 -----	188
제 6 절	작물별 관리기술 -----	195
제 7 절	작기종료와 연작대책 -----	207
제 8 절	토양양액재배시스템의 기대효과와 활용방안 -----	210
제 7 장	현장애로기술 대응방안 -----	213
제 1 절	작물별 현장애로기술 및 대응방안 -----	213
제 2 절	식물체 진단법 -----	224
제 8 장	결론 -----	233
참고문헌	-----	236

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 필요성

시설원예의 재배기술은 토양재배에서 토양양액재배(관비재배)로 관비재배에서 무토양양액재배 순으로 발전하고 있지만 국내에서는 토양재배 농가가 99% 이상이며, 이 중 많은 농가가 연작장해에 의한 피해를 받고 있다.

시설원예 농가의 대부분은 퇴비 조성 문제도 어려워지고, 화학비료와 유기질비료의 무분별한 사용으로 연작장해가 심화되고 있는 농가가 많으며, 정상적인 작물 생육과 품질 관리가 이루어지지 못하고 있는 농가가 많다.

토양 관비재배의 경우 이스라엘, 네덜란드, 일본 등지에서는 '80년대부터 실용화 연구에 박차를 가하여 현재는 대부분의 토양재배 농가에 관비재배 기술을 활용하고 있으며, 그 효과가 크게 입증된 바 있다.

그러나, 국내에서는 일부 농가에서 양액재배에 사용되는 수용성 비료의 일부를 정확한 지침이 없이 사용하고 있거나, 복합비료를 물에 녹여 상등액만을 정기적으로 분할 급액하고 있다.

그 결과, 특정 무기원소가 토양중에 과다하게 집적되거나 비료의 오용에 따른 생리장해가 빈발하고 있는데 작물에 발현되는 과잉 증상을 결핍으로 오인하여 과다하게 추비할 경우 회복이 불가능한 생리장해로 이어지는 농가도 많다.

따라서, 시설농가의 연작장해를 회피하고 고품질 과채류의 안정 생산을 기하기 위해서는 토양의 물리화학적 특성을 정확히 파악하고 그 결과를 토대로 작물의 생육과 품질을 적극적으로 조절할 수 있는 영양 관리가 요구된다.

시설 토양의 염류집적과 산성화의 원인은 화학비료의 연용에 따라 황산 이온(SO_4^{2-})이나 염소이온(Cl^-)이 결합된 염류(NaCl , Na_2SO_4 등)의 집적이 진전되어 있기 때문으로 밝혀져 있다. 이를 용해하거나 화학반응을 통하여 작물이 잘 흡수할 수 있는 이온형태로 변환시킬 필요가 있으며, 이에 적합한 수분 및 시비 관리가 이루어지지 않으면 작물이 정식과 함께 표토층에 집적된 염류에 의해 생육장애를 받게 된다.

시설재배는 작물이 흡수할 수 있는 무기원소의 양을 정량화하여 정확한 비배 관리가 이루어져야 하지만, 기존에 재배되는 방식은 정식전에 시용하는 유기질 및 무기질 퇴비의 기비량과 과실이 착과되면서 추비하는 무기질 비료의 양에 의존하게 되며, 이러한 시비체계에서는 지상환경조건이나 작물의 초세에 따라 양분 흡수량이 달라지므로써 생리장애 및 병해의 유발이 촉진될 수 있다. 특히, 시설내 전체 토양조건은 어느 정도 불균일할 수 밖에 없으므로 흡수되고 남은 무기원소가 염류형태로 변화되어 작토층(作土層)에 집적이 반복될 수 있다.

따라서, 염류가 집적된 작토층(表土 15cm 내외)의 영양원소를 가급적 이온화하는 대책이 필요하며, 이러한 이론에 입각한 재배기술이 곧 토양양액재배법(일명, 토양관비재배법)이라고 할 수 있다.

관비재배 초기에는 작물의 생육과 품질이 향상되는 효과를 보이게 되지만 수확중·후반기에는 오히려 작물의 노화가 빨라지거나 또다른 생리장애나 병해충 문제가 발생하는 경우도 있다.

토양양액재배법을 성공적으로 실용화하기 위해서는 작물의 영양생리에 적합한 새로운 양액조성방법이 필요하게 되며, 또한 정확한 수분관리를 위한 새로운 토양개량기술의 개발과 관비시스템의 구성이 요구된다.

본 연구는 대다수의 시설과채류 농가가 직면하고 있는 연작장애를 회피하고 작물의 생육과 품질을 증진시킬 수 있는 실용적 토양양액재배법을 개발,

보급하기 위하여 이에 관련된 새로운 관비재배용 비료의 개발, 재배시스템의 개발은 물론 농가에 직접 적용할 수 있는 실용재배지침을 마련하는데 연구목표를 두고 추진하고자 하였다.

특히, 기존에 설치되어 있는 관수장치를 그대로 이용하거나 작물의 종류에 따라 저비용의 새로운 관수시스템을 설치함으로써 대다수의 농가가 재투자없이 고도의 과학영농기술을 접목할 수 있도록 함으로써 농가의 기술경쟁력을 단기간에 한층 강화시키는데 연구 배경을 두었다.

1. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

토양양액재배법은 엄격한 의미에서 관비재배법에 속하지만 토양을 이용한 양액재배로 분류도 가능하다. 따라서, 당면과제가 되는 액체비료, 인공배지의 혼합과 물리성 개량법, 플라스틱 간이재배조, 급액장치 등의 개발은 물론 재배관련 기술노하우를 개발하는 것이 시급하다.

시설원예가 발전된 화란, 일본 등의 경우 순환식 양액재배법이나 지하수와 단절된 토양양액재배법, 소량토양격리상 재배법을 통하여 작물 생산이 이루어지기 때문에 지하수 환경오염의 문제도 동시에 해결할 수 있어 환경보존형 농업기술로 중요한 위치를 점하고 있다.

나. 경제·산업적 측면

양액재배 시스템의 설치 단가는 5~8만원/평으로써 초기 투자비가 많아 도입 농가에 부담이 되고 있는 반면, 토양양액재배법은 기존에 설치되어 있

는 관수 장치를 최대한 활용하고, 추가로 저비용의 기본적인 관수 장치를 설치하므로써 설치비는 1만원/평 이하로 매우 저렴하다.

또한, 기존의 토양재배에서는 퇴비 조성, 추비용 화학비료의 사용 등에 연간 2만원/평이 소요되고 양액재배 농가도 양액 조제용 비료 구입에 연간 2만원/평 정도가 소요되지만, 토양양액재배법의 경우에는 연간 1.5만원/평 정도로 토양재배나 양액재배에 비해 비료 비용을 5천원/평 이상 절감할 수 있다.

토양재배의 경우 작부 전환시 경운, 시비 등 중작업이 소요되지만 토양양액재배법의 경우 작토층이 매우 얇기 때문에 경운 등에 중작업이 필요 없거나 새로운 토양(인공토양)을 소량 투입하므로써 작부 전환이 끝나기 때문에 생력 효과가 크며 시비와 관수 관리를 자동화할 수 있기 때문에 전반적인 재배관리 비용을 절감할 수 있는 장점을 갖고 있다.

2000년 이후 지하수로의 농약, 비료, 오염수의 배출에 관한 환경규제가 강화되면 지하수와 격리된 상태로 재배하는 토양양액재배법 또는 양액재배로의 전환이 불가피하기 때문에 이 분야의 기술개발은 환경관리 비용을 절감할 수 있는 장점도 있다.

다. 사회·문화적 측면

노후화된 시설을 갖고 있거나 연작장해의 피해가 심각한 농가에서는 영농의 위기를 벗어나고자 양액재배를 도입하려는 농가가 늘고 있지만 초기 설비 투자비가 과다하기 때문에 이를 극복하기 위한 방법으로써 토양양액재배법은 중요한 생산기술분야이다.

양액재배 기술분야는 산·학·연 공동연구가 활발하게 진행되어 최근 10년간 상당히 많은 기술적 노하우가 진전되어 있지만 실질적으로 농가 현장

에서는 기존에 경작하고 있는 시설과 토양을 그대로 이용하여 연작장해를 회피하고 작물의 생육과 품질을 향상시킬 수 있는 효율적인 토양양액재배법의 개발과 응용이 절실한 상황이라고 할 수 있다.

2. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

가. 지금까지의 연구개발 실적

본 연구는 토양양액재배기술체계를 확립하기 위하여 첫째, 이랑 및 관비 시스템의 구축 둘째, 양액조성과 급배액관리기술 셋째, 지속적 생산을 위한 제염, 토양소독법의 개발 그리고, 추비관리 및 환경조절을 통한 수량 증대와 품질향상기술 등으로 세분하여 연구가 수행되었다.

이 외에도 세가지의 전용 부자재의 개발이 이루어졌는데 첫째, 작물의 종류와 토양 특성, 시설내 미기상 환경요인 등과 상호 관련되어 달라지는 식물 영양대사를 방해하지 않고 정상적 생육을 기대할 수 있는 토양양액재배용 양액을 개발하였고 둘째, 토양의 물리화학성의 개량을 위한 인공배양토의 종류와 첨가 방법 셋째, 이랑 조성시 요구되는 멀칭용 필름과 간이형 플라스틱재배조의 개발이었다.

본 연구에서는 이랑의 폭과 높이 등을 달리 하여 작물의 수광성과 재배자의 작업성을 효율적으로 개선하였고, 인공배지를 토양에 적정 비율로 혼합하여 작물 근권환경을 개선함으로써 과채류의 생육과 수량을 높일 수 있음을 확인하였다. 또한, 생육단계별, 계절별 추비요령과 초세진단 및 대응기술에 대하여 구체적인 실증실험을 거쳐 매뉴얼화 하였다.

이외에도 정식전후의 토양관리기술, 작기 종료후 제염과 토양소독법 등 토양양액재배에 관련된 재배과정을 실험을 거쳐 지침서로 작성하였으며 2-3

차년도 기간에 많은 시범농가를 선정하여 현장 적용실험을 하였던 결과에서도 성과가 높았다.

본 연구는 토마토, 방울토마토, 오이, 고추 등 주요 과채류에 제한하여 양액의 급배액관리, 추비관리, 환경관리 등에 대하여 연구 개발하였지만 희망농가에 선별적으로 적용한 파프리카, 멜론, 호박, 국화 등에도 재배 성과가 좋았으므로 타작목으로의 확대 적용도 충분히 가능할 것으로 판단된다.

나. 현 기술상태의 취약성

토양양액재배법에 관한 기존의 연구성과는 거의 전무한 실정이었다. 본 연구기간에 전 과정을 취급하여 연구개발에 완벽을 기하고자 하였으나 아래와 같은 몇가지 부분에서는 보완하여야할 사항이 있는 것으로 사료된다.

- 1) 토양소독기술의 보완 : 토양증기소독법 또는 유용미생물 이용기술
- 2) 토양과 식물체 간이신속진단에 의한 시비량 조절기술
- 3) 토양의 전력증 제초제, 농약, 홀몬류 등에 대한 대응 방안
- 4) 3작기 이상 연용시 미량원소 및 각종 염류집적 패턴의 실제조사

그러나, 스페인, 이스라엘, 네덜란드 등 광범위하게 토양양액재배가 이용되고 있는 국가들로부터 수집된 정보에 의하면 본 연구의 내용은 (1)과 (3)을 제외하고는 작물에 큰 영향이 없는 것으로 추정되고 있다.

장차, 양액재배와 토양양액재배에 겸용으로 사용할 수 있는 비료의 개발도 요구되며, 작물의 종류 및 품종 특성에 따라 비료의 사용 예가 분명하게 제시된다면 과실의 품질과 작물의 초세조절이 용이해질 것으로 판단된다.

본 연구에서 토양의 물리성 개량제로 이용된 재료 이외에 또다른 유기질

배지(훈탄, 톱밥 등)과 무기배지(마사토, 자갈 등)과 혼합하여 사용할 때에도 관수시기나 급액농도 등에 대한 구체적인 연구도 수행될 필요가 있을 것이다.

특히, 연구내용에 포함하지 못한 작물과 품종별 양액관리에 대한 정확한 연구도 수행되어야 할 것이다.

3. 앞으로 전망

농업생산의 기술개발은 소수 농가를 대상으로 하는 것보다는 다수의 농가에 직접 적용이 가능한 기술개발을 중심으로 이루어지는 것이 시의적이다. 네덜란드, 이스라엘, 일본 등 시설원예가 발전된 국가에서는 농업연구기관, 대학을 중심으로 양액재배와 함께 토양양액재배법에 관한 연구개발이 많이 이루어져 실용화가 진전되어 있는데 비하여 국내의 경우 아직 이 분야에 관한 집중적인 연구개발이 이루어지지 못하고 있다.

토양양액재배법의 경우 초기 투자를 줄이면서 손쉽게 과학영농기술을 접목시킬 수 있는 재배법으로써 중요도가 크지만, 국내에서는 정확한 지침이 없어 무분별한 화학비료의 남용과 농약의 과다 사용 등으로 인하여 토양 연작장애는 물론 환경오염 문제를 야기시키고 있으며, 더 나아가 국민의 건강에도 위협을 주고 있는 상황이다.

따라서, 기존의 시설 토양재배 농가에 과학영농기술의 접목이 가능한 토양양액재배법에 관련된 자재나 기기의 개발은 물론 집중적인 기술개발을 통하여 투자비를 줄이면서 국내 대다수 시설원예농가가 수익성을 보장받을 수 있도록 이 분야에 관한 연구개발이 집중적으로 이루어질 필요가 있다.

토양양액재배 분야는 토양과의 water table을 연결시키지 않고 작물을 생산할 수 있고, 특히 작물에 공급하는 수분과 비료의 양을 최소화시켜 작물

이 흡수 가능한 수준을 목표로 공급하기 때문에 지하로 배출되는 양이 적거나 거의 없다. 특히, 또는 격리상이나 토양층진 재배조 등을 이용한 순환식 관비시스템을 구축할 경우 지하 배출이 없이 계속적으로 물을 순환시켜 작물을 재배할 수 있으므로 환경보전적 차원에서 미래지향적 생산기술 분야로 자리잡고 있다.

국내에서도 비료와 농약, 물의 폐기 비용을 절감하고 2차적인 환경오염 문제를 해결하기 위하여 순환식 토양양액재배법으로의 일대 전환이 닥쳐올 것으로 예상되고 있지만 아직은 이에 대응한 기술적 know-how가 태부족인 실정이다.

토양양액재배법은 다수 농가에서 문제의 심각성이 커지고 있는 연작장해를 회피하기 위한 방법의 하나로 활용성이 클 것이다. 또한, 불량한 토양환경속에서도 작물의 영양흡수를 인위적으로 조절 가능한 재배법으로 발전 가능성이 크기 때문에 작물의 품질 및 생산성을 크게 향상시킬 수 있는 기술로써 주목되고 있다.

장래 과채류 이외의 재배품목으로 절화류, 엽채류 등에 대한 적용 연구가 따를 경우 토양양액재배법을 도입하려는 농가의 수가 단기간에 크게 확대되어갈 것으로 전망된다.

4. 기술도입의 타당성

토양양액재배용 부자재들은 아직 국산화가 미흡하고 토양재배를 하고 있는 대부분의 시설원에 농가가 대상이 되기 때문에 관련 자재나 기술이 국산화되지 않을 경우 기술적 측면이나 경제적 측면의 손실이 클 것이다.

본 연구에서 개발하고자 하는 토양양액재배용 자재, 장치는 물론 관련 기술은 시설원에 대다수 농가에서 요구하는 현장애로과제로써 빠른 시간내

에 집중적인 연구개발이 필요하고 국산화 요구도가 매우 큰 분야로 판단된다.

토양양액재배법의 경우는 기존에 시설원예 농가가 재투자의 비용을 줄이면서 양액재배에서 정립된 과학영농기술을 접목시킬 수 있는 실용적인 농업기술의 개발방향으로 우리나라의 기후와 토질여건 및 작물의 특성, 재배자의 사고능력 등이 총체적으로 고려되어야 하기 때문에 외국으로부터 기술을 도입하는 것은 현실적으로 어려운 분야로 판단된다.

아직은 국내에 이 분야에 대한 연구사례나 개발할 제품에 대한 정보가 매우 미흡하기 때문에 토양양액재배법이 성행하고 있는 네덜란드, 이스라엘, 스페인, 일본, 미국 등지로부터 관련 기술정보를 수집하고 이용하는데 더욱 노력해야할 필요성이 있다.

제 2 절 연구개발의 목표와 내용

본 연구는 초기 투자비도 적고 기술적인 농가부담도 적은 생산기술로써 토양양액재배법을 조기에 체계화시키는데 목표를 두고 우선 고소득 지향형 플라스틱하우스 시설 농가의 대부분을 차지하고 있는 과채류 작목을 중심으로 연구하였으며, 토양양액재배와 관련된 부자재나 장치의 개발과 함께 작목별로 계량화된 관리 지침서를 작성하는데까지 연구내용을 포함하였다.

1. 토양유형별 시비기준의 적정화

가. 시설원에 토양의 염류집적 패턴 추적

시설농가에서 수집한 토양의 이화학적 특성을 조사한 다음 연작지에서 발생하는 염류집적의 패턴을 추적하여 염류집적 과정과 이를 피할 수 있는 관수 시비 기술을 계량화하고자 생육단계별 급액 EC와 급액량 변화에 따른 토양의 염류집적 과정을 정량화 하였다.

나. 인공배지 첨가에 의한 토양개량기술 개발

토양을 개량하기 위한 목표를 제시하고 이를 표준화하기 위하여 인공배지의 첨가방법을 여러가지 시험을 통하여 제시하고자 하였다. 인공배지의 경우 이화학적으로 안정성이 강하고 환경오염의 우려가 없으며 구입과 취급이 용이한 왕겨, 펄라이트, 입상암면, 피트 등을 재료로 이용하였다.

다. 토양 유형별 시비관리 적정화 기술개발

시설 농가에서 수집한 토양을 물리화학적 특성을 기준으로 유형을 분류한 다음 각각의 토성에 적합한 관수 및 시비기준을 설정하여 작물 재배 시험을 수행함으로써 공급되는 영양과 작물이 흡수한 영양, 그리고 토양에 잔류되는 영양의 정량분석을 통하여 무기원소 종류별 동태를 계수화하고, 이를 기초로 하여 작물의 성장반응을 검토하였다.

2. 토양양액재배용 부자재의 개발과 이용기술 개발

국내에서 이용 가능하거나 본 연구팀이 구상하고 있는 다양한 부자재의 기술적 검토를 수행하고, 토양양액재배에 관련된 부자재의 개발이 체계화되어 있는 네덜란드, 스페인, 이스라엘 등으로 부터 관련 기술을 수집하여 국내 기후와 풍토, 재배환경 등에 적합한 부자재를 개발하고 이용기술을 체계화하고 하였다.

가. 액체비료의 개발과 활용기술

국내·외에서 시판되고 있는 토양관비재배 및 양액재배 겸용 복합비료, 예를 들면 이스라엘 “폴리피드” 등과 같은 비료와 비교하여 작물 공통으로 이용 가능하고 근권의 화학적 부담이 적은 양액을 조성하고자 하였다. 특히, 과채류의 품질을 높일 수 있도록 추비 프로그램을 작성하였다.

나. 토양양액재배용 재배조의 구성과 이용

토양양액재배용 재배조 제품들을 수집, 분석하여 각 작물별로 적합한 형태의 재배조 모형을 개발하였는데 토양격리형 재배조 또는 지중매설형 재배조 등을 다양하게 검토하여 작물 공통으로 사용이 가능한 범용 형태의 재배조 모형을 개발하고 재배실험을 수행하였다.

다. 작물 개체형 수분센서를 이용한 신개념 급액지령장치의 구성과 이용

토양장력식 센서를 이용하여 작물 개체별로 급액튜브로부터 관수와 시비가 가능한 수분센서('95년 연구소 산·학·연 공동개발 제품)를 이용하여 표준 관수시비지령시스템을 구축하였고, 기존에 설치된 급액펌프와 양액탱크(원액 A, B)를 그대로 활용할 수 있도록 급액지령시스템을 연결하여 여기에 별도로 산도, 온도 조절기능을 추가로 부착할 수 있도록 능가보급형으로 설계하였다.

3. 토양소독 및 배액 재활용 기술개발과 이용

토양양액재배의 경우 배액량이 매우 적기 때문에 폐액의 집액은 매우 적지만 집액탱크를 설치하여 집수된 폐액에 미생물 첨가, 살균제 처리, 모래여과, 활성탄 여과 등의 방법으로 정화처리하여 다양하게 비교 분석하였다. 또한, 폐쇄식 토양살균소독시스템으로써 화학제처리법 또는 토양증기살균법, 태양열소독법 등의 사용 가능성을 타진하고 농가에서 이용 가능한 방법을 농가가 자율적으로 선택할 수 있도록 다양하게 제시하였다.

4. 작물별 토양양액재배기술의 계량화 추진 및 작물별 재배 지침서 발간

토마토, 오이, 고추 등을 대상으로 다양한 토양유형별 양액조성 및 급액 방법, 재배조의 모형 등에 대한 적용 양상을 계량화시켜 농가에서 활용 가능한 재배지침서로 작성하였으며 재배 지침서에는 시설 환경요인 변화에 따라 달라지는 작물의 생육, 수량 및 품질 반응을 계량화한 자료를 포함시킴으로써 농가에게 작물 재배에 관한 전반적인 지식과 본 연구에서 개발된 부자재의 이용법, 현장사례별 수시과제의 해결방법(trouble shooting manual) 등을 숙지시킬 수 있도록 작성하였다.

5. 기타 현장애로과제의 수시 해결

토양양액재배 시스템을 설치했거나 희망농가중 전남, 전북, 광주 경남지역에 30여개 이상의 시범농가를 선정하여 지도 관리하고, 수시로 발생하는 문제에 대하여 사례별 대응기술로 작성하여 재배 지침서에 포함하였다.

제 3 절 기대효과 및 활용방안

1. 기대효과

가. 기술적 측면

- 1) 기존의 대다수 시설 토양재배농가에 대하여 첨단과학영농기술인 양액재배의 장점을 접목시키므로써 고품질 시설과채류의 안정 다수확 생산기술기반을 조성
- 2) 기존의 연구성과가 전무한 실정인 토양양액재배법의 조속한 확립과 국내 시설농가의 논리와 체형에 적합한 새로운 관비재배시스템 및 재배기술을 개발함으로써 신영농기술의 국산화 기여 및 보급확대
- 3) 장차 GR, NR에 대비하여 환경오염이 없는 환경보전형 농업을 전개하기 위해서는 순환식 양액재배법이나 지하수와 단절된 토양양액재배법, 소량토양격리상재배법의 채용이 불가피함
- 4) 시설원에 농가의 토양을 유형별로 분류하고, 이에 적합한 토양양액재배법을 확립하므로써 연작장해 회피 및 청정 과채류 생산에 기여
- 5) 타 재배방식에 비해 자동화가 용이하므로 장래 생력적 농업기술로써 보급 확대

- 6) 연구 성과를 직접 농가현장에 적용할 수 있게 사전 실용화 연구를 추진하며, 특히 연구종료후 실용 재배기술지침서 발간과 함께 연구 세미나를 개최함으로써 기술보급을 촉진시킬 수 있음
- 7) 다수의 과채류 시설토양재배 농가현장의 애로기술을 해결할 수 있고 엽채류, 절화류 등 타종 원예작물에 보급을 확대할 수 있음

나. 경제적 측면

- 1) 기존의 토양재배에 있어서는 경운, 시비, 비료 및 농약 사용 등에 중작업이 소요되었지만 토양양액재배방식의 경우 기계화, 자동화, 장치화를 통하여 양액재배와 유사한 생력효과 기대 및 경영비 절감
- 2) 토양의 염류집적 피해를 회피할 수 있기 때문에 과채류의 생산성 및 품질을 안정화시켜 농가소득 증대에 기여할 수 있으며 물, 농약 및 비료의 사용량을 절감하여 생산비 절감에 기여
- 3) 비료와 농약의 지하 배출을 감소시킬 수 있으므로 환경관리 비용을 크게 절감할 수 있음
- 4) 양액재배시스템의 설치단가는 5~8만원/평으로써 초기 투자비가 많아 보급제한요인이 되고 있는 반면, 토양양액재배법은 기존에 설치되어 있는 관수장치를 최대한 활용하고, 추가로 저비용의 기본적인 관수 장치를 설치하므로써 설치비는 1.5만원/평 이하로 양액재배방식에 비하여 4~7만원/평 절감 가능

- 5) 기존 토양재배에서는 퇴비조성, 추비용 화학비료의 사용 등에 연간 2만원/평이 소요되고 양액재배 농가에서도 비료의 구입비용이 연간 2만원/평 정도가 소요되지만 토양양액재배방식의 경우에는 연간 1.5만원/평 정도로 토양재배나 양액재배 방식에 비해 비료 비용도 연간 5천원/평 이상 절감 가능
- 6) 일반 토양재배방식보다 과채류의 생산성을 최소한 150% 이상 증수할 수 있으며, 품질향상을 극대화함으로써 농가소득의 증진에도 크게 기여

다. 산업적 측면

- 1) 토양재배에 비하여 토양양액재배의 경우 기계화, 자동화를 통하여 작업관리를 생력화할 수 있으므로 농가당 경영규모를 확대 가능
- 2) 지역적으로 토양특성과 재배작목, 재배기술 수준 등이 유사하므로 토양양액재배법의 보급을 통하여 집단화가 가능하며, 따라서 유통시설 및 물류의 첨단화, 수출농업의 육성 등을 목표로 수출영농의 구현과 시설구조 개선 및 현대화 사업의 질적 보완 가능
- 3) 토양양액재배법의 경우 유리온실 보급, 양액재배농가 확대 등 정부가 추진하고 있는 시책사업에 비하여 적은 투자 재원으로 다수 농가에 지원이 가능하며, 투자에 대한 성과도 크게 높일 수 있는 장점이 있으므로 정부 투자의 균등한 분배로 농민의 위화감, 소외감 등을 방지할 수 있음

- 4) 젊고 유능한 생산자에게 과학영농기술을 통한 새로운 농업문화 창조의 비전을 제시할 수 있으며, 그 결과 농촌사회의 공동화, 고령화 현상 등 여러 문제를 어느 정도 해결할 수 있음
- 5) 노후화 시설을 소유한 농가나 연작장해 피해농가를 위한 새로운 재배기법으로 토양관비재배법의 보급이 유력하며, 과채류 뿐만 아니라 대부분의 채소, 화훼, 과수 등에도 적용이 가능하므로 우리 나라의 원예 생산기술을 단기간에 선진국 수준으로 도달시킬 수 있음

2. 활용방안

- 가. 시설원예개보수사업, 유리온실 및 플라스틱하우스 현대화 사업, 시설채소화훼생산유통지원사업 등 각종 정부지원사업에 토양양액재배시스템 보급을 추가함으로써 국내 농업기술경쟁력의 획기적 강화
- 나. 수출농단, 작목별 시설영농단지 등에 토양양액재배기술을 접목시켜 적은 투자비용으로 수출경쟁력을 확보할 수 있는 미래지향적 생산기술 대책으로 적극 활용
- 다. 지역별 국공립·민간연구시험장, 전국의 선도농가 및 수출희망농가 등을 대상으로 지역 특성에 적합한 전략작목에 대한 토양양액재배기술을 우선 보급하고 타 작목에 대한 연구과제도 지속적으로 개발
- 라. 연구결과 및 품목별 토양양액재배 지침서를 농림부, 농촌진흥청 및 전국의 농업기술센터 등을 통하여 실용기술로 보급

제 2 장 토양유형별 시비기준의 적정화

제 1 절 시설토양의 물리화학적 특성 분석

1. 시설농가의 토양 물리화학적 특성 조사

표 2-1. 용기용수량 상태의 물리적 특성 분석방법

① Weight oven-dried mix (W_m)

② Calculate bulk volume of mix (V_b)

$$V_b = V_{mix} + V_{water} + V_{air}$$

③ Calculate bulk density of mix (ρ_b)

$$\rho_b = \frac{W_m}{V_b}$$

④ Calculate total porosity (E)

$$E = 1 - \frac{\rho_r}{\rho_b} \times 100 \quad (\text{단, } \rho_r \text{은 mineral로 } 2.65)$$

⑤ Calculate volumetric moisture content (P_v)

Weight of clay at container capacity (W_c)

$$P_v = \frac{W_g - W_c}{V_b}$$

⑥ Calculate air-filled porosity (E_a)

$$E_a = E - P_v$$

토양양액재배를 성공적으로 추진해 나가기 위해서는 토양이 갖는 물리성(통기력, 배수력, 보수력)과 화학적 특성(염류성분과 농도, 산도, 양이온치환능, 무기원소 성분함량과 비율) 등이 작물 재배에 적합해야 한다.

97-99년 기간동안 광주·전남·경남지역 과채류 시설재배 농가에서 채취한 토양 85점을 표 2-1과 같은 방법으로 포장 용수량 상태의 토양의 물리적 특성을 분석하였다(표 2-2). 경작년수는 1~3년 22농가, 4~6년 35농가, 7년 이상 경작농가가 28농가였다.

표 2-2. 시설 재배농가의 물리적 토양 특성 분석 결과

구 분	농가수	보수력 (%)			삼상분포 (%)		
		Pv (보습력)	Ea (공극율)	Pv+Ea (보수력)	고상	액상	기상
사 질 토	6	15.2	13.1	28.3	53.2	16.5	30.3
사질양토	32	21.4	14.2	35.6	51.2	20.4	28.4
양 토	38	27.1	12.2	39.3	46.7	21.1	32.2
식 양 토	9	29.2	15.6	44.8	49.9	21.5	28.6
평 균 (85농가)		24.34	13.38	37.71	49.19	20.55	30.25

시설농가의 대부분은 사질양토와 양토였으며 경작년수가 오래된 농가는 사질토가 많았고 논에서 유래된 시설의 경우 양토와 식양토가 많았다. 85농가의 평균 보습력(Pv)는 24.34%, 공극율(Ea) 13.38%으로써 총보수력은 37.71%로 양호한 편이었다. 고상은 49.19%, 액상 20.55% 및 기상 30.35%로 나타났다.

토양은 무기염류(mineral matter), 유기물(organic matter), 물, 공기

등으로 이루어지며, 식물 생육에 적절한 조건은 45% mineral matter, 5% organic matter, 25% 물, 25% 공극율(air space)이다.

표 2-3. 시설오이농가의 화학적 토양 특성 분석 결과 (99. 10월 기준)

EC	pH	Organic matter(%)	NO ₃ -N (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (me/100g)	Ca (me/100g)	Mg (me/100g)
5.1 이상	6.37	5.18	431.5	1,643.7	3.25	11.14	4.00
4.6~5.0	6.65	4.41	179.0	1,884.8	4.23	15.64	4.95
4.1~4.5	6.82	4.39	289.5	1,902.8	3.53	15.40	4.67
3.6~4.0	6.11	4.35	285.8	1,634.7	2.62	12.02	3.50
3.1~3.5	6.58	4.30	242.7	1,986.4	3.20	13.05	3.81
2.6~3.0	6.28	4.80	185.2	1,801.2	1.27	11.13	3.01
2.1~2.5	6.63	4.29	120.8	1,508.8	2.68	11.20	2.72
1.6~2.0	6.33	4.25	62.5	1,463.7	3.37	10.87	2.68
1.1~1.5	6.56	4.26	48.5	1,574.6	3.56	10.86	2.57
0.6~1.0	6.59	3.91	34.6	1,433.0	1.85	8.82	2.12
0.5 이하	6.68	4.45	79.5	1,353.4	3.18	12.15	3.04
평균 2.03	6.54	4.26	116.2	1,588.0	2.82	11.12	2.91

(주) 샘플수 : 125점

시설 오이재배 농가의 토양 125점에 대한 토양검정 결과를 토양용액농도 (EC)별로 pH, 유기물 함량(organic matter, %), 질산태질소 함량(NO₃-N, ppm) 인산 함량(P₂O₅, ppm),加里 함량(K, me/100g), 칼슘 함량(Ca, me/100g), 마그네슘 함량(Mg, me/100g) 등을 비교한 결과는 표 2-3과 같다.

토양 pH 수준과 Ca 함량은 정의 상관관계가 인정되었으며(그림 2-1), 토양의 EC 수준은 NO₃-N 함량의 증가와 유의적인 상관이 있었다(그림 2-2).

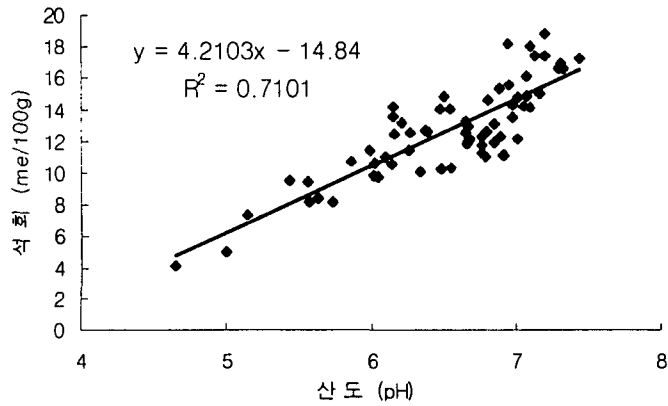


그림 2-1. 시설농가의 토양 pH와 칼슘 성분 농도의 관계
(샘플 수 : 125점)

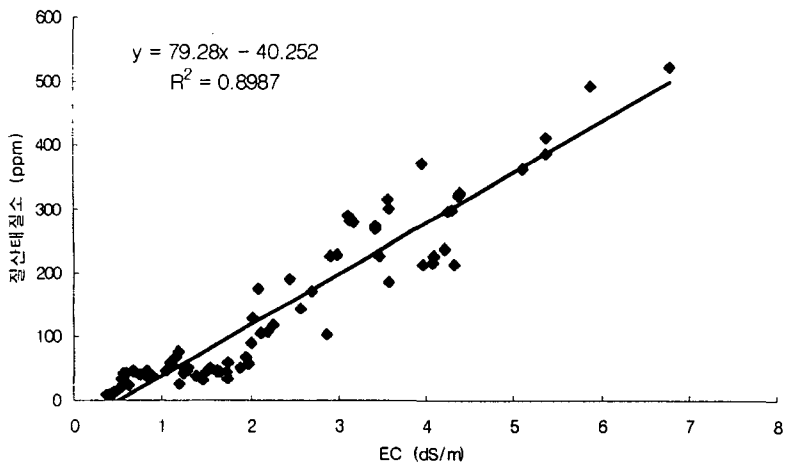


그림 2-2. 시설농가의 토양 EC와 질산태질소 성분 농도의 관계
(샘플 수 : 125점)

2. 시설원에 토양의 염류집적 패턴

기본적으로 염류집적에 의해 양분균형이 붕괴되는 토양구조와 양분균형이 양호한 토양의 패턴은 그림 2-3과 같다.

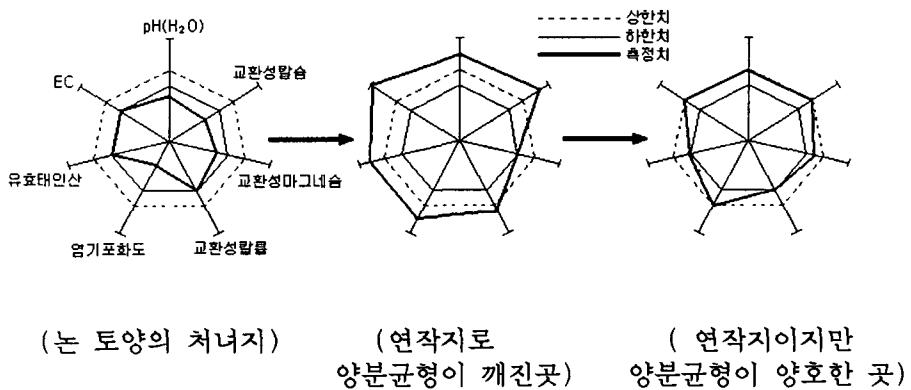


그림 2-3. 연작지의 화학성 구조와 염류패턴 (藤原, 94)

국내 토양에서는 표 2-3과 같이 질산태질소와 인산 함량이 매우 높고 석회 함량 수준이 높아지면서 EC가 높아짐에도 불구하고, 토양 산도는 pH 6.5 수준으로 안정된 결과를 보이고 있다.

질산태질소의 함량과 토양 EC를 비교하여 시비와 관수를 설정하는 예는 일본 고지현 농업시험장의 결과(표 2-4)에서 볼 수 있다.

기본적인 염류패턴을 추적하기 위한 토심별 농도(EC)와 산도(pH)를 측정한 결과는 표 2-5와 같다.

표 2-4. 논을 이용한 시설토양의 EC와 질소량 관계 (高知縣農試, 1994)

토양 EC 1 : 2 (dS/m)	예상되는 NO ₃ -N량 (kg/10a)	질소량에 대한 판 정	대 책
0.2 이하	4 이하	매우 부족	추비를 요한다
0.2~0.4	1~7	부족~약간 부족	추비를 요한다
0.4~0.6	4~15	약간 부족~적량	생육상황에 따라 추비
0.6~0.9	6~25	적량	추비는 불필요
0.9~1.2	11~28	적량~약간 과다	추비는 불필요
1.2~1.5	16~40	약간 과다~과잉	관수를 많게 한다
1.5~2.0	20~50	과잉	다량 관수하여 비료를 씻는다
2.0 이상	30 이상	매우 과잉	여러번 다량관수하여 비료를 씻는다.

(주) 건토: 물 = 1:5 추출액에서는 dS/m 값의 2배가 1:2 근사치가 된다.

표 2-5. 양액급액에 따른 토심별 농도 및 산도변화

(단위 : dS/m, 25°C H₂O)

월 · 일 토심(cm)	9월 5일		9월 20일		10월 5일		평균	
	EC	pH	EC	pH	EC	pH	EC	pH
0~10	1.62	5.90	1.91	6.12	1.45	6.15	1.66	6.06
11~20	1.47	6.12	1.32	6.54	1.37	6.23	1.39	6.30
21~30	1.13	6.14	1.12	6.78	1.08	6.56	1.11	6.49

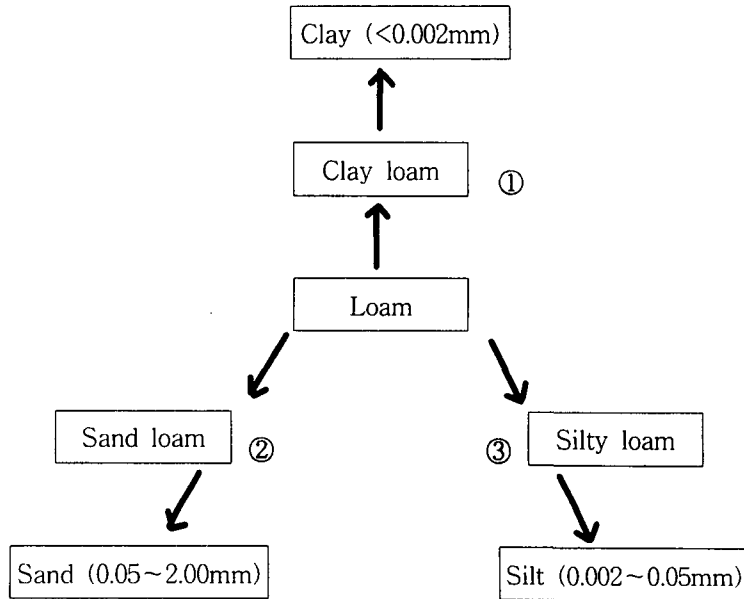
(주) 측정시간 : 오전 9시, 측정방법: Saturation Extracts Analysis

토심이 깊어질수록 EC는 점차 감소한 것으로 나타나 영양성분은 토심이 얇을수록 많은 양이 집적되는 반면 깊은 토심에서는 적게 집적됨을 알 수 있다. 토심별 pH의 변화를 보면 토심이 얇은 0~10cm에서는 pH가 상대적으로 낮았던 반면 토심이 깊어질수록 pH의 값은 상승하였으나 거의 모든 조사구에서의 pH는 작물재배에 있어서 적정 수준인 5.90~6.78 범위를 나타내었다.

제 2 절 인공배지 첨가에 의한 토양개량 기술개발

1. 토양 유형의 분류

토양의 유형은 그림 2-4와 같이 진흙(clay), 모래(sand), 미사(silt)의 조성 비율에 따라 사질양토(sand loam), 식양토(silty loam), 양토(loam) 등으로 구분된다.



{ ① Increasing clay ② Increasing sand ③ Increasing slit }

그림 2-4. 물리성에 기초한 토양의 분류 (mm ; 입도)

토양은 무기염류(mineral matter), 유기물(organic matter), 물, 공기 등으로 이루어지며, 식물 생육에 적절한 조건은 45% mineral matter, 5% organic matter, 25% 물, 25% 공극율(air space)이다.

토양중의 mineral과 organic matter의 종류와 양에 따라서 물리화학성이 달라지며 여러 가지의 필수원소와 그들의 반응물 등에 의하여 산도, 총염류 농도 등이 달라진다. 특히, 재배토양의 경우에는 뿌리의 분비물과 유기물의 부속도, 잔류된 화학제 성분이온과 물질 등에 의하여 매우 복잡한 양상을 띠고 있다.

시설농가의 대부분은 사질양토이며 논에서 조성된 경우 양토와 식양토가 된다. 사질토나 사질 양토의 경우 보수력이 강한 개량재의 투입을 그리고, 식양토나 점토질의 경우에는 배수성과 공극률을 증대시킬 수 있는 개량재를 투입할 필요가 있다.

2. 인공배지 첨가에 의한 물리성 개선

표 2-6. 주요 배지의 특성

Medium	Capillary rise (cm)	Water absorption (%, v/v)	Percolation
Soil	18	21	very slow
Peat-mix	30	27	slow
Vermiculite	29	21	fast
Perlite	41	17	fast
Rockwool	10	17	fast

인공상토로 널리 사용되는 배지와 토양의 모관수력(capillary rise), 보수력(water absorption), 수분침투력(percolation) 등을 비교한 것으로 작물

재배용 인공배지는 이들 수분 특성을 잘 갖추고 있어야 한다.(표 2-6)

본 실험에서는 이화학적으로 안정되고 환경오염의 우려가 없는 재료로써 왕겨, 코코피트, 펄라이트를 선정하여 기존의 시설토양에 일정 용적비율로 첨가하여 토양의 물리성을 개량하고자 하였다.

왕겨의 경우 생왕겨를 그대로 사용하였고(표 2-7), 토양에 일정 비율로 혼합하여 Pv(보수력), Ea(공극률), water infiltration rate(수분침투율) 등의 물리적 특성을 비교하였으며, 그 혼합 비율은 용적비로써 토양:왕겨=7:3, 토양:왕겨=6:4, 토양:펄라이트=7:3, 토양:펄라이트=6:4로 하여 토양단용처리구와 비교 검토하였다.(표 2-8)

표 2-7. 왕겨의 부숙후 물리화학적 특성 변화

구 분	진비중 (g/ml)	용적량 (g/ml)	보수량 (ml/l)	pH (KCl)	건물내 성분 함량(%)		
					N	P	K
왕겨 (중기소독)	1.59	0.30	180	6.4	0.1	0.1	0.1
부숙왕겨 (6개월부숙)	1.79	0.66	470	6.4	2.0	2.8	1.2

표 2-8. 인공배지 첨가비율에 따른 토양의 물리적특성 변화

혼합비율(v/v)	Pv(%)	Ea(%)	PV+Ea(%)	Water infiltration rate(cm/sec)
토양 + 왕겨 = 7 : 3	29	16	45	1.01
토양 + 왕겨 = 6 : 4	27	18	45	1.24
토양 + 피트 = 8 : 2	40	13	53	0.75
토양 + 피트 = 7 : 3	48	15	63	0.83
토양+펄라이트= 7 : 3	37	15	52	1.08
토양+펄라이트= 6 : 4	39	20	59	1.35
토양단용	29	11	40	0.65

(주) 측정에 사용된 아크릴포트 : ϕ (10cm), H(15cm), Volume(1.18l)

따라서, [Pv+Ea]를 합한 총보수력은 양액재배에 적합한 수준이 45 ~ 65% 이므로 대부분의 혼합배지가 토양양액재배에 적합한 물리적 특성을 갖고 있었으며, 인공배지의 첨가에 따른 각 처리별 물리적 특성을 비교하여 보면 펄라이트의 경우 공극률은 높아졌지만 보수력은 저하하였고 코코피트의 첨가량이 많아 질수록 보수력은 높아졌지만 배수성이 저하하는 특성을 보인다.

왕겨 혼합배지의 경우 사용 도중에 부숙에 의한 보수력, 공극률의 변화가 예상되었지만 2작기 종료까지는 부숙되지 않았으며 이 후 과정에 대해서는 새로운 왕겨의 추가 혼합이 필요하였으므로 문제가 되지 않았다.

제 3 절 시비기준의 설정

1. 시비 기준의 설정

작물은 흡비력에 따라 영양원소의 농도나 시비량이 달라지고 또한, 작물의 생육단계별로 특정 무기원소의 시비량을 늘려 주지 않으면 수량 증대와 품질의 안정성을 기대하기 어렵게 된다. 특히, 계절별 환경 변이나 토양의 물리화학적 특성이 달라질 경우에는 작물의 흡수량도 변화하므로 이에 적합한 관수량과 시비농도의 적정화가 구명될 필요가 있게 된다.

과채류는 작목별로 과실 1톤을 생산하는데 필요한 다량요소별 비료량이 달라지며(표 2-9), 토마토에 있어서는 점적관비재배시 계절별 요수량과 양액농도 및 성분농도의 변환이 필요하다고 한 연구결과(표 2-10)가 있다.

표 2-9. 과채류 1톤을 생산하는데 필요한 비료량 (kg)

(松村, 寺島, 川西)

작물명	N	P	K	Ca	Mg
오 이	2.4	0.9	4.0	3.5	0.8
토마토	2.7	0.7	5.1	2.2	0.5
가 지	3.3	0.8	5.1	1.2	0.5
피 망	5.8	1.1	7.4	2.5	0.9
수 박	2.1	0.6	-	-	-
딸 기	3.1	1.4	4.0	-	-

특히, 기존 토양관비재배 농가에서 이용하여 왔던 용과린, 염화加里, 황산석회고토비료 등은 토양 염류집적과 산성화의 원인이 되는 황산이온

(SO_4^{2-})과 염소이온(Cl^-)이 함유되어 있는데 이들 비료를 염류집적과 산성화의 정도가 매우 적은 인산이온(H_2PO_4^-)과 질산태질소이온(NO_3^-)을 함유한 비료로 바꾸어 시비할 필요가 있게 된다.

표 2-10. 토마토의 점적관비재배시 시비 설계 예 (양토-사질양토)

단위 : 농축액 1톤당 비료량, kg

정식후 주	질 산 석 회	질 산 가 리	질 산 암 모 늬	제 인 산 가 리	황 산 가 리	황 산 고 토	l/일	EC (dS/m)
봄작형								
1, 2, 3, 4	44.0	6.0	0	22.0	126.0	50.0	0.4	3.5
5, 6, 7, 8	44.0	25.0	0	22.0	108.0	50.0	0.6	3.0
9, 10, 11	44.0	44.0	0	22.0	68.0	50.0	1.0	2.5
12, 13	44.0	64.0	0	22.0	0	50.0	1.2	2.3
14, 15	60.0	64.0	0	22.0	0	50.0	1.4	2.2
16, 17	76.0	64.0	7.0	22.0	0	50.0	1.6	2.0
18, 19, 20	76.0	64.0	22.0	22.0	0	50.0	1.6	1.8
21, 22, 23, 24, 25	76.0	64.0	30.0	22.0	0	50.0	1.6	1.6
26, 27, 28, 29, 30	76.0	64.0	30.0	22.0	0	50.0	1.6	1.4
가을작형								
1, 2, 3, 4	76.0	64.0	7.0	22.0	0	50.0	0.6	1.4
5, 6, 7, 8	60.0	64.0	0	22.0	0	50.0	0.8	1.5
9, 10	44.0	64.0	0	22.0	0	50.0	1.0	1.8
11, 12	44.0	44.0	0	22.0	68.0	50.0	1.0	2.0
13, 14	44.0	25.0	0	22.0	108.0	50.0	0.8	2.2
15, 16, 17, 18	44.01	0	0	22.0	126.0	50.0	0.4	2.5

자료 : A. P. Papadopoulos. 1994. Agriculture Canada Pub.

(주) 미량요소 STEM(1.45% B, 3.2% Cu, 7.5% Fe, 8.15% Mn, 0.046% Mo, 4.5% Zn) 0.7kg 및 Fe EDTA(13% Fe) 0.5kg를 추가.

2. 토양양액재배 양액조성법 개발

본 연구에서는 주요 시설 과채류인 토마토와 오이의 토양양액재배 시스템을 구축하고 고염류처리구와 저염류처리구를 구분하여 포트(배지 충전량 7ℓ/주) 재배실험을 수행하였다. 또한, 생육단계별로 시비량을 결정하기 위하여 토양양액재배에 적합한 양액(한국온실작물연구소, 1998)을 이용하여 급액농도를 EC 1.1, 2.2, 3.3, 4.4dS/m로 구분하여 재배실험을 수행하였다.

표 2-11. 시비구와 공시 양액조성 목표

시비구	양액조성 목표
고(高)염류처리구	(1) 염소이온 함량 : 2mM (60ppm)이상 (2) 황산이온 함량 : 4mM(84ppm) 이상
저(低)염류처리구	(1) 염소이온 함량 : 0 (2) 황산이온 함량 : 2mM(32ppm)이하

표 2-11에 나타난 것처럼 황산이온이나 염소이온 등 강산성 음이온의 량이 많은 비료의 조합을 고(高)염류처리구, 질산과 인산을 음이온으로 주로 조성하여 황산이온을 감량하고 염소이온의 함유량을 없앤 비료의 조합을 저(低)염류처리구로써 비교 시험하였다. 이를 목표로 미량요소는 일본 원예시험장 표준액을 기준으로 EC 비율에 따라 감량하면서 처리간에 차이가 없도록 하였고, 다량원소 비료를 달리하여 양액을 조성하였다.(표 2-12)

토마토 “하우스모모타로” 품종은 ‘98년 3월 10일 파종하여 4월 15일 정식하였으며 급액 EC는 1.0~1.5dS/m 범위를 기준으로 생육이 진전되면서 농도

를 점검시켰다.

오이 “겨울나기청장오이” 품종은 '98년 2월 21일 파종하여 4월 2일 본엽이 6~7매 전개되었을 때 정식하였으며, 급액 EC는 1.2~1.7dS/m 범위를 기준으로 관리하였고, 전개 엽수가 11매가 되었을 때 급액 EC를 1.7dS/m까지 높였다.

표 2-12. “표 2-10”을 기초로 작성한 토마토, 오이의 양액조성법

(단위 : ppm)

비료의 종류	토 마 토 (EC 1.5dS/m)		오 이 (EC 1.5dS/m)	
	THN-I	THN-II	CHN-I	CHN-II
질산석회 $5[Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O] \cdot NH_4NO_3$	488.1	606.6	493.0	608.5
질산가리 KNO_3	316.7	508.6	393.0	512.3
제1인산가리 KH_2PO_4	64.4	76.1	4.3	76.4
제1인산암모늄 $NH_4H_2PO_4$	48.0	44.0	47.2	42.4
질산고토 $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	286.5	-	200.8	-
황산고토 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	258.2	348.8	295.1	346.5
염화가리 KCl	32.2	-	32.8	-
염화석회 $CaCl_2 \cdot 10H_2O$	48.7	-	49.6	-
황산가리 K_2SO_4	33.2	-	76.4	-

(주) THN-I : 토마토 고염류처리구, THN-II : 토마토 저염류처리구,

CHN-I : 오이 고염류처리구, CHN-II : 오이 저염류처리구

본 실험 결과 고염류처리구에서 토마토, 오이 공히 1작기마다 염류가 집적되면서 토양 EC가 급상승하였다. 특히, 생육단계별로 흡비력이 약한 시기와 강한 시기를 구분하여 EC를 조절하여 급액관리 하였지만 근권 EC의 안정

화 측면에서 매우 불리한 결과를 보였다. 이와는 달리 저염류처리구는 EC 증가가 거의 없어 염류집적의 문제가 없음을 알 수 있다. 또한, 저염류처리구가 고염류처리구에 비하여 토양 pH의 저하가 완만해졌다.

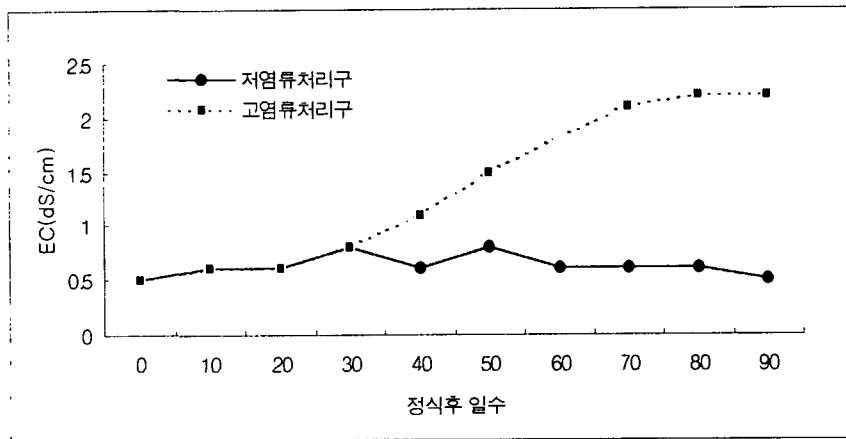


그림 2-5. 양액의 지속적 급액에 따른 근권 EC 변화

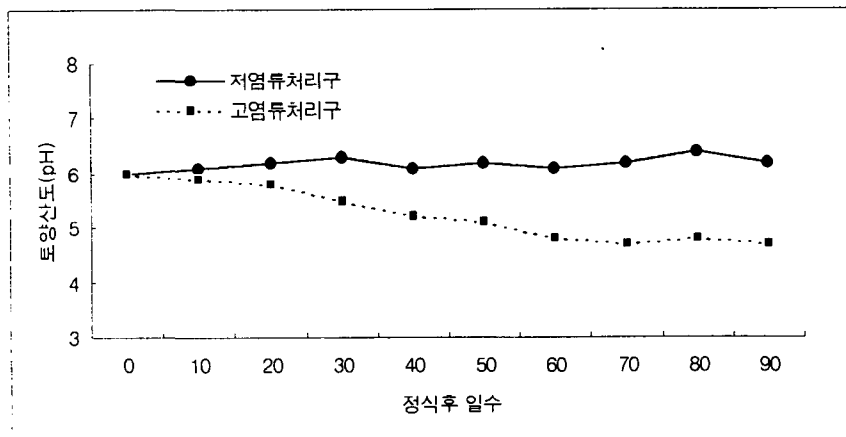


그림 2-6. 양액의 지속적 급액에 따른 근권 pH 변화

3. 계절별 시비량 설정법

봄-여름 작형에서 토마토, 오이의 시비량에 따른 생산성을 비교하기 위하여 포트실험을 수행한 결과 표 2-13과 같이 시비수준 즉, EC농도는 작물 종류간에 차이가 인정되었다.

표 2-13. 토마토, 오이의 토양양액재배시 시비수준별 수량, 품질반응
(정식-수확 : 봄-여름 작형 기준)

양액 농도 (dS/m)	토마토 수량 (kg/株)			오이 수량 (kg/株)		
	A품	B품	계	A품	B품	계
0.5	2.0	1.8	3.8	1.5	1.1	2.6
1.0	4.0	2.2	6.2	2.8	1.3	4.1
1.5	3.2	1.8	5.0	4.1	1.2	5.3
2.0	2.3	2.5	4.8	3.1	1.4	4.5
3.0	3.5	0.5	4.0	0.7	1.8	2.5

일본에서 수행된 토양 관행재배와 양액토경재배의 실험 결과에서도 표 2-14와 같이 양액토경재배에서 총수량과 상품 수량이 높은 것이 입증된다.

따라서, 토양양액재배는 기비를 전혀 하지 않고 추비만으로 양분 공급이 가능한 기술로써 인정되었으며 작물 생산 과정에서 기비의 의의는 재고될 필요가 있는 것으로 평가된다. 추비만으로 양분 공급이 가능하다면 기비는 생략하든지 또는 소량으로 억제하는 쪽이 작물에 따라서 호적한 생육조건을 부여할 수 있게 된다.

표 2-14. 오이의 질소 시비량과 과실 수량 (六本木, '95년)

작형	시험구	질소시비량 (N kg/10a)	과실 수량 (톤/10a)			A품수량 지 수
			A품	B품	C품	
반촉성재배	관행재배	40	13.7	3.1	3.2	100
	양액토경재배	32	15.2	3.1	3.0	111
억제재배	관행재배	30	6.5	1.0	0.9	100
	양액토경재배	19	6.9	1.0	0.9	106

토양양액재배에서는 작물이 요구하는 양분을 필요한 시기에 필요한 양만큼 공급하는 것이 어느 정도 가능하므로써 비료의 손실 없이 이용 효율을 높일 수 있는 것으로 평가된다.

六本木('95년)은 시설오이 재배실험 결과 토양양액재배는 관행재배에 비하여 반촉성재배에서는 20%, 억제재배에서도 35%의 질소질 비료를 감량하였음에도 불구하고 건전한 질소의 영양 상태가 유지되고, 또한 수량은 양액토경재배에서 증가되었다고 보고하고 있다. 그 원인으로서 토양양액재배는 매일 소량씩 공급된 질소가 효율 좋게 오이에 흡수된 점과 근계의 발달이 현저히 개량된 점이 거론된다.

4. 양액 급액에 따른 토양의 화학적 특성 변화

토양양액재배는 관행재배에 비하여 시비 효율이 향상됨에 따라서 시비량의 대폭적인 절감이 가능하다. 따라서, 시비에 의한 토양으로의 화학적 염류처리가 높아지는 것은 없다. 관행 토양재배에서는 토양 EC가 높아지고 또한 변동도 크지만, 토양양액재배에서는 토양 EC가 안정적으로 낮게 유지될

수 있다.

또한, 토양양액재배에서 사용되는 액비는 작물의 생육에 필요한 대부분의 양분(미량요소 포함)이 함유되어 있고, 황산이온이나 염소 등의 부성분은 사용량이 적거나 함유하고 있지 않으므로 연용하여도 토양에 CaSO_4 등과 같은 염류의 집적은 일어나지 않는다.

표 2-15. 양액농도에 따른 토양의 화학적 특성 변화

Treat. (dS/m)	Date	pH	OM	P ₂ O ₅ (ppm)	K ₂ O (me/100g)	CaO (me/100g)	MgO (me/100g)	NO ₃ (ppm)	CEC	EC (dS/m)
Con.	4/ 4	6.30	1.70	830.0	1.62	4.42	1.08	50.27	8.55	1.58
	4/27	6.40	1.90	931.0	1.39	5.02	1.06	13.29	7.50	1.12
	5/11	6.40	1.90	914.0	1.60	4.84	1.03	42.25	8.40	1.52
1.0	4/ 4	6.50	2.10	1034.0	2.37	3.99	1.29	60.63	9.37	1.55
	4/27	6.50	1.90	1134.0	2.35	4.78	1.39	68.43	9.18	1.57
	5/11	6.34	1.90	999.0	1.60	4.60	1.07	86.37	7.60	1.41
1.5	4/ 4	6.30	2.10	932.0	1.39	3.96	0.99	81.02	9.10	1.67
	4/27	6.52	1.90	1054.0	2.79	6.18	1.14	87.15	8.90	1.65
	5/11	6.36	2.10	1144.0	2.37	5.02	1.18	98.40	8.00	1.67
2.0	4/ 4	6.52	2.00	974.0	1.90	4.78	1.07	101.41	10.20	1.79
	4/27	6.30	2.00	1084.0	1.94	4.14	1.25	101.85	9.13	1.78
	5/11	6.20	2.00	1323.0	2.29	5.63	1.19	128.70	7.50	2.00
2.5	4/ 4	6.52	2.10	1124.0	2.35	4.23	1.11	120.90	9.97	2.00
	4/27	6.40	2.10	1104.0	1.75	6.64	1.32	204.46	8.30	2.41
	5/11	6.41	2.10	1114.0	1.75	7.65	3.87	245.67	8.40	2.73

토양중의 무기원소의 집적형태를 측정하기 위한 결과가 표 2-15이다. 유효인산은 급액농도(EC)가 높을수록 증가하는 경향을 보였으며 가리, 칼슘,

마그네슘 등은 EC 1.0와 1.5dS/m에서는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았으나 EC 2.0과 2.5dS/m 처리구에서는 공급기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였다.

질산태질소 또한 비슷한 경향을 보이고 있다. 특히, EC가 높을수록 토양 중에 잔류되는 질산태질소와 칼슘의 양이 증가하는 결과를 보여 적정 시비 수준은 EC 1.0~1.5dS/m 범위로 판단되었다.

결국, 토양의 물리성이 충분히 개량된 후 토양수분 상태가 적정하게 유지된다면 작물 종류에 무관하게 급액 EC는 1.3~1.7dS/m 범위가 적정한 것으로 판단되었고, 양액을 공급함에 따른 문제점은 발견되지 않았다. 그러나, 수확 초기와 중반에 적극적인 품질 조절과 수량 증대를 목적으로 작물의 종류에 따라 추비 또는 급액농도를 높게 유지할 필요가 있음을 시사하였다.

한편, 본 연구에서는 작기종료후 제염과정을 거칠 경우 집적되기 쉬운 칼슘과 인산, 황산이온에서 유래된 염은 후작의 작물 생육에 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

5. 향후 연구개발 과제

본 연구에서는 시비량의 적정성을 진단할 수 있는 기술로써 식물체내에 직접 센서를 꽂아 측정하는 체내EC저항계(PW-93, Nookoop, 네덜란드) 및 Sap Analysis 및 토양분석자료를 활용한 신속간이분석법을 적용코자 하였으나 시설의 다양성, 작물 생육환경의 변이가 커 농가를 대상으로 표준치를 결정할 수 없었다. 추후 재배자가 쉽게 효율적 시비관리가 가능하게 하기 위해서는 이 분야에 대한 구체적인 연구가 따라야 할 것으로 사료된다.

제 3 장 토양양액재배용 부자재 개발과 이용 기술 개발

제 1 절 액체비료의 개발과 활용기술

1. 국내외 비료의 수집분류 및 새로운 액체 복합비료의 설계

국내에서 양액재배용으로 이용되고 있는 비료의 종류는 [표 3-1]과 같다. 이중 질산칼슘은 노르웨이, 네덜란드, 벨지움, 칠레, 중국, 남아프리카, 일본 등에서 수입되고 있는 것을 이용하고 있으며, 국내에서 생산되고 있는 비료의 종류는 황산마그네슘, 황산칼륨, 제1인산칼륨, 제1인산암모늄, 질산, 인산 등이며 최근들어 질산칼슘이 추가되었고, 나머지 비료는 모두 수입품에 의존되고 있어 이들 비료의 국산화가 매우 시급한 실정이다.

토양 양액재배용 양액을 조제하기 위해서는 농가에서 취급이 용이하고, 염류(Cl^- , SO_4^{2-})의 집적 해가 없는 비료를 선택하여야 하며, 가격이 저렴하고 구입이 용이해야 하며 사용 도중 작물의 생리장해의 우려가 없도록 원소간 균형이 잘 이루어지도록 조제되어야 한다.

특히, 양액재배 농가에서는 양액조제를 위한 시간이 많이 소요되고 잘못된 계량하거나 취급이 적절하지 않을 경우 작물이나 인체에 피해를 주는 사례도 적지 않게 발생하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 일반 양액재배용으로 사용되고 있는 비료중 Cl^- , SO_4^{2-} 의 함량이 적은 비료를 선택(황산마그네슘을 질산마그네슘으로 대체)하여 표 3-2와 같이 토양양액재배 전용양액을 제조하였으며, 액비화 방법은 용수에 산

(HNO₃)을 첨가하여 pH 4.5 범위로 낮춘 후 비료를 첨가하여 80℃ 이상으로 가열하면서 원심회전으로 완전히 용해시켰다.

표 3-1. 양액재배에 이용되고 있는 비료 종류와 성분농도

비료명	화학구조	성분함량 (%)	분자량
질산(100%)	HNO ₃	22NO ₃ (W/V)	63.0
인산(100%)	H ₃ PO ₄	32P(W/V)	98.0
질산칼슘	5[Ca(NO ₃) ₂ · 2H ₂ O] · NH ₄ NO ₃	14.3NO ₃ : 1.3NH ₄ : 19Ca	1080.5
	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	11.9NO ₃ : 16.9Ca	236.0
질산칼륨	KNO ₃	13.2NO ₃ : 38.2K	101.1
질산암모늄	NH ₄ NO ₃	17NO ₃ : 17NH ₄	80.0
질산고토	Mg(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	11NO ₃ : 9Mg	256.3
제1인산칼륨	KH ₂ PO ₄	23P : 28K	136.1
제1인산암모늄	NH ₄ H ₂ PO ₄	12NH ₄ : 26.6P	115.0
황산칼륨	K ₂ SO ₄	45K : 12.8S	174.3
황산마그네슘	MgSO ₄ · 7H ₂ O	9.8Mg : 12.8S	246.3
황산망간	MnSO ₄ · H ₂ O	32Mn	169.0
황산아연	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	23Zn	287.5
붕사(Borax)	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	11B	381.2
붕산	H ₃ BO ₃	17.5B	61.8
황산동	CuSO ₄ · 5H ₂ O	25Cu	249.7
몰리브덴산 소다	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	40Mo	241.9
킬레이트철	Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA	5~13Fe	430~
			1118

(주) 시판되는 질산과 인산의 순도는 각각 60, 85% 임에 주의

표 3-2. 토양양액재배용 양액조성법 ('98년)

구분	비 료	ppm	100배액 1톤기준
A액	질산칼슘 $5[Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O] \cdot NH_4NO_3$	869.5	86.95kg
	질산가리 KNO_3	254.1	25.41kg
	질산암모늄 NH_4NO_3	21.7	21.70kg
	킬레이트철 FeEDTA	20.0	2.00kg
B액	질산가리 KNO_3	319.0	31.90kg
	제1인산가리 KH_2PO_4	318.8	31.88kg
	질산마그네슘 $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	197.5	19.75kg
	황산마그네슘 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	310.0	31.00kg
	규산가리 K_2SiO_3 (오이재배에만 적용)	250.0	25.00kg
	붕산 H_3BO_3	2.86	286.0g
	황산망간 $MnSO_4 \cdot H_2O$	1.57	157.0g
	황산아연 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.22	22.0g
	황산구리 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.08	8.0g
	몰리브덴산소다 $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	0.025	2.5g

자료 : 한국온실작물연구소, 1999. 4

(주) 일본원시액을 기준으로 황산이온량을 줄인 처방액임

표 3-2의 양액조제 표준 EC는 2.2dS/m로 통상적으로 토양양액재배에 이용되는 양액농도는 1.5dS/m 내외가 적절하며, 초세나 품질 조절을 위하여 0.8~2.5dS/m 범위로 급액할 수 있다.

표 3-3. 이스라엘 토양관비 재배용 "폴리피드"의 제형별 성분분석

비율 N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	구성비(미량원소첨가) N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	구성비(미량원소와 망간첨가) N:P ₂ O ₅ :K ₂ O+MgO	구성비 (미량원소 제외) N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
1 : 1 : 1	19 : 19 : 19	18 : 18 : 18 + 2	20 : 20 : 20
2 : 1 : 3	19 : 9 : 28	17 : 8 : 26 + 2	19 : 9 : 29
2 : 1 : 2	21 : 11 : 22	21 : 10 : 21 + 2	22 : 11 : 22
1 : 2 : 1	15 : 31 : 15	14 : 29 : 14 + 2	16 : 32 : 16
1 : 1 : 2	15 : 15 : 30	14 : 14 : 28 + 2	15 : 15 : 30
2 : 1 : 1	27 : 13 : 13	25 : 12 : 12 + 2	27 : 13 : 13
1 : 4 : 1	12 : 43 : 12	11 : 40 : 11 + 2	12 : 44 : 12
2 : 2 : 3	17 : 17 : 25	16 : 16 : 24 + 2	17 : 17 : 46
1 : ¼ : 3	12 : 6 : 40	11 : 5 : 37 + 2	12 : 6 : 40
4 : 1 : 6	20 : 5 : 30	19 : 4 : 28 + 2	20 : 5 : 30

이스라엘의 경우 토양관비재배용 복합비료가 개발되어 있지만 본 제품과 달리 고체상태이기 때문에 물류 유통시 취급은 용이하지만 양액조제시 질산 칼슘과 황산마그네슘을 별도로 추가하여야 하며 칭량, 희석, 용해를 위한 노력이 별도로 소요된다.(표 3-3)

본 연구에서 개발된 토양양액재배용 액체 복합비료는 양액재배에도 직접 사용이 가능하며, 토마토, 오이 등 모든 채소류 작물에 적용이 가능한 특성을 갖고 있다.

제 2 절 토양양액재배용 재배조의 구성과 이용

1. 국내·외 재배조의 모형별 이용실태 및 신모형 설계

최근, 국내 몇농가에서 이루어지고 있는 토양양액재배시스템은 그림 3-1 과 같이 일반 토양재배방식에 관수대신 양액을 정기적으로 공급하는 방법에

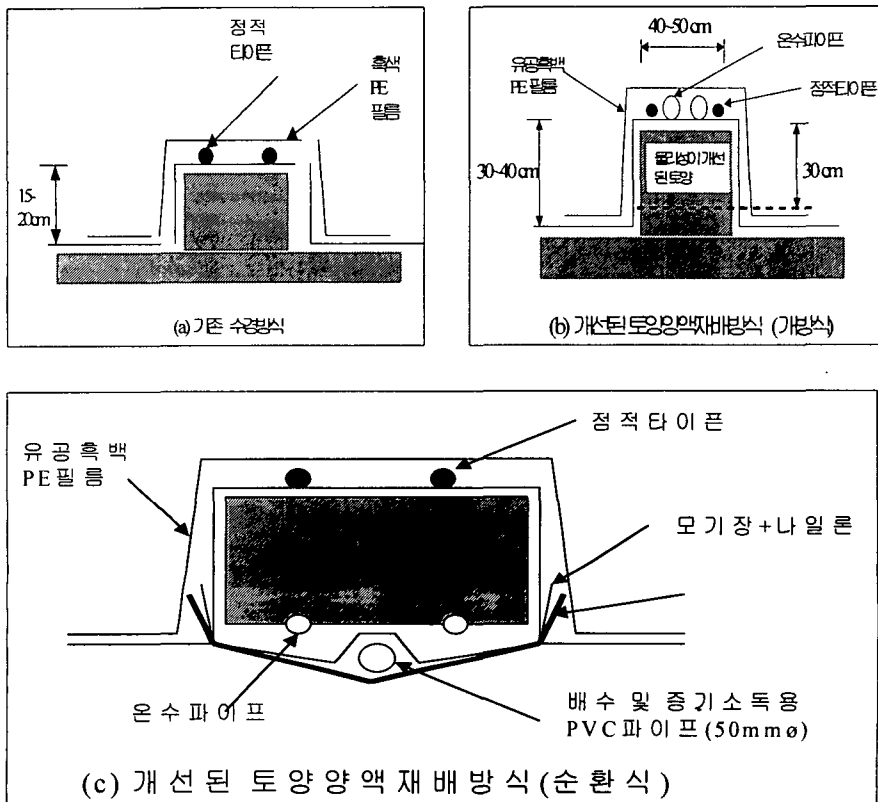


그림 3-1. 일반 토양재배와 개선된 토양양액재배 방식 설계모식도

그치고 있다(a). 따라서, 본 연구에서는 (b), (c)와 같은 방식으로 개선된 방법과 발포스티로폼 재배조에 토양배지를 충진한 방식(그림 3-3)과 같은 격리상 등으로 설계가 가능하다.

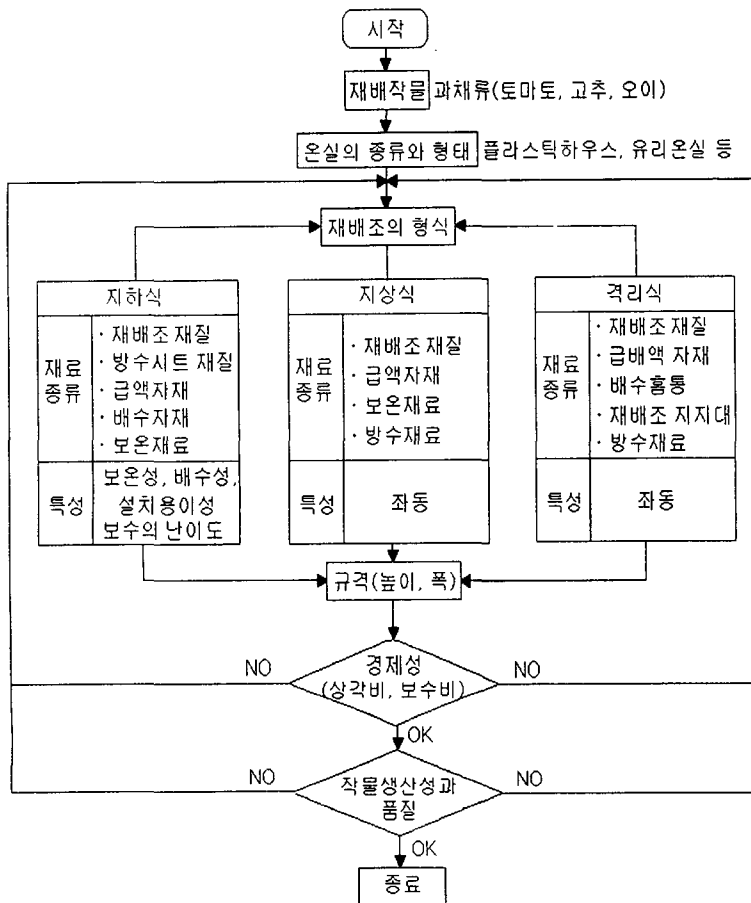


그림 3-2. 재배조 형식의 선택순서와 고려사항

본 연구에서는 이 중 시설비가 저렴하고 대다수 농가현장에 직접 적용이 가능한 방식을 중심으로 토양양액재배 시스템을 개발코자 하였으므로 그림

3-1의(b) 이랑식(배지첨가)을 활용하여 재배실험을 수행하였다.

재배조를 설계하고자 할 때에는 기능성과 경제성 등을 고려해야 하는데 본 연구에서는 재배조를 설계하는 과정에서 그림 3-2와 같은 순서로 재배조가 갖추어야 할 조건들을 고려하였다.

시설 토양재배 과채류의 경우 재식거리는 보통 25×50cm이며 이랑의 높이는 20~30cm, 고랑폭은 80~120cm범위로 다양하다. 고품배지를 이용한 양액재배에 이용하고 있는 재배조의 규격은 폭 30~40cm, 높이 15cm 내외로 2조식이 기본이다. 재배조의 제재는 스티로폼이 대부분이고 일부 플라스틱 성형품이나 30~50cm 직경의 파이프를 1/2로 절단하여 재배조로 사용하기도 한다.

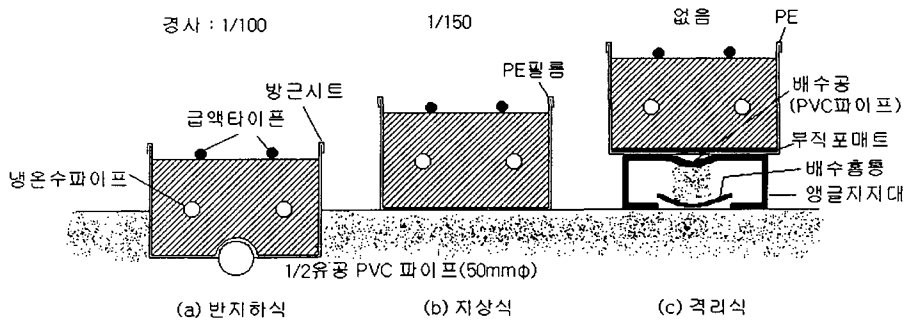


그림 3-3. 토양양액재배용 재배조의 모형(지상식, 격리식)

그림 3-3의 (a)반지하식은 스티로폼 재배조(WHL, 35×15×100cm)를 이용하여 밑면에 배수용 PVC파이프(φ50mm)를 설치하였는데 상부 1/2면을 10cm 간격으로 φ10mm 구멍을 내고 하부 1/2면은 원래대로 이용하였다. 배수를 촉진시킬 수 있게 하기 위하여 재배조를 1/100로 경사지게 설치하고 배수용

파이프 위에는 방근시트(나일론 천)를 피복하여 뿌리가 배수 파이프 쪽으로 침투하지 않고 폐액만을 통과시킬 수 있게 하였다.

(b)지상식은 스티로폼 베드에 (a)와 같이 급액파이프와 냉온수파이프만을 설치하고 폐액이 지하로 배출되지 않도록 PE필름($\phi 0.1\text{mm}$)을 재배조 내부에 피복하였다.

(c)격리식은 재배조와 분리하여 플라스틱제 배수 홈통을 설치하였고 재배조를 견고히 지탱할 수 있도록 도장된 철판을 이용하여 엇갈림을 이용하였으며 재배조의 밑면에는 PVC파이프($\phi 30\text{mm}$)를 이용하며 배수공을 만들고 여기에 부직포를 삽입하여 배액 축진을 위한 흡습 심지로 활용하였다.

멀칭용 필름을 2가지 형태로 처리해 본 결과 표토층(5cm 이내)의 EC변화에 큰 차이를 나타냈다. (그림 3-4)

급액은 마르지 않을 정도로 1일 3~5회 급액하였고, 1주(株)당 급액량은 맑은 날 800~750cc, 흐린 날은 400~300cc였다. 이 기간 동안의 토마토 생장 단계는 제2~3화방이 개화되는 시기였다.

그림 3-4(a)의 경우 EC 집적이 식물체의 지제부에 집중된 경향을 보여 지제부를 중심으로 한 반경 5cm 이내의 표토는 $EC\ 4.9 \pm 2.3\text{mS/cm}$ 를 나타냈으나, 그림 3-4(b)의 경우는 $EC\ 3.1 \pm 0.8\text{mS/cm}$ 범위를 보임으로써 유공 방식의 멀칭 필름을 이용하는 방법이 염류농도의 집적을 상당히 회피할 수 있는 것으로 판단된다.

동일한 멀칭 필름 조건(일반 PE-멀칭)에서 관수 시스템의 경우는 근권 수분의 손실(경제성)과 배지습도, EC 변화에 영향을 주는데 본 연구에서는 분수 호스와 타이푼 점적호스를 이용하여 실험하였다.

그 결과 표 3-4와 같이 토마토 근권의 요수량, 배지습도, EC 등에 차이를 보였으며 급액 방식을 타이푼 점적호스 방식으로 활용할 경우 1일 급액량을 분사호스에 비하여 약 30% 이상 줄일 수 있었다.

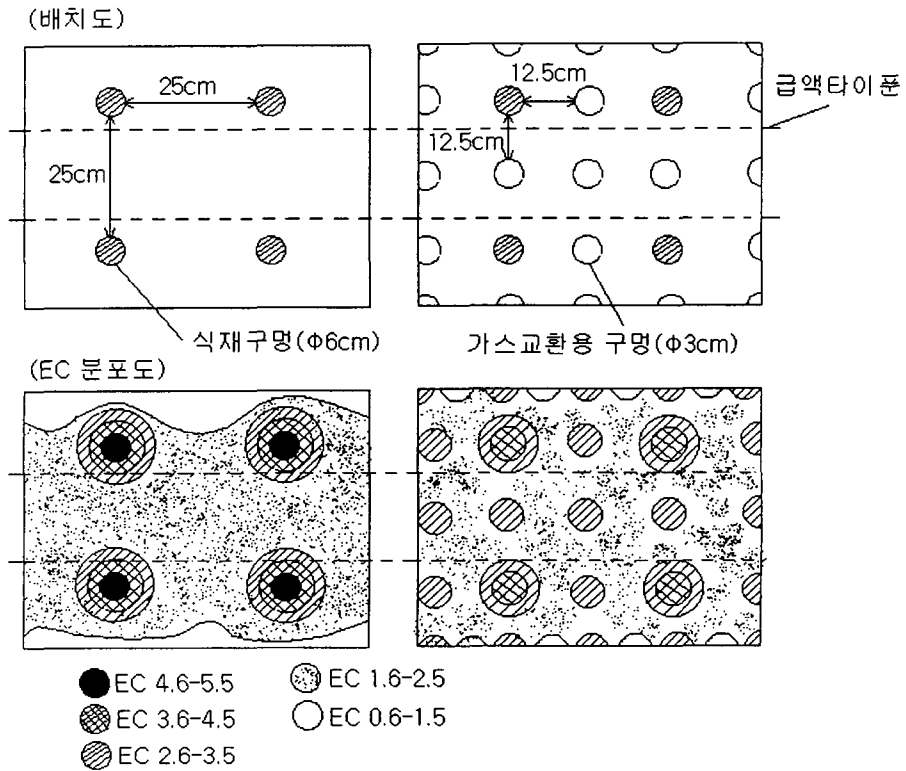


그림 3-4. 상이한 멀칭필름을 피복한 경우 표토층의 EC 변화
 (극) 금액 EC 2.0dS/m, 조사일 : 처리후 15일 째('97. 8. 10)
 조사 기간 : 금액후부터 다음 금액 이전(오후 4~5시)

특히, 분사 호스의 경우 근권의 배지 수분이 통로 주변에는 과잉으로 흘러 나옴으로써 뿌리가 이곳으로 확장되어 발육하게 되어 본 연구가 지향하는 근역 제한 재배방식의 효과를 기대할 수 없었다.

표 3-4. 관수 방식별 근권 환경 변화

(조사일 : '97. 7. 15. 오후 4시)

관수 방식	토양 깊이(cm)	EC (dS/m)	배지습도 (%)
분사 호스	5	2.9±1.12	52.3±4.32
	10	2.7±0.93	61.6±3.24
	15	2.1±0.91	58.2±3.10
점적 호스	5	2.3±0.83	51.6±2.14
	10	2.1±0.54	67.3±4.71
	15	1.9±0.33	63.4±3.16

(주) 채토 위치는 식재 구멍 중심으로 부터 5cm 이격된 곳

2. 재배조의 기능성 보완 설계

본 연구에서는 2가지 방식으로 기능성 재배조를 검토하였다. 한가지는 농가에 설치시 자재의 추가 투입이 적고 설치 비용을 저렴하게 할 수 있는 방법으로 관행 토양 이랑의 높이를 30cm 이상으로 높이고 폭을 80cm 이내로 줄인 다음 이랑 중심부에 폭 40cm, 깊이 20~30cm 범위를 차단필름이나 자재를 사용하지 않은 상태에서 근역(根域)을 구축하고, 여기에 왕겨나 펄라이트 등 토양의 물리성을 개량할 수 있는 배지를 균등하게 혼합한 다음 이랑 위에 점적 호스와 흑백(또는 반사) 유공 멀칭 필름을 설치하는 방식이다. 특히, 토심 20~25cm 범위의 깊이에 지중난방시스템을 설치하고, 토양 중기 살균이 가능하도록 유공 PVC관(φ200mm)을 매설하여 토양 살균소독과 지하수의 모세관 상승을 막을 수 있는 암거 배수의 기능을 할 수 있도록 하였다(그림 3-1).

다른 한가지의 방식은 단열과 보온 능력이 우수한 스티로폼제 재배조를 그림 3-5와 같이 제작하여 지면에서 10cm 이상 격리시켜 배열하고, 여기에

배지를 충전하는 방식으로 양액재배에 직접 이용이 가능한 재배조를 그대로 이용하는 방법이다. 이 것은 전자와 달리 토양의 완충능(뿌리가 흡수 염류 처리를 받을 경우 근역 이외의 토양으로 근계 확장이 가능한 것)을 기대하기 어렵고 설치비가 고가인 단점이 있으나 산소의 공급과 이용 효율성이 높고 지하수위 상승에 의한 피해를 차단시킬 수 장점이 있다.

산소베드(그림 3-5)는 기존의 재배조가 갖는 문제점을 해결하기 위해 베드의 상판에 통기공 및 배수공을 뚫어 산소 공급과 이산화탄소의 교환이 원활히 이루어지도록 하였으며, 하판은 분리하여 집수판으로써 효율적인 양액의 배액 및 회수처리가 가능하도록 하였다. 베드의 규격은 길이 1m, 폭 30cm, 높이 13cm로 하여 배지량은 30ℓ 내외로 충분하기 때문에 매우 경제적이다. 또한, 기존의 배지 난방 방식의 도입이 용이하여 근권부 난방에 의한 품질향상을 극대화 시킬 수 있다.

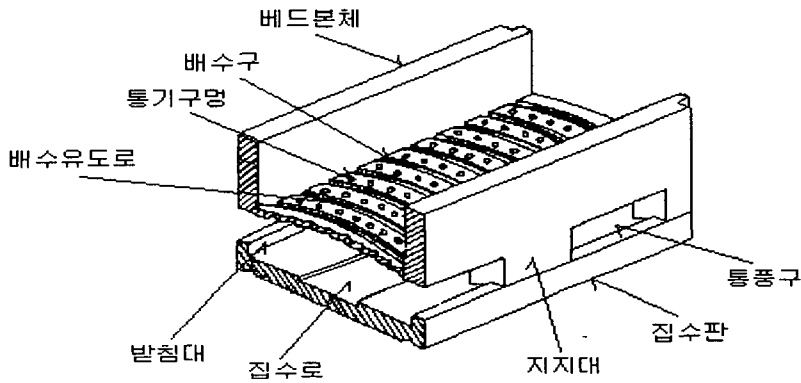
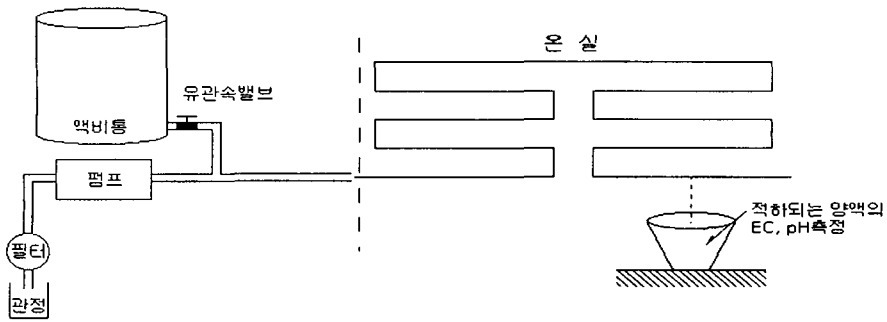


그림 3-5. 격리상 스티로폼 재배조 “산소베드” 설계 예

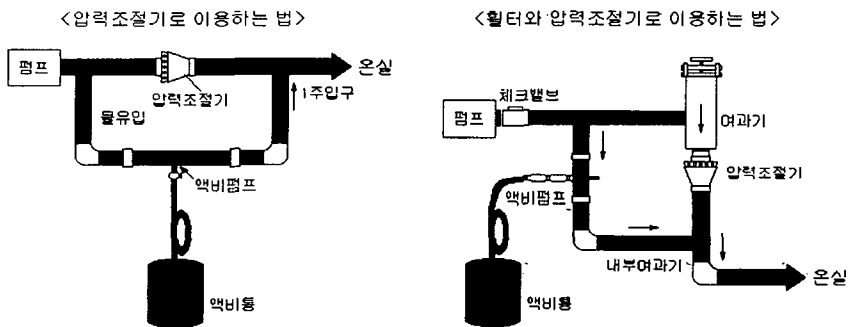
제 3 절 작물 개체 관수형 수분센서를 이용한 신개념 급액지령장치의 구성과 이용

1. 토양수분센서를 이용한 급배액 관리시스템의 표준설계

토양양액재배용 급배액관리시스템은 양액재배에서 이용되고 있는 것을 직접 활용하여도 좋지만, 가격이 고가인 장비가 많아 실용화 하기가 어렵다.



(a) 농가가 보유한 펌프와 관수시스템을 이용한 예



(b) 벤추리를 이용한 급액시스템의 예

그림 3-7. 급액시스템의 설계

따라서 값을 저렴하게 하고 설치가 용이하며 급액관리가 간단한 시스템을 구축할 필요가 있다. 이러한 목표에 적합한 장비로써는 국내에서 국산화되어 있는 것도 수종 있으나 아직 실용성이 낮으며, 그 원인으로는 농가에서 지나치게 정밀한 양액 EC, pH 및 급액제어시스템을 원하고 있기 때문이다.

해외에서 개발된 제품으로는 프랑스의 “도사토론-액비혼입기”, 미국의 “Anderson Ratio Injector”와 “Dosmaticplus Injector”, 이스라엘의 “벤츄리 모듈펌프” 등이 있다.

본 연구에서는 액비혼입시스템을 그림 3-7과 같이 구성하여 급액 EC와 pH 조절은 농축액 제조 당시의 희석비율과 산의 첨가로 가능하게 하였다. 이를 위하여 표 3-2의 액비를 25~50배의 희석비율로 1개의 농축액 탱크에 다시 혼합하고 농가가 갖고 있는 펌프와 관수시스템을 그대로 이용하는 방법(a)과 기존에 개발 이용되고 있는 벤츄리 모듈펌프 액비혼입기를 이용하는 방법(b)으로 급액장치를 구성하고, 급액지령은 그림 3-9와 같이 시간비례제어, 일사량비례제어, 수분비례제어 방식 등으로 구성하여 농가가 편리하게 관리할 수 있는 제어방법을 취사 선택할 수 있도록 설계하였다.

그림 3-7(a)의 경우 본 연구기간 동안 전남 나주시 소재 방울토마토 재배 농가 4개소의 현장에 설치 운영하였던 바, 목표로 하는 급액 EC, pH 제어에 문제가 없었다.

급액지령에 관여하는 조건은 1회당 급액량, 급액할 시간의 설정여부, 광량 등이며 주간에 최소한 몇시간 이내 급액하므로써 작물체의 건조 해를 막을 수 있겠는가? 등에 대하여 사용자의 설정이 요구된다. 또한 광량이 없거나 부족한 경우에도 급액이 이루어지지 않으면 근권환경이 불안정 해지므로 흐린날, 비오는 날에도 최소한 4시간 이내에 급액이 1회 정도 이루어져야 하며 야간급액도 반드시 고려되어야 한다.(그림 3-7)

토양수분 검지용 장력식 텐시오미터는 매우 정밀도가 높기 때문에 값이

비싸고 본 연구에서는 오스트레일리아에서 제조된 세라믹 감지 토양수분센서를 이용할 필요가 있었다.

이 수분센서는 그림 3-8과 같은 구조로 되어 있으며 여기에 열전대를 부착하여 진공처리된 충전수의 용량을 전기적으로 감응하여 아날로그 신호를 얻을 수 있게 설계되었다. 특히, 토양수분과 근권 용존산소는 밀접한 상관관계를 갖고 있으므로 배지 유형별로 이를 계량화하여 이들 두가지 요인의 표를 적정곡선으로 얻을 필요가 있다.

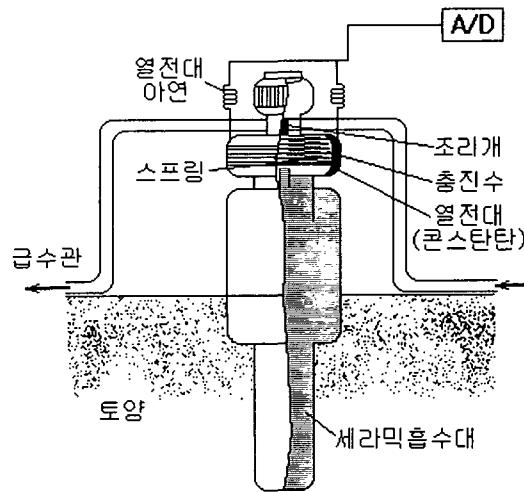


그림 3-8. 토양수분측정 및 관수지령 센서 모식도
(제조국 : 오스트레일리아)

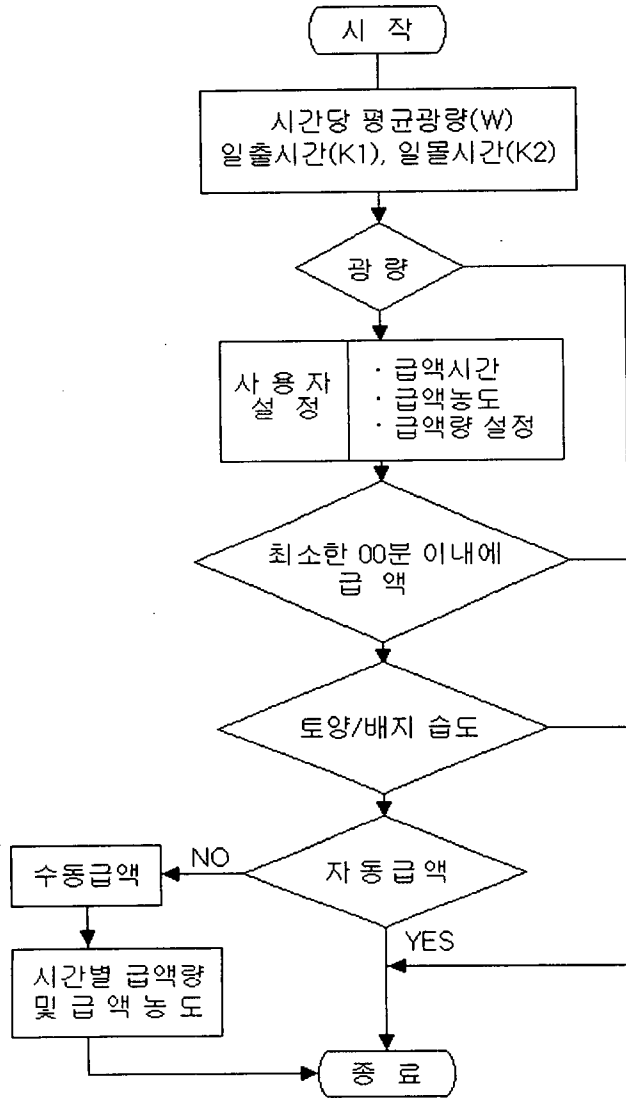


그림 3-9. 급액지령 장치 프로그램 작성을 위한 flow-chart

급액지령에 관여하는 조건은 1회당 급액량, 급액할 시간의 설정여부, 광량 등이며 주간에 최소한 몇시간 이내에 급액하므로써 작물체의 건조해를 막을 수 있겠는가? 등의 사용자 설정이 요구된다.

또한, 광량이 없거나 부족한 경우에도 급액이 이루어지지 않으면 근권환경이 불안정해지므로 흐린 날, 비오는 날에도 최소한 4시간 이내에 1회 정도 급액이 이루어져야 하며, 야간급액도 반드시 고려되어야 하는데, 본 연구에서 급액지령장치 프로그램 작성을 위한 순서도(flow-chart)는 그림 3-9에 나타내었다.

2. 급배액관리시스템의 구성

- ① 농축액탱크 : A, B액(1톤 ; EC 1.5dS/m로 관리할 경우 약 180톤 용) 및 산도조정용(0.6톤)
- ② 양액희석공급장치 : 토양관비장치 “두레박(한아레바호·서원양행·매일상사 공동제작)”을 이용하여 급액량, 급액시기, 급액농도, 급액회수 등을 조절
- ③ 여과기 : 농축액 탱크 출구에 1½인치, 원수탱크 유입부에 2인치
- ④ 급·배액관과 점적 호스 : 급액관은 내경 40mm 경질 PVC파이프를 사용하며, 지선은 스타트와 내경 13mm 연질호스를 이용 점적 호스와 연결

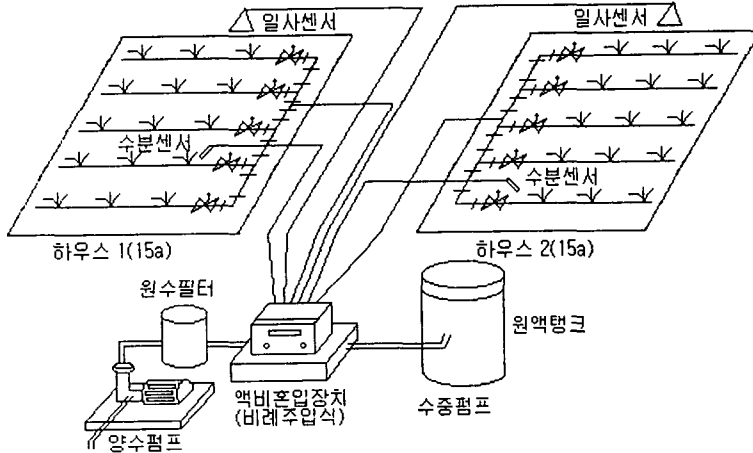


그림 3-10. 급배액관리시스템의 구성

- ⑤ 압력계 및 조절밸브 : 압력계는 점적호스에 적정압력(1.5kg/cm)을 일정하게 가할 수 있어야 포장 전체 급액량을 균등하게 유지할 수 있으며, 이를 초과하거나 부족할 경우는 압력조절밸브를 이용하여 압력을 조절할 필요가 있다.

3. 양액의 조성과 급배액 관리 시스템

수질분석표에 근거하여 양액 조성 목표치가 설정되면 그 중 염류이온(SO_4^- , Cl^-)을 줄인 양액(표3-2)을 최종 목표 이온농도로 설정하여 양액 조성을 하게 된다. 그러나, 과채류의 경우 생육단계별로 선택적 이온 흡수가 이루어지고 특히, 왕성한 과실 비대, 발육기에는 칼륨의 요구도가 높아 지게 된다.

따라서, 생육단계별로 추비관리가 필요하게 되는데, 본 연구에서 표 3-2의

처방을 이용하여 토마토, 오이, 고추 등의 작물을 대상으로 포장 및 농가현장 적용실험을 수행하였던 결과, 오이의 경우 KNO_3 를 이용하여 1mM의 수준, 고추와 토마토의 경우 KH_2PO_4 , K_2SO_4 를 이용하여 0.5~1mM의 농도가 적정 수준으로 판단되었다.

토양양액재배용 급액관리 프로그램 및 시스템은 이미 개발 완료하였으며, 한아레바호, 매일상사, 서원양행에 본 기술을 제공함으로써 공동 시제품(제품명: “두레박”)이 개발되어 시판에 들어갔다.

개발된 본 토양양액재배용 급액장치는 메인펌프의 흡입력으로 액비가 혼합되므로 전력 소모가 적고 펌프 압력과 유량 손실이 적다는 특징을 가지고 있다. 또한, 양액제어 관로에 특수장치를 부착해 액비가 소진되는 즉시 공기의 유입을 차단해 펌프의 손상을 방지하고 관수를 지속할 수 있다.

이 밖에도 타인 조작 방지 및 작동 내용 확인 기능, 토양수분센서 기능, 설정오류 예방 기능이 탑재되어 있으며, 이 모든 작동 상태를 한 눈에 볼 수 있는 한글 표기 메뉴로 구성되어, 농가에서도 쉽게 작동할 수 있도록 제작되었다.

급액제어는 재배자가 원하는 급액시간과 급액량을 결정하여 입력하면 되고, 관수 유무는 프로그램 상에서 확인이 가능하다. 현재 오이, 토마토, 고추, 딸기 등 다양한 작목에 이용되고 있으며 각종 오류 상황은 지속적으로 프로그램 수정을 통하여 개선하고 있다.

표 3-5. 토양양액재배용 급액장치(“두레박”)의 제품 사양

구 분	주 요 사 양
컨트롤러	<ul style="list-style-type: none"> • 구획밸브 (8)-24VAC • 액비밸브 (2)-24VAC (SSR) • 수분센서 (1)-On/Off • 전원 24VAC (40VA) • LCD화면크기 : 38×70mm(조명용 백라이트장착) • 스위치 (5)-입력·취소·↑·↓·비상관수
배전반	<ul style="list-style-type: none"> • 전원스위치 (1)-조광형 누름버튼 • 볼트메타 (1)-0~300V • 펌프스위치-수동/정지/자동 • 액비#1밸브스위치 (1)-수동/정지/자동 • 액비#2밸브스위치 (1)-수동/정지/자동
원수인입부	<ul style="list-style-type: none"> • 취부-ϕ 50mm(2")숫나사 • 여과기(1)-2"/120mesh/디스크/유량 25m³ 내장
양액토출부	<ul style="list-style-type: none"> • 취부-ϕ 40mm(1½")숫나사 • 압줄임용 1½"볼밸브 (1)-내장 • 관수압력계 (1)-ϕ 40전면부 매입
메인펌프	<ul style="list-style-type: none"> • PU758M(1마력) • 양정-압력 0.7kgf/cm²일 때 시간당 11,700ℓ, 2.0kgf/cm²일 때 6,600ℓ ※ 펌프의 양정을 손실 없이 이용 할 수 있음. 단, 원수의 수위, 메인관의 길이, 곡부수량 등에 의한 수분손실과 펌프의 소손율을 고려하여 실제 사용유량은 시간당 7,000~10,000리터가 바람직함
액비인입부	<ul style="list-style-type: none"> • 취부(2)-ϕ 16mm(외경 ϕ 20mm)미늘형(ϕ 19mm 투명편사호스 사용가능) • 액비흡입량-시간당±100~130ℓ (※메인펌프 토출유량에 비례함-표 참조.)
기타	<ul style="list-style-type: none"> • 전원-220VAC단상 • 높이-±1,100mm • 무게-±75kgs • 가로-±480mm • 세로-±510mm

제 4 장 토양소독 및 배액 재활용기술 개발과 이용

제 1 절 토양소독법의 필요성과 기술 현황

시설원에 주산지의 토양은 대부분 작물에 해로운 잡초 종자, 충, 균 등을 가지고 있어 이들 토양을 그대로 사용할 수 없고 반드시 소독이 필요하다. 잡초, 병해충 소독을 위한 온도와 시간의 상관관계는 다음 표 4-1과 같다.

표 4-1. 병원균 소독을 위한 온도와 소요시간 (池田 等, 1990)

구 분	온도(℃)	시간(분)
잡 초	70~80	15
충	60~71	20
세 균	60	10
후사리움	57	30
보트리티스	55	15
선 충	55	15
라이족토니아	52	30
피 티 움	46	40

생산농가에서 대부분의 유기체와 관계된 것들(바이러스 제외)은 60℃에서 30분 정도면 제거할 수 있으나, 82℃ 이상으로 가온될 경우 토양유효미생물 까지도 사멸되기 때문에 주의하여야 한다.

지나치게 고온으로 오랜 시간 가열된 토양은 소독 효과는 높지만 모든 유기체가 파괴되기 때문에 병원체에 의한 감염이 더 용이해 질 수 있다. 또 다른 단점으로는 암모니움, 망간의 과잉 장애나 고염류 장애, 유기물질의 파괴 등이 고려되며 칼륨, 철, 아연 등도 증가한다는 보고가 있으므로 냉각 후에는 일정량의 물을 공급하여 과잉의 무기이온과 염류를 제거할 필요가 있다.

가열소독에서 증기의 이용은 가장 일반적인 방법으로 채소 육묘용 토양을 소독할 경우에는 드럼통이나 철판 등을 이용하여 증기를 가한다.

증기를 이용한 지중 토양소독은 지하 30~40cm에 위치한 배액관을 이용하여 증기를 주입하거나, 지면에 플라스틱 필름을 피복한 후 토양 표면에 증기를 주입하는 방법 등 두가지 방식이 이용되며 지하 30cm 깊이의 토양이 80℃로 30분 정도 지속되면 효과적으로 살균이 된다.

제 2 절 폐액의 집액, 정화처리 및 재활용기술

1. 활성탄을 이용한 폐액 여과 효과

폐액의 집액은 재배조 내·외의 배액 파이프를 따라 이미 매설된 1차 집수탱크로 모인 폐액을 수중 순환펌프로 2차 재활용 탱크로 옮기게 되는데 본 연구에서는 1차 집수탱크를 반 지하식으로 설치하여 탱크 내에 양이온치환능력이 강한 활성탄 배지를 충전하였던 바, 폐액여과 효과는 양이온(K, Ca, Mg)의 여과능력은 비교적 높았지만 음이온은 상대적으로 낮았다(표 4-2).

표 4-2. 활성탄을 이용한 폐액여과효과(여과능력: 5 ℓ/분)

구 분	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	S
처리전(ppm)	190	100	515	112	81	131
처리후(ppm)	105	63	123	32	21	58

2. 모래여과기를 이용한 폐액여과 효과

병원미생물과 식물체의 잔근, 노화세포 등 잔해물을 제거하기 위한 방법으로 모래여과법을 사용하였고 모래여과기는 80cm 높이로 만들었으며 상층부위 20cm에 굵은 모래(φ 2mm이상)를, 중간층에는 가는모래(φ 0.25mm이하)를 충전하였으며 하층은 20cm로 자갈을 2 → 16mm 순으로 채웠다. 모래에 의한 잔유물 제거는 완벽하게 이루어졌지만 병원미생물의 경우에는 제거율이 균종에 따라 달랐다(표 4-3).

표 4-3. 모래여과기에 의한 균종별 여과효과

균종	균주접종	멸균율(%)
<i>Phytophthora</i>	8,000(cfu/ml)	97
<i>Fusarium</i>	10,000(cfu/ml)	85

(주) 양액에 균주접종후 여과된 것을 회수하여 균의 밀도를 조사

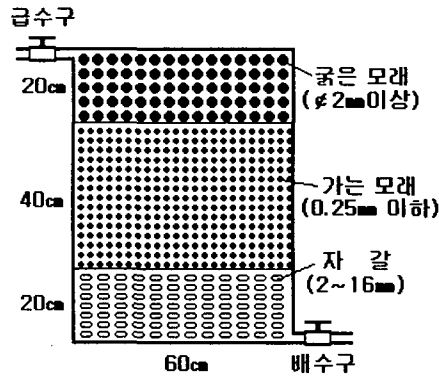


그림 4-1. 실험에 사용된 모래여과기 모식도

3. 화학제 처리에 의한 살균효과

1차 여과후 생존된 병원미생물은 2차집수조에서 산화력이 강한 화학제를 선택하여 처리하였으며 그 결과는 표 4-4와 같다.

차아염소산칼슘(CaOCl) 2,000ppm과 오존수(O₃) 1.0ppm 처리구에서는 역병균(*Phytophthora*)와 위조병균(*Fusarium*)은 완전히 멸균되었으며 과산화수소(H₂O₂) 500ppm과 락스(NaOCl) 1,500ppm 처리구에서도 역병균의 살균율이 99.3% 이상이었으며 위조병균은 99.9%의 살균율을 보였다.

표 4-4. 화학제에 의한 살균효과

화학제	농도(ppm)	살균율(%)	
		<i>Phytophthora</i>	<i>Fusarium</i>
H ₂ O ₂	500	99.3	99.9
NaOCl	1,500	99.7	100
CaOCl	2,000	100	100
O ₃	1	100	100

4. 증기소독기의 국내외 제품사양

차아염소산칼슘을 이용한 토양 및 인공혼합배지의 침지소독 방법과 모래여과나 피트여과 실험 결과 토양소독 및 배액의 재활용 가능성이 매우 높았으나 상업적 재배를 위해서는 이동식 및 고정식 고열증기 발생 시스템의 적극적 도입이 필요하였다. 국내·외 주요 증기소독시스템의 특성은 다음과 같다.

- MS시리즈 (MS 200외 수종, 견인식, 일본)
 - 생산회사 : (株)松島工作所(Matusima machine manufacturing co., LTD)
 - 증기발생량 : 105,000Kcal/h
 - 중량 : 560Kg
 - 전열면적 : 3.41 m²
 - 최고사용압력 : 0.5kg/cm²
 - 압력제어 : 자동압력, 전자동 컨트롤 방식
- IMO 시리즈 (견인식, 독일)
 - 생산회사 : Mayer GmbH & Co.

- 증기발생량 : 300 ~ 2,000Kg/hr
 - 전열면적 : 60~400m²
 - 중량 : 1.2톤~ 4.2톤
 - 압력제어 : 자동압력, 전자동 컨트롤방식
- SB 시리즈 (견인식, 한국)
 - 생산회사 : (주)삼보
 - 증기발생량 : 118 ~ 326Kg/hr
 - 전열면적 : 3.3 ~4.9m²
 - 중량 : 534 ~ 610kg

토양양액재배에서 배액을 완전하게 재활용하기 위해서는 재배조가 지상으로 돌출된 격리상 재배방식으로 시스템이 구축되어야 한다. 그러나, 양액재배와 달리 토양양액재배에서는 토양의 화학적 완충능에 의해 토양배지를 통과하여 배액되는 양액의 농도와 산도가 불규칙적으로 변화되기 쉽고, 배액의 농도는 EC 0.4~1.2dS/m, pH는 5.5~6.8 범위가 되므로써 배액을 직접 재활용하는 문제는 어렵다. 또한, 점적관수를 이용한 급액과 토양의 과습을 피하기 위해 급액량을 최대한 절수관리하기 때문에 배액량은 거의 없다고 간주하여도 무방하다.

따라서, 배액의 재활용 기술은 격리상 재배를 통하여 토양양액재배 시스템을 구성할 경우 기존의 양액재배시스템에 설치되고 있는 모래여과기 또는 플라스틱 membrane 여과기를 이용하는 방식이 채택될 수 있고 또한, 폐액의 살균 방법도 자외선 및 오존수 처리장치를 이용하는 방법이 효율적일 것으로 판단된다.

제 5 장 작물별 토양양액재배기술의 계량화

제 1 절 토마토

1. 양액농도(EC) 및 배지종류에 따른 토마토의 생장과 과실 품질 반응

가. 실험목적

- 1) 춘계작형 토마토 “모모타로”의 토양양액재배시 생육과 과실 품질을 향상시킬 수 있는 최적 양액농도 구명
- 2) 토양의 물리성 개선을 위한 인공배지의 첨가방법과 적정 급액농도의 구명
- 3) 급액농도 변환에 따른 토마토의 생육과 과실 품질반응을 구명하며, 과실의 당도 증진 가능성을 타진

나. 재료 및 방법

- 1) 실험기간 : 1998년 3월 ~ 6월
- 2) 실험장소 : 한국온실작물연구소 실험포장 (플라스틱하우스 80평)
- 3) 공시품종 : 모모타로(Takii종묘, 일본)
- 4) 파 종 : 3월 2일 72공 플러그트레이에 펄라이트와 코코피트 (6:4, v/v) 혼합배지를 충진하여 파종
- 5) 육 묘 : 3월 18일 파종배지와 동일한 혼합배지를 플라스틱 포트 (9×9cm)에 충진한 후 이식. 일본원에서시험장균형배양액

1/2 농도(EC 1.2dS/m)로 양액 육묘

- 6) 정 식 : 4월 6일 생왕겨와 펄라이트를 각각 30%씩 혼합한 토양에 양액(일본원시균형배양액, EC 1.5dS/m)을 충분히 포수 시킨 후 20cm 간격으로 각 처리구당 20주씩 정식
- 7) 처리내용 : 표 5-1과 같음.

표 5-1. 정식 후 처리내용

처리내용	배지 혼합(v/v)	양액농도(dS/m)	
		정식 초기 (수확 전)	정식 중·후기 (수확 후)
R1			1.1
R2	발토양+왕겨=70:30	2.0	2.2
R3			3.3
R4			4.4
P1			1.1
P2	발토양+펄라이트=70:30	2.0	2.2
P3			3.3
P4			4.4

(주) 발토양은 경작지로서 사용 전력이 없는 점질양토를 기준

8) 조사내용과 방법

가) 생육조사 : 초장, 경경, 엽장, 엽폭 등의 성장특성을 7일 간격으로 6회 비파괴조사

나) 과실품질조사 : 과중, 수량, 당·산도·당산비 측정 및 분석

표 5-2. 본 실험에서 이용한 양액조성표(일본원예시험장균형배양액)

비료염	화학식	농도 (ppm)	비료염	화학식	농도 (ppm)
	5[Ca(NO ₃) ₂ · 2H ₂ O] · NH ₄ NO ₃	869.5		Fe EDTA	20.00
				H ₃ BO ₃	2.86
다량	KNO ₃	729.0	미량	MnSO ₄ · H ₂ O	1.57
원소	NH ₄ H ₂ PO ₄	62.8	원소	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.22
	KH ₂ PO ₄	109.0		CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.08
	MgSO ₄ · 7H ₂ O	500.0		(NH ₄) ₂ MoO ₄	0.03

다. 결과 및 고찰

1) 성장반응

표 5-3. 배지혼용 및 양액농도별 토마토의 성장반응 (정식 후 74일)

처리 내용	초장 (cm)	경경 (mm)	엽폭 (cm)	엽장 (cm)
R1	247.3a ¹	18.8c	51.0a	53.0ab
R2	229.3ab	20.0abc	45.7cde	54.9a
R3	222.0bc	18.9bc	43.0e	51.2ab
R4	193.0d	19.6abc	47.2abc	53.0ab
P1	240.3ab	20.8abc	50.3ab	50.0bc
P2	232.3ab	22.1a	47.0bcd	54.3a
P3	221.7bc	21.5ab	43.2de	52.0ab
P4	206.0cd	21.9a	46.3cde	47.0c

주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)

2. 처리내용은 표 5-2 참조

- 가) EC변환 후 초장 생장은 R1 처리구에서 가장 높았으며, 펄라이트 혼합 배지중에서는 P1 처리구에서 가장 높았다.
- 나) 경경은 전반적으로 펄라이트혼합처리구에서 왕겨혼합처리구보다 크게 나타났다.
- 다) 왕겨 및 펄라이트의 토양혼합처리구 각각에서 양액농도 1.1dS/m로 급액한 R1, P1처리구에서 생장이 가장 양호하였던 반면, 고농도의 양액 4.4dS/m로 처리한 R4, P4처리구에서 가장 낮았다. 따라서, 왕겨나 펄라이트를 토양에 혼합하여 토양양액재배를 실시할 경우 양액농도는 비교적 저농도로 관리하는 것이 작물의 생육에 유리하였다.

2) 염수의 경시적 변화

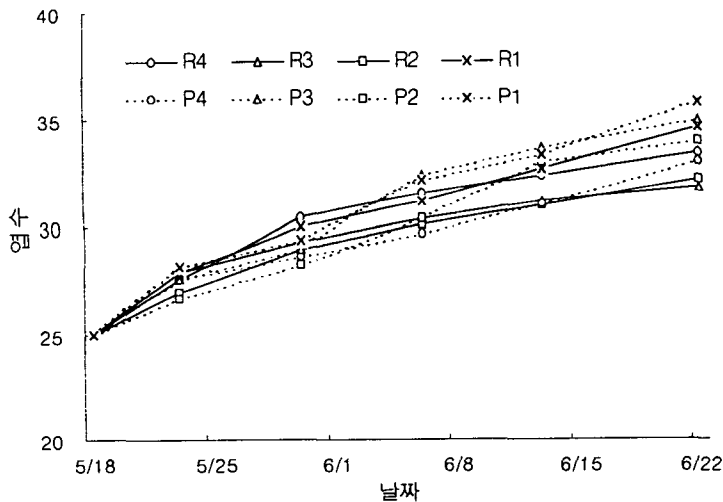


그림 5-1. 염수의 경시적 반응

- 가) 왕겨를 혼용한 토양배지에서 각 처리별 엽수의 확보율은 생육 후반기로 갈수록 처리간 차이가 크게 나타났다. 생육 중반기에는 저농도 처리구인 R1이 고농도 처리구인 R4보다 엽수의 확보가 늦어졌지만 생육 후반기로 갈수록 가장 많은 엽수를 확보하였다.
- 나) 펄라이트를 혼용한 토양배지에서는 각 처리별 엽수 확보율은 왕겨를 혼용한 토양배지보다 전반적으로 높았다. 저농도 처리구인 P1에서 가장 많은 엽수를 확보해 나가고 있는 반면, 고농도 처리구인 P4에서 엽수확보율은 가장 낮았다.
- 다) 이상의 결과에서, 토마토의 토양양액재배시 왕겨보다는 펄라이트를 토양에 혼용하였을 경우 엽수의 확보율은 전반적으로 높음을 알 수 있으며, 각 혼용배지에서 저농도로 관리하는 것이 엽수 확보에 유리하였다.

3) 과실 품질 반응

- 가) 과실 수량은 펄라이트 혼용 처리구에서 양액농도를 2.2dS/m, 1.1 dS/m로 급액한 P2와 P1처리구에서 가장 많았으며, 왕겨 혼용 처리구 중 양액농도가 낮은 R2, R1처리구와 펄라이트 혼용 처리구 중 양액농도가 높은 P4, P3처리구에서는 가장 낮았다.
- 나) 과중은 펄라이트를 혼용한 처리구에서 왕겨 혼용 처리구보다 전반적으로 높은 경향을 나타냈으며, 펄라이트 혼용 처리구의 경우 양액농도를 1.1, 2.2dS/m로 낮게 급액한 처리구에서 가장 많은 과중을 확보하였다.
- 다) 과실의 당도는 왕겨와 펄라이트 혼용 배지의 모든 처리구에서 급액농도를 4.4dS/m로 관리한 고농도 처리구(R4, P4)에서 평균당도

표 5-4. 과실 수량 반응

처리 내용	과수 (ea/주)	과중 (g/주)	당도 (°Bx)(A)	산도(pH) (B)	A/B (%)
R1	3.9b ¹	177.6c	5.29d	4.14	128.0
R2	3.3c	191.3b	5.45c	4.12	132.3
R3	4.5b	170.3c	5.56c	4.08	136.3
R4	4.9a	183.5bc	6.48a	4.09	158.4
P1	5.1a	219.0a	5.32d	4.21	126.4
P2	5.8a	202.6a	5.42d	4.14	130.9
P3	3.7c	192.6b	5.52d	4.09	135.0
P4	3.9b	188.0bc	6.31a	4.11	153.5

- 주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)
 2. 처리내용은 표 5-2 참조

6.4°Bx로 타 처리구에 비해 1°Bx 정도 높게 나타났으며, 산도는 각 처리간에 유의차가 없이 4.08~4.21 범위를 나타냈다.

- 라) 이상의 결과에서, 배지 조성은 왕겨에 비해 펠라이트를 혼합한 것이 안정된 결과를 보였으며, 급액 EC는 생육 초기(수확전)에는 EC 1.1~2.2dS/m 범위로 관리하는 것이 바람직하였지만, 과실 수확기에 이르러서는 고농도(EC 2.2dS/m 이상)의 급액관리를 통하여 과실 품질을 증진시킬 필요가 있었다.

4) 수확과실의 수량, 중량 및 평균중량 비교

- 가) 수확과의 누적 및 평균 중량, 과수는 펠라이트 혼용 토양 배지 중에서 저농도로 급액한 P2, P1에서 가장 많았다.

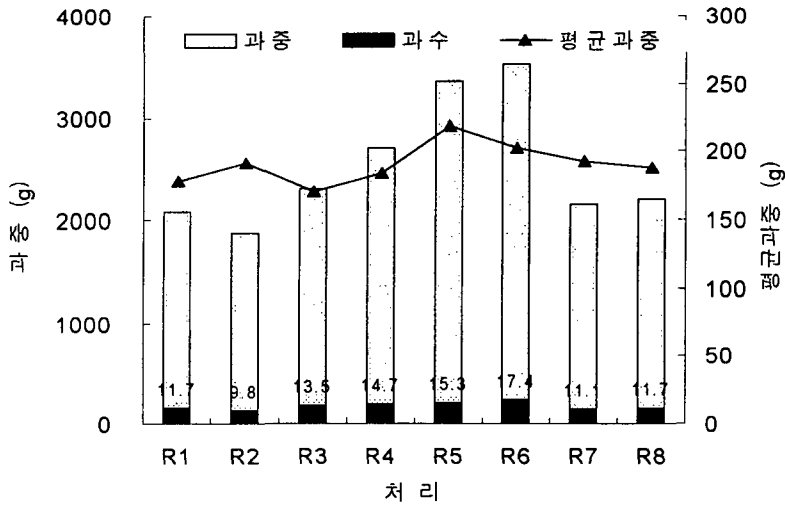


그림 5-2. 과실 수량, 중량 및 평균중량

따라서, 과실의 크기와 수량을 많이 확보하기 위해서는 저농도의 양액 관리가 유리하였다.

- 나) 왕겨 혼용 토양 배지 중 저농도 처리구인 R2, R1에서는 수확과수와 중량이 고농도 처리구에 비해서 낮았으나 과실의 평균중량은 오히려 높았다. 이는 왕겨를 혼용하여 토양양액재배를 실시할 경우 급액농도를 낮게 관리하면 과실 1개당 중량은 높게 확보할 수 있으나 전체적인 수량은 오히려 감소한다는 것을 의미한다.

2. 인공배지 첨가에 따른 토마토의 생장 및 과실 수량 반응

가. 실험목적

- 1) 기존 시설 토양재배에 이용 가능한 각종 유기, 무기배지의 선발 및 이용 방법을 구명
- 2) 다양한 인공배지를 첨가함으로써 기존 시설재배토양의 물리화학적 특성을 작물 생육에 양호한 조건으로 개선할 수 있는 가능성을 타진
- 3) 인공배지의 적정 혼합비율과 그에 따른 제반 작물 재배 관리 기준을 확립함으로써 토마토의 고품질 다수확 가능성을 구명

나. 재료 및 방법

- 1) 실험기간 : 1997년 1월 ~ 7월
- 2) 실험장소 : 전남대학교 농과대학 시설원예학 실험포장
(플라스틱하우스 100평)
- 3) 공시품종 : 하우스모모타로(Takii종묘, 일본)
- 4) 파 종 : 1997년 1월 20일 72공 플러그트레이에 펄라이트와 코코 피트(7:3, v/v) 혼합배지를 충전하여 파종
- 5) 육 묘 : 1997년 2월 15일 파종과 동일한 혼합배지를 플라스틱 포트(9×9cm)에 충전한 후 이식. 일본원예시험장균형배양액 1/2농도(EC 1.2dS/m)로 양액 육묘
- 6) 정 식 : 1997년 3월 10일 각 처리구별로 인공배지 혼용 토양 이랑(폭 80cm)에 20cm 간격으로 정식하였으며, 각 토양 이랑에는 점적 호스를 설치한 후 1/3HP 모터펌프와 타이머를

이용하여 관수량과 관수횟수를 제어

7) 처리내용 : 표 5-5와 같음

표 5-5. 정식 후 처리내용

(%, 용적비)

처리내용	발토양	왕겨	펄라이트	코코피트
S-1	100	-	-	-
S-2	70	30	-	-
S-3	70	-	30	-
S-4	80	-	-	20
S-5	60	-	20	20
S-6	-	-	100	-
S-7	-	-	30	70
S-8	-	50	-	50

(주) 발토양은 경작지으로써 사용 전력이 없는 절질양토를 기준

8) 실험구 배치 : 완전임의배치 3반복

9) 양액(농도) : 일본원시균형배양액(EC 1.3~1.7dS/m)

10) 조사 내용과 방법

가) 생육 조사 : 초장, 경경, 엽수, 엽장, 엽폭, 착과 화방 위치 및 착과수 등 생육 특성을 비파괴 조사

나) 과실 조사 : 수확시 과중, 과수, 당·산도 및 침실수 등을 관능 조사

다. 결과 및 고찰

1) 생육반응

표 5-6. 인공배지 첨가에 따른 각 처리별 생육반응('97. 6. 5)

처리 내용	초장 (cm)	엽수 (매)	경경 (mm)	최대(cm)		착과화방(개)	
				엽장	엽폭	화방	과수
S-1	158.2a	29.0	17.2bc	42.6b	54.0ab	5	3.3ab
S-2	143.4b	30.0	16.6c	42.3b	54.5ab	5	3.0ab
S-3	155.1a	29.7	17.1bc	40.3bc	55.6ab	5	2.7b
S-4	141.6c	29.3	17.9b	38.9c	52.4b	5	2.3bc
S-5	151.2ab	28.7	18.2ab	42.5b	52.5b	5	2.0c
S-6	150.0ab	29.3	18.4ab	47.2ab	50.7b	5	2.3bc
S-7	156.8a	30.0	19.4a	44.3b	53.8ab	5	3.7a
S-8	149.5ab	30.0	18.4ab	50.3a	58.9a	5	2.7b

주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)

2. 처리내용은 표 5-5 참조

가) 인공배지 첨가에 따른 적심 전까지의 토마토 생육 반응은 펄라이트와 코코피트를 30:70(v/v)으로 혼합한 S-7처리구에서 초장과 경경의 생장량이 가장 우수하였던 반면, S-2(발토양+왕겨=70:30, v/v)와 S-4(발토양+코코피트=80:20, v/v)에서는 초장과 경경의 생장량이 상대적으로 낮았다.

나) 최대 엽장과 엽폭은 왕겨와 코코피트가 50:50(v/v)으로 혼합된 S-8처리구에서 가장 높았던 반면, S-4(발토양+코코피트=80:20, v/v)처리구에서는 가장 낮았다.

다) 착과 화방은 모든 처리구에서 5화방으로 동일하였으며, 착과수는

S-7 > S-1 > S-2 순으로 높았다.

라) 이상의 결과로 볼 때 기존 발토양이나 혼합되는 각종 배지의 특성에 따라 작물의 생육결과는 다양하게 나타났으며, 본 실험에서는 S-7처리구에서 생육이 전반적으로 양호하였고 발효를 단용으로 사용한 처리구에서도 우수한 결과를 얻었다.

2) 초장생장의 경시적 반응

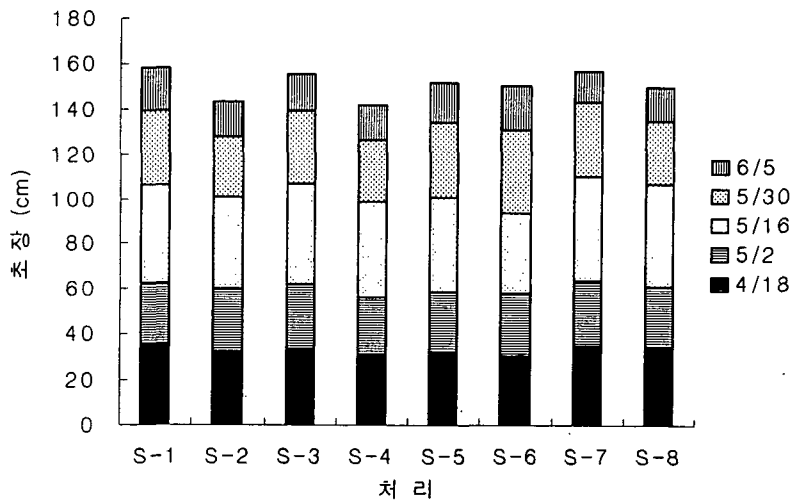


그림 5-3. 각 처리별 초장의 경시적 변화

가) 그림 5-3은 각 처리별 초장의 경시적 변화를 나타낸 것으로써 발토양을 단용으로 사용한 S-1처리구에서 시기별 초장 성장량이 가장 많았으며, 다음으로 S-7(펠라이트+코코피트=30:70, v/v), S-3(발토양+펠라이트=70:30, v/v)처리구에서의 초장 성장량이 많

았다.

나) S-2는 토양과 왕겨를 70:30으로 혼합한 배지로써 생육 초기 및 후기에 초장 신장량이 다른 처리구에 비해 상대적으로 적은 것을 볼 수 있는데, 이는 왕겨의 주성분이 규산질로써 초기에 보수력이 떨어지고, 흡비력이 떨어진다는 사실에 기인한 것으로 추정된다.

3) 수확과의 수량, 중량 및 평균 과중 비교

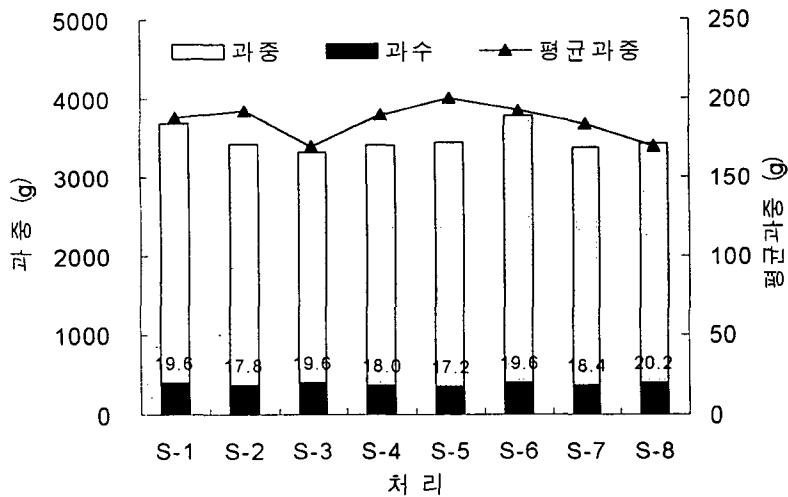


그림 5-4. 과실 수량, 중량 및 평균 과중

가) 각 처리구별 과실 수량, 중량 및 평균 과중은 S-1(밭토양 단용), S-6(펠라이트 단용), S-8(왕겨+코코피트=50:50, v/v)에서 전반적으로 우수한 결과를 보였던 반면, S-7(펠라이트+코코피트=30:70, v/v), S-2(밭토양+왕겨=70:30, v/v)에서는 상대적으로 낮았다.

나) S-5(발토양+펠라이트+코코피트=60:20:20, v/v/v)처리구에서는 수량에 비해 총 중량이 상대적으로 높아 과실이 전반적으로 컸던 반면, S-3(발토양+펠라이트=70:30, v/v)처리구에서는 과실 크기가 전반적으로 작게 나타나 반대의 경향을 보였다.

4) 과실의 품질반응

표 5-7. 처리별 수확과실의 당도, 산도 및 심실수

처리	당도(° Bx)	산도(pH)	심실수(ea)
S-1	5.48	4.25	4.6
S-2	5.28	4.38	5.4
S-3	5.64	4.32	5.0
S-4	5.14	4.19	5.2
S-5	5.34	4.31	6.0
S-6	5.50	4.08	4.8
S-7	5.44	4.23	6.0
S-8	5.02	4.40	6.2

가) 표 5-7은 수확과의 당도, 산도 및 심실수를 조사한 결과로 각 처리구별 평균 당도를 보면 S-3처리구에서 5.64(° Bx)로 가장 높았으며, S-6 > S-1 > S-7 순으로 각각 5.50, 5.48, 5.4(° Bx)를 나타내었다. S-8 처리구에서는 5.02(° Bx)를 나타내어 당도가 가장 낮았다.

나) 산도는 4.08~4.40 범위에서 각 처리간에 큰 차이가 없었으며, 심실수는 S-8 > S-7 > S-5 순으로 많았던 반면 S-1과 S-6에서는 적었다.

- 다) 수확과의 당·산도 및 심실수 등 각 처리간 품질 반응은 작물 생육 및 수량 반응 결과와 다소 차이가 있었다.
- 라) 각 처리별 과실 수량과 품질 반응은 다양한 차이를 보이고 있는데, 이는 각각의 단용 및 혼용배지별 물리화학적 특성과 근권 생육환경의 적정성 정도가 서로 다른 것에 기인되는 것으로 추정되며, 이들의 상관관계 및 기작을 명확히 구명하기 위해서는 추후 보다 심도있는 실험연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

제 2 절 오 이

1. 지면피복재의 종류 및 유공처리 방법에 따른 토양양액재배 오이의 생장과 과실 품질 반응

가. 실험목적

- 1) 시설 과채류의 토양양액재배시 작업의 생력 효과 및 토양의 이용 효율을 극대화하기 위한 적정 지면피복(mulch) 방법의 구명
- 2) 토양양액재배시 근권환경의 최적화를 위한 적정 지면피복재의 종류 및 효율적 유공처리 방법의 구명
- 3) 지면피복 방법의 최적화를 통한 고품질 토양양액재배 오이의 다수확 기술체계 확립

나. 재료 및 방법

- 1) 실험기간 : 1998년 2월 ~ 6월
- 2) 실험장소 : 한국온실작물연구소 실험포장
(플라스틱하우스 160평)
- 3) 공시품종 : 겨울나기 청장오이(홍농종묘)
- 4) 파 종 : 1998년 2월 20일 최아 후 72공 플러그트레이에 파종
- 5) 육 묘 : 본엽이 1~2엽 전개한 3월 10일에 플라스틱포트(7×7cm)에 이식하여 일본원시균형배양액 1/2농도(1.1dS/m)로 양액 육묘

- 6) 정 식 : 1998년 4월 2일 본엽이 6~7매 전개되었을 때 필라이트를 혼합한 토양에 정식. 정식전 본포에 양액(EC 1.2dS/m)을 충분히 관수한 후 뿌리가 잘 활착할 수 있도록 3일간의 급액량을 극소화하였다. 정식 후 2주일간 일본원시균형 배양액의 1/2단위 농도로 급액하였고, 이 후 일본원시균형 배양액의 표준농도로 급액 관리하였다. 재배 포장의 베드는 길이 350cm, 간격 160cm 였으며, 80cm 폭의 이랑에 20cm 정식 간격으로 베드당 17주를 재식하였다.
- 7) 처리내용 : 표 5-8과 같음.

표 5-8. 지면피복재의 종류 및 유공처리방법

처리내용	지면 피복재	유공방법	가로×세로 (cm)	구멍직경 (mm)	유공률 (%)
C-0		무공			0
C-1	투명 PE필름	유공	4×4	5	5
C-2			8×8	10	5
C-3			4×4	10	10
T-0		무공			0
T-1	흑백 필름	유공	4×4	5	5
T-2			8×8	10	5
T-3			4×4	10	10

- 8) 급액관리 : 급액은 오전 7시부터 오후 7시까지 맑은 날엔 30분 간격으로 1회당 2분씩 1일 24회 급액하였으며, 흐린 날엔 관수시간을 1분으로 급액

9) 조사내용과 방법

가) 생육 조사 : 초장, 엽수, 경경, 엽장, 엽폭, 과실수 및 과실중 등
생장량을 1주 간격으로 5회 비파괴 조사하였고, 최종
일에 파괴조사를 하였다.

나) 수확 조사 : 8마디 이후부터 착과시켜 과실 길이가 20cm 이상 되
었을 때 수확하여 과수, 과장, 과중 및 비정상과 등
을 조사하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 생육반응

표 5-9. 지면피복재의 종류 및 유공처리방법에 따른 토양양액재배 오이의
생육반응(정식 후 47일)

처리내용	초장 (cm)	경경 (mm)	엽수 (매)	엽면적 (cm ²)
C-0	128.2ab ¹	8.43	17	5,923b
C-1	137.8a	9.16	18	6,462a
C-2	125.4ab	7.79	17	5,890bc
C-3	117.4b	8.32	17	6,013b
T-0	126.4ab	8.60	18	5,631cd
T-1	127.8ab	8.05	18	5,894bc
T-2	124.3ab	8.70	18	5,564d
T-3	119.2b	8.50	17	5,379d

주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)

2. 처리내용은 표 5-8 참조

- 가) 초장과 엽면적은 투명PE필름을 가로×세로의 간격 4×4cm으로 직경 5mm의 구멍을 유공률 5%로 뚫은 C-1 처리구에서 각각 137.8cm, 6,462cm²로 가장 컸으며, 가로×세로의 간격 4×4cm, 구멍 직경 10mm의 유공률 10%로 처리한 C-3 처리구에서 가장 적었다.
- 나) 흑백필름에 있어서도 유공처리 방법에 따른 초장과 엽면적은 투명PE필름에서와 유사한 결과를 보였다.
- 다) 지면피복재별 유공처리 방법에 따른 오이의 생육은 구멍의 직경이 작으면서도 밀도가 높은 처리구에서 전반적으로 초장 성장량과 엽면적이 크게 나타났다.
- 라) 이상의 결과에서, 지면피복재는 무공보다 유공처리한 것이 생육에 유리하였고, 구멍의 간격은 넓고 직경이 큰 것보다 구멍이 작고, 밀도가 높은 유공 방법이 작물의 생육에 유리하였던 것을 알 수 있다.

2) 각 처리별 엽수와 엽면적의 성장반응

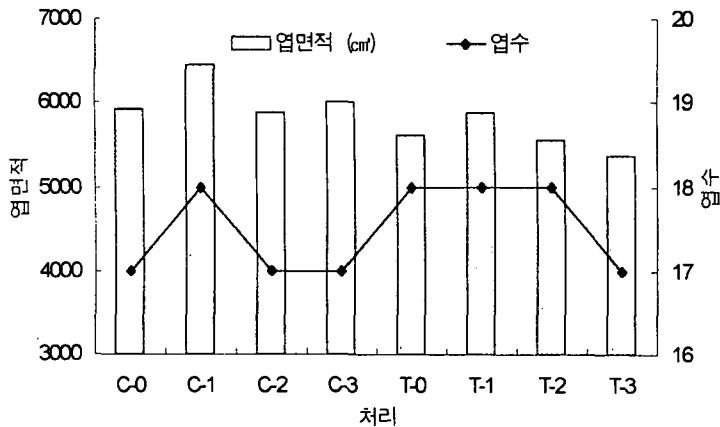


그림 5-5. 처리별 엽수와 엽면적 확보량 비교

- 가) 지면피복재별 엽수와 엽면적은 전반적으로 투명PE필름에서 높게 나타났다.
- 나) 유공처리 방법에 따른 엽면적은 모든 지면피복재에서 가로×세로 간격 4×4cm, 구멍 직경 5mm, 유공률 5%인 C-1, T-1 처리구에서 가장 컸다.
- 다) 이상의 결과에서 지면피복재에 유공처리를 했을 경우 작물의 생장량을 향상시킬 수 있으며, 구멍의 직경이 작고 밀도가 높을수록 효과적이었다.

3) 각 처리별 과실 수량, 평균 과중 및 총중량

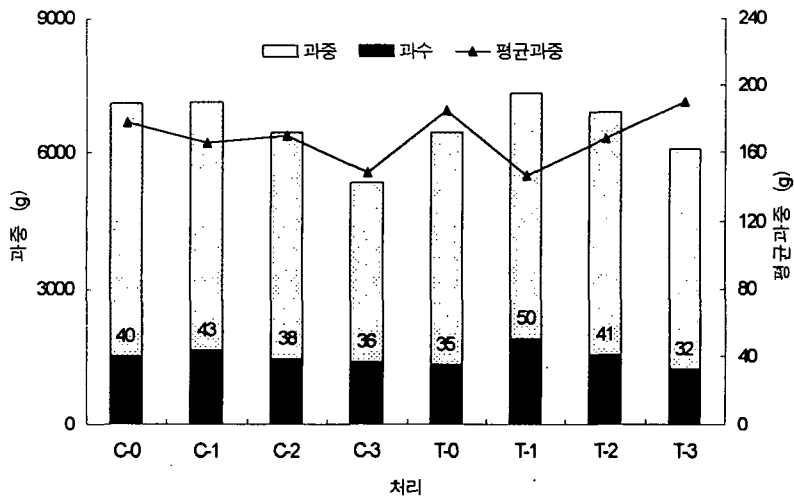


그림 5-6. 처리별 과실 수량, 평균 과중 및 총중량 비교

- 가) 각 처리별 과수와 과중은 모든 지면피복재에서 가로×세로의

간격이 4×4cm, 구멍 직경 5mm, 유공률 5%인 C-1, T-1 처리구에서 가장 많았으며, 유공처리를 하지 않은 처리구에서도 비교적 양호하였다.

나) 모든 지면피복재에서 구멍의 직경이 커 유공률이 가장 컸던 C-3, T-3 처리구에서는 과중과 과수가 가장 낮았다.

다) 이상의 결과에서 수량을 많이 확보하기 위해서는 구멍 크기가 적고 유공밀도가 높은 방법이 효과적일 것으로 판단된다.

4) 과실수량 및 중량의 경시적 변화

가) 투명PE필름에서 유공처리 방법별 과실 수량은 가로×세로의 간격이 4×4cm, 구멍의 직경이 5mm, 유공률 5%인 C-1 처리구에서 초기에는

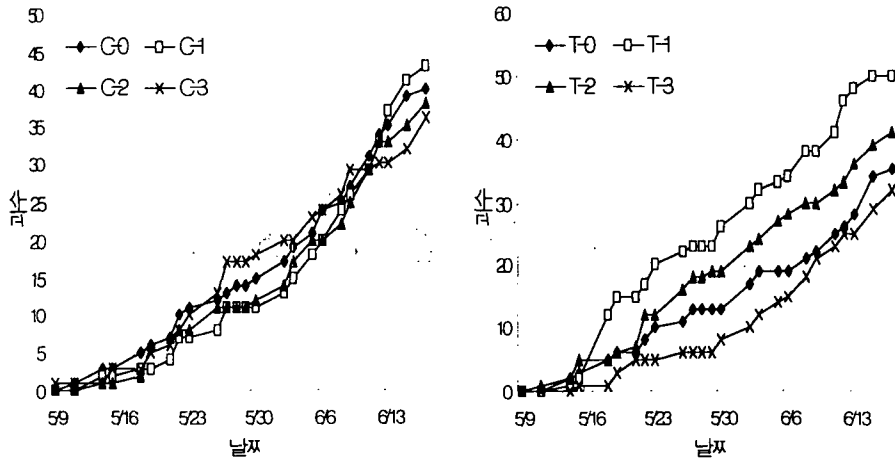


그림 5-7. 각 처리별 과실수량의 경시적 변화

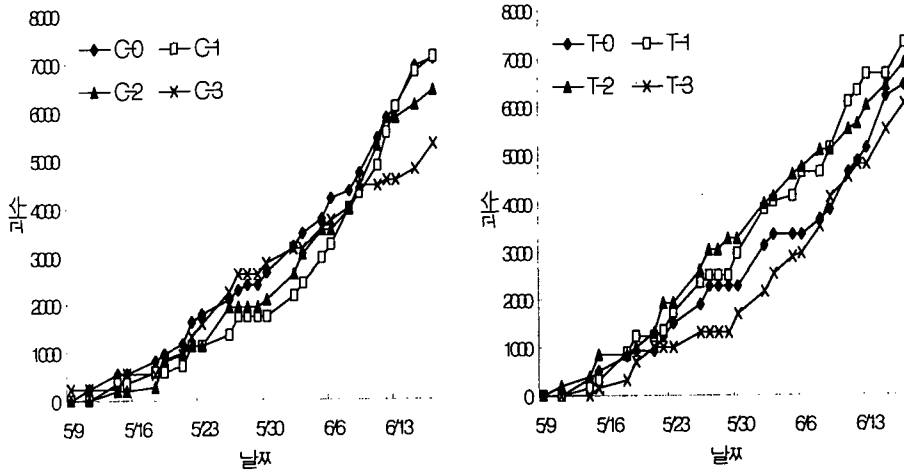


그림 5-8. 각 처리별 과실중량의 경시적 변화

낮은 수치를 보이다가 생육후반기로 갈수록 가장 많은 과수를 확보하였다. 과실 중량도 이와 유사한 결과를 보였다.

나) 흑백필름을 지면에 피복하였을 경우에는 유공처리 방법별 처리간 과수와 과중의 경시적 변화율이 확연하게 차이를 보이고 있으며, 투명PE필름에서와 마찬가지로 구멍의 크기와 간격이 작은 T-1 처리구에서 가장 많았던 반면, 구멍의 크기가 커 유공률이 가장 높았던 T-3 처리구에서는 가장 낮게 나타났다.

다) 지면피복재를 이용한 토양양액재배시 고품질 오이를 다수확하기 위해서는 구멍 크기가 작으면서도 밀도가 높은 유공처리 방법이 매우 효과적인데 이는 지온이 직접 영향하는 것 이외에도 유공부위를 통한 수분 증발산으로 지표면의 염류집적이 회피되고, 토양 수분의 분포가 균일하게 유지되기 때문으로 추정된다.

2. 급액방법에 따른 오이의 작물생육과 과신품질 반응

가. 실험목적

- 1) 토양양액재배방식에 적용가능한 적정 급액방법의 구명
- 2) 적정 급액량 및 급액횟수를 구명함으로써 토양양액재배시 근권환경을 최적화하기 위한 양수분관리기준의 설정
- 3) 실용 급액관리기준을 구체적으로 제시함으로써 고품질 시설과채류의 다수확기술체계 확립

나. 재료 및 방법

- 1) 실험기간 : 1999. 5. 10 ~ 7. 15
- 2) 실험장소 : 전남대학교 농과대학 시설원예학 실험포장
(플라스틱하우스 100평)
- 3) 공시품종 : 겨울살이청장오이(홍농종묘)
- 4) 파 종 : 1999년 5월 10일 최아 후 72공 플러그트레이에 파종
- 5) 육 묘 : 본엽이 1~2엽 전개한 5월 27일에 플라스틱포트(7×7cm)에 이식하여 일본원시균형배양액 1/2농도(1.1dS/m)로 양액 육묘
- 6) 정 식 : 발흙(펄라이트 30% 혼용)을 이용하여 토양양액재배시스템을 제작하였으며, 80cm폭의 이랑에 20cm 간격으로 정식. 각 처리구당 양액탱크(600ℓ), 1/3HP 모터펌프, 점적타이퍼, 타이머 등을 설치하여 독립된 급액시스템 구성
- 7) 처리내용 : 표 5-10과 같음

표 5-10. 일중 급액시기 및 급액량별 처리내용

처리 내용	양액공급(관비)		물공급(관수)	
	일중 시기(시)	시간/1회(분)	일중 시기(시)	시간/1회(분)
A	05:00	6	12:00	6
B	08:00	12	-	-
C	08:00	6	12:00	6
D	08:00~18:00 (2시간 간격 6회)	2	-	-

8) 양액처방 : 일본원시균형배양액(EC 1.5dS/m)

9) 조사내용과 방법

가) 생육조사 : 초장, 엽수, 경경, 엽장, 엽폭, 엽면적, 기관별 생체중 및 건물중 등 7일 간격으로 4회 비파괴조사 및 최종 파괴조사. 엽면적은 엽면적측정기(Delta-T area meter, CB 3535, CBS OEJ, 영국)를 이용하였고, 각 기관별 건물중은 80℃의 dry oven에서 2일간 건조시킨 후 칭량하였다.

나) 과실조사 : 8마디 이후부터 착과시켜 과실이 20cm 이상 되었을 때 수확하여 과수, 과장, 과중 및 비정상과 등 조사

다. 결과 및 고찰

1) 생장반응

표 5-11. 급액방법에 따른 생육반응(정식 후 60일)

처리 내용	초장 (cm)	경경 (mm)	엽수 (매)	최대엽장 (cm)	최대엽폭 (cm)	엽면적 (cm ²)
A	189.3a ¹	6.07d	22.0	35.7a	26.3	5,276.0a
B	175.3a	6.27ab	19.0	32.5b	25.0	4,018.0bc
C	185.8a	6.23ab	20.3	33.3ab	26.1	4,759.0ab
D	144.7b	6.55a	18.0	32.7ab	24.6	3,495.0c

처리 내용	생체중(g/주)			건물중(g/주)		
	엽	경	합	엽	경	합
A	177.0a	76.0a	253.0a	28.0a	7.33a	35.3a
B	113.0c	49.3bc	162.3bc	16.0b	4.67b	20.8b
C	146.0b	50.0bc	196.0b	22.0ab	4.67b	26.7ab
D	106.0c	40.0c	146.0c	16.0b	4.67b	20.7b

주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)

2. 처리내용은 표 5-10 참조

가) 오전 5:00시에 6분간 양액을 1회 공급한 후, 12:00시에 물만 1회 6분간 공급한 A처리구에서 경경을 제외한 모든 생육이 우수한 결과를 보였다.

나) 오전 8:00시부터 2시간 간격으로 18:00시까지 양액을 1회당 2분씩 6회 공급한 D처리구에서는 전반적으로 가장 저조한 생육을 보였다.

다) 급액 및 관수횟수, 1회당 급액량에 따른 오이의 최종 생육 결과는

경경을 제외한 모든 조사항목에서 A > C > B > D순으로 양호하게 나타났으며, 따라서 고온기 급액관리방법은 양액만을 급액하는 것은 불리하며, 물을 교호로 관주해 주는 것이 이상적인 것으로 판단되었다.

2) 초장의 경시적 반응

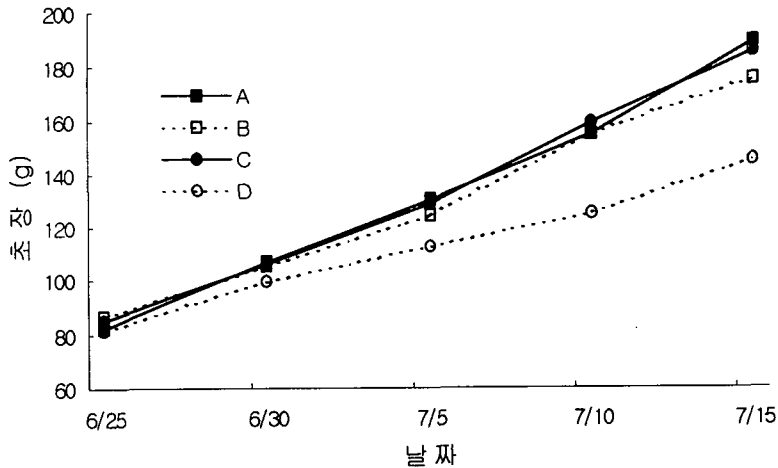


그림 5-9. 급액방법별 초장의 경시적 반응

- 가) A, B, C 처리구에서는 초장의 경시적 반응에 큰 차이가 없었으며, 오전 5:00시와 8:00시에 각각 양액을 6분간 1회 공급한 후 12:00시에 물을 6분간 1회 공급한 A와 C처리구에서 초장 확보율이 가장 높았다.
- 나) 반면, 8:00시부터 18:00시까지 2시간 간격으로 양액을 1회당 2분

씩 6회 공급한 D 처리구에서는 초장 성장량이 가장 적었다.

다) 경경을 제외한 모든 생장 항목들의 경시적 반응도 이와 유사한 경향을 보였다.

3) 과실 품질 반응

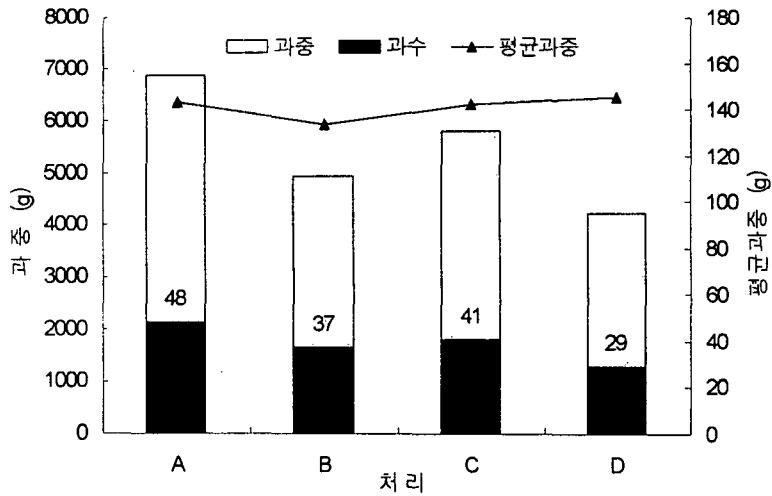


그림 5-10. 과실 수량, 중량 및 평균 과중

가) 매일 오전 5:00시에 양액을 1회 6분간 공급한 후, 12:00시에 물만을 1회 6분간 공급하였던 A 처리구에서 과중과 과수가 가장 많았다.

나) 매일 오전 8:00시부터 18:00시까지 2시간 간격으로 1회당 2분씩 양액을 6회 공급한 D 처리구에서는 과중과 과수가 다른 처리구에 비하여 가장 적었다.

- 다) 평균 과중은 큰 유의차가 없이 각 처리구에서 개당 140g 내외를 나타냈다.
- 라) 이상의 결과와 같이 고온기 오이의 토양양액재배에 있어서는 양액만을 공급하기보다는 오전에 양액을 공급한 후 정오 전후로 물만을 추가로 급액하는 방법이 작물 생육 및 과실 품질을 향상시킬 수 있다.
- 마) 이는 토양내에 양액만을 공급하는 것보다 염류농도가 적정 수준 이상으로 높아지지 않도록 물을 추가로 관수함으로써 일반 양액 재배시스템에 비해 배수성이 불량한 토양양액재배시스템에서 합리적인 급액관리방법이 될 수 있음을 의미하며, 또한, 토양내의 염류농도를 적정화시키므로써 근권의 양수분흡수 환경을 양호하게 유지시켜 줄 수 있기 때문인 것으로 추정된다.

3. 양액조성 방법과 배지 종류에 따른 오이의 생육 및 품질 반응

가. 실험목적

- 1) 토양양액재배시 근권내 염류집적을 최소화하므로써 고품질 오이의 장기 다수확을 위한 양액조성과 배지혼용 방법의 적정화
- 2) 양액성분 함량에 따라 고염류처리와 저염류처리구로 구분하여 급액하므로써 작물 생육과 품질향상 기술 체계의 최적화
- 3) 이용 가능한 각종 유기, 무기배지를 토양내에 혼합하므로써 토양의 물리화학적 특성 및 근권 양수분 흡수 환경의 개선

나. 재료 및 방법

- 1) 실험기간 : 1999. 1 ~ 1999. 5
- 2) 실험장소 : 한국온실작물연구소 실험포장(플라스틱하우스 80평)
- 3) 공시품종 : 겨울나기청장오이(홍농종묘)
- 4) 파 종 : 파종 전 항온항습기 30℃ 조건에서 2일간 최아 후 펠라이트와 코코피트 혼용배지(50:50, v/v)를 72공 플러그 트레이에 충전시켜 파종
- 5) 육 묘 : 초기에는 일본원시균형배양액(표 5-12) 1/4농도(EC 0.6dS/m)로 급액하였고 2~3엽기에 1/2농도(EC 1.1dS/m)로 높여 관리. 또한, 펠라이트, 코코피트, 입상암면 혼합배지(1:1:1, v/v/v)를 포트(9×9cm)에 충전 후 이식
- 6) 정 식 : 본엽이 5~6매 전개된 3월 2일 각각의 처리구에 정식
- 7) 처리내용 : 표 5-12와 같이 배지 혼용구별로 양액조성을 저염류와

고염류 처리구로 나누어 처리하였다. 단, 토양은 경작지토써 사용 전력이 없는 점질양토를 기준으로 하였음.

표 5-12. 양액조성방법 및 배지종류별 처리내용

처리내용	양액조성(일본원시)	배지혼용(용적비)	
A-1	저염류처리구 (SO_4^{2-} 25ppm 감량)	토양+펠라이트(70:30)	
A-2		토양+입상암면(70:30)	
A-3		토양+코코피트(70:30)	
A-4		토양(100)	
B-1	고염류처리구	토양+펠라이트(70:30)	
B-2		토양+입상암면(70:30)	
B-3		토양+코코피트(70:30)	
B-4		토양(100)	

비 료 명		저염류처리구 (EC 1.3dS/m)	고염류처리구 (EC 1.3dS/m)	
A	질산석회 5 $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$	513.79	513.79	
	질산칼륨 KNO_3	150.15	157.06	
	질산암모늄 NH_4NO_3	12.82	-	
	킬레이트철 Fe-EDTA	11.81	11.81	
액	질산칼륨 KNO_3	188.50	273.76	
	황산마그네슘 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	183.18	295.45	
	제1인산가리 KH_2PO_4	188.38	64.40	
	B	질산마그네슘 $\text{MgNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	116.70	37.22
	붕산 H_3BO_3	1.69	1.69	
	황산구리 $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.04	0.04	
	황산아연 $\text{ZnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.13	0.13	
	황산망간 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.92	0.92	
	몰리브덴소다 $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.02	0.02	

- 8) 급액관리 : 급액횟수와 급액량은 생육 초기인 3월말까지는 오전 7시부터 오후 6시까지 1일 3~4회씩 주당 500~600ml씩 급액하였으며, 생육중반기인 4월부터는 오전 6시부터 오후 7시까지 1일 5~6회씩 주당 1,000ml씩 급액하였음.

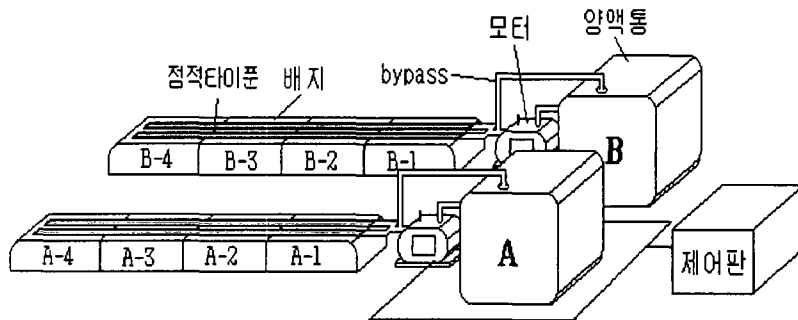


그림 5-11. 실험 처리구의 모식도

9) 조사내용과 방법

- 가) 생육조사 : 초장, 엽수, 경경, 엽장, 엽폭, 엽면적, 기관별 생체중 및 건물중 등 7일 간격으로 5회 비파괴 조사하였고, 최종적으로 파괴조사. 엽면적은 엽면적측정기(Delta-T area meter, CB 3535, CBS OEJ, 영국)로 측정하였고, 각 기관별 건물중은 80℃의 dry oven에서 2일간 건조시킨 후 칭량
- 나) 과실조사 : 정식후 4마디까지 암꽃을 없애고 4마디 이후부터 착과시켜 과실이 25cm 전후로 성장하였을 때 수확하여 처리별 과실수량과 중량을 측정

다. 결과 및 고찰

1) 생육반응

표 5-13. 오이의 생육반응(정식 후 54일)

처리 내용	초장(A) (cm)	엽수(B) (ea)	A/B (cm)	경경 (mm)	엽면적 (cm ²)
A-1	309.5a ¹	34.7a	8.9	7.5bc	7,222ab
A-2	288.2ab	32.0bc	9.0	7.0c	7,383a
A-3	267.7bcd	31.0c	8.6	8.2a	7,221ab
A-4	255.5cde	31.0c	8.2	8.2a	6,417cd
B-1	274.7bc	32.3bc	8.5	8.1a	6,576bcd
B-2	248.7de	32.0bc	7.8	7.8ab	6,204cd
B-3	274.0bc	33.7ab	8.1	8.3a	6,744abc
B-4	243.8e	30.7c	8.0	8.0ab	5,980d

처리 내용	생체중(g/주)			건물중(g/주)		
	엽	경	합	엽	경	합
A-1	336.7a	255.7a	592.3a	31.2a	14.0a	45.1a
A-2	308.7b	186.3cd	495.1bc	28.6b	10.2cd	38.7bc
A-3	290.7bc	246.3ab	537.0b	26.9bc	13.4ab	40.4b
A-4	247.7de	183.8cd	428.2de	22.9de	10.0cd	33.0def
B-1	266.7cd	165.7d	432.3de	24.7cd	9.0d	33.8de
B-2	231.0e	152.3d	383.3e	21.4e	8.3d	29.7f
B-3	266.4cd	212.3bc	478.7cd	24.6cd	11.6bc	36.3cd
B-4	231.0e	167.5d	398.5e	21.4e	9.1d	30.5ef

주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)

2. 처리내용은 표 5-12 참조

- 가) 양액조성 방법에 따른 오이의 생육반응은 전반적으로 고염류처리구보다 저염류처리구에서 양호하였다.
- 나) 배지 종류별로는 전반적으로 토양과 펄라이트를 70:30(v/v)으로 혼용한 처리구(A-1, B-1)에서 생육이 양호하였던 반면, 토양 단용처리구(A-4, B-4)에서 가장 낮았다.
- 다) 각 기관별 생체중 및 건물중에 있어서도 저염류처리구 중 펄라이트 혼용구에서 가장 양호하였으며, 고염류처리구 중에서는 토양 단용처리구에서 가장 낮았다.
- 라) 이상과 같은 결과에서, 오이의 토양양액재배시 양액조성은 염류 집적을 초래하는 황산이온(SO_4^-)을 감량한 저염류처리형 처방이 합리적임을 알 수 있다.
- 마) 또한, 저염류처리형 양액조성 중에서도 토양 단용처리구보다는 토양에 펄라이트, 입상암면, 코코피트 등의 배지를 혼용하여 토양의 물리화학적 특성을 개선시킬 필요가 있었다.

2) 초장과 엽수의 경시적 반응

- 가) 각 처리구별 초장과 엽수의 경시적 반응은 큰 차이를 보이고 있으며, 특히 저염류처리구 중 펄라이트 혼용처리구에서 경시적 성장량이 가장 높았던 반면, 고염류처리구 중에서는 토양 단용처리구가 가장 낮게 나타났다.
- 나) 양액조성 방법의 차이에 따른 초장과 엽수의 경시적 반응은 전반적으로 고염류처리구보다 저염류처리구에서 높은 경향을 보이고 있다.
- 다) 고염류처리구 중에서는 토양에 펄라이트나 입상암면, 코코피트

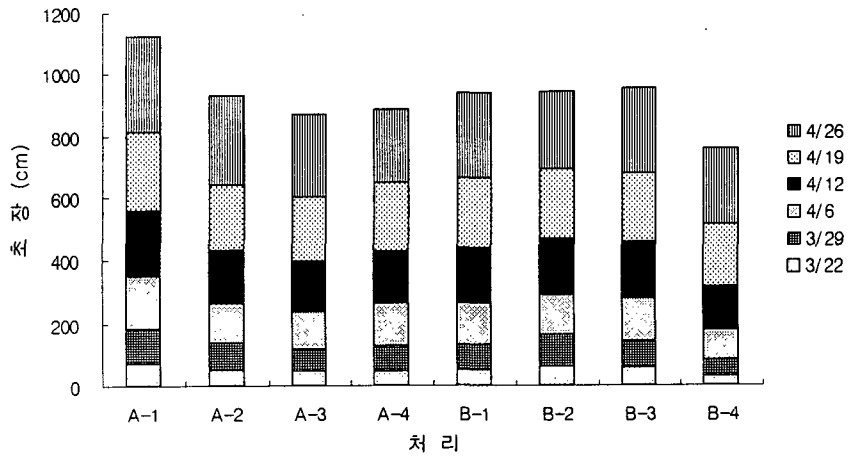


그림 5-12. 초장의 경시적 반응

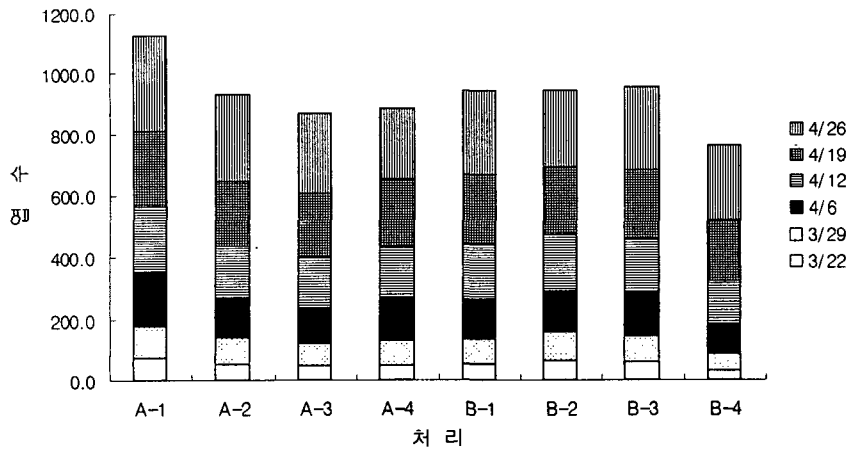


그림 5-13. 엽수의 경시적 반응

등의 배지를 혼용하였을 경우 저염류처리구의 토양 단용처리구보다 초장과 엽수의 확보율이 높았는데, 이는 토양 단용처리구보다 혼합배지에서 근권의 물리적 환경이 개선되므로써 작물 생육이 촉진되는 것을 의미한다.

3) 과실 품질 반응

표 5-14. 양액조성방법과 배지종류에 따른 오이의 과실 품질 반응

처리 내용	과수 (개/주)	과중 (g)	평균과중 (g)	블룸형성
A-1	10.1a ¹	1,686.6a	167.0a	++
A-2	7.6b	1,184.7e	155.9b	++
A-3	7.7b	1,277.6d	165.9a	+++
A-4	8.0b	1,253.1d	156.6b	+++++
B-1	9.0a	1,370.0c	152.2c	++
B-2	7.9ab	1,241.8de	157.2b	++
B-3	9.0a	1,442.7bc	160.3ab	+++
B-4	7.1b	1,168.7e	164.6a	+++++

주) + : 아주 적음, +++++ : 아주 많음

1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)
2. 처리내용은 표 5-12 참조

가) 주당 수확 과수는 저염류처리구 중 펄라이트 혼용처리구(A-1)에서 가장 많은 10.1개로 나타났으며, B-1, B-3 > A-4 > B-2 > A-3 > A-2 > B-1 순으로 높았는데 이러한 결과는 작물 생육과 밀접한 관련성을 갖고 있다.

- 나) 평균 과중에 있어서는 저염류처리구 중 펄라이트 혼용구인 A-1이 167g으로 가장 높았으며, 저염류처리 및 고염류처리구의 코코피트 혼용구에서도 각각 165.9g, 160.3g으로 평균 과중이 높았다.
- 다) 특히, 고염류처리구 중 토양 단용처리구인 B-4에서 평균 과중이 164.6g으로 매우 높게 나타났지만, 과수 확보량이 가장 적어 전체 과실 중량은 모든 처리구에서 가장 낮았다.
- 라) 불림의 발생 정도는 토양 단용처리구에서 가장 높았으며, 다음으로 코코피트, 입상암면과 펄라이트 순으로 적었다. 이러한 경향은 저염류처리구 및 고염류처리구에서 모두 유사한 결과를 보였다.

4. 양액조성 방법과 급액농도의 차이에 따른 오이의 생육 및 품질 반응

가. 실험목적

- 1) 토양양액재배시 근권내 염류집적을 최소화함으로써 고품질 오이의 장기 다수확을 위한 적정 양액조성 방법 및 급액농도를 구명
- 2) 양액의 무기이온 성분 비율과 급액농도의 적정화를 통한 작물 생육 및 과실 품질의 최적화 기술 체계 확립
- 3) 기타 시설 과채류 및 절화류로의 적용 확대 가능성을 타진하고, 기술적 가이드라인을 제공

나. 재료 및 방법

- 1) 실험기간 : 1999. 1 ~ 1999. 5
- 2) 실험장소 : 한국온실작물연구소 실험포장(플라스틱하우스 160평)
- 3) 공시품종 : 겨울나기청장오이(홍농종묘)
- 4) 파 종 : 파종 전 30℃의 항온항습기에서 2일간 최아 후 펠라이트와 코코피트의 용적비가 50:50인 혼합배지를 72공 플러그 트레이에 충전시켜 파종
- 5) 육 묘 : 초기에는 일본원시균형배양액(표 5-12 참조) 1/4농도(EC 0.6dS/m)로 급액관리하였으며, 본엽이 2~3매 전개되었을 때 1/2농도(EC 1.1dS/m)로 높여 관리하였다. 또한, 펠라이트:코코피트:입상암면을 1:1:1(v/v/v)로 혼합하여 플라스틱 포트(9×9cm)에 충전시킨 후 플러그 묘를 이식
- 6) 정 식 : 본엽이 5~6매 전개된 3월 2일 각각의 처리구에 정식

7) 처리내용 : 표 5-15와 같다.

표 5-15. 양액조성방법 및 급액농도별 처리내용

구 분	비 료 명	저염류처리구 ²⁾			고염류처리구			
		표준농도 ¹⁾ (ppm)	A	B	표준농도 ¹⁾ (ppm)	C	D	
		EC 2.2	EC 1.3	EC 1.7	EC 2.2	EC 1.3	EC 1.7	
A	5 [Ca(NO ₃) ₂ · 2H ₂ O]	869.50	513.79	671.88	869.50	513.79	671.88	
	· NH ₄ NO ₃							
	KNO ₃	254.10	150.15	196.35	265.80	157.06	205.39	
	NH ₄ NO ₃	21.70	12.82	16.79	-	-	-	
	Fe-EDTA	20.00	11.81	15.45	20.00	11.81	15.45	
B	KNO ₃	319.00	188.50	246.50	463.30	273.76	358.00	
	MgSO ₄ · 7H ₂ O	310.00	183.18	239.54	500.00	295.45	386.36	
	KH ₂ PO ₄	318.80	188.38	246.34	109.00	64.40	84.22	
	MgNO ₃ · H ₂ O	197.50	116.70	152.61	63.00	37.22	48.68	
	H ₃ BO ₃	2.86	1.69	2.21	2.86	1.69	2.21	
	액	CuSO ₄ · 7H ₂ O	0.08	0.04	0.06	0.08	0.04	0.06
	ZnSO ₄ · 5H ₂ O	0.22	0.13	0.17	0.22	0.13	0.17	
	MnSO ₄ · H ₂ O	1.57	0.92	1.21	1.57	0.92	1.21	
	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	

¹⁾ 일본원시균형배양액 표준 처방

²⁾ SO₄²⁻ 25ppm 감량 처방

8) 급액관리 : 급액횟수와 급액량은 생육 초기인 3월말까지는 오전 7시부터 오후 6시까지 1일 3~4회씩 주당 500~600ml씩 급액하였으며, 생육중반기인 4월부터는 오전 6시부터 오후 7시까지 1일 5~6회씩 주당 1,000ml씩 급액하였음.

9) 조사내용과 방법

- 가) 생육조사 : 초장, 엽수, 경경, 엽장, 엽폭, 엽면적, 기관별 생체 중 및 건물중 등 7일 간격으로 5회 비파괴조사하였고, 최종일에 파괴조사하였다. 엽면적측정기(Delta-T area meter, CB 3535, CBS OEJ, 영국)를 이용하여 엽면적을 측정하였고, 건물중은 80℃ dry oven에서 2일간 건조 후 칭량하였다.
- 나) 과실조사 : 정식후 4마디까지 암꽃을 없애고 4마디 이후부터 착과시켜 과실이 25cm 전후로 성장하였을 때 수확하여 처리별 과실수량과 중량을 측정

다. 결과 및 고찰

1) 생장반응

- 가) 양액조성 방법에 따른 토양양액재배 오이의 생육은 전반적으로 고염류처리구보다는 저염류처리구에서 높았다.
- 나) 저염류처리구에서는 급액농도를 상대적으로 고농도로 관리한 B 처리구에서 전반적인 생육반응이 양호하였으며, 특히 기관별 생체중과 건물중 확보량면에서 그 경향이 뚜렷하다.
- 다) 고염류처리구중에서는 급액농도를 상대적으로 낮게 관리한 C 처리구에서 전반적인 생육반응이 우수하였으며, 특히 각 기관별 생체중과 건물중 확보량면에서 그 차이가 현저하였다.
- 라) 따라서, 오이의 토양양액재배시 양액조성과 급액농도는 저스트레스구에서 다소 고농도로 관리하는 것이 작물생육에 유리한 것으로

판단되었다.

표 5-16. 오이의 생육반응(정식 후 60일)

처리 내용	초장 (cm)	경경 (mm)	엽수	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽면적 (dm ²)
A	288.2a ¹	7.02b	32.0b	46.2ab	31.0a	7,016.8a
B	286.3a	7.70a	34.3a	48.5a	28.6ab	6,615.3a
C	248.7b	7.77a	32.0b	41.4c	26.5b	6,659.0a
D	251.0b	7.52ab	30.7b	43.3bc	26.8b	5,352.8b

처리 내용	생체중(g)			건물중(g)		
	엽	경	계	엽	경	계
A	293.4a	185.0b	478.4	54.4a	26.4a	80.8
B	277.3ab	220.0a	497.3	52.6a	29.7a	82.3
C	248.0bc	152.3c	400.3	46.2b	24.0ab	70.2
D	230.0c	148.0c	378.0	42.6b	18.5b	61.1

주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)

2. 처리내용은 표 5-15 참조

2) 초장의 경시적 반응

가) 양액조성 방법에 따른 초장의 경시적 성장량은 저염류처리구에서 양호하였던 반면, 고염류처리구에서는 상대적으로 저조하였다.

나) 저염류처리구 중 생육 초기는 급액농도를 1.7dS/m로 높게 관리한 B처리구에서 초장 성장량이 많았으나 생육 후반기에는 오히려 저농도의 1.3dS/m로 관리한 A처리구에서 초장 증가가 현저하였다.

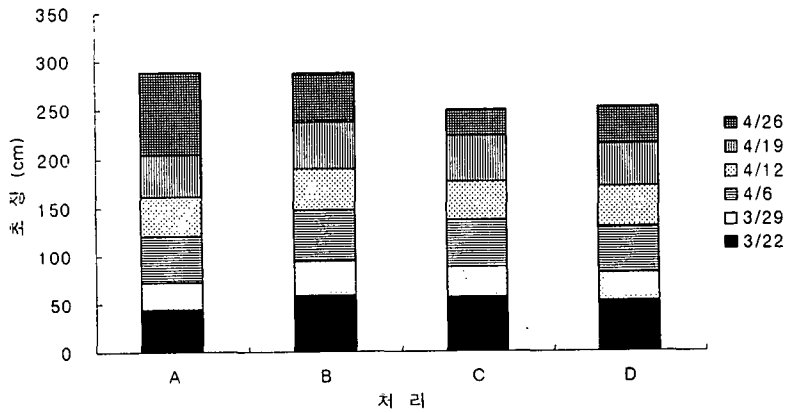


그림 5-14. 초장의 주간 누적 변화량

3) 과실수량반응

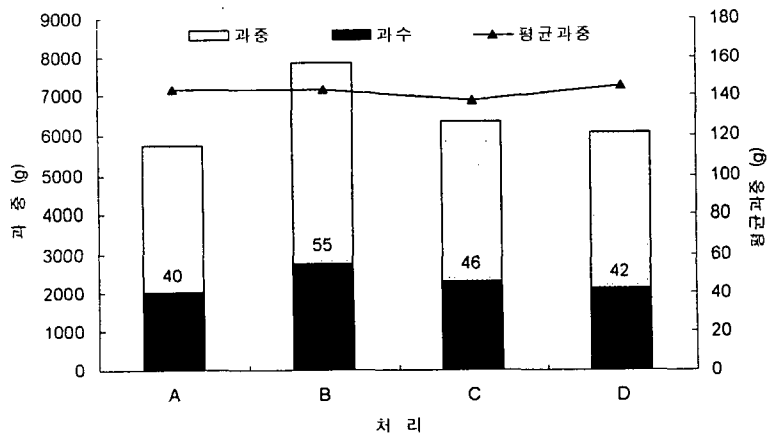


그림 5-15. 과수, 과중 및 평균 과중

- 가) 과수와 과중은 모든 처리구 중 저염류처리구에서 1.7ds/m의 고농도로 급액관리하였던 B처리구에서 가장 높았으며, 저염류처리구 중 1.3ds/m의 저농도로 급액하였던 A처리구에서는 고염류처리구보다도 낮았다.
- 나) 평균 과중은 각 처리간에 유의차가 없었다.
- 다) 오이의 토양양액재배시 양액중의 SO_4 함량이 높은 고염류처리구보다 SO_4 함량을 줄인 저염류처리구에서 생육이 왕성하였으며, 그 중에서도 다소 고농도로 급액관리하는 것이 유리하였다.
- 라) 이상의 결과로 보아 시설오이의 토양양액재배시 정식초기의 영양생장기에는 저염류형 양액 처방을 저농도로 급액관리한 후 과실수확기에는 이를 점차 고농도로 급액해 나가는 방법이 작물 생육을 촉진시키며 과실의 수량 증대 및 품질향상을 기대할 수 있다.

제 3 절 고 추

1. 급액 및 유인방법에 따른 고추의 생육과 과실 수량 반응

가. 실험목적

- 1) 기존 토양재배방식에서 관수 및 유인방법 개선을 통한 시설고추의 저비용 고효율 토양양액재배 기술체계 확립
- 2) 토양양액재배시스템에서 적정 급액방법과 유인방법을 구명하므로써 고품질 시설고추의 다수확 생산 기술체계 확립
- 3) 기타 시설 과채류, 엽채류 및 절화류로의 적용 가능성 타진 및 기술적 가이드라인 작성을 위한 지침 제공

나. 재료 및 방법

- 1) 실험기간 : 1998년 5월 ~ 8월
- 2) 실험장소 : 한국온실작물연구소 실험포장 (플라스틱하우스 100평)
- 3) 공시품종 : 녹광(홍농종묘)
- 4) 파 종 : 1998년 5월 9일 2일간 최아 후 5월 11일에 72공 플러그 트레이에 파종
- 5) 육 묘 : 6월 1일(1차 이식), 일본원시균형배양액 1/2수준(1.1dS/m)으로 양액육묘 실시
- 6) 정 식 : 6월 22일(본엽 6~7매 출현)
- 7) 처리내용 : 표 5-17과 같음.

표 5-17. 급액 및 유인방법별 처리내용

처리내용	급액방법	유인방법	혼용배지
N-1	양액(1.5dS/m)	2줄기	산흙+펄라이트(7:3, v/v)
N-2	양액(1.5dS/m)	4줄기	산흙+펄라이트(7:3, v/v)
W-1	물	4줄기	산흙+유기물퇴비

8) 조사내용과 방법

가) 생육조사 : 초장, 주경장, 경경, 엽장, 엽폭, 측지수 및 각 기관
별 생체중을 7일 간격으로 6회 비파괴조사하였다.

나) 과실수량조사 : 과실 수량 및 중량

다. 결과 및 고찰

1) 생장반응

표 5-18. 급액방식 및 유인에 따른 고추의 생육반응(정식 후 104일)

처리 내용	초장 (cm)	주경장 (cm)	경경 (mm)	측지수	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생체중(g)		
							엽	경	근
N-1	82.7a ¹	40.3	5.7b	12.3a	12.5a	3.97a	42.7b	35.0b	73.3a
N-2	86.3a	40.0	6.8a	11.7ab	12.6a	4.03a	58.3a	46.7a	48.3b
W-1	67.0b	41.0	4.8c	9.0b	10.9b	3.57b	25.0c	25.7c	51.7b

주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)

2. 처리내용은 표 5-17 참조

- 가) 양액을 공급하였던 N-1, N-2 처리구에서 전반적인 생육 지표가 물만을 관수하였던 w-1 처리구에 비하여 우수하였다. 단, 주경장은 처리간 유의차가 없었다.
- 나) 양액(일본원시균형배양액 1.5dS/m)을 공급한 N-1, N-2 중 유인 방법에 따른 성장량은 대부분 유사하였다.
- 다) 기관별 생체중에 있어서는 4줄기로 유인 관리한 N-2 처리구가 2줄기로 유인한 N-1 처리구에 비해 현저하게 높았던 반면, 근에서의 생체중은 반대의 결과를 보였다.
- 라) 따라서, 시설고추의 토양양액재배시에는 물만을 관수하는 것보다 양액을 공급하는 것이 생육에 유리하며, 그 중에서도 엽과 경의 생체중을 많이 확보하기 위해서는 2줄기 유인방식보다는 4줄기 유인방식이 합리적이었다.

2) 측지수의 경시적 변화

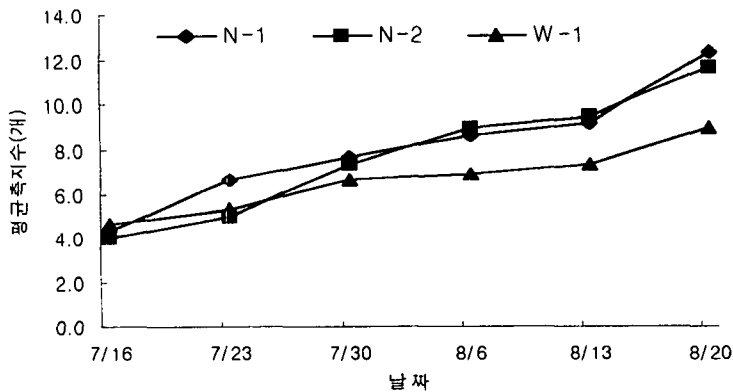


그림 5-16. 급액 및 유인방법에 따른 측지수의 경시적 변화

- 가) 측지발생량은 시간이 경과함에 따라서 지속적으로 증가하였으며, 양액을 공급한 N-1, N-2 처리구에서 양액을 공급하지 않은 W-1 처리구보다 측지 발생이 현저하게 많았다.
- 나) 양액을 공급한 처리구 중에서 유인 방법에 따른 측지수 분화율은 큰 차이가 없었다.
- 다) 따라서, 시설고추의 토양양액재배시 많은 측지수를 확보하므로써 작물 생육을 촉진시키고 과실 수량을 증가시키기 위해서는 적정 농도의 양액을 공급해 주어야 한다.

3) 과실 수량 반응

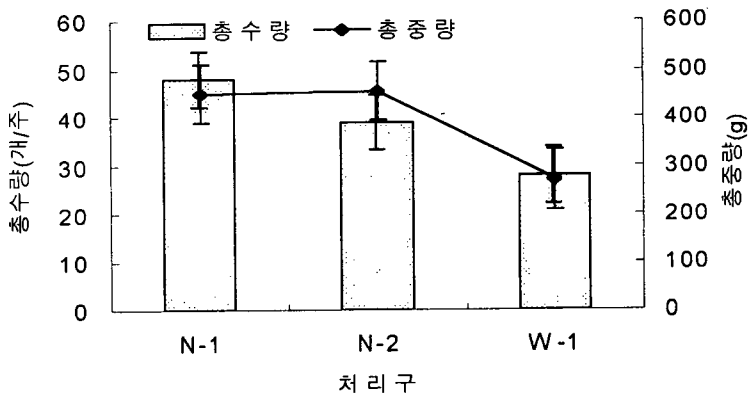


그림 5-17. 급액방법 및 유인방법에 따른 고추의 생산성 비교

- 가) 수확 과실의 총 수량은 양액을 공급하고 2줄기로 유인하였던 N-1 처리구에서 가장 많았던 반면, 물을 관수하고 4줄기로 유인하였던 W-1 처리구에서는 가장 적었다.

- 나) 과실 총 중량은 양액을 공급하였던 N-1과 N-2 처리구에서 모두 높게 나타났으며, 물을 공급한 W-1 처리구에서는 현저히 낮았다.
- 다) 이상과 같은 결과에서 시설고추의 토양양액재배시 과실의 수확량을 증진시키기 위해서는 적정 농도의 양액을 공급함으로써 작물체의 양수분 이용 효율을 극대화시킴과 동시에 4줄기보다는 2줄기로 유인하여 작물 군락의 수광량을 충분히 확보해 주는 것이 중요하였다. 다만, 동계기간에 대해서는 추가적인 실험의 보완이 요구된다.

2. 재식거리 및 유인방법에 따른 고추의 생육 및 과실수량 반응

가. 실험목적

- 1) 토양양액재배시스템에서 적정 재식거리 및 유인방법을 구명함으로써 작물의 최적 생육 환경 조성
- 2) 적정 재식거리 구명 및 유인방법 개선을 통한 시설고추의 저비용 고효율 재배기술 체계 확립
- 3) 토양양액재배시스템에서의 적정 재식거리와 유인방법을 구명함으로써 고품질 시설고추의 다수확 생산기술체계 확립

나. 재료 및 방법

- 1) 실험기간 : 1998년 5월 ~ 8월
- 2) 실험장소 : 한국온실작물연구소 실험포장
(플라스틱하우스 100평)
- 3) 공시품종 : 녹광(홍농종묘)
- 4) 파 종 : 1998년 5월 9일 최아한 후 5월 11일 72공 플러그트레이에 파종
- 5) 육 묘 : 6월 1일(1차 이식), 일본원시균형배양액 1/2배액(1.1dS/m)으로 양액육묘 실시
- 6) 정 식 : 본엽이 6~7매 전개한 6월 22일, 발흙과 펄라이트를 70:30의 용적비로 혼합한 본포에 정식하였다. 단, 토양은 경작지으로써 사용 전력이 없는 점질양토를 기준.
- 7) 처리내용 : 표 5-19와 같음.

표 5-19. 재식거리와 유인방법별 처리 내용

처리내용	재식거리(cm)	유인방법
S-1	25	4줄기
S-2	12.5	4줄기
S-3	25	2줄기
S-4	12.5	2줄기

8) 조사내용과 방법

- 가) 생육조사 : 초장, 주경장, 경경, 엽장, 엽폭, 측지수 및 각 기관
별 생체중을 7일 간격으로 6회 비파괴조사 실시
- 나) 과실수량조사 : 과실 수량 및 중량

다. 결과 및 고찰

1) 성장반응

표 5-20. 재식거리와 유인방법에 따른 고추의 성장반응(정식 후 104일)

처리 내용	초장 (cm)	주경장 (mm)	경경 (mm)	측지수	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생체중(g)	
							엽	경
S-1	78.7b ¹	35.3c	7.0b	12.3	16.7ab	5.2a	48.7bc	41.0b
S-2	86.7ab	42.0a	5.8c	12.3	14.4ab	4.3b	46.7bc	42.7b
S-3	92.3a	37.7b	8.0a	13.3	19.3a	5.3a	63.3a	50.7a
S-4	75.7b	37.0bc	5.2c	12.0	12.8b	4.3b	38.3c	28.3c

- 주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)
- 2. 처리 내용은 표 5-19 참조

- 가) 각 처리간 생육 반응은 큰 차이를 보이고 있으며, 특히 25cm의 재식거리에 2줄기 유인방식을 적용한 S-3 처리구에서 전반적으로 생육 결과가 우수하였다.
- 나) 반면, 12.5cm의 재식거리에 2줄기 유인방식을 적용한 S-4 처리구에서는 가장 저조한 경향을 보였다.
- 다) 재식거리별 생육 반응은 25cm 간격을 유지한 처리구에서 12.5cm 간격으로 정식한 처리구보다 경경과 엽장·엽폭의 성장량이 현저하게 많았다.
- 라) 따라서, 시설고추의 토양양액재배시 작물의 성장량을 충분히 확보하기 위해서는 25cm의 재식거리와 2줄기 유인방식을 적용하는 것이 유리할 것으로 판단되었다.

2) 경경의 경시적 반응

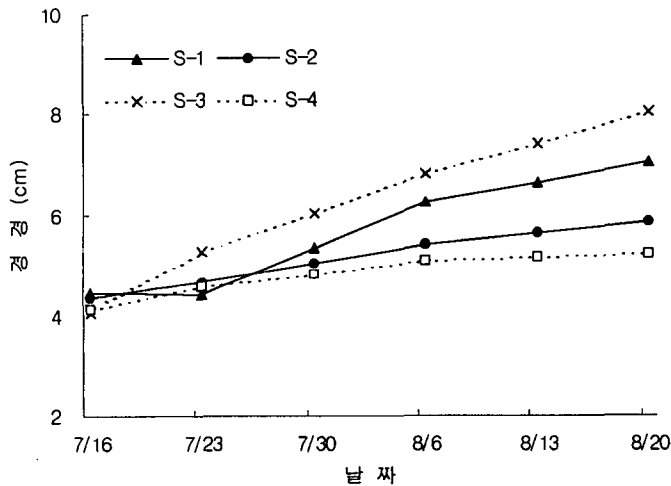


그림 5-18. 재식거리 및 유인방법에 따른 경경의 경시적 반응

- 가) 재식거리 및 유인방법에 따른 경경의 경시적 반응은 각 처리간 현저한 차이를 보이고 있으며, 시간이 경과함에 따라 25cm 간격에서 2줄기로 유인한 S-3 처리구에서 경경의 성장량이 가장 많았다.
- 나) 반면, 12.5cm의 재식거리에 2줄기 유인방식을 적용한 S-4 처리구에서는 생육 초기부터 후반까지 경경의 성장량이 가장 적었다.
- 다) 재식거리에 따른 경경의 경시적 성장량은 12.5cm로 밀식한 처리구보다 25cm로 재식거리를 충분히 확보해주는 것이 수광량 증대 등 시설내 작물 생육환경이 개선되어 우수한 결과를 보였다.

3) 과실수량반응

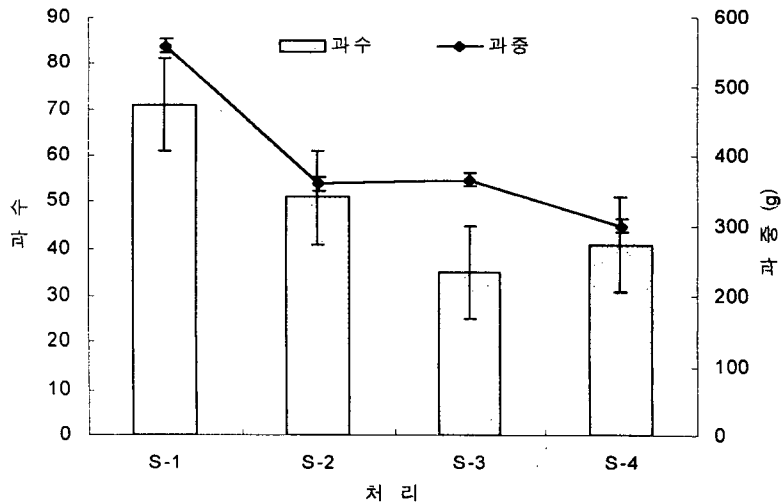


그림 5-19. 재식거리 및 유인방법에 따른 과실수량 반응

- 가) 수확 과수와 과중은 각 처리별로 현저한 차이를 보였으며, 특히 4줄기 유인방식을 적용한 S-1과 S-2 처리구에서 과수와 과중이 높았던 반면, 2줄기 유인방식을 적용한 S-3, S-4 처리구에서는 상대적으로 낮았다.
- 나) 이러한 결과는 작물 성장반응과 큰 차이가 있으며, 시설고추의 토양양액재배시 과실을 다수확하기 위해서는 2줄기 유인방식보다 4줄기 유인방식이 유리하였다.
- 다) 재식거리에 따른 과실 수량은 유인방식에 따라 대조적인 경향을 보이지만 4줄기 유인방식에서 25cm 간격을 유지한 S-1 처리구에서 가장 양호하였다.
- 라) 이상의 결과에서 시설고추의 토양양액재배시 작물 생육을 촉진하고 과실 수량을 많이 확보하기 위해서는 재식간격을 25cm 정도로 충분히 유지시켜 주므로써 수광량을 증대시키고 엽면적을 많이 확보해 주는 것이 중요한 것으로 판단되었다.
- 마) 또한, 적정 재식거리를 확보한 상태에서는 4줄기 유인방식을 채택하므로써 측지 수의 발생이 많아지고 과실 수확량도 증대시킬 수 있는 것으로 평가된다. 다만, 동계기간에 대해서는 추가적인 실험의 보완이 요구된다.

3. 생육단계별 급액농도 변환에 따른 작물생육과 과실품질 반응

가. 실험목적

- 1) 생육단계별로 양액농도를 변환에 따른 작물 생육과 수량, 품질 반응을 비교 조사하여 최적 급액관리기술체계의 확립
- 2) 합리적 시비관리방법을 구명함으로써 토양내 과다한 염류집적현상을 회피함과 동시에 저비용 고효율 토양양액재배기술체계의 확립
- 3) 생육단계별로 급액관리기술을 적정화함으로써 고품질 시설고추의 다수확 가능성 타진

나. 재료 및 방법

- 1) 실험기간 : 1998년 5월 ~ 8월
- 2) 실험장소 : 한국온실작물연구소 실험포장
(플라스틱하우스 100평)
- 3) 공시품종 : 녹광(홍농종묘)
- 4) 파 종 : 1998년 5월 9일 최아한 후 5월 11일 72공 플러그트레이에 파종
- 5) 육 묘 : 6월 1일(1차 이식), 일본원시균형배양액 1/2수준(1.1 dS/m)으로 양액육묘 실시
- 6) 정 식 : 본엽이 6~7매 전개한 6월 22일, 발육과 펄라이트를 70:30의 용적비로 혼합한 본포에 정식. 단, 토양은 경작지으로써 사용 전력이 없는 점질양토를 기준으로 하였음.
- 7) 처리내용 : 표 5-21과 같음

표 5-21. 생육단계별 급액농도 변환에 따른 처리 내용

처리내용	양액농도(dS/m)				편차
	정식시	7일후	14일후	21일후	
N-1		1.0		3.0	±1.0
N-2	2.0	1.5	2.0	2.5	±0.5
N-3		1.7		2.3	±0.3
N-4		2.0	2.0	0	

8) 조사내용과 방법

- 가) 생육조사 : 초장, 주경장, 경경, 엽장, 엽폭, 측지수 및 각 기관
별 생체중을 7일 간격으로 6회 비파괴조사 실시
- 나) 과실수량조사 : 과실 수량 및 중량

다. 결과 및 고찰

1) 생장반응

표 5-22. 급액농도(EC) 변환에 따른 고추의 생육반응(정식 후 104일)

처리 내용	초장 (cm)	주경장 (mm)	경경 (mm)	측지수	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생체중(g)	
							엽	경
N-1	77.7b ¹	37.7ab	6.8b	12.3b	14.5c	4.4b	51.7c	48.0c
N-2	86.7a	40.0a	6.9b	13.0a	15.3b	4.3c	70.0a	54.0b
N-3	82.0ab	33.0b	8.0a	13.7a	17.0a	4.6a	70.3a	57.3a
N-4	80.0b	35.1b	7.0b	12.7ab	15.3b	4.1b	66.3b	54.7ab

- 주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)
- 2. 처리내용은 표 5-21 참조

- 가) 정식 후 104일 재의 작물 성장 반응은 생육단계별로 급액농도를 $\pm 0.5\text{dS/m}$ 의 편차로 조절한 N-2 처리구와 $\pm 0.3\text{dS/m}$ 의 편차로 조절하였던 N-3 처리구에서 전반적으로 양호하였다.
- 나) 반면, 생육단계별로 급액농도의 편차를 두지 않았던 N-4 처리구에서는 성장 반응이 다소 저조하였으며, EC 편차를 $\pm 1.0\text{dS/m}$ 로 조절하였던 N-1 처리구에서 가장 낮았다.

2) 초장과 경경의 경시적 변화

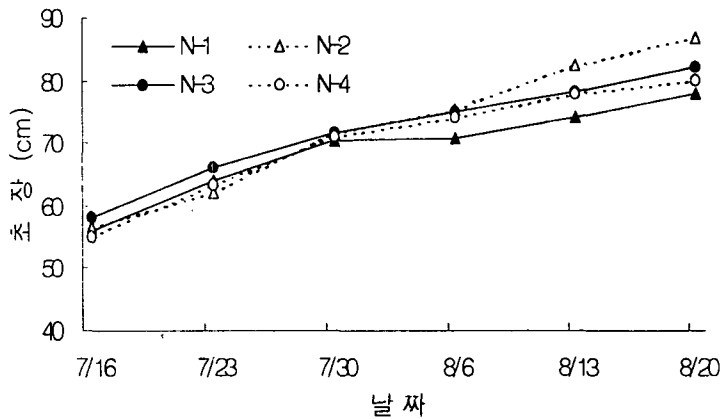


그림 5-20. 생육단계별 급액농도변환에 따른 초장의 경시적 반응

- 가) 생육단계별 급액농도변환에 따른 초장의 성장량은 생육후반기로 갈수록 급액농도의 편차를 $\pm 0.5\text{dS/m}$ 로 변환관리하였던 N-2 처리구에서 가장 높았으며, 급액농도의 변환폭을 $\pm 0.3\text{dS/m}$ 로 조절하였던 N-3 처리구에서도 양호하였다.

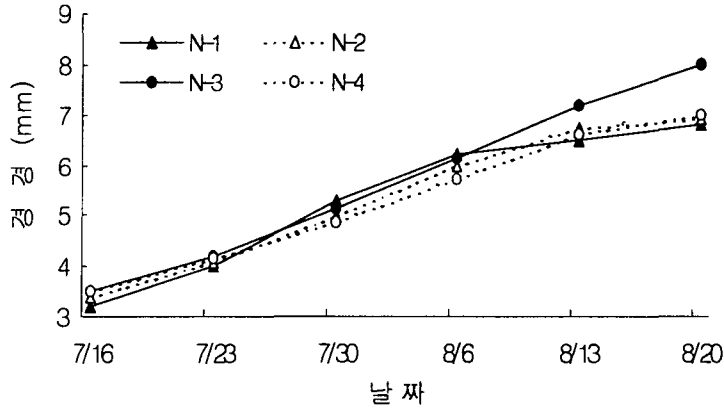


그림 5-21. 생육단계별 급액농도 변환에 따른 경시적 경경 반응

- 나) 반면, 생육단계별 급액농도의 편차를 $\pm 1.0\text{dS/m}$ 로 크게 변환하였던 N-1 처리구에서는 급액농도를 변환하지 않았던 N-4 처리구에서 보다도 초장의 경시적 확보량이 적었다.
- 다) 생육단계별 급액농도 변환에 따른 경경의 경시적 확보량은 급액농도를 $\pm 0.3\text{dS/m}$ 의 편차를 두어 변환관리하였던 N-3 처리구에서 지속적으로 높았다.
- 라) 반면, 다른 처리구들에서는 생육후반기로 갈수록 경경의 확보율이 점차 낮아지는 경향을 보였으며, 특히 급액농도의 변환폭을 크게 조절하였던 N-1 처리구에서는 생육후반기에 이르러 증가율이 현저히 낮아졌다.

3) 과실수량반응

- 가) 생육단계별 급액농도의 편차를 $\pm 0.3\text{dS/m}$ 로 변환관리하였던 N-3

처리구에서 주당 과수와 과중이 가장 높았던 반면, 급액농도의 변환폭을 $\pm 1.0\text{dS/m}$ 로 다소 크게 조절하였던 N-1 처리구에서는 가장 낮게 나타났다.

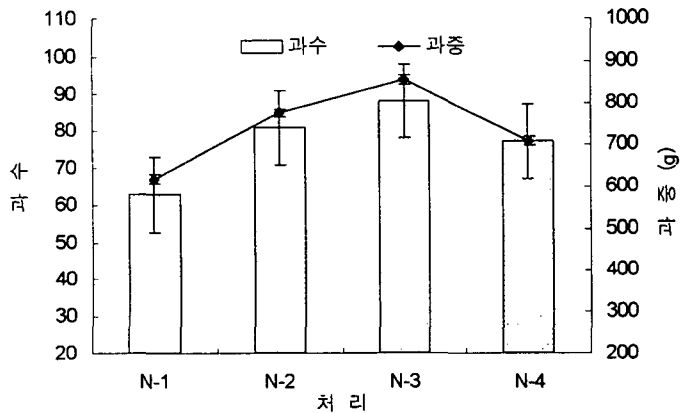


그림 5-22. 생육단계별 급액농도변환에 따른 과실수량반응

- 나) 생육단계별 급액농도의 변환폭을 $\pm 0.5\text{dS/m}$ 로 조절하였던 N-2 처리구에서도 과수 및 과중의 확보량은 비교적 양호하였으며, 급액농도를 변환하지 않은 N-4 처리구에서는 상대적으로 낮았다.
- 다) 이상의 결과에서 고추의 토양양액재배시에는 정식초기의 급액농도를 0.3dS/m 나 0.5dS/m 의 편차로 다소 낮추어 관리하다가 생육후반기로 갈수록 점차 급액농도를 상승시켜 관리하는 것이 작물의 성장량 및 수량확보에 유리하였다.
- 라) 반면, 생육단계별 급액농도의 변환폭이 지나치게 클 경우에는 급액농도를 생육단계별로 변환하지 않고 일정한 급액농도로 계속 관리하는 경우보다 오히려 작물 성장 및 수량 확보량이 낮았다.

마) 따라서, 시설고추의 토양양액재배시 기준 급액농도 2.0ds/m를 중심으로 초기에는 1.5~1.7ds/m로 낮추어 관리한 후 작물 생육이 진전됨에 따라 급액농도를 다시 2.0ds/m로 높였다가 2.3~2.5ds/m까지 높게 변환 관리하는 급액방법이 작물 생육 및 과실 수량을 증진시킬 수 있는 것으로 판단되었다. 다만, 동계기간에 대해서는 추가적인 실험의 보완이 요구된다.

4. 지면피복재와 유공처리방법에 따른 고추의 생육 및 과실품질 반응

가. 실험목적

- 1) 시설고추의 토양양액재배시 작업의 생력효과 및 토양의 이용 효율을 극대화하기 위한 지면피복 방법을 구명
- 2) 토양양액재배시 근권환경의 최적화를 위한 적정 지면피복재의 종류 및 효율적 유공처리방법의 구명
- 3) 지면피복방법의 최적화를 통한 고품질 토양양액재배 고추의 다수확 기술체계 확립

나. 재료 및 방법

- 1) 실험기간 : 1998년 5월 ~ 8월
- 2) 실험장소 : 한국온실작물연구소 실험포장
(플라스틱하우스 100평)
- 3) 공시품종 : 녹광(홍농종묘)
- 4) 파 종 : 1998년 5월 9일 최아한 후 5월 11일 72공 플러그트레이에 파종
- 5) 육 묘 : 6월 1일(1차 이식), 일본원예시험장균형배양액 1/2농도 양액 육묘(1.1dS/m)
- 6) 정 식 : 6월 22일(본엽 6~7매 전개)
- 7) 급액관리 : 급액은 오전 7시부터 오후 7시까지 맑은 날엔 30분 간격으로 1회당 2분씩 1일 24회 급액하였고, 흐린 날에는 각 회당 급액시간을 1분으로 하여 급액량을 감소시켰다.

8) 처리내용 : 표 5-23과 같음.

표 5-23. 지면피복재 및 유공처리방법별 처리내용

처리내용	지면 피복재	유공방법	가로×세로 (cm)	구멍직경 (mm)	유공률 (%)
C-0		무공			0
C-1	투명		4×4	5	5
C-2	PE필름	유공	8×8	10	5
C-3			4×4	10	10
T-0		무공			0
T-1	흑백		4×4	5	5
T-2	필름	유공	8×8	10	5
T-3			4×4	10	10

9) 조사내용과 방법

가) 생육 조사 : 초장, 주경장, 경경, 엽장, 엽폭, 측지수 및 기관별 생체중을 7일 간격으로 5회 비파괴조사하였고, 최종 일에 파괴조사를 실시하였다.

나) 과실 조사 : 과수, 과중

다. 결과 및 고찰

1) 생육반응

표 5-24. 지면피복재 및 유공처리방법별 성장반응(정식 후 104일)

처리 내용	초장 (cm)	주경장 (cm)	경경 (mm)	측지수	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생체중(g)	
							엽	경
C-0	79.7bc ¹	32.7	7.40ab	13.0	15.6	4.67	58.3b	45.7ab
C-1	82.3b	34.3	7.93a	13.0	16.7	5.10	68.3a	48.7a
C-2	80.0b	31.7	7.13b	12.7	16.3	4.97	63.3ab	48.3a
C-3	77.3c	31.7	6.50bc	13.0	14.5	4.50	43.3c	39.3b
T-0	82.0b	33.7	6.93b	13.0	16.7	5.13	65.3ab	49.0a
T-1	88.0a	33.3	7.00b	13.0	17.7	5.53	70.7a	50.0a
T-2	85.0ab	34.3	6.17c	12.3	17.1	4.97	67.0a	50.3a
T-3	78.3c	33.0	6.27c	11.3	14.3	4.30	46.0c	40.0b

- 주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)
 2. 처리내용은 표 5-23 참조

- 가) 정식 후 104일 채 각 처리별 성장 반응은 흑백필름을 멀칭한 처리구 중 가로×세로=4×4cm, 구멍의 직경이 5mm, 유공률이 5%인 T-1 처리구에서 전반적으로 생육이 가장 양호하였다.
- 나) 반면, 모든 지면피복재에서 유공방법별 성장 반응은 가로×세로=4×4cm, 구멍의 직경이 10mm, 유공률이 10%인 C-3와 T-3처리구에서 가장 낮았으며, 이는 유공처리를 하지 않은 C-0와 T-0처리구보다도 낮은 결과를 보였다.
- 다) 동일한 유공처리 방법에서 지면피복재 종류별 성장 반응은 투명 PE필름 처리구에서보다 흑백필름을 멀칭한 처리구에서 상대적으로 우수한 결과를 보인다.

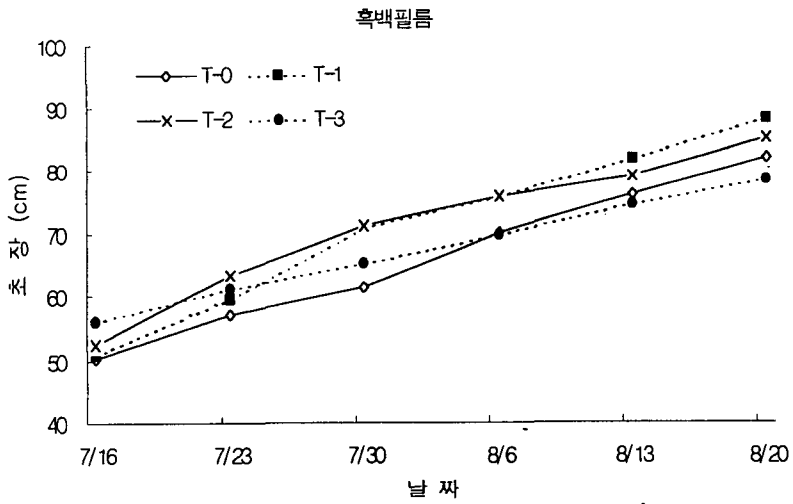
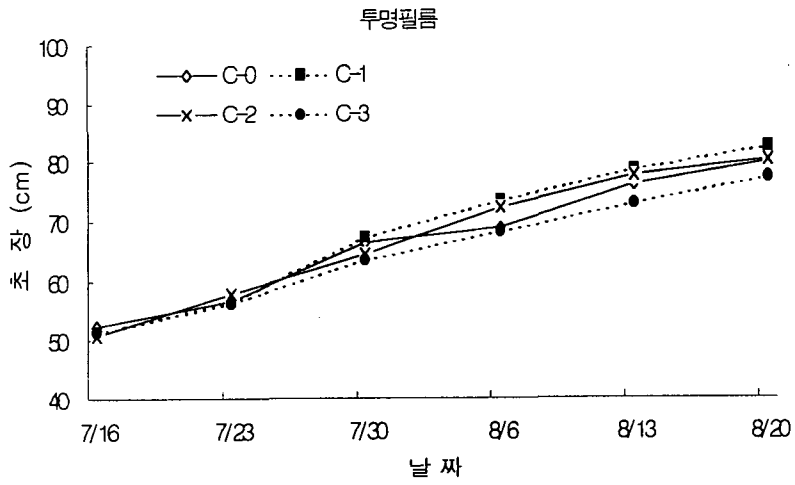


그림 5-23. 지면피복재 및 유공처리방법에 따른 초장의 경시적 반응

2) 경시적 초장 성장반응

- 가) 투명PE필름을 멀칭한 처리구 중 초장의 경시적 성장량은 가로×세로=4×4cm, 구멍의 직경이 5mm, 유공률 5%로 처리한 C-1 처리구에서 전반적으로 높았다.
- 나) 반면, 가로×세로=4×4cm, 구멍의 직경이 10mm, 유공률이 10%로 구멍의 직경이 커 유공률이 가장 높았던 C-3 처리구에서는 초장의 증가량이 가장 낮은 경향을 보였다.
- 다) 흑백필름을 멀칭한 처리구중에서도 유공방법별 초장의 경시적 변화량 추이는 투명PE필름 멀칭처리구와 유사한 결과를 보였으며, 생육 후기로 갈수록 각 처리간 초장 성장량의 차이는 뚜렷하였다.
- 라) 흑백필름 멀칭처리구에서 유공방법별 초장 성장량은 생육 초기에 가로×세로=8×8cm, 구멍직경 10mm, 유공률 5%인 T-2 처리구에서 가장 높았으나 후기에는 증가 속도가 완만해졌던 반면, 가로×세로=4×4cm, 구멍직경 5mm, 유공률이 5%인 T-1 처리구는 지속적인 증가 경향을 보였다.

3) 과실수량반응

- 가) 투명PE필름 멀칭처리구에서 유공처리 방법별 과수와 과중은 가로×세로=4×4cm, 구멍직경 5mm, 유공률 5%인 C-1 처리구에서 가장 많았던 반면, 가로×세로=4×4cm, 구멍직경 10mm, 유공률 10%인 C-3 처리구에서는 가장 적었다.

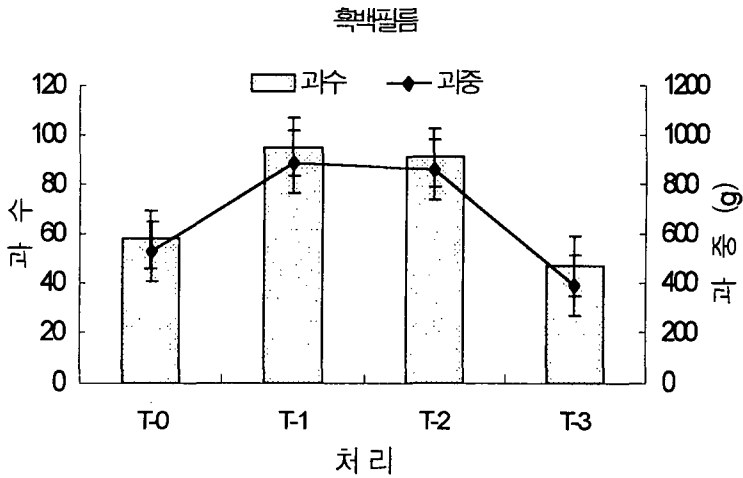
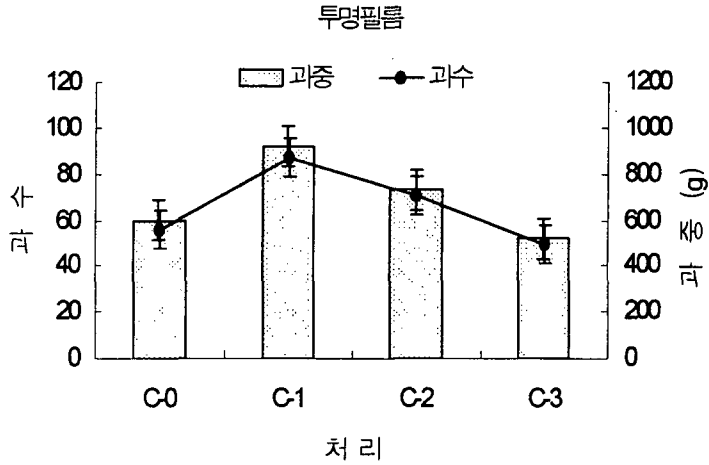


그림 5-24. 지면피복재 및 유공처리방법별 과실수량반응

나) 흑백필름 멀칭처리구에서의 유공처리방법별 과수와 과중의 확보량은 투명PE필름 처리구와 유사한 결과를 보였는데, 가로×세로

=8×8cm, 구멍직경 10mm, 유공률 5%인 T-2 처리구에서도 과수와 과중의 확보량은 T-1 처리구에 비해서는 다소 낮았지만 매우 높은 결과를 보였다.

- 다) 흑백필름 멀칭처리구 중 T-1과 T-2의 과수와 과중은 투명PE필름 멀칭처리구의 모든 유공 방법별 처리구보다 더 높게 나타났다.
- 라) 모든 지면피복재에서 유공처리 방법별 총과수와 총과중은 가로×세로=4×4cm, 구멍직경 10mm, 유공률이 10%로 가장 높았던 C-3와 T-3 처리구에서 가장 낮았으며, 이는 유공처리를 하지 않은 처리구보다 더 낮은 결과이다.

4) 과중의 경시적 반응

- 가) 모든 지면피복재에서의 유공처리방법별 과중의 경시적 변화량은 뚜렷한 차이를 보이고 있으며, 특히 가로×세로=4×4cm, 구멍 직경 5mm, 유공률 5%인 C-1과 T-1처리구에서는 조사기간 전반에 걸쳐 가장 많은 과중을 확보하였다.
- 나) 반면, 가로×세로=4×4cm, 구멍직경 10mm, 유공률 10%인 C-3와 T-3처리구에서는 시간이 경과함에 따라 과중의 확보량이 상대적으로 완만하게 증가하고 있으며, 다른 유공방법별 처리구 중에서도 가장 낮았다.
- 다) 이상의 결과에서 시설고추의 하계 토양양액재배시 지면피복재의 종류는 투명PE필름보다는 흑백필름을 이용함으로써 지상부 및 지하부의 생육환경을 개선해 주는 것이 작물생육 및 과실수량을 증진시킬 수 있었다.

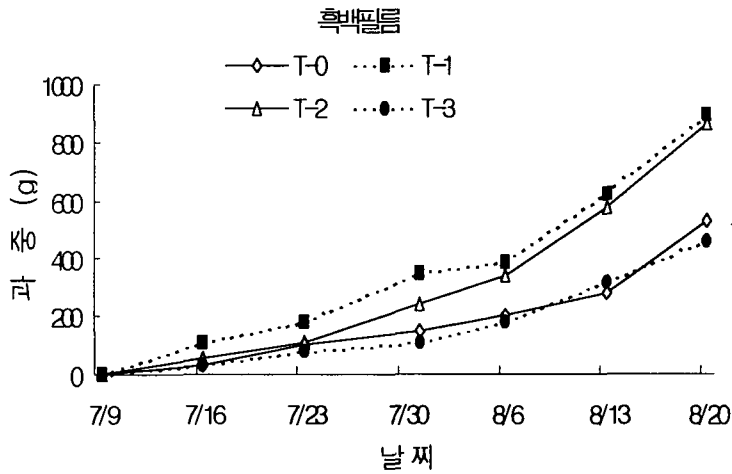
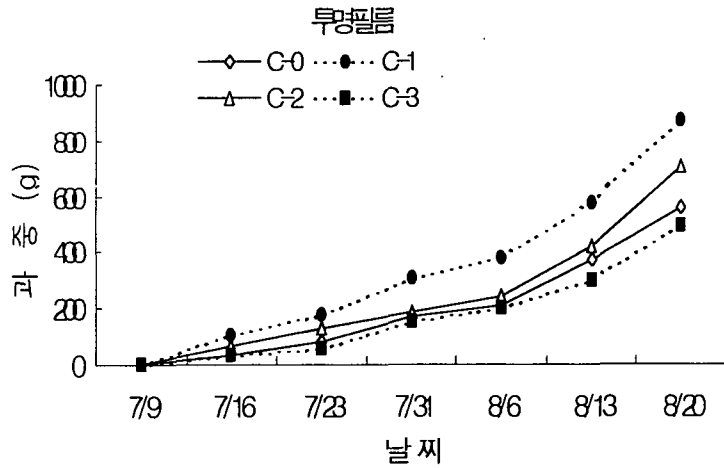


그림 5-25. 지면피복재 및 유공처리방법별 과중의 경시적 반응

라) 작물 생육 촉진 및 과실 수량 증대를 위한 지면피복재 종류별 적정 유공처리 방법은 구멍 직경이 작으면서도 유공밀도를 높게 하

는 방법이 효과적이었다.

- 마) 이는 시설고추의 토양양액재배시 적정 유공지면피복재의 사용이 지표면에서의 염류집적을 회피하면서 토양내 수분분포를 균일하게 유지할 수 있었기 때문으로 추정된다. 다만, 동계기간에 대해서는 추가적인 실험의 보완이 요구된다.

5. 주야간 양액농도변환에 따른 작물생육 및 과실품질 반응

가. 실험목적

- 1) 토양양액재배시 근권내 염류집적을 최소화함으로써 고품질 고추의 장기다수확을 위한 주야간 급액농도 변환 기술의 적용 가능성 타진.
- 2) 양액의 주야간 급액농도 변환에 따른 하계 억제고추의 작물 생육 및 과실 품질 반응을 구명
- 3) 기타 시설과채류 및 절화류로의 적용 확대 가능성을 타진하고, 기술적 가이드라인을 제공

나. 재료 및 방법

- 1) 실험기간 : 1999년 3월 ~ 8월
- 2) 실험장소 : 한국온실작물연구소 실험포장
(플라스틱하우스 80평)
- 3) 공시품종 : 녹광(홍농종묘)
- 4) 파 종 : 1999년 3월 9일 30℃의 항온항습기에서 3일간 최아한 후 3월 12일 펄라이트와 코코피트의 혼합배지(6:4, 용적비)를 72공 플러그트레이에 증진한 후 파종
- 5) 육 묘 : 4월 18일 플라스틱 포트(7×7cm)에 이식하여 일본원시균형 배양액 1/2농도(EC 1.1dS/m)로 양액 육묘
- 6) 정 식 : 6월 22일 발토양과 펄라이트를 70:30(v/v, 용적비)으로 혼합한 배지에 정식

7) 처리내용 : 표 5-25와 같음.

표 5-25. 주야간 급액농도 변환처리 내용

(단위 : dS/m)

처리내용	주간농도	야간농도	변환폭
S-1		1.7	- 0.3
S-2		2.3	+ 0.3
S-3	2.0	1.5	- 0.5
S-4		2.5	+ 0.5
S-5		2.0	0

8) 급액관리 : 정식 후 10일부터 주간에는 EC 2.0dS/m으로 2분씩 1일 10회 급액, 야간에는 22:00시, 02:00시에 각 처리 내용에 따라 2분씩 2회 급액

9) 조사내용과 방법

가) 생육조사 : 초장, 경경, 주경장 및 측지수 등 생육 특성을 7일 간격으로 6회에 걸쳐 비파괴조사

나) 과실조사 : 과중, 과수 및 상품과율 등을 조사

다. 결과 및 고찰

1) 생장반응

표 5-26. 주야간 급액농도 변환에 따른 고추의 성장반응(정식 후 50일)

처리내용	초장(cm)	경경(mm)	주경장(cm)	측지수(ea)
S-1	89.3a ¹	7.0bc	41.6a	14.3a
S-2	85.6ab	7.5ab	40.9a	12.7b
S-3	85.3ab	7.1bc	38.3ab	13.0b
S-4	83.3ab	8.0a	37.3bc	12.3b
S-5	79.7b	6.8c	35.1c	11.0c

주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)

2. 처리내용은 표 5-25 참조

가) 야간급액농도를 주간농도(2.0dS/m)보다 -0.3dS/m 낮추어 1.7dS/m로 급액관리하였던 S-1 처리구와 +0.3dS/m 높여 2.3dS/m로 급액관리하였던 S-2 처리구에서 초장, 주경장 및 측지수 등 작물의 성장 반응이 전반적으로 양호하였다.

나) 반면, 주야간 급액농도를 변환시키지 않고 2.0dS/m로 동일하게 급액하였던 S-5 처리구에서는 초장, 경경, 주경장 및 측지수 등 모든 성장 특성이 가장 낮게 나타났다.

다) 따라서, 고추의 토양양액재배시 작물 성장을 촉진시키기 위해서는 야간급액농도를 적절히 변환시켜 주어야 하며, 주간급액농도를 2.0dS/m으로 관리하였을 경우 야간급액농도는 ± 0.3 dS/m 정도의 편차를 두어 조절한 1.7dS/m과 2.3dS/m 수준이 최적 변환농도로 판단되었다.

2) 과실수량반응

표 5-27. 주야간 급액농도변환에 따른 과실수량반응

처리내용	과수 (개/주)	총과수 (ea)	과중 (g/주)	총과중 (g)
S-1	19.0a	95	171b	855
S-2	19.6a	98	191a	955
S-3	16.4b	82	144c	720
S-4	18.0a	90	174b	872
S-5	15.6b	78	136c	680

- 주) 1. 덩컨다중검정(DMRT)에 의한 평균유의차(확률 95% 수준)
 2. 처리내용은 표 5-25 참조

가) 주야간 급액농도변환에 따른 과실수량반응은 야간급액농도를 주간급액농도에 비해 0.3dS/m 높여 2.3dS/m으로 변환 관리하였던 S-2 처리구에서 전반적으로 가장 양호하였다.

나) 또한, 야간급액농도를 주간급액농도에 비해 0.3dS/m 낮춘 S-1 처리구와 0.5dS/m 높인 S-4 처리구에서도 비교적 양호한 결과를 나타냈다.

다) 반면, 주야간 급액농도를 변환시키지 않았던 S-5 처리구에서는 과수 및 과중 모두 가장 낮았다.

3) 과실 품질 반응

가) 수확과의 평균 과중은 야간급액농도를 주간농도에 비해 각각 0.3, 0.5dS/m로 높인 S-2, S-4 처리구에서 가장 많았으며, 그 외 처리구에서는 상대적으로 적었다.

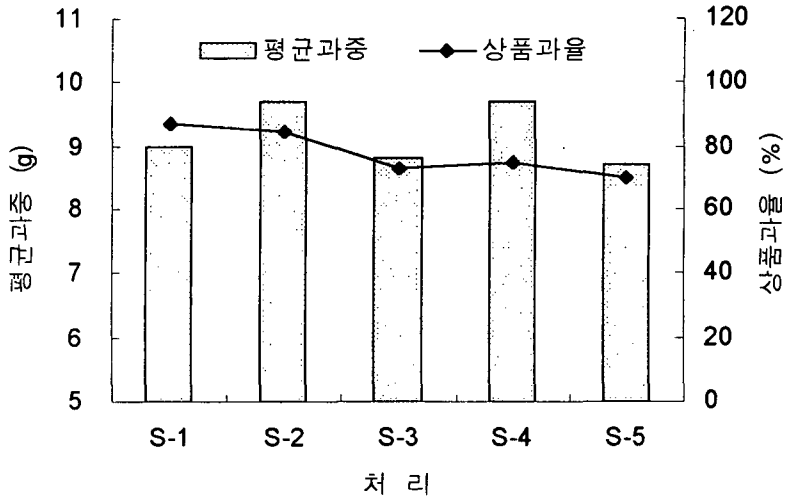


그림 5-26. 주야간 급액농도변환에 따른 평균과중 및 상품과율

- 나) 상품과율은 야간급액농도를 주간급액농도에 비해 $\pm 0.3\text{dS/m}$ 으로 변환하였던 S-1, S-2 처리구에서 높았으며, $\pm 0.5\text{dS/m}$ 로 변환하였던 S-3, S-4 처리구에서는 다소 낮았다.
- 다) 주야간 급액농도를 변환하지 않았던 S-5 처리구에서는 평균 과중과 상품과율 모두 가장 낮게 나타났다.
- 라) 따라서, 시설고추의 하계 토양양액재배시 과실 수량과 품질을 향상시키기 위해서는 주간급액농도에 비해 야간급액농도를 적정 범위 내에서 변환시켜 주는 것이 바람직하며, 변환 범위는 0.3dS/m 을 높인 2.3dS/m 이 가장 적정하였다. 다만, 동계기간에 대해서는 추가적인 실험의 보완이 요구된다.

제 6 장 토양양액재배 기술지침서

제 1 절 토양양액재배기술의 의의와 장단점

작물의 생산성과 품질을 안정적으로 확보하기 위해서는 시설내 지상환경의 적정화와 함께 뿌리의 양수분 흡수능력을 극대화시킬 수 있는 근권환경요인 즉, 토양수분, 통기성, 지온 등이 적정해야 한다.

시설 토양재배 농가의 큰 관심사의 하나는 토양환경을 어떻게 하여 건전하게 유지하고 고품질의 작물을 안정적으로 수확하는가? 이다. 토양환경을 건전하게 유지하기 위해서는 지력을 증강시킴과 동시에 적절한 양액조성과 시비로 염류집적을 억제시킬 필요가 있다. 따라서, 양액재배 방식이 갖고 있는 장점을 토양재배에 접목하여 염류집적을 경감하고 작물의 생육과 품질을 조절하고자 하는 노력은 토양양액재배 방식에서 찾을 수 있다.

토양양액재배는 엄격히 말하면 관비농법(fertigation)의 일종이지만 염류집적을 획기적으로 경감시킬 수 있는 비료만을 선택하여 작물의 영양 흡수 특성에 적합하게 관개법을 조절하는 농법으로써 일본에서는 양액토경(養液土耕)이라고 불리워 진다.

토양에 유기질 비료(퇴비)를 시용할 경우에는 부분적으로 질소 기아 등 영양 결핍이 초래될 수 있고 작물의 영양 균형을 조절하는데도 매우 까다로워 진다. 반대로 화학비료에 의존할 경우도 염류집적에 의해 근 삼투압의 상승, pH의 변동, EC의 상승 등에 따라 토양환경이 불량해 질 수 있다. 특히, 토양의 염류집적은 작물 생육에도 당연히 영향을 미치게 되어 발아 장애, 활착 장애, 생육 장애 등을 초래할 수 있다.

따라서, 토양에 적절한 영양을 공급하면서 염류집적을 가능한한 경감하게

나 억제시킬 수 있는 시비기술이 확립되면 토양환경은 보전되고 작물 생산력의 증대와 생산성을 안정적으로 유지할 수 있다.

시설재배는 일반적으로 집약적 다비재배(多肥栽培)가 반복되고 있으므로 토양은 염류집적이나 pH 저하로 일컫는 화학적 불균형(화학적 스트레스)을 초래하는 경우가 많다. 토양재배에 있어서 pH 저하는 탄산칼슘 등의 석회자재의 시용에 의하여 완화시킬 수 있지만 염류집적은 여러 가지 대책을 모색하여야 할 필요가 있다.

토양양액재배는 흙의 완충능을 이용하면서 양액재배와 같이 관수와 시비를 동시에 실행하여 자동화가 가능한 생력재배시스템이라고 할 수 있다. 특히, 토양조건이나 생육단계별로 양액조성비와 급액방법을 다르게 하거나, 정기적으로 토양용액진단과 영양진단을 행하여 액비를 적기에 적량 공급함으로써 특정 양분의 과잉 집적과 불균형을 해소할 수 있으며, 작물의 흡수 특성에 맞추어 효율적인 관수시비가 이루어 지기 때문에 필요한 양분을 과부족 없이 공급 가능한 한편 환경부하가 없는 혁신적인 재배시스템이다.

또한, 관행재배에서는 기비의 종류와 량에 대하여 항상 의문이 많았지만 토양양액재배에서는 토성에 따라 최소 영양 또는 영양이 없는 상태의 토양 개량제를 이용하여 물리성을 개선하므로써 호적한 근권환경을 유지할 수 있고, 작물 생육에 필요한 영양을 추비용 액비로만 공급하기 때문에 대규모 시설에도 균일한 관수시비가 가능하다. 그 결과 작물의 생육이 균일하고 추비에 의한 수량과 품질조절 효과도 크며, 관수와 시비를 중심으로한 재배관리 체계의 매뉴얼화도 용이한 장점이 있다.

토양양액재배는 작물의 종류, 수질, 토양의 종류에 무관하게 적용 가능하며 간단한 점적관수와 급액지령장치를 사용하기 때문에 운영 경비가 적은 저비용생산시스템이며, 물과 비료의 이용율을 30% 이상 낮추면서, 지하수계로 폐액이 되지 않기 때문에 친환경농업기술로써 중요한 의미를 갖는다.

제 2 절 토양양액재배시스템의 설치

1. 토양양액재배시스템의 구성

토양양액재배시스템은 양액재배와 유사하게 그림 6-1과 같이 양액공급장치부(컨트롤러 포함)와 점적관수라인, 재배 이랑 등 3부분으로 구성되며, 시스템 설계시 적용할 시설 규모, 점적호스의 길이와 1회당 소요되는 양액량과 그에 따른 관수펌프 용량, 컨트롤러 구성방법 등을 고려해야 한다.

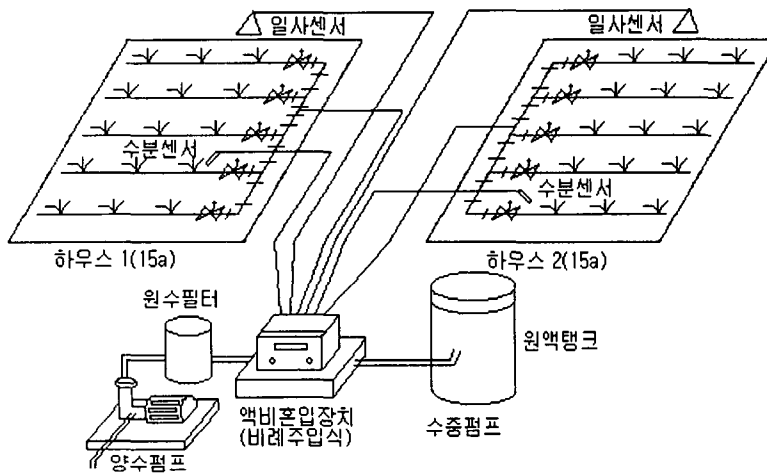


그림 6-1. 토양양액재배시스템의 개략도

기존의 토양재배에서 이용되고 있는 점적호스와 관수펌프 등을 그대로 활용하면서 액비 혼입이 가능한 벤츄리를 연결하고 타이머를 부착하여 간단한 토양양액재배 시스템을 구축할 수도 있다. 다만, 이 경우도 재배 이랑속

에 반드시 지중난방시스템이 설비되어야 하며 토양의 물리성이 불량해서는 안된다.

2. 급액장치부의 설계

급액장치부는 저수탱크(또는 관정), 관수펌프, 농축액탱크, 액비혼입기, 압력조절기, 여과기 및 컨트롤러 등으로 구성된다(그림 6-2).

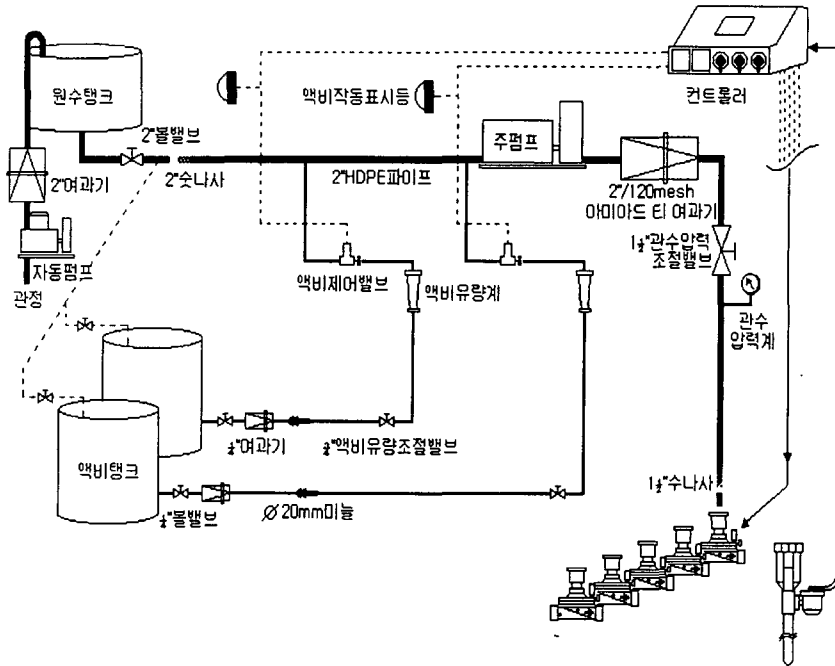


그림 6-2. 양액공급장치의 구성

- ① 저수탱크 : FRP나 PP탱크 또는 우레탄 피복 PP탱크, steel 강판 등

으로 된 제재가 많이 이용되는데 산과 알카리에 화학적 반응이 일어나지 않는 소재를 이용하여야 한다. 시설면적이 1ha 이하일 경우 5톤 정도의 저수용량이 필요하며, 온탕배관을 설치하거나 보일러와 연결하여 20℃ 내외의 수온을 유지할 필요가 있다.

② 관수펌프 : 공급회사의 자료를 확인하여 온양정 높이에 따른 양수량을 확인하여야 한다. 예를들면, 온양정 10m는 1bar, 양수량 180l/m는 분당 180리터, 즉 펌프 토출압력이 1bar일 때 유량은 시간당 10.8톤이 된다. 온양정이라함은 펌프가 낼 수 있는 힘(압력) 전체를 의미하며 원수를 관정에서 직접 뽑아 올리면 그 깊이만큼 흡입양정(10m 깊이=1bar)으로 뺏기므로 관수에 필요한 압력이 그만큼 줄어들게 된다.

③ 농축액탱크와 액비희석탱크 : 농축액탱크는 사용자가 편리하게 취급할 수 있는 크기로 1톤 정도가 적합하다. 액비희석탱크의 크기를 선정할 때 고려해야할 요소는 작물의 실제 요수량, 재배면적, 재식밀도, 급액설계 등이다. 작물의 주당 요수량은 생육 환경에 따라 변화하므로 1개월 정도의 평균 요수량을 계산하여 둔다. 재배면적과 재식밀도로부터 재식주수를 구하며 작물 1주당 요구되는 양액량을 곱하여 1회 급액량을 구한다. 여기에서 재배면적을 몇 개의 구획으로 분할하여 급액주기를 달리하면 1회 공급에 필요한 급액량을 조절할 수 있으며 희석탱크의 용량을 1회 급액량보다 약 1.25배 큰 용량을 선택한다면 문제가 없다.

$$\text{액비희석탱크의 용량} = \frac{\text{재식밀도} \times \text{재배면적} \times \text{주당 요수량}}{\text{급액설계상 분할한 면적의 갯수}} \times 1.25$$

④ 액비혼입기 : 일반 양액재배와 같이 양액의 EC, pH를 가능한한 정밀하게 관리하는 것이 좋지만 토양은 그 특성상 완충력이 커서 고농도의 양액을 공급한 후 물만 관수하는 경우도 있으므로 양액재배시스템과 비교하여 고가의 장비를 사용하지 않고 벤츄리식 또는 유량계식 급액장치를 이용하여 저가로 구성하는 것이 경제적이다.

⑤ 압력조절기 : 주관의 압력이 충분하여야 지관의 수분 분배량이 정밀해 진다. 따라서, 펌프가 작동되면 초기 수초간 유출밸브를 열지 않는 상태에서 관로내 압력을 주관은 2~3bar, 지관내는 1bar가 유지되도록 한다.

⑥ 여과기 : 순환식양액재배에서는 모래여과기나 큰 용량의 다단계(1차, 2차) 여과기가 사용되어 폐액의 활용성을 높이고 있지만, 토양양액재배에서는 폐액이 없기 때문에 용수와 농축액내 불순물만 제거하기 때문에 간단한 플라스틱 멤브레인으로 구성된 알칼여과기(3/4" 로 A, B액 구분 2대)로 충분하다. 재배도중 액비의 혼입량이 달라지거나 관수압력이 저하될 수 있기 때문에 주기적으로 여과기의 막힘이 없도록 세척에 유의한다.

⑦ 컨트롤러 : 급액지령은 일사비례 또는 토양지습비례, 시간설정방식 등에서 농가가 취급이 용이한 것을 선택하여 구성하게 되는데, 양액재배에서는 1일 5~12회 범위로 급액하지만 관비재배는 기후조건에 따라 관수량을 1일 1~3회 정도로 적게 하기 때문에 시간설정 방식이 경제적이다.

⑧ 솔레노이드밸브와 센서류 : 과채류의 경우 관수펌프의 용량과 컨트롤러의 기종에 따라 급액시간과 량을 달리할 수 있는 재배구획을 통상 2개 이상으로 구획을 분할하게 된다. 솔레노이드는 0.7~10bar 범위에서 작동가

능한 수압작동식으로 24V 교류, 50~60Hz로 1½" (φ40mm)를 사용한다.

양액재배와 같이 EC, pH센서가 부착되어 있으면 양액농도와 산도를 정밀하게 관리할 수 있지만 보통 유량계나 벤츄리의 흡입밸브 간극을 조절하여 액비 농도를 조절하는 것이 보편화되어 있다.

pH센서는 반드시 물에 젖은 채로 관리하고 원칙적으로 pH 전극은 6개월마다 교체하여야 하며 사용도중 7~14일 마다 정밀도를 교정할 필요가 있다. pH와 EC전극의 세척은 염산 0.1N농도액(고순도의 HCl 3.6cc/ℓ)을 이용하여 30분 이상 흔들면서 세척하여야 한다.

3. 점적관수라인의 설치

점적호스의 배열은 작물의 재식 방법에 따라 달라지는데 통상 작물을 1조식으로 정식하고 점적호스를 2조로 배열하지만, 농가 사정에 따라 작물을 2조식으로 재식하고 점적호스를 4열로 배치하기도 한다. 점적호스의 급액 토출구는 보통 20cm 간격으로 되어 있고, 점적호스를 2열 지그재그식으로 배치할 경우 작물 1주당 관수량은 방사상 10cm 간격으로 배열된 3개의 토출구로부터 영향받으며 관수량은 2개의 토출구에 의해 결정된다(그림 6-3).

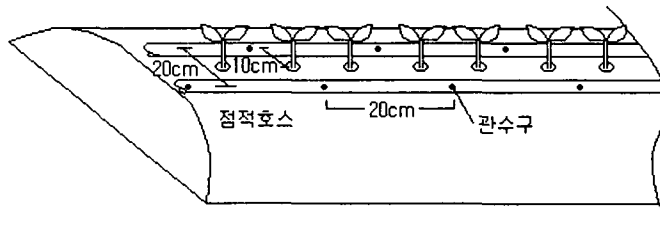


그림 6-3. 점적관수의 배치

점적호스를 설치할 때 이랑의 길이가 40m를 초과할 경우 관수 구획을 분할하거나 유입구와 토출구를 교호적으로 설치함으로써 개체당 관수량을 균등하게 유지할 필요가 있다(그림 6-4). 특히, 시설 규모가 큰 경우는 압력보상이 가능한 점적기를 사용해야 한다.

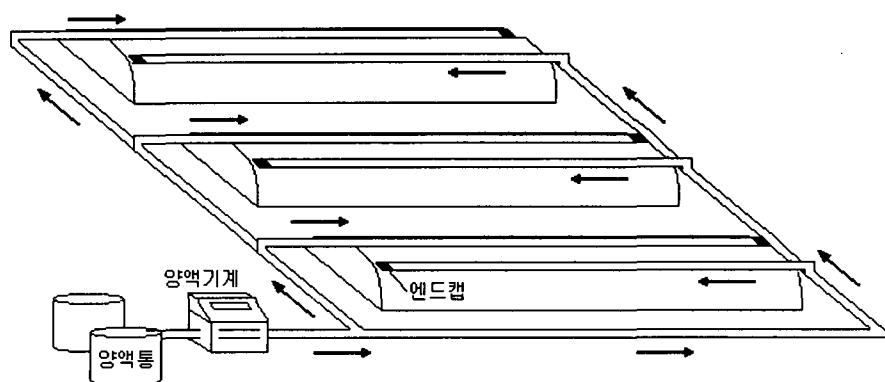


그림 6-4. 점적호스를 교호적으로 설치한 예

점적호스를 설치할 때 작물의 뿌리가 토출구 내로 성장하여 구멍이 막히지 않도록 토출구가 하늘로 향하도록 설치한다.

4. 배지의 조성 and 이랑 설치

토양양액재배시스템의 이랑을 조성할 때에는 토양의 물리성 개량, 지중냉난방용 배관의 매설, 점적호스의 배치, 멀칭 피복재의 설치 등 4개 분야로 구성된다(그림 6-5).

이랑의 높이는 시설농가의 지하 수위에 따라 다르게 하는데 보통 25~40cm 범위에서 지하수위가 높은 경우 40cm 정도가 적당하다. 이처럼 이랑의 높이가 높아지면 시설내 기온에 의한 영향을 크게 받기 때문에 지온 확보에도 유리한 장점이 있다.

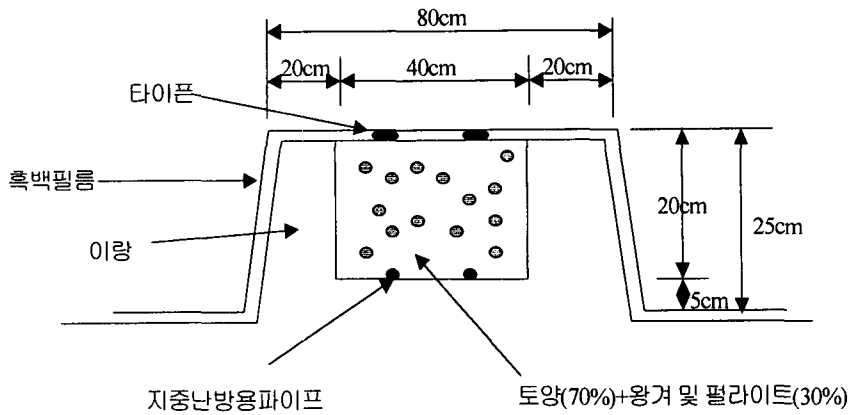


그림 6-5. 토양양액재배시스템의 설치 및 이랑 조성법

이랑의 폭은 관행 토경재배가 110~130cm로 넓고 고랑은 30~50cm로 좁아 작업성과 작물체 수관의 수광 태세가 불량한 단점이 지적되고 있으나, 본 연구에서는 이랑의 폭을 80cm로 좁히고 고랑의 폭을 80cm로 넓히므로써 이러한 단점을 개선하였다.

가. 이랑 조성을 위한 작업 순서

이랑을 조성할 때는 토양에 배지를 혼합하는 작업이 가장 많은 노동력과

시간을 요구한다. 이랑조성 작업은 다음과 같은 순서로 진행된다.

① 전체 포장을 평면으로 로타리 작업을 실시한다.

② 관리기를 이용하여 골을 낸 후 지중난방용 배관을 매설한다.

③ 점질토의 경우 왕겨 또는 펄라이트 등의 인공배지, 사질토의 경우 부숙톱밥, 피트모스, 입상암면 등의 인공배지를 300평당 약 8m³ 정도 투입 하므로써 토양+배지=7:3(v/v)으로 조절한다. 단, 점질양토나 사질양토의 경우 혼합비율을 10% 내외로 적게 혼합하여도 좋지만 시설포장 전체 토양의 물리성(공극율, 보수력 등)이 균일하게 조성하는데 유의한다.

④ 왕겨가 투입된 고랑의 좌우로 경운한 후 관리기를 이용하여 혼합하므로써 토양에 배지 혼합 작업은 완료된다.

⑤ 마지막으로, 이랑 위에 점적호스를 배치하고 플라스틱 멀칭을 하므로써 정식 준비를 마치게 된다.

나. 토양의 물리성 개선

① 사질토나 사질양토의 경우 보수력이 강한 입상암면(직경 2mm 이하)이나 부숙이 전혀되지 않거나(코코넛피트, 화이트피트모스 등) 부숙이 완전하게 이루어진 유기질(부숙톱밥, 부숙 왕겨, 부숙 벚짚, 블랙피트모스 등)을 10~30% 정도 추가로 혼합하여 토양의 물리성을 개선한다.

② 점질토나 점질양토의 경우에는 생왕겨 또는 펄라이트(직경 2mm 이상), 모래 등을 10~30% 내외로 혼입하여 배수성과 공극률을 증대시킬 필요가 있다.

③ 토양은 무기질과 유기질, 물, 공기 등으로 이루어져 있으며 식물 생육에 적절한 조건은 45% 무기질(mineral matter), 5% 유기질(organic matter), 25% 물, 25% 공극율(air space)이다.

④ 재배토양의 경우에는 뿌리의 분비물과 유기물의 부속도, 잔류된 화학제 성분이온과 물질 등에 의하여 매우 복잡한 양상을 띠고 있다. 가장 주의하여야 할 것은 논에서 유래한 시설의 경우 제초제, 고독성 농약의 잔류 문제가 반드시 고려되어야 한다.

⑤ 선충이나 토양병해가 심한 지역은 토양증기소독 또는 화학제(메칠브로마이드 또는 클로로피크린 등)를 이용하여 토양소독 후 이랑을 조성하여야 한다.

다. 멀칭재료의 선택

① 8월 중순부터 9월 중순까지 정식되는 작형에서는 태양광에 의한 지온상승으로 활착이 지연되거나 뿌리 병해의 발생이 심해질 수 있으므로 멀칭 시기를 늦추거나 태양광의 반사를 촉진할 수 있는 알미늄제 멀칭필름이나 유공 흑백필름(바깥면을 백색)을 피복한다.

② 광산란성 멀칭 피복재는 재배 초기에 잎 뒷면의 해충 산란을 방해하기 때문에 해충 밀도를 낮추는 데 효과가 있다.

③ 늦가을 이후 정식할 경우에는 흑백필름 또는 잡초 발생을 억제할 수 있는 파장역의 그린필름 피복재 등을 사용하여도 좋다.

④ 유공 멀칭필름(보통 7~10cm 간격의 격자상 유공)은 무공필름에 비하여 지면의 수분 증발에 의하여 발생될 수 있는 식물체 지제부로의 염류집적 문제를 해결하므로써 지제부에 발생하는 뿌리 병해를 경감시킬 수 있다.

라. 지중냉난방장치의 매설

① 뿌리의 양수분 흡수를 적극적으로 촉진하기 위해서는 지온이 18~23℃ 범위로 유지되어야 한다. 지온이 15℃가 되면 60% 수준으로 양수분 흡수가 저하되며 14℃ 이하에서는 흡수가 중지된다.

② 지중난방시스템은 양액재배에서와 같이 X-L호스내에 온수를 순환시키는 방법을 이용하게 되며 여름에는 냉수(지하수)를 흐르게 하여 어느 정도 지온을 낮출 수 있다.

③ 호스를 설치할 때 토심은 20cm가 적당하며, 지상의 점적관수의 위치와 동일하게 2열 배치한다. 농가에서는 경운 작업에 문제가 없도록 하기 위하여 40cm 깊이로 배관하므로써 난방 경비가 많이 소요된다.

5. 현장 설치 사례

▣ 시설유형과 규격 : 5연동 플라스틱하우스(850명, 폭 8m, 길이 70m)

가. 시설자재 명세

① 시스템 부분 : 양액희석공급기 1대

② 원수부분

품 목	사양/규격	소 요 량
관정		1
자동관정펌프	불탑 포함	1
여과기	2"	1
탱크취팅	2"	1
원수탱크	5톤	1
불밸브	2"	1
암나사엘보	2"	2
정니뿔	2"	2
조임식엘보	φ 50mm	3
조임식밸브소켓	φ 50mm	2
직관(HDPE)	φ 50mm/3m	3

③ 액비 부분

품 목	사양/규격	소 요 량
액비탱크	200-600l	2
탱크취팅	3/4"	2
볼밸브	3/4"	2
여과기	3/4"	2
암나사엘보	3/4"	2
숫나사미늘	3/4" × φ 16mm	2
편사호스	φ 19mm/30m	1
호스밴드	φ 23mm	2

④ 관수부분

품 목	사양/규격	소 요 량
암나사엘보	1 1/2"	3
조임식밸브소켓	φ 40mm	6
조임식엘보	φ 40mm	6
앤드캡	1 1/2"	4
조임식티	φ 40mm	4
전자밸브	1 1/2"	4
새들	1 1/2" × 3/4"	40
지관밸브	3/4"	10
숫나사2미늘	3/4" × φ 16mm	40
LD+점적	φ 16 × 16.5mm	80
LD호스	φ 16mm/1m	80
점적테이프	1,000m/롤	4
경질관(HDPE)	φ 40mm/60m	3

나. 현장 설치와 관리

① 양액희석기는 시설 출입구와 전원이 가까운 곳에 위치하고 바닥은 벽돌 등을 돌려 흙을 채우던가 하여 항상 건조한 상태로 관리한다.

② 원수탱크에는 자동으로 물이 보충되어야 하며, 양액이 공급되고 있는 기간에도 수량이 크게 줄지 않도록 한다.

③ 모래가 많이 섞인 관정은 스크린 여과기가 효율적이며 자주 점검하여 물량이 변동되지 않도록 한다.

④ 원수탱크와 양액희석공급기 사이에는 반드시 $\phi 50\text{mm}$ 고밀도PE관을 사용하고 원수탱크에 안전밸브(2" 볼밸브)를 설치한다.

⑤ 액비탱크는 가능한 양액희석기와 가까운 곳에 설치하되 바닥면은 약 15cm 정도 높게 하여 액비호스 중간에 공기가 차지 않도록 경사를 준다.

⑥ 액비탱크에는 120mesh $\frac{3}{4}$ " 여과기와 볼밸브를 설치하고 여과기는 물 방향에 유의하며, 액비를 보충할 때 마다 점검하여 막힘이 없도록 한다.

⑦ 원수 공급관이나 양액공급관 등의 주배관은 일상 작업에 지장이 없도록 매설하는 것이 좋다.

⑧ 모든 연결구와 밸브류는 플라스틱(PP, PE, PVC)제품을 사용하여 부식이 없도록 한다.

제 3 절 시설환경의 최적화

온실내 환경조절은 작물 생산에 있어서 약 90%의 비중을 차지한다. 과실의 품질과 생산성을 극대화하기 위해서는 광, 온도, 습도, 탄산가스, 증기압(증산), 관수와 시비, 배지 등의 환경요소가 적정하여야 하며 이들 요소들은 단독 또는 복합적으로 작물의 스트레스를 감소시킬 수 있도록 균형을 이루어야 한다.

식물의 균형이란 꽃과 과실의 생산(생식생장)과 잎과 뿌리의 생산(영양생장)의 균형을 말하며 이들은 재배작기의 기후조건과 시설내 환경조절장치의 활용도에 따라 다양한 형태로 반응하게 된다.

1. 지상환경의 최적화

가. 온도 관리

① 시설내 온도 편차를 가능한한 줄인다. 예를들면, 토마토의 경우 24시간 평균온도에서 1℃의 차이는 m^2 당 1kg의 수량 감소를 초래할 수 있다.

② 과채류의 경우 24시간 평균온도, 주야간 온도차, 야간온도 등 3가지 기준에 의하여 영양생장 또는 생식생장량의 조절이 가능하다. 생식생장을 유도하기 위해서는 야간온도가 낮고 주/야간온도 차이가 크며 24시간 평균온도가 낮아져야 한다. 영양생장은 이와 반대의 온도 관리에 의하여 촉진될 수 있다.

③ 식물체의 따뜻한 부분이 강한 흡수 능력을 갖는다. 일몰시 온도가 빠르게 하강하면 발육하고 있는 과실은 잎보다 오랫동안 온도를 보유하므로 당이 잎의 발육보다 과실의 발달로 이동되는 결과를 낳는다.

④ 맑은 날의 경우에는 초저녁에 3~4시간의 전류 촉진 온도를 부여한다. 오이의 경우 18℃, 토마토나 고추의 경우 17℃, 파프리카나 멜론 등은 20℃ 내외가 적당하며 오이는 이 시간대에 과실의 60%가 비대되며, 고추나 토마토는 40% 이상의 과실 비대가 이루어진다. 흐린 날은 전류 촉진 온도가 없이 호흡 억제제를 위한 심야온도로 관리하며 9~13℃ 범위가 적당하다.

⑤ 일출 2시간 전부터 일출후 1시간까지의 고온관리(17℃ 이상)는 일출과 동시에 광합성을 개시할 수 있는 엽온 유지, 잎의 증발산 증대에 유효하다. 특히, 곰팡이 병의 예방에 효과를 보인다.

⑥ 동계기간에는 일몰 2~3시간 전에 보일러를 작동시켜 잎의 과도한 수분량을 제거하는 것이 곰팡이 병의 예방에 효과적이다.

⑦ 환기창이 설치된 경우 오전 중에 온도가 상승하면서 환기창을 개폐하고자 할 때에는 초기에 5% 미만으로 열어 시설 내의 급격한 온도와 습도 변화를 방지하여야 한다.

나. 광 관리

① 온실 내에 조사되는 광중 5~20%만이 식물이 당을 만드는데 사용되

고 나머지는 반사, 전도되거나 증산에 쓰여 균형을 이룬다.

② 시설 내 3%의 차광은 1%의 생산량 감소를 초래하게 되지만 고온기에는 과실의 품질은 향상된다.

③ 약광기에는 광을 이용한 당의 생산과 소비가 거의 같아지므로 탄산가스의 시비, 상대습도의 조절, 증기 포화도를 고려한 온도조절 등이 필요하다.

④ 플라스틱하우스 내에서도 봄, 가을, 여름 등 강광 기간에는 차광을 통하여 시설 내 온도의 급격한 변화를 방지하고 과실의 품질을 높일 수 있도록 하여야 한다.

다. 습도 관리

① 상대습도는 주어진 온도 조건에서 포화 수증기량에 대한 수분량을 의미하며, 온도가 높을수록 공기가 함유할 수 있는 수증기량은 증가한다. 예를들면, 0℃의 공기에서 m^2 당 4~8g의 수분을 함유할 수 있는데 비하여 30℃에서는 30.4g을 함유할 수 있다.

② 식물의 생육 최적의 상대습도는 70~80%이다.

③ 상대습도를 측정하는 센서는 활력이 좋은 생장점 즉, 어린 잎이 생육하는 부위에 설치되어야 한다.

④ 밤 동안에 근압에 의해 흡수된 양수분에 의하여 오전중의 잎의 수분 함유량은 매우 높으므로 공기 유동량을 많게 하여 잎의 수분 증발산을 유리하게 하여야 한다.

⑤ 오전 중에는 상대습도를 높게 유지하면서 공기 유동량을 많게 하는 것이 양수분 흡수량과 광 수확율을 높일 수 있으며, 반대로 일몰 2시간 전까지는 시설내 습도를 줄이는 것이 곰팡이 병을 예방할 수 있다. 특히, 한 낮의 2시간 정도는 차광스크린을 통하여 작물 생육에 필요한 상대습도를 조절할 필요가 있다.

⑥ 제한적 환기, 지붕면 살수장치, 안개 분무식의 가습장치 등은 스트레스가 극심한 기간에 유용한 방법이 되지만 이를 자주 사용하게 되면 식물체가 연약해지고 수량 감소를 초래할 수 있다.

라. 탄산가스 관리

① 최적 탄산가스 농도는 800ppm 내외로써 이를 만족하기 위해서는 탄산가스가 25~30kg/hr/1000m² 수준으로 공급되어야 하며 공기 유동량을 크게 해야 한다. 특히, 최적 수준의 탄산가스는 환기를 하지 않거나 부분적 환기의 조건에서만 달성되며, 완전한 환기 조건에서는 400ppm 수준을 목표로 한다.

② 1월과 2월중의 고농도 탄산가스 시비는 생식생장의 균형을 이루는데 효과적이다. 일중 기온이 높은 시기에는 고농도의 탄산가스 시비로 인하

여 기공이 닫히며 증산량이 감소되므로 위험하다.

표 6-1. 연료별 탄산가스 생산량

연 료	이산화탄소
1m ³ 의 천연가스	1.8kg
1l의 등유	2.4kg
1l의 액화탄산가스	5.2kg

③ 탄산가스 시비관은 매 이랑마다 설치하며 지면에서 격리시켜 작물 체 높이에 맞추어야 하며, 측정기는 주기적으로 영점을 조절하여 식물체의 상부에 설치되어야 한다.

④ 온실 내의 탄산가스 농도가 30% 정도의 편차가 있을 때 동등 비율의 수량 감소를 초래한다.

⑤ 야간의 고농도 탄산가스는 일출 후 작물에 직접 피해를 주게 되므로 일출전에 환기가 요구된다. 특히, 부속톱밥, 부속왕겨 및 부속 벧짚 등이 시용될 때 주의한다.

2. 근권환경의 최적화 방안

가. 지온

① 지온의 고저는 근의 생장, 양수분의 흡수와 토양 병해의 발생 등을

통하여 작물의 생육에 영향을 미친다. 저온에서는 뿌리와 성장점의 발달이 약화되고 고온에서는 경엽과 화방 생장이 저하된다.

② 과채류의 적온은 18~23℃ 범위이며 지온이 높을수록 양수분 흡수량이 증가한다. 16℃일 때는 20℃에 비하여 양수분 흡수량이 60% 수준으로 저하하며 15℃는 50% 이하, 14℃에서는 양수분 흡수가 거의 이루어지지 않는다.

③ 13℃ 이하에서는 P 결핍 증상이 심하게 발생하여 엽색이 자주색을 띠게 되며, 30℃ 이상에서는 Ca과 Mg 결핍을 초래할 수 있다.

④ 지온이 높으면 청고병, 반신위조병, 만할병 등이 발생하기 쉽고, 저온에서는 토마토의 위조병 등이 발생하게 된다. 고온기에 정식할 경우에는 멀칭 필름을 제거하거나 광 반사성이 강한 피복재를 선택하여 멀칭하여야 한다.

⑤ 지중온수 배관은 지표면에도 설치하는 경우도 있지만 근역 내에 위치하는 것이 지온의 균일한 확보에 바람직하며, 보통 지중 20~40cm 범위에 매설한다.

나. 관수

① 일반 토양재배시 작물별 적정 관수점은 표 6-2와 같지만 토양양액 재배에서는 1일 2-3회 정도로 소량 다회관수 되기 때문에 대부분의 작물은 관수점에 도달하기 전에 충분한 관수가 이루어져야 한다.

표 6-2. 과채류의 적정 토양수분 관리를 위한 관수점

작 물	적정 pF	비 고
오 이	2.0 내외	
토마토	2.5 내외 1.7 내외	경, 엽 신장기 과실 비대기
가지, 고추	2.0 ~ 2.3	
딸 기	2.0 ~ 2.5 1.5 ~ 2.0	개 화 전 수 확 기

② 물리성을 개량한 토양의 경우 토마토, 고추, 가지, 딸기 등은 지속 적 양액을 공급하고자 할 때에 pF 1.7~2.0 범위에서 관수를 개시한다. 오 이는 1.7 내외가 적당하다. 토마토의 경우 정식부터 제3~4화방이 착과될 무렵까지 관수량을 줄여야 재배 초기의 과번무와 이상경을 피할 수 있다.

③ 포장내의 점적 호스에서 점적되는 관수량의 편차가 없도록 주의하 여야 하며 1회당 관수량은 150~300cc 범위로 생육단계별로 관수 횟수와 량 을 점증시킨다.

다. 영양과 산도

① 토양 용액의 적정 EC는 0.5~0.8dS/m이며 1.2dS/m 이상의 연작지에 서는 정식전에 반드시 토양 분석과 제염 과정을 필요로 한다.

② 유기질 퇴비의 경우도 가능한한 영양이 적은 것을 사용하고 부숙이 진전되고 있는 재료는 재배도중 NO₃-N의 경합이 발생되거나 암모니움 가스

발생 등의 문제가 있으므로 사용치 않는다.

③ 토양 중에 함유된 미량원소는 한계농도의 50% 이상에서는 양액조성 시 혼합할 필요가 없지만, 그 미만의 농도에서는 반드시 양액에 포함하여 조제하거나 토양 교정후 사용하여야 한다.

④ 대부분의 작물은 토양용액의 산도가 pH 6.2~6.9 범위일 때 잘 생육한다. pH가 낮아지면 Ca, Mg 흡수가 저하되고, 높으면 B, Fe, Mn 등의 흡수가 저해되어 이상경 또는 엽선단부가 고사하거나 엽맥간 황화 현상이 심화된다.

⑤ 다량원소 중 $\text{NO}_3\text{-N}$, P, K의 경우 작물 뿌리의 적극적인 흡수로 고갈되기 쉬우므로 균형 있는 양액조성을 통하여 뿌리에 지속적으로 공급하는 것이 필요하며, Ca과 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 경우 토양분석치, 초세, 환경 변화량에 따라 가감한다.

라. 근권산소

대부분의 과채류는 산소 요구도가 매우 높으며 결핍시 중·하위엽에서 자주색 반점이 발생하며 지제부 근처의 줄기에서 부정근의 발생이 증가한다.

가장 효과적인 근권 산소 공급 방법은 소량다회 관수하여 용존산소량을 늘려 주는 것이며, 더욱 적극적인 방법으로 양액과 물에 산소(공기)를 불어 넣는 방식이다. 오존 또는 과산화수소를 살균 소독제로 사용할 경우에도 용존산소량은 증가한다.

제 4 절 양액조성과 급배액관리

1. 수질분석과 양액조성

가. 수질 분석

① 분석항목

- 총염류농도(EC), 산도(pH)
- 미량원소이온 : 질산태질소(NO_3^- -N), 암모늄태질소(NH_4^+ -N), 칼륨(K^+), 인(H_2PO_4^- -P), 칼슘(Ca^{2+}), 마그네슘(Mg^{2+}), 황(SO_4^{2-} -S)
- 미량원소이온 : 철(Fe^{3+}), 망간(Mn^{2+}), 구리(Cu^{2+}), 아연(Zn^{2+}), 몰리브덴(Mo^{3+}), 붕소(B^{3+})
- 기타 : 나트륨(Na^+), 염소(Cl^-), 중탄산(HCO_3^-)

② 토양양액재배에 사용이 곤란한 수질

- EC 1.0dS/m 이상
- Ca 80ppm, Mg 30ppm 이상
- Cl 60ppm, HCO_3 250ppm, Zn 1.0ppm 이상
- 기타 농약 잔류물질이 많은 경우

나. 양액의 종류 선택

토양양액재배에 사용되는 양액의 종류로는 국내에서 양액재배용을 그대로 사용하거나 수입품인 “폴리피드(하이파, 이스라엘)”, “캠그로(하이드로가

든, 미국)" 등이 사용되고 있다.

현재까지 학계나 관련회사에서 보고된 양액은 수십여 종에 이르며 이를 토양관비재배용으로 이용하는 데는 무리가 없다. 다만, 양액조제와 관리 측면에서 취급이 편하고 경제적인 것으로 작물의 품종에 따라 초세 조절이 용이한 종류를 선택하는 것이 바람직하다. 예를들면, 작물의 종류나 품종에 따라 K/N 비율, Ca나 NH₄-N 농도 또는 NO₃/NH₄ 비율과 양액의 전체 EC 등을 고려할 필요가 있다. 표 6-3은 작물 종류별로 사용되는 양액의 종류와 다량원소 비료 처방 예를 나타낸 결과이다.

표 6-3. 작물 종류별 양액의 종류와 다량원소 처방 예 (me/ℓ)

작 물	양액 종류	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S
토마토	일본 원시액	16	1.3	4	8	8	4	4
	일본 山崎액	7	0.7	2	4	3	2	2
	네덜란드PBG	13.5	0.5	4.5	9.25	9.25	3.5	7
오 이	일본 원시액	16	1.3	4	8	8	4	4
	일본 山崎액	13	1	3	6	7	4	4
	네덜란드PBG	15.75	0.5	4.5	8	8.5	2.75	2.5
멜 론	일본 원시액	16	1.3	4	8	8	4	4
	일본 山崎액	13	1.3	4	6	7	3	3
	시즈오카대학	8	1	3	6	8	4	10
	네덜란드PBG	13.5	-	3.75	6	9	2	2.25
딸 기	일본 원시액	16	1.3	4	8	8	4	4
	일본 山崎액	5	0.5	1.5	3	2	1	1

토양양액재배에서는 염류축적과 산성화의 원인이 되는 황산이온의 사용량을 줄이는 것이 필요하며 수질과 토양조건에 따라 무기원소의 성분량을 가감하게 된다. 표 6-4는 일본 원시균형배양액을 기준으로 황산이온 성분 농도를 64ppm에서 40ppm 수준으로 저감시킨 양액조성표이며 본 연구에서는 EC 1.5dS/m 수준으로 50여 농가에 이를 적용하였을 때 문제가 발생되지 않았다.

표 6-4. 토양양액재배용 양액조성표 (EC 2.2를 기준)

구분	비 료	ppm	100배액 1톤기준
A액	질산칼슘 $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$	869.5	86.95kg
	질산가리 KNO_3	254.1	25.41kg
	질산암모늄 NH_4NO_3	21.7	21.70kg
	킬레이트철 FeEDTA	20.0	2.00kg
B액	질산가리 KNO_3	319.0	31.90kg
	제1인산가리 KH_2PO_4	318.8	31.88kg
	질산마그네슘 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	197.5	19.75kg
	황산마그네슘 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	310.0	31.00kg
	규산가리 K_2SiO_3 (오이재배에만 적용)	250.0	25.00kg
	붕산 H_3BO_3	2.86	286.0g
	황산망간 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1.57	157.0g
	황산아연 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.22	22.0g
	황산구리 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.08	8.0g
	몰리브덴산소다 $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.025	2.5g

자료 : 한국온실작물연구소, 1999. 4

(주) 일본원시액을 기준으로 황산이온 량을 줄인 처방액임

다. 목표 이온농도의 설정

양액의 종류가 선택되면 그 양액의 무기원소 성분별 농도를 산출한 후 이를 A로 두고 수질분석 결과 검출된 이온농도(B)를 뺀 다음 용수중의 중탄산이온(HCO_3^-)이 존재할 경우 이를 중화시킬 수 있도록 첨가하는 산의 성분량(C)을 뺀 나머지 “최종 목표이온농도(A-B-C)”를 산출하게 된다. (표 6-5)

표 6-5. 목표이온농도의 산출 과정 (ppm)

구 분	Ca	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	K	$\text{H}_2\text{PO}_4\text{-P}$	Mg	S
양액 처방액 이온농도(A)							
수질 이온농도(B)							
중탄산 중화용 산 첨가량(C)							
최종 목표이온농도(A-B-C)							

표 6-6. 인산과 암모늄이온의 조정법 (F. Benoit, 1992)

항 목	표준양액	변경양액 (+0.5mol H_2PO_4)	보정을 마친 최종 양액
EC	2.3 dS/m	2.3 dS/m	2.3 dS/m
NO_3^-	14.0 mol	14.0 mol	13.67 mol
H_2PO_4^-	1.0	1.5	1.50
SO_4^{2-}	3.75	3.75	3.66
음이온 합계	22.5	23	22.49
NH_4^+	1.25 mol	1.25 mol	1.25 mol
K^+	8.75	8.75	8.75
Ca^{2+}	4.25	4.25	4.25
Mg^{2+}	2.0	2.0	2.00
양이온 합계	22.5	22.5	22.5

만약, 양액조제시 용수의 수질에 문제가 있어 $H_2PO_4^-$ 함량을 0.5mol 높이 고자 할 때에는 표 6-6과 같은 방식에 의하여 음이온 총량을 조절하여야 한다. 인을 제외한 음이온의 총량은? $NO_3 + 2 \times SO_4 = 14 + 7.5 = 21.5$ 이며, 이것은 이제 다음과 같이 보정치를 반영하여 $21.5 - H_2PO_4$ 보정값 = $21.5 - 0.5 = 21$ 가 되며, 여기에서 보정상수는 $21/21.5$ 가 된다. 따라서, NO_3 는 $14.0 \times 21/21.5 = 13.67$ 로, $SO_4 : 3.75 \times 21/21.5 = 3.66mol$ 로 변경된다. 이외에 NH_4 의 보정을 위해서는 양이온보정법을 따른다.

라. 비료 첨가량 계산법

① 수질을 고려하여 산출된 목표 이온농도에서 중탄산이온이 과다하게 함유되어 있을 경우 50ppm 이상의 중탄산이온(HCO_3^-)을 인산 또는 질산 등의 산(H_3O^+)을 첨가하여 중화시킨다. (표 6-7)

표 6-7. 중탄산이온의 중화를 위해 양액에 첨가되는 산의 량

중탄산이온 (ppm)		산의 첨가량 kg(l), 100배액 1톤 기준	
용수	중화 목표량	A액 : 60% 질산	B액 : 85% 인산
75	25	2.153 (1.566)	2.364 (1.407)
100	50	4.305 (3.131)	4.727 (2.814)
125	75	6.458 (4.697)	7.091 (4.221)
150	100	8.610 (6.262)	9.454 (5.627)
175	125	10.763 (7.878)	11.818 (7.035)
200	150	12.915 (9.393)	14.181 (8.441)

② 칼슘(Ca)의 목표 이온농도 □ ppm를 사용하고자 하는 질산칼슘의 칼슘 성분 함유율로 나누어 필요한 질산칼슘의 량을 계산한다. 예를 들면, 칼슘의 목표 이온농도가 150ppm일 경우

- 10수염 질산칼슘 $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$ 의 경우 NO_3 14.3%, NH_4 1.3%, Ca 19%를 함유하고 있기 때문에 아래와 같이 질산칼슘 789.47ppm을 산출할 수 있다.

$\text{Ca 목표이온농도} \div \text{비료중 Ca 성분함유율 값} = \text{비료의 투입량}$ $\text{즉, } 150\text{ppm} \div 0.19 = 789.47\text{ppm}$	---A식
--	-------

- 4수염 질산칼슘 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 의 경우 NO_3 11.9%, Ca 16.9%를 함유하고 있기 때문에 아래와 같이 질산칼슘 887.57ppm을 산출할 수 있다.

$\text{Ca 목표이온농도} \div \text{비료중 Ca 성분함유율 값} = \text{비료의 투입량}$ $\text{즉, } 150\text{ppm} \div 0.169 = 887.57\text{ppm}$	---B식
---	-------

이 계산이 올바르게 이루어졌는가를 재검산할 수 있는 방법으로 각각의 질산칼슘량에 칼슘 성분의 함유율을 곱하여 목표했던 칼슘의 함량이 산출되는가를 확인하면 된다.

이 과정에서 각각의 질산칼슘에 함유된 질산태질소($\text{NO}_3\text{-N}$)과 암모늄태질소($\text{NH}_4\text{-N}$)의 첨가량도 산출하여야 하며, 그 양을 당초의 목표 $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 $\text{NH}_4\text{-N}$ 이온농도에서 빼내어 최종 목표 이온농도를 산출한다.

- A식에서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 량은 $\{789.47\text{ppm} \times 0.143\}$ 으로 112.89ppm, $\text{NH}_4\text{-N}$ 량은 $\{789.5\text{ppm} \times 0.013\}$ 으로 10.26ppm이 된다.

- B식에서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 량은 $\{887.57\text{ppm} \times 0.119\}$ 으로 105.62ppm이며, $\text{NH}_4\text{-N}$ 량은 없다.

③ 마그네슘(Mg)의 목표 이온농도 □ ppm를 황산마그네슘의 마그네슘 성분함유율로 나누어 필요한 황산마그네슘의 량을 계산한다. 예를 들면, Mg의 목표이온농도가 40ppm일 경우 황산마그네슘 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Mg 9.8%, S 12.8%)의 첨가량은 아래와 같이 408.16ppm으로 산출된다.

④ 이하 같은 방법에 의하여 K, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ 량 등을 산출하게 되는데 농가마다 수질 분석 결과와 최종 목표 이온농도가 달라지기 때문에 동일한 양액처방액 일지라도 사용되는 비료의 종류나 농도가 모두 달라진다. 예를 들면, 최종목표 이온농도에서 NH_4 가 많을 경우에는 인산질 급원비료로 제1인산암모늄을 사용할 수 없게 되며 따라서, 제1인산칼륨을 사용하여야 하며 이 때 증가되는 칼륨 농도를 고려하여 질산칼륨, 황산칼륨 등의 농도를 결정하게 된다.

2. 양액의 조제

가. 양액조제시 혼합해서는 안될 비료

- ① 칼슘(Ca)과 황이온(SO_4^{2-}) 및 인산이온(PO_4^{3-})
- ② 인산(P)과 킬레이트철(Fe-EDTA 등)

③ 몰리브덴산소다(Na_2MoO_4)와 비료 농축액

④ 산과 탄산수소칼륨(KHCO_3)

나. 농축액 탱크의 수

① 기본적으로 양액은 100배 또는 50배 농축액으로 작성되며, 농축액 탱크의 2개 그리고, 필요한 경우 산도조절용 산 탱크 1개가 준비되어야 한다. 15배 이하의 농축액은 1개의 탱크로 충분하다.

② 양액재배와 달리 관비재배에서는 EC 농도 변환을 급격하게 변화시키지 않기 때문에 농축액 A, B액에 일정 량의 산을 첨가함으로써 산 탱크를 제외할 수 있다.

③ 농축액 탱크(A, B액)를 2개로 할 경우 A탱크에는 질산칼슘, 질산칼륨, 킬레이트철을 기본적으로 넣고 질산암모늄이 첨가되는 양액조성에서는 이를 추가한다. B액 탱크에는 A액에 들어간 질산칼륨의 잔량과 황산마그네슘, 인산질 급원비료(제1인산암모늄 또는 제1인산칼륨) 그리고, 필요한 경우 황산칼륨을 넣게 되며 미량원소 급원 비료(킬레이트철은 제외) 전체를 B액 탱크에 넣게 된다. 단, A, B탱크에 희석되는 비료의 총량이 비슷한 무게가 될 수 있도록 질산칼륨의 량을 나누는 것이 바람직하다.

④ 각각의 다량원소는 탱크에 넣기 전에 온수에서 개별적으로 녹여 혼합하며, 미량요소는 건조 상태가 아닌 수용액 상태에서 혼합되어야 한다.

다. 비료의 용해순서

비료 용해순서는 각 탱크의 용수를 질산을 이용하여 산도를 pH 5.5 이하로 조정후 A탱크에서는 질산칼륨과 킬레이트철을 넣게 되며 마지막으로 질산칼슘을 희석한다. B탱크에서는 질산칼륨, 미량원소, 질산암모늄을 넣은 후 황산마그네슘과 제1인산칼륨 또는 제1인산암모늄, 질산칼슘 순으로 양액을 희석한다.

3. 급배액관리

가. 양액산도(pH)의 관리

① 토양을 사용하지 않는 양액재배는 배지 내의 적정 산도가 pH 5.6~6.2 범위에 있으나 관행 토양재배는 6.2~6.9 범위가 적정하다. 토양양액재배에서 적정 산도는 pH 5.5~6.5 범위 내에서 생육에 차이가 없으므로 적정 산도 범위가 넓다고 할 수 있다.

② 재배도중 토양용액 내의 pH를 주기적으로 계측하여 pH가 지나치게 높아질 경우에는 양액에 일정 량의 질산암모늄 등을 이용하여 암모늄 0.1~0.5mmol/l 수준으로 첨가할 수 있다. 이 경우에도 NH_4 의 전체 농도를 질산태질소 함량의 10%를 넘지 않게 하여야 한다. NH_4 이온은 고농도에서 식물독성이 발생할 수 있기 때문이다.

③ 반대로 pH를 높이하고자 할 때에는 중탄산함량의 분석이 사전에 이루어져 중탄산이온의 함량이 25ppm 이하일 경우에는 KHCO_3 를 첨가할 수 있으며 1mM 내외의 칼슘 량을 증가하여도 효과적이다.

표 6-8. 식물 영양 흡수에 미치는 근권 pH의 영향

구 분	pH가 낮을 때	pH가 높을 때
흡수량 증가	철, 망간, 아연, 구리	몰리브덴
흡수량 감소	몰리브덴, 칼슘, 마그네슘	철, 망간, 아연, 구리, 붕소

나. 양액농도(EC)의 관리

① 토양양액재배에서 과채류의 근권 적정 EC는 1.5dS/m 내외이다. 물론 수확 중·후반에는 품질 향상을 위하여 EC를 2.5dS/m까지 점증시켜도 생육에 지장을 초래하지 않는다.

② 일반적으로 양액농도는 뿌리의 삼투압에 영향을 미치게 되어 농도가 0.3dS/m 이상으로 급변하면 흡수 저해가 발생할 수 있으므로 초세를 급격히 변화시킬 목적이 아니면 근권 EC의 안정화를 시킬 수 있도록 토양수분량과 급액량, 급액횟수 등의 관리에 주의하여야 한다.

③ 작물의 뿌리는 기존에 관리하였던 양액농도에 충분히 적응된 후 양액농도가 급격히 변화될 때 매우 민감한 반응을 나타낸다. 따라서, 기존 관리 농도보다 0.3~0.5dS/m 이상으로 높아지게 되면 흡수 스트레스가 발생할 수 있으므로 양액농도를 급격히 높였을 때에는 급액량도 서서히 점증시키는 것이 유리하며 반대로 EC 농도를 낮추었을 때에는 급액량도 서서히 점감시켜 주는 것이 좋다.

④ EC 정도는 작물의 영양생장과 생식생장의 균형을 부분적으로 조절

할 수 있다. 즉, 낮은 EC는 영양생장을 촉진하고 높은 EC는 생식생장을 촉진한다.

다. 급배액 관리 프로그램

① 급액 관리는 두가지 방법이 있는데 1일 양액 소비량을 계산하여 일출 전 1간에 2/3량을 급액하고 낮 동안에는 물만 관수하는 방법과 물 대신 지속적으로 양액을 공급하는 방법이 있다. 전자의 경우 과실의 열과에 문제를 초래할 수 있으므로 토마토, 멜론 등 열과 발생이 우려되는 작목에서는 후자의 방법이 바람직하다고 볼 수 있다.

② 급액량은 주당 요수량과 관련이 있으며 토마토, 고추의 경우 정식 후 1개월간 보통 300~450ml/주, 이 후에는 650~800ml/주가 적정 수준이며 수확이 개시되면서 부터는 다소 급액량을 늘려 주는 것이 염류집적을 방지하는 데 유리하다. 토마토와 오이의 경우는 이 보다 50~80% 정도 증량한다.

③ 급액 횟수는 흙의 토성에 따라 다르지만 사질양토~식양토의 경우 맑은 날은 3회, 흐린 날은 1회를 급액하며 오전에 2/3, 오후에 잔량을 급액한다. 다만, 토마토나 방울토마토의 경우에는 정식후 1개월간 급액량을 가능한 줄이게 되므로 2일에 1회, 5~10분 정도가 적당하다. 사질토의 경우에는 이보다 횟수를 늘려 준다.

④ 야간에도 뿌리는 삼투압에 의하여 양액을 흡수하게 되는 데, 이 때 무기이온 성분의 흡수량도 상당히 많이 이루어진다. 따라서, 칼슘 흡수를

촉진하기 위해서는 야간에도 자정을 전후로 1회 급액하는 것이 좋다.

⑤ 급배액 관리를 최적화하기 위해서는 시설의 형태나 규격, 묘의 소질, 급배액 관리 방법 등에 따라 달라지므로 농가마다 오전 10시 또는 오후 4시경에 토양 용액을 채취하여 EC, pH 변화를 계측하고, 급액량을 변화시킬 필요가 있다. 간이 지표로써 오전 일찍 생장점 부근의 엽색이 연녹색을 띠고 오후 늦게 진녹색을 띠는 정도가 수분량이 적절한 것으로 판단할 수 있다.

⑥ 영양생장이 과다할 경우에는 EC를 높이면서 급액량을 점차 줄이며, 영양생장량이 저하되는 시기에는 EC를 낮추면서 급액량을 점차 늘리는 것이 효과적이다.

⑦ 생식생장이 강한 시기에는 방울토마토, 고추의 경우 0.5~1mM 제1인산칼륨, 오이는 1~2mM 질산칼륨, 토마토의 경우 1~1.5mM 황산칼륨의 추비가 유효하다. 통상, 추비량은 칼륨의 성분량을 20% 내외로 증가시키는데 이 것도 시설 형태나, 작물 생육 상황, 배지 조건 등에 따라 다르므로 5%씩 단계적으로 늘려 가는 것이 바람직하다.

⑧ 근권 환경의 변화가 심화되는 원인으로는 양액 조성에 의한 문제보다 급액 간격, 급액 횟수, 1회당 급액량 등에 기인되는 경우가 많다.

⑨ 작물의 초세와 근락이 왕성해지면서 근권 환경을 안정화시키기 위해 급액 방식을 다량 소회에서 소량 다회 급액하는 것이 효과적이다.

⑩ 토양에 염류가 축적되더라도 가능한 물만을 급액해서는 안되며, 저농도의 양액을 급액하는 것이 바람직하다. 단, 과도한 염류농도로 뿌리 발육이 불량해지면 2~3일간 물만을 급액하되 1회 다량 관수후 소량씩 자주 급액한다.

제 5 절 파종과 육묘

1. 파종 및 육묘온실의 준비

가. 고온기 육묘

7월 초순부터 8월 하순 기간에 파종이 이루어지는 작형에서는 고온기에 육묘가 가능하기 위하여 다음과 같은 육묘 시설이 준비되어야 한다.

① 과채류의 경우 주야간 온도차가 8℃ 이상되어야 하며 야간 최저기온도 22℃ 이하가 되어야 화아분화에 지장을 초래하지 않는다.

② 차광스크린 또는 한랭사나 가리소를 시설 외부에 피복하여 열선의 과도한 유입을 막고, 시설 외부에 지붕면살수장치를 통하여 실내 온도를 3~4℃ 정도 낮출 수 있다.

③ 태양광의 적외선에 대하여 시설 외부로 반사 효율을 높이기 위하여 바닥 전체를 흰색 또는 알미늄 피복재로 전면 멀칭하는 것이 좋다.

④ 시설 내부에는 공기유동팬을 부착하여 더운 공기가 빠르게 시설외부로 환기되도록 하고, 식물의 증발산율을 높여 주는 것이 고온 극복에 도움을 준다.

⑤ 시설의 전·후면, 측벽부는 반드시 한랭사를 피복하여 해충(응애,

총채벌레, 파밤나방 등)의 비래를 막아 주어야 하는데, 한랭사의 피복에 의해 환기율이 저하될 수 있으므로 시설 내에는 공기유동팬과 시설 전·후면에 배기팬을 부착하여 환기의 흐름을 촉진한다.

⑥ 시설 외곽과 내부 측벽, 고랑부의 잡초 제거는 해충의 숙주를 제거한다.

⑦ 고온기에는 세균병(반점세균병)과 흰가루병, 갯빛곰팡이병, 입고병 등의 피해가 심하기 때문에 자동무인방제시스템이 갖추어져 있는 것이 좋다.

나. 저온기 육묘

10월 초순부터 11월 하순까지 약광과 저온으로 이어지는 기간의 육묘는 인공조명과 시설 내 온도관리에 주의해야 하며 특히, 육묘 초기에는 일조시간의 단축과 건조한 기후로 인하여 식물체의 초세가 불량하게 되는 경우가 많다.

① 일조시간의 단축과 약광을 보상하기 위하여 초저녁 1~2시간의 인공조명이 효과적이며, 주간에 탄산가스의 시비와 고온 관리(기존 온도보다 1~2℃ 높게 유지)로 광합성량을 증대시킬 필요가 있다.

② 오래된 피복재는 깨끗한 물로 세척하고, 2중으로 필름을 피복한 하우스는 육묘 포트의 간격을 10% 정도 늘려야 한다.

③ 시설 내 가습장치를 적극 활용하여 습도 조절은 물론 엽면시비를 병행하여 영양이 충실한 묘를 육성한다.

④ 흰가루병, 입고병의 전염과 해충(파밤나방, 온실가루이 등)의 비래 등에 유의하여 정기적인 방제를 위한 무인방제시스템의 설비가 필요하다.

⑤ 야온이 18℃ 이하로 낮아지면 난방을 개시하고 공기유동팬을 적극 활용하여 시설 내 온도 편차를 최소화 한다. 특히, 근권온도를 21℃ 수준으로 유지하기 위한 근권난방장치를 작동한다.

다. 육묘 벤치의 제작

① 파종 트레이나 육묘 포트를 지면과 격리시키기 위하여 고설벤치(통상 40~60cm 높이)를 설치하며, 고온기에는 지상에 흑백필름을 멀칭하므로써 지열 축적과 야간의 재방사를 방지한다.

② 벤치 위에 메탈라스나 플라스틱망을 씌운 다음 그 위에 지중난방용 배관을 설치한다.

③ 벤치의 크기는 보통 파종부터 이식까지는 생육 진전에 따라 단계적으로 수광량을 좋게 하기 위하여 트레이 간격을 넓힐 수 있도록 트레이 10개당 50cm 이상의 거리를 두고 또 하나의 트레이군을 배치하는 데, 이를 위해서는 전체 파종 트레이 면적의 1.2배 정도를 육묘 벤치 면적으로 확보하며, 정식할 육묘 단계까지는 1.5배의 벤치 면적이 요구된다.

④ 벤치 제작에 이용되는 철제 파이프는 태양광의 열선에 의해 70℃ 이상의 고온이 되기 쉽기 때문에 작업에 유의한다.

2. 파종 자재의 선택과 파종법

육묘기술의 발전에 힘입어 육묘용 포트, 연결 포트, 트레이 등이 다양하게 국산화되어 있으며 크기도 다양하다. 트레이, 연결 포트의 종류나 용도에 따라 적용하는 작물도 달라지게 되는데 파종 자재는 포트, 배지(파종용 및 복토용), 종자, 파종후 멀칭용 필름 등으로 구성된다.

가. 파종 자재의 준비

① 당년 생산된 종자는 재식주수보다 10% 이상 파종하고, 오래된 종자는 발아율을 높일 수 있는 전처리를 함과 동시에 30% 내외로 파종량을 늘린다.

② 파종 배지는 염도가 적고(EC 0.3dS/m 이하) 산도가 6.0 내외로 보정된 피트모스(블랙피트의 비율이 80% 이상에서 좋다) 또는 코코넛피트를 이용하며 여기에 화이트피트나 펄라이트를 20% 내외로 혼합한다. 특히, 파종 배지는 EC 1.0, pH 5.8~6.2 수준으로 영양원소가 균일하게 첨가된 것을 사용한다. 무영양 배지의 경우에는 양액으로 처리하여도 좋다.

③ 트레이는 파종~이식묘 단계까지 이용하며 과채류의 경우 원칙적으로 이식을 통하여 T/R율을 조정한 묘를 육성하는 것이 바람직하다. 이식 작업을 생략화하기 위하여 파종용 트레이에 직파하여 정식묘를 육성하는 데에

는 영양과 수분 관리가 까다로우며, 시설내 공기유동량이 많고 온·습도 관리가 적정하게 유지되어야 균일한 묘를 얻을 수 있다.

④ 파종후 복토용 배지는 굽은 입자의 버미큘라이트나 파종용 상토를 이용한다. 트레이 위에 피복하는 멀칭재는 열선이 투과되지 않는 반사필름, 흑백필름을 씌운다.

나. 파종기술

① 파종전 배지에 양액(EC 1.1dS/m, pH 6.0)을 관주하여 포습시킨다. 특히, 오래된 배지나 비에 젖은 배지는 반드시 “안타”수화제 40cc/l 관주나 차아염소산칼슘 500배액으로 소독한 다음 깨끗이 씻어 사용하여야 한다.

② 파종전 종자는 낙스(차아염소산나트륨) 1%액 또는 베노밀수화제로 소독한다.

③ 종자 파종후 굽은 입자의 버미큘라이트를 약 3~4mm 두께로 복토한다.

④ 파종후 트레이 위에 관수한 다음 흰색 멀칭 피복재를 씌우고 가능한 시설내 습도를 높게 유지하면서 직접 파종 배지에 관수하지 않으며, 멀칭 피복재의 제거는 발아율이 10% 이상 도달할 때 제거하며, 이후 양액(EC 1.1dS/m, pH 6.0, 수온 22℃ 내외)으로 관수를 개시한다.

⑤ 본엽이 1매 출현할 때 묘 하배축(자엽 밑의 뿌리 윗 부분)의 도장

과 탈수를 막기 위해 1~2mm 두께로 상토를 재복토하는 것이 좋다.

⑥ 관수시 살수장치나 관수호스 등에 흙이나 오염물질이 묻지 않도록 관리에 유의하므로써 병 감염을 사전에 회피한다.

3. 이식과 육묘

① 트레이에서 3엽이 출현하게 되는 시기에 다시 피트모스와 펄라이트 혼합배지를 충전한 PE 포트(직경 7cm)나 구멍이 큰 트레이에 이식하게 되는데, 이 때에도 배지에 양액을 포화시키고 충분히 배수시킨 후 이식하여야 한다.

② 이식시 flipping 기술에 의하여 이식 초기의 생육 차이를 줄이는 것이 균일한 묘를 생산하는 데 중요하다. 이식묘가 적은 것은 직립으로 세워 심고 중간 것은 옆으로 눕우며, 큰 것은 거꾸로 뒤집어 심는데 묘가 도장되었거나 줄기가 가는 약한 묘는 180° 뒤집어 심는 것이 좋다.

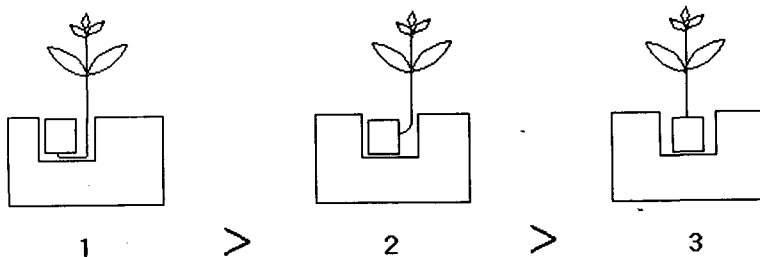


그림 6-6. 건묘 육성을 위한 이식시 flipping 처리법

③ 이식후 2일 정도는 관수를 하지 않고 차광하므로써 배지의 급격한 수분과 온도 변동이 발생치 않도록 관리하며, 이식 2~3일 후에 착근이 이루어지기 시작하면 양액의 농도를 다소 높혀 EC 1.7~2.6dS/m, pH 5.5~6.0 범위의 양액으로 1일 2회 정도 급액한다.

④ 고온기 육묘시 두상살수보다는 저면급액이 세균병의 예방과 배지의 수분 관리가 용이하다. 발병시에는 가스란이나 동수화제를 처리한다.

⑤ 육묘기간에는 세균성점무늬병, 후사리움이나 피티움에 의한 근부패병, 라이족토니아균에 의한 입고병 등이 발생하기 쉽기 때문에 이식 후 뿌리가 활착되면 정기적으로 예방 관주를 실시한다.

⑥ 물만을 관수하지 않고 양액을 지속적으로 관주하는 것이 건묘 육성에 유리하다. 이식 후 육묘 초기에는 EC 1.3~1.5m 수준으로 관리하고, 중반기에는 EC 1.6~1.9, 후기에는 T/R을 조정을 위하여 고추를 제외하고는 2.3~2.9dS/m 수준으로 높여 관리하는 것이 좋다.

⑦ 육묘 기간에는 묘 개체간 생육 차이를 줄일 수 있도록 시설 내 온도, 습도, 광량의 차이가 없도록 유의하고 트레이 군락 위의 공기 유동이 원활할 필요가 있다.

⑧ 육묘 종료 5일 전에 병충해의 유무를 확인하여 적절한 약제를 살포하고, 역병과 뿌리병의 예방을 위하여 “프리엔”수화제를 권장농도의 1/2농도 또는 “톱신M(지오판네이트)” 200ppm으로 저면관주한다.

4. 육묘 후기의 관리

육묘 후반에는 건묘의 기준이 되는 T/R율을 적정화하기 위하여 관수량을 줄이거나 급액농도를 높여 지상부의 생장을 억제하고 근권으로의 양분 분배율이 높아 지도록 유도한다. 특히, 정식 후 발병하기 쉬운 뿌리 병해나 역병의 예방 약제를 미리 관주한다.

외부에서 육묘된 플러그묘는 이송 즉시 정식하지 않고 2~3일간 정식할 시설 환경에 적응시키므로써 운송 도중의 식상한 뿌리를 회복시킨 후 정식한다.

제 6 절 작물별 관리 기술

1. 토마토

가. 육묘

① 가능한한 성묘를 정식묘로 육성하여 어린묘에서 발생하기 쉬운 과번무를 피한다. 육묘기간 동안 수분이 마르지 않을 정도로 관수량을 적게 유지하면 1~3화방의 난형과 발생을 크게 줄일 수 있다.

② 주야간 온도차가 8℃ 이상, 야간온도는 22℃ 이하로 유지될 수 있는 곳이 육묘 적지이다.

③ 여름철에 정식시 1화방이 개화될 때, 동계에는 다소 이른 묘를 정식하여도 무리가 없다.

나. 활착 촉진을 위한 정식 전·후 환경관리

① 정식 전 시설 내부의 위생 관리에 주의하고 정식할 배지는 정식 2일 전에 양액(EC 1.3dS/m, pH 6.0)으로 충분히 급액한 다음, 저온기에는 멀칭으로 지온을 높이고 고온기에는 멀칭을 제거하거나 반사성이 강한 멀칭재를 피복하여 지나친 지온의 상승을 막는다.

② 정식할 때에는 플러그 묘가 흙 속에 깊게 묻히지 않도록 주의하고, 점적 호스의 위치를 3~5cm 범위로 묘에 가깝게 설치하여 묘가 시들지 않을 정도로 절수(節水) 관리한다. 이 때 급액 EC와 pH는 토양에 포수시킨 양액과 같다.

③ 정식 후 5일간은 차광 또는 반차광 상태를 유지하므로써 잎의 과도한 수분 증발산을 막고 영양제 또는 양액(EC 1.5dS/m, pH 5.5)로 엽면살포를 자주하여 뿌리의 발육을 돕는다. 정식 후 5일 쯤에는 활착이 상당히 진전되고 10일 쯤이 되면 완전하게 활착되어야 한다.

④ 활착이 지연되면 관수량, 지온, EC 등이 불량한 데 원인이 있거나 정식묘의 영양이 부족한 상태라고 판단할 수 있다. 주간온도를 낮추고 야간온도를 높여 일중 평균온도를 22~23℃로 유지한다.

⑤ 광이 부족할 경우에는 인공조명 또는 탄산가스의 시비를 통하여 유묘의 화아분화에 필요한 탄수화물의 보급을 촉진시킬 필요가 있다.

다. 정식 후 재배관리 요점

① 야간온도는 초저녁 3시간, 심야온도, 새벽 2시간의 온도를 각각 17, 14, 17℃를 목표 온도로 하여 점진적으로 변온 관리한다.

② 발육 비대기는 화아분화가 집중되는 시기이므로 과번무를 방지하기 위하여 관수량을 최소한으로 줄여야 하는데 반면, 과실 비대도 동시에 진전되므로 연일 위조점으로 관리하면 기형과는 감소하지만 생산량도 감소된다.

③ 급액 EC는 정식 후 완전하게 활착할 때까지는 EC 1.3dS/m로 급액량을 적게 하며, 2화방이 분화되면서 EC 1.5로 높이고 이 시기부터 4화방 착과기까지 급액량을 크게 줄인다. 수확 예정 2주 전부터 EC를 1.7dS/m로 높이고 황산가리를 80~120ppm 범위로 준비한다.

④ 저농도의 양액(EC 1.5dS/m, pH 5.5)을 맑은 날 오전 중에 1일 2~3회 무인방제시스템을 이용하여 가습과 동시에 엽면시비하면 효과적이다.

⑤ 저온과 다습 환경이 지속되면 난형과의 발생이 증가하고, 저온에 처한 상태에서 토양수분이 낮으면 난형과는 감소한다. 엽의 수광 효율을 좋게 유지하기 위하여 하엽까지 수광되도록 재식시 이랑 방향, 재식밀도, 작물체의 유인관리 등에 유의한다.

⑥ 아침 일찍 잎에 일액 현상이 발생하면 관수량이 많다는 것을 의미하므로 절수하거나 오후 늦은 관수를 피하며, 필요할 경우 야간 급액농도를 0.3dS/m 이상 높여 준다. 특히, 관수량이 많은 경우에는 지온도 낮아지므로 뿌리의 양수분 흡수에 장애를 줄 수 있다.

⑦ 토마토톤은 4화방 이전에만 사용하고 이후 수정별 또는 진동수분으로의 전환이 요구되며, 홀몬 처리시 11~12월 100~120배, 1~2월 100배, 3~4월 130배로 처리하는 데 3화방 이상에는 지베렐린 수용제 7.5ppm(GA 50mg을 7.5l의 물에 희석)을 혼용하는 것이 좋다.

⑧ 화분 발아를 위해 야간온도는 13℃ 이상을 유지하여야 하며, 체내 수분이 적은 오후에는 홀몬 수정 효과가 없고, 기온이 높은 오전에 처리하

여야 하며, 화방당 꽃이 3개 정도 만개될 정도로 약간 늦게 처리하는 것이 좋다.

⑨ 이상화는 조기에 적제하여 나머지 꽃의 착과를 도운다. 1회 적엽수는 2매 이내로 하며 적엽, 적과, 측지 제거와 유인은 오후에 작업하는 것이 좋고 나머지 수분수정이나 수확 작업을 오전에 실시한다.

⑩ 밀생 부위 하엽의 적엽과 과번무한 엽의 1/3 절엽은 잎곰팡이, 역병 등의 발생을 줄일 수 있다. 기형과는 일찍 제거하는데 착과수가 지나치게 적을 경우에는 기형과나 생리장해과일 지라도 착색이 완전히 이루어진 뒤 제거하는 것이 좋다.

⑪ 수확개시 후에는 적은 관리, 충분한 환기, 노엽의 정리, 병해 예방, 초세 유지(추비나 관수량의 조절) 등에 주의를 기울인다.

2. 방울토마토 (육묘 및 정식전후 관리는 토마토와 동일)

① 정식묘는 여름에는 제 1화방이 출현하는 시점, 겨울에는 1/3정도 개화되어 있는 시점이 적당하며 정식전에 정식할 묘의 배지가 약간 건조한 상태로 유지되고 정식할 토양은 정식 2일전에 양액(EC 1.3~1.5mS/cm, pH 5.5~6.0)으로 포화시킨 뒤 근권온도나 수분 변동이 없게 관리한 다음 정식하게 된다.

② 정식후 착근이 될 때까지는 식물이 마르지 않도록 절수 관리하고

지온이 16℃ 이상을 유지할 수 있도록 배지 온도관리에 주의한다. 따라서, 급액 방법은 1회당 급액량을 줄이고 급액횟수를 늘려주는 것이 바람직한데, 이를 통하여 배지의 영양, 수분 관리가 유리해지므로써 정식 후 개체간의 생장 차이를 줄일 수 있다.

③ 재배도중 초세가 지나치게 강해질 경우에는 2~3매 정도 적엽(개엽의 1/3 정도를 잘라냄)하는 것이 좋다.

④ 제2화방 개화기 무렵부터 급액량을 극히 줄여 이상경의 발생을 예방한다. 토양의 물리성에 따라 다르지만 2일에 1회 5~7분 정도의 점적 급액이면 충분하다. 다만, 양액농도는 제5화방 착과시까지 서서히 높여 EC 1.7dS/m 수준으로 높여 주는 것이 당도 증진에 효과적이다.

⑤ 개화수가 증가하고 과실 비대가 급속도로 이루어지면 양분 요구도가 증가하므로써 양액농도를 높인다. 또한, 제1인산가리나 황산가리, 질산가리의 추비를 통하여 생식생장량을 늘려 줄 필요가 있는데 꽃수가 많고 꽃의 소질이 불량한 경우에는 제1인산가리 80~110ppm, 당도가 낮고 착색이 불량할 경우 황산가리 120~150ppm, 초세가 빈약하고 과실 비대가 늦은 경우에는 질산가리를 150~200ppm 추비하는 것이 좋다.

⑥ 방울토마토는 개화수가 많기 때문에 흘몬 수정 작업에 상당한 중작업이 소요되므로 이를 생력화할 수 있는 수정벌의 사용이나 진동수분 등의 방법이 고려된다.

⑦ 초세유지와 생산성 안정, 품질 향상, 열과 방지 등을 위하여 화방

의 선단부를 잘라 내는 적화 작업의 필요성이 있다. 특히, 일조가 부족한 겨울에는 초세가 약화되기 쉬우므로 영양생장과 생식생장의 균형을 유지하기 위한 적화 작업이 중요하다.

⑧ 흔히 발생하는 이상경은 정식 후 1개월간 절수 관리를 통하여 충분히 방지할 수 있으나 심할 경우 입의 선단을 1/3 이상 적제하는 것이 좋다.

⑨ 열과의 경우 초세 조절이 실패한 경우 과다한 생식생장 조건에서 많이 발생한다. 따라서, K 추비와 동시에 화방 선단부를 적화하고 새벽녘의 야온을 18℃ 내외로 높게 유지하면서 오후 늦은 관수를 피하면 충분히 예방할 수 있다.

⑩ 잎곰팡이병의 예방을 위해서는 일몰 전 1.5시간에 가온 또는 환기를 통하여 실내 습기를 제거하고 초저녁과 새벽녘의 온도를 높게 유지할 필요가 있다.

⑪ 근부패병(피티움과 후사리움균)과 지제부에 발생하는 위조병균(리족토니아균)의 경우 초기에는 “베노밀”수화제 또는 “툽신M(지오판네이트)”수화제 150~200ppm 농도를 점적 관주하면 효과가 있지만 심하게 발생된 경우에는 개체마다 고농도로 개별 관주할 필요가 있다.

⑫ 청고병은 원인별 대책이 필요하지만, 토양을 건조시킨 후 농용항생제를 pH 4.5 내외의 양액에 희석하여 1~2회 급액하므로써 피해를 최소화할 수 있다.

⑬ 제11~13화방이 착과되면서 초세가 급격히 저하되는 경우에는 급액 EC를 서서히 점증시키면서 급액량도 늘려주는 데, 이 때 K 추비를 단계적으로 늘려 주는 것이 바람직하다. 심할 경우에는 적심을 통하여 측지를 육성하는 방법도 착과된 과실의 수확기를 앞당기면서 초세를 재조정할 수 있다.

3. 오이

가. 육묘

① 파종 후 본엽이 1~2매 출현하였을 때 이식하게 되는데 이식 시기가 지나치게 빠르면 활착이 더디며 취급하기 어려워 뿌리 손상을 초래하게 된다.

② 근권온도는 23℃가 적정하며 습도가 60% 이하로 낮을 경우 기화 냉각에 의하여 기온보다 낮아질 수 있으므로 주의한다.

③ 식상을 입은 뿌리가 근부병을 일으키는 피티움균(*Pythium*)에 감염되지 않도록 주의한다. 이식후 온도는 초기 17일 동안 23℃를 유지하고 주야간 온도차는 26/21℃로 부여한다.

나. 정식 전·후 관리

① 정식 2일 전 토양에 양액(EC 1.3, pH 6.0)을 충분히 포수한 뒤 멀칭하여 지온을 높인 다음 정식하는데, 정식시 토양을 진압하여 뿌리가 식상

되는 것을 피하여야 한다.

② 본엽이 3~4매(21~30일 묘) 전개되었을 때 정식하며, 정식 전 배지의 목표 온도는 21~22℃로 유지한다. 만약, 광과 온도 수준이 부족할 경우 육묘장에서 30일까지 유지할 수는 있다.

③ 온실에서 처음 2일간 기후 환경의 충격을 줄이고 상대습도를 감소시키기 위하여 17.5~18℃로 온도를 낮게 설정한다.

④ 발근 및 활착을 빠르게 유도하기 위해서는 근권온도를 20℃로 유지한다. 낮은 근권온도는 뿌리 활착이 느려지는 결과를 초래한다.

다. 정식후 재배관리 요점

① 온도 설정은 24시간 평균온도로 흐린 날에는 최저 21.5℃, 맑은 날은 최대 23.5℃로 목표한다. 상대습도를 70~80%를 높여 주어야 하며, 초기 생육단계에서 환기가 적거나 없을 때에는 기부 가까운 줄기가 갈라지거나 엽이 말리는 현상으로 발전될 수 있다. 습도가 80% 이상으로 높을 때는 가벼운 환기로 작물의 증산을 왕성하게 유도해야 한다.

② 일본 원시균형배양액을 기본으로 하여 황이온 성분을 약 20ppm 정도 낮게 조제한 처방액에 규산加里용액을 150ppm 정도 추가하므로써 흰가루병과 뿌리병의 저항성을 높일 수 있다.

③ 근권 산소요구도가 높기 때문에 소량다회 급액하여 지중 용존산소

량을 늘려 주는 것이 좋다. 급액은 1일 3회(오전 2회, 오후 1회) 실시하며 토마토에 비하여 급액량을 1.5배 이상 늘려야 한다. 초세 강화를 위하여 야간급액(자정 무렵 3분)도 유효하다. 흐린 날은 맑은 날의 2/3로 급액량을 줄이고 비오는 날은 관수를 중단하거나 오전 중에 1/3량을 관수한다.

④ 영양 생리장애를 예방하는 데에는 양액을 EC 1.5dS/m 이하로 낮추어 엽면시비하거나 질산칼슘($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 5,000ppm 또는 염화칼슘 1,200ppm을 1주 2회 정도 정기적으로 엽면살포하는 것도 효과적이다.

⑤ 급액 EC는 생육 초기에 1.5dS/m 내외로 유지하다가 초세가 강해지면서 1.7로 높이고 수확 1주 전부터는 질산가리를 150~200ppm 추비하면서 2.0dS/m까지 높여 주는 것이 품질향상에 효과가 있다.

4. 고추

가. 육묘

① 파종상의 온도는 주간 27~28℃, 야간 22~23℃로 관리하며 본엽이 2~3매 출현하면 포트로 이식하며, 파종상 온도보다 2~3℃ 높여 활착을 촉진한다. 활착후 온도를 낮추어 주간 25~27, 야간 15~17, 지온 18~20℃ 범위가 적정하다.

② 고온기 육묘에는 포트 간격을 적절하게 유지하므로써 증착된 엽으로 전염되기 쉬운 반점세균병 등을 예방하고 발병시 동수화제나 “가스란”수

화제 등을 살포한다.

③ 육묘 기간이 지연될 경우 하엽이 노화되기 쉽고 이 경우 정식 후 활착이 지연될 수 있으므로 주의한다.

나. 정식 전·후 관리

① 정식 전에 묘가 정식 후 환경에 적응할 수 있도록 주간 22~23℃, 야간 14~15℃, 지온 15~17℃로 낮추어 관리한다.

② 정식 2일 전 토양에 양액(EC 1.3dS/m, pH 6.0)을 충분히 포수한 뒤 멀칭하여 지온을 확보하고 정식하는 데, 정식시 토양을 진압하여 뿌리가 식상하는 것을 피하여야 한다.

다. 정식후 재배관리 요점

① 고추의 생육 적온은 주간 25~28, 야간 18~22, 지온 18~23℃이다. 낮에는 온도를 낮추어 관리하고, 밤에는 고온으로 유지하는 것이 초세 조절에 유리하다.

② 일중 고온다습과 오후의 고온 관리는 초세가 약화되고 30℃ 이상, 15℃ 이하의 온도가 지속되면 화분 불임에 의한 낙과, 석과 발생이 증가하므로 낮에는 환기, 밤에는 보온관리가 중요하다.

③ 약광에서는 초세가 불량하고 착과율이 저하되며 과실 비대도 불량

해지므로 채광, 통풍에 유리하게 재식밀도, 유인 작업에 주의한다.

④ 생육 초기의 급액 EC는 1.1~1.3dS/m 범위의 저농도로 절수 관리(2일에 1회 5~6분 관수, 1일 1주당 300cc 내외)하고 오전 중에 급액을 완료한다. 개화, 착과수가 많아지면 EC를 1.5~1.7dS/m로 높이면서 급액량도 1일 1주당 500cc 내외로 늘린다. 생육 후기에는 EC 1.3~1.5dS/m 범위로 관리한다.

⑤ 추비는 방울토마토와 같으며 착과가 불량할 경우 NAA 20ppm 내외의 엽면살포로 착과를 촉진할 수 있다.

⑥ 1~2분지 착과시 이랑 주위에 유황분말을 살포하여 두드러찌 흰가루병을 예방한다. 단, 주기적인 시설내 환기가 필요하고, 유황 분말이 물에 적시지 않도록 주의한다.

제 7 절 작기 종료와 연작 대책

1. 작기 종료

작기 종료시에는 작물체가 심긴 채로 2주 전부터 물만 1일 2~3회 공급하고, 10일 전에는 관수를 중단하여 완전하게 작물체가 마른 후 줄기를 잘라 내거나 뿌리를 뽑아 낸다. 이 때에도 시설 내부의 온도를 40℃ 이하로 유지하면서 통풍과 환기를 자주하여 식물체의 증산을 도와 주어야 한다.

2. 염류집적 대응기술

다비조건에서 연작을 계속한 시설 재배지는 토양에 염류가 집적되어 작물의 생육장해가 심하게 발생된다. 염류집적에 대한 대책이 없이는 생산성을 유지하거나 향상시키는 것은 어려워지는데 현재 염류집적의 대응기술로서 취급되고 있는 방법은 다음과 같다.

가. 물을 이용한 제염(除鹽)

토양 중에 집적된 염류중 용해도가 높은 염은 물로 씻어 제염시킬 수 있다. 시설재배 휴한기에는 지붕의 비닐을 제거하고 자연 강우를 이용하는 제염법이 사용되며, 동계에는 강설을 이용한 제염이 행해진다. 그러나, 이들 방법을 사용할 수 없을 경우에는 관개수를 이용한 스크린클러 관수나 담수 처리가 행해진다.

관수에 의한 제염은 200~300mm의 관수량으로 효과가 크다고 알려진다.

토양 중의 수용성 양이온과 음이온은 전기적으로 중성을 띄기 때문에 같은 양의 비율로 용탈된다. 따라서, 관수후 토양 EC는 저하하고 작물의 생육 장애도 회피된다.

그러나, 이 방법으로는 토양이 건조한 경우에는 토양 중의 모관수 상승으로 염류가 작토층에 재집적되는 경우가 많다. 이같은 염류의 재집적을 방지하기 위해서는 암거의 설치, 지하수 조절 등에 의해서 염류 용액을 시설 밖으로 배출할 필요가 있다.

관수나 담수에 의한 제염 방법은 비교적 간단하고 다른 방법보다 효과가 크기 때문에 일반적으로 광범위하게 실시되고 있지만 한편으로는 시설 토양으로부터 배수되어 하천수나 지하수의 환경오염이 문제가 될 수 있다.

표 6-9. 제염 방법에 따른 토양의 무기이온 변화

처리	EC	pH	Organic matter(%)	NO ₃ -N (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (me/100g)	Ca (me/100g)	Mg (me/100g)
con.	6.52	5.96	4.18	895.2	318.5	1.31	19.21	9.98
A	2.58	6.54	3.45	295.4	134.2	0.32	18.75	9.72
B	2.04	6.62	2.40	222.3	95.2	0.26	17.90	8.72
C	1.76	6.71	2.25	164.6	93.2	0.20	17.02	8.16

주) con. : 양액관주후 샘플링, A : 2주간 단수후 샘플링

B : 2주간 1ℓ/주 관수후 샘플링, C : B처리에 2주간 단수후 샘플링

표 6-9는 제염 방식별 토양의 잔류 무기이온 함량을 분석한 결과로 2주간 물만 공급하고 2주 정도 단수처리한 경우에도 염류집적이 현저히 감소함을 알 수 있었다.

나. 제염작물(Cleaning crops)의 이용

제염 작물에는 옥수수가 주로 이용되며 일본에서는 기니아그래스, 솔감, 시코쿠비에, 로즈그래스 등이 개발되어 이용되고 있지만 성분 흡수에 의한 제염 효과는 옥수수가 가장 큰 것으로 알려지고 있다. 예를 들면, 화산회토에서 옥수수를 하계에 55일 정도 재배하면 토양 EC는 2.5dS/m에서 약 1dS/m까지 저하되었다고 하는 보고도 있다.

일반적으로 제염작물에 의한 토양성분의 제거율은 칼륨(K)이 가장 높고, 다음으로 질산태질소($\text{NO}_3\text{-N}$)인 것으로 보고된다.

다. 배토 및 객토

시설 재배지의 이랑은 표층에 다량의 염류가 집적되는 경우가 많으므로 이 집적층을 모아 제거하고(排土), 염류가 집적되지 않는 토양을 객토(客土)하므로써 염류농도를 낮출 수 있다. 제거할 표층의 배토량은 10~5cm 범위로 하며 토양의 염류나 건조 조건에 따라 달라진다. 특히, 배토되어 시설 밖으로 배출된 표층토는 분 재배용 용토로 일부가 이용된다.

라. 심경(深耕)

이랑의 표층에 집적된 염류를 심경에 의하여 하층의 토양과 혼합하므로써 염류농도는 희석되고 종자의 발아율이 높아지는 등의 효과가 있다. 심경에 의해 희석된 염류는 시설 밖으로 배출되는 것이 아니므로 관수와 건조를 되풀이하다 보면 쉽게 표층으로 이행되어 재집적되는 문제점을 안고 있다.

마. 유기질 퇴비의 사용

퇴비의 사용은 토양 EC를 낮추고 염류장해를 경감하는 데 유효한 수단이 된다. 또한, 질산태질소가 다량 집적된 토양에서는 벧짚을 사용함으로써 질산태질소가 유기화되어 농도를 현저하게 저하시킬 수 있다. 그러나, 한편으로는 벧짚 중의 칼륨 성분이 용출되어 토양중의 칼륨 농도가 상승되는 것이 지적되고 있다.

일반적으로 유기질 퇴비는 토양 중에 잔류되는 부성분을 거의 함유하고 있지 않으므로 연용해도 염류집적을 초래할 위험성은 적다. 이 때문에 시설 재배에서는 화학비료와 병행하여 다량의 유기질 비료가 사용되고 있다.

3. 작기후 위생관리

가. 위생관리 요령

① 작기가 종료되면 식물 잔해물을 모두 모아 제거한다. 잿빛곰팡이병균, 후사리움 균 등은 감염되었던 잔해(줄기, 덩굴손, 잎 등)에서 생존할 수 있다. 고추 반점병, 토마토 모자이크바이러스 등도 생존할 수 있다. 식물 잔해의 유기물들은 살균제의 활성을 저하시키게 되므로 살균제가 조직내의 병원균을 완전히 박멸할 것이라고 믿을 수 없다.

② 재배 과정의 식물체 잔해와 작기 후 수거된 것을 수원 가까이에 두지 않아야 한다. 특히, 포자나 해충이 바람에 비산되어 시설 내로 유입되는 것을 차단해야 한다.

③ 시설 내부의 피복재들과 부스러기 들은 소독제를 이용하여 청소하고 제거한다.

④ 운반 수레, 줄, 온도센서, 기계, 운반기, 분무기와 노즐, 연장, 문고리, 호스, 바퀴 등도 소독한다. 먼저 물로 씻고 소독제로 소독한다. 그리고, 깨끗한 물로 완전히 씻어 낸다. 점적 호스는 낙스나 포르말린 또는 “안타”수화제 등으로 소독한다.

⑤ 측벽과 출입문에 방충망을 설치하여 인접 시설로 부터 병충해의 확산, 비래를 피한다. 특히, 시설 주변의 잡초가 밀생되지 않도록 제초 작업에 유의한다.

나. 토양 소독

① 태양열 소독 : 이랑의 소독은 보통 열소독이 가장 효과적이며 배지 전체를 80℃ 조건에서 30분 이상 온탕 침지 처리하거나 100℃ 증기로 10분간 증기소독하는 방법이 유효하다.

② 대부분의 농가에서는 여름철에는 열소독이 가능하지만 동계에는 온수파이프의 열효율이 좋지 않아 살균제, 살충제를 혼합하여 배지에 침지시키므로써 배지를 소독하고 있다. 그러나, 농약의 경우 사용후 잘 씻어 내야 하지만 잔류되는 성분이 많아 후작에 영향을 미치는 경우가 많다. 특히, 발병이 심한 시설에서는 모래여과기와 오존살균기 등을 설치하는 것도 상당한 효과가 있는 것으로 보고된다.

③ 화학제 처리 : 클로로피크린, 메틸브로마이드 등

다. 관수라인 세척

관수튜브 내의 고형염류나 자재에 코팅된 염류를 제거하기 위해서는 시설 밖으로 이동하여 물에 산(질산, 인산 등)을 첨가하여 pH 1.6~1.7로 조정된 강산성수를 수차례 급액하고 튜브나 호스의 끝부분 마개를 열어 잔유물을 빼낸다.

관수자재의 내부를 다시 깨끗한 물로 흘려 보내고 배수되는 물의 pH를 조사한다.

산성수는 모아 NaOH나 KOH로 중화시켜 온실 밖으로 버려야 환경오염을 줄일 수 있다.

라. 온실소독

온실 소독은 포르말린 100배액으로 소독하든지, 시설 용적 100m³당 포르말린 2.25kg에 과망간산칼륨 0.75kg을 혼용하여 혼연한 후, “수프라사이드” 등 고독성 살충제를 살포하여 충을 박멸한다.

제 8 절 토양양액재배의 기대효과와 활용방안

1. 기비 노력 절감

토양양액재배는 기비를 하지 않고 추비만으로 양분을 공급하면서 재배하는 기술이다. 작물 생산 과정에서 기비의 의미는 재고될 필요가 있다. 종래의 시비기술에서는 시비는 기비와 추비로 나누어 행하는 것이 보통이며 기비는 전 시비량의 40~60%가 시여되어 왔다.

그러나, 작물 측면에서 보면 대부분의 직파나 이식이 이루어지는 초기 생육단계에서 반드시 비료가 필요하지는 않다. 특히, 고농도의 기비는 발아를 저해하기도 하고, 근의 발달을 억제하여 활착을 저해하며, 작물의 건전한 생육을 방해하는 유해한 스트레스를 초래하는 경우가 많다. 따라서, 추비만으로 양분 공급이 가능하다면 기비는 생략하든지 또는 소량으로 억제하는 쪽이 작물에 따라서 호적한 생육조건을 부여할 수 있게 된다.

토양양액재배에서는 기비는 없지만 그에 가까운 양으로 출발하여 작물의 뿌리가 양분을 흡수할 수 있게 하면서 생장에 필요한 양의 양분을 축차적으로 계속 공급하는 것이 가능하므로 근계 발달이 왕성하고, 초기 생육도 건전해진다. 또한, 필요량 이상의 양분이 토양 중에 존재하지 않도록 하고, 용탈이나 탈질현상(脫窒現象)에 의한 양분 손실도 적어져 시비 효율이 크게 향상된다.

특히, 최근에는 시설재배시 플러그묘를 이용하여 이식하는 농가가 증가하고 있다. 예를 들면, 토마토에서는 플러그묘를 직접 이식하면 과번무가 되어 기형과의 발생이 많아지는 것이 문제점으로 지적되고 있다. 이것을 방지하기 위해서는 기비량을 가능한 한 줄이는 것이 필요한데, 토양양액재배에

서는 이러한 조절이 매우 용이하다.

2. 물과 시비량의 절감효과

환경보전형 농업 목표의 하나로 비료의 감량이 요청되고 있다. 이것은 효율적인 시비를 행하므로써 토양에 투입되는 양분량을 감소시키고 토양에 대한 환경부하를 경감시킬 수 있도록 하기 위한 것이다. 현재로서는 줄간(條間) 시비, 국소 시비 등의 시비 기술에 의한 것과 완효성 비료나 발효 유기질 비료 등 비료 특성을 활용하는 방법이 실용화되고 있다.

토양양액재배에서는 작물이 요구하는 양분을 필요한 시기에 필요한 양만큼 공급하는 것이 어느 정도 가능하므로써 비료의 손실 없이 이용 효율을 높일 수 있는 것으로 평가된다.

일본의 六本木('95년)은 시설재배 오이 실험 결과 토양양액재배는 관행재배에 비하여 반축성재배에서는 20%, 억제재배에서도 35%의 질소질 비료를 감량하여도 수량 증가가 인정되었다고 보고하고 있다. 일본 토양비료연구('95년)의 결과에서도 토양양액재배는 질소의 시용량을 17~60% 삭감했음에도 불구하고 관행재배와 동등하거나 그 이상의 수량이 얻어지고 있다. 또한 가지, 토마토, 셀러리에 있어서는 기비를 무시용으로 출발하였음에도 불구하고 가지에서는 동등하고, 토마토에서 10%, 셀러리는 30% 증수되었다.

이상과 같이, 토양양액재배에서는 관행재배에 비하여 시비 효율이 향상됨에 따라서 수량을 안정화시키면서 시비량의 대폭적인 절감이 가능해진다.

3. 화학적 스트레스 경감 효과

시설재배지의 제염 방법은 사후 대책이 주가 되지만, 사용하는 화학비료

의 형태를 고려하여 선택하면 토양의 염류집적을 회피할 수 있는 사전 대책을 수립할 수 있다는 것은 오래 전부터 지적되어 왔다.

보통, 무기질비료에는 부성분으로 황산이온(SO_4^{2-})이나 염소이온(Cl^-) 등의 강산성 음이온이 함유되어 있는 경우가 많다. 이들 부성분들은 일부 작물에 흡수되지만 대부분 토양 중에 잔류되어 pH 저하에 의한 토양 산성화나 염류집적의 원인이 되고 있다. 따라서, 이들 부성분을 함유하지 않는 형태의 화학비료를 조합시켜 공급할 경우 토양으로의 화학적 스트레스를 경감시킬 수 있게 된다.

토양양액재배에서는 비료분을 소량씩 장기간에 걸쳐 공급하고, 또한 시비량을 절감하는 것도 가능하다. 또한, 토양양액재배에서 사용되는 액비에는 작물의 생육에 필요한 대부분의 양분(미량요소 포함)이 함유되어 있고, 황산이온의 사용량이 적고, 염소이온은 거의 함유하고 있지 않으므로 연용하여도 토양에 CaSO_4 등의 염류집적이나 산성화는 일어 나지 않는다.

이상에 알 수 있듯이 시설재배의 시비 수준에 따라 황산이온이나 염소이온을 함유하지 않는 비료를 선택하여 조합시키면 작물 수확 후 이들의 부성분이 토양 중에 잔류되지 않으므로 연작을 계속하여도 토양으로 염류가 집적되는 것을 대폭적으로 경감시킬 수 있다.

4. 금후 과제와 전망

토양양액재배는 실시간(real time)으로 양분과 수분을 자유자재로 조절할 수 있으므로 작물에 대한 양분의 과·부족에 의한 스트레스와 수분의 과습, 과건 등에 의한 스트레스 등 어느 것도 대폭적으로 경감할 수 있다. 또한, 관수와 시비 작업이 기계로 조작 될 수 있기 때문에 생력적 양·수분 관리 기술로써 평가된다.

토양양액재배는 관행재배에 비하여 시비량은 확실히 절감되지만 구체적인 절감량에 대해서는 아직 불충분하다. 작물의 종류나 작형마다 생육단계별로 양·수분 소요량에 대한 정확한 자료를 획득하면서 토양 조건을 고려하여 투입하는 새로운 매뉴얼을 작성할 필요가 있다. 이를 위해서는 현행 토양진단과 영양진단 기술을 충분히 활용함과 동시에 재배현장으로부터 많은 정보를 수집하는 것이 중요하다.

토양양액재배에 있어서도 토양개량은 필수적이다. 양질의 유기물을 시여 해서 토양의 물리성을 개량하고 토양의 비옥도도 향상시킬 필요가 있다. 한 가지 방법으로, 토양조건에 따라 펄라이트나 왕겨 등을 20~30% 정도 혼합하고 EC 0.5~0.8dS/m 범위의 저농도로 토양을 포화시켜 균형있는 영양 상태를 갖추는 것이 가능하다. 탄산칼슘이나 용과린 등의 토양개량자재의 사용도 필요한 경우가 있을 것이다.

5. 활용방안

시설재배시 무기질 비료의 시비에 의한 화학적 스트레스의 대책은 지금까지 많은 방법이 실용화되고 있다. 그러나, 염류집적 등의 화학적 스트레스가 일단 토양에 가해지면 배제가 매우 어려운 경우가 많다.

따라서, 화학비료를 사용하는 경우에는 시비 단계에서 화학적 스트레스를 높이지 않도록 하는 연구가 필요하다. 질산암모늄, 제1인산암모늄, 제1인산가리, 질산가리 등의 화학비료는 황산이온이나 염소 등의 부성분을 함유하고 있지 않으므로 연속해서 사용하여도 토양으로의 염류집적은 매우 적다.

토양양액재배에서는 작물의 생육에 따라서 필요한 양분을 최적 시기에 실시간으로 점적 공급할 수 있는 재배시스템이다. 그렇기 때문에 고농도의 양분이 토양 중에 오래 잔류되지 않고 NO_3^- 에 기인된 염류집적도 경감된다. 또

한, 토양양액재배에서 사용되는 비료는 작물의 생육에 필요한 대부분의 양분이 포함되어 있고 토양에 잔류되는 부성분이 거의 없으므로 비료를 다년 연용하여도 염류집적이 적다.

이상과 같이 염류집적의 경감을 고려한 시비방법이 실시되면 토양환경이 보전되고, 작물의 생육 장애도 적게 되어 지속적인 시비관리 기술체계가 확립될 것으로 생각된다.

제 7 장 현장애로기술 대응 방안

제 1 절 작물별 현장애로기술 및 대응방안

1. 토마토

구 분	애로기술	대 응 방 안
병충해	1. 뿌리썩음병	1. 지오판+산도판(정량) 200cc/주 관주, 5일간 차광후, 점차 광 적응 유도, 엽면시비(EC 1.5dS/m, pH 5.8)
	2. 청고병	2. 발생초기 배지 pH 4.0 이하 유지, 농용신 관주, 정식후 정기적으로 톱신M 150ppm 관주로 예방
	3. 역병	3. 정기적으로 아인산염(500ppm 관주), 발생 초기 아인산염 1,000ppm 관주와 2,000ppm 엽면살포 동시 처리후 2일째 공시 농약의 추가살포, 이후 4일간격 2회 추가살포
	4. 잎곰팡이	4. 공기유동팬 설치 및 작동, 제습과 적온 유지 (최저온도 14℃ 이상)
	5. 파밤나방	5. 램페이지, 에이팜 등 공시 농약을 5일 간격 3회 살포
	6. 잎굴파리	6. 파단수화제 및 입제를 고랑에 7일 간격 3회 살포 또는 트리가드, 디밀린 등 농약을 관주

구 분	에로기술	대 응 방 안
생리장애	1. 열과	1. 고농도 야간급액 실시, 급액량 줄임, K 0.5~1mM 추비(K ₂ SO ₄ , KH ₂ PO ₄), 야간온도 승온
	2. 이상경	2. 정식후 1회 관수 후 2주 정도 단수, 이후 70~80% 수분으로 3주간 절수관 리, 차광은 정식후 1주일 실시, 부분 적엽도 효과적
	3. 배꼽썩이과	3. 정식후 20일경 칼슘 비료 살포, 이후 10일 간격 정기적으로 살포, 일출 1 시간 전 칼슘강화 양액급액도 효과적
	4. 초세 약화	4. 3화방 수정시 질산가리 0.5mM 이상 추비, EC를 저농도로 급액량 증가, 8화방 출현후 적심후 유인

2. 오 이

구 분	애로기술	대 응 방 안
병충해	1. 흰가루병 2. 노균병 3. 흑성병 4. 파밤나방 5. 총채벌레	1. 엽면시비와 병행한 가슴과 공기유동, 발생초기 농약 살포(4일 간격 3회), 배지에 규산질비료 첨가 2. 공기유동 및 제습, 환기로 인한 시설 내 급작스런 온도 변화 유의, 정기적 약제 살포 3. 정식후 10일경 약제살포, 저온다습시 정기적으로 약제살포, 정식전 시설 소독 철저, 유묘기 약제 살포후 정식 4. 램페이지, 에이팜 등 5일 간격 3회 살포 5. 올스타, 램페이지, 리전트 4일 간격 3회 살포, 이후 10일 간격 정기살포
생리장해	1. 순뫂이 2. 기형과	1. 엽면시비, 급액EC 0.3dS/m 낮춤, 공기유동, pH 적정범위로 관리, 야간 온도 3~5℃ 5일간 올려 관리, 칼슘영양제 살포 2. K 0.5~1mM 추비(KNO ₃), 엽면시비, 공기유동, 지온확보(18~23℃), 급작스런 온도(고온, 저온) 변화 주의, 시설내 적습 유지(RH 70~80%)

3. 고추(파프리카)

구 분	애로기술	대 응 방 안
병충해	1. 뿌리썩음병	1. 지오판+산도판(정량) 200cc/주 관주, 5일간 차광후, 점차 광 적응 유도, 엽면시비(EC 1.5dS/m, pH 5.8)
	2. 청고병	2. 발생초기 배지 pH 4.0이하 유지, 농용신 관주, 정식후 정기적으로 틱신엮 150ppm 관주로 예방
	3. 역병	3. 재배도중 정기적인 아인산염(500ppm 관주), 발생초기 아인산염 1,000ppm 관주, 2,000ppm 엽면살포후 공시약제 추가 살포, 이후 4일간격 2회 추가 약제 살포
	4. 흰가루병	4. 엽면시비와 병행한 가슴 및 공기유동 발생초기 약제살포(4일 간격 3회)
	5. 세균병	5. 정식후 15일경 가스란 살포, 고온다습환경 주의, 정기적 약제살포, 감염시 제거후 농용신 관주
	6. 파밤나방	6. 램페이지, 에이팜 5일 간격 3회살포
	7. 바이러스	7. 이병주는 제거, 작업자 손을 우유(전지분유) 30배액 세척, 초세강화
	8. 진딧물	8. 살충제 5일 간격 3회 살포
	9. 총채벌레	9. 에이팜, 리전트 등 주기적 살포

구 분	애로기술	대 응 방 안
생리장해	1. 낙과, 낙화	1. 개화기부터 CO ₂ 시비(800vpm), 야간 온도 낮추어 18℃ 내외 유지, 급액EC와 급액량 점검(고EC, 급액량 감소), 일중평균온도 1.5~2℃ 낮게 관리
	2. 열과	2. 고농도 야간급액 실시, 급액량 줄임 K 0.5~1mM 추비(K ₂ SO ₄ , KH ₂ PO ₄)실시
	3. 순댓이	3. 엽면시비, 급액EC 0.3dS/m 낮춤, 공기유동, pH 적정범위로 관리, 야온승온 19℃ 5일간, K 0.5mM 추비(KNO ₃), 주간습도(RH 85% 내외) 유지
	4. 배꼽썩이과	4. 정식후 20일경 칼슘제 단용 살포, 이후 10일 간격 정기적으로 살포
	5. 초세 약화	5. 3화방 수정시 가리 0.5mM 추비, 8화방 출현후 적심후 유인
	6. 소과	6. CO ₂ 시비 점검, 야온 승온, 급액EC와 급액량 점검(저EC, 급액량 증가)
	7. 기형과	7. CO ₂ 시비 점검, 야온 승온, 일중 평균 온도 1~1.5℃ 낮게, 주간습도 유지, 적과작업, 근권 EC 점검

제 2 절 식물체 진단법

1. 잎에서의 무기원소 결핍 증상

가. 성숙잎의 초기 증상

1) 일반적인 증상

가) 조직의 괴사

- N - 작물의 생육이 저해되고 담녹색을 띤다.
 - 엽령이 많은 잎들은 황화 후 다음 단계에서 건조되고 갈변됨

나) 조직의 비괴사

- P - 생육이 비정상적으로 저해되고 암갈색이 되며 엽병각이 좁아진다.
 - 불그스름하고 자줏빛을 띤 색소가 많아진다.
 - 드물게 오래된 잎이 황화된다.

2) 부분적인 증상

- K - 황화는 오래된 잎의 끝이나 가장자리에서 시작되어 엽맥사이에서 진행된 후 갈색 괴사반점이 생긴다.
 - 잎은 주름지고 말리며 대개 생육초기에 두드러진다.
- Zn - 오래된 잎의 엽맥사이에 불규칙한 황색반점이 생기고 괴사와 낙엽이 급속히 일어난다.

- Mg - 오래된 앞의 엽맥 사이에서 시작된다. 앞은 주로 엽맥만 녹색으로 남고 거의 황화된다.
 - 괴사는 보통 일어나지 않는다.

나. 미성숙 잎에서의 초기 증상

1) 일반적인 증상 :

작물전체가 담녹색에서 황녹색이 대개 유엽에서 뚜렷해진다.

2) 부분적인 증상

가) 조직의 괴사

- Mn - 어린 잎의 엽맥간 황화 : 잎은 황화되거나 백화되고 모든 엽맥은 녹색을 띤다.
 - 작은 갈색괴사 반점이 황화 후 일어난다.
- B - 황화는 일반적으로 지제부와 어린 잎의 가장자리에서 시작된 후 괴사가 뒤따른다.
 - 잎은 뒤틀리거나 심각한 결핍증상을 보이고 정아는 죽거나 붕괴되어 검게 된다.
 - 수지나 코르크 침전이 과육기관에서 일어난다.
- Ca - 일반적으로 어린 잎의 끝이나 가장자리에서 황화가 시작되어 엽맥사이에서 진행된 후 괴사현상이 나타난다.
 - 잎은 뒤틀리거나 심각한 결핍증상을 나타내고 정아는 죽고 붕괴되거나 흑색으로 된다.
 - 근은 두드러지게 짧고 구형화되고 정단분열조직이 괴사한다.

나) 조직의 비괴사

- Fe - 황화는 유엽의 엽맥사이에서 일어나고 엽맥은 녹색을 띤다.
 - 엽맥을 포함한 엽전체는 황화되거나 백화된다.
- Cu - 작물 성장점 부위의 생육이 위축된다.
 - 위조의 대부분은 정단부에서 두드러진다.
 - 때때로 유엽이 황화된다.

2. 잎에서의 무기원소 과잉 증상

가. 성숙엽에서의 초기증상

1) 일반적인 증상

가) 조직의 괴사

- Mg - 잎은 암녹색이 되고 더 작아진다 : 때로는 유엽이 비정상적으로 말린다.
 - 다음 성장단계에서는 성장점이 위조되고 죽는데, 특히 맑은 날에 심하다.
- P - 일반적으로 잎이 황화되는데, 후에 오래된 잎의 끝이나 가장자리가 황화되거나 갈변하고, 괴사반점이 생긴다.
 - 엽에서는 탈리현상이 일어난다.

나) 조직의 비괴사

- Cl - 일반적으로 작물의 경화, 황화, 소엽, 줄기의 경화
 - 일부 작물은 오래된 잎에서 자줏빛 갈색 반점이 생긴 후

잎이 떨어진다.

- S - 작물의 경화, 잎의 청녹색화, 소엽, 줄기 경화, 나중 생성 잎들은 생장점 부위가 담황색이 된다.
- K - 초기단계 : 줄기가 가늘어지고 절간이 길어지며 잎은 담녹색이 된다.
 - 후기단계 : 일반적으로 생장이 저해되고 잎에는 모자이크 모양의 반점과 탁색 반점이 생기며 잎은 위조되었다 떨어진다.

나. 부분적인 증상

1) 조직의 괴사

- N - 잎의 황화는 가장자리에서 발달해 엽맥사이에서 안쪽으로 확산되어 갈색으로 괴사되고 잎 가장자리가 말린다.
 - 낙엽 (일부 작물에서는 K나 Fe결핍과 유사하다 : 생장점이 고사한다).
- Ca - 엽맥 사이에서 황화가 발생하고 백색의 괴사성 반점은 갈변되거나 동심원의 수침상으로 된다.
 - 일부작물은 잎이 로제트 생장을 하고 가지는 낙엽이 지고 끝에 서부터 말라죽는다(일부 작물에서는 Mg와 Fe결핍 증상과 유사하다).
- B - 황화는 잎 가장자리에서 안쪽으로 확대되는데, 특히 잎 전체가 담황색이나 백색으로 될 때까지 엽맥사이로 확대된다.
 - 잎 가장자리는 탄 것처럼 되고 잎이 주름지면서 괴사한다.
 - 잎이 떨어진다.

- Zn - 수침상은 주맥을 따라 발생하고 일부 작물의 잎은 녹색을 띠고 수침상은 투명해진다.
 - 황화는 엽맥 사이에서도 생겨 나중에 갈변되고 잎 전체가 갈변하면 잎이 떨어진다(미성숙엽에서의 Zn을 참고).
- Cu - 황화된 지제부 앞에는 갈색 반점이 생기고 낙엽이 발생한다. (미성숙엽에서의 Zn을 참고)

다. 미성숙 잎에서의 초기 증상

1) 일반적인 증상

가) 조직의 괴사

- Zn - 황화는 어린 잎에서 두드러지고 정아는 죽는다.
 - 오래된 잎은 시들고 엽맥은 검붉은 색이 된다.
 - 잎이 떨어진다(초기에는 Fe 결핍과 유사하다).

2) 부분적인 증상

가) 조직의 괴사

- Mg - 황화증상이 나타나는 어린 잎의 엽맥 사이는 황백색이 되고 암갈색이나 백색반점이 생긴다.
 - 잎은 뒤틀리고 축엽된다.
 - 옥수수 같은 작물들은 노엽이 백색으로 붕괴된다.

나) 조직의 비괴사

- Fe - 황화는 어린 잎의 엽맥 사이에 생긴다. 주맥이 녹색이며 나중에 잎 전체가 결핍증상과 유사한 담황색이 된다.
- Cu - 어린 잎의 엽맥이 녹색이다.

3. 실시간 간이 영양진단법

가. 질소전극법에 의한 실시간 질소영양진단

실시간 영양진단의 목적은 작물의 영양상태를 현장에서 곧바로 판단하여 시비관리를 적절히 행하는 데 있으며, 특히 재배기간이 길고, 시비량이 많은 오이, 토마토, 가지 등의 과채류에서 적용하면 효과적이다.

실시간 영양진단을 위한 즙액 채취 부위로 엽신과(그림 7-1) 엽병을 비교하면 엽병이 다즙질이기에 때문에 작물체에 존재하는 양분을 채취하기 쉽다. 또, 채취 위치는 광합성의 활동 중심이 되는 잎, 아래 위의 잎에 비해 엽병 중의 질산함량의 차이가 적을 것으로 판단될 것 등을 검토하여야 한다. 각 과채류의 엽병 채취위치는 표 7-1과 같다.

표 7-1. 영양진단을 위한 각 과채류의 엽병즙액의 채취방법

채소명	엽병의 채취위치	즙액의 채취방법
오이	14-16절의 본엽의 엽병	각 과채류의 엽병을 1~2cm 정도로 절단하고, 엽병즙액을 짜서 채취
토마토	수확과 주변의 소엽의 엽병	
가지	최신의 전개엽으로부터 제 3엽재의 엽병	
딸기	최신의 전개엽으로부터 제3엽재의 엽병	

일반적으로 작물은 시비량을 많이 하면 체내 양분이 많아지면서 생육량도 증대된다. 그러나, 시비량이 어느 수준 이상으로 되면 체내 양분은 높아지더라도 생육량이 많아지지 않고, 시비량을 더욱 증가시키면 작물체는 과잉장해를 일으켜 생육량도 감소한다. 따라서, 영양진단에서는 작물의 생육량과 수량이 최대로 될 때의 체내 양분 함량의 기준을 밝혀 둘 필요가 있다.

영양진단은 작물이 재배되고 있는 그 장소에서 영양상태를 판단하기 때문에 양분 측정은 단시간에 간단히 실시할 수 있는 것이 바람직하다. 최근에 질소의 영양진단에 필요한 질산을 간이 측정할 수 있는 기구가 판매되고 있으며(표 7-2), 이들에 의한 간이측정치는 정밀한 분석에 의한 측정치와 거의 같으며, 높은 정확도를 갖고 있다.

표 7-2. 질산함량 측정을 위한 간이 측정기구

기구이름	취급방법 및 주의사항
메르코퀀터 질산이온 시험지	즙액을 100ppm 이하로 희석하고, 시험지를 1~2초간 담근 후 1분 정도에 시험지의 발색정도로부터 질산함량을 읽음
콤팩트 질산이온 메타	즙액을 10배 이상으로 희석한 후, 전극 위에 즙액을 넣어 질산함량 측정, 질산전극의 열화에 주의
반사식 광도계 (RQ 플렉스)	즙액을 200ppm 이하로 희석하고, 시험지를 1~2초간 담근 후 1분 정도에 시험지의 발색정도를 광도계로 측정.

실제의 경우에 간이 측정치를 진단 기준치와 비교하여 간이 측정치가 기준치보다 높으면 추비를 하지 않고, 기준치 범위 내에 있으면 기존 방식으로 시비관리를 하고, 기준치보다 낮으면 즉시 추비하므로써 보다 효율적인

시비관리가 이루어진다.

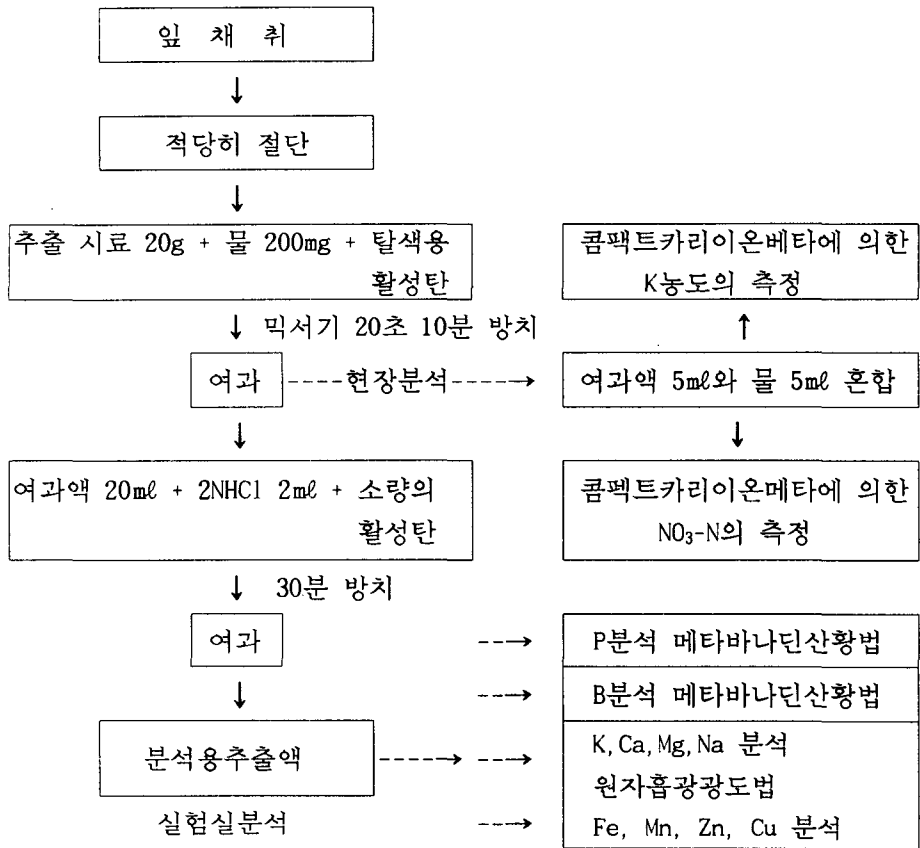


그림 7-1. 식물체즙액 진단의 수순(마쇄추출법)

나. 생체정보계측에 의한 생육진단

생체 이상은 각종 기관의 기능이나 대사 변화로 나타나는 것이기 때문에 변하는 상황을 생체 계측으로 진단을 실시하는 방법들이 이용될 수 있다.

즉, 재배환경(지상부 및 근권환경) 요인의 변화에 따른 생체반응은 상황에 따라 빠르게 또는 변화 없이 나타날 수 있다.

이러한 환경요인의 변화는 동화산물의 수요 공급에 불균형을 초래하여 결국 동화산물의 전류 sink 크기에 따른 활성 등에 변화를 가져온다. 즉, 기공을 통한 잎에서의 증산에 대한 저항치의 변화로 나타나고, 이는 바로 증산량, 광합성 속도 등에도 영향을 미치게 된다.

잎에서의 가스확산 저항치는 엽면경계층저항, 기공저항, 엽육저항으로 크게 구분된다. 엽면경계층저항을 균일하다고 보면 주로 기공저항치와 엽육저항치의 변화가 광합성과 증산에 직접적인 영향을 미친다고 볼 수 있다. 따라서, 이들 요인들을 측정하는 것은 작물이 정상적으로 생육하고 있으며, 적합한 환경요인에서 생육하고 있는지를 사전에 진단하는 것이다.

결국, 재배환경 요인들의 변화에 따른 간이 생체반응을 계측함으로써 시설재배 작물의 생육진단에 적극 활용할 수 있다.

제 8 장 결 론

1. 과채류 이랑조성시 관행의 100~130cm 폭을 80cm로 개선하므로써 작물 군락의 채광성과 작업성을 개선할 수 있으며, 무공멀칭필름에 비하여 구멍의 크기가 작으면서도 밀도가 높은 유공필름이 토양 염류의 분산에 유효하였다.
2. 1조식으로 재식시 적정 근역은 폭 40cm, 깊이 20cm이었으며, 제한된 근역에 펄라이트, 왕겨, 코코피트, 입상암면 등 인공배지를 토성에 따라 10~40%의 비율로 첨가하여 혼합하므로써 토양의 물리화학적성을 개선할 수 있다.
3. 양액조성시 일본원예시험장 표준처방액에서 황산마그네슘의 일정량을 질산마그네슘으로 대체한 처방액(황산이온의 함량을 25ppm 낮춤)에서 과채류의 생육이 안정되었다.
4. 양액의 적정 급액EC는 1.3~1.7dS/m으로 일반 고품배지경 양액재배에 비해 저농도로 급액해야 하며, 급액량은 1/3~1/2 수준이 적정하다.
5. 양액공급시기는 일출전 1회 양액을 급액하고 물만 관수하거나, 지속적으로 저농도의 양액을 급액하여도 생육에 큰 차이가 없었으며, 전자는 배수성이 불리한 경우 유리하였고, 후자는 물리성이 양호한 토양에서 근권 환경의 안정성을 보였다.

6. 토마토의 경우 생육 초기에 저농도로 관리하여 영양생장량을 충분히 확보한 후 생육후기에는 상대적으로 고농도의 양액을 공급함으로써 과실의 품질을 향상시킬 수 있으며, 정식 후 1개월간의 급액량은 2일 1회(5~7분 정도) 소량 관수하는 것이 과번무로 인한 생리장해 예방에 유효하였다
7. 황산이온을 감량한 저염류 처리 양액을 급액할 경우 토양단용처리구보다는 펄라이트, 입상암면, 코코피트 등의 배지를 혼용한 토양처리구에서 작물 생육이 촉진되었다.
8. 오이의 경우 고온기에는 오전에 양액을 공급한 후 정오 전후로 물만 추가 관수하는 것이 생육과 품질향상에 유리하였으며, 영양생장기에는 저염류 처리 양액을 저농도로 급액하고 수확기 이후에는 이를 점차 고농도로 급액하는 방법이 적절하였다.
9. 고추의 경우 생육초기에는 EC 1.5dS/m 내외로 저농도의 양액을 공급하고 착과수가 증가하는 시기에는 EC 2.0dS/m 수준이 효과적이었으며, 주지를 2줄기보다는 4줄기로 유인하고 재식간격을 25cm로 넓혀 수광량을 늘려 주는 것이 수량이 많았다.
10. 과채류의 경우 생식생장기간 동안 칼륨(K)추비에 의하여 수량증대와 품질향상이 현저하였으며, 토마토의 경우 황산가리 80~120ppm, 오이는 질산가리 150~200ppm 범위로 처리하고 단계적으로 증량시키는 방법이 효과적이었다.
11. 작기종료 2주 전에 양액공급을 중단하고 관수하므로써 토양의 제염이

가능하였지만 이후 토양을 재건조시킬 경우 염류집적이 증가되어 충분한 담수가 요구되었다.

12. 화학제를 사용치 않고 토양소독을 실시할 경우 증기소독법의 도입이 필요하며, 태양열 소독시에는 재배도중 정기적인 살균제(프리엔, 지오판 등)의 관주처리가 요구된다.
13. 토양양액재배 시범농가를 대상으로 한 현장조사 결과 실내 공기유동팬, 살수장치 등 환경조절장치와 지중난방시스템의 구비가 반드시 요구되었으며, 농가 보급시 사용한 토양의 전력 중 제초제, 홀몬제 등에 의한 오염 여부를 사전 조사할 필요가 있었다.

참 고 문 헌

蟻川浩一. 1968. 하우스栽培における鹽類集積對策. 農および園. 43: 979-982.

蟻川浩一. 1971. 하우스土壤における鹽類集積障害とその對策. 農および園. 46:257-261.

Bhella, H. S. 1988. Effects of trickle irrigation and black mulching on growth, yield and mineral composition of watermelon. HortScience 23(1) : 123-125.

Bonanno, A. R. and W. J. Lamont, Jr. 1987. Effect of polyethylene mulches, irrigation method and row covers on soil and air temperature and yield of muskmelon. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(5):735-738.

C. J. Molyneux. 1988. A practical guide to N. F. T.. Nutriculture Ltd., Mawdesley, Ormskirk, Lancashire.

최경주 등. 1997. 오이재배기술. 구례오이시험장.

조인상, 허봉구, 김이열, 조영길, 엄기태. 1987. 발토양 물리성과 고추생육과의 상관연구. 한토비지 20(3):205~208.

조인상, 허봉구, 민경범. 1987. 고추연작지 토양의 물리적 특성조사. 농기연 보고서(화학부) 87~89.

조인상, 허봉구, 이종모. 1986. 고추연작지 실태 현지 조사. 농기연 보고서(화학부) 144~147.

정갑채, 박화성, 안장순. 1984. 뿌리제거와 질소, 칼슘수준이 고추와 오이의 건물중 배분에 미치는 영향. 韓園誌 25(4):277-282.

정순주, 전하준, 지재식, 김정도, 한남이, 이일형. 1996. 양액재배 -고품질·다수확·생력화의 길. 농민신문사.

정순주, 강종구, 이정호, 서범석. 1994. 양액재배이론과 실용기술. 호남온실작물연구소.

Cooper, D. J., K. F. Neilsen, J. W. White and W. Kalbfleisch. 1960. Note on an apparatus for controlling soil temperatures. Can. J. Soil Sci. 40:105-107.

Gericke, W. F. 1946. Principles of hydroponics. Chemical Products and Chemical News 9:43-47.

Glinski, Jan and Jerry Lipiec. 1990. Soil physical conditions and plant roots. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.

Gosselin, A. and M. J. Trudel. 1983. Interactions between air and root temperatures on greenhouse tomato. I. Growth, development and yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:901-905, 905-909.

Huck, M. G. 1970. Variation in toproot elongation rates as influenced by composition of the soil air. Agron. J. 62:815-818.

藤沼善亭, 田中房江, 福島正文. 1972. 施設栽培における有機質肥料の施用實態. 土肥誌. 43:36-40.

藤沼善亭, 田中房江. 1975. 作物の鹽類濃度障害に關する肥料・土壤要因について. 農技研報 B26:1-194.

池田彰弘, 鹽田悠賀里, 武井昭夫. 1990. 施設土壤のかん水・太陽熱處理による鹽類の舉動と除鹽效果. 愛知總試年報. 22:295-302.

石塚喜明, 林 滿, 尾形昭逸, 原田 勇. 1964. 畑作物に對する施肥位置に關する研究(第3報) 各種作物根系の特性とそれにおとぼす各種肥料濃度の影響. 土肥誌. 35:159-164.

石川格司, 中村 毅. 1985. 하우스土壤における集積鹽類除去のための湛水効果, 農および園. 60:49-52.

位田藤久太郎. 1956. 菜蔬の根の生理に關する研究. 4. 土壤空氣の酸素濃度が果菜類の生育, 養分吸收に及ぼす影響. 日園學雜. 25:85-93.

位田藤久太郎. 1966. 被覆下栽培における肥料の主意. 農および園. 41:1341-1345.

J. B. Jones, Jr. B. Wolf and H. A. Mills. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Pub., Inc.

J. Mason. 1990. Commercial Hydroponics. Kangaroo Press Pty Ltd.

김광용. 1999. 국내외 관비재배의 신기술. 농경과 원예 99. 6월호 62-64.

김흥기. 1996. 과채류의 plug묘 생산을 위한 혼합배지의 개발. 전남대 석사 학위논문.

김용철, 김인자. 1970. 관비방법에 의한 농지자원개발에 관한 연구. 한국원예학회지 8:93-105.

小林達治. 1992. 根の活力と根圏微生物.

古在豊樹. 1985. 施設園藝の環境調節新技術-基礎と展望-. (社)日本施設園藝協會.

L. C. Peirce. 1987. Vegetables. John Wiley & Sons, Inc.

Lambers, H., R. K. Szaniawski and R. de Visser. 1983. Respiration for growth, maintenance and ion uptake. An evaluation of concepts, methods, values and the significance. *Physiol. Plant* 58:556-563.

Lamont, W. J. 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. *HortTechnology* 3(1):35-39.

이범선. 1999. 근권환경이 양액재배 오이의 양수분 흡수 및 생육에 미치는 영향. 전남대 박사학위 청구논문.

이병일, 윤운영. 1975. 폴리에틸렌 필름멀칭에 의한 지온상승이 고추생육에 미치는 영향. *한원지* 16(2):185-191.

李應鎬, 朴尙根, 金光勇. 1991. 양액재배시 $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율이 몇가지 과채류의 생육에 미치는 영향. II. $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율이 토마토의 생육, 무기물 함량 및 수량에 미치는 영향. *농시논문집(원예편)* 33(1):1-6.

이정필. 1999. 국내외 관비재배시스템 연구개발 동향. (사)호남온실작물연구소. '98년도 정기총회 및 기념워크샵. 45-60.

임상철. 1998. 관비재배기술. *양액재배연구* 3(1):64-69.

M. Schwarz. 1994. Soilless Culture Management. Mercedesdruck, Berlin.

Minotti, P. L. 1975. Plant nutrition and vegetable crio quality. *HortSci.* 10:54-56.

日本施設園藝協會. 1996. 最新養液栽培の手引き. 誠文堂新光社.

日本土壤肥料學會編. 1992. 植物の根圏環境制御機能.

農耕と園藝. 1986. 養液栽培の新技術. 養賢堂.

農山漁村文化協會. 1989. 農業技術大系 野菜編12 共通技術・先端技術. 農山漁村文化協會. pp.99-103.

O. A. Lorenz and D. N. Maynard. 1988. Handbook for vegetable growers. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons.

Oh, J. Y., D. J. Choi, J. S. Kim, D. M. Park, S. B. Lee, D. U. Choi, D. O. Park, and J. H. Lim. 1989. Study on ecological response according to mulch materials in hot pepper. Res. Rept. RDA(H). 31(1):17-24.

오일수, 배종향. 1995. 양액재배론. 선진문화사.

小川和夫. 1969. 鑛質畑土壤あける地力要因の解析的研究. 東海近畿農試研報 18:192-352.

小野信一. 1998. 土壤環境の保全とノソストレス型施肥. 農業研究セソタ.

P. G. H. Kamp and G. J. Timmerman . 1996. Computer environmental control in greenhouses. Inovation and Practiçal Centre Ede.

Park, K. H., J. T. Kim, M. S. Park, Y. S. Oh and M. G. Shin. 1991. Effect of black PE film mulching on growth yield at mono-cropping of sesame in southern area of Korea. Res. Rept. RDA(U&I). 33(3):42-46.

Park, K. W., Y. B. Lee, N. H. Choi and J. C. Jeong. 1990. Effects of culture media and nutrient solutions on the yield and quality of cucumber(*Cucumis sativus* L.) and tomato(*Lycopersicon esculentum* Mill). Korean J. Environ. Agric. 9(2):143-151.

박권우, 김영식. 1998. 양액재배. 아카데미서적.

박상근, 김광용, 권영천, 신지애, 신영안. 1987. 양액재배 배양액조성에 관한 시험. 원시보고서(채소분야):115-125.

Purvis, A. C. and R. E. Williamson. 1972. Effects of flooding and gaseous composition of the root environment on growth of corn. Agron. J. 64:674-678.

R. A. Aldrich and J. W. Bartok. 1990. Greenhouse engineering. Northeast Regional Agricultural Engineering Service.

Roberts, A. N. and A. L. Kenworthy. 1956. Growth and composition of the strawberry plant in relation to root temperature and intensity of nutrition. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68:157-168.

Rudd-Jones, D. and G. W. Winsor. 1978. Environmental control in the root zone. Acta Hort. 87:185-195.

S. H. Wittwer and S. Honma. 1979. Greenhouse tomatoes, lettuce and cucumbers. East Lansing Michigan State University Press.

西野 寛. 1987. トマト栽培の實際. 農および園 62(1):155-162.

西貞夫. 1991. 施設園藝における養液栽培の手引. (社)日本施設園藝協會.

西貞夫. 1994. 施設園藝ハンドブック. (社)日本施設園藝協會.

서범석, 정순주, 양원모, 강종구. 1995. 과채류 양액재배기술. 호남온실작물연구소.

Soltani, N., J. L. Anderson and A. R. Hamson. 1995. Growth analysis of watermelon plants grown with mulches and rowcovers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(6):1001-1009.

송현갑외 5인. 1993. 시설원예자동화 - 기초와응용 -. 문운당.

Tachibana, S. 1986. 養液栽培における環境要因と根の技能. 農業および園藝 61(1):223-228.

但野利秋, 切本清和, 青山功, 田中明. 1979. 耐濕性の作物種間差比較-植物營養に関する研究. 日土肥誌 50(3):261-269.

武川滿夫, 武川政江. 1990. 水耕栽培の教科書. 財團法人 富民協會.

山崎肯哉. 1986. 養液栽培の發展經過と今後の方向. 農耕および園藝 61(1):107-114.

Yasuda, T. 1982. Improvement of rooting media relation to oxygen supply and plant growth. Bulletin of the Vegetable and Ornamental Crop Research Station. A. 10:185-221.

矢吹萬壽外 8人. 1985. 農業環境調節工學. 朝倉書店.

양원모, 서범석, 강문식. 1999. 식물개체형 관수센서와 시스템의 개발. 한국과학재단