

생력적 및 환경친화적인 딸기의 고설수경재배를
위한 배지 및 시스템 개발

Development of an elevated-bench hydroponic
system and its media for ergonomic and
environment friendly strawberry cultivation

연구 기관
대구대학교

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “생력적 및 환경친화적인 딸기의 고설수경재배를 위한 배지 및 시스템 개발”과제(세부과제 “딸기 고설수경재배 신기술체계 확립” 및 “딸기의 고설수경재배 시스템 개발”)의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 11월 14일

주관연구기관명 : 대 구 대 학 교

총괄연구책임자 : 전 하 준

연구 원 : 김 도 형, 황 진 규

최 문 환, 김 인 규

손 미 자, 권 화 순

허 동 훈, 문 병 우

한 동 수, 이 종 진

민 상 원

협동연구기관명 : 경 북 대 학 교

협동연구책임자 : 이 기 명

연구 원 : 박 규 식, 박 재 완

송 영 준, 배 상 일

이 한 용

요 약 문

I. 제 목

생력적 및 친환경적인 딸기의 고설수경재배를 위한 배지 및 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

최근 딸기는 안정적으로 고수익이 기대되는 작목으로 재배농가가 증가하고 있다. 그러나 딸기는 키가 낮은 작물이기 때문에 빈번한 수확작업을 비롯하여 정식, 런너 및 액아 제거, 적엽 및 적과 등 대부분 작업을 쪼그려 앉거나 허리를 굽혀서 하는 등 작업조건이 열악하기 때문에 노동력 확보가 대단히 어려운 실정이다.

이것을 극복하기 위하여 편한 작업 자세와 재배환경의 개선이 가능한 고설 수경재배 시스템의 보급은 농민을 고된 농작업으로부터 벗어나게 하고 딸기 과실의 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다

고설수경 재배 시스템이 일본을 중심으로 많이 보급되고 있으며, 우리나라에도 최근 도입이 시도되고 있다. 이에 우리나라 실정에 맞는 생력적이고 친환경적인 배지 및 시스템을 개발하고자 본 연구를 수행하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 딸기 고설수경 재배 신기술 체계 확립

가. 딸기에 적합한 적정배지 선별과 적정 배지량 결정

현재 수경재배에 사용되고 있는 수종의 배지를 사용하여, 생육, 수량 및 품질을 비교하는 실험을 통하여 딸기에 적합한 배지를 선별하고 배지량을 결정하였다.

나. 배양액 순환방식에서의 흡비 특성 파악

딸기의 양분흡수특성을 파악하기 위하여 야마자키의 n/w 방식에 의하여 딸기의 생육단계별 무기이온 흡수특성을 실험을 통하여 흡비 특성을 파악하였다.

다. 생육단계와 환경조건에 대응한 배양액 관리 기술 확립

생육단계에 따라 순환식 배양액의 EC, pH 및 비료 성분의 변화를 측정 분석하여 딸기의 양분흡수특성에 맞는 순환방식의 배양액 관리기술을 개발하였다.

라. 근권 활력증대를 위한 미생물 및 생리활성물질의 이용기술 확립

미생물과 생리활성물질을 배지에 처리하여 딸기의 생육과 수량을 조사하여, 미생물과 생리활성물질 이용기술을 개발하였다.

2. 딸기의 고설수경 재배 시스템 개발

가. 베드 및 가대의 구조 해석

딸기 고설수경 재배 시스템의 기본적인 베드 구조를 결정하고 가대구조의 역학적 해석을 통한 안전성을 검토하였다.

나. 딸기 고설수경 시스템의 작업성

딸기 고설수경 재배 시스템의 연간 작업성을 토경과 비교분석하고 시스템의 베드 높이별 작업성을 분석하여 적합한 베드 높이를 결정하였다.

다. 배양액 급액 및 재이용 시스템 구성

딸기 고설수경 재배 시스템의 배액을 재이용하는 시스템을 구성하고, 배액율을 제어하는 소프트웨어를 개발하여 제어 성능시험을 통하여 배액 재이용 시스템을 개발하였다.

라. 배지온 관리 시스템

요인시험을 통하여 겨울 저온시 베드 및 배지 종류별로 배지온 강하 특성을 파악하였으며, 이 데이터를 이용하여 야간 배지온 강하 모델을 개발하여 실제 온실의 배지온 강하 예측을 할 수 있게 하였다.

마. 현장 적용시험 및 경제성 분석

딸기 고설수경 재배 시스템의 개발을 완성하여 자체 및 농가 재배 적용시험과 경제성 분석을 통하여 보급 가능성을 확인하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 딸기 고설수경 재배 신기술 체계 확립

(1) 딸기에 적합한 적정배지 선발과 적정 배지량 결정

현재 많이 사용되고 있는 perlite, cocopeat, rockwool, 왕겨 그리고 시판의 혼합상토를 사용하여 생육 수량 및 품질에 대한 차이를 실험을 통하여 비교하여 딸기에 적합한 배지를 선발하였다.

시험에 사용한 배지 중에서는 cocopeat 배지가 생육, 수량 및 과실의 품질이 우수하였으며, 2가지 배지(상부 코코피트, 하부 펄라이트)를 이용한 2층 배지에서 더욱 양호한 결과를 나타내었다.

(2) 배양액 순환방식에서의 흡비 특성 파악

딸기의 양분흡수특성을 파악하기 위하여 야마자키의 n/w 방식에 의하여 딸기의 생육단계별 무기이온흡수특성을 실험을 통하여 분석하여 딸기에 적합한 배양액 조성을 개발하였다.

(3) 생육단계와 환경조건에 대응한 배양액 관리 기술 확립

생육단계에 따라 순환식 배양액의 EC, pH 및 비료성분의 변화를 측정하였다.

얻어진 결과를 분석하여 딸기의 양분흡수특성을 파악하였고, 순환식의 배양액 관리기술을 개발하였다.

(4) 근권 활력증대를 위한 미생물 및 생리활성물질의 이용기술 확립

미생물과 생리활성물질을 배지에 처리하여 딸기의 생육과 수량을 조사하였으며, *Pseudomonas* 균에서는 유의한 수량증가를 확인할 수 있었다. 이 결과를 이용하여 미생물과 생리활성물질의 이용기술을 확립하였다.

나. 딸기의 고설수경 재배 시스템 개발

(1) 딸기 고설수경 재배 시스템의 구조 해석

딸기 재배 베드는 스티로폼 판을 V형으로 접착하여 구성한 것이 포기당 배지량과 재배 시험에서 좋은 결과를 얻어 실용적이라고 판단하였으며, $\Phi 22.2\text{mm} \times 1.2\text{t}$ 파이프를 사용한 가대의 기둥간격 1.5m에서 구조상 안전함을 보였다.

(2) 딸기 고설수경 시스템의 작업성

딸기 고설수경 재배와 토경의 총 작업시간은 2000여 시간으로 큰 차이를 보이지 않았지만 분석 대상인 산청군 신등면 단계리의 경우 수량이 2.7배로 많아서 수확과 출하시간의 증가에 기인한 것으로 생력효과가 크다고 판단된다.

베드 높이별 작업성은 80m, 110m, 150m를 비교해본 결과 110m가 가장 적합한 것으로 분석되었다.

(3) 배액 재이용 시스템 구성

딸기 고설수경 재배 시스템의 배액을 재이용하는 시스템을 구성하고, 급액탱크와 배액탱크(바닥면적 : 급액탱크 바닥면적의 20%)의 수위차를 비교하는 방식으로 배액율을 제어하는 소프트웨어를 개발하여 제어 성능시험을 통하여 배액 재이용 시스템을 개발하였다.

(4) 배지온 관리 시스템

요인시험과 재배시험을 통하여 배지온과 온실내 기온과의 차이에 따른 온도강하율의 상관관계는 플랜트형 베드, V형 베드 모두 높은 상관을 나타냈으며 이것을 이용하여 야간에 온실내 기온 강하에 따른 배지별 층별 배지 내 온도 강하를 추정할 수 있는 모델을 개발하였다.

(5) 현장 적응시험 및 경제성 분석

스티로폼 평판을 V형으로 접착하여 제작한 베드를 주체로 하는 순환식 딸기 고설수경재배 시스템을 개발하여 자체 및 농가 적응시험과 경제성 분석을 통하여 보급가능성을 확인하였다.

2. 활용에 대한 건의

가. 본 연구에서 개발된 딸기 고설수경 재배용 배지 및 시스템을 농가에 보급할 수 있도록 정책 및 지도사업에 반영하는 것이 바람직함.

나. 이 연구에 참여하여 개발과정에서의 노하우나 농가현장에서의 기술 요구도를 충분히 파악하고 있는 참여기업으로 하여금 기술 이전을 할 수 있도록 지원이 필요함.

Summary

I. Development of an elevated-bench hydroponic system and its media for ergonomic and environment friendly strawberry cultivation

II. Objective and Necessity:

Recently, the number of strawberry farms has been increasing because the cash-crop ensures stable farm income. However, the supply of farm labor has been short because of the harsh labor conditions, kneeling or bending postures due to frequent harvesting, transplanting, removing stolon, and thinning fruit of low height crop. In order to resolve the problem, an elevated bench hydroponic system was adopted to the strawberry production. The system would enable to release painful working conditions as well as to improve the quality of strawberry.

The system has been widely expanded in Japan and recently adopted in Korea. In this research, an elevated bench hydroponic system was studied to develop an ergonomic and environment friendly system and its media.

III Contents and Scope

1. Establishment of innovative techniques for the elevated bench hydroponic system of strawberry cultivation

a. Selection of proper media and estimation of their (quantities, volume) amounts

Proper media and quantity were selected through tests comparing growth, yield and quality of produce, using media adopted present hydroponic system.

b. Understanding the characteristics of nutrient absorption in the nutrient solution circulation system

The characteristics of nutrient absorption were estimated using the YAMAZAKI n/w method, testing inorganic absorption at growth stages.

c. Establishment of nutrient solution management techniques for various growth stages and environment conditions Management techniques of circulating solution were established in the character of strawberry by tracing the changes of EC, pH, nutrients at the growth stages in the

circulating solution system.

- d. Utilization of application techniques of microbes and physiologically active substance for activating root zone.

Utilizing methods of microbe and PAS were established by estimating yield and growth when they were treated in the media.

2. Development of an elevated bench hydroponic system for strawberry cultivation

- a. Structural analysis of bed and frame

Fundamental bed structure of the system was designed and the safety of frame was determined by structural analysis.

- b. Ergonomics of the system

The ergonomic height of bed was determined by comparing with various heights of the system and conventional labor.

- c. Supply and recycling system of solution

A recycling system of nutrient solution was developed by testing performance of a variable control program.

- d. Temperature control system of medium

The characteristics of temperature drop for various media and beds during winter season were estimated and predicted temperature drops during night

- e. Farm application and economical analysis

With the completion of the system, farm application and adaptation tests were performed and found to be feasible by economic analysis

IV Study results and recommendations for practical utilization

1. Results

- a. Establishing the innovative technique for an elevated bench hydroponic system of strawberry cultivation

(1) Selection of proper media and estimation of their (quantities) amounts

Commonly used media, perlite, cocopeat, rockwool, ricehull and compound soil were used to select a proper medium by comparing growth status, yield and fruit quality. Cocopeat medium was found to be proper for the system and double layered medium (cocopeat a t

the top and perlite at the bottom) showed better results.

(2) Understanding the characteristics of nutrient absorption in the nutrient solution circulation system

A nutrient element composition was developed based on the characteristics of nutrient absorption were found using the YAMAZAKI n/w method, testing inorganic absorption at growth stages.

(3) Establishment of nutrient solution management techniques for various growth stages and environment conditions

Management techniques of circulating solution were established in the character of strawberry by tracing the changes of EC, pH, nutrients at the growth stages in the circulating solution system.

(4) Utilization of application techniques of microbes and physiologically active substance for activating root zone.

Utilizing methods of microbe and PAS were established by estimating yield and growth when they were treated in the media. Increasing yield was significant for the treat with *Pseudomonas* microbe.

b. Development of an elevated bench hydroponic system for strawberry cultivation

(1) Structural analysis of bed and frame

A V-shaped cultivation bed constructed with styrofoam was practically feasible in terms of media volume and cultivation. The span of frame with $\phi 22.2 \times 1.2$ t pipe was safe at the 1.5m.

(2) Ergonomics of the system

Total labor hours were 2000 hrs for both elevated and conventional cultivating systems. However, the total yield at the experimental farm, located at Dankye-Ri, was found to be 2.7 times greater than 'check' farm. Workability for the height of 110cm was the most proper comparing with the heights of 80 and 150 cm

(3) Supply and recycling system of solution

A recycling system of nutrient solution was developed using a program maintaining the difference of levels in supply tank and solution tank (20% of supply tank base area).

(4) Temperature control system of medium

The characteristics of temperature drop were significantly correlated with the difference between air and medium temperatures for the both plant and V types of beds. Using the relationship, a temperature drop model was developed and predicted temperature drops during night.

(5) Farm application and economical analysis

A V-shaped cultivation bed constructed with styrofoam was performed farm application and adaptation tests were performed and found to be feasible by economic analysis

2. Recommendations for application

- a. A farm policy and extension service should be considered for supplying an elevated-bench hydroponic system and its media, developed in this research
- b. Involved manufacturers in this research should be financially supported to transfer the know-how and techniques.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction

Chapter 2. Research history

Section 1. System

Section 2. Fram

Section 3. Bed

Section 4. Supply and recycling system of solution

Section 5. Temperature control system of medium

Chapter 3. Establishment of innovative techniques for the elevated bench hydroponic system of strawberry cultivation

Section 1. Selection of proper media and estimation of their amounts

Section 2. Establishment of nutrient solution management techniques for various growth stages and environment conditions in the nutrient solution circulation system

Section 3. Utilization of application techniques of microbes and physiologically active substance for activating root zone.

Chapter 4. Development of an elevated bench hydroponic system for strawberry cultivation

Section 1. Structural analysis of bed and frame

Section 2. Ergonomics of the system

Section 3. Supply and recycling system of solution

Section 4. Temperature control system of medium

Section 5. Farm application and economical analysis

목 차

요약문	3
Summary	7
CONTENTS	11
목 차	12
표 차 례	13
그 립 차 례	18
사 진 차 례	29
제 1 장 연구개발과제의 개요	31
제 2 장 국내외 기술개발 현황	36
제 1 절 시스템 구성	36
제 2 절 가대구조	37
제 3 절 베드 구조	39
제 4 절 급액 배액 관리	41
제 5 절 배지온 관리	41
제 3 장 딸기의 고설수경재배 신기술 체계 확립	43
제 1 절 딸기 고설수경재배용 적정배지 개발	43
제 2 절 배양액 관리기술 개발	73
제 3 절 근권 활력 증대 기술 개발	123
제 4 장 딸기 고설수경 재배 시스템 개발	156
제 1 절 구조해석	156
제 2 절 작업성	161
제 3 절 배액 재이용 시스템 구성	164
제 4 절 배지온 관리 시스템	177
제 5 절 현장 적용시험 및 경제성 분석	214
제 5 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	223
제 6 장 연구개발결과의 활용계획	224
제 7 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	225
제 8 장 참고문헌	226

표 차 례

Table 1-1. 1차 년도	34
Table 1-2. 2차 년도	34
Table 1-3. 3차 년도	35
Table 3-1. Effect of substrate on early growth of strawberries in hydroponics in greenhouse.	46
Table 3-2. Effect of substrate on fruit quality and yield of strawberries in hydroponics in greenhouse.	46
Table 3-3. Effect of substrate on total yield and fruit quality in hydroponics.	47
Table 3-4. Effect of substrate on late growth of strawberries in hydroponics in greenhouse.	48
Table 3-5. Effect of substrate on early stage growth of strawberries in hydroponics in plastic house.	49
Table 3-6. Effect of substrates on fruit quality and yield of strawberries in hydroponics in plastic house.	50
Table 3-7. Effect of substrate on the late growth stage of strawberry hydroponics in plastic house.	50
Table 3-8. Yamazaki's nutrient solution composition for strawberry.	53

Table 3-9. Experiment dairy in glasshouse	54
Table 3-10. Effect of substrate on early growth of strawberries in hydroponics in plastic house.	56
Table 3-11. Effect of substrate on fruit quality and yield of strawberries n hydroponics in plastic house.	57
Table 3-12. Effect of substrate on total yield and fruit quality in hydroponics in plastic house.	59
Table 3-13. Effect of bed shape on early growth of strawberries in different growth substrates in plastic house.	61
Table 3-14. Effect of bed shape on fruit quality and yield of strawberries in different growth substrates in plastic house.	63
Table 3-15. Effect of substrate on early growth of strawberries in hydroponics in plastic house.	66
Table 3-16. Effect of substrate on fruit quality and yield of strawberries in hydroponics in plastic house.	67
Table 3-17. Effect of substrate on total yield and fruit quality in hydroponics in plastic house.	68
Table 3-18. Effect of perlite substrate volume per plant on early growth of strawberries at different growth stage in hydroponics in glasshouse.	70
Table 3-19. Effect of perlite substrate volume per plant on fruit quality	

and yield of strawberries at different growth stage in hydroponics in glasshouse.	71
Table 3-20. Effect of perlite substrate volume per plant on total yield and fruit quality in hydroponics in glasshouse.	72
Table 3-21. Yamazaki's nutrient solution composition for strawberry.	74
Table 3-22. Yamazaki's nutrient solution composition for strawberry.	85
Table 3-23. Nutrient solution composition by Chiba Prefectural Agriculture Research Center for strawberry.	86
Table 3-24. Nutrient solution composition by PBG in Netherlands.	87
Table 3-25. Effect of nutrient solution composition on early growth of strawberries in hydroponics in greenhouse.	91
Table 3-26. Effect of nutrient solution composition on fruit quality and yield of strawberries in hydroponics in greenhouse.	92
Table 3-27. Effect of nutrient solution composition on total yield and fruit quality in hydroponics in greenhouse.	88
Table 3-28. Effect of the amount of nutrient solution supplied per plant a day on early growth of strawberries in two litter perlite substrate in glasshouse.	112
Table 3-29. Effect of the amount of nutrient solution supply per plant a day on total yield and fruit quality in perlite substrate culture in glasshouse.	113

Table 3-30. Effect of microbes on fruit quality and yield of strawberries in cocopeat substrates in plastic house.	125
Table 3-31. Effects of microbes on fruit quality and yield of strawberries in vermiculite and rice hull substrate in plastic house.	126
Table 3-32. Effect of physiologically active substances on fruit quality and yield of strawberries in perlite substrate in glasshouse.	130
Table 3-33. Effect of physiologically active substance on fruit quality and yield of strawberry.	131
Table 3-34. Effect of root zone temperature on early growth of strawberry in hydroponics.	142
Table 3-35. Effect of root zone temperature on fruit quality and yield of strawberry in hydroponics.	144
Table 3-36. Effect of circulating nutrient solution temperature on growth of strawberry in NFT system.	148
Table 3-37. Effect of circulating nutrient solution temperature on partly growth of strawberry in NFT system.	149
Table 3-38. Effect of bed shape on early growth of strawberries in different growth substrates in plastic house.	153
Table 3-39. Effect of bed shape on fruit quality and yield of strawberries in different growth substrates in plastic house.	154

표4-1	베드별 1m당 재료 중량 (단위 : kg)	158
표4-2	가대 지주의 안전성	159
표4-3	가대 가로대 하중 안전성	159
표4-4	가대 가로대 처짐 안전성 (단위 : cm)	161
표4-5	작업별 노동투하시간 (hr/10a)	162
표4-6	주요 작업성 시험 결과	163
표4-7	타이머 방식 배액율 제어 성능	175
표4-8	급액·배액 탱크 수위차 비교방식 배액율 제어 성능	175
표4-9	딸기 고설수경재배와 토경의 생산량 및 소득 비교	219
표4-10	딸기 고설수경재배 시스템의 경제성 분석	221

그림 차례

Fig. 3-1. Changes of air temperature and humidity during the experiment in plastic house.(every 1hours)	54
Fig. 3-2. Changes in absorption concentration of NO ₃ -N of strawberries in four different hydroponic substrates.	76
Fig. 3-3. Changes in absorption concentration of P of strawberries in four different hydroponic substrates.	76
Fig. 3-4. Change in absorption concentration of K of strawberries in four different hydroponic substrates.	77
Fig. 3-5. Change in absorption concentration of Ca of strawberries in four different hydroponic substrates.	77
Fig. 3-6. Changes in absorption concentration of Mg of strawberries in four different hydroponic substrates.	78
Fig. 3-7. Changes in absorption concentration of Fe of strawberries in four different hydroponic substrates.	78
Fig. 3-8. Change in absorption concentration of B of strawberries in four different hydroponic substrates.	79
Fig. 3-9. Changes in absorption concentration of Mn of strawberries in four different hydroponic substrates.	79
Fig. 3-10. Changes in absorption concentration of Zn of strawberries in	

four different hydroponic substrates.	80
Fig. 3-11. Changes in absorption concentration of Cu of strawberries in four different hydroponic substrates.	80
Fig. 3-12. Changes of absorption concentration of NO ₃ -N of strawberries in recirculated nutrient solution in glasshouse.	82
Fig. 3-13. Changes of absorption concentration of PO ₄ -P strawberries in recirculated nutrient solution in glasshouse.	83
Fig. 3-14. Changes of absorption concentration of K of strawberries in recirculated nutrient solution in glasshouse.	83
Fig. 3-15. Changes of absorption concentration of Ca of strawberries in recirculated nutrient solution in glasshouse.	84
Fig. 3-16. Changes of absorption concentration of Mg of strawberries in recirculated nutrient solution in glasshouse.	84
Fig. 3-17 Changes in absorption concentration of NO ₃ -N of strawberries with three different nutrient solution compositions in cocopeat substrate.	88
Fig. 3-18. Changes in absorption concentration of P of strawberries with three different nutrient solution compositions in cocopeat substrate.	88
Fig. 3-19. Changes in absorption concentration of K of strawberries with three different nutrient solution compositions in cocopeat substrate.	89
Fig. 3-20. Changes in absorption concentration of Ca of strawberries with three different nutrient solution compositions in cocopeat substrate.	89

Fig. 3-21. Changes in absorption concentration of Mg of strawberries with three different nutrient solution compositions in cocopeat substrate.	90
Fig. 3-22. Changes of EC of recirculated nutrient solution in four different hydroponic substrates.	95
Fig. 3-23. Changes of EC of recirculated nutrient solution in different substrate volumes during the experiment in glasshouse.	95
Fig. 3-24. Changes of EC of recirculated nutrient solution as different amount of solution supplied in two litter perlite substrate during the experiment in glasshouse.	96
Fig. 3-25. Changes of EC of recirculated nutrient solution with different solution of composition supplied in two litter perlite substrate during the experiment in glasshouse.	97
Fig. 3-26. Changes of EC of recirculated nutrient solution in different substrates during the experiment in plastic house.	97
Fig. 3-2. Changes of EC of recirculated nutrient solution in different substrates during the experiment in plastic house.	98
Fig. 3-28. Changes in pH of circulated nutrient solution in four different hydroponic substrates.	100
Fig. 3-29. Changes of pH of recirculated nutrient solution in different substrate volumes during the experiment in glasshouse.	101
Fig. 3-30. Changes of pH of recirculated nutrient solution as amount of solution supplied in two litter perlite substrate during the experiment in glasshouse.	101

Fig. 3-31. Changes of pH of recirculated nutrient solution with different solution of composition supplied in two litter perlite substrate during the experiment in glasshouse.	102
Fig. 3-32. Changes of pH of recirculated nutrient solution in different substrates during th experiment in plastic house.	103
Fig. 3-33. Changes of pH of recirculated nutrient solution in different substrate during the experiment in plastic house.	104
Fig. 3-34. Changes in moisture contents in different substrates in greenhouse during the experiment.	106
Fig. 3-35. Changes of nutrient solution absorption amount in four different substrates during the experiment.	107
Fig. 3-36. Changes of water contents in perlite substrates as different substrate volumes during the experiment in glasshouse.	107
Fig. 3-37. Changes of water contents in two litter perlite substrate as different amount of solution supplied during the experiment in glasshouse.	108
Fig. 3-38. Changes of EC and amounts of nutrient solution absorption per plant a day in two litter perlite substrate with 250ml solution supplied during the experiment in glasshouse.	109
Fig. 3-39. Changes of nutrient solution absorption per plant a day in three different nutrient solution compound during the experiment in glasshouse.	109
Fig. 3-40. Changes of water contents in different substrates in bio-bed	

during the experiment in plastic house.	110
Fig. 3-41. Changes of water contents in different substrates in normal bed during the experiment in plastic house.	110
Fig. 3-42. Changes of water contents in perlite and cocopeat substrates in bio-bed and normal bed during the experiment in plastic house.	111
Fig. 3-43. Changes of NO ₃ -N concentration in recirculated nutrient solution in cocopeat and perlite substrates during the experiment in plastic house.	116
Fig. 3-44. Changes of P concentration in recirculated nutrient solution in cocopeat and perlite substrates during the experiment in plastic house.	116
Fig. 3-45. Changes of K concentration in recirculated nutrient solution in cocopeat and perlite substrates during the experiment in plastic house.	117
Fig. 3-46. Changes of Ca concentration in recirculated nutrient solution in cocopeat and perlite substrates during the experiment in plastic house.	117
Fig. 3-47. Changes of Mg concentration in recirculated nutrient solution in cocopeat and perlite substrates during the experiment in plastic house.	118
Fig. 3-48. Changes of NO ₃ -N concentration in recirculated nutrient solution in three different substrates during the experiment in plastic house.	119
Fig. 3-49. Changes of P concentration in recirculated nutrient solution in three different substrates during the experiment in plastic house.	119

Fig. 3-50. Changes of K concentration in recirculated nutrient solution in three different substrates during the experiment in plastic house.	120
Fig. 3-51. Changes of Ca concentration in recirculated nutrient solution in three different substrates during the experiment in plastic house.	120
Fig. 3-52. Changes of Mg concentration in recirculated nutrient solution in three different substrates during the experiment in plastic house.	121
Fig. 3-53. Effect of microbes on changes of strawberry leaves in cocopeat substrate in plastic house.	127
Fig. 3-54. Effect of microbes on changes of strawberry leaves in vermiculite and rice hull substrate in plastic house	127
Fig. 3-55. Effect of physiologically active substances on strawberry leaves in perlite substrate in glasshouse.	131
Fig. 3-56. Changes in maximum and minimum root zone temperature of four different hydroponic substrates in greenhouse.	133
Fig. 3-57. Changes in max. and min. root zone temperature of two hydroponic substrates in plastic house.	134
Fig. 3-58. Changes in mean temperature of circulated nutrient solution in plastic house.	135
Fig. 3-59. Changes of maximum temperature in different substrates during the experiment in plastic house.	135
Fig. 3-60. Changes of minimum temperature in different substrates during	

the experiment in plastic house.	136
Fig. 3-61. Changes of maximum and minimum temperature in substrate as different substrate volume during the experiment in glasshouse.	136
Fig. 3-61. Changes of nutrient solution temperature in tank on and under ground during the experiment in plastic house.	137
Fig. 3-63. 비닐하우스 배지종류별 근권부 온도의 변화 추이	138
Fig. 3-64. 비닐하우스 배지종류별 순환배양액의 온도 변화 추이	138
Fig. 3-65. 배지가온실험 무가온 처리구의 배지 내 위치별 온도변화 추이	141
Fig. 3-66. 배지가온실험 13℃ 처리구의 배지 내 위치별 온도변화 추이	141
Fig. 3-67. 배지가온실험 18℃ 처리구의 배지 내 위치별 온도변화 추이	142
Fig. 3-68. 딸기 NFT 재배시스템 근온 처리의 배양액 온도변화 추이	147
Fig. 3-69. 딸기수경재배 NFT 근온 실험 온실의 온도 습도 변화추이	147
그림4-1 베드의 구조	156
그림4-2 지주 높이별 가대 구조	157
그림4-3 베드 및 가대의 침하방지 구조	158
그림4-4 배액의 재이용 개념도	160
그림4-5 배액을 제어 시스템 구성	165

그림4-6 배액율 제어 시스템	166
그림4-7 배액율 제어 시스템 회로도	167
그림4-8 타이머 방식 배액율 제어 흐름도	168
그림4-9 급액·배액 탱크 수위차 비교방식 배액율 제어 흐름도	170
그림4-10 급액유량 컴퓨터 USB 인터페이스	171
그림4-11 펌프가동시간에 따른 급액량	172
그림4-12 펌프가동시간에 따른 배액량	173
그림4-13 펌프가동시간에 따른 배액율	173
그림4-14 생육스테이지에 따른 필요 관수량	174
그림4-15 배액율제어 방식별 제어성능 비교	176
그림4-16 온실내 온도변화에 따른 배지온 변화 시험장치 구성도	178
그림4-17 온실내 온도변화에 따른 배지온 변화 시험장치	179
그림4-18 냉방기	179
그림4-19 챔버 내 온도 조절 장치	180
그림4-20 온도변화 측정 데이터 로그 장치(Hewlett Packard)	180
그림4-21 시험에 사용한 베드의 구조	181

그림4-22 온도센서 설치 위치	182
그림4-23 멀칭 유무	183
그림4-24 온도 측정 센서 설치 방법	183
그림4-25 플랜트형 베드의 배지별 배지온 강하(실내온도 1.5℃)	186
그림4-26 플랜트형 베드의 배지별 배지온 강하(실내온도 3.2℃)	187
그림4-27 플랜트형 베드의 배지별 배지온 강하(실내온도 5℃)	188
그림4-28 플랜트형 베드의 배지별 배지온 강하(실내온도 6.7℃)	189
그림4-29 V형 베드에서 온실내 온도1.5도 때 배지내 온도강하 특성	190
그림4-30 V형 베드에서 온실내 온도3.2도 때 배지내 온도강하 특성	191
그림4-31 V형 베드에서 온실내 온도 5도 때 배지내 온도강하 특성	192
그림4-32 V형 베드에서 온실내 온도6.7도 때 배지내 온도강하 특성	193
그림4-33 베드별 온도분포(필라이트+ 피트, 무멀칭)	194
그림4-34 단독배지의 배지별 배지내 온도분포	195
그림4-35 혼합배지의 배지별 배지내 온도분포	196
그림4-36 멀칭 유무별 온도분포	197
그림4-37 플랜트형 베드의 배지온과 온실내 기온차에 따른 온도강하율	198

그림4-38 V형 베드에서 배지온과 온실내 기온차에 따른 온도강하율	199
그림4-39 베드별 지하수 파이프 설치 위치	200
그림4-40 지하수 공급 유량 인디케이터	200
그림4-41 실내온도 1.5℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승	201
그림4-42 실내온도 3.2℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승	202
그림4-43 실내온도 5℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승	204
그림4-44 실내온도 6.7℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승	205
그림4-45 지하수에 의한 배지온 가온시 배지온 분포	206
그림4-46 고설재배 시스템	207
그림4-47 고설재배 시스템에서의 온도센서 설치	208
그림4-48 재배시험 온도 계측기(요꼬가와 DR130)	208
그림4-49 무가온시 온실내 온도 및 배지온도 변화	209
그림4-50 난방 설정온도 2℃ 때 베드별 배지온도 변화	210
그림4-51 난방 설정온도 4℃ 때 베드별 배지온도 변화	211
그림4-52 난방 설정온도 6℃ 때 베드별 배지온도 변화	212
그림4-53 플랜트형 베드별 온실내 온도 강하 추정(멸칭유 중간면)	213

그림4-54 V형 베드별 온실내 온도 강하 추정(멀칭유 중간면)	213
그림4-55 스티로폼관 V형베드 주체 고설재배 시스템	215
그림4-56 스티로폼관 V형 베드 설치	216
그림4-57 배양액 조제 및 급액 컨트롤러	217
그림4-58 급액 및 배액 재이용 시스템	217
그림4-59 적응시험을 위한 시스템	218
그림4-60 농가에 설치한 V형 베드 시스템	219

사 진 차 례

사진 2-1. 국내 딸기 고설수경재배 시스템	37
사진 2-2. 파이프 가대 구조	38
사진 2-3. 베드 이동식 가대 구조	38
사진 2-4. 행거형 가대 구조	39
사진 2-5. 재배베드의 구조	40
사진 3-1. 비닐하우스의 고품배지 비교실험	52
사진 3-2. 배지의 종류 별 수확 종료 시의 뿌리 발달 상태	63
사진 3-3. 실험온실의 배지종류별 n/w 조사 시설	74
사진 3-4. 코코피트와 질석+ 왕겨 배지에서의 미생물 처리에 의한 뿌리량의 변화	128
사진 3-5. 전열 온상선 설치모습	140
사진 3-6. 딸기 NFT시스템의 구성	149
사진 3-7. 무처리구	150
사진 3-8. 무처리구	150
사진 3-9. 18℃처리구	150

사진 3-10. 18℃ 처리구	150
사진 3-11. 23℃ 처리구	151
사진 3-12. 23℃ 처리구	151
사진 3-13. 28℃ 처리구	151
사진 3-14. 28℃ 처리구	151

제 1 장 연구개발과제의 개요

1. 연구개발의 목적

시설재배 딸기를 위한 생력적이고 환경친화적인 순환식 고설수경재배시스템을 개발하고 딸기 수경재배를 위한 적절한 고품배지선정과 배양액관리기술을 확립함으로써 시설재배 딸기의 안정생산 신기술체계를 확립하여 농가의 소득증대와 딸기의 수출증대에 기여하고자함.

2. 연구개발의 필요성

딸기는 과채류 중에서 비교적 고소득작물로 1990년대 후반부터 노지재배의 면적이 급격히 감소하는 대신 시설재배의 면적이 증가하고 있다. 딸기는 다른 과채류에 비해서 생육속도가 낮으므로 적은 연료비로 겨울철의 시설재배가 가능하므로 남부지방에서는 재배면적이 늘어나고 있는 추세이다. 그리고, 딸기는 생활수준이 향상될수록 소비가 증대되는 채소로서, 껍질을 벗기지 않고 이용하므로 소비자들은 고품질 및 무공해 제품에 대한 기호도가 높으며 장래에는 수출유망채소로서도 기대가 큰 작목이다.

그러나 딸기는 키가 낮은 작물이기 때문에 정식, 런너 및 액아 제거, 고엽처리 및 적과 그리고 빈번한 수확작업 등을 열악한 자세로 행하지 않으면 안되며 또한, 수확, 선별, 포장에 많은 노동을 필요로 하므로 딸기생산량 증가에 큰 장애요인이 되고 있다. 또한, 딸기의 시설재배에서는 연작장해가 심각하므로 이들에 대한 해결방안이 시급히 요구된다.

딸기의 수경재배는 유럽과 일본에서 여러 가지 방식이 검토되었는데, 담액수경에서는 충분한 생육과 수량이 얻어지지 않았지만, NFT와 암면재배로 실용화되어 딸기의 수경재배면적은 확대되고 있다. 국내에서는 여타 채소의 수경재배면적은 급속도로 증가하고 있지만 딸기의 수경재배는 극히 미미한 실정이다. 딸기는 저온에 강하여 적은 에너지로 생산이 가능하고 단경기 출하로 부가가치를 높일 수 있으며 식생활의 변화로 소비의 증대가 계속적으로 기대되는 작물이므로 앞으로 생력적이며 안정적인 재배기술이 확립되고 작업자세 개선을 위한 적절한 시설이 개발된다면 농가의 수익증대에 크게 기여할 수 있을 것이다.

딸기의 수경재배는 고설식 재배가 가능하며, 질소질 비료의 조절이 가능하여 화아 분화의 촉진이 가능하고, 위황병 등의 토양전염성 병해를 회피할 수 있으며 시비 및 관수를 자동화할 수 있어서 재배면적의 확대에 상업적 경영을 가능하게 할 수 있다. 그리고 최근에 문제시되고 있는 농업에 의한 환경오염문제를 해결할 수 있는 좋은 재배기술이므로, 국내의 농가 실정에 맞는 새로운 순환식 딸기 수경재배시스템의 개발 및 수경재배기술 확립, 그리고 고설재배시스템의 개발이 필요하다.

1) 기술적 측면

○ 딸기의 시설재배에서는 연작장해가 심각하여 수량 및 품질의 저하와 토양 전염성병해 발생의 어려움을 겪고 있으므로 이에 대한 대책이 절실히 요구된다.

○ 딸기는 정식, 런너 제거, 액아 제거, 고엽제거 및 적과 그리고 빈번한 수확 작업 등을 허리를 구부리거나 쪼그려 앉은 열악한 자세로 행하지 않으면 안되며, 수확, 선별과 포장에 많은 노동을 필요로 하므로 작업자세의 개선을 위한 재배방법 개선과 생력적 기술이 시급히 요구된다.

○ 외국에서는 딸기의 수경재배로 생력적인 작업, 저공해 딸기생산이 가능하여 재배면적이 확대되고 있으므로 국내에서도 적절한 수경재배방식의 도입이 요구된다.

○ 수경재배에서는 질소질 비료의 조절이 가능하여 화아분화 촉진이 가능하고 위황병 등의 토양전염성 병해를 회피할 수 있으며 최근에 농업에 의한 환경오염문제가 심각하게 논의되는 상황에서 딸기에서도 새로운 순환식 수경재배기술의 도입이 요구된다.

○ 국내의 농가실정에 적합한 자재와 규격의 딸기 고설재배시스템의 개발로 딸기농가의 노동생산성 향상과 생력적 재배기술의 확립이 절실히 요구된다.

2) 경제·산업적 측면

○ 딸기는 국민소득의 증가와 더불어 매년 소비가 증가하고 있고 앞으로도 딸기 이용 방법의 다양화에 따라 소비증가는 계속될 것이므로 우수한 딸기재배기술의 개발이 중요시된다.

○ 딸기의 주 수출 시장인 일본은 소비는 증가하는 반면 수입채소의 영향으로 재배면적이 감소하고 있는 실정이므로 수출증대를 위한 안정적인 출하를 위하여

생산성향상 기술의 확립이 필요하다.

○ 딸기의 수경재배에서는 물과 비료의 효율적인 이용이 가능하고 수량 및 품질의 향상이 기대되어 농가 소득의 증대가 예상되므로 이에 대한 기술개발이 필요하다.

○ 장래에는 채소의 경제성 성립을 위해서 단위재배면적의 확대와 생력적 관리가 절대적으로 요구될 것이므로 딸기에서도 수경재배기술을 도입하여 자동화 및 생력적인 관리를 통하여 재배면적의 확대를 기할 필요가 있다.

○ 딸기 수경재배시스템의 개발로 시설원예관련 산업의 활성화에 기여할 수 있으며 장래의 시스템의 수출을 고려한 기술개발에도 일익을 할 것으로 생각된다.

3) 사회·문화적 측면

○ 딸기는 아직까지는 생식용으로 가장 많이 이용되고 있지만, 앞으로는 다양한 요리와 케이크 그리고 가공용으로 이용이 확대될 것이므로 신선한 고품질의 딸기 생산기술의 확립이 필요하다.

○ 앞으로 채소에 대한 소비자의 인식이 높아짐에 딸기의 청정재배기술 및 저공해 재배기술 그리고 영양적으로나 기능적으로 소비자에게 만족을 줄 수 있는 제품 생산기술의 확립이 필요하다.

○ 딸기시설재배에서도 수경재배시스템의 도입으로 쾌적하고 깨끗한 작업환경을 조성하여 생산자의 노동환경을 개선함으로써 자부심을 고취하고 건강증진에 기여하며, 생력적이고 노동편의적이며 청결한 시설을 구축하여 시간제 아르바이트인의 기호에 부응함으로써 작업인구의 수용이 용이해 질 수 있으므로 이에 대한 적응기술의 개발이 필요하다.

○ 농업에 의한 환경오염이 사회적인 문제로까지 대두되고 있으므로, 순환식 수경재배기술의 도입으로 토양 및 지하수의 오염을 없애고 비료와 물을 효율적으로 이용하는 재배기술의 확립이 절실하게 필요하다.

3. 연구개발의 목표와 범위

Table 1-1. 1차 년도(2002. 10. ~ 2003. 10.)

연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
<input type="checkbox"/> 딸기의 적정배지 조사 <input type="checkbox"/> 딸기의 양분흡수 특성 조사 <input type="checkbox"/> 딸기에 적합한 수경재배방식 및 재배기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 딸기의 무기이온 흡수 특성 조사 - 딸기에 적합한 고휘배지 선정에 위한 재배시험 - 고설수경재배의 배양액 관리기술 개발
<input type="checkbox"/> 딸기의 고설수경 재배시스템 기본 설계 및 시작품 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 고설수경재배 시스템 설계 및 구조 해석 - 고설수경재배 시스템의 시작품제작

Table 1-2. 2차 년도(2003. 10. ~2004. 10.)

연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
<input type="checkbox"/> 딸기 고설수경재배용 적정 배지 조사 <input type="checkbox"/> 딸기 배양액 관리기술 개발 <input type="checkbox"/> 딸기의 근권활력증대 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 딸기의 n/w에 의한 양분흡수 특성 조사 - 딸기의 순환식 배양액 관리기술 개발 - 딸기의 적정배지 선정 및 관리기술을 위한 재배시험 - 딸기 고설수경재배의 근권활력 증대를 위한미생물 및 생리활성물질 실험
<input type="checkbox"/> 딸기의 고설수경 재배시스템 성능 시험 및 수정 보완 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 딸기 고설수경재배 시스템의 작업성 시험 - 시스템의 양액 공급 및 순환용 배관 시스템 구성 및 성능시험 - 시스템의 배지온 조절 시스템 구성 및 성능 시험 - 고설수경재배 시스템의 보완

Table 1-3. 3차 년도(2004. 10. ~2005. 10.)

연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
<ul style="list-style-type: none"> □□ 딸기 고설수경재배용 적정 배지 개발 □□ 딸기 배양액 관리기술 개발 □□ 딸기 근권활력증대기술 확립 	<ul style="list-style-type: none"> - 딸기의 n/w에 의한 양분흡수 특성 조사 - 딸기 고설수경재배시스템에서의 배양액관리 기술 확립 - 고설수경 딸기재배기술 확립 - 딸기 근권활력증대를 위한 적정 기술 확립
<ul style="list-style-type: none"> □□ 딸기의 고설수경 재배시스템의 실용화 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 딸기 고설수경재배 실용화 시스템 개발 - 딸기 고설수경재배 실용화 시스템의 성능분석 - 현지 적응형 모델 개발

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 시스템 구성

딸기의 고설수경재배는 일본의 우다가와가 NFT수경에 있어서 산소요구량, 생육시기별 급액농도, 급액량을 밝힌 것을 시작으로 1980년대 이후 수경재배 시스템을 기업에서 개발 보급하기 시작하여 이후 각 지방에 맞는 시스템 등 다양한 시스템이 개발 보급되었다.

2001년 일본시설원예협회의 조사에서 일본 전국에 28종의 시스템이 개발 보급되었다고 하였으며 현재는 30종을 넘어선 것으로 파악된다. 한편 네덜란드, 벨기에 등 유럽에서도 행거형 고설 수경재배 등 몇 가지 시스템이 보급되고 있다.

우리나라에서는 딸기의 수경재배에 대한 연구가 거의 이루어지지 않았고, 딸기 시험장이 생기면서 일시적으로 수경재배가 시험적으로 행해졌으나 그 후에는 딸기 육종 중심의 연구가 행해져왔다. 우리나라에서 농가의 딸기 고설수경재배의 도입은 최근 2~3년 사이에 경상남도 산청군, 하동군을 중심으로 보급되기 시작하였다. 사진은 산청군 및 하동군을 중심으로 보급되고 있는 시스템으로 설치비 절감을 위하여 2개의 가대 지주파이프를 X자 모양으로 교차시키고 각 가대의 상부에 온실 길이 방향으로 가로대를 설치하고 두꺼운 텐트 천을 클립으로 고정하여 베드를 구성한 것이다. 이 시스템은 시설자재와 설치공임을 최소화한 것으로 산청군의 독특한 모델이다. 그러나 지금까지의 재배결과로는 가대의 지주간격(150cm)에 비하여 배지량(포기당 약 4ℓ)이 많아 과다한 하중으로 인하여 지주와 지주사이 베드의 중앙부가 처지는 현상이 발생하고, 배수불량으로 인한 뿌리장해가 발생하는 등 개량의 여지가 있는 것으로 분석되었다. 또한 지주파이프를 교차시켜 X형으로 한 것은 자재의 절약을 위한 것이기는 하지만 수직하중을 받는 부재의 허용부하가 감소되는 구조로 적합하지 않은 구조라고 판단된다.

그러나 짧은 기간이지만 괄목할 만한 성과도 거두었다. 경상남도농업기술원의 조사에 의하면 산청군 신등면에 딸기 고설수경재배 시스템을 도입하여 2004년~2005년 작기의 예를 들어 수량 면에서 2.8배, 조수익 면에서 3배의 상상을 초월하는 성과를 거두었다고 보고한 바 있다.



사진 2-1. 국내 딸기 고설수경재배 시스템

제 2 절 가대구조

일반적으로 시스템은 사진 1에서 보는 바와 같이 파이프를 가대로 한 고설수경방식이 대부분이며, 사진 2의 (a)는 가대위에 베드 1조를 올려놓는 방식이나 사진 2의 (b)와 같이 베드를 상하로 2조를 설치하여 재배면적을 많이 확보하여 단위면적당 수량을 높이려는 노력도 하고 있지만 낮은 쪽 베드의 수량 확보 등에 문제가 있는 것으로 평가되어 사진 2(a)와 같은 시스템이 일반적이다.

사진 3은 베드를 이동함으로써 재배면적을 많이 확보하려는 시스템 구성으로 사진 3(a)은 가대 하부에 레일을 설치하여 이동하는 것이며, 사진 3(b)은 가대 하부 기둥에 한쪽은 힌지로 하고 다른 한쪽에는 작은 바퀴를 설치하여 힌지를 중심으로 90도 회전 이동시켜 베드를 소폭 이동시키는 방식으로 일본의 시즈오카의 농가에서 도입한 예이다.



(a)



(b)

사진 2-2. 파이프 가대 구조



(a)



(b)

사진 2-3. 베드 이동식 가대 구조

최근 유럽을 중심으로 사진 4와 같이 온실의 상부프레임에 와이어로 베드를 메달아 재배하는 행거형 시스템이 보급되고 있다. 이 시스템은 적엽, 적과, 수확 등 작업시에는 작업자의 높이까지 베드를 내려 작업을 하고 평소에는 온도관리 및 채광확보 및 고온소독 등을 위하여 천정가까이로 베드를 올려 재배하는 방식이다. 사진 4(a)는 유럽에 보급되고 있는 행거형 가대구조이며, 사진 4(b)는 일본에 도입된 행거형 가대 구조이다.



(a)



(b)

사진 2-4. 행거형 가대 구조

제 3 절 베드 구조

베드의 구조는 사진 5에 나타난 바와 같이 다양하다. 재배 베드의 소재 및 모양 면에서 사진 5의 (a)(b)(c)와 같이 경량·단열성·성형가공성 면에서 스티로폼이 많이 이용되고 있으며, 스티로폼의 성형은 하부에 배수구를 설치한 방식과 W형 구조, 습기 중에 뿌리를 뺄도록 하는 방식 등 다양하다.

스티로폼 이외의 소재로는 사진 5(d)와 같이 플라스틱 흡통 모양으로 성형한 것 등이 메이커에 따라 다양하게 개발 보급되고 있다. 이 플라스틱 흡통형은 내열성에 초점을 두고, 여름철, 태양열소독, 고온수 소독을 가능하게 한 소재 등도 있다. 그 외에 사진 5(e)와 같이 유럽의 행거형에 이용되는 파이프 흡통에 구멍을 뚫어 딸기가 심어져 있는 포트를 올려놓는 방식의 포트식이 있으며, 비용을 줄이는 베드로서 사진 5(f)와 같이 텐트 천을 이용하여 베드를 만드는 방식 등이 있다.

또한 재배 베드의 설치 높이는 작업자의 팔꿈치 높이를 기준으로 하는 인간공학적 면을 기준으로 설정하는 것이 일반적이지만 지역과 농가의 선호도 따라 다양하다. 또한 과방을 외부로 향하도록 하는 경우에는 베드 높이를 95~120cm, 내부로 향하도록 하는 경우는 베드 높이를 80~90cm 범위를 표준으로 하고 있었다. 또한 높이 조절에는 조인트 스톱퍼 부착이나 어저스트 스탠드를 구비한 것도 있었다.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

사진 2-5. 재배베드의 구조

제 4 절 급액 배액 관리

딸기 수경재배의 배양액 조성은 일본 원시(園試)처방, 야마자키(山崎)처방, 오오쓰카(大塚)처방 등 딸기의 생육 스테이지에 따라 성분조성의 변화 없이 생육 스테이지에 따른 농도의 조절만으로 관리하는 처방이 많이 채용되고 있다. 그러나 일부에서는 일본 치바농업연구센터에서 개발한 딸기 생육스테이지별 성분 조성 및 농도조절을 동시에 고려한 처방을 도입하여 좋은 성과를 거두고 있다. 이것은 최근 한국의 산청, 하동 등에 도입되어 그 효과가 확인되고 있다.

그런데, 일본의 딸기 전용 배양액은 오래전에 ‘宝交早生’이나 ‘女峰’ 품종의 흡비특성을 기준으로 하여 배양액 조성을 만든 것으로, 국내에서 가장 많이 재배되는 ‘레드 필’이나 ‘아키히메(章姫)’를 위해서는 새로운 배양액의 조성 또는 적합성의 검토가 필요하다.

한편 유기배지에 완효성 피복비료를 기비로 사용하고 추후에는 액비를 급액하거나 용출조절형 피복비료를 포기 바로아래(국소시비)에 전량기비로 하여 추후에는 관수만을 하는 방식 등 토경 감각의 급액법이 도입되기도 하지만 생육의 진단과 그에 따른 조치가 대단히 어려운 점이 지적되고 있다.

하루의 급액횟수 및 급액량은 타이머에 의한 시퀀스 제어 방식이 많으며, 일사량 추종제어 방식을 도입한 피드퍼워드 방식을 도입한 것도 있지만, 유기배지에 완효성 피복비료 시비에서는 관수만으로 충분하다고 하여, 토경감각으로 pH센서에 의한, 혹은 초세관찰에 의한 물관리가 채용되기도 한다.

또한 배액은 대부분 비순환식으로 하여 시스템 외부로 유출시키는 것이 일반적이며, 일부에서 벤치 하부에 홈통을 설치하여, 회수하여 재이용하는 방식이 있다. 산청 하동 등 우리나라의 농가는 아직 배액을 수집하여 재이용 하는 시스템은 찾아 볼 수 없으나, 친환경농법으로서 인정을 받기 위하여 이제부터 배액을 수집하여 재이용하는 순환식 시스템의 필요성을 인지하고 있는 수준이다.

제 5 절 배지온 관리

보통 주야 온도관리는 토경(2줄심기 높은이랑)재배에 준하지만 고설수경재배에서는 12~2월에 배지온이 저하되기 쉽다. 수경재배에서는 순환시키는 배양액을 가온하는 외에 암면배지 혹은 유기배지를 온수로 가온하는 것이 각 방식에 도입되고 있다. 배지 무가온에 관해서는 후쿠오카(福岡)원예연구소에서 시도되어, 시

즈오카(静岡)에서도 주간(주간)의 하우스내 기온을 오전 중에 20℃ 이상으로 올리면, 이른 아침 내려간 배지온이 오후에는 13~14℃로 상승하여, 그대로 야간까지 유지되는 측정 예가 있으며, 나라(奈良)에서도 같은 것을 지적하였다. 즉, 12~2월의 일사량·일조시간의 관측치·난방디그리아워 계산치로부터, 적어도 칸토(關東)·토카이(東海) 등 태평양 연안지역에서 세토나이쥬코쿠(中國), 시코쿠(四國)·큐슈(九州)지역에서는 거의 동일한 조건이라고 추정할 수 있다. 또한, 무가온이라도 전조를 하면 초세유지→안정수량을 확보할 수 있다는 보고(구마모토농연)도 있었다.

제 3 장 딸기의 고설수경재배 신기술 체계 확립

제 1 절 딸기 고설수경재배용 적정배지 개발

1. 單用 고행배지

가. 실험 목적

딸기의 고설수경재배에 적절한 고행배지의 탐색을 위해서, 먼저 국내의 타 과채류에서 많이 이용되고 있는 몇 가지의 單用 고행배지를 사용하여 비교 실험을 하였다. 딸기의 수경재배에 대한 실험이나 자료는 국내에서는 거의 찾아볼 수 없기 때문에 다른 과채류재배에서 비교적 우수한 결과를 나타내고 있으며, 국내에서 이용하기 쉬운 기존의 고행배지 재료를 우선적으로 사용하였다.

전체 실험에서 딸기 품종은 ‘章姬(아키히메)’ 하나로 선정하여 통일시켰다. 아키히메는 현재 ‘레드필(육보)’ 다음으로 우리나라에서 가장 많이 재배되는 품종으로, 초세가 왕성하고 휴면이 얇은 성질이므로 재배가 쉬우며 과실의 크기가 크고 수량이 많으며 당도가 높아서 소비자의 선호도가 높다. 또한 아키히메의 생리적 및 재배적 특성이 고설수경재배에 적합한 것으로 생각되어 선택하였다.

단용 고행배지의 펠라이트는 과채류 수경재배농가에서 가장 많이 사용되는 배지이며, 코코피트는 최근에 사용이 증가하고 있는 배지로서 유기자재라는 점에서 각광을 받고 있다. 입상암면은 암면의 물리적 우수성을 살리면서 사용연한과 가격면을 개선한 것으로 사용이 늘고 있는 자재이다. 버섯재배 폐자재인 톱밥은 유기배지이며 폐기물의 재사용이라는 친환경개념에 적합하고 물리적인 성질이 적절할 것으로 판단되어 선택하였다.

본 실험에서는 딸기의 생육, 수량 및 품질을 비교 조사하여 배지에 대한 적응성을 파악하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

딸기묘는 경남 산청의 딸기재배 농가에서 육묘한 ‘章姬(아키히메)’묘를 구입하여 사용하였다. 화아분화를 확인한 묘를 2003년 10월 19일에 주당 20cm 간격으로 정식하였다. 유리온실에서는 고설벤치를 1m 50cm의 높이에 설치하고 스티로폼 베드를 얹어서 각각의 고행배지를 충진하였다. 고행배지는 펄라이트, 코코피트, 입상암면, 그리고, 버섯재배가 끝나고 폐기시키는 톱밥을 재활용하여 사용하였다. 고행배지의 종류별로 반복구 마다 각각 1000리터의 배양액탱크를 부착시켜서 야마자키 조성 딸기전용 배양액을 순환식으로 공급하였다. 급액은 타이푼을 사용하여 타이머로 급액 횟수와 급액량을 조절하였다.

비닐온실에서도 유리온실과 동일한 고설수경재배시설을 하고 고행배지는 펄라이트와 코코피트를 사용하여 비교 실험을 하였다.

다. 결과 및 고찰

딸기의 초기생육은 네 종류의 배지 중에서 펄라이트배지와 코코피트배지에서 가장 우수하였다. 입상암면은 두 종류의 배지에 비해서는 생육과 수량이 약간 저하하였는데 재배후의 뿌리를 관찰한 결과 뿌리의 발달이 미약하였다. 버섯재배 폐배지에서는 초기의 생육이 저조하였는데, 재배 중에 계속적으로 발효가 진행되어 가스가 발생하였으며 톱밥내의 성분이 우리나라와 배양액의 색이 진한 갈색으로 변하였다. 그러나, 생육후기에는 점차 초세를 회복하여 생육도 왕성해지고 특히 엽면적이 많아졌다.

Table 3-1. Effect of substrate on early growth of strawberries in hydroponics in greenhouse.

Growth stage	Substrates	Mean			
		No. of leaf	Leaf length(cm)	Leaf stalk length(cm)	Leaf Width(cm)
Dec. 7	Perlite	5.3	16.42	7.56	6.59
	Cocopeat	5.4	16.31	7.85	6.02
	Rockwool	5.6	15.14	7.12	5.95
	Sawdust	5.3	11.39	5.93	3.7
	LSD(p <0.05)	NS	1.76	0.85	0.86
Dec. 13	Perlite	5.9	16.39	7.66	6.53
	Cocopeat	6.1	16.31	7.88	6.18
	Rockwool	6.5	15.44	7.47	6.2
	Sawdust	5.6	11.60	5.94	4.08
	LSD(p <0.05)	0.7	1.90	0.86	0.79
Dec. 20	Perlite	7.2	16.57	8.01	6.53
	Cocopeat	7.1	16.98	8.34	6.49
	Rockwool	7.2	15.86	7.76	6.21
	Sawdust	7.0	12.28	6.38	4.22
	LSD(p <0.05)	NS	2.03	1.03	0.82
Dec. 27	Perlite	8.3	16.76	8.05	6.54
	Cocopeat	8.2	17.01	8.39	6.39
	Rockwool	8.2	15.96	7.90	6.21
	Sawdust	7.0	12.87	6.64	4.31
	LSD(p <0.05)	0.99	1.96	1.07	0.84
Jan. 3	Perlite	9.0	16.96	8.16	6.55
	Cocopeat	8.2	17.27	8.53	6.39
	Rockwool	8.9	16.81	8.05	6.22
	Sawdust	7.8	12.89	6.74	4.32
	LSD(p <0.05)	1.23	2.15	1.11	0.88
Jan. 10	Perlite	9.3	17.04	8.28	6.61
	Cocopeat	9.5	17.24	8.55	6.40
	Rockwool	9.6	16.28	8.07	6.23
	Sawdust	8.3	12.91	6.8	5.25
	LSD(p <0.05)	NS	2.18	1.12	NS
Jan. 17	Perlite	10.6	17.09	8.35	6.58
	Cocopeat	10.6	17.31	8.73	6.34
	Rockwool	10.5	16.35	8.23	6.23
	Sawdust	9.1	13.07	6.94	4.44
	LSD(p <0.05)	NS	2.23	1.20	0.81

Table 3-2. Effect of substrate on fruit quality and yield of strawberries in hydroponics in greenhouse.

Growth stage (G)	Substrates (S)	Mean						
		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	<i>Erysiphe graminis</i> (ea/plt)	Yield (ea/plt)	Yield (g/plt)
Jan.	Perlite	19.23	50.88	32.09	9.55	0.52	2.47	47.25
	Cocopeat	16.03	46.67	29.34	9.39	0.23	2.57	41.67
	Rockwool	18.01	48.55	31.45	9.31	0.16	3.05	53.21
	Sawdust	16.51	49.52	30.17	9.88	0.08	1.44	25.86
	LSD(p <0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	14.12
Feb.	Perlite	19.81	51.37	31.36	9.29	0.55	3.33	64.98
	Cocopeat	18.43	50.32	31.04	9.29	0.47	3.72	66.35
	Rockwool	16.8	48.29	30.04	9.79	0.32	3.7	62.3
	Sawdust	13.54	44.78	27.71	9.75	0.17	3.37	45.35
	LSD(p <0.05)	3.74	4.04	2.23	0.47	NS	NS	10.15
Mar.	Perlite	18.49	51.97	30.55	9.74	0.62	3.3	60.28
	Cocopeat	15.68	48.89	29.16	9.88	0.35	2.81	44.03
	Rockwool	14.71	48.69	28.79	9.09	0.37	3.27	47.57
	Sawdust	13.94	48.99	28.08	10.3	0.27	2.87	39.9
	LSD(p <0.05)	NS	NS	NS	0.74	NS	NS	16.05
Apr.	Perlite	18.75	50.98	31.02	8.71	2.29	6.71	125.5
	Cocopeat	17.01	49.23	30.03	9.02	2.2	7.42	127.07
	Rockwool	14.63	48.02	28.47	9.45	0.98	4.4	64.36
	Sawdust	17.93	52.43	29.59	9.29	1.77	5.86	107.54
	LSD(p <0.05)	2.32	2.94	1.70	NS	NS	2.14	43.43
May	Perlite	13.83	46.25	28.31	8.61	1.57	8.97	123.88
	Cocopeat	13.47	45.64	28.27	8.84	1.37	7.55	102.56
	Rockwool	12.96	44.48	27.86	9.38	0.7	7.25	94.63
	Sawdust	14.01	45.79	28.24	9.1	1.75	8.72	123.81
	LSD(p <0.05)	NS	NS	NS	0.54	NS	NS	NS
Treatment(T)		*	*	*	*	*	NS	*
Growth stage(G)		*	*	*	*	*	*	*
T×G		*	NS	NS	*	NS	*	*

과실의 수량은 펄라이트와 코코피트 배지에서 높았으며, 입상암면과 톱밥배지에서 약간 낮은 경향을 나타내었다. 버섯 폐자재인 톱밥배지에서는 초기수량은 낮았으나 후기에는 다른 배지에서와 동일하게 높아졌는데, 이것은 톱밥배지가 보수성이 우수한 것과 배지 내에서 발효가 진행되며 배지온도가 높아져서 저온기에 높아진 배지온도가 생육에 유리하게 작용한 것으로 생각된다.

과실의 크기는 펄라이트배지에서 가장 컸고 당도는 톱밥배지에서 가장 높았다. 과실에 발생한 흰가루병은 펄라이트와 코코피트배지에 비해서 입상암면과 톱밥배지에서 비교적 적게 발생하였다.

Table 3-3. Effect of substrate on total yield and fruit quality in hydroponics.

Substrates	Mean							
	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	<i>Erysiphe graminis</i> (ea/plt)	No. of fruit (ea/plt)	Yield (g/plt)	Total yield (kg/10a)
Perlite	18.02a	50.29a	30.67a	9.18b	5.32a	24.45a	440.00a	3,520a
Cocopeat	16.12b	48.15b	29.57b	9.28b	4.27ab	23.25a	359.94ab	2,879ab
Rockwool	15.42b	47.6b	29.32b	9.2b	2.42b	21.1a	325.08b	2,600b
Sawdust	15.19b	48.3b	28.76b	9.66a	3.87ab	21.12a	323.12b	2,584b

Table 3-4. Effect of substrate on late growth of strawberries in hydroponics in greenhouse.

Substrates	No. of leaf	Leaf length (cm)	Leaf stalk length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf stalk diameter (mm)	Leaf area (mm)
Perlite	26.7	34.03	22.24	7.70	3.74	2078.6
Cocopeat	30.4	32.23	21.31	7.42	3.76	2583.7
Rockwool	27.3	34.23	24.52	7.15	4.00	2092.0
Sawdust	29.9	38.05	24.32	8.51	4.13	3086.0
LSD (p < 0.05)	NS	5.39	NS	1.04	NS	644.3

비닐온실에서 펄라이트와 코코피트 배지 실험에서는, 초기생육은 코코피트가 펄라이트보다 약간 양호한 경향이었으나, 통계적인 유의차는 인정되지 않았다.

딸기의 과중, 과장, 과경, 당도 및 수량 모두 두 종류의 배지간에 통계적인 유의차가 인정되지 않고 비슷하였다.

생육후기의 엽수, 엽장, 엽병장, 엽폭, 엽면적은 코코피트배지보다 펄라이트 배지에서 약간 높았다.

Table 3-5. Effect of substrate on early stage growth of strawberries in hydroponics in plastic house.

Growth stage	Substrates	No. of leaf (ea)	Leaf length (cm)	Leaf stalk length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf stalk diameter (mm)
Feb. 5	Perlite	3.8±1.0	11.7±1.2	5.3±0.7	4.8±0.8	2.8±0.5
	Cocopeat	4.8±1.3	13.7±1.0	7.2±0.4	5.4±0.4	3.1±0.5
Feb. 13	Perlite	4.5±1.0	12.9±1.2	6.2±0.6	5.3±0.8	2.9±0.6
	Cocopeat	5.4±0.9	15.4±1.6	7.9±1.4	5.8±0.6	3.2±0.5
Feb. 19	Perlite	4.9±0.7	13.6±1.0	6.7±0.5	5.4±0.5	3.4±0.3
	Cocopeat	5.7±0.4	16.7±2.1	8.7±1.2	6.06±0.5	3.54±0.7
Feb. 26	Perlite	5.6±0.9	14.3±0.7	7.3±0.5	5.4±0.4	3.3±0.2
	Cocopeat	6.5±0.5	17.1±2.0	9.0±1.3	6.2±0.6	4.0±0.4
Mar. 5	Perlite	6.3±0.8	14.8±0.7	7.6±0.8	5.5±0.4	3.4±0.3
	Cocopeat	7.0±0.8	17.6±2.1	9.6±1.2	6.2±0.6	4.0±0.7
Mar. 12	Perlite	6.6±0.7	15.1±1.1	7.9±0.9	5.3±0.3	3.4±0.5
	Cocopeat	7.1±0.8	18.2±2.0	10.0±1.0	6.2±0.8	3.8±0.6
Mar. 19	Perlite	7.0±0.9	15.1±1.2	7.5±0.8	5.7±0.3	13.4±0.2
	Cocopeat	7.8±0.8	17.9±2.1	9.4±1.3	6.2±0.6	3.8±0.5
Mar. 26	Perlite	7.7±1.1	15.1±0.8	7.7±0.9	5.6±0.3	3.7±0.3
	Cocopeat	8.3±0.6	18.1±2.1	9.5±1.3	6.3±0.6	4.0±0.5
Apr. 3	Perlite	8.6±0.9	15.6±1.1	8.2±1.0	5.5±0.3	3.4±0.3
	Cocopeat	9.3±0.7	17.6±2.1	9.8±1.2	6.2±0.7	3.9±0.7

Table 3-6. Effect of substrates on fruit quality and yield of strawberries in hydroponics in plastic house.

Growth stage	Substrates	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (Brix)	Yield (ea/plant)	Total yield (g/plant)
April	Perlite	21.4±2.2	52.0±1.9	31.9±0.9	9.9±0.7	4.2±0.8	910.7±27.7
	Cocopeat	21.7±4.8	52.2±2.2	32.3±3.0	10.5±0.5	5.2±1.0	1,157±41.0
May	Perlite	19.7±2.9	49.6±2.8	31.8±1.8	9.5±1.3	13.4±1.6	260.9±39.2
	Cocopeat	19.9±3.5	49.5±3.3	31.8±1.9	9.4±0.6	14.6±2.4	288.4±48.7

Table 3-7. Effect of substrate on the late growth stage of strawberries in hydroponics in plastic house.

Substrates	No. of leaf	Leaf length (cm)	Leaf stalk length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf stalk diameter (mm)	Leaf area. (mm)
Perlite	29.4±2.6	40.6±1.4	28.3±1.4	8.8±0.3	4.2±0.1	3623.0±360.8
Cocopeat	24.6±2.4	39.0±0.9	26.1±0.9	8.5±0.8	4.3±0.4	3203.4±148.3

2. 2층(二層) 배지

가. 실험 목적

딸기의 뿌리는 크라운에서 발생하는 새 뿌리에 의해서 계속적으로 갱신된다. 새 뿌리의 발생을 촉진시키는 데는 크라운 부위에 수분이 많은 것이 좋다. 한편, 딸기의 뿌리는 산소 요구량이 높기 때문에 정화방 이후의 생육과 수량도 산소공급량의 다소에 영향을 받는다. 그러므로, 딸기의 생육에 적절한 배지는 보수력이 높으며 배수성이 양호한 것이 좋다고 할 수 있다.

본 실험에서는 딸기 뿌리의 특성에 맞추어 상층에는 보수성이 좋은 배지인 코코피트와 질석을, 하층에는 배수성이 좋은 굵은 입자의 펠라이트 배지로 2층의 배지를 조성하여 그 효과를 검증하고자 하였다. 또한, 질석과 왕겨의 혼합배지를 사용하였는데, 왕겨는 가볍고 구입이 용이하며 무엇보다 값이 싸기 때문에 농가에서 이용하기 쉬울 것으로 판단되어 검증할 필요성이 있을 것으로 생각되었다. 다만 보수력이 떨어지기 때문에 이를 보완하기 위하여 질석을 혼합하였다. 전 실험에서 사용한 펠라이트와 코코피트 배지를 동시에 공시하여 2층배지의 효과를 비교 조사하였다. 그리고 통기성이 좋게 개발된 Bio Bed를 사용하여 그 효과를 비교 검토하였다.

고형배지의 수경재배에서는 2층 배지를 이용하는 예가 없으나 본 실험에서는 딸기의 특성을 고려하여 그 효과를 시험하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

가) 품종 : 아끼히메(章姬)

나) 정식 : 2003년 8월 29일에 주간 20cm 간격으로 하여 2조식으로 정식

다) 수경재배시설 : 배양액 순환식 고설 수경재배시설로서 처리 라인 별로 탱크를 부착하여 항상 표준 배양액이 공급되도록 하였고, 급액은 타이푼을 이용하여 점적관수하였다. 펠라이트, 코코피트의 단용 배지와, 상층에 코코피트, 하층에 펠라이트, 상층에 질석, 하층에 펠라이트를 설치한 2층 배지 및 질석과 왕겨를 섞은 혼합배지를 사용하여 배지 종류별로 조사를 하였다.



사진 3-1. 비닐하우스의 고품배지 비교실험

라) 배양액

배양액은 야마자키 조성 딸기 배양액으로 하여 생육단계에 따라 적절한 농도로 조절하여 공급하였다.

Table 3-8. Yamazaki's nutrient solution composition for strawberry.

다량원소 ($\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-P}$	K	Ca	Mg
	5	0.5	1.5	3	2	1
미량원소 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
	2	0.2	0.2	0.02	0.01	0.005
EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	정식후①	0.5 - 0.8				
	개화기②	1.0				
	수확기③	1.5				
	말 기④	1.5				

마) 스티로폼 베드의 하부에 통기구멍을 많이 만든 Bio Bed를 사용하여, 상기와 동일한 4종류의 배지를 공시하여 생육과 수량을 조사하였다.

Table 3-9. Experiment dairy in glasshouse

날짜	작업상황	내용	급액농도
8/29	정식	수돗물 관수	0.3
10/1	멀칭	보온피복기	1.0
10/6	첫화방 개화	10/28 1화방 80% 개화시점	1.0
11/11	수막가동		1.0
11/18	딸기 수확		1.0
11/5	2화방 개화시작	12/10 2화방 80%개화시점	1.0
12/10	적과		1.5
12/20	3화방 개화시작	1/23 2화방 3화방 80%개화시점	1.5
12/20	수막 가온 시작	야간 온실 내 습도가 높아짐	1.5
2/ 5	4화방 개화시작		1.2
3/17	수막 가온 종료		
4/8	배양액 농도 조정		1.5
5/30	실험종료		1.5

다. 결과 및 고찰

실험기간 동안의 주야간의 온도, 상대습도의 변화를 그림에 나타내었다.

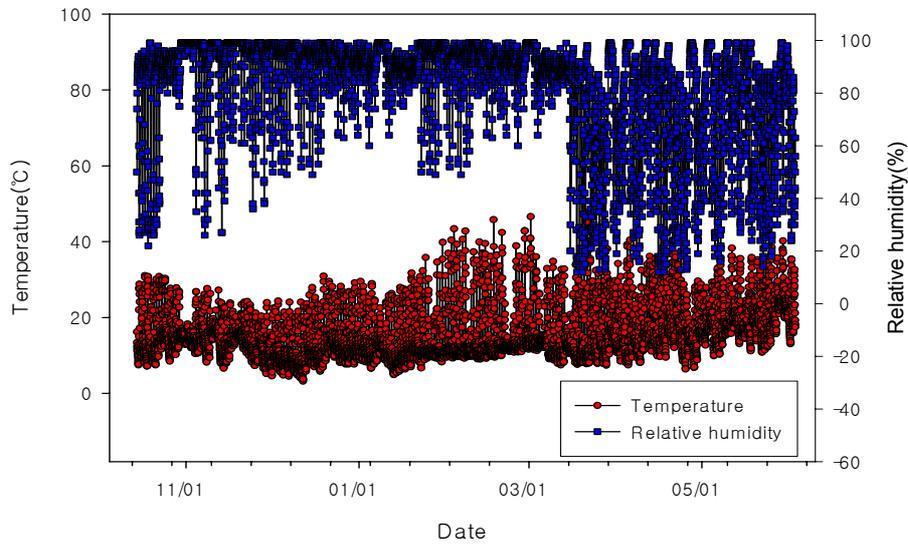


Fig. 3-1. Changes of air temperature and humidity during the experiment in plastic house.(every 1hours)

실험기간 동안 비닐하우스에서의 평균기온과 상대습도의 변화를 온습도계 (TR-71S, T&D, Japan)를 통해서 1시간 간격으로 측정하였는데, 비닐하우스의 기온은 정식 후부터 1월 말까지 주간에는 12~30℃였고 야간에는 6℃ 이상을 유지하였다. 상대습도는 실험기간동안 일평균 65~80% 정도로 딸기 생육에 적당한 범위였다. 비닐하우스 내의 광환경은 생육초기에는 $200\sim 400\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 였고, 12월에서 2월에는 $120\sim 230\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 였으며 3월에 접어들며 $300\sim 500\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 였다. Yun과 Yoo(1992)는 딸기의 생육기에 25℃ 조건에서는 광포화점이 28,000lux라고 보고하였고, Guttridge와 Anderson(1976)의 연구에서도 딸기 엽병의 세포신장이 강광보다 약광하에서 증가되었다고 보고하였는데, 본 실험에서의 광조건은 겨울철 약광기를 제외하고는 딸기 생육에 충분한 광조건이었다.

Table 3-10. Effect of substrate on early growth of strawberries in hydroponics in plastic house.

Growth stage	Substrates	Mean		
		No. of leaf	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)
Sep. 30	Perlite	3.3 a	12.1 ab	5.2 ab
	Cocopeat	3.1 a	13.6 a	5.4 ab
	Cocopeat/Perlite	3.3 a	13.4 a	5.8 a
	Vermiculite/Perlite	3.0 a	11.1 ab	4.5 b
	Vermiculite+Rice hulls	2.9 a	10.8 b	4.7 b
Oct. 07	Perlite	3.5 a	14.1 ab	6.2 ab
	Cocopeat	3.9 a	17.4 a	6.7 a
	Cocopeat/Perlite	3.7 a	15.8 ab	6.0 ab
	Vermiculite/Perlite	3.5 a	14.0 ab	5.3 b
	Vermiculite+Rice hulls	3.3 a	13.3 b	5.4 b
Oct. 14	Perlite	4.2 abc	17.9 b	7.0 ab
	Cocopeat	4.3 ab	20.4 a	7.8 a
	Cocopeat/Perlite	4.5 a	17.9 b	7.3 ab
	Vermiculite/Perlite	3.7 c	15.4 c	5.9 b
	Vermiculite+Rice hulls	3.9 bc	15.2 c	6.2 b
Oct. 21	Perlite	4.7 a	18.8 ab	7.3 ab
	Cocopeat	4.7 a	20.7 a	7.8 a
	Cocopeat/Perlite	4.9 a	18.0 ab	7.4 ab
	Vermiculite/Perlite	4.3 a	16.0 b	6.4 ab
	Vermiculite+Rice hulls	4.5 a	16.4 b	6.4 b
Oct. 28	Perlite	5.1 a	18.7 ab	7.4 a
	Cocopeat	5.5 a	20.9 a	7.8 a
	Cocopeat/Perlite	5.6 a	18.8 ab	7.4 a
	Vermiculite/Perlite	5.0 a	16.7 b	6.6 a
	Vermiculite+Rice hulls	5.1 a	16.6 b	6.6 a
Nov. 04	Perlite	5.9 a	19.5 ab	7.5 a
	Cocopeat	6.4 a	21.6 a	8.1 a
	Cocopeat/Perlite	6.4 a	19.2 ab	7.4 a
	Vermiculite/Perlite	6.0 a	17.6 b	6.7 a
	Vermiculite+Rice hulls	6.1 a	17.8 b	6.7 a
Nov. 11	Perlite	6.5 a	19.6 ab	7.4 a
	Cocopeat	6.9 a	21.9 a	8.1 a
	Cocopeat/Perlite	6.9 a	19.6 ab	7.4 a
	Vermiculite/Perlite	6.3 a	17.7 b	7.0 a
	Vermiculite+Rice hulls	6.6 a	17.7 b	6.6 a
Nov. 18	Perlite	6.9 a	19.9 ab	7.6 a
	Cocopeat	7.7 a	21.9 a	8.2 a
	Cocopeat/Perlite	7.4 a	19.9 ab	7.6 a
	Vermiculite/Perlite	6.9 a	17.7 b	6.8 a
	Vermiculite+Rice hulls	7.1 a	17.8 b	6.7 a
Mean	Perlite	4.9 b	17.4 b	6.9 b
	Cocopeat	5.4 a	20.1 a	7.6 a
	Cocopeat/Perlite	5.4 a	17.8 b	7.0 b
	Vermiculite/Perlite	4.8 b	15.8 c	6.2 c
	Vermiculite+Rice hulls	4.9 b	15.7 c	6.2 c
	Substrates(S)	***	***	***
	Growth Stage(G)	***	***	***
	S * G	NS	NS	NS

Table 3-11. Effect of substrate on fruit quality and yield of strawberries in hydroponics in plastic house.

Growth stage (G)	Substrates (S)	Mean					
		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	Yield (g/plant)	Fruit No. (ea/plant)
Dec.	Perlite	22.0 a	54.8 a	31.5 a	9.3 a	102.9 b	5.0 a
	Cocopeat	22.8 a	55.0 a	32.6 a	9.5 a	100.8 b	4.8 ab
	Cocopeat/Perlite	21.9 a	53.3 a	31.8 a	9.6 a	117.0 a	5.6 a
	Vermiculite/Perlite	22.1 a	53.5 a	32.6 a	9.2 a	84.3 c	4.1 bc
	Vermiculite+Rice hulls	22.9 a	55.9 a	32.6 a	9.3 a	82.2 c	3.8 c
Jan.	Perlite	18.3 a	50.4 a	28.7 a	8.4 c	137.3 a	7.7 a
	Cocopeat	20.7 a	53.7 a	30.2 a	9.0 a	84.3 c	4.6 c
	Cocopeat/Perlite	21.9 a	55.3 a	30.4 a	8.6 bc	141.5 a	6.7 b
	Vermiculite/Perlite	19.5 a	52.1 a	29.4 a	8.6 bc	119.3 b	6.5 b
	Vermiculite+Rice hulls	17.7 a	50.5 a	28.5 a	8.8 ab	113.7 b	6.5 b
Feb.	Perlite	17.9 b	56.1 b	27.5 b	8.7 ab	120.6 d	6.7 c
	Cocopeat	21.9 a	60.2 a	29.8 a	8.1 b	173.1 a	8.3 a
	Cocopeat/Perlite	20.9 a	58.1 ab	29.4 a	9.2 a	151.6 b	7.6 ab
	Vermiculite/Perlite	19.9 ab	57.2 b	29.1 ab	8.4 b	135.8 c	7.1 bc
	Vermiculite+Rice hulls	17.9 ab	57.9 ab	28.4 ab	8.5 ab	137.3 c	7.0 bc
Mar.	Perlite	19.3 a	55.0 a	29.5 a	8.7 b	53.2 c	3.1 b
	Cocopeat	14.9 b	50.3 b	27.2 ab	8.8 ab	62.1 b	4.0 a
	Cocopeat/Perlite	18.0 ab	52.8 ab	28.5 ab	8.8 ab	68.5 a	4.0 a
	Vermiculite/Perlite	16.8 ab	53.0 ab	28.0 ab	8.9 ab	39.0 d	2.5 b
	Vermiculite+Rice hulls	15.7 ab	53.8 ab	26.6 b	9.3 a	64.0 b	3.9 a
Apr.	Perlite	20.3 a	56.4 a	30.8 a	8.8 ab	96.6 a	5.0 a
	Cocopeat	20.1 a	55.5 a	30.2 ab	8.6 bc	81.8 b	4.1 b
	Cocopeat/Perlite	21.0 a	55.0 a	31.6 a	8.5 c	83.2 b	4.0 b
	Vermiculite/Perlite	17.8 a	53.5 a	28.5 b	9.0 a	85.4 b	4.0 a
	Vermiculite+Rice hulls	19.2 a	54.5 a	29.8 ab	8.6 bc	81.9 b	4.5 ab
May	Perlite	18.6 bc	53.1 b	31.3 a	8.9 ab	98.5 c	5.3 b
	Cocopeat	22.3 a	56.4 ab	31.6 a	8.7 b	112.6 b	5.2 b
	Cocopeat/Perlite	21.2 ab	55.9 ab	30.7 a	9.1 a	120.9 a	5.8 a
	Vermiculite/Perlite	16.9 c	57.1 a	30.7 a	9.0 ab	79.3 d	4.6 c
	Vermiculite+Rice hulls	19.1 bc	53.3 b	30.3 a	9.0 ab	74.3 e	3.9 d
Mean	Perlite	19.4 bc	54.3 a	29.9 ab	8.8 a	101.5 b	5.5 a
	Cocopeat	20.4 ab	55.2 a	30.3 a	8.8 a	102.4 b	5.2 b
	Cocopeat/Perlite	20.8 a	55.1 a	30.4 a	9.0 a	113.8 a	5.6 a
	Vermiculite/Perlite	18.8 c	54.4 a	29.7 ab	8.8 a	90.5 c	4.9 b
	Vermiculite+Rice hulls	19.1 c	54.3 a	29.4 b	8.9 a	92.3 c	4.9 b
Substrates(S)		**	NS	NS	NS	***	***
Growth stage(G)		***	***	***	***	***	***
S×G		*	**	NS	**	***	***

배지 종류에 따른 딸기의 초기생육은, 엽수는 코코피트 배지와 코코피트/펄라이트의 이층배지에서 가장 많았고, 펄라이트 배지, 버미큘라이트/펄라이트의 2층 배지, 버미큘라이트와 왕겨 혼합배지 간에는 차이가 없었다. 엽장과 엽폭은 코코피트 배지에서 가장 길었고 코코피트/펄라이트의 2층배지, 펄라이트 배지, 그리고 버미큘라이트/펄라이트의 2층배지, 버미큘라이트와 왕겨 혼합배지 순으로 나타났다.

딸기의 경우 보수성이 높고 배수성이 좋은 배지에서 잘 자란다고 하였는데(나우현, 2001), 코코피트의 경우 보수성이 높은 배지로서 정식 초기에 딸기의 생육에 적합한 조건이어서 Fig. 4에서 보듯이 양분 흡수량이 많았고 이로 인해 지상부의 생육이 우수하였다고 생각된다.

부숙시키지 않은 왕겨를 배지로 사용할 경우 생육 억제, 잡초 발생, 모잘록병 및 곰팡이 발생, pH상승, 보수력 저하, 성장억제물질 생성 등의 문제가 발생하는 것으로 알려져 있다(Hattori와 Takeshima, 1976). 또한, Sato 등(1977)은 왕겨 유출액에서 lacton 및 페놀성 화합물의 존재를 확인하였으며, 분쇄왕겨 배지에서는 발아 및 생육이 지연되고, 엽색이 연녹화 된다고 하였는데, 본 실험에서도 버미큘라이트와 왕겨 혼합배지의 성적이 낮은 것은 이러한 원인과 관련이 있는 것으로 생각된다.

과중, 과경, 수확과수와 주당 수량은 코코피트/펄라이트의 이층배지에서 가장 높았다. 그러나 질석/펄라이트의 이층배지는 왕겨혼합배지와 함께 가장 낮아서 상층의 보수력을 높이는 효과는 질석보다 코코피트가 좋은 것을 알 수 있었다. 과장과 과실의 당도는 모든 처리에서 유의차가 없었다.

수경재배 딸기의 배지 종류에 따른 과실 품질의 차이를 Table 에 나타내었다. 10월 6일부터 개화를 시작하여 10월 28일까지 1화방의 80%가 개화하였고 다음 화방은 순차적으로 11월 5일, 12월 20일, 2월 5일 3월 15일 순으로 개화하였으며 5월 30일까지 수확하였다. 1화방의 딸기는 11월 18일부터 수확하였다. 딸기과실의 성숙은 기온에 의해서 영향을 받는데 꽃이 피어서 과실이 착색되는데 까지 걸리는 일수는 15℃에서 88일이고, 19℃일 때 69일이 소비된다. 하지만 딸기의 경우 보통 5~6개를 남기고 나머지는 적과를 하기 때문에 보통 15도에서 46.2일이 걸리고 19도에서 35일이 걸린다(Miura, 1994)고 했는데 본 실험에서도 비슷한 결과를 보였다.

1화방과 5화방에서 코코피트 배지와 코코피트/펄라이트배지의 과실의 품질과

수량이 다른 배지에 비해서 양호한 경향을 나타내었으나, 다른 화방에서는 유의한 차이를 볼 수 없었다.

Table 3-12. Effect of substrate on total yield and fruit quality in hydroponics in plastic house.

Substrates	Mean					
	Fruit weigh (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solid content (°Brix)	Total yield (g/plant)	Fruit No. (ea/plant)
Perlite	19.4 bc	54.3 a	29.9 bc	8.8 a	609.2 b	32.8 a
Cocopeat	20.4 ab	55.2 a	30.3 ab	8.8 a	614.2 b	31.1 b
Cocopeat/Perlite	20.8 a	55.1 a	30.4 a	9.0 a	682.6 a	33.7 a
Vermiculite/Perlite	18.9 c	54.4 a	29.7 c	8.9 a	543.2 c	29.6 b
Vermiculite+Rice hulls	19.1 c	54.3 a	29.4 c	8.9 a	553.6 c	29.5 b
Treatment	*	NS	**	NS	***	**

수확 초기부터 실험 종료까지 과실의 품질 및 수량을 Table 에 나타내었다. 과중은 코코피트/펄라이트의 이층배지에서 20.8g으로 가장 높게 나타났고 과장은 유의성 있는 차이가 없었으며 과경은 과중과 마찬가지로 코코피트/펄라이트 2층 배지에서 높았다. 그리고 주당 수확과수는 코코피트/펄라이트의 2층배지와 펄라이트 배지에서 높게 나타났고 나머지 2층배지 간에는 유의차가 나타나지 않았다. 수확량은 코코피트/펄라이트의 2층배지에서 가장 높게 나타났다. 다른 처리구에서도 모두 10a당 총수량이 3톤 이상으로 일반 농가의 딸기 수량보다 높은 수치를 나타내어 딸기 수경재배의 가능성을 확인 할 수 있었다. 본 실험에서 코코피트/펄라이트의 2층배지에서 가장 높은 수량을 나타낸 것은, 상층부의 코코피트 배지가 보수력이 높아서 딸기의 크라운에서 새 뿌리의 발생이 원활해질 수 있는 충분한 보습조건을 만들고, 하층부의 펄라이트 배지는 배수를 원활하게 하고 뿌

리에 충분한 산소 공급이 될 수 있는 조건을 만듦으로써, 지속적인 새 뿌리의 발생으로 양호한 근권 형성에 유리하여 상대적으로 양분흡수가 충분히 이루어진 것으로 생각된다.

일반적으로 과채류의 고행배지 재배에서는 암면, 펠라이트, 코코피트 등의 단용 배지를 이용하는 경우가 많으며(Choi, 2001) 왕겨는 보수력을 보강하기 위하여 다른 배지와 혼합시켜 이용하고 있다(Choi 등, 1999). 일본의 딸기 수경재배에서도 주로 암면 또는 입상 암면을 주로 사용하고 있으며, 최근에는 폐기문제를 고려하여 유기 배지의 사용이 늘고 있는 실정이다(施山, 2002). 그렇지만 아직까지 2층의 배지를 이용한 실험이나 재배사례가 없어서 본 실험의 결과는 딸기에서의 고행배지 이용에 새로운 개념을 도입할 수 있는 계기로서 의미를 부여할 수 있을 것으로 생각된다.

물론, 앞으로 보수력과 통기성이 양호한 각각의 새로운 배지의 조합에 의한 실험, 그리고, 상층부와 하층부 배지의 깊이와 양에 대한 더 많은 실험에 의한 검증이 필요할 것으로 생각된다. 본 실험의 결과에서도, 코코피트/펠라이트의 2층배지와는 달리 버미큘라이트/펠라이트의 2층배지에서는 생육 및 수량이 낮은 것으로 나타나서 같은 맥락으로 고려해야 할 것으로 생각된다. 본 실험에서는 왕겨 혼합배지의 성적이 미진하였으나, Lee 등(2000)의 보고에서 충분히 부숙된 왕겨에서는 생장 억제물질이 추출되지 않았으며, Hwang(2002)은 보수성이 우수한 코코피트와 왕겨를 1:1 혼합하여 실험한 결과 국화의 생장과 절화품질이 다른 배지보다 양호하다고 보고하였는바 왕겨를 배지로서 이용하는데 대한 또 다른 재고가 필요하다고 생각된다.

딸기는 뿌리에 많은 산소를 요구하는 작물이므로, 원활한 통기가 가능하도록 개발된 Bio베드를 사용하여 배지의 종류별로 생육과 수량 및 과실의 품질을 조사하였는데, 초기 생육은 코코피트/펠라이트의 2층 배지에서는 엽수, 엽장, 엽폭 모두가 바이오 베드에서 높은 수치를 나타내었다. 그러나, 질석과 왕겨 혼합배지

에서의 엽장이 바이오 베드에서 높은 것을 제외하고는 모든 처리구에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

Table 3-13. Effect of bed shape on early growth of strawberries in different growth substrates in plastic house.

Substrates (S)	Bed shape	Mean		
		No. of leaf	Leaf length(cm)	Leaf Width(cm)
Perlite	Bio bed	5.4	18.9	7.5
	Normal bed	5.2	19.5	7.7
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
Cocopeat	Bio bed	5.3	21.2	7.5
	Normal bed	5.5	20.3	8.1
	LSD(p<0.05)	NS	NS	0.4
Cocopeat /Perlite	Bio bed	6.5	20.7	8.3
	Normal bed	5.0	16.4	6.3
	LSD(p<0.05)	0.8	0.9	0.4
Vermiculite /Perlite	Bio bed	4.6	16.1	5.9
	Normal bed	5.1	15.4	6.0
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
Vermiculite + Rice hulls	Bio bed	5.1	16.8	6.1
	Normal bed	5.1	15.4	6.1
	LSD(p<0.05)	NS	1.1	NS

그런데, 과실의 수량과 품질에서는 코코피트/펄라이트의 2층 배지에서 바이오 베드 쪽이 과중과 과경이 도리어 낮은 수치를 나타내었고, 질석/펄라이트의 2층 배지에서의 당도와 질석과 왕겨배지의 과중, 수량에서도 바이오 베드 쪽이 도리어 낮은 수치를 나타내었다. 다만, 질석/펄라이트의 2층 배지에서 과경만이 바이오 베드에서 높은 수치를 나타내었는데, 이러한 결과는 수분과 산소 공급이라는 상반된 조건의 미묘한 변화에서 배지의 종류와 급액량 그리고 기상조건의 복잡한 요인 속에서 다양한 결과로 나타난 것으로 생각된다. 이에 대한 보다 정밀한 실험을 통한 고찰이 추후 계속되어야 할 것으로 생각된다.

Table 3-14. Effect of bed shape on fruit quality and yield of strawberries in different growth substrates in plastic house.

Substrates (S)	Bed shape	Mean					
		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solid content (°Brix)	Yield (g/plant)	Fruit No. (ea/plant)
Perlite	Bio bed	18.9	53.7	29.3	8.9	116.7	6.5
	Normal bed	19.6	54.6	30.2	8.7	114.9	6.1
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cocopeat	Bio bed	21.2	55.4	30.8	8.9	110.2	5.4
	Normal bed	19.4	54.0	30.0	8.6	90.0	4.8
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cocopeat /Perlite	Bio bed	19.0	53.9	28.9	9.0	108.9	5.6
	Normal bed	22.0	56.1	31.2	9.1	111.5	5.3
	LSD(p<0.05)	2.5	NS	1.6	NS	NS	NS
Vermiculite /Perlite	Bio bed	20.2	53.6	31.2	8.6	84.8	4.3
	Normal bed	17.6	53.4	28.6	9.2	83.5	4.9
	LSD(p<0.05)	NS	NS	2.5	0.4	NS	NS
Vermiculite +Rice hulls	Bio bed	18.0	53.4	29.1	9.0	85.2	4.8
	Normal bed	20.7	55.7	30.4	8.9	114.4	5.7
	LSD(p<0.05)	2.2	2.1	NS	NS	18.7	NS



사진 3-2. 배지의 종류 별 수확 종료 시의 뿌리 발달 상태

배지의 종류별로 딸기의 뿌리발달 상태를 확인하기 위하여 조사를 하였으나 뿌리와 배지의 결합으로 인하여 정확한 양적조사가 불가능하였다. 뿌리의 양은 생육과 수량 및 과실의 품질과 밀접한 상관관계가 있으나, 뿌리 발달은 기본적으로는 배지의 물리적 성질에 따라서 그리고 배양액의 급액량과 비료염에 따라서 달라진다고 생각하지만 그 외에도 근부의 산소공급량, 미생물의 영향 등에 의해서도 좌우될 것으로 생각된다.

3. 혼합 배지

가. 실험 목적

고형배지의 선택은 배지의 물리적, 화학적 그리고 생물학적 성질이 우수한 것이 가장 바람직하다. 그러나 재배농가에서는 가격이 싸고 작업이 편리한 배지를 선호하는 경향이 강하다.

본 실험에서는 딸기 고설수경재배 농가에서 구입이 편리하고 손쉽게 사용할 수 있는 양질의 혼합배지로서 시판의 육묘상토를 선정하고, 또 가장 값싸고 구입이 용이하여 농가에서 선호할 것으로 예상되는 왕겨를 보수력을 보강할 타 재료와 혼합하여 사용하여 기존의 코코피트 배지와 비교하여 이용 가능성을 검토하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

- 1) 정식 2004년 9월 6일
- 2) 보온 피복 2004년 10월 5일
- 3) 배양액 : Yamazaki 조성 딸기전용배양액

Macro element (me · L ⁻¹)	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg
	5	0.5	1.5	3	2	1

Micro element (me · L ⁻¹)	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
	2	0.2	0.2	0.02	0.01	0.005

- 4) 배지의 종류 : 코코피트, 육묘용 혼합상토(홍농, 바이오베스트)
왕겨+코코피트(용량비 1:1 혼합)
- 5) 시험구 배치 : 난괴법 3반복
- 6) 배양액의 농도 관리 : 정식 후 : 0.4~0.6 dS · m⁻¹, 개화개시기 0.8~1.0dS · m⁻¹, 수확개시기1.0~1.2dS · m⁻¹

7) 급액량 : 정식초기에는 코코피트 13회/2분 =554ml/株, 왕겨 20회/4분 =1,728ml/株, 상토14회/1.5분=454ml/株로 급액. 활착 후 배지종류별 라인별로 각각의 생육상태에 맞추어 급액량을 조절하여 적정하게 급액하였다.

8) 생육조사 : 정식 후 뿌리가 활착한 뒤 7일 간격으로 엽수, 엽장, 엽폭을 6회 조사하였고, 수확개시 후 숙기가 일정한 과일을 수확하여 과중, 과장, 과경, 당도, 수량을 조사하였다.

다. 결과 및 고찰

초기생육 조사에서 엽수는 세 종류의 배지 모두 유의한 차이가 없었다. 엽장과 엽폭은 다른 두 처리구에 비해서 혼합상토배지에서 가장 높은 수치를 나타내었고, 나머지 두 처리간에는 유의성 있는 차이가 없었다. 혼합상토배지에서 초기의 엽 생장이 좋았던 것은 배지의 물리성이 우수하여 보수력과 배수가 양호하여 충분한 뿌리의 발달에 기여했기 때문으로 생각된다.

과중, 과장, 과경 그리고 과실의 당도는 처리간에 유의성 있는 차이가 없었다. 과실수는 왕겨혼합배지에서는 가장 적었고, 다른 두 처리구간에는 유의한 차이가 없었다. 주당 수량은 혼합상토 배지에서 가장 높았고, 왕겨혼합 배지에서 가장 낮았다. 왕겨배지는 배지내의 간극이 크고 발수성이 강하고 보수력이 약하다.

또한 리그닌이나 규산을 많이 함유하고 있으므로 미생물에 의한 분해가 어려운 편이다. 따라서 기상율이 높고 뿌리의 산소공급에는 극히 양호한 배지이다. 그러나, 수분의 보수력이 약하기 때문에 이러한 물리적 성질에 맞는 적절한 급액 관리를 하거나 보수력이 강한 타 자재와의 혼합으로 보정할 필요가 있다. 왕겨와 타 자재의 혼합에 있어서 혼합자재의 종류와 혼합율에 대해서는 앞으로 더 많은 연구가 필요한 것으로 생각된다.

Table 3-15. Effect of substrate on early growth of strawberries in hydroponics in plastic house.

Growth stage	Substrates	Mean		
		No. of leaf	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)
October 6	Rice hulls+Cocopeat	4.4	12.0	5.5
	Cocopeat	5.2	11.9	5.7
	Nursery media	4.7	11.2	5.3
	LSD(p<0.05)	0.3	NS	NS
October 13	Rice hulls+Cocopeat	4.6	15.8	7.1
	Cocopeat	4.9	16.0	7.0
	Nursery media	4.8	18.5	7.8
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
October 20	Rice hulls+Cocopeat	5.2	18.4	7.5
	Cocopeat	5.5	19.0	7.8
	Nursery media	5.3	21.4	8.6
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
October 27	Rice hulls+Cocopeat	5.0	18.0	7.6
	Cocopeat	5.3	18.4	7.9
	Nursery media	5.4	21.5	8.8
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
November 3	Rice hulls+Cocopeat	5.8	18.4	7.6
	Cocopeat	5.9	19.8	7.9
	Nursery media	6.2	22.3	8.7
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
November 10	Rice hulls+Cocopeat	6.2	19.7	7.8
	Cocopeat	7.1	20.1	8.0
	Nursery media	6.6	22.5	8.8
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
Mean	Rice hulls+Cocopeat	5.2	17.0	7.2
	Cocopeat	5.7	17.5	7.4
	Nursery media	5.5	19.6	8.0
	LSD(p<0.05)	0.4	1.2	0.4
	Treatment	NS	**	**
	Stage	***	***	***
	Treatment * Stage	NS	NS	NS

Table 3-16. Effect of substrate on fruit quality and yield of strawberries in hydroponics in plastic house.

Growth stage (G)	Substrates (S)	Mean					
		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids ($^{\circ}$ Brix)	No. of fruit (ea/plant)	Yield per plant (g/plant)
Dec.	Cocopeat	21.7	55.9	31.2	11.1	6.5	140.6
	Nursery media	25.7	61.2	32.7	11.6	4.7	121.4
	Rice hulls +Cocopeat	21.0	54.4	31.7	11.1	3.8	83.7
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Jan.	Cocopeat	22.5	56.1	31.2	12.4	3.7	83.4
	Nursery media	27.2	56.8	33.4	12.6	2.9	79.7
	Rice hulls +Cocopeat	20.1	51.5	30.0	12.6	3.1	59.5
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Feb.	Cocopeat	25.7	60.0	32.8	11.9	2.0	49.0
	Nursery media	30.9	60.4	35.4	12.2	2.4	75.8
	Rice hulls +Cocopeat	28.2	60.1	32.2	12.5	1.2	33.7
	LSD(p<0.05)	NS	NS	2.7	NS	NS	NS
Mar.	Cocopeat	21.6	59.1	30.1	11.9	2.6	55.5
	Nursery media	27.1	62.2	41.6	11.3	2.5	68.3
	Rice hulls +Cocopeat	25.0	62.1	33.1	11.9	1.3	32.1
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	34.0
Apr.	Cocopeat	18.9	56.0	34.0	10.4	2.1	40.2
	Nursery media	21.6	54.3	30.7	9.8	2.3	52.2
	Rice hulls +Cocopeat	20.7	56.4	30.8	10.0	1.8	39.1
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
May	Cocopeat	28.2	60.9	34.7	10.2	4.5	126.7
	Nursery media	22.1	56.4	32.1	9.8	6.7	148.7
	Rice hulls +Cocopeat	24.6	58.2	33.0	9.9	5.6	139.3
	LSD(p<0.05)	3.3	3.8	1.4	NS	NS	NS
Mean	Cocopeat	23.1	58.0	32.3	11.3	3.6	82.5
	Nursery media	25.8	58.5	34.3	11.2	3.6	91.0
	Rice hulls +Cocopeat	23.3	57.1	31.8	11.3	2.8	64.6
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	0.6	17.9
	Treatment(T)	*	NS	NS	***	***	***
	Growth stage(G)	NS	NS	NS	NS	*	*
	T×G	NS	NS	NS	NS	*	NS

Table 3-17. Effect of substrate on total yield and fruit quality in hydroponics in plastic house.

Substrates	Mean					
	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	No. of fruit (ea/plant)	Total yield per plant (g/plant)
Cocopeat	23.1	58.0	32.3	11.3	21.3	495.0
Nursery media	25.8	58.5	34.3	11.2	21.6	545.9
Rice hulls + Cocopeat	23.3	57.1	31.8	11.3	11.9	387.4
LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	4.7	149.3

본 실험의 결과에서 혼합상토 배지의 우수성을 입증하여 사용가능성을 밝혔는데, 상토배지는 국내의 완제품으로 구입이 용이하고 가볍고 사용이 간편하여 딸기고설수경재배농가에서 유용하게 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

왕겨혼합 배지가 낮은 수량을 나타내었지만 물리적 성질을 개량하면 훌륭한 고품배지로 이용 가능할 것으로 생각되었다. 농가에서는 무엇보다 값이 싸고 가벼워서 사용이 편리하고 구입이 쉬워서 편리하게 사용할 수 있을 것으로 생각되나, 다른 자재와의 혼합에 있어서 작업의 번거로움과 적절한 혼합비 및 균일한 혼합이 중요하다.

4. 적정 배지량

가. 실험 목적

고형배지 재배에서 적정한 배지의 양의 식물의 뿌리발달 특성에 따라 달라지지만, 배지량이 많을수록 염기치환용량이 비교적 낮아도 배지 전체로서 필요로 하는 비료성분의 치환용량이 확보될 수 있으며, 배지량이 많으면 양수분의 완충능력이 커지므로 안전성이 높고 관리에 여유가 생길 수 있어서 유리하다. 그러나 배지의 양은 생산비와 직접 관련되며, 특히 고설재배의 경우에는 배지의 양에 따라 베드 전체의 하중에 가장 큰 영향을 미치게 되어 골조의 구조와 지주의 간격에 영향을 준다. 그러므로 딸기의 생육과 생산지를 고려한 적절한 배지의 양을 구명하는 것이 중요하다.

적정한 배지의 양은 배지의 종류, 딸기의 품종, 베드의 구조 등에 따라서도 달라질 수 있지만, 본 실험에서는 펄라이트 배지를 사용하여 딸기 생육에 적정한 배지의 양을 구명하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

고설벤치의 스티로폼 베드에 주당 1, 2, 3리터씩으로 하여 펄라이트 배지를 충전하고, 딸기의 아키히메 품종을 2003년 9월 5일에 주간 20cm 간격으로 2조씩 정식하였다. 각 처리구별로 배양액 탱크를 부착하여 배양액을 순환식으로 공급하였다. 배양액 조성은 야마자키 조성 딸기 전용배양액으로 생육단계에 따라서 적정한 농도로 조절하여 공급하였다. 딸기의 초기 생육과 과실의 품질 및 수량을 조사하였다.

다. 결과 및 고찰

딸기의 초기생육은 주당 배지량 1리터 처리구에서 엽장과 엽폭이 다른 처리구에 비해서 생육시기에 따라서 낮은 수치를 나타내었다. 그러나 2리터와 3리터 처리구에서는 전체적으로 유의성있는 차이가 없었다. 딸기의 초기생육조사의 결과 펄라이트배지에서의 적정배지량은 최소한 1리터 이상이 필요한 것으로 생각되었다.

Table 3-18. Effect of perlite substrate volume per plant on early growth of strawberries at different growth stage in hydroponics in glasshouse.

Growth stage	Substrates volume (ℓ/plant)	Mean		
		No. of leaf	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)
Sep. 30	1 Liter	3.8 a	17.7 b	6.5 a
	2 Liter	3.5 a	17.9 ab	6.4 a
	3 Liter	3.6 a	18.8 a	6.6 a
Oct. 07	1 Liter	4.3 a	18.9 a	6.7 a
	2 Liter	4.4 a	20.2 a	6.9 a
	3 Liter	4.3 a	20.4 a	7.0 a
Oct. 14	1 Liter	4.8 a	19.2 a	6.8 a
	2 Liter	4.8 a	20.8 a	7.0 a
	3 Liter	4.6 a	20.8 a	7.1 a
Oct. 21	1 Liter	5.4 a	19.3 a	6.6 a
	2 Liter	5.6 a	21.0 a	7.0 a
	3 Liter	5.4 a	21.0 a	7.1 a
Oct. 28	1 Liter	5.9 a	19.7 a	6.8 a
	2 Liter	6.2 a	21.4 a	7.2 a
	3 Liter	6.1 a	21.2 a	7.1 a
Nov. 04	1 Liter	5.9 b	19.7 a	6.8 a
	2 Liter	6.6 ab	20.9 a	7.3 a
	3 Liter	6.4 a	20.8 a	7.2 a
Nov. 11	1 Liter	6.4 a	19.7 b	6.9 a
	2 Liter	6.9 a	22.2 a	7.4 a
	3 Liter	7.1 a	21.6 ab	7.1 a
Nov. 18	1 Liter	7.4 a	20.2 a	6.9 a
	2 Liter	7.5 a	22.3 a	7.2 a
	3 Liter	7.5 a	21.3 a	7.1 a
Mean	1 Liter	5.5 a	19.3 b	6.7 b
	2 Liter	5.7 a	20.8 a	7.1 a
	3 Liter	5.6 a	20.7 a	7.0 a
Substrates volume(S)		NS	***	**
Growth stage(G)		***	***	*
S * G		NS	NS	NS

Table 3-19. Effect of perlite substrate volume per plant on fruit quality and yield of strawberries at different growth stage in hydroponics in glasshouse.

Growth stage	Substrates volume (ℓ/plant)	Mean					
		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solid content (°Brix)	Yield (g/plant)	Fruit No. (ea/plant)
December	1 Liter	18.3 b	48.9 b	30.1 b	8.4 a	60.1 b	3.5 b
	2 Liter	20.8 a	51.0 a	31.7 a	8.4 a	60.0 b	3.1 c
	3 Liter	15.5 c	46.4 c	28.1 c	8.8 a	64.8 a	4.3 a
January	1 Liter	16.6 a	48.4 a	27.5 a	9.0 b	83.1 b	5.1 a
	2 Liter	17.3 a	48.6 a	27.5 a	9.3 a	94.4 a	5.6 a
	3 Liter	12.6 b	43.4 b	25.2 b	10.2 c	49.7 c	3.8 b
February	1 Liter	16.8 a	51.2 a	28.5 a	9.0 a	89.2 a	5.3 a
	2 Liter	15.4 a	48.9 a	27.4 a	9.4 b	76.7 b	5.0 a
	3 Liter	20.7 a	53.7 a	29.6 a	8.4 c	71.8 c	3.7 b
March	1 Liter	17.2 a	52.1 a	28.1 a	7.7 a	83.4 a	4.6 ab
	2 Liter	17.9 a	53.7 a	28.3 a	7.6 b	64.3 b	3.7 b
	3 Liter	17.2 a	50.1 a	28.3 a	8.3 a	85.8 a	5.2 a
April	1 Liter	16.1 a	51.5 a	27.5 ab	8.0 a	91.3 ab	5.9 a
	2 Liter	16.2 a	51.3 a	29.2 a	7.9 a	92.9 b	5.9 a
	3 Liter	15.3 a	50.1 a	27.1 b	8.2 a	88.9 a	5.8 a
May	1 Liter	13.6 a	47.4 a	26.5 a	9.5 a	49.6 b	3.5 b
	2 Liter	14.1 a	48.7 a	27.2 a	9.7 a	59.5 a	4.3 a
	3 Liter	14.3 a	48.5 a	26.8 a	9.4 a	42.9 b	3.0 b
Mean	1 Liter	16.5a	50.0a	28.1ab	8.6a	76.2a	4.6a
	2 Liter	17.0a	50.4a	28.5a	8.8a	74.6b	4.6a
	3 Liter	16.0a	48.5b	27.6b	8.8a	66.7c	4.3b
Substrates volume(S)		NS	*	*	NS	***	*
Growth stage(G)		***	***	***	***	***	***
S × G		***	*	*	*	***	***

딸기 과실의 품질과 수량에 미치는 배지량의 결과는 과중, 과장, 과실의 당도에는 처리간의 유의성 있는 차이가 없었다. 과경과 과실수는 3리터 처리구에서 가장 낮았으며 나머지 두 처리간에는 차이가 없었다. 주당 수량은 1리터구가 가장 높았고 2리터, 3리터 순으로 높았다. 본 실험의 결과에서 3리터구에서 주당 수량이 낮은 것은 이상하지만 딸기의 고설수경재배에서 펄라이트 배지를 사용할 경우, 주당 적정 배지량은 1.5~2.0리터가 적정한 것으로 생각된다.

Table 3-20. Effect of perlite substrate volume per plant on total yield and fruit quality in hydroponics in glasshouse.

Substrates volume (ℓ/plant)	Mean					
	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	Yield (g/plant)	Fruit No. (ea/plant)
1 Liter	16.5a	50.0a	28.1ab	8.6a	456.9a	27.8a
2 Liter	16.9a	50.4a	28.6a	8.8a	447.7b	27.6a
3 Liter	16.0a	48.5a	27.6b	8.7a	400.4c	25.6b
Treatment	NS	NS	NS	NS	***	*

[결론]

딸기 고설수경재배용 배지로서 딸기 뿌리의 생리특성에 맞춘 새로운 개념의 상층부의 보수성 확보와 하층부의 통기성 강화를 만족시키는 코코피트/펄라이트의 2층 배지를 개발하였다. 그리고, 혼합상토배지의 수경재배용 배지로서의 사용가능성을 증명하였으며, 왕겨와 보수력이 있는 타배지와 혼합에 의한 이용 가능성을 제시하였다. 딸기의 고품배지에 적정한 배지량은 주당 1.5~2리터로 구명하였다.

제 2 절 배양액 관리기술 개발

1. 딸기전용 배양액 개발

가. 배지 종류별 양분흡수 특성

1) 실험 목적

작물의 성공적인 수경재배를 위해서 가장 중요한 것은 먼저 그 작물의 양분흡수특성을 파악하여 그에 맞는 배양액조성을 밝히는 것이다. 작물의 양분흡수특성은 품종, 환경조건, 생육단계 등에 따라서 달라질 수 있다. 딸기의 배양액 조성은 야마자키(山崎)처방, 치바농시(千葉農試)처방, 일본원시(園試)처방 등이 있는데, 그 중에서는 야마자키 처방이 가장 바람직하다고 하나, 야마자키 딸기 처방은 宝交早生 품종의 n/w 조사에 의한 결과이다. 본 실험에서는 딸기의 아키히메(章姬) 품종을 공시하여 야마자키 배양액 조성으로 배지의 종류에 따른 생육단계별 양분흡수특성을 조사하고자 하였다.

2) 재료 및 방법

딸기묘는 경남 산청의 딸기재배 농가에서 육묘한 '章姬(아키히메)'를 사용하였다. 화아분화를 확인한 묘를 2002년 10월 19일에 주당 20cm 간격으로 정식하였다. 유리온실에 고설벤치를 1m 50cm의 높이에 설치하고 스티로폼 베드를 얹어서 펄라이트, 코코피트, 입상암면, 그리고, 버섯재배 종료 후 폐기시키는 톱밥을 각각 층진하였다. 고히배지의 종류별로 반복구 마다 각각 200리터의 배양액탱크를 부착시켜서 야마자키 조성 딸기전용 배양액을 순환식으로 공급하였다. 급액은 타이폰을 사용하여 타이머로 급액 횟수와 급액량을 조절하였다. 배양액 분석은 $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 질소전극(Orion 720A, USA)을 사용하여 측정하였고, 나머지 무기이온은 ICP(Varian Livity Series II, Australia)를 사용하여 분석하였다.

급액량은 다음과 같이 배지의 종류별로 적절하게 조정하였다. 타이폰의 급액량은 20ml/분의 용량으로 급액되는 램(Netafim, Isral)을 사용하였다.

Perlite : 140ml/주/일 6회/일 2분 7시, 9, 11, 1, 3, 5 =240ml

Cocopeat : 120ml/주/일 5회/일 2분 7, 9, 12, 2, 5 =200ml

Rockwool, 톱밥배지 : 110ml/주/일 4회 2분 7, 10, 2, 5 =160ml

Table 3-21. Yamazaki's nutrient solution composition for strawberry.

다량원소 ($\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-P}$	K	Ca	Mg
	5	0.5	1.5	3	2	1
미량원소 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
	2	0.2	0.2	0.02	0.01	0.005
정식후①				0.5-0.8		
EC	개화기②			1.0		
($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	수확기③			1.5		
	말기 ④			1.5		



사진 3-3. 실험온실의 배지종류별 n/w 조사 시설

3) 결과 및 고찰

버섯재배 폐배지를 제외한 나머지 세 종류의 배지에서는 대체적으로 원활한 질산태질소의 흡수를 나타내었는데, 펠라이트와 입상암면에서 비슷한 농도로 흡수되었으며 코코피트배지에서 약간 높은 흡수농도를 나타내었다.

버섯 폐배지에서는 인산의 흡수가 거의 이루어지지 않았으나, 다른 배지에서는 비슷한 흡수경향을 나타내었다. 초기에는 비교적 높은 농도로 흡수되었으나 점차 감소하여 세배지 모두 4me/L의 흡수농도를 나타내었다.

초기에는 배지의 종류별로 각각 다른 흡수농도를 나타내었으나 점차 비슷한 흡수경향을 나타내어, 대체적으로 3~5me/L의 흡수농도를 나타내었다. 버섯재배 폐배지에서는 재배 중기까지 칼륨의 흡수도 거의 나타나지 않았다.

코코피트배지에서 생육초기에 이상적으로 높은 농도의 칼슘 흡수를 나타내었으나 점차 낮아져서 버섯재배 폐배지와 같은 흡수농도를 나타내었다. 암면배지에서 가장 낮은 흡수농도를 나타내었고 펠라이트배지에서는 2~3me/L 정도의 흡수농도를 나타내었다.

코코피트배지에서는 이상적으로 높은 농도의 마그네슘 흡수를 나타내었으나 점차 감소하였고, 그 다음으로 펠라이트배지에서 높았으며 버섯재배 폐배지에서는 여전히 재배말기까지 거의 흡수를 나타내지 않았다. 세 배지에서 모두 마그네슘의 흡수는 대체적으로 1me/L 정도의 농도를 나타내었다.

철분은 생육초기에는 모든 배지에서 높은 흡수농도를 나타내었으나 그 후에는 모두 안정적으로 1~2ppm 정도의 흡수농도를 나타내었다.

버섯재배 폐배지를 제외하고는 다른 배지에서는 붕소의 흡수농도가 대략 0.3~0.5ppm 정도의 흡수농도를 나타내었다.

재배초기에 이상적으로 높은 망간흡수농도를 나타내었으나 점차 감소하였다. 버섯재배 폐배지를 제외하고는 대체적으로 0.2~0.3ppm의 흡수농도를 나타내었다.

입상암면배지에서는 0.5~1ppm 정도의 흡수농도를 나타내고 나머지 배지에서는 거의 흡수농도를 나타내지 않았다.

버섯재배 폐배지와 입상암면에서는 이상적으로 높은 흡수농도를 나타내었으나 다른 배지에서는 거의 銅의 흡수를 나타내지 않았다.

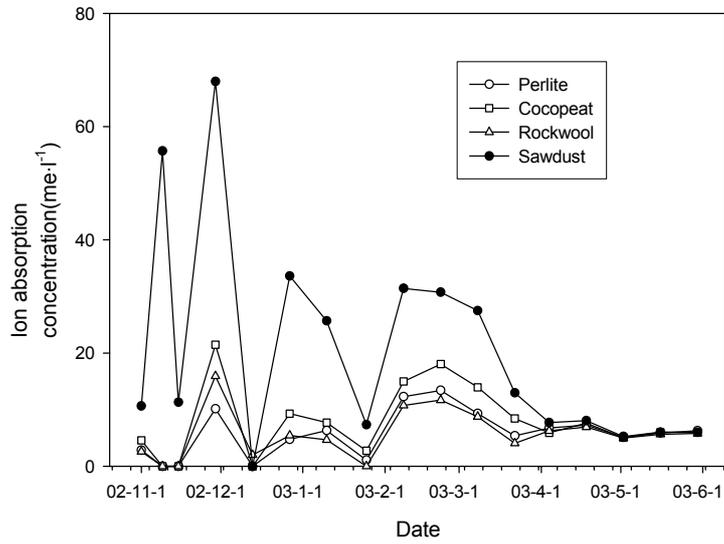


Fig. 3-2. Changes in absorption concentration of NO₃-N of strawberries in four different hydroponic substrates.

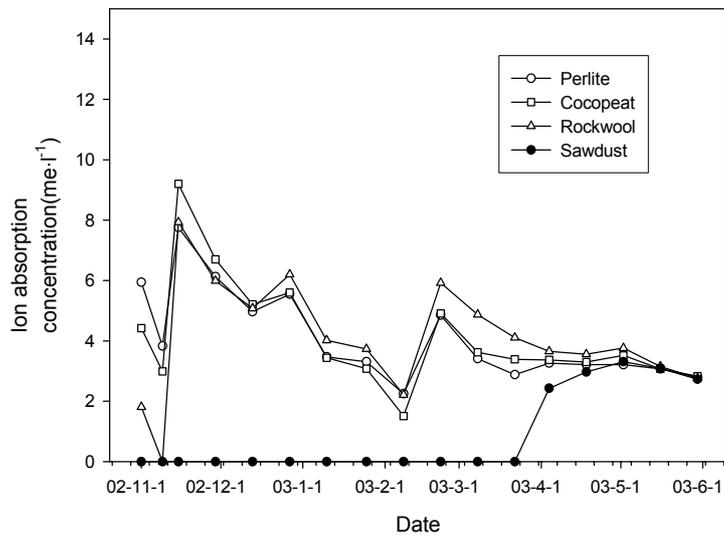


Fig. 3-3. Changes in absorption concentration of P of strawberries in four different hydroponic substrates.

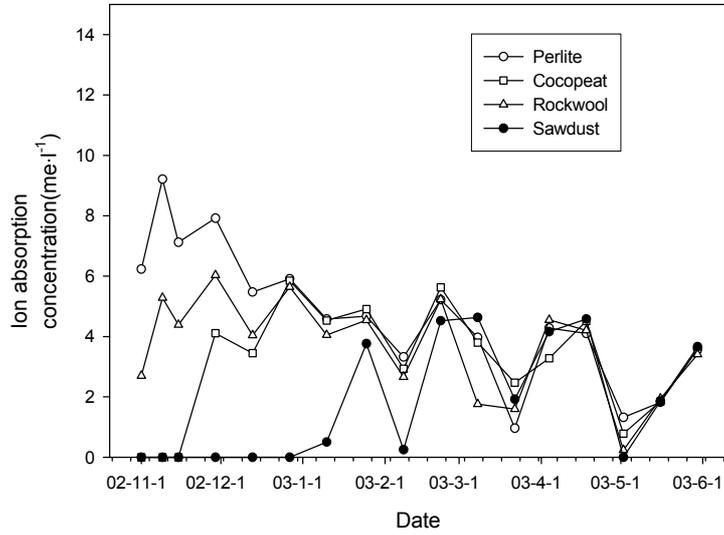


Fig. 3-4. Change in absorption concentration of K of strawberries in four different hydroponic substrates.

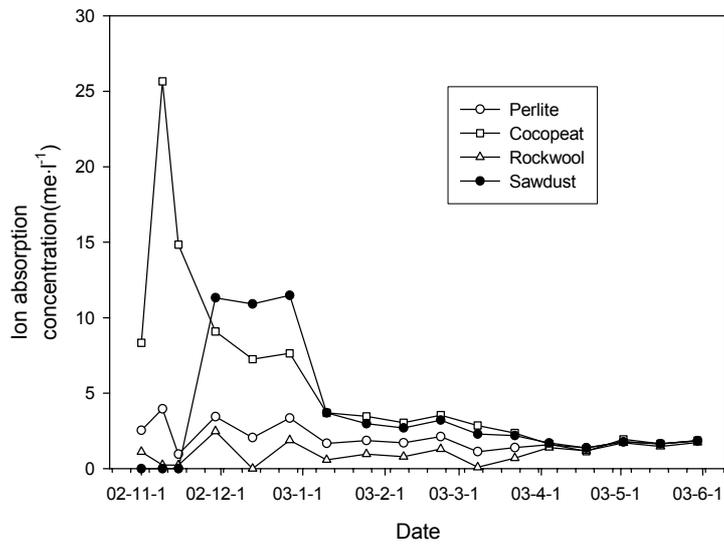


Fig. 3-5. Change in absorption concentration of Ca of strawberries in four different hydroponic substrates.

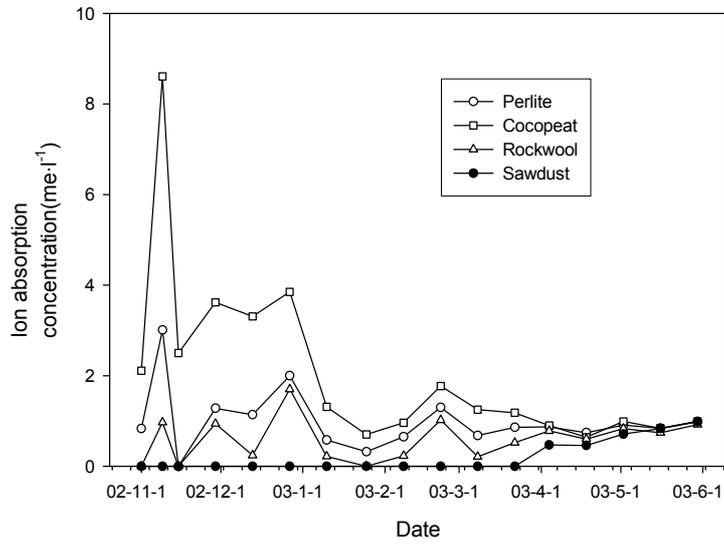


Fig. 3-6. Changes in absorption concentration of Mg of strawberries in four different hydroponic substrates.

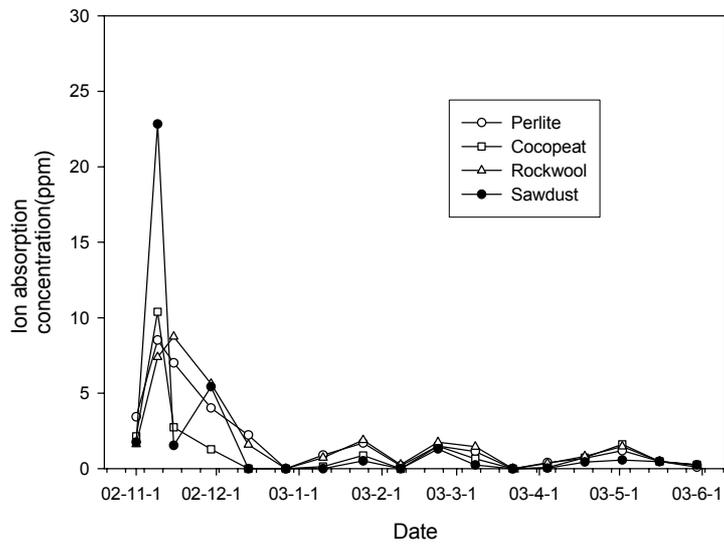


Fig. 3-7. Changes in absorption concentration of Fe of strawberries in four different hydroponic substrates.

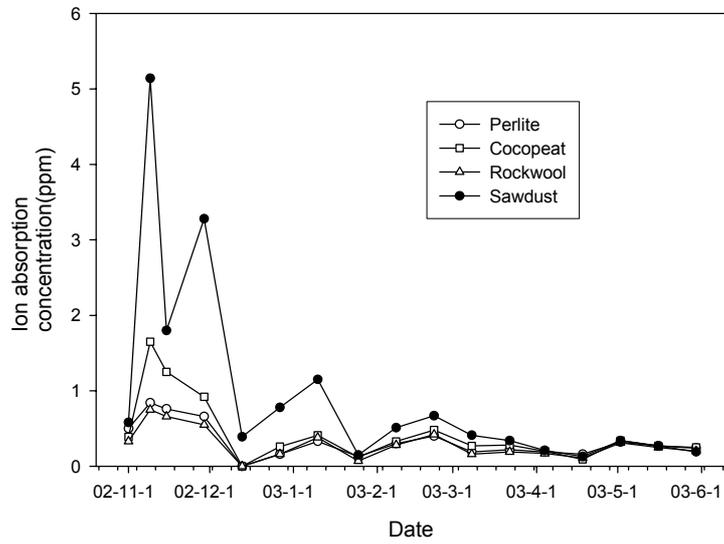


Fig. 3-8. Change in absorption concentration of B of strawberries in four different hydroponic substrates.

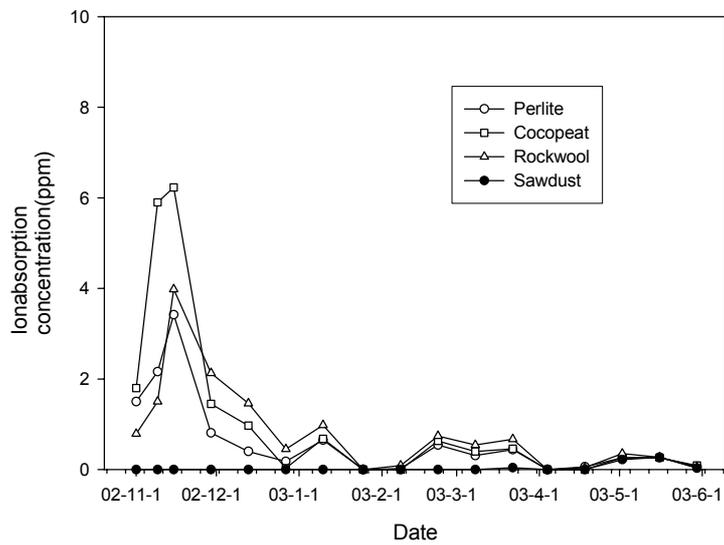


Fig. 3-9. Changes in absorption concentration of Mn of strawberries in four different hydroponic substrates.

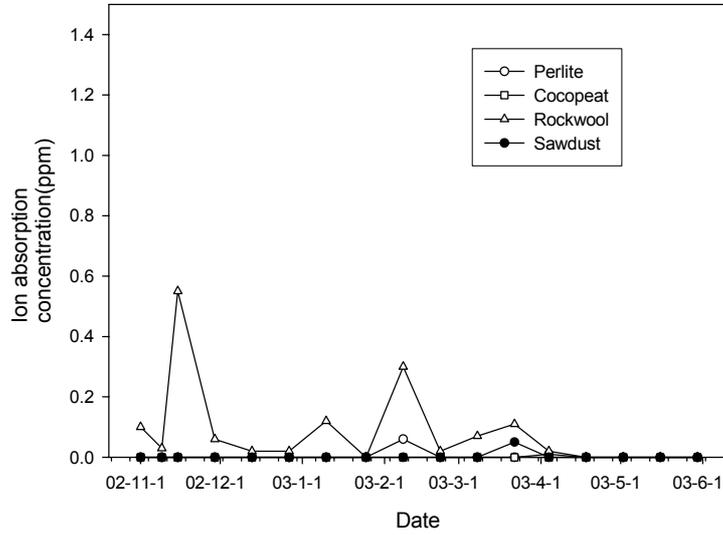


Fig. 3-10. Changes in absorption concentration of Zn of strawberries in four different hydroponic substrates.

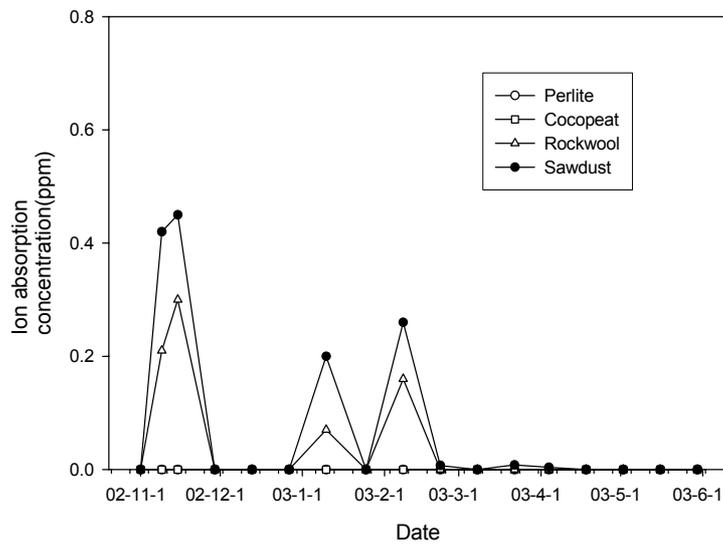


Fig. 3-11. Changes in absorption concentration of Cu of strawberries in four different hydroponic substrates.

나. 무기배지에서의 딸기 양분흡수 특성

1) 실험 목적

전년도의 n/w 실험에서는 배지의 종류에 따라서 비료 성분별 흡수농도를 조사하였는데, 배지의 종류에 따라서 약간씩 차이는 있었지만 큰 차이를 나타내지는 않았다. 유기배지 중에서는 배양액의 비료분을 흡착하거나 용출하는 성질을 가진 경우가 있다. 코코넛 섬유배지는 배지 자체의 칼륨이 용출되어 배지내의 칼륨함량이 많아지는 수가 있으며, 피트모스는 배양액 중의 칼륨을 흡착하는 특성이 있다. 그리고 왕겨는 철, 망간, 아연 등 미량요소의 흡착이나 집적이 되기 쉬운 성질이 있다.

본 실험에서는 화학적인 성질이 안정된 무기배지인 펄라이트 배지를 이용하여 n/w를 조사하였다.

2) 재료 및 방법

2003년 9월 5일에 품종이 아끼히메(章姬)인 딸기묘를 구입하여 펄라이트 배지에 20cm 간격으로 2조식으로 정식하였다. 배지량은 주당 2L가 되게 하였다. 수경재배시설은 순환식으로 각각의 라인에 200L의 순환탱크를 설치하여 순환하게 하였다. 급액은 타이푼을 사용하여 타이머로 급액 횟수와 급액량을 조절하였다. 배양액은 야마자키 조성 딸기배양액을 이용하여 배양액의 농도는 정식 후 :0.4~0.6 dS · m⁻¹, 개화개시기 0.8~1.0dS · m⁻¹, 수확개시기 1.0~1.2dS · m⁻¹ 으로 생육단계에 따라 적절하게 농도를 조절하여 공급하였다. 배양액 분석은 질산태질소는 질소전극(ORION 720A⁺, USA)을 사용하였고, 나머지 무기이온은 ICP(Varian Livity Series II, Australia)를 사용하여 분석하였다.

3) 결과 및 고찰

과실의 착과와 성숙이 계속되면서 NO₃-N의 흡수가 11me/L 까지 증가하였다가 수확딸기 가까이에서 10me/L로 약간 감소하였다가 다시 증가하였다.

과실의 성숙과 함께 인의 흡수도 증가하여 수확딸기까지 대체적으로 2.5~

3.5me/L정도의 흡수량을 나타내었다.

과실의 수확기간 동안 대체적으로 3~4me/L 정도를 흡수하였으나 재배 말기에 상승하는 경향을 나타내었다.

칼슘의 흡수가 4me/L이상으로 높은 수치를 나타내었으며 6me/L이상의 흡수도 나타내어 이상적으로 높은 수치를 보였다.

마그네슘의 흡수는 약간 높은 흡수를 나타내는 시기도 있었으나 대체적으로 3me/L의 흡수량을 나타내었다.

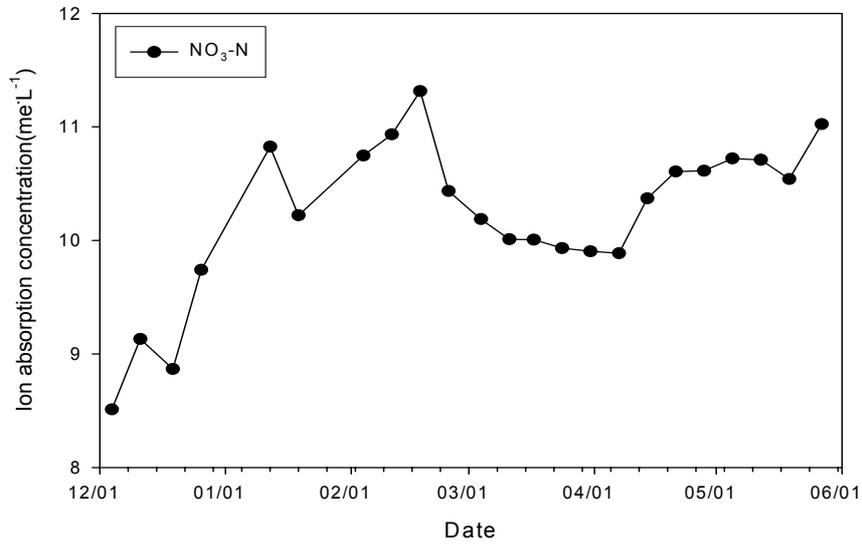


Fig. 3-12. Changes of absorption concentration of NO₃-N of strawberries in recirculated nutrient solution in glasshouse.

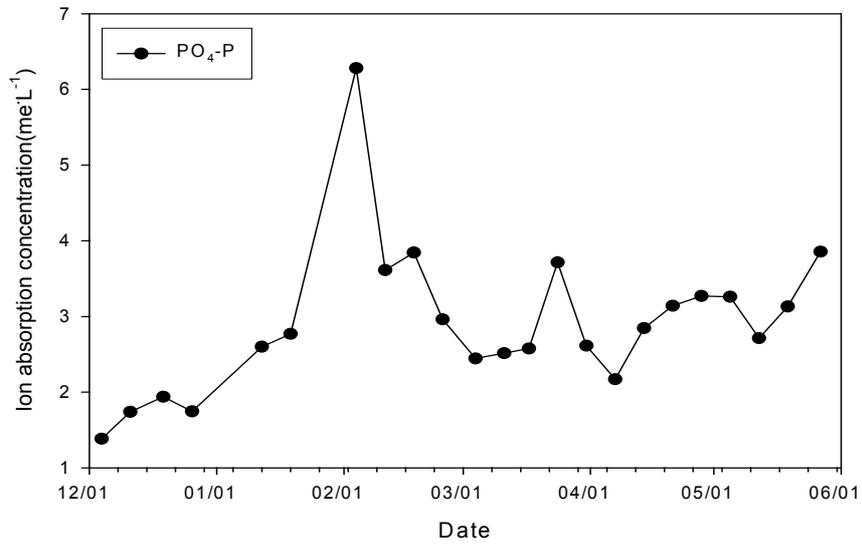


Fig. 3-13. Changes of absorption concentration of PO₄-P strawberries in recirculated nutrient solution in glasshouse.

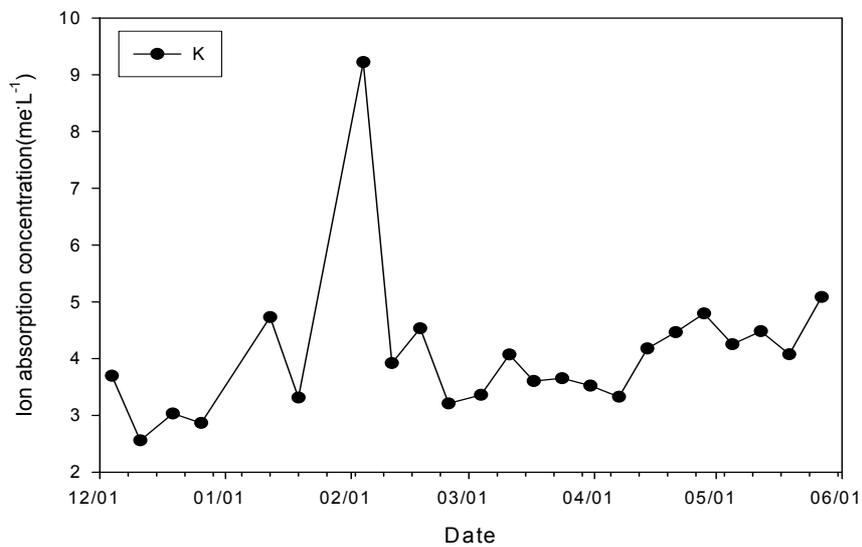


Fig. 3-14. Changes of absorption concentration of K of strawberries in recirculated nutrient solution in glasshouse.

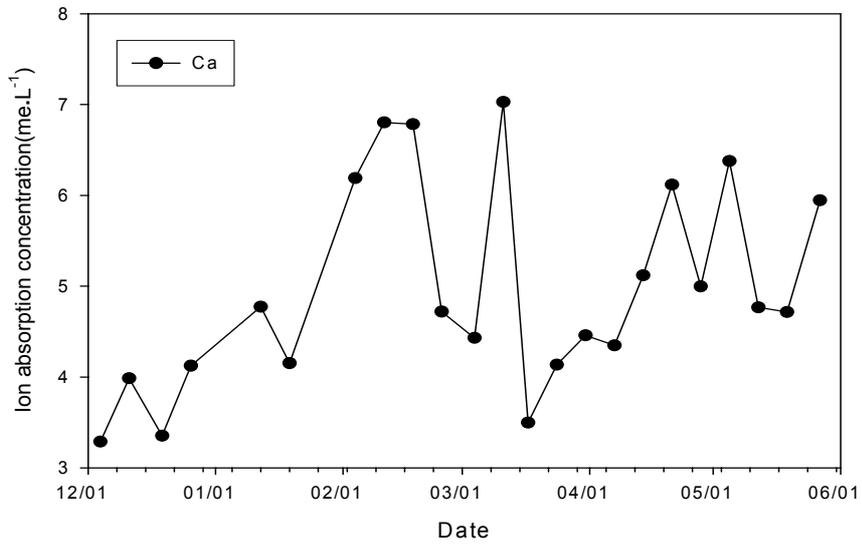


Fig. 3-15. Changes of absorption concentration of Ca of strawberries in recirculated nutrient solution in glasshouse.

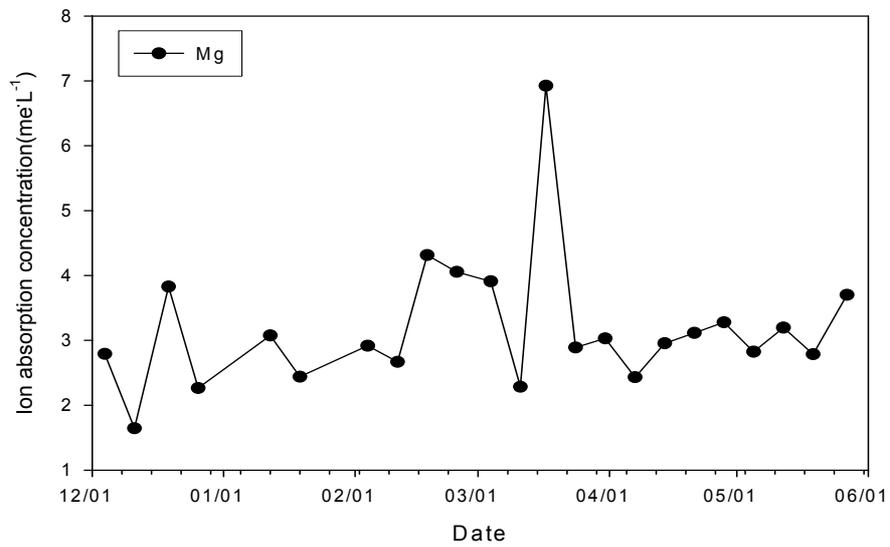


Fig. 3-16. Changes of absorption concentration of Mg of strawberries in recirculated nutrient solution in glasshouse.

다. 배양액 조성의 차이에 따른 양분흡수 특성

1) 실험목적

다른 작물과 마찬가지로 딸기도 생육단계에 따라서 비료의 흡수 성분이 달라진다.

본 실험에서는 배양액의 조성이 다른 배양액, 그리고 생육단계에 따라서 비료 성분의 조성을 달리한 배양액을 공급하여 딸기의 비료흡수 특성의 차이를 조사하고자 하였다. 또한 각각 다른 배양액 조성에 의한 생육 및 수량의 차이도 검토하고자 하였다.

2) 재료 및 방법

아끼히메(章姬)품종을 2004년 9월 7일에 주당 20cm 간격으로 재식하였다. 온실과 수경재배시설은 전년도와 동일한 시설과 방식으로 하였으나, 배지는 코코피트 배지로 주당 3L로 하였다. 배양액은 야마자키(山崎)조성 딸기전용 배양액, 지바농업시험장의 딸기전용배양액을 생육단계별로 성분을 조정한 배양액, 그리고 네델란드 PBG 조성 배양액을 사용하였다. 배양액의 농도는 정식후 :0.4~0.6 dS · m⁻¹, 개화개시기 0.8~1.0dS · m⁻¹, 수확개시기 1.0~1.2dS · m⁻¹ 로 하였으며 급액량은 생육단계와 기상환경에 따라 적정하게 조정하였다. 시험구 배치는 완전임의 배치법으로 3반복하여 반복당 10주를 선발하여 생육 및 수량을 조사하였다.

Table 3-22. Yamazaki's nutrient solution composition for strawberry.

NO ₃ -N (me/l)	NH ₄ -N (me/l)	P (me/l)	K (me/l)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	SO ₄ -S (me/l)	EC (dS·m ⁻¹)
5	0.5	1.5	3	2	1	1	0.75

Table 3-23. Nutrient solution composition by Chiba Prefectural Agriculture Research Center for strawberry.

생육단계	NO ₃ -N (me/l)	NH ₄ -N (me/l)	P (me/l)	K (me/l)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	SO ₄ -S (me/l)	EC (dS·m ⁻¹)
정식 ~ 1주간	3.2	0.7	2.1	2.1	1.1	0.5	0.5	0.6
정식1주간 ~ 보온개시기	4.3	0.9	2.8	2.8	1.4	0.7	0.7	0.8
보온개시기 ~ 개화시작기	5.3	1.2	3.6	3.6	1.8	0.9	0.9	1
개화시작기 ~ 수확시작기	6.4	0.7	4.3	5	2.1	1.1	1.1	1.2
수확시작기 ~ 정화방수확종료기	7.5	0.8	5	5.8	2.5	1.2	1.2	1.4
정화방수확종료기~ 휴면각성기	9.4	0.9	2.8	6.6	2.8	1.4	1.4	1.4
휴면각성기~수확종료	6.7	0.7	2	4.7	2	1	1	1

Table 3-24. Nutrient solution composition by PBG in Netherlands.

NO ₃ -N (me/l)	NH ₄ -N (me/l)	P (me/l)	K (me/l)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	SO ₄ -S (me/l)	EC (dS·m ⁻¹)
10	1.5	3.75	5.25	4.5	2.25	2.25	1.5

3) 결과 및 고찰

화방 출현 시기부터 NO₃-N의 흡수가 8~12me/L 정도였으나 수확 후기에 갑자기 흡수가 감소하였다.

전체적으로 P의 흡수량상이 복잡했지만 지바농시 배양액이 비교적 안정된 흡수패턴을 나타내었다. 흡수량은 2~6me/L 정도였다.

야마자키 배양액에서 수확중기에 흡수량이 낮아졌지만 나머지 처리에서는 비교적 안정된 흡수량상을 나타내었으며, 흡수량은 3~6me/L정도였다.

야마자키 배양액에서 가장 안정된 Ca 흡수패턴을 나타내었으며 흡수량은 1~3me/L정도로 낮았다.

수확초기에는 2~4me/L정도의 흡수량을 나타내었으나, 수확말기에는 1me/L정도의 낮은 흡수량을 나타내었다.

이상과 같이 전체적인 양분흡수의 패턴은 비슷한 것으로 나타났으나, 배양액 조성의 차이에 따라서 생육시기에 따른 비료성분별 흡수농도의 차이를 볼 수 있었다.

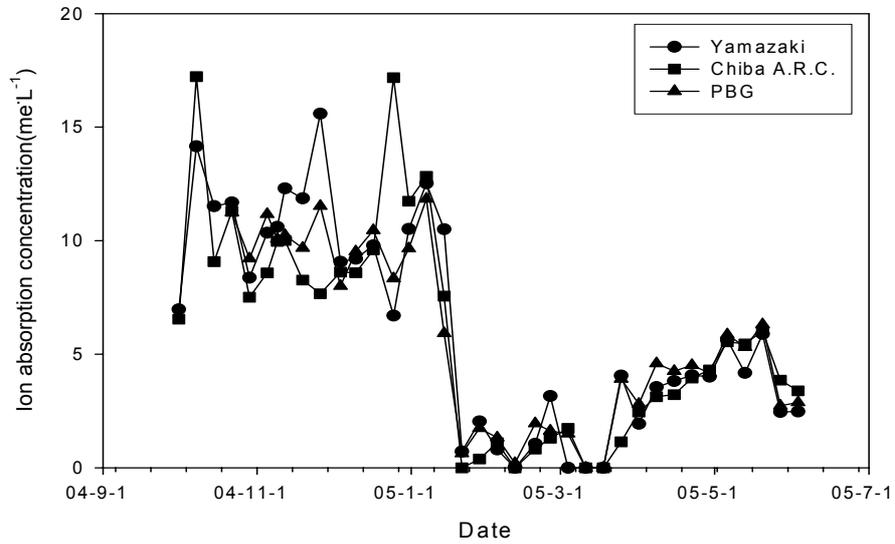


Fig.3-17 Changes in absorption concentration of $\text{NO}_3\text{-N}$ of strawberries with three different nutrient solution compositions in cocopeat substrate.

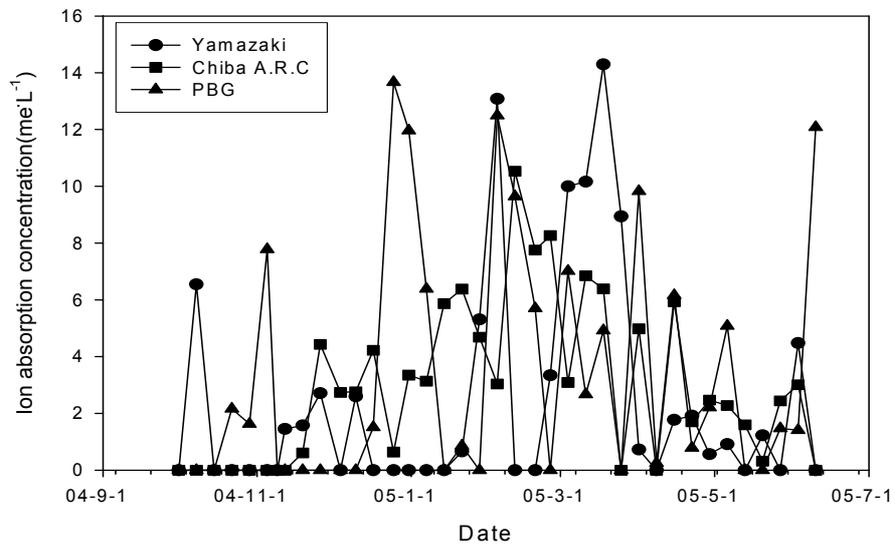


Fig. 3-18. Changes in absorption concentration of P of strawberries with three different nutrient solution compositions in cocopeat substrate.

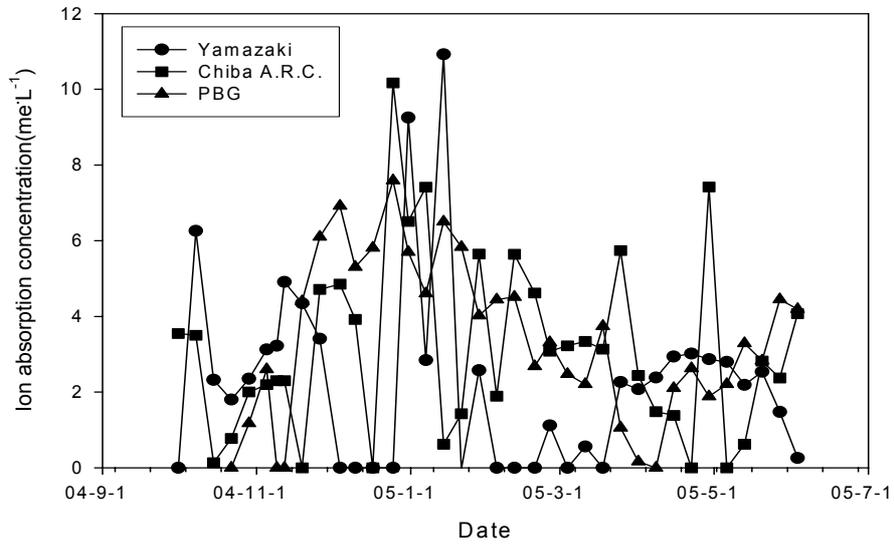


Fig. 3-19. Changes in absorption concentration of K of strawberries with three different nutrient solution compositions in cocopeat substrate.

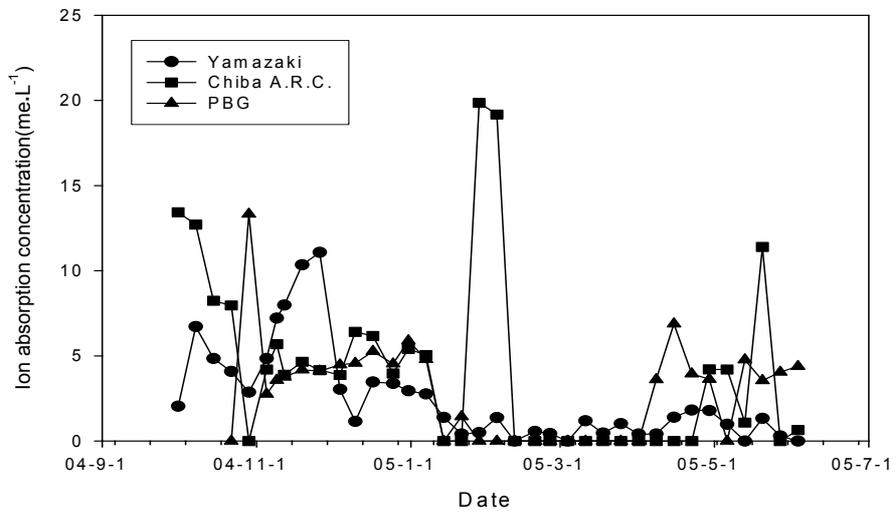


Fig. 3-20. Changes in absorption concentration of Ca of strawberries with three different nutrient solution compositions in cocopeat substrate.

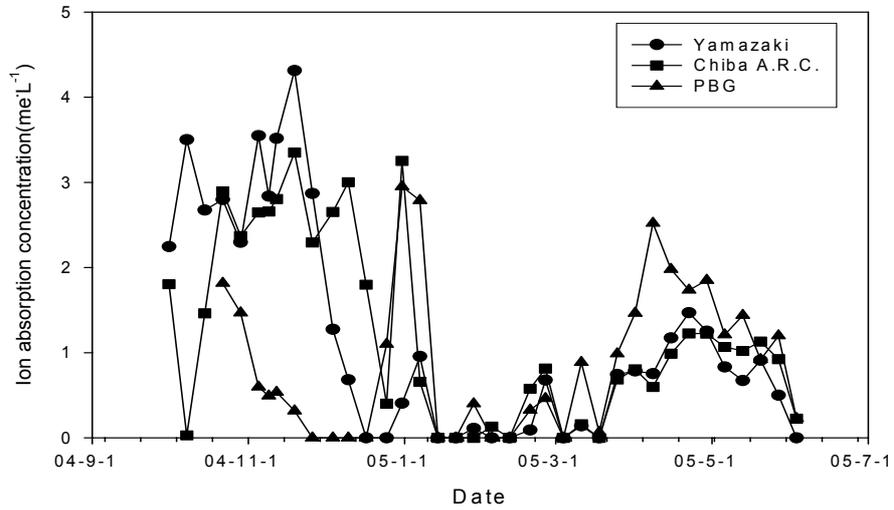


Fig. 3-21. Changes in absorption concentration of Mg of strawberries with three different nutrient solution compositions in cocopeat substrate.

배양액 조성의 차이에 따른 초기생육은 엽수와 엽장은 네덜란드의 PBG 배양액에서 다른 처리보다 높은 수치를 나타내었으나, 엽폭에서는 처리간에 차이가 없었다.

Table 3-25. Effect of nutrient solution composition on early growth of strawberries in hydroponics in greenhouse.

Growth stage	Nutrient solution	Mean		
		No. of leaf	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)
October 6	Yamazaki	5.1	17.8	8.4
	Chiba A.R.C	5.3	18.3	8.0
	PBG	5.6	19.7	8.4
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
October 13	Yamazaki	5.4	22.8	9.2
	Chiba A.R.C	5.8	22.6	9.0
	PBG	6.1	24.0	9.3
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
October 20	Yamazaki	6.3	21.8	9.3
	Chiba A.R.C	6.6	22.1	9.2
	PBG	6.7	23.6	9.5
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
October 27	Yamazaki	7.0	22.9	9.3
	Chiba A.R.C	7.3	22.6	9.2
	PBG	7.8	24.0	9.6
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
November 3	Yamazaki	7.3	23.0	9.3
	Chiba A.R.C	7.6	22.6	9.1
	PBG	8.2	24.1	9.5
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
Mean	Yamazaki	6.2	21.6	9.1
	Chiba A.R.C	6.5	21.7	8.9
	PBG	6.9	23.1	9.2
	LSD(p<0.05)	0.4	1.1	NS
	Stage	***	***	**
	Treatment	*	*	NS
Stage ×Treatment		NS	NS	NS

과실의 품질 및 수량도 모든 조사항목에서 처리간의 유의한 차이를 나타내지 않았는데, 다만 과장이 치바시험장 배양액 조성 처리에서 다른 처리구보다 약간 높은 수치를 나타냈다. 통계적인 유의한 차이는 없었으나 야마자키 배양액 조성에서 다른 처리구보다 수량이 높은 것을 볼 수 있었다.

Table 3-26. Effect of nutrient solution composition on fruit quality and yield of strawberries in hydroponics in greenhouse.

Growth stage (G)	Nutrient solution	Mean					
		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	No. of fruit (ea/plant)	Yield per plant (g/plant)
Dec.	Yamazaki	18.16	48.93	29.65	10.74	3.00	53.49
	Chiba A.R.C	19.19	49.20	30.76	10.88	2.40	47.80
	PBG	19.23	49.09	30.72	10.74	2.67	49.02
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Jan.	Yamazaki	14.92	45.68	25.57	11.67	4.67	69.18
	Chiba A.R.C	14.75	45.83	27.37	11.12	4.07	59.61
	PBG	14.77	45.92	29.44	11.12	4.67	70.00
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Feb.	Yamazaki	26.57	58.44	34.66	10.32	2.80	71.71
	Chiba A.R.C	27.19	59.54	32.95	10.83	2.37	61.51
	PBG	25.82	56.57	33.80	9.82	2.42	59.20
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mar.	Yamazaki	19.19	56.10	30.26	10.19	4.20	78.64
	Chiba A.R.C	20.71	58.06	29.78	9.71	3.87	75.01
	PBG	20.61	55.98	30.62	9.70	4.07	82.87
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Apr.	Yamazaki	22.29	59.32	31.12	8.92	3.60	79.16
	Chiba A.R.C	21.46	59.40	31.16	9.22	2.87	60.38
	PBG	23.09	59.46	31.20	8.68	3.00	68.92
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
May	Yamazaki	22.14	55.92	32.56	10.60	6.73	149.64
	Chiba A.R.C	23.99	58.17	33.70	10.36	5.33	124.94
	PBG	20.91	53.62	31.54	10.16	64.7	125.55
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mean	Yamazaki	20.55	54.06	30.97	10.41	4.17	83.64
	Chiba A.R.C	21.33	55.03	30.65	10.35	3.48	71.54
	PBG	20.74	53.44	31.22	10.04	3.88	75.93
	LSD(p<0.05)	NS	1.4085	NS	NS	NS	NS
	Growthstage (G)	****	***	***	***	***	***
	Treatment (T)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	G×T	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Table 3-27. Effect of nutrient solution composition on total yield and fruit quality in hydroponics in greenhouse.

Nutrient solution	Mean					
	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	No. of fruit (ea/plant)	Total yield per plant (g/plant)
Yamazaki	20.55	54.06	30.97	10.40	25.00	501.82
Chiba A.R.C	21.33	55.03	30.96	10.35	20.90	429.26
PBG	20.74	53.44	31.22	10.03	23.28	455.56
LSD(p<0.05)	NS	1.14	NS	NS	NS	NS

2. 순환식 배양액 관리기술 개발

가. 배양액 EC

1) 실험 목적

배양액의 관리는 크게 나누어 배양액의 조성, 배양액의 농도, 배양액의 산도 그리고 배양액의 급액량, 그리고, 배양액 온도관리로 구분할 수 있다. 딸기는 저농도의 비료분을 흡수하는 성질이 있어서 비료농도가 높으면 뿌리의 노화가 촉진되며 뿌리량이 적어진다. 또한 다른 작물과 마찬가지로 생육단계에 따라서도 양분의 흡수량이 달라지므로 건전한 딸기 생육을 위해서는 이에 대한 정확한 자료가 필요하다.

본 실험에서는 배양액 순환방식에서 서로 다른 배지에서 배양액의 EC 변화를 파악하여 딸기의 순환식 수경재배에서 적절한 배양액 농도 관리의 기술을 확립하고자 하였다.

2) 재료 및 방법

아키히메 품종을 사용하여 매년 각각 다른 종류의 배지 및 배양액의 조성에서

배양액 순환방식으로 재배하면서 배양액의 EC변화를 조사하였다. 양액재배온실에서는 n/w 방식으로 배양액 전부를 7일 단위로 교체하여 순환시켰고, 비닐온실에서는 실시간으로 소모되는 배양액 만큼의 표준배양액을 공급하는 방식을 채택하였다.

양액재배온실은 2002년도에는 펄라이트, 코코피트, 입상암면, 버섯재배 폐배지의 4종류의 고품배지의 종류에서, 2003년에는 배지량과 급액량에 따른 펄라이트 배지에서, 2004년에는 야마자키, 치바농시, 네덜란드 PBG의 배양액의 조성에 따른 코코피트배지에서 EC의 변화를 측정하였다. 배양액의 조성은 2002년도와 2003년도에는 야마자키 조성 딸기배양액을 사용하였고 2004년도에는 야마자키, 치바농시, 네덜란드 PBG 조성으로 나누어 처리하였다. 배양액의 농도는 정식후 :0.4~0.6 dS · m⁻¹, 개화개시기 0.8~1.0dS · m⁻¹, 수확개시기 1.0~1.2dS · m⁻¹ 로 급액하였다. 급액은 타이머를 이용하여 횟수와 양을 조절하여 타이폰으로 공급하였다.

비닐온실에서는 2003년에는 펄라이트, 코코피트, 코코피트/펄라이트(2층), 질석/펄라이트(2층), 왕겨와 코코피트의 혼합배지에서 그리고 2004년에는 코코피트, 혼합상토, 왕겨와 코코피트의 혼합배지에서 배양액의 EC변화를 조사하였다. 배양액의 조성은 야마자키 조성 딸기 배양액으로 하였고, 배양액의 농도는 정식후 0.4~0.6 dS · m⁻¹, 개화개시기 0.8~1.0dS · m⁻¹, 수확개시기 1.0~1.2dS · m⁻¹ 로 급액하였다. 급액은 타이머를 이용하여 횟수와 양을 조절하여 타이폰으로 공급하였다.

3) 결과 및 고찰

생육단계에 따라 배양액의 농도를 달리하여 공급하였는데, 생육초기에 버섯재배 폐배지에서만 이상적으로 높은 수치를 나타내었으나, 전체적인 배양액의 농도 변화는 비슷한 경향을 나타내었다. 그런데 생육후기에는 무기배지 두 가지는 약간 높은 수치를 나타내고 유기배지 두 가지는 약간 낮은 수치를 나타내어 비교가 되었다. 정식 후에는 EC 0.6dS · m⁻¹, 개화기에는 1.0dS · m⁻¹, 수확기에는 1.5dS · m⁻¹로 그리고 수확후기에는 점차 감소하여 1.0dS · m⁻¹로 감소하였다.

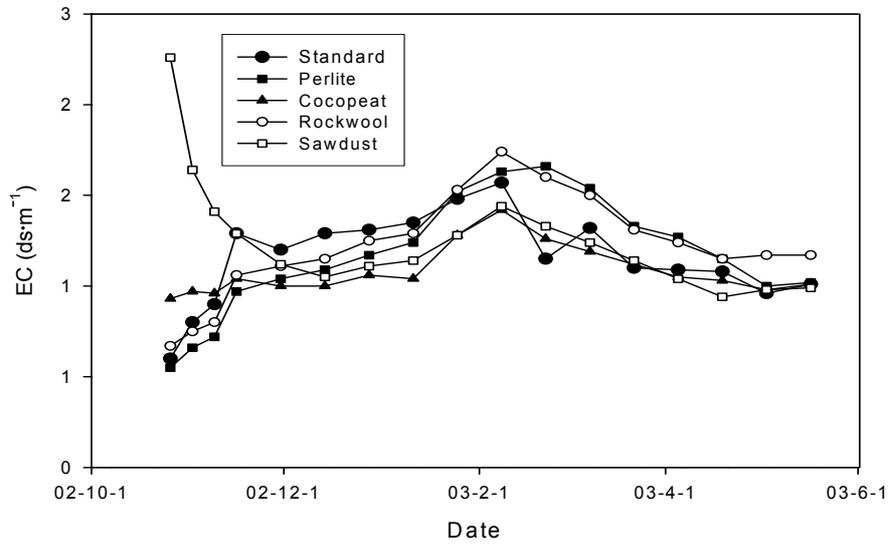


Fig. 3-22. Changes of EC of recirculated nutrient solution in four different hydroponic substrates.

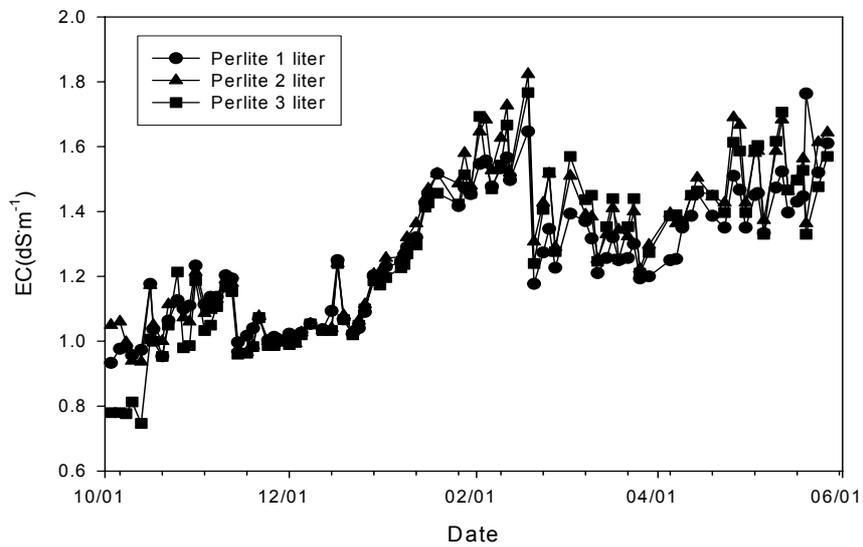


Fig. 3-23. Changes of EC of recirculated nutrient solution in different substrate volumes during the experiment in glasshouse.

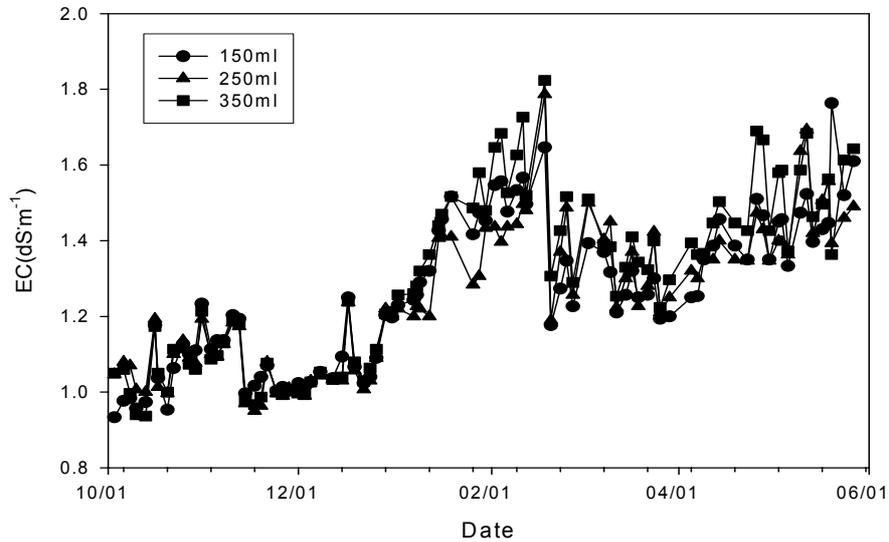


Fig. 3-24. Changes of EC of recirculated nutrient solution as different amount of solution supplied in two litter perlite substrate during the experiment in glasshouse.

배지량의 차이에 따른 순환배양액의 EC 차이는 일정한 경향을 볼 수 없었으며, 배지량의 영향이 크지 않은 것으로 나타났다. 정식 직후와 수확 후기의 EC 변화의 차이는 배지량에 따른 생육의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

급액량의 차이에 의한 순환배양액의 EC 변화의 차이는 수확 중기까지는 없었으며, 수확 중기 이후에서는 급액량이 많은 처리구에서 순환배양액의 EC가 높았는데, 이는 양분흡수량 이상의 배양액 공급에 의해서 흡수가 되지 않은 잉여배양액의 비료분에 의해 농도가 상승한 것이 아닌가 생각된다.

배양액 조성의 차이에 따른 순환배양액의 EC 변화는 전체적으로 일정한 경향을 나타내지는 않았다. 단지, 수확 후기에 치바원시배양액 조성에서는 다른 처리구에 비해서 순환배양액의 EC가 낮았으며, PBG 처방 배양액에서 EC가 가장 높게 유지되었다.

비닐 온실의 고품배지 종류별 순환배양액의 EC 변화는 배지의 종류별로 차이를 나타내었는데, 배지 종류에 따른 특정한 변화경향은 없었지만 수확초기에는 코코피트배지에서 EC가 가장 낮았고, 수확 후기에는 코코피트/펄라이트의 2층 배지에서 높은 편이었다.

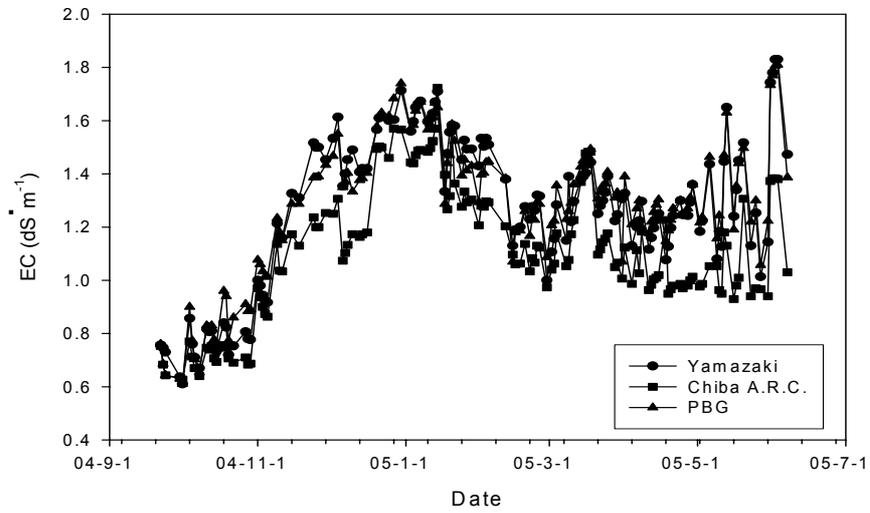


Fig. 3-25. Changes of EC of recirculated nutrient solution with different solution of composition supplied in two litter perlite substrate during the experiment in glasshouse.

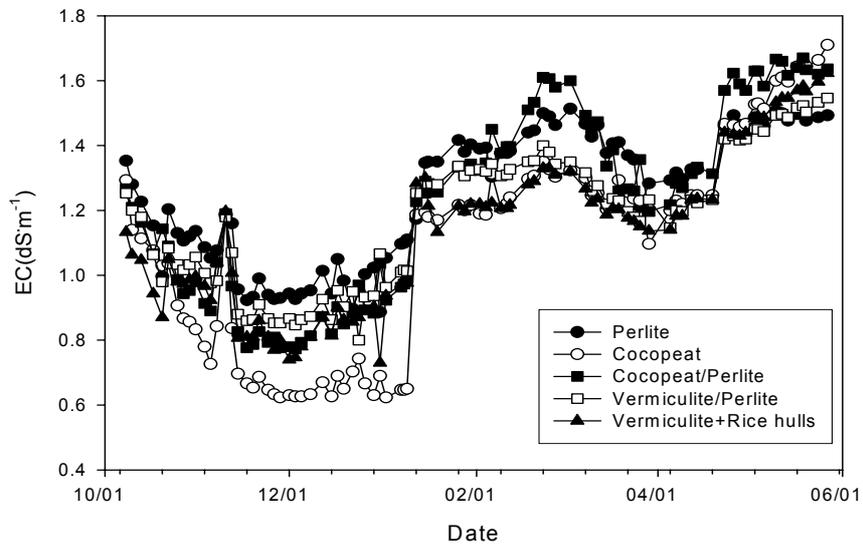


Fig. 3-26. Changes of EC of recirculated nutrient solution in different substrates during the experiment in plastic house.

혼합상토 배지와 왕겨와 코코피트의 혼합 배지에서의 EC 변화도 수확 중기에는 차이를 나타내었는데, 왕겨혼합배지보다는 혼합상토배지에서 EC가 높게 유지되었으며, 코코피트배지에서 가장 높은 EC를 나타내었다. 그러나 세 종류의 배지에서 모두 $0.1\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 정도의 차이 밖에 나타나지 않았으며 세 처리 모두에서 안정된 EC 변화양상을 나타내었다.

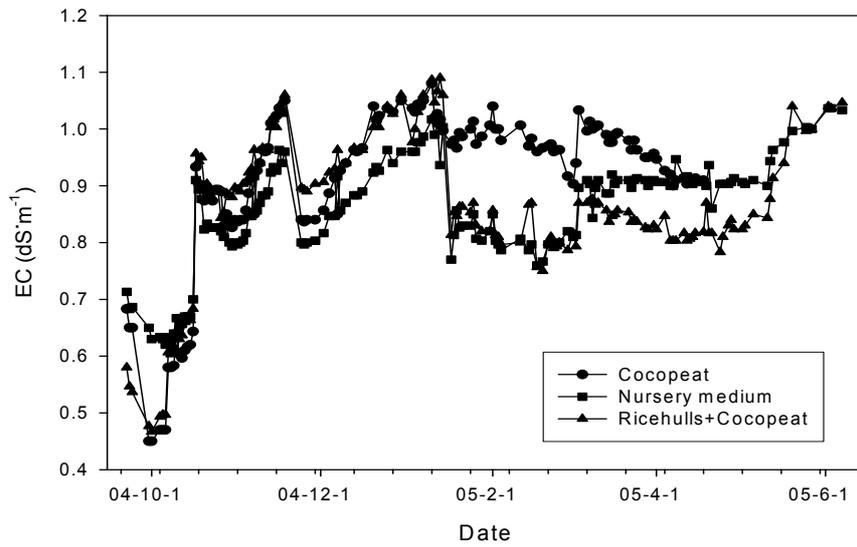


Fig. 3-27. Changes of EC of recirculated nutrient solution in different substrates during the experiment in plastic house.

나. 배양액의 pH

1) 실험 목적

배양액의 pH는 작물의 종류, 생육 시기, 작형, 기후, 용수의 수질 등에 따라 달라진다. 딸기의 양수분 흡수에 있어서 가장 적절한 pH는 6.0~6.5이다. 그런데, 배지의 종류, 배양액 조성, 식물의 생육단계나 뿌리의 활성에 따라서도 달라질 수 있다. 특히 배양액 순환방식에서는 pH의 변화에 따라서 양분흡수의 발란스가 깨지는 수가 있어서 pH의 관리는 중요하다.

본실험에서는 배양액 순환방식에서 pH 변화를 조사하여 적절한 관리기술을 개발하고자 하였다.

2) 재료 및 방법

아키히메 품종을 사용하여 매년 각각 다른 종류의 배지 및 배양액의 조성에서 배양액 순환방식으로 재배하면서 배양액의 pH변화를 조사하였다. 양액재배온실에서는 n/w 방식으로 배양액 전부를 7일 단위로 교체하여 순환시켰고, 비닐온실에서는 실시간으로 소모되는 배양액 만큼의 표준배양액을 공급하는 방식을 채택하였다.

양액재배온실은 2002년도에는 펠라이트, 코코피트, 입상암면, 버섯재배 폐배지의 4종류의 고품배지의 종류에서, 2003년에는 배지량과 급액량에 따른 펠라이트 배지에서, 2004년에는 야마자키, 치바농시, 네덜란드 PBG의 배양액의 조성에 따른 코코피트배지에서 pH의 변화를 측정하였다. 배양액의 조성은 2002년도와 2003년도에는 야마자키 조성 딸기배양액을 사용하였고 2004년도에는 야마자키, 치바농시, 네덜란드 PBG 조성으로 나누어 처리하였다. 배양액의 농도는 정식후 :0.4~0.6 dS · m⁻¹, 개화개시기 0.8~1.0dS · m⁻¹, 수확개시기 1.0~1.2dS · m⁻¹ 로 급액하였다. 급액은 타이머를 이용하여 횟수와 양을 조절하여 타이폰으로 공급하였다.

비닐온실에서는 2003년에는 펠라이트, 코코피트, 코코피트/펠라이트(2층), 질석/펠라이트(2층), 왕겨와 코코피트의 혼합배지에서 그리고 2004년에는 코코피트, 혼합상토, 왕겨와 코코피트의 혼합배지에서 배양액의 pH변화를 조사하였다. 배양액의 조성은 야마자키 조성 딸기 배양액으로 하였고, 배양액의 농도는 정식후 :0.4~0.6 dS · m⁻¹, 개화개시기 0.8~1.0dS · m⁻¹, 수확개시기 1.0~1.2dS · m⁻¹ 로 급액하였다. 급액은 타이머를 이용하여 횟수와 양을 조절하여 타이폰으로 공급하였다.

3) 결과 및 고찰

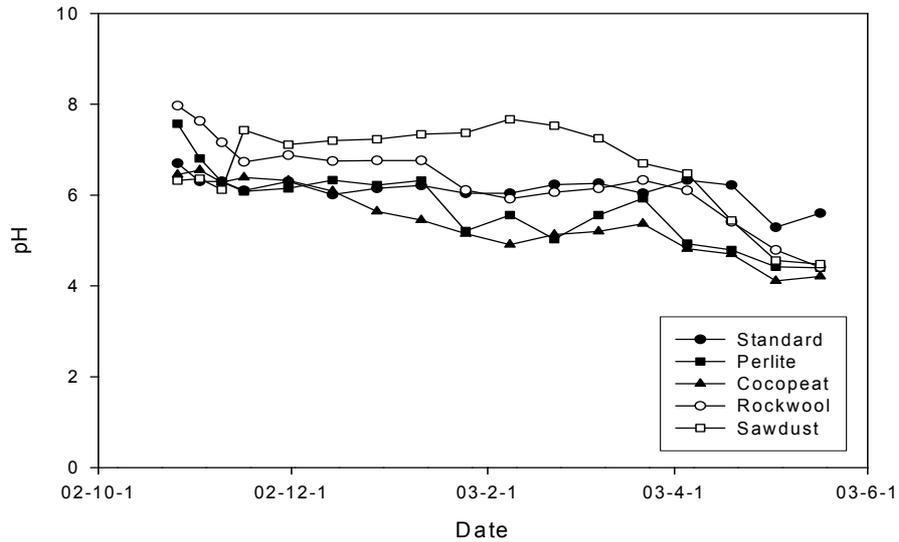


Fig. 3-28. Changes in pH of circulated nutrient solution in four different hydroponic substrates.

톱밥 배지에서는 다른 처리구와 달리 높은 높은 pH를 나타내었고, 무기배지인 암면배지에서 가장 안정적인 pH 양상을 나타내었다. 모든 처리구에서 후기에 pH가 하강하는 경향을 나타내었는데, 이것은 착과 부담에 의한 뿌리의 노화에 의한 것으로 볼 수 있다. 배양액의 pH는 배지의 종류에 따라서 달라서 배지의 종류에 따른 배양액의 산도관리를 해야 할 것으로 생각되었다. 딸기는 생육단계에 따라서 배양액의 pH 변화가 달라지는데 이것은 무기이온의 흡수성분에 의한 것도 있으며, 또한 뿌리의 활성과도 깊은 관계가 있는 것으로 생각된다.

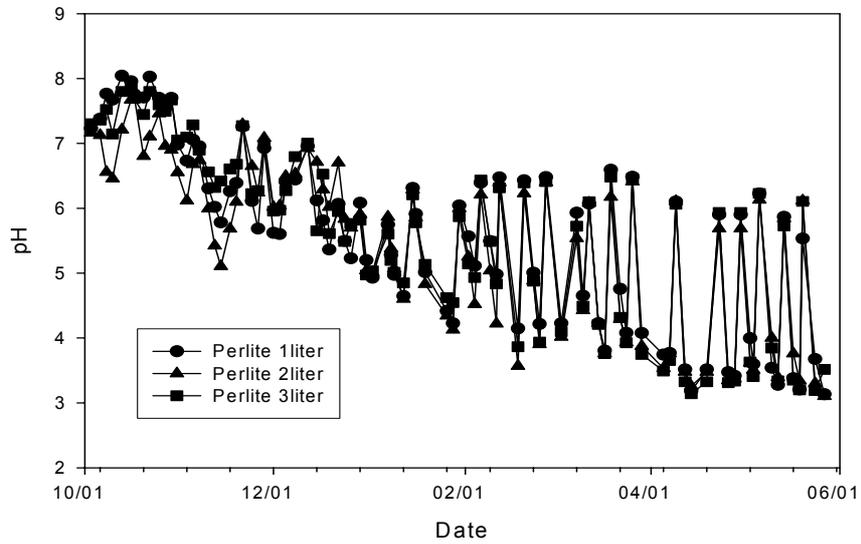


Fig. 3-29. Changes of pH of recirculated nutrient solution in different substrate volumes during the experiment in glasshouse.

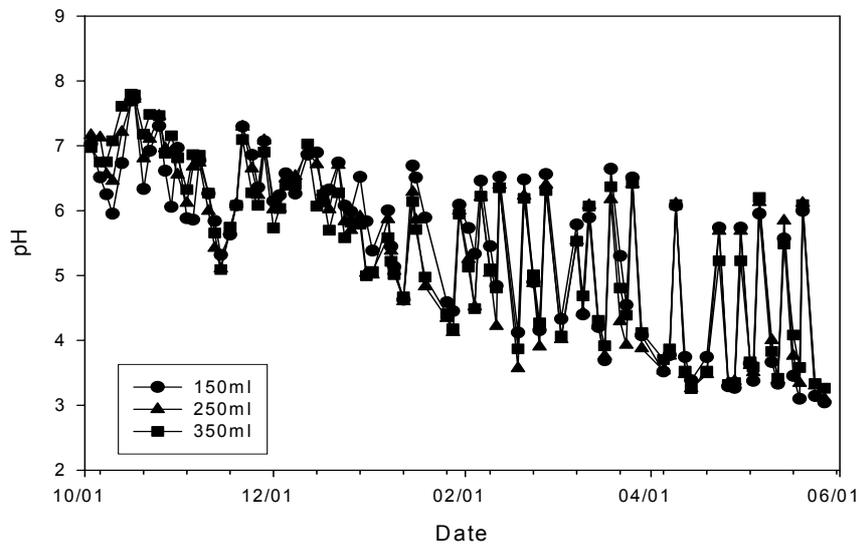


Fig. 3-30. Changes of pH of recirculated nutrient solution as amount of solution supplied in two liter perlite substrate during the experiment in glasshouse.

펄라이트 배지의 양과 급액량의 차이에 따른 pH 변화 양상은 서로 비슷한 경향을 나타내어, 정식 후에는 pH가 상승하였고 그 후 착과기 이후에는 pH가 하강하였다가 수확이 끝난 후에 다시 pH가 약간 상승하였다가 다시 하강하는 경향을 나타내었다. 이는 정식 후 딸기 뿌리가 건전하게 발육하여 활성이 높아지고 따라서 음이온의 흡수가 원활해지면서 pH가 상승하게 되고, 착과 후에는 과실로의 동화산물 이행으로 인하여 뿌리의 발달이 약해지고, 과실 발달을 위한 K, Ca 등의 양이온의 흡수가 많아진 것과 뿌리의 노화에 의해서 유기산이 배양액으로 용출되어 복합적으로 pH가 하강한 것으로 생각한다.

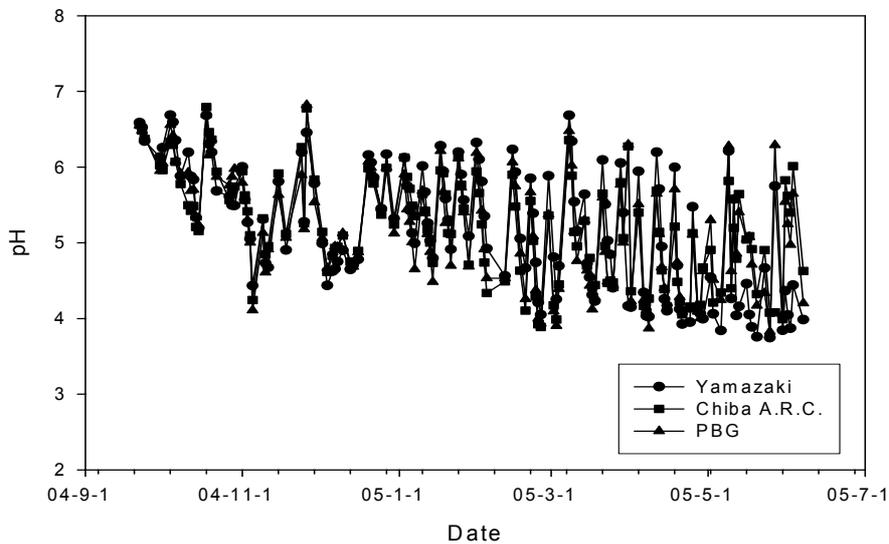


Fig. 3-31. Changes of pH of recirculated nutrient solution with different solution of composition supplied in two litter perlite substrate during the experiment in glasshouse.

배양액의 조성이 다른 세 종류의 배양액을 사용하여 순환방식으로 배양액을 관리한 결과 다른 배양액에 비하여 야마자키 배양액에서 pH 변화가 적은 것을 볼 수 있어서 n/w에 의한 배양액 조성방식이 순환방식의 배양액 관리에서 유리한 것으로 생각된다. 지바농시처방의 배양액 조성에서는 pH가 약간 낮은 경향을 나타내기는 하였지만, 생육단계에 따라서 pH의 변화가 적어 딸기의 배양액 관리에 유리한 것으로 생각된다.

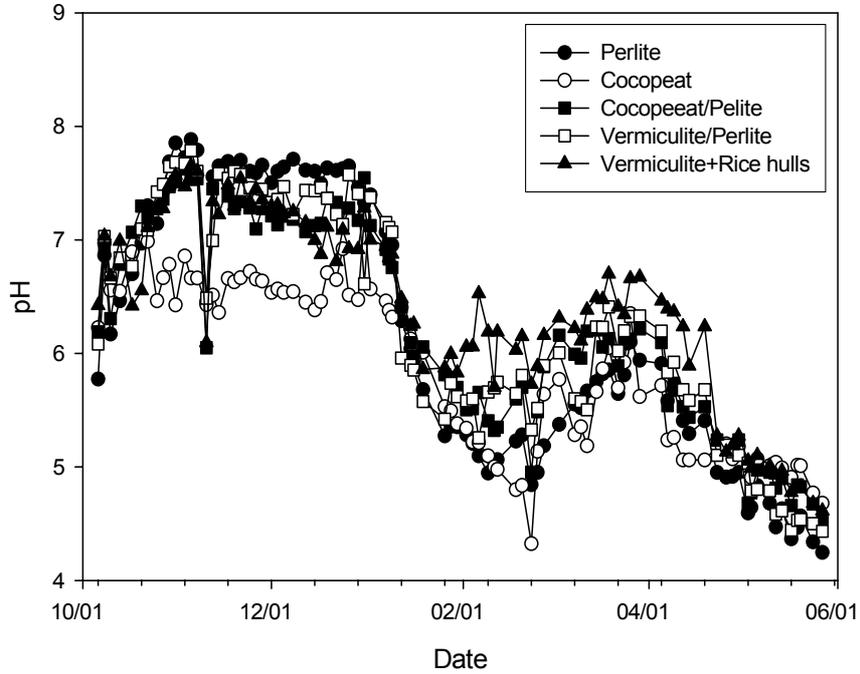


Fig. 3-32. Changes of pH of recirculated nutrient solution in different substrates during th experiment in plastic house.

이층배지에서의 순환배양액의 pH 변화를 보면, 모든 처리구에서 정식 초기부터 착과기까지 배양액의 pH가 상승하였다가 과실의 성숙기부터 서서히 pH가 하강하여, 수확이 끝난 후에 다시 pH가 상승하기 시작하고 다시 착과가 많아져서 pH가 하강하는 딸기수경재배에서의 전형적인 pH 변화양상을 나타내었다. 코코피트 배지에서는 초기의 착과기에도 다른 처리구 보다는 낮은 6.5 정도의 적정한 수치를 나타내었고, 생육 후기에서는 왕겨와 질석 혼합배지에서 다른 배지 보다 높게 적정한 수치를 나타내었다.

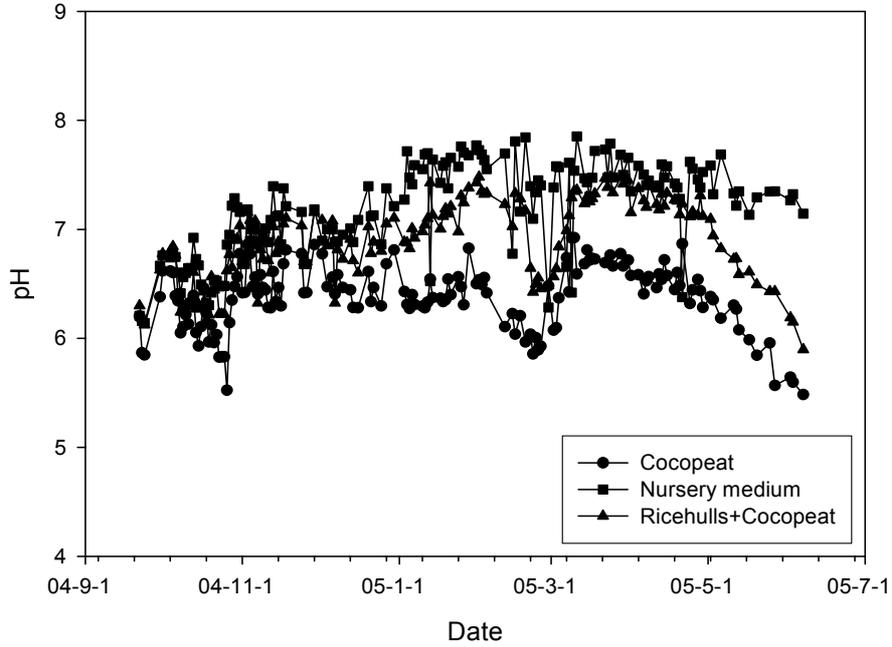


Fig. 3-33. Changes of pH of recirculated nutrient solution in different substrate during the experiment in plastic house.

혼합상토 배지와 왕겨와 코코피트의 혼합 배지에서는 pH가 높게 유지되는 경향이 있었고, 코코피트 배지에서는 비교적 안정되게 적절한 pH 범위를 유지하였다.

순환배양액의 pH는 우선, 배지의 종류에 따라서 차이가 생기는 것을 알 수 있고, 딸기의 생육단계에 따라서 달라지는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 생육기간 동안 딸기의 뿌리 활성에 따라서도 pH의 변화가 생기므로 이것이 뿌리활성의 지표로 생각할 수 있어서 배액의 pH 변화를 체크함으로써 뿌리의 상태를 파악할 수 있다.

다. 급액량

1) 실험 목적

딸기는 배지 내의 수분을 다량 요구하는 것과 동시에 뿌리에는 풍부한 산소공급이 요구된다. 그러므로 적절한 급액은 딸기 고품배지 재배의 성패를 좌우하는 중요한 요인이다. 배양액의 공급은 배지의 종류, 배지의 밀도, 배지량에 따라서도 달라지기 때문에 획일적인 기준을 만들기는 어렵다고 할 수 있다. 일반적으로 고품배지 재배에서는 급액량을 잉여배액량을 기준으로 하여 급액횟수와 급액량을 조절하나, 배양액 순환방식에서는 잉여 배액량에 얽매이지 않고 급액이 가능하다.

본 실험에서는 몇 가지 단용 또는 혼합배지에서 배지의 수분함유허특성과 배양액 흡수특성을 파악하여 딸기의 특성에 맞는 급액기술을 개발하고자 하였다.

2) 재료 및 방법

2002년부터 2005년까지 딸기고설수경재배대안 여러 가지 배지와 배양액조성에 대한 실험을 수행하면서 양액재배온실과 비닐하우스의 고품배지 처리구에서 기본적으로 배지의 수분함량을 1일 3회 측정하였다. 그리고 양액재배온실의 n/w 실험에서는 주당 급액량과 흡수량을 측정하였다.

급액량은 전자식 유량계를 부착하여 주당 급액량에 재식주수를 곱하여 급액하였고, 흡수량은 공급량에서 잔류량을 뺀 뒤에 재식 포기수로 나누어 계산하였다.

양액재배온실 2차년도 실험은 2003년 9월5일에 펠라이트배지에 품종이 아끼히메(章姬)인 딸기묘를 구입하여 펠라이트 배지에 20cm 간격으로 2조식으로 정식하였다. 배양액은 야마자키 조성 딸기배양액을 이용하여 배양액의 농도는 정식 후 :0.4~0.6 dS · m⁻¹, 개화개시기 0.8~1.0dS · m⁻¹, 수확개시기 1.0~1.2dS · m⁻¹으로 생육단계에 따라 적절하게 농도를 조절하여 공급하였다. 그리고 150ml/株/日, 250ml/株/日, 350ml/株/日의 세 개의 처리로 나누어 급액량에 따른 딸기의 초기생육과 과일의 품질 및 수량을 조사하였다.

초기생육은 2003년 9월 30일부터 11월 18일 까지 7일 간격으로 엽수, 초장, 엽폭을 8회 측정하였고 과일의 품질 및 수량은 12월부터 5월까지 완숙한 과일을 수확하여 과중, 과장, 과경, 당도를 측정하였다.

3) 결과 및 고찰

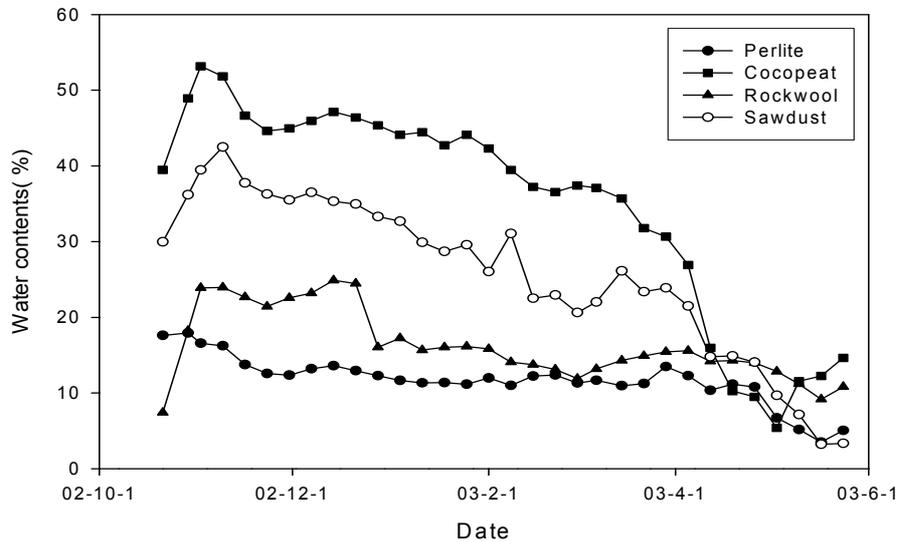


Fig. 3-34. Changes in moisture contents in different substrates in greenhouse during the experiment.

수분측정기를 이용한 배지 종류별 수분함량을 조사한 결과, 코코피트 배지가 가장 보수력이 높아서 40~50%였고, 그 다음으로는 톱밥 배지가 높았으며 펄라이트 배지에서 가장 낮은 수분함량을 나타내었다.

각각의 배지에서 딸기의 수분흡수량을 조사하였는데, 펄라이트 배지에서 가장 높은 수분흡수량을 나타내었고 톱밥배지에서 가장 낮은 수치를 나타내었다. 이 결과는 딸기의 생육의 차이에 따른 것으로 생각되므로 배지의 특성으로 판단하기는 어렵다고 생각된다. 다만, 전체적으로 정식 초기에는 1일 주당 50mL 정도의 수분을 흡수하며 생육이 진행됨에 따라 증가하여 150mL까지 수분을 흡수하는 것으로 나타났다. 이것은 딸기의 생육상태와 기상조건에 따라서 달라지지만 배지의 종류에 따라서 수분흡수량이 크게 달라지지 않는 것으로 생각된다.

펄라이트 배지량에 따른 배지내의 수분함량을 조사하였는데, 대체적으로 배지량 2L에서 수분함량이 가장 높았으며 1L 배지량에서 가장 낮은 수분함량을 나타내었다.

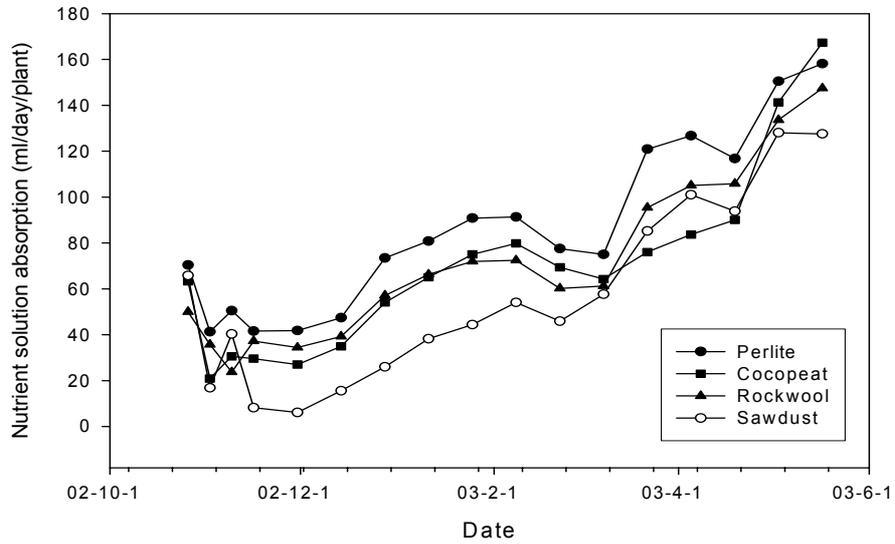


Fig. 3-35. Changes of nutrient solution absorption amount in four different substrates during the experiment.

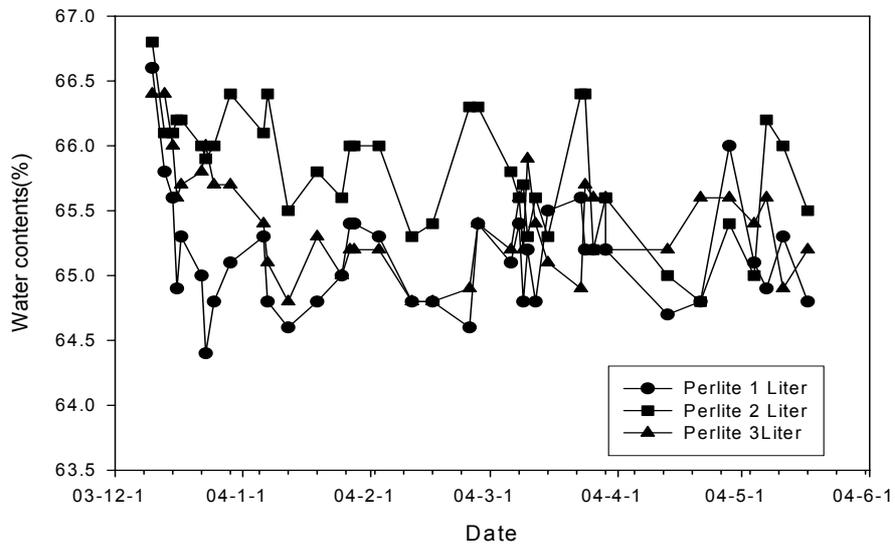


Fig. 3-36. Changes of water contents in perlite substrates as different substrate volumes during the experiment in glasshouse.

주당 급액량을 달리한 처리에서는 대체적으로 주당 250mL 급액량 처리구에서 가장 높은 수분함량을 나타내었으나 수분함량의 차이가 1~2% 정도로 낮아서 배지량에 따른 배지내의 수분함량의 차이는 급액량 관리 문제에서 크게 고려될 사항이 아닌 것으로 생각되었다.

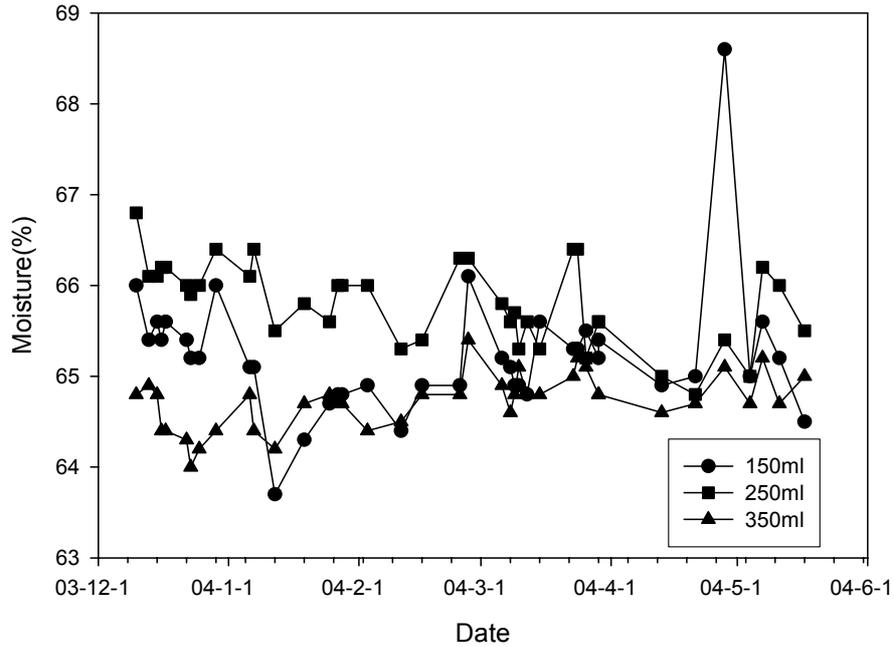


Fig. 3-37. Changes of water contents in two litter perlite substrate as different amount of solution supplied during the experiment in glasshouse.

배지량 2L의 펄라이트 배지에서의 EC 변화에 따른 딸기의 주당 수분 흡수량을 조사하였는데, 전체적으로 주당 80~150mL의 흡수량을 나타내었다.

배양액 조성을 달리한 배양액을 공시하여 딸기의 수분흡수량을 조사한 결과, 배양액 구성에 따른 수분흡수량의 차이는 나타나지 않았다. 생육초기의 60~80mL의 흡수량에서 생육이 진행됨에 따라 100~150mL의 수분 흡수량을 나타내었고 고온기에는 급격하게 수분의 흡수가 증가하였다.

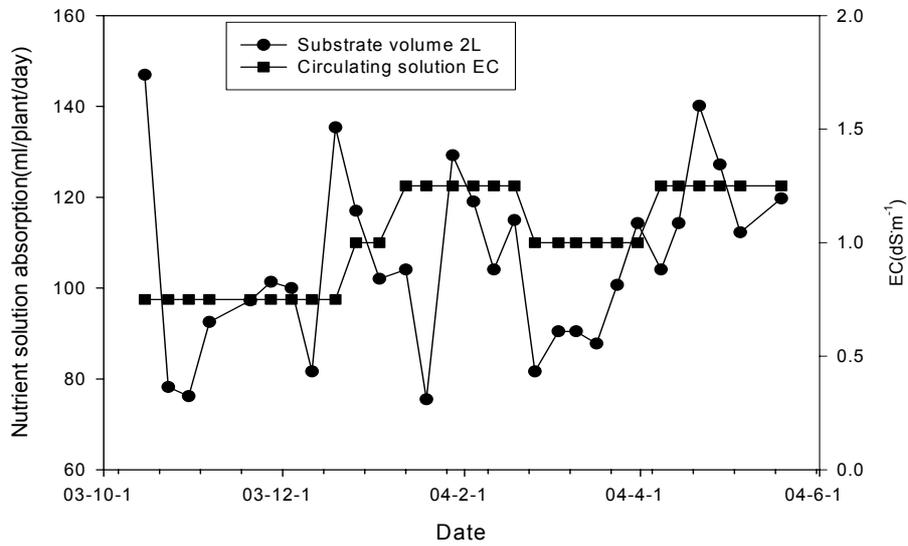


Fig. 3-38. Changes of EC and amounts of nutrient solution absorption per plant a day in two litter perlite substrate with 250ml solution supplied during the experiment in glasshouse.

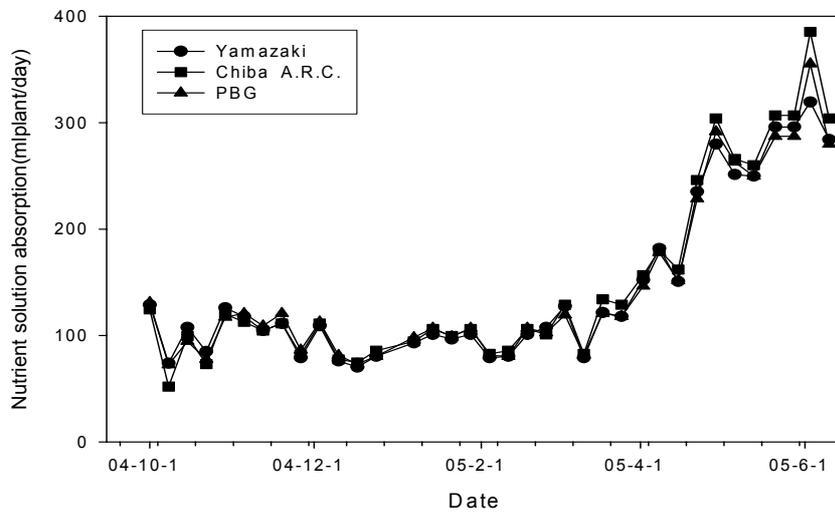


Fig. 3-39. Changes of nutrient solution absorption per plant a day in three different nutrient solution compound during the experiment in glasshouse.

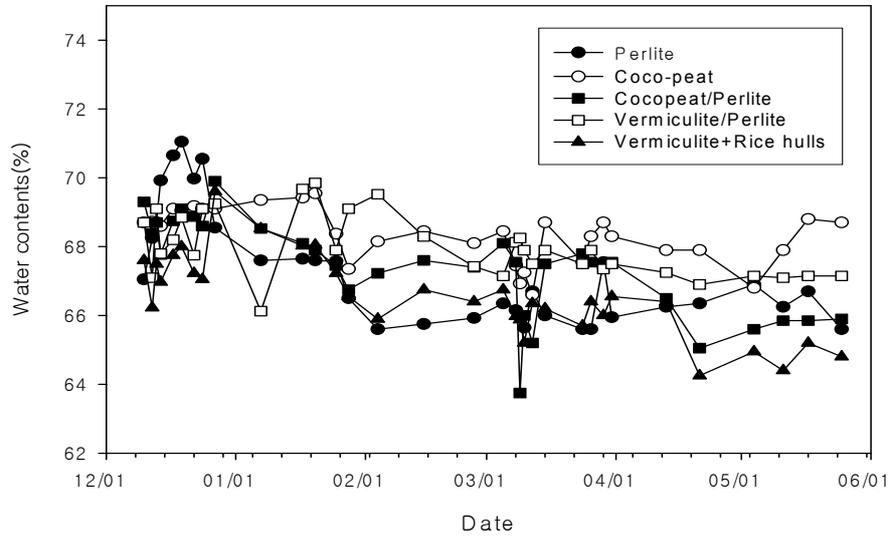


Fig. 3-40. Changes of water contents in different substrates in bio-bed during the experiment in plastic house.

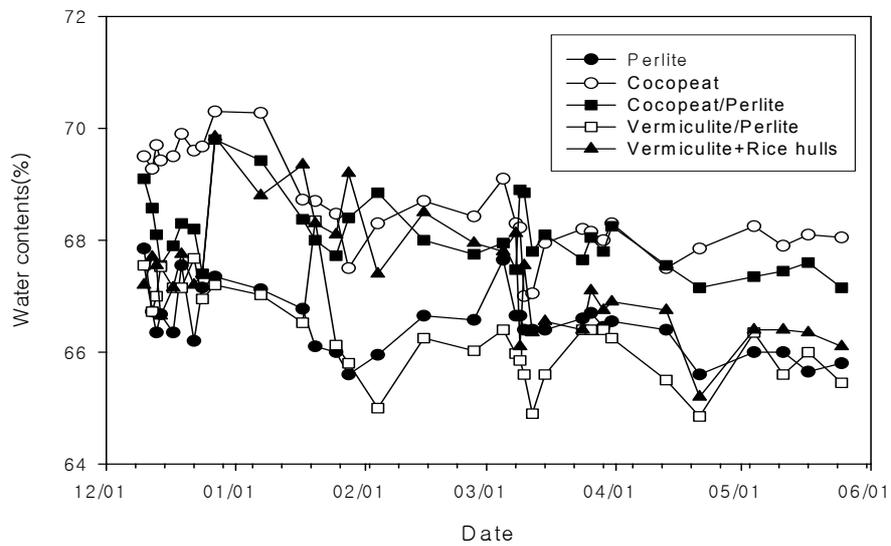


Fig. 3-41. Changes of water contents in different substrates in normal bed during the experiment in plastic house.

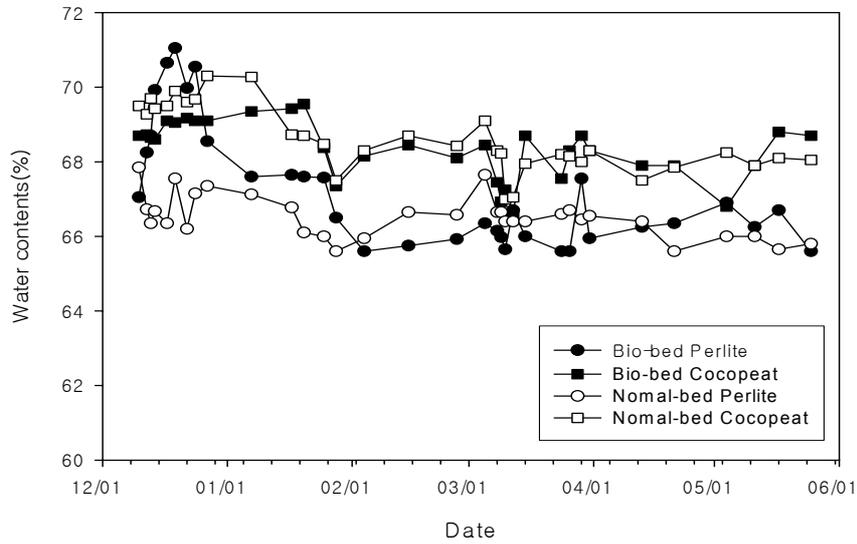


Fig. 3-42. Changes of water contents in perlite and cocopeat substrates in bio-bed and normal bed during the experiment in plastic house.

베드 하부에 통기구멍을 다수 확보하여 산소공급을 강화한 바이오 베드와 일반 베드에서의 배지 종류별 배지내의 수분함량을 조사하였는데, 베드 구조의 차이에 따른 배지내의 수분함량의 차이는 크지 않았고, 배지의 종류에 따른 차이가 더 큰 것으로 나타났다. 그러나 배지의 종류간에도 수분함량의 차이는 1~2% 정도의 수분함량 차이로 급액량 조절에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각되었다.

Table 3-28. Effect of the amount of nutrient solution supplied per plant a day on early growth of strawberries in two litter perlite substrate in glasshouse.

Growth stage	Amount of nutrient solution supply (ml/plant/day)	Mean		
		No. of leaf (ea/plant)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Sep. 30	150ml	3.6 a	18.9 a	6.4 a
	250ml	3.5 a	17.9 a	6.4 a
	350ml	3.6 a	18.4 a	6.5 a
Oct. 07	150ml	4.3 a	20.1 a	6.7 a
	250ml	4.4 a	20.2 a	6.9 a
	350ml	4.2 a	19.5 a	6.6 a
Oct. 14	150ml	4.7 a	20.7 a	6.9 a
	250ml	4.8 a	20.8 a	7.0 a
	350ml	4.8 a	20.1 a	6.7 a
Oct. 21	150ml	5.5 a	21.1 a	6.8 a
	250ml	5.6 a	21.0 a	7.0 a
	350ml	5.6 a	20.4 a	6.8 a
Oct. 28	150ml	6.2 a	21.7 a	7.0 a
	250ml	6.2 a	21.4 a	7.2 a
	350ml	6.2 a	21.0 a	6.9 a
Nov. 04	150ml	6.6 a	21.1 a	7.1 a
	250ml	6.6 a	20.9 a	7.3 a
	350ml	6.7 a	21.8 a	7.1 a
Nov. 11	150ml	7.0 a	22.1 a	7.1 a
	250ml	6.9 a	22.2 a	7.4 a
	350ml	7.2 a	21.4 a	7.0 a
Nov. 18	150ml	7.4 a	22.1 a	7.0 a
	250ml	7.5 a	22.3 a	7.2 a
	350ml	7.5 a	21.3 a	7.0 a
Mean	150ml	5.7 a	21.0 a	6.9 ab
	250ml	5.7 a	20.8 a	7.1 a
	350ml	5.7 a	22.6 a	6.8 b
Substrates volume(S)		NS	NS	NS
Growth stage(G)		***	NS	**
S * G		NS	NS	NS

배양액 순환방식에서 주당 급액량을 달리하여 딸기의 초기 생육을 조사하였는데, 엽수, 엽장, 엽폭 모두 급액량의 차이에 따른 유의한 생육의 차이를 나타내지 않았다. 엽폭의 결과에서 350mL의 다량 급액량 보다는 250mL의 급액량에서 엽폭이 더 크게 나타났다.

그런데, 급액량의 차이에 따른 딸기의 품질과 수량의 조사에서는, 과장과 당도는 급액량의 다소에 따라 차이를 나타내지 않았지만, 과중, 과경 모두 150mL의 급액량 처리구 보다는 250과 350mL 급액구에서 더 높았다. 수량도 350mL에서 가장 높았으며, 다음으로 250mL가 높았다. 상기의 딸기의 주당 수분흡수량의 결과에서는 대체적으로 일일 주당 150mL 이상을 흡수하지 않았으나, 실제 재배에서는 급액량을 높임으로서 품질 및 수량이 증가하는 결과를 나타내었으므로, 배양액 순환 방식에서는 충분한 급액을 하는 것이 좋은 것으로 밝혀졌다. 이 결과는 펄라이트 배지에서의 결과이므로 다른 종류의 배지에서는 또 다른 경향을 나타낼 수 있지만, 급액량의 결정은 딸기 뿌리에의 산소공급과 충분한 수분공급이라는 상반되는 조건을 여하히 적절하게 조절하는가가 관건인 것으로 생각된다.

Table 3-29. Effect of the amount of nutrient solution supply per plant a day on total yield and fruit quality in perlite substrate culture in glasshouse.

Capacity of nutrient solution supply	Mean					
	Fruit weigh (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	Yield (g/plant)	Fruit No. (ea/plant)
150ml	15.1c	48.3a	26.9b	8.8a	358.6c	24.5c
250ml	16.9a	50.4a	28.6a	8.8a	447.7b	27.6b
350ml	16.3b	49.1a	27.9a	8.7a	463.7a	29.4a
Treatment	**	NS	*	NS	***	***

라. 순환배양액내의 비료성분 변화

1) 실험목적

배양액의 순환방식에서는 양분균형이 깨지거나 EC, pH의 변화 그리고 배양액이 병원균에 감염되는 문제 등으로 어려움이 있다. 그러나, 배양액 순환방식에서는 비료나 물의 효율적인 이용과 무엇보다도 외부로의 비료분 방출의 제한으로 가장 친환경적인 농업기술이라고 할 수 있다.

본 실험에서는 새로운 방식의 배양액 순환방식을 도입하였는데, 실제 재배에서 순환되고 있는 배양액내의 비료성분별 농도 변화를 파악함으로써, 농가 적용의 가능성을 확인하고자 하였다.

2) 재료 및 방법

유리온실과 비닐하우스에서 각각 2년간에 걸쳐서 실험을 실시하였는데, 유리온실에서는 펠라이트와 코코피트 배지를 사용한 고설수경재배였고, 비닐온실의 실험에서는 코코피트, 혼합상토, 왕겨와 코코피트의 혼합상토를 사용한 순환식 고설수경재배였다. 각 처리별로 200리터의 탱크를 부착하여 타이푼을 이용하여 급액하고 배양액이 순환되도록 하였는데, 탱크의 배양액이 급액으로 감소하면 즉시 표준농도의 배양액이 공급되도록 압력탱크로 조절하였다. 배양액은 야마자키 조성 딸기전용배양액을 사용하였고 생육단계에 따라서 농도를 적절하게 조정하여 공급하였다. 배양액 분석은 $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 질소전극(Orion 720A, USA)을 사용하여 측정하였고, 나머지 무기이온은 ICP(Varian Liverty Series II, Australia)를 사용하여 분석하였다.

3) 결과 및 고찰

비닐하우스에서의 실험인 펠라이트와 코코피트 배지에서의 순환배양액내의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 농도는 수확초기에는 펠라이트 배지에서는 8me/L였는데, 코코피트 배지에서는 5~6me/L로 약간 낮았다. 그러나 수확중기부터는 두 배지에서 모두 10me/L정도의 농도가 유지되어 공급된 야마자키 배양액과 동일한 농도의

NO₃-N 농도를 유지하였다.

탱크내의 순환되는 배양액의 P 농도는 수확초기에는 코코피트배지에서는 1.5~2me/L였고, 펄라이트 배지에서는 0.5~에서 1.0me/L였다. 수확중기 이후에는 두 배지에서 모두 1.5에서 3me/L로 서서히 증가하였다.

K는 수확초기에 두 배지에서 모두 1.5~2.0me/L, 그리고 수확 중기부터는 3.0~4.0me/L로 공급배양액의 농도보다 약간 낮은 농도를 나타내어 K의 흡수가 왕성했던 것을 알 수 있었다.

Ca은 펄라이트 배지에는 수확시기에 따라서 4me/L 전후에서 5~6me/L 전후로 변화하였는데, 코코피트 배지에서는 2~3me/L에서 4~5me/L로 변화하였다. 이것은 코코피트배지에서 칼슘의 흡수가 더욱 왕성하였다는 것을 알 수 있다. 그러나 배지의 종류에 따라서 배양액내의 칼륨과 칼슘의 농도가 다른 것은 배지내의 화학적인 성질이 달라서 농도의 차이가 발생했다기 보다는 배지의 종류에 따라 딸기의 생육에 차이가 발생하여 무기이온의 흡수에 영향을 미친 것으로 생각할 수 있다.

Mg은 코코피트 배지에서는 초기에 1~1.5me/L 후기에 2~4me/L로 변화하였고, 펄라이트 배지에서는 초기에 2.0~2.5me/L 후기에 2.5~3.0me/L로 변화하였다.

이상과 같이 배지의 종류에 따른 딸기의 생육에 의해서 배지간의 순환배양액의 탱크내의 무기이온 성분농도가 약간 차이가 나기는 했지만, 대체적으로 두 배지 모두 배양액 순환방식에서 공급 배양액의 농도와 탱크내의 순환배양액의 농도가 일치하여 배양액 순환방식에서도 적절한 배양액의 관리가 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

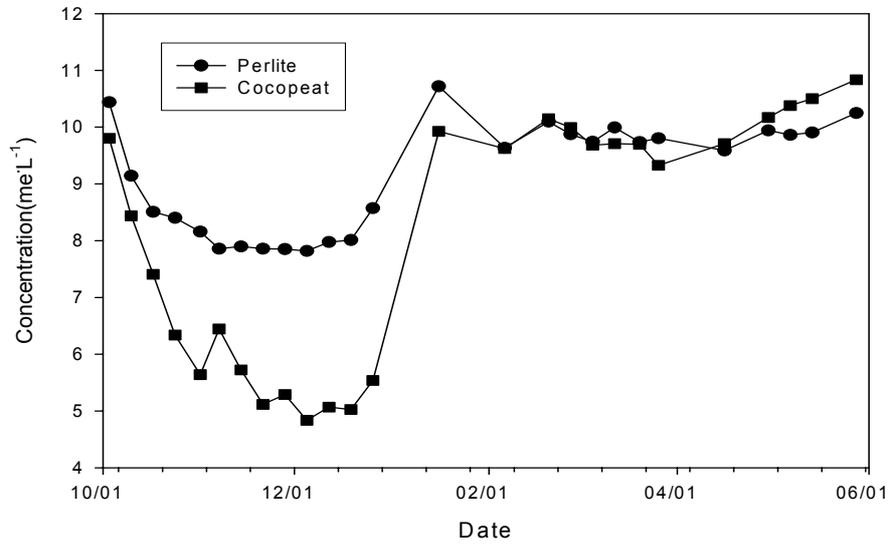


Fig. 3-43. Changes of NO₃-N concentration in recirculated nutrient solution in cocopeat and perlite substrates during the experiment in plastic house.

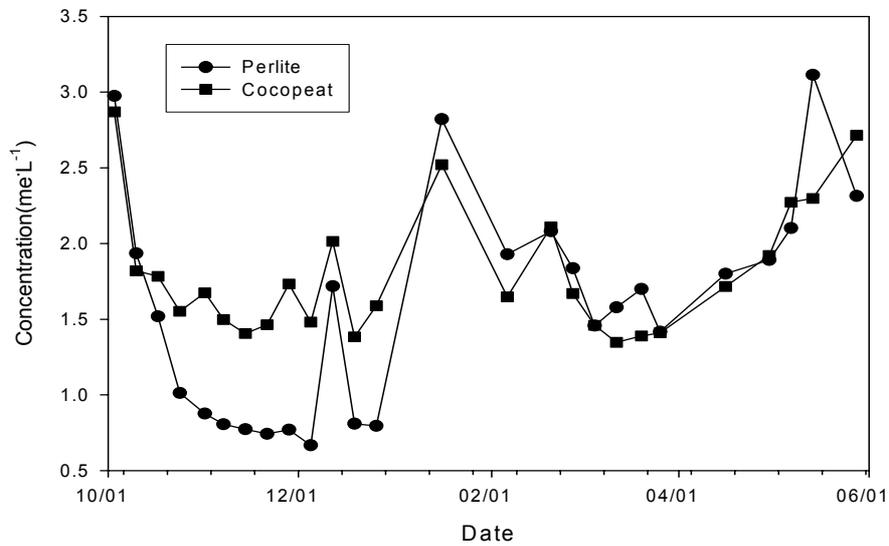


Fig. 3-44. Changes of P concentration in recirculated nutrient solution in cocopeat and perlite substrates during the experiment in plastic house.

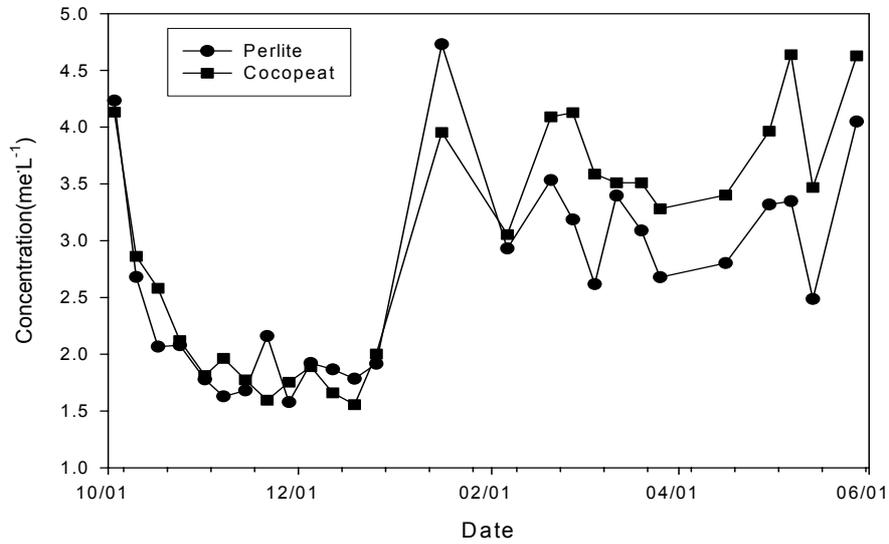


Fig. 3-45. Changes of K concentration in recirculated nutrient solution in cocopeat and perlite substrates during the experiment in plastic house.

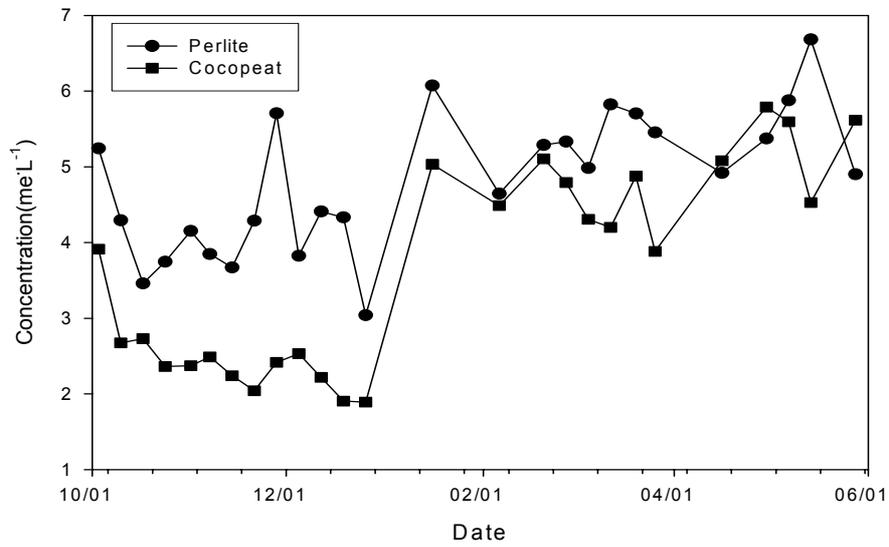


Fig. 3-46. Changes of Ca concentration in recirculated nutrient solution in cocopeat and perlite substrates during the experiment in plastic house.

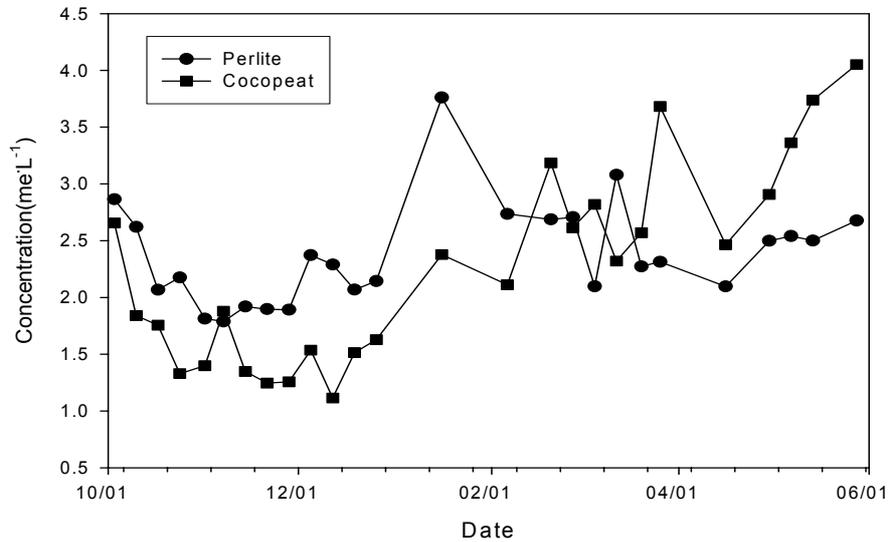


Fig. 3-47. Changes of Mg concentration in recirculated nutrient solution in cocopeat and perlite substrates during the experiment in plastic house.

비닐 온실에서의 세 종류의 고형배지를 사용한 배양액 순환방식에서의 결과를 보면 NO₃-N은 수확초기에는 5~7me/L였고, 중기부터는 3.0에서 7.0me/L까지 서서히 증가하였다. 수확 후기에는 세 종류의 배지 모두에서 왕성한 NO₃-N의 흡수가 이루어져 탱크내의 순환배양액의 농도가 저하한 것을 알 수 있다.

순환탱크내의 P의 농도는 세 종류의 배지에서 모두 2~4me/L 전후로 공급 배양액의 농도와 비슷한 농도를 유지하였다.

K는 혼합상토에서는 2me/L로 낮은 농도를 유지하였고, 왕겨혼합배지에서 3me/L정도, 코코피트 배지에서 4me/L 정도로 다른 배지에서보다 높아서 배지의 종류에 따른 순환배양액의 농도에 차이를 나타냈다.

Ca은 세 종류의 배지에서 모두 비슷한 농도를 나타내어서 수확전반기에는 1.5~2.0me/L, 중기 이후에는 1.0~1.5me/L의 농도로 낮아졌다.

Mg은 혼합상토 배지에서 가장 높은 농도를 유지하였고, 코코피트와 왕겨혼합 배지에서는 차례로 낮은 농도를 유지하였다. 그러나 전체적으로 1~2me/L의 농도를 유지하였다.

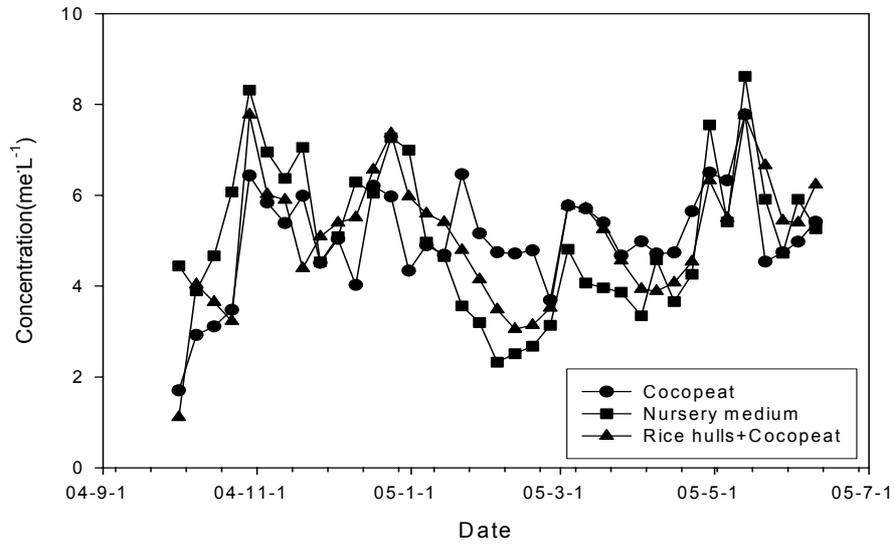


Fig. 3-48. Changes of NO₃-N concentration in recirculated nutrient solution in three different substrates during the experiment in plastic house.

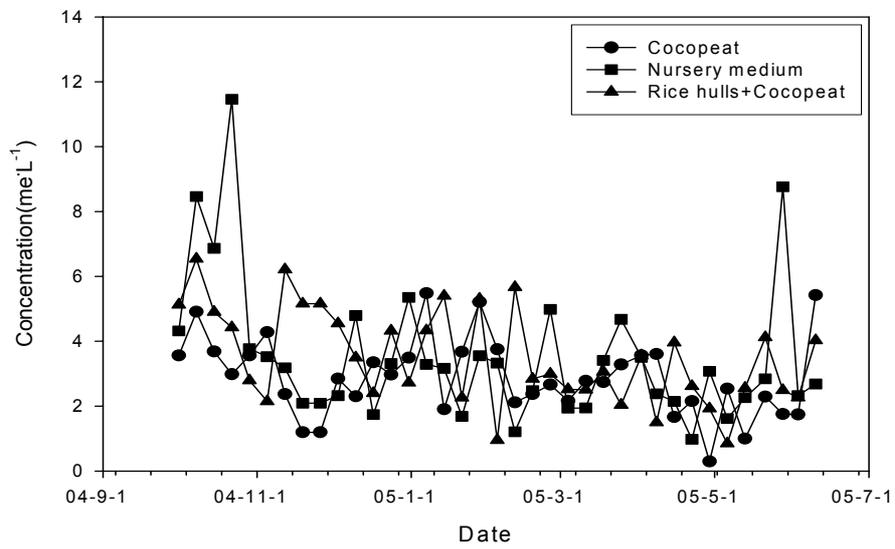


Fig. 3-49. Changes of P concentration in recirculated nutrient solution in three different substrates during the experiment in plastic house.

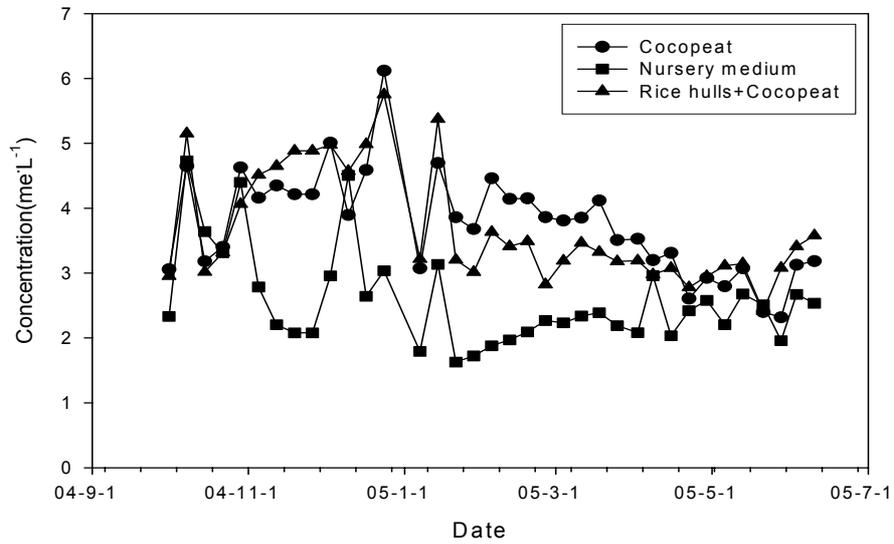


Fig. 3-50. Changes of K concentration in recirculated nutrient solution in three different substrates during the experiment in plastic house.

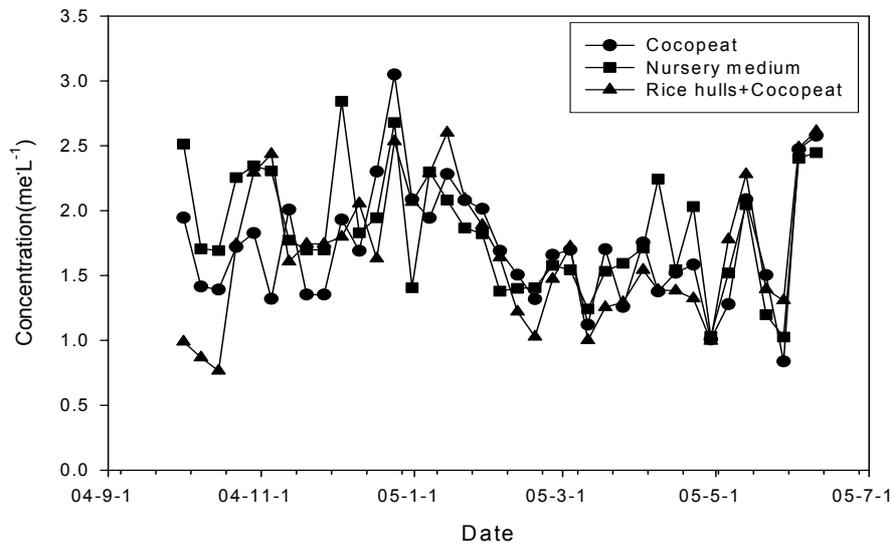


Fig. 3-51. Changes of Ca concentration in recirculated nutrient solution in three different substrates during the experiment in plastic house.

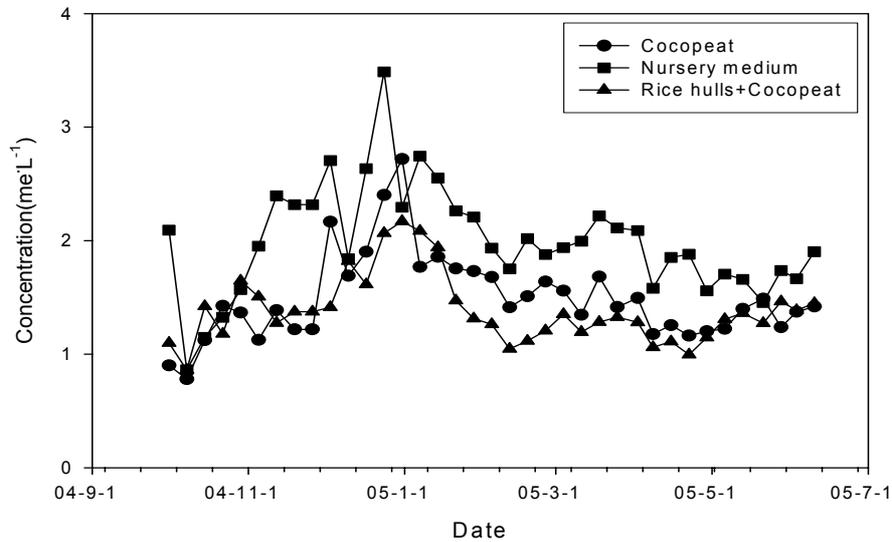


Fig. 3-52. Changes of Mg concentration in recirculated nutrient solution in three different substrates during the experiment in plastic house.

이상과 같이 순환배양액의 탱크내의 배양액 농도는 비료 성분에 따라서 공급 배양액의 농도보다는 약간 낮게 유지되는 것도 있으나 대체적으로 공급 배양액의 농도와 비슷한 농도를 유지하는 것을 알 수 있어서, 순환방식의 배양액 관리도 비료성분의 원활한 공급에는 문제가 없다는 것을 알 수 있었다.

[결론]

1. 딸기 ‘章姬’의 배양액 조성

다량원소 ($me \cdot L^{-1}$)	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	EC
	5	2	3	2	1	0.75dS $\cdot m^{-1}$

○ 정화방 수확까지는 NO₃-N을 $6me \cdot L^{-1}$, P를 $3me \cdot L^{-1}$, K를 $4me \cdot L^{-1}$ 로 높여준다.

○ Ca은 수확 후기에 흡수량이 저하하므로 줄여준다.

2. 생육 단계별 EC 관리($dS \cdot m^{-1}$)

--	--	--	--	--

정식 후 1 주일간	정식1주일 ~개화개시	개화개시 ~수확개시	수확 개시 ~휴면 종료	휴면 종료 ~수확 종료
0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.2	1.2~1.4	1.0~1.2

3. 배양액의 pH 관리

- 딸기의 최적 pH는 6.0~6.5이다. 배지내 pH가 4.5~7.5사이에서는 pH를 조절할 필요가 없다.
- 축성재배에서는 10월부터 12월까지의 pH가 상승하고, 2월까지 하강하였다가 그 후 다시 상승하는 경향이다.

4. 배양액의 급액량

- 정식 후 1주일간은 활착 촉진을 위해서 잉여 배액율을 80%이상으로 한다.
- 그 후 2월까지의 배액율을 20~30%로 하고, 3월부터 휴면 종료까지 30%로 한다.

제 3 절 근권 활력 증대 기술 개발

1. 고품배지내의 미생물 처리

가. 실험목적

생육환경, 비료, 수분 등에 대한 식물 지상부의 반응에 대해서는 다양하고 많은 연구가 있으나, 상대적으로 외부의 영향에 의한 뿌리의 반응에 대한 연구는 적은 편이라고 할 수 있다. 작물에 따라서는 지상부의 생육에 비해서 뿌리의 발달이 미약한 경우가 있는데 특히 과채류의 경우에는 착과와 뿌리발달은 밀접한 관계가 있다. 과채류 중에서도 박과채소에서는 착과 후에 급격한 뿌리발달의 저하로 생육의 조절에 어려움을 겪는 경우가 많다. 그리고 딸기의 경우에는 다른 식물에 비해서 작은 엽면적에서 상대적으로 엄청난 물질생산을 하여 과실을 생산하는데, 지속적인 착과와 높은 수량을 얻기 위해서는 초기의 뿌리발달과 적절한 적과에 의한 뿌리발달의 조절이 대단히 중요하다. 이러한 경중에 의한 뿌리발달 조절 기술 외에는 아직까지 특기할만한 뿌리발달을 위한 기술개발이 미흡한 실정이다.

본 실험에서는 뿌리의 활력을 촉진 시킬 가능성이 있을 것으로 생각되는 미생물, 생리활성물질, 근부의 산소공급 그리고 적절한 뿌리 온도 조절에 대하여 딸기의 생육 및 수량을 조사하여 활용 가능성을 검증하고자 하였다. 식물생육촉진을 위한 미생물의 이용은 최근에 다양하게 시도되고 있다. 미생물의 이용은 토양재배에서 자연농법 또는 유기농업으로 많은 종류의 미생물을 토착미생물이라는 이름으로 이용하는 예가 많으나, 아직까지 미생물의 종류별 생리적 특성이나 작물에 미치는 특수한 영향에 대해서는 밝혀지지 않는 것이 많다. 그러나 많은 미생물 이용 농가에서 다양한 효과를 진술하고 있어서 그 효과의 가치를 인정할 수 있는 가능성이 높다고 할 수 있다. 수경재배에서는 근부의 특수한 환경 때문에 미생물의 이용은 도외시되어왔으나, 최근에 유기배지의 이용이 활발하게 확산되는 경향이 있어 배지 내에 미생물을 투입하여 미생물에 의한 뿌리활력증진 효과를 검토하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

8월 29일에 진주의 딸기 농가에서 구입한 장희(章姬) 품종의 묘를 대구대학교 생명환경대학의 부속농장 비닐하우스 내에 주간 20cm로 2조식으로 정식을 하였다. 정식초기는 EC $0.3\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 의 배양액을 활착시기까지 충분히 관수하였다. 활착된 이후 엽수 5매를 기본으로 하여 병든 잎 및 노화된 잎을 제거하였다. 9월 중순 경부터 야마자키 조성 딸기 배양액을 EC $0.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 공급하였다. 정식 30일 후 멀칭필름으로 베드 위를 보온 피복하였다. 개화초기에 딸기 꽃이 6~7개가 되도록 적화하였다. 11월 11일에서 익년 3월 17일까지 야간에는 수막시설을 이용하여 보온하였다.

순환식 고설 수정재배방식으로 점적호수를 이용하여 점적 관수하였다. 배양액은 24시간 타이머와 서브 타이머에 의한 급액스케줄을 설정하여 순환식으로 배양액을 급액하고 급액량과 횟수는 배액량이 10~20%정도가 되도록 조절하여 공급 하였다.

미생물의 처리는 3월 2일과 16일에 *Basillus*와 *Pseudomonas* 2가지 미생물을 2주 간격으로 0.5%의 농도로 유기배지인 코코피트처리구와 왕겨+질석 처리구의 200리터 순환배양액 탱크에 처리하였다. 생육조사는 엽수와 과일의 수량과 품질을 조사하였다. 엽수는 3월 15일부터 7일 간격으로 5월 27일까지 9회 조사 하였고, 4월에서 5월까지 딸기의 과일이 완숙한 것을 수확하여 과중, 과장, 과경을 측정하였고 과일의 태좌부를 제거하고 과실전체를 으깨어 당도를 측정하였다. 당도는 전자식 굴절당도계(Atago, PR-101, Japan)로 측정하여 °Brix로 표시하였다.

다. 결과 및 고찰

유기배지인 코코피트와 왕겨혼합배지에 미생물을 투여하여 관찰한 결과, 생육에는 별다른 영향을 미치지 않았다. 그러나 미생물 처리구에서 수량의 증가효과를 가져왔다. 과중, 과장, 과경에는 유의한 차이를 나타내지 않았지만, 코코피트 배지에서는 대조구에 비해서 *Basillus*와 *Pseudomonas* 2가지 처리구에서 모두 수량이 증가하였고, *Basillus* 처리구에서는 과실의 수가 나머지 두 처리구에 비해서 증가하였다. 질석과 왕겨혼합배지에 미생물을 처리한 결과, 과중, 과경, 당도에는 차이가 없었으나, *Basillus* 처리에 의해 과장이 증가하였고 *Basillus*와 *Pseudomonas* 2가지 처리 모두에서 대조구에 비해서 수량이 증가하였는데 *Pseudomonas* 처리구에서 가장 높은

수치를 나타내었다. *Pseudomonas* 처리구에서는 다른 처리구에 비해 수확과수도 현저하게 증가하였다.

미생물실험에서 뿌리부분을 관찰한 결과, 비록 세척이나 측정의 어려움 때문에 정량적인 수치를 제시할 수는 없었으나 가시적인 뿌리량의 증가를 확인할 수 있었다.

본 실험의 결과에서 이제까지 수경재배에서 고려하지 않았던 미생물의 이용으로 생육촉진 및 수량증가의 결과를 확인함으로써 앞으로 수경재배에서의 다양한 미생물 이용가능성을 제시하였다.

Table 3-30. Effect of microbes on fruit quality and yield of strawberries in cocopeat substrates in plastic house.

Growth Stage	Treatment	Mean					
		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	Yield (g/plant)	Fruit No. (ea/plant)
April	Control	24.2a	57.7a	33.2a	9.0a	45.6c	2.0a
	<i>Basillus</i>	25.4a	62.6a	32.8a	9.3a	52.9b	2.2a
	<i>Pseudomonas</i>	29.2a	61.2a	36.2a	8.2a	67.1a	2.5a
May	Control	21.5a	56.2b	30.6b	9.0ab	86.3c	4.1b
	<i>Basillus</i>	22.7a	57.3ab	32.2ab	9.5a	127.1b	5.5a
	<i>Pseudomonas</i>	30.1a	59.9a	34.4a	8.5b	116.6a	4.2b
Mean	Control	22.9a	57.0a	31.9a	9.0ab	66.0b	3.1b
	<i>Basillus</i>	24.0a	60.0a	32.5a	9.4a	90.0a	3.9a
	<i>Pseudomonas</i>	29.7a	60.6a	35.3a	8.4b	91.9a	3.4ab
Treatment(T)		NS	NS	NS	*	***	*
Growth Stage(S)		NS	NS	NS	NS	***	***
T * S		NS	NS	NS	NS	***	*

Table 3-31. Effects of microbes on fruit quality and yield of strawberries in vermiculite and rice hull substrate in plastic house.

Growth Stage	Treatment	Mean					
		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	Yield (g/plant)	Fruit No. (ea/plant)
April	Control	19.2a	49.8a	32.0a	12.0a	21.4c	1.3b
	<i>Basillus</i>	23.1a	58.8a	32.3a	8.9a	43.0b	2.0b
	<i>Pseudomonas</i>	24.3a	58.1a	33.6a	9.4a	64.4a	2.8a
May	Control	18.8a	51.8b	29.9a	8.0b	74.8c	4.0b
	<i>Basillus</i>	22.6a	57.3a	31.5a	9.4a	96.1b	4.2b
	<i>Pseudomonas</i>	20.4a	53.8ab	31.4a	9.3a	110.3a	5.9a
Mean	Control	19.0a	50.8b	31.0a	10.0a	48.1c	2.7b
	<i>Basillus</i>	22.9a	58.1a	31.9a	9.2a	69.5b	3.1b
	<i>Pseudomonas</i>	22.3a	55.9ab	32.5a	9.4a	87.4a	4.3a
Treatment(T)		NS	NS	NS	NS	***	***
Growth Stage(S)		NS	NS	NS	NS	***	***
T * S		NS	NS	NS	*	NS	NS

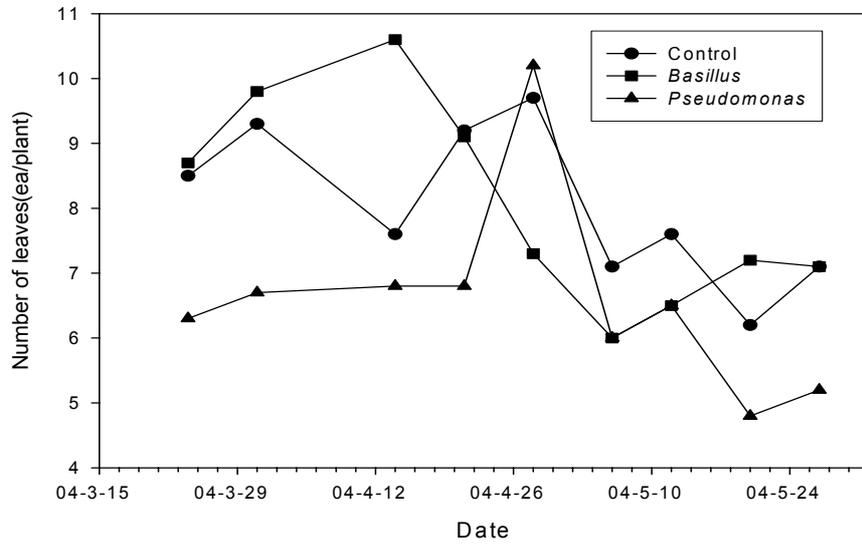


Fig. 3-53. Effect of microbes on changes of strawberry leaves in cocopeat substrate in plastic house.

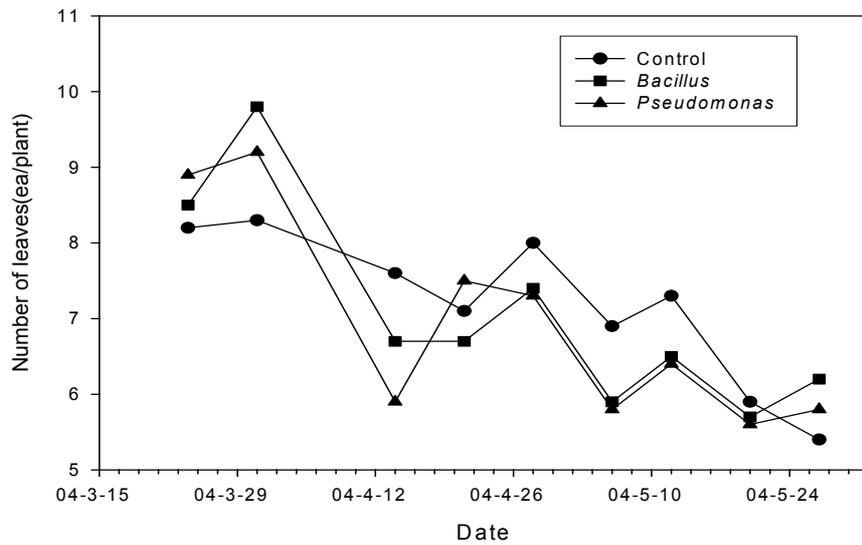


Fig. 3-54. Effect of microbes on changes of strawberry leaves in vermiculite and rice hull substrate in plastic house



사진 3-4. 코코피트와 질석+왕겨 배지에서 미생물 처리에 의한 뿌리량의 변화

2. 고품배지내의 생리활성물질 처리

가. 실험 목적

식물의 성장과 발육에 관여하는 물질은 무기이온, 호르몬 등이 있는데, 동식물의 생체내의 성분 중에서 명확하게 밝혀지지 않았지만 식물의 생리활성을 촉진하는 것으로 알려진 물질들이 최근에 소개되고 있다. 이에 대한 정확한 분석 및 실험이 부족하다고 하나 그 가능성은 충분히 인정되는 부분이 많다.

본 실험에서는 생리활성이 있다고 알려진 수종의 물질을 이용하여 뿌리의 활성에 미치는 영향을 검토하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

2003년 9월5일에 경남 산청의 농가에서 구입한 장희(章姬) 품종의 딸기 묘를 펠라이트 배지에 20cm 간격으로 2조식으로 정식하였다. 정식 후에는 수돗물로 충분히 관수한 후 생육에 따라 조금씩 비료농도를 상승시켜 EC($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)를 정식후 0.5, 개화기 0.75, 수확기 1.0 생육후기 1.25로 관리하였다.

근권부 생리활성물질 G(1/2,000 strength), MG(1/5,000 strength)를 2004년 3월 2일부터 매주 배양액 교체시에 표준배양액에 첨가하여 처리하였다. 생육조사는 3월 24일부터 5월 12일 까지 7일 간격으로 엽수를 7회 조사하였고, 과일의 품질과 수량은 4월부터 5월까지 딸기 과일이 완숙한 것을 수확하여 과중, 과장, 과경을 측정하였고, 과일의 태좌부를 제거하여 과일 전체를 으깨어 당도를 측정하였다. 당도는 전자식 굴절당도계(Atago, PR-101, Japan)로 측정하여 °Brix로 표시하였다.

2004년 9월 7일에 동일한 재료 및 방법으로 배양액에 목초액, 다시마추출액, 키토산+목초액(라이트키토산)을 7일 간격으로 주기적으로 배양액에 희석 첨가하였다. 처리 1주일 후부터 수확하는 과일의 과중, 과장, 과경, 당도를 측정하였다.

다. 결과 및 고찰

근권부 생리활성물질로 알려진 G, MG는 딸기의 과중, 과경, 과장, 과수 및 당도에 영향을 미치지 않았으며, 두 처리 모두 수량이 저하하는 결과를 나타내었다. 그런데 G와 MG가 딸기의 엽수를 증가시키는 경향을 나타내었는데, 특히 수확딸기에 두 처리 모두 대조구에 비해서 엽수가 현저하게 증가하는 결과를 나타

내어 지상부 생육촉진의 가능성을 시사하였다.

그리고 키토산과 목초액을 혼합한 라이트키토산 처리에서 수량이 증가하였다.

Table 3-32. Effect of physiologically active substances on fruit quality and yield of strawberries in perlite substrate in glasshouse.

Growth Stage	Treatment	Mean					
		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	Yield (g/plant)	Fruit No. (ea/plant)
April	Control	16.0 a	50.9 a	28.2 a	8.4 b	75.5 b	4.8 a
	MG 1/5,000 strength	18.4 a	53.2 a	29.2 a	9.1 a	83.0 a	4.7 a
	G 1/2,000 strength	16.6 a	50.8 a	28.1 a	8.5 ab	84.1 a	5.1 a
May	Control	23.1 a	54.7 a	32.3 a	9.2 a	72.2 a	3.3 a
	MG 1/5,000 strength	14.1 b	44.7 a	26.0 a	8.9 a	41.6 c	2.9 a
	G 1/2,000 strength	16.0 ab	51.1 a	27.3 a	9.9 a	49.1 b	3.3 a
Mean	Control	19.5 a	52.8 a	30.3 a	8.8 a	73.8 a	4.1 a
	MG 1/5,000 strength	16.3 a	49.0 a	27.6 a	9.0 a	62.3 c	3.8 a
	G 1/2,000 strength	16.3 a	51.0 a	27.7 a	9.2 a	66.6 b	4.2 a
Treatment(T)		NS	NS	NS	NS	***	NS
Growth Stage(S)		NS	NS	NS	NS	***	***
T * S		NS	NS	*	NS	***	NS

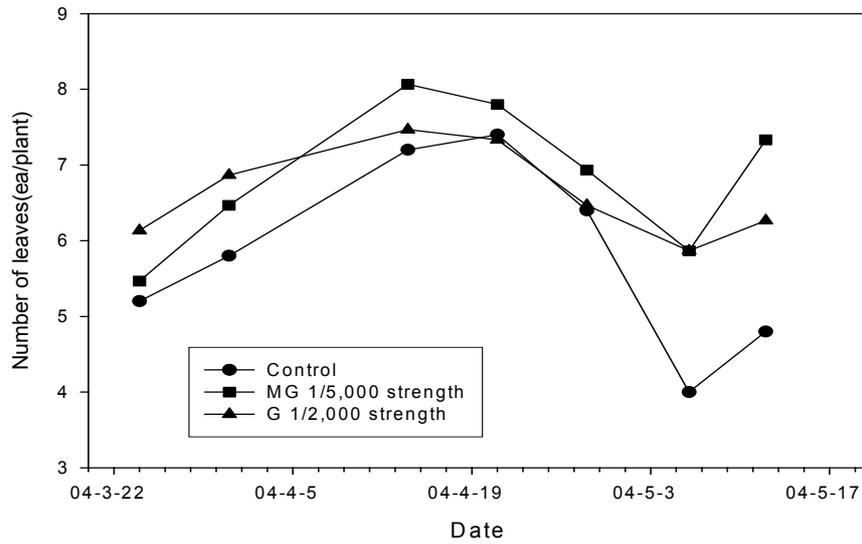


Fig. 3-55. Effect of physiologically active substances on strawberry leaves in perlite substrate in glasshouse.

Table 3-33. Effect of physiologically active substance on fruit quality and yield of strawberry.

Treatment	Mean					
	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	No. of fruit (ea/plant)	Total yield per plant (g/plant)
대조구	19.2b	53.63	31.1ab	12.8	2.67	52.71
목초액	17.4b	54.3	28.8bc	13.4	3.13	53.
다시마 추출액	18.6b	56.37	28.7c	13.5	2.00	37.59
라이트 키토산	24.8a	57.67	32.9a	12.8	2.53	64.70
Treatment	5.4	NS	2.3	NS	1.2	25.0

3. 근권 온도 조절

가. 고품배지 종류별 근권 온도 변화

1) 실험 목적

지상부의 온도관리가 작물의 성장과 발달에 미치는 영향이 큰 만큼 지하부의 온도도 양수분의 흡수와 뿌리의 생육과 발달에 커다란 영향을 미친다. 수경재배에서는 배양액의 온도가 낮으면 뿌리의 활성이 떨어지고 질소, 인산, 칼륨 등의 흡수가 억제되고 뿌리의 호흡이 증가하여 생육이 억제된다.

수경재배에서 과채류의 재배는 대부분 고품배지를 이용하는 경우가 많은데, 무기배지로는 펄라이트, 암면, 질석, 마사토 훈탄 등을 사용하고, 유기배지로는 코코넛 섬유, 피트모스, 왕겨, 수피 등을 많이 사용한다. 유기배지는 물리성과 생물성의 개선이라는 점에 유용하게 활용될 수 있는데, 유기배지는 발효나 미생물의 활동으로 배지의 온도변화에도 영향을 미칠 가능성이 있다.

본 실험에서는 딸기의 뿌리활성에 미치는 온도의 영향을 조사하기에 앞서서 다양한 배지에서 배지의 온도변화가 어떻게 다르며, 딸기의 고품배지 재배에서 배지의 종류에 생육시기에 따라서 근부의 온도가 어떻게 변화하는가를 조사하고자 하였다.

2) 재료 및 방법

2002년 9월부터 2005년 10월까지 3년에 걸친 연구기간 중에 매년 딸기의 아키히메(章姬)품종을 9월에 정식하여 이듬해 6월에 수확을 종료하는 작형으로 실험을 하였다. 매년 유리온실과 비닐온실에서 배지의 종류, 난방방법, 배지량 등에 따라서 배지의 온도와 순환배양액의 온도를 조사하여 온도 변화의 경향을 조사하였다. 온도의 측정은 실시간으로 측정되는 온도기록계(TR-71U, Japan)를 이용하여 1시간 간격으로 연구수행 전 기간에 걸쳐 측정하였다.

유리 온실은 매년 농업용 온풍기로 난방을 하였으며, 비닐하우스는 2002년 보온덮개, 2003년 수막시설을 이용하고, 2004년은 전기온풍기로 난방하였다.

3) 결과 및 고찰

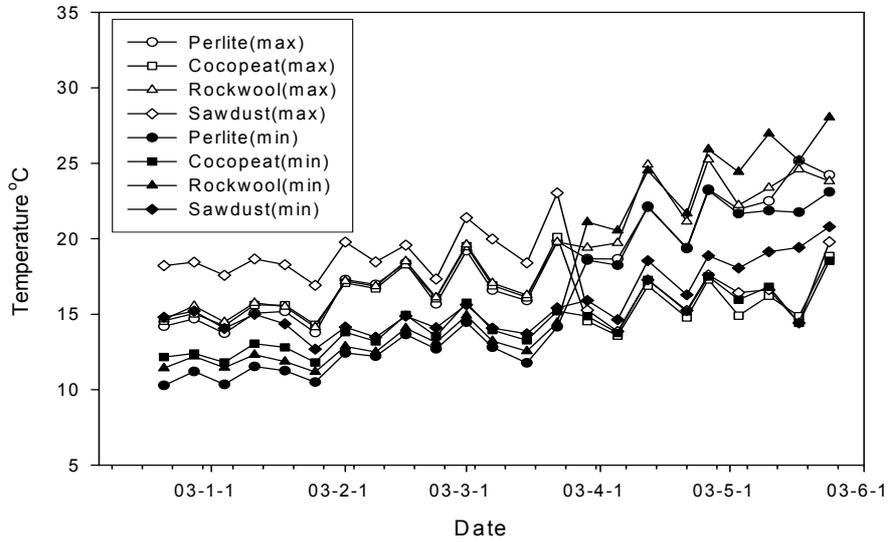


Fig. 3-56. Changes in maximum and minimum root zone temperature of four different hydroponic substrates in greenhouse.

유리온실에서 배지의 최저 온도는 겨울의 혹한기 동안에 10~15°C였으며, 그 후 계속적으로 증가하여 20~25°C까지 증가하였다. 유기배지인 코코피트와 톱밥 배지는 저온기에는 배지온도가 높았으나 고온기에는 무기배지에 비해서 배지온도가 낮았다. 반면에 무기배지인 펄라이트와 암면배지는 저온기에는 배지온도가 낮고 고온기에는 유기배지보다 월등하게 높은 온도를 나타내었다. 최고온도도 최저온도와 같은 경향을 나타내어 배지의 종류에 따라 배지내의 온도도 다른 양상을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 버섯재배 폐배지인 톱밥에서는 재배 초기부터 발효가 계속적으로 진행됨에 따라 배지의 온도가 상승하여 다른 배지보다 4~5°C정도 높은 수치를 나타내었으나 재배 후기에는 발효가 완료되어 온도상승에 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다.

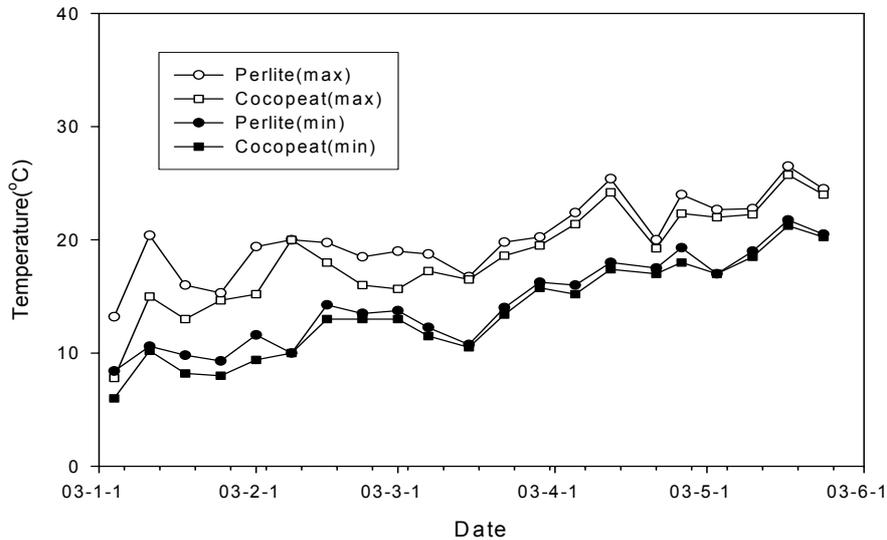


Fig. 3-57. Changes in max. and min. root zone temperature of two hydroponic substrates in plastic house.

비닐온실에서 펄라이트와 코코피트 배지의 배지온도를 보면, 최고 및 최저 온도 모두 코코피트 배지 보다 펄라이트 배지에서 높았는데, 최저 온도에서 보다는 최고온도에서 두 배지간의 온도 차이가 더 큰 것을 알 수 있었다.

배양액내의 온도는 두 배지에서 모두 큰 차이를 보이지 않았는데, 다만, 저온기에는 코코피트 배지보다는 펄라이트 배지의 배양액 온도가 더 높았다.

동계에는 최고 온도가 15°C 정도로 하강하여 딸기의 적정 근온에 미치지 못하는 것을 볼 수 있으며 4월 이후에는 20°C 이상으로 높아져서 적정 근온 이상이 되는 것을 알 수 있었다.

저온기에는 코코피트/펄라이트 배지에서 온도가 가장 높았고, 고온기에는 펄라이트 배지에서 가장 높은 온도를 나타냈다. 그러나 왕겨와 질석의 혼합배지는 전체적으로 가장 낮은 온도를 나타내었다.

배지의 최저온도는 펄라이트 배지에서 가장 낮았고 코코피트/펄라이트의 2층 배지에서 가장 높았다. 12월부터 2월까지의 최저온도가 10°C 이하로 하강하여 딸기의 지상부 및 지하부의 생육을 억제하게 되는 원인이 되는 것을 알 수 있었다.

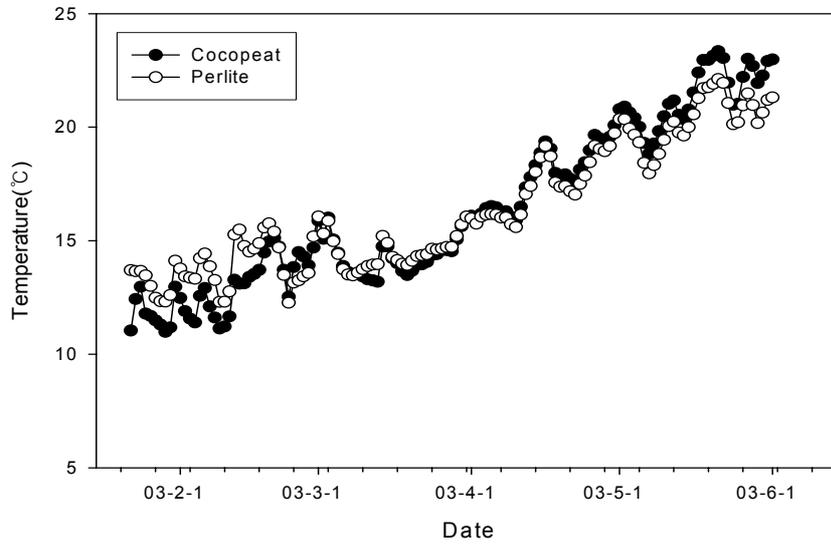


Fig. 3-58. Changes in mean temperature of circulated nutrient solution in plastic house.

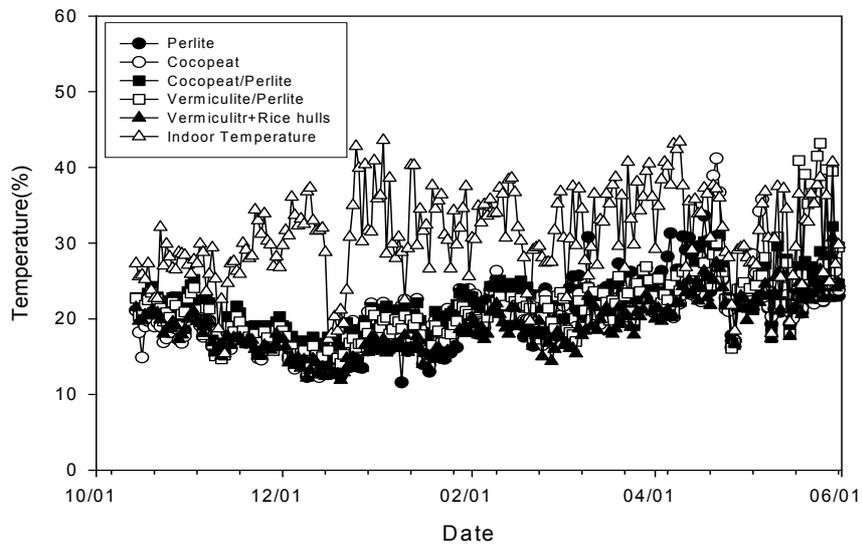


Fig. 3-59. Changes of maximum temperature in different substrates during the experiment in plastic house.

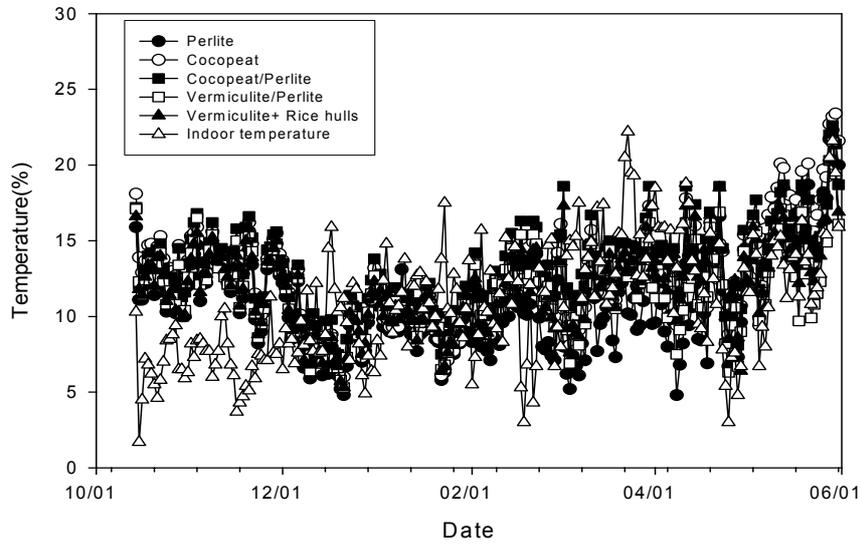


Fig. 3-60. Changes of minimum temperature in different substrates during the experiment in plastic house.

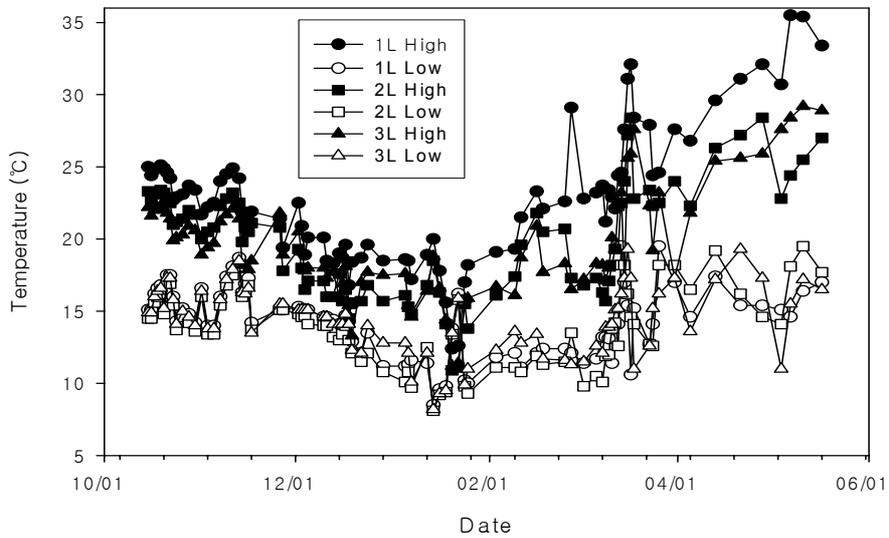


Fig. 3-61. Changes of maximum and minimum temperature in substrate as different substrate volume during the experiment in glasshouse.

배지량이 가장 적은 1L처리구에서는 전체 생육기간 동안 최고온도가 가장 높았고 고온기에는 2L 구 보다는 3L 구에서 최고온도가 낮아서 배지량이 많으면 온도증가가 적은 것을 알 수 있다. 저온기의 최저온도는 배지량에 큰 차이를 보이지 않고 서로 비슷하였으나 3L 구에서 비교적 높은 편이어서 배지량이 많으면 온도변화의 차이가 크지 않은 것을 알 수 있어 배지온도의 유지에는 배지량이 많은 것이 유리한 것을 알 수 있다.

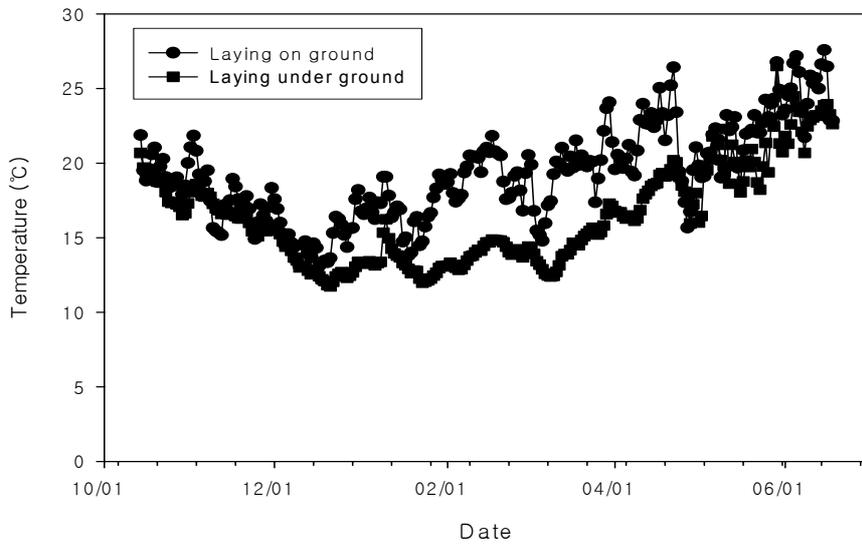


Fig. 3-61. Changes of nutrient solution temperature in tank on and under ground during the experiment in plastic house.

순환 배양액 탱크를 땅속에 둔 것과 땅속에 묻은 것 간에도 많은 온도 차이를 나타냈다. 저온기에는 외기온의 영향으로 배양액의 온도가 저하하지 않았으나 외부 온도가 높아지는 시기에는 외부기온의 영향으로 딸기의 적정 근온보다 월등하게 높아지는 것을 알 수 있다.

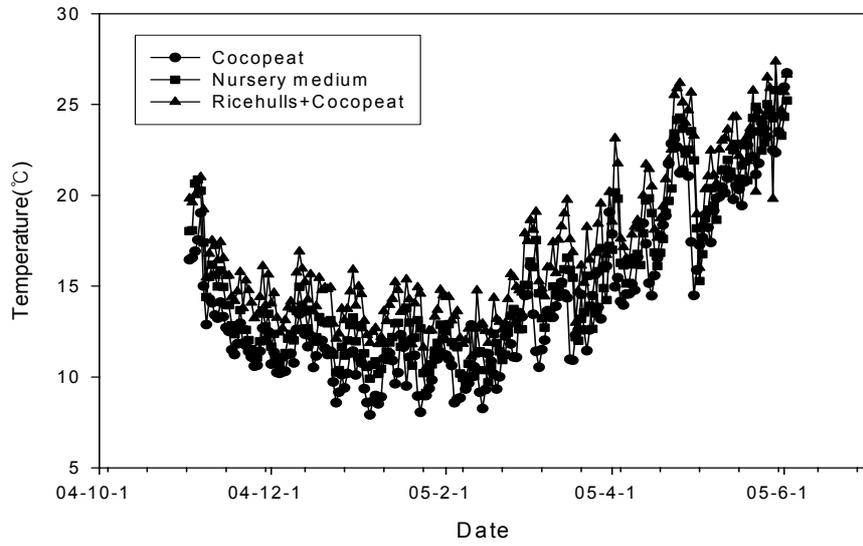


Fig. 3-63. 비닐하우스 배지종류별 근권부 온도의 변화 추이

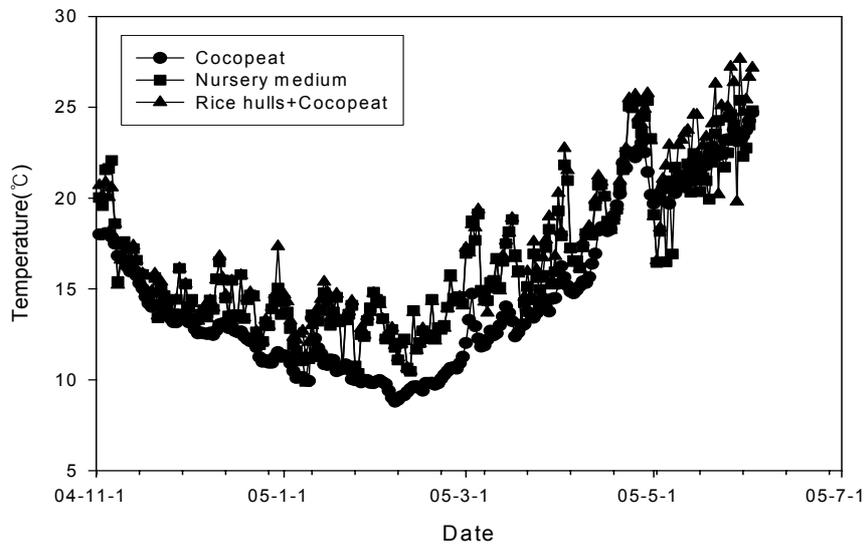


Fig. 3-64. 비닐하우스 배지종류별 순환배양액의 온도 변화 추이

코코피트, 혼합상토, 왕겨와 코코피트의 혼합 배지의 세 종류의 배지의 온도와 배양액의 온도를 조사하였는데, 코코피트 배지의 근부온도와 코코피트 배지에서 배양액 온도가 가장 낮았다. 그리고 혼합상토 배지의 온도가 높고 왕겨와 코코피트 혼합 배지에서 가장 높은 온도를 나타냈다.

이상과 같이 배지의 종류에 따라서 외부기온의 영향을 받는 경향이 다른 것을 알 수 있으며, 유기배지와 무기배지의 차이를 알 수 있었다. 그리고 배지의 양에 따라서도 근부온도의 차이가 있어서 근온의 변화양상이 달라지는 것을 알 수 있다. 배양액의 탱크를 지하에 매설할 때와 지상부에 설치할 때의 온도 영향도 큰 차이를 나타내는 것으로 나타났다.

나. 배지가온에 의한 야간 근온 조절

1) 실험 목적

지하부의 온도는 양수분의 흡수와 호흡작용에 영향을 미쳐서 지하부 뿐만이 아니라 지상부의 생육에도 커다란 영향을 미치게 되는데, 딸기의 근권부 관리는 야간은 낮고 주간은 높게 일교차가 있도록 관리하면 지상부의 생육도 좋고 뿌리의 생육도 양호하게 된다. 야간의 배지온도가 10℃이하로 저하하여도 주간온도가 18℃ 정도가 되면 가온을 하지 않아도 된다. 그러나 18℃가 유지되는 시간이 짧거나 야간의 배지 온도가 극히 낮아지는 경우에는 생육이 현저하게 떨어지게 된다.

본 실험에서는 딸기의 고품배지 재배에서 야간에 배지를 가온하여 딸기의 생육과 수량 및 품질을 조사하여 딸기의 뿌리활성에 미치는 온도의 영향을 조사하고자 하였다.

2) 재료 및 방법

아끼히메(章姬)품종을 2004년 9월 7일에 주당 20cm 간격으로 재식하였다. 배양액은 지바농업시험장의 딸기전용배양액을 생육단계별로 정식후 :0.4~0.6 dS · m⁻¹, 개화개시기 0.8~1.0dS · m⁻¹, 수확개시기 1.0~1.2dS · m⁻¹ 로 하였으며 급액량은 생육단계와 기상환경에 따라 적정하게 조정하였다.

근권이 가온 장치는 코코피트를 5cm 높이로 먼저 채우고 그 위에 PVC 파이프를 틀을 만들어 전열온상선을 감아서 베드에 넣고 그 위에 코코피트를 채워서

설치하였다. 야간 온도를 무처리, 13℃, 18℃로 각각 설정하고 센서를 전열온상선 위치에 설치하여 온도조절기로 가온하였다. 온도의 측정은 전열온상선을 기준으로 1.5cm, 4cm, 6.5cm 높이의 위치에서, 그리고, 순환배양액의 수온을 1시간 간격으로 자동온도기록계(TR-71U, Japan)를 이용하여 측정하였다. 온실의 난방은 온풍기를 이용하여 10℃를 유지하도록 하였다. 처리 1주일 후부터 엽병장, 엽장, 엽폭을 6주간 측정하였고, 수확한 과실의 과중, 과장, 과경, 당도 측정하였다.



사진 3-5. 전열 온상선 설치모습

3) 결과 및 고찰

딸기의 엽수는 야간온도의 영향이 없었으나, 엽장과 엽폭은 야간온도 13℃ 처리구에서 가장 양호하였다. 그러나 18℃ 처리구는 대조구와 유의성있는 차이를 나타내지 않았다.

과실의 품질 및 수량에는 야간온도의 차이에 따라 유의성있는 차이를 나타내지 않았는데, 단지, 일부 시기에 13℃ 처리구에서 과실수와 수량이 유의성있는 차이로 증가하였고, 전체 수량에서는 유의성 있는 차이는 나타내지 않았지만 13℃ 처리구에서 가장 높은 경향을 보였다.

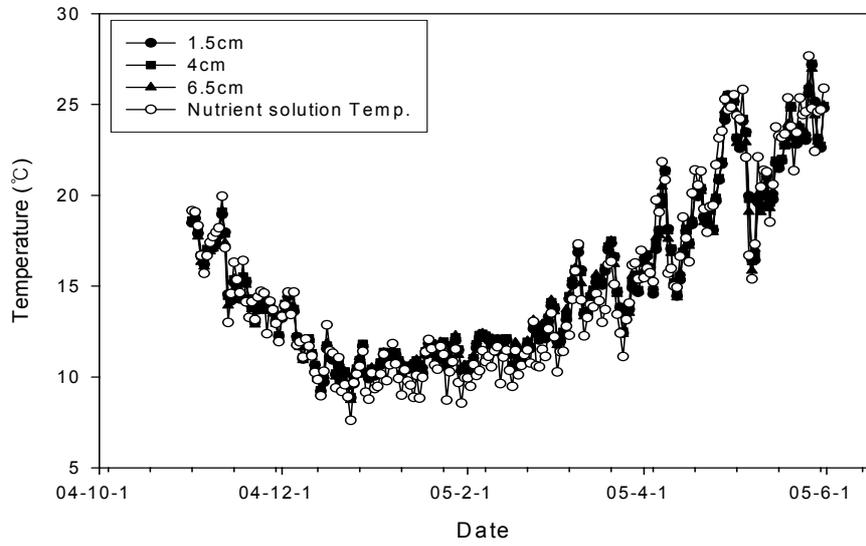


Fig. 3-65. 배지가온실험 무가온 처리구의 배지 내 위치별 온도변화 추이

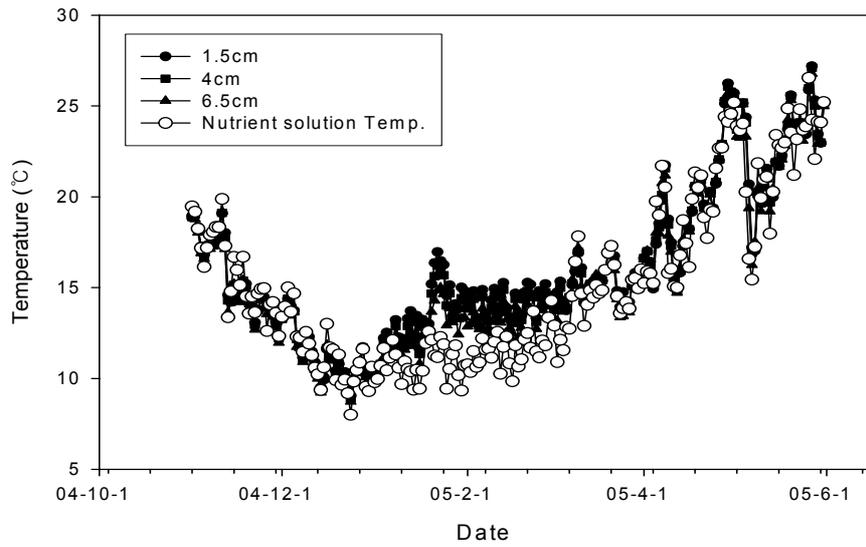


Fig. 3- 66. 배지가온실험 13°C 처리구의 배지 내 위치별 온도변화 추이

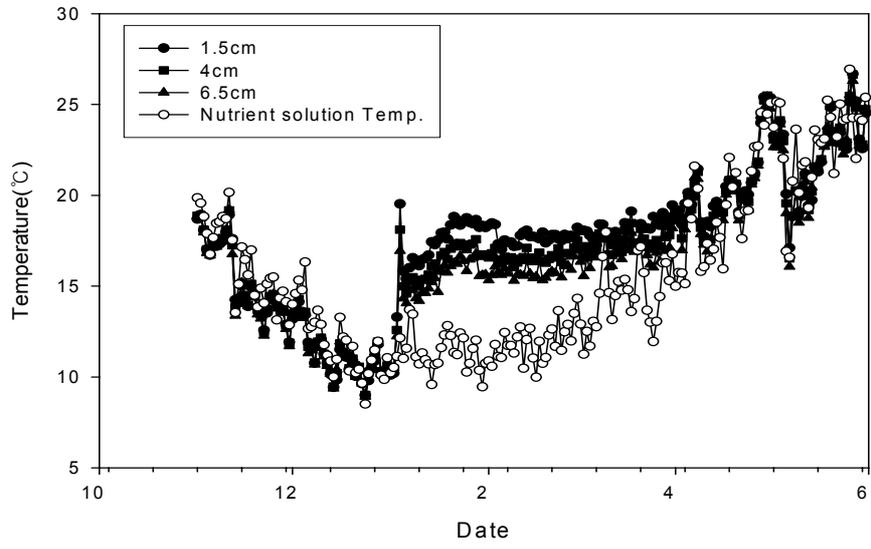


Fig. 3-67. 배지가온실험 18°C 처리구의 배지 내 위치별 온도변화 추이

Table 3-34. Effect of root zone temperature on early growth of strawberry in hydroponics.

Growth stage	Temperature	Mean		
		No. of leaf	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)
December 29	Control	7.3	18.15	5.72
	13°C	7.7	19.52	6.13
	18°C	7.1	18.73	5.70
	L S D	NS	NS	NS
January 5	Control	7.7	19.16	5.89
	13°C	7.9	20.54	6.37
	18°C	7.7	19.27	5.87
	L S D	NS	NS	NS
January 12	Control	8.1	19.50b	5.97ab
	13°C	8.1	21.54a	6.38a
	18°C	7.9	19.27b	5.84b
	L S D	NS	1.49	0.48
January 19	Control	8.4	19.45	6.12
	13°C	8.3	21.11	6.53
	18°C	8.4	19.84	6.02
	L S D	NS	NS	NS
Mean	Control	7.9	19.06b	5.93
	13°C	8.0	20.68a	6.35
	18°C	7.8	19.38b	5.86
	L S D	NS	0.61	0.21
	Stage	*	**	NS
	Treatment	NS	***	**
S*T	NS	NS	NS	

Table 3-35. Effect of root zone temperature on fruit quality and yield of strawberry in hydroponics.

Growth stage (G)	Substrates (S)	Mean					
		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	No. of fruit (ea/plant)	Yield per plant (g/plant)
January	Control	18.2	49.8	30.2	10.6	4.0	72.5
	13°C	20.2	51.0	31.2	10.1	3.0	60.1
	18°C	17.8	48.3	29.9	10.7	3.2	57.4
	L S D	NS	NS	NS	NS	NS	NS
February	Control	27.6	57.9	35.0	11.5	1.7	50.6
	13°C	28.9	58.7	36.0	10.3	1.5	41.9
	18°C	28.7	61.2	35.0	10.6	2.0	54.0
	L S D	NS	NS	NS	NS	NS	NS
March	Control	20.7	57.5	30.8	9.8	4.0	84.9
	13°C	19.3	58.6	29.0	10.0	4.4	80.0
	18°C	19.9	57.9	29.7	9.6	4.0	78.9
	L S D	NS	NS	NS	NS	NS	NS
April	Control	26.1	62.5	33.1	9.0	2.6	67.2
	13°C	21.4	58.3	31.7	9.1	2.6	54.1
	18°C	25.0	61.2	33.3	8.9	2.2	54.6
	L S D	NS	NS	NS	NS	NS	NS
May	Control	22.1	55.5	32.5	10.5	6.2	134.1
	13°C	22.6	56.3	33.0	10.4	8.6	191.1
	18°C	21.2	57.4	32.4	11.2	6.2	126.0
	L S D	NS	NS	NS	NS	2.4	44.7
Mean	Control	22.7	56.5	32.2	10.2	3.7	80.7
	13°C	22.3	57.0	31.9	10.1	4.0	84.8
	18°C	22.5	57.2	32.0	10.2	3.5	74.2
	L S D	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Stage	***	***	***	***	***	***
	Treatment	NS	NS	NS	NS	NS	NS
S*T	NS	NS	NS	NS	NS	*	

다. NFT재배에 의한 야간 온도 조절

1) 실험목적

지상부의 온도관리가 작물의 성장과 발달에 미치는 영향이 큰 만큼 지하부의 온도도 양수분의 흡수와 뿌리의 생육과 발달에 커다란 영향을 미친다. 수경재배에서는 배양액의 온도가 낮으면 뿌리의 활성이 떨어지고 질소, 인산, 칼륨 등의 흡수가 억제되고 뿌리의 호흡이 증가하여 생육이 억제된다.

딸기의 배양액 온도에 대한 반응은 지상부와 지하부에서 다른데, 13~23℃범위에서는 고온일수록 양분의 흡수가 촉진되기 때문에, 지상부의 생육이 촉진되고, 저온일수록 호흡작용에 의한 소모가 적어지기 때문에 뿌리의 생육이 촉진된다. 그래서 뿌리는 저온일수록 색이 희고, 굵고, 분지하기 어렵게 되며, 고온에서는 가늘어지고, 분지하기 쉽게 된다. 또한, 고온일수록 뿌리의 신장속도는 빠르지만, 노화가 빠르고 신장이 정지하기 쉬우므로 배지 온도를 높게 관리하면, 지상부의 생육은 촉진되지만 뿌리가 빈약하게 된다. 그런데, 같은 고온이라도 양분흡수와 호흡작용의 관계가 깊은 낮의 고온은 지상부의 생육을 촉진하며, 지하부의 생육을 억제하지만, 양분흡수에 관계가 없는 야간의 고온은 뿌리의 생육을 억제하는 작용은 크지만, 지상부의 생육을 촉진하는 효과는 적다. 이와 같이 지하부의 온도는 양수분의 흡수와 호흡작용에 영향을 미쳐서 지하부 뿐만이 아니라 지상부의 생육에도 커다란 미치게 된다.

본 실험에서는 NFT 시설에서 야간의 근온을 조절하여 딸기의 뿌리활성에 미치는 온도의 영향을 조사하고자 하였다.

2) 재료 및 방법

수조와 배양액 순환 탱크를 이용하여 NFT시스템을 설치하였다. 1m 높이의 받침대 위에 수조를 설치하고 받침대 밑에 배양액 순환탱크를 설치하였다. 배양액의 공급은 16mm PVC 파이프에 구멍을 뚫어 물이 고르게 표면을 타고 흐르도록 하였고, 급수는 50W 수중펌프를 이용하였다.

배양액의 온도조절은 3kw의 히터를 설치하여 설정온도가 유지되도록 하였고, 에어펌프를 이용하여 배양액의 교반 및 산소 공급을 유도하였다. 주간의 온도는

조절하지 않았고, 야간의 실내온도는 온풍기를 이용하여 10℃로 유지시켰다.

딸기묘의 정식은 2004년 9월 7일에 정식한 묘를 화분에 이식하여 두었다가 2월 10일에 뿌리를 세척한 후 뿌리의 길이를 일정하게 자른 후 엽채류 정식용 스티로폼 판에 스폰지를 이용하여 크라운 위쪽을 감싼 후 구멍에 20cm 간격으로 처리별로 3반복으로 3주씩 정식하였다.

야간온도의 처리는 무처리, 18, 23, 28도로 설정 하였다.

생육측정은 지상부는 엽장, 엽폭, 엽수를 3월 2일부터 3월 23일까지 7일간격으로 4회 측정하였다. 그리고 생육후기에 잎, 줄기, 뿌리, 크라운으로 나누어서 생체중과 건물중을 측정하였다.

3) 결과 및 고찰

근부 온도처리에 따른 엽수, 엽장, 엽폭이 처리간에 유의성 있는 차이를 나타내지는 않았지만 근부 온도가 높을수록 수치가 낮은 경향을 나타내었다.

지상부의 부위별 생체중은 잎, 줄기, 뿌리, 크라운 모두 야간온도 18℃ 처리구에서 가장 높았고, 28℃ 처리구에서 가장 낮았다. 건물중에서도 동일한 경향을 나타내었으나 통계적으로 유의성이 있는 수치를 나타내지는 않았고, 크라운의 건물중에서만 18℃ 처리구에서 가장 높은 수치를 나타내었다.

뿌리의 측정은 지속적인 생육 속에서 여러 가지 방법을 모색하였으나 적절한 비교 방법이 없어서 각 처리별 뿌리의 상태를 사진으로 비교하였는데, 야간온도가 높을수록 뿌리의 양이 적어지고 노화가 빠르며 심하게 갈변하는 것을 볼 수 있었다.

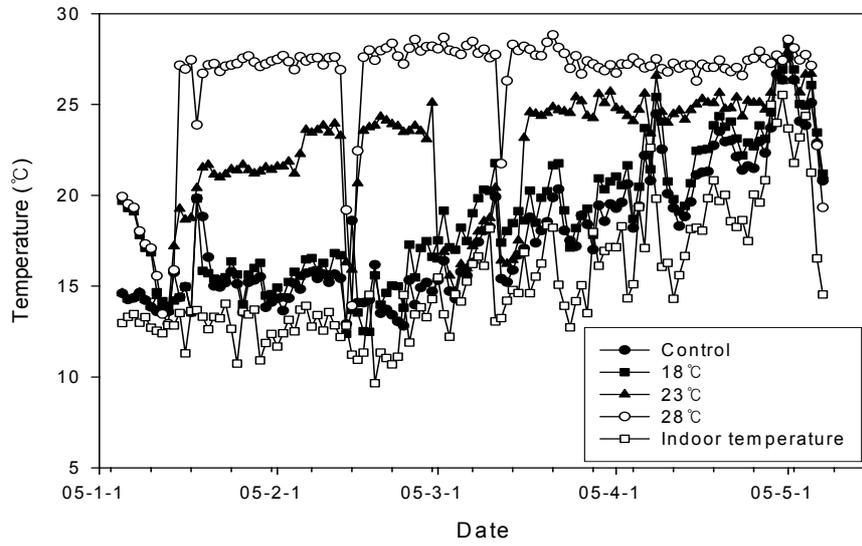


Fig. 3-68. 딸기 NFT 재배시스템 근온 처리의 배양액 온도변화 추이

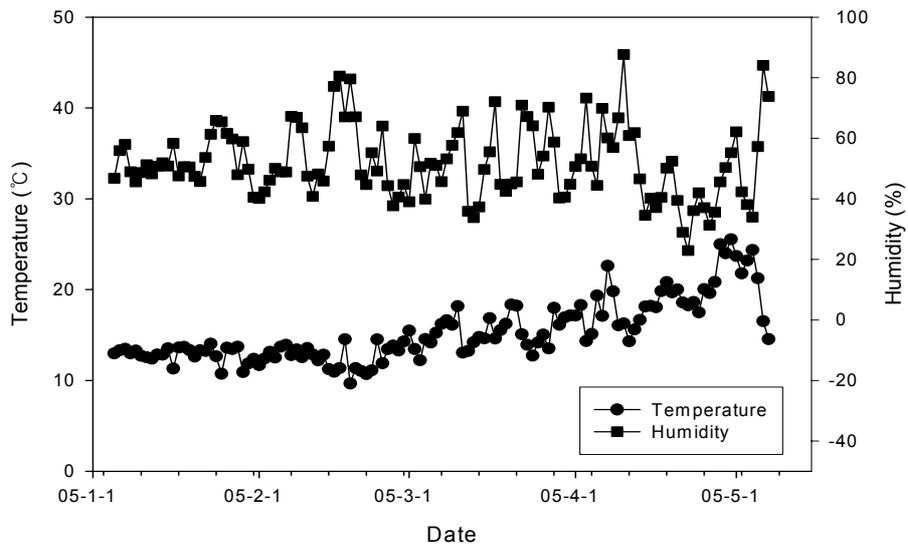


Fig. 3-69. 딸기수경재배 NFT 근온 실험 온실의 온도 습도 변화추이

Table 3-36. Effect of circulating nutrient solution temperature on growth of strawberry in NFT system.

Growth stage	Treatment	Mean		
		No. of leaf	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)
March 2	Control	4.4	10.87	4.13
	18 °C	4.8	12.38	4.56
	23 °C	5.0	10.82	4.33
	28 °C	4.8	11.21	4.71
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
March 9	Control	5.7	15.33	5.63
	18 °C	6.2	17.38	5.86
	23 °C	6.1	15.82	5.63
	28 °C	5.9	16.21	6.01
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
March 16	Control	6.1	20.71	7.41
	18 °C	6.7	22.84	8.01
	23 °C	6.4	22.77	7.91
	28 °C	6.2	20.49	7.51
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
March 23	Control	7.2	27.47	9.02
	18 °C	7.8	28.86	9.34
	23 °C	7.4	27.80	8.63
	28 °C	7.5	23.69	8.40
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
Total	Control	5.9	18.59	6.55
	18 °C	6.4	20.37	6.94
	23 °C	6.3	19.55	6.63
	28 °C	6.1	17.90	6.66
	LSD(p<0.05)	NS	1.83	NS
	Stage(S)	***	***	***
Treatment(T)	NS	NS	NS	
S * T	NS	NS	NS	

Table 3-37. Effect of circulating nutrient solution temperature on partly growth of strawberry in NFT system.

Treatment	Mean				
	Leaf	Stem	Root	Crown	
Fresh weight	Control	54.49	27.62	58.64	25.11
	18 °C	58.30	27.62	66.14	30.26
	23 °C	57.70	25.34	51.68	26.04
	28 °C	46.18	22.44	48.94	26.96
	LSD(p<0.05)	9.83	4.78	13.95	1.69
Dry weight	Control	21.70	9.36	11.95	10.01
	18 °C	22.50	9.24	12.38	11.77
	23 °C	21.00	10.40	11.59	10.30
	28 °C	18.90	9.26	10.85	11.01
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	1.69



사진 3-6. 딸기 NFT시스템의 구성



사진3-7. 무처리구



사진3-8. 무처리구



사진 3-9. 18℃처리구



사진 3-10. 18℃처리구



사진 3-11. 23℃ 처리구



사진 3-12. 23℃ 처리구



사진 3-13. 28℃ 처리구



사진 3-14. 28℃ 처리구

4. 근부 산소 공급

가. 실험 목적

딸기의 수경재배는 DFT에서는 성공하지 못하고 근부의 산소공급이 원활한 NFT방식에서 발달하였다. 최근에는 다양한 배지를 이용한 고품배지 방식이 발달하였는데, 배지의 종류에 따라서 물리적인 성질이 달라 뿌리의 산소 요구량이 많은 딸기에서는 물리적 성질을 고려한 배지의 선택이 중요하다. 고품배지는 다년간 사용을 하면 배지간의 공극이 점차 줄어들어서 시간이 갈수록 공극이 줄어들어 산소의 공급이 원활하지 않은 경우가 많다.

근부에 산소를 공급하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 실험에서는 베드의 구조를 달리하여 산소공급을 원활하게 함으로서 딸기의 뿌리활성에 미치는 영향을 조사하고자 하였다. 딸기 뿌리에의 산소공급은 양분의 흡수뿐만이 아니라 뿌리의 생리활성에도 영향을 미칠 것으로 생각되는데, 같은 뿌리에서의 다차근의 발생도 산소공급량이 많은 환경에서 활발하다.

나. 재료 및 방법

아키히메 품종 딸기를 2003년 8월 29일에 주간 20cm 간격으로 하여 2조식으로 정식하였다. 배양액 순환식 고설 수경재배시설에 처리별로 탱크를 부착하여 항상 표준 배양액이 공급되도록 하였고, 급액은 타이푼을 이용하여 점적관수하였다. 일반의 스티로폼 베드와 베드의 하부에 통기구멍을 많이 만든 Bio bed에 각각 펠라이트, 코코피트의 단용 배지와, 상층에 코코피트, 하층에 펠라이트, 상층에 질석, 하층에 펠라이트를 설치한 2층배지 및 질석과 왕겨를 섞은 혼합배지를 사용하여 배지 종류별로 조사를 하였다.

배양액은 야마자키 조성 딸기 배양액으로 하여 생육단계에 따라 적절한 농도로 조절하여 공급하였다.

다. 결과 및 고찰

딸기는 뿌리에 많은 산소를 요구하는 작물이므로, 원활한 통기가 가능하도록 개발된 베드를 사용하여 배지의 종류별로 생육과 수량 및 과실의 품질을 조사하였는데, 초기 생육은 코코피트/펄라이트의 2층 배지에서는 엽수, 엽장, 엽폭 모두가 바이오 베드에서 높은 수치를 나타내었다. 그러나, 질석과 왕겨 혼합배지에서의 엽장이 바이오 베드에서 높은 것을 제외하고는 모든 처리구에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

Table 3-38. Effect of bed shape on early growth of strawberries in different growth substrates in plastic house.

Substrates (S)	Bed shape	Mean		
		No. of leaf	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)
Perlite	Bio bed	5.4	18.9	7.5
	Normal bed	5.2	19.5	7.7
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
Cocopeat	Bio bed	5.3	21.2	7.5
	Normal bed	5.5	20.3	8.1
	LSD(p<0.05)	NS	NS	0.35
Cocopeat /Perlite	Bio bed	6.5	20.7	8.3
	Normal bed	5.0	16.4	6.3
	LSD(p<0.05)	0.84	0.92	0.4
Vermiculite /Perlite	Bio bed	4.6	16.1	5.9
	Normal bed	5.1	15.4	6.0
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS
Vermiculite + Rice hulls	Bio bed	5.1	16.8	6.1
	Normal bed	5.1	15.4	6.1
	LSD(p<0.05)	NS	1.06	NS

그런데, 과실의 수량과 품질에서는 코코피트/펄라이트의 2층 배지에서 바이오 베드 쪽이 과중과 과경이 도리어 낮은 수치를 나타내었고, 질석/펄라이트의 2층 배지에서의 당도와 질석과 왕겨배지의 과중, 수량에서도 바이오 베드 쪽이 도리어 낮은 수치를 나타내었다. 다만, 질석/펄라이트의 2층 배지에서 과경만이 바이오 베드에서 높은 수치를 나타내었는데, 이러한 결과는 수분과 산소 공급이라는 상반된 조건의 미묘한 변화에서 배지의 종류와 급액량 그리고 기상조건의 복잡한 요인 속에서 다양한 결과로 나타난 것으로 생각된다.

Table 3-39. Effect of bed shape on fruit quality and yield of strawberries in different growth substrates in plastic house.

Substrates (S)	Bed shape	Mean					
		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Soluble solids (°Brix)	Yield (g/plant)	Fruit No. (ea/plant)
Perlite	Bio bed	18.9	53.7	29.3	8.9	116.7	6.5
	Normal bed	19.6	54.6	30.2	8.7	114.9	6.1
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cocopeat	Bio bed	21.2	55.4	30.8	8.9	110.2	5.4
	Normal bed	19.4	54.0	30.0	8.6	90.0	4.8
	LSD(p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cocopeat /Perlite	Bio bed	19.0	53.9	28.9	9.0	108.9	5.6
	Normal bed	22.0	56.1	31.2	9.1	111.5	5.3
	LSD(p<0.05)	2.5	NS	1.6	NS	NS	NS
Vermiculite /Perlite	Bio bed	20.2	53.6	31.2	8.6	84.8	4.3
	Normal bed	17.6	53.4	28.6	9.2	83.5	4.9
	LSD(p<0.05)	NS	NS	2.49	0.36	NS	NS
Vermiculite +Rice hulls	Bio bed	18.0	53.4	29.1	9.0	85.2	4.8
	Normal bed	20.7	55.7	30.4	8.9	114.4	5.7
	LSD(p<0.05)	2.23	2.10	NS	NS	18.71	NS

[결론]

1. *Basillus*와 *Pesudomonas* 균을 유기배지내에 0.5%의 농도로 처리하면 생육 및 수량증가가 가능하다.

2. 천연생리활성물질을 배양액내에 첨가하면 생육촉진의 효과가 있다.

3. 근부 온도관리는 주간은 18℃로 , 야간은 10℃로 관리하는 것이 최적이나, 주간 23℃, 야간 7℃는 무관하다.

주야간의 평균 온도를 18℃로 관리하고, 야간온도가 저하할 때는 주간에 온도를 충분히 높이도록 한다.

최저온도는 -1℃를 넘지 않도록 한다.

4. 베드 하부의 배수를 원활하게 하여 근부에 산소공급이 충분하도록 한다.

제4장 딸기 고설수경 재배 시스템 개발

제1절 구조해석

1. 베드의 구조

본 연구에서는 딸기 고설수경재배 시스템 개발을 위하여 일본, 네덜란드, 우리나라 등 기존의 자료를 분석하여 그림4-1과 같은 4가지 베드의 기본 모델을 구성하였다. 모델 A는 일반적으로 사용되고 있는 스티로폼 베드를 이용한 것으로 정식 간격을 20cm로 할 경우 포기당 상토는 3~4ℓ 정도이다. 모델 B는 길이 1.2m의 플라스틱 플랜트로 정식 간격을 20cm로 할 경우 포기당 상토는 2~3ℓ 정도의 모델이다. 모델 C는 U자형 단면의 플라스틱 성형의 베드를 사용한 것과 천막천 등을 사용한 것으로 정식 간격을 20cm로 할 경우 포기당 상토는 2~4ℓ 정도이다. 모델 D는 스티로폼 판을 역삼각형으로 배치하고 상토를 채우는 것으로 베드 제작비가 저렴한 형태로 정식 간격을 20cm로 할 경우 포기당 상토는 2~2.5ℓ 정도이다.

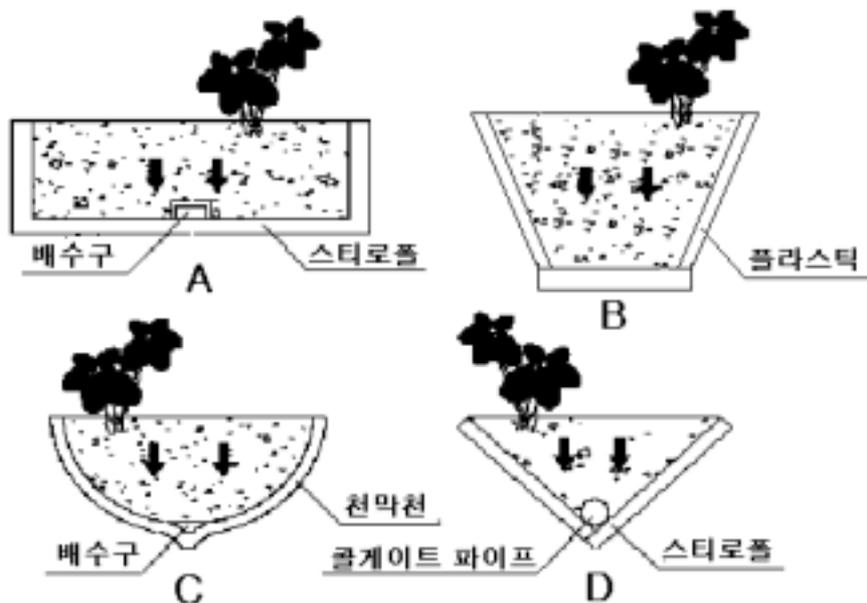


그림 4-1 베드의 구조

2. 가대의 구조

고설재배 시스템의 프레임인 가대 높이를 그림4-2와 같이 베드의 상부면 높이를 기준으로 80cm, 110cm, 150cm의 3가지 모델로 하여 구성하였다. 이것은 높이의 기준이 정식, 포기관리, 수확 등 실제로 작업하는 작업자의 키에 맞도록 하는 것이 적절할 것으로 판단되며, 작업에 있어서 작업자의 피로도나 편의성에 대한 분석을 위하여 3가지로 하여 비교한 것이다. 가대 지주는 농원용 파이프 22.2mm×1.2t를 사용하였고, 지주의 간격을 1.0m, 1.5m로 2가지로 하였다.

그림4-3은 베드를 올려놓는 가대의 가로대 설치 및 지주파이프의 침하 방지를 위하여 2본의 파이프를 지면에 베드 길이방향으로 지주파이프와 클립으로 고정된 것을 나타낸 것이다. 가대의 지주간격에 따라, 또한 가대의 높이에 따라, 배지의 종류에 따라 각 부재에 걸리는 응력과 처짐이 달라진다. 이들을 요소로 하는 가대의 안정성을 검토하는 구조해석을 실시하였다.

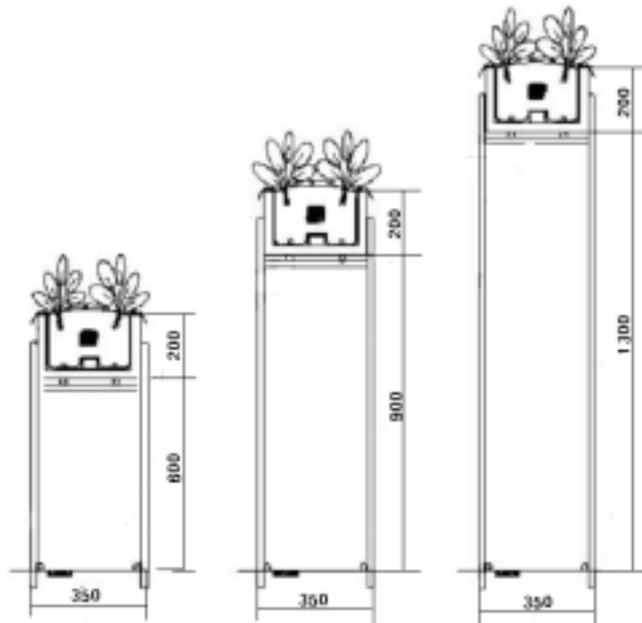


그림 4-2 지주 높이별 가대 구조

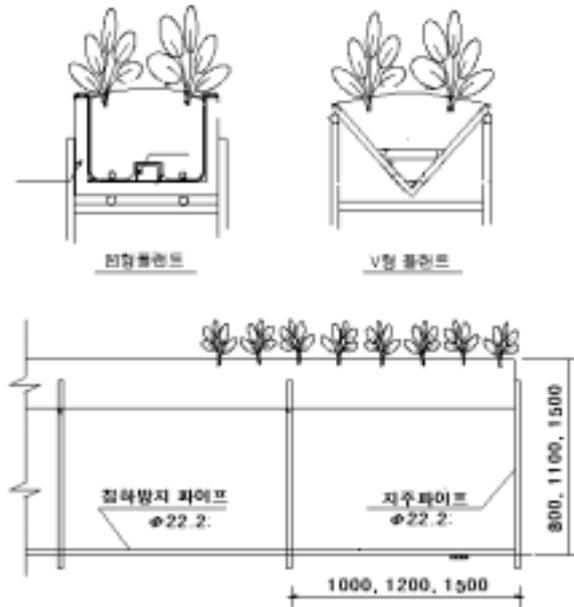


그림 4-3 베드 및 가대의 침하방지 구조

표4-1은 딸기 고설수경재배 시스템에서 상토의 용량이 가장 많은 모델 A의 V형베드에서 재배 중 베드 재료 중량에 대한 자료와 본 연구에서 개발한 모델 D의 V형 베드의 베드재료 중량을 나타낸 것이다. 여기서 재료는 피트모스, 펠라이트, 왕겨 등 배지의 무게는 베드에 채운 상태에서 배양액의 급액 직후 가장 중량이 큰 시각에 측정된 것이다. 구조해석에는 안전을 위하여 포기 간격을 20cm로 할 경우 포기당 상토를 4ℓ로 한 V형 베드를 기준으로 했다.

표 4-1 베드별 1m당 재료 중량 (단위 : kg)

베드별	베드	생체중	피트모스	펠라이트	왕겨
V형(4ℓ/포기)	1.0	1.5	27.0	22.0	17.0
V형(2.5ℓ/포기)	0.8	1.5	20.0	16.0	13.0

가대 지주의 안전성 검토는 표4-1의 배지 무게와 베드 및 생체중을 합친 하중

을 지주간격별 하중으로 하여 가대 지주를 기둥으로 보아 기둥의 최소임계하중을 계산하여 지주에 걸리는 하중과 비교하는 방법으로 검토하였으며, 결과를 표 4-2에 나타냈다. 여기서 가대의 지주파이프는 $\Phi 22.2\text{mm} \times 1.2\text{t}$ 로 하였으며 지주파이프의 높이는 베드 상부 높이에서 베드의 높이를 제한 지주의 높이별로 최소임계하중을 계산하여 안전성을 검토하였다. 표4-2에서 보는 바와 같이 지주 간격 100cm, 150cm 모두 3종류 배지에서 모두 최소임계하중 20%이하로 나타나 기둥 간격은 150cm로 해도 대단히 안전함을 보여 주고 있다.

표4-2 가대 지주의 안전성

배 지	지주간격별 하중(kg)		지주 높이별 최소임계하중(kg)		
	100cm	150cm	60cm	90cm	150cm
피트모스	15.0	22.5	597	265	127
펠라이트	12.5	18.6			
왕 겨	10.0	15.0			

또한 표4-3은 가대에서 베드를 올려놓는 가로대의 하중 안전성을 검토한 것으로 가로대를 연속 빔으로 보고 베드, 딸기생체 및 배지를 등분포하중으로 보아 연속 빔에 발생하는 최대굽힘모멘트와 단면계수로부터 최대응력을 계산하여 허용응력과 비교하여 검토하였다. 지주간격이 100cm, 150cm에서 각 배지별 모두 최대응력이 허용응력 범위 내에 있어 안전성에 문제가 없는 것으로 나타났다.

표4-3 가대 가로대 하중 안전성

배 지	지주간격별 최대응력(kg/cm ²)		허용응력(kg/cm ²)
	100cm	150cm	
피트모스	477	1,074	1,600
펠라이트	397	895	
왕 겨	318	716	

한편 가로대는 처짐으로 인하여 재배베드가 경사지게 되며, 이로 인하여 배지 내 수분의 균일도에 문제가 있다고 보아 NFT의 경사도인 1/100경사시의 처짐량과 비교하는 방법으로 검토하였다. 표4-5는 지주간격별 최대처짐량(지주간 중앙부)과 경사도를 계산한 결과이며, 비교척도로서 지주간격별 1/100경사시의 최대 처짐량을 표시하였다. 표에서 보는 바와 같이 지주간격 150cm에서는 1/100경사보다 처짐량이 많아 1.5/100의 경사를 나타냈지만 최대 처짐량이 나타나는 중앙부의 처짐량이 1.13mm로 배지가 없는 NFT와는 달리 교내 재배시험이나 산청군 신등면의 농가 적용시험에서 수분 과다는 일어나지 않을 것으로 보아 한계처짐량에 대한 다른 기준이 필요할 것으로 판단되었다.

이와 관련하여 산청군 신등면 농가 현장에서 천막천으로 된 그림4-1의 C형 베드에서 처짐으로 인한 수분과다로 뿌리의 장애로 문제가 발견된 바 있었다. 이것은 가로대의 처짐이 아니라 천막천의 처짐에 기인한 것으로 이 경우와는 다른 측면에서 개선해야 될 문제로 생각된다.

또한 스티로폼 베드는 베드 자체가 어느 정도 강도를 가진 가로대 부재로서 작용되는 점을 고려하는 분석기법을 도입한다면 실제 처짐은 다소 줄어들 여지가 있지만 여기서는 분석결과의 안전을 등을 고려하여 스티로폼 베드의 부재로서 역할은 제외하였다.

앞으로 베드 무게에 따른 가로대 한계처짐량과 관련하여 NFT의 경사도 1/100을 비교기준으로 하는 것을 시도해 보았지만 무리가 있는 것으로 판단되며, 이에 대하여는 딸기 재배에서 배지의 배수성을 고려하여 재배에 허용할 수 있는 처짐 기준을 검토할 필요가 있다고 생각된다. 또한 허용 처짐이 결정되면 이와 관련하여 혼합배지를 포함한 배지별 적정 지주 간격을 도출 할 수 있을 것으로 본다.

표4-4 가대 가로대 처짐 안전성 (단위 : cm)

배 지	지주간격				지주간격	
	100cm		150cm		100cm	150cm
	최대처짐량	경사도	처짐량	경사도	1/100경사 처짐량	
피트모스	0.224	0.45/100	1.13	1.51/100	0.50	0.75
펠라이트	0.187	0.37/100	0.942	1.26/100		
왕 겨	0.149	0.30/100	0.753	1.00/100		

제2절 작업성

1. 연간 작업성

딸기 고설수경재배의 작업성을 평가하기 위하여 먼저 딸기 재배에 있어서 연간 작업별 노동투하시간을 토경과 비교하였다. 국내에서 최근에 고설수경재배 시스템을 도입한 농가(산청군 신등면 단계리)를 방문 조사하여 표 5에 나타냈다.

표4-5에서 보는 바와 같이 연간 총 작업시간은 2000여 시간으로 큰 차이를 보이지 않았는데 이것은 고설수경재배시 작업성의 개선효과로 시간이 단축 될 것이라는 기대에 맞지 않는 것으로 볼 수 있지만 고설수경의 경우 연간 재배기간의 연장과 수량의 증가에 기인한 것으로 분석되고 있다. 각 작업별 연간 노동투하시간은 출하작업이 가장 많은 시간을 차지하였다. 이것은 출하를 위한 선별과 포장에 많은 시간이 소요됨을 나타내고 있다. 특히 본 연구에서 고설재배가 토경에 비하여 출하에 소요되는 시간이 많은 것은 고설재배에서 일반적으로 수량이 30%정도 많다고 하지만, 후술하는 바와 같이 산청군 신등면에서는 180%의 수량이 증수되어 2.8배에 달하는 수량을 기록한 것에 기인한 것으로 판단된다.

표4-5 작업별 노동투하시간 (hr/10a)

구분	육묘 관리	정식 준비	정식	벌칭 작업	병충해 방제	하엽과 경처리	적엽 및 적과	수확	출하	하우스 관리	뒷정리	합계
고설	250.0	45.0	63.0	18.0	11.0	65.0	50.0	650.0	865.0	65.0	46.0	2,128
토경	250.0	35.0	72.0	32.0	12.0	78.0	100.0	723.0	835.0	65.0	18.0	2,220

한편 본 연구와 관련된 고설 수경재배의 작업성 평가는 하우스 내에서의 작업이 가장 관계있는 것으로 보아, 연간 하우스 내 작업에서 가장 많은 시간을 차지하는 수확작업과, 그 다음인 「하엽 및 과방처리」와 「적엽 및 적과」작업에 대한 작업성 시험을 실시하였다. 특히 수확작업을 비롯한 「하엽 및 과방처리」와 「적엽 및 적과」는 고설에 의한 작업시간의 단축에 따른 생력효과 외에 작업자세의 편안함에서 오는 작업 강도의 저하가 아주 큰 효과라고 평가된다.

2. 베드 높이별 작업성

연간 포장에서의 작업시간이 가장 많은 수확작업에 대하여 그림4-2에 보인 바와 같은 베드 높이별(80cm, 110cm, 150cm) 작업성을 비교하는 시험을 실시하여 얻어진 결과를 표4-6에 나타냈다. 시험은 본 연구에서 시작품으로 설치한 고설시스템의 높이별 각 시험구의 베드길이 10m의 실제 작업시 스톱워치를 사용하여 작업시간을 측정하여 비교한 것이다. 베드높이 110cm가 가장 작업성이 좋았고 150cm, 80cm 순으로 나타났다. 그러나 수확작업시 허리를 굽혀야 하는 80cm 높이에서는 110cm에 비해 작업시간이 14% 많이 소요되어 작업성이 크게 떨어졌으며, 110cm, 150cm에서는 5%의 차이를 나타내 큰 차이가 없음을 보여주었다. 특히 80cm 높이에서는 후술하는 적엽 및 적과 등 포기관리 작업과는 달리 수확작업시 허리를 굽혀 작업하기 때문에 작업시간의 차이 외에 작업강도 면에서 아주 열악하였다. 따라서 수확작업의 작업성 면에서는 베드높이 110cm가 가장 좋은 것으로 나타났다.

표4-6 주요 작업성 시험 결과

단위 : 분:초/10m베드

구 분	베드높이	80cm	110cm	150cm	비 고	
	수확작업	1(12/30)	4:53	4:22	4:43	
2(01/10)		5:06	4:34	4:52		
3(01/20)		5:34	5:08	5:21		
4(01/30)		5:45	5:12	5:25		
5(02/10)		5:58	5:21	5:33		
평균			5:37	4:55	5:11	
			114	100	105	
하엽 및 과경처리	1(12/25)	6:52	7:10	8:13		
	2(01/15)	7:17	7:35	8:34		
	3(02/05)	7:23	7:48	8:46		
	4(02/25)	7:28	7:53	8:55		
	5(03/05)	7:33	7:58	9:05		
	평균		7:19	7:41	8:43	
			100	105	119	

한편 딸기의 포기를 관리하는 「하엽 및 과경처리」작업의 작업성 비교시험에서 베드 높이별 작업시간은 베드높이 80m에서 가장 작업시간이 짧았으며, 110m, 150m 순이었다. 여기서 80m와 110m는 110m가 5%정도의 차이였지만 150m에서는 19%나 많았다. 여기서 150m는 작업자의 키에 따라 차이가 있었지만 우리나라 평균키로는 딸기 포기를 올려보는 자세로 하엽과 과방이 잘 보이지 않기 때문에 작업대를 사용하지 않으면 안 되는 것으로 나타나 작업성이 떨어졌다고 판단된다. 따라서 하엽 및 과경처리 등 포기관리 면에서는 베드높이 80cm가 가장 유리한 것으로 나타났다.

그러나 하우스 내 작업시간 중 수확작업이 포기관리 작업에 비하여 2~3배 많은 점과 포기의 관리작업에 있어서 베드높이 80cm와 110cm 사이에는 큰 시간의 차이가 없다는 점을 미루어 베드의 높이는 110cm가 가장 좋다고 판단되었다. 그러나 하우스 조건이 어쩔 수 없이 높은 베드를 설치할 수 없는 저비용 단동하우스의 경우는 80cm 정도로 할 수 밖에 없다고 본다.

제3절 배액 재이용 시스템 구성

1. 시스템의 구성

가. 급액 및 배액 재이용 시스템 기본적 구성

본 연구의 고설수경재배 시스템에서의 급액 방식은 통상적인 순환식 급액을 변형하여, 비순환식과 같은 점적급액방식을 채용하면서 하루 4~5회(배지와 계절에 따라 급액회수 설정) 새 배양액을 공급하고, 흘러나오는 배액을 집액탱크에 따로 집수하여, 하루의 마지막 1회의 급액을 새 배양액 대신에 집수한 배액을 공급하는 방식을 도입하여 그림4-4의 구성도와 같이 구성하였다. 이 방식은 1일 급액회수에 상관없이 매일 마지막 급액을 오후 4시경에 집수한 배액을 급액하도록 급액펌프의 흡입관을 2라인으로 구성하여 2가지 알고리즘의 시스템을 개발하여 집수한 집액탱크의 배액을 급액할 수 있도록 한 것이다.

이것은 배액을 20%로 하여 새 배양액의 급액 5회에 1회꼴로 집수한 배양액을 급액하는 방식으로 구성된 1차년도의 경우, 집수 배양액의 급액시간이 새 배양액 5회 급액에 1회로 함으로써 오전 오후 관계없이 급액되어, 수량이 15% 정도 저하하였다는 연구결과와 이에 대처 방법으로 하루의 마지막 급액을 집수한 배액을 급액할 경우에 수량 감소가 없었다는 그림4-4의 구성도와 같이 일본 치바농업총합연구센터의 결과(2004, 宇田川雄二)를 인용하여 시스템을 재구성한 것이다.

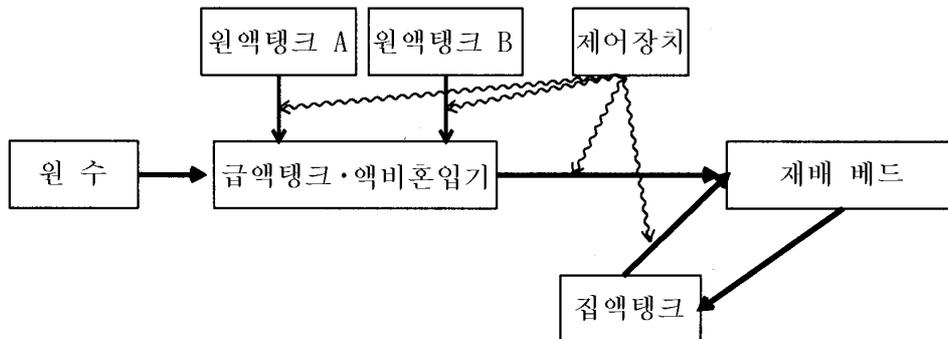


그림4-4 배액의 재이용 개념도

나. 배액율 제어 시스템

딸기의 수경에 있어서 급액량에 대한 배액량의 비인 배액율은 딸기 생육에 큰 영향을 주기 때문에 배액율 제어는 대단히 중요한 것이다. 그런데 딸기의 생육단계에 따른 적정 배액율은 정식후 뿌리의 활착까지 1~2주의 짧은 기간은 80%로 하여 활착이 끝날 때쯤부터 20%로 줄여 이후의 대부분의 재배기간에 20% 정도로 하여 재배한다. 축성재배의 종료에 가까운 4월 이후의 휴면 각성기부터 배액율을 30% 정도로 증량하여 재배를 종료하는 것이 일반적이다. 이 1일의 배액율은 기본적으로 배지의 종류, 1회 급액량에 따라 다르게 나타나며, 재배기간 전체적으로는 딸기의 생육단계 및 일사량의 변화에 영향을 받는다.

이 연구에서는 배액율을 제어하기 위한 시스템을 개발하고자 2가지의 제어 알고리즘을 개발하고 시스템을 구성하여 딸기를 재배하면서 제어성능시험을 통하여 우수한 배액율 제어 시스템을 개발하고자 하였다.

시스템은 그림4-5에서 보는 바와 같이 배양액탱크의 배양액을 급액펌프로 급액관을 통하여 배지에 공급 하면 딸기의 증산과 배지면 증발로 인한 소비를 제한 잉여액은 베드의 배수구를 통하여 배액된다. 이 배액을 배액탱크에 수집하도록 구성하였다. 이 때 배액탱크의 단면적을 배양액탱크 단면적의 20%로 하여 후술하는 알고리즘의 2탱크의 수위차를 비교하는 피드백 제어 방식으로 PLC에 의하여 배액율이 20%가 되도록 시스템을 구성한 것이다.

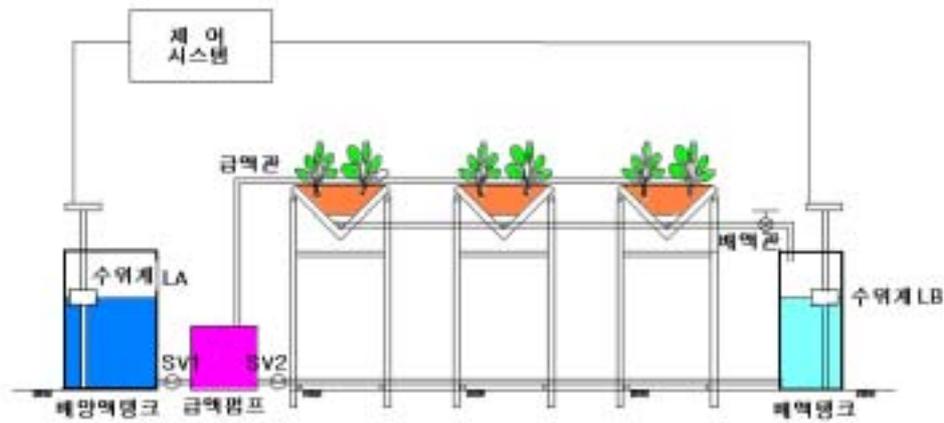


그림4-5 배액율 제어 시스템 구성

여기서 배양액탱크와 배액탱크의 수위를 측정하는 수위계는 그림4-6(a), (b)에서 보는 바와 같이 각 탱크에 프롭트식 포텐쇼미터 수위계를 사용하였다. 제어 시스템은 그림4-6(c), (d)와 같이 구성하였으며, 제어 시스템의 회로도는 그림 4-7과 같다.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림4-6 배액율 제어 시스템

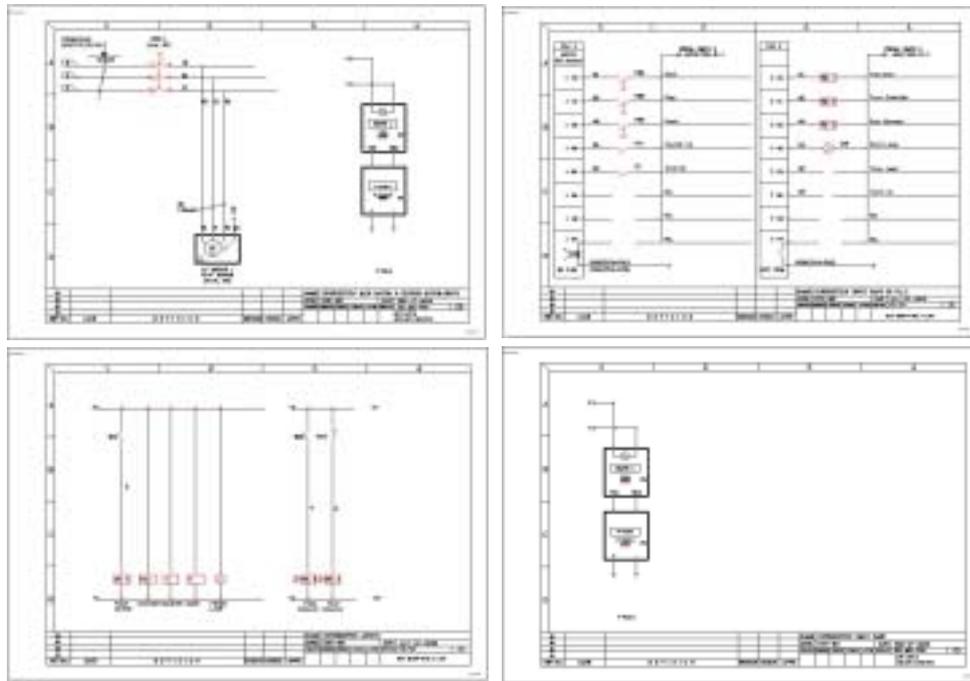


그림4-7 배액율 제어 시스템 회로도

2. 제어 알고리즘

배액율 제어를 위한 알고리즘을 그림4-8 및 그림4-9에 나타낸 흐름도와 같은 2가지 방식을 개발하였다. 그림4-8에 나타낸 타이머 방식 배액율 제어 알고리즘은 1일 급액회수와 수집한 배액을 급액하는 2개의 타이머만으로 배액율을 20% 정도로 제어하기 위하여 개발한 것으로 생육단계 및 일사량 등 재배조건에 따른 소비 배양액의 변화에 따른 배액량의 변화를 무시한 것으로, 재배 기간 중 생육단계에 따른 1회 급액량의 몇 단계의 수정을 전제로 개발한 것이다.

이 방식은 그림4-8에서 보는 바와 같이 타이머 2개로 시스템을 구성한 것이며 예비실험을 통하여 미리 얻은 배액율 곡선을 이용하여 20% 정도의 배액율이 되는 1회 급액량을 사전에 파악하여 이 1회 급액량과 1일 급액회수를 정하여 급액하며 최종 급액을 수집한 배액으로 하는 방식의 시퀀스제어 방식이다. 또한 제어 성능시험에서 후술하겠지만 작물의 배지별 생육단계에 따른 배액율 곡선을 미리 숙지하여 1회 급액량을 조정해야 하는 결점이 있다.

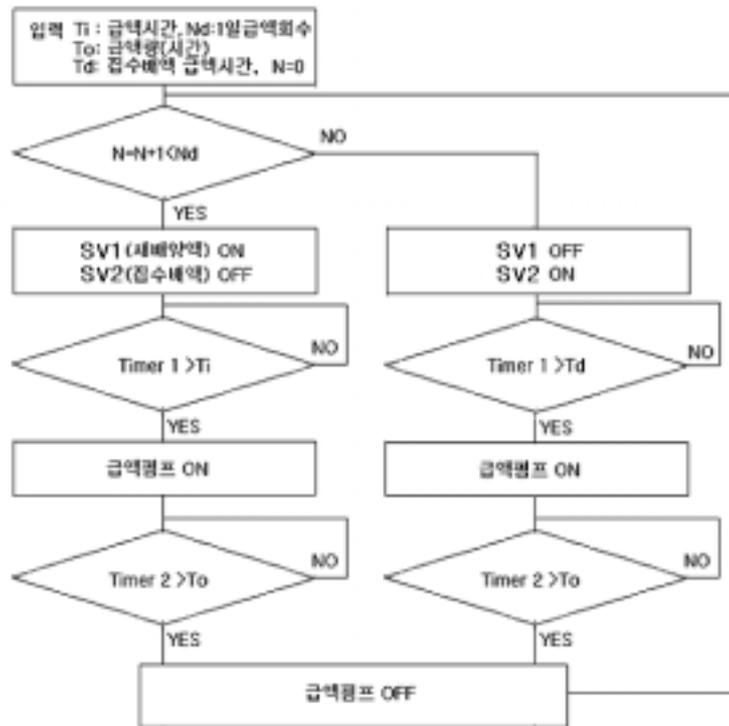


그림4-8 타이머 방식 배액율 제어 흐름도

한편 그림4-9의 급액·배액 탱크 수위차 비교방식은 매회 급액시 작물의 생육 단계 및 일사량에 따른 배양액이 소비되고 흘러나오는 잉여 배양액을 수집 배액율을 측정하여 피드백하는 정밀제어를 전제로 개발한 것이다. 배액율을 측정하기 쉽도록 하기 위하여 배액 수집탱크의 바닥면적을 공급 배양액탱크 바닥면적의 20%가 되도록 하여 양 탱크의 수위차를 비교하는 것만으로 배액율이 20%를 초과하는가 부족한가를 파악하여 다음 급액량에 피드백하는 방식이다. 즉 수위차 비교방식은 그림에서 보는 바와 같이 하루 처음급액시간(Ti), 급액간격(T), 1일 급액회수(Nd), 급액량(To), 집수한 배액의 급액시간(Td)를 입력하고 배양액탱크와 배액탱크의 각각의 수위 LA1, LB1를 측정하고 급액펌프를 ON하여 급액을 시작하면, 처음 1회는 관리자가 입력한 급액량을 배양액탱크의 새 배양액으로 급액하고, 다음 급액시간 동안 배양액이 소비된 배양액탱크의 수위(LA2)와 수집

배액탱크의 수위(LA2)를 각각 측정하여 수위변화(dLA, dLB)를 산출한다. 각각의 수위변화가 같으면 배액율이 20%이며, 배양액을 공급한 배양액탱크의 수위변화(dLA)에 비해 배액을 수집한 배액탱크의 수위변화(dLB)가 적으면 배액율이 20%보다 적고, 배액탱크의 수위변화(dLB)가 크면 배액율이 20%보다 크기 때문에 그 부족, 초과 비율(S)을 계산하여 급액량(To)에 가감하여 급액량을 수정하는 방식을 도입하여 개발한 것이다.

이러한 방법으로 매일 배양액의 급액을 수정하는 방법으로 배액율을 제어한다. 한편 1일 중 최종회의 급액은 수집한 배액탱크의 배액을 급액펌프로 급액하는 방식을 도입하였다. 이것은 일본 치바현농업종합연구센터의 연구결과에서 배액을 원배양액탱크에 혼합하지 않고 별도로 수집하여 하루의 마지막 급액으로 이용함으로써 수량에 영향을 주지 않는다는 연구결과를 도입한 방법이다.

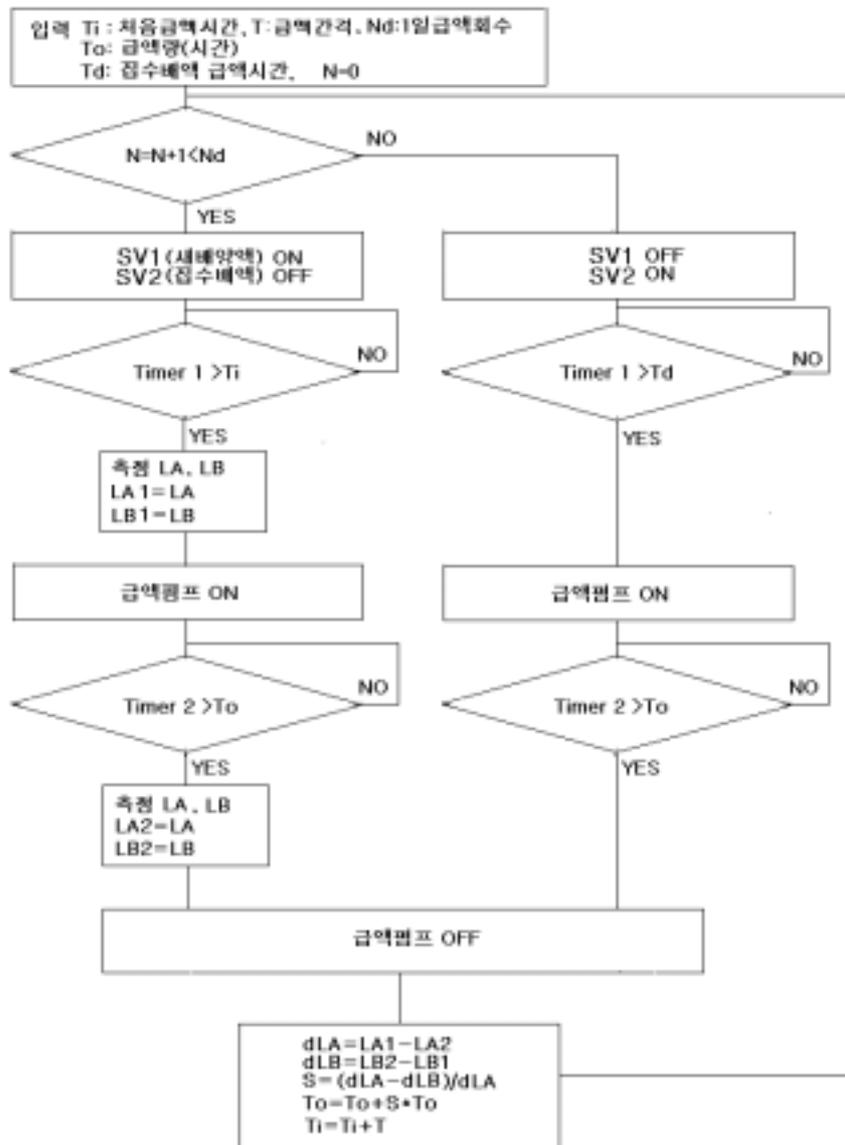


그림4-9 급액·배액 탱크 수위차 비교방식 배액율 제어 흐름도

3. 제어성능

가. 배지의 배액 특성

시스템의 급액량 및 배액량을 측정하기 위하여 양수량 조절이 가능한 다이어프램식 정량펌프를 채용하여 급액량을 일정하게 하고 급액시간을 조정하여 배액율을 조절할 수 있도록 하였으며, 관로에 그림 15와 같은 디지털 유량센서(Equiflow, Model : 0085.T.H.P.01.XH) 및 디지털 인디케이터(Laurel Model : L60010FR)와 USB 인터페이스(Model : PMD- 1208LS)를 사용하여 구성하였다. 또한 전술한 수위차 비교방식의 제어 알고리즘에서 제어 요소인 배양액탱크와 배액탱크의 수위를 측정하여 급액량 및 배액량에 대하여 유량센서의 측정치와 비교 검정하였다.



(a) 디지털 유량센서

(b) USB 인터페이스

그림4-10 급액유량 컴퓨터 USB 인터페이스

제어성능시험은 경북대학교 구내에 설치한 딸기 고설수경재배 시스템에서 딸기를 재배하면서 2가지 알고리즘의 제어 시스템에 의하여 급액량과 배액량을 측정하는 방법으로 실시하였다. 얻어진 데이터를 이용하여 급액펌프의 가동시간에 따른 급액량, 배액량, 배액율 관계인 그림4-11, 4-12, 4-13을 얻었다.

여기서 성능시험의 조건은 시작품의 딸기 고설수경 재배 시스템 10m 3열의 베드에 8월 31일 딸기를 정식하여, 제어성능시험은 10월 4일에서 10월 14일까지 실시하였으며, 딸기 생육단계는 포기당 전개된 잎이 3~4매 정도이며, 정화방이 출퇴한 포기가 대상 300포기 중 약 40% 정도인 시점으로 배양액 소비가 비교적 활발한 시기인 맑은 날의 일사량이 좋은 날을 택하여 실시하였다. 그림4-11에서

보는 바와 같이 펌프가동시간에 따른 급액량은 펌프 가동개시 후 지연시간이 0.3분(18초)로 나타났으며, 펌프가동시간과 급액량은 비례하는 것으로 나타났다. 또한 그림4-12에서 보는 바와 같이 펌프가동시간(급액량)에 따른 배액량은 펌프가동시간(급액량)이 기본량 2.7분(5L) 이상일 때 배액이 일어났으며 급액량과 배액량은 시험구간 내에서는 직선적인 관계를 나타냈다. 급액량에 대한 배액량의 비를 나타내는 배액율도 그림4-13에서 보는 바와 같이 펌프가동시간(급액량)에 따른 배액율은 펌프가동시간(급액량)이 기본량 2.7분(5L) 이상일 때 배액이 일어났으며 급액량과 배액율도 지수함수적인 관계를 나타냈다. 이 결과는 생육기간 중의 일레로서 생육스테이지에 따라 측정 시간에 따라 다르게 나타날 수 있다. 宇井登에 의하면 딸기는 그림4-14에서 보는 바와 같이 생육스테이지에 따라 필요관수량의 변화가 심하기 때문에 배액율의 제어를 위하여는 1회 급액량을 생육스테이지에 맞도록 변화시켜가지 않으면 안 될 것으로 판단된다.

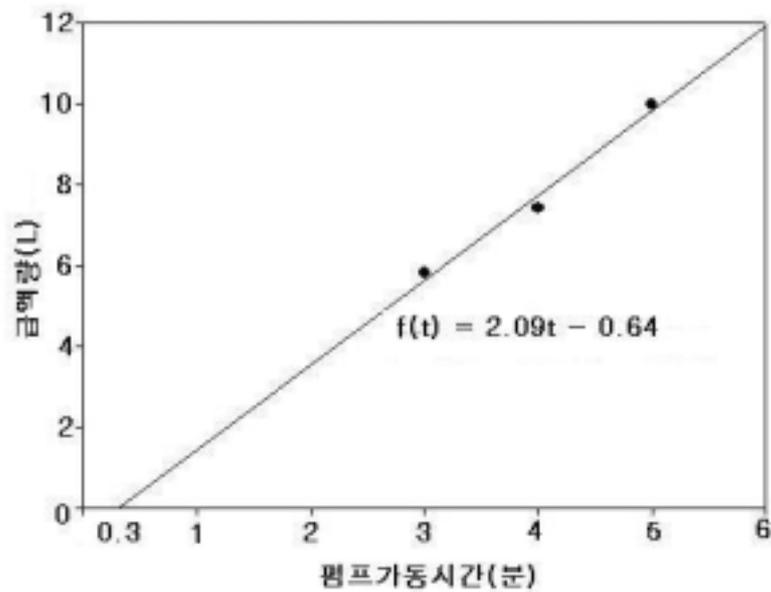


그림4-11 펌프가동시간에 따른 급액량

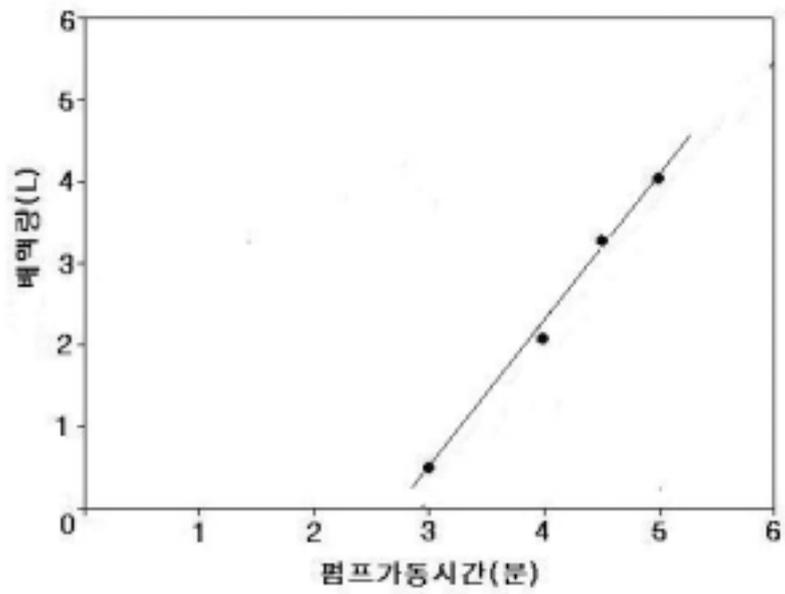


그림4-12 펌프가동시간에 따른 배액량

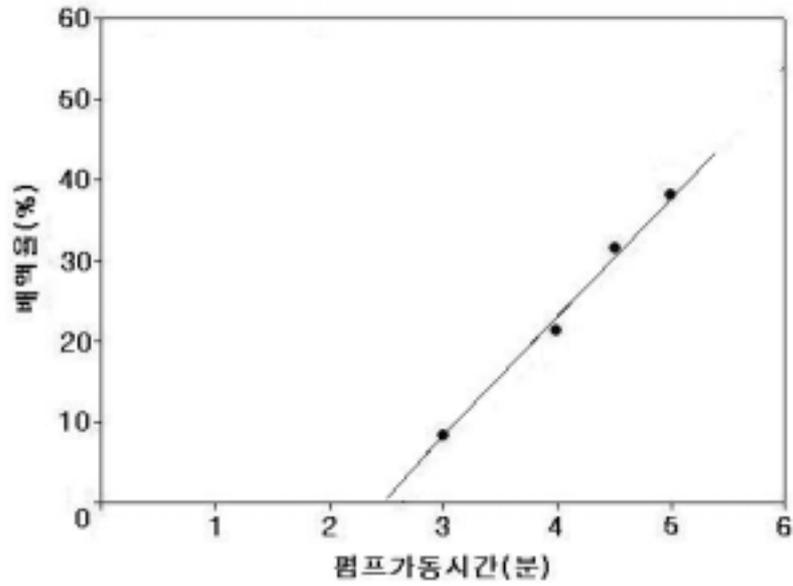


그림4-13 펌프가동시간에 따른 배액율

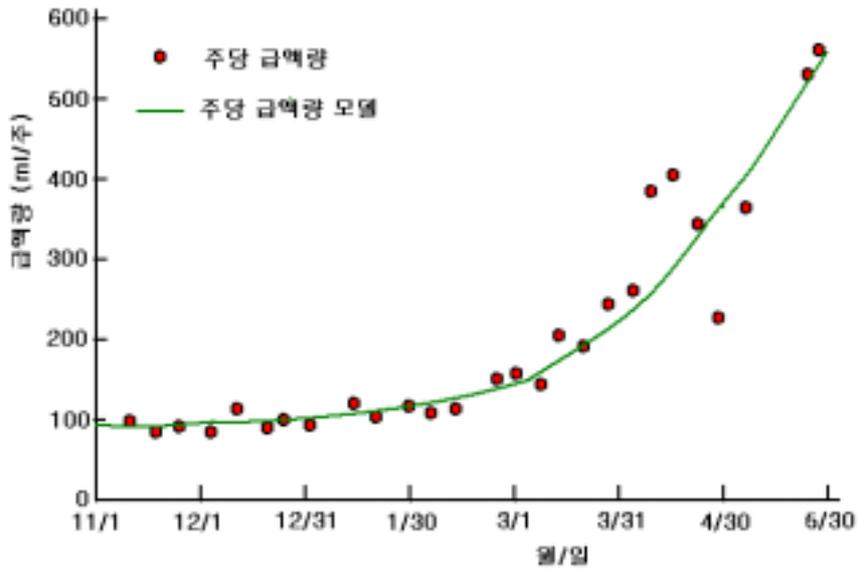


그림4-14 생육스테이지에 따른 필요 관수량

나. 배액을 제어성능

(1) 타이머 방식 배액을 제어

그림4-13에서 배액율이 20%가 되도록 1회 펌프가동시간(급액량)을 설정하여 급액개시시간 설정 타이머1과 급액량 설정 타이머2로서 2개의 타이머로 구성된 시스템을 가동하여 제어성능 시험을 실시한 결과는 표4-7과 같다. 표의 결과는 성능시험을 3회 실시하여 평균한 값이다.

표4-7 타이머 방식 배액율 제어 성능

시간	8:00	9:30	11:00	12:30	16:00	1일
급액량(L)	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	38.5
배액량(L)	1.84	1.72	1.60	1.56	1.72	8.44
배액율(%)	23.9	22.3	20.8	20.3	22.3	21.9

(2) 급액·배액 탱크 수위차 비교방식 배액율 제어

표4-8 급액·배액 탱크 수위차 비교방식 배액율 제어 성능

시간	8:00	9:30	11:00	12:30	16:00	1일
급액량(L)	7.7	6.5	7.1	7.4	7.5	36.2
배액량(L)	1.82	1.20	1.35	1.46	1.56	3.39
배액율(%)	23.6	18.5	19.0	19.7	20.8	20.4

그림4-15는 위 2가지 배액율 제어방식의 제어성능을 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 2방식 모두 처음 급액의 펌프가동시간을 배지의 배액율 특성에서 구한 설정배액율 20%에 해당하는 4분(급액량 7.7L)으로 하였다. 그러나 8:00시의 배액율이 23%를 초과하여 설정배액율 20%를 초과했다. 이것은 일출 후 낮은 일사 조건에서 소비배양액이 적기 때문에 배액이 평균배액율에 비하여 높게 나타난 것이다.

타이머 제어 방식은 그림4-15에서 보는 바와 같이 하루 중 동일한 급액에 대하여 배액율이 설정배액율 20%를 초과하는 결과를 나타냈으며, 1일 동안 배액율은 21.9%로 나타났다. 이와 같이 배액율이 하루 중 설정배액율과 차이를 나타내 변화하는 것으로 나타났다. 이것은 작물의 광합성속도가 일사량에 비례하고 이것에 따라 배양액의 소비가 비례하며 또한 배지내 수분 조건 등에 따라서 배액율이 변화하여 타이머 제어 방식은 1회 급액량을 일정하게 하여 1회 급액량을 변

화시킬 수 없기 때문에 판단된다.

한편 급액·배액 탱크 수위차 비교방식은 처음 배액율을 계측하여 이 값을 수 정함으로써 2번째 급액은 18.5%로 되었으며 점차 설정배액율에 수렴되는 결과를 나타내 제어성능이 우수함을 보여주고 있다.

따라서 1회 급액량을 일정하게 하는 타이머에 의한 시스템으로는 배액율의 정밀한 제어가 어렵기 때문에 배액율의 제어를 위하여 급액·배액 탱크 수위차 비교방식의 제어 시스템이 바람직하다고 판단된다. 그러나 하루의 소비 배양액의 변화가 심하여 피드백제어 방식으로는 낮 동안의 급액시간 동안 설정배액율 20%를 일정하게 유지하는 것은 어려우며 하루 24시간의 배액율을 기준으로 제어하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한 각 생육 스테이지별로 소비배양액 량이 추정될 수 있다면 설치비용 등을 고려하여 타이머 제어 방식이라도 도입하는 것이 경험에 의하여 급액·배액을 관리하는 것은 부정확한 배액율로 될 수 있기 때문에 피하는 것이 좋다고 생각된다.

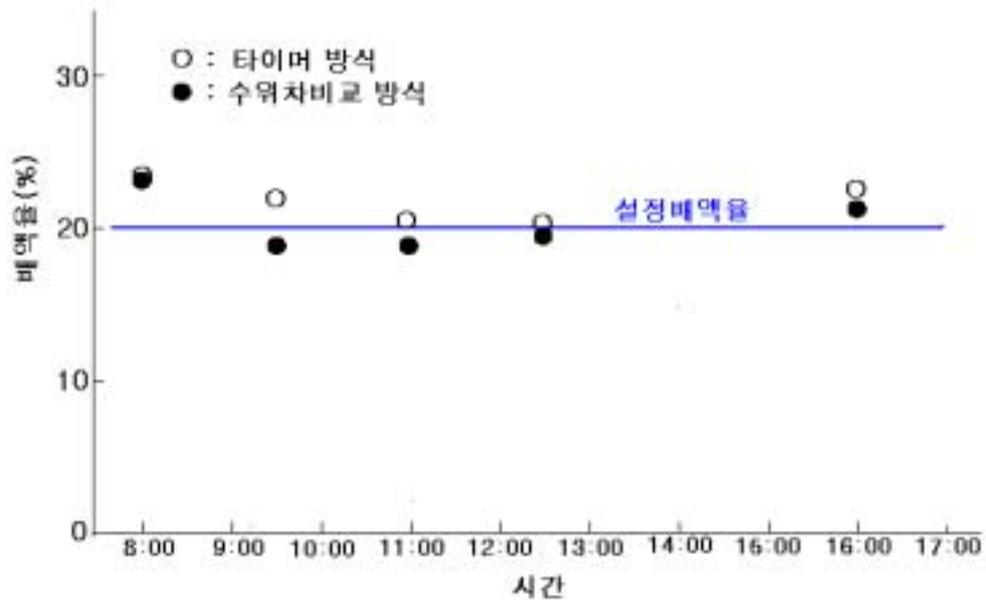


그림4-15 배액율제어 방식별 제어성능 비교

제4절 배지온 관리 시스템

딸기의 배양액 온도에 대한 반응은 지상부와 지하부가 서로 다르며, 13~23℃ 범위에서는 고온일수록 흡수작용이 촉진되기 때문에 잎 등 지상부 생육은 촉진되고, 저온일수록 호흡작용에 의한 소모가 적어지기 때문에 뿌리의 생육은 촉진된다. 또한 뿌리부는 저온일수록 색이 희고, 굵고, 분지하기 어렵게 되며, 고온에서는 가늘게 되고, 분지하기 쉽게 된다. 또한, 고온일수록 뿌리의 신장속도는 빠르지만, 노화가 빠르고 신장이 정지하기 쉽다. 배지온을 높게 관리하면, 지상부의 생육은 촉진되지만 뿌리가 빈약하게 된다.

그런데, 같은 고온이라도 흡수작용과 호흡작용 양자에 관계가 깊은 주간의 고온은 지상부의 생육을 촉진하며, 지하부의 생육을 억제하지만, 흡수작용에 관계가 없는 야간의 고온은 뿌리의 생육을 억제하는 작용은 크지만, 지상부의 생육을 촉진하는 효과가 적다.

따라서, 배지온을 야간은 낮게, 주간은 높게 관리하는 일교차가 있으면, 뿌리의 생육도 좋고, 잎 등 지상부의 생육도 양호하게 된다. 그래서 양분흡수속도는 18℃에서 가장 빠르기 때문에 주간은 18℃를 유지할 필요가 있다. 야간의 배지온이 10℃ 전후로 저하하여도, 주간의 배지온이 18℃ 전후로 되면, 굳이 가온하지 않아도 좋다. 그러나 18℃ 전후의 배지온으로 되는 시간이 짧거나, 야간의 배지온이 아주 낮아지는 경우에는 생육이 떨어진다.

이상과 같이 딸기에 있어서 배지온은 다른 과채류와는 다른 생육특성을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 배지 내 온도 관리를 위하여 먼저 온실내 온도에 따른 배지온의 변화를 파악하고자 하였다.

1. 요인시험

가. 시험장치

그림4-16, 4-17은 야간에 딸기 재배온실의 온도가 저하하였을 때 배지온이 어떻게 변하는가를 알아보는 시험장치를 나타낸 것이다. 그림4-16에서 보는 바와 같이 폭1.5m, 길이 2.4m, 높이 1.2m인 챔버를 설치하여 챔버내 온도를 -3℃까지 설정할 수 있는 그림4-18과 같은 냉방기(2PS)를 설치하고 챔버내를 그림4-19의 온도제어 장치로 설정온도에 따라 챔버내 온도를 조절하여 배지온 변화를 측정할 수 있도록 구성하였다. 배지온의 측정은 T형 열전대를 센서로 하여 그림4-20

과 같은 데이터 로거(Hewlett Packard) 및 컴퓨터를 사용하여 5분 간격으로 연속 측정하였다.

배지온 변화는 베드 2종류(플랜트형, V형), 배지 4종류(왕겨, 펠라이트, 왕겨 80%+피트모스20%, 펠라이트80%+피트모스20%), 멀칭 유무별로 처리별 온도변화와 경과시간대별로 배지내 온도분포를 비교하여 온실내 야간온도의 변화에 따른 배지온의 변화 모델을 도출하고자 하였다. 그림4-16의 시험장치에 베드 1, 베드 2로 나타나 있으나 2열을 설치하여 4개의 베드를 설치할 수 있도록 하였으며, 동일한 온실내 온도조건에서 2가지 배지에 대한 멀칭유무의 처리 조건에 대한 시험을 할 수 있도록 하였다. 또한 배지온이 저하하였을 때 지하수(11-15℃)를 배지 하부에 매설한 파이프 내에 흘려 배지온의 상승효과를 분석하였으며, 이 때 지하수의 유량을 설정하기 위하여 디지털 유량계를 설치하였다.

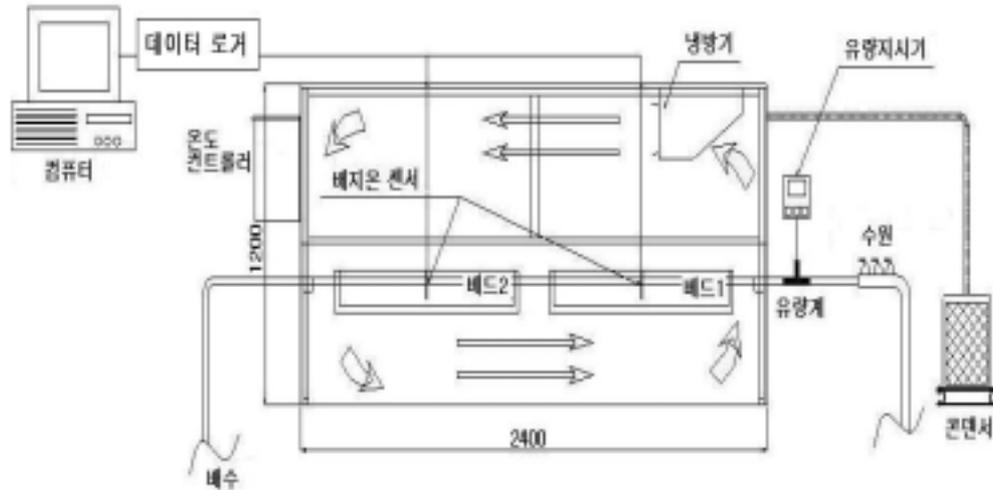


그림4-16 온실내 온도변화에 따른 배지온 변화 시험장치 구성도



그림4-17 온실내 온도변화에 따른 배지온 변화 시험장치



(a) 실내기(증발기)



(b) 실외기(응축기)

그림4-18 냉방기



그림4-19 챔버 내 온도 조절 장치



그림4-20 온도변화 측정 데이터 로그 장치(Hewlett Packard)

나. 베드 종류

겨울철 베지온 강하 특성 시험에 사용한 베드는 그림4-21에 나타난 바와 같이 플랜트형 베드와 V형 베드의 2종류였다. 플랜트형 베드는 그림4-21(a)와 같이 내부 규격이 길이 750mm, 상부폭 245mm, 하부폭 190mm, 높이 117mm의 스티로폼으

로 제작한 딸기재배 전용 플랜트로서 포기 간격을 20cm로 정식할 경우 포기당 상토는 1.7ℓ 정도이다. 밑바닥에는 16mm 크기의 배출공 1개가 설치되어 있는 것이다. 또한 그림 26(b)는 두께 30mm 스티로폼 판 2개를 V자형으로 접착하여 상부 폭 350mm, 중앙부 높이 180mm의 연속된 베드를 설치하고 깊이 100mm 지점에 플라스틱 파형판(상품명 : 선라이트)을 깔고 그 아래에 두께30mm의 스티로폼 판으로 지지하는 형태로 포기 간격을 20cm로 정식할 경우 포기당 상토량은 2.5ℓ 정도이다.

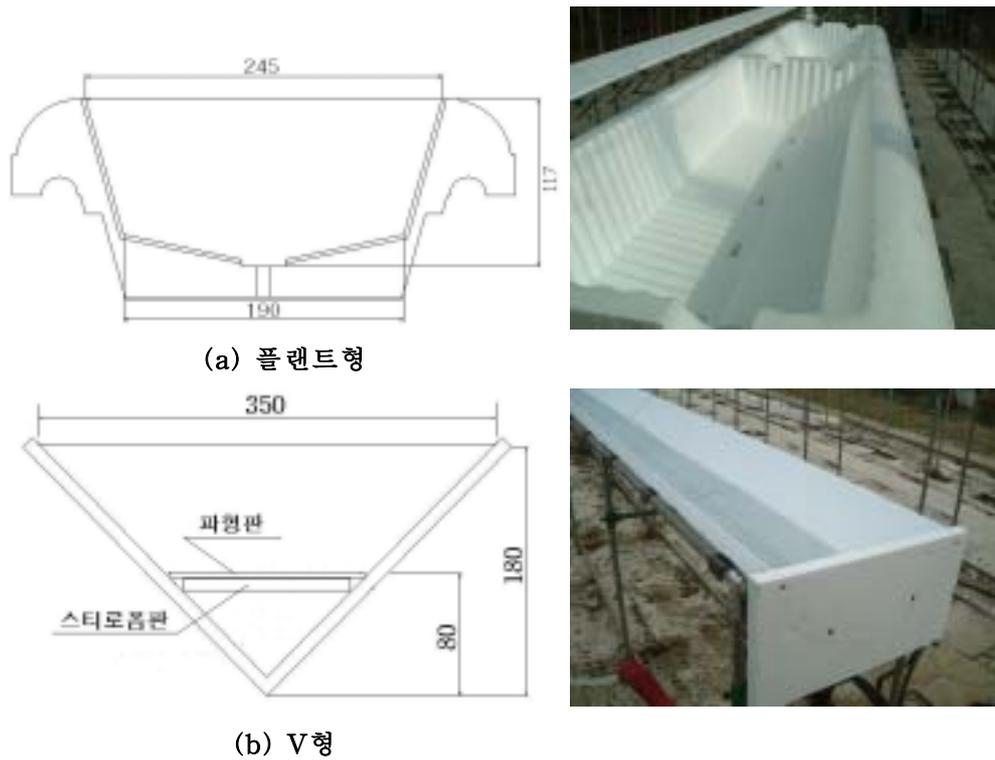


그림4-21 시험에 사용한 베드의 구조

다. 배지 종류

배지 종류별 배지온 특성시험에 사용한 배지의 종류는 우리나라 농가에서 많이 사용하고 있는 왕겨, 펄라이트, 왕겨80%+피트모스20%, 펄라이트80%+피트모스20% 4종류로 하였으며, 각 배지에 멀칭의 유무별로 저온시 온도강하 특성시험을 하였다.

라. 시험 방법

배지내 온도의 측정 위치는 플랜트형은 그림4-22(a)에 나타난 바와 같이 베드 중앙부에 배지 깊이별로 상(20mm), 중(50mm), 하(80mm) 3개소, 중앙으로부터 80mm의 위치(딸기정식 위치)에 상중하 3개소에 온도 측정 센서(T형 서모커플)를 설치하고 반대측은 대칭이라고 보고 베드 중앙단면의 온도강하 및 온도분포 특성을 파악하고자 하였다. 또한 저온시 지하수에 의한 배지의 가온 효과를 파악하고자 하였다.

한편 V형 베드의 온도 측정 위치는 그림4-22(b)에 나타난 바와 같이 중앙부는 플랜트형 베드와 같이 상중하에 센서를 설치하고 좌우측에는 그림4-22(b)에 나타난 것과 같이 각각 중앙부와 같은 높이로 벽면을 따라 3개씩의 센서를 설치하여 온도분포를 파악하고자 하였다. 여기서 배지에 대한 시험은 플랜트형은 왕겨, 펄라이트, 왕겨80%+피트모스20%, 펄라이트80%+피트모스20% 등 4종류의 배지에 대하여 멀칭 유무별로 시험하였으며 V형 베드에서는 재배 시험에서 생육과 수량이 좋은 펄라이트80%+피트모스20% 배지에 대해서만 멀칭 유무별로 특성시험을 실시하였다. 멀칭 유무에 대한 시험 모습은 그림4-23과 같다.

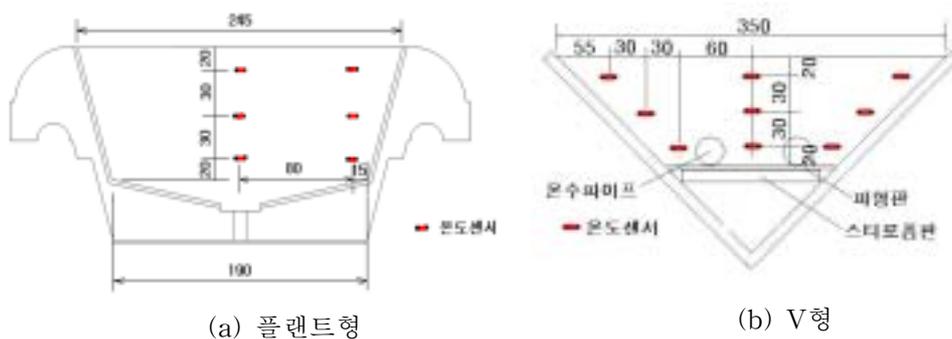
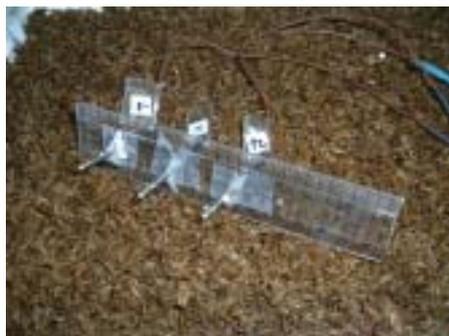


그림4-22 온도센서 설치 위치



그림4-23 멸칭 유무

배지내 온도 측정은 그림4-24에 나타난 바와 같이 T형 서모커플을 플라스틱 스케일에 고정하여 배지 내에서 측정 위치를 유지하도록 하였다.



(a) 온도센서 고정



(b) 배지(왕겨)내 온도센서 설치



(c) 배지(펄라이트)내 온도센서 설치



(d) 챔버내 배드 설치

그림4-24 온도 측정 센서 설치 방법

마. 야간의 배지온 강하 특성

1) 플랜트형 베드내 배지별 온도강하 특성

무가온 온실의 겨울철 저온 시에 실내온도가 배지온도에 미치는 영향을 구명하고자 배지온을 25℃ 정도로 상승시킨 후 하우스내 온도가 배지온도에 영향을 줄 수 있는 저온 영역으로 보는 1.5, 3.2, 5.0, 6.7℃의 4가지 수준의 챔버내 온도를 조절하여 배지내 온도강하를 측정하였다. 이 처리온도는 컨트롤러의 세팅온도를 2, 4, 6, 8℃로 하였을 때 실제로 챔버 내의 평균온도로 나타난 것이다.

배지는 단독배지로 왕겨, 펄라이트, 혼합배지로 왕겨80%+피트모스20%, 펄라이트80%+피트모스20% 등 도합 4가지를 사용하였으며, 각각 멀칭 유무에 따라 온도변화를 측정하였다.

가) 실내온도가 1.5℃일 때 배지별 배지내 온도강하 특성

그림4-25는 실내온도를 1.5℃로 유지하였을 경우, 상기한 4가지 배지에 대하여 멀칭 유무에 따라 베드 중앙부의 깊이별(상중하) 배지온의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 시험 중 9시간 경과 후부터 10시간 사이에 실내온도가 일시적으로 상승한 것은 냉방기의 증발기측 얼음을 녹이기 위하여 일시(30분간) 냉방기 가동을 중단한 결과이다. 그러나 이것으로 인한 배지내 온도강하 패턴은 큰 변화가 없었기에 실험상 문제는 없다고 판단하였다.

각 배지의 온도강하 특성을 보면 배지온을 25℃ 정도로 상승시킨 후 실내를 1.5℃로 유지하였을 때 그림4-25(a)에서 배지의 중간층에서 무멀칭(멀칭무)과 멀칭(멀칭유)의 평균온도를 비교하여 보면 3시간 경과한 후 멀칭무의 온도는 11.9℃, 멀칭유는 12.4℃이고 7시간 경과한 후 멀칭무가 4.9℃, 멀칭유가 6.1℃이고 11시간 경과한 후 멀칭무가 3.1℃, 멀칭유가 4.6℃ 그리고 15시간 경과한 후 멀칭무는 2.2℃, 멀칭유는 3.5℃로 멀칭유의 평균온도가 멀칭무보다 평균온도가 약1.3℃ 정도 높게 나타났다. 이와 같이 멀칭에 의한 배지의 보온효과가 인정되었다.

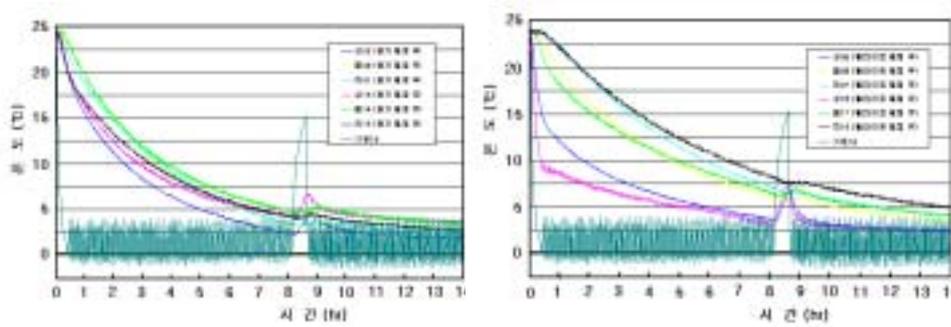
또한 그림4-25(b)에서의 펄라이트 배지의 중간층에서 멀칭 유무에 대한 평균온도를 비교하여 보면 3시간 경과한 후 멀칭무의 온도는 13.9℃, 멀칭유는 13.5℃이고 7시간 경과한 후는 멀칭무가 7.6℃, 멀칭유가 8.1℃이고 11시간 경과한 후는 멀칭무가 4.9℃, 멀칭유가 5.6℃ 그리고 15시간째 멀칭무는 3.5℃, 멀칭유는 4.2℃로 멀칭유의 평균온도가 멀칭무보다 약 0.7℃ 정도 높게 나타났다. 이와 같이 펄라이트 배지는 전술한 왕겨 배지에 비하여 배지온 강하가 느리게 나타났다. 이것

은 펄라이트가 왕겨보다 열전도가 잘 되지 않는 특징을 보인 것이다.

그림4-25(c)에서 왕겨80%+피트모스20%의 혼합배지에서 중간층에서 멀칭무와 멀칭유의 평균온도를 비교하여 보면 3시간 경과한 후는 멀칭무의 온도는 16.3℃, 멀칭유는 19.0℃이고 7시간 경과한 후는 멀칭무가 8.4℃, 멀칭유가 11.5℃이고 11시간 경과한 후는 멀칭무가 5.9℃, 멀칭무가 8.2℃ 그리고 15시간 경과한 후는 멀칭무는 3.7℃, 멀칭유는 6.1℃로 멀칭유의 평균온도가 멀칭무보다 약 2.4℃ 정도 높게 나타났다. 이와 같이 전술한 왕겨 단독 배지에 비하여 왕겨에 피트모스를 혼합한 혼합배지가 배지온 강하가 느리게 나타나 왕겨는 피트모스를 혼합한 혼합배지를 사용함으로써 배지온 유지 효과가 있다는 것을 알 수 있다.

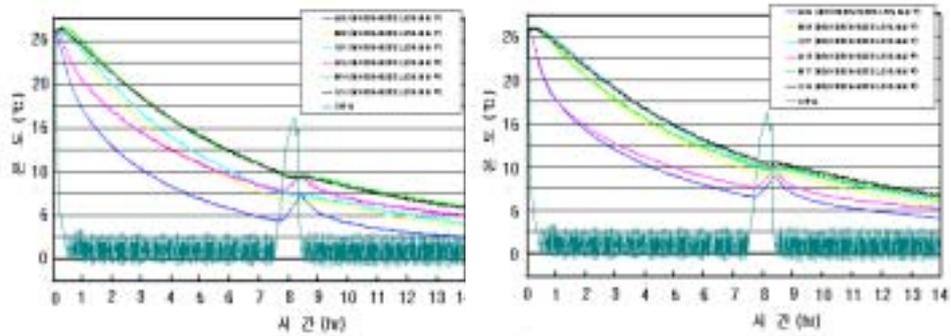
그림4-25(d)에서 펄라이트80%+피트모스20% 배지의 중간층에서 멀칭무와 멀칭유의 평균온도를 비교하여 보면 3시간 경과 후는 멀칭무의 온도는 18.1℃, 멀칭유는 18.3℃이고 7시간 경과 후는 멀칭무가 10.9℃, 멀칭유가 11.6℃이고 11시간 경과 후는 멀칭무가 7.9℃, 멀칭유가 8.7℃ 그리고 15시간째 멀칭무는 5.6℃, 멀칭유는 6.5℃로 멀칭유의 평균온도가 멀칭무보다 약 0.9℃ 정도 높게 나타났다. 이와 같이 전술한 펄라이트 단독 배지에 비하여 펄라이트에 피트모스를 혼합한 혼합배지가 멀칭 유무에 상관없이 배지온 강하가 느리게 나타나 혼합배지 사용에 의한 배지온 유지 효과를 알 수 있다.

전체적으로는 배지 상면을 멀칭한 것이 온도강하가 느리게 나타나 멀칭이 배지의 보온효과가 있는 것으로 판단된다. 또한 배지 종류별 온도강하 특성에서는 왕겨 주체의 배지에 비하여 펄라이트 주체의 배지가 온도강하가 현저히 느리게 나타나 펄라이트 주체의 배지가 배지온 유지면에서 유리하다고 판단되며, 그 중에서도 펄라이트에 피트모스를 혼합한 혼합배지가 상하 전층 온도강하가 아주 느리게 나타나 배지의 보온효과 면에서 가장 좋은 배지라고 평가할 수 있다.



(a) 왕겨

(b) 펠라이트



(c) 왕겨80%+피트모스20%

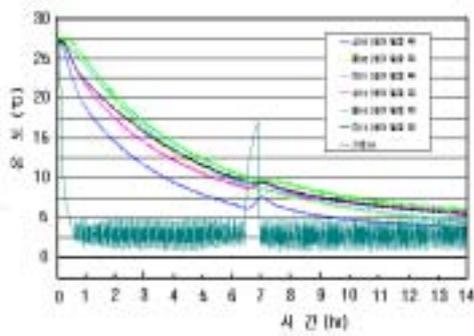
(d) 펠라이트80%+피트모스20%

그림4-25 플랜트형 베드의 배지별 배지온 강하(실내온도 1.5℃)

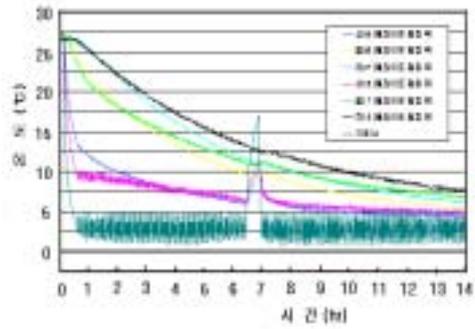
나) 실내온도가 3.2℃일 때 배지별 배지내 온도강하 특성

그림4-26은 실내온도를 3.2℃로 유지하였을 경우, 4가지 배지에 대하여 멀칭 유무에 따라 베드 중앙의 깊이별(상중하) 배지온의 변화를 나타낸 것이다. 전체적으로 멀칭을 한 멀칭유가 온도강하가 느리게 나타나는 것으로 보아 실내온도 3.2℃에서도 멀칭이 배지의 보온효과가 있는 것으로 나타났다.

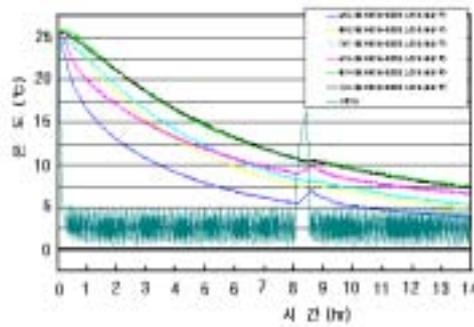
배지 종류별 온도강하 특성도 왕겨 단독 배지와 왕겨에 피트모스를 혼합한 혼합배지의 왕겨 주체의 배지에 비하여 펠라이트 주체의 배지가 전술한 실내 온도 1.5℃에서와 같이 온도강하가 느리게 나타나 펠라이트 주체의 배지가 배지온 유지면에서 유리하다고 판단되며, 또한 펠라이트에 피트모스를 혼합한 혼합배지가 상하 전층 온도강하가 아주 느리게 나타나는 패턴을 보여 배지의 보온효과 면에서 펠라이트 주체 혼합배지가 좋은 배지라고 평가할 수 있다.



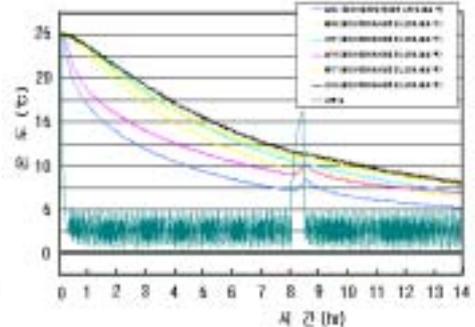
(a) 왕겨



(b) 펄라이트



(c) 왕겨 80% + 피트모스 20%



(d) 펄라이트 80% + 피트모스 20%

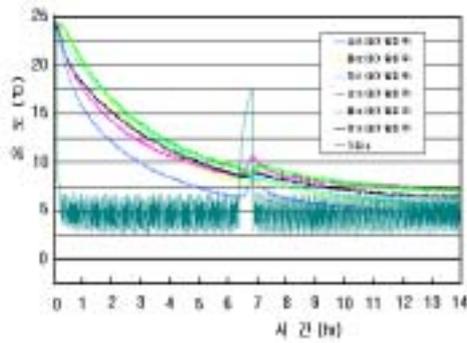
그림 4-26 플랜트형 베드의 배지별 배지온 강하(실내온도 3.2℃)

다) 실내온도가 5℃일 때 배지별 배지내 온도강하 특성

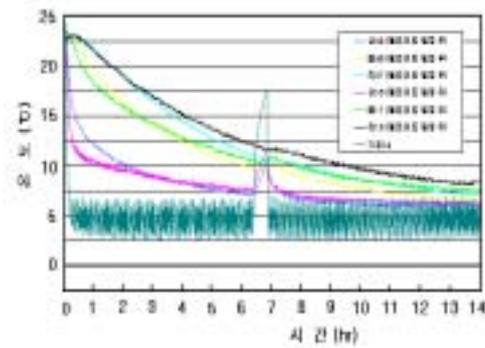
그림 4-27은 실내온도를 5℃로 유지하였을 경우, 4가지 배지에 대하여 멀칭 유무에 따라 베드 중앙의 깊이별(상중하) 배지온의 변화를 나타낸 것이다. 이 경우에서도 전체적으로 멀칭을 한 멀칭유가 온도강하가 느리게 나타나 실내온도 5℃에서도 멀칭이 배지의 보온효과가 있는 것으로 나타났다.

배지 종류별 온도강하 특성도 왕겨 주체의 배지에 비하여 펄라이트 주체의 배지가 전술한 실내 온도 1.5℃, 3.2℃에서와 같이 온도강하가 느리게 나타나 펄라

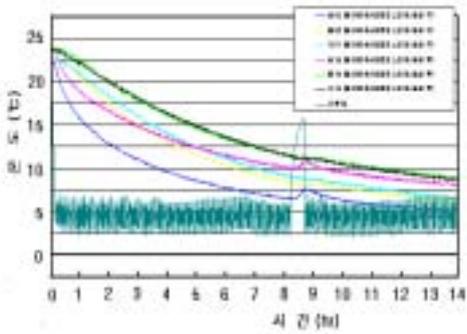
이트 주체의 배지가 배지온 유지면에서 유리하다고 판단되며, 또한 펠라이트에 피트모스를 혼합한 혼합배지가 상하 전층 온도강하가 아주 느리게 나타나는 패턴을 보여 배지의 보온효과 면에서 펠라이트 주체 혼합배지가 좋은 배지라고 평가할 수 있다.



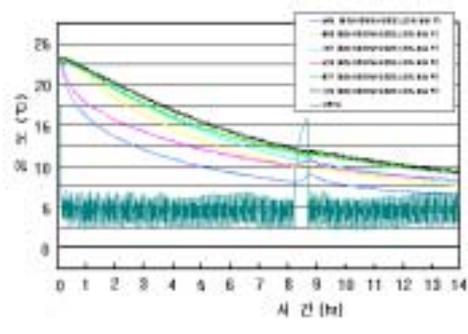
(a) 왕겨



(b) 펠라이트



(c) 왕겨 80% + 피트모스 20%



(d) 펠라이트 80% + 피트모스 20%

그림 4-27 플랜트형 베드의 배지별 배지온 강하(실내온도 5°C)

라) 실내온도가 6.7°C 일 때 배지별 배지내 온도강하 특성

그림 4-28은 실내온도를 6.7°C로 유지하였을 경우, 4가지 배지에 대하여 멀칭 유무에 따라 베드 중앙의 깊이별(상중하) 배지온의 변화를 나타낸 것이다. 이 경우에서도 전체적으로 멀칭을 한 멀칭유가 온도강하가 느리게 나타나 실내 온도 6.7°C에서도 멀칭이 배지의 보온효과가 있는 것으로 나타났다.

배지 종류별 온도강하 특성도 왕겨 주체의 배지에 비하여 펠라이트 주체의 배지가 전술한 실내 온도 1.5℃, 3.2℃, 5℃에서와 같이 온도강하가 느리게 나타나 펠라이트 주체의 배지가 배지온 유지면에서 유리하다고 판단되며, 또한 펠라이트에 피트모스를 혼합한 혼합배지가 상하 전층 온도강하가 아주 느리게 나타나는 패턴을 보여 배지의 보온효과 면에서 펠라이트 주체 혼합배지가 좋은 배지라고 평가할 수 있다.

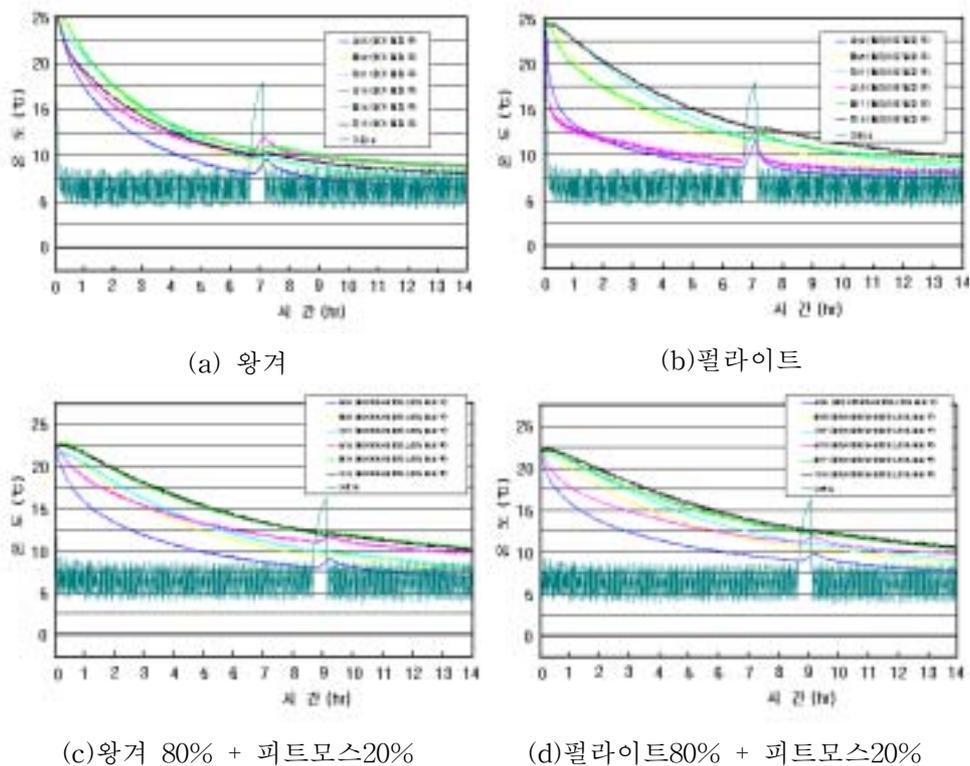


그림4-28 플랜트형 베드의 배지별 배지온 강하(실내온도 6.7℃)

이상을 종합해 보면 그림4-25~4-28에서 보는 바와 같이 배지의 종류에 따라, 멀칭의 유무에 따라 다소 차이는 있지만 상층의 온도강하가 급격이 이루어졌으며 하층의 온도강하는 느리게 변화함을 보여 주고 있다. 그 중에서도 왕겨 주체의 배지보다 펠라이트 주체의 배지에서 멀칭의 유무에 관계없이 배지온 강하가 느리게 나타났다. 이것은 왕겨와 펠라이트의 전열 특성 때문에 일어난 것으로 내부 온도를 유지하는 측면에서는 펠라이트 주체의 배지가 유리함을 보여주고 있다.

2) V형 베드내 배지별 온도강하 특성

가) 실내온도가 1.5℃일 때 배지내 온도강하 특성

그림2-29는 V형 베드에서 배지온을 20~25℃ 범위로 상승시킨 후 실내온도를 1.5℃로 유지하고 배지의 멀칭무와 멀칭유의 평균온도를 연속 측정하여 16시간 정도 배지 온도강하를 나타낸 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 중간층에서 3시간 경과한 후는 멀칭무의 온도는 21.0℃, 멀칭유는 23.4℃이고 7시간 경과한 후는 멀칭무가 14.3℃, 멀칭유가 17.6℃이고 11시간 경과한 후는 멀칭무가 10.7℃, 멀칭유가 13.7℃ 그리고 15시간 경과한 후는 멀칭무는 8.4℃, 멀칭유는 11.1℃로 멀칭유의 평균온도가 멀칭무보다 약 2.7℃ 정도 높게 나타났다. 이와 같이 V형 베드에서도 플랜트형 베드에서와 같이 멀칭에 의한 배지의 보온효과가 인정되었다. 즉 배지의 보온 면에서 배지 윗면을 멀칭하면 배지온 유지에 유리한다. 또한 실내온도와 배지온 강하는 상관관계가 있을 것으로 판단되었다.

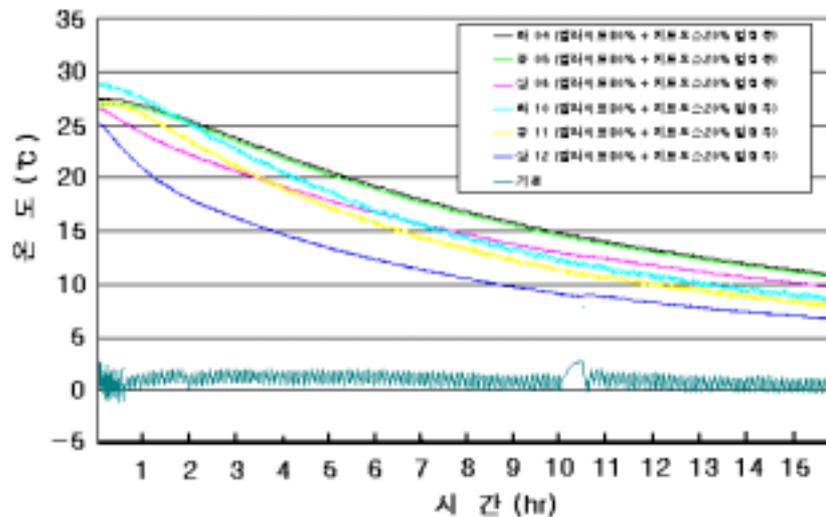


그림4-29 V형 베드에서 온실내 온도1.5도 때 배지내 온도강하 특성
(배지 : 펄라이트80%+피트모스20%)

나) 실내온도가 3.2℃일 때 배지내 온도강하 특성

그림4-30은 배지온을 20~25℃ 범위로 상승시킨 후 실내온도를 3.2℃로 유지했을 때 배지내 각 점의 온도강하를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 배지의 중간층에서 멀칭 유무의 평균온도를 비교해 보면 3시간 경과한 후는 멀칭무의 온도는 15.8℃, 멀칭유는 17.7℃이고 7시간 경과한 후는 멀칭무가 10.5℃, 멀칭유가 13.0℃이고 11시간 경과한 후는 멀칭무가 7.5℃, 멀칭무가 9.9℃ 그리고 15시간 경과한 후는 멀칭무는 5.9℃, 멀칭유는 7.8℃로 멀칭유의 평균온도가 멀칭무보다 약 1.9℃정도 높게 나타났다. 이와 같이 실내온도 3.2℃에서도 멀칭에 의한 배지의 보온효과가 인정되었다. 또한 여기서도 실내온도 1.5℃에서와 같이 실내온도와 배지온 강하가 비슷한 패턴을 나타내 실내온도 변화에 따른 배지온 추정 모델 개발의 가능성을 확인할 수 있었다.

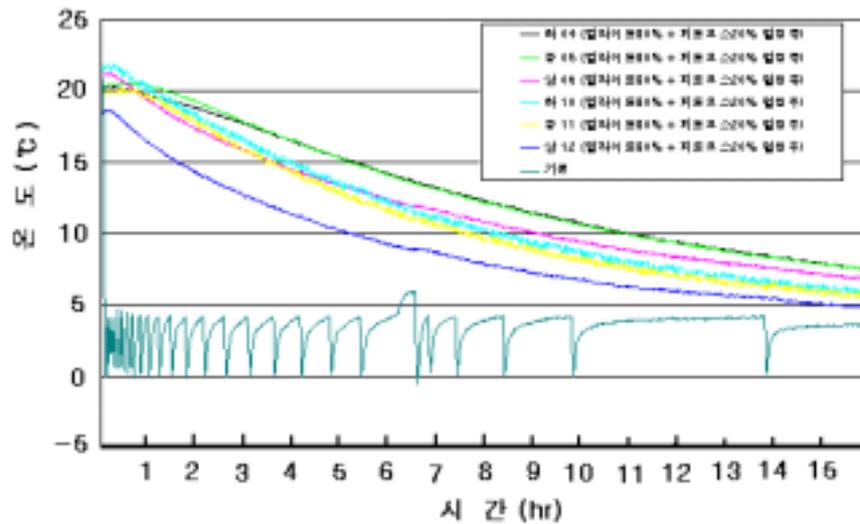


그림4-30 V형 베드에서 온실내 온도3.2도 때 배지내 온도강하 특성
(배지 : 펄라이트80%+피트모스20%)

다) 실내온도가 5℃일 때 배지내 온도강하 특성

그림4-31은 배지온을 20~25℃ 범위로 상승시킨 후 실내온도를 5℃로 유지했을 때 배지내 각 점의 온도강하를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 실내온도 5℃에서도 멀칭의 효과가 확인 되었으며, 각 위치별로 온도강하 패턴이 유

사하게 나타나 겨울철 저온시 실내온도와 배지의 온도강하의 관계를 나타내는 모델 개발이 가능할 것으로 판단되었다.

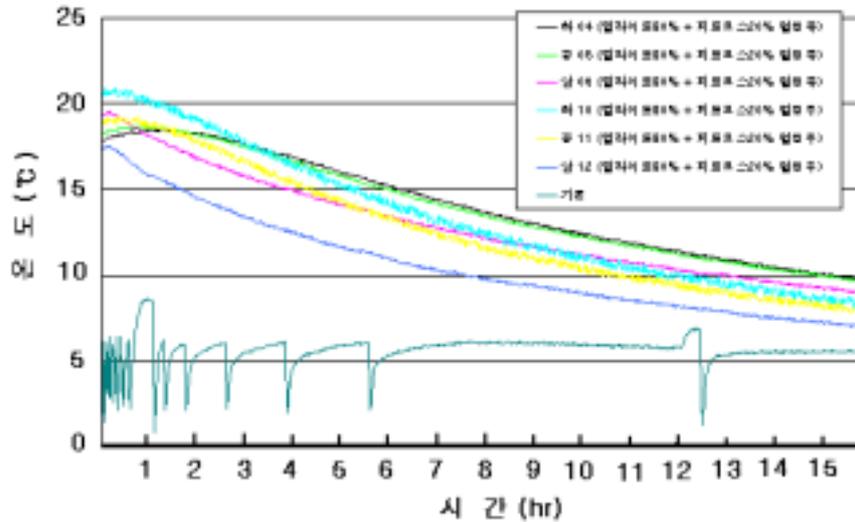


그림4-31 V형 베드에서 온실내 온도 5도 때 배지내 온도강하 특성
(배지 : 펄라이트80%+피트모스20%)

라) 실내 온도가 6.7℃일 때 배지내 온도 강하 특성

그림4-32는 배지온을 20~25℃ 범위로 상승시킨 후 실내온도를 6.7℃로 유지했을 때 배지내 각 점의 온도강하를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 실내 온도 6.7℃에서도 멀칭의 효과가 확인 되었으며, 각 위치별로 온도강하 패턴이 전술한 1.5℃, 3.2℃, 5℃에서와 같은 패턴을 보여 겨울철 저온시 실내온도와 배지의 온도강하의 관계를 나타내는 모델 개발이 가능성을 확인하였다.

이상에서 실내온도 저하에 따른 배지온 강하를 배지 윗면의 멀칭에 의하여 줄일 수 있다는 것을 확인하였다. 또한 실내온도와 배지온 강하는 서로 높은 상관관계가 있는 것으로 추정되어 실내온도의 강하와 배지온 강하와의 관계 즉 모델을 개발하여 온실내 기온 변화에 따른 배지온 예측 모델 개발이 가능할 것으로 판단된다.

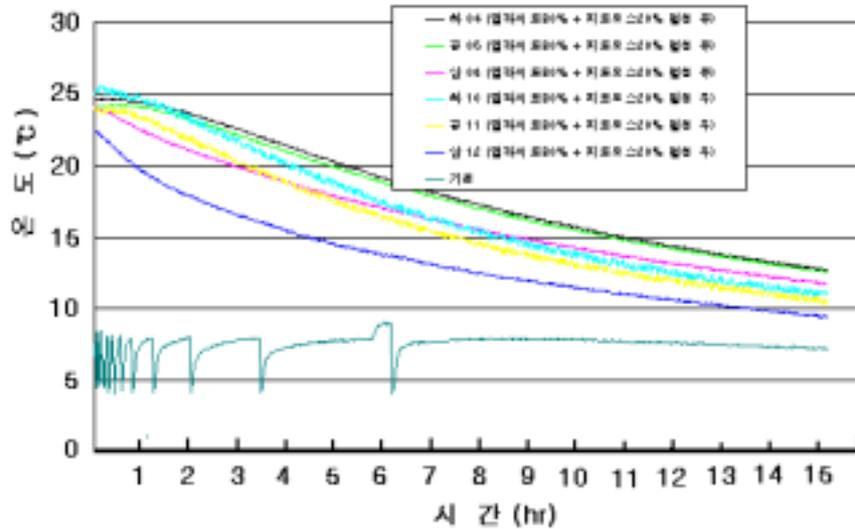


그림4-32 V형 베드에서 온실내 온도6.7도 때 배지내 온도강하 특성
(배지 : 펠라이트80%+피트모스20%)

바. 배지내 온도분포 특성

1) 베드형태별 배지내 온도분포 특성

그림4-33은 배지온을 20~25℃ 범위로 상승시킨 후 실내 온도를 1.5℃로 유지하였을 때 플랜트형 베드, V형 베드의 2가지 베드에 대하여 온도분포를 경과시간대별로 나타낸 것이다. 여기서 배지는 펠라이트80%+피트모스20%의 혼합배지로 하였으며 무말침이었다.

그림에서 보는 바와 같이 실내온도가 겨울철 무가운 온실에서와 같이 1.5℃로 저하되어 1시간 경과되었을 때는 플랜트형 베드와 V형 베드의 온도분포는 하부가 24℃정도로 큰 차이 없이 비슷하였다. 그러나 3시간 경과 후부터 크게 차이를 보이기 시작하여 5시간 경과 후에는 플랜트형 베드는 최하부가 12℃이며, V형 베드는 최하부가 18℃로 V형 베드의 온도분포가 높게 나타났다. 따라서 배지온 측면에서는 V형 베드가 플랜트형 베드보다 유리하다고 판단된다.

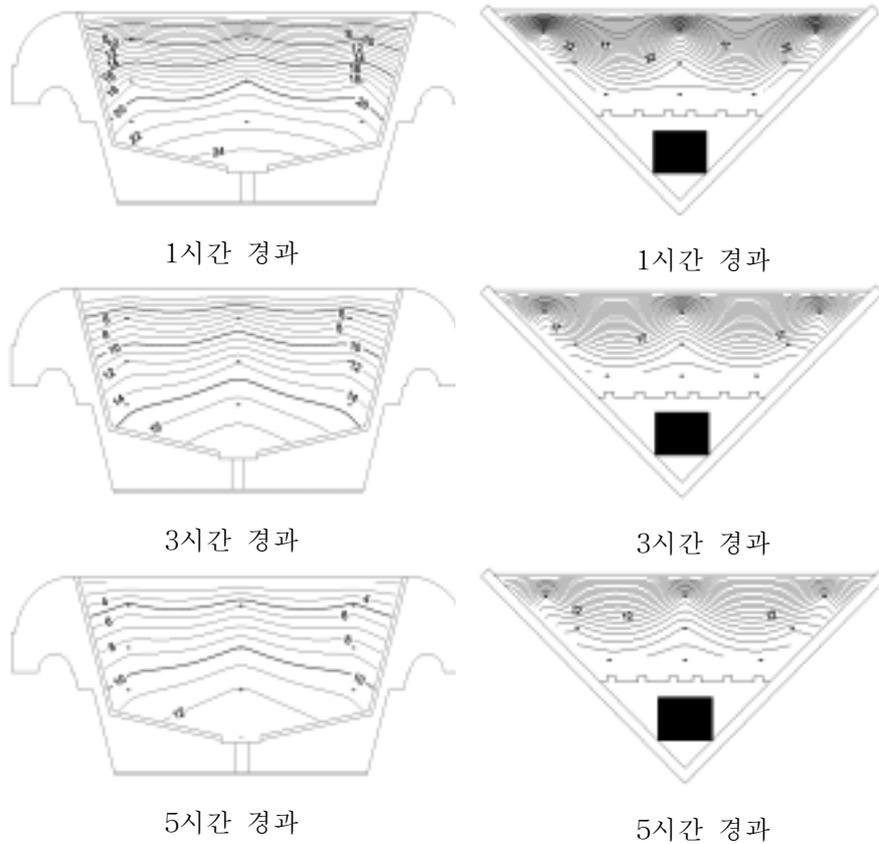


그림4-33 베드별 온도분포(펄라이트+피트, 무말청)

2) 배지별 배지내 온도분포 특성

그림4-34, 4-35는 배지온을 20~25℃ 범위로 상승시킨 후 실내온도를 1.5℃로 유지하였을 경우, 배지별 온도분포를 경과시간대별로 나타낸 것이다. 여기서 실험은 무말청으로 하였다.

그림4-34는 실내온도가 겨울철 무가온 온실에서와 같이 1.5℃로 저하되었을 때 단독배지인 왕겨와 펄라이트 배지의 배지내 온도분포를 보인 것으로 그림에서 보는 바와 같이 실내온도 1.5℃에서 1시간 경과되었을 때 펄라이트 배지의 온도분포와 왕겨 배지의 온도분포는 20℃선의 위치에 알 수 있듯이 차이를 나타내기 시작하여, 3시간 경과 후부터 크게 차이를 보이기 시작하여 5시간 경과 후에는 왕겨배지는 최하부가 8℃로 배지 전체가 딸기의 야간 한계온도인 8℃이하로 저

하하였다. 그러나 펠라이트 배지는 배지의 50%이상이 8℃이상으로 나타났다.

한편 그림4-35는 혼합배지에서 실내온도 15℃로 하였을 때 시간경과별 온도분포를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 1시간 경과되었을 때 단독배지와 달리 왕겨80%+피트모스20%, 펠라이트80%+피트모스20% 배지의 온도분포는 큰 차이 없이 비슷하였다. 그러나 5시간 경과 후에는 왕겨+피트 배지보다 펠라이트+피트 배지의 온도분포가 4℃이상 높게 나타났다.

따라서 단독배지와 혼합배지의 온도분포 비교 결과에서 배지온 측면에서는 펠라이트 주체의 배지가 왕겨 주체의 배지보다 유리하다고 판단된다.



그림4-34 단독배지의 배지별 배지내 온도분포

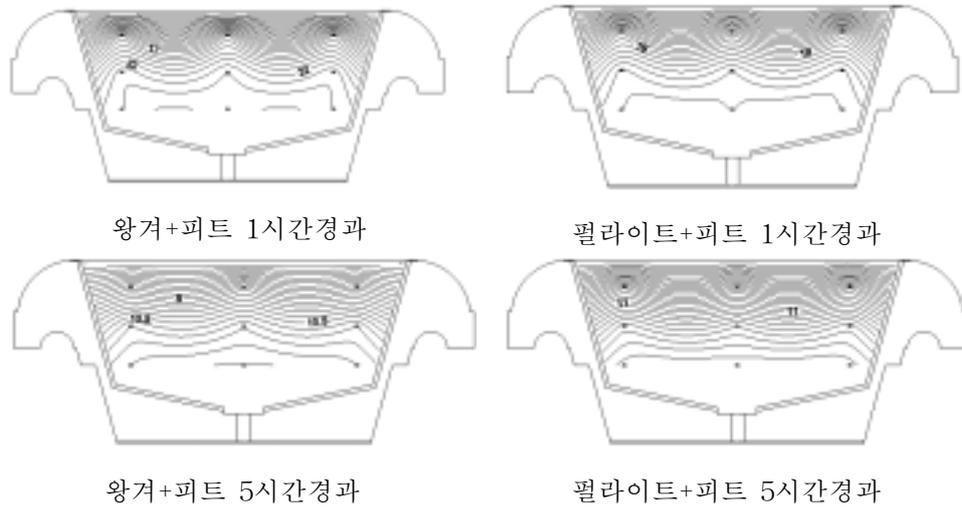


그림4-35 혼합배지의 배지별 배지내 온도분포

3) 멀칭 유무별 배지내 온도분포 특성

그림4-36은 배지온을 20~25℃ 범위로 상승시킨 후 실내 온도를 1.5℃로 유지하였을 때 멀칭 유무별 온도분포를 경과시간대별로 나타낸 것이다. 여기서 실험은 V형 베드를 사용하고 배지는 필라이트80%+피트모스20%의 혼합배지로 하였다.

그림에서 보는 바와 같이 실내온도를 1.5℃로 저하되어 1시간 경과되었을 때까지는 멀칭유무에 상관없이 비슷한 온도분포를 보였으며, 3시간 경과후 약간의 차이를 보이다가 5시간 경과후 큰 차이를 나타내 베드형태, 배지종류 등 다른 요인에 비하여 온도분포에 영향이 적다고 판단된다.

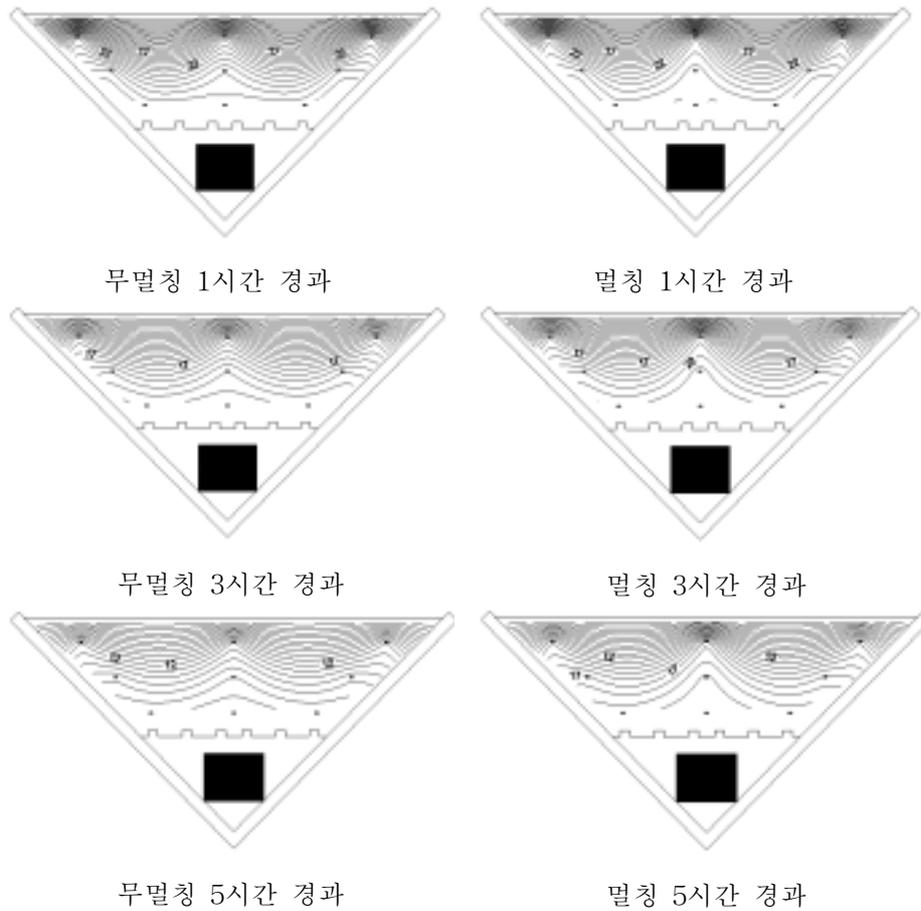


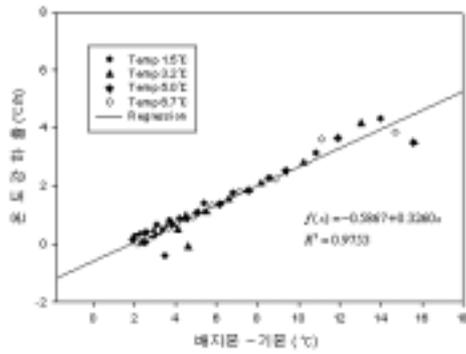
그림4-36 멀칭유무별 온도분포

2. 야간 배지온 강하 모델 개발

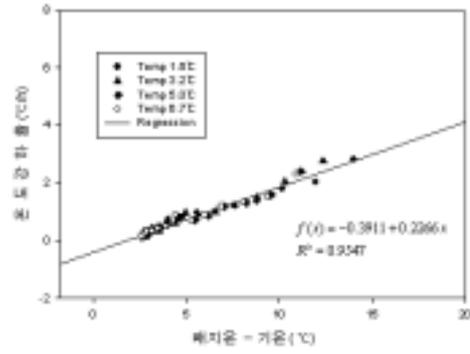
가. 플랜트형 베드 배지별 배지온 강하 모델

그림4-37은 플랜트형 베드에서 4가지 배지에 대하여 배지온과 기온과의 차에 따른 온도강하율(시간당 온도강하)을 나타낸 것으로 멀칭유에 대한 온도예측 모델을 나타낸 것이다. 이것은 전술한 온도강하 특성에서 기온 1.5, 3.2, 5.0, 6.7℃ 시에 대한 저온 노출 1시간에 대한 온도강하를 온도강하율로 하고 이것을 배지온과 기온과의 차와의 관계를 모델로 하여 실제로 겨울철 온실내 기온의 변화 측정기록으로 이 모델을 이용하여 배지온 예측을 할 수 있도록 한 것이다.

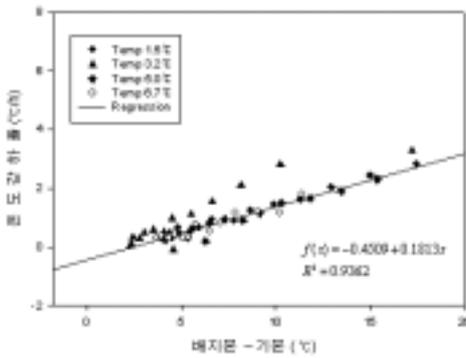
각 모델은 4가지 배지에서 모두 높은 상관을 나타내 배지온 예측 모델로서 충분하다고 판단된다.



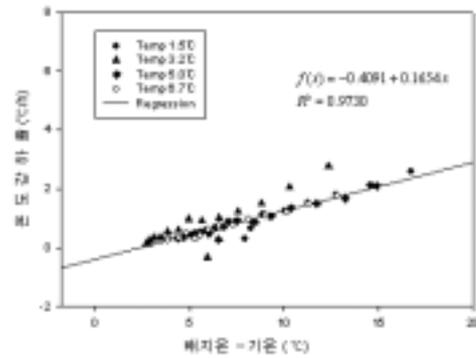
(a) 왕겨



(b) 펄라이트



(c) 왕겨80% + 피트모스20%



(d) 펄라이트80% + 피트모스20%

그림4-37 플랜트형 베드의 배지온과 온실내 기온차에 따른 온도강하율

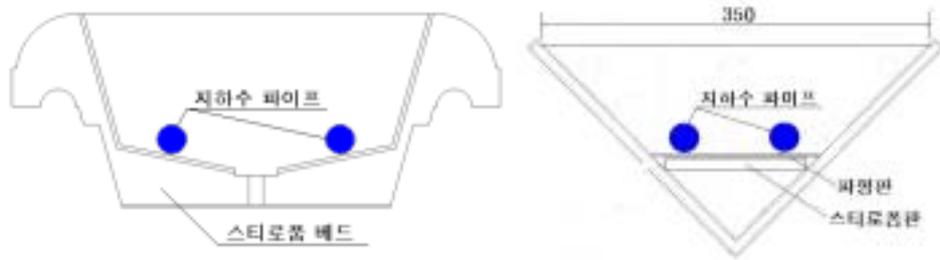
나. V형 베드 배지온 강하 모델

그림4-38은 V형 베드에서 펄라이트80%+피트모스20%의 혼합배지에 대하여 배지온과 기온과의 차에 따른 온도강하율(시간당 온도강하)을 나타낸 것으로 온도 예측 모델을 나타낸 것이다. 역시 상관(R^2)이 0.9269로 높은 상관관계를 나타내고 있음을 보여주고 있다.

그림4-38 V형 베드에서 배지온과 온실내 기온차에 따른 온도강하율

3. 지하수에 의한 배지온 상승

겨울철 저온시 온실에 난방을 하지 않는 무가온 온실의 경우 배지온의 강하가 딸기 생육에 영향을 줄 경우를 대비하여 지하수를 이용하여 베드형태별로 배지온 가온에 의한 배지온 상승효과를 실험을 통하여 구명하였다. 실험은 배지온이 강하되었을 경우에 해당하는 실내온도를 1.5℃, 3.2℃, 5℃, 6.7℃로 하여 그림 4-39와 같이 베드하부 배지에 직경 15mm의 지하수 파이프를 2본 매설하여 그림 4-40과 같은 유량 인디케이터로 사용하여 유량을 조절하여 10ℓ/min의 지하수를 흘릴 때 시간 경과에 따라 배지온이 어느 정도 상승하는가를 구명하고자 하였다. 이 때 배지온도 측정은 전술한 그림4-22와 같이 하였다.



(a) 플랜트형

(b) V형

그림4-39 베드별 지하수 파이프 설치 위치



그림4-40 지하수 공급 유량 인디케이터

가. 실내온도가 1.5℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승효과

실내온도를 1.5℃로 유지하여 배지내 온도가 강하하였을 때 지하수를 흘려 배지내 각 점의 온도상승을 그림4-41에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 지하수 온도는 왕겨와 펠라이트 배지에서는 11℃, 혼합배지에서는 13℃였다. 이와 같이 지하수온이 다른 것은 실험의 시기가 다른데 따른 것으로 전체 경향을 파악하는 데는 문제가 없는 것으로 판단하여 온도의 조정없이 실험을 진행하였다.

온도 상승은 왕겨 단독배지와 왕겨80%+피트20%의 왕겨를 주체로 하는 배지에서는 파이프 주변인 배지 하부에서는 3.2~4.2℃의 온도상승을 나타냈으며, 중간층은 2.5~3.2℃의 온도상승을 나타냈으며, 실내 공기와 접촉되는 상층부는 1~2℃의 온도상승을 나타냈다. 한편 펠라이트 단독배지와 펠라이트80%+피트20%의 펠라이

트를 주체로 하는 배지에서는 배지 하부에서는 3.0~4.0℃의 온도상승을 나타냈으며, 중간층은 2.2~3.0℃의 온도상승을 나타냈으며, 실내 공기와 접촉되는 상층부는 1~2℃의 온도상승을 나타냈다. 이와 같이 왕겨 주체의 배지는 펠라이트 주체의 배지에 비하여 온도상승이 약간 잘되는 것으로 나타났다. 이것은 펠라이트의 전도율이 낮는데 기인되는 것으로 판단된다. 그러나 전 배지에서 지하수에 의하여 뿌리부가 분포하고 있는 배지 하층과 중간층의 3℃정도의 온도상승을 나타내어 어느 정도 상승효과를 인정할 수 있었다.

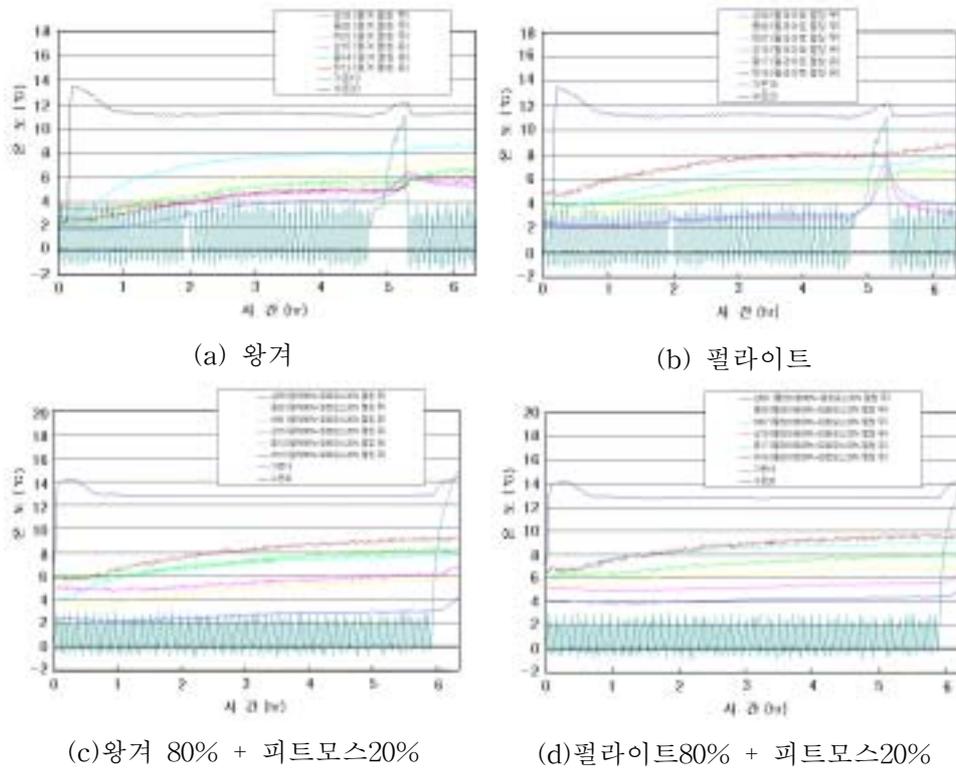


그림4-41 실내온도 1.5℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승

나. 실내온도가 3.2℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승효과

실내온도를 3.2℃로 유지하여 배지내 온도가 강하하였을 때 지하수를 흘려 배지내 각 점의 온도상승을 그림4-42에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 지하수 온도는 왕겨와 펠라이트 배지에서는 12℃, 혼합배지에서는 13.7℃였다. 여기서도

지하수의 수온이 단독배지와 혼합배지가 차이가 나는 것은 실험 시기의 차이 때문이었다.

온도 상승은 왕겨 단독배지와 왕겨80%+피트20%의 왕겨를 주체로 하는 배지에서는 파이프 주변인 배지 하부에서는 3.0~4.0℃의 온도상승을 나타냈으며, 중간층은 2.3~3.0℃의 온도상승을 나타냈으며, 상층부는 1~2℃의 온도상승을 나타냈다. 한편 펄라이트 단독배지와 펄라이트80%+피트20%의 펄라이트를 주체로 하는 배지에서는 배지 하부에서는 2.8~3.8℃의 온도상승을 나타냈으며, 중간층은 2.0~2.8℃의 온도상승을 나타냈으며, 상층부는 1~2℃의 온도상승을 나타냈다. 여기서도 전술한 바와 같이 왕겨주체의 배지 쪽이 펄라이트 주체 배지보다 배지온 상승이 약간 높은 것으로 나타났다. 그러나 전 배지에서 지하수에 의하여 뿌리부가 분포하고 있는 배지 하층과 중간층의 2~3℃정도의 온도상승을 나타내 어느 정도 상승효과를 인정할 수 있었다.

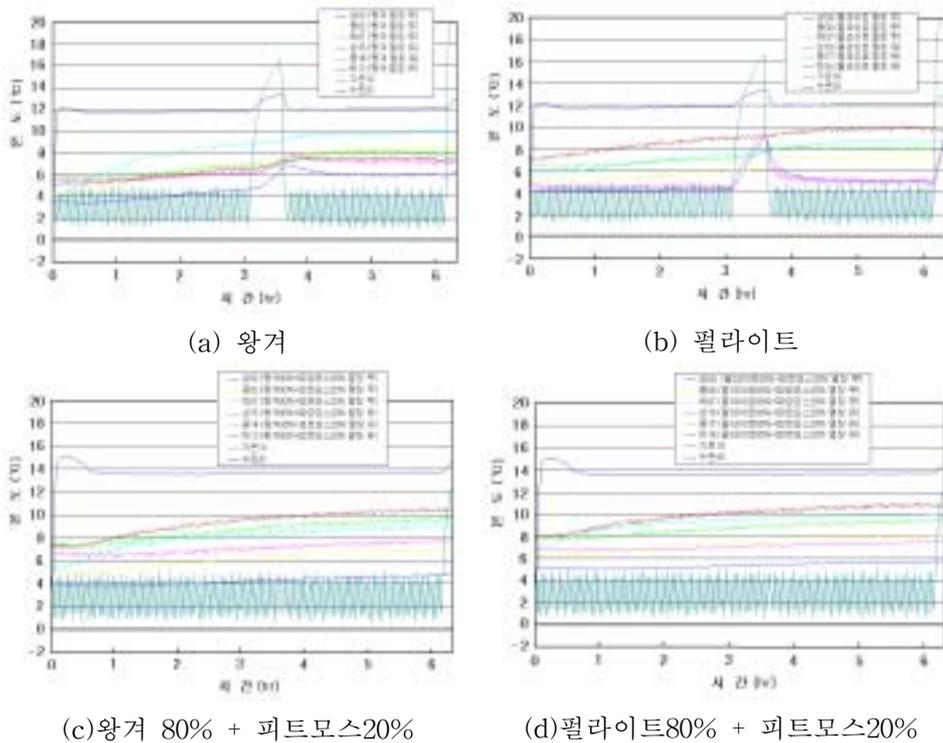


그림4-42 실내온도 3.2℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승

다. 실내온도가 5℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승효과

실내온도를 5℃로 유지하여 배지내 온도가 강하하였을 때 지하수를 흘려 배지내 각 점의 온도상승을 그림4-43에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 지하수 온도는 왕겨와 펠라이트 배지에서는 11.4℃, 혼합배지에서는 14.4℃였다. 여기서 지하수의 차이는 전술한 바와 같이 혼합배지의 실험시기가 여름철 지하수온이 상승한 시기에 이루어진 때문이다.

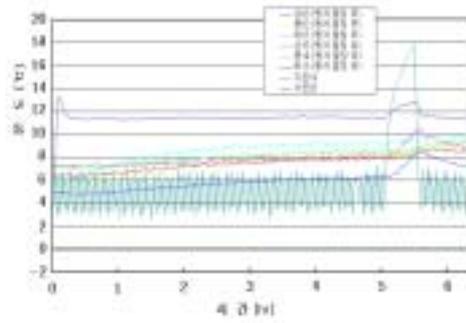
온도 상승은 왕겨 단독배지와 왕겨80%+피트20%의 왕겨를 주체로 하는 배지에서는 파이프 주변인 배지 하부에서는 2.0~3.5℃의 온도상승을 나타냈으며, 중간층은 1.5~2.0℃의 온도상승을 나타냈으며, 실내 공기와 접촉되는 상층부는 1~1.3℃의 온도상승을 나타냈다. 한편 펠라이트 단독배지와 펠라이트80%+피트20%의 펠라이트를 주체로 하는 배지에서는 배지 하부에서는 1.8~2.4℃의 온도상승을 나타냈으며, 중간층은 0.8~1.2℃의 온도상승을 나타냈으며, 상층부는 0.3~0.6℃의 온도상승을 나타냈다. 이와 같이 실내 온도가 5℃정도로 상대적으로 높아지면 왕겨 및 펠라이트 주체의 전 배지에서 지하수에 의하여 뿌리부가 분포하고 있는 배지 하층과 중간층의 0.8~3.5℃정도의 온도상승을 나타내 지하수가 통과하는 일부를 제외하고는 배지온도의 상승은 기대하기 어려운 것으로 나타났다.

라. 실내온도가 6.7℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승효과

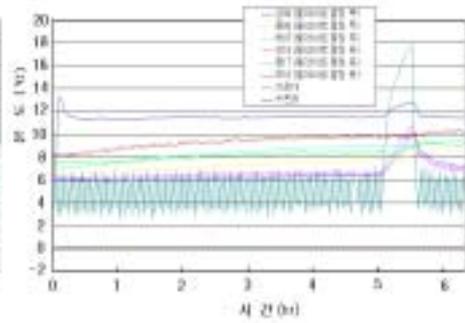
실내온도를 6.7℃로 유지하여 배지내 온도가 강하하였을 때 지하수를 흘려 배지내 각 점의 온도상승을 그림4-44에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 지하수 온도는 왕겨와 펠라이트 배지에서는 11.9℃, 혼합배지에서는 14.4℃였다. 여기서 지하수의 차이는 전술한 바와 같이 혼합배지의 실험시기가 여름철 지하수온이 상승한 시기에 이루어진 때문이다.

온도 상승은 왕겨 단독배지와 왕겨80%+피트20%의 왕겨를 주체로 하는 배지에서는 파이프 주변인 배지 하부에서는 1.2~2.8℃의 온도상승을 나타냈으며, 중간층은 0.7~1.8℃의 온도상승을 나타냈으며, 실내 공기와 접촉되는 상층부는 0.4~0.8℃의 온도상승을 나타냈다. 한편 펠라이트 단독배지와 펠라이트80%+피트20%의 펠라이트를 주체로 하는 배지에서는 배지 하부에서는 1.1~2.2℃의 온도상승을 나타냈으며, 중간층은 0.6~1.0℃의 온도상승을 나타냈으며, 상층부는 0.2~0.4℃의 온도

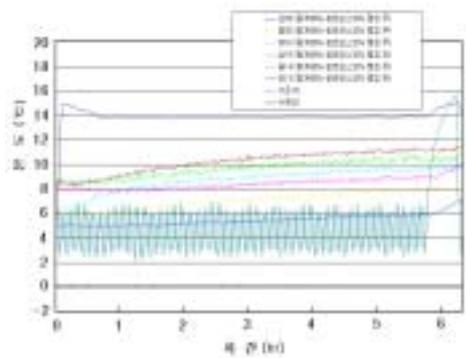
상승을 나타냈다. 이와 같이 실내 온도가 6.7℃ 정도로 더욱 높아지면 왕겨 및 펠라이트 주체의 전 배지에서 지하수에 의하여 뿌리부가 분포하고 있는 배지 하층과 중간층의 0.6~2.2℃ 정도의 온도상승을 나타내 대부분 배지의 온도상승은 더욱 기대하기 어려운 것으로 판단된다.



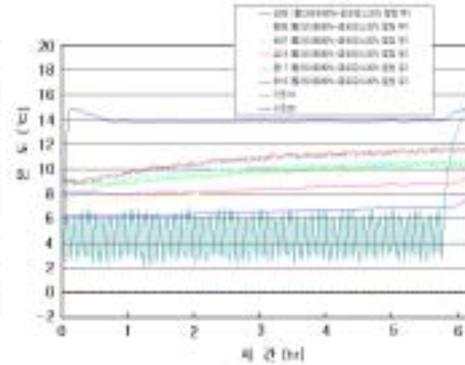
(a) 왕겨



(b) 펠라이트

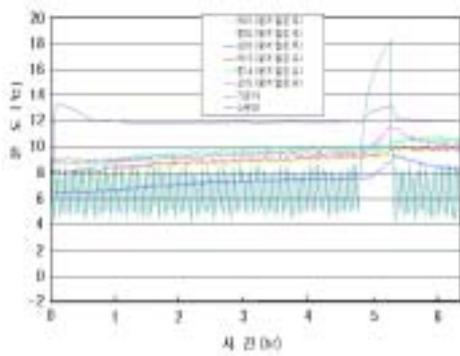


(c)왕겨 80% + 피트모스20%

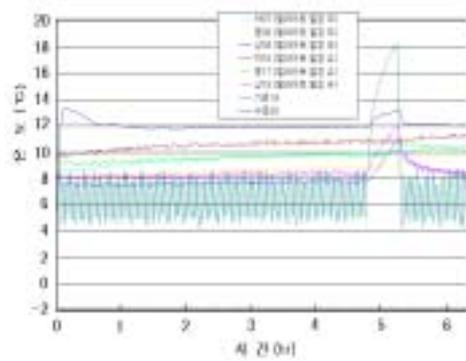


(d)펠라이트80% + 피트모스20%

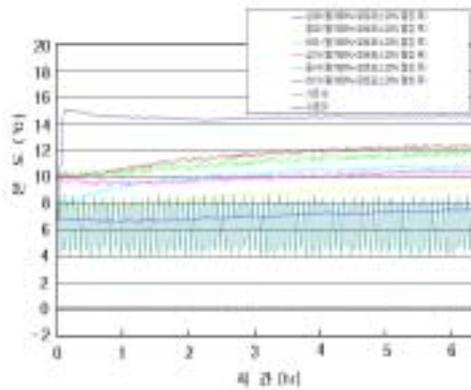
그림4-43 실내온도 5℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승



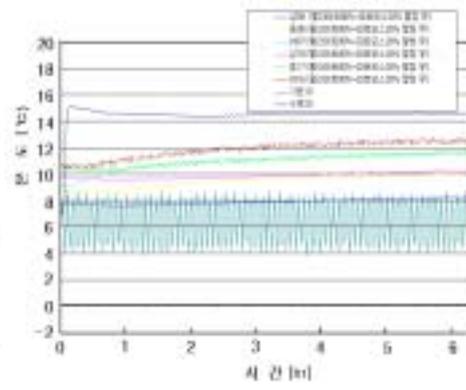
(a) 왕겨



(b) 펄라이트



(c)왕겨 80% + 피트모스20%



(d)펄라이트80% + 피트모스20%

그림4-44 실내온도 6.7℃일 때 지하수에 의한 배지온 상승

이상의 결과로부터 온실내 온도가 3.2℃이하에서 배지 하부에 설치한 파이프에 지하수를 흘려 중간층 이하에서 3℃정도의 배지온 상승을 기대할 수 있다고 판단된다. 그러나 온실 기온이 5℃ 이상에서는 배지 하부에 설치한 파이프에 지하수를 흘리는 방법으로는 배지온 상승은 기대하기 어렵다고 판단된다.

마. 지하수에 의한 배지 가운시 온도분포 특성

실내온도를 1.5℃로 유지하여 배지온이 저하하였을 때, 전술한 바와 같이 배지 내에 설치한 2분의 파이프에 10 l/min의 지하수를 흘릴 때 시간 경과에 따라 그림4-45와 같이 배지별로 배지온 분포를 나타냈다.

그림에서 보는 바와 같이 배지별 온도분포에서는 지하수 공급전 3℃정도에서

지하수를 흘린 후 2시간 경과 후 배지온이 안정될 때까지 왕겨배지가 약간 빨리 상승하는 경향을 보였으나 큰 차이 없이 비슷한 온도분포를 나타냈다. 이것은 온실내 저온에 의한 배지온 강하패턴과는 다른 경향을 나타내 지하수에 의한 배지온 가온은 2시간 정도로서 안정되며, 하층은 8~10℃, 중간층은 4~6℃, 상층은 가온의 효과가 거의 없는 것으로 나타났다. 여기서는 온실내 기온을 15℃로 했을 경우인데, 온실내 온도가 3.2, 5.0, 6.7℃인 경우의 가온효과는 1시간 경과후 안정되어 지하수에 의한 가온의 온실내 기온이 저온일 때 가온에 요하는 시간이 길어지는 효과가 있으며, 온실내 기온이 3.2℃이상에서는 지하수를 유통시킨 후 1시간 정도로 온도가 안정되었다.

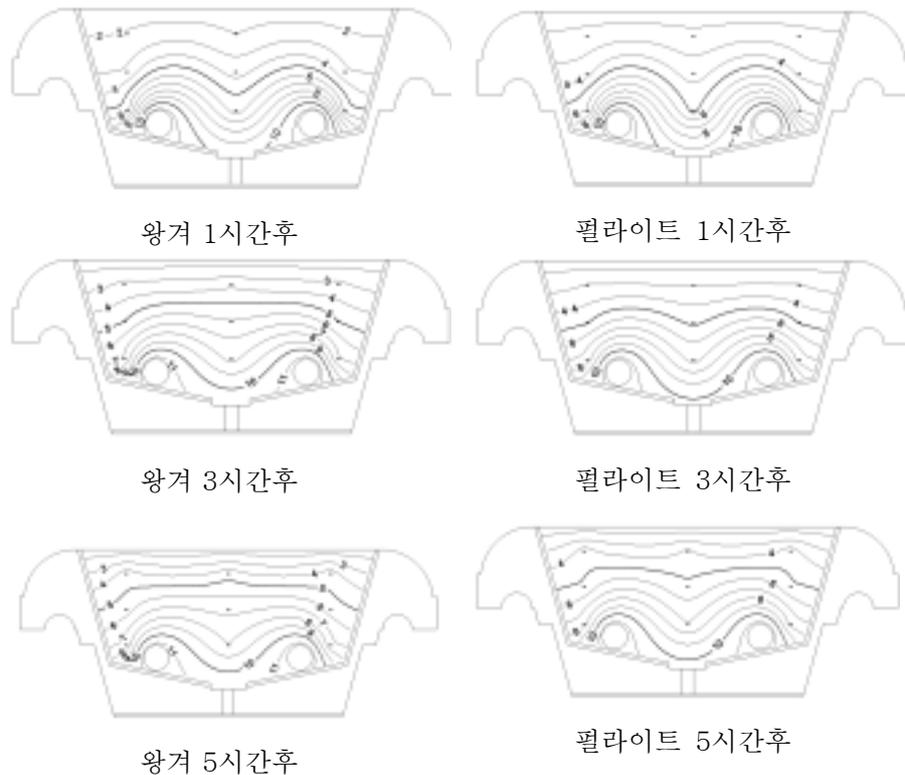


그림4-45 지하수에 의한 배지 가온시 배지별 배지온 분포

4. 재배 시험

가. 시험 장치

배지내 온도강하 특성을 시험하기 위한 장치는 그림4-46과 같이 경북대학교 구내 온실내에 설치한 딸기 고설수경재배 시스템에서 베드별로 배지내 온도강하 및 온도분포 특성을 조사하였다. 딸기는 연구 2년차인 끝날 무렵인 2004년 9월 5일에 정식하였으며, 모의 화아분화가 8월 하순인 점에 비하여 정식시기가 약간 지연되어 초기생육이 좋지 않았지만 이후 회복되어 정상적인 배재가 가능하였으며 수확에 별 지장이 없었다.



그림4-46 고설재배 시스템

온도측정은 그림4-47과 같은 열전대(T형) 온도센서를 전술한 그림4-22, 4-23, 4-24의 실내시험에서와 같이 배지 내에 설치하고 그림4-48과 같은 다점 온도기록계를 사용하여 측정하였다.



그림4-47 고설재배 시스템에서의 온도센서 설치



그림4-48 재배시험 온도 계측기(요꼬가와 DR130)

나. 베드 종류별 배지온도 강하의 실제

1) 무가운시 베드별 배지온도 강하 실측 예

그림4-49는 겨울철 저온기 딸기 재배시험에서 온실 내에 난방을 하지 않고 무가운시 베드별 배지온도의 강하를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 일몰

후 17시부터 다음날 7시까지 배지의 온도가 강하하였다. 즉 17시에 플랜트형 베드와 V형베드가 1.3℃의 온도차를 보였는데 이후 19시에 플랜트형 베드는 12.2℃, V형 베드는 11.2℃, 21시에 플랜트형 베드는 10.5℃, V형 베드는 9.7℃, 23시에 플랜트형 베드는 9.0℃, V형 베드는 8.2℃, 다음날 1시에서 플랜트형 베드는 7.7℃, V형 베드는 7.0℃, 3시에서 플랜트형 베드는 6.4℃, V형 베드는 5.9℃, 5시에서 플랜트형 베드는 5.2℃, V형 베드는 4.7℃, 7시에서 플랜트형 베드는 3.7℃, V형 베드는 3.4℃로 나타났다. 여기서 온도강하 패턴은 비슷하게 나타났으며, 플랜트형과 V형은 초기 1.3℃의 온도차에서 점차 차이를 줄여 다음 날 7시에 0.3℃의 온도차를 보여 V형 베드가 유리하다고 판단하였다.

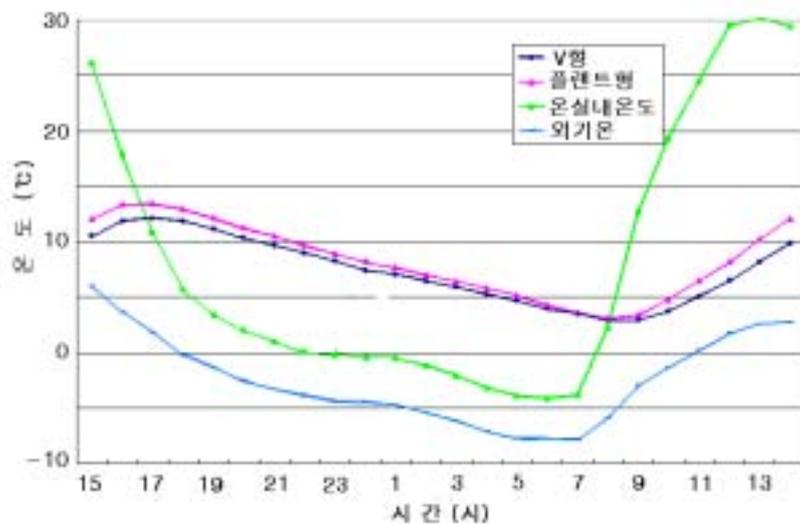


그림4-49 무가운시 온실내 온도 및 배지온도 변화

2) 야간 난방 설정온도 2℃ 때 베드별 배지온도 강하 실측 예

그림4-50은 겨울철 저온기 재배시험에서 온실의 야간 난방 설정온도를 2℃로 하였을 때 베드별 배지온도의 강하를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 무가운 시와 같이 17시부터 다음날 7시까지 배지의 온도가 강하하였다. 즉 17시에 1.5℃의 온도차를 보였으나 19시에 플랜트형 베드는 14.8℃, V형 베드는 13.7℃, 21시에서 플랜트형 베드는 13.2℃, V형 베드는 12.3℃, 23시에서 플랜트형

베드는 11.6℃, V형 베드는 10.8℃, 다음날 1시에서 플랜트형 베드는 10.2℃, V형 베드는 9.5℃, 3시에서 플랜트형 베드는 9.1℃, V형 베드는 8.6℃, 5시에서 플랜트형 베드는 8.3℃, V형 베드는 7.8℃, 7시에서 플랜트형 베드는 7.3℃, V형 베드는 7.0℃로 온도강하가 비슷한 패턴이었다. 이와 같이 야간 난방 설정온도를 2℃로 낮게 설정했을 때는 무가온시와 같이 플랜트형과 V형은 1.5℃의 온도차를 0.3℃보여 V형 베드가 좋은 보온성을 나타내 유리하다고 판단된다.

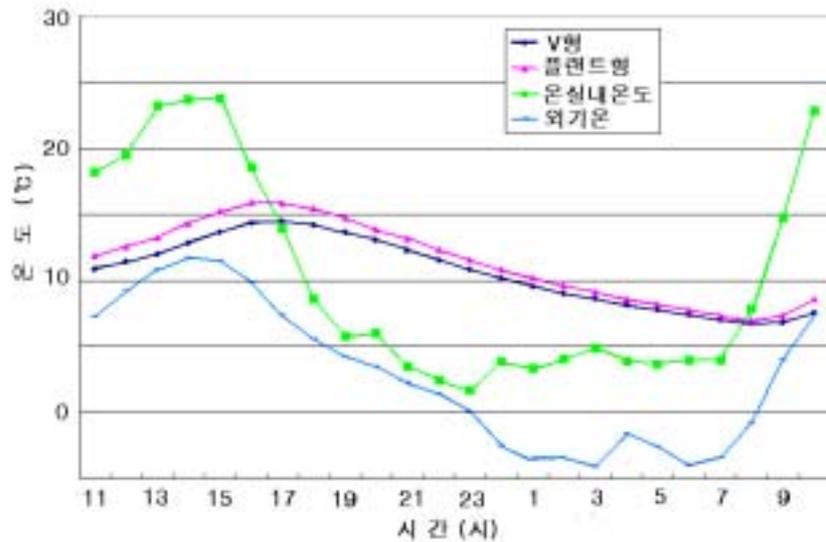


그림4-50 난방 설정온도 2℃ 때 베드별 배지온도 변화

3) 난방 설정온도 4℃ 때 베드별 배지온도 강하 실측 예

그림4-51은 겨울철 저온기 재배시험에서 온실의 야간 난방 설정온도를 4℃로 했을 때 베드별 배지온도의 강하를 나타낸 것이다. 난방 설정온도를 4℃로 했을 때도 17시부터 다음날 7시까지 배지의 온도가 강하하였다. 이 시험에서 시험을 시작한 17시에 플랜트형 베드가 V형 베드에 비하여 1.7℃ 온도가 높았지만, 19시에 플랜트형 베드는 14.6℃, V형 베드는 13.1℃, 21시에서 플랜트형 베드는 13.5℃, V형 베드는 12.3℃, 23시에서 플랜트형 베드는 12.7℃, V형 베드는 11.6℃, 다음날 1시에서 플랜트형 베드는 11.8℃, V형 베드는 10.9℃, 3시에서 플랜트형 베드는 10.8℃, V형 베드는 10.0℃, 5시에서 플랜트형 베드는 9.9℃, V형 베드는 9.2℃, 7시에서 플랜트형 베드는 9.1℃, V형 베드는 8.5℃로 온도강하가 비슷한 패턴으로 강하하였으며, 플랜트형과 V형의 온도차가 0.6℃차로 좁혀졌다.

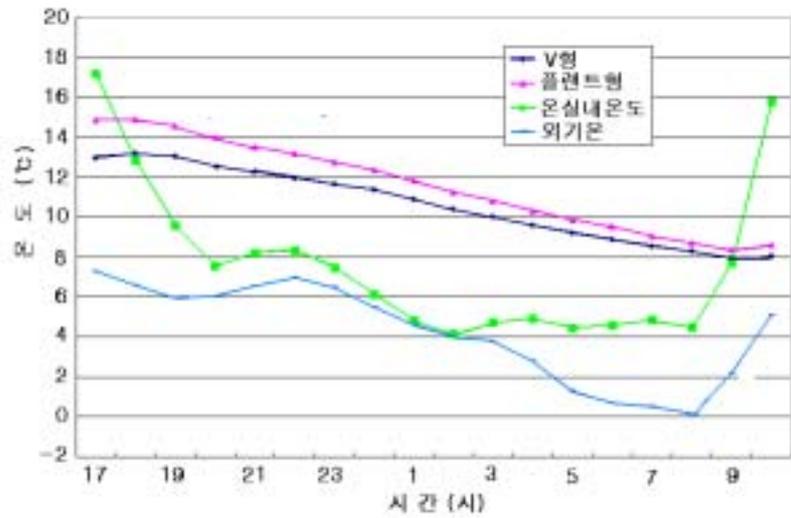


그림4-51 난방 설정온도 4℃ 때 베드별 배지온도 변화

4) 난방 설정온도 6℃ 때 베드별 배지온도 강하 실측 예

그림4-52은 겨울철 저온기 재배시험에서 온실내 난방 설정온도를 6℃로 하였을 때 베드별 배지온도의 강하를 나타낸 것이다. 19시에서 플랜트형 베드는 17.4℃, V형 베드는 15.4℃, 21시에서 플랜트형 베드는 15.5℃, V형 베드는 13.8℃, 23시에서 플랜트형 베드는 14.0℃, V형 베드는 12.5℃, 다음날 1시에서 플랜트형 베드는 12.7℃, V형 베드는 11.4℃, 3시에서 플랜트형 베드는 11.7℃, V형 베드는 10.5℃, 5시에서 플랜트형 베드는 10.8℃, V형 베드는 9.8℃, 7시에서 플랜트형 베드는 9.9℃, V형 베드는 9.1℃로 온도강하가 비슷한 패턴으로 강하하였으며, 플랜트형과 V형의 온도차가 0.8℃차로 좁혀졌다.

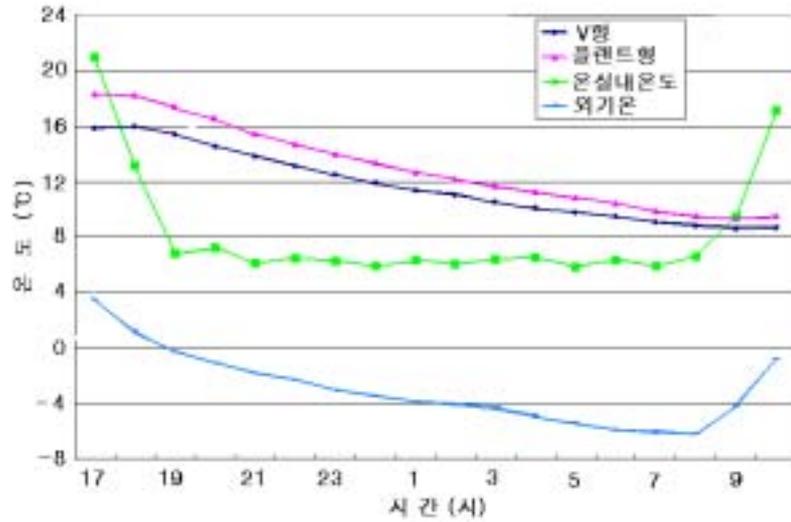


그림4-52 난방 설정온도 6°C 때 베드별 배지온도 변화

겨울철 저온기의 재배시험에서 위와 같이 무가온과 2°C, 4°C, 6°C 등 4가지 난방 설정온도에 대한 베드형태별 배지온도 강하시험에서 배지에 관계없이 비슷한 패턴의 배지온도가 강하하였으며, 일몰 시 플랜트형이 V형보다 약간 높았던 배지온도가 다음 날 일출시에 거의 같은 온도로 접근함을 보였다. 이것은 V형 베드가 배지의 보온성이 높다는 것을 나타내 V형 베드가 유리하다고 판단된다.

다. 저온기 배지온 강하 추정 모델에 의한 배지온도 예측 검증

1) 플랜트형 베드

플랜트형 베드에 대하여 전술한 그림4-37(d) 모델을 이용하여 1일 온실내 기온 변화패턴을 가지고 그림4-53에서와 같이 오후 7시부터 다음날 오전 7시까지의 12시간 배지온 실측치와 예측치를 비교한 결과 1.25°C의 적은 오차가 나타나 예측모델로 이용 가능한 것으로 판단된다.

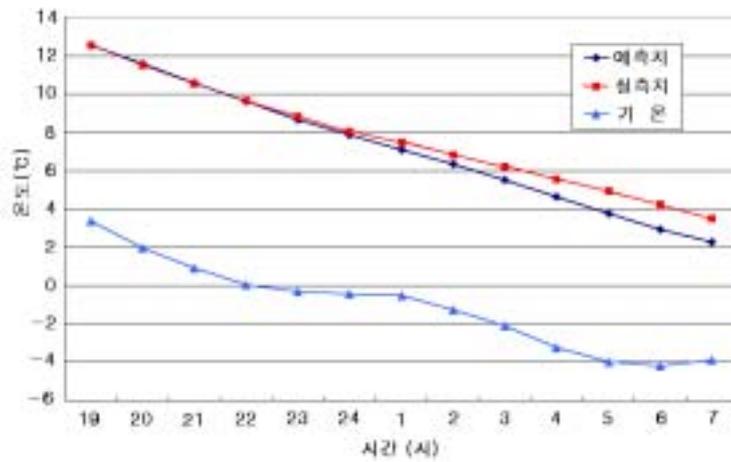


그림4-53 플랜트형 베드별 온실내 온도 강하 추정(멸칭유 중간면)

2) V형 베드

V형 베드에 대하여 전술한 그림 43의 모델을 이용하여 1일 온실내 기온 변화 패턴을 가지고 그림4-54에서와 같이 오후 7시부터 다음날 오전 7시까지의 12시간 배지온 실측치와 예측치를 비교한 결과 1.0°C의 적은 오차가 나타나 예측모델로 이용 가능한 것으로 판단된다.

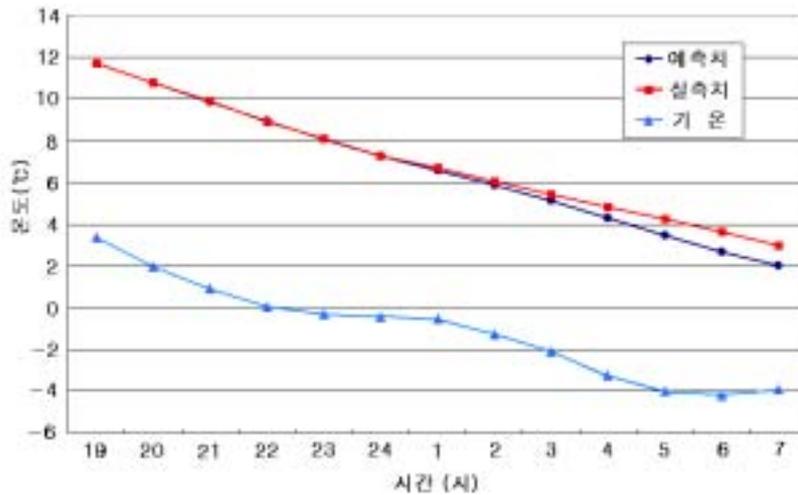


그림4-54 V형 베드별 온실내 온도 강하 추정(멸칭유 중간면)

제5절 현장 적응시험 및 경제성 분석

1. 완성된 고설수경 시스템

우리나라 딸기 재배시설은 이동식 단동파이프하우스가 주를 이루며, 일부 연동 하우스도 있다. 재배는 초축성의 경우 8월 하순에 정식하며, 일반적인 축성재배는 9월 초순~하순에 걸쳐 정식하여 봄까지 재배한다. 그런데 축성재배에서는 약한 일조기를 경과하기 때문에, 이 시기에는 지역에 따라 일사량의 차이나 시설의 채광성이 생육에 큰 영향을 주며, 기온이 낮기 때문에 주야간 온도관리에 따라서 배지온이나 기온에 큰 영향을 미친다.

본 연구에서는 고품배지를 이용하는 고설수경재배를 주체로 배액을 재이용하는 시스템을 구성하여 친환경 딸기 고설수경 재배 시스템을 실현 시키고자 하였다. 따라서 실용적 보급에 있어서는 하드웨어인 배지 등은 지역에서 입수하기 쉬운 것으로 하고, 관리기술인 소프트웨어는 배지에 맞도록 기본적인 매뉴얼로 운전이 가능한 시스템 구축을 목표로 하였다. 즉 품종의 차이나 지역의 기후나 생산자의 선호도의 차이에 상관없이 공통된 관리기술에 따른 시스템을 구성하고자 하였다.

가. 베드 및 가대 구조

그림4-55와 같은 스티로폼 판을 직각으로 접착하여 만든 V형 베드를 개발하였다. 이것은 보온성과 배수성의 향상과 포기당 적정 배지량 2.0~2.5ℓ를 확보하도록 두께 30mm의 스티로폼 판을 그림과 같이 직각으로 접착하여 V형으로 구성한 것이다.

또한 배액의 집액을 위하여 하부에 그림4-56(a)와 같이 스티로폼 판으로 배수구를 설치하여 급액후 잉여 배양액의 배액을 집액하여 재이용할 수 있도록 하였다. 2년차 설계에서는 그림4-56(b)에서와 같이 4각 콜게이트 파이프의 사용을 시도하였으나 비용을 고려하여 같은 기능을 할 수 있고 가격이 아주 저렴한 스티로폼 판으로 교체한 것이다. 또한 그림4-56(a)와 같이 배수구 설치 스티로폼 판 위에 플라스틱 과형판(상품명 : 선라이트)을 올려놓은 형태로 하여 배수가 잘 되도록 고려하였으며, 하부로부터 많은 공기가 공급되어 산소를 많이 요구하는 딸기 뿌리의 특성을 충분히 고려하였다. 또한 베드의 상면높이를 1100cm로 하여

작업성을 고려하여 구성하였다.

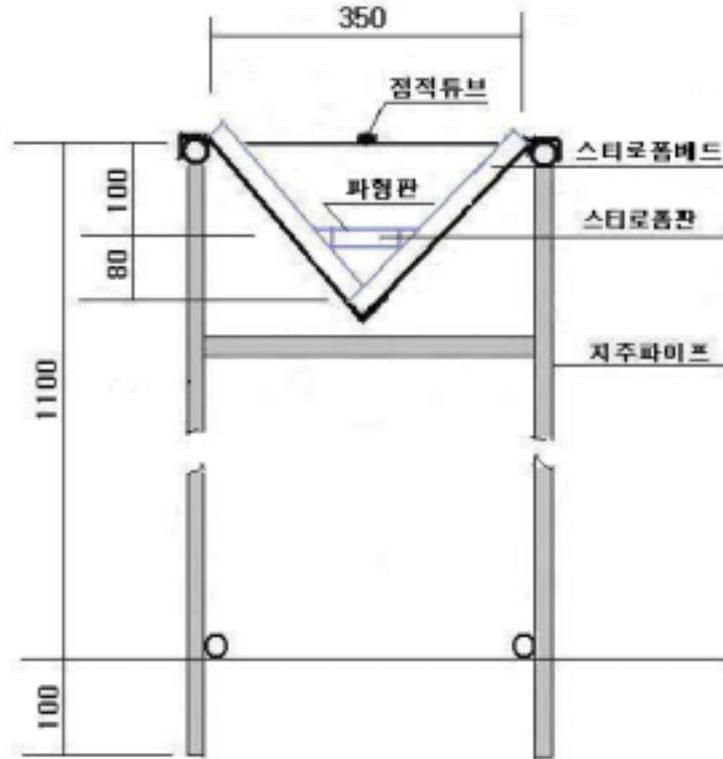


그림4-55 스티로폼판 V형베드 주체 고설재배 시스템

한편 배액의 재이용을 목적으로 스티로폼 베드의 접합부를 실리콘접착제로 처리하여 누수되지 않도록 하였으며, V형 베드 하부에 집수된 배액은 말단부에 배액 수집 탱크를 설치하여 재이용할 수 있도록 구성하였다. 그림4-56(c), (d)는 실제 V형 베드의 설치상태를 보인 것이다.



(a) 스티로폼판 배수구



(b) 콜게이트 파이프 배수구



(c) 가대



(d) 베드지지 V형 금구

그림4-56 스티로폼판 V형 베드 설치

나. 배양액 급액 및 배액 재이용 시스템

배양액 급액 시스템은 그림4-57과 같이 1,000 ℓ의 배양액 원수탱크를 기본으로 하고 200 ℓ의 원액탱크를 A, B액용으로 각각 사용하였으며, 급액 펌프는 0.24KW, 3.5 ℓ/min(친세산업)의 정량펌프를 사용하여 길이 10m 베드 3열 급액의 정량조절과 집수한 배액의 재급액이 가능하도록 급액시스템을 구성하였다. 배양액의 조제는 일본 치바농시 치방(2004, 宇田川雄二)에 의한 원액 A, B를 조제하고 정량펌프로 원수탱크 1,000 ℓ에 설정한 EC가 되도록 자동 희석되도록 시스템을 구성하였다.



그림4-57 배양액 조제 및 급액 컨트롤러

배액을 집액한 배액탱크는 재배기간 동안 주로 배액율이 20%가 되도록 제5장에서 기술한 급액·배액 탱크 수위차 비교방식 배액을 제어 방식을 도입하여 그림4-58과 같이 구성하였다. 즉 배양액 탱크의 수위저하량과 배액을 수집한 배액 탱크(배양액탱크 바닥면적의 20%인 바닥면적)의 수위상승량의 차이를 피드백 제어하는 방식의 시스템을 경북대학교 구내 온실에 그림4-59와 같이 10m 베드 3열을 설치하여 급액과 배액을 제어 할 수 있도록 하여 수집한 배액을 오후 4시에 재급액 할 수 있도록 구성하여 전술한 배액을 제어 등 성능을 시험하였다.

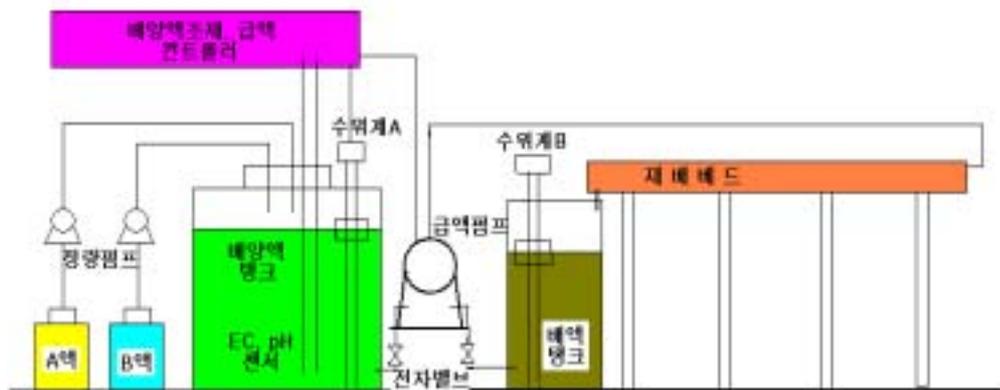


그림4-58 급액 및 배액 제어용 시스템



그림4-59 적응시험을 위한 시스템

2. 농가 적응시험

이 연구에서 개발한 V형 베드를 주체로 하는 딸기 고설수경 재배 시스템을 산청군 신등면 단계리 권현갑씨 비닐하우스에 그림 65에서 보는 바와 같이 U형 베드와 같이 100m 베드 1열을 설치하여 9월 20일 정식하여 농가 적응시험을 실시하였다. 활착 등 정식 후의 생육이 아주 좋으며, 정화방이 착과되어 수확을 기다리고 있는 현재 농장주 및 인근 딸기 고설수경재배 작목반의 평가로는 U형에 비하여 배액 재이용, 설치비, 시공성 등에서 바람직한 모델이라고 평가하고 있다.

3. 경제성 분석

경상남도농업기술원에서 산청군 신등면의 2004년 10월 15일부터 2005년 5월 15일까지 7개월간의 출하량을 기준으로 딸기 고설수경에 대한 교육과 보급을 통하여 그 효과를 딸기 토경재배와 비교하여 보고한 바 있다. 발표 자료에 의하면 표 9에서 보는 바와 같이 생산량은 고설수경재배가 토경에 비하여 2.6배, 10a당 조수익면에서 2.9배의 상상을 초월하는 성과를 거두었다. 이와 같이 딸기의 고설

수경 재배는 생력화와 편안한 작업자세를 목적으로 도입하였지만 생산량과 소득 면에서도 큰 성과를 거두었다.



그림4-60 농가에 설치한 V형 베드 시스템

표4-9 딸기 고설수경재배와 토경의 생산량 및 소득 비교

(2005, 경상남도농업기술원)

구 분		토 경 (A)	혼 합 (토경+ 고설수경)	고설수경 (B)	비 고 (B/A)
농가평균재배면적(평)		1,340	1,340	520	
평균생산량(톤/10a)		2.9 (9.6kg/평)	5.29 (17.3kg/평)	7.5 (25kg/평)	2.6
소득	(10a당)	8,853천원	17,267천원	25,680천원	2.9
	kg당 가격	3,020원	3,263원	3,506원	

표4-10은 600평을 단위로 고설수경 시설을 도입할 경우에 4가지 베드형태에 대한 경제성을 분석 비교한 것이다. 여기서 4가지 베드형태는 모두 배액을 재이용하는 것을 전제로 배액수집 재이용 설비가 포함되어 있다. 또한 4가지 형태 모두 동일한 지주와 가로대 형태를 한 가대를 적용하였으며, 상토, 배지가온, 급액 배관 및 급액장치, 급액 배액 제어 시스템 모두 동일하게 하는 것으로 하였다. 다만 베드의 형태에 따라 베드비용 및 배액수집 재이용 설비가 다른 것으로 하여 분석하였다. 베드형태는 U형 베드는 우리나라 산청, 하동 등에 도입한 텐트 천을 사용한 것이며, V형은 본 연구에서 개발한 스티로폼판을 접착하여 제작한 것이며, 플랜트형은 최근 일본 농가에 많이 도입 사용되고 있는 것으로 스티로폼과 플라스틱이 있다.

표 10에서 보는 바와 같이 U형 베드가 베드비용이 가장 적었으며, 제작에 급형이 필요한 플랜트형의 비용이 많았으며 특히 플라스틱 베드가 가장 높게 나타났다. 배액수집 재이용 설비는 V형을 제외 하고는 베드 전 길이에서 배액이 되기 때문에 배액수집을 위한 물받이 형태의 채널을 필요로 하여 1,440천원의 비용이 추가 되었다.

전체 설치비는 600평을 단위로 하였을 경우 V형 베드가 27,128천원으로 가장 적었으며 그 다음이 U형으로 27,214천원으로 근소한 차이를 보였으며, 플라스틱 플랜트형이 31,768천원으로 가장 많았다. 이 비용은 전술한 한 표 9에서와 같이 산청의 분석 예에서와 같이 딸기 고설수경재배 시스템을 도입할 경우에 600평에 대한 조수익 증가분이 33,654천원으로 고설수경재배 시스템을 도입할 경우에 1차년에 설치비를 회수할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 산청의 경우 도입을 전제로 경상남도농업기술원이 실시한 딸기교육프로그램에 참여하여 재배기술 수준을 향상시킨 것을 포함해 재배기간 중에도 딸기 고설수경재배 스터디그룹을 구성하는 등 노력의 결과로 수량과 품질이 현저히 향상된 때문으로 단순히 고설수경재배 시스템을 도입하는 것만으로는 조수익의 증대를 기대하기는 어렵다고 생각된다.

표4-10 딸기 고설수경재배 시스템의 경제성 분석

(100m베드x6열=200평 3동 600평기준, 단위:1000원)

베드형태 자 재	U형 (텐트 천)	V형 (스티로폼)	플랜트형 (스티로폼)	플랜트형 (플라스틱)
가대 (100m)	8,568	8,568	8,568	8,568
베드	1,206	3,060	4,860	5,760
상토(2.5L, 필+ 피)	6,300	6,300	6,300	6,300
베드가온파이프	700	700	700	700
급액배관	800	800	800	800
양액급액장치	2,500	2,500	2,500	2,500
급액 및 배액 재이용 제어 시스템	2,200	2,200	2,200	2,200
배액수집 재이용 설비	1,940	500	1,940	1,940
시공비(기능공5인)	1,000	1,000	1,000	1,000
시공비(보통인부20인)	2,000	2,000	2,000	2,000
합 계	27,214	27,128	30,868	31,768
조수익 증가분	33,654	33,654	33,654	33,654

[결 론]

우리나라의 딸기재배는 고품질 청정 선호와 년중 수요의 확대에 따라 노지 재배는 급격히 감소하는 반면 시설재배는 점점 늘어나고 있으며, 재배면적 기준으로 세계에서 7위의 생산국이 되었다. 농촌인력의 감소와 노동력의 부족으로 딸기 재배방식은 점점 생력화를 요구하고 있으며, 외국에서는 고설양액 수경재배시스템으로 전화되고 있는 실정이다. 최근 우리나라에도 딸기의 고설 양액재배가 보급되기 시작하였으나, 국내에 맞는 생력형 재배 시스템이나 자동화시설재배에 대한 자료 부족으로 재배 시스템의 설계 및 시공에 많은 어려움이 나타나고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 한국형의 딸기 고설양액재배시스템 개발을 위하여 수행하였으며, 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 스티로폼 평판을 V형으로 접착하여 제작한 베드를 주체로 하는 배액 재이용 딸기 고설수경재배 시스템을 개발하였다.
2. 딸기 재배 베드는 스티로폼 판을 V형으로 접착하여 구성한 것이 포기당 배지량과 재배 시험에서 좋은 결과를 얻어 실용적이라고 판단하였으며, Φ 22.2mm x 1.2t 파이프를 사용한 가대의 기둥간격 1.5m에서 구조상 안전함을 보였다.
3. 베드 높이별 작업성은 베드 높이 80m, 110m, 150m 를 비교해본 결과 110m가 가장 적합한 것으로 분석되었다.
4. 딸기 고설수경 재배 시스템의 배액을 재이용하는 시스템을 구성하고, 급액탱크와 배액탱크의 수위차를 비교하는 방식으로 급액에 대한 배액율을 제어하는 소프트웨어를 개발하여 제어 성능시험을 통하여 배액 재이용 시스템을 개발하였다.
5. V형 베드는 플랜트형 베드보다 온도강하가 느리게 나타났으며, 온실내 저온이 뿌리 생육에 미치는 영향을 고려할 때 V형 베드가 플랜트형 베드보다 유리하다고 판단된다.
6. 베드의 멀칭 유무에 따라 베드 내 평균온도 변화는 배드 상면을 멀칭한 경우에 온도강하가 느리게 나타나 멀칭을 하는 것이 배지온 유지에 유리하다고 판단된다.
7. 배지온과 온실내 기온과의 차이에 따른 온도강하율의 상관관계는 플랜트형 베드 V형 베드 모두 높은 상관을 나타냈으며 이것을 이용하여 야간에 온실내 기온 강하에 따른 배지별 배지 내 온도강하를 추정할 수 있는 모델을 개발하였다.
8. 딸기 고설수경 재배 시스템의 개발을 완성하여 자체 및 농가 적용시험과 경제성 분석을 통하여 보급가능성을 확인하였다.

제 5 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 딸기 고설수경재배용 적정배지 개발

○ 딸기 고설수경재배에서 가장 적합한 단용배지를 선별하고, 또한 상층부는 보수력이 좋고 하층부는 통기성이 좋은 새로운 개념의 2층배지와, 손쉬운 구입과 사용이 간편한 혼합상토배지를 개발하였다.

2. 딸기의 배양액 관리기술 개발

- 딸기의 양분흡수특성을 파악하여 딸기 전용 배양액 조성을 개발하였다.
- 순환식 딸기 수경재배를 위한 배양액 관리기술을 개발하였다.

3. 딸기의 근권관리기술 개발

○ 딸기 수경재배에서 유기배지를 이용한 미생물 활용에 의한 수량증대 기술을 개발하여, 이를 활용한 타 작물의 수경재배에 미생물 활용기술 개발에 기여하였다.

○ 딸기의 배양액에 생리활성물질을 첨가하여 수량증대기술을 개발하여 기업에 기술을 이전함으로써 관련기업에 기여하였다.

4. 딸기 고설수경재배 시스템 개발

○ 국내 최초의 새로운 딸기의 고설수경재배 시스템을 개발하여 배양액의 순환식 관리기술에 새로운 개념을 도입하였으며, 관련기업의 기술발전과 기술이전에 기여하였다.

○ 배지온과 온실내 기온과의 차이에 따른 온도강하율의 상관관계를 밝히고, 이것을 이용하여 야간에 온실내 기온 강하에 따른 배지별 층별 배지 내 온도 강하를 추정할 수 있는 모델을 개발하여 시설재배에서의 온도관리기술개발에 크게 기여하였다.

○ 딸기 고설수경재배 시스템의 구조적으로 안전하고 작업성이 우수한 시스템을 개발하였다.

제 6 장 연구개발결과의 활용계획

○ 딸기 고설수경재배는 앞으로 계속 확산될 것으로 예상된다. 일본의 수경재배면적은 최근에 400여 ha이 증가하였는데, 그 중 380ha이 딸기 수경재배의 증가면적이다. 진주시에서는 최근 대평지구에 60ha의 딸기수경재배단지 설립을 추진하고 있는데, 본 연구에서 개발된 딸기 고설수경재배 시스템과 딸기 수경재배 신기술을 적용하여 성공적인 딸기수경재배단지완성에 기여할 계획이다.

○ 본 연구에서 개발된 딸기 고설수경재배시스템을 기업체에 기술을 이전하여, 진주시의 대평 딸기 단지 뿐만이 아니라, 새로이 수경재배로 전환하는 딸기농가의 재배시설 도입에 적극 활용할 계획이다.

○ 대도시의 인접 딸기재배단지 또는 유명 관광지 인접 딸기재배단지에 농업기술센터와 연계하여 관광형 딸기 고설수경재배농장건립에 본 연구의 개발기술을 활용하여 딸기농가의 수입증대에 기여할 계획이다.

○ 딸기의 고설수경재배 실험 중 배지의 종류에 따라서 착색불량과가 다발하는 예가 있었으며, 또한 딸기 고설수경재배 농가의 애로사항 중에도 착색불량과에 대한 문의가 많아서, 고설수경재배농가의 현장애로사항을 해결하기 위해서는 그 원인구명과 해결방안에 대한 연구가 필요한 것으로 생각된다.

○ 현재 재배 중인 국내의 딸기 품종은 92% 정도가 일본 품종이다. 최근에 딸기시험장에서 육종된 ‘매향’이 재배농가에 보급되기 시작하여 급속히 확산되고 있으며, 최근에는 홍콩과 싱가포르에 ‘매향’을 수출하기 시작하여 수출물량이 급속하게 증가하고 있다.

한편, 앞으로 필연적으로 도입될 것으로 생각되는 채소의 GAP(우수농산물 관리 규정)적용을 예상하여, 국내유통의 딸기뿐만이 아니라 수출 딸기도 재배환경이 청결하고 친환경적인 고설수경재배에 의한 생산 요구가 확산될 것으로 예상된다.

이러한 상황을 고려하여, 국내 품종인 ‘매향’의 고설수경재배기술확립에 대한 연구가 반드시 수행되어 딸기의 수출증대 뿐만이 아니라 국내 딸기소비증대를 통한 농가수익증대에 기여해야 할 것으로 생각되므로, 본 연구에서 개발된 기술을 활용하여 지속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

제 7 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 일본의 딸기 공중 육묘기술
2. 일본의 딸기 고설수경재배 시스템 보급 현황
3. 미국 및 유럽의 딸기 육묘체계
4. 네덜란드의 사계성 딸기 재배 기술
5. 딸기용 스티로폼 성형베드 제조
6. 배양액 재처리 기술

제8장 참고문헌

Cheong, J.W. 2001. Current status of strawberry growing and prospects for export. Year 2001 textbook for agricultural technology education. Growing strawberry. Gyongbuk Prov. RDA.

Fukuyama, T., H. Nonami, K. Katayama and Y. Hashimoto. 1995. Improvement of hydroponic culture medium by adding calcium-zeolite. Acta Hort. 396:115-122.

Guler, H. G., C. Olympios and D. Gerasopoulous. 1995. The effect of the fruit quality of hydroponically grown melons (*Cucumis melo* L.). Acta Horticulturae. 379:261-265.

Harun, R.M.R., D.A. Hall, R.A.K. and G.M. Hitchon. 1991. Melon cultivation in organic and inorganic substrates. Acta Horticulturae. 294:105-108.

Itaki, T., K. Sasaki and Y. Udagawa. 1995. Practical technics for hydroponics. Nogyoudenkyou, Tokyo.

Iwasaki, Y., T. Sasaki, Y. Chiba and M. Saigusa. 1999. Comparison between soil and rockwool as substrates utilizing a drained nutrient solution for growing tomatoes in a closed fertigation system. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68(6):1161-1169.

Kahn, B.A. and J.L. Schroeder. 1999. Root characteristics and seed yields of cowpeas grown with and without added nitrogen fertilizer. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 34:1238-1239.

Kim, K.Y., T.C. Seo, and Y.C. Kim. 1999. Effect of the milliequivalent ratio of K to Ca in the nutrient solution on the growth, yield and blossom end rot of tomatoes grown by perlite culture in hot season. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:652-656.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. Inc., San Diego.

Meagher, J. W. and P. T. Jenkins. 1970. Interaction of *Meloidogyne hapla* and *Verticillium dahliae* and the control of wilt in strawberry. Australia Jour. Exp. Agric. and Animal Husbandry.

Mendlinger, S. and M. Fossen. 1993. Flowering, vegetative growth, yield and fruit quality in muskmelons under saline conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(6):868-872.

Nakabayashi, K., K. Yamazaki and S. Shimane. 1992. Effects of foliar supply and controlling nutrient solution on the quality of musk melon. Japan. J. Soil Sci. Plant Nutri. 63(6):705-708.

Nishizawa, T. and Y. Hori. 1989. Photosynthesis and translocation of recently assimilated carbon in vegetative and dormant stage of strawberry plants. J. Japan Soc. Hort. Sci. 57:633-641.

Pardossi A.,F. Malorgio, F. Tognoni, T. Ito, F. Tognoni, T. Namaki, A. Nukaya and T. Maruo. 1994. Control of mineral nutrition in melon plants grown with NFT. Acta Horticulturae. 396:173-180.

Seyama, N. and T. Takai. 1986. Study on the seasonal pattern of the growth and flower formation of strawberry plants as related to environment and endogenous physiological conditions. Bull. Veg. and Ornam. Crops Res. S 수. Japan. Ser. B. 6:31-77.

Van Os, E. A. 1995. Engineering and environmental aspects of soilless growing systems. Acta Hort. 396:25-32.

지성환. 2000. 최신 양액재배. 한국양액재배연구회. P 298-307.

김영석, 허무룡, 박중춘. 2002. 양액 재배시 "서건"과 "카케무샤" 토마토의 초기 생육에 미치는 근권온도의 영향. 원예과학기술지 20(1):10-14.

전윤태, 정순주, 김태환. 2002. 근권온도가 양액재배 오이 (*Cucumis sativas L.*) 의 질소동화와 목부수송에 미치는 영향. 한국원예학회지 43(4):411-414.

허무룡, 김영석, 서영국, 박중춘. 2000. 근권온도가 수박성형묘의 생육, 무기성분 흡수 및 항산화 효소활성에 미치는 영향. 원예과학기술지 18(6):783-786.

김경제, 김진한, 우인식, 배종향. 2001. 양액재배시 근권온도가 책색 단고추의 수량과 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지 42(1):48-52.

- 전운태, 박순기, 김태환, 김길용, 정순주. 2001. 근권온도가 양액재배 오이의 생육, 탄수화물 및 질소대사에 미치는 영향. 한국원예학회 춘계학술연구발표회:72.
- 노미영. 1997. 토마토 고품배지재배에 있어서의 근권온도 관리. 한국시설원예연구회. 10(1):97-106.
- 김경제, 김진한, 우인식, 배종향. 2000. 양액재배시 근권온도가 착색 단고추의 수량과 품질에 미치는 영향. 원예과학기술지 18(2):173.
- 문지혜, 성기철, 이상규, 고관달. 2000. 근권온도가 오이의 생육 및 수분상태에 미치는 영향. 원예과학기술지 18(5):670.
- 이한철, 정호정, 강경희, 권기범, 최영하, 정재완. 2003. 사철딸기 "페치카"의 여름철 양액재배를 위한 양액농도 설정. 원예과학기술지. 21(2):52.
- 윤혜숙, 황연현, 안철근, 황해준, 노치용. 2003. 딸기 고설식 수경재배시 저비용 배드재료가 생육 및 수량에 미치는 영향. 원예과학기술지 21(2):40.
- 윤혜숙, 황연현, 안철근, 황해준, 노치용. 2003. 딸기 고설식 수경재배시 재식거리가 생육 및 수량에 미치는 영향. 원예과학기술지 21(2):41.
- 김동현, 이철규, 이범선, 국용인, 정순주. 2003. 냉장처리 시기별 정식에 따른 딸기의 생육 및 수량 반응. 원예과학기술지 21(2):44.
- 김동현, 전운태, 이범선, 김홍기, 정순주. 2003. 포트종류와 정식방법이 육성재배용 딸기의 생육 및 수량에 미치는 영향. 원예과학기술지 21(2):44.
- 김영철, 김광용, 윤형권, 서태철, 서효덕, 이상규. 2003. 딸기 펄라이트 수경재배 전용 배양액 개발. 원예과학기술지 21(1):34.

- 김영철, 김광용, 윤형권, 서태철, 서효덕, 이상규. 2003. 딸기 고설식 수경재배 시스템 및 전용 배양액에 대한 효과 검토를 위한 현장 실증. 원예과학기술지 21(1):34.
- 윤혜숙, 황연현, 안철근, 황해준, 노치용. 2003. 딸기 고설식 수경재배시 팽연왕 거침가 배지가 딸기 생육 및 수량에 미치는 영향. 원예과학기술지 21(1):39.
- 정석기, 최종명, 정해준, 라상욱, 이영복. 2002. 시설하우스 토양의 pH 변화 및 용탈이 딸기의 생육, 무기원소 흡수 및 수량에 미치는 영향. 원예과학기술지 20(5):82.
- 박한영, 김옥기. 1999. 암면배지와 양액관주 방법을 이용한 딸기 육묘법 개발. 원예과학기술지 17(2):186.
- 김운섭, 김태일, 최재현, 손국성, 서관석, 윤화모. 1999. 지하수를 이용한 딸기의 화아분화 촉진방법과 시기 구명. 원예과학기술지 17(2):202.
- 윤혜숙, 황연현, 안철근, 강달순, 노치용. 2002. 딸기 양액육묘 시 양액공급 방법이 런너 생산에 미치는 영향. 원예과학기술지 20(5):48.
- 장원석, 김운섭, 최재현, 이인하, 라상욱, 윤화모. 2002. 주간고온과 저온적산량이 여봉 딸기의 휴면타파에 미치는 영향. 원예과학기술지 20(5):55.
- 정석기, 최종명, 정해준, 라상욱, 이영복. 2002. 각종 시비방법이 무기염의 토양 집적, 딸기 생육 및 무기원소 흡수에 미치는 영향. 원예과학기술지 20(5):81.
- 정호정, 정재완, 정해봉, 김희태. 2002. 딸기 육묘방법의 개선에 의한 채묘량 증대 및 자묘균일도의 향상. 원예과학기술지 20(6):66.
- 정재완, 정호정, 강남준, 권준국, 정해봉, 김희태. 2002. 딸기 "레드필" 품종의 전조재배시 전조기간이 생육 및 수량이 미치는 영향. 원예과학기술지

20(6):30.

지성한, 안규빈, 양승구. 1994. 배양액농도가 수경딸기의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회. 논문발표요지 12(2):236-237.

지성한, 안규빈, 박세원, 장전익. 1998. 양액 농도가 딸기의 성장 및 수량에 미치는 영향. 한국원예학회지 39(2):166-169.

윤화모, 김운섭, 김태일, 최재현, 서관석, 원승호. 1999. 온도와 일장의 자동조절에 의한 딸기의 화아분화와 생육특성. 원예과학기술지 17(3):325-328.

정태식, 이경희. 1989. 딸기 양액 재배에서 $\text{NH}_4 - \text{N} : \text{NO}_3 - \text{N}$ 의 시비비에 따른 성장, 질소의 농도 및 Ca, Mg, K 함량에 미치는 영향. 한국원예학회, 논문발표요지 7(1):62-63.

한원탁, 김용덕, 강성근, 문정수, 송창훈, 박용봉. 1992. 양액재배의 배지종류가 딸기 품질 및 수량에 미치는 영향. 한국원예학회, 논문발표요, 10(2):100-101.

김용덕, 신길호, 강성근, 문정수, 송창훈, 장전익. 1993. 송이버지를 이용한 양액재배에서 양액공급 방법이 측성딸기의 수량과 품질에 미치는 영향. 한국원예학회, 논문발표요지 11(1):138-139.

윤혜숙, 황연현, 안철근, 황해준, 노치웅. 2003. 딸기 고설식 수경재배 시 팽연왕겨첨가 배지가 딸기 생육 및 수량에 미치는 영향. 원예과학기술지 21(1):39.

방순배, 전신재, 함봉주, 김경희, 정병찬. 2001. 팽화왕겨 자루를 이용한 양액재배 시 배지량이 토마토 생육에 미치는 영향. 원예과학기술지 19(2):53.

김경제, 우인식, 김진한, 전경수, 유성오, 배종향. 2002. 착색단고추의 자루재배를 위한 적정 배지량 구명. 한국원예학회지 43(6):677-680.

- 이범선, 박순기, 정순주, 서범석. 1999. 필라이트 배지량이 養液栽培 오이의 生長과 收量에 미치는 影響. 한국생물환경조절학회. 8(4):265-269.
- 나상욱, 이은모, 우인식, 노태홍, 이주열, 문창식. 1992. 딸기 육묘방법이 화아분화에 미치는 영향. 농촌진흥청 농사시험연구논문집 34(1):13-17.
- 한원탁, 김용덕, 강성근, 문정수, 송창훈, 장전익, 박용봉. 1993. 양액재배의 배지 종류가 딸기 품질 및 수량에 미치는 영향. 농촌진흥청 농업과학논문집 35(2):401-405.
- 노미영, 배종향, 이용범, 박권우, 권영삼. 1995. 고품배지경에서 배양액농도가 토마토의 생육에 미치는 영향. 한국생물생산시설환경학회. 4(1):25-29
- 노미영, 배종향, 이용범, 박권우, 권영삼. 1995. 고품배지경에서 배양액농도가 토마토의 초기수량 및 품질에 미치는 영향. 한국생물생산시설환경학회. 4(1):68-72.
- 박권우, 강호민, 박용건. 1996. 생육단계별 배양액농도가 비트(*Beta vulgaris* L.cv. Detroit)의 생육에 미치는 영향. 한국생물생산시설환경학회. 5(2):138-144.
- 김예희, 이문정, 박권우. 1999. 배지의 종류와 배양액농도가 백리향(*Thymus vulgaris* L.)의 생육에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회. 8(2):90-94.
- 박미희, 이용범. 1999. 식물공장내 광도와 배양액농도가 상추의 생육과 품질에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회. 8(2):108-112.
- 김완순, 이정식, 허건양. 2001. 근권온도에 따른 장미 뿌리 성장 및 생리적 활성. 한국원예학회. 42(6):732-736.

- 강종구, 천상욱, 정순주. 1995. 재배방식의 차이, 근권온도 및 양액의 이온농도가 국화뿌리의 해부형태적 변화에 미치는 영향. 한국원예학회. 36(4):548-552.
- 장병춘, 홍영표, 전재철. 1992. 수경재배에서 양액온도가 채소작물의 생장 및 무기양분흡수에 미치는 영향. 한국토양비료학회. 25(3):242-246.
- 전윤태 정순주 김태환. 2002. 根圈溫度가 養液栽培 오이(Cucumis sativas L.)의 질소동화와 목부수송에 미치는 영향. 한국원예학회. 43(4):411-414.
- 이지원. 1999. 왕겨를 이용한 육묘용 혼합배지의 이화학성 개선. 서울대학교.
- 황인택, 조경철, 김홍재, 정순주, 김광수, 김정근. 2003. 왕겨 배지경에 있어서 양액 농도와 공급 횟수가 국화의 생장과 개화에 미치는 영향. 한국원예학회. 44(3):381-387.
- 황인택, 조경철, 한태호, 최경주, 정순주, 김광수. 2003. 배지의 종류와 배양액 처방에 따른 양액재배 국화의 생육 반응. 한국원예학회. 44(1):114-119.
- 임상현, 김경희, 안문섭, 유근창. 2001. 양액재배용 팽연화 왕겨의 적정 사용기간. 한국생물환경조절학회. 10(2):106-110.
- 김경희, 임상현, 김성일, 유근창. 2001. 토마토 양액재배시 팽연화 왕겨 배지에 적합한 급액방법 개선. 한국생물환경조절학회. 10(2):101-105.
- 임상현, 김경희, 전신재, 유근창. 2001. 양액재배용 팽연화 왕겨 배지의 근권 pH 안정화. 한국생물환경조절학회. 10(2):95-99
- 임재하, 윤재탁, 김임수, 최부술, 권영석. 양액재배용 재료로서 왕겨의 양이 토마토의 생육 및 수량에 미치는 영향. 농촌진흥청 농업과학논문집 37(1):363-367

충남 부여군 농업기술센터 농촌진흥청. 2001. 왕겨배지이용 딸기 무가식 생력
육묘기술.

이범선, 박순기, 정순주. 1998. 배지의 종류와 급액방법 양액재배 오이의 생장
과 수량에 미치는 영향. 한국생물생산시설환경학회. 7(2):151-155.

이용범. 1994. 고품배지경을 이용한 과채류 재배. 한국생물생산시설환경학회.
3(3):34-38

황인택, 조경철, 이정현, 정순주, 김광수, 김정근. 2003. 배지 종류와 깊이가 양
액재배 국화 “정운”품종의 생장과 발육에 미치는 영향. 한국원예학회.
44(1)107-113.

황인택, 조경철, 김홍재, 정순주, 김광수, 김정근. 2003. 왕겨 배지경에 있어서
양액 농도와 공급 횟수가 국화의 생장과 개화에 미치는 영향. 한국원예학
회. 44(3):381-387.

임재하, 윤재탁, 김임수, 최부술, 권영석. 양액재배용 재료로서 왕겨의 양이 토
마토의 생육 및 수량에 미치는 영향. 농촌진흥청 농업과학논문집
37(1):363-367.

한원탁, 김용덕, 강성근, 문정수, 송창훈, 장전익, 박용봉. 양액재배의 배지종류
가 딸기 품질 및 수량에 미치는 영향. 농촌진흥청 농업과학논문집
35(2):401-405.

오세철 : 1993, 딸기재배농가의 기술수용에 관한 연구, 석사학위논문, 충남대학교.

이기명 : 1999, 원예시설 환경제어 및 관리자동화, 일일사, pp.277-332.

宇田川雄二 : 2002, イチゴの養液栽培における管理の現状と問題点,日本養液栽培
研究會, ハイドロポニックス, 15卷 제2号, pp.38-42

- 宇田川雄二 : 2003, 高設イチゴの實用栽培技術, 農業經營者 2003. 6~11月号, (株)農業技術通信社, 東京
- 宇田川雄二 : 2004, 고설딸기재배 실용기술, 경상남도농업기술원, 농업기술교육 교재.
- 宇田川雄二 : 2005, 베드딸기초봄관리기술, 경상남도농업기술원, 농업기술 교육 교재
- 宇井 登 : 2002, 有機培地を用いたイチゴ養液栽培, 日本養液栽培研究會, ハイドロポニックス, 15卷 제2号, pp.45-47
- 岡 昌二 : 2001, イチゴ高設栽培各方式の特徴と課題, 日本施設園藝協會, 施設と園芸, No.112, pp.40-48
- 岡 昌二 : 2002, イチゴ高設栽培システムの普及と現状~装置の構成素材等の特徴~, 日本養液栽培研究會, ハイドロポニックス, 15卷 제2号, pp.34-37
- 板木利隆 외 : 1996, 養液栽培の實用技術, (社)日本農業電化協會, pp.93-102
- 日本施設園藝協會 :2002, 養液栽培の新マニュアル, 誠文堂新光社, 東京
 齋藤弥生子 ; 愛知県におけるイチゴ高設栽培の特徴と課題, 日本養液栽培研究會, 第51回養液栽培研究會 愛知大會 研究會資料, pp.1-6
- 犬伏 芳樹 ; イチゴ養液栽培, 原水, 養液管理の問題, 日本養液栽培研究會, 第51回養液栽培研究會 愛知大會 研究會資料, pp.7-12
- 三倉直己 ; より高収益をめざして一高品質・高生産のための工夫, 日本養液栽培研究會, 第51回養液栽培研究會 愛知大會 研究會資料, pp.13-20

- 馬場富二夫 ; 多収品種「章姫」「紅ほっぺ」の養水分管理, 日本養液栽培研究会, 第51回養液栽培研究会 愛知大会 研究会資料, pp.21-26
- 河田 智明 ; イチゴ高設栽における排液処理(窒素除去), 日本養液栽培研究会, 第51回養液栽培研究会 愛知大会 研究会資料, pp.46-50
- Cheong, J.W. 2001. Current status of strawberry growing and prospects for export. Year 2001. textbook for agricultural technology education. Growing strawberry. Gyongbuk Prov. RDA.
- Fukuyama, T., H. Nonami, K. Katayama and Y. Hashimoto. 1995. Improvement of hydroponic culture medium by adding calcium-zeolite. *Acta Hort.* 396:115-122.
- Guler, H. G., C. Olympios and D. Gerasopoulos. 1995. The effect of the fruit quality of hydroponically grown melons (*Cucumis melo* L.). *Acta Horticulturae.* 379:261-265.
- Harun, R.M.R., D.A. Hall, R.A.K. and G.M. Hitchon. 1991. Melon cultivation in organic and inorganic substrates. *Acta Horticulturae.* 294:105-108.
- Itaki, T., K. Sasaki and Y. Udagawa. 1995. Practical technics for hydroponics. Nougyoudenkyou, Tokyo.
- Iwasaki, Y., T. Sasaki, Y. Chiba and M. Saigusa. 1999. Comparison between soil and rockwool as substrates utilizing a drained nutrient solution for growing tomatoes in a closed fertigation system. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68(6):1161-1169.
- Kahn, B.A. and J.L. Schroeder. 1999. Root characteristics and seed yields of cowpeas grown with and without added nitrogen fertilizer. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 34:1238-1239.
- Kim, K.Y., T.C. Seo, and Y.C. Kim. 1999. Effect of the milliequivalent ratio of K to Ca in the nutrient solution on the growth, yield and blossom end rot of tomatoes grown by perlite culture in hot season. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:652-656.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. Inc., San Diego.

- Meagher, J. W. and P. T. Jenkins. 1970. Interaction of *Meloidogyne hapla* and *Verticillium dahliae* and the control of wilt in strawberry. *Australia Jour. Exp. Agric. and Animal Husbandry*.
- Mendlinger, S. and M. Fossen. 1993. Flowering, vegetative growth, yield and fruit quality in muskmelons under saline conditions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(6):868-872.
- Nakabayashi, K., K. Yamazaki and S. Shimane. 1992. Effects of foliar supply and controlling nutrient solution on the quality of musk melon. *Japan. J. Soil Sci. Plant Nutri.* 63(6):705-708.
- Nishizawa, T. and Y. Hori. 1989. Photosynthesis and translocation of recently assimilated carbon in vegetative and dormant stage of strawberry plants. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 57:633-641.
- Pardossi A.,F. Malorgio, F. Tognoni, T. Ito, F. Tognoni, T. Namaki, A. Nukaya and T. Maruo. 1994. Control of mineral nutrition in melon plants grown with NFT. *Acta Horticulturae.* 396:173-180.
- Seyama, N. and T. Takai. 1986. Study on the seasonal pattern of the growth and flower formation of strawberry plants as related to environment and endogenous physiological conditions. *Bull. Veg. and Ornam. Crops Res. Stn. Japan. Ser. B.* 6:31-77.
- Van Os, E. A. 1995. Engineering and environmental aspects of soilless growing systems. *Acta Hort.* 396:25-32.