

발간등록번호

11-1541000-001432-01

## 지상 다단식 천마 시설재배 방법 및 재배환경제어 기술 개발에 관한 연구

(A Study on the Development of the Cultivation Methods  
and the Facilities with the Controlling of the Cultivation  
Environment for the Indoor Multi-stage Facilities  
Cultivation of *Gastrodia elata* Blume.)

안동대학교 산학협력단

농 립 수 산 식 품 부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “지상 다단식 천마 시설재배 방법 및 재배 환경 제어 기술 개발에 관한 연구” 과제 (세1부과제 “ 지상 다단식 천마 실내재배 온·습도 환경 제어시스템과 다단식 구조 개발”, 제2세부과제 : “지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적 배지재료 및 환경의 최적조건 확립” 에 관한 연구”)의 보고서로 제출합니다.

2012 년 7 월 24 일

주관연구기관명 : 안동대학교 산학협력단

주관연구책임자 : 엄용균

세부연구책임자 : 정형진

세부연구책임자 : 김건우

연 구 원 : 구진숙

연 구 원 : 홍세철

연 구 원 : 권용균

연 구 원 : 신상평

연 구 원 : 김상현

연 구 원 : 어현지

연 구 원 : 권근우

참 여 기 업 : 박우걸

참 여 기 업 : 이종섭

참 여 기 업 : 김대수

# 요 약 문

## I. 제 목 :

지상 다단식 천마 시설재배 방법 및 재배 환경제어기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 목적

이 연구의 목적은 현재 노지재배만 하고 있는 천마를 실내 지상 다단식으로 재배할 수 있는 최적의 배지조합과 환경조건을 개발하고, 다단식 재배구조 개발과 다단식 구조에서 모든 층의 온도와 습도의 편차가 적게 발생할 수 있도록 제어할 수 있는 장치와 시설을 개발하는데 있다.

### 2. 필요성

천마는 고소득 특작물이지만 온도와 습도에 민감하여 계절의 날씨에 따라 수확량의 변화가 심하다. 천마는 노지재배에서 수확기간은 2~3년으로 재배를 위한 초기 투입비용도 많이 소요되고, 재배기간 동안 단 한번이라도 날씨 변동이 심할 경우 2년 농사를 실패함으로써 농가의 타격이 크다. 한약재로 판매처가 한정되었던 천마는 최근 천마의 기능성 물질과 약리효과 물질이 구명됨으로써, 한약재 이외 기능성 식품, 음료수 등으로 개발되어 그 수요가 증가하고 있다. 이러한 수요의 대처와 기능성 식품, 음료수 등의 천마 식품제조업 안정적 발전을 위해서는 온도와 습도 조절이 가능한 천마 시설재배 기술개발과 시설개발이 필요하며, 이를 위하여 최적의 배지재료 조합 개발과 재배 환경의 최적조건 확립과 함께 지상 다단식 천마 실내재배 온·습도 환경 제어시스템과 다단식 구조 개발이 필요하다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

### 1. 연구 목표 :

- 2 년작 천마를 1 년작 대량 생산이 가능한 지상 다단식 실내 재배방법과 재배 환경제어기술 개발.
- (1) 지상 다단식 천마 시설재배 구조 개발과 환경 제어기술 개발.
- (2) 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 배지재료 및 환경의 최적 조건 확립.

### 2 연구내용 :

- (1) 지상 다단식 천마 실내재배 온·습도 환경 제어시스템과 다단식 구조 개발.
  - 배지재료와 토양 일체의 온·습도 전달 및 메커니즘 구명.
  - 배지재료 및 토양 온·습도 제어 시스템 개발.
  - 지상 다단식 실내 재배시스템 구조와 온·습도 제어시스템 개발.
- (2) 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적 배지재료 및 환경의 최적조건 확립.
  - 배지재료 이화학적 분석과 최적의 배지 재료 선별 실험.

- 지상다단식 시설 배지재료 종균 및 종마 재배 실험.
- 지상다단식 시설 재배를 위한 배지재료 및 환경의 최적조건 확립.
- 노지재배 천마와 시설재배 천마간의 식품 및 생약 품질평가.

#### IV. 연구개발결과.

- 천마 실내 다단시설 재배 환경 조건 구명.
- 천마 실내 다단시설 재배 최적의 배지조합과 구성 구조 개발.
- 천마 실내 다단시설 재배를 위한 설비 및 판넬하우스 구조 개발.
- 연구목표: 생육기간 1년, 7.5kg /{m<sup>2</sup>(노지) · 3단} 수확.  
연구결과: 14.4 kg /{m<sup>2</sup>(노지) · 3 단} 수확 달성.
- 실내 시설재배 와 노지재배 천마의 비교 성분 분석.  
결과 : 실내 시설재배 와 노지재배 성분 함량이 거의 동일하나 대부분 성분 시설재배 결과가 함량이 많음.

#### V. 연구성과 및 성과활용 계획

##### (1) 기술적 측면

- 천마 다단식 실내 생산을 위한 최적의 배지조합 개발.
- 연중수시 생산이 가능한 지상 다단식 실내재배 시설 개발.
- 일정한 온도와 습도 제어가 가능한 시설개발로 다량의 고품질 천마 생산가능.
- 지상 다단식 온·습도 환경 제어기술 타 작물에도 적용 가능.

##### (2) 경제·산업적 측면

- 고소득 특작물 재배방법 개발로 농가소득 향상에 기여.
- 고소득 작물재배 방법개발로 FTA 체제 농가경쟁력 확보기여.
- 중국산 수입대체 효과.
- 기존 농가의 비수기에도 소득활동에 기여.
- 천마의 안정적 공급체제 확립으로 2차 ,3차 천마가공 산업의 활성화 기여.
- 실내 다단 시설재배사 개발로 관련 기업체 발전에 기여.

##### (3) 상품화 및 사업화 방법

- 연구결과물 중 “지상 다단식 천마 시설재배 시설” 개발 결과물은 “참여기업”에 기술이전 하기로 협약되어 있어 상품화가 가능함.
- 다단 시설재배에 대한 최초의 연구이고 연구기간이 3년 이었으므로 개발된 천마 시설재배의 방법을 상용화하기 위해서는 개발 배지조합에 대한 재현성을 확인하는 추가 연구가 필요하며, 1년 작 연구만 하였으므로 생천마 상품의 질을 향상시키기 위한 2 년 작 연구 필요함.
- 천마는 농민이 재배하므로 농민들을 대상으로 시설재배에 대한 교육과 홍보를 강화하여 시설 재배가 조기에 정착되도록 함.

- 근래 천마를 원재료한 음·식료품 시장이 확대되고 있기 때문에, 개발 천마시설재배 시스템이 농민에게 보급될 경우, 가공생산업체(드링크, 파우다, 파우치 생산) 등이 투자 확대 계획을 하고 있으므로 산업화는 문제가 없음.
- 생천마의 시설재배가 성공하면 품질관리가 가능하여 다음과 같은 2차 상품개발이 가능하여 유효성분 추출을 통한 일반 및 기능성 식품개발과 천마를 이용한 각종 성인병 치료제 개발의 연구가 필요하며 이를 추진하고자 함.

# SUMMARY

## I. Title :

A study on the development of the cultivation methods and the facilities with the controlling of the cultivation environment for the indoor multi-stage facilities cultivation of *Gastrodia elata* Blume.

## II. Objectives and necessity of the study

### 1. Objectives

The objectives of the study is to establish the optimal combinations of the mediums and condition of cultivation environment for indoor multi-stage facilities cultivation of *Gastrodia elata* Blume that currently cultured outdoors, to develop the multi-stage culture structure, to develop the equipment and facility controlling the temperature and humidity for the indoor multi-stage cultivation.

### 2. Necessity

The yield of *Gastrodia elata* Blume is so variable because it is sensitive to the temperature and humidity, although it is a large income crop. Because the harvest period of it is 2~3 in outdoor cultivation, Also, the cultivation of it needs the high initial input costs, the farms is damaged by failing the farming if severe weather comes once for all during this period. Recently, the demand of it is being increased for developing functional food and beverages by identifying the functional compounds and the phrenological effects from *Gastrodia elata* Blume. For the demand and the stable development of food manufacturers of *Gastrodia elata* Blume, the indoor multi-stage facilities cultivation of *Gastrodia elata* Blume that controled the temperature and humidity is needed. Also, developing the optimal combination of mediums and establishing the optimal conditions of the cultivation environment is needed for the indoor multi-stage facilities cultivation of *Gastrodia elata* Blume.

## III. Contents and scope of the study

### 1. Objectives :

Development of the system and the method of the indoor multi-stage facilities cultivation with the control of the cultivation environment for the mass production of *Gastrodia elata* Blume during one year period.

- (1) Development of the facilities cultivation structure and the environment control technology for the indoor multi-stage facilities cultivation of *Gastrodia elata* Blume.
- (2) Establishment of the optimal conditions of the cultivation environment and the optimal combination of mediums for the indoor multi-stage facilities cultivation of *Gastrodia elata* Blume.

## 2. Contents :

- (1) Developing the structure of the multi-stage facilities cultivation and the control system of the temperature and humidity environment.
  - The study of the mechanism for delivering the temperature and humidity from the medium and soil.
  - Development of the system to control the temperature and humidity of the medium and soil.
  - Development of the structure of the indoor multi-stage facilities cultivation and the control system to control the temperature and humidity.
- (2) Establishment of the optimal medium and environment condition for the indoor multi-stage facilities cultivation of *Gastrodia elata* Blume.
  - Analysis of physicochemical composition from the medium and screening the optimal medium.
  - Cultivation experiment of the *Gastrodia elata* Blume in the indoor multi-stage cultivation facilities.
  - Establishment of the mediums and optimal environment conditions for the indoor multi-stage facilities cultivation of *Gastrodia elata* Blume.
  - Evaluation of the quality as the food and herbal medicine from *Gastrodia elata* Blume cultured outdoors or cultured the indoor multi-stage facilities cultivation.

## IV. Results

- Development of the optimal combination of the medium for the indoor multi-stage facilities cultivation of *Gastrodia elata* Blume.
- Development of the panel greenhouse cultivation system with the multi-stage facilities cultivation.
- Research object : 7.5kg harvest /{m<sup>2</sup> · 3 stages} 1 year cultivation in the indoor multi-stage facilities cultivation.  
Research result : 14.4 kg harvest /{m<sup>2</sup> · 3 stages} 1 year cultivation with developed the indoor multi-stage cultivation facilities.
- Evaluation of the quality as herbal medicine and the functional compounds from *Gastrodia elata* Blume cultured outdoors or cultured in the indoor multi-stage facilities cultivation. As results; the quality is nearly no difference between two cultivation systems.

## V. Utilization plan of the result

- (1) Technical aspects
  - Development of the optimal combination of mediums for the indoor multi-stage cultivation facilities of *Gastrodia elata* Blume.

- Development of the indoor multi-stage cultivation facilities possible to continuously producing *Gastrodia elata* Blume all the year round.
- The mass production of the high-qualified *Gastrodia elata* Blume is possible from the indoor multi-stage cultivation facilities developed by this research.
- The indoor multi-stage cultivation facilities developed by this research application to other crops.

(2) Economic and industrial aspects

- Contribution to the farm incomes by developing how to cultivate the special crops.
- Contribution to secure the farm competition against FTA by developing how to cultivate the special crops.
- Alternative effect on chinese imports.
- Contribution to the farm incomes in the farm off-season.
- Contribution to the processing industry of *Gastrodia elata* Blume by establishing the stable supply system of it.

(3) Merchandising and Commercialization

- Possibility to merchandising of the indoor multi-stage cultivation facilities because of convention with the participant to transfer the technology of its.
- Necessity of the additional study for evaluating the significance about the medium combinations for commercializing this development of the indoor multi-stage cultivation facilities cultivation.
- Necessity to the education and promotion for this development of the indoor multi-stage cultivation facilities cultivation for Commercialization.
- Necessity to the publicity of *Gastrodia elata* Blume.
- the need of the functional food used the *Gastrodia elata* Blume and the processed food company of *Gastrodia elata* Blume is increased, It is no problem to commercialize the indoor multi-stage cultivation facilities.
- Necessity to the study for developing the medicine of the adult diseases using *Gastrodia elata* Blume.





A) Research of heat conduction mechanism on the assembly of medium and soil material in a room occurred convection .....	98
B) Design and manufacture of the temperature and humidity control system of environment condition on the Assembly of medium and soil material .....	107
C) Design and manufacture cultivation system for the indoor multi-stage cultivation facilities .....	121
D) Design of the optimal method and quantity of irrigation for the medium and soil material .....	137
E) Analysis of heating and cooling energy consumption as results of cultivation experiment in a prototype Panel house and a prototype Vinyl house .....	139
F) Results. ....	142
2. The second details Project:	
Establishment of the optimal medium and environment condition on the indoor multi-stage facilities cultivation for <i>Gastrodia elata</i> Blume .....	144
A) Methods .....	144
1) Cultivation of <i>Gastrodia elata</i> Blume .....	144
2) Symbiotic relationship of <i>Armillaria mellea</i> and <i>Gastrodia elata</i> Blume .....	144
3) Evaluation of the quality as herbal medicine from <i>Gastrodia elata</i> Blume cultured outdoors or cultured in the indoor multi-stage cultivation facilities .....	145
B) Results .....	147
Experiment 1. Screening the optimal medium for the cultivation under structure .....	147
Experiment 2. Elucidation of the optimal environment condition according to the cultivation methods .....	153
Experiment 3. Evaluation of the quality as herbal medicine from <i>Gastrodia elata</i> Blume cultured outdoors or cultured in the indoor multi-stage cultivation facilities .....	163
Section 3. The third year research :	
Accomplished research contents and its results .....	170
1. The first details Project:	
- Development of the methods of the indoor multi-stage facilities cultivation, and of the control system of environment condition for <i>Gastrodia elata</i> Blume .....	172
- Experiment of the indoor facilities cultivation of <i>Gastrodia elata</i> Blume with optimal cultivation condition .....	172
A. Design and manufacture the structure of cultivation system for the indoor multi-stage facilities cultivation .....	172

1) Analysis of the performance of the developed a Panel+house and a Vinyl+ house experiment results in the first year research and the second year research .....	172
2) Improvement method of the developed facilities for the lower energy consumption type of the indoor multi-stage facilities cultivation .....	173
3) Manufacture of the optimal irrigation System .....	177
B. Experiment of the pilot cultivation facility, the cultivation of <i>Gastrodia elata</i> Blume in optimal cultivation condition applied the experiment result from the first year and the second year research. ....	180
C. Experiment of the pilot cultivation facility with the multi-stage for the reduction of the harvest period of <i>Gastrodia elata</i> Blume .....	180
D. Results .....	204
2. Establishment of the optimal medium and environment condition for the indoor multi-stage facilities cultivation of <i>Gastrodia elata</i> Blume .....	205
A. Methods .....	205
1) Design of the facilities cultivation method of <i>Gastrodia elata</i> Blume .....	205
2) Transplantation method of <i>Gastrodia elata</i> Blume .....	208
3) Experiment of the facilities cultivation of <i>Gastrodia elata</i> Blume .....	210
B. Results .....	210
1) Screening of the optimal medium in each conditions of the facilities cultivation of <i>Gastrodia elata</i> Blume .....	210
2) Growth Results from each cultivation facilities .....	219
3) Comparison of the growth of <i>Gastrodia elata</i> Blume cultivated in the medium selected from the second year and the third year of the research .....	219
4) Symbiotic relationship of <i>Armillaria mellea</i> and <i>Gastrodia elata</i> Blume .....	262
C. Results of the third year of the research .....	266
3. The second details Project:	
Evaluation of the quality as herbal medicine and the functional compounds from <i>Gastrodia elata</i> Blume cultured in outdoors or in the indoor multi-stage cultivation facilities .....	267
A. Material and Methods .....	267
1) Evaluation of the quality as herbal medicine from <i>Gastrodia elata</i> Blume cultured in outdoors or the indoor multi-stage cultivation facilities .....	267
2) Analysis of the food compounds from <i>Gastrodia elata</i> Blume cultured in outdoors or in the indoor multi-stage cultivation facilities .....	267
3) Functional compounds and anti-oxidant activity of <i>Gastrodia elata</i> Blume cultured in outdoors or in the indoor multi-stage cultivation facilities .....	268

B. Results .....	270
1) Evaluation of the quality as herbal medicine from <i>Gastrodia elata</i> Blume cultured in outdoors or in the indoor multi-stage cultivation facilities .....	270
2) Analysis of the food compounds from <i>Gastrodia elata</i> Blume cultured in outdoors or in the indoor multi-stage cultivation facilities .....	273
3) Functional compounds and anti-oxidant activity of <i>Gastrodia elata</i> Blume cultured in outdoors or in the indoor multi-stage cultivation facilities .....	275
Chapter 4. Conclusions .....	288
Chapter 5. Achievement and contribution to related field .....	313
Chapter 6. Application plan of developed research results .....	328
Chapter 7. Collections of the science and technology information from abroad .....	331
Chapter 8. Reference .....	332

# 목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요 .....	15
제 2 장	국내외 기술개발 현황 .....	17
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과 .....	18
제 1 절	1차년도 연구개발 수행내용 및 결과 .....	18
1.	3 년 연구과제 목표와 연구개발 내용 .....	18
2.	1차년도 연구개발 수행내용 및 결과 .....	19
	<1차년도 연구개발 수행내용 및 결과 목차> .....	19
가.	제 1세부: 배지재료의 온·습도 전달 및 유지 Mechanism 구명 .....	20
1)	천마 지상 다단식 재배시설과 온도 제어시설 설계 및 제작 .....	20
2)	배지재료 온·습도 전달 Mechanism 구명 .....	52
나.	제 2 세부: 시설재배에 적합한 천마 배지재료 및 환경의 최적조건 확립 연구 .....	78
1)	연구방법 .....	78
2)	연구결과 .....	81
	실험 1. 지상다단식 시설 배지 재료 종균 및 종마실험 .....	81
	실험 2. 지상다단식 시설재배를 위한 최적배지재료 선별 .....	88
	실험 3. 노지재배 와 시설재배 천마간의 식품 및 생약 품질 평가 .....	93
제 2 절	2차년도 연구개발 수행내용 및 결과 .....	96
	<2차년도 연구개발 수행내용 및 결과 목차> .....	96
1.	제 1 세부과제: 배지재료 및 토양 일체의 온·습도 환경제어 시스템 개발 .....	98
가.	대류공간내에서 배지재료 및 토양Assembly(배지Assembly)의 열전달Mechanism 구명 (배지재료 및 토양Assembly의 열전도 메커니즘 구명) .....	98
나.	배지재료 및 토양 일체의 온·습도 환경제어 시스템 설계 및 제작 .....	107
다.	지상 다단식 실내재배를 위한 재배시스템 구조 고안, 설계 및 제작 .....	121
라.	배지의 최적 관수방법 및 관수량 설계 .....	137
마.	관닐하우스와 개발 비닐하우스 냉·난방 투입에너지 및 재배실험 결과 비교 .....	139
바.	연구결과 및 3차년 연구방향 .....	142
2.	제 2 세부과제 : 다단식 시설재배에 적합한 천마배지재료 및 환경의 최적 조건 확립 연구 .....	144

1) 연구방법	144
가) 천마 재배	144
나) 뽕나무 버섯 균사속과 천마의 공생관계에 대한 조직학적 관찰	144
다) 시설 및 노지 재배 천마의 생약학적 품질평가	145
2) 연구결과	147
실험 1. 시설재배 방법별 최적 천마배지재료 선별	147
실험 2. 재배 방법별 최적 생육환경 조건 구명	153
실험 3. 시설 및 노지재배 천마의 생약학적 품질평가	163
제 3 절 3 차년도 연구개발 수행 내용 및 결과	170
< 3 차년도 연구개발 수행 내용 및 결과 목차 >	170
1. 제 1 세부과제:	
- 지상 다단계식 천마 시설재배 방법과 환경제어 시스템 개발	172
- 최적의 재배조건에서 종마의 시설 재배 실험	172
가. 지상 다단계식 실내재배를 위한 재배시스템 구조 고안, 설계 및 제작	172
1) 1, 2 차년도 개발 판넬하우스와 비닐하우스 기능과 성능실험 결과 분석	172
2) 에너지 투입 최소화 방안 도출을 위한 시설개선 방향과 방법	173
3) 최적 관수 시스템 제작	177
나. 1, 2차 실험결과 적용, pilot 실험 및 천마의 최적의 조건에 의한 시설재배실험	180
다. 지상 다단계식 Pilot의 1, 2차 실험결과를 통한 천마수확 시기단축을 위한 적용실험	180
1) 천마 생육환경 확립 “지상 다단계식 시설재배 Pilot 시설”	180
2) 실험 용 “지상 다단계식 시설재배 Pilot 시설” 운용과 성능 실험	182
3) “지상 다단계식 시설재배 Pilot 시설” 성능실험 결과	185
라. 실험결과	204
2. 시설재배에 적합한 천마 배지재료 및 환경의 최적 조건 확립 연구	205
가. 연구방법	205
1) 천마 시설재배 설계	205
2) 천마이식 방법	208
3) 천마 시설재배 실험	210
나. 연구결과	210
1) 시설재배 조건별 최적 천마배지재료 선별	210
2) 재배 시설별의 생육 결과	219

3) 2차년도 선정된 배지와 3차년도 배지의 생육 비교환경 구명 .....	219
4) 뽕나무 버섯 균사숙과 천마의 공생관계 .....	262
다. 3년 연구결과 결론 .....	266
3. 제 2 세부과제: 시설재배와 노지재배 천마의 생약학적 품질평가 및 기능성 성분 비교연구 ....	267
가. 재료 및 방법 .....	267
1) 시설 및 노지 재배 천마의 생약학적 품질평가 .....	267
2) 시설 및 노지 재배 천마의 식품학적 성분 분석 .....	267
3) 시설 및 노지 재배 천마의 기능성 성분 및 항산화활성 .....	268
나. 연구결과 .....	270
1) 시설 및 노지 재배 천마의 생약학적 품질평가 .....	270
2) 시설 및 노지 재배 천마의 식품학적 성분 분석 .....	273
3) 시설 및 노지 재배 천마의 기능성 성분 및 항산화활성 .....	275
제 4 장 3년 연구 최종결과 .....	288
제 5 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	313
제 6 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....	328
제 7 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	331
제 8 장 참고문헌 .....	332

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 목적

천마는 고소득 특작물이지만 온도와 습도에 민감하여 날씨가 수확결과를 좌우 한다. 현재 천마는 이상기온으로 인한 날씨 변화로 고소득 작물임에도 농가의 안정적 소득 작물로 활성화되지 못하고 있다. 천마를 농가의 안정적 고소득 작물로써 활성화시키고, 천마를 활용한 기능성 식음료 산업을 활성화시키기 위해서는 천마생산의 안정적 재배체계 구축이 필요하다. 안정적 재배체계를 구축하기 위해서는 현재 자연에 의존하는 노지재배 생산방식을 온도와 습도 제어가 가능한 실내 시설재배 체제로 구축하여야 한다. 본 연구는 천마 실내시설 재배를 위한 최적의 배지조합 및 구성의 개발과 환경조건을 확립하고, 실내 지상 다단식으로 재배할 수 있는 시설구조 개발, 다단식 구조에서 모든 층이 천마가 원활하게 성장할 수 있는 급수시설과 배수시설의 고안, 모든 층의 온도편차가 적게 발생할 수 있도록 제어할 수 있는 장치와 시설 개발 및 실내 과습도 해결을 위한 장치를 개발하고 또한 개발결과를 실용화를 위하여 개발단계에서 부터 최소비용의 천마 실내재배시설과 기기들이 되도록 연구하는 하는 것이 목적이다.

## 제 2 절 필요성

천마는 고소득 특작물이지만 온도와 습도에 민감하여 계절의 날씨에 따라 천마의 품질과 수확량의 변화가 심하다. 천마는 노지재배에서 수확기간은 2~3년으로, 다른 작물에 비해 초기 투입비용도 많이 소요되는 특작물이어서, 이 기간 동안 날씨 변동이 심할 경우 2년 농사를 실패함으로써 농가의 타격이 크다. 최근 기온이 이상기온 발생으로 이러한 피해가 빈번히 발생하고 있다.

이와 같이 재배환경은 악화되고 있지만, 한약재로 판매처가 한정되었던 천마는 최근 건강 기능성 물질들과 약리효과 물질들이 구명됨으로써, 한약재 이외 기능성 식품, 음료수 등으로 개발되어 그 수요가 증가 하고 있다.

따라서 천마의 안정적 생산 체계가 확립되면, 농가의 소득증대 뿐만 아니라, 건강음료 및 기능성 식품을 개발하여, 새로운 소득원을 창출할 수 있다. 현재 천마를 이용한 식·음료 가공업체들의 소득 증대에도 기여할 수 있다.

이러한 수요증가의 대처와 기능성 식품, 음료수 등의 천마 식품제조업 안정적 발전을 위해서는 날씨 변동이 심한 노지재배 생산으로써는 이들 수요를 대처할 수 없으며, 특히 2차 3 차 산업의 창출과 발전에 저해요인이 된다.

국내 천마의 생산 판매 시장의 현황은 2005년 이전에는 생천마와 한약 재료로 판매되었으나 최근, 건천마나 파우더, 파우치 및 드링크 제품이 나오고 있으나, 생천마의 수급이 안정되지 못하고 가격변동 폭도 심하다. 이로 인하여 생마생산농가의 수익원이 불안정할 뿐만 아니라 가공제품의 안정된 생산체제를 구축하기가 어렵다.

그러나 시설재배가 성공하면, 우량 천마의 대량생산과 안정된 생산이 가능하여 농가의 안정된 소득원이 될 수 있으며, 안정되고 저렴한 생천마를 기반으로 2차 가공 식품 및 한약재 생산이 가능하여 지속가능한 상품화가 가능하고, 나아가 기능성 음료를 개발하여, 국내 및 국외



에 판매할 수 있다. 현재의 생산 환경에서도 농민의 적극적 판매 전략으로 현재보다 8배 소득을 창출하고 있다는 최근의 보도사례는 향후 천마 시장의 미래를 대변해주고 있다.

또한, 본 연구 결과로 품질관리가 가능한 천마를 생산할 수 있어 기능성 제품개발이 용이해 질 수 있다.

따라서 재배과정에서 온도와 습도 조절이 가능한 천마 시설재배 구축을 위하여 천마 시설재배 기술 개발과 최적의 다단 재배시설개발이 필요하다.

### 제 3 절 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 연구목표 :

2년 작 천마를 1년 작 대량 생산이 가능한 지상 다단식 실내 재배방법과 재배 환경제어 기술 개발.

- (1) 지상 다단식 천마 시설재배 환경제어 기술 과 다단식 시설구조 개발
- (2) 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적배지재료 및 환경조건 연구

#### 2. 연구내용 :

- (1) 지상 다단식 천마 실내재배 온·습도 환경 제어시스템과 다단식 구조 개발
  - 배지재료 이화학적 분석과 배지재료와 토양 일체의 온·습도 전달 및 메커니즘 구명
  - 배지재료 및 토양 온·습도 제어 시스템 개발
  - 지상 다단식 실내 제어시스템과 재배시스템 구조 개발.
- (2) 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적 배지재료 및 환경조건 연구
  - 배지재료 이화학적 분석과 최적의 배지 재료 선별 실험
  - 지상다단식 시설 배지재료 종균 및 종마 재배 실험
  - 지상다단식 시설 재배를 위한 배지재료 및 환경의 최적조건 연구
  - 노지재배 천마와 시설재배 천마간의 식품 및 생약 품질평가

## 제 2 장 국내·외 기술개발 현황

천마재배에 대한 연구는 오래전부터 수행되어 다수 논문과 연구보고서가 발표되었다(참고문헌 4~14).

기존 국내·외 문헌은 노지재배의 방법이나, 배지재료 선별방법과 그 결과에 대한 분석에 한정되어 있으며, 일부 시설재배에 관한 연구는 있었으나, 노지에 비닐하우스를 설치하거나 판넬에 의한 재배한 연구였다. 2년 작 재배기간 연구 결과 노지보다는 좋은 수확결과를 제시한 바 있다. 그러나 지상 다단식 시설재배를 위한 연구는 없었다. 또한 현재 농민들이 재배하고 있는 노지재배에서도 재배배지 조성도 농민과 지역에 따라 각각 달리고 있어 최적 배지재료 조합 대하여 명확하게 확립이 되어 있지 않으며, 더군다나 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적 배지재료와 시설재배 환경의 최적조건 확립에 대한 연구는 수행된 바 없었다.

외국의 경우는 중국에서 천마 산업을 육성하고 있으나 노지재배에 한정되어 있고, 재배방법은 우리와 비슷하지만 지역에 따라 차이가 있는 걸로 알려져 있으나 이에 대한 정보가 한정되어 있어 시설재배에 구체적인 사례를 찾지 못하였다.

따라서 지상다단식 시설을 개발하기 위해서는 우선적으로 최적의 배지재료 조합 구명과 시설내환경의 최적조건 확립이 필요하다.

또한 시설재배에 천마생산의 산업화를 위해서는 시설재배 천마의 품질 검정이 필요하고 이를 위해서는 노지재배 천마와 시설재배 천마간의 식품 및 생약 품질평가 필요하다.

### 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과.

#### 제 1 절 1차년도 연구개발 수행내용 및 결과.

##### 1. 3년 연구과제 목표와 연구개발 내용

■ 연구목표 :

2년 작 천마를 1년 작 대량 생산이 가능한 지상 다단식 실내 재배방법과 재배환경 제어기술 개발

(1) 지상 다단식 천마 시설재배의 환경제어기술과 다단식 시설구조 개발.  
 (2) 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적배지 재료 및 환경조건 연구.

\* 정량적 목표

항 목	재배형태	현 재	개 발 목 표
		천마 (노지 1a)	시설재배 천마 (노지 1a, 3단)
생산량 (kg)		86.7	750 kg
생산기간		2년	1년

■ 연구개발내용 :

제 1 세부 과제:

- 지상 다단식 천마 실내재배 온·습도 환경 제어시스템과 다단식 시설 구조 개발
  - 배지재료 이화학적 분석과 배지재료와 토양 일체의 온·습도 전달 및 메커니즘 구명
  - 배지재료 및 토양 온·습도 제어 시스템 개발
  - 지상 다단식 실내 제어시스템과 재배시스템 구조 개발

제 2 세부 과제:

- 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적 배지재료 및 환경조건 연구
  - 배지재료 이화학적 분석과 최적의 배지 재료 선별 실험
  - 지상다단식 시설 배지재료 종균 및 종마 재배 실험
  - 지상다단식 시설 재배를 위한 배지재료 및 환경의 최적조건 확립
  - 노지재배 천마와 시설재배 천마간의 식품 및 생약 품질평가

# 제 1 절 1차년도 연구개발 수행내용 및 결과

## <1차년도 연구개발 수행내용 및 결과 목차>

- 가. 제 1세부: 배지재료의 온·습도 전달 및 유지 Mechanism 구명 .....20
  - 1) 천마 지상 다단식 재배시설과 온도 제어시설 설계 및 제작.....20
    - 가) 천마 재배실험 내부시설 및 실험동 설계 와 건축 .....20
    - 나) 재배 사 온·습도 제어시설 설계 및 개발.....27
  - 2) 배지재료 온.습도 전달 Mechanism 구명 .....52
    - 가) 배지재료별 열(온)·수분(습도) 전달 및 유지 메케니즘 구명.....52
    - 나) 배지재료와 토양 일체 열(온)·수분(습도) 전달 및 유지 메케니즘 구명 .....75
    - 다) 대류공간내에서 배지재료 및 토양 Assembly의 열전달 메케니즘 구명.....76
- 나. 제 2 세부: 천마 시설재배에 적합한 최적 배지재료 및 환경조건의 연구 .....78
  - 1) 연구방법 .....78
  - 2) 연구결과 .....81
    - 실험 1. 지상다단식 시설 배지 재료 종균 및 종마실험 .....81
      - 가) 최적 성장환경조건 구명 .....81
      - 나) 재배조건별 생육 정도 비교 .....86
    - 실험 2. 지상다단식 시설재배를 위한 최적배지재료 선별 .....88
      - 가) 시설재배를 위한 최적배지재료 선별 .....88
    - 실험 3. 노지재배 와 시설재배 천마간의 식품 및 생약 품질 평가 .....93
      - 가) 생약품질평가 .....93
      - 나) 지방산 분석 .....93
      - 다) 기능성 생리활성물질 분석 .....94

## 가. 제 1세부: 배지재료의 온·습도 전달 및 유지 Mechanism 구명

### 1) 천마 지상 다단식 재배시설과 온도 제어시설 설계 및 제작

1차 년도의 사업계획은 기초실험으로 실험실에서 연구를 수행하는 것으로 계획하였으며 독립적인 실험용 천마 재배사 건축계획은 없었다. 그러나 연구진들과 다시 논의한 결과, 보다 실질적인 연구 수행과 연구기간을 단축하기 위해서는 1 차년도 부터 천마재배사를 건축하여 기초실험과 재배실험을 동시에 추진하기로 했다.

재배 사는 “일반 보온비닐하우스”와 “압축 보온 판넬하우스”를 건립할 수 있는데 ‘압축보온 판넬하우스’의 경우 “일반 보온비닐하우스” 보다 가격 면에서 건축비가 2 배로 비싸지만 온습도 제어가 용이하고, 실험용 실험장치 들의 설치와 변형이 용이하며, 정확한 실험을 할 수 있으며, 내구성이 강한 장점이 있다.

본 과제가 3년 동안 진행됨으로 초기 건축비만 확보되면 “압축 보온 판넬하우스”를 건립이 하는 것이 필요 하였다. 이러한 상황에서 안동대학교에서 본 과제에 대하여 지역산업의 새로운 소득 창출을 위한 중요한 과제라고 판단하여 건축 부지와 시설건축의 부족한 예산을 지원함으로써 “압축 보온 판넬하우스”를 건축하게 되었다.

#### 가) 천마 재배실험 내부시설 및 실험동 설계 와 건축

##### (1) 설계 및 건축 절차 ;

재배사 시설을 3단 다단 재배시설로 확정하고 여기에 필요한 건축요소를 설계하였다. 재배사의 크기는 재배 사 내의 3단 재배시설의 공간과 , 물 공급 시설이 차지하는 공간 온.습도 제어시설이 차지하는 공간이 먼저 산출이 되어야 그 규격을 확정할 수 있다 이와 같은 설계절차를 절차를 정리하면 다음과 같다.

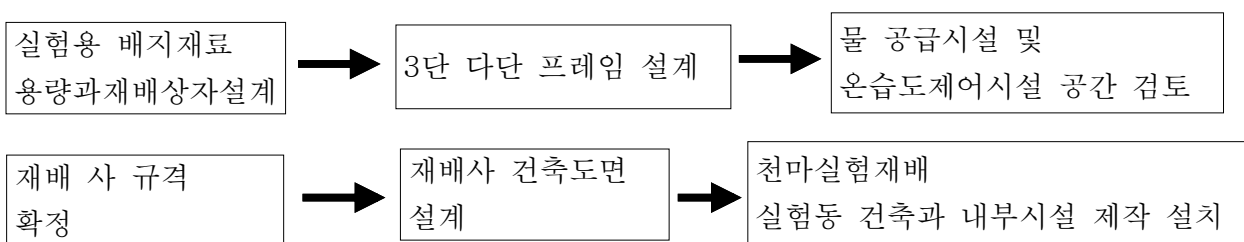


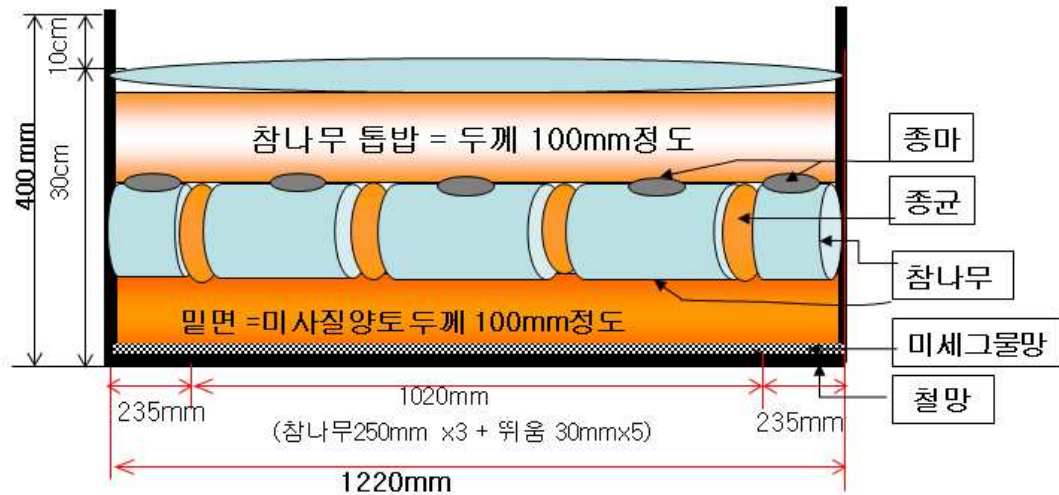
Fig. 1-1. 재배 사 설계 및 건축 절차

##### (2) 실험용 배지재료 용량 과 재배상자 설계

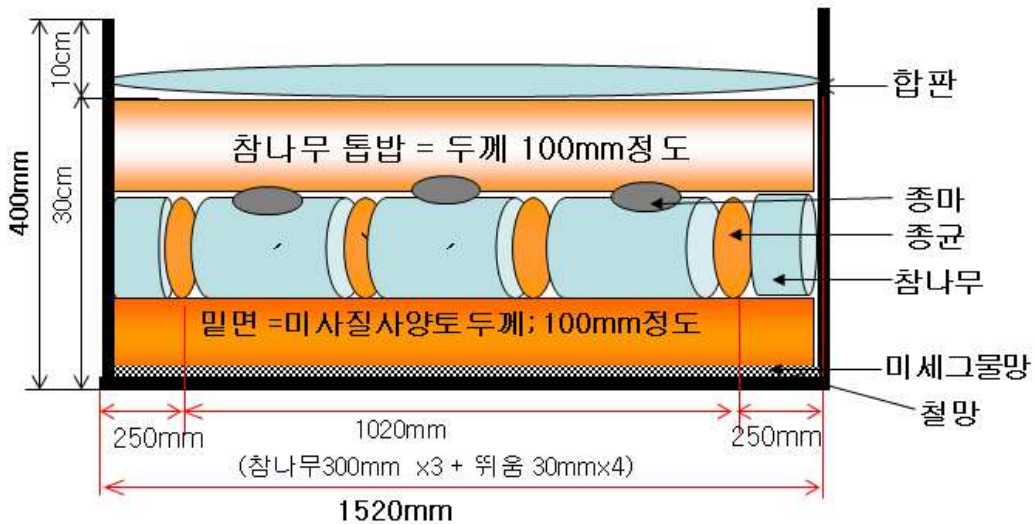
실험용 배지재료 용량은 균사접목용 참나무의 크기와 배지재료량에 의해 결정된다. 참나무는 예비실험에서 성과를 확인 한 크기로 확정하고 참나무의 길이와 직경은 250 x 100~150(mm), 300 x 100~150(mm). 2 종류로 하고, 양 사이드의 크기를 150(mm) 로 하고, 밑바닥은 100mm 사양토로 하고 윗면은 100mm의 톱밥 등으로 구성 한다.

위의 내용으로 구성할 경우 각 상자의 크기는 Fig. 1-2 와 같다.

상자제작은 합판으로 하기로 하고 Fig. 1-2와 같이 옆면은 합판으로 밑면은 배수와 통기를 위해 “철망”과 “나일론 그물망”으로 제작하였다.



(a)



(b)

Fig. 1-2(a)(b) 실험용 배지재료 용량 과 재배상자 ; (a) 25cm, (b) 30cm

### (3) 재배상자 기반, 3단 다단 프레임 설계 및 내부 공간 설계

실험용 배지재료 용량 과 재배상자설계를 기반으로 하여 지상 3단 다단 프레임을 설계하였

다. 재배상자의 설치와 제작의 용이성을 생각하여 다단 프레임을 금속앵글로 제작하기로 하였다. 실험에서 비교 실험 모델이 될 수 있도록 프레임 한 층에 Fig. 1-2 의 (a) Type 상자 와 (b) Type 상자를 짝으로 하여 2740mm로 하고 2 쌍을 설치하는 것으로 설정하였다. 냉난방 시스템, 급수 시설 및 계측장비 설치공간을 위하여 다단 프레임 양 끝에 1010mm 룡 확보하였다. 각 층의 재배상자 바로 위 공간은 물받이와 차후 물 공급시스템, 난방시스템 등을 설치할 수 있는 공간과 재배관리 공간을 확보해야 함으로 이 공간을 450mm 로 설정하였다. 재배상자의 폭을 1000mm로 하였고, 내부고간의 폭은 지상 3단 다단 프레임을 2열로 설치하는 것으로 하고 4000mm 로 하였다.

이와 같은 제원은 재배상자와 프레임을 제작할 때 제작비용을 최소화하기 위하여 현재 판매되고 있는 원자재의 가공을 최소화 할 수 있도록 설정하였다.

아래 Fig 1-3 은 재배상자와 3단 다단 프레임을 설계한 결과이다.

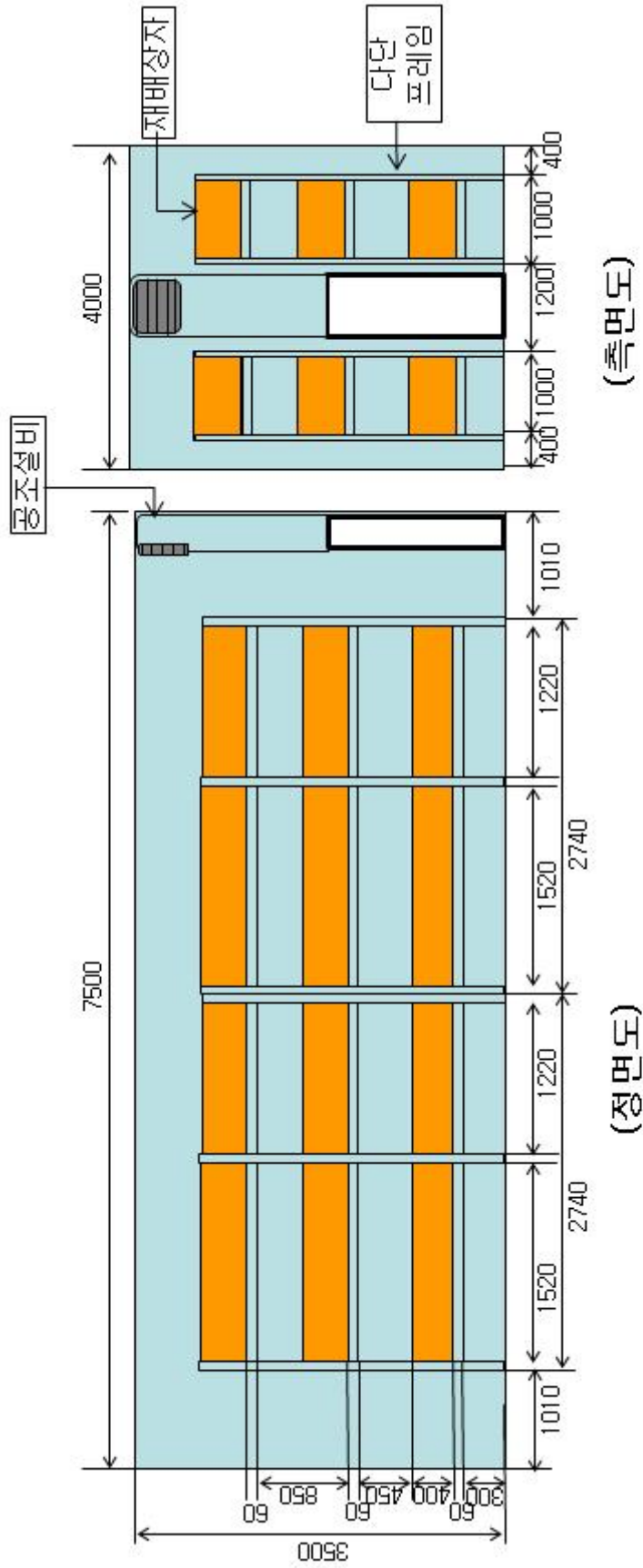


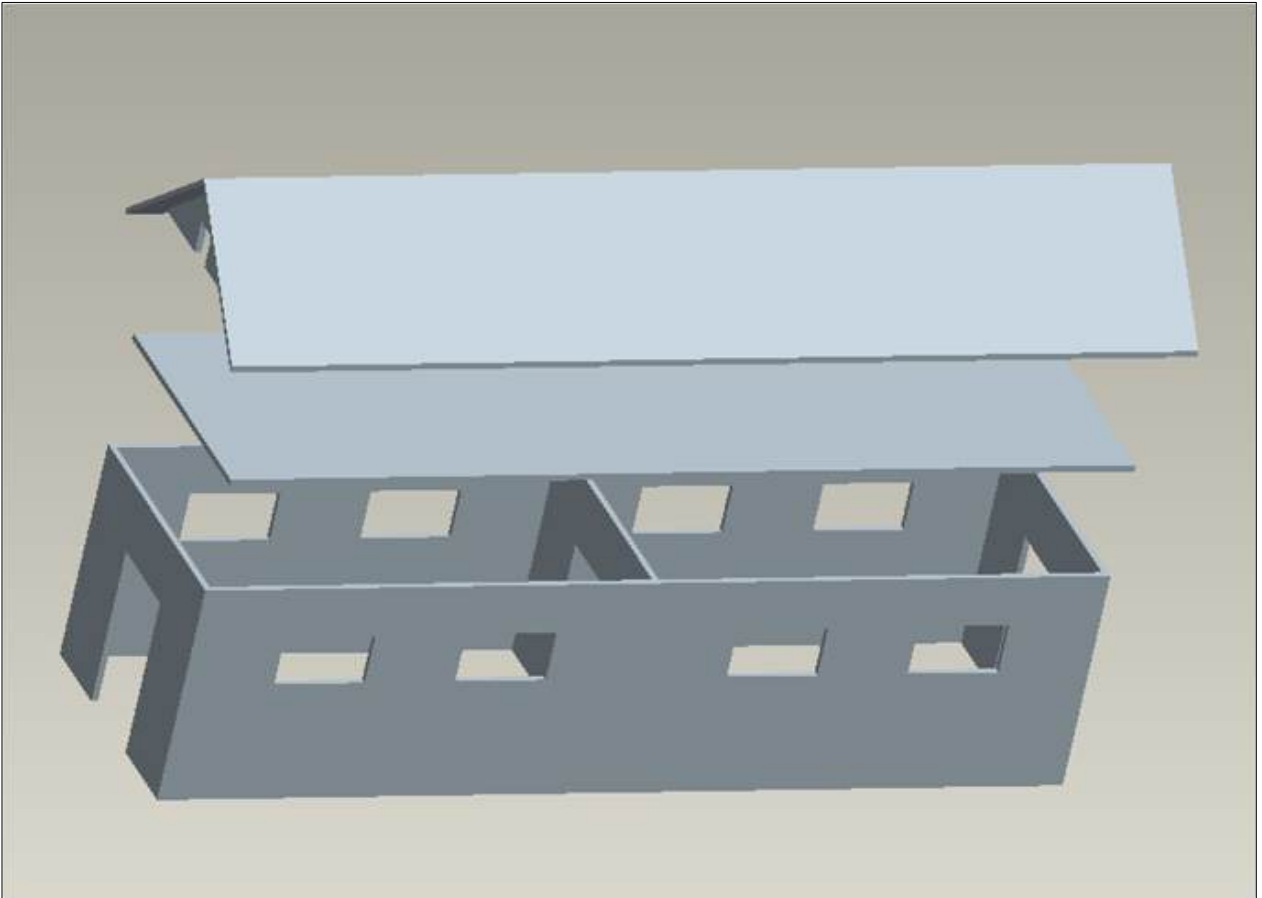
Fig. 1-3 재배상자와 다단 프레임 및 재배사 실내 설계 결과





(5) 재배사 건축도면 설계.

Fig, 1-5는 재배사 건축을 위한 3차원 도면을 제시한 것이다.



Fig, 1-5 재배사 규격의 3차원 도면

## (6) 천마 재배사(재배 실험동) 건축

Photo. 1-1 은 천마 재배 실험동 건축과정을 제시한 것이다. 사진 (a) 는 기초공사, (b)는 철골 및 벽면 공사 (c) 및 (d) 는 완공 사진이다.



(a) 기초 공사



(b) 철골 및 벽면 공사



(c) 완공사진 앞쪽



(d) 완공사진 뒷쪽

Photo. 1-1 천마 재배 실험동 건축과정과 완공사진

## (7) 실험동 내부시설 제작 및 설치

실험동 내부시설을 제작 설치하기 전에 실험에 필요한 전력을 공급하기 위한 여러 자기 전기시설을 미리 설치하여야 한다.

Photo. 1-2 는 Fig. 1-2 와 Fig. 1-3을 근거로 하여 재배상자와 내부시설을 제작 설치 한 것이다.

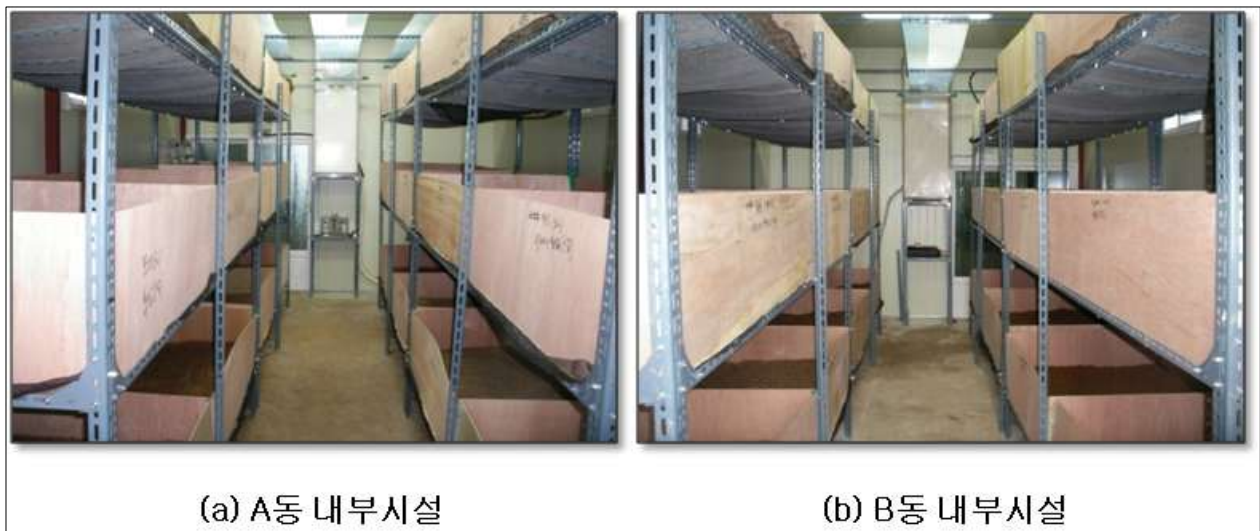


Photo. 1-2. 3단 재배 내부 시설

## 나) 재배 사 온·습도 제어시설 설계 및 개발

온·습도 제어 장치 설계 및 설치에서 습도 제어장치 설계는 온도제어 시스템을 개발 설치한 후 개발하기로 했다. 습도는 온도에 따라 배지재료의 증발량에 비례하기 때문에 적절한 배지재료의 선정이 결정되고, 선정배지 재료에 대한 천마 생육 적정온도가 확정된 후에 명확한 습도조절 조건이 결정될 수 있기 때문이다.

또한 습도제어는 제습재료 및 제습장치를 설치하거나 환기를 하는 수 밖 에 없다. 제습재료나 제습장치를 검토한 결과 비용문제로 농가에서 설치 사용하는 것은 불가능하다. 따라서 현재 까지 검토된 결과는 열교환기가 부착된 환풍기를 이용하여 환기하는 방법이 최적일 것으로 판단 된다. 그동안 실험과정에서 관찰한 결과, 습도 문제는 겨울의 난방으로 인하여 발생하는 것이 문제이다. 이러한 경우 만약 열교환기를 설치되지 않은 환풍기로 환기를 할 경우 재배사 내 온 열공기가 밖으로 한꺼번에 나가가고 겨울의 찬 공기가 바로 들어옴으로써 난방비가 많이 소요 되기 때문이다. 이에 적절한 열교환기 선택은 적절한 배지재료의 선정과 온도 제어시설 개발 및 설치가 완료되어 운행되는 시점에서 하기로 하고, 1 차 년도에는 온도 제어시설 설계 및 개발을 중점적으로 수행하기로 했다.

## (1) 냉방시스템 개발

### (가) 개발 냉방시스템의 설계

천마 시설재배에 시설의 핵심은 실내 냉방과 난방의 구조와 천마 생육환경에 적합한 온·습도를 제어할 수 있는 공조시스템의 개발이다.

천마생육의 적정 온도는 20 ~ 25(°C)로 알려져 있다. 연구의 시작시기가 늦봄이라 재배 사의 냉방시설 고안이 먼저 필요하였다.

냉방시설은 현재 사용되고 있는 냉온 겸용 공조기를 설치하여 현재 적용되고 있는 공조덕트 시스템을 사용할 수 있다.

그러나 본 연구가 실용화에 목적이 있으므로 개발하고자 하는 시설재배 시스템의 시설비 투자가 경제성이 있어야 한다. 경제성이 높은 재배방법과 새로운 재배방식 개발되었다 하더라도 이를 구현하는 초기 시설투자가 많이 투입되는 방식이라면 상용화가 어렵다.

Fig. 2-1은 현재 시설재배에 적용되고 있는 냉열공조시스템 형태이다. 에어컨(Air conditioner) 냉풍 출구에서부터 덕트(duct)를 설치하여 각 지점에 냉풍을 운송할 수 있도록 하고 있다. 이러한 시스템의 문제점은 농민들이 적용하기에는 시설비가 많이 소요된다. 또한 냉기를 재배공간에 골고루 분배하는 구조이지만 지점이송(Point Transfer) 방식이므로 재배공간 전체를 균일한 온도로 달성하기에 미흡한 점이 있다.

따라서 본 연구도 냉방시설의 최소설치비용과 최소유지비용이 되도록 새로운 온도제어 공조시스템을 개발하기로 하였다.

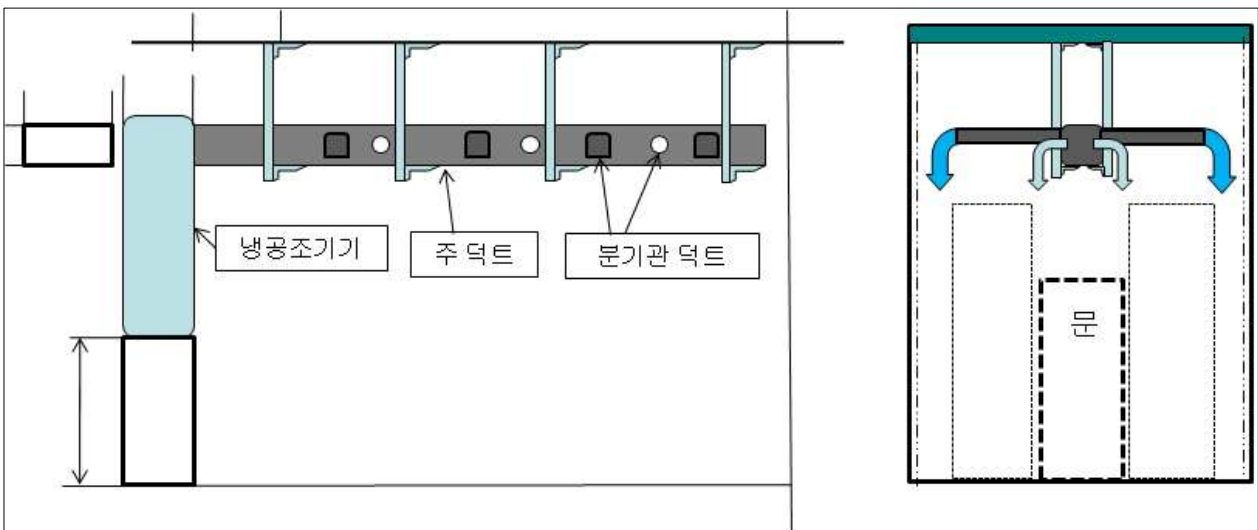


Fig. 2-1 현재 일반 건물이나 시설재배에 적용되고 있는 냉방공조시스템 형태

Fig. 2-2(A)는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 여러 가지 형태의 공조시스템을 고안 개발 시도한 결과 상기 문제점이 개선된 개발 냉방 공조시스템 그림을 제시한 것이다,

개발 시스템은 무엇보다 농민들이 손쉽게 스스로 설치할 수 있고, 재배공간의 형태에 따라 손

쉽게 다양하게 적용할 수 있으며 설치비가 저렴하다는 장점이 있다.

덕트 기능을 할 수 있는 재료는 시중에 판매되고 있는 약간 두꺼운 투명 비닐로 하고, 이 비닐을 Fig. 2-2(A)와 같이 일반 에어컨을 다단 재배 사 상층공간에 도달 하도록 높게 설치하고 냉기 출구 앞에 비닐원단을 설치하는 방식이다.

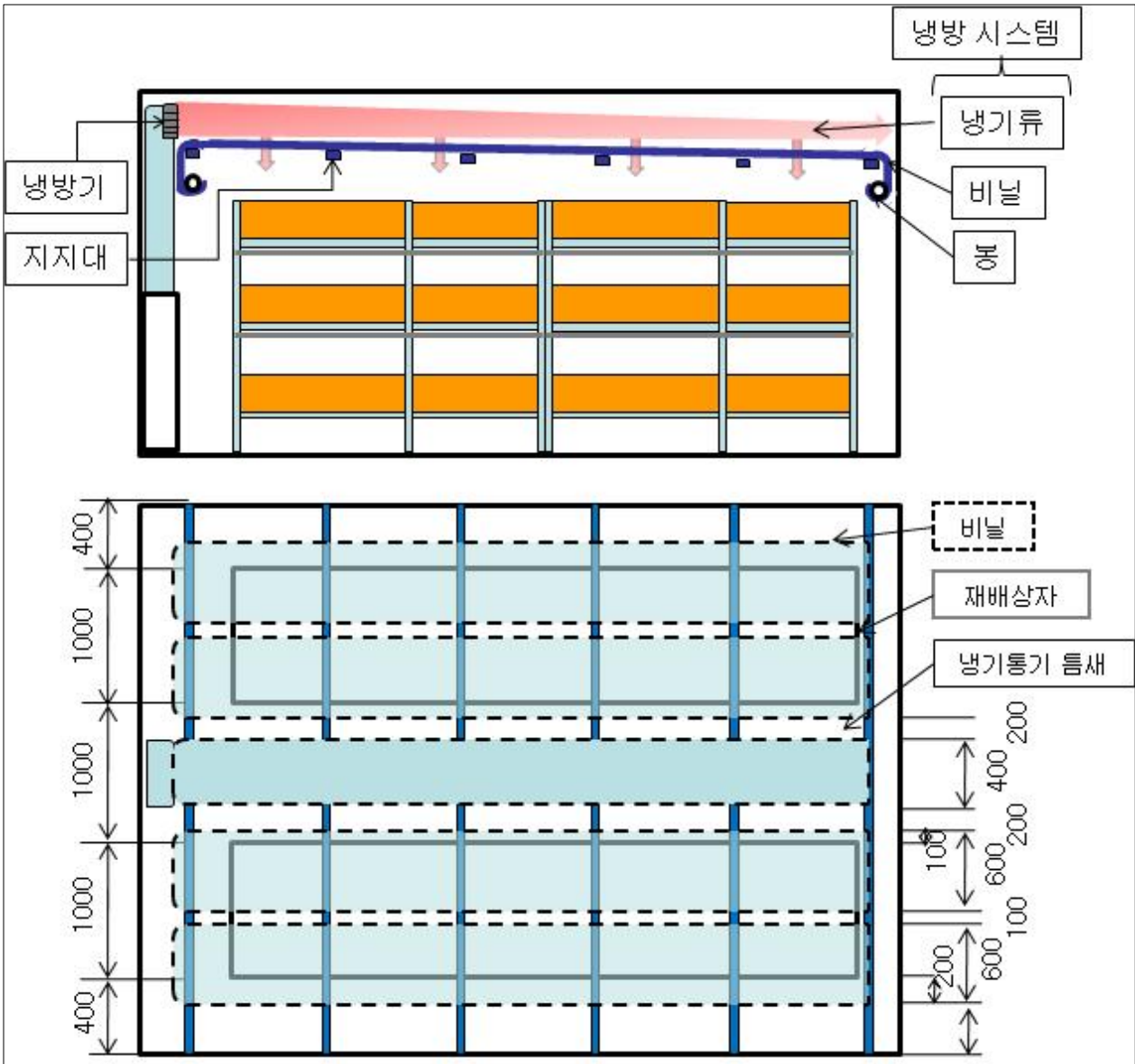


Fig. 2-2(A) ; 개발 냉방시스템 설계도

Fig. 2-2(B)는 개발 냉방 공조시스템의 각 요소의 설계와 제작 과정을 도시한 것이다.

Fig. 2-2(B), (a) 와 같이 비닐의 원단의 폭(①)은 재배 사 폭과 냉기가 적절하게 빠져나갈 수 있는 공간(“냉기통로틈새”)을 생각하여 결정한다, 비닐원단 폭이 결정되면 재배 사 “다단프레임의 길이”, “파이프 말이 길이” 및 “처짐 길이” 생각 하여 비닐 길이(②)를 재단하고, Fig. 2-2(B), (b) 와 같이 비닐 폭과 같은 길이의 금속파이프를 준비하고 이를 재단된 비닐원단 양 끝단에 말아 끈으로 고정한다.

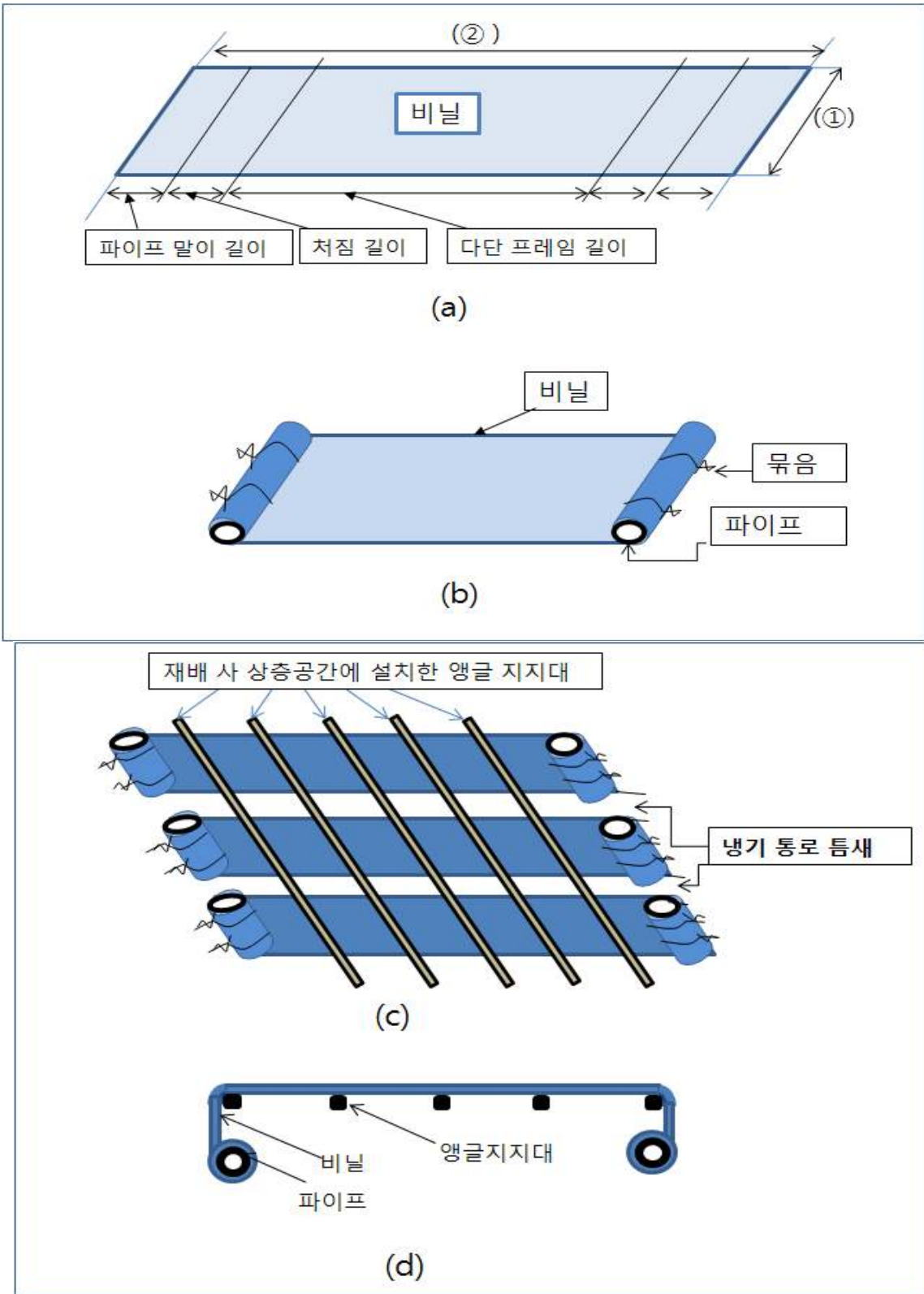


Fig. 2-2(B)는 개발 냉방 공조시스템의 각 요소의 설계와 제작 과정

비닐과 금속파이프의 결합이 끝나면 다단 재배상자 프레임의 상층 공간에 수평으로 앵글 지지대를 설치한다. 수평지지대 설치가 끝나면 그림 (c) 와 같이 “냉기통로틈새”를 두고 ‘비닐과 금속파이프 결합체’를 설치한다.

이때 “냉기통로틈새”로 재배상자와 중앙 공간 2 곳, 재배상자와 외벽 공간 2곳으로 각각 냉기가 흐르도록 ‘비닐과 금속파이프 결합체’ 위를 잘 설정한다.

이와 같이 ‘비닐과 금속파이프 결합체’를 수평지지대에 설치하면 그림(d) 와 같이 파이프 무게에 의해 양 끝이 수직으로 처진 상태로 설치된다.

양 끝이 처지도록 파이프를 결합한 이유는 첫째 비닐이 양 끝으로 당겨 탈력을 유지하고 자중 무게로 지탱하고 있으면 에어컨이 가동 될 때 들뜸(날림) 현상이 발생하지 않는다.

둘째는 바람이 송풍되는 곳에 장기간 사용하다보면 비닐제품은 늘어남과 처짐 현상이 발생한다. 양 끝에 쇠파이프를 자유롭게 매달아 두면 쇠파이프 자중에 의해 해소 된다. 또한 항상 텐션을 걸어주면서 필요할 때 이동이 용이하다는 것이다.

### (나) 개발 냉방시스템의 작동원리

Fig. 2-2(C)는 개발 냉방 공조시스템의 작동 원리를 도시 한 것이다.

상기 Fig. 2-2(B)와 같이 일반 에어컨의 냉기 출구 앞에 고안 공조시스템을 설치 하여 재배사 실내 공간의 온도를 짧은 시간 내에 균일하게 냉각 시킬 수 있다.

원리는 그림과 같이 에어컨의 좌우 회전 분배 기능(상·하 회전 기능은 작동하지 않음)으로 작동하면 냉기를 좌우로 연속적으로 뿌려주게 된다. 이러한 작동 상태를 아무것도 없는 일반 공간에서 가동하면 냉기가 에어컨 맞은편의 먼 곳까지 가지 못한다. 이러한 이유는 에어컨의 송풍 팬의 성능이 부족한 측면도 있지만 에어컨에서 나오는 냉기는 주위 공가 보다 밀도가 높아 퍼져나가는 과정에서 아래에 떨어지기 때문이다. 따라서 아래 같은 구조는 비닐원단이 냉기를 아래로 처지는 것을 방지함으로써 멀리 까지 이송이 가능하게 한다.

냉기의 균등 분배 원리는 에어컨에서 나오는 냉기는 에어컨 좌우 회전 분배 기능으로 냉기가 에어컨을 중심으로 부채꼴 형태로 분사함으로 일부는 “냉기통로틈새”에 의해 재배상자가 있는 것으로 하강하게 되고 비닐 위를 흐르는 냉기는 그림에서 ① 과 같이 일부는 “냉기통로틈새”로 향하고 일부는 비닐표면을 따라 직진 하게 된다. 이러한 유동 형태가 비닐의 전 영역과 “냉기통로틈새”의 전 영역에서 간헐적으로 지속적으로 발생함으로 냉기를 골고루 전 재배상자 영역에 공급할 수 있다. 또한 기존의 덕트에 의한 일반 냉방 공급시스템은 송풍기에 의해 고정 덕트로 냉기를 이송시키기 때문에 덕트 출구에 유동력이 있어 냉기가 지면까지 빨리 도달함으로 재배상자를 냉각하는 시간이 짧다. 그러나 본 시스템의 경우 상단에서 냉기의 자유낙하 형태로 냉기가 아래로 이동하기 때문이 냉기가 재배상장에 오래 머물 수 있어 재배사 냉방에 더 효율적인 구조이다.



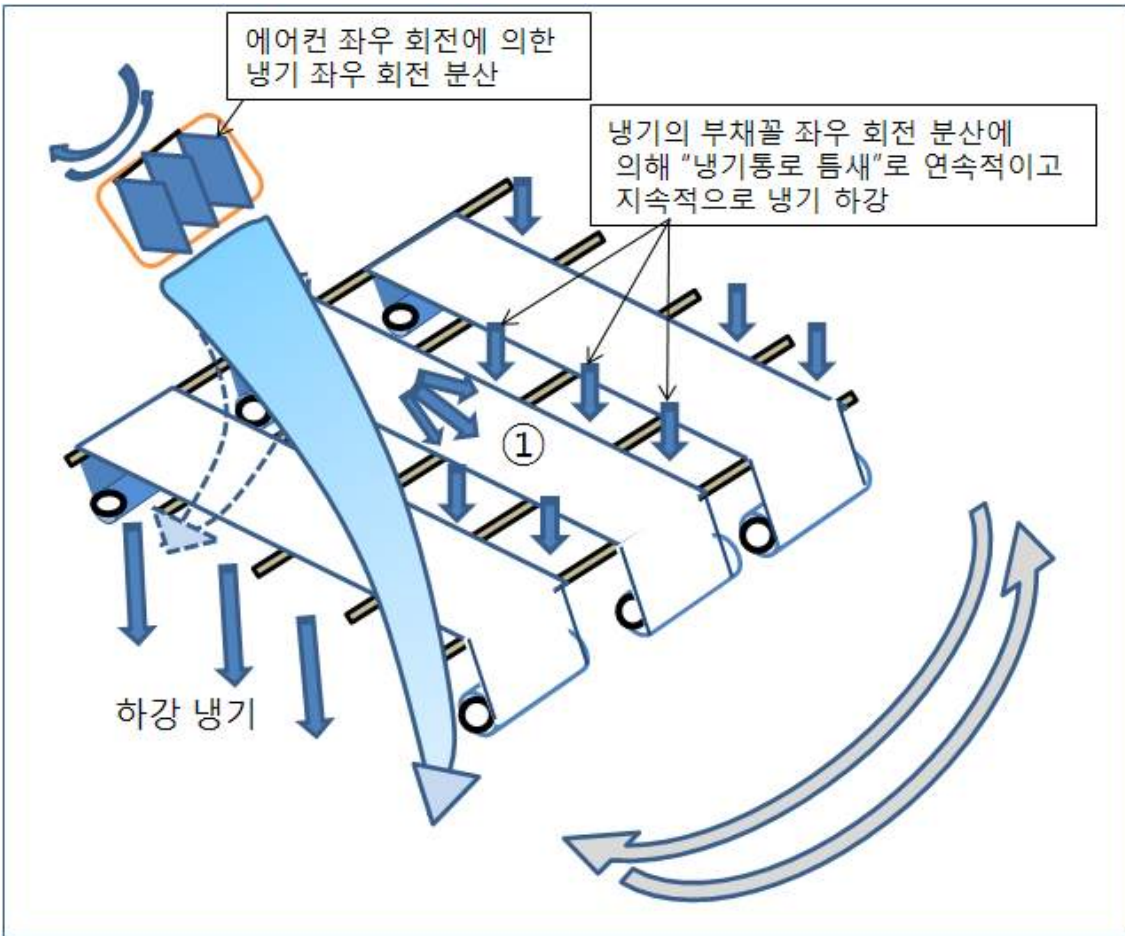


Fig. 2-2(C) 개발 냉방 공조시스템의 작동 원리 도시

(다) 개발 냉방시스템의 제작과 설치

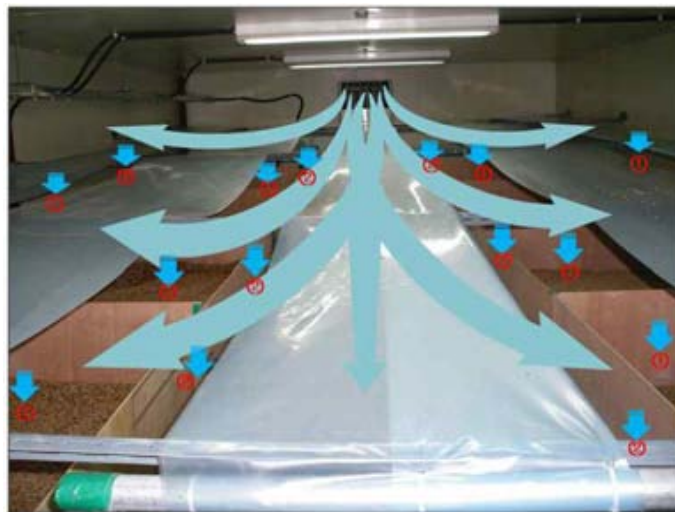
Fig. 2-3(a)(b)(c) 는 개발된 냉방공조시스템을 재배 내 공간에 설치된 상태를 제시한 것이다. 사진 (a)는 설치장소의 윗 공간에서 촬영 한 것이며, (b)는 설치 공간 아래쪽에서 촬영한 것이다. (c)는 작동 시 냉기의 흐름을 도시한 것이다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 2-3 개발 냉방공조시스템 설치 운영과 작동원리 모식도

(라) 개발 냉장시스템의 성능 테스트

개발 냉장시스템의 성능을 테스트 하기 위하여 Fig. 2-4 과 같이 온도 센서(T/C T-type)를 각 재배상자의 배지재료 위에 설치하고, 온도계측기 YOKOGAW ;DC-100으로 가동 후 재배상자들의 온도변화를 측정하였다. 냉장기기는 삼성HP-N157 이며, 실내 온도가 약 27℃(재배사 하층)~ 28℃(재배사 상층)일 때 냉장기의 온도설정을 22℃ 하고 냉장기를 가동하여 각 지점의 온도변화를 측정하였다. 난방기기 유입 공기온도 22℃를 기준으로  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  범위 내에서 상승하면 냉장기가 가동되고 하강하면 냉동기가 멈추는 것을 연속으로 작동하게 된다.

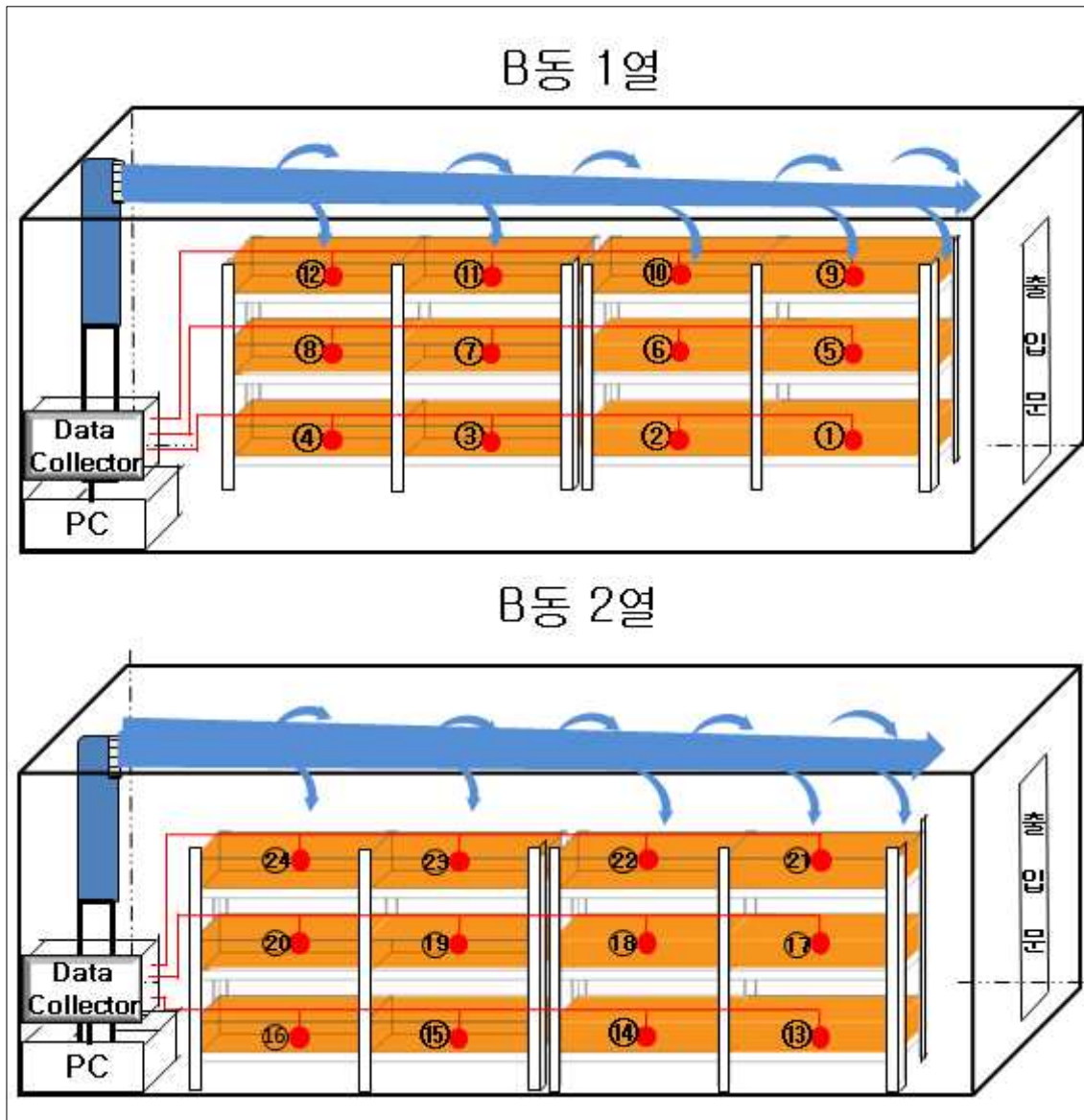


Fig. 2-4 온도 센서(T/C) 설치 위치도

Fig. 2-5는 개발 냉방시스템을 가동한 후 각 재배상자들의 온도변화를 측정 결과 들 중 7월 28일 14시에서 60분 동안 가동한 결과를 제시한 것이다.

그래프의 가로 축은 시간(분)을 세로축은 온도(℃)를 나타낸다. 그래프에서 나타난 바와 같이 27℃에서 개발 냉방시스템이 가동되면서 각 지점의 온도가 하강하고 있다. 초기에는(그래프 (A) 지점 이전) 다른 곳보다 온도분포의 편차가 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 냉방기가 가동되는 첫 시점에서는 냉방기류가 더운 기류가 혼합 될 때 온도차이가 많이 나는 시점에서 개발 냉방시스템이 냉기를 뿌려주는 형식이므로 재배상자들 안쪽 온도가 다르게 변할수 있기 때문이다, 그러나 안정이 되면 가 각 지점의 온도 편차는 2 ℃ 정도 이며, 각 지점의 온도가 설정 온도 22℃ 에 도달하는 시간은 약 10분이 소요 된다 (그래프 (A) 지점). 또한 설정온도 22℃ 에 도달 되었을 때 각각 지점의 즉 상.중.하층 재배상자들의 최대 온도편차는 1.5 ℃ 이다. 또한 가동 15분후 지점에서 (그래프 (B) 지점, 그래프 (C) 지점)) 상승하고 다시 하강하는 것을 되풀이하고 있다. 이러한 형태는 실내온도가 22℃ 가 되면 개발 냉방기기가 가동이 정지되어 측정지점의 각 온도가 상승하고, 일정온도까지 상승하면 다시 냉방기기 가동하여 온도를 하강시키기 때문이다.

이상 같은 결과는 개발 냉방시스템 성능 우수하다는 것을 입증하는 결과라 할 수 있다. 또한 이러한 시스템을 천마 재배시설에 적용할 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

다만 이러한 결과는 비닐원단들의 틈새 “냉기통기 틈새”를 잘 조절하여야 가능하므로 실용화를 위해서는 이 부분을 손쉽게 조절할 수 있는 연구가 필요하다

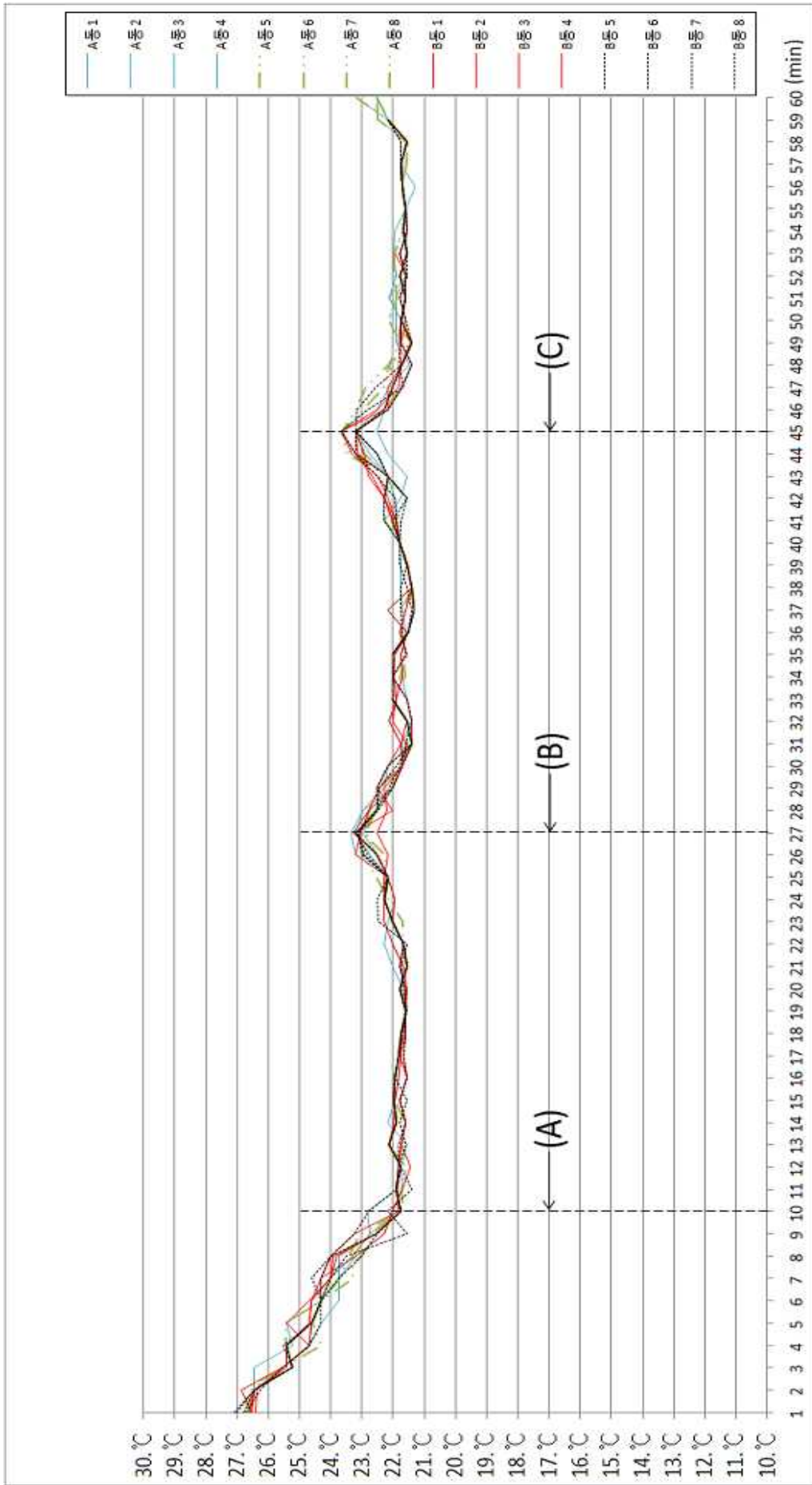


Fig. 2.5 개발 냉방시스템 가동 후 각 재배상자들의 온도변화

## (2) 난방 시스템 설계와 제작

난방시스템 개발은 냉방시스템과 같이 천마 생육에 최적조건의 온도로 제어할 수 있어야 하고, 설치 및 유지비용이 경제성이 있어야 한다.

현재 시설재배에 적용되고 있는 난방시스템의 형태는 난방기기에 덕트(철판덕트, 파이프 덕트, 비닐천류 덕트등)를 연결하고 이 덕트를 통하여 송풍기로 온풍을 넓은 공간까지 강제 순환하여 난방을 하고 있다.

이러한 시스템은 넓은 공간을 단 시간 내에 난방을 할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이 시스템은 강제송풍 구조이므로 열풍이 재배 사 공간으로 빠르게 상승하게 하여 더운 공기가 상층에 집중 적재되는 현상이 있다, 또한 덕트 주변에 있는 재배작물이나 재배토양이 조기 부분건조가 발생한다.

이러한 기존 난방시스템을 본 연구진에 개발하고자 하는 다단식 재배방식에 적용할 경우 아래 층 보다 상층 재배상자가 온도가 더 높은 불균형이 발생할 것으로 사료 된다. 또한 강제 송풍은 증발(건조)이 많이 발생하는데 다단식에 의한 재배상자 형태로 재배하는 실내재배는 노지 형태의 실내재배 보다 작물이나 토양에서 증발을 더욱 가속시키는 구조가 된다.

따라서 본 연구에서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 새로운 난방 시스템을 개발하기로 했다.

### ▶ 개발 난방시스템의 설계및 시작품 목표

- ㉠ 다단식 재배 사에서 상층과 하층의 온도차를 최소화 할 수 있는 시스템
- ㉡ 강제송풍 구조를 최소화 할 수 있는 시스템
- ㉢ 난방시설비와 유지비용이 경제성이 있는 시스템.

### ▶ 개발 난방시스템의 설계 및 제작 방향

A-Type ; ㉠ 와 ㉡ 목표 중점

B-Type ; ㉢ 목표 중점

## (가) A-Type 설계 및 개발

다단식 재배 사에서 상층과 하층의 온도차를 최소화 할 수 있는 구조는 열공급 시스템이 층마다 독립적으로 할 수 있는 난방구조가 되어야 한다. 또한 일정 시간이 지나서 아래층보다 상층 재배상자의 온도가 높으면 이를 감지하여 상층에 열을 적게 공급할 수 있는 구조, 즉 열제어가 가능한 구조이어야 한다. 강제송풍 구조를 최소화 할 수 있는 시스템은 자연대류나 전도 Radiation 기구의 열전달 시스템이 되어야 한다.

이러한 두 가지 문제를 해결할 수 있는 시스템을 만족하는 여러 시스템을 검토한 한 결과 최근 주거용 난방 자재로 활용되고 있는 필름히터 나 면상필름 히터를 사용하여 A-Type의 난

방 시스템을 설계 · 제작하기로 했다.

Fig. 3-1은 **A-Type**의 난방 시스템 본 연구에서 고안된 개념도이다.

그림과 같이 재배상자 및 물받이 바로 밑에 필름히터를 각 층마다 설치하는 것이다. 이렇게 필름히터를 설치하면 열을 재배상자 바로 밑이나 위에서 전도, 자연대로 및 복사 형태로 전달할 수 있으며, 필름 히터는 전기로 가열하므로 전력제어가 가능하여 개별 열공급 제어가 가능하고, 개발하고자 하는 문제를 동시에 해결할 수 있을 것으로 예상되어 이러한 시스템을 개발하기로 했다.

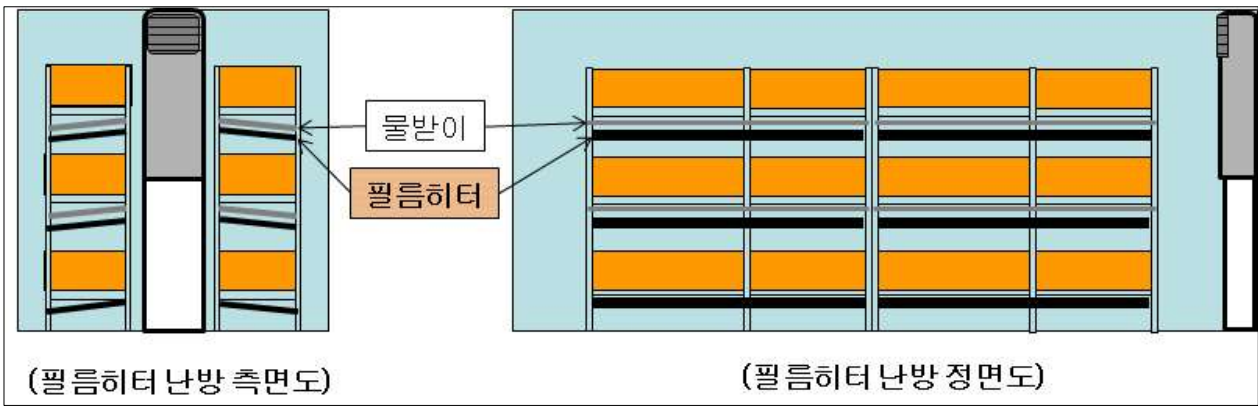


Fig. 3-1 **A-Type** 개발 난방시스템 개념도

① 필름히터 발열장치 설계 및 제작(재배상자 밑 다단 프레임에 설치할 Assembly)

A-Type의 난방시스템을 구현하기 위해서는 일차적으로 발열필름 히터의 구조와 용량을 설정하고, 재배상자의 밑 다단 프레임에 설치할 수 있도록 Assembly를 제작하여야 한다.

Fig. 3-1(A)는 발열히터Assembly 구조를 설계한 것이다. 발열히터는 시중에 판매 되고 있는 최대용량 220W/(1m x 0.5m)인 필름히터를 선택하였다.

재배 공간의 필요 난방용량의 산출은 다음과 같다.

필름 히터 난방용량 산출	
- 천마 실험 재배사 공간	; 7.5 x 4 = 30(m <sup>2</sup> )( 약 9평)
- 1단 천마 재배 상자 규격	; 5.5 m x 1m x 2 쪽
난방 필름 규격	; 폭 0.5m x 길이
- 필요 난방 필름 규격	;
	{(길이 5.5m x 폭 0.5m) x 4 /단 } x 2단= 33(m <sup>2</sup> )
- 필름 히터	33(m <sup>2</sup> )의 열용량 ;

$$\{220W/(1m \times 0.5m)\} \times 33(m^2) = 14.5(KW)$$

- ▶ 최대용량 220W/(1m x 0.5m)인 필름히터를 선택할 경우  
 필름히터 ; (길이 5.5m x 폭 0.5m) x 4 의 용량  
 1단 ; 최대 4.8 (KW), 2단 ; 최대 9.6 (KW), 3단 ; 14.5(KW)
  - ▶ 최대용량 220W/(1m x 1m)인 필름히터를 선택할 경우  
 필름히터 ; (길이 5.5m x 폭 1m) x 2 의 용량  
 1단 ; 최대 2.4 (KW), 2단 ; 최대 4.8 (KW), 3단 ; 7.25(KW)
- \* 가정용 9평 일반 난방기의 전력용량 3KW

상기 산출결과를 토대로, 재배 사 실내높이가 일반 가정집보다 높은 점과 최대제어용량을 고려하여 최대용량 220W/(1m x 0.5m)인 필름히터를 선택하였다.

선택한 필름히터를 “사각 고정프레임”에 고정시키고, 난방측정센서, 과열방지센서, 전력공급기 및 제어기를 설치하였다.

자동제어기는 난방측정센서와 과열방지센서 및 전력공급기에 연결되어 난방설정 온도에 따라 전력을 필름히터에 공급하거나 차단하는 자동제어기능을 하게 된다. 또한 필름온도가 한계온도를 벗어나 과열될 경우 자동으로 전력을 차단하게 된다.

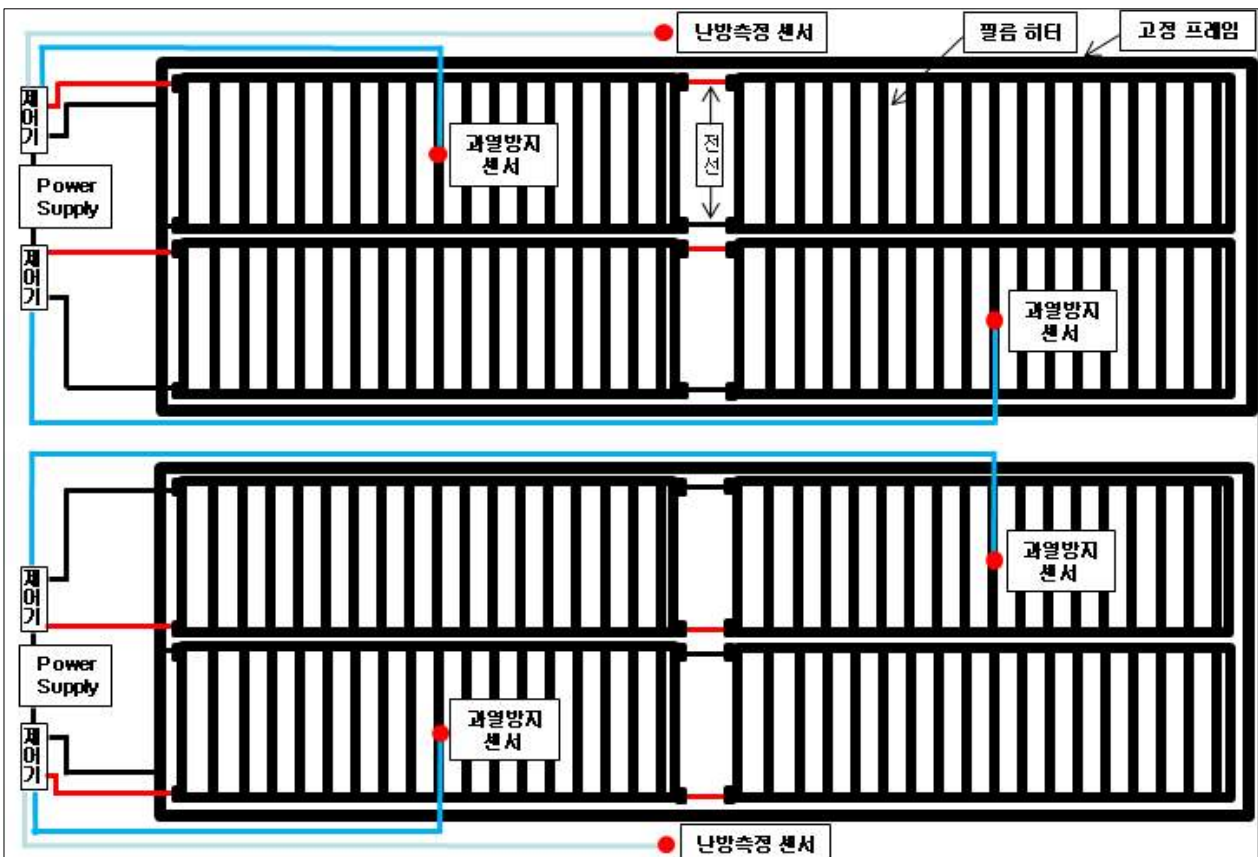




Fig. 3-1(A) 발열히터Assembly 구조 설계

Fig. 3-1(B)는 개발 필름히터 발열장치를 재배사 다단 프레임의 설치 도면을 제시한 것이다.

Photo. 3-1 은 개발 필름히터 발열장치를 재배상자 및 다단 프레임에 설치하고 운영 중인 상태를 제시한 것이다. (운영 실험결과 자료는 뒷 페이지에 제시함.)

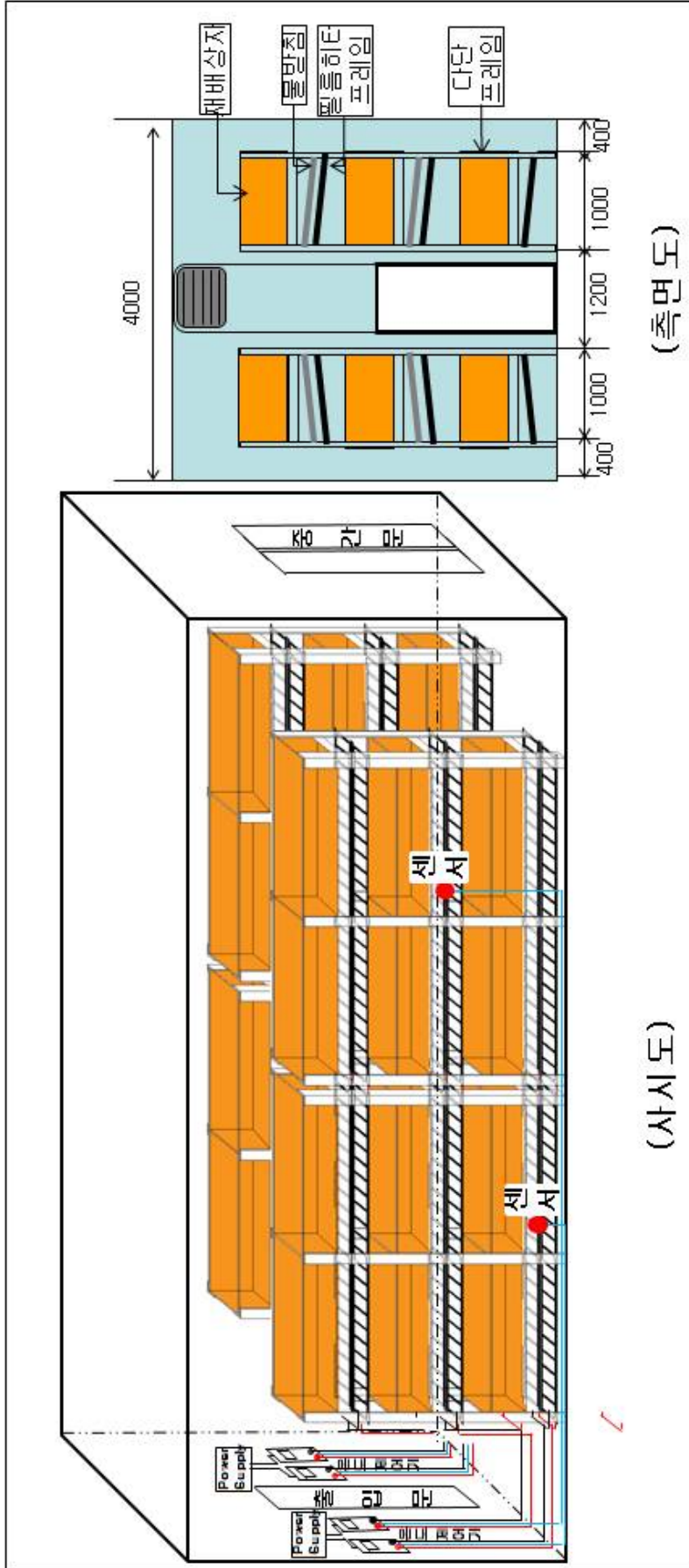


Fig. 3-1(B) 개발 필름히든 난방 시스템 설치 도면



Photo. 3-1 개발 필름히터 난방장치 A동 설치운영 상태

### (나) B-Type 설계 및 개발

B-Type 개발 난방 시스템은 기존의 냉·난방 겸용기기를 활용하는 것으로 앞서 “1) 냉방 시스템 설계 와 개발” 에서 사용한 냉·난방 겸용기기를 활용하는 것이다. 앞서 기술한 바와 같이 개발 냉방시스템을 적용하기 위해서는 냉·난방 겸용기기의 밑에 돌출 받침대를 설치하여 냉. 온풍 출구가 상층 공간에 위치하게 하고 있다. 이러한 구조에서 난방을 하기 위해 냉·난방 겸용기기를 가동하면 온풍이 상층공간으로 나가게 된다. 이러한 경우 온풍은 주위공기보다 가벼움으로 온풍이 재배상자가 있는 아래로 잘 전달되지 않고 상층공간에 적재되어 난방효과가 떨어지게 된다.

Fig. 3-2 는 상기 상황을 개선하기 위해 타놀린 천막으로 덕트(duct)를 만들어 냉·난방 겸용기기 온풍출구에 연결하고 덕트를 아래 유인하여 하단에 설치하는 것이다. 온풍의 출구는 타놀린천막 덕트 하단의 좌·우에 적절한 수의 구멍을 뚫어 만든다.

Photo. 3-2 는 B-Type의 난방시스템을 설치하고 운영 중인 상태를 제시한 것이다.

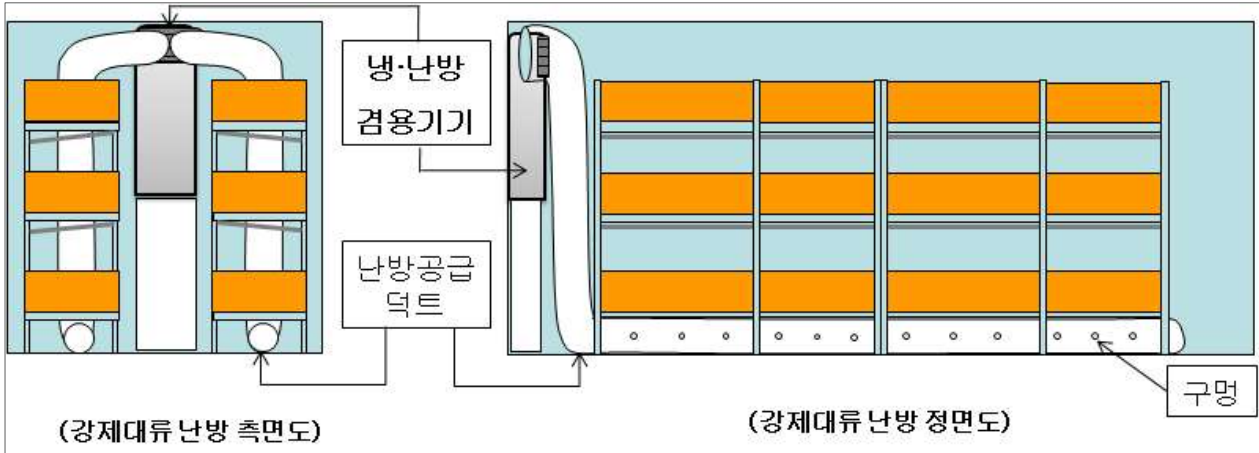


Fig. 3-2 B-Type 난방기기 개념도



Photo. 3-2 B-Type의 난방시스템 “B동” 설치운영 상태

(다) 개발 난방 시스템의 성능 비교실험 결과

개발 난방시스템의 운용은 “A 실험동”에서는 개발 난방시스템 A-Type을 “B 실험동”에서는 개발 난방시스템 B-Type을 동시에 가동하고, 하나의 온도측정 Data Collector 장비(DC -100)로 Fig. 4-1 과 같이 각 재배상자에 설치된 열전대들(T/C)로부터 온도 값을 동시에 측정하였다. 온도측정 기록 시간 간극은 10 분이였다.

Fig. 4-2는 Fig. 4-1 의 센서를 통하여 온도를 변화를 계측하기 위하여 설치된 측정 계측기기를 제시한 것이다.

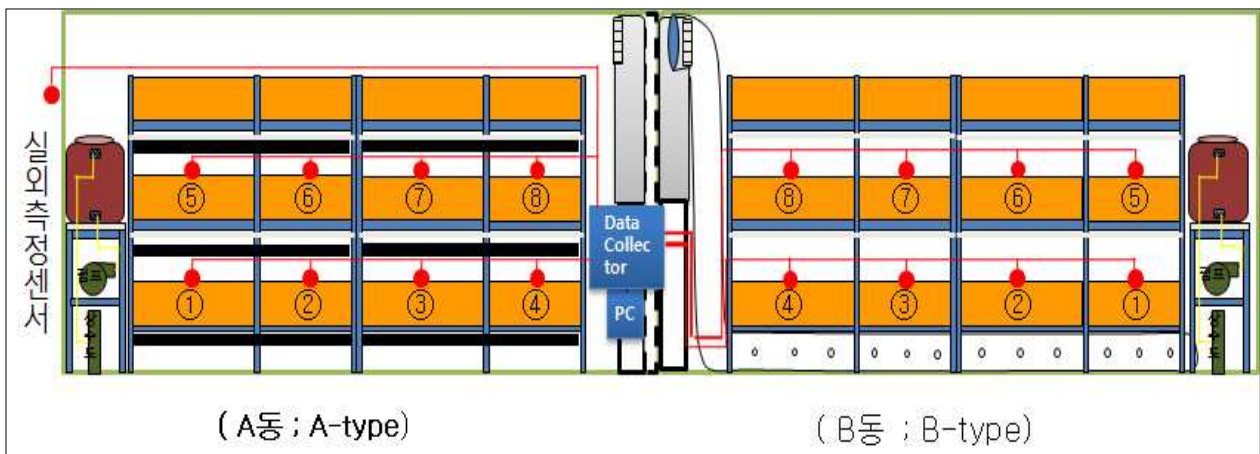


Fig. 4-1 A동, B동 온도 측정 T/C 위치도

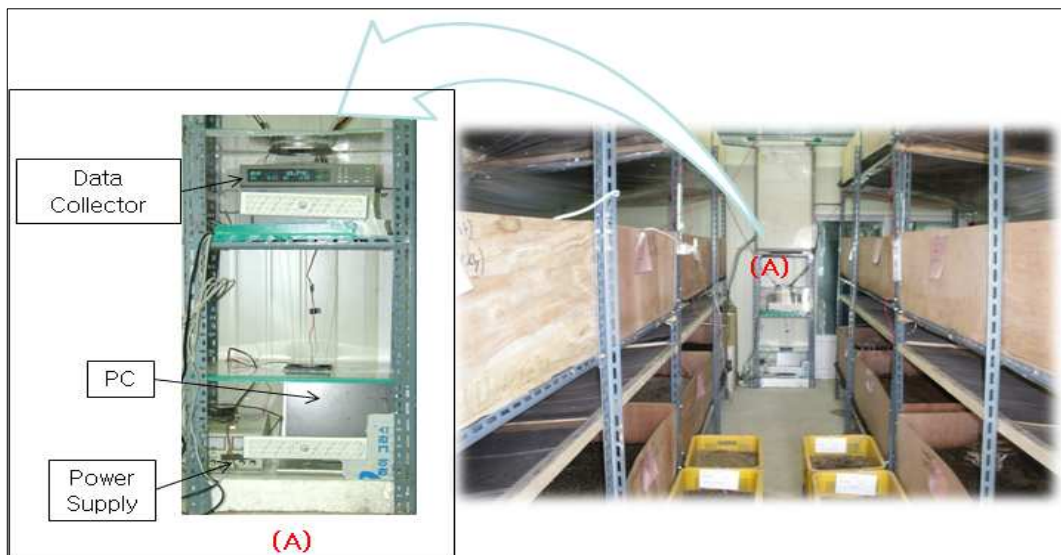


Fig. 4-2 개발 난방 성능 측정 장비

Fig. 4-3은 A-Type 과 B-Type을 가동한 후 각 재배상자들의 온도를 Data Collector 장비 (DC- 100)로 동시에 기록한 결과 중 최근자료(측정기간 ; 1월24 ~ 2월1일)에서 A-Type의 결과만을 분리하여 제시한 것이다.

그래프의 세로축은 온도(℃), 가로 축은 시간(h)을 나타낸다. 온도 그래프 중 맨 아래 온도 값은 재배사 밖 실외 온도를 측정된 것이며, 온도측정 값의 번호는 Fig. 4-1의 열전대 위치번호와 같다. 난방온도는 필름히터(A-Type)가 22℃ 및 23℃ 난방기기(B-Type) 26 ℃ 및 27 ℃를 각각 설정하였다. 이렇게 설정한 이유는 예비실험에서 필름히터의 경우 22℃를 설정하면 난방온도가 22℃부근에서 제어가 되고, 난방기기의 경우 26 ℃를 설정하면 22℃부근에서 제어가 되었기 때문이다.

측정된 온도 그래프에서 측정온도 값들이 시간에 따라 파도형태를 나타내고 있는데 이러한 형태는 재배상자 안의 온도가 제어설정온도 22℃ 이하로 내려갔을 때 필름히터에 전력을 공급하여 열이 발생되어 온도가 상승하다가 일정온도가 되면 전력이 차단되어 열이 발생되지 않아 온도가 내려가고, 어느 온도까지 내려가면 다시 전력을 공급하여 가열하는 과정을 자동으로 반복하기 때문이다. 측정시간 2월 24일14시 와 2월 28일14시에서 측정온도가 일반 시간대보다 갑자기 크게 하강하고 다시 상승하여 일반 온도분포 형태를 유지 한다. 이는 재배사에 물을 주고 과습도를 조절하기 위해 재배사 실내공기를 환기하는 과정에서 재배사 밖의 찬 공기가 유입되어 나타나는 현상이다. 또한 환기 때마다 온도 강하 하는 것을 볼 수 있다.

측정 그래프의 결과에서 보듯이 재배 사 밖의 온도가 -17℃~7℃ 사이에서 변화하여도 재배사 안의 재배상자 모든 지점의 온도는 20℃ 에서 23℃ 사이에서 변화하고 있다. 이는 천마 생장 온도인 20℃~25℃ 범위 내에서 개발난방시스템이 잘 제어되고 있다는 것을 보여주고 있다.

결과에 대하여 좀 더 세부적으로 분석하면 ①,②,③ 및 ④ 위치( 1단 재배상자) 의 온도 분포는 20℃~21.5℃ 사이에서 변화하고 각 측정위치(재배상자 간) 온도 편차는 0.7℃ 이하로 거의 편차가 없다. 이러한 결과는 개발 난방 시스템이 넓은 재배사의 온도를 아주 우수하게 균일하게 분포하게 하고 설정 온도에서 제어가 아주 잘 되고 있다는 것을 입증하고 있다. 한편 ⑤⑥ ⑦ 및 ⑧ 위치( 2단 재배상자) 의 온도 분포는 20℃~23℃ 사이에서 변화하고 각 측정위치(재배상자 간) 온도 편차 는 1℃ 이상으로 1단 방열판 보다 온도도 높고 각 측정위치(재배상자 간) 온도 편차도 크다. 이러한 원인은 2단 발열필름히터의 용량이 1단 발열필름히터보다 클 경우, 그리고 같은 용량이라도 상층의 것이 높게 나올 수 있는데 이유는 1단의 열이 윗 층(2단)으로 올라감으로 2단에서 온도가 높을 수 있는 것으로 쉽게 개선 보완 될 수 있는 문제이다. 문제는 온도 편차발생인데 똑 같은 재질로 같은 조건으로 1단, 2단을 제작했는데 편차가 발생하는 것은 재질의 정도 문제이거나, 열의 쏠림현상에 의해 나타날 수 있다. 이러한 검정사항은 2 차 년도에 보다 구체적으로 구명하고자 한다.

C-C ' 구간은 제어 설정 온도를 1℃ 올려 23℃ 일 때의 결과로 시간에 따른 온도 분포의 형상이 앞서 나타난 파도형태가 급격하게 현상이 나타나지 않고 있는 이는 급격한 온도 변화가 없는 것으로 제어에서 볼 때 좋은 현상으로 좀 더 연구가 필요한 부분이다.

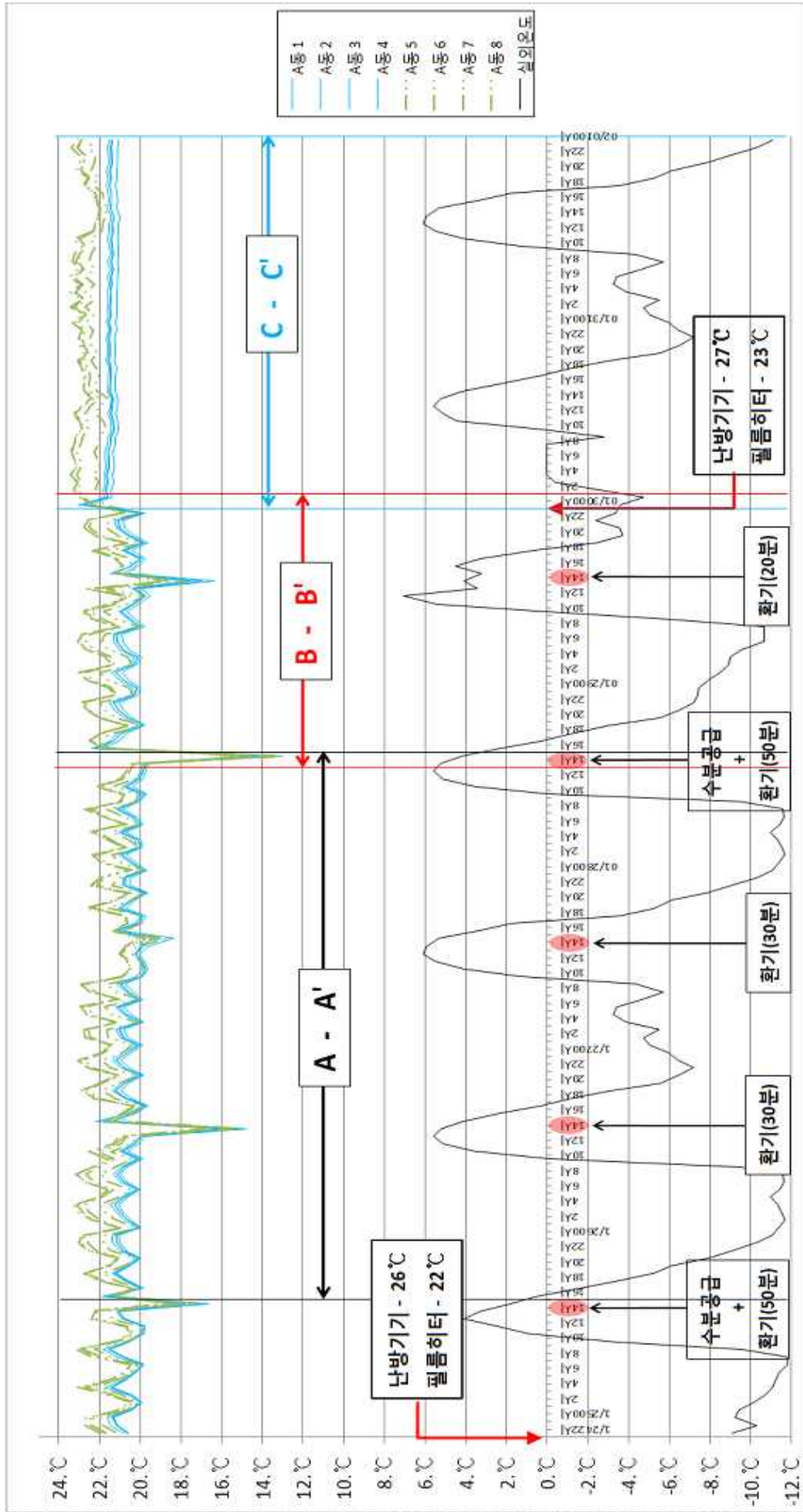


Fig. 4-3 개발 난방시스템 A-type 실험 결과

Fig. 4-4는 개발 난방시스템 B-Type 에 대한 결과로 A-Type과 동시에 측정한 자료를 제시한 것이다. 온도 측정점은 그래프 우측에 명기 된 1, 2 , 3.....은 Fig. 4-1 의 재배상자 ①, ②, ③.. 위치 와 동일하다.

온도 그래프 중 맨 아래 온도 값은 A-Type 결과와 같이 재배사 밖 실외 온도를 측정한 것이며, 온도측정 값의 번호는 Fig.4-1의 열전대 위치번호와 같다. 제어온도의 설정은 22℃ 가 되도록 26℃에 설정하였다..

측정된 온도 그래프 모양은 앞서 기술한 바와 같이 설정온도를 22℃ 범위 내에서 난방기기가 자동으로 열의 공급과 차단을 반복하기 때문에 과동형태의 온도분포가 나타나는 것이지만, A-Type의 결과와는 다르게 과동형태가 적게 나타나고 있다. 또한 A-Type 결과와 같이 시간 환기 때는 재배실내 밖의 차거운 공기 유입됨으로써 일반 시간대보다 갑자기 크게 하강하고 다시 상승하여 일반 온도분포 형태를 유지하고 있다. 또한 재배 사 밖의 온도가 -17℃~7℃ 사이에서 변화하여도 재배사 안의 재배상자 모든 지점의 온도는 19.5℃~21℃ 사이에서 변화하고 있고 모든 측정지점( 1단 , 2단) 온도편차가 1.8℃ 이하이다. 이러한 결과는 천마 생장 온도인 20℃~25℃ 범위 내에서 개발 난방시스템이 잘 제어되고 있다는 것을 보여주고 있다.

C-C ' 구간은 제어온도를 ℃ 상승시켰을 때의 결과이다. 앞의 설정 온도보다 측정 지점의간의 편차는 감소하지만, 온도분포는 시간갈수록 상승 형태를 나타내며 우측 “D” 영역에서는 갑자기 상승하는 현상이 나타난다. 설정 온도상승에 따른 문제점에 대하여 좀 더 연구가 필요하다.

또한 A-Type 보다 온도 전반적으로 온도가 낮으며, 온도편차도 적게 나타나고 있다, 온도가 낮은 것은 전력 투입 즉 열량 투입이 적기 때문이며(뒷 쪽에서 기술) 편차가 적은 것은 현재 시스템으로 볼 때 B-Type이 난방시스템으로는 더 우수하다고 할 수 있다. 그러나 앞서 기술한 A-Type의 문제점을 해결 한다면 어느 것이 천마 시설재배에 적합한지 재검토가 필요하다.



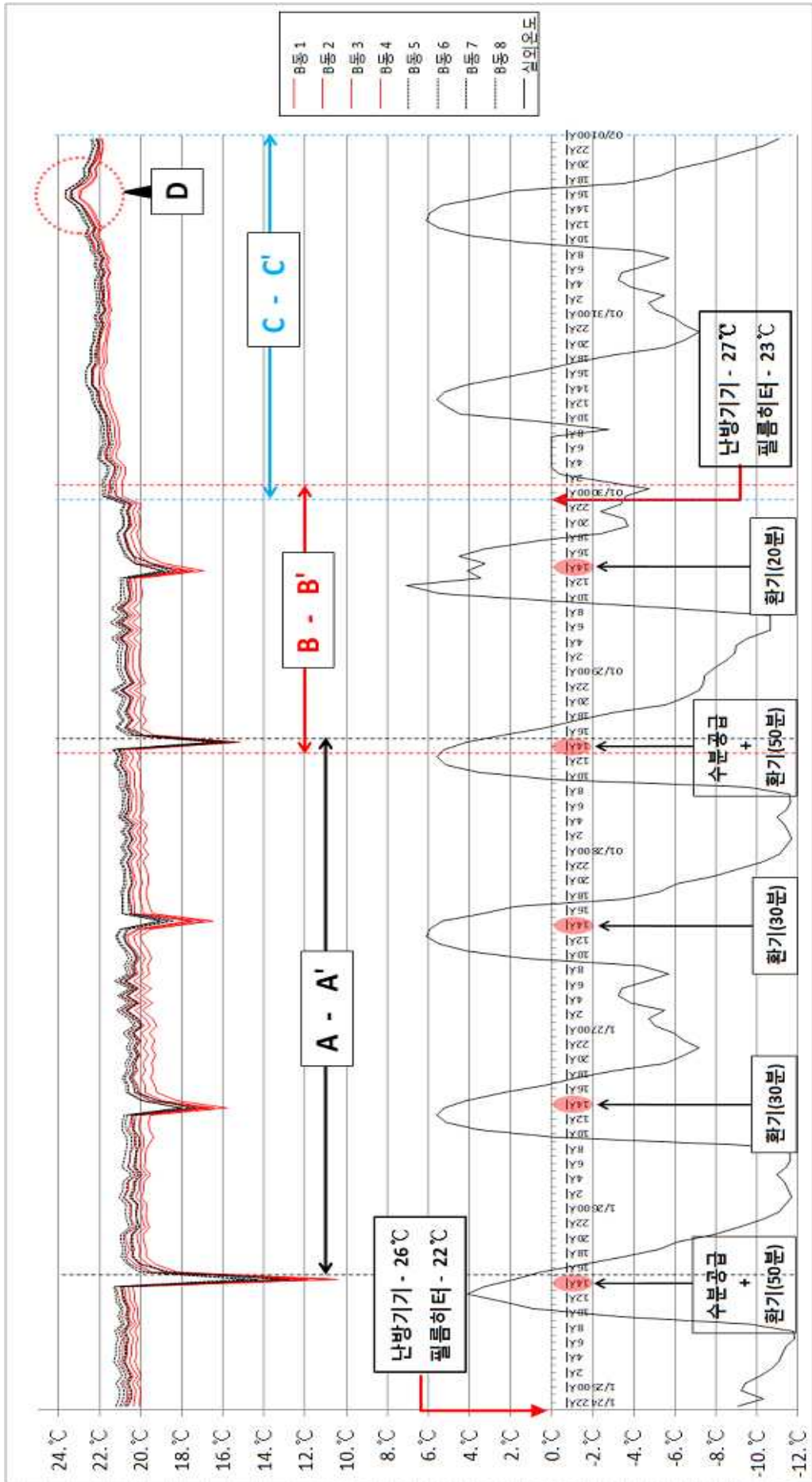


Fig. 4-4 개발 난방시스템 B-Type 실험 결과에서 각 재배상자들의 온도변화

Fig.4-5는 A-Type과 B-Type을 비교하기 위하여 개발 난방시스템 A-Type과 B-Type을 동시 가동하면서 하나의 Data Collector 장비(DC -100)로 측정된 결과를 분리하지 않은 원결과를 제시한 것이다.

A-Type과 B-Type 을 비교검토 해보면 A-Type 이 B-Type 보다 전반적으로 온도가 높게 나온다. A-Type 의 ①, ②, ③ 및 ④ 와 B-Type의 전 지점 의 온도 분포는 거의 같지만 A-Type 의 ⑤⑥⑦ 및 ⑧ 위치( 2단 재배상자)는 최하 온도 값은 비슷하나 최상온도 값이 다른 지점 보다 약 2℃ 높다. 이러한 결과는 천마 재배온도에는 문제가 없으나 전력소비량이 많아 경제적 측면에서 개선되어야 할 부분이므로 2 차 년도에도 지속적으로 연구하고자 한다.

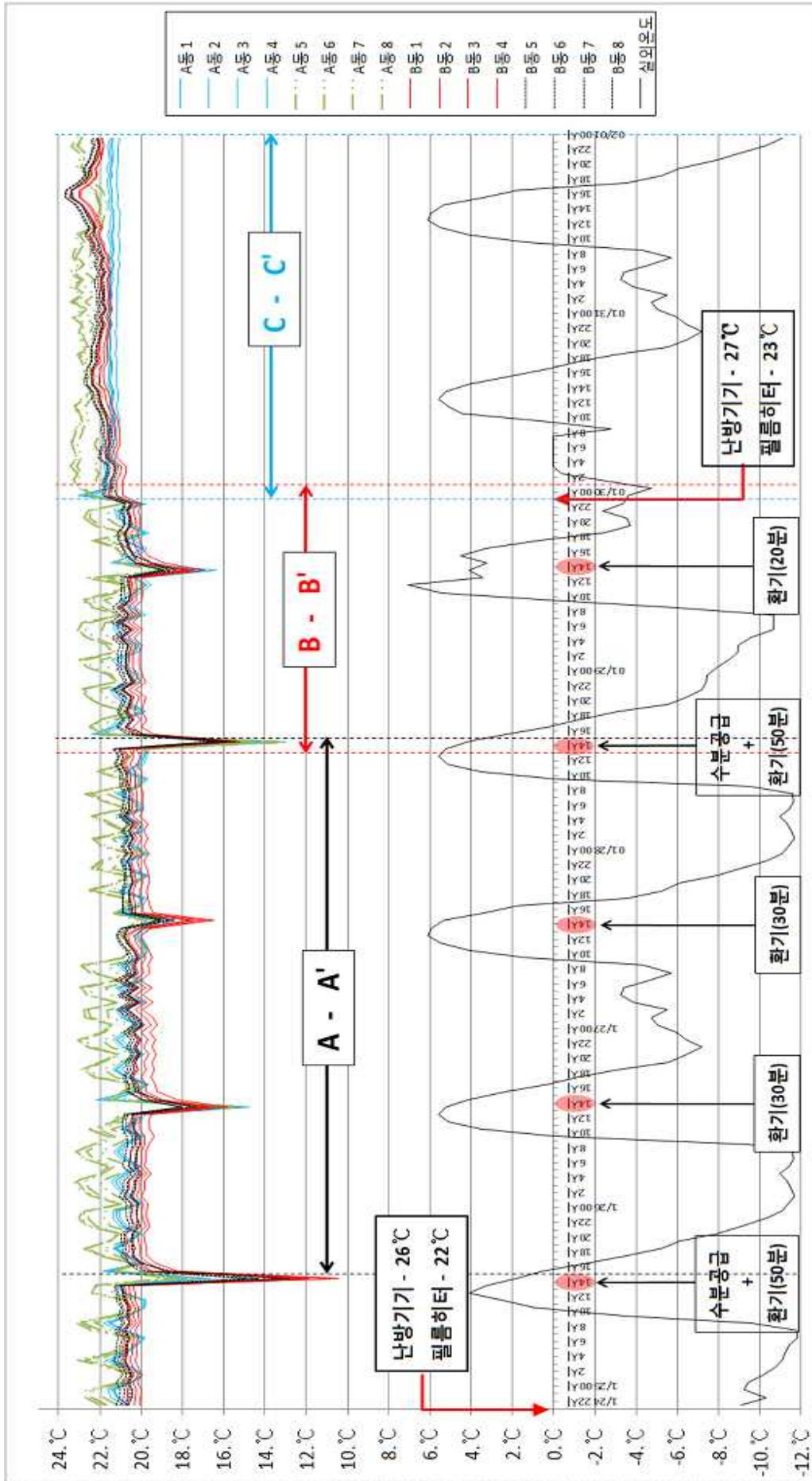


Fig. 4-5 개발 난방시스템(A, B Type) 실험 결과에서 각 재배상자들의 온도변화

(라) 개발 난방시스템의 운용에 투입된 전력소비량 계산

표. 4-1 은 개발 난방시스템의 전력소비량을 제시한 것이다. 제시된 결과는 측정결과 중 측정기간은 1월 25일 14시부터 1월 29일 14 사이의 측정결과이다.

결과에서 1일 전력 소비량이 A -Type 난방시스템이 B -Type 난방시스템이 보다 더 많은 전력을 소비하고 있다. 또한 1월 25일과 1월 26일 사이 소비량과 1월 28일과 1월 29일 사이 소비량은 A -Type 난방시스템이 거의 2배 정도가 소비 된다. 이는 예측 했던 결과와는 정반대의 결과를 나타내고 있다.

이와 같이 거의 2배 정도가 소비가 되는 원인을 분석해 보면, 표 4-2의 관리일지에서 25일 과 28일 재배사에 물을 주었고 창문을 열고 환기를 시켰으므로 재배사 실내의 온도가 급격히 떨어진다. 이 시점은 앞서 Fig, 4-5에서 나타난 온도가 하강한 지점과 일치 한다, 온도가 급격히 떨어지면, 떨어진 온도만큼 온도를 상승시키기 위해서 2 대의 난방기기가 각각 분리된 동에서 작동하게 된다. 이때 B -Type의 용량(2.25 kw) 보다 큰 필름 히터 난방기기 (9.2KW)가 “A동”에서 많은 전력을 짧은 시간대에 소비하게 된다. 이러한 결과로 앞서 Fig, 4-5에서 나타난 바와 같이 온도분포도 B -Type(B동)보다 높게 나타나고 있다. 이러한 결과로 볼 때 필름히터의 과대 용량으로 전력소비가 많은 것으로 사료 된다. 따라서 2차 년도에는 필름히터의 난방기기의 용량을 2.25 kw 범위로 다시 교체하고 다시 점검해 볼 필요가 있다.

표 4-1. 개발 난방시스템 전력소모량

날짜 위치별 난방기기, 검침		1월 25일 14:00		1월 26일 14:00		1월 27일 14:00		1월 28일 14:00		1월 29일 14:00		총 소모량 합계
		검침 전력 (kw)		검침 전력 (kw)		검침 전력 (kw)		검침 전력 (kw)		검침 전력 (kw)		
B동	B-Type 난방기기 삼성 HP-N157 (2.25KW)	841.6		867.6		892.3		910.8		935.5		
		소비량 (kw)/1일		26		24.7		18.5		24.7		93.9
A동	A-Type 필름히터 9.2kw	1724.3		1774.9		1811.8		1840.9		1894.2		
		소비량 (kw)/1일		50.6		36.9		29.1		53.3		169.9

표 4-2. 재배사 관리 일지

재배사 관리 일지 일부
01/24 21시 44분 DC-100 저장 시작(A동:26℃ , B동:22℃ )
<b>01/25 14시 재배사 들어감.(물주면서 양쪽 출입문 40분 개방.)</b>
01/26 13시 36분 재배사 들어감.(양쪽 출입문 30분 개방.)
01/27 13시 55분 재배사 들어감.(양쪽 출입문 30분 개방.13시55분~14시 25분)
<b>01/28 13시 55분 재배사 들어감.(물주면서 양쪽 출입문 40분 개방.14시~14시 40분)</b>
01/29 13시 38분 재배사 들어감.(양쪽 출입문 22분 개방.13시38분~14시)
01/30 23시 00분 재배사 들어감.(A동:27℃ , B동:23℃ 올림)

## 2) 배지재료 온.습도 전달 Mechanism 구명

### ○ 1 차년도 과제

- 배지재료별 열(온)·수분(습도) 전달 및 유지 메커니즘 구명
- 배지재료와 토양 일체 열(온)·수분(습도) 전달 및 유지 메커니즘 구명
- 대류공간내에서 배지재료 및 토양 Assembly의 열전달 메커니즘 구명

### 가) 배지재료별 열(온)·수분(습도) 전달 및 유지 Mechanism 구명

지상 다단 천마 시설재배의 개발 성공 여부는 재배사 실내공간 뿐 만 아니라 상층 하층으로 구성되는 재배상자 안의 배지재료(참나무, 사양토, 톱밥, 퍼얼라이트 등)의 온·습도를 천마가 잘 성장 할 수 있도록 하는 온도, 습도 및 적정 관수의 제어시스템 개발에 달려있다. 실내 지상 다단 재배시 예견될 수 있는 문제점은 상층 하층간의 온도 불균형이 발생하고, 재배사 규모가 클 경우 같은 층에도 좌·우 및 앞·뒤 도 불균형이 발생할 수 있다. 또한 다단 재배는 재배밀집도가 높으므로 과습도와 공기유통의 문제가 발생할 수 있으며, 여름과 겨울에는 적정 온도를 유지하기 위하여 냉난방기기를 가동해야 하는데 이러한 가동 냉·난방이 상·하, 좌·우 온도편차를 발생시킬 수 있다.

온도 조절에서는 실내 공간 공기의 온도조절 보다는 재배상자 안의 배지재료의 온도조절이 중요하다. 실내공간 온도를 기준으로 천마재배 온도를 제어하다 보면 배지재료의 열저항 계수로 인하여 실제 천마 생장 온도에 적합한 온도를 제어하지 못할 수 있다.

Fig. 5-1 과 같이 실제 공간온도를  $T_{\infty}$  로 설정하고 온도제어를 할 때 실제 천마 주위의 온도는 알 수 없다. 열전도 계수( $k$ ), 열용량( $C$ ) 과 열전달 구조를 이해하지 못하면  $T_1, T_2, T_3$  를 알 수 없고, 본 연구와 같이 복합체로 되어 있는 경우는 각 재료의 열전도 계수, 열용량, 열전달 구조가 구명되어야 실제 공간온도  $T_{\infty}$  와 천마 생육 온도 관계를 알 수 있다.

따라서 천마 생장 온도에 적합한 온도를 제어하려면 배지재료의 온·습도 전달 및 유지 Mechanism 구명이 필요하다.

배지재료는 참나무, 사양토, 톱밥, 퍼얼라이트 등이 복합되어 있으므로 이 복합체의 열·수분 전달 및 유지 Mechanism은 난해한 구조이다. 따라서 이러한 복합체의 특성을 구명하기 위해서는 배지재료를 구성하는 개별 재료의 특성을 구명하고 그 다음 이들 재료를 복합한 복합체의 특성을 구명하는 것으로 단계별로 실험을 수행하여야 한다.

이러한 단계별 연구수행을 정리 하면 아래와 같다.

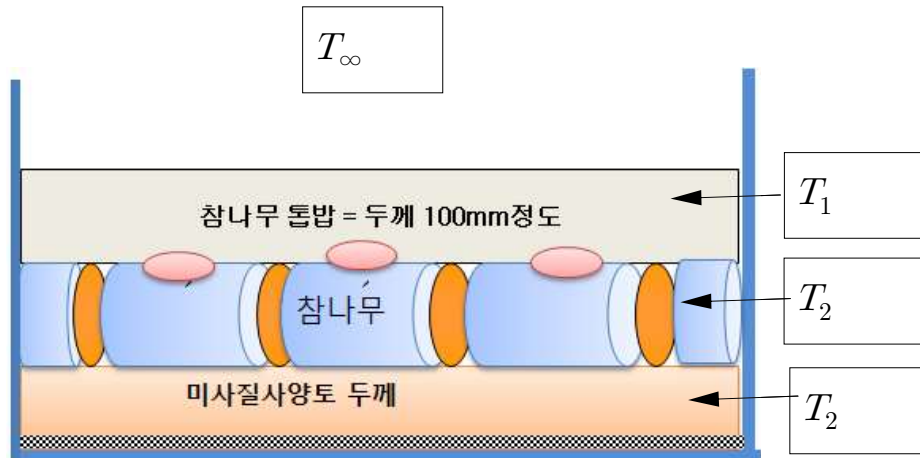


Fig. 5-1 배지상자와 배지구조

1. 배지재료별 열전도계수 및 열용량 측정과 열전달 구조 구명 그리고 습도 변화 구명
2. 참나무의 열전도 및 열용량 측정과 열전달 구조 구명
3. 배지재료 사양토 일체 열전도 및 비열값 측정과 열전달 구조 구명 그리고 습도 변화 구명

(1) 배지재료 열전도계수(k)와 열용량( $C_e$ ) 산출 및 열전달 Mechanism 구명,  
 습분 유지 및 전달 Mechanism 구명

(가) 실험 방향

본 실험은 배지재료들의 열전달 Mechanism 구명하기 위하여 열전도계수(k)와 열용량( $C_e$ )을 구하고 실험과정에서 열전달 특성을 관찰하고자 한다. 열전도계수(k)와 열용량( $C_e$ )를 구하는 방법은 통상적으로 측정 대상 재료를 얇게 슬라이스 하거나 전용포트에 담아 전용 측정 장비로 계측을 한다. 그러나 본 연구에서는 사용되는 원자재가 사양토, 톱밥, 퍼얼라이트(50%)+톱밥(50%) 및 버미어라이트(50%)+톱밥(50%)이기 때문에 통상적으로 사용하는 계측기를 사용하지 않고 시편을 만들어 시편에 T/C 와 습도센서를 설치하여 열전도계수(k)와 열용량( $C_e$ )를 구하고 실험과정에서 이들 배지재료들의 열전달특성을 구명하고 습분 유지 및 전달을 분석하고자 한다.

배지재료들은 습도에 따라 열전도계수(k)와 열용량( $C_e$ )이 달라진다. 따라서 습도에 따라 열전도계수(k)와 열용량( $C_e$ ) 들을 구하여야 하지만 본 연구는 천마 재배에서 온. 습의 제어에 필요한 자료이므로 이러한 자료는 최하위 자료와 최상의 자료 있으면 된다. 따라서 본 연구에서는 완전 건조된 상태와 재배사에 관수한 상태와 같은 조건으로 하여 두 경우 만 실험을 한다.

참나무 3개를 선별하여 참나무 중심에 발열체를 심고, 반경방향으로 일정간극 의 T/C를 설치한다. T/C를 계측장비에 연결한 후 중앙 발열체에 열을 가하고 이때 참나무에 설치된 T/C들로 부터 온도변화를 측정한다.

(나) 시편제작

Fig.5-2은 시편제작도를 제시한 것이다. 시편의 크기는 가로 x 세로 x 높이( 400 x100x 100 (mm))의 사각 공간을 만든다. 사각 공간내의 밑바닥은 균일열유속인 면상필름 발열체(Max. 10W)를 부착한다. 발열체 위에 배지재료를 채우면서 Fig.5-2 와 같은 위치에 T/C(T-Type)와 습도 센서(Vernier ;SMS-BTA)를 각각 설치하였다. 또한 상단 면의 공기온도를 측정하기 위하여 6번째 T/C를 설 하였다. 설치작업이 끝나면 하다면 열원이 배지재료 외는 열 전달이 일어나지 않도록 하단 발열체 뒷면에 실리콘러브(10mm)와 스티로폴(100mm)를 부착하였고, 사각 면 측면에도 100mm 의 스티로폴을 부착하였다. 단열재의 설치는 주거된 열이 다른 곳으로 흐르지 않게 하고 하단에서 상층으로 흐르는 열전달 1차원 흐름이 되도록 하기 위함이다.

실험 방향에서 제시된 4 종류의 배지자료들( 물성값은 “제 2세부연구” 참조)을 동시에 실험을 하기 위해 상기와 동일한 구격의 사각시편 4개를 한곳에 설치하였다.

Photo. 5-1은 시편작업 과정과 결과물을 제시한 것이다.

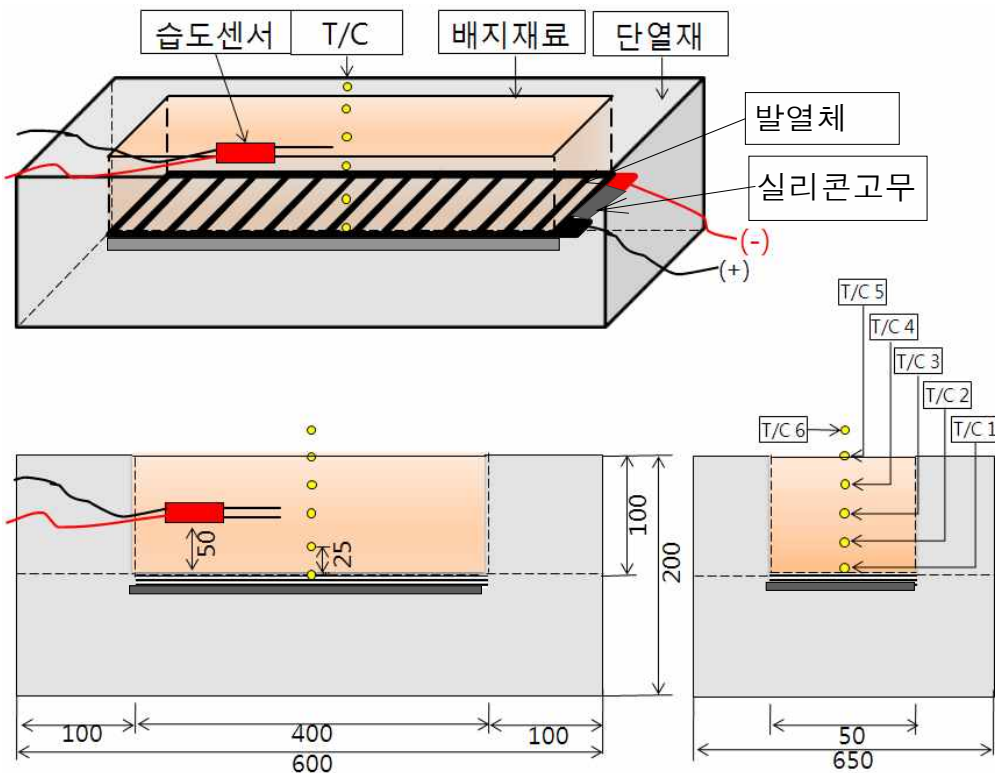
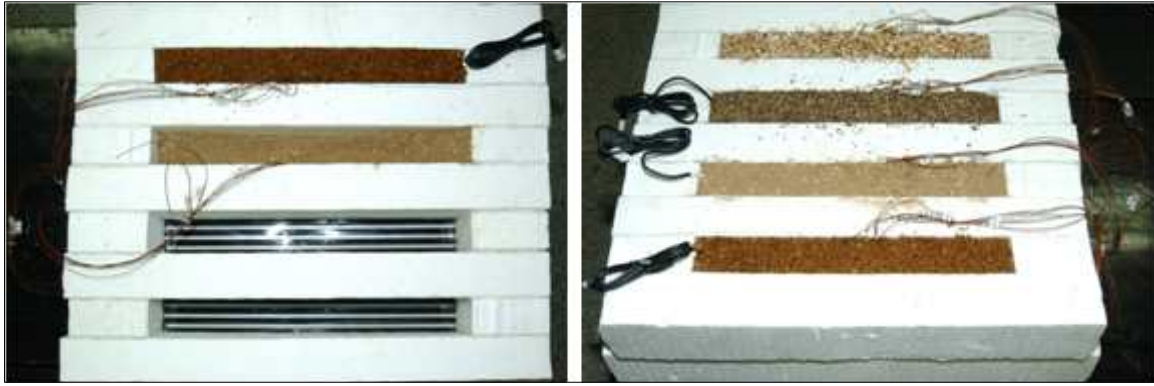


Fig. 1-1 시편제작도



(a) 제작과정

(b) 제작 결과

Photo. 5-1 시편작업 과정과 결과

(다) 실험장치 구성

Fig. 5-3 는 본 실험에서 사용된 실험장치의 개략도이다. 실험 장치는 시편과 AC Power supply, Data collector(DC-100), PC로 구성 하였다. ①번은 시편이며, ② 번은 면상 발열히터, ③번 T/C 그리고 ④번은 AC Power supply로 발열체의 입력전압을 조절하여 가열한다. ⑤번 습도센스, ⑥번 습도계측기 ⑦ Data collector(model : DC-100)로 시편의 온도변화를 측정하여 PC에 저장하고 Data 처리를 한다. Data collector의 데이트 수집은 1 sample/sec로 하였다. 실험장비 모두를 외부간섭을 줄이기 위해 ⑨번 항온실에 설치하였다.

Photo. 5-2는 실험 장치를 설치 상태를 제시한 것이다.

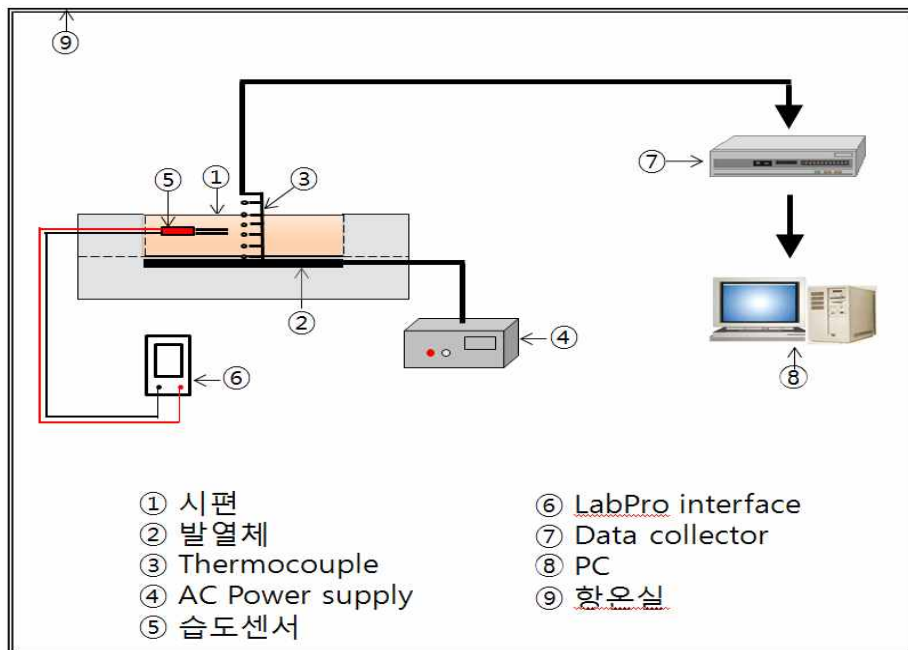


Fig. 5-3 실험장치 개략도



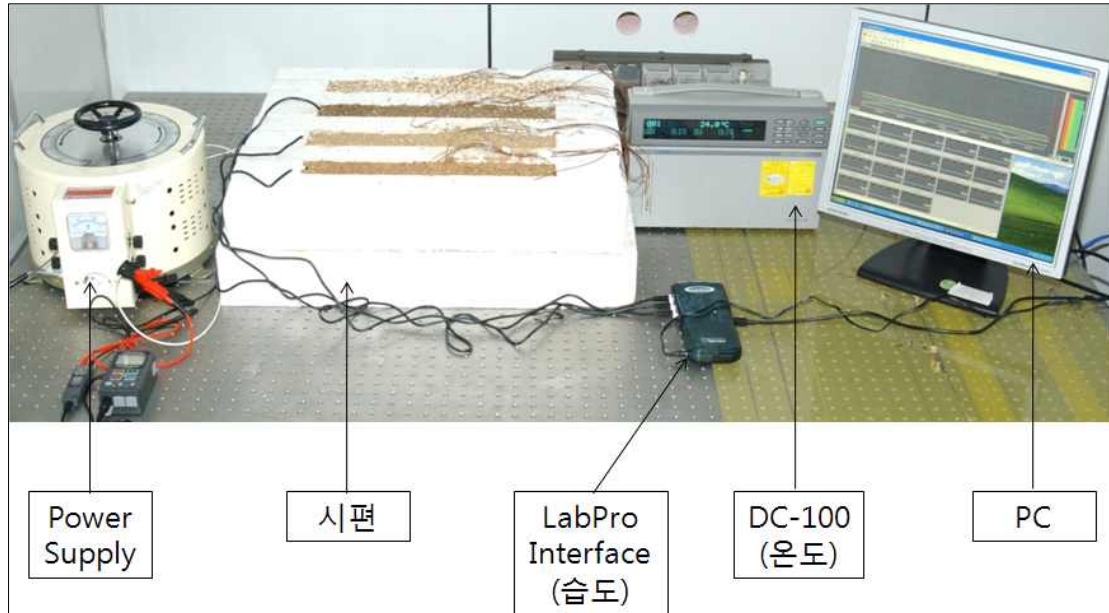


Photo. 5-2 실험장치 설치 상태

### (라) 실험 방법

실험장치 모두를 항온실 내에 설치하고, 항온실 온도를 18℃로 설정하여, 실험 전 시편과 항온실이 18℃ 정상상태를 유지하도록 하였다. 실험은 최초 18℃에서 면상발열체에 0.6~ 3 (W) 사이의 여량이 공급되도록 일정한 전압을 가하고, 시편의 측정온도가 정상상태에 이르기까지의 온도 변화를 측정한다. 시편의 온도는 Data collector를 통해 PC에 기록한다.

습도에 대한 영향을 측정하기 위해 위 4가지 조건의 전압에서 초기 습도상태의 실험과 배지 재료들에 동일한 량의 물 200(CC)를 각각 분사한 후 습도상태의 실험을 수행하였다.

### (마) 실험결과 : 열전도계수(k), 열용량 ( $C_c$ )산출 및 열전달 Mechanism 구명 습분 유지 및 전달 Mechanism 구명

아래 제시된 식들은 실험결과 값들로부터 열전도 계수, 열용량을 구하기 위한 식들이다. 식 (2)에서 열전도계수(k)와 열용량( $C_c$ )을 알면 열확산계수를 알 수 있고 열전달 Mechanism 구명할 수 있다. 식(3) 이하의 식들은 실험결과 값들을 대입하여 열전도계수(k), 열용량 ( $C_c$ ) 을 구하기 위한 것 들이다.

수분 이송 및 전달 Mechanism 은 습도변화량으로 검토하기로 하였다.

#### ■ 온도변화에 대항 질량 m에서의 열용량 식

$$Q = \rho C_p V (T_1 - T_2) (J), \quad \dots\dots\dots(1)$$

열용량 ;  $C_c = \rho C_p$

$$\therefore Q = C_c V (\Delta T), \quad \dot{Q} \cdot \Delta t = C_c V (\Delta T) \quad \dots\dots\dots(2)$$

열확산 계수 ;  $\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$

■ 직교 좌표에서 1차원 열전도 방정식

$$\frac{d}{dx} \left( k \frac{dT}{dx} \right) + \dot{q} = \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad \dots\dots\dots(3)$$

열저항 및 열용량의 수치화

$$\dot{Q} + \sum_j \frac{T_j^{p+1} - T_i^{p+1}}{R_{ij}} = C_j \frac{T_i^{p+1} - T_i^p}{\Delta \tau} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$C_i = \rho_i c_i \Delta V_i$  ;  $\rho_i$  ; 밀도,  $C_i$  ; 비열,  $V$  ; 체적

직교좌표 1차원 정상 상태방정식

$$\frac{d}{dx} \left( k \frac{dT}{dx} \right) = 0 \quad \dots\dots\dots(5)$$

\* 정상상태 열저항 방정식

$$\dot{Q} = \frac{T_{h_1} - T_1}{1/h_1 A} = \frac{T_1 - T_2}{\Delta x_1 / k_1 A} = \frac{T_2 - T_3}{\Delta x_2 / k_2 A} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\dot{Q} = \frac{T_{h_1} - T_3}{1/h_1 A + \Delta x / k_1 A + \Delta x_2 / k_2 A}$$

■ 원기둥 1차원 열전도 방정식

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( kr \frac{dT}{dr} \right) + \dot{q} = \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad \dots\dots\dots(8)$$

원기둥 1차원 정상상태 열전도 방정식

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( kr \frac{dT}{dr} \right) = 0 \quad \dots\dots\dots(9)$$

열저항 및 열용량의 수치화

$$\dot{Q} + \sum_j \frac{T_j^{p+1} - T_i^{p+1}}{R_{ij}} = C_j \frac{T_i^{p+1} - T_i^p}{\Delta\tau} \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$C_i = \rho_i c_i \Delta V_i \quad ; \quad \rho_i; \text{ 밀도, } C_i; \text{ 비열, } V; \text{ 체적}$$

① 배지재료 사양토 열전도 계수( $k_s$ ) 와 열용량( $C_c$ ) 산출 및 열전달 Mechanism 구명

㉞ 습도 4.3% 사양토 열전도 계수( $k_s$ ) 산출

Fig. 5-4 는 사양토 열전도 계수( $k_s$ ) 산출 하기위하여 수행한 실험결과를 제시한 것이다. 세로 축은 온도, 가로 축은 실험이 진행된 시간을 나타내며 각 심볼은 앞서 시편에 설치된 취를 나타낸다. 그래프의 형태는 (a) 점선을 기선으로 이전 영역의 온도변화 비정상상태를 나타내며 이후 영역은 온도분포가 정상상태를 나타낸다. 이때 습도계에서 측정한 습도값은 4.3% 이었다. 가로 축은 온도 세로축은 시간을 나타낸다. 필름 히터로 일정 열을 가한 후 열공급량을 낮추고 일정량의 열공급을 유지하고 일정기간이 흐르면 시간이 지나도 그래프에서 나타난 바와 같이 각 지점에서의 온도가 변화하지 않고 있다. 이때 열공급량은  $\dot{Q} = 0.13$  (W) 이었다. 이러한 상태는 열전도가 정상상태에 도달한 것이다. 이러한 상태에 대한 열전도 방정식은 앞서 (6) 식을 적용하면 다음과 같다. 아래 식에서 T자의 하첨자 번호는 T/C 위치 번호와 일치 한다.

$$\dot{Q} = \frac{T_{h_1} - T_1}{1/h_1 A} = \frac{T_1 - T_2}{\Delta x/k_1 A} = \frac{T_2 - T_3}{\Delta x_2/k_2 A} = \frac{T_3 - T_4}{\Delta x_3/k_3 A} = \frac{T_4 - T_5}{\Delta x_4/k_4 A} \quad \dots\dots\dots(6)$$

상기 식을 이용해서 각 열전도 계수를 구하는 방법은 Fig 5-2의 각 지점의 온도값과  $\Delta x = 0.025m$ ,  $A = 2 \text{ m}^2$  대입하여 일차적으로  $k_1$  과  $k_2$ 를 구하고 순차적으로 적용하여  $k_3$ ,  $k_4$ ,  $k_5$ 를 구한다.

이상과 같은 방법으로 사양토의 평균 열전도 계수 산출 결과를 표 5-1에 제시하였다.

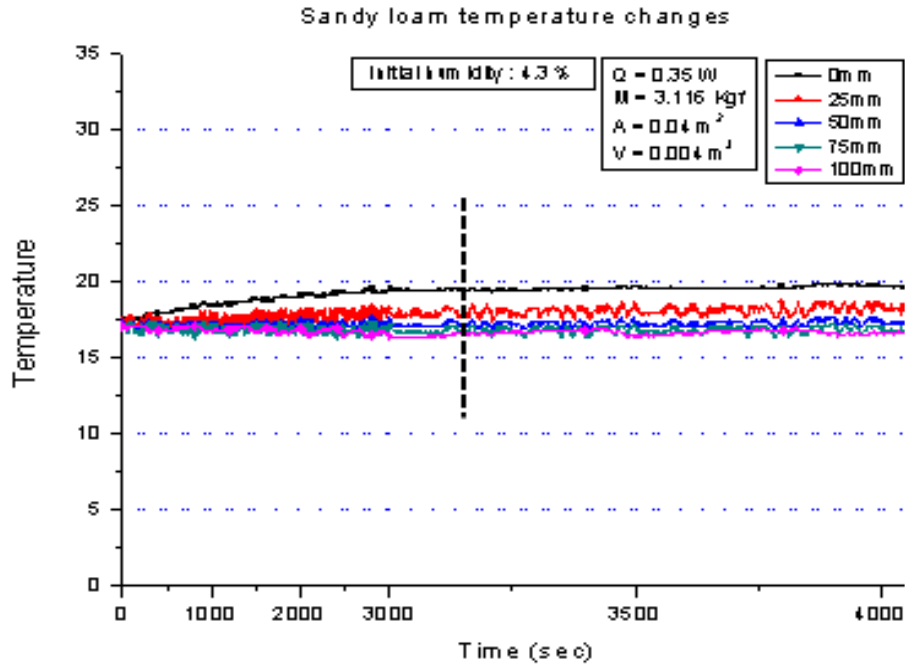


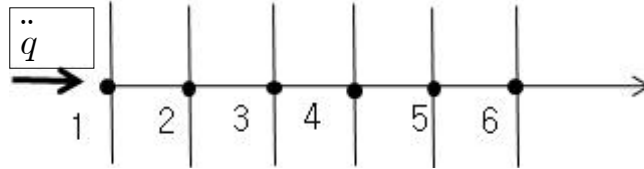
Fig. 5-4 사양토 실험결과 온도분포와 변화 (체적습도 ; 4.3%)

표 5-1 사양토 열전도계수 산출 결과(체적습도 ; 4.3%)

사양토 ; 체적 $V = 0.004 \text{ m}^3$ , T/c 설치 간극 ; $\Delta x = 0.025 \text{ m}$ , 투입 열량 $\dot{Q}_{in} = 0.13 \text{ w}$						
T/C 위치	1	2	3	4	5	합계
온도값 (T)	20.40	18.10	16.40	14.70		
열전도 계수값(k)	1.5219	0.1881	0.171			1.71
사양토 평균 열전달 계수 $k_s = (1.71)/3 = 0.566$						

㊤ 습도 4.3% 사양토 열용량( $C_c$ ) 산출

열용량  $C_c$  는 비정상 상태에서 구할 수 있다. 본 실험구조에 비정상상태 전도방정식은 앞서 제시된 (4)식 과 같고 이를 그림과 같이 직교좌표에 절점간의 상호관계식으로 근사화 하면 아래 같다.



· - 1 지점 ; 근사식

$$\ddot{q}A + \frac{T_2^P - T_1^P}{\Delta x/kA} = \rho A \frac{\Delta x}{2} C_p \frac{T_2^{P+1} - T_1^P}{\Delta t} \dots\dots\dots(나-1)$$

$$\ddot{q}A + \frac{T_2^P - T_1^P}{\Delta x/kA} = C_c \Delta V \frac{T_2^{P+1} - T_1^P}{\Delta t}$$

- 내부절점 지점 ; 근사식

$$(1 + 2Fo)T_m^{P+1} - Fo(T_{m-1}^{P+1} + T_{m+1}^{P+1}) = T_m^P$$

$$Fo = \frac{k \Delta t}{\rho C_p (\Delta x)^2}, C_c = \rho C_p \text{ 이면, } Fo = \frac{k \Delta t}{C_c (\Delta x)^2}$$

$$\therefore (1 + 2 \frac{k \Delta t}{C_c (\Delta x)^2}) T_m^{P+1} - \frac{k \Delta t}{C_c (\Delta x)^2} (T_{m-1}^{P+1} + T_{m+1}^{P+1}) = T_m^P \dots\dots\dots (나-2)$$

여기서 m은 T/c 위치 1, 2, 3, 4 값이 되고, P는 시간 시점을  $\Delta t$  는 시간 간극을 각각 나타낸다. k 는 앞서 구한  $k_s$  값이 된다.

Fig. 5-4의 (a) 이전영역은 전술한 바와 같이 비정상상태를 나타낸다. 그래프 비정상영역에서 한 지점을 설정하고 이 지점으로 부터 구간(  $\Delta t$  )에서의 각 온도 값과 주어진 값들을 식 (나-1) 식에 대입하여 구하고 그 값들을 평균하여 열용량 ( $C_c$ )을 구하였다.

표 5-2는 그 결과를 제시한 것이다.

표 5-2 사양토 열용량( $C_c$ )산출 결과

사양토 ; 체적 $V=0.004m^3$ , $\Delta x=0.025m$ , $A = 0.04m^2$ , $\Delta V=A \frac{\Delta x}{2} =0.00050m^3$ , $\Delta t = 5sec$				
투입 열량 $\dot{Q}_{in} = A\ddot{q} = 0.13W$ , $k_s =0.566$				
그래프 위치	A구역	B 구역	C 구역	합계
열용량( $C_c$ )	4584.78	4586.20	4614.28	13,785.26(J/m <sup>3</sup> .°C)
양토 평균 열용량 $C_c$ ; $C_c = (13,785.26)/3=4,595.09$ (J/m <sup>3</sup> .°C) $\alpha = k_s/C_c =1.24 \times 10^{-4}$				

㊤ 습도17.0% 열전도 계수( $k_s$ )와 열용량( $C_c$ ) 산출

Fig. 5-5는 습도 = 17.0% 일 때 실험결과 온도분포이다. 그래프에서 점선을 기선으로 정상상태와 비정상상태 영역으로 구분된다.

표 5-3과 표 5-4는 상기와 같은 방법으로 사양토 열전도계수 ( $k_s$ )와 열용량( $C_c$ )산출한 결과이다.

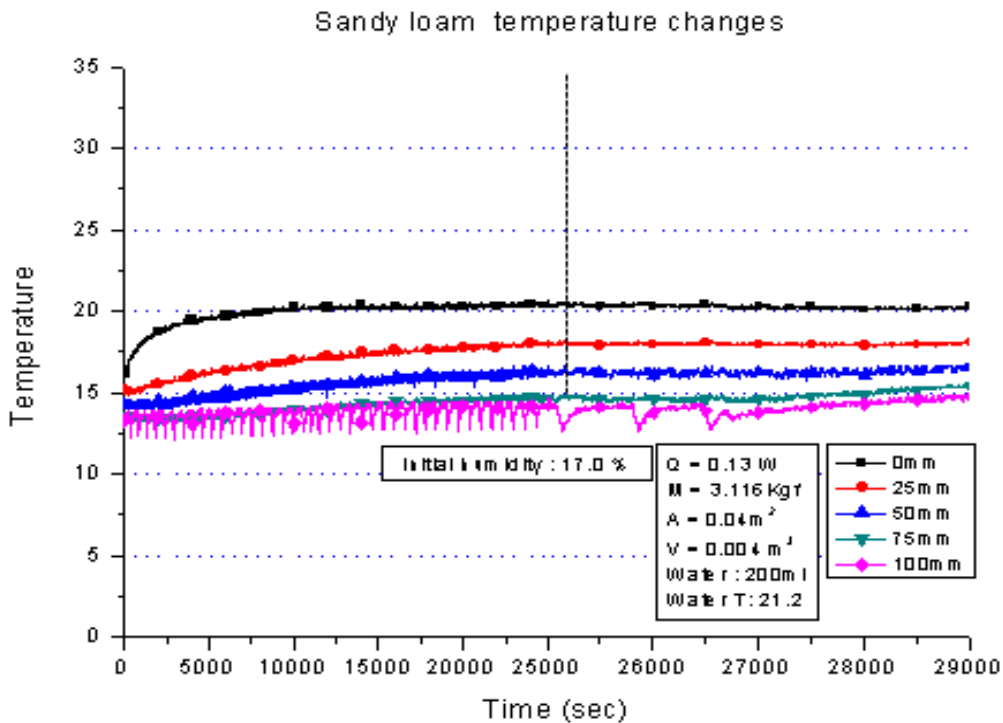


Fig. 5-5 습도 17.0% 사양토 실험결과 온도 분포

표 5-3 사양토 열전도계수 ( $k_s$ )산출 결과( 습도 17.0% )

사양토 ; 체적 $V = 0.004\text{m}^3$ , T/c 설치 간극 ; $\Delta x = 0.025\text{m}$ , 투입 input 열량 $\dot{Q}_{in} = 0.35\text{W}$						
T/C 위치	1	2	3	4	5	합계
온도값 (T)	19.90	18.10	17.20	16.70		
열전도 계수값(k)	0.2655	0.531	0.9735	-	-	1.77
사양토 평균 열전달 계수 $k_s = (1.77) / 3 = 0.59$						

표 5-4 사양토 열용량( $C_c$ )산출 결과( 습도 17.0% )

사양토 ; 체적 $V=0.004\text{m}^3$ , $\Delta x=0.025\text{m}$ , $A = 0.04\text{m}^2$ , $\Delta V=A\frac{\Delta x}{2} =0.00050\text{m}^3$ , $\Delta t = 5$				
투입 input 열량 $\dot{Q}_{in} = A\ddot{q} =0.35\text{W}$ , $k_s = 0.59$				
그래프 위치	A구역	B 구역	C 구역	합계
열용량( $C_c$ )	5317.46	4687.89	5032.35	15,037.7(J/m <sup>3</sup> .°C)
사양토 평균 열용량 $C_c$ ; $C_c = (15,037.7)/3 = 5012.57 /\text{m}^3.\text{°C}$ $\alpha = k_s/C_c = 1.177 \times 10^{-4}$				

② 배지재료 톱밥, 톱밥+ 퍼얼라이트 열전도 계수( $k_s$ ) 와 열용량( $C_c$ ) 산출  
열전달 Mechanism 구명

톱밥 및 톱밥+ 퍼얼라이트(50%+50%)의 열전도 계수( $k_s$ ) 와 열용량( $C_c$ ) 산출은 앞서 사양토와 같은 방법으로 수행하였다.

사양토와 동시에 실험을 하였기 때문에 그래프에 나타난 값을 대입하여 주어진 공식에 의해 계산을 수행하면 된다. 용어 단축 사용을 위해 이하 톱밥 + 버어미라이트를 ‘버어미톱밥’으로 톱밥+ 퍼얼라이트를 ‘퍼얼톱밥’으로 한다.

Fig.5-6~5-8은 톱밥 및 퍼얼톱밥의 각기다른 습도에서 시간에 따른 온도분포 변화의 측정 결과를 제시한 것이다.

표 5-5~5-12 는 Fig.5-6~5-8의 측정 결과로부터 각 습도에 대한  $k_s$ ,  $C_c$  및  $\alpha$  값의 산출 결과를 제시한 것이다.

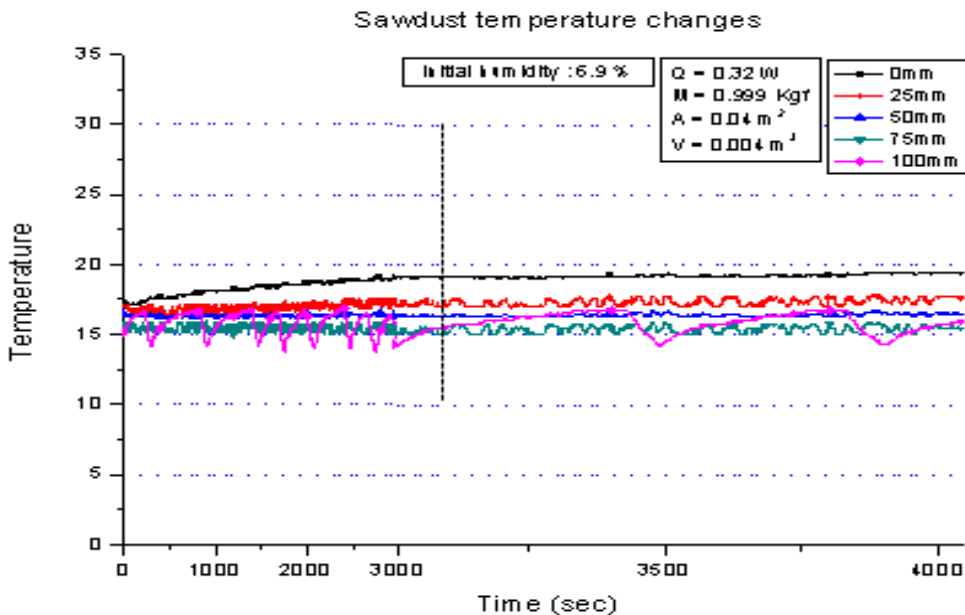


Fig. 5-6 습도 6.9% 톱밥 실험결과 온도분포

표 5-5 톱밥 열전도계수 ( $k_s$ ) 산출 결과(습도 = 6.9%)

톱밥 ; 체적 $V = 0.004 \text{ m}^3$ , T/c 설치간극; $\Delta x = 0.025 \text{ m}$ , 투입 열량 $\dot{Q}_{in} = 0.13 \text{ W}$						
T/C 위치	1	2	3	4	5	합계
온도값 (T)	25.0	22.20	20.00	16.80		
열전도 계수값(k)	0.1828	0.2089	0.1305	-	-	0.5223
사양토 평균 열전달 계수 $k_s = (0.5223)/3 = 0.1741$						

표 5-6 톱밥 열용량( $C_c$ ) 산출 결과(습도 = 6.9%)

톱밥 ; $V = 0.004 \text{ m}^3$ , $\Delta x = 0.025 \text{ m}$ , $A = 0.04 \text{ m}^2$ , $\Delta V = A \frac{\Delta x}{2} = 0.00050 \text{ m}^3$ , $\Delta t = 5$				
투입 input 열량 $\dot{Q}_{in} = A \ddot{q} = 0.13 \text{ W}$ , $k_s = 0.1741$				
그래프 위치	A구역	B 구역	C 구역	합계
열용량( $C_c$ )	1432.36	1384.35	1428.28	4,244.99(J/m <sup>3</sup> .°C)
사양토 평균 열용량 $C_c$ ; $C_c = (4,244.99)/3 = 1415.0 \text{ (J/m}^3 \cdot \text{°C)}$ $\alpha = k_s / C_c = 1.23 \times 10^{-4}$				

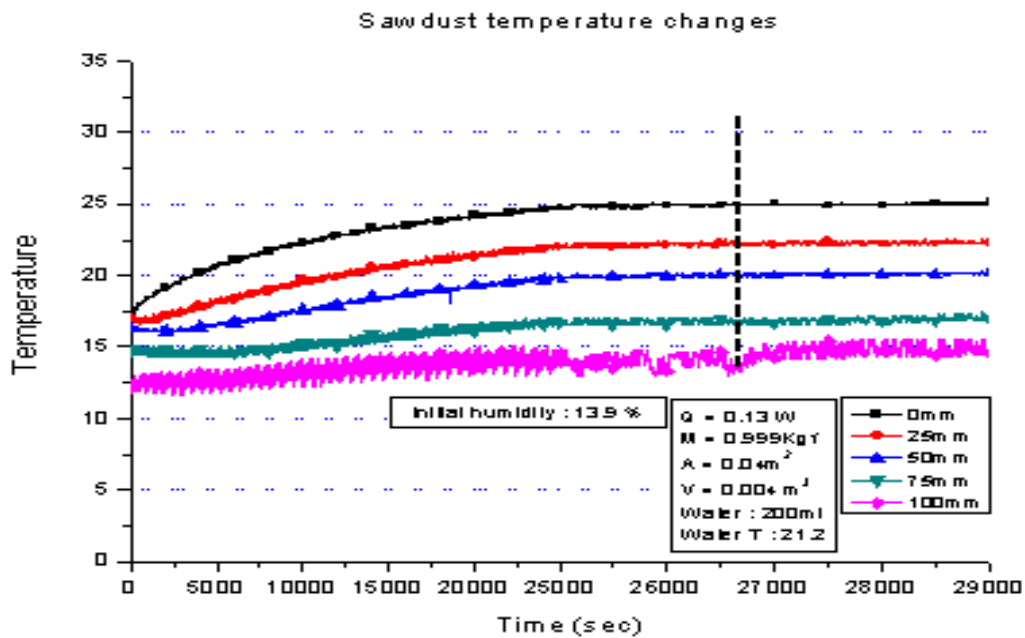


Fig. 5-7 습도 13.9% 톱밥실험 결과 온도 분포



표 5-7 톱밥 열전도계수 ( $k_s$ ) 산출 결과( 습도 13.9%)

톱밥 ; 체적 $V = 0.004 \text{ m}^3$ , T/c 설치 간극 $\Delta x = 0.025 \text{ m}$ , 투입 input 열량 $\dot{Q}_{in} = 0.32$						
T/C 위치	1	2	3	4	5	합계
온도값 (T)	19.40	17.40	16.50	15.50	-	
열전도 계수값(k)	0.1197	0.2709	0.2394			0.63
사양토 평균 열전달 계수 $k_s = (0.63) / 3 = 0.21$						

표 5-8 톱밥 열용량( $C_c$ ) 산출 결과( 습도 13.9% )

톱밥 ; $V = 0.004 \text{ m}^3$ , $\Delta x = 0.025 \text{ m}$ , $A = 0.04 \text{ m}^2$ , $\Delta V = A \frac{\Delta x}{2} = 0.00050 \text{ m}^3$ , $\Delta t = 5$				
투입 input 열량 $\dot{Q}_{in} = A \ddot{q} = 0.32 \text{ W}$ ,		$k_s = 0.21$		
그래프 위치	A 구역	B 구역	C 구역	합계
열용량( $C_c$ )	1776.55	1628.46	1600.54	5,005.55 (J/m <sup>3</sup> .°C)
사양토 평균 열용량 $C_c$ ; $C_c = (5,005.55) / 3 = 1,668.51$ (J/m <sup>3</sup> .°C) $\alpha = k_s / C_c = 1.259 \times 10^{-4}$				

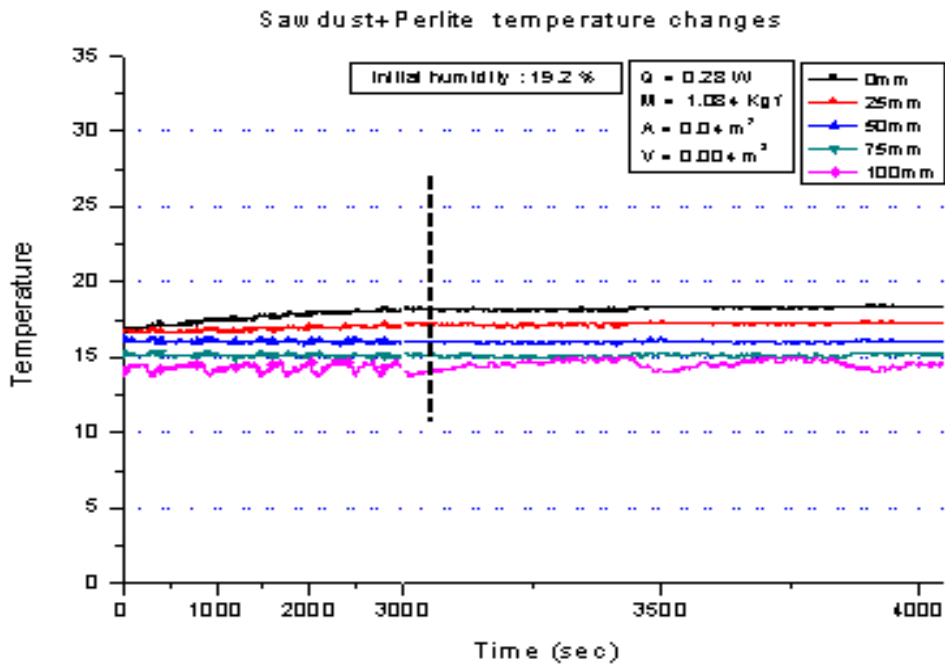


Fig. 5-8 습도 = 19.2% 퍼일톱밥 실험결과 온도분포

표 5-9 퍼얼톱밥 열전도계수 ( $k_s$ )산출 결과(습도 =19.2 )

퍼얼톱밥 ; 체적 $V = 0.004 \text{ m}^3$ , T/c 설치 간극 ; $\Delta x = 0.025m$ , 투입 열량 $\dot{Q}_{in} = 0.28 \text{ W}$						
T/C 위치	1	2	3	4	5	합계
온도값 (T)	18.40	17.20	16.10	15.20		
열전도 계수값(k)	0.03264	0.02958	0.03978			0.102
사양토 평균 열전달 계수 $k_s = ( 0.102 ) / 3 = 0.034$						

표 5-10 퍼얼톱밥 열용량( $C_c$ )산출 결과( 습도 =19.2)

퍼얼톱밥 ; $V=0.004\text{m}^3$ , $\Delta x=0.025m$ , $A = 0.04\text{m}^2$ , $\Delta V=A\frac{\Delta x}{2} =0.00050\text{m}^3$ , $\Delta t = 5$				
투입 열량 $\dot{Q}_{in} = A\ddot{q} = 0.28\text{W}$ , $k_s = 0.034$				
그래프 위치	A구역	B 구역	C 구역	합계
열용량( $C_c$ )	272.0	272.0	272.0	816(J/m <sup>3</sup> .°C)
사양토 평균 열용량 $C_c$ ; $C_c = ( 816.0 )/3 = 272.0 \text{ (J/m}^3\text{.}^\circ\text{C)}$ $\alpha = k_s/C_c = 1.25 \times 10^{-4}$				

표 5-11 퍼얼톱밥 열전도계수 ( $k_s$ )산출 결과(습도 =28.7% )

퍼얼톱밥 ; 체적 $V = 0.004 \text{ m}^3$ , T/c 설치간극; $\Delta x = 0.025m$ , 투입 input 열량 $\dot{Q}_{in} = 0.28\text{W}$						
T/C 위치	1	2	3	4	5	합계
온도값 (T)	18.4	17.30	16.10	15.20		
열전도 계수값(k)	0.0864	0.081	0.1026			0.27
사양토 평균 열전달 계수 $k_s = (0.27)/3 = 0.09$						

표 5-12 퍼얼튕밥 열용량( $C_c$ )산출 결과( 습도 =28.7% )

퍼얼튕밥 ; 체적 $V=0.004m^3$ , $\Delta x=0.025m$ , $A = 0.04m^2$ , $\Delta V=A\frac{\Delta x}{2} =0.00050m^3$ , $\Delta t =5sec$				
투입 input 열량 $\dot{Q}_{in} = A\ddot{q} = 0.28W$ , $k_s = 0.09$				
그래프 위치	A구역	B 구역	C 구역	합계
열용량( $C_c$ )	711.57	738.58	690.0	2,140.15(J/m <sup>3</sup> .°C)
사양토 평균 열용량 $C_c$ ; $C_c = (2,140.15)/3 = 713.38$ (J/m <sup>3</sup> .°C) $\alpha = k_s/C_c = 1.262 \times 10^{-4}$				

### ③ 배지재료 열전달 Mechanism 분석 ;

배지재료의 앞서 제시된 열물성치 실험결과를 정리하면 아래 표 5-13과 같다.

표 5-13에서 열전달 메커니즘을 분석해 보면, 튕밥의 경, 관수를 한 후(관수 물의 온도는 배지재료와 동일) 열전도 계수(k)는 건조했을 때 보다 약 1.2배 정도 크다. 이는 건조 때 보다 열전달율이 1.2배 정도 높다는 의미로 열 제어에서 배지재료의 온도 하강이나, 온도 상승을 빨리 할 수 있다는 의미이다. 그러나 관수 온도가 배지재료의 온도보다 낮을 경우는 물의 열용량이 크므로, 온도 상승·하강 시, 열량이 많이 필요함으로 온도 상승과 하강 시 시간이 많이 소요함을 알 수 있다. 사양토, 튕밥+ 퍼얼라이트, 배지재료의 열전달 Mechanism의 분석도 튕밥의 경우와 같다.

열용량 값  $C_c$ 는 천마 시설재배의 시설 설계 시, 냉·난방에 필요한 열량을 산출 할 수 있다. 냉·난방에 필요한 열량 계산식은 아래와 같다.

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = C_c \cdot V \cdot \Delta T$$

여기서, V는 열 공급 물체의 체적이고,  $\Delta T$ 는 열 공급에 의한 온도 변화량을 나타낸다. 따라서 위식으로부터 각 배지재료의 열용량  $C_c$ 를 알고, 배지재료 체적(V)과 냉·난방 온도차를 위한 온도차( $\Delta T$ )를 알면, 냉·난방에 필요한 열량을 각 각 산출할 수 있고, 나아가 재배사 안의 온도제어에 필요한 열량을 계산 할 수 있다.

이상과 같이 최적의 배지재료가 선정되면, 표 5-13의 계산 결과로부터, 천마 재배 시설의 열 제어 요소를 설계 할 수 있음을 알 수 있다.

표 5-13 배지재료별 실험결과 열물성치 값

	배지재료	$k(W/m \cdot ^\circ C)$	$C_c (J/m^3 \cdot ^\circ C)$	$\alpha(m^2/s)$
건조	사양토	0.57	4595.09 (J/m <sup>3</sup> ·°C)	1.24x10 <sup>-4</sup>
	툽밥	0.1741	1415.0	1.23x10 <sup>-4</sup>
	퍼얼툽밥	0.034	272.0	1.25x10 <sup>-4</sup>
관수 200CC	사양토	0.59	5012.57	1.177 x10 <sup>-4</sup>
	툽밥	0.21	1668.51	1.259 x10 <sup>-4</sup>
	퍼얼툽밥	0.09	713.38	1.262x10 <sup>-4</sup>

#### ④ 배지재료의 습분 유지 및 전달 구조 구명

Fig. 5-9은 각 배지재료에 200(CC)의 동일한 량의 물을 분산 물 조리로 투입한 후 시간 경과에 따른 습도 변화를 측정 한 것이다. 그림에서 나타난바와 같이 물을 투입하는 순간 사양토와 퍼얼 툽밥은 습도가 급격히 높아졌다가 감소하는 방향으로 가고 있다. 그러나 툽밥의 경우는 초반(5000sec)까지는 조금 감소하다가 20,000sec 넘도 거의 변동이 없다.

툽밥50% 퍼얼라이트 50%로 혼합한 퍼얼툽밥은 애초부터 습도가 19% 정도이므로 다른 배지재료 보다 습도 높은 상태에서 물을 급수하여 습도가 높게 나타난다. 높은 습도 만큼 고려를 하면 다른 배지재료와 물을 주입함으로써 습도가 급격히 상승한 것은 아니다.

그래프의 성향으로 보면 사양토가 물의 이동 습분 전달이 가장 좋다. 가장 좋지 않은 재료는 툽밥으로 물의 이송보다 유지하는 쪽이 강하다. 또한 퍼얼툽밥의 경우는 툽밥이 50% 정도 있지만 초기 물 빠짐이 좋지만 시간이 갈수록 유지하는 경향이 크다.

따라서 천마의 특성으로 볼 때 실내재배 습도 조절 측면서 3개의 중에서 퍼얼툽밥이 좋다고 판단 된다. 그러나 측정시간을 길게 잡고 물의 양에 따른 변화 등을 비교하는등 2차년도 세부 연구 필요하다.

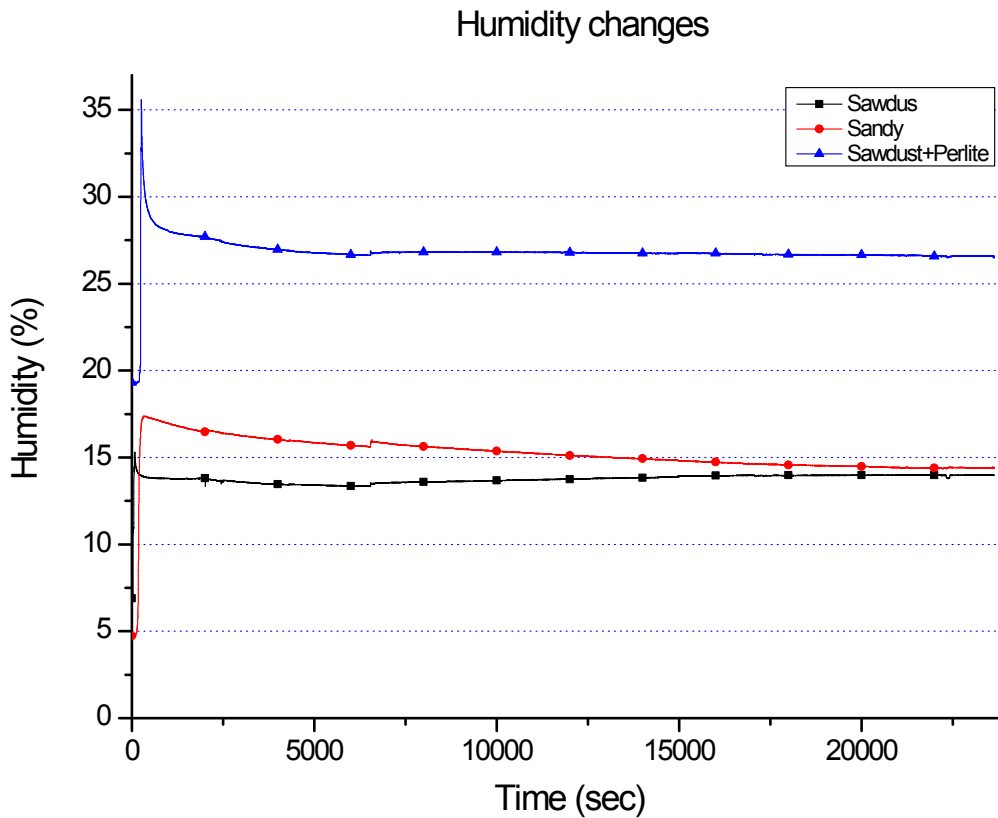


Fig. 5-9 배지재료 습도 분포

## (2) 참나무 열전달 Mechanism 구명

### (가) 실험방향

본 실험은 참나무의 열전달 Mechanism 구명하기 위하여 열전도계수(k)와 열용량( $C_c$ )을 구하고 실험과정에서 열전달 특성을 관찰하고자 한다. 열전도계수(k)와 열용량( $C_c$ )를 구하는 방법은 통상적으로 측정 대상 재료를 얇게 슬라이스 하여 전용 측정 장비로 측정을 한다. 본 연구에서는 원자재를 가공하지 않고 원자재에 센서를 설치하고 실험을 하여 구하고자 한다. 이러한 방법의 이점은 재료의 실제 자료를 얻을 수 있고 실험과정에서 참나무의 열전달 특성을 분석할 수 있다.

참나무 3개를 선별하여 참나무 중심에 발열체를 심고, 반경방향으로 일정간극의 T/C를 설치한다. T/C를 측정장비에 연결한 후 중앙 발열체에 열을 가하고 이때 참나무에 설치된 T/C들로 부터 온도변화를 측정한다.

### (나) 시편제작

Fig. 6-1은 시편제작도를 제시한 것이다. 직경 116, 110 및 100 mm, 이고 길이 280 mm 인 참나무 3개를 선택하고, 참나무 중심에 발열체(봉히터 ; 직경 10mm , 길이 250mm , 최대 열용량 500W)를 설치하였다. T-type의 열전대(T/C)를 발열체를 중심으로 시편 단면에서 가장자리를 기준으로 반경 방향 위치에 수평으로 각각 30mm 깊이의 구멍을 뚫어 5개의 열전대를 삽입 설치하였다. 또한, 시편 오른쪽 단면에서 길이방향으로 100mm 지점에서 발열체 가장자리를 기준으로 깊이가 다르고 위치가  $\theta=20^\circ$ 로 변하는 5개 지점에 시편둘레에 수직하게 구멍을 뚫어 열전대를 설치하였다. 위와 같이 한 개의 시편에 10개의 열전대를 설치하였다. 동일한 위치의 시편을 3개를 제작하였으며 Photo 6-1은 제작된 시편을 제시한 것이다, 제작된 시편에 반경 방향으로만 열이 전달 될 수 있도록 시편 양 끝에 단열을 위해 1500mm 두께의 테프론( $k=0.232 W/m\cdot K$ )을 설치하였다(Photo. 6-2). 3개의 시편을 동시 실험하기 위해 Photo 6-3 같이 그룹 형태로 하였다. 이들 시편주위에는 시편의 주위온도를 측정하기 위해 3개의 열전대를 설치하였다. 표 6-1 은 각 시편의 T/C 위치를 정리한 것이다.

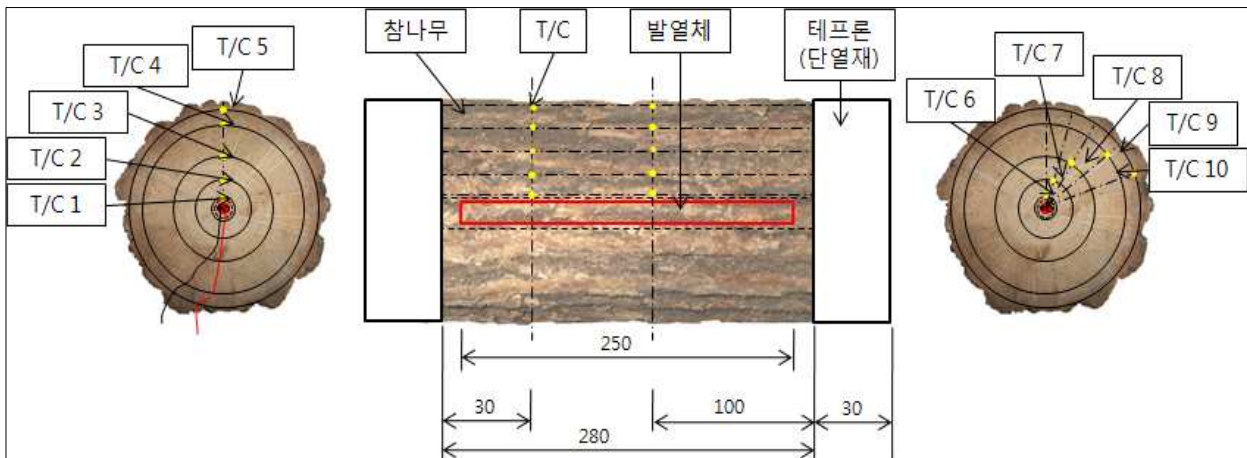


Fig. 6-1 열전대 설치도



(a)



(b)



(c)

Photo. 6-1, T/C 와 봉 히터 설치 시편



Photo. 6-2, T/C 와 봉 히터, 단열재 설치 시편



Photo. 6-3, 3 시편 그룹 형태

Table.6-1 열전대 설치 위치

시편 1		시편 2		시편 3	
열전대	위치 (발열체표면 기준)	열전대	위치 (발열체표면 기준)	열전대	위치 (발열체표면 기준)
T/C 1	0mm	T/C 11	0mm	T/C 21	0mm
T/C 2	5.5mm	T/C 12	9.0mm	T/C 22	9.5mm
T/C 3	22.0mm	T/C 13	19.5mm	T/C 23	22.0mm
T/C 4	35.5mm	T/C 14	35.5mm	T/C 24	31.0mm
T/C 5	41.0mm	T/C 15	40.5mm	T/C 25	39.0mm
T/C 6	0mm	T/C 16	0mm	T/C 26	0mm
T/C 7	10.0mm	T/C 17	10.0mm	T/C 27	10.0mm
T/C 8	20.0mm	T/C 18	20.0mm	T/C 28	20.0mm
T/C 9	44.0mm	T/C 19	46.0mm	T/C 29	49.0mm
T/C 10	46.0mm	T/C 20	53.0mm	T/C 30	50.0mm



## (다) 실험 장치

### ① 실험장치 구성

Fig. 6-5 는 본 실험에서 사용된 실험장치의 개략도이다. 실험 장치는 시편(참나무), 단열재, AC Power supply, Data collector, PC로 구성 하였다. ①번은 시편이며, ②번은 시편의 온도변화 측정을 위해 시편의 반경방향으로 10개의 T-type Thermocouple을 설치하였다. 시편의 축 방향 단열을 위해 Tefron ( $k=0.232 W/m\cdot K$ )을 설치하였고, ③번 AC Power supply로 발열체의 입력전압을 조절하여 가열한다. ④번 Data collector(model : DC-100)로 시편의 온도변화를 측정하여 ⑤번 PC에 저장하고 Data 처리를 한다. Data collector를 이용한 데이터 수집은 1 sample/sec로 하였다. 실험장비 모두를 외부간섭을 줄이기 위해 ⑥번 항온실에 설치하였다.

photo 6-4는 실제 실험 장치를 촬영한 사진을 제시한 것이다.

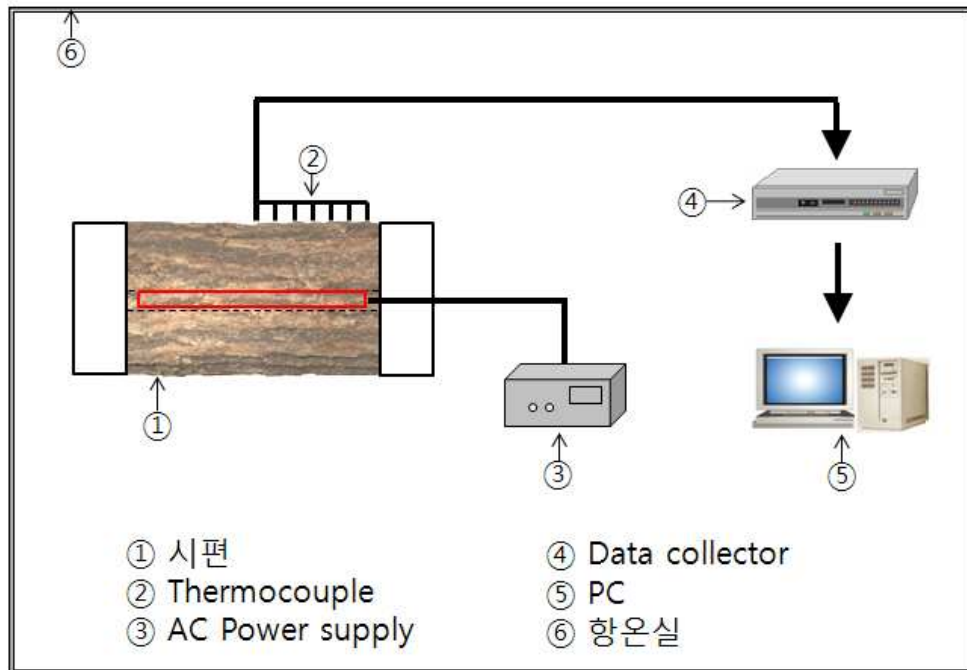


Fig. 6-5 실험 장치 개략도

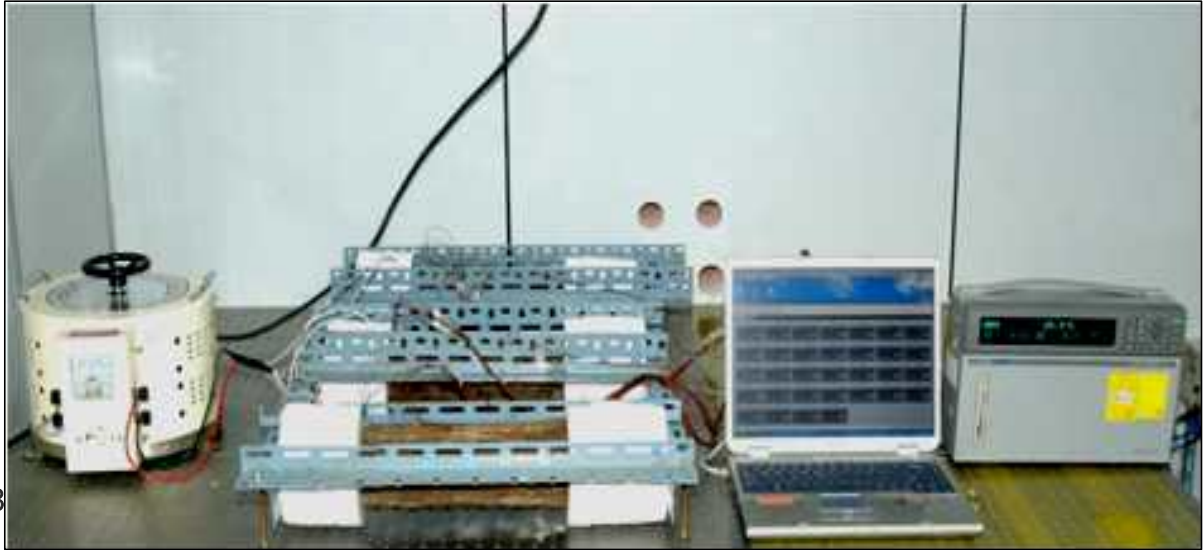


Photo. 6-4 실험 장치

### (라) 실험 방법

실험장치 모두를 항온실 내에 설치하고, 항온실 온도를 18℃로 설정하여, 실험 전 시편과 항온실이 18℃ 정상상태를 유지하도록 하였다. 실험은 최초 18℃에서 발열체에 10V, 15V, 20V, 25V의 일정한 전압을 가하여, 시편의 측정온도가 정상상태에 이르기까지의 온도 변화를 측정한다. 시편의 온도는 Data collector를 통해 PC에 기록한다.

### (마) 실험 결과

Fig 6-6은 중앙 히터를 가열했다가 가열을 중단하고 냉각상태로 둔 상태에서 측정한 결과를 제시한 것이다. 제시된 결과는 3개의 참나무 결과 중 3번 참나무 결과를 제시한 것이다.

Fig 6-7은 일정 열이 공급되는 상태에서 측정한 결과를 제시 한 것이다. 두 결과 모두 비정상상태이지만 Fig 6-6은 가열원이 없이 잠열에 의해 열전달이 일어나는 현상이다. 이러한 현상은 시설재배시 온도를 제어하는데 중요한 Mechanism이다. 냉난방기로 재배사를 냉 난방하면 일정 온도에 도달 하면 전원이 차단되고 이때부터 재배사의 배지재료의 잠열로 유지되면서 본 연구 기구와 같이 냉각이 진행되게 된다. 이와 같은 시스템도 열전달 계수( $k_w$ )와 열용량  $C_c$  값을 구하면 보다 정량적인 기초자료를 구할 수 있다. 아래 식 (11)의 열전도 냉각 근사식으로 42 쪽 (10)식으로부터 생성 항이 없는 원기둥 기둥 좌표계로 전환하여 구한 것이다. 또한 식(12)는 Fig 3-7에 제시한 비정상상태에 대한 근사식으로 그래프의 결과 값들로부터 식 (12)에 의해 열전달 계수( $k_w$ )와 열용량  $C_c$  값을 구하여 식 (11)의 결과와 열립하여 풀면 열전달 계수( $k_w$ )와 열용량  $C_c$ 를 구할 수 있다. 이러한 수식적인 결과로 보다 정량적인 분석이 가능하겠지만 근사식이므로 정확하지가 않다. 이런 경우는 실험 결과의 그래프 성향 결과수치로 분석을 할 수 있다.

Fig 6-6 그래프에서 만약 여름 날씨에 재배사가 노출되어 현 크기의 참나무 중심온도가 30℃가 되었다면(그래프 (a) 지점) 이곳이 천마가 성장하는 온도 24℃에 도달하는( 그래프 (b)

지점) 시간은 5600-1950= 3650 (sec) 로 약 1시간이 소요 된다. 주위온도 조건은 가정용 냉풍기가 순환 바람으로 17 ℃ 온도로 냉각하는 경우이다. 내부온도가 30℃ 인 시점에서 표피 바로 밑 온도는 약22 ℃ 로 실내 온도 17 ℃에 도달하기 위해서는 약 12000sec 로 33시간이 소요 된다. Fig. 6-7의 비정상상태 일 때 그래프에서 나타난바와 같이 중앙온도 보다 주위 온도차이가 크다 . 이는 참나무가 열저항이 크다는 의미로 열적 변화에 민감하지 않다. 이러한 특성은 온도제어의 범위를 넓게 잡을 수 있는 이점은 있으나 앞서 기술한 바와 같이 낮은 온도나 높은 온도에 장시간 노출 될 경우 회복이 어렵다. 이한 문제는 온도제어시 제어 범위를 어떻게 설정 할 것인지 고려대상이 된다. 이러한 재질은 열 투입도 어렵지만 한번 투입 된 열이 잘 변화하지 않는다는 의미로 천마가 활발하게 자날 수 있는 최하점(20℃) 이하로 내려가지 않도록 공간 제어를 하면 별문제가 되지 않는다고 볼 수 있다. 그러나 그 이하의 온도가 장시간 (실험결과 3시간 이상) 지속될 경우 실내 난방을 해도 온도 상승에 오랜 시간이 소요된 다는 것을 의미 한다. 아래 식에 대한 결과 2차년 Assembly 연구와 관련 있어 2차년도에 지속적으로 연구하고자 한다.

$$k \frac{T_j^{P+1} - T_i^{P+1}}{\ln(r_j/r_i)} = r_i r_j C_c \frac{T_i^{P+1} - T_i^P}{\Delta t} \dots \dots \dots (11)$$

$$\dot{Q} + 0.785 k \frac{T_j^{P+1} - T_i^{P+1}}{\ln(r_j/r_i)} = 0.785 r_i r_j C_c \frac{T_i^{P+1} - T_i^P}{\Delta t} \dots \dots \dots (12)$$

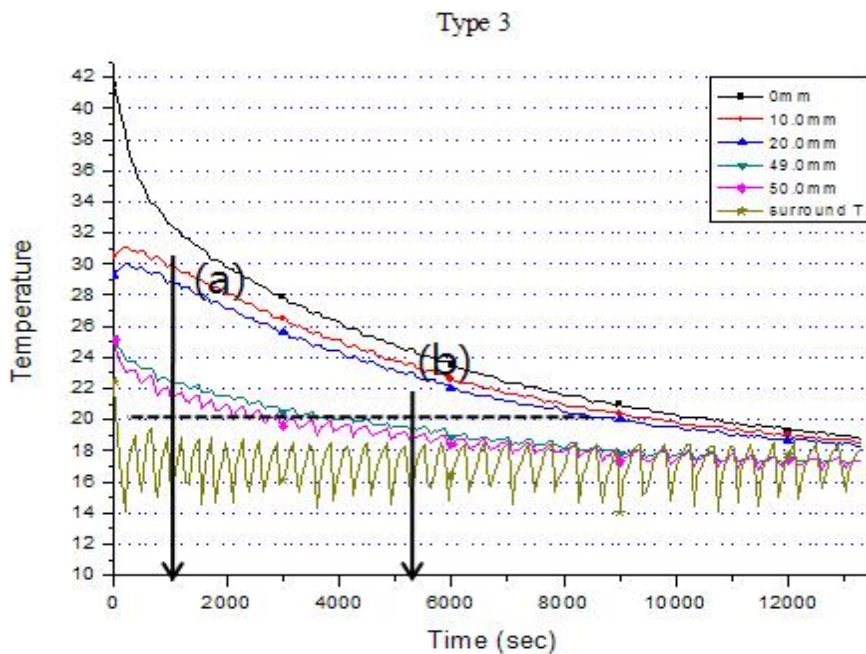


Fig. 6-6 비정상상태 냉각 실험결과

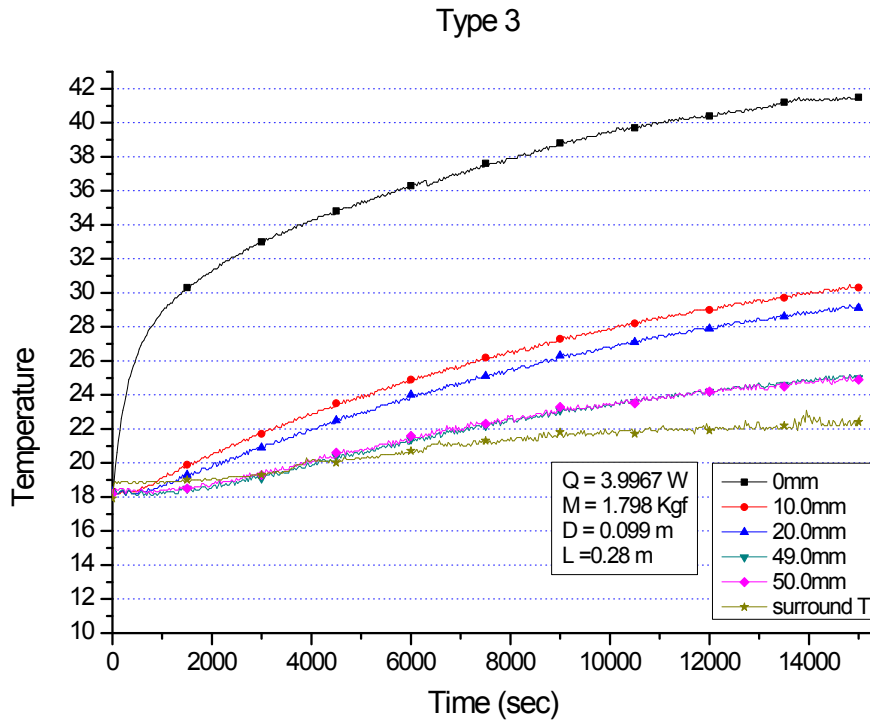


Fig. 6-7 비정상상태 가열 실험결과

## 나) 배지재료와 토양 일체 열·수분 전달 및 유지 메케니즘 구명

배지재료와 토양 일체 열·수분 전달 및 유지 메케니즘 구명은 앞서 제시된 각 배지재료와 토양을 결합하여 검토할 수 있다.

표 6-2는 이를 정리 한 것이다.

사양토+ 퍼얼 톱밥인 경우가 사양토+ 톱밥인 경우보다 건조, 습윤 상태 모두에서 열확산 계수가 더욱 높다. 습도의 5 경우, 앞 페이지 Fig. 2-5에서 분석하면 물 공급후 42분 후부터 25000시간인 시점에서 증발률을 계산하면 사양토 2%/20000(sec), 밥이 -0.5%/20000(sec) 퍼얼톱밥1%/20000(sec), 버어미톱밥은 퍼얼 톱밥과 비슷하였다.

이상의 결과에서 열확산이나 습도 유지능력에서 사양토+ 톱밥보다 사양토+ 퍼얼 톱밥이 우수한 것으로 판단된다. 특히 현상은 톱밥의 경우 시간 갈수록 미소량이지만 오히려 습도가 증가 하는 현상이 나타나고 있다. 이러한 현상에서는 대해서는 2 차년도에 좀 더 세부적으로 연구할 필요가 있다.

표 6-2, 열·수분 전달 및 유지 구조

일체 형태	사양토+ 톱밥		사양토+ 퍼얼 톱밥		사양토+ 버어미 톱밥	
	건조	습윤	건조	습윤		
확산계수	1.235 $\times 10^{-4}$	1.218 $\times 10^{-4}$	1.245 $\times 10^{-4}$	1.22 $\times 10^{-4}$		
습도변화	2%/20000(sec),		0.75%/20000(sec),			

상기의 경우는 개별결과를 조합한 것으로 보다 정확한 구멍은 결합체의 실험 통하여 구멍할 필요가 있다. 구멍을 위한 실험은 진행 중에 있다. 동 실험은 2차년 연속과제인 “대류공간내에서 배지재료 및 토양 Assembly의 열전달 메케니즘 구멍 ”과 같은 시편과 장치에서 동시에 수행할 수 있기 때문에 다음 장에 연결되는 부분이다.

### 다) 대류공간내에서 배지재료 및 토양 Assembly의 열전달 메케니즘 구멍

Fig. 6-8은 본 과제의 실험을 위한 시편제작도를 제시한 것이다. 본 실험은 개별적으로 수행된 배지재료들과 사양토, 참나무가 결합된 상태 즉 천마의 배지재료 Assembly 상태에서 열수분의 전달 체제가 실제재배공간인 대류공간내에 노출되었을 때 열전달 메케니즘을 구멍하고자 한다. Photo. 6-5은 제작시편을 제시한 것이며, Photo 6-6는 시편과 측정장비를 설치한 결과를 제시한 것이다 실험장비는 앞서 제시된 습도센서, T/C 이에 관련된 측정기기를 그대로 사용하였다.

시편 밑에는 재배사 실험 재배환경과 같이 필름 난방 히터를 설치하여 난방을 하였다.

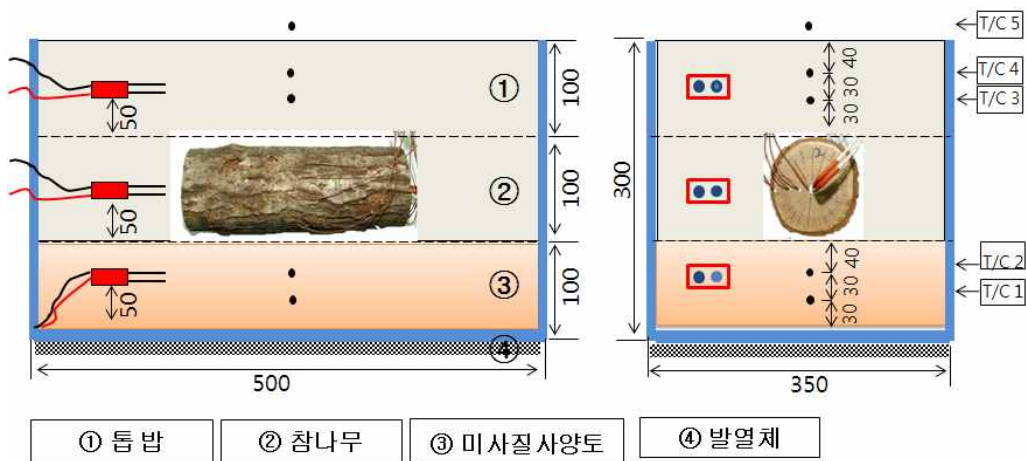


Fig. 6-8 시편제작도



Photo. 6-5 시편 제작

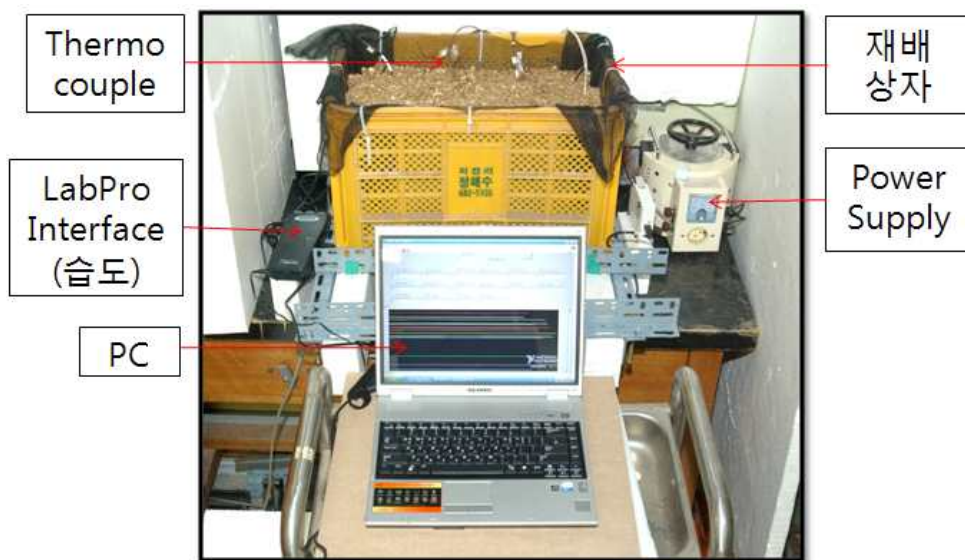


Photo. 6-6 실험장치 및 측정 장비

## 나. 제 2 세부: 시설재배에 적합한 천마 배지재료 및 환경의 최적 조건 확립 연구

### 가. 연구방법

#### 1) 천마재배

본 실험에 사용된 뽕나무 버섯의 균사와 자마는 충북 청원군 청원천마농장과 강원도 춘천시 남산영농조합법인에서 보급중인 천마균 1호를 분양받았으며 천마의 시설재배 즉 무성번식(영양번식)은 천마의 소괴경(백마)을 종마로 사용하는 병반과 상처와 동상이 없고 부패되지 아니한 방추형으로 씨눈이 명확한 자마로 백마(6~10cm)를 종마로 사용하였다. 토양은 통기성이 좋은 함수량 15~20%사이로 맞추어서 재배하였고, 재배온도는 온도처리 실험을 제외 하고는 20~25℃로 맞추어서 재배하였다. 6월과 11월에 2회에 걸쳐 원목, 뽕나무버섯 균, 천마를 동시에 접종하였다.

천마 재배용 수종은 참나무류를 사용하였고 원목은 수피가 부착되어 있는 것으로 이용하였고, 원목 크기는 직경 7cm 이상이고 길이는 재배방법에 따라 20~30cm의 단목 또는 60cm, 90cm, 120cm 등 장목으로 절단하여 이용하였다. 원목 건조는 38~40% 수분상태로 원목 절단면에 가는 금이 생기는 것을 기준으로 하여 사용하였고 톱밥, 사양토, 원목 등은 1시간 간 증기멸균 후 사용하였다.

시설재배는 세부과제Ⅱ에서 제작한 재배사를 이용하였고, 노지재배는 두둑은 넓이를 120cm, 고랑은 60cm 하고 원목 문을 자리에 줄을 띄우고 8~10cm의 깊이로 자리를 파서 재배하였다. 종균 접종법은 톱밥종균을 1~2cm 두께의 원판형으로 절단하여 원목 양쪽 절단면에 종균을 부착하여 매몰하는 방법을 사용하였다. 골목하단 및 상단은 톱밥을 사용하였고 종마를 접종된 종균 양옆에 2개씩 횡으로 심었다.

## 2. 뽕나무 버섯 균사속과 천마의 공생관계에 대한 조직학적 관찰

지상다단식 시설에서 재배한 천마의 뽕나무버섯균 감염 부위를 재료로 하여 광학현미경 및 전자현미경을 이용하여 김등의 방법(2000)으로 아래와 같이 조직관찰을 실시하였다. 즉 천마를 토양에서 꺼낸 후 모래와 흙을 씻어버린 후 뽕나무버섯균 감염부위를 0.5mm<sup>3</sup>으로 절단하여 탈수 후 paraplant로 포맷하여 조직 구조를 관찰하였다. FAA에서 24시간 고정 후 butyl alcohol에서 series로 탈수한 후 paraplant에 포맷하였고 10um 두께의 절편을 만들어 slide glass위에 고정시킨 다음 xylene으로 paraplant를 제거하고 D.W에서 10분간 방치한 다음 지방, 단백질, 탄수화물 염색액으로 염색하고 glycerin 으로 mounting하여 광학현미경으로 관찰하였다.

전자현미경용 sample은 감염절편을 5% 당을 함유한 glutaraldehyde용액으로 4℃에서 하룻밤 동안 전 고정한 후 0.1M 인산완충용액(pH 6.7)으로 고정액을 수회 세척 제거하고 2.5%당을 함유한 1% OsO<sub>4</sub> 용액으로 1시간 동안 후고정 하였다. 다시 인산완충액으로 3회 세척한 후 acetone과 methanol 로 series 탈수하고 100% acetone : 100% epon-araldite(1:1) 용액에서 30분 침지한 후 epon-araldite 혼합용액으로 embedding(65℃, 28시간)하였다. Epon block 을

ultratome으로 10um 두께로 자른 후 SEM으로 검경하였다.

### 3. 배지재료의 이화학적 성분 분석

8개의 배지 재료의 분석은 경북 안동시 농업기술센터 토양 분석실에 의뢰하여 농촌진흥청 토양분석법에 준하여 분석하였다.

### 4. 기능성 생리활성물질 분석

(1) 재 료: 본 실험에서 노지재배 천마(*Gastrodia elata* Blume)는 강원도 춘천시 남산면에서 재배하여 2009년 수확한 2년생을 사용하였으며, 시설재배 천마는 군사 접종 후 180일 동안 생육되어진 것을 사용하였다. 생천마를 수세하여 3~4mm 두께로 절편한 다음 40℃ dry oven에서 건조시켜 분쇄기로 마쇄하여 시료로 조제하였다.

#### (2) 방 법:

##### 수분

AOAC법에 따라 수분량은 105℃ 상압가열건조법으로 정량하였다.

##### 엑스함량

대한약전(한국약학대학협의회 약전분과회 2003) 생약시험법에 따라 엑스함량은 묽은에탄올엑스정량법으로 분석하였다. 분석용 검체 2.3g에 묽은에탄올 70ml를 넣어 5시간 동안 수시로 교반하면서 침출하고 16시간 상온에 방치한 다음 여과하였다. 플라스크 및 잔류물은 여액이 100 ml로 될 때까지 묽은에탄올로 씻은 후, 여액 50ml를 수욕에서 증발건고하고 105℃에서 4시간 건조하여 데시케이터에서 식힌 다음 그 질량을 측정하고 2를 곱하여 검체량에 대한 엑스함량(%)을 산출하였다.

##### 회분

대한약전에 따라 도가니를 500~550℃에서 1시간 강열하여 식힌 후 질량을 측정하고 분석용 검체 2g을 넣어 500~550℃에서 4시간 동안 회화하였다. 잔류물을 함량이 될 때까지 회화하고 방치하여 식힌 다음 질량을 측정하여 회분량(%)을 산출하였다.

##### 산불용성회분

대한약전에 따라 회분에 묽은염산 25ml를 넣고 5분간 약한 열로 끓여 불용물을 정량용여과지로 여과한 후 잔류물을 열탕으로 씻어 여과지와 함께 건조한 다음, 회분항과 동일한 방법으로 3시간 강열하고 데시케이터에서 식혀 질량을 측정하였으며, 얻어진 함량에 대한 산불용성회분량(%)을 산출하였다.

##### 총 페놀화합물 정량

시료 분말 2g에 80% MeOH 50ml을 넣고 열탕 중에서 환류냉각장치를 부착시켜 추출하였다. 여액을 40℃하에서 감압농축한 후 증류수 30ml에 녹여 diethyl ether 30ml씩 2회 용매분획하여



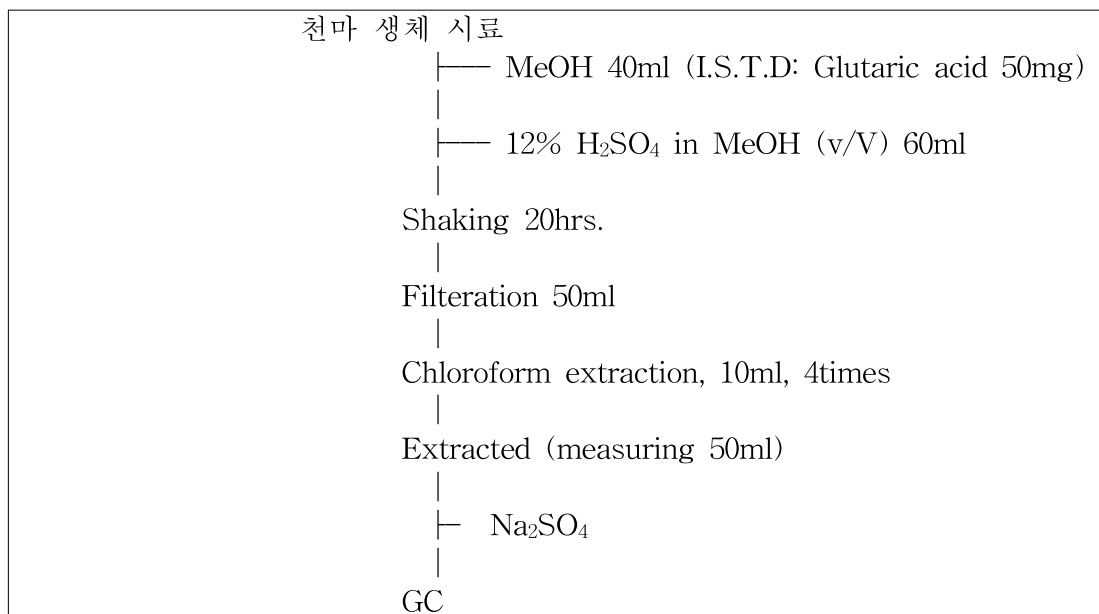
농축·건고하였다. MeOH에 용해된 추출검액 50 $\mu$ l에 넣고 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1ml과 50% Folin-Ciocalteu 시약 50 $\mu$ l을 넣은 뒤 상온에 30분간 방치한 후 760nm에서 흡광도를 측정하였으며, tannic acid를 사용한 표준곡선으로부터 페놀함량 값을 산출하였다.

### 조 사포닌 정량

시료 2g에 물포화 부탄올 용액 50ml를 넣고 80°C의 물중탕에서 1시간 환류추출한 후 여과 잔류물에 물포화 부탄올 용액 50ml를 가하여 환류추출하고 여과하였다. 이 조작을 1회 더 반복한 다음 잔류물을 물포화 부탄올 용액 10ml로 씻고 여액과 세척액을 모아 분액여두에 넣고 증류수로 10ml씩 2회 분획하였다. 수층에 대해 물포화 부탄올 10ml로 추출한 후, 앞서 분획한 물포화 부탄올층과 합하여 40°C, 감압하에서 농축·건고하였다. 농축물에 diethyl ether 50ml를 가하고 36°C, water bath에서 30분간 환류추출한 후 diethyl ether 추출용액을 제거하였다. 획득된 잔류물을 105°C에서 약 2시간 건조 후 질량을 측정하여 조 사포닌 함량을 산출하였다.

### 지방산

Court와 Hendel의 방법(1982)에 따라 아래와 같이 추출 및 분획하여 GC로 분석 하였다.



### 분석조건



온도(℃)	접종 후 배양기간별 군사생장(mm)			
	15일	20일	25일	30일
15	-	18±1.0	37±1.8	48±2.1
20	21±1.2	49±1.8	73±2.6	78±3.4
25	48±1.7	77±2.5	89±3.1	93±5.3
30	23±1.3	38±1.6	42±3.0	45±2.9

\* 골목매물상단배지 : 골목하단배지=톱밥 : 톱밥으로 처리함.

(2) 종균접착방법에 따른 군사생장

참나무원목에 뽕나무버섯균을 접종하여 톱밥에 매물 후 골목 부위에 따른 군사 활착 및 군사속 형성률을 버섯균 접종 2개월 후 조사한 결과(표 2, 사진 1), 중앙부위가 군사 활착률 및 군사속 형성률이 45%, 31%로 가장 낮았으며, 양끝부위가 각 각 91%, 78%로 가장 높았다. 중앙부위를 제외하고는 군사 활착률이 81%이상, 군사속 형성률이 70%이상으로 양호하였다. 따라서 사진 가 같이 양끝부위 골목접착접종 방법이 가장 양호 한 것으로 판단된다.

표 2. 뽕나무 버섯균 종균접착방법이 군사생장에 미치는 영향

골목부위	군사활착률	군사속형성률	골목형태
양끝부위*	91	78	+++
중앙부위	45	31	+++
골목단면	83	78	+
골목전체	81	70	++

\* 골목매물상단배지 : 골목하단배지=톱밥 : 톱밥으로 처리함.



매물 전(아래:톱밥)



완전 매물전 참나무원목(톱밥)

사진 1. 중앙부위 종균접착방법

(3) 톱밥 배지 재료 멸균유무와 버섯균의 활착 상태

지상다단식시설 재배시의 톱밥배지의 멸균여부가 군사 활착상태 및 잡균 발생률에 미치는

영향을 버섯균 접종 1개월 후 조사한 결과(표 3, 사진 2), 참나무원목에 균사 접종 후 매몰 시의 톱밥배지재료의 멸균은 비멸균에 비하여 잡균발생률 및 원목 부패율을 현저히 낮추었으며, 특히 시설의 실내 습도가 높은 장마기 재배시기를 대비하여 필히 톱밥의 증기멸균을 하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

표 3. 종균접착 증식 시 톱밥 멸균이 버섯균 생장에 미치는 영향

톱밥 멸균여부	균사활착상태	잡균 발생률(%) (접종 후 2개월)
비멸균	+	14.8
멸균	+++	1.8

\* 골목매몰상단배지 : 골목하단배지=톱밥 : 톱밥으로 처리함.



사진 2. 톱밥배지의 비멸균에 따른 잡균발생(균사 접종 후 15일)

(4) 뽕나무 버섯 균사속과 천마의 공생관계에 대한 조직학적 관찰

천마는 잎과 뿌리가 없는 난과 식물로 진균을 영양원으로 독특하게 살아가는 기생식물로 알려져 있어 뽕나무버섯균과 천마의 관계를 정확히 규명 하는 것은 천마의 성장발육 과정을 탐색하는데 대단히 중요하다. 뽕나무 버섯 균사속의 침식 및 분해과정에 대하여 광학현미경적 관찰을 해 본 결과(사진 3), 사진 3-A와B는 뽕나무버섯균의 균사속을 종, 횡단으로 절단하여 관찰 한 것이다. C는 천마에 의해서 유도된 뽕나무버섯균의 균사속이 천마와 접촉하는 단계이다. D는 뽕나무버섯균 균사속과 천마의 접촉이 일어난 후 뽕나무버섯 균사속이 천마의 조직내부로 침입하면서 천마의 표피층에 심한손상을 일으키게 된다. 뽕나무버섯균은 기주식물에 대한 침투성이 강하여 감염초기에는 표피층에 심각한 붕괴현상을 유발하지만 일정시기가 경과하면 그 외향적인 흔적은 사라지고 뽕나무버섯균 균사속은 천마의 cortex 층에서 내생균근의 형태로 보이거나 cortex층에는 크게 형성된 뚜렷한 뽕나무버섯 균사속을 볼 수 있다(E). 천마의 cortex 층에 존재하는 내생균 균사속으로부터 균사들이 인접한 각 피층세포들에 침투

해 들어간 후 (F)는 피층세포에 세포벽을 뚫고 세포 안으로 들어오기는 하나 이때부터 천마의 각종 식균 효소들에 의해 용해되어 천마중에서 분해, 소실되는 것으로 미루어 뽕나무버섯균 균사속은 결국 천마의 영양원으로 활용되는 것으로 추정된다. G는 뽕나무 버섯균이 침입 받지 않은 정상 cortex 세포조직을 종단면을 절단하여 관찰 한 결과이다. H는 뽕나무버섯균의 침식을 받는 부위로서 세포의 크기와 세포의 핵의 크기가 비 감염 부위보다 1~1.5배 가량 커짐을 확인 따라서 잎과 뿌리를 가지고 있지 않아 독립적으로 성장할 수 없는 천마와 뽕나무버섯균의 공생관계가 확인 됨.

뽕나무버섯균이 침입한 천마의 피층 세포 부위를 전자현미경 (SEM)으로 관찰 한 결과(사진 4), 사진 4 -A는 감염되지 않은 정상세포이고 B와 C는 천마의 내부로 침투한 뽕나무 버섯균사속이 내생균근 형태로 천마의 피층 세포에 분포하고 있는 모습이다. D는 감염된 천마 피층 세포의 모습으로 천마 세포질 내에 뽕나무버섯 내생균근으로 완전히 만연된 모습을 보여 주고 있다. E는 뽕나무버섯균의 강력한 세포벽 용해효소에 의해 천마의 인접한 세포벽을 뚫고 천마의 세포내로 침입하나 이때부터 천마가 생산하는anti-fungal protein과 같은 항균성 물질들로 인하여 뽕나무버섯균의 생육이 정상적인 상태를 취하지 못하고 균사의 침단부위가 점점 묻혀지는 현상이다. F는 천마의 길항형상에 의해 생육이 계속 진행 되지 못하고 균사의 정점부분이 시간이 갈수록 천마의 용균효소들에 의하여 뽕나무버섯균 균사들은 용해, 용출 되어 점점 일그러져가는 모습을 확인하였다. 상기 결과는 김등(2000)의 관찰 결과와 거의 일치하는 경향이였다.

광학 및 전자현미경을 이용한 천마와 뽕나무버섯균 균사속과 공생관계 규명을 위한 조직학적 관찰은 천마 생산 중에 나타 날수 있는 많은 문제를 해결하고 진일보한 재배기술로 천마의 다수확을 꾀하는데 크게 기여 할 것으로 생각된다.

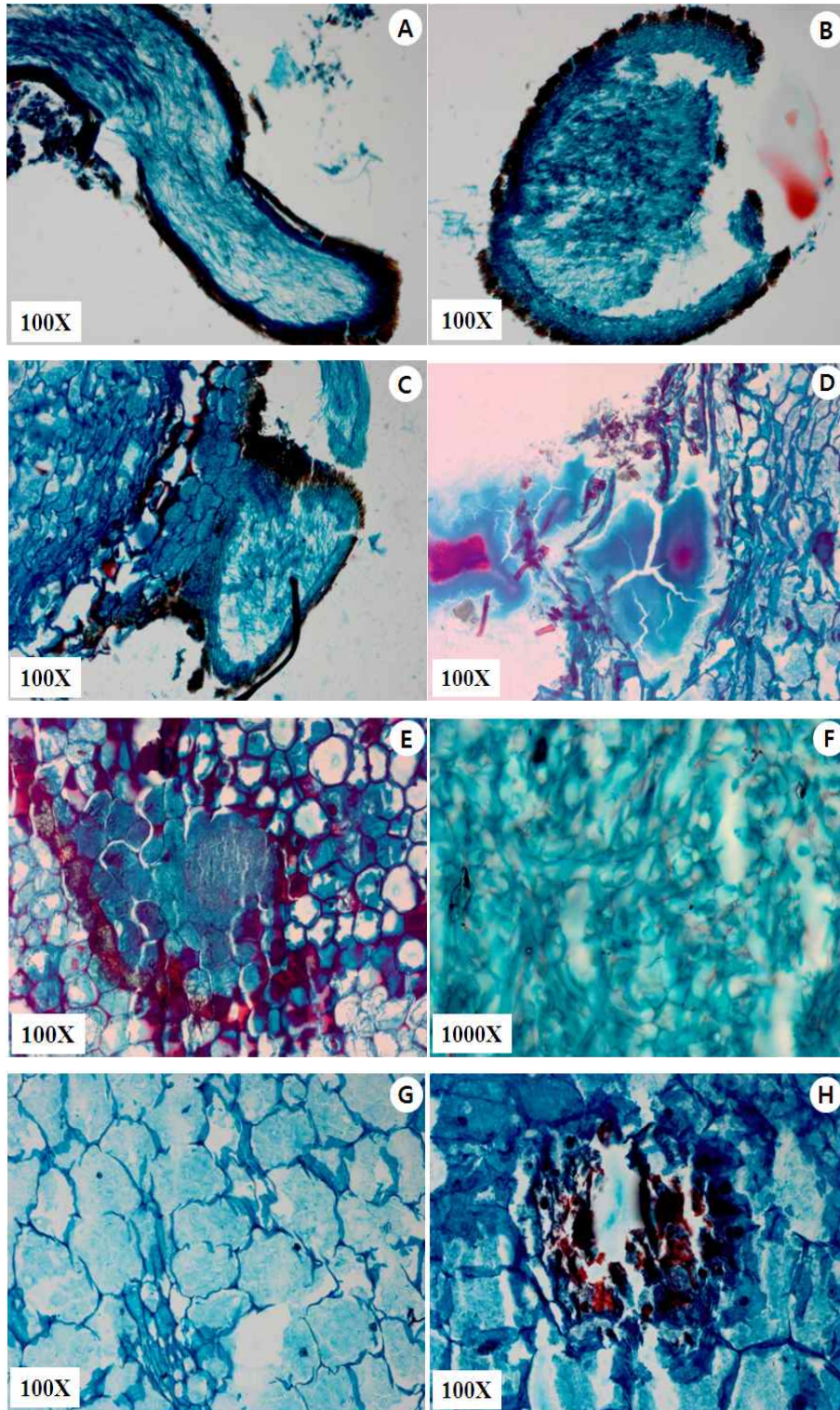


사진 3. 광학 현미경을 이용한 천마에 대한 뿔나무 버섯균의 침식 분해과정

- A : 뿔나무버섯균의 종단. B: 뿔나무버섯균의 횡단. C-D: 뿔나무버섯균과 천마의 접촉단계.  
 E: 뿔나무버섯균이 접촉된 천마의 Cortex. F: 균사속이 피층세포에 침투하는 단계.  
 G: 침입 받지 않은 세포. H: 뿔나무버섯균이 침입한 세포

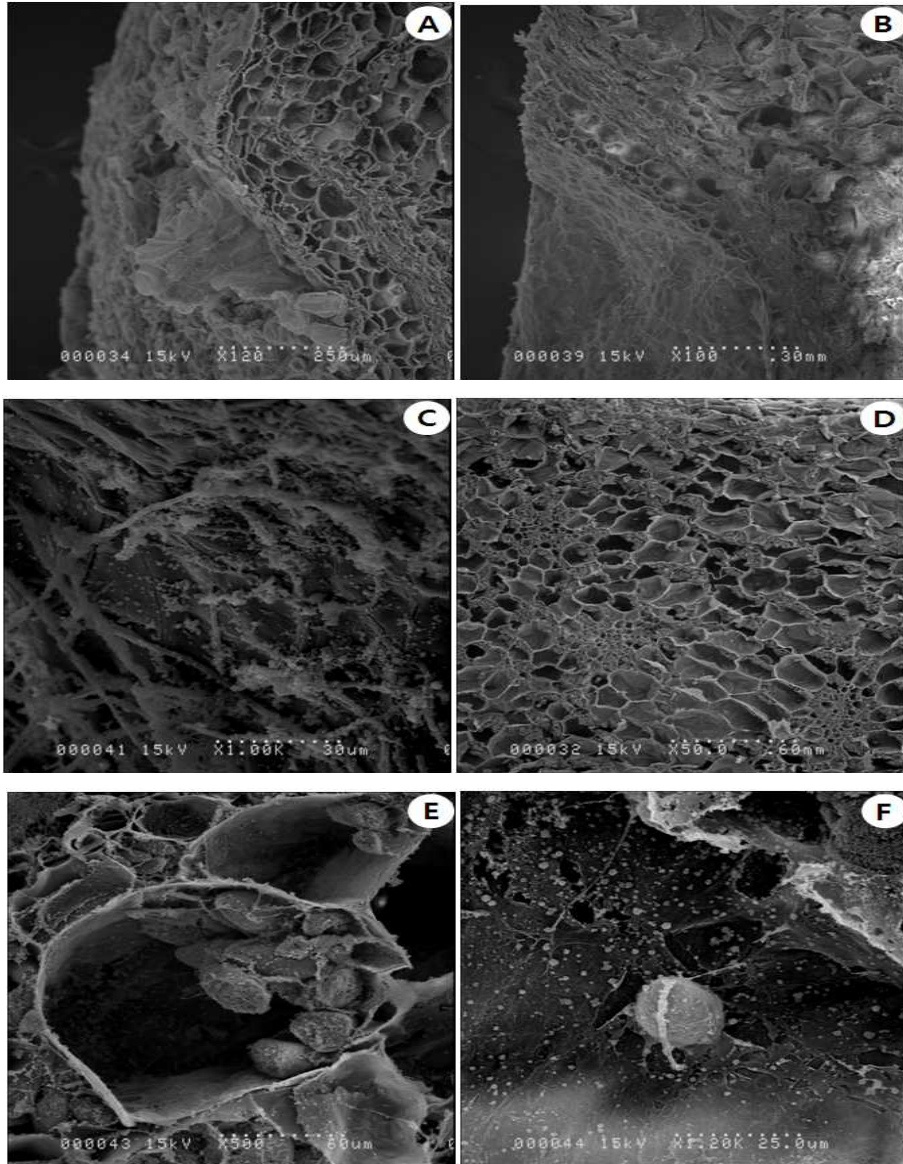


사진 4. 뽕나무버섯균이 침입한 천마의 피층세포 부위를 전자현미경(SEM) 관찰한 결과  
 A : 감염되지 않은 정상세포, B-C-D: 감염된 피층세포,  
 E: 감염된 세포벽의 용해된 부분.

## 2. 재배조건별 생육 정도 비교

### (1) 자구재식밀도에 따른 발육정도

자구 재식밀도가 군사속형성정도, 활착률 및 발육정도에 미치는 영향을 조사 해 본 결과(표 4), 천마자구의 재식밀도는 자구 이식 후 군사속형성정도 및 자구 활착률에는 큰 영향을 미치지 않았으나, 매몰 후 2개월 후 자구발육정도는 자구재식거리가 좁을수록 발육정도가 양호하지만 적정 자구재식밀도는 추후 수확 시 품질을 고려하여 판단하여야 할 것으로 생각된다.

표 4. 시설재배시의 참나무 원목배지에서 자구재식거리와 천마생육(접종 후 2개월)

자구재식거리	균사속형성정도	자구활착률(%)	자구발육정도(cm) (접종 2개월 후)
5	+++	88	13.1±0.8
10	+++	91	12.4±0.9
20	+++	89	11.9±0.7



사진 5. 자구재식거리 및 자구발육

(2) 노지재배와 지상다단식 시설재배의 생육정도

노지재배와 시설재배의 초기 및 후기의 생육 정도를 비교 조사 한 결과(표 5와 6, 사진 6), 균사속 출현은 노지 재배가 92일에, 시설재배가 28일에, 자구활착률은 노시설재배가 노지재배에 비하여 3.8배 높았으며, 자구발육정도는 노지재배는 접종 2개월 후에는 자구와 큰 차가 없었으나, 시설재배에서는 자구대비 150% 증가하였다.

골목매물상단배지 : 골목하단배지로 톱밥 : 톱밥으로 각각 처리하였을 경우의 군사접종 후 180일에서의 시설재배의 천마는 노지재배의 천마의 생육에 비하여 두께는 247%, 길이 318%, 무게는 945% 높았다. 현재 생육은 접종 후 6개월로 예상 수확기는 접종 후 8-9개월 정도로, 수량은 추후 조사 할 예정이다.

표 5. 군사속 성장속도 및 자구발육정도 비교

재배상 종류	군사속 출현 (접종 후 일수)	자구활착률(%) (접종 2개월 후)	자구발육정도(cm) (접종 2개월 후)	비고
노지재배	92±3일	23	8.3±0.7	접종시
시설재배*	28±2일	90	12.2±0.8	8.1cm

\* 골목매물상단배지 : 골목하단배지=톱밥 : 톱밥으로 처리함.



표 6. 노지와 실내 재배의 생장비교(균사 접종 후 180일)

재배방법	두께 (mm)/개	길이 (cm)/개	무게 (g)/개	비고
노지재배	11.1±1.2	5.9±1.1	5.7±1.5	
시설재배*	28.1±1.8	18.9±1.5	43.9±3.8	

\* 골목매물상단배지 : 골목하단배지=톱밥 : 톱밥으로 처리함.



(A)



(B)

사진 6. 노지재배와 실내재배의 생육비교

A: 노지재배 B: 실내재배

## 실험 2. 지상다단식 시설재배를 위한 최적배지재료 선별

### 1. 시설재배를 위한 최적배지재료 선별

#### (1) 배지재료의 이화학적 성분

배지재료의 이화학적 성분을 조사 해 본 결과(표 7), pH는 사양토가 가장 높았고, 인산의 함량은 버미큘라이트가 가장 낮았다. CEC 및 전기전도도는 버미큘라이트, 톱밥, 사양토, 모래 순으로 높았다. 배지 재료로 이용한 참나무톱밥 성분함량은 셀룰로스 54.1%, 리그닌 28.5%, 탄닌 2.5%, 함수물 38%, 용적 중 248g/L, 수분흡수율 226%로 연구 보고되어져 있다.

배지 재료로 이용한 버미큘라이트는 뛰어난 보수, 보비, 경량, 배수성으로 농원예용 토양개량 재료도 탁월한 기능을 발휘하는 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 무게는 모래의 1/5이고 수분흡수력은 모래의 3배에 달하고 보수력이 풍부하며 열의 전도가 적은 이상적인 토양이다. 낮은 용적밀도 0.07~0.30g/cm<sup>3</sup>, 층간 동형치환에 의한 높은 양이온 교환용량(CEC:15~30cmolc/kg), 무수한 층간 모세공극에 의한 다공질구조(유효수분률 35~40vol%), 입자가 대공극 극대화(대공극률 50% 이상)된 소재이다. 하지만 현재 사용한 버미큘라이트 입도가 1.2~5.0mm 전용밀도가

0.10-2.0kg/L 이었으나 차년도에는 높은 보수력을 위하여 입도 0.5mm이하이면서 전용적밀도 (kg/L)0.30-0.38mm이하인 것으로 사용하는 것이 천마재배의 수분 보수력이 우수할 것으로 사료된다.

펄라이트는 진주암을 급격히 가열하여 공극을 많게 한 경석으로 통기성과 보수성이 양호하여 작물의 조기 활착을 촉진하는 특성을 가지고 있는 인조 토양으로 염기치환용량은 거의 없어 보비력은 없다고 알려져 있다. 알갱이의 물리적 모양은 최적의 통기성과 배수성을 제공하는 공기의 통로가 형성되고 오랫동안 습기를 유지할 수 있다.

따라서 기존 사용되고 있는 톱밥의 경우 수분흡수율은 매우 좋으나, 보수력이 낮고, 모래의 경우 통기성은 좋으나 수분흡수율이 낮은 것은 면을 고려한다면, 천마 재배 시에 보수력이 높은 버미큘라이트 및 펄라이트의 배합 사용은 천마재배시의 좋은 배지 소재로 이용가치가 있을 것으로 생각된다.

표 7. 배지재료 이화학적분석

배지재료	pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	CEC (cmolc/kg)	전기전도도 (ds/m)
사양토	8.4	36	6.1	0.18
모래	7.7	13	1.5	0.09
톱밥	6.6	17	7.8	0.23
펄라이트	7.4	3	6.2	0.11
버미큘라이트	7.4	1	15.8	0.40
펄라이트+톱밥	6.9	12	7.5	0.27
버미+톱밥	8.2	18	11.2	0.27

### (2) 배지 재료별 수분함량

천마 실내재배시의 배지별 체적수분함량을 조사 해 본 결과(그림 1), 체적 수분 함량은 포함된 물의 부피/배지 시료의 총 부피로 환산한 것으로, 실내 재배 시에 배지재료가 포화 될 정도로 물을 공급 후 12시간 및 3일경과 후 체적수분 함량 측정계로 조사하였다. 실내재배시의 체적수분함량은 골목하단과 매몰 배지의 종류 간에 큰 차를 나타내었다. 체적수분 함량은 골목하단의 배지 소재가 상단의 골목매몰 배지소재에 비하여 큰 영향을 미쳤고, 특히 골목하단의 배지 소재가 펄라이트와 모래는 체적수분함량이 낮았고, 사양토와 버미큘라이트일 경우에 체적수분 함량이 높았다. 수분 공급 후 12시간 후에는 골목하단에 사양토, 상단에 톱밥일 경우가 체적수분 함량이 가장 높았으나, 3일 경과 후에는 골목하단에 사양토, 상단에 버미큘라이트 배지가 가장 높았으나, 골목하단에 사양토 혹은 버미큘라이트에 골목상단에 톱밥, 버미큘라이트 + 톱밥혼합물, 펄라이트+톱밥 혼합물간에는 큰 차가 없었다.

따라서 본 연구결과로 미루어 보면, 모래와 펄라이트의 경우에는 체적수분함량이 0.06이하일 경우, 타 배지 소재일 경우에는 0.09이하일 경우에는 수분을 공급해 주어야하는 것으로 판단된다. 하지만, 천마 재배의 생장단계별 적정 수분 함유량의 규명이 필요하다.

2차년도에 세밀하게 천마 실내재배시의 생장 단계별 수분 공급의 적정 양 및 적정 시기를 판별하는 기준을 책정할 예정이다.

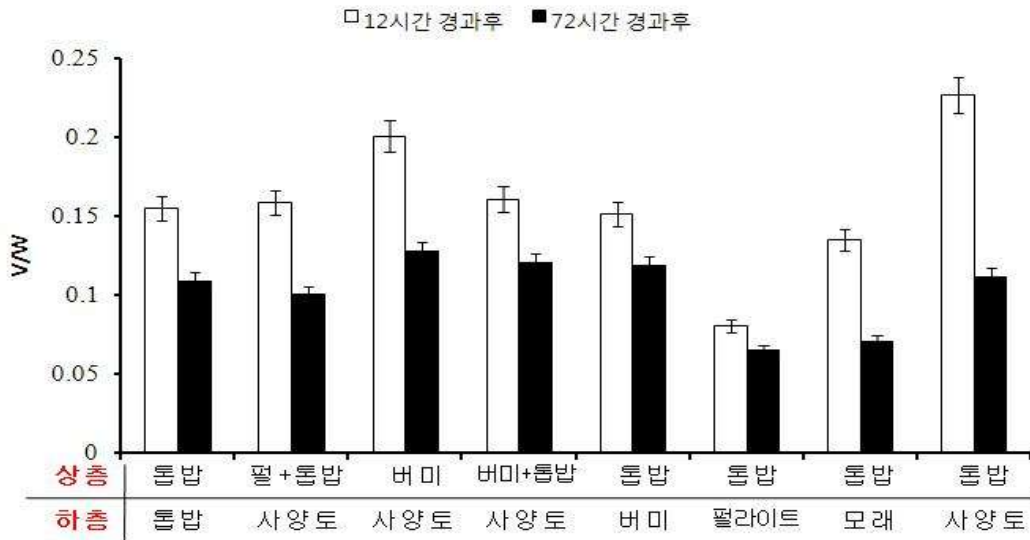


그림 1. 수분 포화 후 12시간 및 3일 경과 후 배지별 체적수분함량

(3) 배지재료별 초기 생장

실내재배시의 배지 종류별 천마 재배 초기 단계인 군사속 생장 및 자구 활착률을 조사 해 본 결과(표 8, 사진 7), 군사속 출현은 골목하단배지가 사양토이고 매물배지인 골목상단배지가 펄라이트(50%) +톱밥(50%)혼합물 혹은 버미큐라이트(50%) +톱밥(50%)혼합물이 군사속 출현시기가 36-38일로 빨랐다. 골목하단배지가 모래 혹은 펄라이트일 경우에는 수분 보수력이 낮아서 군사속 출현시기가 접종 후 46일로 매우 늦었으며, 매물 후 3개월 정도의 군사속 형성정도가 불량하였다. 골목하단배지가 사양토이면서 매물배지인 골목상단배지가 버미큐라이트(50%) +톱밥(50%)혼합물일 경우가 군사속형성정도가 우수하였으며(사진 7-D) 자구활착률이 가장 높았다. 접종 3개월 후 외형적 잠근 출현정도는 수분 보지력이 약한 모래, 펄라이트가 가장 낮았다.

표 8. 배지처리별 군사속 생장 및 자구활착률

배지 종류별 (골목매물배지 : 골목하단배지)	군사속 출현 시기(일수)	자구활착률( %) (접종 3개월 후)	잠근 출현정도
톱밥 : 톱밥 *	44±2일	83	++
펄라이트(50%) +톱밥(50%) : 사양토	38±2일	89	+
버미큐라이트 : 사양토	42±2일	88	++
버미큐라이트(50%) +톱밥(50%): 사양토	36±1일	92	+

톱밥 : 버미큐라이트	43±2일	86	++
톱밥 : 펄라이트	46±2일	85	-
톱밥 : 모래	46±1일	79	+
톱밥 : 사양토	42±1일	84	+++

\* 매물배지인 골목상단배지 : 골목하단배지



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)



(G)



(H)

사진 7. 원목 매물 배지별 군사속 성장정도(매물 후 88일)

- A: 톱밥(상층):톱밥(하층) B: 펄라이트(50%) +톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)  
 C: 버미큐라이트(상층) : 사양토(하층) D: 버미큐라이트(50%) +톱밥(50%)(상층):  
 사양토(하층) E: 톱밥(상층): 버미큐라이트(하층), F: 톱밥(상층): 펄라이트(하층)  
 G: 톱밥(상층):모래(하층)(하층) H: 톱밥(상층):사양토

(4) 배지재료별 후기 생장

실내재배시의 배지 종류별 군사접종 후 180일에 천마의 생육을 조사 해 본 결과(표 9), 천마의 두께 길이 및 무게생장은 골목하단배지가 사양토이고 매물배지인 골목상단배지가 펄라이트(50%) +톱밥(50%)혼합물 혹은 버미큐라이트(50%) +톱밥(50%)혼합물이 높았다. 골목하단배지가 모래 혹은 펄라이트일 경우에는 수분 보지력이 낮아서 후기 생장이 매우 늦었다. 골목하단배지가 사양토이면서 매물배지인 골목상단배지가 버미큐라이트(50%) +톱밥(50%)혼합물일 경우가 가장 생육이 좋았다. 배지 매물 후 6개월이 지난 현재의 배지 종류별 원목 부패율은 큰 차가 없었으나, 1년 뒤의 원목 부패율은 차가 있을 것으로 생각된다.

추후 수확 적정시기를 판별하여 수확 후 품질과 수량 등의 경제성 분석을 할 예정이다.

표 9. 실내재배시의 배지재료별 생장비교(군사 접종 후 180일)

배지 재료별 (골목상단 매물배지 : 골목하단배지)	두께 (mm)/ 개	길이 (cm)/개	무게 (g)/개	원목 부패율 (%)
톱밥 : 톱밥*				1.8
펄라이트(50%) +톱밥(50%) : 사양토	27±1.4	15.6±0.8	35±2.1	0
버미큐라이트 : 사양토	30±1.7	18.0±0.9	40±2.4	1.5
버미큐라이트(50%) +톱밥(50%) : 사양토	29±1.9	17.3±1.1	38±2.5	0
톱밥 : 버미큐라이트	32±1.8	18.4±1.2	43±2.9	0
톱밥 : 펄라이트	28±1.6	17.5±1.4	38±1.8	0
톱밥 : 모래	25±1.4	16.2±0.8	34±1.9	0
톱밥 : 사양토	22±1.2	15.5±0.9	33±2.3	1.5

	26±1.4	16.8±1.1	37±2.8	
--	--------	----------	--------	--

\* 메물배지인 골목상단배지 : 골목하단배지

### 실험 3. 노지재배와 시설재배 천마간의 식품 및 생약 품질 평가

생천마의 수분함량은 노지재배의 경우 75.2%, 시설재배는 80.3%이었다. 노지재배 생천마의 수분함량이 적은 것은 수확, 저장 중 건조에 의한 결과로 생각된다.

#### 1. 생약 품질평가

천마의 공정생약 기준을 보면, 회분 6.0% 이하, 산불용성회분 0.4% 이하, 묽은에탄올엑스 17.0% 이상으로 규정되어 있다. 표 1에서 노지재배 천마뿐만 아니라 시설재배 천마 역시 생약으로서의 품질 기준을 충분히 상회하였음을 확인하였다.

표 1. 노지재배 및 시설재배 천마의 공정생약 품질평가

(%)

재배 형태	회분량	산불용성회분량	묽은에탄올엑스함량
노지재배	3.1 ± 0.2*	0.1 ± 0.0	23.3 ± 0.3
시설재배	2.8 ± 0.2	0.1 ± 0.0	22.3 ± 0.2

\*3반복 실험의 평균값±표준오차.

#### 2. 지방산 분석

천마분말 시료에 대한 9종의 지방산 분석(표 2)을 통해, 전반적으로 노지재배 천마가 시설재배에 비해 지방산 함량이 약 1.4배 이상 많은 것으로 조사되었다. 이와 같은 결과는 약 4배에 달하는 생육일수 차이에 인한 것으로 추정되며, 시설재배 조건의 개선과 연관된 반복적인 실험이 필요한 것으로 판단되었다.

표 2. 노지재배 및 시설재배 천마의 지방산 조성

Compounds	Contents ( $\mu\text{g}$ fatty acid / g <i>Gastrodia elata</i> )	
	Field culture	Cultivation under structure
1 Pentadecanoic acid	27.9	14.7
2 Palmitoleic acid	30.4	6.8
3 Palmitic acid	428.5	239.1
4 Linoleic acid	729.1	513.0
5 Oleic acid	113.4	-
6 Stearic acid	33.4	21.9
7 Arachidic acid	5.8	3.8
8 Behenic acid	24.0	15.8
9 Tricosanoic acid	15.8	9.0

### 3. 기능성 생리활성물질 분석

#### - 조사포닌 및 총 페놀 분석

지금까지 천마의 추출물 및 페놀화합물류에 속하는 천마 유효성분들에 대한 약리학적 연구로부터 추출물과 gastrodin의 진정작용, gastrodin과 p-hydroxybenzyl alcohol의 기억력 증강작용, gastrodin과 p-hydroxybenzyl alcohol의 GABA agonist작용 및 glutamate 저해작용, vanillin의 항경련작용, p-hydroxybenzyl alcohol의 serotonergic receptor antagonist작용, 추출물과 p-hydroxybenzyl alcohol 및 vanillin의 항산화작용 등이 알려져 있다. 표 3의 결과로부터 시설재배 천마 중 총 페놀 함량이 노지재배 천마보다 약 1.6배 많은 것으로 조사되었으나, 조사포닌 함량은 노지재배 천마의 약 68% 수준으로 나타났다. 조사포닌 함량의 경우 노지재배 천마가 2년생이고 시설재배 천마의 생육일수가 180일임을 감안하여 예측 가능한 결과로 생각되었으나, 총 페놀 함량은 추가적인 연구를 통해 검증되어야 할 것으로 판단되었다.

표 3. 노지재배 및 시설재배 천마 분말의 조사포닌 및 총 페놀 함량

재배 형태	조사포닌 (%)	총 페놀 (mg/g)
노지재배	2.5 ± 0.2*	14.47 ± 1.4
시설재배	1.7 ± 0.1	8.80 ± 0.6

\*3반복 실험의 평균값±표준오차.

- DPPH 라디칼 소거능

200 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 의 시료 농도에서 노지재배 천마는 62.6%, 시설재배 천마는 44.6%의 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었다(그림 1). 노지재배 천마가 시설재배 천마에 비해 약 1.4배 DPPH 라디칼 소거 항산화능이 높았으나, 상대적으로 생육일수가 약 4배나 많은 것을 고려할 때 시설재배 천마도 생산성 측면에서 그다지 불리하지 않은 것으로 판단되며, 본 결과는 재배조건과 관련하여 좀 더 구체적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

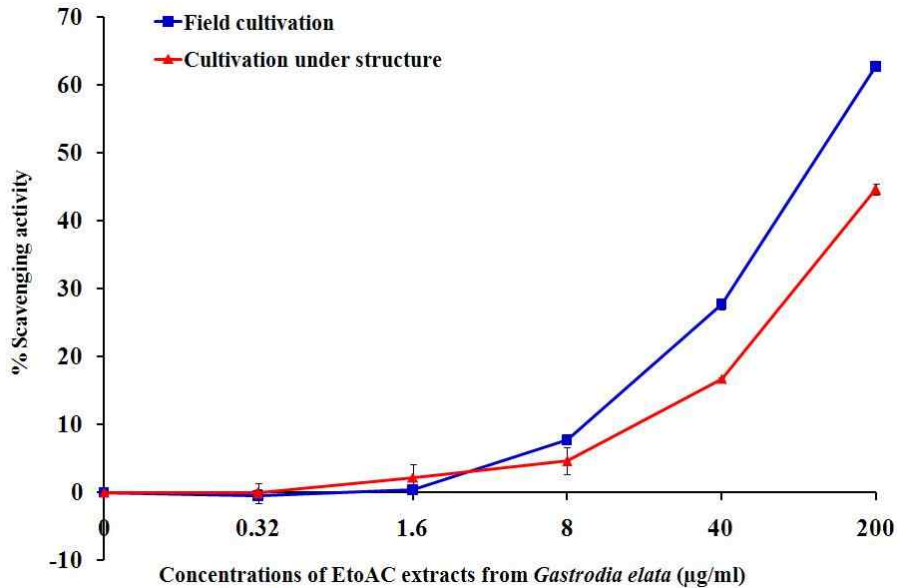


그림 1. 노지재배 및 시설재배 천마의 DPPH 라디칼 소거 항산화능.



## 제 2 절 2 차년도 연구개발 수행내용 및 결과.

### <2차년도 연구개발 수행내용 및 결과 목차>

1. 제1세부과제: 배지재료 및 토양 일체의 온·습도 환경제어 시스템 개발	98
가. 대류공간내에서 배지재료 및 토양Assembly(배지Assembly)의 열전달 Mechanism 구명 (배지재료 및 토양Assembly의 열전도 메커니즘 구명)	98
1) 연구의 목적	98
2) 연구결과 열물성치 값 비교 및 분석	99
3) 배지재료, 참나무 Assembly 열량( $Q$ ) 산출 계산식	102
4) 배지재료와 참나무 Assembly 열량( $Q$ ) 산출 결과	104
5) 배지의 수분 유지 및 증발 구조 구명	106
나. 배지재료 및 토양 일체의 온·습도 환경제어 시스템 고안.설계 및 제작 (천마생육에 적합한 Assembly 와 환경제어 시스템 설계)	107
1) 천마생육에 적합한 배지조합과 배지프레임 구조 설계 및 제작	107
2) 배지Assembly 온·습도제어 시스템 설계 및 제작	108
가) 판넬하우스 배지Assembly 온·습도 제어 시스템 설계 및 결과	109
나) 배지Assembly의 습도(습분) 제어시스템 설계 및 제작을 위한 연구결과	118
다. 지상 다단식 실내재배를 위한 재배시스템 구조 고안, 설계 및 제작 (비닐하우스 형 지상 다단식재배시스템 개발 제작)	121
1) 최소 냉·난방에너지 소비 지상 다단식 비닐하우스 재배시스템 설계 및 건축 (여름철 자연풍으로 최대냉방효과를 얻을 수 있는 온실구조와 환풍시스템 설치)	121
2) 저비용 내구성 재배상자 고안	126
3) 개발 다단 비닐하우스 시설과 배지Assembly 온·습도 제어 시스템 실험(개발 비닐하우스 시설 성능실험)	128
라. 배지의 최적 관수방법 및 관수량 설계	137
1) 최적 관수방법 및 관수량 설계를 위한 실험 결과	137
2) 최적 관수량 과 관수방법설계	137
마. 판넬하우스와 개발 비닐하우스 냉·난방 투입에너지 및 재배실험 결과 비교	139

바. 연구결과 및 3차년 연구방향 .....	142
2. 제 2 세부과제 : 시설재배에 적합한 천마 배지재료 및 환경의 최적 조건 확립 연구 .....	144
가. 연구방법 .....	144
1) 천마 재배 .....	144
2) 뽕나무 버섯 균사속과 천마의 공생관계에 대한 조직학적 관찰 .....	144
3) 시설 및 노지 재배 천마의 생약학적 품질평가 .....	145
나. 연구결과 .....	147
실험 1. 시설재배 방법별 최적 천마배지재료 선별 .....	147
실험 2. 재배 방법별 최적 생육환경 조건 구명 .....	153
실험 3. 시설 및 노지재배 천마의 생약학적 품질평가 .....	163

## 1. 제 1 세부과제: 배지재료 및 토양 일체의 온·습도 환경제어 시스템 개발

가. 대류공간내에서 배지재료 및 토양 조합(배지Assembly)의 열전달 Mechanism 구명(배지재료 및 토양Assembly의 열전도 메커니즘 구명)

### 1) 연구의 목적

1차 년도에서 기술한 바와 같이 지상 다단 천마 시설재배의 개발 성공 여부는 재배사 실내공간 뿐 만 아니라 상층 하층으로 구성되는 재배상자 안의 배지재료(참나무, 사양토, 톱밥 등)의 온·습도를 천마가 잘 성장 할 수 있도록 하는 온도, 습도 및 적정 관수의 제어시스템 개발에 달려있다. 실내 지상 다단 재배시 예견될 수 있는 문제점은 상층 하층간의 온도 불균형이 발생하고, 재배사 규모가 클 경우 같은 층에도 좌·우 및 앞·뒤도 불균형이 발생할 수 있다. 또한 다단 재배는 재배밀집도가 높으므로 과습도와 공기유통의 문제가 발생할 수 있으며, 여름과 겨울에는 적정 온도를 유지하기 위하여 냉난방기기를 가동해야 하는데 이러한 가동 냉·난방이 상·하, 좌·우 온도편차를 발생시킬 수 있다.

온도 조절에서는 실내 공간 공기의 온도조절 보다는 재배상자 안의 배지재료의 온도조절이 중요하다. 실내공간 온도를 기준으로 천마재배 온도를 제어하다 보면 배지재료의 열저항 계수로 인하여 실제 천마 생장 온도에 적합한 온도를 제어하지 못할 수 있다.

Fig. 1-0과 같이 실제 공간온도를  $T_{\infty}$  로 설정하고 온도제어를 할 때 실제 천마 주위의 온도는 알 수 없다. 열전도 계수( $k$ ), 열용량( $C_c$ ) 과 열전달 구조를 이해하지 못하면  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  를 알 수 없고, 본 연구와 같이 복합체로 되어 있는 경우는 각 재료의 열전도 계수( $k$ ), 열용량( $C_c$ ), 열전달 구조가 구명되어야 실제 공간온도  $T_{\infty}$  와 천마 생육 온도 관계를 알 수 있다. 이러한 값은 인터넷 열물성치 Data Base 활용하면 대부분 쉽게 찾을 수 있다. 그러나 여기의 자료는 표준 값이며 현장에서 사용되고 조성과 조합이 복잡한 재료에 대한 물성치는 실험을 통하여 구하여야 한다.

따라서 천마 생장 온도에 적합한 온도를 제어하려면 배지재료의 실제 사용조건에서 열물성치 값을 구하고 열전달 기구의 구명이 필요하다. 또한 이러한 결과물로부터 재배시설에 요구되는 열량 산출 식을 도출하고자 한다.

연구대상은 여러 가지 배지재료 중 1차년 연구에서 가장 적합한 배지조합(Assembly)으로 판명된 <참나무+사양토+(톱밥+버미큐라이트)> 배지재료 조합체로 하였다.

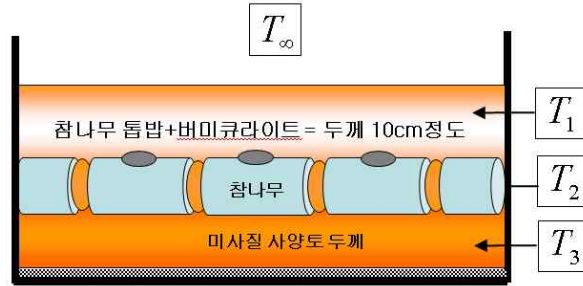


Fig. 1-0 대류 공간내의 배지재료 및 참나무 Assembly

1차년 실험과 동일한 실험장비와 방법으로 2차년에 수행한 실험내용을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 배지재료별 열전도계수( $k$ ) 및 열용량( $C_c$ ) 측정과 열전달 구조 구명
- (2) 참나무의 열전도계수( $k$ ) 및 열용량( $C_c$ ) 측정과 열전달 구조 구명
- (3) 배지재료 사양토 일체 적정제어 시간( $\Delta t$ ) 및 열량( $Q$ ) 측정과 열전달 구조 구명

## 2) 연구결과 열물성치 값 비교 및 분석

Table. 1-1, 1-2는 배지재료와 참나무에 대한 열물성치 실험결과 값을 정리한 것이며 이를 Fig. 1-1, 1-2, 1-3에 도시하였다.

Fig. 1-1에서 열전도율( $k$ ) 실험결과를 보면 배지재료의 경우, 건조할 때 사양토의 열전도율( $k$ )은 온도가 상승할수록 약간 커지며, 톱밥+버미キュライト 모두 온도변화에 상관없이 일정한 값을 나타내고 있다. 반면, 습분이 존재하는 상태는 건조할 때 보다는 높은 값을 나타내며 온도가 높을수록  $k$ 값은 높아진다. 참나무의 경우도 마찬가지로 건조할 때 온도변화에 따른 변화가 거의 없고 습분이 존재할 때 온도가 상승할수록 열전도율 값( $k$ )이 증가한다.

Fig. 1-2은 열용량( $C_c$ )값을 제시한 것으로 톱밥+버미キュライト와 참나무인 경우, 건조할 때 온도가 증가할수록  $C_c$ 값은 일정하며, 습분이 존재할 경우 온도가 높을수록 열용량( $C_c$ )값은 증가한다. 또한, 사양토의 경우는  $C_c$ 값의 변화가 톱밥+버미キュライト, 참나무와 동일한 경향을 나타내지만 톱밥+버미キュライト와 참나무보다는 높은 값을 가진다. 이러한 성향은 천마재배 하단 내부가 상단 내부보다 열의 저장능력과 배수능력이 좋은 구조라는 것을 의미한다.

Fig. 1-3에서 톱밥+버미キュライト, 사양토의 열확산율( $\alpha$ )은 건조조건과 습분조건을 비교해 보면 두 배지재료 모두 습분이 없을 때가  $\alpha$ 값은 높다. 또한, 톱밥+버미キュライト는 온도가 높을수록 건조조건이나 습분을 포함한 조건 모두 일정하나 사양토의 경우는 건조조건에서 온도가 높을수록  $\alpha$ 값은 크다. 참나무의 경우 열확산율( $\alpha$ )은 배지재료보다 높은 값을 가지며 온도가 높을수록 건조 할 때는 증가하고 습분이 존재할 때는 감소한다. 건조와 습분의 차는 18℃, 20℃에서, 각각 1.3배, 1.04배 차이가 나고. 22℃에서는 거의 같은 값을 가지다가 25℃일 때, 그 반대로 습분과 건조의 차이가 1.15배 차이가 난다. 이러한 결과는 참나무에 균사와 종마를 이

식하므로 균사발아나 종마 성장시기에 배지가 건조하고, 저온이나 높은 온도가 유지될 경우 발아 성장에 열적 영향을 크게 받을 수 있다는 것을 알 수 있다.

Fig. 1-1, 1-2 및 1-3의 결과로부터 온도에 따른 사양토, 톱밥 및 참나무의  $k$ ,  $C_c$ ,  $\alpha$  상관관계식을 구명함으로써 이들 재료를 활용한 천마 시설재배 열제어에 대한 기초자료를 확보하였다.

Table. 1-1 온도에 대한 배지재료별 실험결과 열물성치 값

온도	배지 재료	건 조			관 수 (200CC)			
		$k$ (W/m.k)	$C_c$ (kJ/m <sup>3</sup> .k)	$\alpha$ (m <sup>2</sup> /s)	$k$ (W/m.k)	$C_c$ (kJ/m <sup>3</sup> .k)	$\alpha$ (m <sup>2</sup> /s)	습도 (%)
18℃	사양토	0.5100	1320.0	3.864x10 <sup>-4</sup>	0.5400	2512.0	2.150x10 <sup>-4</sup>	40.0
	톱밥+버미	0.0691	172.1	4.015x10 <sup>-4</sup>	0.1479	762.4	1.940x10 <sup>-4</sup>	14.3
20℃	사양토	0.5240	1332.5	3.933x10 <sup>-4</sup>	0.5633	2596.7	2.169x10 <sup>-4</sup>	42.6
	톱밥+버미	0.0692	187.4	3.693x10 <sup>-4</sup>	0.1689	931.8	1.813x10 <sup>-4</sup>	18.1
22℃	사양토	0.5532	1333.2	4.149x10 <sup>-4</sup>	0.5705	2757.3	2.069x10 <sup>-4</sup>	48.0
	톱밥+버미	0.0701	188.1	3.727x10 <sup>-4</sup>	0.1916	1096.8	1.747x10 <sup>-4</sup>	22.1
25℃	사양토	0.5656	1348.5	4.194x10 <sup>-4</sup>	0.5714	2833.1	2.017x10 <sup>-4</sup>	50.3
	톱밥+버미	0.0712	200.6	3.549x10 <sup>-4</sup>	0.2144	1270.5	1.688x10 <sup>-4</sup>	26.1

Table. 1-2 온도에 대한 참나무 실험결과 열물성치 값

온도	배지 재료	건 조			관 수 (30분)			
		$k$ (W/m.k)	$C_c$ (kJ/m <sup>3</sup> .k)	$\alpha$ (m <sup>2</sup> /s)	$k$ (W/m.k)	$C_c$ (kJ/m <sup>3</sup> .k)	$\alpha$ (m <sup>2</sup> /s)	습도 (%)
18℃	참나무	0.180	176.6	1.019x10 <sup>-3</sup>	0.456	350.2	1.302x10 <sup>-3</sup>	4.21
20℃	참나무	0.189	161.3	1.172x10 <sup>-3</sup>	0.472	386.9	1.22x10 <sup>-3</sup>	5.45
22℃	참나무	0.193	160.6	1.202x10 <sup>-3</sup>	0.502	421.8	1.19x10 <sup>-3</sup>	6.34
25℃	참나무	0.2103	148.1	1.420x10 <sup>-3</sup>	0.530	428.0	1.238x10 <sup>-3</sup>	6.72

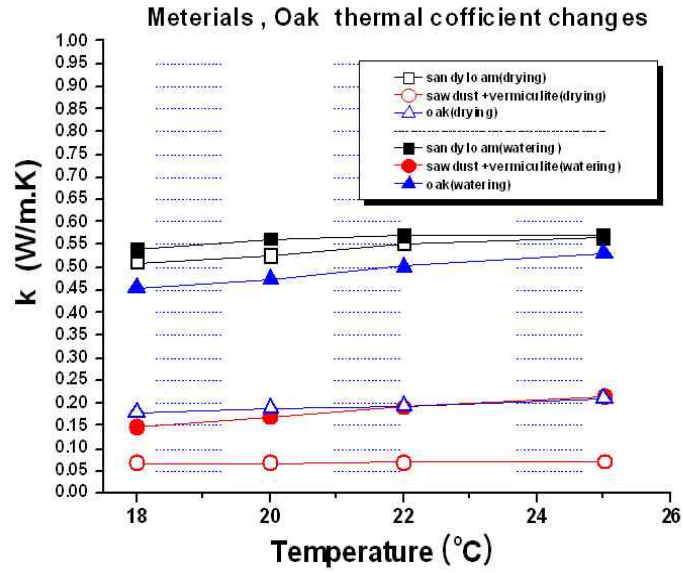


Fig. 1-1 배지재료와 참나무의 온도에 따른 열전도율( $k$ ) 변화

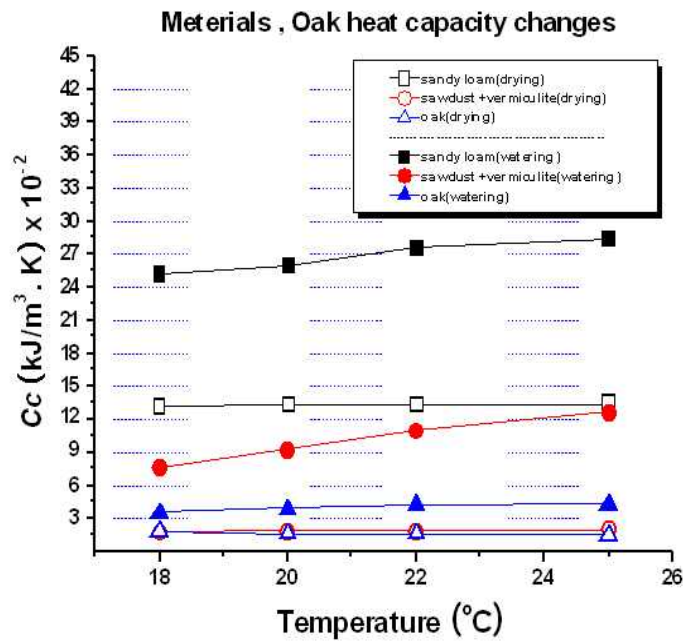


Fig. 1-2 배지재료와 참나무의 온도에 따른 열용량( $C_c$ ) 변화

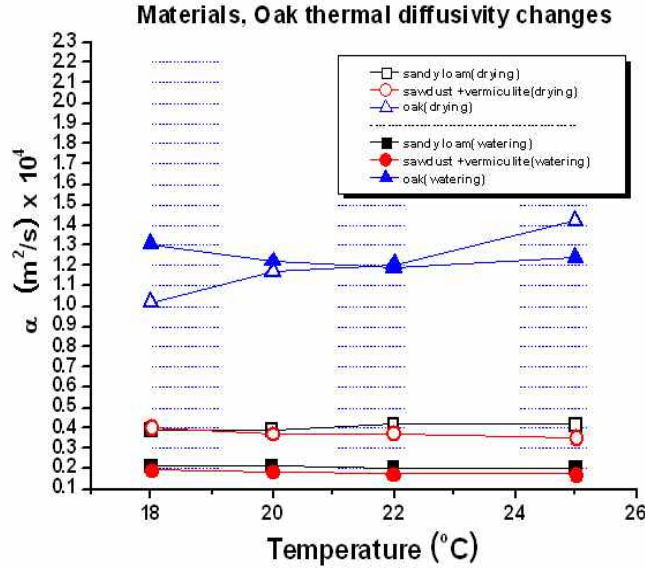


Fig. 1-3 배지재료와 참나무의 온도에 따른 열확산율( $\alpha$ ) 변화

### 3) 배지재료, 참나무 Assembly 열량( $Q$ ) 산출 계산식

아래 제시된 식들은 배지상자안의 배지재료와 참나무 Assembly의 온도변화에 필요한 총 투입열량( $Q_t$ )을 계산하는 식을 제시한 것이다. 이와 같은 식은 앞서 실험에서 구명한 배지재료와 참나무 열전도계수( $k$ )와 열용량( $C_c$ ) 산출결과를 적용하여 식(1.16)의 (i),(ii),(iii), 식에 의해 도출하였다. 여기서  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ 는 Fig. 1-4에서 맨위, 중간, 아래의 부피 값 들이다. 다만  $V_2$ 는 중간 전체면적에서 참나무 부피만큼 뺀 값이다. 또한  $C_{c1}$ ,  $C_{c2}$ ,  $C_{c3}$ 은 각각 사양토, 참나무, 톱밥+퍼얼라이트의 열용량 값들이다.  $C_c$ 는 온도에 따라서 다르기 때문에 초기온도  $C_{c_i}$  값에서 제어온도  $C_{c_j}$  값까지의 평균값을 식(1.16)에 대입했다.

따라서 전체 배지상자안의 배지재료 및 참나무 Assembly의 총 투입열량( $Q_t$ )은 식(1.17)에 의해 산출할 수 있으며, 총 열전달율( $\dot{Q}_{total}$ )이 결정되면 총 투입열량에 소요되는 시간( $\Delta t$ )을 산출할 수 있는 식은 식 (1.18)과 같다. 이상과 같이 결과로부터 천마 재배시설의 열 제어 요소를 설계 할 수 있다.

상기 제시된 식 들은 실험의 결과로 부터 나왔고 물성치를 평균값으로 하였기 때문에 정확한 해를 구할 수 있는 식은 아니다. 그러나 요구되는 열 투입량에 대한 계산 근거가 없었기 때문에 이 도출된 식으로 열 투입량 산출하면 근접된 값을 찾을 수 있으리라 사료 된다.



Fig. 1-4 대류공간의 배지재료 및 참나무 Assembly

$$Q_i = C_c V(\Delta T) \quad , \quad \dot{Q}_{total} = \frac{Q_i}{\Delta t} \quad \text{----- 식(1.16)}$$

$$\left( C_c = \frac{C_{c_1} + C_{c_2}}{2} \right)$$

$$Q_1 = C_{c_1} V_1(\Delta T) \quad , \quad \dot{Q}_1 = \frac{Q_1}{\Delta t} = \frac{C_{c_1} V_1(\Delta T)}{\Delta t} \quad \text{----- (i)}$$

$$Q_2 = C_{c_2} V_2(\Delta T) \quad , \quad \dot{Q}_2 = \frac{Q_2}{\Delta t} = \frac{C_{c_2} V_2(\Delta T)}{\Delta t} \quad \text{----- (ii)}$$

$$Q_3 = C_{c_3} V_3(\Delta T) \quad , \quad \dot{Q}_3 = \frac{Q_3}{\Delta t} = \frac{C_{c_3} V_3(\Delta T)}{\Delta t} \quad \text{----- (iii)}$$

$$\therefore Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 = (C_{c_1} V_1 + C_{c_2} V_2 + C_{c_3} V_3) \cdot \Delta T \quad \text{----- 식(1.17)}$$

$$\therefore \dot{Q}_{total} = \frac{Q_i}{\Delta t} = \frac{(C_{c_1} V_1 + C_{c_2} V_2 + C_{c_3} V_3) \cdot \Delta T}{\Delta t} \quad \text{----- 식(1.18)}$$



#### 4) 배지재료와 참나무 Assembly 열량(Q) 산출 결과

Table. 1-3과 1-4는 식(1.17)에 의해 배지재료 및 참나무 Assembly에 대한 건조와 관수 후의 총 투입열량( $Q_t$ )을 계산한 결과이다.  $\Delta T$ 는 초기온도에서 제어온도까지의 온도차(°C)이다. 여기서 총 열전달율( $\dot{Q}_{total}$ )이 결정되면 요구되는 온도까지 도달 하는 시간( $\Delta t$ )을 식(1.18)에 의해 구할 수 있다. 실제 배지Assembly를 가온하는데 필요한 열량은 계산 결과보다 크다. 실제 재배포사의 온도 가온을 계산할 때는 배지재료 사이의 열저항, 대류공간과 배지상사 사이의 열저항, 시설내부공간 가온에 필요한 열량을 고려하여야 한다. 건조와 관수 후를 비교해보면 같은 크기의 사각 공간부피( $m^3$ )만큼의 온도를 올리기 위해서는 관수일 때가 건조일 때 보다 열용량( $C_c$ ) 크기가 더 크므로 많은 열량을 투입해야 한다. 이와 같이 상기의 결과값과 계산식으로부터 재배포사에 투입될 열량과 온도제어를 위한 요구되는 시간( $\Delta t$ )을 산출할 수 있으나, 이러한 결과에 적합한 난방기와 제어장치를 시중에 판매되지 않는 냉·난방기를 개발하여야하는 결과가 나올 수 있다. 이 경우는 연구진행상 불가능한 결과가 될 수 있다. 따라서 우선 시중에 판매되고 있는 냉·난방기 중 적절한 기기를 투입하여 실험을 하고 상기결과는 기존 냉·난방기 실험을 하는 과정에서 제어의 적정치를 찾는데 활용하고, 또한 본 과제를 상용화하는 과정에서 시설 내 냉·난방기 용량과 제어시간을 설정하는데 기초자료로 활용하고자 한다.

Table. 1-3 건조시 배지재료 및 참나무 Assembly 열량 값

수분 상태	초기온도 (°C)	제어온도 (°C)	$\Delta T$ (°C)	V ( $m^3$ )	$C_c$ ( $J/m^3 \cdot ^\circ C$ )	$Q_i$ (J)	$Q_t$ (J)
건조	18	20	2	$V_1 = 0.0175$	$C_{c_1} = 61,978$	$Q_1 = 2,169$	$Q_t = 5,132$
					$C_{c_2} = 58,517$	$Q_2 = 2,048$	
					$C_{c_3} = 34,922$	$Q_3 = 915$	
		22	4	$V_2 = 0.0131$	$C_{c_1} = 61,636$	$Q_1 = 4,315$	$Q_t = 10,407$
			$C_{c_2} = 57,624$		$Q_2 = 4,034$		
			$C_{c_3} = 39,300$		$Q_3 = 2,059$		
		25	7	$V_3 = 0.0175$	$C_{c_1} = 60,963$	$Q_1 = 7,468$	$Q_t = 20,723$
			$C_{c_2} = 57,075$		$Q_2 = 6,992$		
		$C_{c_3} = 68,304$	$Q_3 = 6,263$				
	20	22	2	$V_3 = 0.0131$	$C_{c_1} = 60,548$	$Q_1 = 2,119$	$Q_t = 5,316$
			$C_{c_2} = 57,142$		$Q_2 = 2,000$		
		25	5	$V_3 = 0.0175$	$C_{c_1} = 59,875$	$Q_1 = 5,239$	$Q_t = 15,082$
			$C_{c_2} = 56,593$		$Q_2 = 4,952$		
	22	25	3	$V_3 = 0.0175$	$C_{c_3} = 74,671$	$Q_3 = 4,891$	$Q_t = 9,156$
$C_{c_1} = 59,533$					$Q_1 = 3,125$		
$C_{c_2} = 55,700$					$Q_2 = 2,924$		
					$C_{c_3} = 79,049$	$Q_3 = 3,107$	

Table. 1-4 관수한 후 배지재료 및 참나무 Assembly 열량 값

수분 상태	초기 온도 (°C)	제어 온도 (°C)	$\Delta T$ (°C)	V (m <sup>3</sup> )	$C_c$ (J/m <sup>3</sup> ·°C)	$Q_i$ (J)	$Q_t$ (J)
관 수 후	18	20	2	$V_1 = 0.0175$	$C_{c_1} = 106,207$	$Q_1 = 3,717$	$Q_t = 7,482$
					$C_{c_2} = 102,238$	$Q_2 = 3,578$	
					$C_{c_3} = 7,103$	$Q_3 = 186$	
		22	4	$V_2 = 0.0131$	$C_{c_1} = 95,740$	$Q_1 = 6,702$	$Q_t = 13,793$
					$C_{c_2} = 94,143$	$Q_2 = 6,590$	
					$C_{c_3} = 9,574$	$Q_3 = 502$	
		25	7	$V_3 = 0.0175$	$C_{c_1} = 92,974$	$Q_1 = 11,389$	$= 25 Q_t, 121$
					$C_{c_2} = 91,426$	$Q_2 = 11,200$	
			$C_{c_3} = 27,617$		$Q_3 = 2,532$		
	20	22	2	$V_3 = 0.0175$	$C_{c_1} = 90,889$	$Q_1 = 3,181$	$Q_t = 6,529$
					$C_{c_2} = 87,526$	$Q_2 = 3,063$	
		25	5	$V_3 = 0.0175$	$C_{c_1} = 88,122$	$Q_1 = 7,711$	$Q_t = 16,988$
					$C_{c_2} = 84,809$	$Q_2 = 7,421$	
	22	25	3	$V_3 = 0.0175$	$C_{c_1} = 28,351$	$Q_3 = 1,857$	
					$C_{c_2} = 76,714$	$Q_2 = 4,027$	$Q_t = 9,304$
					$C_{c_3} = 30,533$	$Q_3 = 1,200$	

## 5) 배지의 수분 유지 및 증발 구조 구명

배지의 수분 유지 및 증발 구조 구명 연구는 1차년도 연구결과를 그대로 활용하기로 했다.

1 차년 실험결과에서 천마재배 조건인 수분 15~20%에서의 실험결과에서 사양토가 물의 이동 수분 전달이 가장 좋고, <톱밥50%+퍼얼라이트 50%>로 혼합한 배지재료가 초기 물 빠짐이 좋지만 시간이 갈수록 유지하는 경향이 크며 이러한 경향은 <톱밥50% + 버미큐라이트50%>에서도 비슷한 결과 얻었으며, 톱밥은 물의 이송보다 유지하는 쪽이 강하다는 결과를 얻었다. 따라서, 배지의 수분 실험에서 천마의 배지 환경에 적합한 배지재로는 <톱밥+사양토> 보다는 <톱밥50% 퍼얼라이트 50%+사양토>와 <톱밥50% + 버미큐라이트50%+사양토> 조합이라는 것이 구명이 되었다.

이러한 결과는 1차년과 여러 종류의 혼합 배지재료를 사용하여 재배 실험과 2차 년도에 확인 재배실험을 한 결과에서도 성마의 크기와 수확량에서 <톱밥50% 퍼얼라이트 50%+사양토> 와 <톱밥50%+버미큐라이트50%+사양토> 조합이 제일 좋은 결과를 얻었다.

이와 같은 결과는 기존의 시설내 재배실험을 한 결과에서는 시설 재배를 위한 가장 좋은 배지 재료 조합은 <톱밥+사양토>로 알려져 있기 때문에 새롭게 사용한 <톱밥+ 퍼얼라이트(버미큐라이트+사양토)>의 수분 유지 및 전달(증발) 구조의 구명과 함께 가장 좋은 배지재료로 구명하였다는 것은 의미 있는 연구결과라 사료된다.

## 나. 배지재료 및 사양토 일체의 온·습도 환경제어 시스템 고안 .설계 및 제작 (천마생육에 적합한 Assembly 와 환경제어 시스템 설계)

### 1) 천마생육에 적합 배지조합과 배지프레임 구조 설계 및 제작

1차 년도에 5가지의 배지조합을 연구한 결과 4가지의 조합 가운데 천마생육에 적합한 배지조합은 Fig. 2-1 과 같이 <사양토+ 참나무 +톱밥(50%)+퍼얼라이트(50%)>와 <사양토+(톱밥50%+버미큐라이트50%)>으로 판명된 바 있다. 이러한 결과를 재확인하기 위하여 2차 년 연구에서는 <순수톱밥>, <톱밥+ 버미큐라이트>, <톱밥 +퍼얼라이트>로 혼합된 배지등 8 개의 배지종류를 각각 사용하여 천마생육에 대한 비교 연구를 하였다. 이때 사양토와 혼합 배지 조성 깊이, 참나무의 크기는 Fig 2-1 와 같이 1차년과 동일하게 하였다. 본 보고서 후반부에 기술된 제 2세부 과제의 연구결과에서 분석한 바에 의하면 천마의 성장정도와 생산량을 비교한 결과 혼합배지인 <톱밥+ 버미큐라이트>, <톱밥 +퍼얼라이트> 경우가 우수한 것으로 나타났다.

따라서 천마 생육에 적합한 배지조합은 <사양토+(톱밥+버미큐라이트)>, <사양토+(톱밥+퍼얼라이트)>에 참나무로 하는 것이 타당하고 판단된다. 다만 이러한 구조에서 2차년 재배실험에서 관측된 천마재배상자 하단 부분에서 다소 문제점이 발생하는 것을 관찰할 수 있었다. 재배과정의 후반부터( 6개월 이후) 일부 재배상자에서 Photo 2-1 과 같이 성장하는 자마가 재배상자 하단 밖으로 나오는 것이 관찰되었다. 이러한 상황은 재배상자 하단의 사양토 배치 두께가 100mm 로서는 너무 얇기 때문이 그 원인 것으로 판단된다. 또한 실험 결과를 분석하기 위하여 성마를 수확 할 때 성마 성장 상태를 관찰한 결과 대부분의 배지상자에서 적은 성마는 참나무 측면에 위치하였고 큰 성마는 아래쪽에 위치하는 것을 관찰할 수 있었다. 이 또한 미성숙 성마의 충분한 성장을 위해서도 하단내부 사양토 적재의 두께를 100mm 이상을 해야 하는 것으로 판단된다.

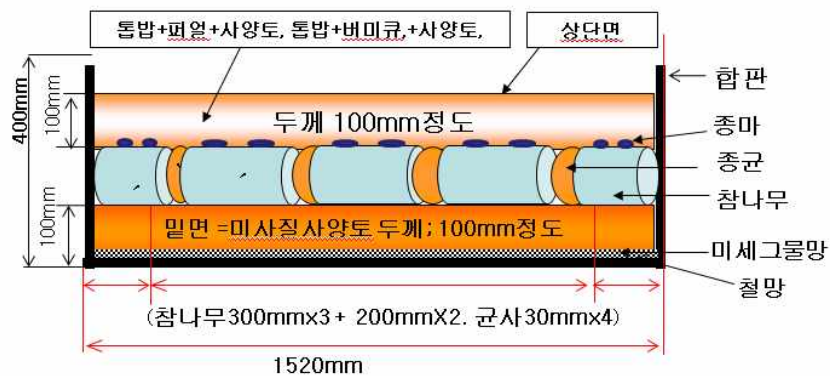
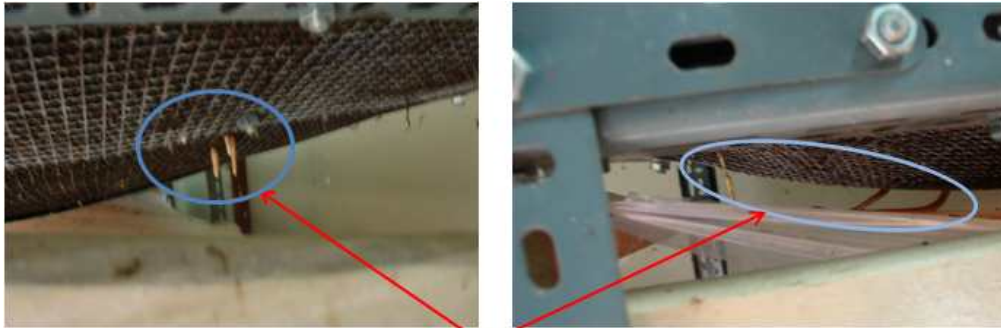


Fig. 2-1 배지조합 및 프레임 구조



2차년 연구 : 성장 천마 하부공간 돌출 사례

Photo 2-1. 다단 재배 실험 중 천마 성장체가 “배지Assembly” 하부 밖으로 나온 사례

이상으로부터 3 차년 실험에서는 Fig. 2-2와 같이 배지조합은 <사양토+ 참나무 +(톱밥+퍼얼라이트)>,<사양토+ 참나무 +(톱밥+버미큐라이트)> 2종류의 조합으로 하되 상단면의 톱밥에 물의 응집성을 높일 수 있는 사양토와 부식토 등을 혼합하여 사용한 것과 톱밥조합을 사용한 Assembly를 각각 만들어 비교 실험을 하고자 한다.

모든 배지Assembly의 하단 사양토 두께는 150mm~200mm로 제작하여 실험을 하고자 한다.

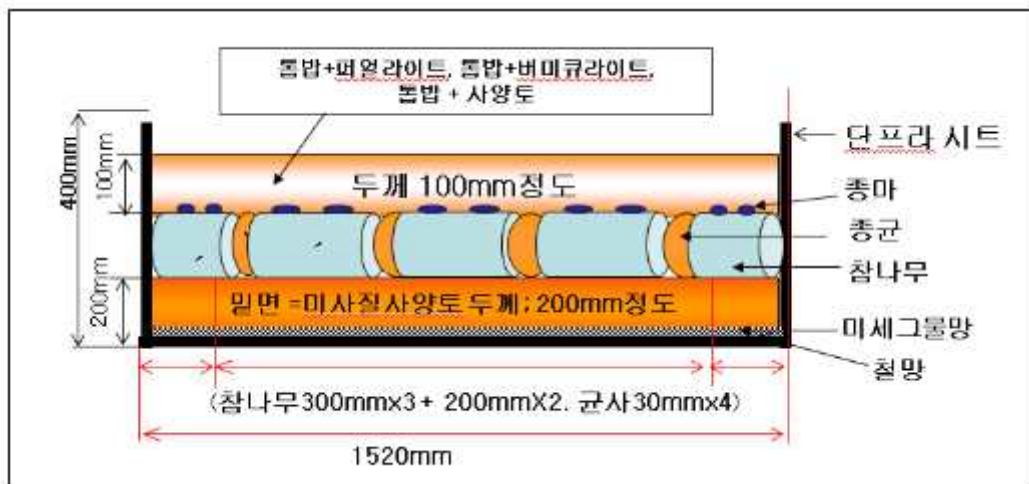


Fig. 2-2 배지조합 및 프레임 구조 설계

## 2) 배지Assembly의 온·습도제어 시스템 설계 및 제작

배지Assembly의 온·습도를 제어시스템을 개발하기 위해서 기존 재배시설의 온·습도 제어 시스템을 분석해야 한다. 기존 재배시설의 온·습도 제어는 온풍기, 난방기, 냉방기, 제습기 와 신재생에너지 기기에 제어기기를 부착하여 제어를 하고 있다. 재배시설에서 요구되는 온·습도는 제어는 현재까지 개발된 시스템으로 불가능한 것은 없다. 문제는 경제성이다. 이들 수단

을 적용할 때 최소비용으로 운영할 수 있는 시스템을 개발 적용하는 것이 관건이다. 본 연구의 목표중 하나는 연구개발 결과가 상용화되어 농가에 보급될 수 있도록 하는 것이다. 따라서 배지Assembly의 온·습도제어 시스템 개발은 경제성을 최우선으로 두고 개발 하였다. 이러한 경제성 차원에서 보면 배지Assembly의 온·습도제어는 온·습도제어 기계장치를 설계 개발하는 것도 중요하지만 시설하우스 구조를 어떻게 건축하느냐에 따라서 배지Assembly의 온·습도제어에 소비되는 에너지를 최소화 할 수 있다. 따라서 2차년에는 배지Assembly의 온·습도제어 설계 뿐 만 아니라 농가에서 건축할 수 있는 비닐하우스 형태의 에너지절약 재배시설을 개발 건축하여 판넬하우스(1차년 건축)와 동시에 재배실험과 성능실험을 수행하였다.

### 가) 판넬하우스 배지Assembly 온·습도 제어 시스템 설계 및 결과.

#### (1) 온도 제어시스템 설계 및 제작을 위한 연구 결과

지금까지 시설재배에서 일부시설을 제외하고는 시설재배공간을 온도를 제어함으로써 작물 복합체의 온도를 제어하는 방식이었다. 최근에 작물복합체(배지Assembly) 하부내부에 발열체를 장치하는 것이 시도되고 있으나 내구성 문제와 누수 및 누전문제가 발생하고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 검토한 후 내구성 문제와 누수 및 누전문제를 해결하면서 공간난방이 아닌 (에너지절약 구조) 배지Assembly의 상·하층 과 좌·우 가 동시에 균일한 온도로 열을 직접조사 할 수 있는 난방시스템을 Fig. 2-3 와 같이 1차년에 개발하고 Fig. 2-4 와 같이 제작 설치하고 2차년에도 운영하였다. 난방 시스템은 Fig. 2-4 같이 기존 난방기기를 설치하고 난방기류가 골고루 확산되어 실내 난방이 빠른 시간 내에 전 공간이 균등하게 냉각될 수 있도록 “난방분산 장치”를 고안 제작 설치하여 운영하여 왔다.

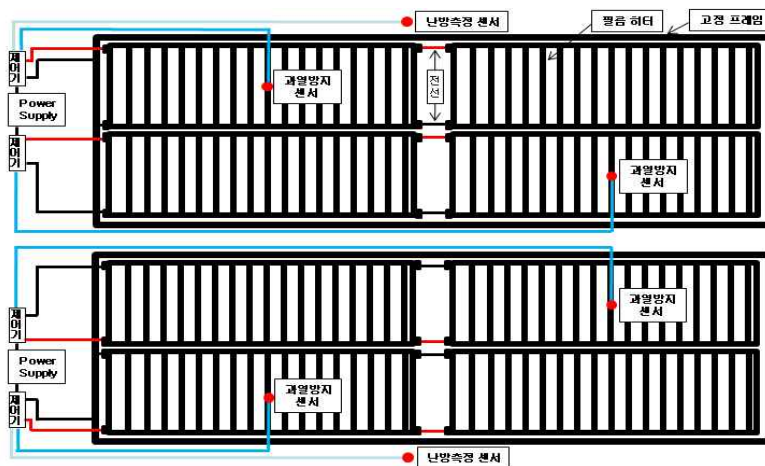


Fig. 2-3 면상 발열 히터

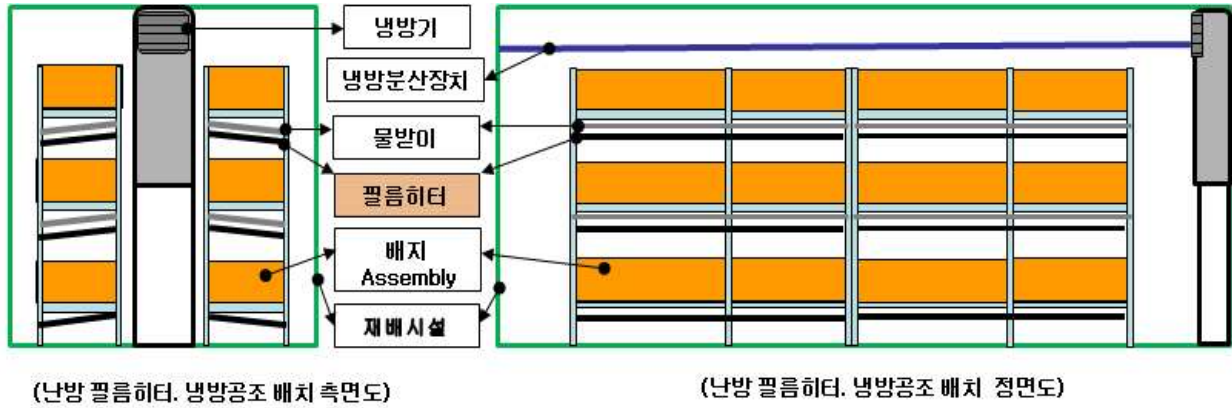


Fig. 2-4. 냉·난방 시스템( 1차년 제작 설치, 1, 2차년 운영)

### (가) 냉방실험 및 결과

온도측정 센서가 설치된 위치와 실험장비 구성은 1 차년도와 동일하며 Fig. 2-5와 같다.

Fig. 2-6 는 2차년 여름 2010년 6월부터 2010년 9월 까지 배지Assembly 냉방실험 측정결과 중 실외 온도가 가장 높았던 2010년 8월 19일부터 2010년 8월 24일까지의 결과를 제시한 것이다. Fig. 2-6 그래프에서 라벨의 번호는 Fig. 2-5의 센서위치 번호와 동일하다.

Fig. 2-6에서 나타난 바와 같이 냉방제어는 요구하는 범위에서 잘 제어되고 있다. 제시된 자료 이외의 결과에서도 온도제어는 잘 이루어지고 있었다. 3단(층)으로 설치된 다단 배지 Assembly 에서 맨 아래 층인 1단과 최상층 3단과의 온도차이가 약 3℃ 차이를 보이고 있으나 천마성장 온도 범위 안에 균등한 분포를 보이고 있다. 그러나 실내공간에서는 응축현상이 발생하는 것을 볼 수 있었다. 이는 판넬하우스 특성상 폐쇄된 공간형태이어서 배지Assembly에 증발된 습분이 실외로 원활히 배출되지 않아 이 습분이 냉각으로 인하여 응축이 발생하기 때문이다. 이로 인하여 일부 배지Assembly의 상단면에 Photo.2-2와 같이 곰팡이가 발생하고 있다. 이러한 현상은 재배사 내의 공기를 가끔씩 환기를 시키면 해결이 되는 사항이므로 Photo. 2-3과 같이 기존의 환풍기 시설 이외에 재배사의 앞, 뒷면 하단에 환풍문을 만들고 관수를 한 후 1~2일 마다 기온이 낮은 밤에 환풍문을 열고 환풍기로 환기를 시켰다. 이후 이러한 현상은 없었다. 그러나 이러한 방법으로 더운 여름에 내·외부 공기를 환기시킬 경우 냉방했던 실내 공기는 밖으로 나가고 더운 공기가 들어옴으로써 온도가 상승되고(Fig. 2-6에서 환기영역 참조) 냉방을 위한 에너지가 많이 투입되어야 하는 문제점이 남아 있다.

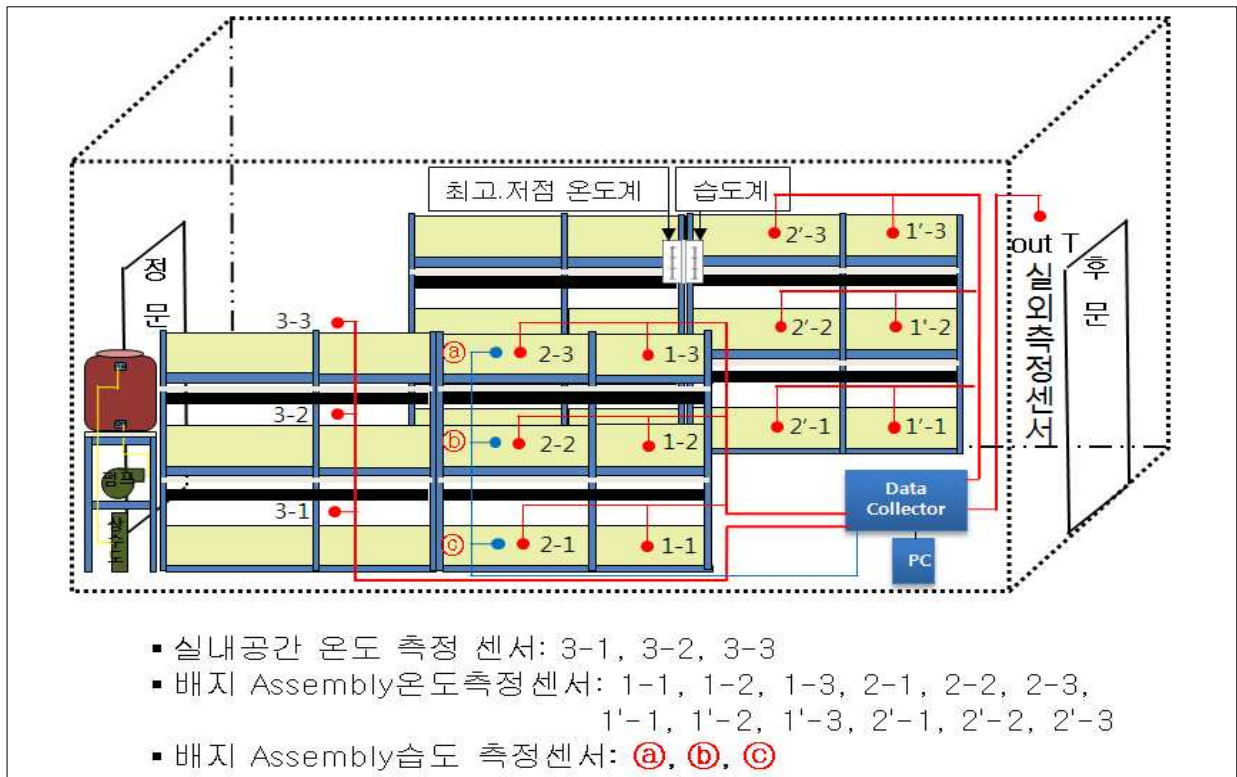


Fig. 2-5 온도 측정 센서와 습도 측정 센서 설치 위치와 실험 장비 구성도



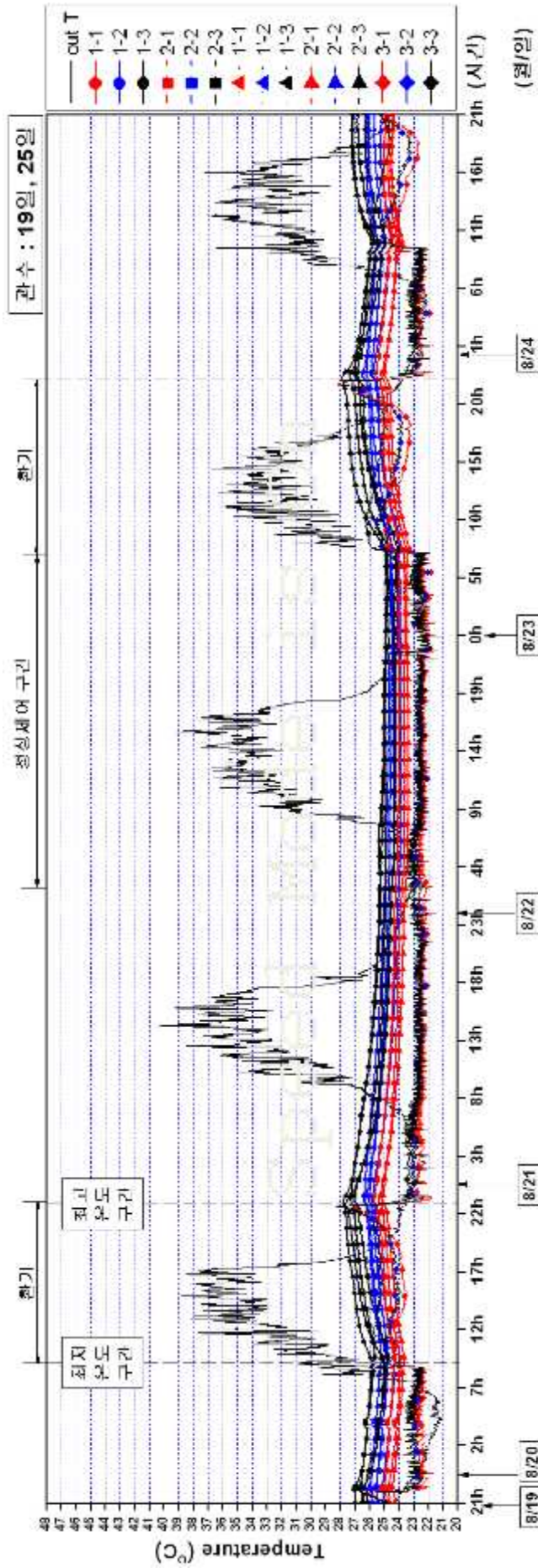


Fig. 2-6 패널하우스 배지 Assembly 냉방실험 측정 결과



Photo. 2-2. 곰팡이 번식 현상



Photo. 2-3 재배사의 앞. 뒷면 하단에 환풍 장치

#### (나) 난방실험 및 결과

난방실험에서 온도측정 위치와 장비구성은 Fig. 2-5 와 동일하다.

Fig. 2-7 와 Fig. 2-8은 난방시설개발 결과를 비교하기 위하여 겨울기간 난방실험 결과 중에서 온도가 가장 낮았던 1차년도 보고서에 제시된 2010년1월25일부터 2010년1월29일까지의 결과와, 2011년 1월 11일 부터 2011년 1월 15일까지의 결과를 각각 제시한 것이다.

Fig. 2-7의 그래프 하단에 독립적으로 나타난 변동 선은 재배사 실외온도를 나타내고, 다음으로 변화 폭이 큰 변동 선은 배재사 실내 온도의 변화를 나타낸다. 나머지는 각배지Assembly의 온도변화를 나타낸다.

Fig. 2-7는 면상발열체의 제어온도를 22℃로 설정했을 때의 결과로 그래프에서 나타난바와 같이 실외온도가 급격히 변화하여도 각 층과 좌·우 배지Assembly들의 온도는 20℃ 에서 23℃

사이에서 제어되고 있으나, 전력의 On-Off 사이클이 클 때는 4시간이고 면상발열히터가 가동 되었을 때 온도가 급상승하는 현상이 나타나고 있다. 이러한 현상은 난방열이 배지Assembly에 갑자기 크게 투입될 때 발생하는 현상이다. 실제 1차년도 이 기간 전력 소비량을 측정 한 결과인 표 2-1 를 보면 일반 난방기기를 사용한 것보다 1.8 배나 소비한 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 Fig. 2-3.와 같은 면상발열히터 설계 시 대략적 근사치로 제작한 결과 열용량이 과대 설계되어 나타난 현상이라 판단되었다. 또한 배지Assembly에 관수를 한 후 다음날 재배 사의 온도를 관찰하면 온도는 잘 조절되고 있으나, Photo. 2-4 와 같이 재배사 내부공간은 안개가 자욱하게 낀 것처럼 과습도상태 되었다. 이 문제를 해결하기 위해 환기팬을 가동한 후로 많이 개선되었지만 이러한 환기방식은 겨울철에 많은 에너지손실을 초래 한다.

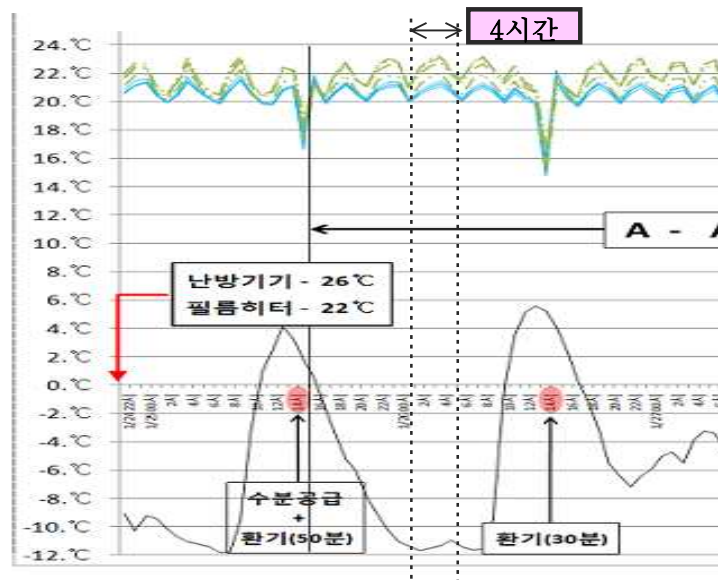


Fig. 2-7 1 차년 난방실험 결과의 일부분(2010년1월25일 ~2010년1월29일)

표 2-1. 1차년 전력소비량 비교(2010년1월25일 ~2010년1월29일)

날짜 위치별 난방기기, 검침		1월 25일 14:00					1월 26일 14:00					1월 27일 14:00					1월 28일 14:00					1월 29일 14:00					총 소모량 합계	일 평균
		검침 전력 (kw)		소비량 (kw)/1일		검침 전력 (kw)		소비량 (kw)/1일		검침 전력 (kw)		소비량 (kw)/1일		검침 전력 (kw)		소비량 (kw)/1일		검침 전력 (kw)		소비량 (kw)/1일								
B동	B-Type 난방기기 HP-N157 (2.25KW)	841.6		26		867.6		24.7		892.3		18.5		910.8		24.7		935.5		93.9		18.98						
		1724.3		50.6		1774.9		36.9		1811.8		29.1		1840.9		53.3		1894.2		169.9		33.98						
A동	A-Type 필름히터 9.2kw	1724.3		50.6		1774.9		36.9		1811.8		29.1		1840.9		53.3		1894.2		169.9		33.98						



Photo. 2-4 재배사 내 과습도 상태.

### (a) 면상발열체 적정 용량 설계 및 제작

열용량 과대설계 문제는 1차 년도에 면상발열히터 설계·제작시 배지Assembly에 투입될 열량을 계산결과를 사용하지 않고 일반공사 기준보다 높게 설계하였기 때문이다.

앞서 단원 “I”에서 제시한 2 차년도 연구결과에서 배지Assembly의 열전달 메커니즘 구명과 배지Assembly의 열용량을 산출할 수 있는 <식 2-17, 2-18>을 도출함으로써 이식을 이용하여 배지Assembly와 재배실내에 필요한 열용량을 산출한 결과 1 차년 설치된 열용량의 1/2로도 가능하다는 것을 알 수 있었다.

Fig. 2-8는 상기 결과로 부터 면상발열체를 재설계하고 제작 설치한 면상발열체에 의해 난방실험 한 결과를 제시한 것이다. 그래프 선과 라벨의 표기는 Fig. 2-7과 동일하다. 그래프 하단에 독립적으로 나타난 변동 선은 재배사 실외온도를 나타내고, 다음으로 변화 폭이 큰 변동 선은 재배사 실내 온도의 변화를 나타낸다. 나머지는 각배지Assembly의 온도변화를 나타낸다.

그래프에서 나타난바와 같이 실외온도가 급격히 변화하여도 각 층과 좌·우 배지Assembly들은 제어 온도 22°C를 잘 만족하면서 하단 확대된 그래프에 나타난 바와 같이 최대 23°C 최소 20°C 범위 내에서 잘 제어되고 있다. 이는 1 차년 보다 열용량이 1/2인 면상발열히터를 사용해도 Fig. 2-7와 거의 동일하게 배지Assembly의 온도제어를 할 수 있다는 것을 알 수 있다. 주기적으로 하는 관수를 한 후 다음날 재배사를 관찰한 결과 재배공간내 과습도 문제도 다소 완화된 것을 관찰할 수 있었다. 이와 같은 현상은 면상발열체의 열용량이 높으면 단시간 내에 많은 열량이 배지Assembly에 조사 되어 배지Assembly의 수분증발이 빨리 일어남으로써 단시간 내 재배사 내부가 과습도 상태로 되고 열용량을 낮추면 증발이 서서히 일어남으로 과포화상태가 발생하지 않기 때문이다.

그러나 과습도로 인한 곰팡이류나 버섯류의 번식을 막고 재배사 실내를 적절한 습도상태로 유지하기 위해서는 환기를 주기적이고 지속적으로 해야만 한다. 이러한 환기방식은 여름이든 겨울이든 현재로서는 필요한 상태이고, 이러한 상태에서는 에너지손실을 초래하여 재배사 냉난방 유지비용 과대로 시설재배가 경제성이 떨어지는 원인이 된다.

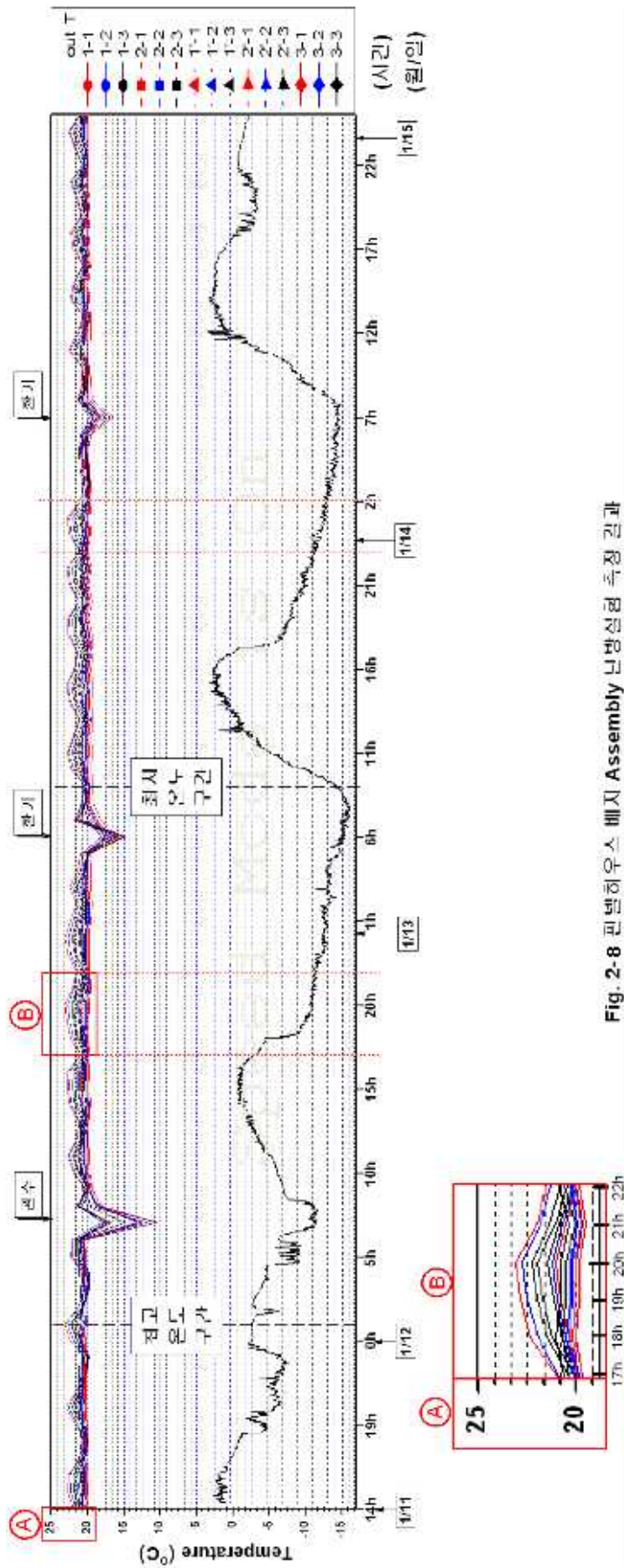


Fig. 2-8 핀베하우스 배지 Assembly 난방성립 측정 결과

## (다) 여름, 겨울 판넬하우스 과습도 상태 해결 방안 연구

상기 기술된 다단 천마시설재배사의 내부 과습도 발생 문제는 1차년도 연구를 시작하기 전에는 예상치 못했을 정도로 심한 상태였다. 면상발열히터 열용량을 줄이면서 완화되기는 했지만 아직도 해결하여야 하는 문제로 대두되었다. 여름철 응축 문제도 과습도로 인하여 발생하는 문제이다. 과습도 문제는 시중 판매되고 있는 제습기나 제습제를 사용하면 해결할 수 있다. 이러한 기존의 장비나 제습제 사용을 검토해 보았지만, 재배사 특성에 적합한 장비가 없어 구입설치 비용과 운영비가 많이 소요되어 경제성 문제를 검토하여야 했다. 따라서 제습장치를 개발하기로 하였다.

### (a) 제습장치 개발

Fig. 2-7는 본 개발 시설재배사에 적합한 제습장치 고안 결과를 제시한 것이다. 이 제습장치는 재배사의 냉난방에너지를 줄이기 위해 상·하층 온도 차이를 줄이기 위한 공조기를 고안하는 과정에서 고안된 장치이다.

그림과 같이 상·하 단의 파이프에 일렬로 구멍을 뚫고 이것을 가운데 파이프 수직으로 각각 연결하고 가운데 파이프 중앙에 송풍기를 설치하여 벽이나 상·하 공기순환이 필요한 곳에 Fig. 2-9와 같이 연직으로 세워 설치한다.

여름철 냉방을 하는 공간은 찬 공기는 낙하하여 바닥에 깔리게 되어 중층과 상층에 냉기가 머무는 시간이 적어 냉방효과를 감소시킨다. 이러한 공기층 구조에서 본 개발품의 송풍기를 우회전하게 하면(Fig. 2-9(b)) 바닥에 있는 찬 공기층이 하단의 파이프 구멍들을 통하여 상층으로 올라가 상단파이프 구멍들을 통하여 배출되어 상층의 더운 공기를 냉각하게 되어, 냉방효과를 증대 시킬 수 있다. 겨울의 난방시스템은 이와는 반대로 더운 공기가 상층에 머물게 되어 상·하층 온도차이가 커서(본 연구의 비닐하우스 난방가동 결과인 Fig. 3-6 참조) 난방효과를 감소시킨다. 이러한 환경에서 본 개발품에서 (Fig. 2-9(c))의 기구에서 팬을 왼쪽으로 작동하면 공기의 흐름이 반대로 발생하여 상층에 머물고 있는 더운 공기를 하층 낮은 온도영역으로 보내게 되어 균일난방효과를 증대 시킬 수 있다.

이러한 팬이 가동하는 공간, 즉 강제송풍을 하는 송풍기 공간에 제습제를 설치하면 공기가 흐르는 과정에서 습기를 제거할 수 있다. 이와 같이 본 고안 장치는 다단 천마재배시설의 경우 상·하층 온도차를 줄이면서 냉·난방 효과를 증대시키고 환기창문 열고 환풍기로 실내공기를 내보내지 않아도 제습까지 동시에 수행할 수 있는 일석이조의 효과를 낼 수 있는 공조기구가 될 것으로 기대하며 고안하였다.

Photo. 6(a), (b)는 본 개발시제품을 판넬하우스에 설치한 사진이다.

Photo. 6(a)는 본 개발시제품을 가동하지 않았을 때 사진이며 Photo. 6(b)는 본 개발제품을 가동 후 2시간이 지난 후 촬영한 사진이다. 사진에서 나타난 바와 같이 사진(a)는 과습도 상태로 공간내부가 연무상태인 것을 볼 수 있다. 개발제품을 가동한 후인 사진(b)에서 보여주듯이 과습도 상태가 완전히 사라진 것을 볼 수 있다. 그러나 배지Assembly의 온도변화는 설치전과 설치후의 미미하였다. 이상과 같이 본 개발제품의 습기제거 기능은 성공적이라 할 수 있다.

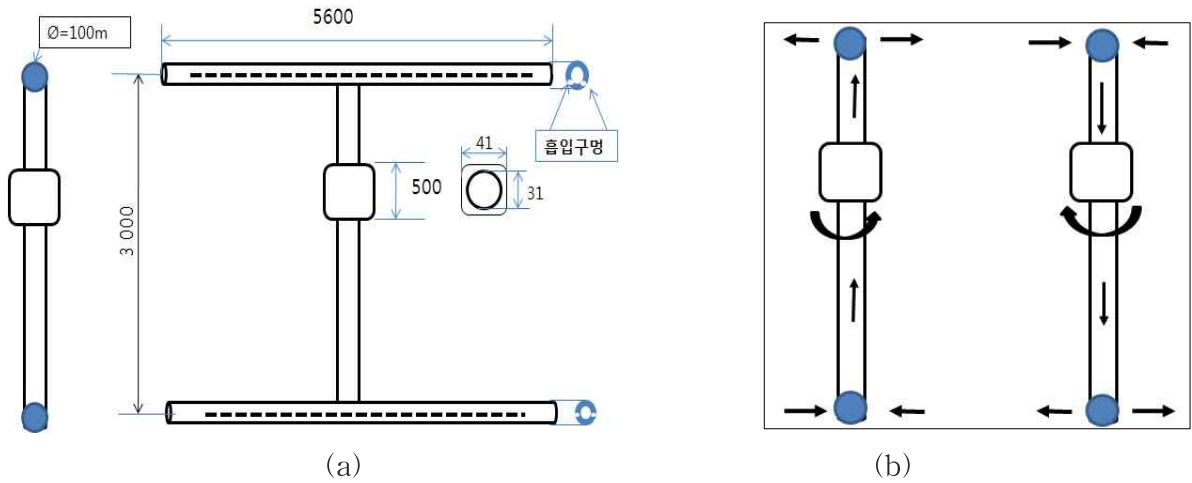


Fig. 2-9 상·하층 온도차 해결과 제습기 기능의 공조기구 설계 결과



Photo. 2-6 상·하층 온도차 해결과 제습기 기능의 공조기구 개발 시제품 설치 결과.

3 차 년도에는 개발된 ‘상·하층 온도차 해결과 제습기 기능의 공조기구’를 개선하여 온도차가 큰 개발 비닐하우스시설에 설치하고 온도변화와 습도변화에 대한 정략적 측정 실험을 할 것이다.

### 나) 배지Assembly의 습도(습분) 제어시스템 설계 및 제작을 위한 연구결과

배지Assembly의 습분제어는 배지Assembly에 관수를 어떻게 하는가에 달려 있다. 즉 관수 형태를 탐색하여 관수방법을 고안하고 적정 관수(물)량과 관수주기를 실험을 통하여 관찰하였다.

이를 위하여 모든 재배 사의 관수는 수작업으로 진행했으며 관수도구는 일반 15 L 물조리를 사용하였다. 각 배지Assembly 별로 1회 관수를 할 때 소요되는 물의 량과 관수 주기를 측정하였다. 관수방법은 물을 주기 전 배지상자의 배지 상단면을 고르면서 배지의 상태를 점검하고 관수할 물의 량을 측정하여 물조리개에 담아 손으로 물을 관수하면서 배지상자의 관수상태를 관찰하였다, 이러한 과정에서 배지에 적합한 관수방법을 관찰하였다. 그 결과 물의 량 뿐만

아니라 분사하는 방법도 중요하다는 것을 알 수 있었다. 물을 관수하는 방법은 일반 물조리개보다 미세하고 버섯재배에서 관수하는 미스터형태 보다는 굵은 물줄기 형태 좋다는 것을 알 수 있었다. 배지의 관수 주기는 Fig. 2-5와 같이 배지Assembly 내에 설치한 된 Photo. 2-7 과 같은 습분 센서와 측정장비로 측정된 배지습도 값을 확인하고 손의 촉감으로 습분 정도를 확인하면서 물의 량을 조절하였다. 관수의 주기량은 습도 12~15%을 기준으로 주기 량을 결정하였다.

Fig. 2-10 는 배지의 관수기준으로 활용한 습도 측정결과 중 일부를 제시한 것이다. 하부에 습도 변화가 없이 일정한 값을 보이고 있다. 일정값을 나타내는 하부 센서는 3층에 완전 건조된 별개의 배지를 설치하고 이 배지에 센서를 심어 터미센서로 활용하고자 하였다. 즉 측정된 습도 값이 완전 건조된 배지에서 어느 정도인지 알기 위해서였다. 시중에 판매되고 토양수분(습도)센서의 종류도 다양하지만 아직은 측정센서가 정교하지 못하다. 더군다나 시설재배의 토양 깊이가 적은 곳에 설치할 수 있는 센서는 한정적이었다. 따라서 터미센서와 상호비교와 손으로 움켜져서 촉감으로 한 것과 비교관찰을 병행하였다.

표 2-2는 실험결과를 제시한 것이다. 표에서 나타난 바와 같이 관수량은 배지종류에 따라 달랐으며 <퍼얼라이트 + 톱밥+ 사양토>, <버미큐라이트 + 톱밥+ 사양토> 가 12 L 로 배지들 중에서 중간 관수량이 되었다. 관수 주기는 10월, 11월 에서 짧아지고 있고 12월 달 부터 다시 길어지고 있는데 건조계절인 9월부터 주기가 점점 짧아지다가 11월의 너무 짧은 주기 즉 물을 자주 관수한 결과 배지상태가 과습도 현상이 나타나 다시 12월부터 관수주기를 길게 하였다. 이러한 연구결과인 관수방법 ; <물조리개 보다 미세하고 버섯재배에서 관수하는 미스터형태 보다는 굵은 물줄기 형태>는 관수노즐의 형태를 선정하는데 활용할 것이며, 관수량은 배관의 크기와 펌프용량을 결정하는데, 관수주기와 습도를 제어하는데 활용할 것이다.

이와 같은 연구결과는 이후 기술될 비닐하우스 연구결과와 비교하여 최적 관수 자동화 장치를 설계 제작하고자 한다.



(a) 토양습도 센서



(b) 측정장비

Photo. 2-7 습분센서 및 측정 장비



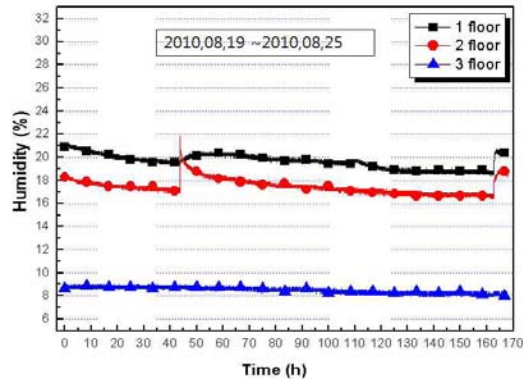


Fig. 2-10 배지의 습도 측정결과

표. 2-2 판넬하우스 관수 실험 결과

판넬하우스 관수 실험결과									
월	급수날짜				급수 주기		비고		
5월	2, 6, 11, 16, 21, 26				4~5일		봄		
6월	1, 8, 15, 22, 29				7일				
7월	6, 13, 20, 27				7일		여름		
8월	3, 12, 19, 25				6~9일				
9월	1, 8, 16, 23, 30				7~8일		가을		
10월	4, 7, 11, 14, 17, 20, 24, 28				3~4일				
11월	1, 4, 8, 10, 12, 15, 17, 19, 22, 25				2~4일				
12월	1, 6, 10, 15, 20, 27, 30				3~7일		겨울		
1월	3, 5, 12, 17, 20, 24				2~7일				
2단	배합	톱밥+톱밥	버미큐+사양토	펄+톱+사양토	버+톱+사양토	톱밥+모래	톱밥+버미큐	톱밥+사양토	톱밥+펄트
	관수량	14L	8L	12L	12L	14L	14L	12L	12L
3단	배합	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토
	관수량	16L	16L	12L	12L	16L	16L	12L	12L

## 다. 지상 다단식 실내재배를 위한 재배시스템 구조 고안, 설계 및 제작 (비닐하우스 형 지상 다단식재배시스템 개발 제작)

### 1) 최소 냉·난방에너지 소비(에너지 절약형) 지상 다단식 비닐하우스 재배시스템 설계 및 건축

1차년도 판넬하우스 연구결과 판넬하우스는 저비용의 에너지투입으로 여름 철, 겨울철 온도 제어를 할 수 있는 아주 좋은 시설이지만 문제점은 과도한 폐쇄 형태로 3층으로 설치된 배지 Assembly에서 증발되는 다량의 습기를 외기로 배출하는 것을 과도하게 막아 여름에는 응축, 겨울에는 과습도상태가 되어 이러한 환경으로 인하여 배지에 곰팡이와 버섯이 서식하는 경우가 있었다.

연구를 시작하기 전 천마는 완전 성마가 되기까지는 줄기나 잎이 없이 땅속에서만 근사에 기생하면서 자라기 때문에 빛도 필요 없고, 적절한 습분을 요구하기 때문에 이러한 습한 환경을 유지할 수 있는 판넬하우스 구조의 시설이 다단식 천마시설재배의 최적이라 생각했다. 하지만 연구과정에서 이러한 문제가 발생하면서 환기시설을 보완하여야만 했다.

즉 시설은 기본적으로 적당한 공기유통 구조되거나 실내 안에 공기순환 와 습기제거 동시에 이루어지는 시설이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

비닐하우스형 다단 천마재배시설을 고안하게 된 동기는 일반적으로 이 시설이 공기유통이 원활하게 작동하는 구조이기 때문이다.

#### 가) 비닐하우스형 다단 천마재배시설 설계

현재 비닐하우스 시설의 건축재료나 구조는 실내기온을 상승시키는 기능을 하도록 되어 있다. 공기유통이 잘 될 수 있는 구조로 건축할 수는 있으나, 기존 시설구조로 건축할 경우 건축재료나 구조 때문에 온도상승으로 여름의 천마재배 시설로는 부적합하고 천마 재배를 위해 여름에 냉방시스템을 갖춘다고 해도 내부온도가 높은 구조로 되어있기 때문에 냉방비용이 과대하여 천마생산에 경제성이 없다.

따라서 <천마생산 다단 비닐하우스 재배시설>을 건축하기 위해서는 이러한 특성을 이해하고 새롭기 개발하여야 했다.

이상과 같이 개발하고자 하는 <천마생산 다단 비닐하우스 재배시설>의 개발설계에서 경제성을 고려한다면 다음과 같은 구조이다.

- ① 여름에 냉방비가 과대투입 되지 않는 시설.
- ② 공기 순환이 목적이지만 이로 인하여 겨울 난방비가 많이 투입되지 않는 시설

①, ②는 서로 모순된 기술적 상황으로 한쪽이 만족되면 다른 쪽이 불만족하게 되는 기술적 모순 과제이다.

따라서 <천마생산 다단 비닐하우스 재배시설>의 고안 설계 방향을

- 기존의 비닐하우스구조(실내온도 상승과 보온구조)에다
- 여름철에 냉방기기를 사용하지 않고 상승하는 실내공기를 냉각하는 구조로 고안 설계하

는 것으로 하였다.

Fig. 3-1은 고안한 여러 가지 모델 가운데 기술적으로 타당성 있다고 판단하여 최종적으로 선택한 고안결과이다 (성능 실험결과 만족한 결과 Fig. 3-7 참조).

고안 시설의 구조는 기존의 시설과 비슷한 구조이다. 겨울철 용도는 차광막이 설치되지 않은 채 2중 비닐 막에 단열보온재로 구성하여 온실효과를 최대로 살이면서, 내부에 난방장치를 가동하여 난방기능을 하도록 하고 있다. 여기서 보온재는 그림과 같이 자동개폐 도르래를 사용하여 낮에는 비닐에 의한 온실효과가 낮도록 보온재를 지붕상단까지 감아올리고 밤에는 보온재를 바닥까지 내려 단열재 역할을 하도록 하였다. 여름에는 상승하는 실내기온을 내려야 함으로 맨 윗층 차광막을 설치하고 온실효과를 역할을 하는 1차 비닐을 도르래에 의해 상단까지 말아 올리고 단열재 위에 Fig. 3-1과 같이 스프링쿨러를 설치하여 단열재 위를 분사하게 되면 단열재가 냉각수로 젖어 있게 되어 태양열 차단과 냉각효과를 얻을 수 있다. 여기에 상단에 Fig 3-2와 같은 환풍기를 고안하여 설치하면 증발열을 흡수하여 방출함으로써 냉각효과는 더욱 크지는 원리이다. 이때 하단의 양측을 하단에서부터 환풍기까지 공기가 흐르면서 냉각이 되도록 개방하게 된다.

Fig. 3-3은 고안 설계한 천마생산 다단 비닐하우스 재배시설을 제작 건축하기 위한 설계도면을 제시한 것이다.

Fig. 3-4는 시설 안에 설치한 수도 및 전기시설 설치도면을 제시한 것이다.

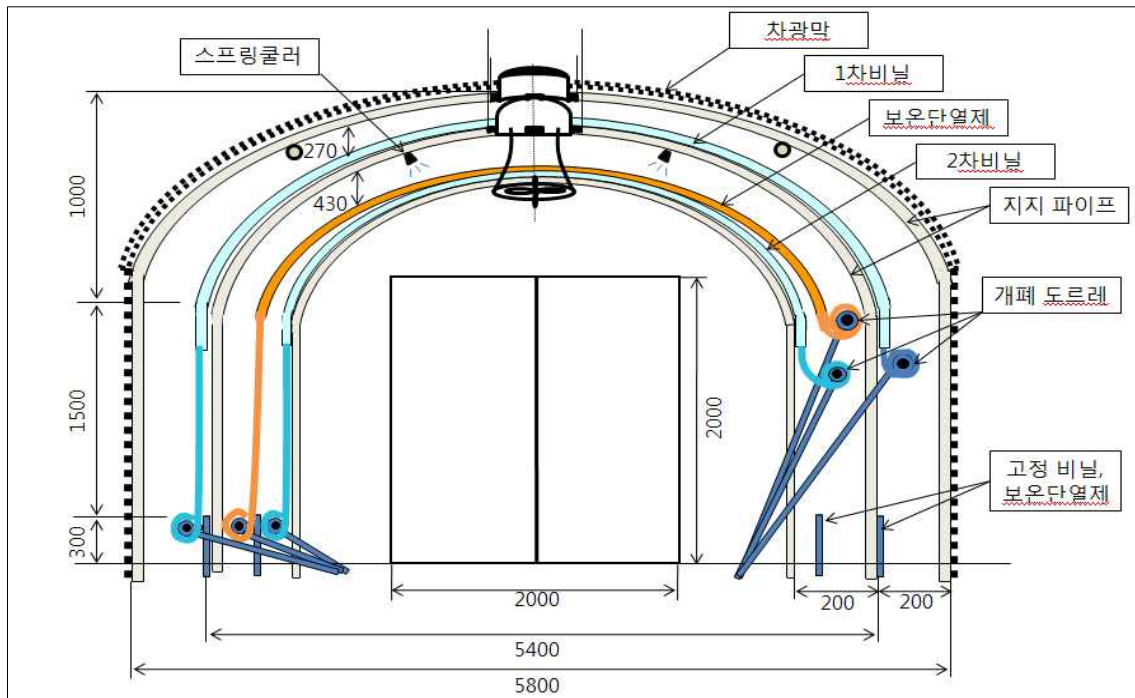


Fig. 3-1. 천마생산 다단 비닐하우스 재배시설 개발 고안도 : 정면도

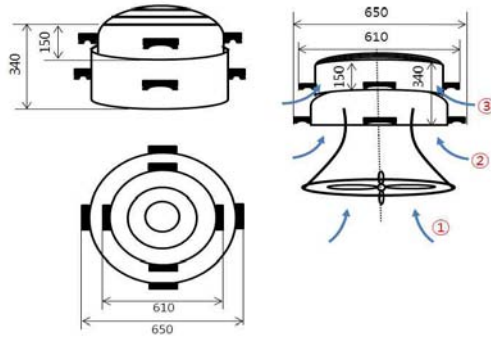


Fig 3-2. 환풍기개발 설계도

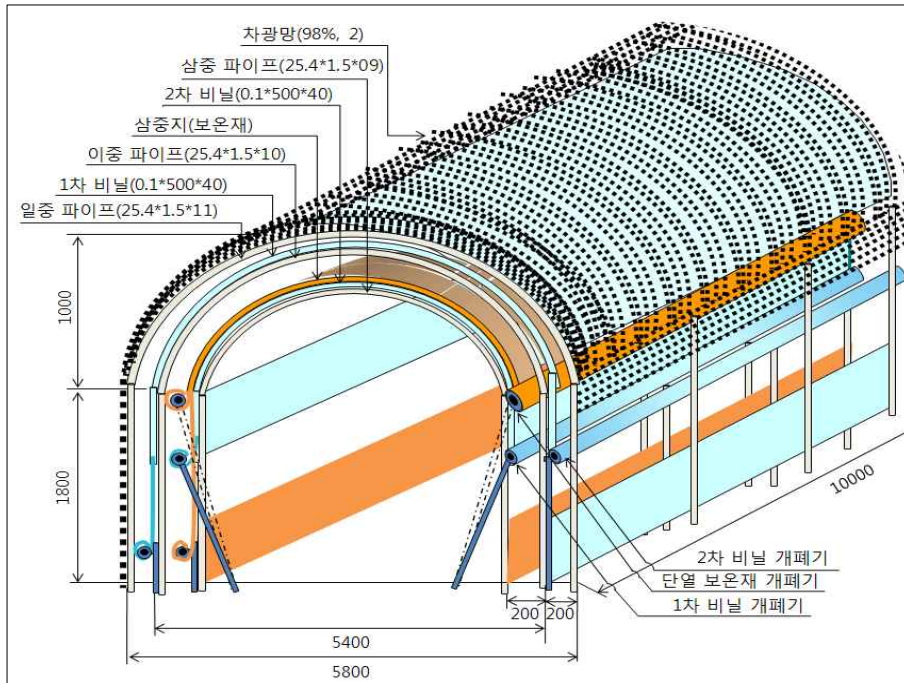


Fig. 3-3 천마생산 다단 비닐하우스 재배시설 개발 건축설계도

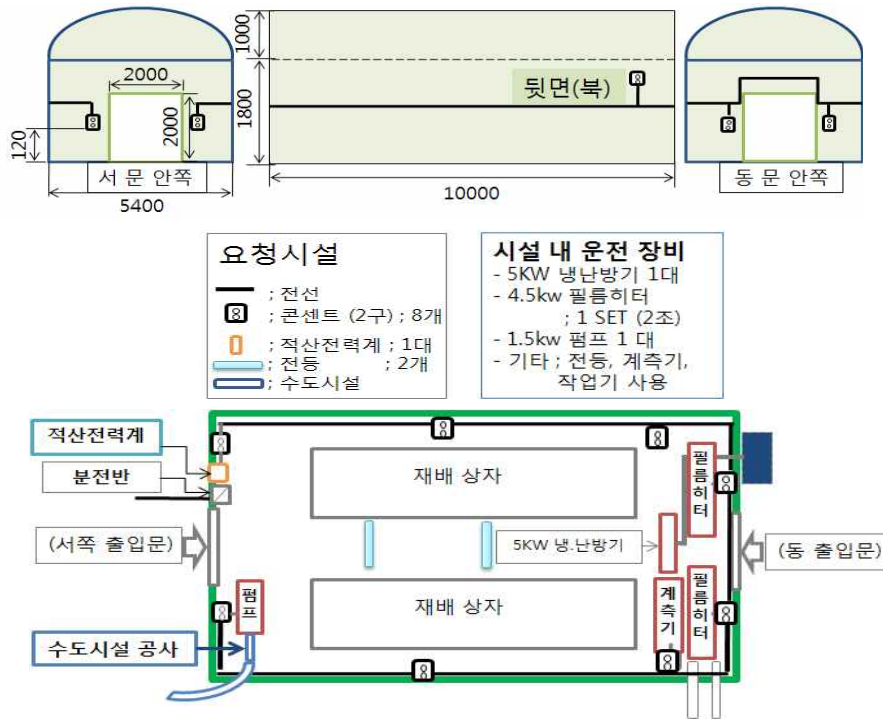


Fig. 3-4. 시설 재배사 전기 및 수도시설 설치도면

Photo. 3-1, Photo. 3-2 및 Photo. 3-3은 개발 <친마생산용 다단 비밀하우스시설>의 골조 건축 상황, 요소 단계별 건축 상황 및 단계별 내부 공사 진행상황을 촬영하여 제시한 것이다.

Photo. 3-4는 스프링쿨러와 개발환풍기 설치결과를 시설내부에서 촬영하여 제시한 것이다. 스프링쿨러는 가운데를 중심으로 양쪽으로 한 줄 5개 총 10개를 설치하였다. 개발환풍기는 2개를 설치하였다.



Photo.3-1 개발 <천마생산용 다단 비닐하우스 시설> 골조 건축 결과



(a) 외부 중공사진



(b) 내·외부 중공사진



(c) 차광막설치 (여름)



(c) 1차 비닐, 내부공사 상황



(d) 2차비닐, 보온단열재 건축 상황

Photo. 3-2 개발 <천마생산용 다단 비닐하우스 시설> 요소 단계별 건축 결과



Photo. 3-3 스프링클러와 개발환풍기 설치상태

## 2) 저비용 내구성 재배상자 고안

다단 시설 재배를 위해서 초기에 투입되는 예산에서 비중이 큰 것 중 하나가 다단 재배시설 제작비용이다. 다단 시설은 다단(층) 프레임과 재배상자로 구성되는데 다단(층) 프레임은 일반적으로 시중에 판매되는 앵글로 제작하면 된다. 그러나 재배상자 같은 경우는 1차년부터 시중에 판매되고 있는 상자들을 검토해 보았지만 천마재배에 적합한 상자는 과수원 사용하고 있는 플라스틱 상자가 적합하였다. 그러나 사과 상자의 경우 가격이 비싸 상용화 할 경우 초기투자가 과대하게 되어 재배의 수익성 문제로 대두될 수 있었다. 또한 일부 시중에 재활용 자재로 만든 천마재배 규격에 맞는 제품이 있으나 무거워서 취급하기가 어렵고 가격도 만만치 않아 활용도 낮은 것으로 판단하여 1차 년도에 Photo. 3-4와 같이 합판으로 제작 하는 것이 가장 저렴하게 제작할 수 있었다. 1차 년도에 사용하는 과정에서 관수와 습기 문제로 합판이 썩는 현상이 나타나기 시작하여 그 후 다른 재료를 물색한바 합판보다 저렴하고 습기 강한 재료를 찾을 수 있었다.

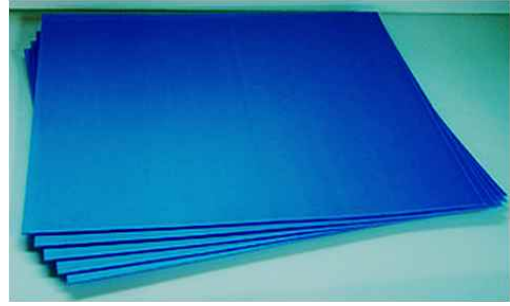
이 재료는 사진에 제시한 바와 같이 이삿짐 박스를 제작하는 재료로 강도는 같은 사이즈의 합판과 같으며 플라스틱 원료 제작하였기 때문에 습기에 강하고 내구성이 강하다.

가격 대비는 합판 (1200×2440 (5t)) 11,000(원)/장 박스 제작용 단프라스티(플라스티크 :1400×2500(4t)) 7,700(원)/장 이며, 또한 제작과정에서 단프라 시트 판재가 훨씬 용이하여 제작 인건비도 적게 소요된다.

Photo. 3-5 는 앵글과 플라스틱 판재를 사용하여 재배상자와 3단 다단 재배시설을 제작한 결과를 제시한 것이다.



(a) 합판재료 제작



(b) 박스 제작용 단프라 시트(플라스틱) 판재

Photo. 3-4 배상상자 제작 재료



(a) 프레임 작업과정



(b) 프레임 밑바닥 면 철망작업 과정



(c) 철망 위 망사설치 작업과정



(d) 배지상자 제작과정



(e) 3단 프레임 제작 과정



(f) 3단 재배장치 제작완료

Photo. 3-5 플라스틱 판재 배지상자와 다단 프레임 제작 결과



### 3) 개발 다단 비닐하우스 시설과 배지Assembly 온·습도 제어 시스템 실험 (개발 비닐하우스 시설 성능실험)

#### 가) 배지Assembly 조합

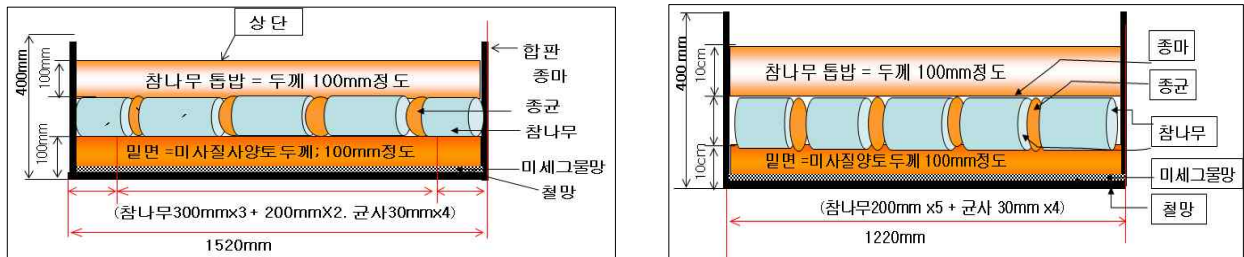
개발비닐하우스의 성능시험은 최적배지조성 구조를 구명하기 위한 재배시험과 동시에 진행되었다.

개발비닐하우스 실내에 1단, 2단 및 3단으로 제작된 2줄의 선반에 투입된 배지 Assembly들은 최적배지조성 구조를 구명하기 위하여 각기 다른 배지종류로 조합된 것이다.

Fig. 3-5는 배지 Assembly의 구성과 구조를 제시한 것이다. 배지 Assembly의 크기는 1000×400×1520(mm)와 1000×400×1220(mm)이며 길이가 긴 1520(mm)상자는 참나무 길이를 300(mm)로 한 것이며, 길이 1220(mm)상자는 참나무 길이를 200(mm)로 한 것이다. 이렇게 참나무 길이를 다르게 한 것은 종마의 균사체가 참나무의 영양분을 먹고 자라므로 균사 영양공급체인 참나무 길이 영향을 구명하기 위해서이다.

이와 같은 배지 Assembly의 구성과 구조는 판넬하우스와 동일하게 한 것이다.

Photo. 3-6는 상기의 방식으로 배지Assembly제작과 물받이, 난방제어를 위한 면상발열체를 설치한 결과를 제시한 것이다. 면상발열히터의 크기와 용량은 2차 년도에 개선하여 판넬하우스에 설치한 것과 동일한 것((폭1m, 길이5.4m)/장, 총량4.84 kw)을 사용하였다.



(a) 참나무 길이 300mm ,

(b) 참나무 길이 200mm

Fig. 3-5 배지Assembly



(a) 배지재료 및 천마(종마) 식재 결과

(b) 물받이, 면상발열히터 제작설치 결과

Photo. 3-6 배지재료 및 천마(종마) 식재 와 면상발열히터 제작설치 결과

나) 배지Assembly 온도제어 실험과 개발 다단 비닐하우스 성능시험

Fig. 3-6은 개발 비닐하우스 성능시험과 배지Assembly의 온도제어 실험을 하기 위하여 판넬하우스에 설치한 것과 동일한 온도측정 센서, 토양습분측정센서의 설치위치 및 측정 장비의 개략도를 제시한 것이다. 토지습분측정 센서는 배지재료 내부에 설치하였고, 온도센서는 배지내부, 온실내공간 및 온실외부 실외에 각각 설치하였다. 온실내공간센서 측정값의 확인 비교를 위하여 시중에 판매되고 있는 최고·최저 온도점 측정온도계와 습도계를 내부공간에 함께 설치하였다. 모든 측정은 실시간으로 이루어지며 측정된 값은 PC에 저장된다.

Photo. 3-7은 이들 센서와 측정 장비의 설치운영 상황을 촬영한 것이다.

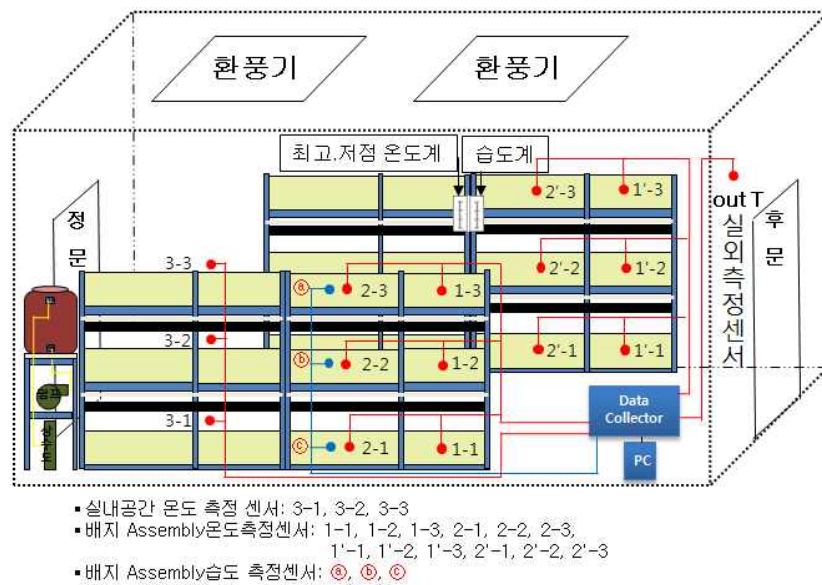


Fig. 3-6 온도측정 센서, 토양습분측정 센서 측정장비 설치 개략도.

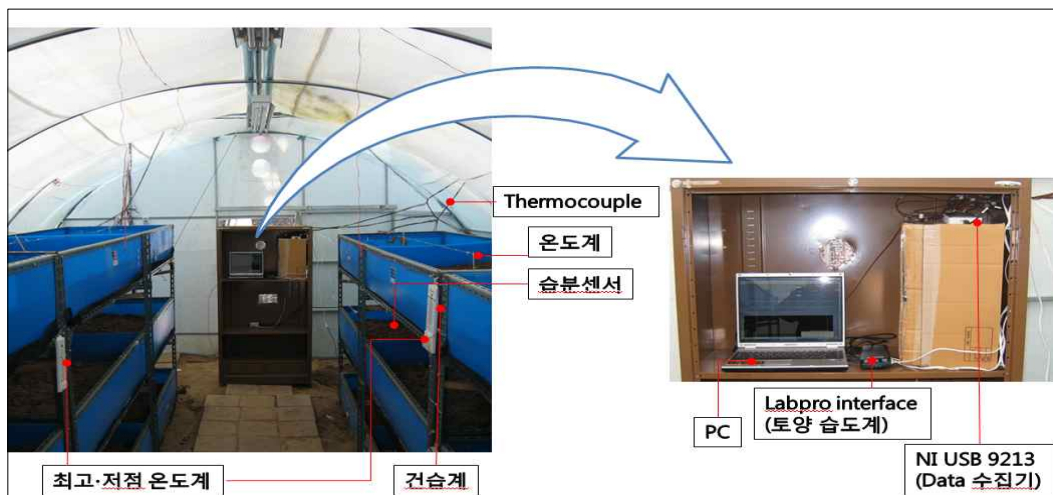


Photo. 3-7. 센서와 측정 장비의 설치운영 상황

## 다) 배지 Assembly 온도제어 실험과 개발 비닐하우스 성능시험 결과

### (1) 여름철 냉방실험 결과

개발 다단 비닐하우스에서는 여름철에 냉방기를 사용하지 않고 시설자체 만으로 “천마” 재배온도를 달성하기 위하여 개발한 것이다. 따라서 여름에는 냉방기를 사용하지 않고 앞서 기술한 바와 같이 여름에는 하단의 일정측면을 개방하고 시설외부 기온에 따라 Photo. 3-3과 같이 비닐하우스 상단에 설치된 스프링쿨러와 개발환풍기를 작동하였다.

Fig. 3-7 은 여름 동안 측정된 실험결과 중 실외온도가 38℃로 가장 무더웠던 2011년 8월 19일 ~ 2011년 8월 24일까지의 결과를 제시한 것이다.

라벨의 번호는 Fig. 3-6의 센서위치와 동일한 위치를 나타내며, 다른 그래프선 들과 크게 벗어나 상부에서 높은 온도변화를 나타내는 검은 선은 재배사 외부변화를 측정된 결과이다. 그 다음 높은 선은 시설 내부공간 온도 측정 센서의 값이다.

Fig. 3-7에서 나타난 바와 같이 실외기의 온도가 최대 38℃까지 변화하여도 실내온도 32℃와 “배지 Assembly”의 온도는 최대 28℃(상층의 온도값), 최소25℃(하층의 온도값)에서 변화하고 있다. 이 온도는 천마의 적정 생육온도 25℃~20℃에서 약 3℃를 상회하지만 냉풍기 없이 외기 온도가 38℃일 때 이 정도의 온도제어를 할 수 있다는 것은 성공적이라 할 수 있다.

이러한 효과는 겨울보온을 위해 비닐하우스 천정에 설치하는 보온재를 여름에 제거하지 않고, 보온재와 분무노즐, 그리고 개발송풍기를 동시에 활용하여 개발비닐하우스의 여름철 온도강하 시스템으로 활용한 결과라 할 수 있다.

온도강하 원리는 여름철에 온도가 상승할 때 설치된 분무노즐로 균일하게 물을 뿌리면 보온재전체에 얇은 수막을 형성하고 보온재 형태로 증발이 쉽게 일어날 수 있다. 이러한 구조는 천정전체가 여름철 높은 온도의 직사광선을 차단하면서 증발에 의해 천정전체의 온도를 강하시키고, 여기에 개발송풍기에 의하여 하나의 송풍구는 증발발생 영역을 강제대류시켜 증발영역의 온도를 더욱 강하시키는 효과와 다른 송풍구는 비닐하우스 내부를 냉각하게 되어, 3가지의 기능이 복합되어 비닐하우스 내부의 온도강하효과가 크게 나타난다고 볼 수 있다.

그래프에서 실외온도 변화에 따른 개발 비닐하우스와 배지 Assembly의 온도변화 경향을 그래프 “A”-“B”구간에서 세부적으로 분석하면 다음과 같다. 실외온도와 비닐하우스 실내온도의 상승과 하강시간은 거의 일치하고, 변화형태도 비슷하지만, 천마를 이식한 배지재료 내부의 온도 상승과 하강시간 및 형태는 일치하지 않고 있으며 4시간 늦게 뒤따르는 현상을 나타내고 있다. “A”점인 오전 8시쯤에서부터 실외와 내부공간온도가 상승하여 오후4시쯤에서 정점이었다가 이후 급격히 하강하여 오후 6시쯤에서 배지재료 온도와 같게 된다. 이렇게 외부온도가 급격히 상승하는 구간에서 배지재료의 온도가 서서히 상승을 하는 것은 배지재료의 열용량이 크기 때문이다.

배지재료의 온도는 6시 이후부터 상승하여 10시에 정점이 된다. 배지재료가 상승하는 동안 외부공기는 밤공기로 새벽 4시에는 23℃까지 하강하고 있다. 이러한 실외하강 기온으로 인하여 배지재료는 아침 10시까지 완만하게 하강을 하게 된다.

이와 같이, 배지재료는 큰 열용량으로 인하여 밤에 차가운 열을 충분히 저장할 수 있으며,

저장된 차가운 열용량으로 인하여 더운 낮 동안에도 급격한 온도상승이 발생하지 않고 완만한 변화형태를 나타내고 있는 것이다. 이와 같은 결과로부터 외기온도가 38℃일 때 개발 비닐하우스 내부 온도를 현재 34℃보다 1~2(℃) 낮은 온도인 32~33℃ 제어할 수 있게 개선된다면 개발비닐하우스 시설도 여름에 냉방기 가동없이 “천마”를 재배할 수 있는 시설도 가능하다는 것을 알 수 있다.

이러한 문제를 개선할 방법은 현재 12개의 스프링쿨러를 양쪽에 각 각 1줄씩 첨가하여 24개로 하고, 보온재 한 장을 추가하여 단열효과를 늘리고 환풍기 1대를 추가하면 충분히 “배지 Assembly”에 요구되는 적정온도 범위 내(25℃~20℃)에 제어할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 그래프 결과에서 나타난바 와 같이 한 여름의 밤 12시에서 다음날 8시까지 실외 온도가 25℃~20℃ 내에 있으므로 이 시간은 온도 제어시스템을 가동하지 않고 비닐하우스 하단만 개방하여도 적정 천마생육 온도가 유지됨으로 이를 잘 활용하면 경제적으로 운영할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 3차 년도에는 스프링쿨러를 추가적으로 12개를 설치하고, 보온재 한 장을 추가하여 단열효과를 늘리고 환풍기 1대를 추가하여 그 성능 실험을 하고자 한다.

또한 현재 수동으로 작동하는 모든 온도제어 시스템을 온도에 따라 자동으로 작동할 수 있도록 자동화시스템 구축을 연구하고자 한다.

#### ※ 여름철 시설내 응축 문제

판넬하우스에서는 여름철 응축 문제가 발생하였지만, 개발 다단 비닐하우스에서는 공기가 유통하는 구조이므로 당연히 응축문제는 발생하지 않는다.

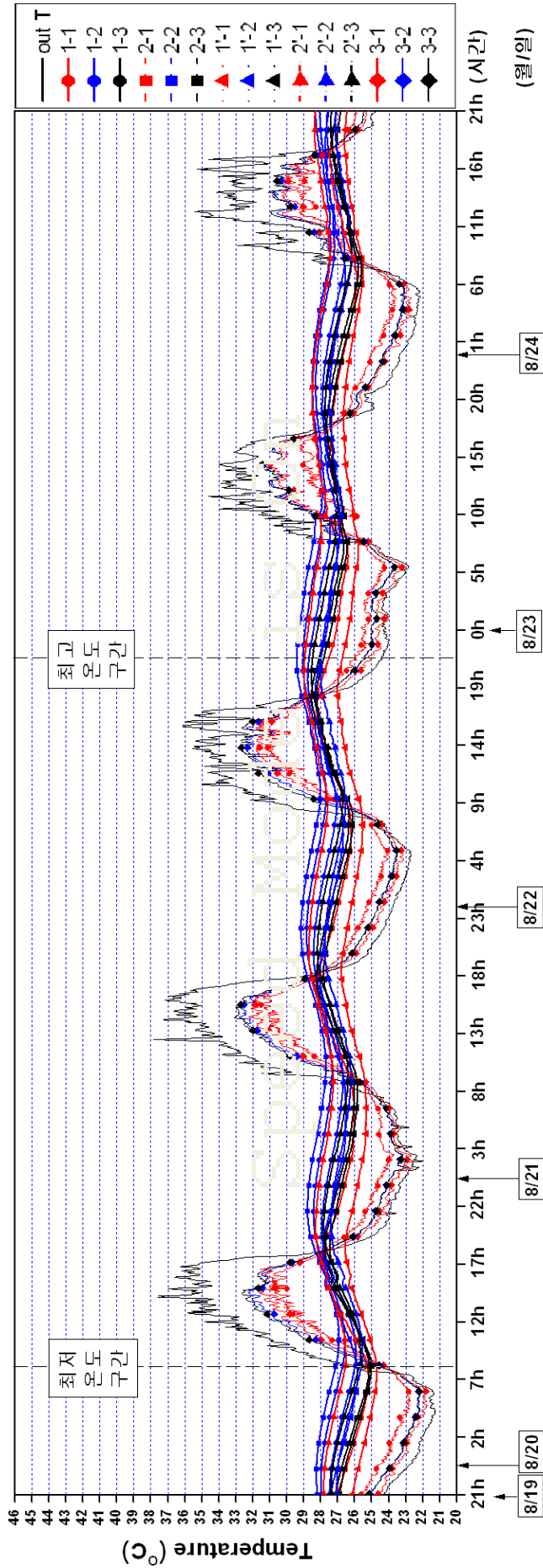


Fig. 3-7 개별 다단 베네티하우스 여름 실험 온도 측정 결과

## (2) 겨울철 난방실험 결과

Fig. 3-8은 개발 다단비닐하우스의 겨울 철 난방실험 결과 중 날씨가 가장 추웠던 2011년 1월11일부터 1월 16일까지의 측정결과를 제시한 것이다.

그래프 하단의 변동선이 시설외부 대기온도 변화를 측정한 자료이며, 실내공간으로 표기된 것은 비닐하우스 실내공간 온도의 변화(A, C)를 측정한 자료이다.

관수로 표기된 곳은 재배사에 물을 줄때를 의미하며, 또한 이 지점에서 배지Assembly 온도가 높아(28℃) 제어값 25℃로 낮게 설정한 지점이기 하다.

그래프의 전체적 성향은 판넬하우스와는 달리 외기온도의 변화에 비닐하우스 실내공간 온도에 영향(A, C)을 많이 받으며, 배지Assembly도 온도에 따라 완만한 변동현상을 나타내고 있다. 특히 사항은 기존의 온실난방 온도 분포는 배지Assembly보다 시설 내부공간의 온도가 높게 나오는데 본 개발 다단비닐하우스의 경우 시설 내부공간의 온도 보다 배지Assembly의 온도가 높게 나타난다. 이는 발열히터(면상발열체)실내공간을 먼저 가열하는 것이 아니라 배지Assembly의 상단과 하단에 바로 설치하여 배지Assembly의 상부와 하부를 직접조사 하는 구조이기 때문이다.

각 배지Assembly들의 온도편차를 보면 정상제어인 경우 최고 27℃와 최저 16℃로, 온도차 밴드가 11℃이다. 이는 3℃인 판넬하우스 보다 크게 나타나고 있다. 판넬하우스 보다 큰 편차가 날것이라는 것을 예상은 했지만 외관상으로 큰 차이를 보이고 있다.

그러나 면밀히 검토를 해보면 ‘배지Assembly’의 1-1, 2-1, 1'-1 및 1'-2의 온도가 16℃와 18℃에서 변화하고 있다. 나머지 배지Assembly는 외기온도가 -12℃일 때(B 지점) 21℃~24℃이고 외기온도가 2℃일 때(A지점 부근) 20℃~26℃를 나타내고 있다. 여기서 낮은 온도(16℃와 18℃)의 배지Assembly 문제를 해결하고 외기온도가 높을 때 (2℃) 열을 적게 투입하면 모든 배지Assembly들을 이 시스템으로 충분히 천마생육 적정온도로 제어할 수 있다는 것을 알 수 있다.

낮은 온도(16℃와 18℃)의 배지Assembly 군이 나타나는 이유는 <1-1>, <2-1>, <1'-1> 및 <1'-2>의 ‘배지Assembly’를 판넬하우스와 같이 실내바닥면과 공간을 두고 설치한 것이 아니라 다단 높이를 낮추기 위해 지면에 바로 ‘배지Assembly’를 설치하여 겨울의 지표냉기가 ‘배지Assembly’로 바로 직접 전달되어 ‘배지Assembly’의 상면을 가열하여도 만족할 만한 온도까지 상승하지 못하는 것으로 판단된다. 따라서 3차 년도에는 하단 ‘배지Assembly’들을 판넬하우스와 같이 바닥과 공간을 두고 설치하여 실험을 하고자 한다.

### ※ 겨울철 시설 내 과습도 문제

판넬하우스에서는 겨울철 시설 내 과습도 발생이 문제였다. 그러나 개발 다단비닐하우스에서는 과 습도 문제는 발생하지 않는다.

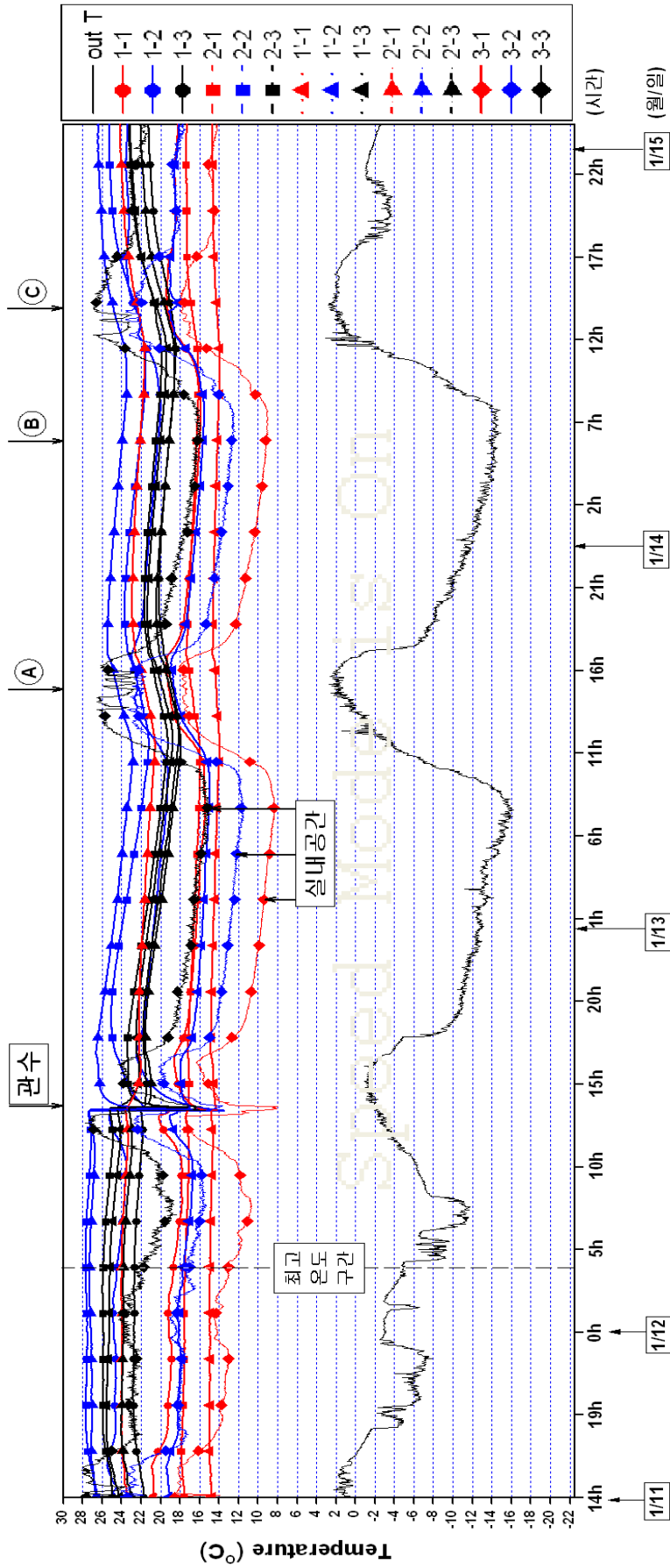


Fig. 3-8 개발 다단 비닐하우스 겨울 실험 온도측정 결과

라) 배지Assembly 습분제어 실험과 개발 비닐하우스 성능시험 결과

관넬하우스 실험에서 기술한 한 바와 같이 배지Assembly의 습분제어는 일차적으로는 배지 Assembly에 관수를 어떻게 하는가에 달려 있다. 즉 관수형태를 탐색하여 관수방법을 고안하고 적정 관수(물)량과 관수주기 실험을 통하여 관찰하였다.

관수방법과 관찰, 관수 주기 측정, 관수량 측정 방법은 앞서 기술한 관넬하우스 실험과 동일하게 하였다. 물을 관수하는 방법은 관넬하우스와 배지재료가 동일하므로 일반 물조리 보다 미세하고 버섯재배에서 관수하는 미스터형태 보다는 굵은 물줄기 형태 좋다는 것을 알 수 있었다. 배지의 관수주기도 관넬하우스 실험과 같이 동일한 방법으로 하였다.

Fig. 3-9 는 습도 측정결과 중 일부를 제시한 것이다. Fig. 3-9(a)는 여름철 결과로 관수기준의 배지습분은16~20%이다. 배지별 습도 값이 다른 것은 배지별 배지의 조성재료가 다르기 때문이다.

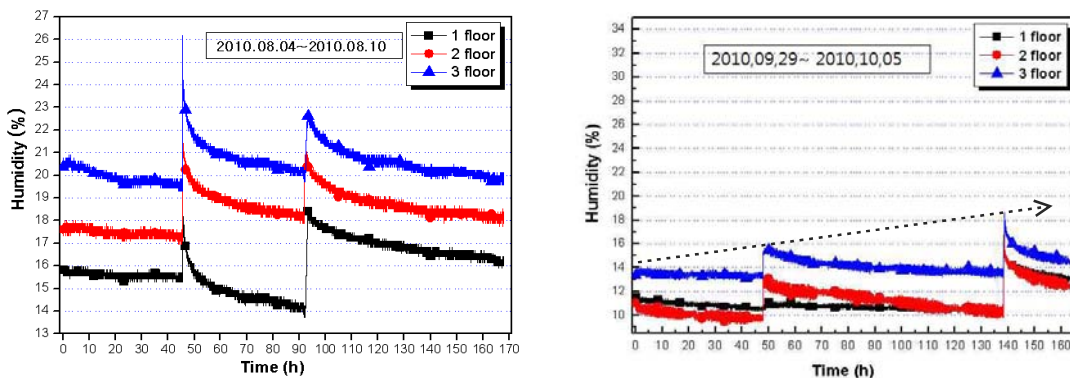
Fig. 3-9(b)는 가을철 결과로 관수기준의 배지습분은10~14%이지만 점차 기준을 높여 갔다. 그래프는 전반부에서 습도가 여름철보다 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 가을은 건조계절이라 여름보다 빨리 건조하는데도 여름철의 관수주기대로 관수를 하다 보니 습도가 낮아진 것이다. 이후 점차 관수횟수를 늘려서 기준습도가 올라가는 것(점선 화살표)을 볼 수 있다.

표 3-1는 이러한 실험결과를 제시한 것이다.

표에서 나타난 바와 같이 관수량은 배지종류에 따라 달랐으며 <퍼얼라이트 + 톱밥+ 사양토>, <버미큐라이트 + 톱밥+ 사양토> 가 14 L 로 배지들 중에서 중간 관수량이 되었다. 관넬하우스 보다 2L가 많았다. 다른 배지들 관넬하우스보다 2L정도 많았다 이와 같은 현상은 바람유통이 원활하여 증발이 잘 일어나기 때문인 것으로 사료된다. 관수 주기는 관넬하우스와 동일하다.

이상과 같은 연구 결과에서 <물조리개 보다 미세하고 버섯재배에서 관수하는 미스터형태 보다는 굵은 물줄기 형태>는 관수노즐의 형태를 선정하는데 활용할 것이며, 관수량은 배관의 크기와 펌프용량을 결정하는데, 관수주기와 습도는 제어기를 개발하는데 활용할 것이다.

이와 같은 연구결과는 이후 기술될 비닐하우스 연구결과와 비교하여 최적 관수 자동화 장치를 설계 제작하고자 한다.



(a) 여름

(b) 가을

Fig. 3-9 비닐하우스 '배지Assembly' 습도측정 결과



표 3-1. 비닐하우스 관수실험 결과.

비닐하우스 관수 실험결과									
월	급수날짜					급수 주기		비고	
5월	2, 6, 11, 16, 21, 26					4~5일		봄	
6월	1, 8, 15, 22, 29					7일			
7월	6, 13, 20, 27					7일			
8월	3, 12, 19, 25					6~9일		여름	
9월	1, 8, 16, 23, 30					7~8일			
10월	4, 7, 11, 14, 17, 20, 24, 28					3~4일		가을	
11월	1, 4, 8, 10, 12, 15, 17, 19, 22, 25					2~4일			
12월	1, 6, 10, 15, 20, 27, 30					3~7일		겨울	
1월	3, 5, 12, 17, 20, 24					2~7일			
2단	배합	톱밥+톱밥	버미큘+사양토	펄+톱+사양토	버+톱+사양토	톱밥+모래	톱밥+버미큘	톱밥+사양토	톱밥+펄드
	관수량	16L	10L	14L	14L	16L	16L	14L	14L
3단	배합	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토	버+톱+사양토
	관수량	20L	20L	14L	14L	20L	20L	14L	14L

## 라. 배지의 최적 관수방법 및 관수량 설계

### 1) 최적 관수방법 및 관수량 설계를 위한 실험 결과

최적 관수방법 및 관수량 설계를 위한 실험은 앞서 ‘Ⅱ’ 장의 “2) 배지Assembly의 습도(습분) 제어시스템 설계 및 제작을 위한 연구결과” 단원에서 ‘Ⅲ’ 장의 ‘(d) 배지Assembly 습분 제어 실험과 개발 비닐하우스 성능시험 결과’ 단원에서 기술 고찰한 바 있다. 여기서 천마생육에 적합한 배지Assembly 는 <(톱밥+퍼얼라이트)+ 참나무+사양토> 혹은 <(톱밥+버미큐라이트)+ 참나무+사양토>이라는 것을 1차년 과 2 차년 실험결과에서 나타났다.

배지Assembly를 이상과 같은 조합으로 선택하여 앞서 관수실험결과를 재정리하면 표4-1과 같다.비닐하우스에 비하면 판넬하우스의 경우 과습도 문제가 있기 때문에 실험결과에서 관수량이 적게 나왔지만 관수주기도 비닐하우스보다 길게 잡아야 할 것 같다. 따라서 아래 정리된 내용은 실험결과와 실험관찰일지 정리를 분석하여 표 4-1와 같이 재정리 하였다.

표. 4-1 재배시설의 월별 관수주기와 관수량

	관수주기												관수량 (1 배지Assembly당)
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
판넬 하우스	4일	4일	5일	5일	5일	7일	7-8일	7-8일	7일	4일	4일	4일	12L
비닐 하우스	4일	4일	5일	5일	5일	7일	7일	8일	7일	4-5일	4-5일	4일	14L

### 2) 최적 관수량 과 관수방법설계

#### 가) 관수량과 분무노즐의 선택

최적의 관수량은 1개의 배지Assembly당 판넬하우스의 경우 12L, 비닐하우스의 경우 14L이었다.

최적의 관수방법은 실험 중 관찰한 결과 일반 물조리의 물줄기 분산액적 보다는 가늘고, 미스 터 보다는 큰 분산액적 형태로 하는 것이 적절하였다. 이러한 관수형태가 되기 위해서는 관수시설을 할 때 이러한 형태로 액적분산이 될 수 있는 분사노즐을 선택하는 것이 중요하다. 하지만 시중의 노즐을 검토하여 보았지만 이러한 노즐을 찾지 못하였다. 따라서 일반 시중노즐을 구입하여 개조작업을 하고 있는 중이다.

#### 나) 펌프동력과 배관설계

관수시스템에 사용될 펌프 용량은 관수용량뿐만 아니라 적절한 액적크기와 분산형태에도 영향을 미친다. 실험결과에서 나온 배지Assembly당 14L 관수량과 이를 24개의 배지Assembly동시 공급할 수 있고 급수 분산 형태를 고려하여 적정 펌프용량은 220 V, 0.75 kW 이었고 일반자동

화 펌프면 가능하였다.

또한 연구과정에서 천마 생장에 적절한 습도를 제어하기 위해서는 모든 배지Assembly의 관수가 동시에 공급되고 차단되는 관수시스템 구조가 필요하다는 것을 알 수 있었다. 이러한 관수시스템이 되기 위해서는 관수펌프로부터 최단거리와 최장거리에서 물줄기가 동시에 분사되는 시스템이 되어야 하고, 이를 만족하는 시스템이 되기 위해서는 배관의 설계에서 압력손실을 줄일 수 있는 구조가 되어야 한다. 또한, 동시 분사시스템이 되기 위해서는 유압의 균등분배 구조가 되어야 한다. 이러한 관수구조를 설계하기 위하여 실험과정에서 관찰과 획득한 자료를 분석하여 관수시스템 고안에 적용하였으며, 관련기업의 실무자 의견을 반영하여 관수시스템을 설계하였다.

Fig. 4-1 은 관수시스템의 설계결과를 제시한 것이다.

일반적으로 시설재배서 편리성 때문에 관수를 자동화 한다. 본 연구에서 관수시스템의 자동제어 설계는 3차년도 연구에서 검토하고자 한다. 1, 2 차년도 연구에서는 천마재배 과정에서 습도문제의 조절이나 관수하는 동안 배지의 상태를 관찰하여 급수량과 형태를 조절해야 하는 경우가 중요한 요소이기 때문에 관수는 자동화 보다는 수동으로 작동하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

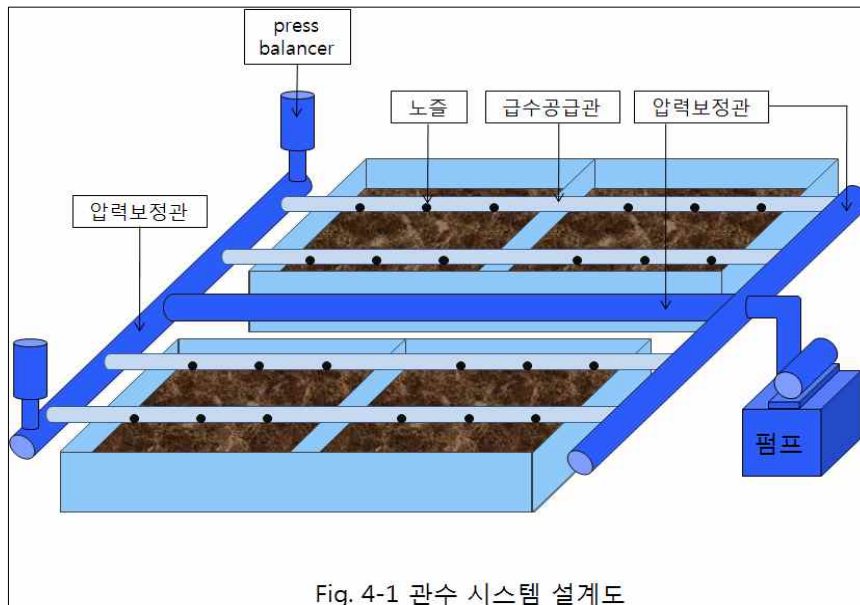


Fig. 4-1 관수 시스템 설계도

## 마. 판넬하우스와 개발 비닐하우스 냉·난방 투입에너지 및 재배실험 결과 비교

표 5-1 는 두 시설의 여름과 겨울 동안 냉·난방에 투입된 전력 검침 결과(표5-2, 표 5-3)를 정리한 것이다. 개발 비닐하우스는 여름철에 난방기기를 사용하지 않기 때문에 냉방에 투입된 전력이 없다. 개발 비닐하우스가 판넬하우스 보다 겨울철 난방비용이 4.8배 나 소요되며 총에너지 소비량은 약 2.3배 이지만 금액으로 환산하면 약 4.8배나 된다. 판넬 하우스에 여름철에 소요되는 냉방비는 전체 비용의 판넬하우스 기준 3%, 비닐하우스 기준 1% 에 불과하다. 따라서 에너지 투입적인 측면에서 보면 판넬하우스가 월등이 유리한 조건이다.

표. 5-1 실험시설 냉·난방 소비전력 (한국전력공사, 농사용 전력 ‘병’ 적용)

	여름(kW)	겨울(kW)	총사용량(kW)	금액(농사용)	비고
판넬하우스	130.0	3735	3,865	294,116	약 4.8배
비닐하우스	-	8755	8,755	1,412,105	

제 2 세부과제의 2 차년도 연구결과 중 같은 배지조건<(피얼라이트50%+톱밥50%)+사양토> 과 관수조건의 재배실험결과에서 성마 생장과 수확상태를 보면, 개발 비닐하우스 시설이 판넬하우스 보다 좋은 결과를 나타냈다. 이러한 결과는 판넬하우스에서 습도제어를 잘하지 못했기 때문인 것으로 사료된다. 판넬하우스에서 3차 년도의 연구의 핵심은 실내공간에 유동을 원활히 하면서 습도제어를 하고 에너지를 적게 소모하면서 과습도 문제를 해결하는 것이다.

표. 5-2 여름철 판넬하우스 시설 검침전력

재배 장소	날 짜	검침 시간	검침 전력 kWh	소모량 (kWh)/일	관찰	
판 넬	8월	09일	09:15	282.9		냉방기기: 23℃ 작동
			20:00	292.2		정지 (저녁-기온하강)
		10일				정지 (비)
		11일				정지 (비)
		12일				정지 (비)
		13일	14:10	292.9		냉방기기: 23℃ 작동
			22:30	309.6		정지 (저녁-기온하강)
		14일				정지 (흐림)
		15일				정지 (흐림)
		16일	09:00	309.7		냉방기기: 23℃ 작동
			20:20	316.0		정지 (저녁-기온하강)
		17일	13:00	316.0		정지 (비)
		18일	09:00	323.7		냉방기기: 23℃ 작동
			18:40	329.3		정지 (저녁-기온하강)
		19일	11:50	329.3		냉방기기: 23℃ 작동
			23:30	335.9		정지 (저녁-기온하강)
		20일	09:34	336.1		냉방기기: 23℃ 작동
			20:23	343.9		정지 (저녁-기온하강)
		21일	10:19	344.0		냉방기기: 23℃ 작동
		22일				계속 작동
		23일	09:25	368.6		계속 작동
			18:45	375.0		정지 (저녁-기온하강)
		24일	09:33	375.0		냉방기기: 23℃ 작동
			21:02	383.3		정지 (저녁-기온하강)
		25일	09:14	383.3		냉방기기: 23℃ 작동
		26일	09:15	392.0		정지 (저녁-기온하강)
		27일	09:15	392.0		정지 (비)
		28일	09:15	392.0		냉방기기: 23℃ 작동
			18:02	400.8		정지 (저녁-기온하강)
		29일				정지
		30일				정지
31일				정지		
9월	01일	10:40	400.9		냉방기기: 23℃ 작동	
		18:00	407.4		정지 (저녁-기온하강)	
	02일				정지	
	03일	09:45	407.4		냉방기기: 23℃ 작동	
18:10		413.7		냉방기기 작동 정지		
기간 총소비량	8월09일~9월03일			130		

표. 5-3 겨울철 판넬하우스 시설과 고안 비닐하우스 시설 검침전력

날 짜		시설종류	(검침 매일 14시, KWh )	소모량 (kWh)/일	비 고
11월	29일	판 넬	5396.7		20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	4109.8		
	30일	판 넬	5449.2	52.5	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	4219.9	110.1	
12월	01일	판 넬	5491.1	41.9	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	4330.1	110.2	
	06일	판 넬	5718.8	45.5	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	4885.2	110.0	
	08일	판 넬	5828.0	54.6	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	5114.0	114.4	
	09일	판 넬	5890.4	62.4	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	5229.2	115.2	
	10일	판 넬	5957.3	66.9	30분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	5344.7	115.5	필름 양옆 2개 추가 설치
	15일	판 넬	6246.8	57.9	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	5991.4	129.3	차광막 제거 및 출입문(2)단열
	16일	판 넬	6338.1	91.3	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	6155.0	163.6	
	17일	판 넬	6419.7	81.6	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	6318.6	163.6	
	18일	판 넬	6485.8	66.1	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	6483.2	164.6	
	19일	판 넬	6545.1	59.3	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	6637.5	154.3	
	20일	판 넬	6545.1		20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	6792.3	154.8	
	21일	판 넬	6661.3	116.2	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	6937.8	145.5	
22일	판 넬	6707.7	46.4	30분 환기(난방기기 작동정지)	
	비닐	7068.3	130.5		
28일	판 넬	7074.2	61.1	10분 환기(실외온도 영하)	
	비닐	8038.1	161.6		
2011 1월	03일	판 넬	7469.7	65.9	30분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	9033.6	165.9	
	11일	판 넬	8058.4	73.6	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	10353.5	165.0	
	12일	판 넬	8144.9	86.5	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	10519.5	166.0	
	18일	판 넬	8613.3	78.1	20분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	11530.1	168.4	필름 양옆 2개 추가 설치(4개)
	20일	판 넬	8792.4	89.6	30분 환기(난방기기 작동정지)
		비닐	11889.8	179.8	
25일	판 넬	9131.7	67.9	20분 환기(난방기기 작동정지)	
	비닐	12864.9	195.0		
기간 총 소비전력		판 넬		3735 (kWH)	* 비닐하우스가 판넬하우스의 2.34 배 소비.
		비닐		8755 (kWH)	

## 바. 연구결과 및 3차년도 연구방향

### ● 대류공간에서의 배지Assembly 열전달 메커니즘 구명 연구결과

(배지재료 및 토양 Assembly의 열전도 메커니즘 구명)

배지재료 및 토양(배지)Assembly의 열전도 메커니즘 구명을 위해서는 각 배지재료와 배지 Assembly의 열전도도( $k$ ), 밀도( $\rho$ ), 비열( $c$ ) 등을 알아야 한다. 본 연구에서 배지재료와 배지 Assembly의 열물성치를 값을 획득하였으며, 사양토의 경우는 열용량( $C_c$ )값의 변화가 톱밥+버미큐라이트, 참나무와 동일한 변화경향을 나타내지만 톱밥+버미큐라이트와 참나무보다는 높은 값을 가진다. 이러한 성향은 천마재배 하단 내부가 상단 내부보다 열의 저장능력과 배수능력이 좋은 구조라는 것을 의미한다. 또한 열확산율( $\alpha$ ) 연구결과에서 참나무에 균사와 종마를 이식하므로 균사발아 시기와 종마 생장시기에 배지가 건조하고, 온도가 저온이나 고온으로 유지될 경우 발아 생장에 열적 영향을 크게 받을 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 3차년도 배지재료Assembly와 재배공간 온·습도 최적제어시스템 설계와 재배시설 열용량을 정교하게 설계하는데 활용할 것이다.

### ● 최적 배지Assembly 조합과 구조 연구결과

천마 배지Assembly로써 가장 우수한 조합은 1차, 2차년 연구결과 <사양토+ 참나무 +(톱밥+퍼얼라이트)> 와 <사양토+ 참나무 +(톱밥+버미큐라이트)>로 구명되었다. 실험 과정 중 관찰에서 톱밥+버미큐라이트 인 경우 배지 상단면에 물의 쏠림 현상이 나타났으며, 일부 배지Assembly에서는 자마가 하단부 밖으로 돌출하여 성장하는 현상이 나타났으며, 실험천마를 수확하는 과정에서 관찰한 결과 크기가 큰 성마는 대부분 사양토가 있는 배지Assembly 하부에 위치하고 있었다. 이러한 결과를 종합하여 3 차년도 연구에서는 배지Assembly의 조합은 <사양토+ 참나무 +(톱밥+퍼얼라이트)>, <사양토+ 참나무 +(톱밥+버미큐라이트)> 와 사양토와 부식토를 혼합하여 사용한 것을 사용하여 비교 실험을 하고자 한다. 모든 배지Assembly의 하부 사양토 두께는 2차년보다 큰 150mm~200mm로 제작하여 실험을 하고자 한다.

### ● 개발 판넬하우스 기능과 성능실험 결과

1차 년도에 개발한 개발 판넬하우스를 2차 년도에 실험가동한 결과 저 에너지 투입으로 4 계절 천마재배에 필요한 배지Assembly의 온·습도 제어는 좋은 결과를 얻었다. 그러나 시설 내부에 여름에는 응축현상과 겨울의 과습도 문제가 발생하였다. 재배 천마의 수확 결과에서도 개발 비닐하우스보다 좋지 않은 결과를 얻었다. 이러한 결과는 과습도 문제라 사료된다. 이러한 문제는 환기를 자주 하면 해결될 수 있다. 이런 방법은 여름, 겨울 철 에너지 손실을 초래함으로써 에너지 손실을 최소화 하면서 과습도 문제를 해결할 수 있는 공조기구를 설계 제작 설치하였다. 개발 공조기구의 작동 후 과습도 문제가 다소 개선되었다.

3차 년도에는 환기 시설을 보완하고 개발된 ‘상·하층 온도차 해결과 제습기 기능의 공조기구’를 개선하여 온도변화와 습도변화에 대한 정략적 측정 실험을 할 것이다.

● 천마 다단 시설재배용 비닐하우스 개발과 성능실험

여름철 자연풍으로 최대냉방효과를 얻을 수 있는 온실구조와 환풍시스템을 개발 건축함. 여름철에는 만족할 만한 결과를 얻었으나, 겨울의 난방비 투입 많아 3차 년도에는 여름에는 냉각시스템을 보완하고, 겨울에는 단열구조를 보완하여 천마 생장 최적온도에 도달 하도록 개발하고자 함. 또한 천마 다단 시설재배용 저비용 내구성 재배상자를 고안하였고 이를 2차 년도에 비닐하우스에 적용하여 실험한 결과 우수한 배지상자 역할을 함. 3차 년도에는 판넬하우스에도 적용하여 상호 비교 실험을 할 것이다.

● 관수시스템 설계

관수방법, 관수주기 및 관수량의 실험결과를 토대로 관수시스템을 설계완료 하였으며, 3차 년도는 이를 제작설치하고 시험을 통하여 개선하고자 한다.



## 2. 제 2세부 : 시설재배에 적합한 천마 배지재료 및 환경의 최적 조건 확립 연구

### 가. 연구방법

#### 1. 천마 재배

본 실험에 사용된 뽕나무 버섯의 균사와 자마는 충북 청원군 청원천마농장과 강원도 춘천시 남산영농조합법인에서 보급중인 천마균 1호 분양받았으며 천마의 시설재배 즉 무성번식(영양 번식)은 천마의 소괴경(백마)을 종마로 사용하는 병반과 상처와 동상이 없고 부패되지 아니한 방추형으로 씨눈이 명확한 자마로 백마(5~8cm)를 종마로 사용하였다. 토양은 통기성이 좋은 함수량 15~20%사이로 맞추어서 재배하였고, 재배온도는 온도처리 실험을 제외하고는 22~25℃로 맞추어서 재배하였다.

천마 재배용 수종은 참나무류를 사용하였고 원목은 수피가 부착되어 있는 것으로 이용하였고, 원목 크기는 직경 7cm 이상이고 길이는 재배방법에 따라 10~15cm의 단목 또는 20cm, 30cm 등 장목으로 절단하여 이용하였다. 원목 건조는 38~40% 수분상태로 원목 절단면에 가는 금이 생기는 것을 기준으로 하여 사용하였고 톱밥, 사양토, 원목 등은 1시간 간 증기멸균 후 사용하였다.

시설재배는 세부과제 I 에서 제작한 판넬시설재배사와 비닐재배사를 이용하였고, 노지재배는 두둑은 넓이를 120cm, 고랑은 60cm 하고 원목 문을 자리에 줄을 띄우고 8~10cm의 깊이로 자리를 파서 재배하였다.

종균 접종법은 톱밥종균을 1~2cm 직경의 원판형으로 절단하여 원목 양쪽 절단면에 종균을 부착하여 매몰하는 방법을 사용하였다. 골목하단 및 상단은 1차년도의 최적의 배지혼합 버미큘라이트(50%)+ 톱밥(50%) : 사양토의 배지와 펠라이트(50%)+ 톱밥(50%) : 사양토의 배지를 사용하였으며 종마를 접종된 종균 양옆에 20cm 이격하여 2개씩 횡으로 심었다.

#### 2. 뽕나무 버섯 균사속과 천마의 공생관계에 대한 조직학적 관찰

지상다단식 시설에서 재배한 천마의 뽕나무 버섯균 감염 부위를 재료로 하여 광학현미경 및 전자현미경을 이용하여 김 등의 방법(2000)으로 아래와 같이 조직관찰을 실시하였다.

즉 천마를 토양에서 꺼낸 후 모래와 흙을 씻어버린 후 뽕나무버섯균 감염부위를 0.5mm<sup>2</sup>으로 절단하여 탈수 후 parplast로 포맷하여 조직 구조를 관찰하였다. FAA에서 24시간 고정 후 butyl alcohol에서 series로 탈수한 후 parplast에 포맷하였고 10um 직경의 절편을 만들어 slide glass 위에 고정시킨 다음 xylene으로 parplast를 제거하고 DW에서 10분간 방치한 다음 지방, 단백질, 탄수화물 염색액으로 염색하고 glycerin 으로 mounting하여 광학현미경으로 관찰하였다.

전자현미경용 sample은 감염절편을 5% 당을 함유한 glutaraldehyde 용액으로 4℃에서 하룻밤 동안 전 고정한 후 0.1M 인산완충용액(pH 6.7).으로 고정액을 수 회 세척 제거하고 2.5%

당을 함유한 1% OsO<sub>4</sub> 용액으로 1시간 동안 후 고정 하였다. 다시 인산완충액으로 3회 세척한 후 acetone과 methanol 로 series 탈수하고 100% acetone : 100% epon-araldite(1:1) 용액에서 30분 침지한 후 epon-araldite 혼합용액으로 embedding(65°C, 28시간)하였다. Epon block을 ultratome으로 10um 직경으로 자른 후 SEM으로 검경하였다.

### 3. 시설 및 노지 재배 천마의 생약학적 품질평가

(1) 재료: 본 실험에서 노지재배 천마(Gastrodiae Rhizoma)는 충북 청원군 낭성면에서 재배하여 2010년 11월에 수확한 2년생을 사용하였으며, 판넬시설재배 및 비닐하우스재배 천마는 균사 접종 후 270일 동안 생육되어진 것을 사용하였다. 수확된 생천마는 수세 후 3~4mm 직경으로 세절하여 40°C dry oven에서 건조하였고, 건조 절편을 분쇄기로 마쇄하여 분말 시료로 조제하였다.

(2) 수분 정량: AOAC법에 준하여 수분함량을 105°C 상압가열건조법으로 실시하였다.

(3) 엑스 함량: 대한약전(한국약학대학협의회 약전분과회 2003) 생약시험법에 따라 엑스 함량은 묽은 에탄올엑스 정량법으로 분석하였다. 분석용 검체 2.3g에 묽은에탄올 70ml를 넣어 5시간 동안 수시로 교반하면서 침출하고 16시간 상온에 방치한 다음 여과하였다. 플라스크 및 잔류물은 여액이 100ml로 될 때까지 묽은에탄올로 씻은 후, 여액 50ml를 수욕에서 증발건고하고 105°C에서 4시간 건조하여 데시케이터에서 식힌 다음 그 질량을 측정하고 2를 곱하여 검체량에 대한 엑스함량(%)을 산출하였다.

(4) 회분: 대한약전에 따라 도가니를 500~550°C에서 1시간 강열하여 식힌 후 질량을 측정하고 분석용 검체 2g을 넣어 500~550°C에서 4시간 동안 회화하였다. 잔류물을 함량이 될 때까지 회화하고 방치하여 식힌 다음 질량을 측정하여 회분량(%)을 산출하였다.

(5) 산불용성회분: 대한약전에 따라 회분에 묽은염산 25ml를 넣고 5분간 약한 열로 끓여 불용물을 정량용여과지로 여과한 후 잔류물을 열탕으로 씻어 여과지와 함께 건조한 다음, 회분항과 동일한 방법으로 3시간 강열하고 데시케이터에서 식혀 질량을 측정하였으며, 얻어진 함량에 대한 산불용성회분량(%)을 산출하였다.

(6) 총 페놀화합물 정량: 시료 분말 2g에 80% MeOH 50ml을 넣고 열탕 중에서 환류냉각장치를 부착시켜 추출하였다. 여액을 40°C하에서 감압농축한 후 증류수 30ml에 녹여 diethyl ether 30ml씩 2회 용매분획하여 농축·건고하였다. MeOH에 용해된 추출검액 50μl를 넣고 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1ml과 50% Folin-Ciocalteu 시약 50μl를 가하여 상온에 30분간 방치한 후 760nm에서 흡광도를 측정하였으며, gallic acid를 사용한 표준검량곡선으로부터 페놀함량 값을 산출하였다.

(7) 페놀성분 조성: 총 페놀화합물 정량용 추출검액 중의 페놀성분 조성은 HPLC(Waters,

USA)에 의해 확인하였다. HPLC 분석조건으로 컬럼은 Gemini 5 $\mu$  C18 110A ( $\phi$ 4.6 $\times$ 250mm, Phenomenex), 용출용매는 2% acetic acid 함유 초순수 : 0.5% acetic acid 함유 acetonitril 용액 (90 : 10), 유속은 0.8 ml/min, 검출기는 Waters 996 Photo diode array detector(280nm)를 사용하였다. 표준물질로써 4-hydroxybenzyl alcohol, 4-hydroxy-3-methoxybenzyl alcohol(vanillyl alcohol) 및 4-hydroxybenzaldehyde는 Aldrich(USA)사, 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde (vanillin)는 Junsei(Japan)사 제품을 사용하였다. 시료 중의 페놀성분 함유량은 4종의 시약을 각각 500, 250, 100, 50ppm의 농도로 조제하여 작성된 검량선을 통해 산출하였다.

(8) DPPH 라디칼 소거능

- 추출물 분획

배지별 천마 시료분말 6g, 노지천마 분말 12g에 각각 80% methanol 50ml 및 100ml를 가하여 16시간 동안 교반하면서 추출하였다. 여과한 다음 감압농축된 추출물을 50ml의 증류수에 용해시켜 hexane 50ml로 2회 분획하였다. 수 층에 대해 50ml의 ethyl acetate로 3회 분획 후 획득된 유기용매층을 무수황산나트륨으로 탈수하고 감압농축하여 조추출물을 획득하였다.

- 소거활성 측정

천마 조추출물의 DPPH에 대한 전자공여능은 Bondet 등(1997)의 방법에 의해 측정하였다. 여러 농도의 추출물 40 $\mu$ l를 300 $\mu$ M DPPH용액 760 $\mu$ l에 첨가한 후 30분간 37 $^{\circ}$ C에 방치한 후 UV/Visible spectrophotometer(Berkman, USA)을 이용하여 515nm에서 흡광도를 측정하였다. 천마 조추출물의 전자공여능은 아래의 수식에 의해 %를 구하였다.

$$\text{소거능(\%)} = \{1 - (\text{추출물 첨가구의 흡광도} / \text{추출물 무첨가구의 흡광도})\} \times 100$$

(9) 조 사포닌 정량: 시료 2g에 물포화 부탄올 용액 50ml를 넣고 80 $^{\circ}$ C의 물중탕에서 1시간 환류추출한 후 여과 잔류물에 물포화 부탄올 용액 50ml를 가하여 환류추출하고 여과하였다. 동일 조작을 1회 더 반복한 다음 잔류물을 물포화 부탄올 용액 10ml로 씻고 여액과 세척액을 모아 분액여두에 넣고 증류수로 10ml씩 2회 분획하였다. 수층에 대해 물포화 부탄올 10ml로 추출한 후, 앞서 분획한 물포화 부탄올층과 합하여 40 $^{\circ}$ C, 감압하에서 농축·건고하였다. 농축물에 diethyl ether 50ml를 가하고 36 $^{\circ}$ C, water bath에서 30분간 환류추출한 후 diethyl ether 추출용액을 제거하였다. 획득된 잔류물을 105 $^{\circ}$ C에서 2시간 건조한 다음 질량을 측정하여 조 사포닌 함량을 산출하였다.

(10) 지방산 분석: 지방산 분석은 Court 등(1982)의 방법에 따라 추출하여 GC/MSD로 분석하였다. 재배된 시료 분말 4g, 노지천마(대조구) 분말 8g을 glutaric acid 50mg이 들어있는 MeOH 40ml과 12% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 포함된 MeOH 60ml을 넣고 20시간 동안 추출하였다. 추출 후 시료를 여과한 뒤 chloroform으로 10ml 씩 4회 분획하였다. 분획 후 chloroform층을 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 탈수시킨 다음 GC/MS로 분석하였다. 지방산 동정을 위하여 GC/MS(Hewlett Packard 6890/5973, USA)를 이용하였으며, column은 HP-INNOWax(crosslinked polyethylene glycol,

0.25 mm I.D. × 30m capillary), oven 조건은 40°C에서 시작하여 분당 3°C씩 250°C까지 승온하였다. 운반체는 He 가스를 사용하였으며, 유속은 1ml/min으로 분석하였다. 함량은 분석된 지방산의 area 값과 SUPELCO Analytical에서 구매한 표준물질인 Supleco™ 37 Component FAME MIX내 동일한 지방산의 area 값을 비교하여 정량하였다.

## 나. 연구결과

### 실험 1. 시설재배 방법별 최적 천마배지재료 선별

#### 1. 자마밀도 실험

##### (1) 자마의 처리밀도에 따른 천마의 생장

판넬하우스재배 재배시의 자마의 처리밀도가 뽕나무 버섯의 균사생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 1차년도 결과에 따라 {버미큘라이트(50%) + 톱밥(50%) : 사양토}의 배지와 {펄라이트(50%) + 톱밥(50%) : 사양토}의 배지를 이용하여 재배하였다. 자마밀도에 따른 결과 (Table 1, Photo 1), 자마 밀도별로 20cm, 30cm, 10cm, 5cm 순으로 천마생장이 양호하였다. 이식일로 부터 30일 때에는 처리밀도에 따른 천마의 생장에 변화가 거의 없었으나, 90일이 경과되어서 균사와 종마의 접촉 후 처리밀도가 20cm에서 생육이 다른 처리구에 비하여 증가하기 시작하였으며 180일과 270일이 경과 후 처리밀도에 따른 천마의 생육이 더욱 양호하게 나타내었다.

따라서 판넬하우스재배 재배시의 최적 자마의 밀도는 20cm를 유지하는 것이 천마의 생장을 양호하게 하였다.

Table 1. 자마의 처리밀도 별 배양기간에 따른 뽕나무버섯 균사생장

처리밀도(cm)	접종 후 배양기간별 균사 생장(cm)				
	30일	60일	90일	180일	270일
5	5.7±1.1	7.2±1.0	8.2±1.8	9.1±2.1	9.6±1.1
10	5.3±1.2	7.3±1.8	8.9±2.6	14.1±3.4	14.3±2.2
20	5.3±2.7	7.7±2.5	9.9±3.1	13.1±5.3	13.6±3.2
30	5.7±1.3	7.5±1.6	8.2±3.0	12.2±2.9	12.5±1.1

\* 골목매몰상단배지 : {버미큘라이트(50%)+ 톱밥(50%), 펄라이트(50%)+ 톱밥(50%)}

골목하단배지 : 사양토로 처리함.



자마 이식밀도 20cm (매물 전)



자마 이식밀도 20cm (60일 후)

Photo 1. 자마 이식밀도에 따른 자마 생장

## (2) 종균접착방법에 따른 군사생장

참나무원목에 뽕나무버섯균을 접종하여 톱밥에 매물 후 골목 부위에 따른 군사 활착 및 군사속 형성률을 버섯균 접종 60일 후 조사한 결과(Table 2, Photo 2), 중앙부위가 군사 활착률 및 군사속 형성률이 50%, 31%로 가장 낮았으며, 골목전체가 각각 88%, 90%로 가장 높았다. 중앙부위를 제외하고는 군사 활착율과 군사속 형성률이 양호하였다. 따라서 참나무원목과 뽕나무 버섯균의 접촉 부위가 많을수록 군사활착력과 군사속 형성률을 높이는 것으로 사료된다.

Table 2. 뽕나무 버섯균 종균접착방법이 군사생장에 미치는 영향

골목부위	군사활착률	군사속형성률	골목형태
양끝부위	85	78	+++
중앙부위	50	31	+
골목단면	60	55	++
골목전체	88	90	+++

\* 골목전체는 참나무 원목에 지름 1cm로 사방으로 뚫어 군사를 접종시킴.

\* 골목매물상단배지 : {버미큘라이트(50%)+ 톱밥(50%), 버미큘라이트(50%)+ 톱밥(50%)}  
 골목하단배지 : 사양토로 처리함.



매물 전(골목 전체)



완전 매물전 참나무 원목(양끝 부위)

Photo. 2 천마와 뽕나무 버섯균의 접착방법

#### 나) 배지재료별 초기 및 후기생장 정도 구명

천마의 최적의 생육환경 조건을 구명하기 위해 (Table 3, 4), 같이 배지의 배합을 달리 하여 실험을 하였으며 자마의 처리밀도는 20cm를 유지하였으며 종균의 배치는 양끝 부위로 하였다. 천마의 생육 상태를 평가한 결과 (상층 : 버미큘라이트(50%) + 톱밥(50%), 하층 : 사양토) 처리군과 (상층 : 펠라이트(50%) + 톱밥(50%), 하층 : 사양토) 처리군에서 높은 생장을 보였으며, (상층 : 톱밥 + 하층 : 모래) 처리구에서 가장 낮은 생장을 보였다(Table 3, 4 ; Photo 3, 4). 천마의 생장이 높은 배지는 잡균 증식 및 곰팡이가 적은 반면, 생장이 낮을수록 잡균과 곰팡이가 상대적으로 많았다(Photo 5). 따라서 톱밥과 버미큘라이트 또는 펠라이트(50% : 50%)를 혼합하여 상층을 이루고 사양토를 하층으로 하는 배지조성이 천마의 성장하는데 가장 적합한 배지 조성으로 사료된다. 배지 매물 후 9개월이 지난 현재의 배지 종류별 원목 부패율은 큰 차이가 없었으나, 이식시간이 지나면 지날수록 원목 부패율은 차이가 있을 것으로 생각된다.

Table 3. 배지처리별 자마 성장 비교 (접종 180일 후)

No.	배지 재료별 (골목상단 매물배지 : 골목하단배지)	직경 (mm)/개	길이 (cm)/개	무게 (g)/개
1	이식전 자마	10±1.4	8.5±1.3	14.8±2.4
2	톱밥 : 톱밥	18±1.4	9.6±0.8	16±2.1
3	<b>펄라이트(50%) + 톱밥(50%) : 사양토</b>	<b>23±1.7</b>	<b>14.0±0.9</b>	<b>32±2.4</b>
4	버미큘라이트 : 사양토	16.5±1.9	14.4±1.1	18±2.5
5	<b>버미큘라이트(50%) + 톱밥(50%) : 사양토</b>	<b>22.1±1.8</b>	<b>15.4±1.2</b>	<b>35.7±2.9</b>
6	톱밥 : 버미큘라이트	14.9±1.4	13.2±0.8	14.9±1.9
7	톱밥 : 펄라이트	15.4±1.2	9.8±0.9	14.9±2.3
8	톱밥 : 모래	11.3±1.4	8.7±1.1	14.1±2.8
9	톱밥 : 사양토	18.2±1.1	10.9±1.0	17.6±2.1



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)



(G)



(H)

Photo. 3. 원목 매물 배지별 자마 성장정도(매물 후 180일)

- A; 톱밥(상층):톱밥(하층) B; 펠라이트(50%) + 톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)  
 C; 버미큘라이트(상층) : 사양토(하층) D; 버미큘라이트(50%) + 톱밥(50%)(상층):  
 사양토(하층) E; 톱밥(상층): 버미큘라이트(하층), F; 톱밥(상층): 펠라이트(하층)  
 G; 톱밥(상층):모래(하층)(하층) H; 톱밥(상층):사양토

Table 4. 배지처리별 자마 성장 비교 (접종 270일 후)

No.	배지 재료별 (골목상단 매물배지 : 골목하단배지)	직경 (mm)/개	길이 (cm)/개	무게 (g)/개
1	이식전 자마	12±2.1	8.8±2.3	14.9±1.2
2	톱밥 : 톱밥	18±2.1	9.8±1.8	16.5±1.0
3	<b>펠라이트(50%) + 톱밥(50%) : 사양토</b>	<b>23.5±1.7</b>	<b>14.5±1.8</b>	<b>33.1±1.0</b>
4	버미큘라이트 : 사양토	17.1±1.8	14.6±1.1	19.3±2.5
5	<b>버미큘라이트(50%) + 톱밥(50%) : 사양토</b>	<b>23.1±1.4</b>	<b>15.6±1.2</b>	<b>36.8±1.0</b>
6	톱밥 : 버미큘라이트	15.0±1.1	13.5±0.8	16.5±2.0
7	톱밥 : 펠라이트	16.5±1.5	9.8±2.9	15.3±2.3
8	톱밥 : 모래	12.5±1.1	8.7±1.1	15.1±2.8
9	톱밥 : 사양토	19.4±1.3	11.1±1.0	18.1±1.0





(A)



(B)



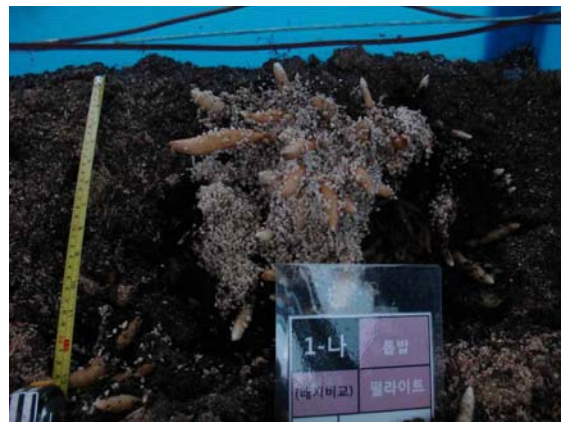
(C)



(D)



(E)



(F)



(G)



(H)

Photo 4. 원목 매몰 배지별 자마 성장정도(매몰 후 270일)

- A; 톱밥(상층):톱밥(하층) B; 펠라이트(50%) + 톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)  
 C; 버미큘라이트(상층) : 사양토(하층) D; 버미큘라이트(50%) + 톱밥(50%)(상층):  
 사양토(하층) E; 톱밥(상층): 버미큘라이트(하층), F; 톱밥(상층): 펠라이트(하층)  
 G; 톱밥(상층):모래(하층) H; 톱밥(상층):사양토(하층)



<버미큘라이트>



<톱밥>



<버미큘라이트(50%) + 톱밥(50%)>

Photo. 5 배지조성에 따른 잡균 발생 (접종 후 30일)

## 실험 2. 재배 방법별 최적 생육환경 조건 구명

### 1. 재배 방법별(판넬하우스재배, 비닐하우스 재배, 노지)의 생육 환경구명

#### (1) 자마의 시설재배와 비닐하우스재배의 뽕나무 버섯균사 성장 비교

판넬하우스재배사와 비닐하우스재배사의 뽕나무 버섯의 균사생장에 미치는 영향을 조사해 본 결과(Table 5), 판넬하우스재배사와 비닐하우스재배사의 초기 뽕나무 버섯균의 생장은 큰 차이를 보이지 않았으나 노지와 비교해서 빠른 뽕나무 버섯균의 성장을 보였다. 30일 후부터 시설재배사의 과도한 습도로 인하여 잡균이 발생하기 시작하면서 뽕나무 버섯균의 생장이 하우스

재배사와 비교하여 낮게 나타났다. 이는 적당한 습도와 온도 조절은 뽕나무 버섯균의 성장을 촉진하지만 과도한 습도는 잡균의 생성을 촉진하며 뽕나무 버섯균의 생육을 저해한다고 사료된다.

Table 5. 재배 방법별 뽕나무 버섯균 균사 성장

재배 방법	접종 후 배양기간별 균사성장(cm)				
	30일	60일	90일	180일	270일
노지	3.5±1.2	6.5±1.8	7.1±2.1	8.5±1.1	9.0±2.2
판넬하우스재배사	5.2±2.3	7.2±2.6	8.5±3.4	12.2±1.1	12.5±1.2
비닐하우스재배사	5.3±1.3	7.5±3.1	8.8±5.3	13.1±1.3	13.2±1.1



<판넬하우스재배>

<비닐하우스재배>

Photo. 6. 재배 방법에 따른 뽕나무 버섯균 성장 (접종 후 15일)

## 2. 재배 방법별 초기 및 후기생장 정도 구명

### (1) 판넬시설재배와 비닐하우스재배의 생육정도

판넬시설재배와 비닐하우스재배의 초기 및 후기의 생육정도를 비교 조사한 결과(Table 6,

Photo 7), 60일 후 자마의 성장 정도는 직경, 길이, 무게에서 판넬하우스재배사와 비닐하우스재배사의 큰 차이를 보이지 않았으나 180일 후에는 비닐하우스재배사의 성장정도가 직경, 길이, 무게 모두 높게 나타내었다. 재배 방법별 처리배지는 1차년도 최적의 배지 혼합{버미큘라이트(50%) + 톱밥(50%) : 사양토}의 배지와 {펄라이트(50%) + 톱밥(50%) : 사양토}의 배지를 사용하였으며 자구 밀도는 20cm로 동일하게 이식하였다.

Table 6 . 재배 방법별 초기 및 후기 성장

재배 방법		접종 후 자마성장		
		직경 (mm)/개	길이 (cm)/개	무게 (g)/개
판넬하우스재배사	60일 후	15.1±1.3	8.1±2.2	18.14±1.2
	180일 후	24.3±1.2	11.2±1.8	30.1±2.6
	270일 후	25.12±1.4	12.3±1.1	33.6±1.4
비닐하우스재배사	60일 후	15.3±3.0	8.55±2.2	19.12±1.1
	180일 후	27.3±1.7	12.0±2.5	36.3±3.1
	270일 후	28.3±1.2	12.5±2.2	37.2±1.3



판넬하우스재배 (60일 후)



비닐하우스재배 (60일 후)



관닐하우스재배 (270일 후)



비닐하우스 재배(270일 후)

\* 골목매물상단배지 : 버미큘라이트(50%)+ 톱밥(50%), 펠라이트(50%)+ 톱밥(50%)  
 골목하단배지 : 사양토로 처리함.

Photo. 7. 재배방법에 따른 초기 및 후기 생장

### 3. 재배상의 종류별 최적의 생육환경 구명

#### (1) 수분함량에 따른 최적의 생육환경 구명

천마 재배시에 가장 중요한 것이 우수한 균주 및 알맞은 배지와 함께 알맞은 온·습도 조건이 필수적이다. 천마 실내재배시 이식 후 배지의 수분조건에 의한 뿌나무 버섯균의 활착율과 자마의 생육에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 처리배지는 1차년도 최적의 배지혼합 {펠라이트(50%) + 톱밥(50%), 버미큘라이트(50%)+ 톱밥(50%) : 사양토}를 사용하였으며 이식후 배지온도는 21~25℃ 를 유지하고 수분측정 장치를 이용하여 배지습도를 12~15%를 유지하였다. 15일이 경과한 후 최적의 배지 수분조건을 구명하기 위하여 물의 관수량에 따라 건조, 적정, 초기과습, 후기과습으로 처리군을 나누어 실험을 하였다. 면적당 20L의 수분이 4일간격으로 투입되었을 시 배지습도 12~15%가 유지되는 결과를 얻은 후에 실험을 진행하였다. 처리구별 배지 습도조건은 건조처리구는 배지습도를 8.4~10.5%, 적정처리구는 12~15%, 초기과습처리구는 15.6~19.5%, 후기과습처리구는 12~15%로 유지하였다.

조건별 처리 30일 후 초기과습처리구는 12~15%, 후기과습처리구는 15.6~19.5%로 습도를 변경하여 유지하였다. 처리별 뿌나무 버섯균의 활착률은 초기과습>적정>후기과습>건조 순으로 나타났다. 따라서 참나무와 뿌나무 버섯균의 활착률은 이식후 초기 배지습도는 15.6~19.5%가 가장 적합하며 이후 12~15%의 배지습도를 유지하는 것이 최적의 배지습도로 사료된다.

처리별 자마의 생장 정도를 비교한 결과 (Photo 8), 초기과습>적정>후기과습>건조 순으로 뿌나무 버섯균의 활착률과 비례하였다. 본 실험결과를 통하여 이식 후 참나무와 뿌나무 버섯균의 활착되는 시기에는 초기과습(15.6~19.5%)의 습도를 유지하면서 뿌나무 버섯균이 활착된 이후에는 적정(12~15%)의 습도를 유지하는 것이 천마 재배의 최적 수분환경으로 사료된다.

Table 7. 배지습도별 후기 생장

No.	재배방법(배지습도)	접종 후 자마생장		
		직경 (mm)/개	길이 (cm)/개	무게 (g)/개
1	건조(8.4~10.5%)	13.1±1.3	8.1±2.2	20.14±1.2
2	적정(12~15%)	21.3±1.2	11.2±1.8	30.1±2.6
3	초기과습(15.6~19.5%)	21.3±1.2	11.2±1.8	30.1±2.6
4	후기과습(12~15%)	24.3±3.0	13.5±2.2	35.12±1.1



<건 조>



<적 정>



<초기과습>



<후기과습>

\* 골목매물상단배지 : 버미큘라이트(50%) + 톱밥(50%), 펄라이트(50%) + 톱밥(50%)  
 골목하단배지 : 사양토로 처리함.

Photo. 8. 배지습도별 자마의 후기 성장비교

(2) 재배상의 종류별 (상자식, 평지식) 최적 생육환경구명

천마 실내재배시 이식후 재배상의 종류별 (상자식, 평지식)에 의한 뽕나무 버섯균의 활착율과 자마의 생육에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 상자식처리구는 사과상자를 사용하였으며 평지식처리구는 세부 I 에서 제작한 배지상자 사용하여 비교하였다. 배지는 1차년도의 최적의 배지혼합 버미큘라이트(50%) + 톱밥 (50%) : 사양토, 펄라이트(50%) + 톱밥(50%) : 사양토를 사용하였으며 종마와 균사는 면적당 비례하게 배치하여 실험의 편차를 줄였다. 재배상의 종류별 생육정도를 비교 조사한 결과(Table 8, Photo 9), 자마의 성장 정도는 직경, 길이, 무게에서 평지식재배가 상자식재배보다 약 1.5배 정도의 높은 성장정도를 나타내었다. 상자식의 종마가 개체수에 비하여 생육이 평지식에 비하여 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 협소한 면적에서는 자마의 생육과 번식을 저해하며 평지식의 재배상의 면적이 균사와 자마의 성장에 적합하다고 사료된다.

Table 8. 재배상의 종류별(상자식, 평지식) 후기 생장

재배방법(배지습도)	접종 후 자마생장		
	직경 (mm)/개	길이 (cm)/개	무게 (g)/개
상자식	13.1±1.3	8.1±2.2	19.14±1.2
평지식	23.3±1.2	13.2±1.8	30.1±2.6

\* 상자식 : 사과상자

\* 평지식 : 본 연구에 제작한 배지상자(제 세부 I 과제 : Fig. 2-1 참조)



<상자식>

<평지식>

\*골목매물상단배지 : 버미큘라이트(50%)+ 톱밥(50%), 펄라이트(50%)+ 톱밥(50%)

골목하단배지 : 사양토로 처리함.

Photo 9. 재배상의 종류별 (상자식, 평지식)의 참나무와 뽕나무 버섯균의 활착과 자마의 생육비교.

### (3) 뽕나무 버섯 균사속과 천마의 공생관계에 대한 조직학적 관찰

뽕나무 버섯균(*Armillaria mellea*)은 활엽수에 사물 또는 활물기생하는 목재부후균으로서 세계적으로 널리 분포한다. 입과 뿌리가 없는 천마는 뽕나무 버섯균의 균사속으로 영양을 공급받아 생육하는 것으로 천마의 인공 재배를 위해서는 뽕나무 버섯균에 대한 체계적인 연구가 절



실히 요구되고 있다. 따라서 뽕나무 버섯균과 천마의 관계를 정확히 규명하는 것은 천마의 생장발육 과정을 탐색하는데 대단히 중요하다. 시료는 비닐하우스재배에서 1차년도 {버미쿨라이트(50%)+ 톱밥(50%) : 사양토}의 배지와 {필라이트(50%)+ 톱밥(50%) : 사양토}의 배지를 사용하였으며 이식 후 60일 동안 성장한 자마를 사용하였다. 천마와 뽕나무버섯균 균사속과의 공생관계 규명을 위한 광학 및 전자현미경을 이용한 조직학적 연구를 수행한 결과, 천마에 의해서 유도된 뽕나무 버섯균의 균사속이 천마와 접촉하면 균사속의 침입에 의해 천마의 표피층은 심한 손상을 받게 되며, 뽕나무 버섯균의 균사속이 cortex층에 침입하여 내생균근을 형성하였다. 천마의 cortex층에 존재하는 내생균근으로부터 균사들이 각 피층세포에 침투해 들어간 균사속은 시간이 경과할수록 균사결속이 상당히 와해되어지며, 균사속으로부터 피층세포에 세포벽을 뚫고 세포 안으로 들어온 균사들은 천마에 의해 용해·분해·소화되어 뽕나무버섯 균사는 결국 천마의 영양원이 됨을 확인하였다. 또한 뽕나무 버섯균의 침식을 받은 cortical cell에서 세포 및 핵이 비감염 부위보다 약 1.5~2배 커짐을 확인할 수 있다. 뽕나무버섯 균사속의 침식 및 분해과정에 대하여 광학현미경적 관찰을 한 결과(Photo 10), Table 10 (a, b)는 뽕나무 버섯균의 균사속을 종·횡단으로 절단하여 관찰한 것이다. (c)는 천마에 의해서 유도된 뽕나무 버섯균의 균사속이 천마와 접촉하는 단계이다. (d)는 뽕나무 버섯균 균사속과 천마의 접촉이 일어난 후 뽕나무버섯 균사속이 천마의 조직내부로 침입하면서 천마의 표피층에 심한손상을 일으키게 된다. 뽕나무 버섯균은 기주식물에 대한 침투성이 강하여 감염초기에는 표피층에 심각한 붕괴현상을 유발하지만 일정시기가 경과하면 그 외향적인 흔적은 사라지고 뽕나무 버섯균 균사속은 천마의 cortex층에서 내생균근의 형태로 보이나 cortex층에는 크게 형성된 뚜렷한 뽕나무버섯 균사속을 볼 수 있다(e).

천마의 cortex층에 존재하는 내생균 균사속으로부터 균사들이 인접한 각 피층세포들에 침투해 들어간 후 (f)는 피층세포에 세포벽을 뚫고 세포 안으로 들어오기는 하나, 이때부터 천마의 각종 식균 효소들에 의해 용해되어 천마 중에서 분해, 소실되는 것으로 미루어 뽕나무버섯균 균사속은 결국 천마의 영양원으로 활용되는 것으로 추정된다. (g)는 뽕나무 버섯균이 침입 받지 않은 정상 cortex 세포조직을 종단면을 절단하여 관찰 한 결과이다. H는 뽕나무 버섯균의 침식을 받는 부위로서 세포의 크기와 세포의 핵의 크기가 비 감염 부위보다 약 1~1.5배 커짐을 확인 따라서 잎과 뿌리를 가지고 있지 않아 독립적으로 성장할 수 없는 천마와 뽕나무 버섯균의 공생관계가 확인되어진다.

뽕나무 버섯균이 침입한 천마의 피층세포 부위를 전자현미경(SEM)으로 관찰한 결과(Photo 11), (a)는 감염되지 않은 정상세포이고 (b)와 (c)는 천마의 내부로 침투한 뽕나무버섯 균사속이 내생균근 형태로 천마의 피층세포에 분포하고 있는 모습이다. (d)는 뽕나무 버섯균이 천마 피층세포의 침투되기 직전의 모습으로 천마 세포질내에 뽕나무버섯 내생균근으로 완전히 만연된 모습을 보여 주고 있다. (e, f)는 뽕나무버섯균의 천마피층세포내 침투되어진 모습이고 (g, H)는 뽕나무버섯균의 강력한 세포벽 용해효소에 의해 천마의 인접한 세포벽을 뚫고 천마의 세포내로 침입하나 이때부터 천마가 생산하는anti-fungal protein과 같은 항균성 물질들로 인하여 뽕나무 버섯균의 생육이 정상적인 상태를 취하지 못하고 균사의 침단부위가 점점 멎쳐지는 현상이다. (i)는 천마의 길항현상에 의해 생육이 계속 진행 되지 못하고 균사의 정점부분이 시간이 갈수록 천마의 용균효소들에 의하여 뽕나무 버섯균 균사들은 용해·용출되어 점점 일그러져가는 모습을 확인하였다.

광학 및 전자현미경을 이용한 천마와 뽕나무 버섯균 균사속과 공생관계 구명을 위한 조직학

적 관찰은 천마 생산 중에 나타 날수 있는 많은 문제를 해결하고 진일보한 재배기술로 천마의 다수확을 꾀하는데 크게 기여할 것으로 생각된다.

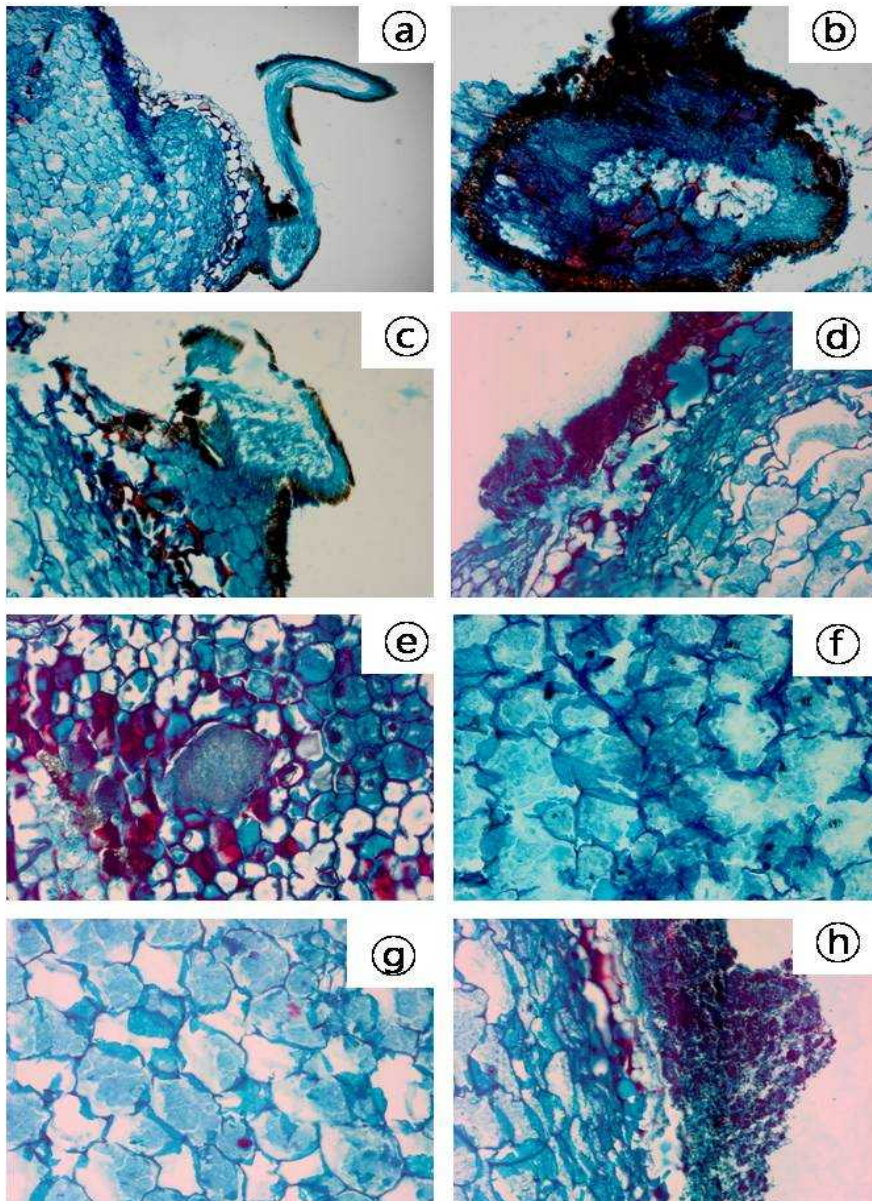


photo. 10 광학 현미경을 이용한 천마에 대한 뿌나무 버섯균의 침식 분해과정

a : 뿌나무 버섯균의 종단, b : 뿌나무 버섯균의 횡단, c-d : 뿌나무 버섯균과 천마의 접촉 단계, e : 뿌나무버섯균이 접촉된 천마의 Cortex, f : 균사속이 피층세포에 침투하는 단계, g : 침입 받지 않은 세포, h : 뿌나무 버섯균이 침입한 세포

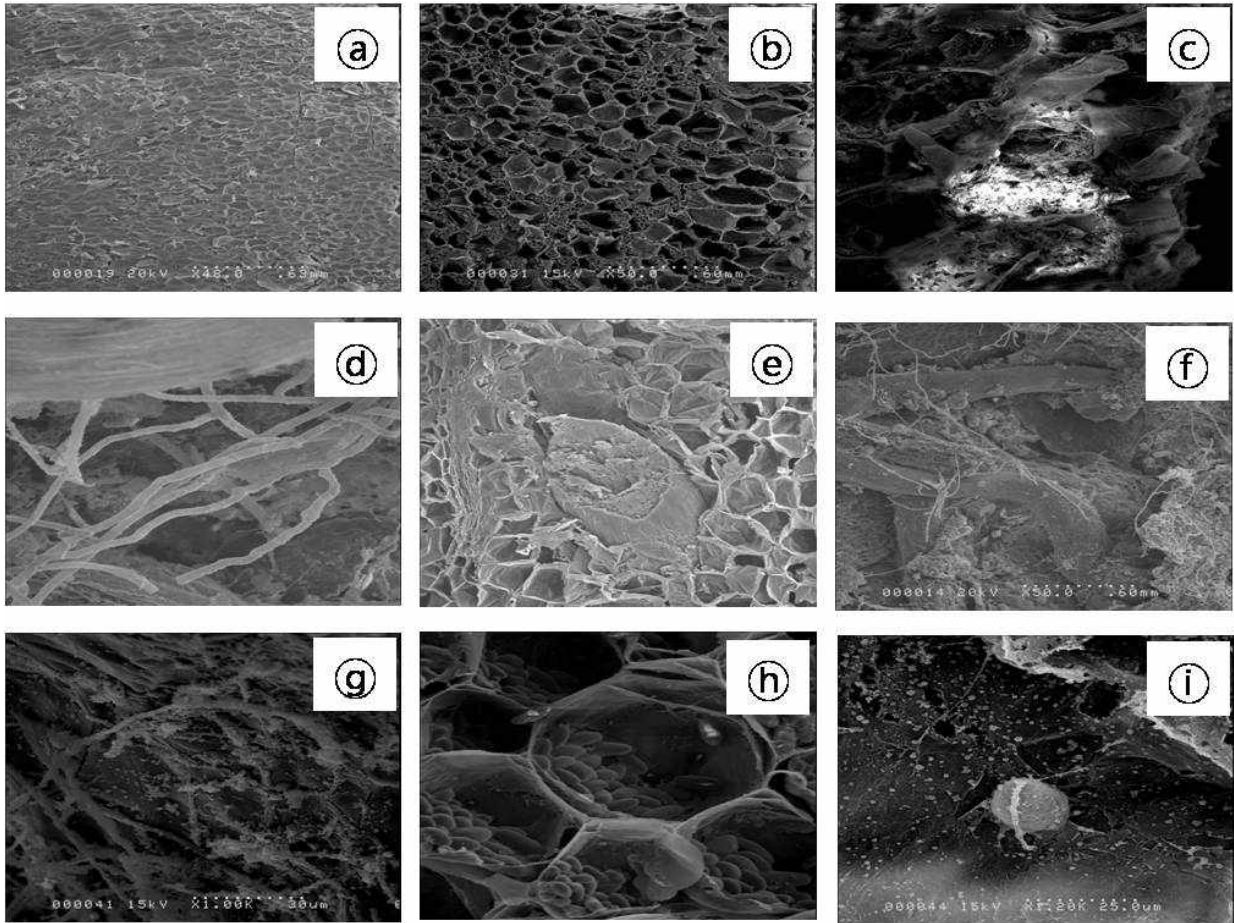


Photo. 11. 빵나무버섯균이 침입한 천마의 피층세포 부위를 전자현미경(SEM) 관찰한 결과  
 a : 감염되지 않은 정상세포, b-c: 감염된 피층세포, d : 빵나무버섯균의 침투직전,  
 e-f : 빵나무 버섯균의 침투된 부분, g-i : 감염된 세포벽의 용해된 부분.

### 실험 3. 시설 및 노지재배 천마의 생약학적 품질평가

#### 1. 공정생약 품질평가

생천마의 수분을 정량한 결과, 하우스 및 판넬시설 재배는 약 83% 전후로 관행 노지재배의 수분함량과 유사하였다. Table 10의 노지재배(77.4%)의 경우 생천마의 수분함량이 적은 것은 수확, 저장 중 건조에 의한 것으로 나타났으며, 버미큘라이트 : 사양토 배지에서 재배된 천마는 전기 사진 결과와 같이 다른 처리구에 비해 상대적으로 직경이 작고 긴 형태에서 비롯된 것으로 추정된다.

물은 에탄올엑스 함량은 대조구 및 처리구들 모두 대한약전의 천마 공정생약 규격(17.0% 이상)을 충족하였으며, 품질도 양호한 것으로 나타났다(Table 10).

또한 회분(6.0% 이하)과 산불용성회분(0.4% 이하) 함량도 공정생약 규격 기준치 이하로 확인되었다(Table 11).

Table 10. 천마 배지재료별 수분 및 물은 에탄올엑스 함량

배지	수분	물은 에탄올엑스
하우스 톱밥+버미큘라이트 : 사양토	83.3 ± 0.5*	21.2 ± 0.2
하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토	82.4 ± 0.6	19.2 ± 0.3
판넬 톱밥+버미큘라이트 : 사양토	83.5 ± 0.8	18.1 ± 0.2
판넬 펄라이트+톱밥 : 사양토	83.1 ± 0.7	19.6 ± 0.1
하우스 톱밥 : 버미큘라이트	84.5 ± 0.5	24.7 ± 0.7
하우스 버미큘라이트 : 사양토	77.0 ± 0.7	17.5 ± 0.7
대조구(노지)	77.4 ± 0.6	21.9 ± 0.2

\*3반복 평균값±표준오차.

Table 11. 천마 배지재료별 회분 및 산불용성회분 함량

(%)

배지	회분(%)	산불용성회분(%)
하우스 톱밥+버미큘라이트 : 사양토	4.3 ± 0.3*	0.01 ± 0.00
하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토	3.7 ± 0.1	0.01 ± 0.01
판넬 톱밥+버미큘라이트 : 사양토	4.0 ± 0.2	0.02 ± 0.02
판넬 펄라이트+톱밥 : 사양토	4.1 ± 0.6	0.01 ± 0.01
하우스 톱밥 : 버미큘라이트	4.2 ± 0.3	0.01 ± 0.02
하우스 버미큘라이트 : 사양토	3.0 ± 0.5	0.07 ± 0.12
대조구(노지)	2.8 ± 0.2	0.10 ± 0.01

\*3반복 평균값±표준오차.

## 2. 기능성 성분 분석

### (1) 총 페놀화합물 함량

Table 12의 결과로부터 판넬시설 재배 보다 하우스 재배의 총 페놀화합물 함량이 약간 많은 것으로 나타났다. 총 페놀 값이 높았던 하우스 버미큘라이트 : 사양토 배지의 경우, 이차대사산물의 함량이 표피와 인접한 체관부에 많이 함유되어 있음을 고려하여 타 처리구에 비해 작은 천마 크기에 의해 시료 중 표피조직의 비율이 상대적으로 높아서 나타난 결과로 사료된다. 시설재배 천마가 노지재배보다 총 페놀화합물 함량이 적은 것은 2년생인 노지재배에 비해 생육 일수가 부족한 것에서 이유를 찾을 수 있으나, 추가적인 생육을 통해 보충될 것으로 추정된다.

Table 12. 천마 배지재료별 총 페놀화합물 함량

(mg/g dry basis)

배지	총 페놀화합물
하우스 톱밥+버미큘라이트 : 사양토	7.00 ± 0.01*
하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토	7.66 ± 0.01
판넬시설 톱밥+버미큘라이트 : 사양토	6.31 ± 0.01
판넬시설 펄라이트+톱밥 : 사양토	6.58 ± 0.02
하우스 톱밥 : 버미큘라이트	7.12 ± 0.01
하우스 버미큘라이트 : 사양토	9.28 ± 0.02
대조구(노지)	14.33 ± 0.02

\*3반복 평균값±표준오차.

## (2) 페놀화합물 조성

천마의 추출물 및 페놀화합물류에 속하는 천마 유효성분들에 대한 약리학적 효능으로 추출물과 gastrodin의 진정작용, gastrodin과 4-hydroxybenzyl alcohol의 기억력 증강작용, gastrodin과 4-hydroxybenzyl alcohol의 GABA agonist작용 및 glutamate 저해작용, vanillin의 항경련작용, 4-hydroxybenzyl alcohol의 serotonergic receptor antagonist작용, 추출물과 4-hydroxybenzyl alcohol 및 vanillin의 항산화작용 등이 알려져 있다. 본 실험에서는 천마의 효능에 관련된 4-hydroxybenzyl alcohol, 4-hydroxy-3-methoxybenzyl alcohol(vanillyl alcohol), 4-hydroxybenzaldehyde, 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde(vanillin)를 표준물질로 하여 노지재배 천마와 시설재배 천마의 페놀화합물 조성을 비교 분석하였으며, 일부 시료의 HPLC chromatogram을 예시하였다(Fig. 1, 2).

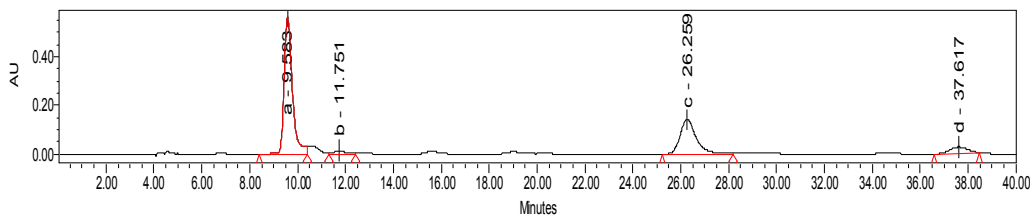


Figure 1. 하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토 재배 천마 HPLC Chromatogram.

- \* a. 4-hydroxybenzylalcohol
- b. vanillyl alcohol
- c. 4-hydroxybenzaldehyde
- d. vanillin

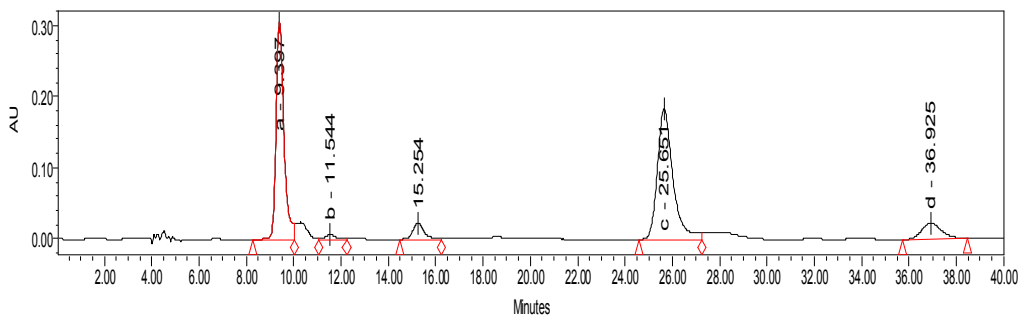


Figure 2. 노지 천마 HPLC Chromatogram

- \* a. 4-hydroxybenzylalcohol
- b. vanillyl alcohol
- c. 4-hydroxybenzaldehyde
- d. vanillin

Table 13에서 천마의 약리작용에 관련된 배지재료별 페놀화합물들을 합산한 결과, 1.125mg/g(하우스 톱밥+버미쿨라이트 : 사양토), 2.378mg/g(하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토), 1.310mg/g(관넬시설 톱밥+버미쿨라이트 : 사양토), 1.538mg/g(관넬시설 펄라이트+톱밥 : 사양토), 0.724mg/g(하우스 톱밥 : 버미쿨라이트), 2.287mg/g(하우스 버미쿨라이트 : 사양토)으로 나타났다. 특히 노지재배 천마(1.471mg/g) 보다 함량이 많으면서 전술한 바와 동일하게 생육이 양호한 처리구는 하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토인 것으로 확인되었다.

Table 13. 천마 배지재료별 페놀화합물 조성

배지	(mg/g dry basis)			
	4-hydroxybenzyl alcohol	vanillyl alcohol	4-hydroxybenzaldehyde	vanillin
하우스 톱밥+버미쿨라이트 : 사양토	0.959 ± 0.001*	0.051 ± 0.001	0.078 ± 0.002	0.037 ± 0.019
하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토	2.201 ± 0.001	0.065 ± 0.001	0.078 ± 0.003	0.034 ± 0.001
관넬시설 톱밥+버미쿨라이트 : 사양토	1.156 ± 0.001	0.053 ± 0.001	0.061 ± 0.001	0.040 ± 0.001
관넬시설 펄라이트+톱밥 : 사양토	1.416 ± 0.001	0.055 ± 0.001	0.053 ± 0.001	0.014 ± 0.001
하우스 톱밥 : 버미쿨라이트	0.576 ± 0.000	0.033 ± 0.000	0.060 ± 0.001	0.055 ± 0.000
하우스 버미쿨라이트 : 사양토	2.064 ± 0.007	0.049 ± 0.000	0.098 ± 0.001	0.076 ± 0.001
대조구(노지)	1.313 ± 0.000	0.035 ± 0.000	0.097 ± 0.000	0.026 ± 0.000

\*3반복 평균값±표준오차.

### (3) 배지재료별 항산화 효능 평가

페놀성 화합물들은 식물계에 널리 분포하는 2차대사산물의 일종으로서 phenolic hydroxyl기를 분자구조내에 보유함으로써 단백질이나 기타 거대분자들과 결합하여 항산화, 항암 등의 다양한 생리활성을 나타낸다. 생체 내 산소가 유입되어 세포 내에서 이용될 때, superoxide anion radical ( $\cdot O_2$ ), hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ), hydroxyl radical ( $\cdot OH$ ), single oxygen ( $1O_2$ ), 그리고 지질의

free radical 즉, alkoxy radical( $RO\cdot$ ), alkoxy peroxy radical ( $ROO\cdot$ )과 같은 활성산소종이 부산물로 생성된다(Singh, 1989). 이러한 활성산소 종은 많은 질환을 초래하기 때문에 활성 종에 의해 유발된 질환을 예방할 뿐만 아니라, 그 발암성과 독성이 문제시되고 있는 합성 향산화제를 대체하기 위해, 천연물로부터 강력하면서도 독성이 없는 천연 향산화제를 찾아내는 것이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

DPPH 라디칼 소거능은 DPPH가 추출물 내 항산화물질에 의해 전자나 수소를 받아 불가역적으로 안정한 분자를 형성하여 환원되어짐에 따라 짙은 자색이 탈색되어지는 원리를 이용하여 측정한다. 전자공여 작용은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 기질(substance)의 지방질 산화를 억제하는 목적으로 사용되고 있을 뿐만 아니라, 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 목적으로 이용되고 있다. 천마의 재배배지별 Ethyl acetate 추출 성분을 대상으로 하여 DPPH free radical 소거에 의한 항산화 활성을 조사한결과(Fig. 3), 200  $\mu\text{g/ml}$ 에서 각각 54%, 57%, 51%, 52%, 51%, 55%, 50%로 하우스에서 버미큘라이트(50%)+ 톱밥(50%) : 사양토의 배지에서 재배된 곳에서 가장 높은 57%의 활성을 보였으며 청원천마에서 50%의 낮은 활성을 보였다. 하지만 최고활성과 최저활성의 차이가 10% 내외로 본 결과를 통하여 배지재료별 천마의 항산화 활성은 큰 차이가 없었다.

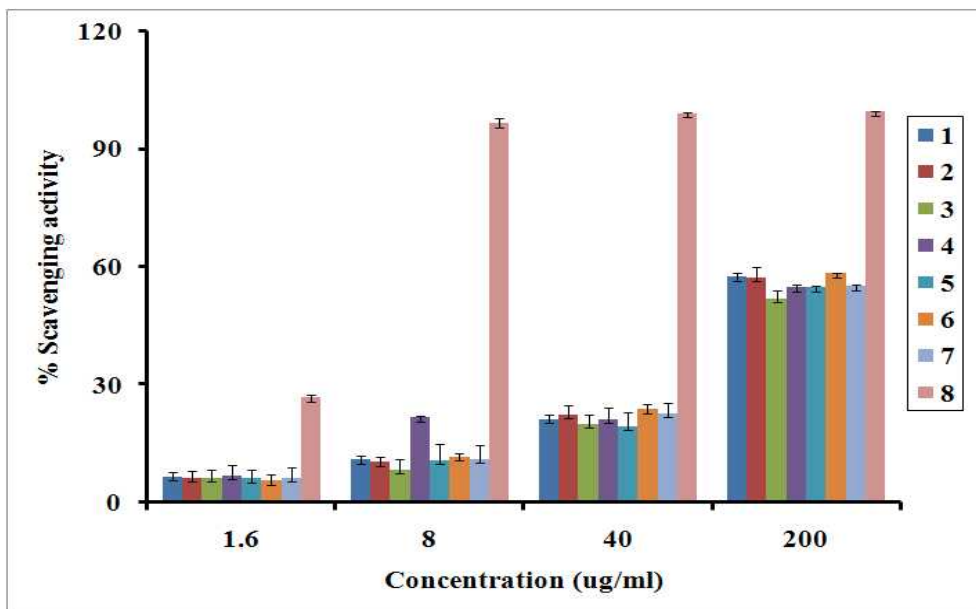


Figure 3. 천마 배지재료별 DPPH free radical 소거능 활성 비교

- \* 1: 펠라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-비닐하우스재배사
- 2: 버미큘라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-비닐하우스재배사
- 3: 버미큘라이트(상층) : 사양토(하층) -비닐하우스재배사
- 4: 톱밥(상층) : 버미큘라이트(하층) - 판넬시설재배사
- 5: 펠라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-판넬시설재배사
- 6: 버미큘라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-판넬시설재배사
- 7: 대조구(노지)



(4) 조 사포닌 함량

하우스 톱밥+버미큘라이트 : 사양토 배지는 노지재배 천마의 조 사포닌 함량과 유사한 것으로 나타났으나, 하우스 펄라이트 + 톱밥 : 사양토 배지의 경우 노지 천마의 조 사포닌 함량 보다 약 1.5배 많은 것으로 조사되었다(Table 14). 전술한 페놀화합물 조성 분석결과와 동일하게 조 사포닌 함량도 하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토 배지가 우수하였다. 따라서 2차년도 연구 결과로부터 생육상태와 기능성 성분 함량이 양호한 시설재배 배지재료는 하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토 배지인 것으로 확인되었으나, 추가적인 생육기간 후에 다시 검증하여 판단하기로 하였다.

Table 14. 천마 배지재료별 조 사포닌 함량

배지	조 사포닌 (%)
하우스 톱밥+버미큘라이트 : 사양토	2.33 ± 0.02*
하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토	3.70 ± 0.02
판넬시설 톱밥+버미큘라이트 : 사양토	1.25 ± 0.01
판넬시설 펄라이트+톱밥 : 사양토	1.72 ± 0.09
하우스 톱밥 : 버미큘라이트	1.60 ± 0.06
하우스 버미큘라이트 : 사양토	1.33 ± 0.02
대조구(노지)	2.51 ± 0.02

\*3반복 평균값±표준오차.

(5) 지방산 조성

천마의 재배조건별, 배지조성별 지방산 함량을 GC/MS로 분석한 결과(Table 15), 천마로부터 myristic acid, pentadecanoic acid, palmitoleic acid, palmitic acid, heptadecanoic acid, linoleic acid, oleic acid, stearic acid, behenic acid, tricosanoic acid 등, 10개의 포화 및 불포화 지방산이 분리·동정되었다. 분리된 지방산 중 판넬시설재배와 하우스재배시설의 천마가 노지에서 재배된 청원 천마와 비교하여 대체적으로 높은 지방산의 함유량을 나타냈다. Palmitic acid의 함량이 가장 높았으며 myristic acid의 함량은 가장 낮게 나타내었다.

배지재료별 지방산 성분을 비교한 결과, myristic acid는 <버미큘라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-비닐하우스재배사>, <버미큘라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-판넬시설재배사>처리에서 23.7µg/g의 함량을 나타낸 반면, <버미큘라이트(상층) : 사양토(하층)-비닐하우스재배사>, 청원천마(노지)에서는 검출되지 않았다. Pentadecanoic acid의 함량은 <버미큘라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-비닐하우스재배사>에서 43.7µg/g의 높은

함량을 나타내었지만, <펠라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-관넬시설재배사>처리에서는 가장 많이 함유된 처리구의 약 2/3정도의 함유량을 나타내었다. Palmitoleic acid는 <톱밥(상층) : 버미큐라이트(하층) - 관넬시설재배사>에서 86.1 $\mu$ g/g의 함유량을 나타낸 반면 <펠라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-관넬시설재배사>에서는 함유되어있지 않았다. Palmitic acid는 <톱밥(상층) : 버미큐라이트(하층) - 관넬시설재배사>에서 1033.1 $\mu$ g/g이 함유되어 있었으나 청원천마(노지)에서 352.3 $\mu$ g/g으로 가장 낮은 함유량을 나타내었다. Heptadecanoic acid는 <버미큐라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-비닐하우스재배사>, <톱밥(상층) : 버미큐라이트(하층)-관넬시설재배>, <버미큐라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-관넬시설재배사>에서 약 74 $\mu$ g/g 수준으로 비슷하였으며, 청원천마(노지)에서 가장 낮은 함유량을 나타내었다. 그밖에 linoleic acid, oleic acid, stearic acid, behenic acid, tricosanoic acid는 <톱밥(상층) : 버미큐라이트(하층) - 관넬시설재배사>에서 가장 높은 함유량을 나타내었다. 따라서 본 연구의 배지조성으로 재배된 천마는 노지 천마에 비해 전반적으로 많은 지방산을 함유하고 있는 것으로 확인되었다.

Table 15. 천마 배지재료별 지방산 조성

( $\mu$ g fatty acid/g dry basis)

Compound	Contents						
	1	2	3	4	5	6	7
Myristic acid	20.3	23.7	-	15.9	14.5	23.7	-
Pentadecanoic acid	39.5	43.7	22.8	42.9	27.7	43.7	14.8
Palmitoleic acid	46.2	54.7	29.6	86.1	-	54.7	31.9
Palmitic acid	667.2	785.2	553.4	1033.1	587.9	785.2	352.3
Heptadecanoic acid	55.2	74.0	39.8	73.1	45.9	74.0	25.9
Linoleic acid	367.0	425.5	321.2	554.7	318.1	425.5	170.5
Oleic acid	215.1	449.2	147.7	483.1	232.2	449.2	216.7
Stearic acid	59.9	65.3	64.9	123.2	47.6	65.3	26.2
Behenic acid	19.3	18.0	17.9	45.5	15.9	18.0	10.3
Tricosanoic acid	21.6	22.5	15.8	34.1	-	22.5	17.4

- \* 1: 펠라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-비닐하우스재배사  
 2: 버미큐라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-비닐하우스재배사  
 3: 버미큐라이트(상층) : 사양토(하층) -비닐하우스재배사  
 4: 톱밥(상층) : 버미큐라이트(하층) - 관넬시설재배사  
 5: 펠라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-관넬시설재배사  
 6: 버미큐라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-관넬시설재배사  
 7: 대조구(노지)

## 제 3 절 3 차년도 연구개발 수행 내용 및 결과

### < 3 차년도 연구개발 수행 내용 및 결과 목차 >

1. 제 1 세부과제: 지상 다단계식 천마 시설재배 방법과 환경제어 시스템 개발, 최적의 재배조건에서 종마의 시설 재배 실험, 750kg/(1년, 노지1a)·1743	
가. 지상 다단계식 실내재배를 위한 재배시스템 구조 고안, 설계 및 제작 .....	172
1) 1, 2 차년도 개발 판넬하우스 와 비닐하우스 기능과 성능실험 결과 분석 .....	172
2) 에너지 투입 최소화 방안 도출을 위한 시설개선 방향과 방법 .....	173
가) 판넬하우스 개선 .....	173
나) 비닐하우스 개선 .....	175
3) 최적 관수 시스템 제작 .....	177
가) 최적 관수 시스템의 설계 와 제작 .....	177
나) 개발 관수시스템의 기능과 성능 실험 .....	179
나. 1, 2차 실험결과 적용, pilot 실험 및 천마의 최적의 조건에 의한 시설재배실험 .....	180
다. 지상 다단계식 Pilot의 1, 2차 실험결과를 통한 천마수확 시기 단축을 위한 적용실험 .....	180
1) 천마 생육환경 확립 “지상 다단계식 시설재배 Pilot 시설” .....	180
2) 실험 용 “지상 다단계식 시설재배 Pilot 시설” 운용과 성능 실험 .....	182
3) “지상 다단계식 시설재배 Pilot 시설” 성능실험 결과. ....	185
가) Pilot 하우스 여름철 냉방실험 결과 .....	185
나) Pilot 판넬하우스 겨울철 난방 실험 결과 .....	190
다) Pilot 하우스별 습도 측정 결과. ....	198
라) 전력소비량 측정결과 분석 .....	200
라. 실험결과 .....	204
2. 시설재배에 적합한 천마 배지재료 및 환경의 최적 조건 확립 연구 .....	205
가. 연구방법 .....	205
1) 천마 시설재배 설계 .....	205
2) 천마이식 방법 .....	208
3) 천마 시설재배 실험 .....	210
나. 연구결과 .....	210
1) 시설재배 조건별 최적 천마배지재료 선별 .....	210
2) 재배 시설별의 생육 .....	219
3) 2차년도 선정된 배지와 3차년도 배지의 생육 비교환경 구명 .....	219

4) 뽕나무 버섯 균사속과 천마의 공생관계 .....	262
다. 3년 연구결과 결론 .....	266
3. 제 2 세부과제: 시설재배와 노지재배 천마의 생약학적 품질평가 및 기능성 성분 비교연구 .....	267
가. 재료 및 방법 .....	267
1) 시설 및 노지 재배 천마의 생약학적 품질평가 .....	267
(1) 수분 .....	267
(2) 회분 .....	267
(3) 산불용성회분 .....	267
(4) 엑스 함량 .....	267
1) 시설 및 노지 재배 천마의 식품학적 품질평가 .....	267
(1) 수분 .....	267
(2) 조회분 .....	267
(3) 조지방 .....	267
(4) 조단백 .....	268
(5) 탄수화물 .....	268
(6) 조섬유 .....	268
(7) 원당 .....	268
3) 시설 및 노지 재배 천마의 기능성 성분 및 항산화활성 .....	268
(1) 조 사포닌 분석 .....	268
(2) 총 페놀화합물 함량 .....	268
(3) 페놀성분 조성 .....	269
(4) 지방산 조성 .....	269
(5) DPPH 라디칼 소거능 .....	269
나. 연구결과 .....	270
1) 시설 및 노지 재배 천마의 생약학적 품질평가 .....	270
2) 시설 및 노지 재배 천마의 식품학적 성분 분석 .....	273
3) 시설 및 노지 재배 천마의 기능성 성분 및 항산화활성 .....	275
(1) 조 사포닌 함량 .....	275
(2) 총 페놀화합물 함량 .....	276
(3) 페놀성분 조성 .....	278
(4) 지방산 조성 .....	281
(5) 항산화 효능 평가 .....	285

## 1. 제 1 세부 과제:

- 지상 다단계식 천마 시설재배 방법과 환경제어 시스템 개발
- 최적의 재배조건에서 종마의 시설 재배 실험, 750kg/(1년, 노지1a)

### 가. 지상 다단계식 실내재배를 위한 재배시스템 구조 고안, 설계 및 제작

#### 1) 1, 2 차년도 개발 판넬하우스와 비닐하우스 기능과 성능실험 결과 분석

2차년도 각 개발하우스 별 운영결과를 정리하면 (1)판넬하우스의 경우 1차 년도에 개발한 겨울용 필름히터 난방장치와 여름용 일반에어컨 비닐덕트 공조시스템을 적용하여 개발 판넬하우스를 2차 년도에 실험 가동한 결과 천마재배에 필요한 배지Assembly의 온·습도 제어는 좋은 결과를 얻었다. 필름히터에 의한 난방시스템은 배지상자가 설치된 3단, 2단 그리고 1단 모두 온도편차가 거의 없이 온도제어가 잘 이루어졌으나 과증발과 여름에는 응축현상 발생으로 실내에 습도가 높고, 이로 인하여 재배상자 24개 중 6개 정도에서 배지자료에 곰팡이와 버섯의 번식이 발생하였다. 그리고 1차 년도에 비해 전력소모량이 많았다.

(2)비닐하우스의 경우는 여름에 하우스 지붕보온재에 스프링쿨러로 물을 분사하여 증발현상으로 인한 냉각과 증발영역에 송풍기 바람을 유도시킴으로써 이중의 냉각효과를 얻을 수 있는 구조와 함께 시설내부를 동시에 환풍할 수 있는 시스템을 개발하여 냉방기를 사용하지 않고 냉방을 하였으며 겨울에는 판넬하우스와 동일한 개발 필름히터로 난방을 하여 실험을 하였다 .

그 결과 개발 비닐하우스가 여름에도 냉방기를 사용하지 않고 천마생육 온도를 제어할 수 있는 가능성을 보였다. 또한 판넬하우스에서 발생하는 과습도와 응축현상이 적게 발생하였다. 이는 시설 실내바닥을 판넬하우스와 같이 콘크리트를 쳐서 바닥을 공사하지 않고 흙바닥 그대로 사용하였기 때문에 바닥 흙이 습분을 흡수하는 역할을 하였기 때문이라 판단된다. 겨울에 필름 히터난방기로 난방을 하여도 3단과 1단의 온도편차가 크고, 3단은 30℃도 까지 상승하고 1 단은 16℃에서 유지되었다.

연구결과 개발시설들의 문제점을 정리하면

- 판넬하우스 : 과 증발과 여름에는 응축현상 발생으로 실내에 습도가 높고, 이로 인하여 재배상자 24개 중 6개 에서 배지자료에 곰팡이와 버섯의 번식이 발생하였다. 1차 년도 난방 실험에서 필름히터의 경우가 온풍기실험보다 전력소모량이 많았다. 또한 냉방은 냉방기로 난방은 필름히터로 할 경우 설비측면에서 난방과 냉방을 별개의 시스템으로 운영하여야 함으로 실용화시 설비설치 비용증가를 초래할 수 있다.

- 비닐하우스 : 여름에는 냉방기를 사용하지 않았기 때문에 냉방설비 전력소모는 없었으나, 겨울에는 판넬하우스 보다 전력소모량이 2.3배 정도 많았다. 상층과 하층의 온도편차가 많이 발생하였다.

## 2) 에너지 투입 최소화 방안 도출을 위한 시설개선 방향과 방법,

### 가) 판넬하우스 개선

겨울에 과증발과 여름에는 응축현상 발생을 개선하고 여름에는 비닐하우스와 같이 판넬 하우스에서도 에너지 절약을 위해 냉방장치가 없이 자연바람의 순환장치로 천마 재배가 가능할 수 있는지 여부를 실험하기 위하여 시설을 개조하였다.

#### (1) 과증발과 응축현상 발생 개선

과증발과 응축현상 발생을 개선하기 위하여 2 차년도에 개발한 ‘상·하층 온도편차 해결과 제습기 기능의 공조기구’를 개선하여 과습분 제거 기능을 강화하는 공조기구를 제작하였다.

Fig. 1-1은 설계도면을 제시한 것이며, 2차년 개발한 순환공조장치에 도면과 같이 과습분을 제거할 수 있는 저렴한 부직포를 송풍기 위 쪽에 설치하여 재배사 상층과 하층의 온도편차를 줄이면서 과습분을 제거할 수 있게 설계하였다.

Photo. 1-1 는 이를 제작하여 판넬하우스와 비닐하우스에 각각 설치 가동상태를 제시 한 것이다

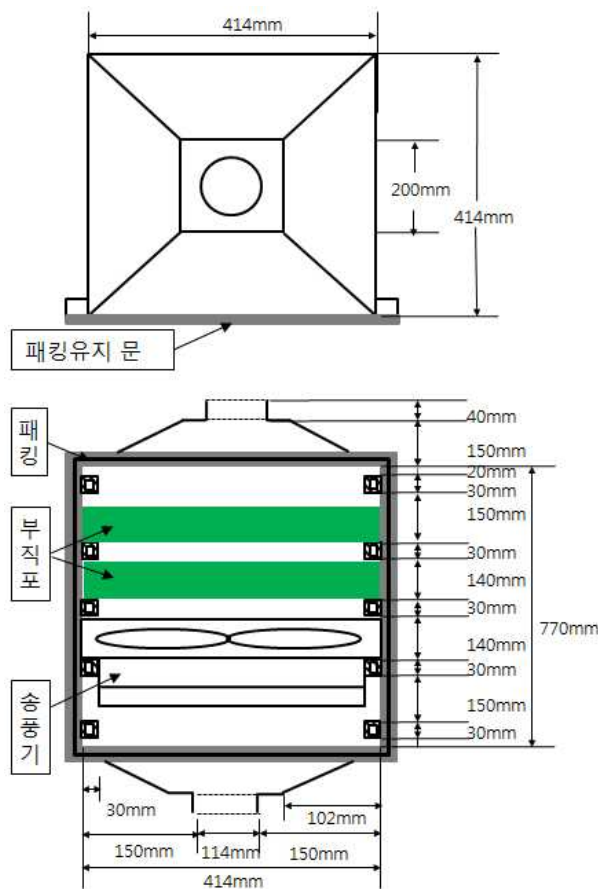


Fig. 1-1 상·하층 온도차 해결과 제습기 기능의 공조기구 설계도면



(a) 비닐하우스 설치 운영 실험



(b) 판넬하우스 설치운영 실험

Photo. 1-1 상·하층 온도차 해결과 제습기 기능의 공조기구 설치.

(2) 여름철 냉방기 없이 천마재배 적정 온도 실현을 위한 시설 개선

판넬하우스에서도 여름철에 에너지 절약을 위해 비닐하우스와 같이 냉방장치가 없이 자연바람의 순환장치로 천마 재배가 가능할 수 있는지 여부를 실험하기 위하여 Photo. 1-2 같이 하우스 상단의 앞쪽과 뒤쪽 각각 2곳에 환풍장치를 시설하고, 하단의 앞쪽과 뒤쪽 각각 2곳에 환풍 문을 설치하였다. 여름 밤에는 열어 두고, 밤의 냉기로 천마시설을 냉각시키고 오전에 문을 닫고 생기된 온도로 오후 4시 까지 유지 한 다음 4시에 문을 열어 놓고 환풍을 하는 방식으로 운용하고자 한다. 이러한 방식의 운용결과가 좋으면 이러한 시스템을 자동화 하려고 한다.



Photo. 1-2 판넬하우스 환풍 장치

### (3) 배지상자 교체

판넬하우스 2 차 년도까지 사용한 배지상자는 1 차 년도에 제작된 합판으로 만든 상자를 그대로 사용하였다. 1차 년도에 배지상자의 크기를 설정하고 이에 적합한 상자를 구입하고자 하였으나 시중에는 적절한 상자가 없었고, 실험을 위하여 가격이 제일 저렴하게 산출된 합판으로 제작하여 사용하였다. 1 차년도 연구과정에서 찾은 가격이 저렴하고 반영구적인 단프라스트를 사용하여 제작한 상자를 2 차년 비닐하우스에 적용한 결과, 상자 제작하기가 용이하고 아주 좋은 상자역할을 하였다. 3 차년도 판넬하우스 실험에서 배지상자를 단프라스트로 제작하였다.

### (4) 냉 · 난방장치의 운용

판넬하우스에서 2차 년도에 개선된 필름히터와 냉풍기를 사용한 실험결과 온도제어에서는 좋은 결과를 얻었다.

1차년 비교 실험결과에서 온풍장치가 필름히터 난방장치 보다 에너지가 적게 소요되었으므로, 2 차년 개선된(용량 줄임) 필름히터와 온풍난방기의 성능을 비교 실험하기 위하여 3차년도 겨울의 난방장치는 온풍난방기를 사용하기로 하였고, 최적 에너지 절약 시스템을 도출하고자 여름에는 냉방기 없이 선풍기와 개선된 환풍장치시설로 재배온도 제어 실험을 하기로 했기로 하였다.

## 나) 비닐 하우스 개선

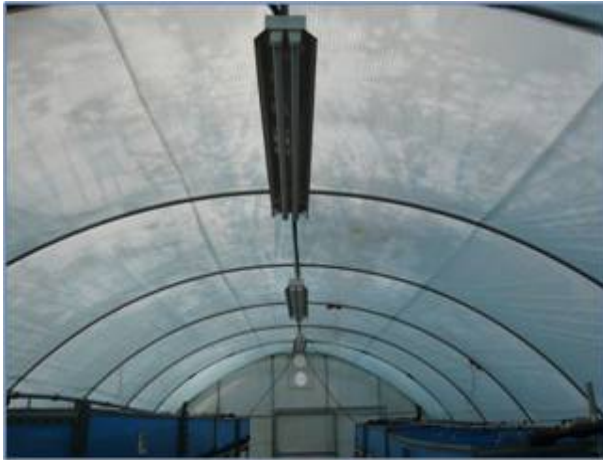
겨울에는 판넬하우스 보다 전력소모량이 2.3배 정도 많았다. 상층과 하층의 온도편차가 많이 발생하였다.

이를 보완하기 위하여 겨울에 자연채광을 최대한 할 수 있는 구조로 실내온도를 최대한 유지할 수 있는 구조로 하기 위하여 2 차년 비닐하우스를 Photo. 1-3, 1-4 와 같이 보완 하였다. 보완사항은 비닐하우스 천장에 설치된 기존 일반보온재를 (이중보온재 + 비닐) 조합체로 교체하고 이 조합체가 낮에는 개방되고 밤에는 폐쇄하는 것을 자동으로 할 수 설게 하고 , 하우스 양 측면 부분도 기존 일반보온재를 (이중보온재 + 비닐) 조합체로 교체하고 천정과 같이 낮에는 개방되고 밤에는 폐쇄하는 것을 자동으로 할 수 있도록 설게하였다.

Photo. 1-3.은 천장에 설치된 (이중보온재+비닐)조합체의 설치와 자동 개폐 장치의 설치와 운용 상태를 제시한 것이다.

Photo. 1-4 는 하우스 양 측면에 (이중보온재 + 비닐)조합체의 설치와 자동 개폐 장치의 설치와 운용 상태를 제시한 것이다.





(a)천장 자동 폐쇄 상태



(b)천장 자동 개방 상태

Photo. 1-3 천장 (이중보온재+ 비닐) 조합체 설치와 자동 개폐장치 설치 운영상태



(a) 좌측면 폐쇄 와 개방 상태



(b) 우측면 폐쇄 와 개방 상태



Photo. 1-4 하우스 양 측면 (이중보온재 + 비닐)조합체의 설치와 자동개폐 장치의 설치와 운용 상태

### 3) 최적 관수 시스템 제작

#### 가) 최적 관수 시스템의 설계 와 제작

천마 다단 사설재배에서 관수시설은 중요한 요소 중 하나이다. 천마 다단 사설재배의 최적관수 시스템을 개발하기 위하여 천마배지의 최적 급수형태, 방법 및 급수량을 2 차년도에 연구하였다 연구결과 급수형태는 물조리의 물줄기 분산액적 보다는 가늘고, 미스터 보다는 큰 분산액적 형태로 하는 것이 적절하였으며, 재배상자당 1회 급수량 과 관수주기는 표. 1-1 같다. 또한 모든 배지상자에 동일한 급수량을 관수하기 위해서는 배지상자에 설치되는 상.중.하 층의 모든 분무노즐에 동시에 공급되고 차단되는 구조이어야 하고 모든 분사노즐에 동일한 압력이 부과 되는 관수 시스템이 되어야 한다.

이러한 결과를 토대로 하여 Fig. 1-2 과 같이 관수시스템을 설계 하였다.

Photo. 1-5와 1-6 는 개발 관수시스템을 판넬하우스와 비닐하우스에 설치한 상태를 제시한 것 이다. 개발관수시스템의 펌프 용량은 0.75 kW, 28L/분.1노즐 이며, 메인 파이프관은 76mm x 12 개로 하였다.

표. 1-1 재배시설의 월별 관수주기와 급수량

	관수주기(2010년)												관수량 (1 배지Assembly당)
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
판넬 하우스	4일	4일	5일	5일	5일	7일	7-8일	7-8일	7일	4일	4일	4일	12L
비닐 하우스	4일	4일	5일	5일	5일	7일	7일	8일	7일	4-5일	4-5일	4일	14L

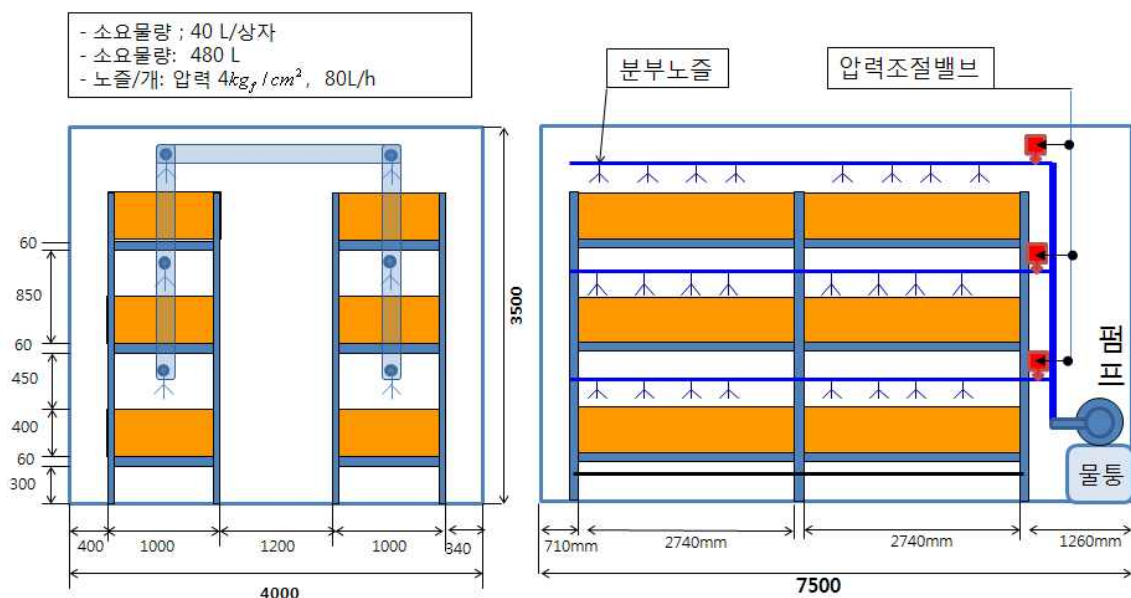


Fig. 1-2 관수시스템을 설계도면



(오른쪽 3단 재배사 설치 결과)



(왼쪽 3단 재배사 제작.설치결과)



물통, 펌프, 압력조절밸브



(우측 2단에서 본 재배상자내부 제작설치 결과)



(좌측 2단에서 본 재배상자내부 제작설치 결과)

Photo. 1-5 개별 관수시스템을 판넬하우스 설치 상태



(왼쪽 3단 재배사 제작.설치결과)



(오른쪽 3단 재배사 제작.설치결과)



물통, 펌프, 압력조절밸브



(좌측 2단에서 본 재배상자내부 제작설치 결과)



(우측 2단에서 본 재배상자내부 제작설치 결과)

Photo. 1-6 개발관수시스템 비닐하우스 설치 상태

### 나) 개발 관수시스템의 기능과 성능 실험

개발 제작된 관수시스템의 기능과 성능을 테스트하기 위하여 Photo. 1-7의 (a)와 같이 관수시스템의 종단인 분무 노즐에 비닐봉지를 달고 30초 동안 모터를 가동하여 분무노즐에 물이 분사되게 하였다. 각 노즐의 비닐봉지 담긴 물을 (b) 와 같이 매스플라스크로 물의 양을 측정하였다.

측정결과로부터 제 기능을 하지 못하는 분무노즐을 교체와 교정을 하고, 압력밸브를 조절하는 과정을 되풀이 하면서 상. 중. 하층의 노즐에 물의 분무가 균등하게 이루어지도록 교정을 되풀이 하였다.

최종 교정결과는 모든 분무노즐의 분무량은  $(16L \pm 0.5 L)/min$  범위로 교정하였다.



(a) 각 분사노즐 급수량 동시 채취



(b) 매스플라스크 각 분사노즐 급수량 측정

Photo. 1-7 개발 관수시스템의 기능 실험

## 나. 1, 2차 실험결과 적용 pilot 실험 및 천마의 최적의 조건에 의한 시설재배 실험

애초 연구계획에서 3 차년도 실험계획은 1, 2차 실험결과에서 나온 최적의 배지재료를 pilot시설을 별도로 만들어 검증실험을 하고(IV. 1, 2차 실험결과 적용 pilot 실험.) 검증된 결과를 천마의 최적 조건의 시설에서 재배실험(V. 1, 2차 실험결과 적용, 천마의 최적의 조건에 의한 시설재배 실험)을 하는 것으로 계획하였으나, 이미 1차년도과 2차년도 2 번에 걸쳐 12가지 배지에 대한 비교 실험에서 최적의 배지는 <(툽밥+퍼얼) + 사양토>조합과 <(툽밥+버미) + 사양토> 조합이라는 결과를 얻었고, 개발시설 중 판넬하우스는 과습상태 만 해결하면 온습도 제거는 문제가 없으므로 이를 중점 개선하고 비닐하우스도 2 차년도의 문제점을 개선하여 “1, 2차 실험결과를 적용한 지상 다단식 Pilot시설의 천마수확시기 단축 및 최적 시설조건 구명 실험”을 바로 하기로 하였다.

## 다. 1, 2차 실험결과를 적용한 지상 다단식 Pilot시설의 천마수확시기 단축 및 최적 시설조건 구명 실험”

### 1) “지상 다단식 시설재배 Pilot 시설”

3 차년도 실험은 연구 종결년도 실험이므로 “지상 다단식 시설재배 Pilot 시설” 실험을 하면서, “지상 다단식 시설재배 Pilot 시설” 안에 2 차년도 실험결과 최적 배지로 구명된 배지군(배지 Assembly)를 투입하여 이에 대한 검증시험을 동시에 진행 하였다.

#### 가) Pilot 판넬하우스 시설

판넬하우스 Pilot 시설 앞서 기술한 바와 같이 2차년 시설에 (1) 과증발과 응축현상 발생 개선을 위하여 ‘상·하층 온도차 해결과 제습기 기능의 공조기구’를 설치하였고 (2) 여름철에 냉방기를 사용하지 않고 천마재배 적정 온도 실현 실험을 위해 환풍장치 설치를 위하여 시설의 상단 하단을 개조하였으며, (3) 배지상자를 단프라시트로 제작하였고, 배지 급수는 2 차 년도에 설계된 최적 관수 시스템을 제작 설치하였다. (4) 2 차년 개선된(용량 줄임) 필름 히터와 온풍난방기의 성능 비교 실험을 하기 위하여 3차 년도에는 겨울 난방장치는 온풍난방기를 사용하고. 최적 에너지 절약 시스템을 도출하고자 여름에는 냉방기 없이 선풍기와 개선된 환풍장치 시설로 재배온도 제어실험을 하기로 하였다.

#### 나) Pilot 비닐하우스 시설

비닐하우스 Pilot 시설은 2 차년도 시설에 (1) 전력소모량을 줄이기 위해 자연광을 최대한으로 유입하고 유입된 열을 최대한으로 보존할 수 있도록 비닐하우스 지붕에 (이중보온재+비닐)조합체를 설치하고, 이 조합체를 낮과 밤 되었을 때 자동으로 개폐하는 장치를 설치하였고, 하우스 양 측면도 (이중보온재 +비닐)조합체의 설치와 자동개폐 장치를 설치하였다.

하우스 실내에 발생하는 상층과 하층의 온도편차를 해소하기 위하여 실내중간 지점에 ‘상·하층 온도차 해결과 제습기 기능의 공조기구’를 설치하였다.  
그리고 관수는 2차 년도에 설계된 최적 관수 시스템을 제작 설치하였다.

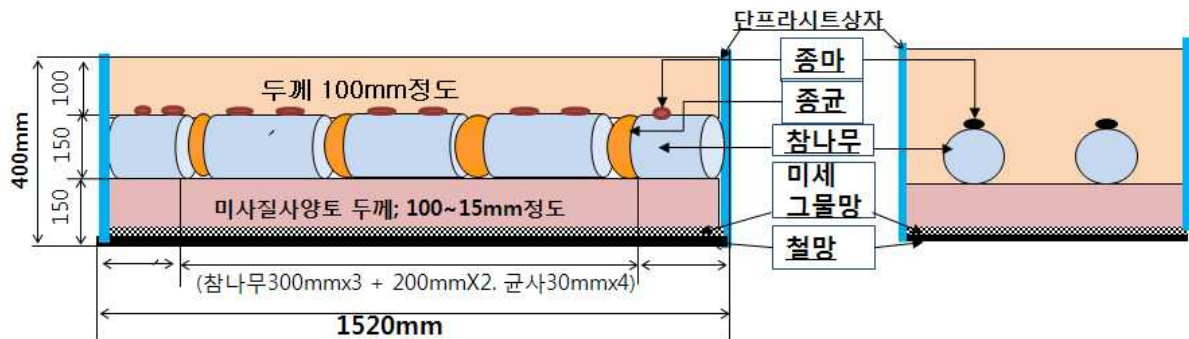
다) 실험용 배지 Assembly

실험용 배지 Assembly는 1, 2차 천마 생육실험결과에서 최우수 배지조건으로 판명된 <톱밥+퍼얼> 와 <톱밥+버미> + 사양토>의 2 조합과 3차 년도에 배지재료로 추가하기로 한 “미강”을 “부엽토”로 교체하여 (부엽토+사양토)조합의 새로운 배지 균을 3 종류의 배지와 모든 배지상자의 하부바닥에 투입하는 사양토의 두께 15~20mm 로 하였다, 그리고 참나무의 길이는 30cm 와 20cm 2 가지로 하였다.

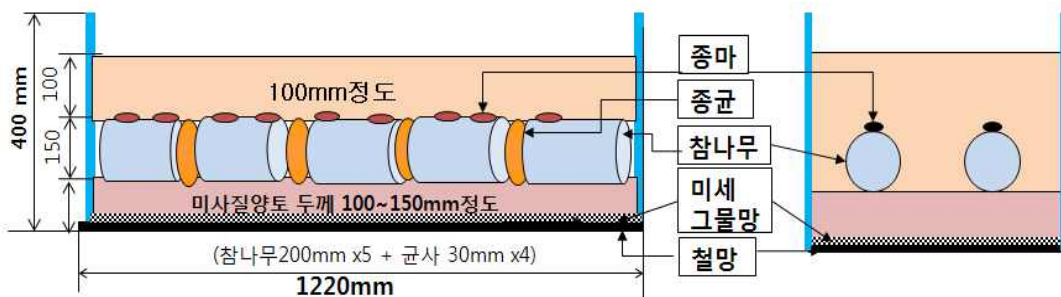
Fig. 2-1은 실험용 배지상자에 참나무의 길이를 중심으로 배지조합과 종마, 균사 및 참나무의 구성도를 제시한 것이다. 상자길이 1552(mm)는 참나무길이가 30cm 이고 1220(mm)는 20cm 이다.

표 2-1은 Fig. 2-2(a)(b)의 배지상자에 투입될 배지조합 종류를 제시한 것이다. 배지상자에 투입되는 배지종류는 총 8 가지로 2 차년도 결과인 2 개의 조합 균을 상층과 중층에 배열 가능한 경우의 수를 다 반영하고, <(톱밥+퍼얼)+(부엽토%+사양토70%)+사양토> 와 <(톱밥+버미+(부엽토%+사양토%)) + 사양토>를 추가하였다.

Fig. 2-1은 표 2-1의 조합 배지를 실험 용 “지상 다단식 시설재배 Pilot 시설” 인 판넬하우스와 비닐하우스에 배치한 배치도를 제시한 것이다.



(a) 참나무 길이 30cm



(b) 참나무 길이 20cm

Fig. 2-1 실험용 배지상자, 참나무, 배지조합, 종마, 종균 및 배지조합 구성도.

표 2-1 배지상자의 배지조합 종류

NO.	배지 혼합 조건
1	버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
2	버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
3	버미큘라이트(30%)+톱밥(50%)/사양토(%) +부엽토(30%)/사양토
4	버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+(펄트50%+톱밥50%)(30%)/사양토
5	펄라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
6	펄라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
7	펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(%) +부엽토(%) /사양토
8	펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(%) + (펄트50%+톱밥50%)(30%)/사양토

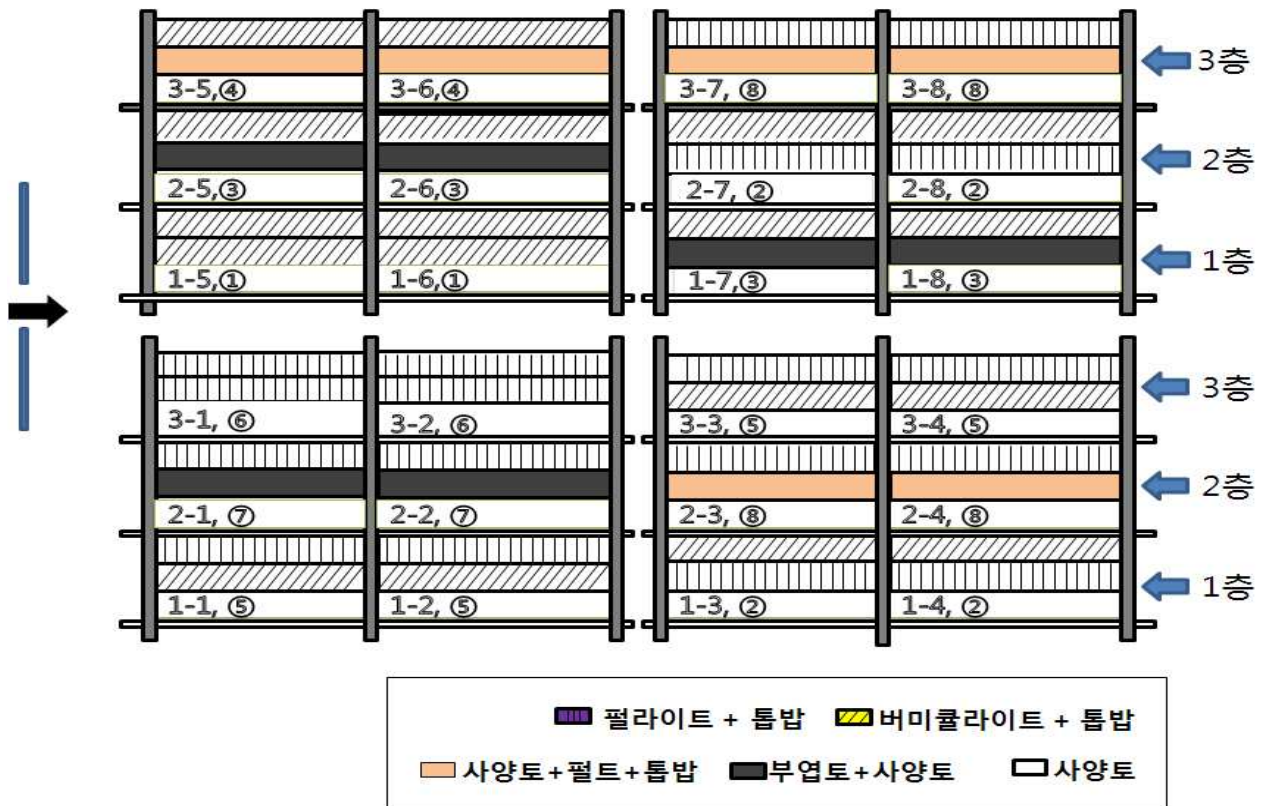


Fig. 2-2 “지상 다단식 시설재배 Pilot 시설”의 <배지조합> 배치도

## 2) 실험 용 “지상 다단식 시설재배 Pilot 시설” 운용과 성능 실험

### 가) Pilot 판넬하우스 성능 실험 운용 방법

- (1) 여름 : 냉풍기를 사용하지 않고 시설벽면 양측 하단의 2개의 환풍 문을 열고 양쪽

에 상단의 2 개의 환풍기를 가동하여 온·습도제어를 하였다.

- (2) 겨울 : 필름히터 대신 온풍기로 하였다. 과 습분 해소를 위하여 관수 후 1일부터 24 시간 동안 ‘상·하층 온도차 해결과 제습기 기능의 공조기구’ 를 가동하였다. 그러나 공조기구를 가동하는 기간은 많지 않았다, 이는 온풍기 가동으로 인하여 강제대류에 의한 건조가 발생하고, 또한 습분의 공기가 온풍기로 유입되어 가열됨으로써 습분이 줄어드는 것으로 판단된다.

#### 나) Pilot비닐하우스 성능실험 운용 방법

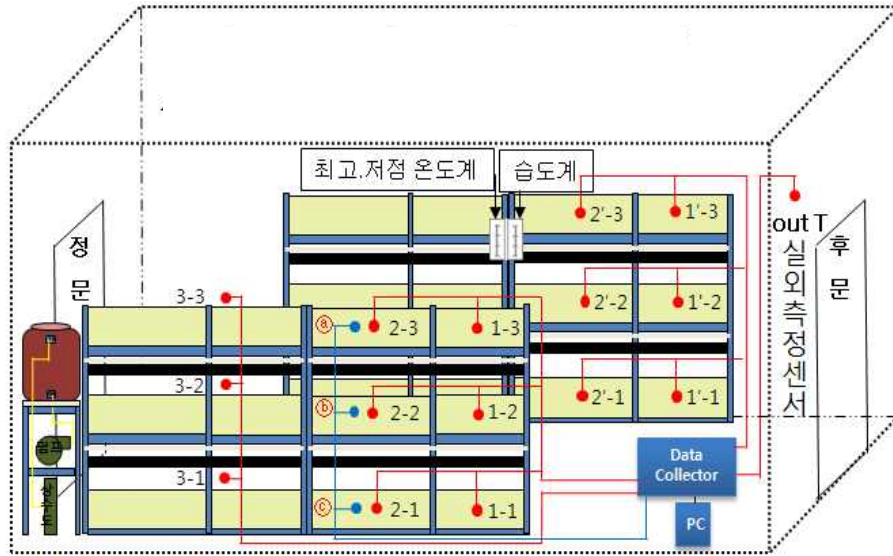
- (1) 여름 : 2 차 년도와 동일하게 운용하였다.  
(2) 겨울 : 상기 기술한 개선된 시설로 운용하였으며, 이중보온제의 밤과 낮에 따른 개폐는 자동으로 하였으며, 난방은 2 차년과 같이 배지상자 바로 밑에 설치된 필름히터 시스템으로 하였다.

#### (다) 성능실험 장치운영 및 측정방법

Fig. 2-3은 Pilot 비닐하우스에 배지조합 상자를 배치하고 성능실험과 배지Assembly의 온도와 습도제어 실험을 하기 위하여 비닐하우스에 설치한 온도측정 센서, 토양습분측정 센서의 설치위치 및 측정 장비의 개략도를 제시한 것이다. 토지습분측정 센서는 배지재료 내부에 설치하였고, 온도센서는 배지내부, 온실내공간 및 온실외부 실외에 각각 설치하였다. 온실내공간센서 측정값의 확인 비교를 위하여 시중에 판매되고 있는 최고·최저 온도점 측정온도계와 습도계를 내부공간에 함께 설치하였다. 모든 측정은 실시간으로 이루어지며 측정된 값은 PC에 저장된다. 판넬하우스도 Fig. 2-3 동일한 구조와 방법으로 측정 기록하였다.

Photo. 2-1은 이들 센서와 측정 장비의 설치운영 상황을 촬영한 것이다. 판넬하우스도 동일한 위치 동일한 센서, 동일한 측정 장비로 동일한 방법으로 측정하였다. 배지상자의 물 공급은 개발 관수시스템으로 하였으며, 관수 주기는 여름 4일, 겨울 1주일간 이었으나 배지상자에 설치한 관찰창과 각 배지의 상태를 관찰한 후 급수를 조절 하였다.





- 실내공간 온도 측정 센서: 3-1, 3-2, 3-3
- 배지 Assembly 온도 측정센서: 1-1, 1-2, 1-3, 2-1, 2-2, 2-3, 1'-1, 1'-2, 1'-3, 2'-1, 2'-2, 2'-3
- 배지 Assembly 습도 측정센서: ㉠, ㉡, ㉢

Fig. 2-3 온도측정 센서, 토양습분측정 센서 측정정비 설치 개략도.

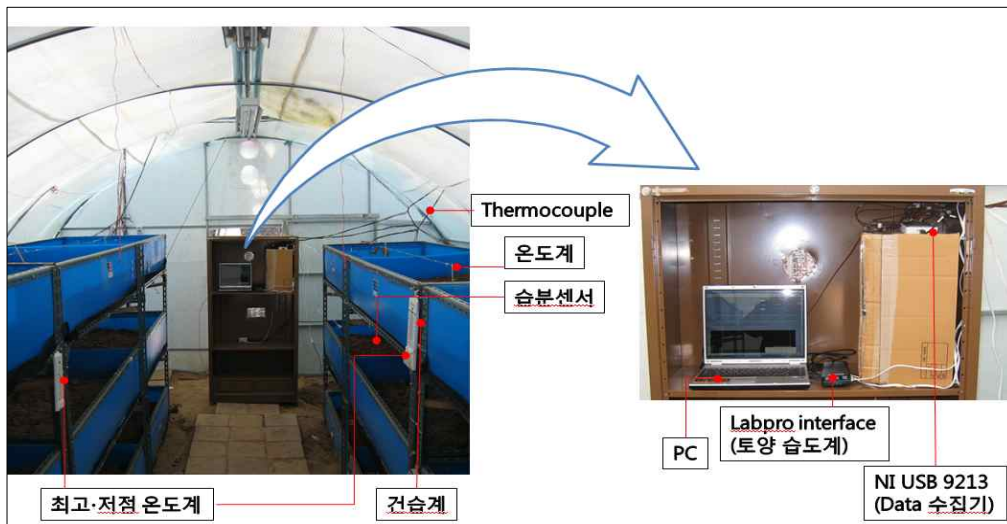


Photo. 2-1. 센서와 측정 장비의 설치운영 상황

### 3) “지상 다단식 시설재배 Pilot 시설” 성능실험 결과.

가) Pilot 판넬하우스와 비닐하우스 재배성능 실험 결과 비교

#### (1) Pilot 하우스 여름철 냉방실험 결과

##### ① 판넬하우스

Fig. 2-4는 온도변화측정 실험결과 중 판넬하우스의 8월 한 달간 결과를 제시한 것이다. 3차년 판넬하우스 여름 냉방제어 실험은 앞서 기술한 바와 같이 냉방기를 사용하지 않고 하였다. 이러한 실험에서 8월달 온도변화를 제시한 것은 여름철에 가장 무더웠던 달이므로 8월달 냉방제어가 잘 이루어지면 나머지 달은 온도제어가 가능하기 때문이다. 그림의 가장 위쪽 그래프를 보면 한달 전체의 온도변화를 나타낸 것으로 세로축이 온도(°C), 가로축이 날짜를 나타내고 있고, 오른쪽에는 각각의 그래프가 나타내는 배지번호와 실내온도, 실외온도를 표기한 것이다. 그리고 왼쪽 아래 ‘8월 일교차 높은날 배지온도변화’ 그래프는 8월 한 달 중에 일교차가 높은 날을 선택해서 실외 온도에 따른 각 배지별(전체)온도 변화와 최고편차(최고온도 배지/최저온도 배지)를 구분하고 있고 세로축은 온도(°C)를 나타내고 있다. 그리고 오른쪽 ‘급수 후 온도변화’ 그래프는 배지에 급수 후에 일어나는 변화를 확대하여 보기위해 제시하였다. 가장 아래 ‘8월 소비전력 변화’ 그래프는 8월 한 달간 하루씩 소비하는 전력량을 측정된 결과를 제시한 것으로 그래프의 세로축은 사용전력(kwh), 가로축은 날짜를 나타내고 있다.

먼저 Fig. 2-4의 가장 위쪽에 한 달 전체를 나타낸 그래프를 보면 외부온도가 최고 35°C(5일), 최저 17°C(22일)정도로 내려갈 때도 8월의 온도변화는 1일~27일까지는 22°C~31°C이내에서 변화를 하고 27일 이후 32°C를 상회하고 있다. 이는 에어컨을 가동하지 않고 온도 제어를 하기위해 낮에는 문을 열어 환기를 시키고 밤에는 문을 닫아 온도 제어를 했기 때문에 외부 온도와 차이를 보인다고 볼 수 있다.

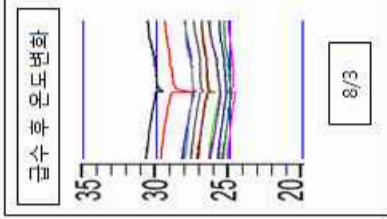
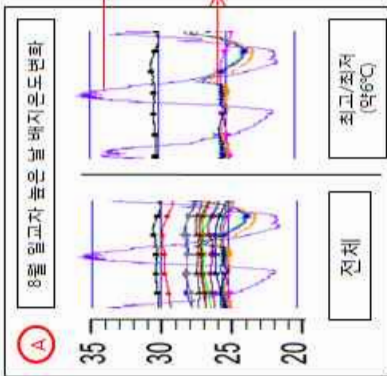
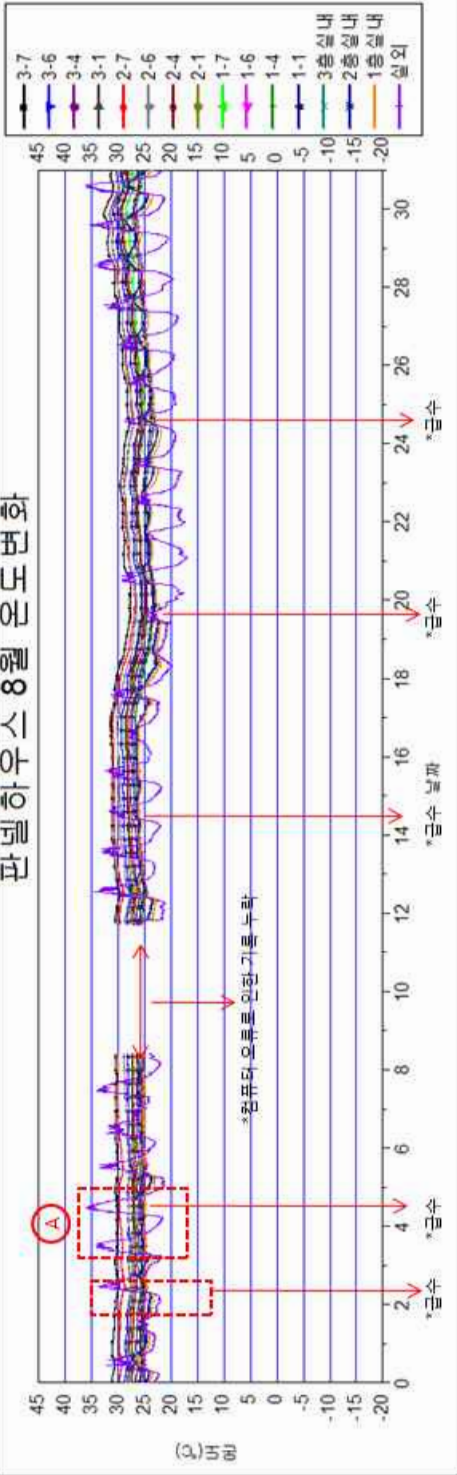
그리고 Fig. 2-4의 ‘8월 일교차 높은 날 배지온도 변화’ 그래프를 보면 낮에 높은 온도에도 불구하고 배지온도는 등온으로 유지되는 것을 알 수 있다. 또한 배지의 최고온도는 약 30°C로 3-7배지로 확인되었고 최저온도는 약 25°C로 1-6배지로 확인되었다. 가장 상층인 3단 배지가 최고온도이고 가장 하층인 1층 배지가 최저온도로 확인되었다. 이상의 결과에서 3단(층)을 제외한 1단(층)과 2단(층)은 배지온도는 22°C~26°C 이내로 제어할 수 있었지만 3단(층)의 경우 30°C~32°C를 유지하는 날이 많았다. 실외온도가 35°C를 상회할 때는 ‘상, 하층 온도편차 해소장치’를 가동하여도 상층은 온도를 하강 시키지 못하였다.

Fig. 2-4의 오른쪽 ‘급수 후 온도변화’ 그래프를 보면 가운데(낮12시)에 높은쪽 온도는 낮게 떨어지고 낮은 쪽 온도는 높게 올라가는 것을 확인할 수 있다. 이는 급수 한 물의 온도에 영향으로 물탱크의 저장된 물의 온도가 약 26°C이기 때문에 그 이상의 온도를 가진 배지의 온도는 아래로 떨어지고 그 이하의 온도를 가진 배지의 온도는 위로 올라가는 결과가 나타나는 것을 확인할 수 있고 급수 후 원래의 온도로 돌아오는 데는 2시간 가량 소요되는 것으로 분석 되었다.

마지막으로 Fig. 2-4의 가장 아래 ‘8월 소비전력변화’ 그래프에서 급수 후 배지가 과습이 되지 않게 하기위해 ‘상.하층 온도편차 및 과습도 해소기’와 선풍기를 가동할 때 맡고는 에어컨을 따로 가동하지 않고 온도 제어를 했기 때문에 소비한 전력이 아주 적게 소비되는 것을 확인 할 수 있다.

이는 여름철 재배사를 관리하는데 있어서 전년도 연구에서 에어컨을 가동했을 때와 비교실험 하기 위해 이번년도 연구에서는 에어컨을 가동하지 않았음을 나타낸다. 그 결과 전력 소비량 차이는 Fig. 2-5와 같이 2010년도 실험에서 에어컨을 가동했을 때가 3차년도 실험에서 에어컨을 가동하지 않았을 때의 약 3배 이상의 전력소비를 보이므로 에어컨을 가동하지 않고 여름철에 재배사를 관리하는 것이 경제적으로 유리 하지만 3층의 온도가 천마생육 적정 온도를 훨씬 상회하므로 이러한 결과가 천마생장에 어떠한 영향을 미치는지 수확시 고찰하고자 한다.

### 판넬하우스 8월 온도변화



### 8월 소비전력 변화



Fig. 2-4 판넬하우스 8월 온도변화측정 실험결과

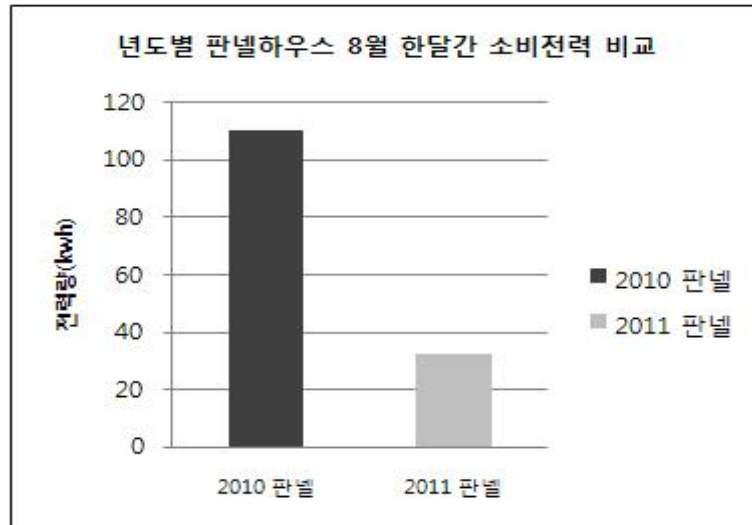


Fig. 2-5 판넬하우스 8월달 년 도별 소비전력 측정결과

## ② 비닐하우스

Fig. 2-6는 비닐하우스의 8월 한 달간 온도변화를 나타내는 것으로 각 그래프의 표기들은 앞서 설명한 Fig. 2-4와 같다. Fig. 2-6의 가장 위쪽에 있는 한 달 전체를 나타낸 그래프를 보면 외부온도가 최고 42℃(5일에 온도값), 최저 15℃(22일에 온도값) 정도로 내려갈 때도 8월달 내내 배지 온도는 20℃~30℃로 변화하고 있는데 이러한 결과는 앞서 기술한 비닐하우스의 여름 기온의 온도를 강하시키기 위하여 설계, 개발한 증발효과의 다기능 선풍기의 효과가 입증된 것으로 볼 수 있다. 또한 기온이 내려가는 밤에는 하우스 측면을 개방하여 배지가 냉각되도록 함으로써 이러한 효과를 볼 수 있었다고 판단된다. 20~23일 사이에는 방의 온도가 15℃로 내려감으로써 배지의 온도가 25℃이하로 떨어지고 있다.

Fig. 2-6의 'A'영역인 중앙의 '8월 일교차 높은 날 배지온도 변화' 그래프를 보면 낮에 약 35℃에도 불구하고 배지온도는 약 25~30℃으로 유지되는 것을 알 수 있다. 또한 배지의 최고온도는 약 30℃로 3-4배지로 확인되었고 최저온도는 약 25℃로 1-6배지로 확인되었다. 이는 가장 상층인 3층 배지는 1, 2층에서 더워진 공기가 위로 가서 머물게 되어 최고온도로 기록이 되고 가장 하층인 1층 배지가 차가운 공기가 아래에 머무르게 되어 최저온도로 기록되고 있다. 이와 같이 비닐하우스에서도 3단(층)을 제외하고는 25~27℃사이를 유지하지만, 1일~17일까지와 29일~30일에는 3단(층)의 온도가 30℃를 유지하고 있다. 이러한 온도는 천마생장 적정온도를 상회하고 있으므로 천마생장에 대한 영향을 천마 수확 시 고찰 하고자 한다.

급수 후 온도 변화를 보면 오른쪽 온도변화 그래프에 '8/27'보면 낮 12시에 온도가 높은 그래프는 낮게 떨어지고 온도가 낮은 그래프는 높게 올라가는 것을 확인할 수 있다. 이는 급수 한 물의 온도에 영향으로 물탱크의 저장된 물의 온도가 약 24℃이기 때문에 이러한 결과가 나타나는 것을 확인할 수 있다.

마지막으로 Fig. 2-6의 가장 아래 소비전력변화 그래프를 보면 8월 내내 전력소비량이 적은 것을 볼 수 있다. 이는 여름철에는 온도 제어를 위해 냉동기를 가동하지 않고 펌프, 스프링클러 등 일반 전기 제품만 사용하였기 때문이다.

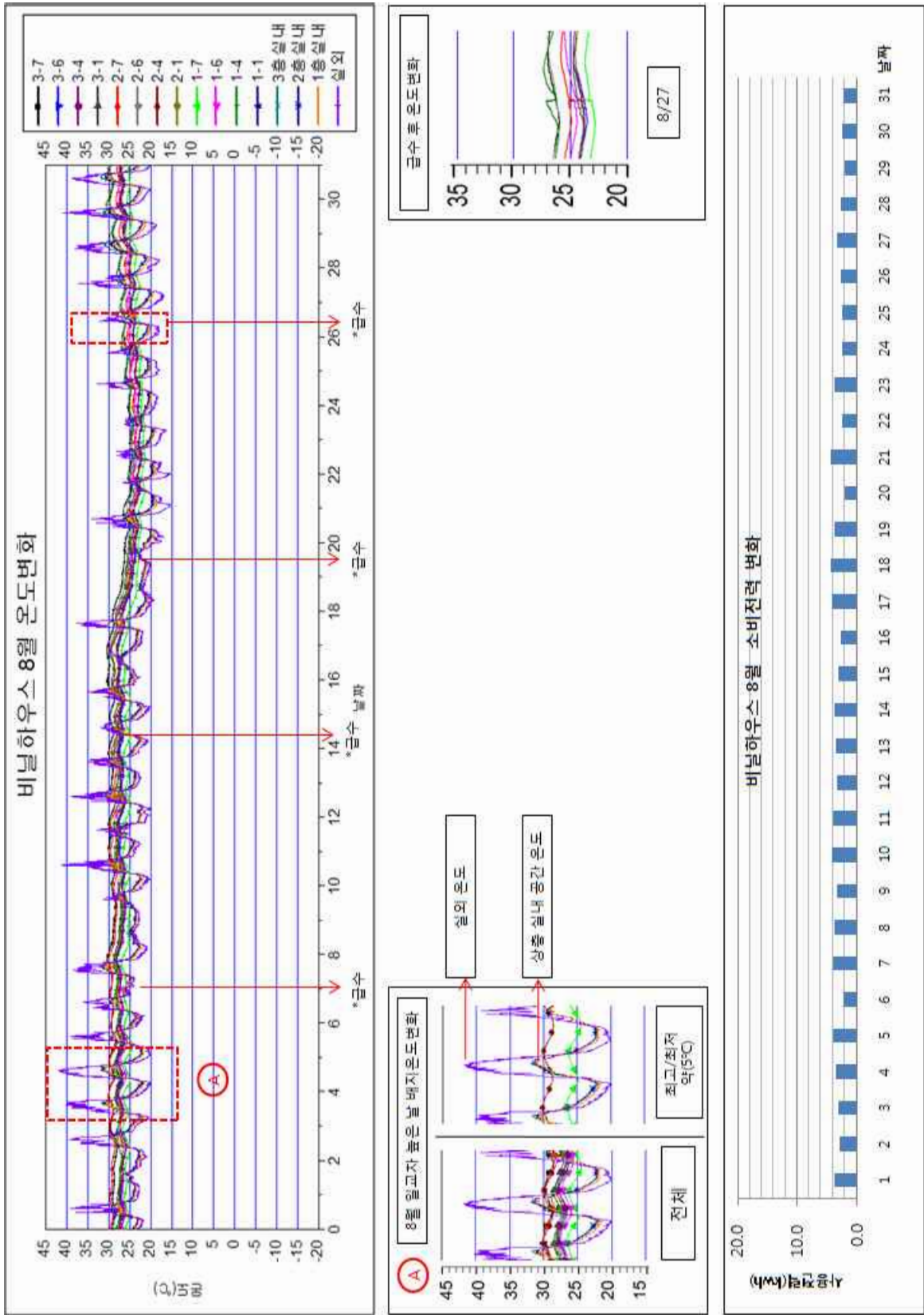


Fig. 2-6 비닐하우스 배지상자별 8월 온도 변화

## (2) Pilot 판넬 하우스 겨울철 난방 실험 결과

Fig. 2-7 는 겨울철 데이터를 비교해보기 전에 판넬하우스의 온풍기 가동시 개선사항을 체크 하기 위해 9월에 실시한 실험의 결과를 제시 한 것이다.

Fig. 2-7의 가운데 'B'영역의 10℃까지 내려가도 25℃~28℃를 유지 하지만 '온풍기 가동에 따른 온도변화' 그래프를 살펴보면 외부의 온도가 8℃일 때 온풍기를 25℃로 설정하여 가동할 때는 외부 온도가 종료시점에서 외부온도가 5℃로 떨어지면 외부 온도의 영향을 받아 약 20℃까지 떨어지는 현상을 확인 할 수 있다. 이는 외부 온도에 따른 재배사의 온도 제어를 위해서는 온풍기 가동이 필요 하다는 것이고, 이러한 결과를 바탕으로 외부 온도가 좀 더 떨어지는 11월에 온풍기를 가동해 봄으로써 발생하는 개선사항을 검토하기 위한 실험데이터는 Fig. 2-8와 같다.

Fig. 2-8의 'A'~'E'영역에 대하여 확대한 '온풍기 가동에 따른 온도변화' 그래프를 보면 (A)는 온풍기를 가동하지 않았을 때 인데 외부온도가 10℃로 떨어질 때 내부는 17~22℃로 유지되고 있는데 천마재배 적정온도인 25℃정도로 올리기 위해 (B),(C),(D)로 각각 설정온도 23℃, 25℃, 30℃로 맞추고 5~7일간 두고 본 결과 처음 23℃일 때는 최고온도배지와 최저 온도배지의 온도 편차는 3℃정도로 적게 나지만 배지 전체적인 온도가 오르지 않았고 두 번째 25℃로 맞추었을 때는 상층부 배지만 온도가 23℃정도로 오르고 나머지 배지는 변화가 없었다. 그리고 세번째로 30℃로 맞추었을 때는 상층부 배지만 20~25℃로 측정되었고 하층부 배지는 20℃아래 있었다. 이로 인해 온풍기 설정온도가 30℃일때 온도 편차가 가장 심하게 나타나며 최고 10℃가까이 편차가 발생함을 확인했다. 그리고 각 설정온도에 따라 소비전력도 Fig. 2-8의 맨 아래 그래프에서 확인 할 수 있었다. 이 결과에서 보면 상층부에 있는 배지들은 천마재배 적정온도에 속해 있는데 비해 하층온도가 적정온도인 25℃보다 낮게 측정되기 때문에 이 부분을 개선하기 위해 Photo. 2-2과 같이 온풍유도호수를 설치하였다.

Photo. 2-2와 같이 유도 호수 설치 후 '상.하층 온도 편차 및 과습기 해소기'를 동시에 가동 하였다 . 해소기의 작동은 급수를 한 후 1일이 지난 후 2일간 작동 하였다. 최저 실외 온도가 5℃일때 배지의 최저 온도는 22℃이고 최고는 25℃로 이는 앞서 온풍기 설정온도 23℃,25℃,30℃일 때와 온풍기를 가동하지 않았을 때보다 천마재배 적정온도에 가장 가깝게 제어 된다는 것을 확인 할 수 있다. 그리고 배지의 최고 온도 편차가 3℃밖에 안되기 때문에 모든 배지가 골고루 자랄 수 있는 조건이 되는 연구 결과를 확인할 수 있다. Fig. 2-8의 11월 온도변화 그래프의 (E)영역이 유도 호수 설치후 온도변화를 측정한 결과이고 이를 확대하여 '온풍기 가동에 따른 온도변화'그래프에 확대 제시 하였다. 그래프에 나타난바와 같이 층간의 온도편차가 해소되면서 25℃에 수렴하는 것을 볼 수 있다. 또한 2차년도에 발생했던 과습도 문제도 발생하지 않았다. 이러한 결과는 온풍유도호수와 개발된 '상.하층 온도편차 및 과습도 해소기'의 기능이 잘 작동되어 그 효과가 잘 나타나고 있음을 보여준다.

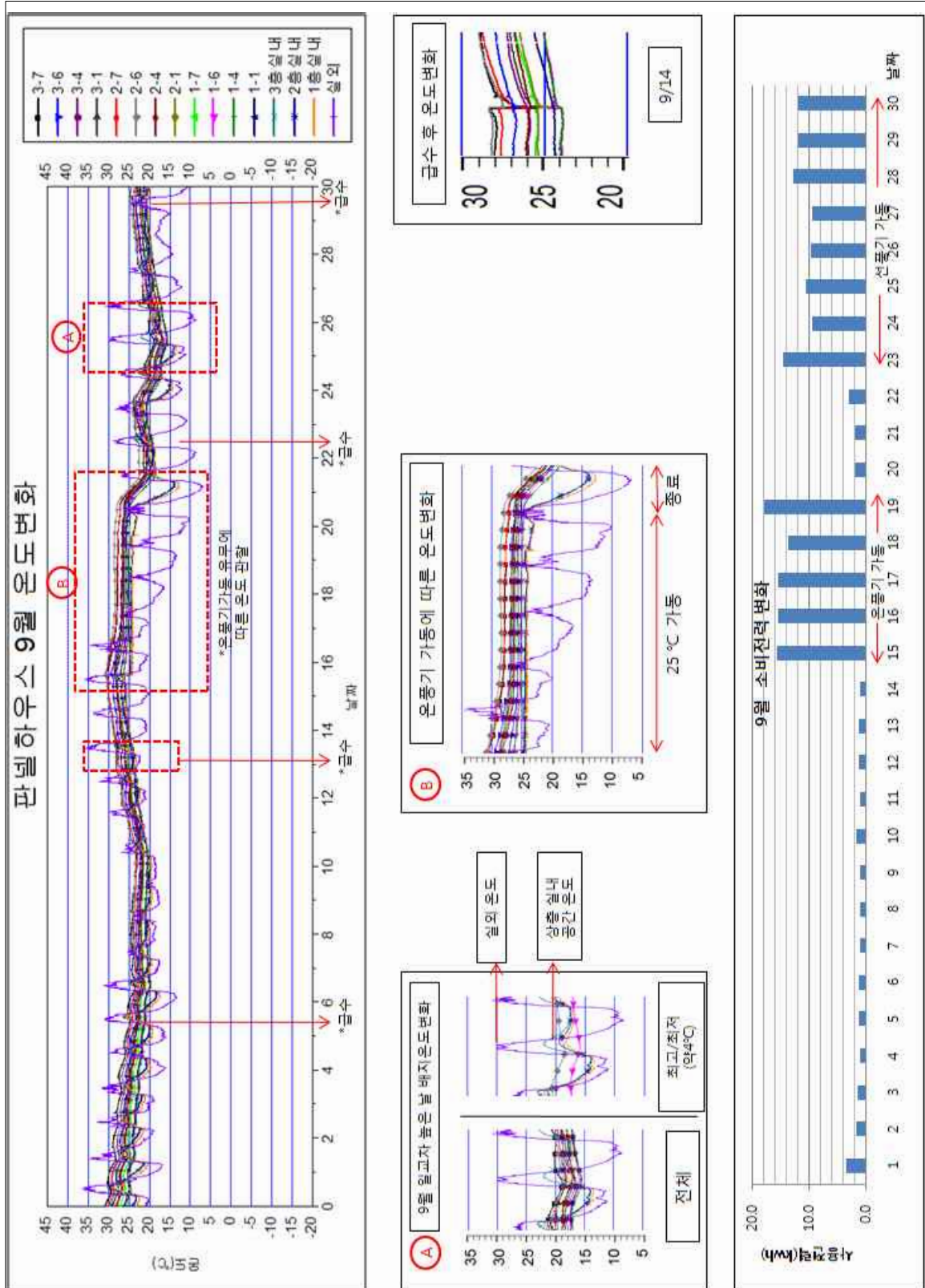
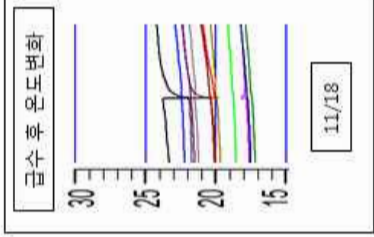
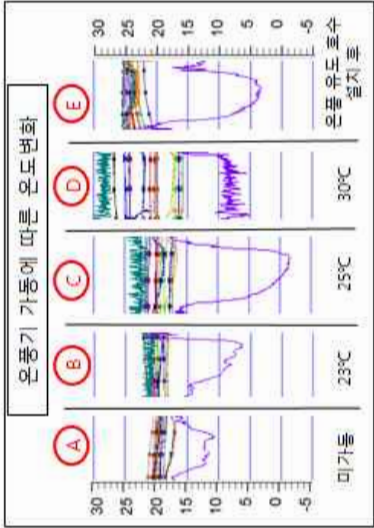
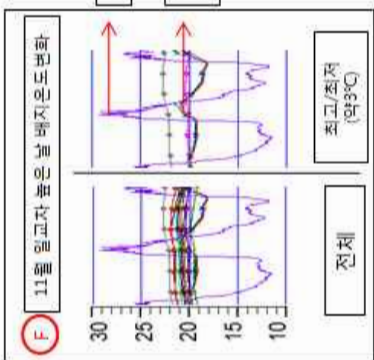
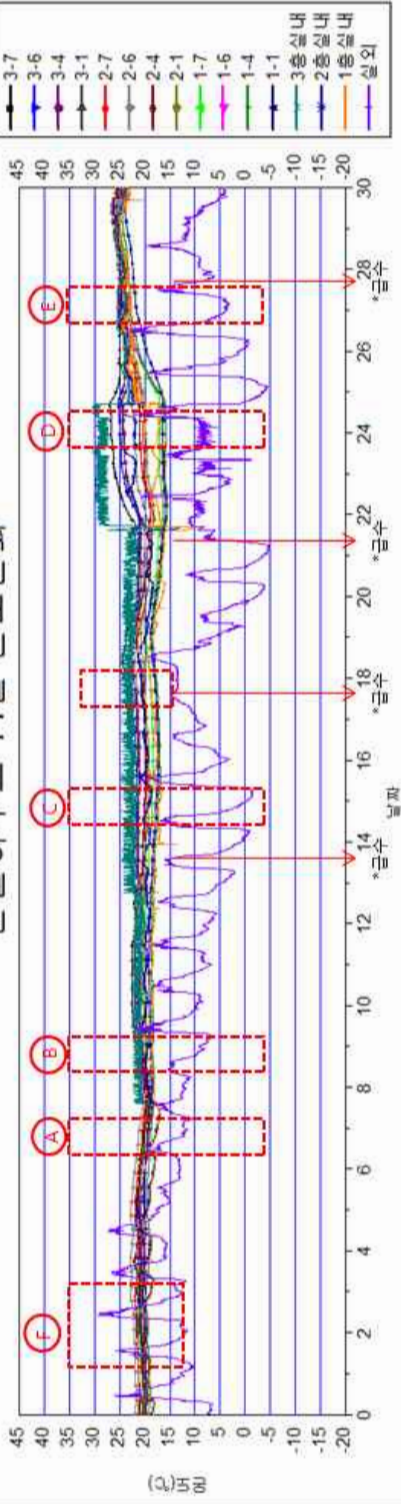


Fig. 2-7 판넬하우스의 온풍기 가동시 개선사항 체크하기 위한 9월 실험결과



### 판넬하우스 11월 온도변화



### 11월 소비전력 변화



Fig. 2-8 Pilot 판넬 하우스 11월 난방 실험 결과



Photo. 2-2 유도 호수 설치 후 가동 상태

Fig. 2-9은 판넬하우스 1월달 측정 결과를 제시한 것이다. 그래프의 표기들은 앞서 기술된 Fig. 2-4와 동일하다. 11월과 같이 열풍 공급은 온풍유도 호수를 통하여 1층 하부에서 부터 공급하고 ‘상.하층 온도 편차 및 과습기 해소기’를 앞서 기술된 동일한 방법으로 동시에 가동 하였다.

Fig.2-9의 ‘판넬하우스 1월 온도변화’ 그래프를 살펴보면 한달 동안 실외온도에 크게 영향을 받지 않고 배지 온도가 20~25℃를 유지하는 것을 확인할 수 있고 더 자세히 살펴보기 위해 “A” 영역의 ‘일교차 높은날 배지 온도변화’ 그래프를 보면 실외온도가 -15℃가까이 내려갔을 때나 10℃가까이 올라 갈 때에도 배지 온도는 약 18℃~20℃로 아주 적은 편차를 유지 하는 것을 확인할 수 있다.

이는 천마 재배 적정온도인 20℃~25℃ 이내로 잘 제어 되고 있음을 알 수 있다.

겨울철 12월, 2월, 3월에도 이와 같이 적정온도로 잘 제어 되었다.

# 판넬하우스 1월 온도변화

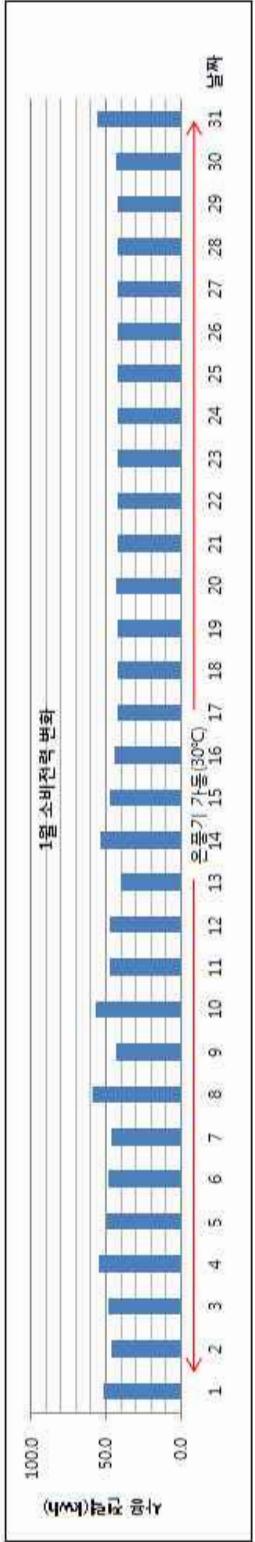
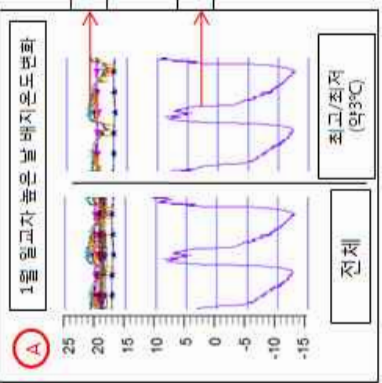
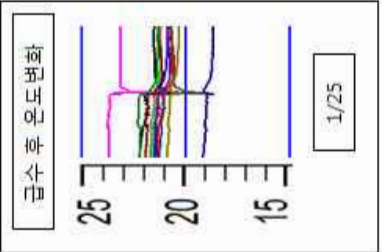
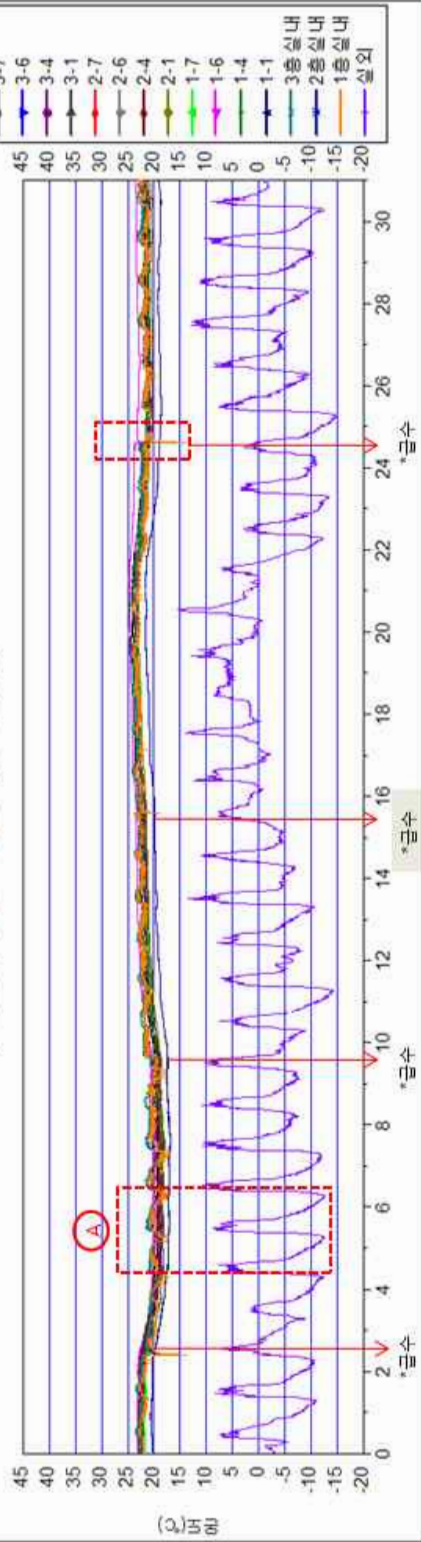


Fig. 2-9 판넬하우스 1월 달 온도 변화 측정 결과

Fig. 2-10은 비닐하우스 실험 결과 중 비닐하우스의 1월 온도변화 측정결과를 제시한 것이다. 그래프의 표기들은 Fig. 2-4와 동일하다.

1월은 겨울 중 가장 추웠던 달이므로, 비닐하우스의 난방성능을 비교하기 위하여 판넬하우스의 결과인 Fig. 2-9와 비교 했을 때, 가장 큰 차이는 배지의 온도 편차 이다.

Fig. 2-9를 보면 최고 편차가 3℃정도 밖에 되지 않는 것에 비해 Fig. 2-10의 '1월 일교차 높은 날 배지온도변화' 그래프를 보면 최고 15℃까지 온도 편차가 나는 것을 알 수 있다. 그 이유는 비닐 하우스 특성상 단열효과가 판넬하우스 보다 떨어져서 외부 기온에 영향을 많이 받고 가장 낮은 1층 배지는 지열(냉기)의 영향을 받아서 내부 온도를 히터를 이용하여 가열 한다 해도 거의 15℃정도를 꾸준히 유지하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 겨울의 실내온도 상승과 보온 효과를 증대시키기 위해 시설의 개조를 10월 20일에 하고 11월 16일에 필름히터를 재설치 하면서 층별 제어하던 것을 프로그램 미스로 일괄제어 방식으로 바꾸면서 이러한 결과를 초래하였다.

Fig. 2-11은 11월 측정결과를 제시한 것으로 11월 15일 온도가 강하하여 앞서 제시된 온실 보수작업을 하면서 필름히터로 교체하였다. 이 작업이 있기 전 11월 1~14일까지는 온실 자연채광 극대화가 이중 보온재의 설치로 외부가 변화하여도 온도 제어가 잘 이루어 졌다. 그래프의 영역 'C'를 면밀히 분석을 해보면, 실내상층의 온도가 실외온도 최고 18℃ 일때 38℃에 도달한다. 20℃나 상승시키고 있다. 이러한 효과는 1일부터 나타나고 있으며 시설의 개조 후 시설내부의 온도상승과 유지가 잘 이루어지고 있음을 볼 수 있다. 그러나 필름히터 교체 시점인 'A'이후 3층(3단), 2층(2단), 1층(1단) 온도편차가 30℃~15℃사이로 20℃로 나타내고 있다. 하층 15℃를 올리기 위해 온도를 올리면 상층이 30℃를 넘어가고 상층 온도를 낮추면 하층과 중층의 온도가 천마재배의 적정온도를 벗어나기 때문에 이온도 범위에 있을 수 밖에 없었다. 이러한 원인을 찾았을 때는 2월 초순으로 필름히터 제어 프로그램에 문제로 개별제어가 통합제어로 오류 연결을 함으로써 상층을 개별제어를 하지 못함으로써 이중 보온재, 자연채광의 확대로 인한 온도상승 효과로 인하여 상층 온도 상승을 개별제어 하지 못하였기 때문에 온도상승이 가속된 것이다. 이로 인하여 온도상승분 만큼 전기 소비량이 증가되어 Fig.3-8의 하단 전기 소비량 측정결과도 1월 내 크게 나타나는 것을 볼 수 있다.

이상의 연구 결과로부터 판넬하우스의 여름에 냉동기를 사용하지 않을 경우 3층을 제외한 1, 2층(단)은 천마생육 적정온도로 제어할 수 있으나 3층(3단)의 경우 30℃~31℃ 상회 하여 천마생육 적정온도를 벗어났다.

난방의 경우 일반 난방, 온풍겸용기에 온풍유도호수를 설치하여 열풍을 하부로부터 상층으로 공동하는 방식으로 개조하고, '상.하층 온도 편차 및 과습도 해소기'를 가동한 결과, 과습도 문제도 발생하지 않고 상.하층(3층, 1층)의 온도편차도 3℃이내에서 제어할 수 있다. 그러나 비닐하우스의 경우 겨울 실내온도 상승을 단열재의 실내개조와 자동 개폐장치의 효과는 있으나, 필름히터의 오작동으로 인하여 적정온도 제어에 실패를 하였다. 이러한 원인은 두 달 전인 11월에 설치한 필름히터의 영향도 있는 것으로 분석됨으로 다음에 제시되는 Fig.3-9를 살펴보면 '필름히터 설치 전.후 비교'에 A에서 2층배지와 1층배지를 가리키고 있는 곳에 온도 편차는 3℃정도이다. 하지만 필름히터를 설치하고 난 뒤 실외 온도가 설치 전과 비슷한 날인 B에 2층 배지와 1층 배지를 가리키고 있는 곳의 온도 편차를 보면 7℃

정도의 온도 편차가 발생하는 것을 볼 수 있는데 이러한 문제는 필름히터를 층별로 나누어서 각각 컨트롤 하는 온도조절방식 변경으로 보완이 가능하다. 하지만 본 연구에서 초기 필름히터 설치 과정에서 구조적인 문제로 수정 및 재설치를 하지 못하여 결과데이터는 얻지 못하였다.

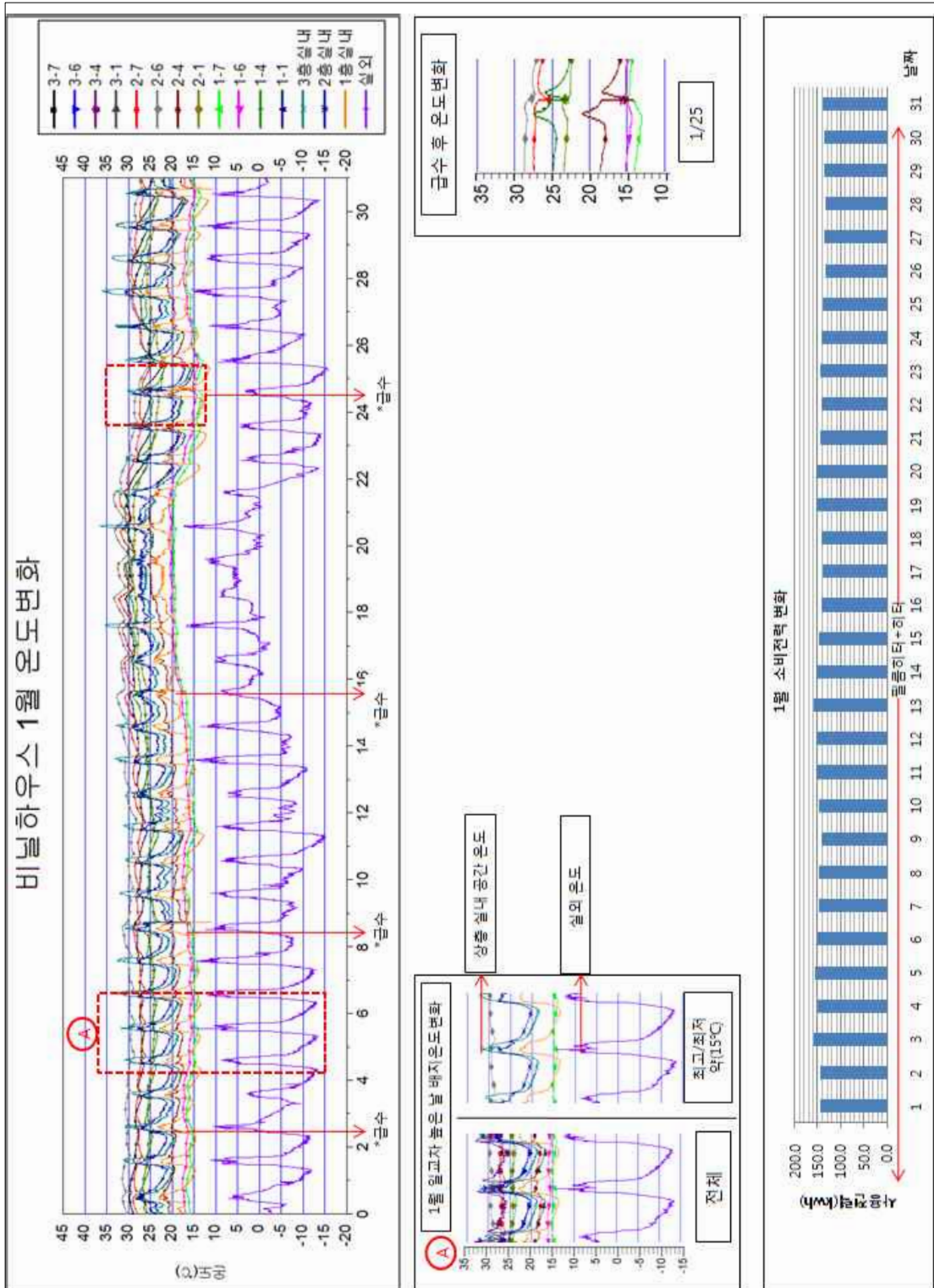


Fig. 2-10 비닐하우스 1월 온도변화 측정결과

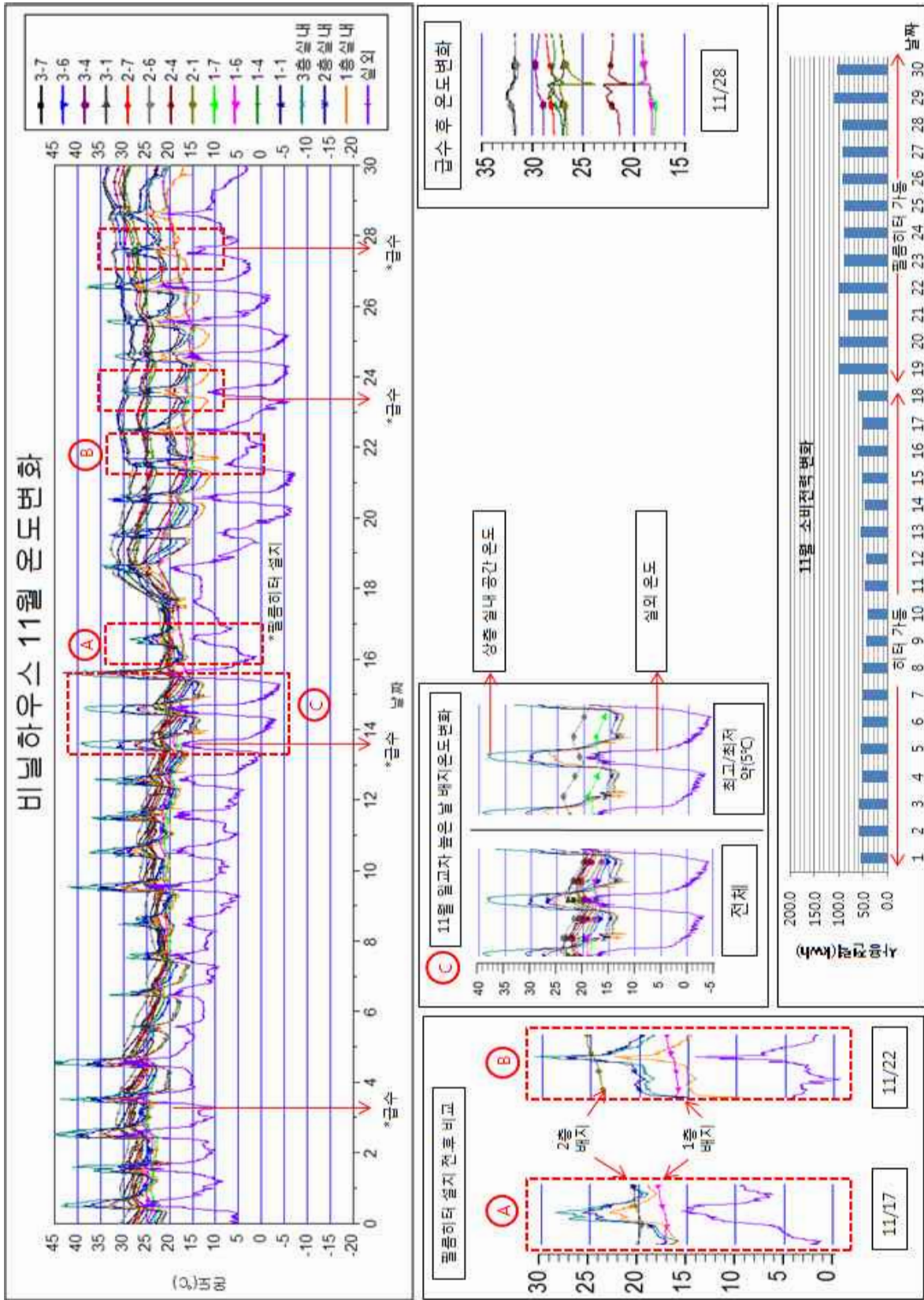


Fig. 2-11 비닐하우스 11월 온도 변화 측정결과

### (3) Pilot 하우스별 습도 측정 결과

아래 제시한 Fig. 2-12는 판넬하우스 6월의 상, 중, 하층 습도변화 그래프로 제시한 것이다. 세로축은 습도를 ‘%’로 표기하고 가로축은 날짜를 나타낸 것이다.

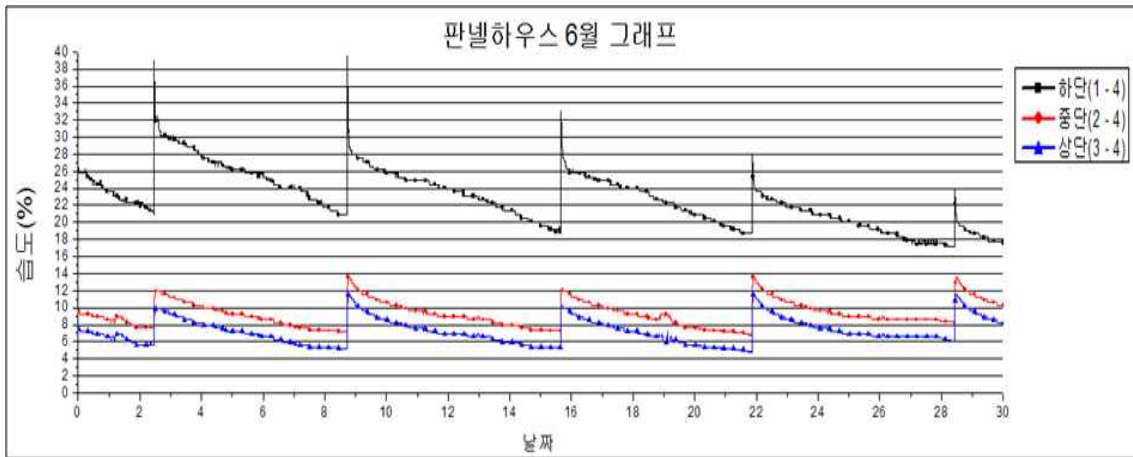


Fig. 2-12 판넬하우스 습도측정 결과(6월)

위 제시한 Fig. 2-12를 관찰해 보면 하단(1층)의 습도가 가장 높고 중단(2층), 상단(3층)순으로 습도가 측정된다. 5~6일의 주기를 가지고 습도가 순간적으로 상승했다가 시간이 지남에 따라 점차적으로 하강 하는 것을 볼 수 있는데 이는 여름철 급수 주기에 따라 급수한 직후 배지 내에 습도가 상승했다가 자연건조 되면서 습도가 떨어지는 정상적인 과정으로 분석된다.

하지만 아래 제시된 Fig. 2-13의 판넬하우스 7월 습도변화 그래프를 보면 하단(1층)의 그래프는 마이너스(-)값을 기록하며 스케일 밖으로 벗어나 기록이 되지 않았고 중단(2층), 상단(3층)의 그래프를 보면 습도 측정값이 이상형태를 나타내고 있다.

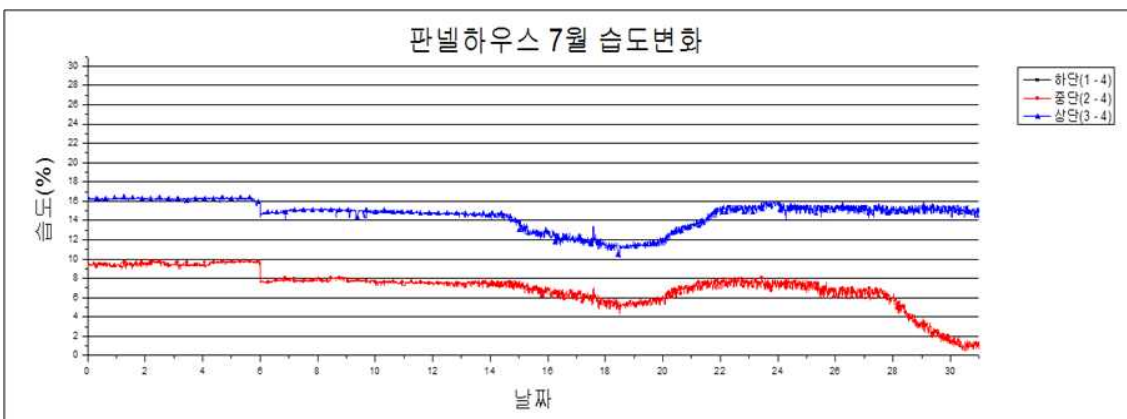


Fig. 2-13 판넬하우스 7월 습도측정 결과

이러한 경우 습도센서의 오류로 인하여 정상적 측정을 할 수 없어 보다 더 안정적인 습도측정을 위하여 센서 재설치를 결정하고, 습도 측정은 일시 중단 하였다. 이후 습도 관리는 1차년 연구결과치와 1차년 연구기간 동안 수집한 오랜 동안 천마를 재배한 농민들의 경험치(배지를 움켜 지을때 축축한 느낌의 촉감과 육안감정)를 바탕으로 관찰창과 촉감으로 관리를 하였다.

Fig. 2-14는 새 습도 센서를 설치한 후 겨울철 11월에 측정한 결과를 제시한 것이다. 11월 한달 간의 습도 그래프 관찰해 보면 겨울철이라 7~9일 정도의 급수 주기를 가지는데 25일에 하단(1층)그래프는 급수 후 나타나는 정상적인 그래프와는 달리 급수 직후 습도값에 고정되어 약4일정도 경과 후 급강하 하는 오류가 발생 하였고 중단(2층)과 상단(3층)그래프 역시 급수 후 시간이 지난 뒤 나타나는 정상적인 그래프로 볼 수 없을 만큼 높은 습도값에 고정되어 오류로 분석되었다.

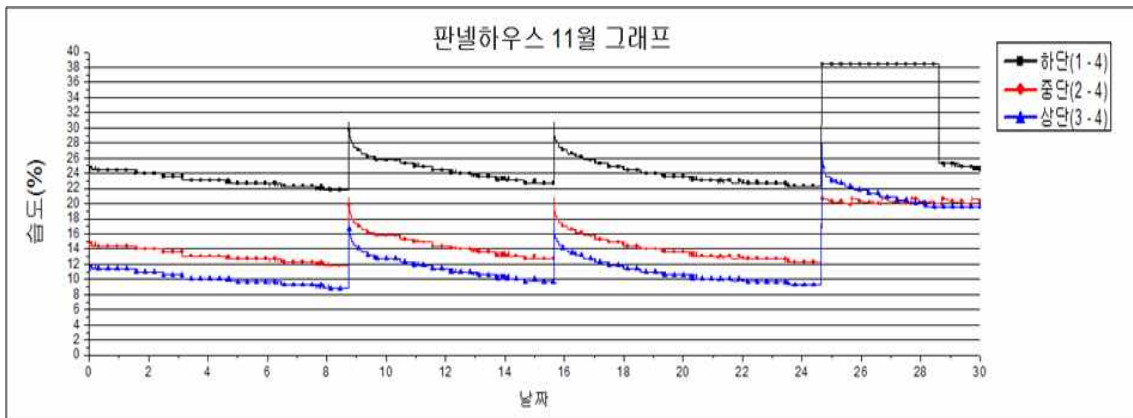


Fig. 2-14 판넬하우스 11월 습도측정 결과

이와 같은 원인은 시중에 판매되고 있는 습도센서 중 고가의 제품을 제외한 일반 제품의 경우 제품의 신뢰성에도 문제가 있다고 판단된다.

또 다른 원인은 현재 측정대상인 배지의 구성이 일반토양이 아닌, 톱밥과 버미큘라이트, 톱밥과 퍼얼라이트이기 때문에 이들 측정대상은 공극률이 크고 물을 함유했을 때와 건조 했을 때 접촉면이 습도센서로부터 이탈할 수 있는 구조적 문제점을 가지고 있다.

측정대상이 일반토양과 같이 지속적으로 일정하게 센서와 잘 접촉이 되어 있는 구조에서는 정확한 습도 값을 측정할 수 있으나, 센서 접촉면의 이탈과 접촉이 발생할 수 있는 구조에서는 기존의 습도센서로써는 측정이 불가능 할 것으로 판단된다. 이와 같이 판단하는 이유는 1차년도 배지별 건조상태와 습분상태에서 열 물성치와 열전달 메커니즘을 구명하기 위하여 같은 습도센서를 사용하였는데 제시된 바와 같이 정상 값을 측정 할 수 있었다.

1차년 실험과 3차년 실험의 차이점은 1차년에 측정배지를 배지상자에 채울때 배지를 차곡차곡 잘 다져서 넣었고, 3차년도는 재배실험이므로 자연스럽게 배지를 채운것 이외에는 다른 요소는 없기 때문에 측정대상의 조건에 의한 오류측정이라 사료된다. 시중에는 퍼얼라이트 같은 재료의 습도를 측정하는 TDR센서가 있지만, 센서의 수광부가 30cm~45cm나 되어 본 연구의 재배상자 내 배지깊이를 상회하는 크기여서 사용이 불가능 하였다.

천마 시설재배에서 정량적 습도 관리를 위한 센서나 측정방법에 대한것은 향후 과제로 남겨 되었다.



#### (4) 전력소비량 측정결과 분석

각 Pilot 하우스별 전력소비량은 매일 측정하여 기록하였다. 기록결과는 <첨부 1>에 제시하였다

Fig 2-15는 Pilot시설에 대한 월별 전력 소비량을 도시한 것이다. 여름철 소비전력은 판넬하우스와 비닐하우스가 거의 동일 한 것을 볼 수 있다. 이는 두 하우스 모두 냉방기를 사용하지 않고 관수와 환풍기 가동 그리고 제어시설의 전기만 사용하기 때문이다. 겨울철 전기소비는 비닐하우스가 판넬하우스 보다 거의 2배의 전기를 소비하고 있다.(10월 달은 5 배정도이지만 공사관계로 전동기와 전열기를 사용했기 때문임)

Fig 2-16은 최저기온 겨울 3일간 하우스별 소비전력을 제시한 것이다. 소비전력은 1일 평균 판넬하우스가 42 kWh 정도 소비하였고, 비닐하우스는 143 kWh 소비하였다. 비닐하우스가 판넬하우스 보다 3.4배 정도 소비되었다. 이러한 결과는 앞서 제시한 바와 같이 판넬하우스의 경우(Fig. 2-9) 겨울철 온도제어는 3단, 2단 및 1단 모두 온차편차가 적으면서 온도제어가 잘 이루어지고 있는 반면, 비닐하우스의 경우 시설보완을 하고 개선된 필름히터(2011년보다 용량 1/2 감량, 2011년 판넬하우스와 동일하게 함)로 하였지만 좋지 않는 결과가 나왔다. 이러한 결과는 감량된 용량으로 난방을 해본 결과 추운 겨울에는 배지온도가 20℃ 이하로 하강하여 “전기히터”로 보충가열(첨부.1 ,1월23일 측정치 참조)을 하여야 했다.

이와 같이 비닐하우스가 전력을 많이 하는 원인은 첫째 파넬하우스 보다는 시설자체가 단열효과가 떨어지고, 둘째는 필름히터 자체의 열효율성 나쁘기 때문인 것으로 사료된다. 셋째는 시설바닥을 판넬하우스와 같이 콘크리트로 포장하지 않고 맨 땅을 그대로 사용함으로써 겨울철 한기가 그대로 실내로 올라오기 때문이다. 실제 앞서 제시된 비닐하우스의 1월 23일 ~25일 온도측정 결과( Fig. 2-10)의 1단 배지상자의 온도를 보면 가운을 하여도 15~17℃을 유지하고 있다. 개선된 비닐하우스의 채광효과와 단열효과로 실내온도가 30℃까지 상승하여도 1단 온도는 변함이 없다. 따라서 지열(냉기)의 영향은 대단히 크다는 것을 볼 수 있다. 이러한 효과 때문에 비닐하우스의 경우 2 차년 연구에서 냉방기를 사용하지 않고 개발된 자연냉각 시스템으로 여름에 천마생장 적정온도를 제어할 수 있는 가능성을 보았다. 하지만 겨울에는 이러한 지열이 난방에 대단히 큰 악영향을 주고 있다.

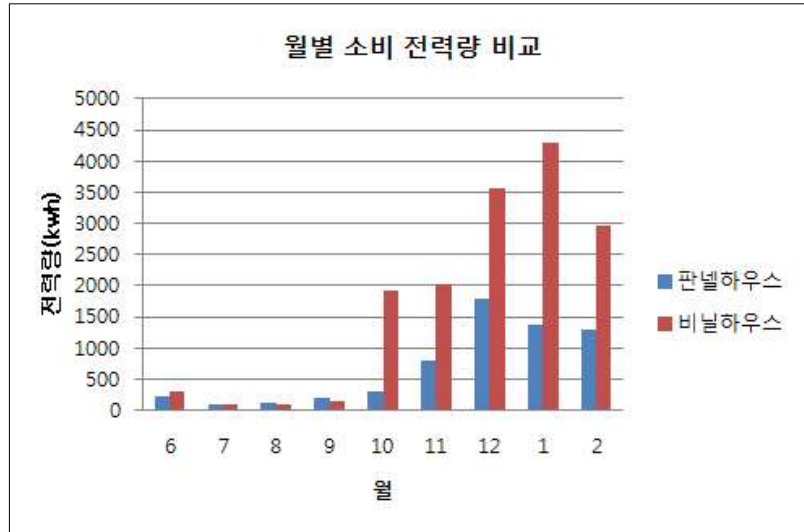


Fig. 2-15 Pilot시설 별 전력 소비량

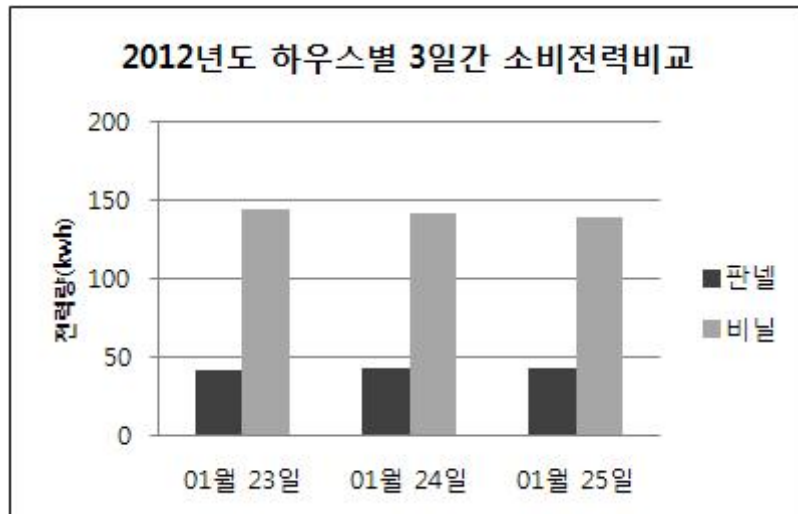


Fig. 2-16 최저기온 겨울 3일간 하우스별 소비전력(2012년)

Fig. 2-17은 최저기온 겨울 3일간 년도별 비닐하우스 소비전력을 제시한 것이다. 2차년도(2011년) 실험에서 보다 3차년(2012년)에 소비전력이 감소하기는 했으나 연구계획에서 40% 감축에는 실패했다. 이러한 실패원인은 첫째 지열(냉기)을 차단하지 못하였기 때문이고 둘째는 자연채광과 단열재교체와 시설개선으로 인한 온도 상승효과로 실내공기 상승과 배지상자의 3단 온도가 30~32℃까지 상승하였는데 이를 제어하지 못하였기 때문이다. 만약 지열(냉기)을 차단하고 3단 필름 히터를 개별제어 하여 온도를 22℃로 제어 하였다면 필름히터에 소비되는 전기를 많이 절약할 수 있을 것으로 판단된다.

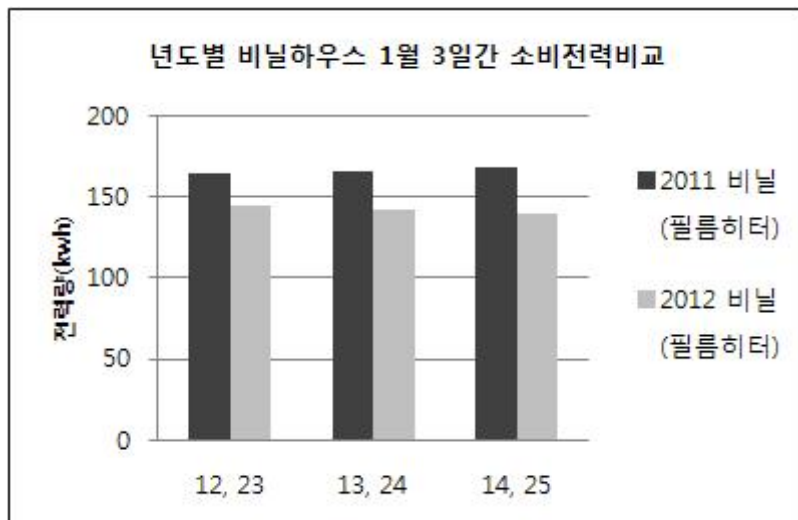


Fig. 2-17 최저기온 겨울 3일간 년도 별 비닐하우스 소비전력

Fig 2-18 은 최저기온 겨울 3일간 년도 별 판넬하우스 소비전력을 제시한 것이다. 2차년도(2011년)에는 필름히터를 사용하였으며, 3 차년(2012년)에는 정격능력이 난방의 경우 7,000/4,500(W)인 일반 온풍기를 사용하였다. 결과에서 나타난바와 같이 온풍기가 전기 소모량이 약 1/2 정도이다. 2 차년도(2011년) 필름히터도 1차년도 보다 용량을 1/2로 하여 재설계하여 설치운영 한 결과 1 차년보다 전력소비를 줄였는데, 3 차년 온풍기 운영이 더 좋은 결과를 얻었다. 이러한 결과는 “상·하층 온도편차 해결과 제습기 기능의 공조기구” 설치가 실내 상, 하층 공기의 온도를 균등하게 조절해 줌으로써 에너지 투입이 이루어지도록 한 것이 전기소비를 줄이는데 기여했다고 볼 수 있다. 그러나 3 년간 연구결과 필름 히터를 난방용으로 사용하는 문제는 더 연구가 필요하다는 결론이다. 아직 소재의 내구성 문제가 검증되지 않았고, 각 요소의 점점 저항에 의한 에너지 손실이 많기 때문에 온풍기보다 소비전력이 많은 것으로 사료된다.

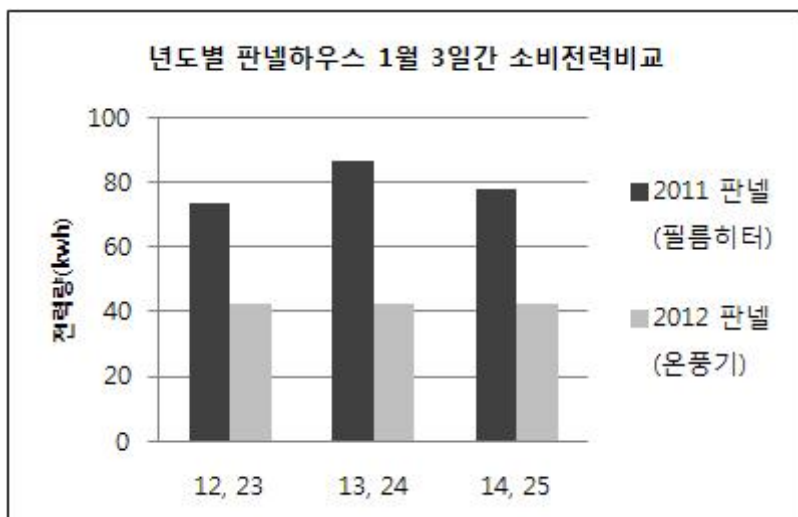


Fig. 2-18 최저기온 겨울 3일간 하우스별 소비전력(2012년)

Fig 2-19는 2 차년도와 3 차 년도의 여름 8월 한 달간 판넬하우스 소비전력을 제시한 것이다. 2 차년도(2010)는 냉방기를 운영한 결과이며, 2011년은 냉방기를 운영하지 않은 결과이다.

냉방기 운영으로 80kwh를 소비하고 있다. 시설의 일반 전기시설 전기사용 2.6배 정도이므로, 적은 전력으로 한 여름에 천마생장 적정온도를 제어할 수 있으므로 냉동기를 가동하여 여름 철 온도제어를 하여도 여름 전력소비에 따른 천마 생산단가에는 크게 영향을 미치지 않는다.

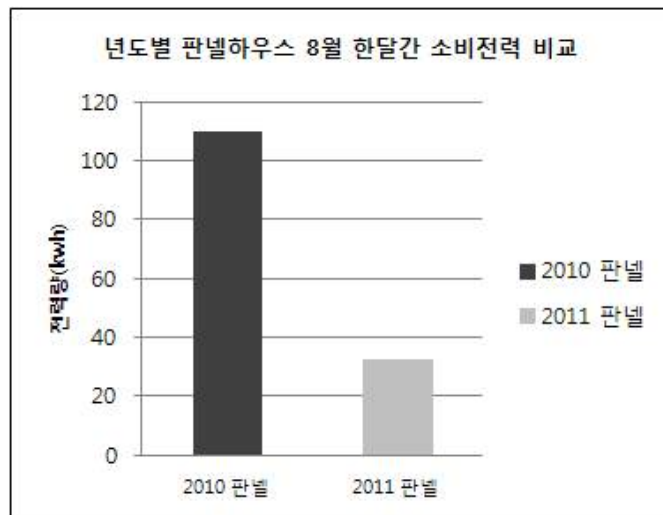


Fig. 2-19 2차 년도, 3차 년도의 여름 8월 한 달간 판넬하우스 소비전력

표 2-2은 판넬하우스의 연도별 소비 전력을 제시한 것이다.

2011년은 여름에는 냉동기 작동, 겨울에는 필름 히터, 2011년에는 여름에는 냉동기 없이 가동 겨울에는 온풍기를 가동한 결과이다.

뒷장 제시될 천마생육 실험결과와 앞서 제시된 온습도제어와 전력소모 모든 면에서 최적 시설은 비닐하우스 보다는 판넬하우스라는 것이 판명되었다. 이러한 판넬하우스의 운영 전력소비량을 산출하고자 한다.

천마생장의 적정온도를 제어하기 위해서는 여름에는 냉방기를 가동하면 8월 달 소비전력은 130(kwh)이고 겨울철 (12월과 1월)의 소비전력은 2520(kwh)가 된다.

여름 철 냉방기 가동에 소요되는 전력은 냉동기 기간은 7월 초순부터 9월 중순까지로 8월 달 소비전력의 2.5배로 소비되어 325(kwh) 이고, 겨울철 소비전력은 4314(Kwh) 이었다.

표 2-2 판넬하우스 년 도별 소비 전력

	여름철 1개월 소모량(8월)	겨울철 2개월 소모량(12월,1월)	합계
2차년도(2010~2011)	130.9 (Kwh)	3735 (Kwh)	3865.9 (Kwh)
3차년도(2011~2012)	32.3 (Kwh)	2520.6 (Kwh)	2552.9 (Kwh)
			2651.5 (Kwh)

## 라. 결론

3 차년 연구결과 천마재배 실내재배 적정 온·습도를 제어할 수 있는 실내 3단 시설과 이에 관련 설비 및 장치를 개발하기 위하여 판넬하우스와 비닐하우스를 건축하여 관련 요소부품을 개발하고 실험한 결과 다음과 같은 천마재배 적정시설을 개발하였다.

1. 비닐하우스는 초기 건설비가 적게 소요되어 시설하우스로 많이 사용되고 있는 시설이다. 그러나 본 연구에서는 비닐하우스 보다는 판넬하우스가 안정적으로 온·습도를 제어 할 수 있었다. 판넬하우스가 비닐하우스보다 초기 투자가 많이 소요되지만 내구성을 비교해 볼 때 시설재배의 장기성을 고려하면 어느 것이 경제적인 지 비교해 볼 필요가 있다. 시설재배 하우스의 상용화를 위한 경제성 분석은 제 4절에 제시하기로 한다.

2. 다단식 재배를 위한 시설재배 시설을 건축할 때 비닐하우스나 판넬하우스 모두 바닥을 콘크리트 처리를 하지 않으면, 1층의 경우 겨울철에 난방을 하여도 천마생육의 적정온도 (20~25℃) 이내로 제어하기가 어려웠다.

3. 천마시설 재배를 위한 최적의 배치조합과 배치구조를 구명하고( 뒷장기술), 이에 적합한 다음과 같은 시설을 개발하였다

- 1) 100mm 압축 판넬하우스와 3단 배지상자 시설,
- 2) 저가형 반영구적 재배상자
- 3) 하나의 복합냉·난방기로 여름철에 3층과 1층의 온도편차를 여름 1.5℃,까지 제어 할 수 있는 저가의 냉·난방 덕트 시설
- 4) 하나의 복합냉 난방기로 겨울철에 3층과 1층의 온도편차를 3℃로 제어 할 수 있고 실내과습 문제를 해소할 수 있는 “상·하층 온도편차 해결과 제습기 기능의 공조기구”

4. 위와 같은 개발시설과 일반 온풍·냉풍기 겸용 공조기로 운영한 결과, 천마 생산 연구목표치인 [750kg/1 a(노지).3단]의 1.8배인 4.3kg/m<sup>2</sup>.단(1290kg/1a. 3단)을 달성하였다.

## 2. 시설재배에 적합한 천마 배지재료 및 환경의 최적 조건 확립 연구

### 가. 연구방법

#### 1) 천마 시설재배 설계

##### (1) 천마, 종균, 톱밥 및 참나무 선정

본 실험에 사용된 뽕나무 버섯의 균사와 자마는 충북 청원군 청원천마농장과 강원도 춘천시 남산농업조합법인에서 보급중인 천마균 1호 분양받았으며 천마의 시설재배 즉 무성번식(영양 번식)은 천마의 소피경(백마)을 종마로 사용하는 병반과 상처와 동상이 없고 부패되지 아니한 방추형으로 씨눈이 명확한 자마로 백마(5~8cm)를 종마로 사용하였다. 토양은 통기성이 좋은 함수량 15~20%사이로 맞추어서 재배하였고, 재배온도는 온도제어 실험에 따라 20~30℃ 환경에서 재배하였다.

천마 재배용 수중은 참나무류를 사용하였고 원목은 수피가 부착되어 있는 것으로 이용하였고, 원목 크기는 직경 7cm 이상 15cm 이하이고 길이는 재배방법에 따라 15cm의 단목 또는 20cm, 30cm 등 장목으로 절단하여 이용하였다. 원목 건조는 38~40% 수분상태로 원목 절단면에 가는 금이 생기는 것을 기준으로 하여 사용하였고 톱밥, 사양토, 원목 등은 1시간 간 증기멸균 후 사용하였다.

##### (2) 배지재료 조합 구성

배지조건은 1, 2차년도 8가지 배지조성 조건에서 천마생장에 가장 좋은 결과를 보여준 혼합 배지 조건인 <버미큘라이트(30%)+톱밥(%)+사양토>와 <펄라이트(30%)+톱밥(%)+사양토>를 사용하였으며 3차년에 “미강”을 처리하기로 했던 계획을 “부엽토”로 교체하여 <{사양토(%)+부엽토(%)}+사양토> 조합을 추가하였다.

배지 재료 “미강”을 사용하지 않고, 부엽토를 사용한 이유는 일부 논문에서 천마 재배시 “미강”에 대한 효과가 있다고 제시하고 있으나, 현장에서는 이에 대한 실패 경험이 있어, 자생천마 생육조건인 토양인 부엽토를 사용하여 추가배지를 검정하기로 하였다.

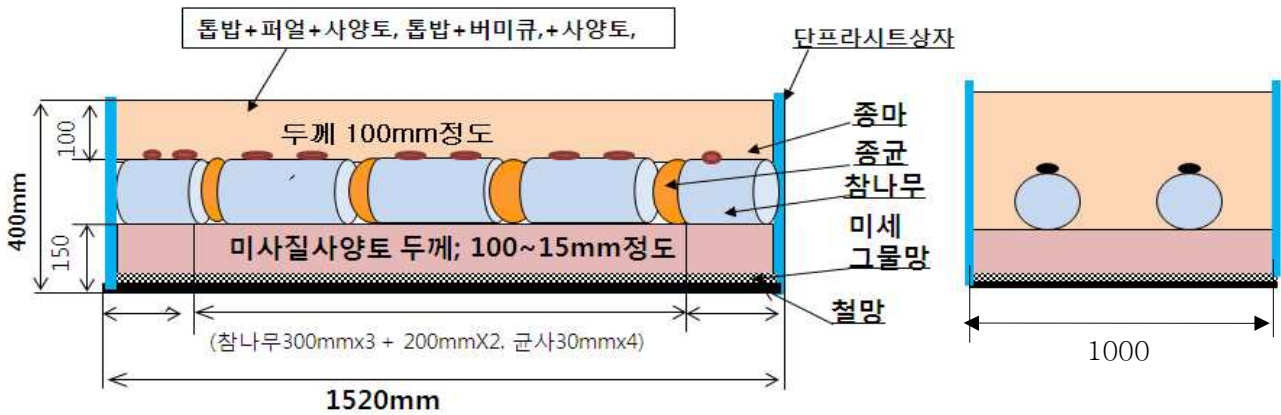
위의 조합을 혼합하여 8가지 배지조합에 대하여 생육결과를 실험하기로 하였다. Table 1.은 8가지 배지 조합을 제시한 것이다.

그림1은 Table 1. 재배상자의 배지 조합과 참나무와 종균 그리고 종마의 배치도를 제시한 것이다. 모든 재배상자의 하층은 배수가 좋은 사양토를 15cm 또는 20cm 두께로 조성하였다.

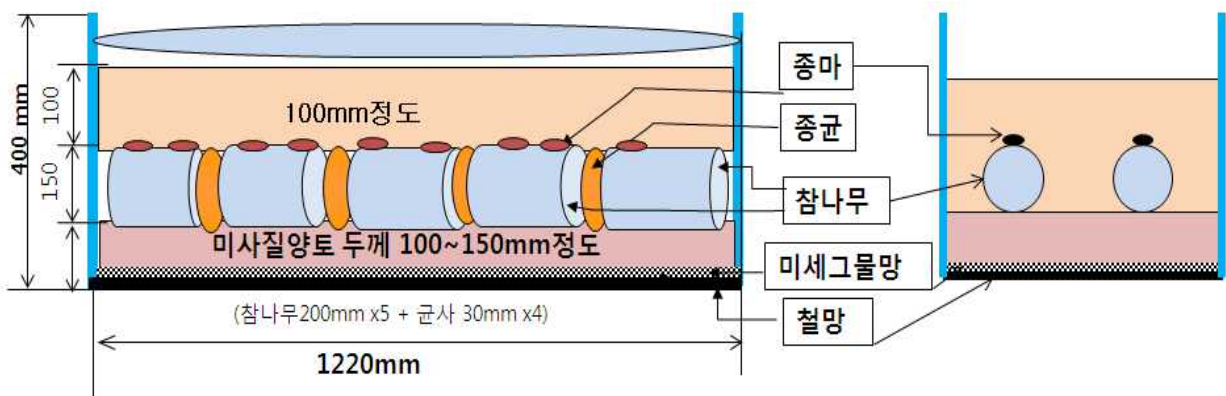
그림2는 혼합배지로 조성된 재배상자를 판넬하우스(A), 비닐하우스(B)에 각각 3단으로 설치한 배치도이다. 좌측은 1520mm의 재배상자이고, 우측은 1220mm의 재배상자이다. 판넬하우스에서는 균사의 활착과 천마의 발아를 관찰하기 위하여 그림2의 A와 같이 2단에 재배상자 전면 부분에 유리를 설치하여 관찰창(200mmX400mm)을 만들었다. 배치도에 기록된 앞번호는 재배상자번호이며 뒷번호는 Table 1.의 배지조합 조건을 나타낸 것이다.

Table 1. 배지 혼합 조건 (상층/중층/하층)

NO.	배지 혼합 조건
1	버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
2	버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
3	버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
4	버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+(펄라이트30%+톱밥70%)(30%)/사양토
5	펄라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
6	펄라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
7	펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
8	펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+(펄라이트30%+톱밥70%)(30%)/사양토



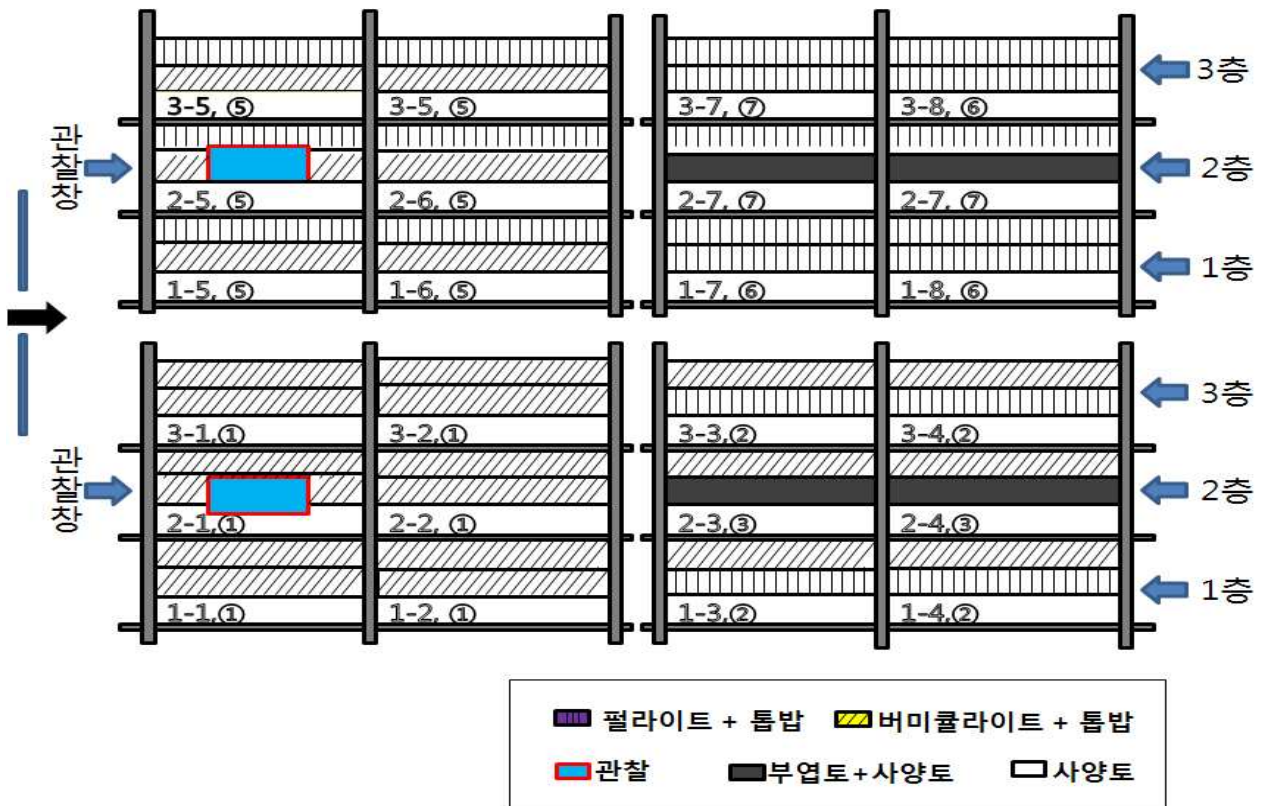
(A)



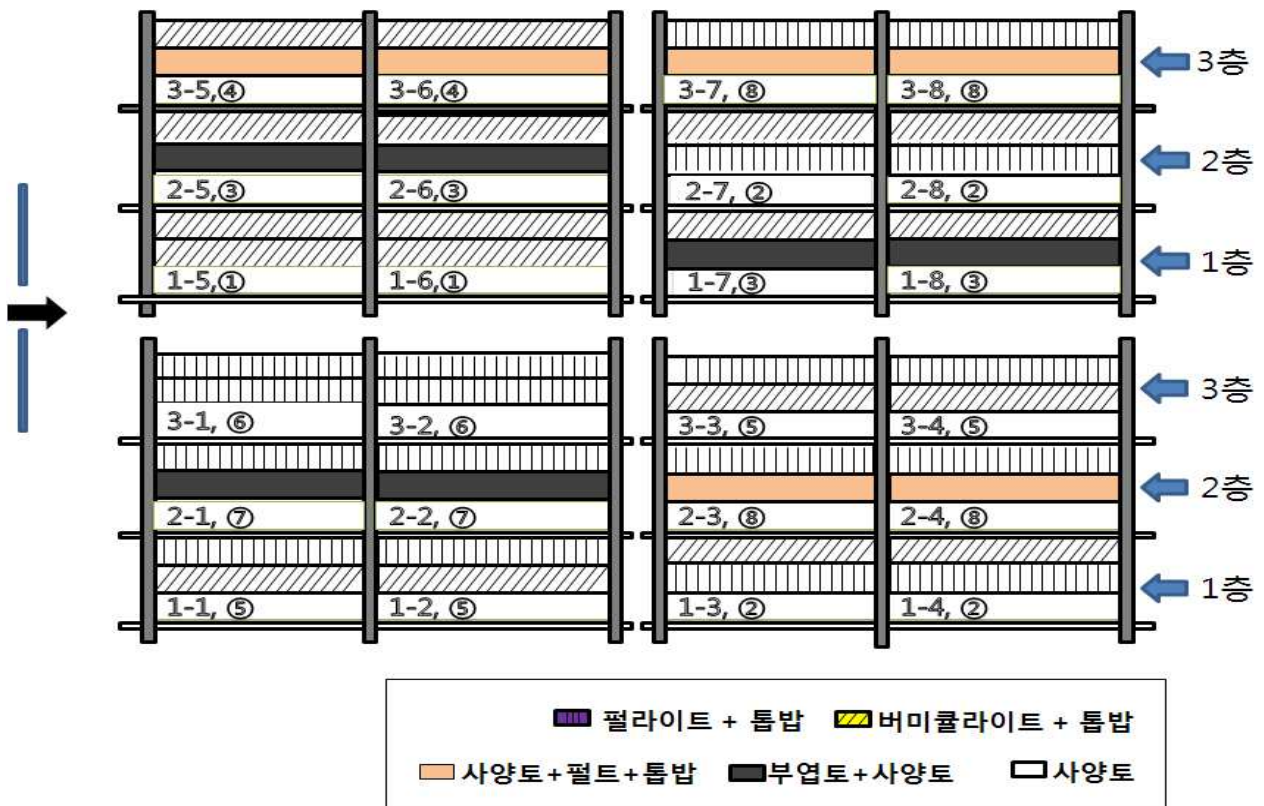
(B)

그림 1. 천마 계획

A; 1520mm 재배상자, B; 1220mm 재배상자



(A)



(B)

그림 2. 배지조성 설계

A; 판넬하우스 계획 B; 비닐하우스 계획



### (3) 배지 재료 구성성분

배지재료에 대한 구성성분은 다음과 같다.

버미쿨라이트는 (주)주에프씨에서 제작한 버미누리를 사용하였으며 질석 100%로 구성되어 있고, 펄라이트도 (주)주에프씨에서 제작하고 있는 뉴 펄샤인 2호를 사용하였으며 펄라이트 100%로 구성되어 있다. 부엽토는 (주)태흥F&G에서 제작한 바이오테크 부엽토를 사용하였으며 부엽토 70%, 초탄(이탄)10%, 피트모스 5%, 질석 5%, 미생물제 5%로 구성되어 있다. 사양토는 모래 65%, 미사 25%, 점토 10%로 구성되어 있으며 톱밥은 참나무 톱밥 100%로 구성되어 있다 (Table 2).

새로 추가로 사용한 사양토(%)+부엽토(%)의 성분 분석 결과 Table 3.과 같다.

Table 2. 배지별 구성성분

	부엽토	버미쿨라이트	펄라이트	사양토	톱밥
구성성분	부엽토70% 초탄10% 피트모스5% 질석5% 미생물제5%	질석 100%	펄라이트 100%	모래 65% 미사 25% 점토 10%	참나무 톱밥 100%

Table 3. 사양토(%)+부엽토(%)와 사양토(100%)의 성분 분석

배 지 조 성	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	칼륨 (cmol <sup>+</sup> /kg)	마그네슘 (cmol <sup>+</sup> /kg)	전기전도도 (dS/m)
사양토(%)+부엽토(%)	6.3	50	1.28	6.7	1.7
사양토(100%)	7.3	19.4	0.11	2.1	0.4

## 2) 천마이식 방법

천마의 이식 방법은 그림1.에 제시된 도식 형태로 이식하였으며, 그림1의 형태로 재배상자 당 (천마+종균+참나무) 조합균을 2줄로 조성하였다.

천마 이식 순서는 다음과 같다. 종균병의 외부 제거한 후 2.5cm의 두께 원판형으로 5-6쪽으로 절단하여 준비해 둔다. 길이(cm)가 표시된 자를 배지를 넣기 전에 미리 붙여 놓는다. 앞서 계획한 배지조성에 맞게 하층(사양토)부터 깔아 놓는다. 그 위에 참나무 올리고 양쪽 절단면에 절단한 종균을 접착한다. 참나무 1열 배열은 종균 원판 2개 소요가 되는데, 이번 실험에서는 참나무 5배열로 하여 원판 6개가 소요되었다. 이때 참나무 토막과 토막사이에 종균을 밀착되게 붙이며 굵기가 같은 것끼리 접촉하여 종균활착이 잘 이루어지도록 참나무와의 틈이 생기지 않도록 해준다. 그리고 역시 배지 구성에 맞게 배지를 올리는데, 참나무와 종균의 모습이 살짝 보이도록 하여 덮어주도록 한다. 원목 1개에 양쪽으로 종균 2개, 모서리에 천마 4개를 심도록

한다. 종마는 표피상처, 직사광선 주의, 20cm 간격으로 양쪽에 옆으로 누어 심는다. 그리고 천마가 보이지 않도록 하여 배지를 올려 덮어주도록 한다. 뽕나무 종균의 접종이라 함은 미세한 종균을 이식하는 과정이므로 세심하고 완벽하지 않으면 안 된다. 환경의 변화에 빨리 적응하지 못하면 활착기간이 늦어지거나 잡균이 오염되어 사멸하기 쉽고 또한, 건조하여 말라 죽기 쉽기 때문이다.

Photo 1.은 천마 이식과정을 제시한 것으로 (A)는 각 배지 높이를 적정하게 맞추기 위하여 줄자를 재배상자의 벽에 붙이고 이 높이에 맞게 (B)와 같이 사양토, 참나무, 종균, 종마, 배지 재료 순으로 이식을 하였다. 종균과 참나무 사이에 계획된 배지조합을 채우고 참나무 윗 표피에 도달하면 (C)와 같이 종마를 이식하고 (D)와 같이 10cm 정도로 계획된 배지 재료를 도포한다.



(A)



(B)



(C)



(D)

Photo 1. 천마 이식 과정

A; 줄자준비 B; 사양토, 참나무, 종균이식 C; 천마 이식 D; 배지 덮기

### 3) 천마 시설재배 실험

천마 재배실험을 위한 급수는 제 1세부 과제에서 개발한 급수 시스템으로 하였으며, 온도·습도 관리 역시 제 1세부 과제에 개발한 시스템으로 하였다.

#### (1) 천마 시설재배 실험 관리 일지 기록

천마 시설재배 실험에 대한 매일 관찰사항과 측정사항을 일지에 기록하고 관리를 하였다. 기록 대상은 실내온도, 습도, 관수상태, 배지상태 그리고 관찰창을 통한 종균의 활착과 성장, 종마의 발아와 성장상태를 기록하고 관리를 하였다. “천마 시설재배 실험 관리 일지”의 일부를<첨부. 2>에 제시하였다.

## 나. 연구결과

### 1) 시설재배 조건별 최적 천마배지재료 선별

#### (1) 재배 조건별의 생육 환경 구명

##### (가) 관찰용 창을 통해 관찰한 뽕나무 버섯균사활착 및 천마 발아

관벨하우스 재배사의 관찰용 창으로 관찰해 본 결과 천마를 이식한 다음 5-6주가 지난 후에 균사가 미세하게 관찰되기 시작하였다. 뽕나무 버섯균은 초기에 갈색이더니 점차 흑갈색으로 변하였고 어린 종마는 뽕나무버섯균사와 접촉하지 않아도 일정동안 자체 영양을 가지고 번식하고 성장하지만 공급 될 수 있는 한정된 영양 때문에 축소 성장을 할 수밖에 없다는 것이 확인되었으며 어린 종마에 뽕나무버섯균사가 접촉한 후에는 약간의 성장을 볼 수 있었다.

Photo 2.는 <필라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 조건에서 뽕나무버섯균사 및 천마 생장을 관찰한 것이다. (A)는 이식 5주 후 뽕나무버섯균사가 외부에 출현하기 시작한 사진이고, (B)는 이식 7주후 어린 천마가 나오기 시작한 사진이다. 그 후로 3주가 뒤 이식 후 10주 후 균사체(C) 활착이 왕성해 졌으며, 어린 천마가 여러개 보이기 시작했다(D). 그리고 2주 정도는 어린 천마는 자체 영양체를 가지고 성장하고 있었으며, 이식 12주후가 되니 균사가 천마에 접촉하기 시작했다(E). (F)는 어린 천마와 균사가 접촉 후 성장한 이식 후 16주 모습인데, 더 이상 자라지 않았다. 관찰창을 설치한 재배상자 천마를 수확해 보니 창 안쪽에서는 천마가 자라고 있었다. 이러한 결과로부터 천마는 광과 같은 주변환경에 민감하게 반응을 한다는 점을 알 수 있었다.

Photo 3.은 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 조건에서 뽕나무버섯균사 및 천마 생장을 관찰한 것이다. (A)는 이식 6주 후 뽕나무버섯균사가 외부에 출현하기 시작한 사진이고, (B)는 이식 8주후 어린 천마가 나오기 시작한 사진이다. 이식 후

11주 후 균사체(C) 활착이 왕성해 졌으며, 어린 천마가 여러개 보이기 시작했다(D). 이식 13주 후가 되니 균사가 천마에 접촉하기 시작했다(E). (F)는 어린 천마와 균사가 접촉 후 성장한 이식 후 16주 모습인데, 역시 더 이상 자라지 않았다.

특히, <펄라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토>의 조건에서 균사가 <버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 조건보다 활착 속도가 1주일 더 빨랐으며, 균사의 양도 많다 보니 천마의 굵기가 3mm정도 더 굵었다. 따라서 <버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 조건보다 <펄라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토>의 조건에서 균사의 활착 및 천마 발아가 더 빠르고, 생육이 좋은 것으로 나타났다.

그러나 이러한 관찰창을 통하여 관찰하는 동안 종마가 어느 정도 성장한 다음부터는 두 곳 관찰창 모두 더 이상 성장하지 않고 생장이 멈춘 상태로 있었다. 이후 수확 할 때 관찰창이 있는 두 재배상자에서 관찰창이 없는 안쪽은 천마가 정상적으로 성장한 것을 볼 수 있었다. 이와같은 원인은 종마의 성장에서 빛이나 외부의 다른 자극에 민감하기 때문이라 사료된다. 실제 농민들의 경험에서 천마를 재배하는 과정에서 중간에 재배지를 파보면 종마가 자라지 않는다는 경험과 일치하고 있다는 것을 확인하였다.



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

Photo. 2. 뽕나무버섯균사 및 천마 성장

<펄라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토>

- A; 뽕나무버섯균사가 외부에 출현하기 시작 (이식 5주후)
- B; 어린 천마가 나오기 시작 (이식 7주후)
- C; 균사체의 활성화 (이식 10주후)
- D; 어린 천마가 여러개 보이기 시작 (이식 10주후)
- E; 어린 천마와 균사의 접촉시작 (이식 12주후)
- F; 어린 천마와 균사가 접촉 후 성장 (이식 16주후)



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

Photo. 3. 뽕나무버섯균사 및 천마 생장

<버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토>

- A; 뽕나무버섯균사가 외부에 출현하기 시작 (이식 6주 후)
- B; 어린 천마가 나오기 시작 (이식 8주 후)
- C; 균사체의 활성화 (이식 11주 후)
- D; 어린 천마가 여러개 보이기 시작 (이식 11주 후)
- E; 어린 천마와 균사의 접촉시작 (이식 13주 후)
- F; 어린 천마와 균사가 접촉 후 생장 (이식 16주 후)

#### (나) 천마 재배 수확

재배 조건별 생육 환경 구명을 위하여 판넬하우스와 비닐하우스 시설 재배 천마를 수확하였다. 판넬하우스는 2012년 3월 21일, 비닐하우스는 2012년 3월 3일 수확을 하였다(Photo 4.)

천마 재배 결과를 분석하기 위하여 재배상자별 수확과정에서의 관찰사항을 기록하고 수확 후 천마를 Photo. 5와 같이 대, 중, 소 그룹으로 분류하고 이들 그룹의 각 천마에 대하여 길이 및 직경을 측정하여 평균길이 및 평균직경을 산출하고 대, 중, 소 그룹별로 무게를 측정하여 기록하였다. 이와 같이 관찰, 상태촬영, 분류 및 측정을 기록한 결과를 **붙임. 1**에 제시하였다. 붙임 1의 표 좌측상단에 기록된 “배지번호”는 그림 2에서 배지상자의 위치를 표시하는 재배상자 앞 번호와 일치한다.

#### (다) 판넬하우스 재배 시험 결과 배지조건별 생육 상태 비교



Photo. 4 수확작업



Photo. 5 분류작업

Table 4.는 붙임. 1을 전체 수확량, 무게 중심으로 정리한 것이다. 천마의 생육 상태를 평가한 결과 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(%)+부엽토(%)/사양토> 처리구에서 가장 좋은 높은 생장을 보였으며, 그다음은 <버미큘라이트(30%)+톱밥(7%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>이다. 예상의 결과에서 부엽토가 포함된 배지조합에 다른 조합보다 좋은 결과를 얻었다. 2번째로 좋은 그룹은 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토>이었다. <버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 처리구에서 가장 낮은 생장을 보였다.

이는 앞서 “관찰용 창을 통해 관찰한 균사의 활착과 천마 발아 관찰”에서 나타난 바와 같이 <버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 조건보다 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토>의 조건에서 균사의 활착이 1주 빠르고 종마발아와 생육이 좋은 것으로 관찰된 것과 일치하는 결과이다.

이와 같은 결과로 입자 크기가 1.18 ~ 4.75mm 정도로 무게가 모래보다 86% 정도 취급이 용이하고 고온에서 팽창되어 병원균이 없으며, 통기성과 보수성이 우수한 것으로 알려져 있는 펠라이트는 유효수분 함량이 낮아 이를 보완하기 위해 다른 배지들과 혼합한 배지를 사용하는 것도 효과적이라는 사실을 알 수 있었다. 펠라이트를 톱밥과 3:7 비율로 섞어서 사용하면 수분유지를 할 수 있으나 톱밥의 특성상 쉽게 건조해 지기도 하였다. 그래서 유효수분 및 유기물함량이 많은 부엽토를 사양토에 섞어서 배지 조건을 만들어 재배하였더니 그 효과를 배로 볼 수 있었다고 판단된다.

버미큘라이트의 무게는 모래의 1/5로 수분흡수력은 모래의 3배에 달한다. 특히 병충해와 잡초의 발생 걱정이 없고, 보수력이 풍부하며 열의 전도가 적은 이상적인 토양이다. 운모의 파편이 모아진 질석이라고 불리는 돌을 760~1,100도 정도의 고열에서 수증기를 가해 팽창시킨 것으로 운모성분이 많아서 갈색으로 반짝거리며 가벼우면서도 보수력, 배수성, 통기성이 좋다고 알려져 있다. 그러나 젖은 상태에서는 쉽게 부서지거나 압축되는 단점을 가지고 있다. 그래서 여기에 다른 배지를 섞어 쓰면 단점도 극복 할 수 있다. 특히 톱밥의 경우 수분조절 능력을 가지고 있어 버미큘라이트와 톱밥을 3:7로 섞어서 쓰면 좋은 효과를 볼 수 있었다.

펠라이트가 버미큘라이트 보다 통기성, 배수성이 더 뛰어나나 유효수분함량이 낮아 중층에 펠라이트와 톱밥을 넣었을 때 가장 최저의 생육을 보였다. 펠라이트의 이와 같은 장점을 활용하고 단점해소를 위하여 상층에 펠라이트와 톱밥을 사용하고, 중간층에 부엽토와 사양토를 섞

어서 사용하고, 하층에 사양토를 사용했을 때 다른 배지조합군 보다 가장 최고의 생육을 보였다.

이와 같은 결과로부터 천마는 참나무에 기생하는 균사로부터 영양분만을 공급받는 것으로 알려져 있으나 토양의 유기물도 섭취하는 것으로 사료된다.

배지번호 <1-1>과 <1-2>는 동일한 배지조합과 같은 층에서 재배되었는데 <1-2>의 경우는 참나무 길이를 30cm로 하였고, <1-1>는 20cm로 하였다. <1-2>배지가 <1-1>배지보다 좋은 결과를 보여주고 있다. 이와 같은 결과는 다른 배지 조합에서도 나타나는 현상이다.

이러한 결과는 균사의 영양을 공급하는 참나무의 길이가 짧을 경우 균사와 천마가 자라면서 영양부족으로 천마 생장에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

따라서 참나무의 길이도 30cm 이상이 되어야 함을 알 수 있다.

재배상자 3층의 경우 배지번호 <3-6>과 같이 다른 층이 배지조건이 같음에도 불구하고 수확량이 아주 저조하다. 또한 3층 모두가 다른 층보다 월등히 수확상태가 좋지 않다.

이와 같은 원인은 앞서 기술된 시설 개발 실험에서 에너지 투입을 줄이는 방안으로 여름에 냉방기를 가동하지 않고 환풍기 시설로 온도제어를 하는 실험을 하였다. 이러한 실험 과정에서 1, 2층은 28℃ 이내로 온도제어가 되었는데 3층은 한동안 30℃를 유지하였고(제 1 세부과제다. 항 Fig. 2-4 참조). 고온으로 인한 분무 급수 노즐관의 뒤틀림으로 분무 급수가 배지재료로 고르게 되지 않아 급수관을 교체하는 경우가 있었다. 또한 1층, 2층 및 3층 모두에 일정 관수 주기를 급수하였는데, 다른 층 보다 더운 공기로 인하여 3층은 건조가 빨리 진행되어 물조리로 추가 급수 관리를 하였지만 3층의 추가급수가 적정하게 이루어 지지않아 건조 상태가 많이 발생한 것으로 판단된다. 실제 수확과정에서 관찰한 것과 같이 (붙임 .1 <3-6>참조) 배지재료가 건조한 상태에 있었다. 따라서 상단의 재배상자 전체의 수확저조 원인은 전체 층을 일정급수에 의해 이루어짐으로써 보충 급수가 적정하게 이루어지지 않았기 때문으로 판단된다.

이와 같은 문제는 이번 3차년 여름 실험에서는 냉방기를 사용하지 않은 상태에서 생육실험을 하였기 때문에 3층에 고온 현상이 발생하였다.

따라서 2차년 실험에서 적용한 냉풍기와 “상하층 온도편차 해소기”를 사용하면 3층의 고온에 의한 건조발생문제는 해결할 수 있다. 2 차년 여름 철 온도제어 결과에서 실험 실내온도 20~25℃를 이내로 제어를 할 수 있고, 상층과 하층의 온도편차가 1.5℃ 밖에 나지 않은 결과를 얻었기 때문에 3층, 2층 및 1층을 거의 같은 온도로 제어할 수 있다. 여름에 이 시스템을 가동하면 3층만 고온이 되는 문제는 없을 것이다. 또한 여름철 냉방기에 사용으로 소비되는 전력도 8월 전력소비 130kwh의 2.5배로 325kwh 정도이기 때문에 냉방기 사용 비용은 크게 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

Photo. 6 은 붙임 1의 기록자료 중 대표 재배상자 2-8의 수확과정, 분류 및 측정 및 상품의 크기를 촬영한 결과를 제시한 것이다.



Table 4. 관넬하우스 배지별 성장비교

재배상자 번호	배지 재료별	크기	평균 길이 (mm)/개	평균 직경 (mm)/개	평균 무게 (g)/개	총 무게 (g)
1-1 (1.22m <sup>2</sup> )	버미큘라이트+톱밥 버미큘라이트+톱밥 사양토	대	134.4	28.19	42.5	255
		중	150.1	9.72	15.4	108
		소	137.7	10.53	8.9	1024
		수확량/m <sup>2</sup>		1.14kg	=1387/1.22	1387
1-2 (1.52m <sup>2</sup> )	버미큘라이트+톱밥 버미큘라이트+톱밥 사양토	대	138.8	20.1	30.5	1403
		중	86.95	15.1	15.3	765
		소	75.46	7.54	10.7	1744
		수확량/m <sup>2</sup>		2.57kg	=3912/1.52	3912
1-4 (1.52m <sup>2</sup> )	버미큘라이트+톱밥 펄라이트+톱밥 사양토	대	118.95	25.02	34.2	786.6
		중	113.3	20	10.5	294
		소	107.11	10.11	5.5	473
		수확량/m <sup>2</sup>		1.02kg	=1314/1.52	1554
2-4 (1.52m <sup>2</sup> )	버미큘라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	대	184.1	29.4	41.5	166
		중	147.6	15.52	17.5	2975
		소	81.87	11.39	7.3	1796
		수확량/m <sup>2</sup>		3.25kg	=4937/1.52	4937
2-6 (1.52m <sup>2</sup> )	펄라이트+톱밥 버미큘라이트+톱밥 사양토	대	140.4	30.6	41.6	988.4
		중	156.37	21.31	16.6	821
		소	135.79	11.85	12.02	1803
		수확량/m <sup>2</sup>		2.38kg	=3622/1.52	3622
3-6 (1.52m <sup>2</sup> )	펄라이트+톱밥 펄라이트+톱밥 사양토	대	119.5	19.33	23.7	142
		중	94.82	14.67	10.26	185
		소	82.67	8.62	3.27	258
		수확량/m <sup>2</sup>		0.38kg	=585/1.52	585
2-8 (1.52m <sup>2</sup> )	펄라이트+톱밥 부엽토+사양토 사양토	대	160.7	31.5	44.1	970
		중	127.4	14.61	19.96	1078
		소	107.6	13.51	9.5	5263
		수확량/m <sup>2</sup>		4.81kg	=7311/1.52	7311



(a)



(b)



(c)

Photo. 6 재배상자 2-8 의 (a) 수확과정 (b) 분류 및 측정 (c) 상품의 크기

이상의 결과로부터 판넬하우스에서는 천마의 최고 성장 온도는 27~28℃ 넘어서는 안 되며 펄라이트+톱밥+(부엽토+사양토)+사양토에서 좋은 결과를 얻었으며 여름에 일반 선풍기와 자연 환풍시스템으로써는 여름철 온도제어가 불가능함으로 냉방기와 지열을 활용한 냉방장치를 가동하여야 한다는 것을 알 수 있었다.

(라) 비닐하우스 재배 시험 결과 배지조건별 생육비교

재배 조건별 생육 환경 구명을 위하여 비닐하우스 시설 재배 천마를 수확하였다(2012년 3월 3일 수확).

천마 재배 결과를 분석하기 위하여 판넬하우스 수확방법과 같이 재배상자별 수확과정에서의 관찰사항을 기록하고 수확 후 천마를 대, 중, 소 그룹으로 분류하고, 이들 그룹의 각 천마에 대하여 길이 및 직경을 측정하여 평균길이 및 평균직경을 산출하고, 대, 중, 소 그룹별로 무게를 측정하여 기록 하였다. 이와 같이 관찰, 상태촬영, 분류 및 측정을 기록한 결과를 **붙임 2**에 제시하였다. 붙임 2의 그림상단 좌측에 기록된 “배지번호”는 그림 2에서 재배상자의 위치를 표시하는 재배상자 앞 번호와 일치한다.

Table 5.는 붙임 2를 전체 수확량, 무게 중심으로 정리한 것이다. 천마의 생육 상태를 평가한 결과 판넬하우스에서와 마찬가지로 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토> 처리구에서 수확량 무게와 천마 크기에서 가장 좋은 결과를 보였고, 2번째로 중간층을<버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)>사용한 배지에 좋은 결과를 얻었으며, <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%) /사양토> 처리구에서 가장 낮은 성장을 보였다. 부엽토를 사용하지 않은 2차년도 결과에서 <버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)>조합에서 가장 좋은 생육결과를 보였고, 3차년도에서는 2번째로 좋은 결과를 보였다. 이러한 결과는 판넬하우스의 배지조건의 결과와 동일하다. 따라서 이러한 결과로부터 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>의 배지 조합이 천마 시설재배의 최적의 배지 조합인 것을 알 수 있었다. 재배상자 3층의 경우는 붙임 2. <3-5>와 같이 수확량이 거의 없었다.

이러한 결과는 앞서 제시한 Pilot 시설연구 결과의 시설 내 온도 변화 분석(제 1 세부과제 다.항 Fig. 2-10, 2-11 참조)과 잘 일치하고 있다. 비닐하우스의 경우 관넬하우스의 온도·습도 제어가 잘 이루어지지 않은 것을 알 수 있었다. 여름에는 상층의 온도가 31℃를 넘는 경우가 많았고, 겨울에는 에너지 절약형 비닐하우스를 개발하기 위하여 보완한 시설과 장치로 인하여 하우스 실내온도가 급격히 상승하고 (1세부과제) 자연광 채광으로 Thermal pond 현상으로 1, 2 및 3층의 온도차가 너무 많이 발생하였고, 3층의 재배상자 배지의 온도 상승과 건조가 발생하였다. 이는 3층의 온도와 습도조절을 실패한 결과이다. 이로 인하여 수확 결과 3층에는 불임2의 배지번호 <3-5>, <3-6>과 같이 수확량이 없거나 거의 수확을 하지 못하였다.

Table 5. 비닐하우스 배지별 성장비교

재배상자 번호	배지 재료별	크기	평균 길이 (mm)/개	평균 직경 (mm)/개	평균 무게 (g)/개	총 무게 (g)
1-6 (1.52m <sup>2</sup> )	버미큘라이트+톱밥 버미큘라이트+톱밥 사양토	대	163.5	30	31.5	346.5
		중	115	12	9.5	627
		소	80	11	9.1	1474
		수확량/m <sup>2</sup>		1.61kg	=2448/1.52	2448
1-3 (1.52m <sup>2</sup> )	버미큘라이트+톱밥 펄라이트+톱밥 사양토	대	144	19	27.9	418.5
		중	105	13	9.9	138.6
		소	56	12	4.1	615
		수확량/m <sup>2</sup>		0.96kg	=1172/1.22	1172
1-7 (1.22m <sup>2</sup> )	버미큘라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	대	153.7	27.8	39.4	827.4
		중	101.2	14.23	12.7	1041
		소	80.6	10.12	6.2	1184
		수확량/m <sup>2</sup>		2.5kg	=3052/1.22	3052
3-5 (1.22m <sup>2</sup> )	버미큘라이트+톱밥 (펄라이트+톱밥)+사양토 사양토	대	121	19	14.7	220.5
		중	76	12	4.6	170
		소	52	10	3.1	465
		수확량/m <sup>2</sup>		0.562kg	=855.5/1.52	856
2-1 (1.52m <sup>2</sup> )	펄라이트+톱밥 부엽토+사양토 사양토	대	165.7	28.1	40.2	201
		중	150.1	20.8	27.4	2658
		소	120.5	9.2	9.5	1691
		수확량/m <sup>2</sup>		3.73kg	=4550/1.22	4550
2-3 (1.22m <sup>2</sup> )	펄라이트+톱밥 (펄라이트+톱밥)+사양토 사양토	대	87	25	19.6	78.4
		중	89	11	5.6	40
		소	52	8	1.5	61
		수확량/m <sup>2</sup>		0.23kg	=279.9/1.22	279.9

## 2) 재배 시설별의 생육 환경 구명

### (1) 판넬하우스 재배와 비닐하우스재배의 생육 상태 비교

Table 6.은 Table 4, 5.를 재정리 한 것이며 판넬하우스와 비닐하우스의 생육상태를 정량적으로 비교하기 위하여 제시한 것이다.

비닐하우스와 판넬하우스 재배의 생육을 비교하기 위하여 같은 배지 조건(Table 6.)으로 생육을 비교하였다. Table 6.에 제시한 바와 같이 판넬하우스에서 평균적으로 직경, 길이 및 무게측정결과에서 모든 데이터 값이 높게 나왔으며, 수확량도 판넬하우스에서 많았다.

Table 6. 판넬하우스 재배와 비닐하우스 재배의 생육조사

재배 방법		크기	길이 (mm)/개	직경 (mm)/개	무게 (g)/개	총무게 (g)
판넬하우스 재배사	버미큘라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	대	184.1	29.4	41.5	166
		중	147.6	15.52	17.5	2975
		소	81.87	11.39	7.3	1796
		수확량/m <sup>2</sup>		3.25kg	=4937/1.52	4937
	펄라이트+톱밥 부엽토+사양토 사양토	대	160.7	31.5	44.1	970
		중	127.4	14.61	19.96	1078
		소	107.6	13.51	9.5	5263
		수확량/m <sup>2</sup>		4.81kg	=7311/1.52	7311
비닐하우스 재배사	버미큘라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	대	153.7	27.8	39.4	827.4
		중	101.2	14.23	12.7	1041
		소	80.6	10.12	6.2	1184
		수확량/m <sup>2</sup>		2.5kg	=3052/1.22	3052
	펄라이트+톱밥 부엽토+사양토 사양토	대	165.7	28.1	40.2	201
		중	150.1	20.8	27.4	2658
		소	120.5	9.2	9.5	1691
		수확량/m <sup>2</sup>		3.73kg	=4550/1.22	4550

## 3) 2차년도 선정된 배지와 3차년도 배지의 생육 비교

### (1) 2차년도와 3차년도 배지조건에서의 천마 생육 비교

Table 7.은 2차년도, 3차년도 동일 배지조건에서 수확한 결과 중 상품(큰 사이즈)에 대한 자료를 제시한 것이다. 배지조건은 2차년도에서 생장정도가 가장 좋은 결과가 나온 "A"와 "B"조건에 대하여 3차년도의 동일한 배지조건을 제시한 것이다. 또한 3차년도의 <사양토(70%)+부엽토(30%)> 조합 배지조건을 결과도 함께 제시 하였다. 비교 결과에서 나타낸 바와 같이 배지 조건에서 2차년도 보다는 3차년도의 배지조건이 좋은 결과를 보여주고 있으며, 3차년도에서는 <펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토> 조합이 가장 좋은 결과를 보여주고 있다. 이와 같은 결과로부터 2차년 8가지의 배지조합 중에서 생육결과 가장

좋은 결과를 나타낸 'A'와 'B'군에서 3차년도도 좋은 결과를 나타낸 것은 'A'와 'B' 조합에 대한 재현성을 확보 하였다고 볼 수 있다.

이와같은 재배환경에서 실험한 3차년도 실험에서 <펠라이트(30%)+ 톱밥(70%)/사양토(70%)+ 부엽토(30%)/사양토>조합이 가장 좋은 결과를 얻었으므로 이와같은 결과에서도 천마 재배의 최적의 배지 조합은 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>임을 알 수 있다.

Table 7. 2차년도와 3차년도 동일 배지조건 상품 생육 비교

배지조건		2차년도			3차년도		
		길이 (mm)/개	직경 (mm)/개	무게 (g)/개	길이 (mm)/개	직경 (mm)/개	무게 (g)/개
A	버미큘라이트+톱밥 버미+톱밥 사양토	210±1.8	15.4±1.2	35.7±2.9	231±1.3	20.8±0.8	40.5±1.4
B	펠라이트+톱밥 펠+톱밥 사양토	230±1.4	15.6±1.2	36.8±1.0	222±1.5	21.4±1.0	39.1±1.2
C	버미큘라이트+톱밥 부엽토+사양토 사양토	.	.	.	281±1.3	30.7±1.1	58.5±0.8
D	펠라이트+톱밥 부엽토+사양토 사양토	.	.	.	293±0.9	34.5±1.1	69.5±0.4

Photo. 7은 천마 재배 농가의 농장에서 촬영한 것으로 파종 후 1년이 지난 2 농가를 선택하여 생육상태를 촬영하였다. 사진에서 나타난 바와 같이 제일 큰 천마의 직경 10mm, 길이 60mm 정도이고, 대부분 직경 5mm, 길이 30mm 정도이다. 농민들은 천마 이식 후 1년동안 균사성장기와 종마 발아기를 거쳐 성장하므로 1년 기간의 천마는 사진에서 나타난바와 같이 성장이 적으며, 이후 1년 사이에 크게 성장하여 성마가 된다고 하였다.

본 연구의 판넬하우스 1년 재배의 결과는 큰 그룹의 평균 직경 30mm, 길이160mm 이고 대부분 평균 직경 14mm 에 길이 110mm 가 된다. 이러한 결과를 볼 때 본 시설재배가 생육상태가 월등하게 좋은 것을 알 수 있다.

만약 본 시설재배 시설에서 2년 작으로 할 경우 현재 70%의 작은 성마들이 전체 큰 성마로 성장할 수 있어 현재 보다 최소 2배 이상의 수확은 할 수 있을 것으로 판단된다.



(b) 영양군 이성재 농장 파종 후 1년생 천마(4월5일)



(a) 영양군 명등산 배재철씨 농장 1년생 천마 (4월5일)

Photo. 7 천마 재배 농가의 1년 생 천마 생육상태

## 2012년 판넬하우스 천마 수확 기록 결과

붙임.1

배지번호 1-1	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미쿨라이트+톱밥=1:1	중단	버미쿨라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(20cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도  적당	-천마 1-2가닥 보임 -종균은 보이지 않음		습도  적당	-종균 뿌리는 거의 안보임 -천마 덩어리 5~6개 정도보임 -참나무 앞.뒷줄 끝고루 천마 자람		습도  적당	-천마는 보이지 않음 -종균도 보이지 않음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이180mm , 직경30.0mm		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>6</td> <td>134.4</td> <td>29.19</td> <td>42.5</td> <td>255</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>70</td> <td>150.1</td> <td>9.72</td> <td>15.4</td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>115</td> <td>137.7</td> <td>10.53</td> <td>8.9</td> <td>1024</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>1.14kg</td> <td colspan="2">=1387/1.22</td> <td>1387</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	6	134.4	29.19	42.5	255	중	70	150.1	9.72	15.4	108	소	115	137.7	10.53	8.9	1024	수확량/m <sup>2</sup>		1.14kg	=1387/1.22		1387
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	6	134.4	29.19	42.5	255																																		
중	70	150.1	9.72	15.4	108																																		
소	115	137.7	10.53	8.9	1024																																		
수확량/m <sup>2</sup>		1.14kg	=1387/1.22		1387																																		

배지번호 1-2	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미쿨라이트+톱밥=1:1	중 단	버미쿨라이트+톱밥=1:1	하 단	사양토(20cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 적당	-천마 1-2가닥 보임 -중균은 보이지 않음		습도 적당	-중균 뿌리는 거의 안보임 -천마 덩어리 5~6개 정도보임 -참나무 앞.뒷줄 골고루 천마 자람		습도 적당	-천마는 보이지 않음 -중균도 보이지 않음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이210mm , 직경25.7mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>46</td> <td>138.8</td> <td>20.1</td> <td>30.5</td> <td>1408</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>50</td> <td>86.95</td> <td>15.1</td> <td>15.3</td> <td>765</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>163</td> <td>75.46</td> <td>7.54</td> <td>10.7</td> <td>1744</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">2.57kg</td> <td colspan="2">=3912/1.52</td> <td>3912</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	46	138.8	20.1	30.5	1408	중	50	86.95	15.1	15.3	765	소	163	75.46	7.54	10.7	1744	수확량/m <sup>2</sup>	2.57kg		=3912/1.52		3912
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	46	138.8	20.1	30.5	1408																																		
중	50	86.95	15.1	15.3	765																																		
소	163	75.46	7.54	10.7	1744																																		
수확량/m <sup>2</sup>	2.57kg		=3912/1.52		3912																																		



배지번호 1-3	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+톱밥=1:1	중단	펄라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(20cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 적당	-천마 1-2가닥 보임 -종균은 보이지 않음		습도 적당	-종균 뿌리는 거의 안보임 -천마 덩어리 5~6개 정도보임 -참나무 앞.뒷줄 골고루 천마 자람		습도 적당	-천마는 보이지 않음 -종균도 보이지 않음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>16</td> <td>119.3</td> <td>22.28</td> <td>33.2</td> <td>531</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>66</td> <td>102</td> <td>17.97</td> <td>10.8</td> <td>713</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>96</td> <td>81.42</td> <td>12.7</td> <td>5.5</td> <td>528</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>1.45kg</td> <td colspan="2">=1772/1.22</td> <td>1772</td> </tr> </tbody> </table> <p>최대 : 길이120mm , 직경32mm</p>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	16	119.3	22.28	33.2	531	중	66	102	17.97	10.8	713	소	96	81.42	12.7	5.5	528	수확량/m <sup>2</sup>		1.45kg	=1772/1.22		1772
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	16	119.3	22.28	33.2	531																																		
중	66	102	17.97	10.8	713																																		
소	96	81.42	12.7	5.5	528																																		
수확량/m <sup>2</sup>		1.45kg	=1772/1.22		1772																																		

배지번호 1-4	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미쿨라이트+톱밥=1:1	중단	펄라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(20cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 적당	-천마 1-2가닥 보임 -종균은 보이지 않음		습도 적당	-종균 뿌리는 거의 안보임 -천마 덩어리 5~6개 정도보임 -참나무 앞.뒷줄 골고루 천마 자람		습도 적당	-천마는 보이지 않음 -종균도 보이지 않음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이120mm , 직경31mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>23</td> <td>118.95</td> <td>25.02</td> <td>34.2</td> <td>786.6</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>28</td> <td>113.3</td> <td>20</td> <td>10.5</td> <td>294</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>86</td> <td>107.11</td> <td>10.11</td> <td>5.5</td> <td>473</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>1.02kg</td> <td colspan="2">=1314/1.52</td> <td>1554</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	23	118.95	25.02	34.2	786.6	중	28	113.3	20	10.5	294	소	86	107.11	10.11	5.5	473	수확량/m <sup>2</sup>		1.02kg	=1314/1.52		1554
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	23	118.95	25.02	34.2	786.6																																		
중	28	113.3	20	10.5	294																																		
소	86	107.11	10.11	5.5	473																																		
수확량/m <sup>2</sup>		1.02kg	=1314/1.52		1554																																		

배지번호 1-5	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	버미큘라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(20cm)	수확날짜 2012.03.21																																		
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																			
수확 관찰	습도	-천마 10가닥 정도 넓게 분포 -종균은 보이지 않음		습도	-천마가 골고루 자라고 있고 크기도 직경 2cm정도 다수 있음 -종균 뿌리는 듬성듬성 있음		습도	-천마는 자라고 있지 않음 -종균은 보이지 않음																																		
	높음			높음			적당																																			
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>20</td> <td>135.21</td> <td>34.49</td> <td>39.2</td> <td>784</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>53</td> <td>115</td> <td>21.6</td> <td>16.2</td> <td>859</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>140</td> <td>98.32</td> <td>15.83</td> <td>12.1</td> <td>1694</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>2.74kg</td> <td colspan="2">=3337/1.22</td> <td>3337</td> </tr> </tbody> </table>						구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	20	135.21	34.49	39.2	784	중	53	115	21.6	16.2	859	소	140	98.32	15.83	12.1	1694	수확량/m <sup>2</sup>		2.74kg	=3337/1.22		3337
							구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																														
대	20	135.21	34.49	39.2	784																																					
중	53	115	21.6	16.2	859																																					
소	140	98.32	15.83	12.1	1694																																					
수확량/m <sup>2</sup>		2.74kg	=3337/1.22		3337																																					

배지번호 1-6	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	버미큘라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(20cm)	수확날짜 2012.03.21																														
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																															
수확 관찰	습도 적당	-천마 1가닥 보임 -중균 보이지 않음		습도 적당	-천마 골고루 있음 -직경 2cm정도 5~6개 있음 -중균 뿌리는 많지 않음		습도 약간부 족	-중균은 보이지 않음 -천마는 안보임																														
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이170mm , 직경40mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>24</td> <td>162.4</td> <td>31.05</td> <td>41.6</td> <td>998.4</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>51</td> <td>156.37</td> <td>21.31</td> <td>16.6</td> <td>821</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>150</td> <td>135.79</td> <td>11.85</td> <td>12.02</td> <td>1803</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>2.38kg</td> <td colspan="2">=3622/1.52</td> <td>3622</td> </tr> </tbody> </table>		구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	24	162.4	31.05	41.6	998.4	중	51	156.37	21.31	16.6	821	소	150	135.79	11.85	12.02	1803	수확량/m <sup>2</sup>		2.38kg	=3622/1.52		3622
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																	
대	24	162.4	31.05	41.6	998.4																																	
중	51	156.37	21.31	16.6	821																																	
소	150	135.79	11.85	12.02	1803																																	
수확량/m <sup>2</sup>		2.38kg	=3622/1.52		3622																																	

배지번호 1-7	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	펄라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(20cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 낮음	-천마 2가닥 정도 보임(연필굵기) -종균은 보이지 않음		습도 낮음	-참나무 앞줄에 천마 덩어리 3개있음 -종균은 참나무 사이에 뿌리 형태로 골고루 있음		습도 적당	-종균은 보이지 않음 -천마는 보이지 않음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이150mm , 직경30mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>12</td> <td>145.25</td> <td>26.99</td> <td>34.2</td> <td>410.4</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>33</td> <td>140</td> <td>20.48</td> <td>12.5</td> <td>413</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>63</td> <td>99.88</td> <td>10.29</td> <td>5.4</td> <td>286</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.91kg</td> <td colspan="2">=1322/1.22</td> <td>1109</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	12	145.25	26.99	34.2	410.4	중	33	140	20.48	12.5	413	소	63	99.88	10.29	5.4	286	수확량/m <sup>2</sup>	0.91kg		=1322/1.22		1109
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	12	145.25	26.99	34.2	410.4																																		
중	33	140	20.48	12.5	413																																		
소	63	99.88	10.29	5.4	286																																		
수확량/m <sup>2</sup>	0.91kg		=1322/1.22		1109																																		

배지번호 1-8	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	펄라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(20cm)	수확날짜 2012.03.21																																
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																	
수확 관찰	습도 높음	-천마는 보이지 않음 -종균은 보이지 않음		습도 적당	-천마 덩어리에 잔뿌리 많음 -직경 2cm이상 되는것 5~7개 있음 -종균이 천마에 붙어 있음		습도 적당	-천마는 보이지 않음 -종균은 보이지 않음																																
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이160mm , 직경29mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>10</td> <td>152.9</td> <td>27.51</td> <td>36</td> <td>360</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>43</td> <td>146.7</td> <td>18.71</td> <td>21.7</td> <td>933</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>200</td> <td>86.82</td> <td>11.92</td> <td>8.4</td> <td>1680</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>1.96kg</td> <td colspan="2">=2973/1.52</td> <td>2973</td> </tr> </tbody> </table>				구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	10	152.9	27.51	36	360	중	43	146.7	18.71	21.7	933	소	200	86.82	11.92	8.4	1680	수확량/m <sup>2</sup>		1.96kg	=2973/1.52		2973
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																			
대	10	152.9	27.51	36	360																																			
중	43	146.7	18.71	21.7	933																																			
소	200	86.82	11.92	8.4	1680																																			
수확량/m <sup>2</sup>		1.96kg	=2973/1.52		2973																																			

배지번호 2-1	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+톱밥=1:1	중단	버미큘라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																																	
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																		
수확 관찰	습도	-천마 한가닥 드러남 -중균 안보임		습도	-중균뿌리 많지 않음 -천마 수량은 많으나 굵기가 얇고 길다랗게 자람		습도	-천마 보이지 않음 -중균도 보이지 않음																																	
	적당			높음			높음																																		
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>17</td> <td>139.35</td> <td>16.33</td> <td>31.02</td> <td>527</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>37</td> <td>134.24</td> <td>12.17</td> <td>14.38</td> <td>532</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>126</td> <td>108.74</td> <td>9</td> <td>6.02</td> <td>759</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>1.49kg</td> <td colspan="2">=1818/1.22</td> <td>1818</td> </tr> </tbody> </table>					구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	17	139.35	16.33	31.02	527	중	37	134.24	12.17	14.38	532	소	126	108.74	9	6.02	759	수확량/m <sup>2</sup>		1.49kg	=1818/1.22		1818
							구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																													
대	17	139.35	16.33	31.02	527																																				
중	37	134.24	12.17	14.38	532																																				
소	126	108.74	9	6.02	759																																				
수확량/m <sup>2</sup>		1.49kg	=1818/1.22		1818																																				
					최대 : 길이140mm , 직경24mm																																				

배지번호 2-2	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+톱밥=1:1	중단	버미큘라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도	-중균은 보이지 않음 -천마 7-8뿌리 한곳에 집중되었음		습도	-천마 잔뿌리가 많고 길이가 김 -중균은 많이 없지만 천마에 붙어 있음		습도	-천마 한두개 땅에 박혀있음 -중균은 없음																															
	적당			조금 높음			적당																																
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>18</td> <td>119.1</td> <td>14.45</td> <td>28.3</td> <td>509.4</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>109</td> <td>104.2</td> <td>11.32</td> <td>14.9</td> <td>1624</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>205</td> <td>98</td> <td>11.12</td> <td>7.88</td> <td>1615</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>2.47kg</td> <td colspan="2">=3748/1.52</td> <td>3748</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	18	119.1	14.45	28.3	509.4	중	109	104.2	11.32	14.9	1624	소	205	98	11.12	7.88	1615	수확량/m <sup>2</sup>		2.47kg	=3748/1.52		3748
		구분	개수 (개)		평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																															
대	18	119.1	14.45	28.3	509.4																																		
중	109	104.2	11.32	14.9	1624																																		
소	205	98	11.12	7.88	1615																																		
수확량/m <sup>2</sup>		2.47kg	=3748/1.52		3748																																		
				최대 : 길이120mm , 직경30mm																																			



배지번호 2-3	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미쿨라이트+톱밥=1:1	중단	사양토+부엽토=7:3	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도  적당	-천마 1-2가닥 보임 -종균은 보이지 않음		습도  적당	-천마 잔뿌리 덩어리째 자라고있음 -참나무 앞.뒷줄 골고루 자라있음 -종균뿌리 천마에 많이 뻗어 있음		습도  적당	-천마는 보이지 않음 -종균은 보이지 않음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>14</td> <td>109.15</td> <td>29.94</td> <td>43.52</td> <td>609.3</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>75</td> <td>104.08</td> <td>13.84</td> <td>11.85</td> <td>889</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>359</td> <td>98.6</td> <td>8.53</td> <td>6.52</td> <td>2340</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>3.15kg</td> <td colspan="2">=3760/1.22</td> <td>3838</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	14	109.15	29.94	43.52	609.3	중	75	104.08	13.84	11.85	889	소	359	98.6	8.53	6.52	2340	수확량/m <sup>2</sup>		3.15kg	=3760/1.22		3838
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	14	109.15	29.94	43.52	609.3																																		
중	75	104.08	13.84	11.85	889																																		
소	359	98.6	8.53	6.52	2340																																		
수확량/m <sup>2</sup>		3.15kg	=3760/1.22		3838																																		
					최대 : 길이110mm , 직경36mm																																		

배지번호 2-4	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+톱밥=1:1	중단	사양토+부엽토=7:3	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 적당	-천마는 보이지 않음 -종균은 보이지 않음		습도 적당	-종균 뿌리 군데군데 뻗어 있음 -연필크기이상 천마 백여개 있고 튼 실해 보임		습도 높음	-천마는 보이지 않음 -종균은 보이지 않음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>4</td> <td>184.41</td> <td>29.4</td> <td>41.5</td> <td>166</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>170</td> <td>147.6</td> <td>15.52</td> <td>17.5</td> <td>2975</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>246</td> <td>81.87</td> <td>11.39</td> <td>7.3</td> <td>1796</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td></td> <td>3.25kg</td> <td></td> <td>=4937/1.52</td> <td>4937</td> </tr> </tbody> </table> <p>최대 : 길이190mm , 직경28mm</p>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	4	184.41	29.4	41.5	166	중	170	147.6	15.52	17.5	2975	소	246	81.87	11.39	7.3	1796	수확량/m <sup>2</sup>		3.25kg		=4937/1.52	4937
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	4	184.41	29.4	41.5	166																																		
중	170	147.6	15.52	17.5	2975																																		
소	246	81.87	11.39	7.3	1796																																		
수확량/m <sup>2</sup>		3.25kg		=4937/1.52	4937																																		

배지번호 2-5	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	버미큘라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거		하층 사양토 부분																																	
수확 관찰	습도 낮음	-종균은 보이지 않음 -천마는 보이지 않음		습도 적당	-천마는 많이 있으나 잔뿌리가 대부분 -종균뿌리가 붙어있는 천마가 많음	습도 적당	-종균은 보이지 않음 -천마는 보이지 않음																																
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이140mm , 직경29mm	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>21</td> <td>138</td> <td>20.66</td> <td>32.2</td> <td>676</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>23</td> <td>1244</td> <td>7.34</td> <td>21.56</td> <td>496</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>235</td> <td>1128</td> <td>12.15</td> <td>8.2</td> <td>1927</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">2.54kg</td> <td colspan="2">=3099/1.22</td> <td>3099</td> </tr> </tbody> </table>				구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	21	138	20.66	32.2	676	중	23	1244	7.34	21.56	496	소	235	1128	12.15	8.2	1927	수확량/m <sup>2</sup>	2.54kg		=3099/1.22		3099
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	21	138	20.66	32.2	676																																		
중	23	1244	7.34	21.56	496																																		
소	235	1128	12.15	8.2	1927																																		
수확량/m <sup>2</sup>	2.54kg		=3099/1.22		3099																																		

배지번호 2-6	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	버미큘라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																																	
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																		
수확 관찰	습도	-종균은 보이지 않음 -천마는 보이지 않음		습도	-천마 개수가 많고 직경 2cm이상 되 보이는 것 5개정도 보임 -종균이 천마에 붙어 있음		습도	-종균은 보이지 않음 -천마는 보이지 않음																																	
	낮음			높음			적당																																		
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>8</td> <td>140.4</td> <td>30.6</td> <td>41.6</td> <td>998.4</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>44</td> <td>156.37</td> <td>21.31</td> <td>16.6</td> <td>821</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>285</td> <td>135.7</td> <td>11.85</td> <td>12.02</td> <td>1803</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>2.38kg</td> <td colspan="2">3622/1.52</td> <td>3622</td> </tr> </tbody> </table>					구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	8	140.4	30.6	41.6	998.4	중	44	156.37	21.31	16.6	821	소	285	135.7	11.85	12.02	1803	수확량/m <sup>2</sup>		2.38kg	3622/1.52		3622
							구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																													
대	8	140.4	30.6	41.6	998.4																																				
중	44	156.37	21.31	16.6	821																																				
소	285	135.7	11.85	12.02	1803																																				
수확량/m <sup>2</sup>		2.38kg	3622/1.52		3622																																				
					최대 : 길이150mm , 직경26mm																																				

배지번호 2-7	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	사양토+부엽토=7:3	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 낮음	-종균은 보이지 않음 -천마는 보이지 않음		습도 약 간 낮음	-천마 덩어리 4군데 있고 많은 잔뿌리와 종마크기 천마 달려 있음 -꽃솔나려고 하는 천마있음 -종균 뿌리뻗어서 천마에 붙어있음		습도 적당	-직경2cm이상 천마 6~7개 땅속에 자라고 있음 -종균도 땅속까지 뻗어 있음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>17</td> <td>185.7</td> <td>32.5</td> <td>48.6</td> <td>826.2</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>50</td> <td>116.9</td> <td>15.38</td> <td>15.11</td> <td>756</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>311</td> <td>98.4</td> <td>14.39</td> <td>9.78</td> <td>3042</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">3.79kg</td> <td colspan="2">=4624/1.22</td> <td>4624</td> </tr> </tbody> </table> <p>최대 : 길이190mm , 직경31mm</p>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	17	185.7	32.5	48.6	826.2	중	50	116.9	15.38	15.11	756	소	311	98.4	14.39	9.78	3042	수확량/m <sup>2</sup>	3.79kg		=4624/1.22		4624
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	17	185.7	32.5	48.6	826.2																																		
중	50	116.9	15.38	15.11	756																																		
소	311	98.4	14.39	9.78	3042																																		
수확량/m <sup>2</sup>	3.79kg		=4624/1.22		4624																																		

배지번호 2-8	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	사양토+부엽토=7:3	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																																
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거		하층 사양토 부분																																		
수확 관찰	습도	-천마는 보이지 않음 -종균은 보이지 않음		습도	-참나무 앞.뒷줄 모두 골고루 천마 자라 있음 -종균 뿌리 천마에 붙어 있음 -직경2cm이상 5~6개 있음	습도	-땅속에 직경1cm이상 천마 하나 자라고 있음 -종균 여러군데 땅속으로 뻗어있음																																	
	낮음			적당		적당																																		
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>22</td> <td>160.7</td> <td>31.5</td> <td>44.1</td> <td>970</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>54</td> <td>127.4</td> <td>14.61</td> <td>19.96</td> <td>1078</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>421</td> <td>107.6</td> <td>13.51</td> <td>9.5</td> <td>5263</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>4.81kg</td> <td colspan="2">=7311/1.52</td> <td>7311</td> </tr> </tbody> </table>					구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	22	160.7	31.5	44.1	970	중	54	127.4	14.61	19.96	1078	소	421	107.6	13.51	9.5	5263	수확량/m <sup>2</sup>		4.81kg	=7311/1.52		7311
		구분	개수 (개)			평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																															
대	22	160.7	31.5	44.1	970																																			
중	54	127.4	14.61	19.96	1078																																			
소	421	107.6	13.51	9.5	5263																																			
수확량/m <sup>2</sup>		4.81kg	=7311/1.52		7311																																			
				최대 : 길이170mm , 직경28mm																																				

배지번호 3-1	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+톱밥=1:1	중단	버미큘라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																																
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																	
수확 관찰	습도	-종균은 보이지 않음 -천마는 보이지 않음		습도	-천마 잔뿌리가 많음 -종균은 많지 않는데 천마에 붙어있음		습도	-천마는 보이지 않음 -종균은 보이지 않음																																
	낮음			낮음			적당																																	
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>11</td> <td>94.9</td> <td>18.5</td> <td>24.9</td> <td>274</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>51</td> <td>90.4</td> <td>9.71</td> <td>14.2</td> <td>724</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>151</td> <td>87.9</td> <td>10.47</td> <td>3.59</td> <td>542</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">1.26kg</td> <td colspan="2">=1540/1.22</td> <td>1540</td> </tr> </tbody> </table>				구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	11	94.9	18.5	24.9	274	중	51	90.4	9.71	14.2	724	소	151	87.9	10.47	3.59	542	수확량/m <sup>2</sup>	1.26kg		=1540/1.22		1540
		구분	개수 (개)		평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																
대	11	94.9	18.5	24.9	274																																			
중	51	90.4	9.71	14.2	724																																			
소	151	87.9	10.47	3.59	542																																			
수확량/m <sup>2</sup>	1.26kg		=1540/1.22		1540																																			
					최대 : 길이95mm , 직경20mm																																			

배지번호 3-2	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미쿨라이트+톱밥=1:1	중단	버미쿨라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																																
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																	
수확 관찰	습도 낮음	-종균은 보이지 않음 -천마는 보이지 않음		습도 낮음	-천마 잔뿌리가 많고 듬성듬성 자람 -종균은 많이 뻗어 있지 않음		습도 적당	-천마는 보이지 않음 -종균은 보이지 않음																																
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이130mm , 직경7mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>28</td> <td>128.9</td> <td>15.3</td> <td>13.85</td> <td>388</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>97</td> <td>92.1</td> <td>7.28</td> <td>3.09</td> <td>280</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.45kg</td> <td colspan="2">=688/1.52</td> <td>668</td> </tr> </tbody> </table>				구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	0	0	0	0	0	중	28	128.9	15.3	13.85	388	소	97	92.1	7.28	3.09	280	수확량/m <sup>2</sup>	0.45kg		=688/1.52		668
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																			
대	0	0	0	0	0																																			
중	28	128.9	15.3	13.85	388																																			
소	97	92.1	7.28	3.09	280																																			
수확량/m <sup>2</sup>	0.45kg		=688/1.52		668																																			



배지번호 3-3	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+톱밥=1:1	중단	펄라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																																
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거		하층 사양토 부분																																		
수확 관찰	습도	-천마 20가닥 정도 보임		습도	-참나무 앞줄 오른쪽에 천마덩어리 자람 -종균뿌리가 천마 감고 있음	습도	-천마는 보이지 않음 -종균은 보이지 않음																																	
	낮음	-종균 안보임		낮음		적당																																		
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이140mm , 직경20mm	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>17</td> <td>134.4</td> <td>16</td> <td>22.09</td> <td>376</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>14</td> <td>127.6</td> <td>9</td> <td>9.74</td> <td>136</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>115</td> <td>1146</td> <td>9.96</td> <td>6.1</td> <td>702</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>0.99kg</td> <td colspan="2">=1214/1.22</td> <td>1214</td> </tr> </tbody> </table>					구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	17	134.4	16	22.09	376	중	14	127.6	9	9.74	136	소	115	1146	9.96	6.1	702	수확량/m <sup>2</sup>		0.99kg	=1214/1.22		1214
		구분	개수 (개)			평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																															
대	17	134.4	16	22.09	376																																			
중	14	127.6	9	9.74	136																																			
소	115	1146	9.96	6.1	702																																			
수확량/m <sup>2</sup>		0.99kg	=1214/1.22		1214																																			

배지번호 3-4	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미쿨라이트+톱밥=1:1	중단	펄라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 낮음	-천마 2가닥 연필크기 만한 것 발견 -종균은 보이지 않음		습도 적당	-참나무 앞.뒷줄 천마덩어리 골고루 있음 -참나무 사이 마다 종균 뿌리들 뻗어 있음		습도 높음	-천마는 보이지 않음 -종균은 보이지 않음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이110mm , 직경15mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>11</td> <td>105.4</td> <td>13.71</td> <td>26</td> <td>286</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>22</td> <td>98.3</td> <td>10.57</td> <td>9.47</td> <td>208</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>164</td> <td>89.4</td> <td>8.41</td> <td>4.12</td> <td>676</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>0.77kg</td> <td colspan="2">=1170/1.52</td> <td>1170</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	11	105.4	13.71	26	286	중	22	98.3	10.57	9.47	208	소	164	89.4	8.41	4.12	676	수확량/m <sup>2</sup>		0.77kg	=1170/1.52		1170
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	11	105.4	13.71	26	286																																		
중	22	98.3	10.57	9.47	208																																		
소	164	89.4	8.41	4.12	676																																		
수확량/m <sup>2</sup>		0.77kg	=1170/1.52		1170																																		

배지번호 3-5	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	버미큘라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																																
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거		하층 사양토 부분																																		
수확 관찰	습도	-종균 뿌리 조금 드러남 -천마는 보이지 않음		습도	-천마 개수는 적으나 굵기가 직경 2cm정도 되는 것 1-2개 있음 -종균은 천마 굵은 것에 붙어있음	습도	-천마는 보이지 않음 -종균은 보이지 않음																																	
	낮음			낮음		적당																																		
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>7</td> <td>109.58</td> <td>22.37</td> <td>25.5</td> <td>179</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>11</td> <td>92.6</td> <td>9.6</td> <td>6.8</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>39</td> <td>58.51</td> <td>7.51</td> <td>4.14</td> <td>161</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>0.34kg</td> <td colspan="2">=415/1.22</td> <td>415</td> </tr> </tbody> </table>					구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	7	109.58	22.37	25.5	179	중	11	92.6	9.6	6.8	75	소	39	58.51	7.51	4.14	161	수확량/m <sup>2</sup>		0.34kg	=415/1.22		415
		구분	개수 (개)			평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																															
대	7	109.58	22.37	25.5	179																																			
중	11	92.6	9.6	6.8	75																																			
소	39	58.51	7.51	4.14	161																																			
수확량/m <sup>2</sup>		0.34kg	=415/1.22		415																																			
					최대 : 길이110mm , 직경25mm																																			

배지번호 3-6	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	버미큘라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거		하층 사양토 부분																																	
수확 관찰	습도 낮음	-천마는 보이지 않음 -중균 뿌리 3~4군데 보임		습도 낮음	-천마는 거의 없는데 잔뿌리가 조금 있음 -중균뿌리도 많지 않음 -참나무도 건조함	습도 적당	-천마는 보이지 않음 -중균은 보이지 않음																																
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>6</td> <td>119.5</td> <td>19.33</td> <td>23.7</td> <td>142</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>18</td> <td>94.82</td> <td>14.67</td> <td>10.26</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>79</td> <td>82.67</td> <td>8.62</td> <td>3.27</td> <td>258</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td></td> <td>0.38kg</td> <td colspan="2">=585/1.52</td> <td>585</td> </tr> </tbody> </table> <p>최대 : 길이120mm , 직경21mm</p>				구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	6	119.5	19.33	23.7	142	중	18	94.82	14.67	10.26	185	소	79	82.67	8.62	3.27	258	수확량/m <sup>2</sup>		0.38kg	=585/1.52		585
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	6	119.5	19.33	23.7	142																																		
중	18	94.82	14.67	10.26	185																																		
소	79	82.67	8.62	3.27	258																																		
수확량/m <sup>2</sup>		0.38kg	=585/1.52		585																																		

배지번호 3-7	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	펄라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																																
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																	
수확 관찰	습도	습도		습도	-참나무 사이 종균 뿌리가 나있지만 천마는 없음 -천마 잔뿌리 소량 있고 큰것은 없음	습도	-건조해서 약간 딱딱함 -천마 없음 -종균 땅속으로 뻗어있음																																	
	낮음	낮음							낮음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>7</td> <td>1443</td> <td>23.03</td> <td>346</td> <td>242</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>26</td> <td>88.83</td> <td>12.93</td> <td>10.01</td> <td>260</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>159</td> <td>78.29</td> <td>7.9</td> <td>3.4</td> <td>541</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.85kg</td> <td colspan="2">=1043/1.22</td> <td>1043</td> </tr> </tbody> </table>					구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	7	1443	23.03	346	242	중	26	88.83	12.93	10.01	260	소	159	78.29	7.9	3.4	541	수확량/m <sup>2</sup>	0.85kg		=1043/1.22		1043
		구분	개수 (개)								평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																										
대	7	1443	23.03	346	242																																			
중	26	88.83	12.93	10.01	260																																			
소	159	78.29	7.9	3.4	541																																			
수확량/m <sup>2</sup>	0.85kg		=1043/1.22		1043																																			
					최대 : 길이150mm , 직경24mm																																			

배지번호 3-8	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+톱밥=1:1	중단	펄라이트+톱밥=1:1	하단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.21																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 적당	-천마 1-2가닥 보임 -종균은 보이지 않음		습도 적당	-종균 뿌리는 거의 안보임 -천마 덩어리 5~6개 정도보임 -참나무 앞.뒷줄 골고루 천마 자람		습도 적당	-천마는 보이지 않음 -종균도 보이지 않음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이80mm , 직경17mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>1</td> <td>80</td> <td>17</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>84</td> <td>69.8</td> <td>10.07</td> <td>5.06</td> <td>425</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.28kg</td> <td colspan="2">=431/1.52</td> <td>431</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	0	0	0	0	0	중	1	80	17	6	6	소	84	69.8	10.07	5.06	425	수확량/m <sup>2</sup>	0.28kg		=431/1.52		431
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	0	0	0	0	0																																		
중	1	80	17	6	6																																		
소	84	69.8	10.07	5.06	425																																		
수확량/m <sup>2</sup>	0.28kg		=431/1.52		431																																		

2012년 비닐하우스 천마 수확, 분류, 측정 결과 기록지

배지번호 1-3	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+ 톱밥=1:1	중 단	펠라이트+ 톱밥=1:1	하 단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.03																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 건조	-한 두개의 새끼손가락만한 천마보임 -배지가 푸석푸석한 느낌의 건조한 상태		습도 적정	-천마가 듚성듚성 자라있음 -배지습도상태는 적당함		습도 과습	-많이 축축함 -황토색을 띠																															
수확후 분류 측정	건조			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이147mm , 직경21.4mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>15</td> <td>144</td> <td>19</td> <td>27.9</td> <td>418.5</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>14</td> <td>105</td> <td>13</td> <td>9.9</td> <td>138.6</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>150</td> <td>56</td> <td>12</td> <td>4.1</td> <td>615</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.96kg</td> <td colspan="2">=1172/1.22</td> <td>1172</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	15	144	19	27.9	418.5	중	14	105	13	9.9	138.6	소	150	56	12	4.1	615	수확량/m <sup>2</sup>	0.96kg		=1172/1.22		1172
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	15	144	19	27.9	418.5																																		
중	14	105	13	9.9	138.6																																		
소	150	56	12	4.1	615																																		
수확량/m <sup>2</sup>	0.96kg		=1172/1.22		1172																																		

배지번호 1-4	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+ 톱밥=1:1	중 단	펠라이트+ 톱밥=1:1(5cm)	하 단	사양토(15cm)	수확날짜 2012.03.03.																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 건조	-잔뿌리와 종마크기의 천마 보임 -배지는 건조한 상태		습도 건조	-배지 안으로 들어갈수록 습도가 적당히 남아있음 -천마뿌리들이 연결된 무더기가 확 인됨		습도 과습	-많이 축축함 -황토색을 띠																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대: 길이137mm , 직경16mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>23</td> <td>129.5</td> <td>18.6</td> <td>20</td> <td>460</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>21</td> <td>95</td> <td>12</td> <td>5.6</td> <td>117</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>47</td> <td>55</td> <td>12</td> <td>4.4</td> <td>206</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.52kg</td> <td colspan="2">=783/1.52</td> <td>783</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	23	129.5	18.6	20	460	중	21	95	12	5.6	117	소	47	55	12	4.4	206	수확량/m <sup>2</sup>	0.52kg		=783/1.52		783
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	23	129.5	18.6	20	460																																		
중	21	95	12	5.6	117																																		
소	47	55	12	4.4	206																																		
수확량/m <sup>2</sup>	0.52kg		=783/1.52		783																																		



배지번호 1-5	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미쿨라이트+ 톱밥=1:1	중 단	톱밥+ 버미=7:3	하 단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																																
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																	
수확 관찰	습도 적정	-표면이 많이 건조하지않음 -종마크기 천마가 몇군데 보임		습도 적정	-여러개의 천마가 달려있는 덩어리 가 세 덩어리정도 수확 -배지가 하얗게 묻쳐 있음		습도 과습	-많이 축축함 -황토색을 띠																																
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이170mm , 직경20.8mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>16</td> <td>165.2</td> <td>18</td> <td>21</td> <td>336</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>53</td> <td>81</td> <td>13.5</td> <td>5.6</td> <td>297</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>73</td> <td>72</td> <td>10</td> <td>4.2</td> <td>307</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.77kg</td> <td colspan="2">=940/1.22</td> <td>940</td> </tr> </tbody> </table>				구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	16	165.2	18	21	336	중	53	81	13.5	5.6	297	소	73	72	10	4.2	307	수확량/m <sup>2</sup>	0.77kg		=940/1.22		940
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																			
대	16	165.2	18	21	336																																			
중	53	81	13.5	5.6	297																																			
소	73	72	10	4.2	307																																			
수확량/m <sup>2</sup>	0.77kg		=940/1.22		940																																			

배지번호 1-6	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+ 톱밥=1:1	중단	톱밥+ 버미=7:3	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도	-비교적 습기 조금 있음 -종마 크기의 천마가 표면에 몇 가닥씩 보임		습도	-여러개의 천마가 달려있는 덩어리 가 네 덩어리정도 수확 -비교적 굵기가 굵음(종마크기)		습도	-많이 축축함 -황토색을 띠																															
	건조			적정			과습																																
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>11</td> <td>163.5</td> <td>30</td> <td>31.5</td> <td>346.5</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>66</td> <td>115</td> <td>12</td> <td>9.5</td> <td>627</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>162</td> <td>80</td> <td>11</td> <td>9.1</td> <td>1474</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>1.61kg</td> <td colspan="2">=2448/1.52</td> <td>2448</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	11	163.5	30	31.5	346.5	중	66	115	12	9.5	627	소	162	80	11	9.1	1474	수확량/m <sup>2</sup>		1.61kg	=2448/1.52		2448
		구분	개수 (개)		평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)				평균 무게 (g)	총계 (g)																												
대	11	163.5	30	31.5	346.5																																		
중	66	115	12	9.5	627																																		
소	162	80	11	9.1	1474																																		
수확량/m <sup>2</sup>		1.61kg	=2448/1.52		2448																																		
				최대 : 길이186mm , 직경30.5mm																																			

배지번호 1-7	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+ 톱밥=1:1	중단	사양토+ 부엽토=7:3	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																																
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																	
수확 관찰	습도 적정	-종마크기의 천마가 몇가닥 드러남 -표면은 건조하나 내부습도는 적당함		습도 적정	-여러 개의 천마가 달려있는 덩어리 가 네 덩어리정도 수확 -습도는 적당함		습도 과습	-많이 축축함 -황토색을 띠																																
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이156mm , 직경27.0mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>21</td> <td>153.7</td> <td>27.8</td> <td>39.4</td> <td>827.4</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>82</td> <td>101.2</td> <td>14.23</td> <td>12.7</td> <td>1041</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>191</td> <td>80.6</td> <td>10.12</td> <td>6.2</td> <td>1184</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">2.5kg</td> <td colspan="2">=3052/1.22</td> <td>3052</td> </tr> </tbody> </table>				구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	21	153.7	27.8	39.4	827.4	중	82	101.2	14.23	12.7	1041	소	191	80.6	10.12	6.2	1184	수확량/m <sup>2</sup>	2.5kg		=3052/1.22		3052
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																			
대	21	153.7	27.8	39.4	827.4																																			
중	82	101.2	14.23	12.7	1041																																			
소	191	80.6	10.12	6.2	1184																																			
수확량/m <sup>2</sup>	2.5kg		=3052/1.22		3052																																			

배지번호 1-8	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+ 톱밥=1:1	중단	사양토+ 부엽토=7:3	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도	-손가락 꺾기 종마들 6-7개 보임 -습도는 적당함 -꽃솔이 달려있는 종마 확인		습도	-노지에서 재배한 크기의 천마가 있 는데 꽃솔이 달려있고 종마에서 바로 자라 다른 잔뿌리가 없음		습도	-많이 축축함 -황토색을 띠																															
	적정			적정			과습																																
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>9</td> <td>170.5</td> <td>26</td> <td>38.6</td> <td>347.4</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>88</td> <td>153</td> <td>17</td> <td>13.8</td> <td>1214.4</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>68</td> <td>90</td> <td>10</td> <td>7.5</td> <td>510</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">1.63kg</td> <td colspan="2">=2072/1.52</td> <td>2072</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	9	170.5	26	38.6	347.4	중	88	153	17	13.8	1214.4	소	68	90	10	7.5	510	수확량/m <sup>2</sup>	1.63kg		=2072/1.52		2072
		구분	개수 (개)		평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																															
대	9	170.5	26	38.6	347.4																																		
중	88	153	17	13.8	1214.4																																		
소	68	90	10	7.5	510																																		
수확량/m <sup>2</sup>	1.63kg		=2072/1.52		2072																																		
					최대 : 길이324mm , 직경35mm																																		

배지번호 2-1	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+ 톱밥=1:1	중단	사양토+ 부엽토=7:3	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 적정	-몇가닥의 천마가 보임 -습도는 적당함		습도 과습	-잔뿌리가 많은 천마 덩어리 세 덩 어리정도 수확 -일부 천마 사양토 부분까지 뻗음		습도 과습	-많이 축축함 -검은색을 띠																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>5</td> <td>165.7</td> <td>28.1</td> <td>40.2</td> <td>201</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>97</td> <td>150.1</td> <td>20.8</td> <td>27.4</td> <td>2658</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>178</td> <td>120.5</td> <td>9.2</td> <td>9.5</td> <td>1691</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>3.73kg</td> <td colspan="2">=4550/1.22</td> <td>4550</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	5	165.7	28.1	40.2	201	중	97	150.1	20.8	27.4	2658	소	178	120.5	9.2	9.5	1691	수확량/m <sup>2</sup>		3.73kg	=4550/1.22		4550
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	5	165.7	28.1	40.2	201																																		
중	97	150.1	20.8	27.4	2658																																		
소	178	120.5	9.2	9.5	1691																																		
수확량/m <sup>2</sup>		3.73kg	=4550/1.22		4550																																		
				최대 : 길이195mm , 직경31.3mm																																			

배지번호 2-2	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+ 톱밥=1:1	중단	사양토+ 부엽토=7:3	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 적정	-손가락 크기 천마 몇가닥 보임 -습도는 적당함		습도 과습	-잔뿌리 많은 천마덩어리 다섯 덩어리 정도 수확 -습도가 비교적 높음		습도 과습	-많이 축축함 -검은색을 띠																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이168mm , 직경32mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>17</td> <td>165</td> <td>29</td> <td>39.6</td> <td>673</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>99</td> <td>105</td> <td>17</td> <td>23.5</td> <td>2327</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>232</td> <td>80</td> <td>9</td> <td>6.7</td> <td>154</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">2.075kg</td> <td colspan="2">=3154/1.52</td> <td>3154</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	17	165	29	39.6	673	중	99	105	17	23.5	2327	소	232	80	9	6.7	154	수확량/m <sup>2</sup>	2.075kg		=3154/1.52		3154
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	17	165	29	39.6	673																																		
중	99	105	17	23.5	2327																																		
소	232	80	9	6.7	154																																		
수확량/m <sup>2</sup>	2.075kg		=3154/1.52		3154																																		

배지번호 2-3	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+ 톱밥=1:1	중단	사양토+(펄+ 톱밥=1:1)=7:(3)	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																																
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																	
수확 관찰	습도 건조	-천마가 보이지 않음 -배지가 많이 푸석푸석함		습도 건조	-천마가 비교적 적게 수확됨 -배지 밀도가 낮음		습도 적정	-습도가 적당함 -황토색을 띠																																
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>4</td> <td>87</td> <td>25</td> <td>19.6</td> <td>78.4</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>25</td> <td>89</td> <td>11</td> <td>5.6</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>41</td> <td>52</td> <td>8</td> <td>1.5</td> <td>61</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.23kg</td> <td colspan="2">=279.9/1.22</td> <td>279.9</td> </tr> </tbody> </table> <p>최대 : 길이98mm , 직경26.3mm</p>				구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	4	87	25	19.6	78.4	중	25	89	11	5.6	40	소	41	52	8	1.5	61	수확량/m <sup>2</sup>	0.23kg		=279.9/1.22		279.9
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																			
대	4	87	25	19.6	78.4																																			
중	25	89	11	5.6	40																																			
소	41	52	8	1.5	61																																			
수확량/m <sup>2</sup>	0.23kg		=279.9/1.22		279.9																																			




배지번호 2-4	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	펄라이트+ 톱밥=1:1	중단	사양토+(펄+ 톱밥=1:1)=7:(3)	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																										
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거		하층 사양토 부분																												
수확 관찰	습도	-배지상태가 많이 푸석푸석함		습도	-배지 밀도가 낮음 -잔뿌리 달린 천마덩어리 네 덩어리 정도 수확	습도	-땅속으로 뺀 천마 있음 -황토색을 띠																											
	건조			적정		적정																												
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플																														
						<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>9</td> <td>125.1</td> <td>20</td> <td>20.5</td> <td>184.5</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>98</td> <td>110</td> <td>15</td> <td>7.1</td> <td>695.8</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>102</td> <td>64</td> <td>10</td> <td>2.2</td> <td>224.4</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.73kg</td> <td colspan="2">=1105/1.52</td> <td>1105</td> </tr> </tbody> </table> <p>최대 : 길이130mm , 직경27.3mm</p>					구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	9	125.1	20	20.5	184.5	중	98	110	15	7.1	695.8	소	102	64	10	2.2	224.4
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																													
대	9	125.1	20	20.5	184.5																													
중	98	110	15	7.1	695.8																													
소	102	64	10	2.2	224.4																													
수확량/m <sup>2</sup>	0.73kg		=1105/1.52		1105																													



배지번호 2-5	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+ 톱밥=1:1	중단	사양토+ 부엽토=7:3	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도	-손가락 크기 천마 3~4가닥 보임 -표면은 건조하나 내부는 적당한 습도		습도	-잔뿌리 달린 천마 덩어리 세 덩어리 정도나옴 -썩은것 2개정도 나옴		습도	-많이 축축함 -질은 황토색을 띠																															
	적정			적정			과습																																
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>60</td> <td>195</td> <td>15.5</td> <td>24</td> <td>1440</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>125</td> <td>130</td> <td>8</td> <td>7.9</td> <td>988</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>230</td> <td>75</td> <td>5</td> <td>3.8</td> <td>874</td> </tr> <tr> <td colspan="2">수확량/m<sup>2</sup></td> <td>2.46kg</td> <td colspan="2">=3002/1.22</td> <td>3002</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	60	195	15.5	24	1440	중	125	130	8	7.9	988	소	230	75	5	3.8	874	수확량/m <sup>2</sup>		2.46kg	=3002/1.22		3002
		구분	개수 (개)		평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																															
대	60	195	15.5	24	1440																																		
중	125	130	8	7.9	988																																		
소	230	75	5	3.8	874																																		
수확량/m <sup>2</sup>		2.46kg	=3002/1.22		3002																																		
				최대 : 길이204mm , 직경16.5mm																																			

배지번호 2-6	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+ 톱밥=1:1	중단	사양토+ 부엽토=7:3	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 건조	-천마 5~6가닥 정도 보임 -조금 건조한 상태		습도 적정	-잔뿌리 많은 천마덩어리 세 덩어리 정도 수확 -천마 굵기가 얇음		습도 적정	-그다지 습기가 많지 않음 -짙은 황토색을 띠																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이196mm , 직경29.7mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>6</td> <td>195</td> <td>26</td> <td>32.8</td> <td>196.8</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>105</td> <td>130</td> <td>13</td> <td>12.8</td> <td>1344</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>230</td> <td>75</td> <td>10</td> <td>4.8</td> <td>1104</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">1.74kg</td> <td colspan="2">=2645/1.52</td> <td>2645</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	6	195	26	32.8	196.8	중	105	130	13	12.8	1344	소	230	75	10	4.8	1104	수확량/m <sup>2</sup>	1.74kg		=2645/1.52		2645
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	6	195	26	32.8	196.8																																		
중	105	130	13	12.8	1344																																		
소	230	75	10	4.8	1104																																		
수확량/m <sup>2</sup>	1.74kg		=2645/1.52		2645																																		

배지번호 2-7	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미클라이트+ 톱밥=1:1	중단	펠트+ 톱밥=1:1	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 건조	-천마 잔뿌리 보임 -배지 상태가 건조함		습도 건조	-종균덩어리 그대로 굳어있음 -천마 날개로 나옴		습도 건조	-사양토가 매우 건조함																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플			<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>2</td> <td>108</td> <td>18</td> <td>14.7</td> <td>29.4</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>6</td> <td>92</td> <td>9</td> <td>4.1</td> <td>24.6</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>16</td> <td>57</td> <td>7</td> <td>2.4</td> <td>38.4</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.074kg</td> <td colspan="2">=92.4/1.22</td> <td>92.4</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	2	108	18	14.7	29.4	중	6	92	9	4.1	24.6	소	16	57	7	2.4	38.4	수확량/m <sup>2</sup>	0.074kg		=92.4/1.22		92.4
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	2	108	18	14.7	29.4																																		
중	6	92	9	4.1	24.6																																		
소	16	57	7	2.4	38.4																																		
수확량/m <sup>2</sup>	0.074kg		=92.4/1.22		92.4																																		
				최대 : 길이110mm , 직경21.3mm																																			

배지번호 2-8	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+ 톱밥=1:1	중단	펠트+ 톱밥=1:1	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분	
수확 관찰	습도	-천마 보이지 않음 -배지상태가 건조함		습도	-종균이 원형 그대로 굳어있음 -종마상태보다 조금 자라다가 썩은 것으로 보아 실험도중 환경에 의해 죽은듯함		습도	-건조하고 굳어있음
	건조			건조			건조	
수확후 분류 측정	수확량 없음		수확량 없음		수확량 없음			

배지번호 3-5	배지조건 (1 x 1.22m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+ 톱밥=1:1	중단	사양토+(펄+ 톱밥=1:1)=7:(3)	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도 건조	-천마 보이지 않음 -배지상태가 건조함		습도 건조	-타 배지에 비해 건조하긴 하나 습기가 조금은 있음 -잔뿌리 덩어리 작게 2개정도 있음		습도 건조	-다른배지의 사양토에 비해 많이 건조한 상태																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이132mm , 직경28.9mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>15</td> <td>121</td> <td>19</td> <td>14.7</td> <td>220.5</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>37</td> <td>76</td> <td>12</td> <td>4.6</td> <td>170</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>150</td> <td>52</td> <td>10</td> <td>3.1</td> <td>465</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.562kg</td> <td colspan="2">=855.5/1.52</td> <td>855.5</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	15	121	19	14.7	220.5	중	37	76	12	4.6	170	소	150	52	10	3.1	465	수확량/m <sup>2</sup>	0.562kg		=855.5/1.52		855.5
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	15	121	19	14.7	220.5																																		
중	37	76	12	4.6	170																																		
소	150	52	10	3.1	465																																		
수확량/m <sup>2</sup>	0.562kg		=855.5/1.52		855.5																																		

배지번호 3-6	배지조건 (1 x 1.52m <sup>2</sup> )	상 단	버미큘라이트+ 톱밥=1:1	중단	사양토+(펄+ 톱밥=1:1)=7:(3)	하단	사양토(5cm)	수확날짜 2012.03.03																															
수확 과정 사진	배지 10cm 제거			배지 20cm 제거			하층 사양토 부분																																
수확 관찰	습도  건조	-천마가 없고 장수풍뎅이 배설물이 있음		습도  적정	-장수풍뎅이 애벌레, 번데기 생장 중 -천마 소량 수확		습도  건조	-매우 건조해서 딱딱히 굳어있음																															
수확후 분류 측정	상,중, 하 크기 별 분류 및 측정			상,중, 하 크기 대표 샘플	 최대 : 길이121mm , 직경15.5mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>개수 (개)</th> <th>평균 길이 (mm)</th> <th>평균 직경 (mm)</th> <th>평균 무게 (g)</th> <th>총계 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>중</td> <td>2</td> <td>82</td> <td>12</td> <td>5.2</td> <td>10.4</td> </tr> <tr> <td>소</td> <td>5</td> <td>70</td> <td>9</td> <td>1.5</td> <td>7.5</td> </tr> <tr> <td>수확량/m<sup>2</sup></td> <td colspan="2">0.014kg</td> <td colspan="2">=17.9/1.22</td> <td>17.9</td> </tr> </tbody> </table>			구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)	대	0	0	0	0	0	중	2	82	12	5.2	10.4	소	5	70	9	1.5	7.5	수확량/m <sup>2</sup>	0.014kg		=17.9/1.22		17.9
구분	개수 (개)	평균 길이 (mm)	평균 직경 (mm)	평균 무게 (g)	총계 (g)																																		
대	0	0	0	0	0																																		
중	2	82	12	5.2	10.4																																		
소	5	70	9	1.5	7.5																																		
수확량/m <sup>2</sup>	0.014kg		=17.9/1.22		17.9																																		

#### 4) 뽕나무 버섯 균사속과 천마의 공생관계

##### (1) 뽕나무 버섯 균사속과 천마의 공생관계에 대한 조직학적 관찰

천마는 잎과 뿌리가 없는 난과 식물로 뽕나무버섯균 균사로부터 영양원을 공급받아 살아하는 기생식물로 알려져 있다. 천마에서 뽕나무 버섯균이 내생균근을 이루어 천마의 노화층 세포내에 침입하면 균사는 그의 침단이 파열되기 때문에 원형질과 핵을 토하여 놓게 되며 천마 피경의 세포는 소화 흡수하면서 영양을 섭취하게 되므로 천마는 뽕나무버섯을 떠나서는 생존 할 수 없는 것으로 알려져 있다.(Wang 등, 1992).

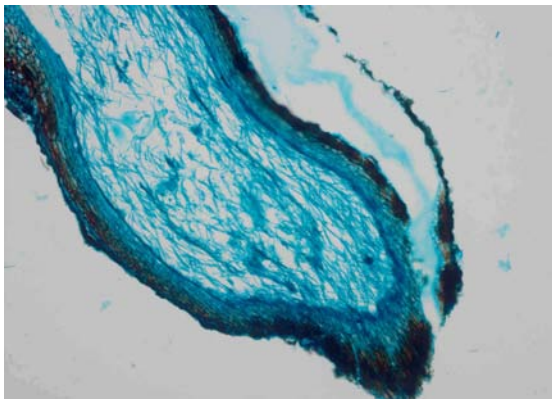
따라서 본 실험에서는 뽕나무 버섯균과 천마의 관계를 정확히 구명하는 것은 천마의 성장발육 과정을 탐색하는데 대단히 중요한 부분이며, 또 천마 생산의 최적 조건 확립과 높은 생산량을 내는데 일조할 수 있을 것으로 사료되어 천마의 성장과정 중 뽕나무버섯균 균사속과의 관계 구명을 위한 광학 및 전자현미경을 이용한 뽕나무버섯균 감염부위의 조직학적 관찰을 수행하였다(김용규 등, 2000).

시료는 판넬하우스재배에서 3차년도의 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토>의 배지에서이식 후 330일 동안 성장한 자마를 사용하였다. 천마와 뽕나무 버섯균 균사속과의 공생관계 규명을 위한 광학 및 전자현미경을 이용한 조직학적 연구를 수행한 결과, 천마에 의해서 유도된 뽕나무 버섯균의 균사속이 천마와 접촉하면 균사속의 침입에 의해 천마의 표피층은 심한 손상을 받게 되며, 뽕나무 버섯균의 균사속이 cortex층에 침입하여 내생균근을 형성하였다. 천마의 cortex층에 존재하는 내생균근으로부터 균사들이 각 피층세포에 침투해 들어간 균사속은 시간이 경과할수록 균사결속이 상당히 와해되어지며, 균사속으로부터 피층세포에 세포벽을 뚫고 세포 안으로 들어온 균사들은 천마에 의해 용해·분해·소화되어 뽕나무버섯 균사는 결국 천마의 영양원이 됨을 확인하였다. 또한 뽕나무 버섯균의 침식을 받은 cortical cell에서 세포 및 핵이 비감염 부위보다 약 1.5~2배 커짐을 확인할 수 있었다.

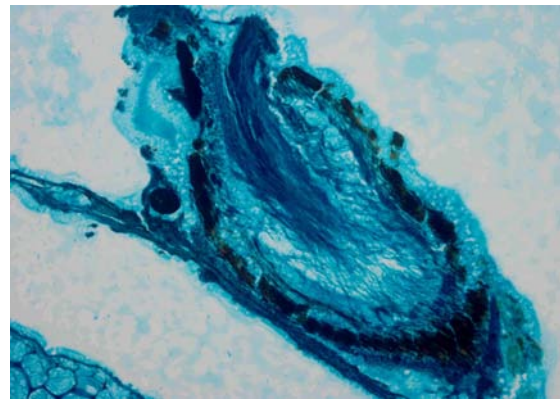
Photo 8.은 뽕나무버섯 균사속의 침식 및 분해과정에 대하여 광학현미경적 관찰을 한 결과이다. (A), (B)는 뽕나무 버섯균의 균사속을 중· 횡단으로 절단하여 관찰한 것이고, (C)는 천마에 의해서 유도된 뽕나무 버섯균의 균사속이 천마와 접촉하는 단계이다. (D)는 뽕나무 버섯균 균사속과 천마의 접촉이 일어난 후 뽕나무버섯 균사속이 천마의 조직내부로 침입하면서 천마의 표피층에 심한손상을 일으키게 된다는 것을 보여주고 있다. 뽕나무 버섯균은 기주식물에 대한 침투성이 강하여 감염초기에는 표피층에 심각한 붕괴현상을 유발하지만 일정시기가 경과하면 그 외향적인 흔적은 사라지고 뽕나무 버섯균 균사속은 천마의 cortex층에서 내생균근의 형태로 보이나 cortex층에는 크게 형성된 뚜렷한 뽕나무버섯 균사속을 볼 수 있다(E). 천마의 cortex층에 존재하는 내생균 균사속으로부터 균사들이 인접한 각 피층세포들에 침투해 들어간 후 (F)는 피층세포에 세포벽을 뚫고 세포 안으로 들어오기는 하나, 이때부터 천마의 각종 식균 효소들에 의해 용해되어 천마 중에서 분해, 소실되는 것으로 미루어 뽕나무버섯균 균사속은 결국 천마의 영양원으로 활용되는 것으로 추정된다. (G)는 뽕나무 버섯균이 침입 받지 않은 정상 cortex 세포조직을 종단면을 절단하여 관찰 한 결과이다. (H)는 뽕나무 버섯균의 침식을 받는 부위로서 세포의 크기와 세포의 핵의 크기가 비 감염 부위보다 약 1~1.5배 커짐을 확인 따라서 잎과 뿌리를 가지고 있지 않아 독립적으로 성장할 수 없는 천마와 뽕나무 버섯균의 공생관계가 확인되어진다.

Photo 9.는 빵나무 버섯균이 침입한 천마의 피층세포 부위를 전자현미경(SEM)으로 관찰한 결과로 (A)는 빵나무버섯균사가 침입하지 않은 정상세포이고 (B)는 천마의 내부로 침투한 빵나무버섯 균사속이 내생균근 형태로 천마의 피층세포에 분포하고 있는 모습으로 빵나무버섯균사에 감염된 세포이다. (C),(D)는 천마 피층세포의 침투된 모습으로 빵나무버섯균사의 모습이고 (E),(F)는 빵나무버섯균의 강력한 세포벽 용해효소에 의해 천마의 인접한 세포벽을 뚫고 천마의 세포내로 침입하나 이때부터 천마가 생산하는anti-fungal protein과 같은 항균성 물질들로 인하여 빵나무 버섯균의 생육이 정상적인 상태를 취하지 못하고 균사의 침단부위가 점점 뭉쳐지는 현상이다.

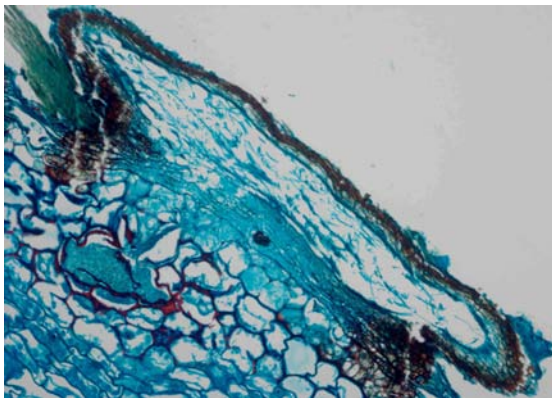
광학 및 전자현미경을 이용한 천마와 빵나무 버섯균 균사속과 공생관계 구명을 위한 조직학적 관찰은 천마 생산 중에 나타 날수 있는 많은 문제를 해결하고 진일보한 재배기술로 천마의 다수확을 꾀하는데 크게 기여할 것으로 생각된다.



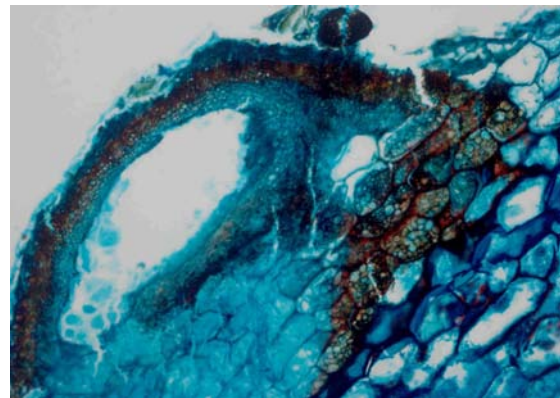
(A)



(B)

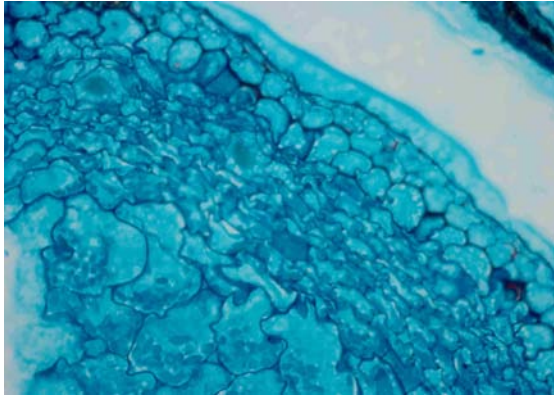


(C)

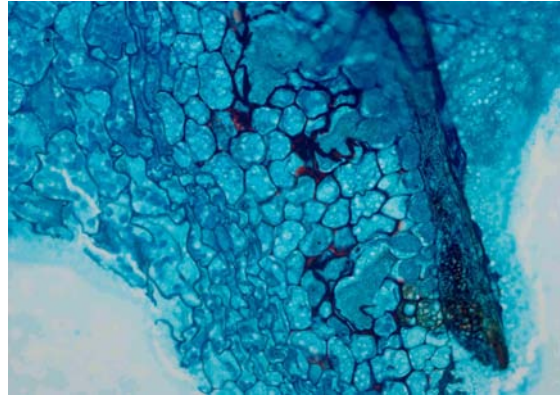


(D)

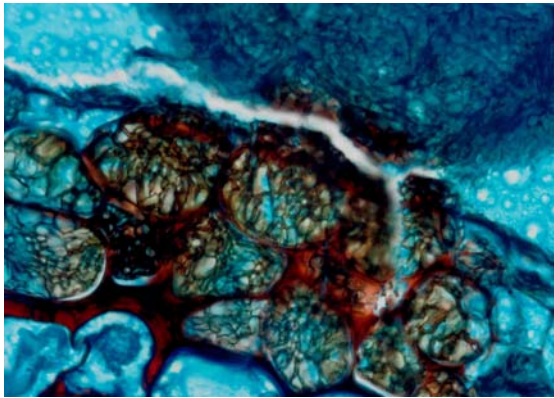




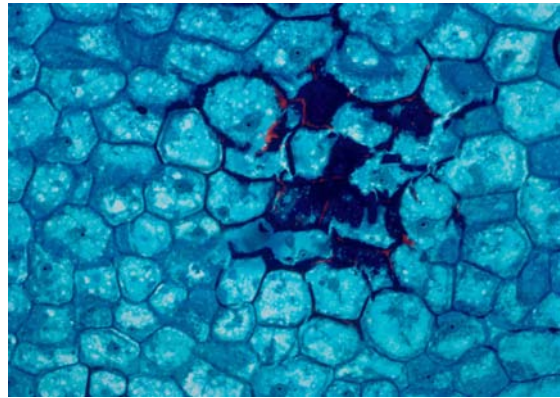
(E)



(F)



(G)



(H)

photo. 8. 광학 현미경을 이용한 천마에 대한 뽕나무 버섯균사의 침식 분해과정

A; 뽕나무버섯균사의 종단

B; 뽕나무버섯균사의 횡단

C; 뽕나무버섯균사와 천마의 접촉 (초기)

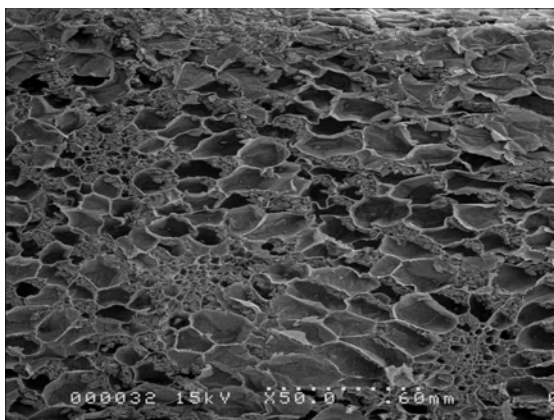
D; 뽕나무버섯균사와 천마의 접촉 (후기)

E; 뽕나무버섯균사가 침투하지 않은 세포

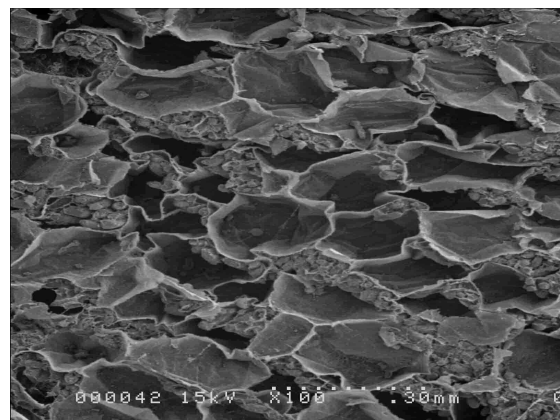
F; 뽕나무버섯균사가 침투된 세포

G; 뽕나무버섯균사가 침투된 천마의 Cortex

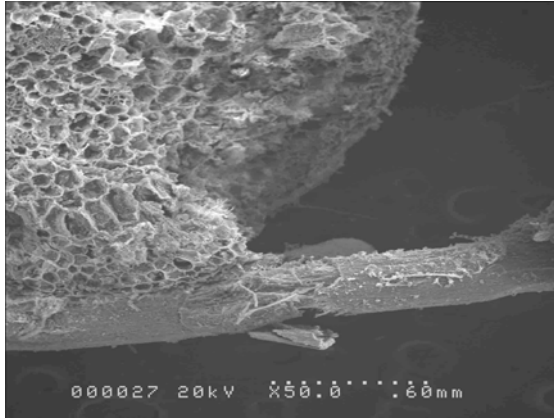
H; 뽕나무버섯균사가 침투된 천마의 세포



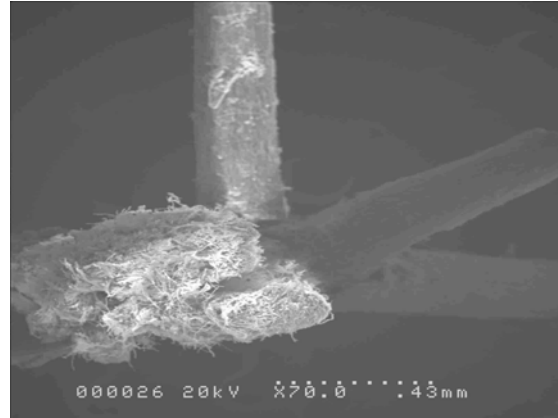
(A)



(B)



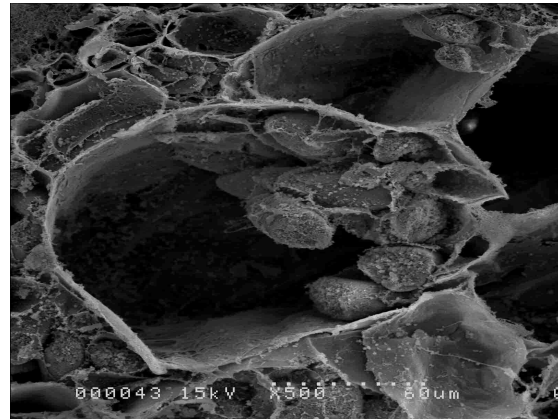
(C)



(D)



(E)



(F)

Photo. 9. 뽕나무버섯균이 침입한 천마의 피층세포 부위를 전자현미경(SEM) 관찰한 결과  
 A; 뽕나무버섯균에 침입하지 않은 정상세포 ( X 50배 )  
 B; 뽕나무버섯균에 감염된 세포 ( X 100배 )  
 C; 뽕나무버섯균사가 천마에 침투하는 모습 ( X 50배 )  
 D; 뽕나무버섯균사 ( X 70배 )  
 E; 뽕나무버섯균에 감염된 세포벽 ( X 400배 )  
 F; 뽕나무버섯균에 감염된 세포벽의 용혈된 부분 ( X 500배 )

## 다. 3년 연구결과 결론

시설재배에 적합한 천마 배지 재료 및 환경의 최적 조건 확립 연구 결과 다음과 같은 결과물을 얻었다.

시설재배를 위한 배지선별 실험과정에서 톱밥을 사용할 경우 재배 내가 과습일때 버섯과 곰팡이 서식이 빈번히 발생한다. 이를 위해서는 습도조절과 상층에 곰팡이나 버섯이 성장할 수 없는 배지재료로 도포하여야 한다.

### ● 시설재배 최적배지재료조합

12가지 조합에 대하여 3년간 비교 및 검증 실험을 연구한 결과 최적배지재료 조합은 <(필라이트30%)+톱밥(70%)/사양토(%)+부엽토(%)/사양토> 임을 구명하였다.

### ● 최적 환경 연구 결과

천마 시설 재배의 환경은 개발 비닐하우스와 파넬하우스를 건립하여 실험한 결과, '3층 단식 재배상자 및 배수구조물', '관수시스템, 냉·난방 온·습도 제어시스템' 그리고 '상·하층 온도편차 및 과습기 해소기'를 개발설치한 10cm 단열 압축판으로 건립된 판넬하우스에서 좋은 결과를 얻었으며 온도 조건은 20~27℃ 이내 이고 30℃ 이상 온도가 지속되는 날이 많으면 수확이 저조하고, 충분한 습도 유지가 필요하며 습분은 눈이나 촉감으로 촉촉한 정도가 유지 되어야 한다(40~50%). 그러나 시중의 습도 센서로는 천마 시설의 구조상 이러한 범위를 측정하기가 어려운 실정으로, 재배경험이 중요한 요소가 되고 있다.

### ● 배지조성 구조

하층에는 10~15cm의 사양토, 중간층에 부엽토(%)/사양토(%), 중간층 위에 30cm 참나무, 참나무 사이 3~4cm 두께 종균을 접착 일렬로 배열하고, 버미큘라이트(30%)+톱밥(70%) 배지로 참나무가 거의 다 묻힐 정도로 채운 다음, 균사 옆에 종마를 놓혀 이식하는 구조이다.

### ● 생육 실험으로부터 목표 달성 여부의 검토

- 생육과 생산량 목표: 생육기간은 1년, 750kg/ a(노지), 3단  
생육기간 1년, 7.5kg / m<sup>2</sup>(노지) 3단 이다

#### 본 연구 결과

<(필라이트30%)+톱밥(70%)/사양토(%)+부엽토(%)/사양토> 조합의 실험 결과

- 1.52m<sup>2</sup> 재배상자, 7.311g/1.52m<sup>2</sup> = 4.81kg/m<sup>2</sup> 수확./ 년  
3층 시설재배 일 겨우 : (4.81kg/m<sup>2</sup>(노지)) x 3층 = { 14.4 kg/m<sup>2</sup>(노지) · 3단 } 수확 가능
- 목표치 7.5kg / m<sup>2</sup>(노지) 3단 의 **1.87배** 달성 하였다.

### 3. 제 2 세 부: 시설재배와 노지재배 천마의 생약학적 품질평가 및 기능성 성분 비교연구

#### 가. 재료 및 방법

본 실험에서 노지재배 천마(*Gastrodiae Rhizoma*)는 충북 괴산군 청천면에서 재배하여 2011년 11월에 수확한 2년생을 사용하였으며, 판넬시설재배 및 비닐하우스재배 천마는 군사 접종 후 각각 330일 및 300일 동안 생육되어진 것을 사용하였다. 수확된 생천마는 수세 후 3~4mm 직경으로 세절하여 60℃ dry oven에서 건조하였고, 건조 절편을 분쇄기로 마쇄하여 분말 시료로 조제하였다. 분석용 시약 및 유기용매는 특급 또는 1급을 사용하였다.

#### 1) 시설 및 노지 재배 천마의 생약학적 품질평가

(1) 수분: AOAC법(1995)에 준하여 수분 함량을 105℃ 상압가열건조법으로 측정하였다.

(2) 회분: 대한약전(한국약학대학협의회 약전분과회 2003)에 따라 사기제 도가니를 500~550℃에서 1시간 강열하여 식힌 후 질량을 측정하고 분석용 검체 2g을 넣어 그 질량을 정밀하게 측정된 다음 도가니의 뚜껑을 덮고 약하게 가열하면서 서서히 온도를 올려 500~550℃에서 4시간 동안 강열하였으며, 탄화물이 남지 않을 때까지 회화하였다. 방치하여 식힌 후 그 질량을 정밀하게 측정하고 다시 잔류물을 항량이 될 때까지 회화하고 방치하여 식힌 다음 질량을 측정하여 회분량(%)을 산출하였다.

(3) 산불용성회분: 대한약전에 따라 회분에 묽은염산 25ml를 넣고 5분간 약한 열로 끓여 불용물을 정량용여과지로 여과한 후 잔류물을 열탕으로 씻어 여과지와 함께 건조한 다음, 회분항과 동일한 방법으로 3시간 강열하고 데시케이터에서 식혀 질량을 측정하였으며, 얻어진 함량에 대한 산불용성회분량(%)을 산출하였다.

(4) 엑스 함량: 대한약전 생약시험법에 따라 엑스 함량은 묽은 에탄올엑스 정량법으로 분석하였다. 분석용 검체 2.3g에 묽은에탄올 70ml를 넣어 5시간 동안 수시로 교반하면서 침출하고 16시간 상온에 방치한 다음 여과하였다. 플라스크 및 잔류물은 여액이 100ml로 될 때까지 묽은에탄올로 씻은 후, 여액 50ml를 수욕에서 증발건고하고 105℃에서 4시간 건조하여 데시케이터에서 식힌 다음 그 질량을 측정하고 2를 곱하여 검체량에 대한 엑스함량(%)을 산출하였다.

#### 2) 시설 및 노지 재배 천마의 식품학적 성분 분석

(1) 수분: 건조분말 시료의 수분 함량은 수분자동측정기(FD-720, Kett, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

(2) 조회분: 조회분은 직접회화법으로 도가니의 항량을 구하고 일정량의 시료를 취하여 회화로(Muffle furnace, Isuzu, Tokyo, Japan)에서 150℃에서 3시간, 300℃에서 3시간, 550℃에

서 5시간 동안 회화한 뒤 desiccator에서 20분간 방냉하여 항량을 구하고, 회화 전후의 항량차로써 조회분량을 산출하였다.

(3) 조지방: 조지방 함량은 조지방 자동추출기(Soxtec 2050, Foss, Hoganas, Sweden)를 이용하여 측정하였다.

(4) 조단백: 조단백질 함량은 kjeldahl법으로 측정하였다. 일정량의 시료를 kjeldahl 분해관에 넣고 분해촉매제와 진한 황산을 넣고 가열한 후, 냉각시켜 분산액을 취하고, 이것을 증류장치 내에 주입하여 과잉의 알칼리로 가열해서 얻은 NH<sub>3</sub> 기체를 냉각수를 이용하여 액체 상태로 포집하였다. 액체 상태로 포집한 NH<sub>3</sub>를 0.1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 반응시켜 중화한 후, 남은 0.1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 0.1N NaOH 용액으로 적정하여 조단백질 함량을 구하였다.

$$\text{조단백질 (\%)} = \frac{0.0014 \times (V_0 - V_1) \times F \times N}{S} \times 100$$

V<sub>0</sub> : 공시험의 0.1N NaOH 용액의 적정 소비량 (ml)

V<sub>1</sub> : 본시험의 0.1N NaOH 용액의 적정 소비량 (ml)

F : 0.1N NaOH 표준용액의 Factor

N : 질소계수 (6.25)

S : 시료의 채취량 (g)

0.0014 : 0.1N NaOH 1ml에 상당하는 N량 (g)

(5) 탄수화물: 탄수화물 함량은 시료 전체를 100%로 하고 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 함량(%)을 감하여 탄수화물의 함량(%)으로 하였다.

(6) 조섬유: 조섬유 함량은 조섬유자동추출기(Fiber test F-6, Raypa, Barcelona, Spain)를 이용하여 측정하였다.

(7) 환원당: 환원당 함량은 시료 5 g을 20배(v/w)의 증류수와 함께 마쇄한 다음 4℃, 8000 rpm에서 20분간 원심분리(Supra-21K, Hanil, Incheon, Korea)하여 얻어진 상층액을 filter paper(Whatman No. 1, Maidstone, England)로 여과하여 10배 희석한 것을 사용하였다. 각각의 시험관에 시료 1ml와 DNS(dinitrosalicylic acid)시약 1ml를 넣고, 끓는 물에서 10분 동안 중탕시켜 상온에서 충분히 냉각시킨 다음 증류수 3 mL를 넣어 550 nm에서 흡광도를 측정(U-2000, Hitachi, Tokyo, Japan)하였다. 이때 천마의 환원당 함량은 glucose(Sigma, St. Louis, Missouri, USA)를 표준물질로 하여 작성한 검량선으로부터 환산하였다.

### 3) 시설 및 노지 재배 천마의 기능성 성분 및 향산화활성

(1) 조사포닌 분석: 시료 2g에 물포화 butanol 용액 50ml를 넣고 80℃의 물증탕에서 1시간 환류추출한 후, 여과 잔류물에 물포화 butanol 용액 50ml를 가하여 환류추출하고 여과하

였다. 동일 조작을 1회 더 반복한 다음 잔류물을 물포화 butanol 용액 10ml로 씻고 여액과 세척액을 모아 분액여두에 넣고 증류수로 10ml씩 2회 분획하였다. 수용성층에 대해 물포화 butanol 10ml로 추출한 후, 앞서 분획한 물포화 butanol층과 합하여 40℃, 감압하에서 농축·건고하였다. 농축물에 diethyl ether 50ml를 가하고 36℃, water bath에서 30분간 환류추출한 후 diethyl ether 추출용액을 제거하였다. 획득된 잔류물을 105℃에서 2시간 건조한 다음 질량을 측정하여 조 사포닌 함량을 산출하였다(인삼연초연구소 1991).

(2) 총 페놀화합물 함량: 시료 분말 2g에 80% methanol 50ml을 넣고 열탕 중에서 환류냉각장치를 부착시켜 추출하였다. 여액을 40℃하에서 감압농축한 후 증류수 30ml에 녹여 diethyl ether 30ml씩 2회 용매분획하여 농축·건고하였다. MeOH에 용해된 추출검액 50 $\mu$ l를 넣고 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1ml과 50% Folin-Ciocalteau 시약 50 $\mu$ l를 가하여 상온에 30분간 반응시킨 후 multi-detection microplate reader(SpectraMax M2, Molecular Devices, USA)로 760nm에서 흡광도를 측정하였으며, gallic acid를 사용한 표준검량선으로부터 페놀함량 값을 산출하였다.

(3) 페놀성분 조성: 총 페놀화합물 추출검액 중의 페놀성분 조성은 HPLC(Waters, USA)로 분석하였다. HPLC 분석조건으로 컬럼은 Gemini 5 $\mu$  C18 110A ( $\phi$ 4.6 $\times$ 250mm, Phenomenex), 용출용매는 2% acetic acid 함유 초순수 : 0.5% acetic acid 함유 acetonitril 용액 (90 : 10), 유속은 0.8 ml/min, 검출기는 Waters 996 Photo diode array detector(280nm)를 사용하였다. 표준물질로써 4-hydroxybenzyl alcohol, 4-hydroxy-3-methoxybenzyl alcohol(vanillyl alcohol) 및 4-hydroxybenzaldehyde는 Aldrich(USA)사, 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde (vanillin)는 Junsei(Japan)사 제품을 사용하였다. 시료 중의 각 페놀성분 함유량은 4종의 표준 물질을 각각 500, 250, 100, 50ppm의 농도로 조제하여 작성된 검량선을 통해 산출하였다.

(4) 지방산 조성: 지방산은 Court 등(1982)의 방법에 따라 추출하여 GC/MS(Hewlett Packard 6890/5973, USA)로 분석하였다. 시설재배 및 노지재배 천마 분말 4g을 glutaric acid 50mg이 들어있는 methanol 40ml과 12% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 포함된 MeOH 60ml을 넣고 20시간 동안 추출한 후 Whatman No. 2 여지로 잔사를 제거하였다. 추출여액 50ml에 증류수 300ml을 첨가하여 chloroform으로 40ml씩 4회 분획한 다음, 획득된 chloroform층을 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 탈수하여 시료용액을 조제하였다. GC/MS 분석조건으로 HP-INNOWax(crosslinked polyethylene glycol, 0.25 mm I.D.  $\times$  30m capillary) column을 3℃/min로 40℃부터 250℃까지 승온하였으며, 유속 1 ml/min의 He gas를 사용하였다. 지방산 함량은 분석된 각 지방산 피크의 area 값과 표준물질인 Supleco<sup>TM</sup> 37 Component FAME MIX(SUPELCO Analytical, USA)내 동일한 지방산 피크의 area 값을 비교하여 정량하였다.

## (5) DPPH 라디칼 소거능

### (가) 추출물 분획

배지별 천마 및 노지천마 시료분말 6g에 80% methanol 50ml을 첨가하여 16시간 동안 교반하면서 추출하였다. 여과한 후 감압농축된 추출물을 50ml의 증류수에 용해시켜 hexane 50ml로 2회 분획하였다. 수용성층에 대해 50ml의 ethyl acetate로 3회 분획 후 획득된 ethyl acetate층

을 무수황산나트륨으로 탈수하고 40℃ 하에서 감압농축하여 추출물을 획득하였다.

#### (나) DPPH 소거활성 측정

천마 추출물의 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl)에 대한 전자공여능은 Bondet 등(1997)의 방법에 의해 측정하였다. DMSO에 용해된 시료용액 40 $\mu$ l를 300 $\mu$ M DPPH(Sigma-Aldrich, USA)용액 760 $\mu$ l에 첨가하여 30분간 37℃에서 반응시킨 후, 515nm에서의 흡광도를 UV/Visible spectrophotometer(Berkman, USA)을 이용하여 측정하였다. 천마 추출물의 전자공여능은 아래의 수식에 의해 %로 구하였다.

$$\text{소거능(\%)} = \{1 - (\text{추출물 첨가구의 흡광도} / \text{추출물 무첨가구의 흡광도})\} \times 100$$

### 나. 연구결과

#### 1) 시설 및 노지 재배 천마의 생약학적 품질평가

노지 생천마의 수분함량을 80.2%이었으며, 이 등(2002)이 보고한 81.2%와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 배지조건에 따라 비닐하우스 및 판넬시설 재배 천마의 수분함량 분포는 78.1~81.7%이었으며, 수확량이 양호한 <펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지의 천마는 약 81%로 노지 천마의 수분함량과 유사하였다(Table 1, Table 2).

물은 에탄올엑스함량은 시설 재배 천마가 노지 천마보다 전반적으로 함량이 낮은 것으로 나타났다. 이들 중 함량이 가장 높았던 비닐하우스 <버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 재배 천마(20.4%)가 노지 천마의 약 90% 수준이었다. 그러나 대한약전(2003)의 천마 공정생약 규격(물은 에탄올엑스함량 17.0% 이상)을 고려하면 비닐하우스 <버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지의 천마는 기준치를 상회하였으며, 판넬시설 재배 <펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 천마도 공정생약 규격에 거의 부합하였다.

회분과 산불용성회분의 경우 비닐하우스 및 판넬시설 재배 천마 모두 공정생약 규격(회분; 6.0% 이하, 산불용성회분; 0.4% 이하)에 적합한 것으로 확인되었다(Table 1, Table 2).

Table 1. 비닐하우스 재배 천마 생약학적 품질평가

(%)

배지	배지 조성 (골목상단배지/골목매몰배지/골목하단배지)	수분	뭍은 에탄올엑스	회분	산불용성회분
1-3	버미큘라이트+톱밥 펠라이트+톱밥 사양토	79.3 ± 0.5*	16.35 ± 0.46	3.30 ± 0.00	0.10 ± 0.00
1-5	버미큘라이트+톱밥 버미큘라이트+톱밥 사양토	78.4 ± 0.6	17.26 ± 0.39	3.50 ± 0.00	0.15 ± 0.00
1-7	버미큘라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	81.3 ± 0.8	20.39 ± 0.39	4.80 ± 0.00	0.15 ± 0.00
2-1	펠라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	81.1 ± 0.7	15.83 ± 0.58	4.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00
3-5	버미큘라이트+톱밥 사양토+(펠라이트:3+톱밥:7) 사양토	79.4 ± 0.6	18.35 ± 0.00	3.50 ± 0.00	0.10 ± 0.00
노지		80.2 ± 0.0	22.70 ± 0.60	3.00 ± 0.00	0.10 ± 0.00

\*3반복 평균 ± 표준오차.



Table 2. 관넬시설 재배 천마 생약학적 품질평가

(%)

배지	배지 조성 (골목상단배지/골목매몰배지/골목하단배지)	수분	물은에탄올엑스	회분	산불용성회분
1-2	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	78.03 ± 0.01*	13.45 ± 0.05	4.10 ± 0.03	0.01 ± 0.00
1-4	버미쿨라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	79.11 ± 0.01	14.67 ± 0.08	3.70 ± 0.02	0.01 ± 0.00
1-6	펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	78.55 ± 0.00	15.78 ± 0.04	3.90 ± 0.02	0.02 ± 0.00
1-8	펠라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	79.41 ± 0.01	15.14 ± 0.07	4.60 ± 0.02	0.01 ± 0.00
2-2	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	81.11 ± 0.00	15.74 ± 0.02	3.90 ± 0.03	0.01 ± 0.00
2-4	<b>버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토</b>	81.66 ± 0.01	17.00 ± 0.04	4.00 ± 0.01	0.01 ± 0.00
2-6	펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	81.23 ± 0.00	15.68 ± 0.05	3.70 ± 0.07	0.03 ± 0.00
2-8	<b>펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토</b>	81.50 ± 0.01	16.58 ± 0.05	4.40 ± 0.00	0.02 ± 0.00
3-2	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	80.46 ± 0.01	14.57 ± 0.04	4.80 ± 0.00	0.01 ± 0.00
3-4	버미쿨라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	79.04 ± 0.00	14.64 ± 0.02	3.80 ± 0.01	0.01 ± 0.00
3-6	펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	79.85 ± 0.00	16.26 ± 0.02	4.10 ± 0.00	0.01 ± 0.00
3-8	펠라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	80.19 ± 0.00	18.06 ± 0.02	4.60 ± 0.00	0.02 ± 0.00
노지		80.24 ± 0.00	22.70 ± 0.60	3.00 ± 0.00	0.10 ± 0.00

\*3반복 평균 ± 표준오차.

## 2) 시설 및 노지 재배 천마의 식품학적 성분 분석

노지 재배 천마의 일반성분은 천마 건조분말의 건물량을 기준으로 할때 수분 4.60%, 조회분 3.43%, 조지방 0.96%, 조단백질 6.93%, 탄수화물 84.08이었다. 한편 신 등(1999)은 동결건조분말을 분석하여 수분 3.05%, 조회분 3.06%, 조지방 1.51%, 조단백질 5.47%, 탄수화물 86.91%로 보고한 바 있다. 이 결과는 본 실험치와는 약간의 차이가 있으나, 건조방법의 상이함도 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 비닐하우스 재배와 노지 재배 천마의 일반성분을 비교로부터 수분함량은 <버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 천마가 6.90%로 1.5배 높았으며, 조단백질 함량은 비닐하우스 재배 천마가 약 10~30% 많은 것으로 나타났다. 이외의 일반성분인 조회분 및 조지방 함량은 노지 재배 천마와 비슷하였으며, 조섬유도 노지 천마에 비해 큰 차이가 없었다(Table 3).

비닐하우스 재배 천마의 환원당 함량은 노지 천마의 약 30~50%에 불과하였다(Table 4), 이와 같은 실험결과는 노지 천마에 비해 표피조직의 비율이 높은 소형 천마가 다수 포함된 시료의 사용이 일부 영향을 미쳤을 것으로 추정된다.

Table 3. 비닐하우스 및 노지 재배 천마 일반성분 비교

배지	Moisture	Crude ash	Crude lipid	Crude protein	Carbohydrate	Crude fiber
1-3 <sup>a</sup>	4.10±0.05 <sup>b</sup>	3.45±0.02	1.10±0.19	8.72±0.05	82.52±0.22	6.53±0.97
1-5	4.50±0.05	3.11±0.10	1.15±0.12	7.40±0.61	83.75±0.74	6.60±0.51
<b>1-7</b>	6.90±0.15	3.73±0.05	1.07±0.02	9.15±0.25	79.12±0.23	7.58±0.23
<b>2-1</b>	3.30±0.17	3.58±0.06	1.23±0.12	8.89±0.27	82.98±0.27	7.96±0.31
3-5	6.40±0.15	3.82±0.04	1.96±0.20	7.73±0.13	80.23±0.51	7.33±0.08
노지	4.60±0.10	3.43±0.31	0.96±0.11	6.93±0.55	84.08±0.80	7.34±0.59

<sup>a</sup>1-3: 버미쿨라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토, 1-5: 버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토, 1-7: 버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토, 2-1: 펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토, 3-5: 버미쿨라이트+톱밥/사양토+(펠라이트:3+톱밥:7)/사양토

<sup>b</sup>3반복 평균±표준편차.

Table 4. 비닐하우스 및 노지 재배 천마 환원당 함량 비교

배지	1-3 <sup>a</sup>	1-5	<b>1-7</b>	<b>2-1</b>	3-5	노지
Reducing sugar	4,845.1±29.6 <sup>b</sup>	3,919.6±24.5	3,460.8±6.8	4,884.3±105.4	5,276.5±40.8	11,166.7±24.5

<sup>a</sup>1-3: 버미쿨라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토, 1-5: 버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토, 1-7: 버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토, 2-1: 펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토, 3-5: 버미쿨라이트+톱밥/사양토+(펠라이트:3+톱밥:7)/사양토

<sup>b</sup>3반복 평균±표준편차.

### 3) 시설 및 노지 재배 천마의 기능성 성분 및 항산화활성

#### (1) 조사포닌 함량

노지재배 천마의 조사포닌 함량은 3.14%이었다(Table 5). 김 등(2000)은 동결건조한 천마분말의 조사포닌 함량을 3.768%로 보고하여 본 실험결과와는 약간의 차이가 있었다.

Table 5에 비닐하우스에서 재배된 천마에 대한 조사포닌 분석결과를 나타내었다. 이들 중 <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토>, <버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <펠라이트+톱밥/사양토+(펠라이트:3+톱밥:7)/사양토> 배지의 천마의 조사포닌 함량은 노지 재배 천마에 비해 각각 약 2.93배, 약 2.32배, 약 2.28배에 달하였으며, 나머지 2종 배지에서 재배된 천마도 노지 재배보다 높은 것으로 조사되었다.

관넬시설 배지조성별 재배 천마의 조사포닌 함량도 전반적으로 노지 재배 천마보다 약 1.09~2.00배 많았다(Table 6). 그러나 수량적으로 우수하였던 <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토>과 <버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지재배 천마의 경우, 비닐하우스재배사동일 배지들의 조사포닌 함량에 비해 각각 약 34%, 약 54% 수준으로 나타나 향후 추가적인 검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Table 5. 비닐하우스 재배 천마 조사포닌 함량

(%)

배지	배지 조성	조사포닌
1-3	버미큘라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	4.26 ± 0.01*
1-5	버미큘라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토	3.54 ± 0.02
1-7	버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	7.30 ± 0.02
2-1	펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	9.20 ± 0.05
3-5	펠라이트+톱밥/사양토+(펠라이트:3+톱밥:7)/사양토	7.15 ± 0.05
노지		3.14 ± 0.01

\*3반복 평균 ± 표준오차.

Table 6. 관넬시설 재배 천마 조사포닌 함량

(%)

배지	배지 조성	조사포닌
1-2	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	4.48 ± 0.00
1-4	버미쿨라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	4.17 ± 0.03
1-6	펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	3.94 ± 0.03
1-8	펠라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	3.48 ± 0.02
2-2	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	3.59 ± 0.03
2-4	버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	3.94 ± 0.03
2-6	펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	3.83 ± 0.03
2-8	펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	3.13 ± 0.03
3-2	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	3.42 ± 0.03
3-4	버미쿨라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	4.41 ± 0.04
3-6	펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	3.89 ± 0.00
3-8	펠라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	6.27 ± 0.03
노지		3.14 ± 0.01

\*3반복 평균 ± 표준오차.

## (2) 총 페놀화합물 함량

페놀화합물들은 식물 2차 대사산물의 주요 물질군으로서 항산화 반응에 직접적으로 관여하고, 또한 천마의 주요 약리성분들이 모두 페놀성 물질에 속한다는 점에서 총 페놀화합물 함량은 천마의 기능성을 평가하는 데 중요한 지표로 활용되고 있다. 기보에서 천마 분말의 총 페놀화합물 함량은 김 등(2006)이 14.2mg/g으로 보고한 바 있다. 본 실험의 노지재배 천마의 총 페놀화합물 함량은 14.502mg/g으로 김 등(2006)의 결과와 유사하였다(Table 7).

Table 7의 비닐하우스재배사 시험구들의 총 페놀화합물 함량은 노지 재배 천마에는 약간 못 미치는 약 79~93% 수준으로 나타났다. 한편 <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토>와 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지의 총 페놀화합물은 각각 12.760mg/g 및 13.455mg/g으로 노지 천마의 함량에 근접하였다.

관넬시설재배사 천마의 경우, <버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토>, <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토>, <펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토> 및 <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 천마는 노지 천마의 총 페놀화합물 함량을 상회하였으며, 나머지 시험구들은 노지 천마보다 낮은 분석치를 나타내었다.

Table 7. 비닐하우스 재배 천마 총 페놀화합물 함량

(mg/g, dry basis)

배지	배지 조성	총 페놀화합물
1-3	버미큘라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	13.273 ± 0.004
1-5	버미큘라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토	11.514 ± 0.002
1-7	버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	13.455 ± 0.003
2-1	펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	12.760 ± 0.003
3-5	펄라이트+톱밥/사양토+(펄라이트:3+톱밥:7)/사양토	13.464 ± 0.001
노지		14.502 ± 0.001

\*3반복 평균 ± 표준오차.

Table 8. 관별시설 재배 천마 총 페놀화합물 함량

(mg/g, dry basis)

배지	배지 조성	총 페놀화합물
1-2	버미큘라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토	13.505 ± 0.002
1-4	버미큘라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	14.483 ± 0.002
1-6	펄라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토	13.811 ± 0.004
1-8	펄라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	13.845 ± 0.002
2-2	버미큘라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토	16.806 ± 0.002
2-4	버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	15.344 ± 0.001
2-6	펄라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토	16.547 ± 0.013
2-8	펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	16.201 ± 0.006
3-2	버미큘라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토	11.883 ± 0.003
3-4	버미큘라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	8.771 ± 0.001
3-6	펄라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토	7.698 ± 0.003
3-8	펄라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	9.435 ± 0.004
노지		14.502 ± 0.001

\*3반복 평균 ± 표준오차.

### (3) 페놀화합물 조성

천마에 함유된 기능성 성분들의 약리학적 효능으로서 추출물과 gastrodin의 진정작용, gastrodin과 4-hydroxybenzyl alcohol의 기억력 증강작용, gastrodin과 4-hydroxybenzyl alcohol의 GABA agonist작용 및 glutamate 저해작용, vanillin의 항경련작용, 4-hydroxybenzyl alcohol의 serotonergic receptor antagonist작용, 추출물과 4-hydroxybenzyl alcohol 및 vanillin의 항산화작용 등이 보고되어 있다(김과 안 1999; 김 등 1999; 용 등 1999; 허 등 2006). 따라서 천마의 효능에 관련된 페놀화합물 4-hydroxybenzyl alcohol, 4-hydroxy-3-methoxybenzyl alcohol(vanillyl alcohol), 4-hydroxybenzaldehyde, 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde(vanillin)를 표준물질로 사용하여 비닐하우스, 판넬시설 및 노지 재배 천마의 페놀화합물 조성을 비교 분석하였다. Fig. 1과 Fig. 2에 비닐하우스의 펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토 배지에서 재배된 천마와 노지 천마를 분석한 결과를 예시하였다.

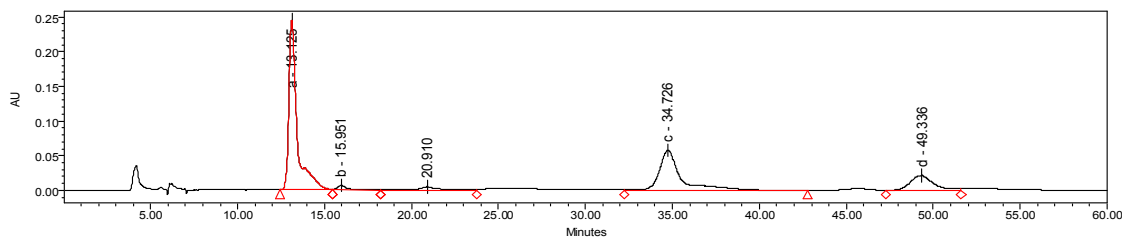


Figure 1. 하우스 펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토 배지 재배 천마 HPLC Chromatogram.

- a. 4-hydroxybenzylalcohol
- b. vanillyl alcohol
- c. 4-hydroxybenzaldehyde
- d. vanillin

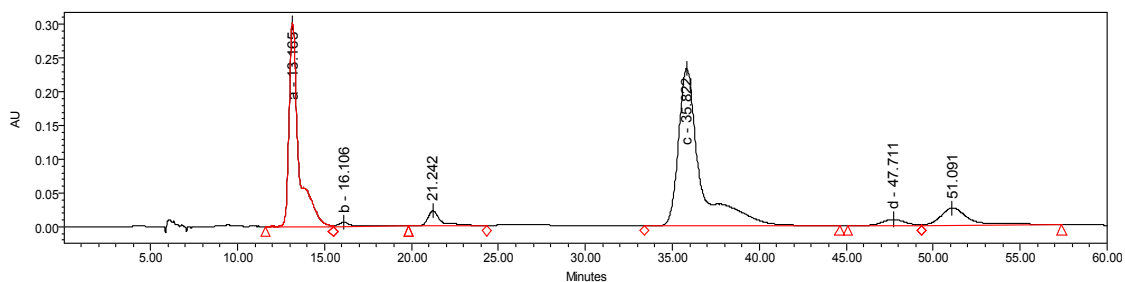


Figure 2. 노지 재배 천마 HPLC Chromatogram.

- a. 4-hydroxybenzyl alcohol
- b. vanillyl alcohol
- c. 4-hydroxybenzaldehyde
- d. vanillin

Table 9에서 비닐하우스 재배 천마들의 약리작용에 관련된 페놀화합물들을 합산한 결과, 노지 재배와 동등한 배지조성은 <펠라이트+톱밥/사양토+(펠라이트:3+톱밥:7)/사양토>이었으며, 여타 시험구들은 노지 천마보다 30% 이상 낮은 함량을 보였다. 4종의 페놀화합물이 모두 검출된 시험구는 노지 재배 천마와 <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 재배 천마뿐으로 나머지 배지에서는 3종만이 확인되었다. 시험구들 중 생육이 양호했던 <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토>와 <버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지의 천마는 각각 노지 천마의 약 66% 및 약 69% 수준으로 나타났다.

판넬시설 재배 천마에서도 <버미큘라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토> 배지를 제외한 여타 배지조성에서는 노지 천마보다 기능성 페놀화합물의 함량이 낮은 편이었다. <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지의 천마는 각각 노지 천마의 약 68% 및 약 74% 수준으로 비닐하우스 재배와 크게 차이하지 않았다. 한편 <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 재배 천마에서 3종의 페놀화합물만이 검출되어 비닐하우스의 동일 배지와 상이한 결과를 나타내었다(Table 10).

Table 9. 비닐하우스 재배 천마 페놀화합물 조성

		(mg/g, dry basis)				
배지	배지 조성	4-hydroxybenzyl alcohol	vanillyl alcohol	4-hydroxybenz aldehyde	vanillin	합계
1-3	버미큘라이트+톱밥 펠라이트+톱밥 사양토	1.834±0.001	0.025±0.001	0.148±0.001	-	2.007
1-5	버미큘라이트+톱밥 버미큘라이트+톱밥 사양토	0.140±0.001	-	0.138±0.001	0.010±0.001	0.288
1-7	버미큘라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	1.815±0.001	-	0.118±0.001	0.088±0.001	2.021
2-1	펠라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	1.775±0.001	0.035±0.001	0.075±0.001	0.057±0.001	1.942
3-5	펠라이트+톱밥 사양토+(펠라이트:3+톱밥:7) 사양토	2.558±0.001	-	0.392±0.001	0.019±0.001	2.969
노지		2.547±0.001	0.038±0.001	0.334±0.001	0.023±0.001	2.942

\*3반복 평균±표준오차.



Table 10. 관넬시설 재배 천마 페놀화합물 조성

(mg/g, dry basis)

배지	배지 조성	4-hydroxybenzyl alcohol	vanillyl alcohol	4-hydroxybenz aldehyde	vanillin	합계
1-2	버미쿨라이트+톱밥 사양토	2.160 ± 0.001	-	0.083 ± 0.002	0.019 ± 0.001	2.262
1-4	버미쿨라이트+톱밥 사양토	3.440 ± 0.001	-	0.211 ± 0.002	0.014 ± 0.002	3.665
1-6	버미쿨라이트+톱밥 사양토	2.582 ± 0.002	-	0.115 ± 0.003	0.077 ± 0.001	2.774
1-8	버미쿨라이트+톱밥 사양토	1.313 ± 0.001	-	0.089 ± 0.001	0.016 ± 0.001	1.236
2-2	버미쿨라이트+톱밥 사양토	1.912 ± 0.001	0.044 ± 0.001	0.087 ± 0.001	0.014 ± 0.002	2.057
2-4	버미쿨라이트+톱밥 사양토:7+부엽토:3 사양토	2.051 ± 0.002	-	0.096 ± 0.002	0.016 ± 0.002	2.163
2-6	버미쿨라이트+톱밥 사양토	2.454 ± 0.003	-	0.101 ± 0.003	0.022 ± 0.001	2.577
2-8	버미쿨라이트+톱밥 사양토:7+부엽토:3 사양토	1.873 ± 0.001	-	0.095 ± 0.002	0.026 ± 0.002	1.994
3-2	버미쿨라이트+톱밥 사양토	-	0.046 ± 0.001	0.054 ± 0.001	0.013 ± 0.001	0.113
3-4	버미쿨라이트+톱밥 사양토	-	0.047 ± 0.001	0.016 ± 0.003	0.017 ± 0.002	0.080
3-6	버미쿨라이트+톱밥 사양토	0.321 ± 0.002	0.018 ± 0.001	0.019 ± 0.001	0.019 ± 0.001	0.377
3-8	버미쿨라이트+톱밥 사양토	0.354 ± 0.001	0.013 ± 0.001	0.054 ± 0.002	0.014 ± 0.001	0.435
노지		2.547 ± 0.001	0.038 ± 0.001	0.334 ± 0.001	0.023 ± 0.001	2.942

\*3반복 평균 ± 표준오차.

#### (4) 지방산 조성

천마의 재배시설별, 배지조성별 지방산 함량을 비교하기 위하여 Table 11, 12와 같이 GC/MS로 분석하였다.

그 결과 포화지방산으로 myristic acid, pentadecanoic acid, palmitic acid, stearic acid, tricosanoic acid의 5종 및 불포화지방산으로 palmitoleic acid, heptadecanoic acid, linoleic acid, oleic acid, behenic acid의 5종이 분리·동정되었다.

Table 11에 비닐하우스에서 수확한 배지별 천마 및 노지에서 재배한 천마의 지방산 함량을 제시하였다. 지방산 함량은 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>와 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토> 배지에서 비교적 높은 값을 나타내었다. <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토> 배지의 경우 특히 myristic acid, pentadecanoic acid, stearic acid, heptadecanoic acid 및 behenic acid가 다른 시험구에 비해 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 그 반면 myristic acid의 함량이 가장 적었던 것은 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+(펠라이트3:톱밥7;30%)/사양토> 조건의 배지에서 재배 수확한 천마로 18.1 $\mu\text{g/g}$ 이었고, pentadecanoic acid의 함량이 가장 적었던 것은 노지에서 재배한 천마로 함량은 14.6 $\mu\text{g/g}$ 이었다. Stearic acid의 함량이 가장 적었던 것은 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+(펠라이트3:톱밥7;30%)/사양토> 조건으로 25.4 $\mu\text{g/g}$ , heptadecanoic acid의 함량이 가장 적었던 것은 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 조건으로 20.4 $\mu\text{g/g}$ 이었으며, behenic acid의 함량이 가장 적었던 것은 노지 천마로 12.0 $\mu\text{g/g}$ 이었다. 배지조성간의 지방산 함량을 비교하여 보면 1.5배~4배 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 palmitic acid, tricosanoic acid, palmitoleic acid, linoleic acid, oleic acid의 5종이 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토> 조건에서 각각 826.5 $\mu\text{g/g}$ , 25.1 $\mu\text{g/g}$ , 67.1 $\mu\text{g/g}$ , 44.6 $\mu\text{g/g}$ , 492.2 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 많은 것으로 나타났다. 그 반면 palmitic acid는 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+(펠라이트3:톱밥7;30%)/사양토>조건에서 26.4 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 적었고, tricosanoic acid는 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 조건에서 5.5 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 적었으며, palmitoleic acid, linoleic acid, oleic acid 3종은 노지재배 조건에서 각각 401.6 $\mu\text{g/g}$ , 150.4 $\mu\text{g/g}$ , 12.0 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 적었다.

이와 같은 결과에 따라 노지천마에 비해 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>조건과 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>조건의 배지에서 지방산 함량이 많은 천마를 수확할 수 있다는 사실을 확인하였다.

Table 12에 판넬시설에서 수확한 배지조성별 천마의 지방산 함량을 나타내었다. Myristic acid, stearic acid, heptadecanoic acid, oleic acid의 함량이 가장 많았던 배지 조건은 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>으로 각각 38.1 $\mu\text{g/g}$ , 64.2 $\mu\text{g/g}$ , 80.8 $\mu\text{g/g}$ , 475.5 $\mu\text{g/g}$ 이었다. 반면 myristic acid는 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 조건에서 20.2 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 적었고 stearic acid는 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 배지 조건에서 22.1 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 적은 것으로 나타났다. Heptadecanoic acid는 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토>배지

조건에서 35.4 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 적었으며, oleic acid는 <펠라이트(30%)+톱 284쪽 밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 배지조건에서 208.4 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 적었다. 특히 pentadecanoic acid, palmitic acid, palmitoleic acid의 함량이 가장 많았던 배지조건은 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>으로 각각 48.8 $\mu\text{g/g}$ , 834.5 $\mu\text{g/g}$ , 70.2 $\mu\text{g/g}$ 이었다. 한편 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 배지조건에서의 동일 지방산 함량은 각각 19.7 $\mu\text{g/g}$ , 455.5 $\mu\text{g/g}$ , 24.4 $\mu\text{g/g}$ 으로 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>에 비해 1.8배~2.8배 적은 것으로 나타났다. 또한 tricosanoic acid, linoleic acid, behenic acid 3종 지방산 함량이 가장 많았던 배지조건은 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토>로 각각 26.5 $\mu\text{g/g}$ , 480.2 $\mu\text{g/g}$ , 24.8 $\mu\text{g/g}$ 이었으며, <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 배지의 tricosanoic acid의 함량은 4.5 $\mu\text{g/g}$ 으로 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토>에 비해 5배 이상 적은 것으로 나타났다. 그리고 linoleic acid, behenic acid는 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 배지조건에서 각각 254.8 $\mu\text{g/g}$ , 15.2 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 적었다. 이와 같은 결과에 의해 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>, <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 및 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토> 배지의 지방산 함량이 여타 배지조건의 시험구들보다 많은 것으로 확인되었다.

Table 13에 동일한 배지조건으로 비닐하우스 및 판넬시설에서 재배된 천마의 지방산 함량을 비교한 결과를 나타내었다. 전반적으로 판넬시설에서 재배한 천마는 비닐하우스재배 천마보다 지방산 함량이 많은 경향을 보였으며, 특히 stearic acid와 tricosanoic acid 2종을 제외한 8종 지방산 함량이 많게 나타났다. 지방산 함량 측면에서만 볼 때 이러한 결과는 판넬시설의 재배환경이 비닐하우스보다 양호한 것으로 유추하게 하였다.

본 실험결과, 시설재배 조건이 노지재배보다 지방산 함량면에서 양호한 것으로 평가되었으며, 이를 위한 배지조성으로는 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토> 및 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>가 적합한 것으로 사료된다.

Table 11. 비닐하우스 및 노지 재배 천마 지방산 조성  
( $\mu\text{g}$  fatty acid/g, dry basis)

Compound	Contents					
	1	2	3	4	5	6
Myristic acid	24.8	20.1	28.8	30.1	18.1	-
Pentadecanoic acid	44.6	33.2	50.4	51.1	22.7	14.6
Palmitic acid	802.1	751.6	826.5	706.5	432.6	401.6
Stearic acid	60.4	42.1	64.8	65.8	33.0	17.5
Tricosanoic acid	21.6	5.5	25.1	24.8	8.3	20.4
Palmitoleic acid	55.2	46.8	67.1	64.3	26.4	29.8
Heptadecanoic acid	76.4	20.4	77.9	80.1	25.4	26.8
Linoleic acid	435.5	364.8	446.5	450.7	226.3	150.4
Oleic acid	450.1	391.5	492.2	487.1	300.2	86.4
Behenic acid	19.2	10.4	20.4	21.1	15.7	12.0

- 1; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 2; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 3; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
- 4; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
- 5; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+(펄라이트3:톱밥7:30%)/사양토
- 6; 노지

Table 12. 배지재료별 관별시설 재배 천마의 지방산 조성 (µg fatty acid/g, dry basis)

Compound	Contents					
	1	2	3	4	5	6
Myristic acid	25.5	21.5	30.2	25.6	20.2	38.1
Pentadecanoic acid	43.6	35.6	48.8	43.2	19.7	40.5
Palmitic acid	821.4	645.7	834.5	735.5	455.5	748.5
Stearic acid	62.4	22.1	61.3	56.2	44.0	64.2
Tricosanoic acid	19.5	16.4	18.4	26.5	4.5	17.5
Palmitoleic acid	58.2	50.2	70.2	65.3	24.4	46.8
Heptadecanoic acid	75.4	35.4	80.6	70.8	34.7	80.8
Linoleic acid	424.7	254.8	450.2	480.2	304.5	425.5
Oleic acid	461.0	387.6	384.2	208.4	256.4	475.5
Behenic acid	21.2	15.2	19.2	24.8	16.8	20.8

- 1; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 2; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 3; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토  
 4; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 5; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 6; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토

Table 13. 비닐하우스 및 관넬시설 재배 천마의 지방산 함량 비교

( $\mu\text{g}$  fatty acid/g, dry basis)

Compound	Contents					
	1	2	3	4	5	6
Myristic acid	24.8	20.1	28.8	25.5	21.5	30.2
Pentadecanoic acid	44.6	33.2	50.4	43.6	35.6	48.8
Palmitic acid	802.1	751.6	826.5	821.4	645.7	834.5
Stearic acid	60.4	42.1	64.8	62.4	22.1	61.3
Tricosanoic acid	21.6	5.5	25.1	19.5	16.4	18.4
Palmitoleic acid	55.2	46.8	67.1	58.2	50.2	70.2
Heptadecanoic acid	76.4	20.4	77.9	75.4	35.4	80.6
Linoleic acid	435.5	364.8	446.5	424.7	254.8	450.2
Oleic acid	450.1	391.5	492.2	461.0	387.6	384.2
Behenic acid	19.2	10.4	20.4	21.2	15.2	19.2

- 1; 비닐하우스-버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 2; 비닐하우스-버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 3; 비닐하우스-버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토  
 4; 관넬시설-버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 5; 관넬시설-버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 6; 관넬시설-버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토

### (5) 항산화 효능 평가

페놀성 화합물들은 식물계에 널리 분포하는 2차대사산물의 일종으로서 phenolic hydroxyl기를 분자구조내에 보유함으로써 단백질이나 기타 거대분자들과 결합하여 항산화, 항암 등의 다양한 생리활성을 나타낸다. 생체 내 산소가 유입되어 세포 내에서 이용될 때, superoxide anion radical ( $\cdot\text{O}_2$ ), hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), hydroxyl radical ( $\cdot\text{OH}$ ), single oxygen ( $1\text{O}_2$ ), 그리고 지질의 free radical 즉, alkoxy radical( $\text{RO}\cdot$ ), alkoxy peroxy radical ( $\text{ROO}\cdot$ )과 같은 활성산소종이 부산물로 생성된다. 이러한 활성산소 종은 많은 질환을 초래하기 때문에 활성 종에 의해 유발된 질환을 예방할 뿐만 아니라, 그 발암성과 독성이 문제시되고 있는 합성 항산화제를 대체하기 위해, 천연물로부터 강력하면서도 독성이 없는 천연 항산화제를 찾아내는 것이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

DPPH 라디칼 소거능은 DPPH가 추출물 내 항산화물질에 의해 전자나 수소를 받아 불가역적으로

안정한 분자를 형성하여 환원되어짐에 따라 짙은 자색이 탈색되어지는 원리를 이용하여 측정한다. 전자공여 작용은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 기질(substence)의 지방질 산화를 억제하는 목적으로 사용되고 있을 뿐만 아니라, 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 목적으로 이용되고 있다.

Fig. 3.에 비닐하우스에서 배지조성별로 재배된 천마에 대한 DPPH free radical 소거능 활성을 비교하여 제시하였다. DPPH free radical 소거능 활성은 200 $\mu\text{g/ml}$ 의 농도에서 배지 1번부터 5번까지 각각 50.18%, 50.48%, 62.97%, 53.34%, 54.44%로써 배지조성간에 크게 차이가 없는 것으로 나타났으며, 49.64%의 노지 천마와 비슷하거나 약간 높은 경향이였다. 가장 활성이 높았던 62.97%의 배지조성은 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>에서 재배된 천마이었으며, 가장 낮은 49.64%의 활성을 보였던 배지는 <펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+(펄라이트3:톱밥7:30%)/사양토>이었다.

관넬시설에서 배지조성별로 재배된 천마의 DPPH free radical 소거능 활성은 200 $\mu\text{g/ml}$ 의 농도에서 배지 1번부터 6번까지 각각 50.95%, 49.16%, 51.67%, 49.46%, 53.30%, 47.73%로 나타났다 (Fig. 4). <펄라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토>배지는 53.30%의 최고 활성을, <펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토>배지는 47.73%로서 최저 활성을 보였으나, 배지조성별로 DPPH free radical 소거능 활성의 차이는 크게 나타나지 않았다. 따라서 본 시설재배에 있어서 배지조성이 DPPH free radical 소거능 활성에 미치는 영향은 미약한 것으로 확인되었다.

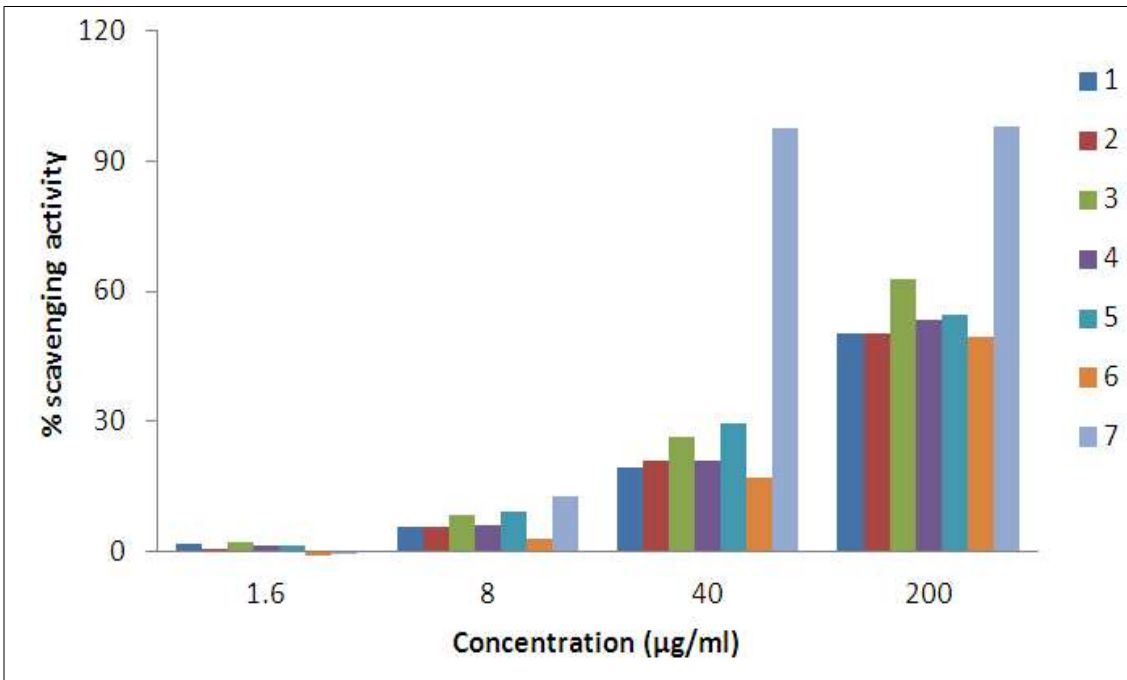


Figure 3. 배지재료별 비닐하우스 재배 천마 DPPH free radical 소거능 활성 비교

- 1; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 2; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 3; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
- 4; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토

- 5; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+(펄라이트3:톱밥7:30%)/사양토
- 6; 노지 천마
- 7; Ascorbic acid

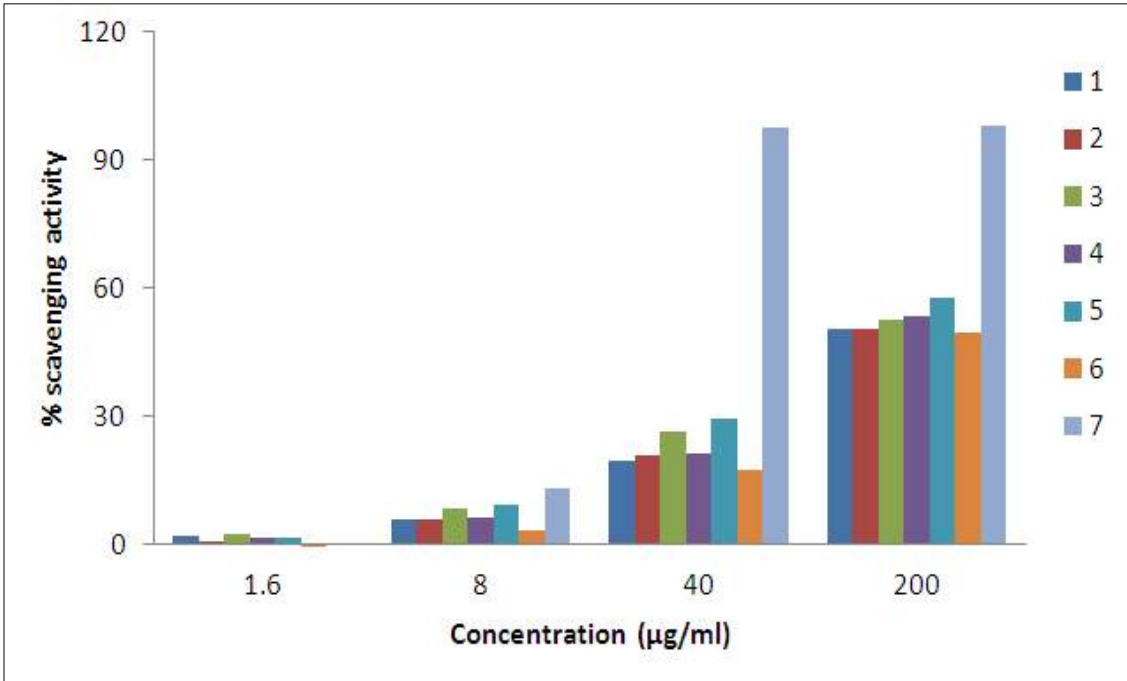


Figure 4. 배지재료별 판넬시설 재배 천마 DPPH free radical 소거능 활성 비교

- 1; 버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 2; 버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 3; 버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
- 4; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 5; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 6; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
- 7; Ascorbic acid



## 제 4 장 3년 연구 최종결과

### 제 1 절 연구목표 및 내용

#### ● 연구목표 :

2년 작 천마를 1년 작 대량 생산이 가능한 지상 다단식 실내 재배방법과 재배환경 제어기술 개발

- (1) 지상 다단식 천마 실내재배 온·습도 환경 제어시스템과 다단식 구조 개발.
- (2) 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적 배지재료 및 환경 조건 확립 연구

#### \* 정량적 목표

항 목	재배형태	현 재	개 발 목 표
		천마 (노지 1a)	시설재배 천마 (노지 1a, 3단)
생산량 (kg)		86.7	750 kg
생산기간		2년	1년

#### ● 연구내용

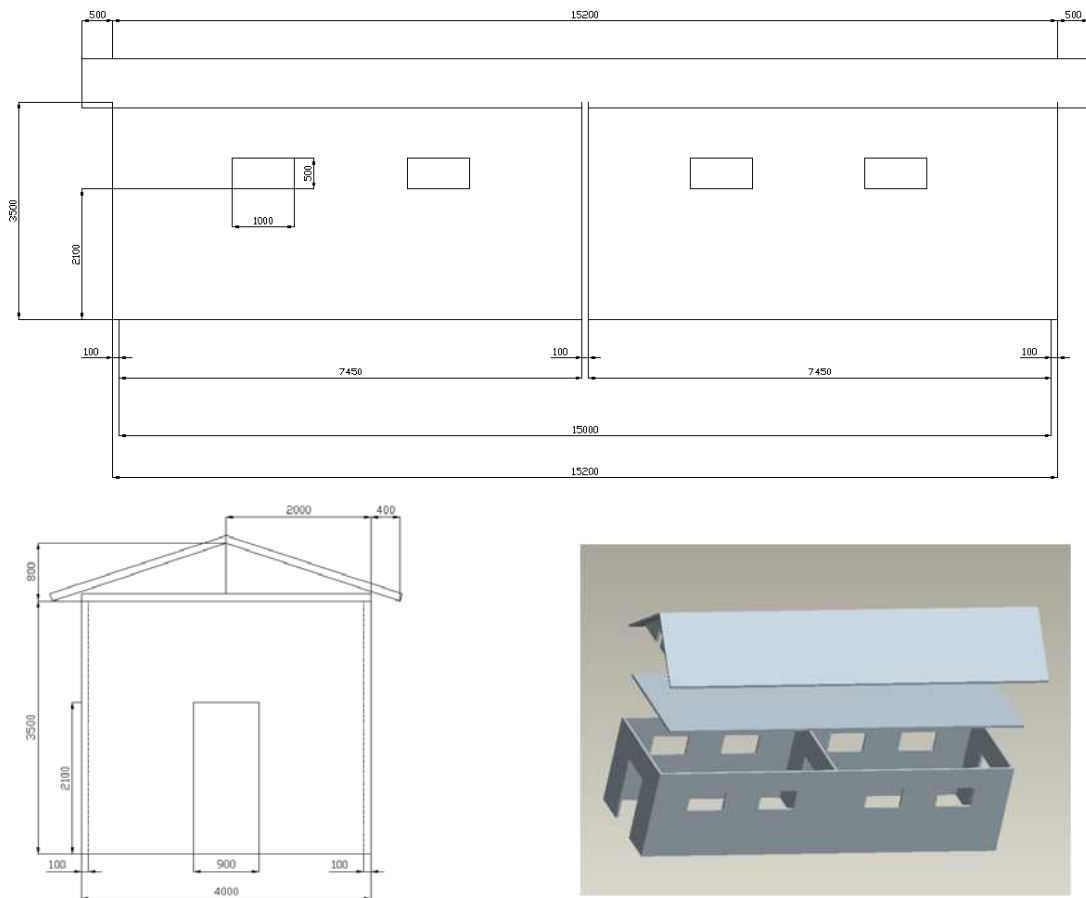
- (1) 지상 다단식 천마 실내재배 온·습도 환경 제어시스템과 다단식 구조 개발
  - 배지재료와 토양 일체의 온·습도 전달 및 메커니즘 구명
  - 배지재료 및 토양 온·습도 제어 시스템 개발
  - 지상 다단식 실내 재배시스템 구조와 온·습도 제어시스템 개발
- (2) 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적 배지재료 및 환경의 최적조건 확립
  - 배지재료 이화학적 분석과 최적의 배지 재료 선별 실험
  - 지상다단식 시설 배지재료 종균 및 종마 재배 실험
  - 지상다단식 시설 재배를 위한 배지재료 및 환경의 최적조건 확립

## 제 2 절 연구결과

### (1) 지상 다단식 천마 실내재배 온·습도 환경 제어시스템과 다단식구조 개발 결과

#### (가) 지상다단식 판넬하우스 개발 .

##### (a) 개발 Pilot 판넬하우스.



Pilot 판넬하우스. 시설 도면



Pilot 판넬하우스 시설 건축

(나) 판넬하우스 내 재배를 위한 다단 구조 개발 결과.

(a) 개발 천마 재배상자

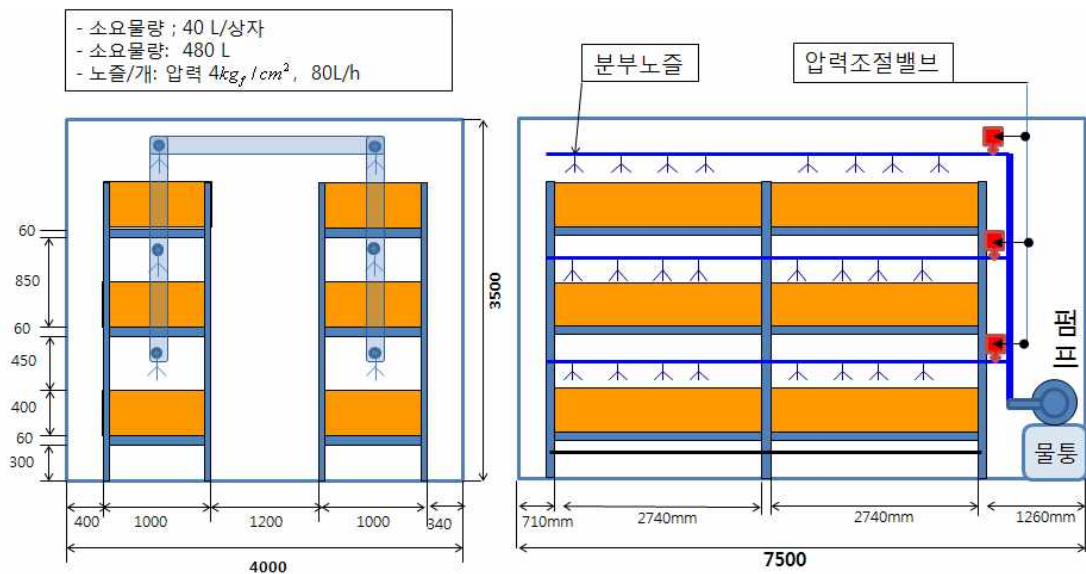
- 저가형 반영구적 재배상자 실현



단프리트리트 배지상자

(b) 관수시설 개발 결과

- 모든 재배상자 균등급수 구조 실현
- 배지표면 균등 살포 구조 실현





(오른쪽 3단 재배사 설치 결과)



(왼쪽 3단 재배사 제작·설치결과)



물통, 펌프, 압력조절밸브

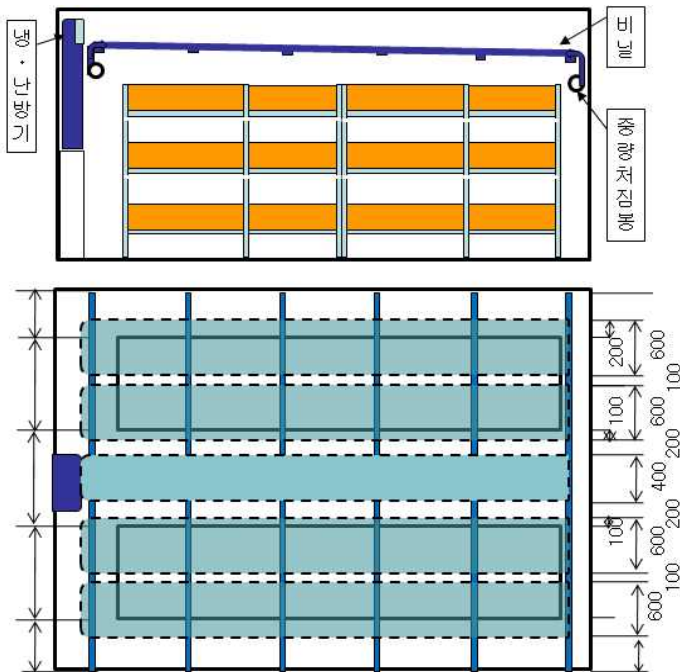
## (다) 온·습도 환경 제어 시스템 개발

### (a) 냉·난방 시설 개발 결과

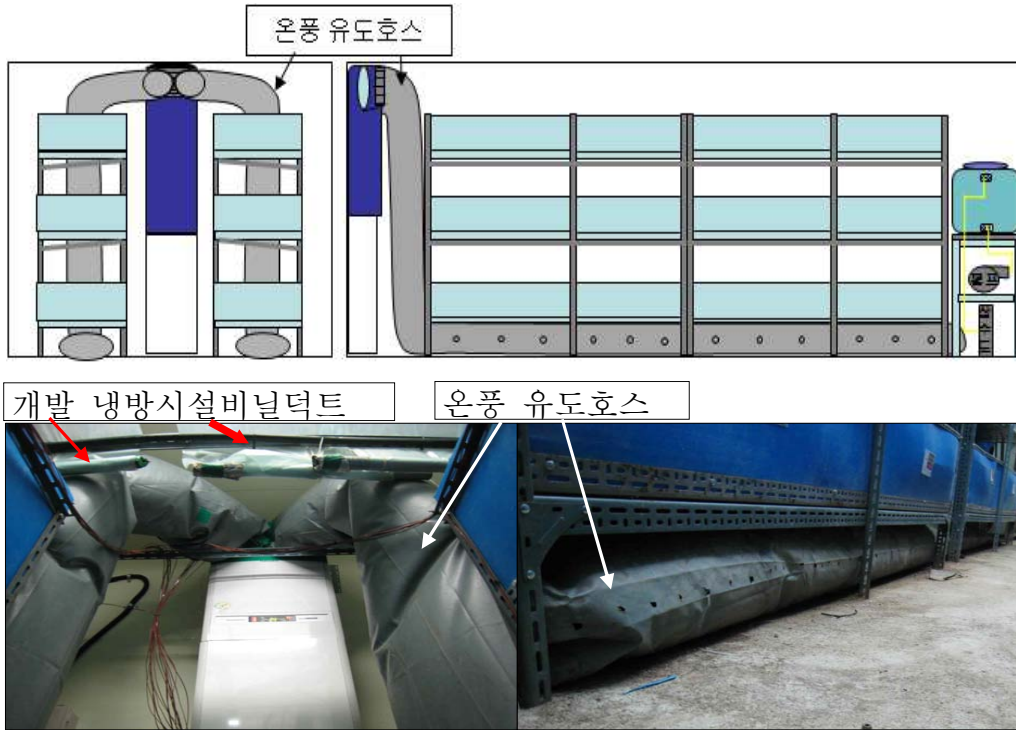
- 저가형, 에너지 절약형 냉·난방 시설 개발
- 실내 3층 식 천마 재배 적정 온도제어 실현

냉방기능 : 3층, 2층 및 1층 모든 재배상자들의 최대 온도편차 1.6 °C 실현

난방기능 : 3층, 2층 및 1층 모든 재배상자들의 최대 온도편차 3.0 °C 실현.



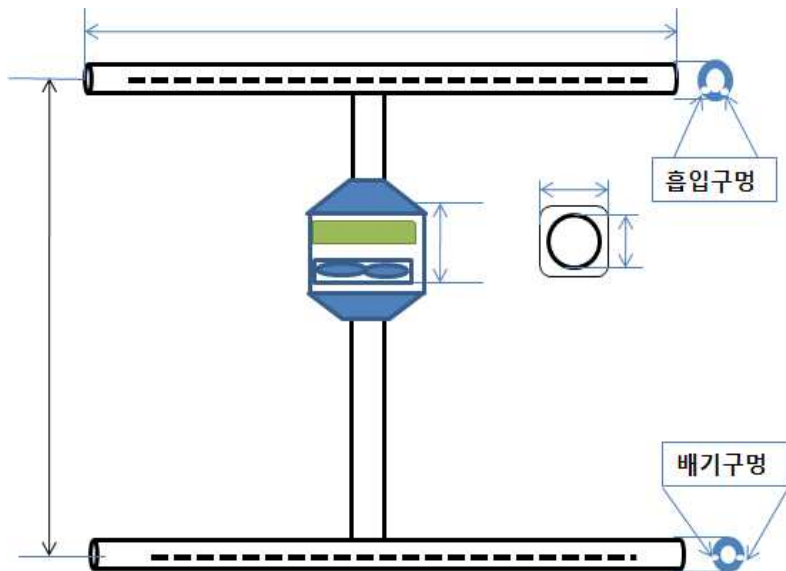
< 냉방 비닐덕트 시설 >



<난방 온풍 유도 호스 시설>

(b) “실내 상·하층 온도편차와 과습기 해소기”개발 결과

- 저가형, 실내 상·하층 온도편차 해소 실현
- 저가형, 저 유지비용형 과습기 제거기 개발 실현



(b) 판넬하우스 설치운영 실험

## (다) Pilot 비닐하우스.

- 천마재배시설로써는 좋은 결과를 얻지 못했으나, 개발된 여름철 온도 강화 시스템과 겨울철 실내 상승 시스템 개발은 다른 작물재배 시설로 활용할 수 있음.
- 향후 층별 필름히터 개별제어시스템을 보완하여 개별적으로 실험을 수행하고자 함.



< 비닐하우스 설계도면과 건축 결과 >

## (2) 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적 배지재료 및 환경 조건 확립 연구 결과

시설재배에 적합한 천마 배지 재료 및 환경의 최적 조건 확립 연구 결과 다음과 같은 결과물을 얻었다.

### ● 시설재배 최적 배지재료 조합

12가지 조합에 대하여 3년간 비교 및 검증 실험을 연구한 결과 최적배지재료 조합은 <(펄라이트30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%) 사양토> 임을 구명하였다.

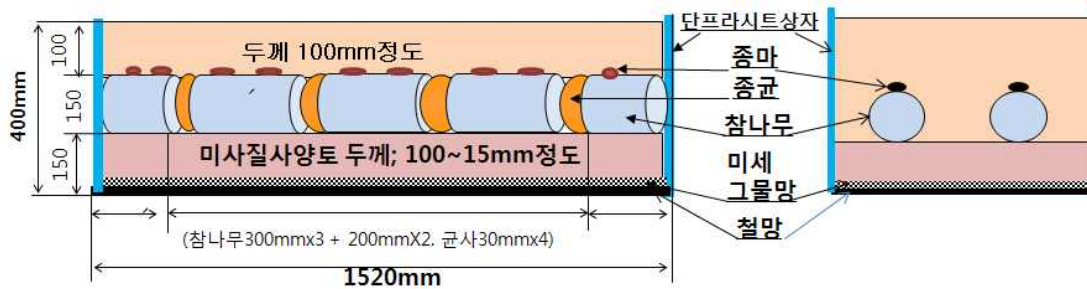
### ● 최적 환경 연구 결과

천마 시설 재배의 환경은 개발 비닐하우스와 파넬하우스를 건립하여 실험한 결과, '3층 다단식 재배상자 및 배수구조물', '관수시스템, 냉·난방 온·습도 제어시스템' 그리고 '상·하층 온도편차 및 과습기 해소기'를 개발설치한 10cm 단열 압축판으로 건립된 파넬하우스에서 좋은 결과를 얻었으며 온도 조건은 20~27℃ 이내 이고 30℃ 이상 온도가 지속되는 날이 많으면 수확이

저조하고, 충분한 습도 유지가 필요하며 습분은 눈이나 촉감으로 촉촉한 정도가 유지 되어야 한다(40~50%). 그러나 시중의 습도 센서로는 천마 시설의 구조상 이러한 범위를 측정하기가 어려운 실정으로, 재배경험이 중요한 요소가 되고 있다.

● 배지조성 구조

하층에는 10~15cm의 사양토, 중간층에 부엽토(30%)+사양토(70%), 중간층 위에 30cm 참나무, 참나무 사이 3~4cm 두께 종균을 접착 일렬로 배열하고, 버미클라이트(50%)+톱밥(50%) 배지로 참나무가 거의 다 묻힐 정도로 채운 다음, 군사 옆에 종마를 놓혀 이식하는 구조이다.



● 생육 실험으로부터 연구과제 달성 목표 여부의 검토

항 목	재배형태	현 재	개 발 목 표
			천마 (노지 1a)
생산량 (kg)		86.7	750 kg
생산기간		2년	1년

- 생육과 생산량 목표: 생육기간은 1년, 750kg/ a(노지) · 3단  
 생육기간 1년, 7.5kg / m<sup>2</sup>(노지) · 3단 이다

본 연구 결과

<(필라이트30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토> 조합의 실험결과

- 1.52m<sup>2</sup> 재배상자, 7.311g/1.52m<sup>2</sup> = 4.81kg/m<sup>2</sup> 수확.
- 3층 시설재배 일 경우 : (4.81kg/m<sup>2</sup>(노지)) x 3층 = 14.4 kg / {m<sup>2</sup>(노지) · 3 단} 수확 가능
- 목표치 7.5kg / m<sup>2</sup>(노지) 3단의 1.87배 달성 하였다.

### (3) 시설재배와 노지재배 천마의 생약학적 품질평가 및 기능성 성분 비교연구

#### (가) 연차별 시설 및 노지 재배 천마의 생약학적 품질평가

공정생약으로서의 천마는 회분 6.0% 이하, 산불용성회분 0.4% 이하, 뭍은에탄올엑스 17.0% 이상으로 규정되어 있다. 1, 2차년도와 3차년도의 생약학적 품질평가 결과 대조구인 노지 및 배지조성별 시험구들 모두 대한약전의 천마 공정생약 규격을 충족하였다(Table 1, 2). 3차년도의 시설재배 천마의 경우, 시설 재배 천마의 뭍은 에탄올엑스함량이 노지 천마에 비해 전반적으로 낮은 경향이었으나, 비닐하우스 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지의 천마는 기준치를 상회하였으며, 판넬시설 재배 <필라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 천마도 공정생약 규격에 거의 부합하였다. 특히 제 1 세부과제 연구결과<필라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지는 수량면에서도 우수하였던 시험구로 판명되었다. 또한 3차년도 시설재배 천마의 회분 및 산불용성회분 함량도 공정생약 규격 기준치 이하로 확인되었다.



Table 1. 연차별 비닐하우스 재배 천마 생약학적 품질평가

(%)

연구년도	배지	수분	뭍은 에탄올엑스	회분	산불용성회분
2차년	하우스 톱밥+버미큘라이트 : 사양토	83.3 ± 0.5*	21.2 ± 0.2	4.3 ± 0.3*	0.01 ± 0.00
	하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토	82.4 ± 0.6	19.2 ± 0.3	3.7 ± 0.1	0.01 ± 0.01
	하우스 톱밥 : 버미큘라이트	84.5 ± 0.5	24.7 ± 0.7	4.2 ± 0.3	0.01 ± 0.02
	하우스 버미큘라이트 : 사양토	77.0 ± 0.7	17.5 ± 0.7	3.0 ± 0.5	0.07 ± 0.12
	노지(충북 청원)	77.4 ± 0.6	21.9 ± 0.2	2.8 ± 0.2	0.10 ± 0.01
3차년	버미큘라이트+톱밥 펄라이트+톱밥 사양토	79.3 ± 0.5	16.35 ± 0.46	3.30 ± 0.00	0.10 ± 0.00
	버미큘라이트+톱밥 버미큘라이트+톱밥 사양토	78.4 ± 0.6	17.26 ± 0.39	3.50 ± 0.00	0.15 ± 0.00
	버미큘라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	81.3 ± 0.8	20.39 ± 0.39	4.80 ± 0.00	0.15 ± 0.00
	버미큘라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	81.1 ± 0.7	15.83 ± 0.58	4.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00
	버미큘라이트+톱밥 사양토+(펄라이트:3+톱밥:7) 사양토	79.4 ± 0.6	18.35 ± 0.00	3.50 ± 0.00	0.10 ± 0.00
	노지(충북 괴산)	80.2 ± 0.0	22.70 ± 0.60	3.00 ± 0.00	0.10 ± 0.00

\*3반복 평균 ± 표준오차.

Table 2. 연차별 판별시설 재배 천마 생약학적 품질평가

(%)

연구년도	배지	수분	끓은 에탄올엑스	회분	산불용성회분
1차년	버미쿨라이트+톱밥/사양토	80.3 ± 0.2	22.3 ± 0.2	2.8 ± 0.2	0.1 ± 0.0
	노지(강원 춘천)	75.2 ± 0.1	23.3 ± 0.3	3.1 ± 0.2	0.1 ± 0.0
2차년	시설 톱밥+버미쿨라이트 : 사양토	83.5 ± 0.8	18.0 ± 0.2	4.5 ± 0.3	0.02 ± 0.01
	시설 펄라이트+톱밥 : 사양토	83.1 ± 0.7	19.5 ± 0.1	3.9 ± 0.2	0.01 ± 0.01
	노지(충북 청원)	77.4 ± 0.6	21.9 ± 0.9	2.8 ± 0.2	0.10 ± 0.01
3차년	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	78.03 ± 0.01	13.45 ± 0.05	4.10 ± 0.03	0.01 ± 0.00
	버미쿨라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	79.11 ± 0.01	14.67 ± 0.08	3.70 ± 0.02	0.01 ± 0.00
	펄라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	78.55 ± 0.00	15.78 ± 0.04	3.90 ± 0.02	0.02 ± 0.00
	펄라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	79.41 ± 0.01	15.14 ± 0.07	4.60 ± 0.02	0.01 ± 0.00
	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	81.11 ± 0.00	15.74 ± 0.02	3.90 ± 0.03	0.01 ± 0.00
	버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	81.66 ± 0.01	17.00 ± 0.04	4.00 ± 0.01	0.01 ± 0.00
	펄라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	81.23 ± 0.00	15.68 ± 0.05	3.70 ± 0.07	0.03 ± 0.00
	펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	81.50 ± 0.01	16.58 ± 0.05	4.40 ± 0.00	0.02 ± 0.00
	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	80.46 ± 0.01	14.57 ± 0.04	4.80 ± 0.00	0.01 ± 0.00
	버미쿨라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	79.04 ± 0.00	14.64 ± 0.02	3.80 ± 0.01	0.01 ± 0.00
	펄라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	79.85 ± 0.00	16.26 ± 0.02	4.10 ± 0.00	0.01 ± 0.00
	펄라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	80.19 ± 0.00	18.06 ± 0.02	4.60 ± 0.00	0.02 ± 0.00
	노지(충북 괴산)	80.24 ± 0.00	22.70 ± 0.60	3.00 ± 0.00	0.10 ± 0.00

\*3반복 평균 ± 표준오차.

## (나) 시설 및 노지 재배 천마의 식품학적 성분 분석

비닐하우스 재배와 노지 재배 천마의 일반성분 비교로부터 수분함량은 <버미컬라이트+ 톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 천마가 1.5배 높았으며, 조단백질 함량은 비닐하우스 재배 천마가 약 10~30% 많은 것으로 나타났다. 이외의 일반성분인 조회분 및 조지방 함량은 노지 재배 천마와 비슷하였으며, 조섬유도 노지 천마에 비해 뚜렷한 차이는 없었다(Table 3).

환원당 함량은 비닐하우스 재배 천마가 노지 천마의 약 30~50%에 불과하였으나(Table 4), 천마의 경우 생약으로서의 역할이 주인 만큼 품질면에서 크게 문제시되는 사항은 아닌 것으로 생각된다.

Table 3. 3차년도 비닐하우스 및 노지 재배 천마 일반성분 비교

(%)

배지번호	Moisture	Crude ash	Crude lipid	Crude protein	Carbohydrate	Crude fiber
1-3*	4.10±0.05	3.45±0.02	1.10±0.19	8.72±0.05	82.52±0.22	6.53±0.97
1-5	4.50±0.05	3.11±0.10	1.15±0.12	7.40±0.61	83.75±0.74	6.60±0.51
1-7	6.90±0.15	3.73±0.05	1.07±0.02	9.15±0.25	79.12±0.23	7.58±0.23
2-1	3.30±0.17	3.58±0.06	1.23±0.12	8.89±0.27	82.98±0.27	7.96±0.31
3-5	6.40±0.15	3.82±0.04	1.96±0.20	7.73±0.13	80.23±0.51	7.33±0.08
노지	4.60±0.10	3.43±0.31	0.96±0.11	6.93±0.55	84.08±0.80	7.34±0.59

<sup>a</sup>1-3: 버미큘라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토, 1-5: 버미큘라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토, 1-7: 버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토, 2-1: 펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토, 3-5: 버미큘라이트+톱밥/사양토+(펠라이트:3+톱밥:7)/사양토

<sup>b</sup>3반복 평균 ± 표준편차.

Table 4. 3차년도 비닐하우스 및 노지 재배 천마 환원당 함량 비교

(mg%)

배지번호	1-3*	1-5	1-7	2-1	3-5	노지(충북 괴산)
Reducing sugar	4,845.1±29.6	3,919.6±24.5	3,460.8±6.8	4,884.3±105.4	5,276.5±40.8	11,166.7±24.5

<sup>a</sup>1-3: 버미큘라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토, 1-5: 버미큘라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토, 1-7: 버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토, 2-1: 펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토, 3-5: 버미큘라이트+톱밥/사양토+(펠라이트:3+톱밥:7)/사양토

<sup>b</sup>3반복 평균±표준편차.

(다) 연차별 시설 및 노지 재배 천마의 기능성 성분 및 항산화활성

(a) 조 사포닌 함량

1, 2차년도 시설재배 천마의 조사포닌 함량은 노지 천마에 비해 대체적으로 낮은 편이었다. 3차년도 비닐하우스 재배 천마는 <펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토>, <버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <펄라이트+톱밥/사양토+(펄라이트:3+톱밥:7)/사양토> 배지에서 노지 천마의 조사포닌 함량보다 각각 약 2.93배, 약 2.32배, 약 2.28배이었으며, 판넬시설 재배 천마의 조사포닌 함량도 전반적으로 노지 천마보다 약 1.09~2.00배 많은 것으로 나타났다(Table 5, 6). 한편 판넬시설 재배의 경우, 수량적으로 양호하였던 <펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토>과 <버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지는 비닐하우스재배 동일 배지의 조사포닌 함량에 비해 각각 약 34%, 약 54% 수준으로 나타나, 향후 추가시험을 통해 검증되어야 할 과제로 남아 있다.

Table 5. 연차별 비닐하우스 재배 천마 조사포닌 함량

연구년도	배지	조사포닌 (%)
2차년	하우스 톱밥+버미큘라이트 : 사양토	2.33 ± 0.02*
	하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토	3.70 ± 0.02
	하우스 톱밥 : 버미큘라이트	1.60 ± 0.06
	하우스 버미큘라이트 : 사양토	1.33 ± 0.02
	노지(충북 청원)	2.51 ± 0.02
3차년	버미큘라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	4.26 ± 0.01
	버미큘라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토	3.54 ± 0.02
	버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	7.30 ± 0.02
	버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	9.20 ± 0.05
	펄라이트+톱밥/사양토+(펄라이트:3+톱밥:7)/사양토	7.15 ± 0.05
	노지(충북 괴산)	3.14 ± 0.01

\*3반복 평균 ± 표준오차.

Table 6. 연차별 관넬시설 재배 천마 조사포닌 함량

(%)

연구년도	배지	조사포닌
1차년	버미쿨라이트+톱밥/사양토	1.7 ± 0.1
	노지(강원 춘천)	2.5 ± 0.2*
2차년	시설 톱밥+버미쿨라이트 : 사양토	1.3 ± 0.1
	시설 펠라이트+톱밥 : 사양토	1.7 ± 0.1
	노지(충북 청원)	2.5 ± 0.5
3차년 1단	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	4.48 ± 0.00
	버미쿨라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	4.17 ± 0.03
	펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	3.94 ± 0.03
	펠라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	3.48 ± 0.02
3차년 2단	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	3.59 ± 0.03
	버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	3.94 ± 0.03
	펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	3.83 ± 0.03
3차년 3단	펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	3.13 ± 0.03
	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	3.42 ± 0.03
	버미쿨라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	4.41 ± 0.04
3차년 3단	펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	3.89 ± 0.00
	펠라이트+톱밥/펠라이트+톱밥/사양토	6.27 ± 0.03
3차년	노지(충북 괴산)	3.14 ± 0.01

\*3반복 평균 ± 표준오차.

## (b) 총 페놀화합물 함량

시설재배 천마의 총 페놀화합물 함량은 대체적으로 노지 천마보다 낮은 경향이였다(Table 7, 8). 3차년도 연구결과, 노지 천마의 총 페놀화합물 함량을 증가하였던 관넬시설의 <버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토>와 <펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토> 배지와 더불어 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 천마는 관넬시설에서 노지 천마의 총 페놀화합물 함량을 상회하였으며, 비닐하우스에서는 동일 배지조건으로 노지 천마와 유사한 결과를 나타내었다.

Table 7. 연차별 비닐하우스 재배 천마 총 페놀화합물 함량

(mg/g, dry basis)

연구년도	배지	총 페놀화합물
2차년	하우스 톱밥+버미큘라이트 : 사양토	7.00 ± 0.01*
	하우스 펄라이트+톱밥 : 사양토	7.66 ± 0.01
	하우스 톱밥 : 버미큘라이트	7.12 ± 0.01
	하우스 버미큘라이트 : 사양토	9.28 ± 0.02
	노지(충북 청원)	14.33 ± 0.02
3차년	버미큘라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	13.273 ± 0.004
	버미큘라이트+톱밥/버미큘라이트+톱밥/사양토	11.514 ± 0.002
	버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	13.455 ± 0.003
	버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	12.760 ± 0.003
	펄라이트+톱밥/사양토+(펄라이트:3+톱밥:7)/사양토	13.464 ± 0.001
	노지(충북 괴산)	14.502 ± 0.001

\*3반복 평균 ± 표준오차.

Table 8. 연차별 판넬시설 재배 천마 총 페놀화합물 함량

연구년도	배지	총 페놀화합물 (mg/g dry basis)
1차년	버미쿨라이트+톱밥/사양토	8.80 ± 1.4
	노지(강원 춘천)	14.47 ± 0.6
2차년	시설 톱밥+버미쿨라이트 : 사양토	6.31 ± 0.01
	시설 펄라이트+톱밥 : 사양토	6.58 ± 0.02
	노지(충북 청원)	14.33 ± 0.02
3차년	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	13.505 ± 0.002
	버미쿨라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	14.483 ± 0.002
	1단 펄라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	13.811 ± 0.004
	펄라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	13.845 ± 0.002
3차년	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	16.806 ± 0.002
	2단 버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	15.344 ± 0.001
	펄라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	16.547 ± 0.013
3차년	펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토	16.201 ± 0.006
	버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	11.883 ± 0.003
	3단 버미쿨라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	8.771 ± 0.001
	펄라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토	7.698 ± 0.003
3차년	3단 펄라이트+톱밥/펄라이트+톱밥/사양토	9.435 ± 0.004
	노지(충북 괴산)	14.502 ± 0.001

\*3반복 평균 ± 표준오차.

### (c) 페놀성분 조성

시설재배 및 노지 천마에 대해 천마의 기능성 성분인 4종의 페놀화합물(4-hydroxybenzyl alcohol, vanillyl alcohol, 4-hydroxybenzaldehyde, vanillin)을 분석하여 총량 기준으로 비교하였다. 그 결과 2차년도 비닐하우스 재배의 펄라이트+톱밥/사양토 및 버미쿨라이트/사양토 배지의 천마가 노지 천마의 기능성 성분 함량과 비슷한 것으로 나타났다(Table 9, 10). 3차년도 분석에서 노지 천마 함량과 동등한 배지는 비닐하우스 재배사 <펄라이트+톱밥/사양토+(펄라이트:3+톱밥:7)/사양토>이었으며, 시설재배의 여타 시험구들은 노지 천마보다 전반적으로 기능성 성분 함량이 낮은 결과를 보였다. 생육이 양호했던 비닐하우스와 판넬시설의 <펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 천마의 경우, 노지 천마의 페놀성분량에 비해 약 66%~74% 수준으로 확인되었으나, 전술한 바와 같이 수량, 생약학적 품질평가, 조사포닌, 중 페놀 등의 결과를 종합하여 고려하면 <펄라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 조건이 시설재배시 가장 적합한 배지조성으로 판단되며, 향후 재배환경의 개선을 통해 보완될 여지는 충분하다고 사료된다.



Table 9. 연차별 비닐하우스 재배 천마 페놀화합물 조성

연구년도	배지	(mg/g dry basis)				
		4-hydroxybenzyl alcohol	vanillyl alcohol	4-hydroxybenzaldehyde	vanillin	합계
2차년	톱밥+버미큘라이트 : 사양토	0.959 ± 0.001*	0.051 ± 0.001	0.078 ± 0.002	0.037 ± 0.019	1.13
	펄라이트+톱밥 : 사양토	2.201 ± 0.001	0.065 ± 0.001	0.078 ± 0.003	0.034 ± 0.001	2.24
	톱밥 : 버미큘라이트	0.576 ± 0.000	0.033 ± 0.000	0.060 ± 0.001	0.055 ± 0.000	0.76
	버미큘라이트 : 사양토	2.064 ± 0.007	0.049 ± 0.000	0.098 ± 0.001	0.076 ± 0.001	2.29
	노지(충북 청원)	1.313 ± 0.000	0.035 ± 0.000	0.097 ± 0.000	0.026 ± 0.000	1.47
3차년	버미큘라이트+톱밥 펄라이트+톱밥 사양토	1.834 ± 0.001	0.025 ± 0.001	0.148 ± 0.001	-	2.01
	버미큘라이트+톱밥 버미큘라이트+톱밥 사양토	0.140 ± 0.001	-	0.138 ± 0.001	0.010 ± 0.001	0.29
	버미큘라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	1.815 ± 0.001	-	0.118 ± 0.001	0.088 ± 0.001	2.02
	버미큘라이트+톱밥 사양토+부엽토 사양토	1.775 ± 0.001	0.035 ± 0.001	0.075 ± 0.001	0.057 ± 0.001	1.94
	펄라이트+톱밥 사양토+(펄라이트:3+톱밥:7) 사양토	2.558 ± 0.001	-	0.392 ± 0.001	0.019 ± 0.001	2.97
	노지(충북 괴산)	2.547 ± 0.001	0.038 ± 0.001	0.334 ± 0.001	0.023 ± 0.001	2.94

\*3반복 평균 ± 표준오차.

Table 10. 연차별 판넬시설 재배 천마 페놀화합물 조성

(mg/g dry basis)

연구 년도	배지	4-hydroxybenzy l alcohol	vanillyl alcohol	4-hydroxybenz aldehyde	vanillin	합계
2차년	톱밥+버미쿨라이트: 사양토	1.156 ± 0.001	0.053 ± 0.001	0.061 ± 0.001	0.040 ± 0.001	1.31
	필라이트+톱밥:사양 토	1.416 ± 0.001	0.055 ± 0.001	0.053 ± 0.001	0.014 ± 0.001	1.54
	노지(충북 청원)	1.313 ± 0.000	0.035 ± 0.000	0.097 ± 0.000	0.026 ± 0.000	1.47
3차년 1단	버미쿨라이트+톱밥 버미쿨라이트+톱밥 사양토	2.160 ± 0.001	-	0.083 ± 0.002	0.019 ± 0.001	2.26
	버미쿨라이트+톱밥 필라이트+톱밥 사양토	3.440 ± 0.001	-	0.211 ± 0.002	0.014 ± 0.002	3.67
	필라이트+톱밥 버미쿨라이트+톱밥 사양토	2.582 ± 0.002	-	0.115 ± 0.003	0.077 ± 0.001	2.77
	필라이트+톱밥 필라이트+톱밥 사양토	1.313 ± 0.001	-	0.089 ± 0.001	0.016 ± 0.001	1.24
3차년 2단	버미쿨라이트+톱밥 버미쿨라이트+톱밥 사양토	1.912 ± 0.001	0.044 ± 0.001	0.087 ± 0.001	0.014 ± 0.002	2.06
	버미쿨라이트+톱밥 사양토:7+부엽토:3 사양토	2.051 ± 0.002	-	0.096 ± 0.002	0.016 ± 0.002	2.16
	필라이트+톱밥 버미쿨라이트+톱밥 사양토	2.454 ± 0.003	-	0.101 ± 0.003	0.022 ± 0.001	2.58
	필라이트+톱밥 사양토:7+부엽토:3 사양토	1.873 ± 0.001	-	0.095 ± 0.002	0.026 ± 0.002	1.99
3차년 3단	버미쿨라이트+톱밥 버미쿨라이트+톱밥 사양토	-	0.046 ± 0.001	0.054 ± 0.001	0.013 ± 0.001	0.11
	버미쿨라이트+톱밥 필라이트+톱밥 사양토	-	0.047 ± 0.001	0.016 ± 0.003	0.017 ± 0.002	0.08
	필라이트+톱밥 버미쿨라이트+톱밥 사양토	0.321 ± 0.002	0.018 ± 0.001	0.019 ± 0.001	0.019 ± 0.001	0.38
	필라이트+톱밥 필라이트+톱밥 사양토	0.354 ± 0.001	0.013 ± 0.001	0.054 ± 0.002	0.014 ± 0.001	0.43
3차년	노지(충북 괴산)	2.547 ± 0.001	0.038 ± 0.001	0.334 ± 0.001	0.023 ± 0.001	2.94

\*3반복 평균 ± 표준오차.

#### (d) 지방산 조성

1, 2, 3차년도 노지 및 시설에서 재배한 천마의 지방산 함량을 분석 비교한 결과, 3차년도 <버미컬라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토> 및 <펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토> 배지에서 재배한 천마의 지방산 함량이 가장 많은 것으로 확인되었다. 또한 비닐하우스와 관넬시설에서 재배한 천마가 노지 천마에 비해 전체적으로 지방산 함유량이 높았으며, 비닐하우스, 관넬시설 및 노지 재배 천마간의 지방산 함량은 관넬하우스 재배 > 비닐하우스 재배 > 노지 재배순으로 나타났다.

Table 11. 1차년도 노지재배 및 시설재배 천마의 지방산 함량 분석 결과

Compounds	Contents ( $\mu\text{g}$ fatty acid / g <i>Gastrodia elata</i> )	
	Field culture	Cultivation under structure
1 Pentadecanoic acid	27.9	14.7
2 Palmitoleic acid	30.4	6.8
3 Palmitic acid	428.5	239.1
4 Linoleic acid	729.1	513.0
5 Oleic acid	113.4	—
6 Stearic acid	33.4	21.9
7 Arachidic acid	5.8	3.8
8 Behenic acid	24.0	15.8
9 Tricosanoic acid	15.8	9.0

Table 12. 2차년도 천마 배지재료별 지방산 조성

(µg fatty acid/g dry basis)

Compound	Contents						
	1	2	3	4	5	6	7
Myristic acid	20.3	23.7	-	15.9	14.5	23.7	-
Pentadecanoic acid	39.5	43.7	22.8	42.9	27.7	43.7	14.8
Palmitoleic acid	46.2	54.7	29.6	86.1	-	54.7	31.9
Palmitic acid	667.2	785.2	553.4	1033.1	587.9	785.2	352.3
Heptadecanoic acid	55.2	74.0	39.8	73.1	45.9	74.0	25.9
Linoleic acid	367.0	425.5	321.2	554.7	318.1	425.5	170.5
Oleic acid	215.1	449.2	147.7	483.1	232.2	449.2	216.7
Stearic acid	59.9	65.3	64.9	123.2	47.6	65.3	26.2
Behenic acid	19.3	18.0	17.9	45.5	15.9	18.0	10.3
Tricosanoic acid	21.6	22.5	15.8	34.1	-	22.5	17.4

- 1: 펄라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-비닐하우스재배사  
2: 버미큐라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-비닐하우스재배사  
3: 버미큐라이트(상층) : 사양토(하층) -비닐하우스재배사  
4: 톱밥(상층) : 버미큐라이트(하층) - 판넬시설재배사  
5: 펄라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-판넬시설재배사  
6: 버미큐라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) : 사양토(하층)-판넬시설재배사  
7: 대조구(노지)

Table 13. 3차년도 비닐하우스 및 노지 재배 천마 지방산 조성 (µg fatty acid/g dry basis)

Compound	Contents					
	1	2	3	4	5	6
Myristic acid	24.8	20.1	28.8	30.1	18.1	-
Pentadecanoic acid	44.6	33.2	50.4	51.1	22.7	14.6
Palmitic acid	802.1	751.6	826.5	706.5	432.6	401.6
Stearic acid	60.4	42.1	64.8	65.8	33.0	17.5
Tricosanoic acid	21.6	5.5	25.1	24.8	8.3	20.4
Palmitoleic acid	55.2	46.8	67.1	64.3	26.4	29.8
Heptadecanoic acid	76.4	20.4	77.9	80.1	25.4	26.8
Linoleic acid	435.5	364.8	446.5	450.7	226.3	150.4
Oleic acid	450.1	391.5	492.2	487.1	300.2	86.4
Behenic acid	19.2	10.4	20.4	21.1	15.7	12.0

- 1; 버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 2; 버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 3; 버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
- 4; 펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
- 5; 펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+(펠라이트30%+톱밥70%)(30%)/사양토
- 6; 노지

Table 14. 3차년도 배지재료별 판넬시설 재배 천마의 지방산 조성 (µg fatty acid/g dry basis)

Compound	Contents					
	1	2	3	4	5	6
Myristic acid	25.5	21.5	30.2	25.6	20.2	38.1
Pentadecanoic acid	43.6	35.6	48.8	43.2	19.7	40.5
Palmitic acid	821.4	645.7	834.5	735.5	455.5	748.5
Stearic acid	62.4	22.1	61.3	56.2	44.0	64.2
Tricosanoic acid	19.5	16.4	18.4	26.5	4.5	17.5
Palmitoleic acid	58.2	50.2	70.2	65.3	24.4	46.8
Heptadecanoic acid	75.4	35.4	80.6	70.8	34.7	80.8
Linoleic acid	424.7	254.8	450.2	480.2	304.5	425.5
Oleic acid	461.0	387.6	384.2	208.4	256.4	475.5
Behenic acid	21.2	15.2	19.2	24.8	16.8	20.8

- 1; 버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 2; 버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 3; 버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토  
 4; 펠라이트(30%)+톱밥(70%)/버미큘라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 5; 펠라이트(30%)+톱밥(70%)/펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토  
 6; 펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토

(e) 항산화 효능 평가

1, 2, 3차년도 시설재배 및 노지재배 천마의 DPPH free radical 소거능 활성을 비교한 결과, 모든 시험구에서 최고활성과 최저활성의 차이가 10% 내외로 나타나 배지재료별 및 시설재배별 천마의 항산화 활성은 큰 차이가 없는 것으로 확인되었다.

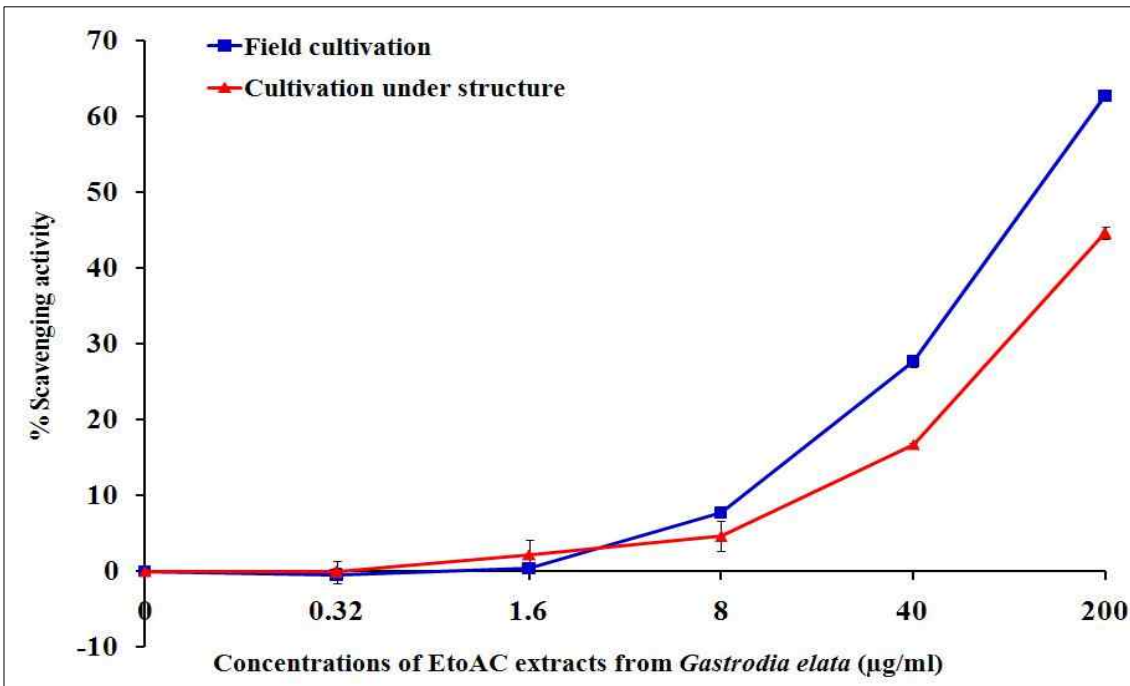


Figure 1. 1차년도 노지재배 및 시설재배 천마의 DPPH 라디칼 소거 항산화능.

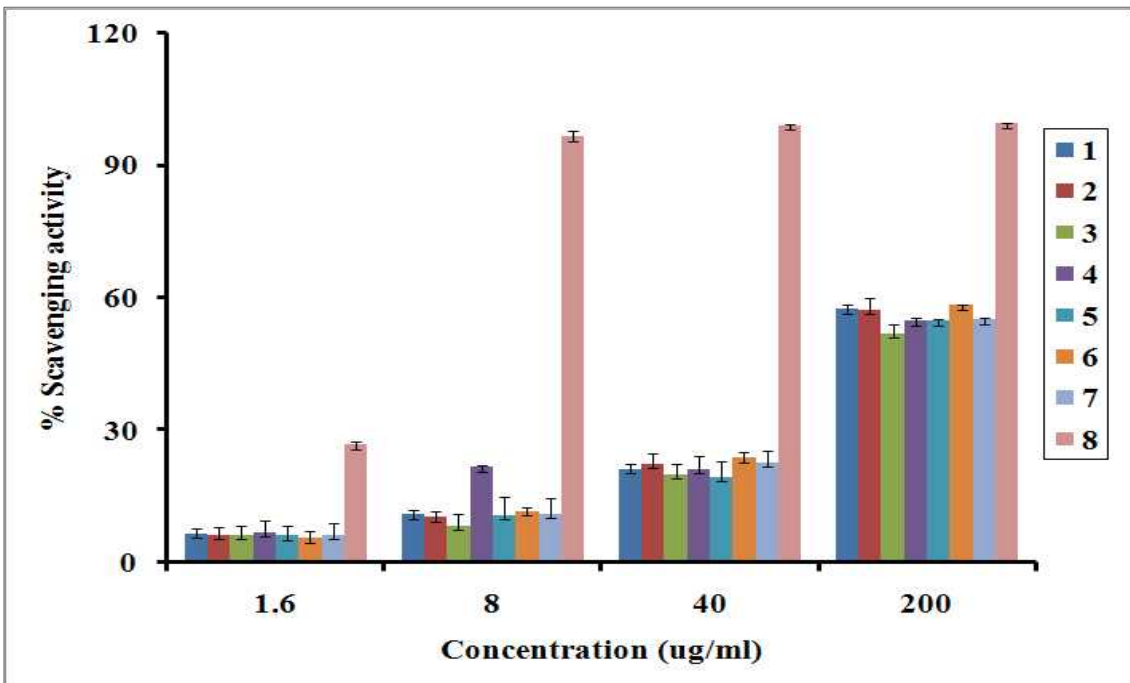


Figure 2. 2차년도 천마 배지재료별 DPPH free radical 소거능 활성 비교.

- 1: 펠라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) ; 사양토(하층)-비닐하우스재배사
- 2: 버미큘라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) ; 사양토(하층)-비닐하우스재배사
- 3: 버미큘라이트(상층) ; 사양토(하층) -비닐하우스재배사
- 4: 톱밥(상층) ; 버미큘라이트(하층) - 판넬시설재배사
- 5: 펠라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) ; 사양토(하층)-판넬시설재배사
- 6: 버미큘라이트(50%)+톱밥(50%)(상층) ; 사양토(하층)-판넬시설재배사
- 7: 대조구(노지)

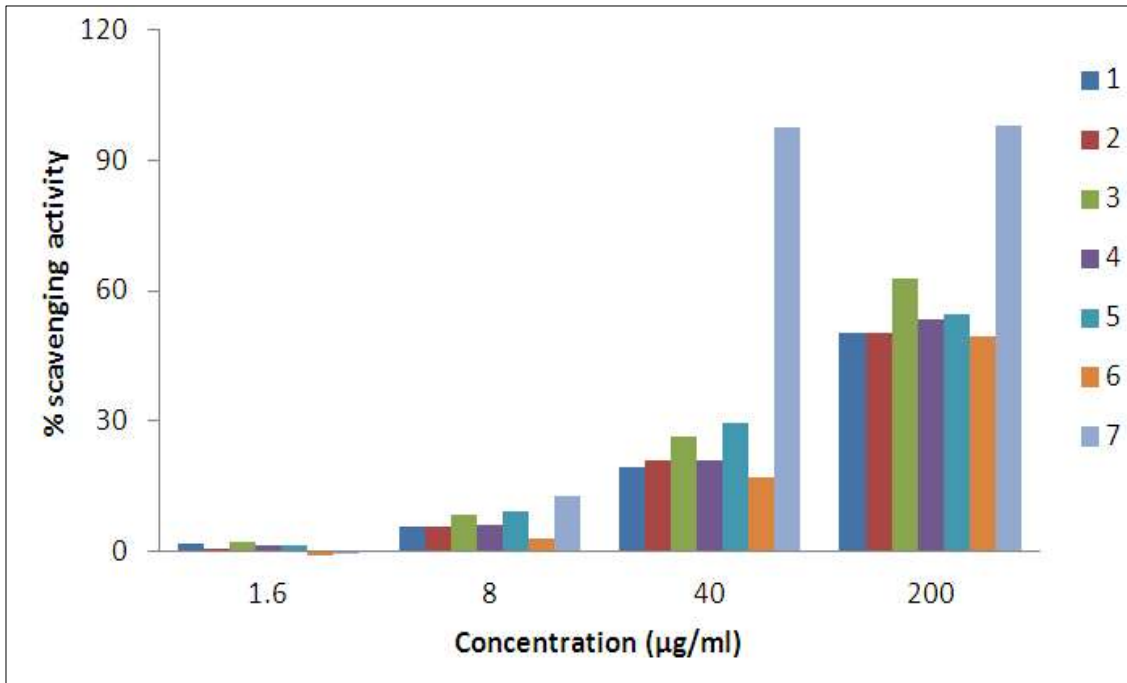


Figure 3. 3차년도 배지재료별 비닐하우스 재배 천마 DPPH free radical 소거능 활성 비교.

- 1; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 2; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 3; 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
- 4; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
- 5; 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+(펄라이트30%+톱밥70%)(30%)/사양토
- 6; 노지 천마
- 7; Ascorbic acid



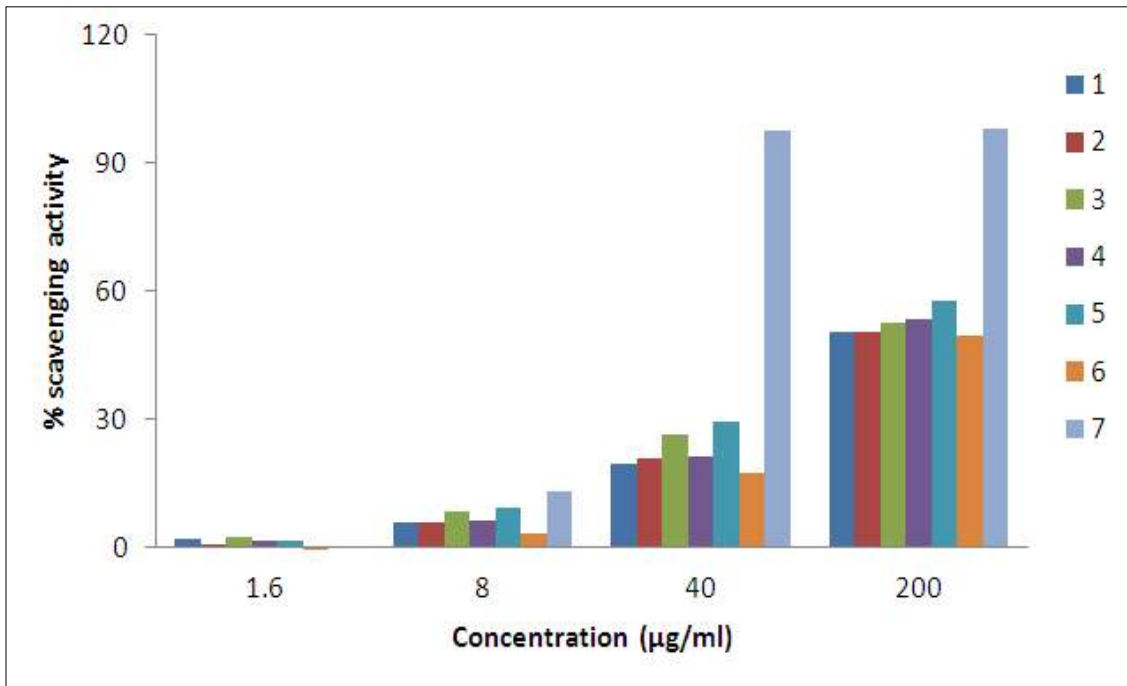


Figure 4. 3차년도 배지재료별 판넬시설 재배 천마 DPPH free radical 소거능 활성 비교.

- 1: 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 2: 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 3: 버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
- 4: 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 5: 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토
- 6: 펄라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토
- 7: Ascorbic acid

## 제 5 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도.

### 제 1 절 목표 달성도

#### ● 연구목표 :

2년 작 천마를 1년 작 대량 생산이 가능한 지상 다단식 실내 재배방법과 재배환경 제어기술 개발

- (1) 지상 다단식 천마 실내재배 온·습도 환경 제어시스템과 다단식 구조 개발.
- (2) 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적 배지재료 및 환경 조건 확립 연구

\* 정량적 목표

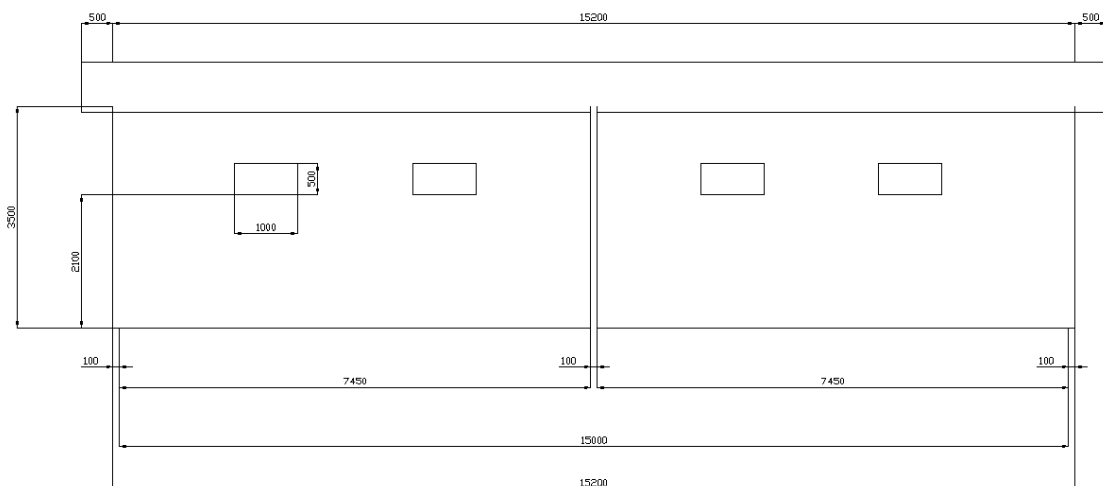
항 목	재배형태	현 재	개 발 목 표
		천마 (노지 1a)	시설재배 천마 (노지 1a, 3단)
생산량 (kg)		86.7	750 kg
생산기간		2년	1년

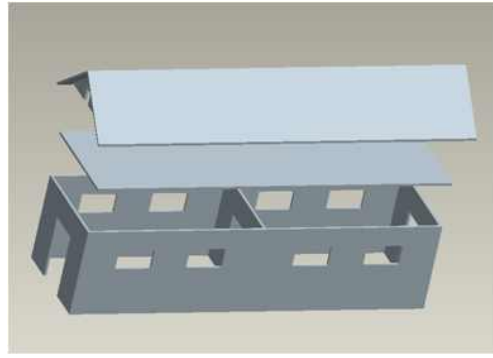
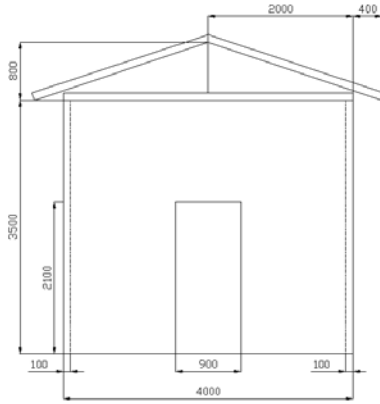
#### ● 연구결과

### (1) 지상 다단식 천마 실내재배 온·습도 환경 제어시스템과 다단식구조 개발 결과

(가) 지상다단식 판넬하우스 개발 .

(a) 개발 Pilot 판넬하우스.





Pilot 판넬하우스. 시설 도면



Pilot 판넬하우스 시설 건축

(나) 판넬하우스 내 재배를 위한 다단 구조 개발 결과.

(a) 개발 천마 재배상자

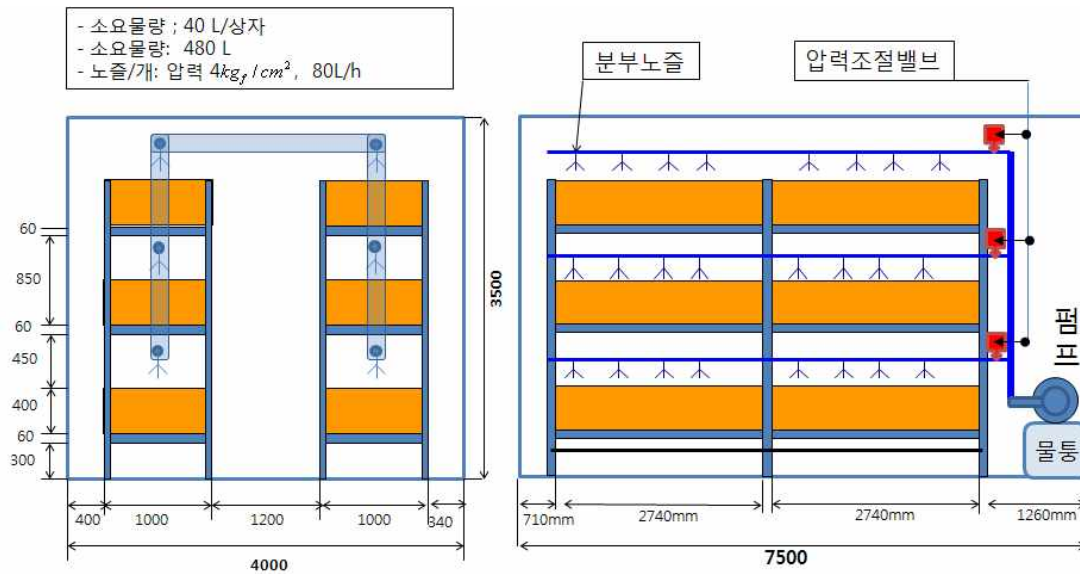
- 저가형 반영구적 재배상자 실현



단프리스리트 배지상자

(b) 관수시설 개발 결과

- 모든 재배상자 균등급수 구조 실현
- 배지표면 균등 살포 구조 실현



(오른쪽 3단 재배사 설치 결과)



(왼쪽 3단 재배사 제작.설치결과)



물통, 펌프, 압력조절밸브

## (다) 온. 습도 환경 제어 시스템 개발

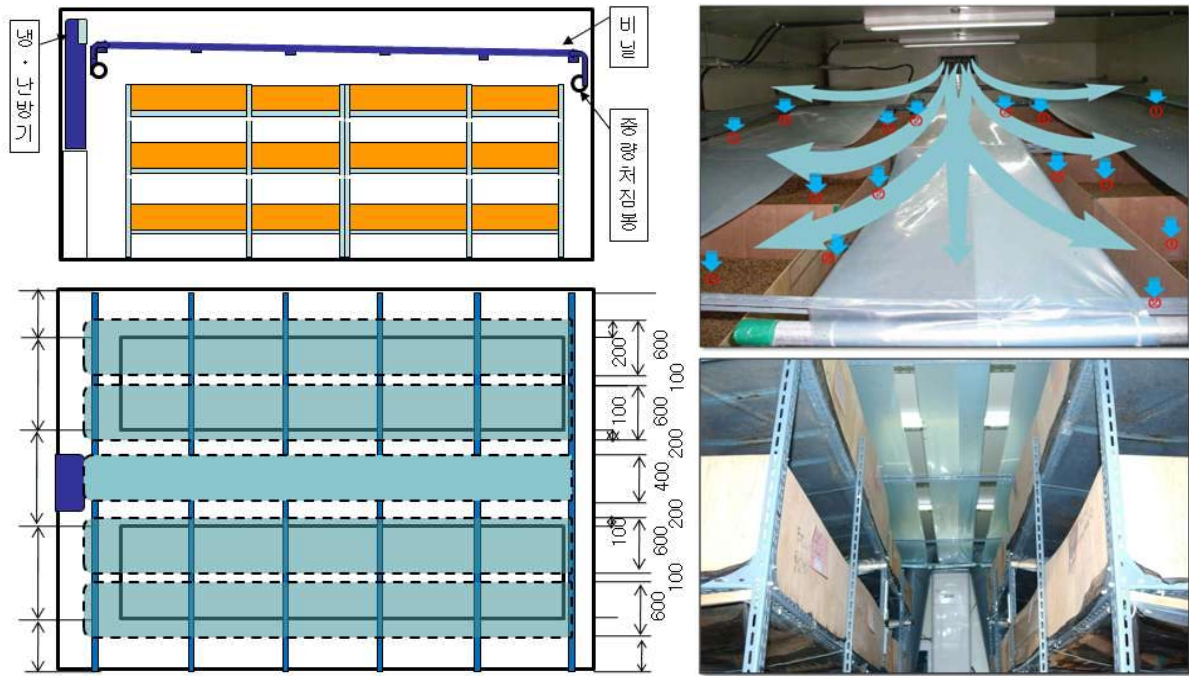
### (a) 냉·난방 시설 개발 결과

- 저가형, 에너지 절약형 냉·난방 시설 개발

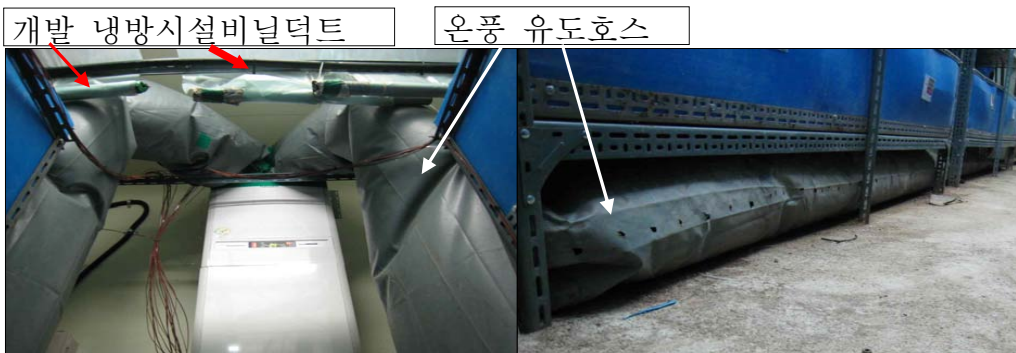
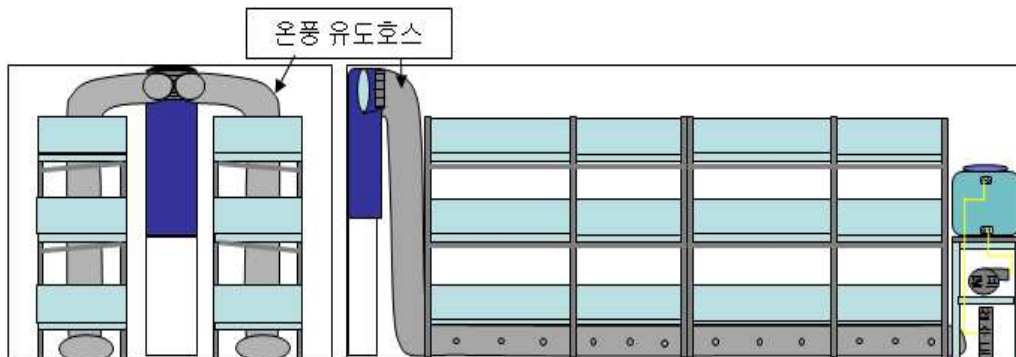
- 실내 3층 식 천마 재배 적정 온도제어 실현

냉방기능 : 3층, 2층 및 1층 모든 재배상자들의 최대 온도편차  $1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  실현

난방기능 : 3층, 2층 및 1층 모든 재배상자들의 최대 온도편차  $3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  실현.



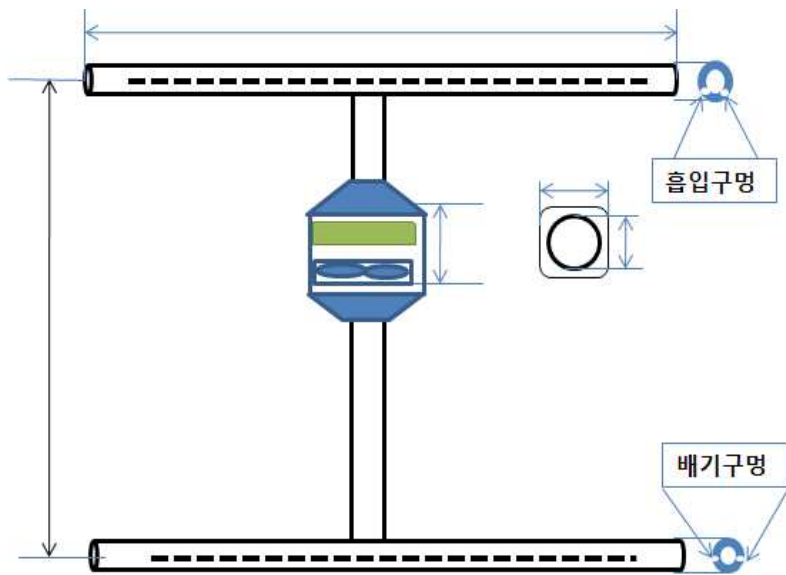
< 냉방 비닐덕트 시설 >



< 난방 온풍 유도 호스 시설 >

(b) “실내 상·하층 온도편차와 과습기 해소기”개발 결과

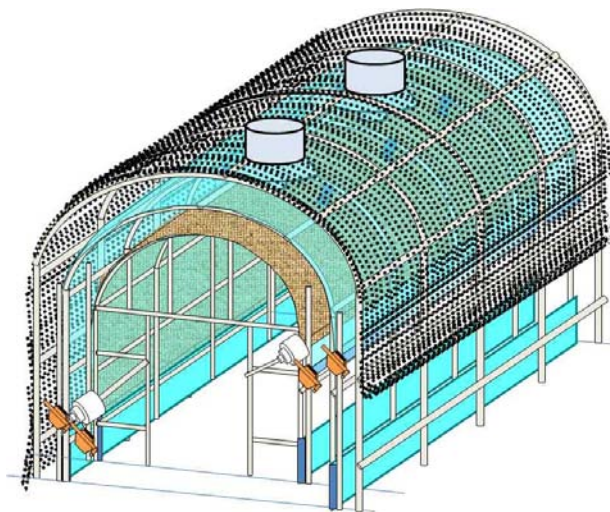
- 저가형, 실내 상·하층 온도편차 해소 실현
- 저가형, 저 유지비용형 과습기 제거기 개발 실현



(b) 판넬하우스 설치운영 실험

※ Pilot 비닐하우스.

- 천마재배시설로써는 좋은 결과를 얻지 못했으나, 개발된 여름철 온도 강화 시스템과 겨울철 실내 상승 시스템 개발은 다른 작물재배 시설로 활용할 수 있음.
- 향후 층별 필름히터 개별제어시스템을 보완하여 개별적으로 실험을 수행하고자 함.



< 비닐하우스 설계도면과 건축 결과 >

## (2) 지상 다단식 천마 시설재배에 적합한 최적 배지재료 및 환경 조건 확립 연구 결과

시설재배에 적합한 천마 배지 재료 및 환경의 최적 조건 확립 연구 결과 다음과 같은 결과물을 얻었다.

### ● 시설재배 최적 배지재료 조합

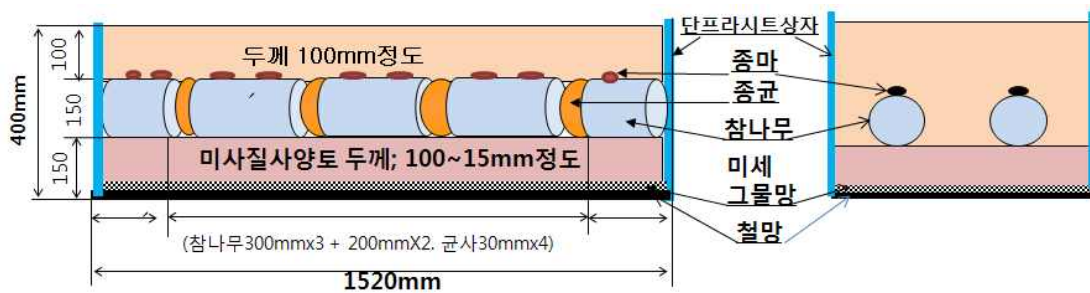
12가지 조합에 대하여 3년간 비교 및 검증 실험을 연구한 결과 최적배지재료 조합은 <(펄라이트30%)+톱밥(70%)/사양토( )+부엽토( ) 사양토> 임을 구명하였다.

### ● 최적 환경 연구 결과

천마 시설 재배의 환경은 개발 비닐하우스와 파넬하우스를 건립하여 실험한 결과, ‘3층 다단식 재배상자 및 배수구조물’, ‘관수시스템, 냉·난방 온·습도 제어시스템’ 그리고 ‘상·하층 온도편차 및 과습기 해소기’를 개발설치한 10cm 단열 압축판으로 건립된 파넬하우스에서 좋은 결과를 얻었으며 온도 조건은 20~27℃ 이내 이고 30℃ 이상 온도가 지속되는 날이 많으면 수확이 저조하고, 충분한 습도 유지가 필요하며 습분은 눈이나 촉감으로 촉촉한 정도가 유지 되어야 한다(40~50%). 그러나 시중의 습도 센서로는 천마 시설의 구조상 이러한 범위를 측정하기가 어려운 실정으로, 재배경험이 중요한 요소가 되고 있다.

### ● 배지조성 구조

하층에는 10~15cm의 사양토, 중간층에 부엽토(%)+사양토(%), 중간층 위에 30cm 참나무, 참나무 사이 3~4cm 두께 종균을 접착 일렬로 배열하고, 버미큘라이트(50%)+톱밥(50%) 배지로 참나무가 거의 다 묻힐 정도로 채운 다음, 군사 옆에 종마를 놓혀 이식하는 구조이다.



### ● 생육 실험으로부터 연구과제 달성 목표 여부의 검토

항 목	재배형태	현 재	개 발 목 표
			천마 (노지 1a)
생산량 (kg)		86.7	750 kg
생산기간		2년	1년

- 생육과 생산량 목표: 생육기간은 1년, 750kg/ a(노지) · 3단  
 생육기간 1년, 7.5kg / m<sup>2</sup>(노지) · 3단 이다

### 본 연구 결과

<(필라이트30%)+톱밥(70%)/사양토( )+부엽토( )/사양토> 조합의 실험결과

- 1.52m<sup>2</sup> 재배상자, 7.311g/1.52m<sup>2</sup> = 4.81kg/m<sup>2</sup> 수확.
- 3층 시설재배 일 경우 : (4.81kg/m<sup>2</sup>(노지)) x 3층 = 14.4 kg / {m<sup>2</sup>(노지) · 3 단} 수확 가능
- 목표치 7.5kg / m<sup>2</sup>(노지) 3단의 1.87배 달성 하였다.



### (3) 시설재배와 노지재배 천마의 생약학적 품질평가 및 기능성 성분 비교 연구

#### (가) 연차별 시설 및 노지 재배 천마의 생약학적 품질평가

공정생약으로서의 천마는 회분 6.0% 이하, 산불용성회분 0.4% 이하, 묽은에탄올엑스 17.0% 이상으로 규정되어 있다. 1, 2차년도에 생약학적 품질평가 결과 대조구인 노지 및 배지조성별 시험구들 모두 대한약전의 천마 공정생약 규격을 충족하였다. 3차년도의 시설재배 천마의 경우, 시설 재배 천마의 묽은 에탄올엑스함량이 노지 천마에 비해 전반적으로 낮은 경향이었으나, 비닐하우스 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지의 천마는 기준치를 상회하였으며, 판넬시설 재배 <필라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 천마도 공정생약 규격에 거의 부합하였다. 특히 제 1 세부과제 연구결과 <필라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지는 수량면에서도 우수하였던 시험구로 판명되었다. 또한 3차년도 시설재배 천마의 회분 및 산불용성회분 함량도 공정생약 규격 기준치 이하로 확인되었다.

#### (나) 시설 및 노지 재배 천마의 식품학적 성분 분석

비닐하우스 재배와 노지 재배 천마의 일반성분 비교로부터 수분함량은 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 천마가 1.5배 높았으며, 조단백질 함량은 비닐하우스 재배 천마가 약 10~30% 많은 것으로 나타났다. 이외의 일반성분인 조회분 및 조지방 함량은 노지 재배 천마와 비슷하였으며, 조섬유도 노지 천마에 비해 뚜렷한 차이는 없었다.

환원당 함량은 비닐하우스 재배 천마가 노지 천마의 약 30~50%에 불과하였으나, 천마의 경우 생약으로서의 역할이 주된 만큼 품질면에서 크게 문제시되는 사항은 아닌 것으로 생각된다.

#### (다) 연차별 시설 및 노지 재배 천마의 기능성 성분 및 항산화활성

##### (a) 조 사포닌 함량

1, 2차년도 시설재배 천마의 조사포닌 함량은 노지 천마에 비해 대체적으로 낮은 편이었다. 3차년도 비닐하우스 재배 천마는 <필라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토>, <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <필라이트+톱밥/사양토+(필라이트:3+톱밥:7)/사양토> 배지에서 노지 천마의 조사포닌 함량보다 각각 약 2.93배, 약 2.32배, 약 2.28배이었으며, 판넬시설 재배 천마의 조사포닌 함량도 전반적으로 노지 천마보다 약 1.09~2.00배 많은 것으로 나타났다(Table 5, 6). 한편 판넬시설 재배의 경우, 수량적으로 양호하였던 <필라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토>과 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지는 비닐하우스재배 동일 배지의 조사포닌 함량에 비해 각각 약 34%, 약 54% 수준으로 나타나, 향후 추가시험을 통해 검증되어야 할 과제로 남아 있다.

##### (b) 총 페놀화합물 함량

시설재배 천마의 총 페놀화합물 함량은 대체적으로 노지 천마보다 낮은 경향이였다. 3차년도 연구결과, 노지 천마의 총 페놀화합물 함량을 증가하였던 판넬시설의 <버미쿨라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토>와 <펠라이트+톱밥/버미쿨라이트+톱밥/사양토> 배지와 더불어 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 천마는 판넬시설에서 노지 천마의 총 페놀화합물 함량을 상회하였으며, 비닐하우스에서는 동일 배지조건으로 노지 천마와 유사한 결과를 나타내었다.

### (c) 페놀성분 조성

시설재배 및 노지 천마에 대해 천마의 기능성 성분인 4종의 페놀화합물(4-hydroxybenzyl alcohol, vanillyl alcohol, 4-hydroxybenzaldehyde, vanillin)을 분석하여 총량 기준으로 비교하였다. 그 결과 2차년도 비닐하우스 재배의 펠라이트+톱밥/사양토 및 버미쿨라이트/사양토 배지의 천마가 노지 천마의 기능성 성분 함량과 비슷한 것으로 나타났다(Table 9, 10). 3차년도 분석에서 노지 천마 함량과 동등한 배지는 비닐하우스 재배사 <펠라이트+톱밥/사양토+(펠라이트:3+톱밥:7)/사양토>이었으며, 시설재배의 여타 시험구들은 노지 천마보다 전반적으로 기능성 성분 함량이 낮은 결과를 보였다. 생육이 양호했던 비닐하우스와 판넬시설의 <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 배지 천마의 경우, 노지 천마의 페놀성분량에 비해 약 66%~74% 수준으로 확인되었으나, 전술한 바와 같이 수량, 생약학적 품질평가, 조사포닌, 총 페놀 등의 결과를 종합하여 고려하면 <펠라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 및 <버미쿨라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토> 조건이 시설재배시 가장 적합한 배지조성으로 판단되며, 향후 재배환경의 개선을 통해 보완될 여지는 충분하다고 사료된다.

### (d) 지방산 조성

1, 2, 3차년도 노지 및 시설에서 재배한 천마의 지방산 함량을 분석 비교한 결과, 3차년도 <버미쿨라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토> 및 <펠라이트(30%)+톱밥(70%)/사양토(70%)+부엽토(30%)/사양토> 배지에서 재배한 천마의 지방산 함량이 가장 많은 것으로 확인되었다. 또한 비닐하우스와 판넬시설에서 재배한 천마가 노지 천마에 비해 전체적으로 지방산 함유량이 많았으며, 비닐하우스, 판넬시설 및 노지 재배 천마간의 지방산 함량은 판넬하우스 재배 > 비닐하우스 재배 > 노지 재배순으로 높게 나타났다.

### (e) 항산화 효능 평가

1, 2, 3차년도 시설재배 및 노지재배 천마의 DPPH free radical 소거능 활성을 비교한 결과, 모든 시험구에서 최고활성과 최저활성의 차이가 10% 내외로 나타나 배지재료별 및 시설재배별 천마의 항산화 활성은 큰 차이가 없는 것으로 확인되었다.

## 제 2 절 개발 결과 다단 시설재배의 경제성 검토

본 연구결과를 중심으로 100평(330m<sup>2</sup>) 노지에 대한 Fig. 4-1과 같은 3 단 시설재배(600m<sup>2</sup>)의 경제성 검토.

### 1. 본 연구결과 수확량 계산

- 1년 : 1년 7.221 kg/m<sup>2</sup> · 1.522 m<sup>2</sup> = 4.75kg/m<sup>2</sup> 수확
- 2년 인 경우 : 노지재배 농민경험에 의하면 후반 1년 성장 전 반 1년의 3배의 성장.  
본 연구 1년 작의 최소 2배 성장으로 가정하면  
2년 작 수확량 : 9.5kg/m<sup>2</sup>

### 2. 수확량과 예상수입 산출.

표4-1은 본 연구결과 예상 수확량과 수익 결과 임

표 4-1

	수 확 량			수 익		
	수확량 (kg/m <sup>2</sup> )	100평 3단 시설 (* 660m <sup>2</sup> )	수확량 kg	수확량 kg	단가 kg	원
1년 작 수확	4.75	660	3,135	3,135	17,000**	53,295,000
2년 작 수확	9.5	660	6,270	6,270	20,000***	125,400,000

- \* : 노지 100 평에 건립될 판넬하우스의1 생산 가능한 면적 계산  
21m<sup>2</sup> x 4=81m<sup>2</sup>+{(2 x 21)m<sup>2</sup> x 2} =84m<sup>2</sup>, (81+84) x 3= 660 (m<sup>2</sup>)
- \*\* : 1년생 상품의 질 미흡 : 종마나 가공품용 가격
- \*\*\* : 성마 가격

### 3. 100평 판넬하우스 건축 및 시설 투자비용과 수익 비교

표 4-2 는 Fig. 4-1과 같은 100평 판넬하우스 건축과 시설에 대한 소요 비용 산출 결과를 제시한 것이다.

재료나 장비의 가격 산정은 실험 시 구입 가격과 현 시중 가를 참고하였으며 하우스 시설은 전문 업체의 견적서(첨부3 ,첨부4, 첨부5)를 받아 산정하였다.

표 4-2

100평 (330(m <sup>2</sup> )) 기준 투자비용									
	재배소요재료	규격	단가(원)	소요량/m <sup>2</sup>	단가/m <sup>2</sup>	3단600m <sup>2</sup>	금액(천원)	비고	
① 종마 중균 참나무	종마	일반종마	12,000(원)/kg	0.22kg	2,640	600	1,584,000		
	중균	중균	1,500(원)/병	1.2병	1,800	600	1,080,000		
	참나무	1200mm	1,300(원)/본	1.2본	1,560	600	936,000		
	소계						3,600,000		
②배 지 재 료	톱밥	톱밥 150L/포	4,200(원)	1.4포/1.52m <sup>2</sup>	0.93포	3,906	600	2,343,600	
	퍼얼	퍼얼 100L/포	21,000(원)/포	0.6포/1.52m <sup>2</sup>	0.4포	8,400	600	5,040,000	
	부엌토	100L	11,000(원)/포	0.3포/1.52m <sup>2</sup>	0.2포	2,200	600	1,320,000	
	소계						8,703,600		
중계							<b>12,303,600</b>		
시 설	③ 배 지 상 자 및 선 반	3단 선반		7,750,000(원)	(공사비포함)		7,750,000	견적가, 첨부3	
		단프라 시트	1400×2500(4t)	7,700(원)/장	600m <sup>2</sup> , 10m x 5/열 x 18 =	90장	720,000	시중가	
		앵글	1.5t, 3 x4				950,000	“	
		철망	9m/롤	70,000(원)	600m <sup>2</sup> , 2.5 x 18 =	45롤	3,780,000	“	
		망사	20m/롤	30,000(원)	600m <sup>2</sup> , 18롤	18롤	540,000	“	
		물받이용 PE	0.6t, 1.5 x 1(m)	3,000(원)	600m <sup>2</sup> , 480 m		1,440,000	“	
	소계							<b>15,180,000</b>	
	④ 기 반 기 설	관수시설	100평	5,600,000(원)	공사비 포함			5,600,000	견적가, 첨부4
		냉난방시설	50평 냉난방기	4,000,000(원)	2			8,000,000	시중가
			PE 분산기		0.6t, 1.5 x 1(m), 480 m			1,440,000	
			습도온도편차	200,000(원)	4대			800,000	
		환넬하우스	100평	53,000,000(원)	(공사비포함)			53,000,000	견적가, 첨부6
④소 계							<b>68,840,000</b>		
중계 ①+②+③+④							<b>96,000,000</b>		
운 영 비	⑤ 1년	전기냉난방비	5000kwh/년	1070(원)			5,350,000		
		고용인력비			느타리버섯 기준 : 1,300,000원	1.3배	1,690,000		
		유지보수비용			1,000,000원		1,000,000		
		소계					8,040,000		
총계							<b>104,000,000</b>		

표 4-3 은 표 4-1 과 표 4-2 로부터 재배 연도별 투자비용과 수확수이비교 를 제시한 서  
 임

시설 재배이기 때문에 초기 투자 많이 소요 되어 2차년에는 투자비용과 수익이 거의 같은  
 손익 분기점이 되고 있음,

2년 후부터는 과중 후 2 년인 4 연부터 매 2 년 마다 97,000(천원) 수익을 창출 할 수 있으  
 며, 매년 48,500(천원) 수익 구조라 할 수 있다. 산출내역이외 추가비용이 매년 3,500(천원) 소  
 요되고, 자가노력비 4,900(천원: 느타리버섯, 농진청 2010년 통계)을 제외하면, 40,000(천원)/년  
 소득을 창출 할 수 있을 것으로 예상된다. 투자 후 10년간 개발시설에서 재배 했을 때 총 투  
 자비용을 제외한 소득은 40,000(천원)/년 이 되는 것으로 예측할 수 있다.

느타리버섯을 시설배재를 할 경우 농진청 2010년 통계에 의 하면 년 소득이 11,960(천원)인  
 것으로 제시되어 있다.

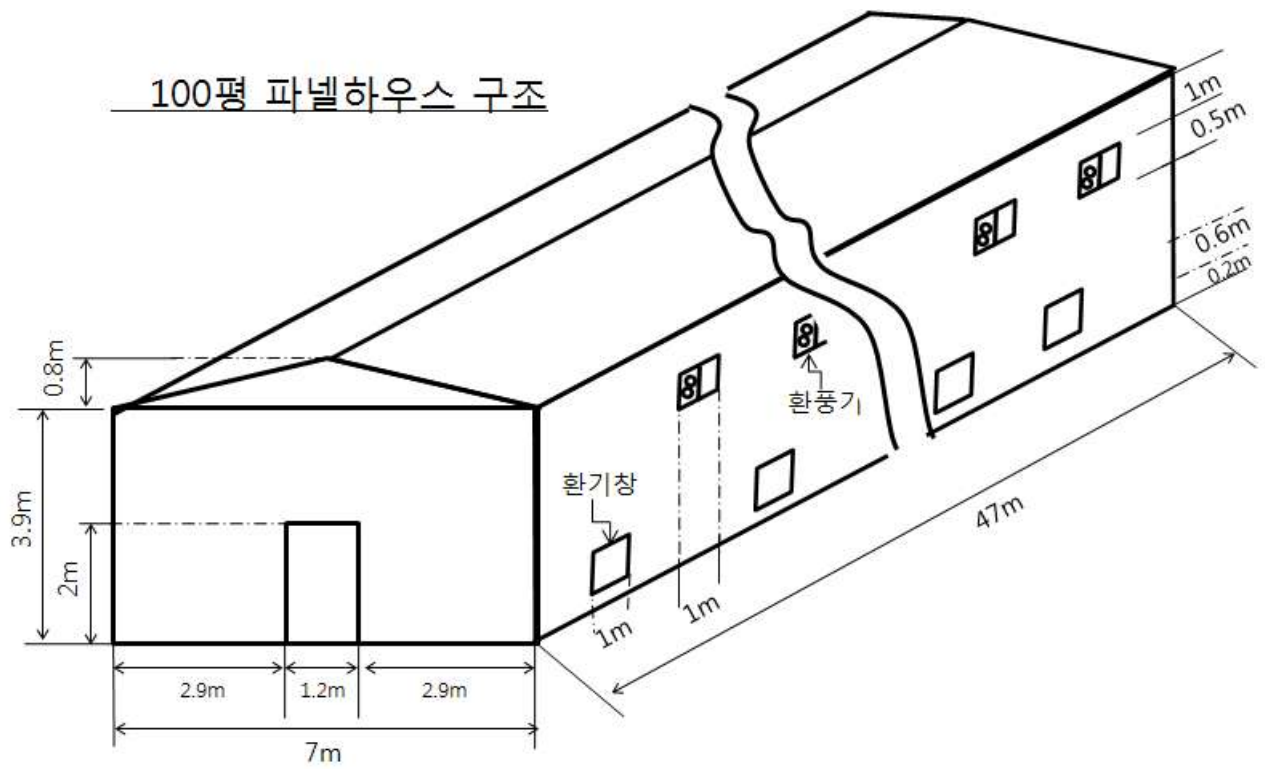
상기와 같은 결과는 천마재배 시설재배에서 연구결과와 같은 수확을 할 경우 느타리버섯 보  
 다 약 3배의 수익을 창출할 수 있는 농가 고소득 작물이 될 수 있다는 것을 예측할 수 있  
 다.

이러한 예측 계산 1년 작을 기준으로 산출한 것이므로 이러한 예측계산이 보다 정량적인 산  
 출이 되기 위해서는 2 년 작 연구가 이루어져야 한다.

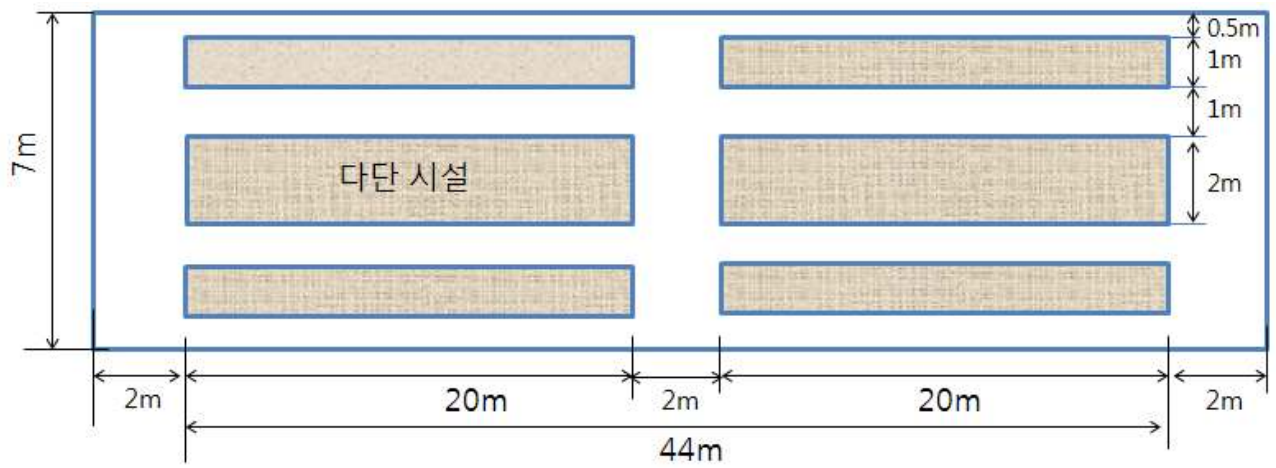
또한 이러한 시설 제제브이 경우 초기 투자가 많이 소요됨으로 일반 농민들로 재배할 수 있  
 도록 시설 재배시설에도 농기계와 같이 보조 사업이나 융자 사업이 일반화 되어야 할 것이  
 다,

표 4-3

	재배기간	수확수입 (천원)	투자비용과 수익 비교(천원)				
			초기투자	①+ ②	운영비	총투자	수익
1	2년 후 수익	125,000	<b>96,000</b>	-	16,000	112,000	<b>7,000</b>
2	4년 후 수익	125,000	-	12,000	16,000	28,000	<b>97,000</b>
3	6년 후 수익	125,000	-	12,000	16,000	28,000	<b>97,000</b>
4	8년 후 수익	125,000	-	12,000	16,000	28,000	<b>97,000</b>
5	10년 후	125,000	-	12,000	16,000	28,000	<b>97,000</b>
총계		625,000				224,000	<b>401,000</b>

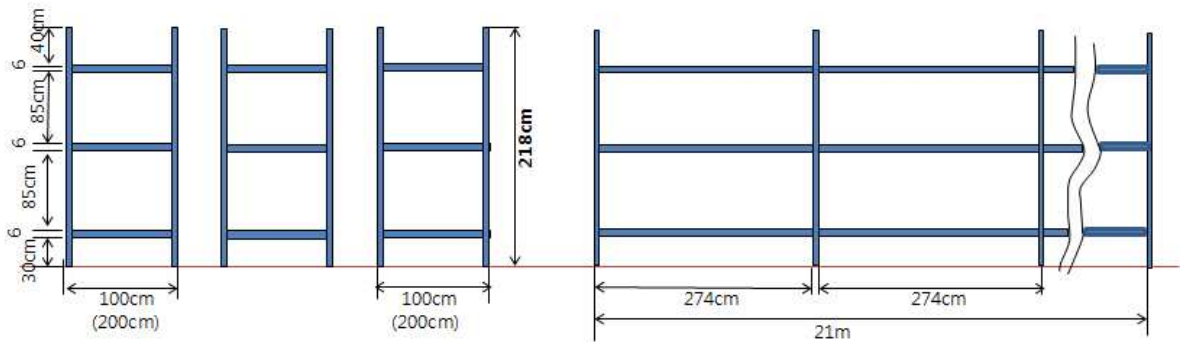
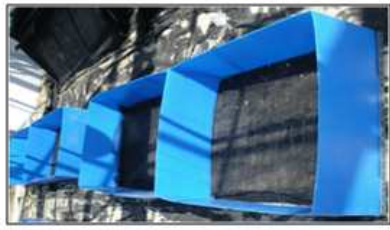


(a) 외관



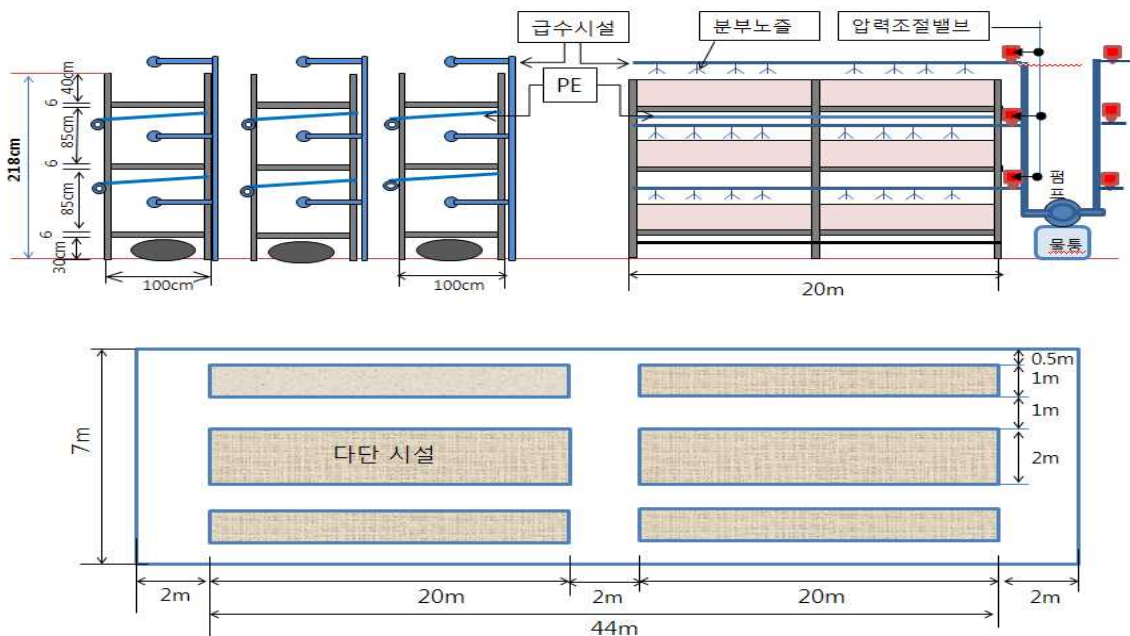
(b) 3단 내부 단면구조

재배상자, 선반제작 설계 (1m x 20m : 12개, 2m x 20m : 6개)



c) 3단 내부, 재배상자 및 선반 구조

급수시설, PE배수장치 및 열풍 공급 비닐호스 설계 (1m x 20m : 12개, 2m x 20m : 6개)



d) 급수시설, PE배수장치 및 열풍 비닐호스 설치 구조

Fig. 4-1 경제성 검토 100평 관넬하우스 구조 (a) 외관 (b) 내부구조 (c) 3단 내부, 재배상자 및 선반 구조 (d) 급수시설, PE배수장치 및 열풍 비닐호스 설치 구조

### 제 3 절 관련분야에의 기여도.

#### (1) 기술적 측면

- 천마 다단식 실내 생산을 위한 최적의 배지조합 개발.
- 연중수시 생산이 가능한 지상 다단식 실내재배 시설 개발.
- 일정한 온도와 습도 제어가 가능한 시설개발로 다량의 고품질 천마 생산가능
- 지상 다단식 온·습도 환경 제어 기술 타 작물에도 적용 가능.
- 개발 에너지 절약형 비닐하우스 기술 타 작물 재배에 적용 가능.

#### (2) 경제·산업적 측면

- 고소득 특작물 재배방법 개발로 농가소득 향상에 기여.
- 고소득 작물재배 방법개발로 FTA 체제 농가경쟁력 확보기여.
- 중국산 수입대체 효과.
- 기존 농가의 비수기에도 소득활동에 기여
- 천마의 안정적 공급체제 확립으로 2차 ,3차 천마가공 산업의 활성화 기여
- 실내 다단 시설재배사 개발로 관련 기업체 발전에 기여.



## 제 6 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구 성과 목표 와 연구결과 실적

구분	특허		신품중				유전 등록	논문		기타
	출원	등록	품중명 명칭등록	품중생 수입판 신고	품중보호			SCI	비SCI	
					출원	등록				
최종목표	1	1						5		
연구실적	1	0						-3편 투고 중 -4편 발표 예정		
비고	“가” 항 설명							“나” 항 설명		

#### 가. 특허 성과 : 1

1) 특허출원 : 특허출원번호 10-2010-0034966

특허 출원명 : <적외선 및 전열 난방방식 실내다층 구조 재배장치> : <첨부 6>

2) 특허 출원 변리사 작업 중 : 1건 (저에너지 소비 온실구조) : <첨부 7, 8>

3) 특허 출원 준비중 : 최종연구 분석 후 출원 작업 중.

출원명 : <지상 다단식 천마 시설재배 방법과 시설구조>

#### 나. 논문게재 성과 :

1) 논문 투고 : 23편..... <첨부 9>

(1) 시설재배에 적합한 천마 배지재료 및 환경의 최적 조건. 한국자원식물학회지. 홍세철, 정진부, 어현지, 김건우, 김상현, 엄용균, 구진숙. 투고

(2) 재배환경별 천마 추출물의 항산화 활성 및 지방산 함량 비교. 홍세철, 어현지, 김건우, 김상현, 엄용균. 투고

2) 투고 준비중 :

(1) 시설재배 천마로부터 활성산소에 의한 DNA damage 억제 및 항산화 활성. 투고예정

(2) 판별시설 재배 천마의 생약학적 품질평가. 투고 예정

(3) 비닐하우스 재배 천마의 생약학적 품질평가. 투고 예정

3) 논문 발표 예정 : 4편 .....<첨부 10>

(1) 천마의 재배기간 단축을 위한 최적의 배지혼합 조건 설정. 2012년도 한국자원식물학회 춘계학술발표회. 2012. 5. 11. ~ 5. 12. 한국농수산대학.

(2) 시설재배 된 천마와 뽕나무버섯균과의 공생관계 조직학적 관찰. 2012년도 한국자원

식물학회 춘계학술발표회. 2012. 5. 11. ~ 5. 12. 한국농수산대학.

(3) 판넬시설 재배 천마의 품질평가 및 기능성 성분 분석. 2012년도 한국자원식물학회 춘계학술발표회. 2012. 5. 11. ~ 5. 12. 한국농수산대학.

(4) 비닐하우스 재배 천마의 품질평가 및 기능성 성분 분석. 2012년도 한국자원식물학회 춘계학술발표회. 2012. 5. 11. ~ 5. 12. 한국농수산대학.

## (2) 연구성과 활용 목표 와 실적

구분	기술실시 (이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
3년 활용건수 목표	1	1		4	2	2
3년 활용건수 실적	0	0		6	0	1

## 다. 인력활용/양성 성과

### (1) 인력지원 성과

지원 총인원	지원 대상 (학위별, 재학중)				성별		지역별			
	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	대전	기타지역	
1차년	8	1(재중)	3(재중)	3(재중)	1	7	1			9
2차년	9	2(재중)	2 졸 1(재중)	4(재중)	1	8	1			10
3차년	11	2	3	5	2	7	4			13
총계	28				4					32

### \* 실용화 · 산업화 계획(기술실시 등)

- 연구결과물 중 “지상 다단식 천마 시설재배 시설” 개발 결과물은 “**참여기업**”에 기술 이전하기로 협약되어 있어 상품화가 가능함.
- 천마는 농민이 재배하므로 농민들을 대상으로 시설재배에 대한 교육과 홍보를 강화하여 시설 재배가 조기에 정착되도록 함.
- 시설재배가 농민에게 보급될 경우 근래 천마를 원재료한 음 · 식료품 시장이 확대되고 있으며, 생천마의 안정적 공급원이 확보될 경우 가공생산업체(드링크, 파우더, 파우치 생산) 등이 투자 확대계획을 하고 있으므로 산업화는 문제가 없음.
- 생천마의 시설재배가 성공하면 품질관리가 가능하여 다음과 같은 2차 상품개발이 가능하여 유효성분 추출을 통한 일반 및 기능성 식품개발과 천마를 이용한 각종 성인병 치료제 개발의 연구가 필요하며 이를 추진하고자 함.

\* 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획 등

- 본 연구과정 설계 자료 와 시제품 제작 결과 학생 교육 자료로 활용하고자 함.
- 재배 및 분석 자료 대학원 수업에 활용
- 본교 농업최고경영자 과정의 교육자료 로 활용하고자 함.

\* 추가연구, 타 연구에 활용 계획 등.

- 다단 시설재배에 대한 최초의 연구이고 연구기간이 3년 이었으므로 개발된 천마 시설 재배의 방법을 상용화하기 위해서는 개발 배지조합에 대한 재현성을 확인하는 추가 연구가 필요하며, 1년 작 연구만 하였으므로 생 천마 상품의 질을 향상시키기 위한 2 년 작 연구가 필요함.
- 타 연구의 활용 : 관심을 갖고 있는 “공장 형 작물재배 시설 개발 연구”에 활용하고자 함.

## 제 7 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

● 지상 다단식 천마 실내재배 온.습도 환경 제어시스템과 다단식 구조 개발과 관련하여 온천수 열을 활용한 저에너지 온실 구조 와 온.습도 환경 제어시스템에 대한 연구자료 수집 차 일본 홋카이도의 토오야코 지역 온천수 열 활용 온실 농가 방문.

### 1. 온천수 활용 방법 :

1) 온천수 사용 후 물을 활용하는지? 아니면 원천수를 활용하는지?

원천수 사용

2) 온천수 활용을 위한 전체 시스템의 구조.

- 온천수 활용을 위하여 어떤 공사를 했는지?

2km 떨어진 곳에서 온천을 1 km 깊이로 개발하여 이곳까지 이송하여 온실 농가에서 는 간단한 펌프밸브와 파이프 장치로 온천수 활용.

- 여기에 어떤 기계들을 설치했는지?

이 지역 온천수는 불순물이 없기 때문에 원천수를 그대로 사용함으로 간단한 펌프 밸브와 파이프 장치로 온실내부의 바닥 설치된 호스로 순환시킴.

- 온도조정 장치는 천정의 개폐기로 조절하고 있으며 국내에서 사용하는 자동조절장치 와 차이가 없었음.

### 2. 시설설치 비용 :

- 32년 전 국가에서 신재생에너지 활용 측면에서 온천개발 및 이송 파이프라인 공사를 함. 현재 농가사용료 부담액 20만원/년

### 3. 예측 사용 수명 :

- 파이프와 일반 부품만 수리를 하면 반영구적으로 사용가능,

### 4. 경제성

- 현재 일보에서도 온실 난방으로 등류를 사용하고 있으며 등유 값의 40%를 보조하고 있지만 난방비가 상승으로 어려움을 겪고 있으나, 이 지역 세이모어 씨는 이 시설로 토마토를 재배하여 1천만엔/년 소득에 난방비용은 온천수 사용료 20만엔/년으로 밖에 없으므로 고소득 농업이라 할 수 있음

## 제 8 장      참고문헌

1. 허준. 1613. (광해군5) 동의보감 .
2. 권채, 유효통, 노중례, 박윤덕. 1433년(조선 세종15)간행. 향약집성방. 국립중앙도서관 .
3. 이시진(李時珍). 중국 (明),1596년 간행 . 본초 강목.
4. Qiao Wang, Guoshen Chen, Su Zeng. 12 October 2007. Distribution and metabolism of gastrodin in rat brain. ELSEVIER.
5. 홍인표. 2004. 천마의 생육특성과 재배방법. 농업진흥청 농업과학기술대전 보고서
6. 류영현,조우식. 2003. 우량복령신품종 선발시험. 경북농업기술원 시험연구보고서. 358-362
7. Hyeon-Ju Kim, Kwang-Deog Moon, Sang-Young Oh, Sang-Pyo Kim, Seong-Ryong Lee. 12 September 2001. Ether fraction of methanol extracts of *Gastrodia elata*, a traditional medicinal herb, protects against kainic acid-induced neuronal damage in the mouse hippocampus. ELSEVIER.
8. Hong Qiu, Wei Tang, Xiankun Tong, Kan Ding, Jianping Zuo. 12 September 2001. Structure elucidation and sulfated derivatives preparation of two  $\alpha$ -D-glucans from *Gastrodia elata* Bl. and their anti-dengue virus bioactivities. ELSEVIER.
9. 장현유. 1999. 뽕나무 버섯균을 이용한 천마 재배기술. KISS.
10. 이경남. 1999. 천마 재배의 이론과 실제. KISS.
11. 김광포. 1995 ~ 1996 농업기술지. 천마의 인공재배기술
12. 성재모, 성범식, 양근주, 이현경. 1995. *Armillaria*속균을 이용한 천마생산. 강원대학교 농과대학 한국균학회지. p61 ~ 70.
13. 홍인표, 장현유, 강안석, 차동열, 이민웅. 1994. 복령균의 인공배양에 관한연구. 농시논문집 36(1) : 701-708
14. 성재모, 정범식, 양근주, 이현경, T.C. Harrington. 1994. *Armillaria* 속균을 이용한 천마생산. 한국균학회지 23(1):61-70.
14. 장현유,차동열,강안석. 1993. 천마 인공재배를 위한 뽕나무버섯의 배양적 특성. KISS.
15. 李相來, 朴仁鉉, 宋沅燮, 安相得. 1990. 약용식물재배. 선진문화사. pp328.
16. Day, W. R. 1937. The parasitism of *Armillaria mellea* in relation to conifers. Quart. J. For. 21:9-12 Dickinson, C. and J. Lucas. 1983. The Encyclopedia of Mushrooms. Crescent Books, New York Fries, E. M. 1821. Systema Mycologium. Gryphiswaldiae.
17. 우청, 이성우 외7명, 1998, 시설하우스 고소득천마재배기술개발, 김천시 농촌지도소, 농림부. 보고서
18. 농림부, 특용작물 생산실적, 각 년도
19. 김경범, 유기환, 박하얀, 정종문. 2006. 국내 유통 중인 식용식물 추출물의 항산화효과. 한국응용생명화학학회지. 49(4):328-333
20. 김현주, 정신교, 문광덕. 2000. 천마 분말의 화학적 성분. 농산물저장유통학회지.7(3):278-284.

21. 김호철, 안덕균. 1999. 천마의 4-Vessel Occlusion으로 유발한 흰쥐 전뇌허혈에 대한 신경 보호 효과. 대한본초학회지. 14(1):121-129.
22. 김호철, 이복남, 김용식, 이상인. 1999. 파킨슨병에서의 도파민성 신경세포손상에 대한 천마의 방어효과에 관한 연구. 대한본초학회지. 14(1):103-109.
23. 신창식, 박채규, 이종원, 이재곤, 장진규, 김용규. 1999. 건조방법에 따른 천마의 성분 분석. 한국식품영양과학회지. 28(5):1058-1063. 지방산
24. 용철순, 권기철, 김정애, 하정희, 이동용, 허근. 1999. 천마 성분인 4-히드록시-3-메톡시벤즈알데히드 및 파라-히드록시벤즈알데히드의 흰쥐에서의 약물동태. 약제학회지. 29 (1): 47-53 .
25. 이부용, 최현선, 황진봉. 2002. 천마의 식품학적 성분 분석 및 건조방법에 따른 특성 변화. 한국식품과학회지. 34(1): 37-42.
26. 허진철, 박자영, 안상미, 이진만, 윤치영, 신흥목, 권택규, 이상한. 2006. 천마추출물의 항산화 및 항암활성. 한국식품저장유통학회지. 13(1):83-87.
27. 인삼연초연구소. 1991. 인삼성분분석법. 제일문화사. 대전. pp. 57-59.
28. 한국약학대학협의회 약전분과회. 2003. 대한약전 제8개정 해설서. 신일상사. 서울. pp. 139-142.
29. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. USA.
30. Bondet V, Brand-Williams, Berset W.C. 1997. Kinetics and mechanism of antioxidant activity using the DPPH free radical method, Journal of food Science and technology 30:609-615.
31. Court, W. A., J.M. Elliot and J.G. Hendel. 1982. Influence of applied nitrogen on the nonvolatile fatty acids and amino acids of flue-cured tobacco. Can. J. 62(2):489-496.

판넬하우스 전력 소비 기록지 (단위:Kwh)

6월					
날짜	판넬동(점검시간18:30)				
1	419.2	3164.4	13851.8	181.7	27768.1
2	419.2	3166.2	13852.5	181.8	27774.5
3	419.2	3175.5	13853.3	181.8	27786.5
4	419.2	3183.1	13854.0	181.8	27804.8
5	419.2	3189.2	13854.8	181.9	27820.4
6	419.2	3194.6	13855.4	181.9	27836.8
7	419.2	3200.6	13856.1	182.0	27850.6
8	419.2	3206.6	13856.9	182.1	27866.5
9	419.2	3213.0	13857.7	182.1	27883.5
10	419.2	3220.8	13858.6	182.2	27902.2
11	419.2	3227.6	13859.2	183.0	27917.7
12	419.2	3227.6	13859.9	183.1	27927.9
13	419.2	3227.7	13860.7	183.1	27938.9
14	419.2	3227.7	13861.6	183.2	27948.1
15	419.2	3234.3	13862.5	183.2	27965.7
16	419.2	3238.4	13863.1	183.2	27975.7
17	419.2	3238.4	13863.9	183.3	27976.5
18	419.2	3238.4	13864.6	183.3	27977.9
19	419.2	3238.4	13865.4	183.4	27979.2
20	419.2	3238.4	13866.2	183.4	27980.3
21	419.2	3238.4	13867.1	183.5	27981.0
22	419.2	3238.4	13867.8	183.5	27989.5
23	419.2	3238.4	13868.7	183.6	27990.2
24	419.2	3238.4	13869.6	183.6	27991.3
25	419.2	3238.4	13870.4	183.7	27992.6
26	419.2	3238.4	13871.2	183.7	27993.3
27	419.2	3238.4	13871.9	183.8	27994.5
28	419.2	3238.4	13872.6	183.8	27995.7
29	419.2	3238.4	13873.5	183.8	27997.9
30	419.2	3238.4	13874.2	183.9	27998.8
31					

7월					
날짜	판넬동(점검시간18:30)				
1	419.3	3238.4	13875.0	183.9	27999.7
2	419.3	3238.4	13875.9	184.0	28000.2
3	419.3	3238.4	13876.4	184.0	28001.4
4	419.3	3238.4	13877.3	184.1	28002.8
5	419.3	3238.4	13878.2	184.1	28003.6
6	419.3	3238.4	13879.0	184.1	28005.1
7	419.3	3238.4	13879.8	184.2	28006.2
8	419.3	3238.4	13880.6	184.2	28007.3
9	419.3	3238.4	13881.1	184.2	28008.2
10	419.3	3238.4	13882.0	184.3	28009.1
11	419.3	3238.4	13882.8	184.3	28010.0
12	419.3	3238.4	13884.0	184.3	28011.2
13	419.3	3238.4	13885.3	184.3	28012.4
14	419.3	3238.4	13886.2	184.4	28013.3
15	419.3	3238.4	13886.4	184.9	28019.6
16	419.3	3238.4	13886.7	185.3	28026.9
17	419.3	3238.4	13886.9	185.7	28034.3
18	419.3	3238.4	13887.1	186.0	28041.2
19	419.4	3259.2	13888.9	191.7	28048.1
20	419.4	3259.3	13889.7	193.3	28056.9
21	419.4	3261.2	13890.2	193.3	28059.7
22	419.4	3263.9	13891.1	193.4	28063.4
23	419.4	3263.9	13891.1	193.4	28065.5
24	419.4	3263.9	13892.7	193.5	28067.6
25	419.4	3267.1	13893.6	193.5	28070.9
26	419.4	3270.2	13894.3	193.6	28073.9
27	419.4	3272.0	13894.9	194.0	28077.4
28	419.4	3275.0	13895.7	194.0	28081.6
29	419.4	3277.3	13896.4	194.0	28084.8
30	419.4	3277.3	13897.2	194.1	28086.6
31	419.4	3277.3	13898.4	194.1	28089.2

8월					
날짜	판넬동(점검시간18:30)				
1	419.4	3277.3	13899.1	194.2	28092.1
2	419.4	3277.3	13899.9	194.2	28095.1
3	419.4	3278.8	13900.6	194.3	28099.2
4	419.5	3284.2	13901.1	194.3	28109.3
5	419.5	3289.5	13902.2	194.4	28116.7
6	419.5	3293.4	13902.9	194.4	28123.4
7	419.5	3297.7	13903.7	194.5	28130.7
8	419.5	3302.8	13904.4	194.5	28138.0
9	419.5	3307.1	13905.2	194.6	28146.2
10	419.5	3308.8	13906.1	194.6	28151.3
11	419.5	3310.9	13907.0	194.7	28157.4
12	419.5	3313.2	13907.8	194.7	28162.5
13	419.5	3316.5	13908.6	194.7	28168.2
14	419.5	3320.2	13909.8	194.8	28175.3
15	419.6	3324.7	13910.6	194.8	28182.7
16	419.6	3327.2	13911.0	194.9	28188.6
17	419.6	3330.9	13911.6	194.9	28195.6
18	419.6	3332.6	13912.7	195.0	28201.2
19	419.6	3334.2	13913.5	195.1	28206.3
20	419.6	3334.2	13914.6	195.2	28208.2
21	419.6	3334.3	13915.3	195.3	28209.8
22	419.6	3334.3	13916.2	195.3	28211.4
23	419.6	3334.3	13917.0	195.4	28213.3
24	419.6	3334.4	13917.8	195.4	28214.6
25	419.6	3334.4	13918.6	195.5	28215.7
26	419.6	3334.4	13919.5	195.5	28216.6
27	419.7	3334.4	13920.3	195.5	28217.4
28	419.7	3334.4	13920.9	195.6	28218.5
29	419.7	3334.5	13921.4	195.7	28219.6
30	419.7	3334.5	13922.6	195.7	28221.2
31	419.7	3334.5	13923.7	195.8	28222.4

9월					
날짜	판넬동(점검시간18:30)				
1	419.7	3335.0	13924.3	195.9	28225.7
2	419.7	3335.0	13925.1	195.9	28227.3
3	419.7	3335.1	13926.2	196.0	28228.6
4	419.7	3335.1	13927.0	196.0	28229.5
5	419.7	3335.2	13927.6	196.1	28230.7
6	419.7	3335.2	13928.4	196.1	28231.8
7	419.7	3335.2	13929.1	196.2	28232.6
8	419.7	3335.2	13929.9	196.3	28233.4
9	419.7	3335.2	13930.6	196.3	28234.2
10	419.7	3335.2	13931.5	196.4	28235.7
11	419.7	3335.3	13932.1	196.5	28236.6
12	419.7	3335.3	13933.0	196.5	28237.8
13	419.7	3335.3	13933.7	196.6	28239.0
14	419.7	3335.3	13934.5	196.7	28240.0
15	419.7	3338.8	13935.2	196.7	28255.7
16	419.7	3342.2	13936.0	196.8	28271.3
17	419.8	3349.8	13936.7	196.9	28286.7
18	419.8	3356.7	13937.3	196.9	28300.4
19	419.8	3361.0	13938.0	197.0	28318.3
20	419.8	3361.1	13938.7	199.2	28320.1
21	419.8	3361.1	13939.5	201.3	28322.0
22	419.8	3361.2	13940.0	203.1	28324.9
23	419.8	3361.2	13940.7	203.8	28339.5
24	419.8	3361.3	13941.3	204.5	28348.9
25	419.8	3361.3	13941.9	205.0	28359.4
26	419.8	3361.4	13942.6	205.8	28369.1
27	419.8	3361.4	13943.2	205.9	28378.5
28	419.8	3361.5	13943.9	205.9	28391.4
29	419.8	3361.5	13944.9	206.0	28403.3
30	419.8	3361.6	13945.5	206.7	28415.2
31					

10월					
날짜	판넬동(점검시간18:30)				
1	419.8	3361.7	13946.2	207.8	28425.4
2	419.8	3361.7	13946.8	208.6	28432.7
3	419.8	3361.8	13947.4	209.2	28444.6
4	419.8	3361.8	13948.0	210.0	28452.7
5	419.8	3361.9	13948.6	211.1	28460.5
6	419.8	3362.0	13949.5	212.3	28468.7
7	419.8	3362.1	13950.1	213.2	28480.1
8	419.8	3362.2	13950.9	214.5	28491.3
9	419.8	3362.3	13951.5	215.9	28502.6
10	419.8	3362.3	13952.2	216.8	28513.7
11	419.8	3362.4	13952.9	218.3	28525.2
12	419.8	3362.5	13953.5	219.4	28535.2
13	419.8	3362.5	13954.2	220.5	28546.1
14	419.8	3362.6	13954.9	221.8	28558.2
15	419.8	3362.6	13955.5	222.8	28569.5
16	419.8	3362.7	13956.1	222.9	28580.3
17	419.8	3362.8	13956.8	223.0	28591.1
18	419.8	3362.9	13957.6	223.0	28600.4
19	419.8	3363.0	13958.2	223.0	28609.3
20	419.8	3363.1	13958.8	223.1	28619.0
21	419.8	3363.1	13959.4	223.1	28627.8
22	419.8	3363.2	13960.1	223.2	28636.9
23	419.8	3363.2	13960.8	223.2	28647.1
24	419.8	3363.3	13961.5	223.3	28658.1
25	419.8	3363.3	13962.2	223.4	28668.9
26	419.8	3363.4	13962.8	223.6	28676.1
27	419.8	3363.4	13963.4	223.8	28687.9
28	419.8	3363.5	13964.3	223.9	28695.6
29	419.8	3363.5	13965.0	225.6	28707.7
30	419.8	3363.6	13965.9	227.4	28720.3
31	419.8	3363.7	13966.1	229.5	28731.7

11월					
날짜	판넬동(점검시간18:30)				
1	419.8	3363.8	13966.7	230.1	28743.5
2	419.8	3363.9	13967.5	231.1	28756.7
3	419.8	3363.9	13968.1	231.3	28760.1
4	419.8	3363.9	13968.7	231.5	28764.5
5	419.9	3364.0	13969.4	231.7	28770.0
6	419.9	3364.0	13969.9	231.9	28774.7
7	419.9	3364.1	13970.2	232.3	28779.3
8	419.9	3364.2	13971.4	232.5	28784.0
9	419.9	3370.8	13972.1	232.5	28800.3
10	419.9	3378.9	13972.8	232.6	28820.3
11	419.9	3386.1	13973.4	232.7	28840.3
12	419.9	3396.8	13973.9	232.8	28858.2
13	419.9	3400.1	13974.1	232.8	28871.4
14	419.9	3424.3	13975.7	232.9	28890.1
15	419.9	3457.6	13976.7	232.9	28925.3
16	419.9	3480.6	13977.4	233.0	28959.7
17	419.9	3488.3	13977.9	233.1	28993.3
18	419.9	3496.7	13978.2	233.2	29030.4
19	419.9	3519.7	13978.7	233.2	29062.7
20	419.9	3536.1	13979.5	233.2	29095.6
21	419.9	3562.2	13980.1	233.3	29123.5
22	419.9	3591.0	13980.8	233.4	29149.9
23	419.9	3637.4	13981.4	233.4	29180.7
24	419.9	3672.3	13982.2	233.5	29230.3
25	419.9	3712.3	13982.8	233.6	29289.8
26	419.9	3758.0	13983.0	233.6	29346.1
27	419.9	3787.9	13983.8	233.7	29387.6
28	419.9	3825.3	13984.6	233.8	29436.5
29	419.9	3869.1	13985.4	233.9	29488.3
30	419.9	3900.0	13986.2	234.0	29536.1
31					

12월					
날짜	판넬동(점검시간18:30)				
1	420.0	3931.1	13987.0	234.0	29565.7
2	420.0	3962.6	13987.5	234.1	29617.6
3	420.0	3990.4	13988.0	234.2	29674.5
4	420.0	4041.7	13988.7	234.2	29723.5
5	420.0	4084.6	13989.5	234.3	29784.9
6	420.0	4127.7	13990.2	234.4	29821.7
7	420.0	4160.1	13991.0	234.5	29885.4
8	420.0	4206.1	13991.7	234.6	29922.3
9	420.0	4247.8	13992.2	234.6	29987.4
10	420.0	4289.6	13992.8	234.7	30031.2
11	420.0	4332.6	13993.6	234.7	30082.4
12	420.0	4379.2	13994.0	234.8	30125.9
13	420.0	4409.1	13994.7	234.8	30177.4
14	420.0	4457.1	13995.2	234.9	30210.1
15	420.0	4502.7	13995.9	234.9	30279.5
16	420.0	4550.5	13996.7	235.0	30337.8
17	420.0	4608.6	13997.6	235.1	30409.0
18	420.0	4672.3	13998.0	235.2	30479.6
19	420.0	4744.7	13998.7	235.3	30542.7
20	420.0	4829.6	13999.3	235.4	30607.3
21	420.0	4888.7	13999.9	235.5	30678.3
22	420.0	4956.7	14000.7	235.6	30743.7
23	420.0	5027.3	14001.3	235.7	30815.6
24	420.0	5093.2	14002.1	235.8	30885.2
25	420.0	5145.7	14002.8	235.9	30953.3
26	420.1	5196.9	14003.6	236.0	31026.5
27	420.1	5258.3	14004.5	236.1	31090.5
28	420.1	5302.1	14005.0	236.1	31159.3
29	420.1	5358.4	14005.6	236.2	31225.9
30	420.1	5397.6	14006.3	236.2	31288.3
31	420.1	5438.7	14007.0	236.3	31345.1

1월					
날짜	판넬동(점검시간18:30)				
1	420.1	5489.5	14007.6	236.3	31396.7
2	420.1	5536.0	14008.2	236.3	31442.5
3	420.1	5590.4	14008.8	236.3	31490.7
4	420.1	5632.7	14009.5	236.3	31545.6
5	420.1	5670.2	14010.1	236.3	31595.1
6	420.1	5710.1	14010.7	236.3	31643.2
7	420.1	5751.2	14011.4	236.3	31689.3
8	420.1	5782.3	14012.0	236.3	31748.3
9	420.1	5819.3	14012.8	236.4	31791.3
10	420.1	5850.2	14013.7	236.4	31847.9
11	420.1	5887.3	14014.4	236.4	31895.0
12	420.1	5924.7	14015.1	236.4	31942.1
13	420.1	5961.9	14015.7	236.5	31982.2
14	420.1	5999.3	14016.4	236.5	32036.3
15	420.1	6036.6	14017.0	236.5	32083.5
16	420.1	6070.6	14017.6	236.6	32127.2
17	420.1	6107.3	14018.2	236.6	32169.8
18	420.1	6142.7	14018.9	236.6	32212.2
19	420.1	6177.3	14019.5	236.6	32254.4
20	420.1	6212.2	14020.1	236.6	32297.4
21	420.1	6247.3	14020.7	236.7	32339.7
22	420.1	6282.7	14021.2	236.7	32382.2
23	420.1	6317.9	14021.8	236.7	32424.5
24	420.1	6353.5	14022.4	236.8	32467.1
25	420.1	6389.7	14023.0	236.8	32509.7
26	420.1	6425.9	14023.7	236.8	32552.2
27	420.1	6461.7	14024.3	236.9	32594.6
28	420.1	6497.5	14025.1	236.9	32637.2
29	420.1	6533.2	14026.0	236.9	32679.2
30	420.1	6568.5	14026.9	237.0	32722.3
31	420.1	6612.5	14027.7	237.2	32777.7



2월					
날짜	판넬동(점검시간18:30)				
1	420.1	6653.2	14028.3	237.2	32828.2
2	420.1	6693.8	14028.9	237.3	32878.7
3	420.1	6734.8	14029.5	237.3	32929.2
4	420.1	6775.4	14030.2	237.4	32979.7
5	420.1	6816.0	14030.9	237.4	33030.2
6	420.1	6857.1	14031.6	237.4	33080.9
7	420.1	6893.5	14032.3	237.5	33127.1
8	420.1	6938.5	14032.9	237.5	33180.5
9	420.1	6984.7	14033.6	237.5	33234.4
10	420.1	7027.3	14034.4	237.6	33290.5
11	420.1	7069.3	14035.1	237.6	33341.7
12	420.1	7113.3	14035.8	237.6	33393.5
13	420.1	7149.9	14036.4	237.7	33436.0
14	420.1	7186.1	14037.1	237.7	33488.7
15	420.1	7216.6	14037.7	237.7	33528.7
16	420.1	7249.6	14038.4	237.8	33574.6
17	420.1	7286.1	14039.0	237.8	33618.4
18	420.1	7322.6	14039.8	237.8	33664.7
19	420.1	7358.8	14040.4	237.9	33710.8
20	420.1	7395.3	14041.0	237.9	33755.7
21	420.1	7429.3	14041.6	237.9	33799.3
22	420.1	7460.4	14042.4	238.0	33842.1
23	420.1	7491.2	14043.0	238.0	33880.0
24	420.1	7521.1	14043.6	238.0	33921.1
25	420.1	7551.6	14044.3	238.0	33963.0
26	420.1	7582.1	14045.0	238.1	33999.7
27	420.1	7614.8	14045.7	238.1	34043.8
28	420.2	7648.6	14046.3	238.2	34087.4
29	420.2	7678.0	14047.0	238.2	34126.1
30					
31					

### 비닐 하우스 소비전력 기록지 (단위:Kwh)

6월					7월					8월				
날짜	하우스(점검시간18:30)				날짜	하우스(점검시간18:30)				날짜	하우스(점검시간18:30)			
1	24430.1	11711.1	11022.5		1	24742.6	11780.5	11100.1		1	24839.8	11780.5	11179.1	
2	24468.2	11712.0	11024.8		2	24745.5	11780.5	11102.9		2	24842.6	11780.5	11181.7	
3	24503.3	11721.8	11027.2		3	24747.4	11780.5	11105.1		3	24845.6	11780.5	11183.8	
4	24542.1	11732.6	11029.9		4	24749.7	11780.5	11107.2		4	24849.0	11780.5	11185.7	
5	24578.3	11739.8	11032.7		5	24752.7	11780.5	11109.6		5	24852.9	11780.5	11188.9	
6	24616.2	11749.8	11035.4		6	24755.1	11780.5	11112.4		6	24855.2	11780.5	11191.4	
7	24656.4	11759.3	11037.0		7	24758.3	11780.5	11115.0		7	24859.1	11780.5	11194.2	
8	24659.0	11759.3	11039.6		8	24761.2	11780.5	11117.8		8	24862.9	11780.5	11196.3	
9	24661.9	11759.3	11042.4		9	24763.4	11780.5	11119.4		9	24866.1	11780.5	11198.1	
10	24664.9	11759.3	11045.3		10	24765.2	11780.5	11121.8		10	24870.2	11780.5	11201.2	
11	24667.0	11759.3	11047.4		11	24767.5	11780.5	11124.6		11	24874.2	11780.5	11203.7	
12	24669.8	11759.3	11050.1		12	24769.4	11780.5	11126.6		12	24877.4	11780.5	11206.0	
13	24672.0	11759.3	11052.4		13	24773.8	11780.5	11129.4		13	24880.8	11780.5	11209.1	
14	24675.2	11759.3	11055.5		14	24776.9	11780.5	11132.9		14	24884.4	11780.5	11212.3	
15	24678.6	11759.3	11058.4		15	24780.2	11780.5	11133.8		15	24887.4	11780.5	11214.7	
16	24680.8	11759.3	11060.3		16	24783.9	11780.5	11134.6		16	24890.1	11780.5	11215.8	
17	24683.2	11759.3	11062.9		17	24786.4	11780.5	11135.4		17	24894.3	11780.5	11217.7	
18	24686.0	11759.3	11066.0		18	24790.0	11780.5	11137.2		18	24898.7	11780.5	11220.3	
19	24689.0	11759.3	11068.8		19	24792.2	11780.5	11144.0		19	24902.5	11780.5	11223.4	
20	24692.1	11759.3	11071.0		20	24795.0	11780.5	11148.2		20	24904.4	11780.5	11226.6	
21	24694.7	11759.3	11074.0		21	24798.1	11780.5	11151.0		21	24908.7	11780.5	11229.7	
22	24697.1	11759.3	11076.3		22	24801.9	11780.5	11153.1		22	24911.2	11780.5	11231.5	
23	24700.2	11759.3	11079.0		23	24805.8	11780.5	11155.8		23	24914.9	11780.5	11233.3	
24	24703.3	11759.3	11081.7		24	24810.2	11780.5	11157.9		24	24917.3	11780.5	11235.6	
25	24706.0	11759.3	11083.9		25	24813.7	11780.5	11161.1		25	24919.7	11780.5	11238.6	
26	24709.1	11759.3	11087.0		26	24817.3	11780.5	11164.0		26	24922.4	11780.5	11240.7	
27	24730.7	11780.5	11089.1		27	24820.3	11780.5	11166.0		27	24925.6	11780.5	11243.1	
28	24733.8	11780.5	11091.7		28	24824.4	11780.5	11168.8		28	24928.2	11780.5	11245.4	
29	24736.9	11780.5	11094.7		29	24827.6	11780.5	11171.1		29	24930.1	11780.5	11248.1	
30	24739.4	11780.5	11097.1		30	24832.7	11780.5	11174.2		30	24932.6	11780.5	11250.3	
31					31	24836.2	11780.5	11176.9		31	24934.7	11780.5	11252.6	

9월			
날짜	하우스(점검시간18:30)		
1	24936.9	11780.5	11254.8
2	24939.2	11780.5	11257.0
3	24942.8	11780.5	11259.2
4	24945.2	11780.5	11262.1
5	24947.0	11780.5	11264.7
6	24949.5	11780.5	11267.1
7	24951.8	11780.5	11269.8
8	24954.3	11780.5	11271.3
9	24957.7	11780.5	11274.8
10	24959.9	11780.5	11277.2
11	24963.2	11780.5	11279.9
12	24965.4	11780.5	11282.6
13	24967.2	11780.5	11284.1
14	24969.1	11780.5	11286.3
15	24974.2	11780.5	11289.1
16	24978.3	11780.5	11292.0
17	24985.1	11780.5	11295.3
18	24990.3	11780.5	11296.9
19	24994.7	11780.5	11298.4
20	25000.3	11780.5	11301.1
21	25006.1	11780.5	11303.2
22	25012.4	11780.5	11305.4
23	25014.5	11780.5	11308.2
24	25017.2	11780.5	11310.3
25	25019.8	11780.5	11312.5
26	25022.1	11780.5	11314.7
27	25025.4	11780.5	11318.6
28	25028.6	11780.5	11320.2
29	25031.5	11780.5	11323.2
30	25090.1	11784.4	11325.5
31			

10월			
날짜	하우스(점검시간18:30)		
1	25160.7	11788.2	11327.6
2	25220.5	11791.3	11330.4
3	25270.1	11794.6	11332.7
4	25323.3	11800.1	11335.4
5	25378.1	11803.6	11337.1
6	25428.2	11807.3	11340.0
7	25477.3	11810.1	11343.1
8	25523.2	11812.5	11346.3
9	25580.8	11815.1	11348.7
10	25627.3	11816.7	11349.9
11	25679.9	11818.8	11352.4
12	25741.8	11832.7	11354.6
13	25820.3	11843.8	11357.0
14	25893.7	11859.5	11359.7
15	25961.4	11872.5	11362.2
16	26020.3	11880.3	11364.3
17	26081.2	11888.7	11366.5
18	26148.3	11897.9	11368.9
19	26216.9	11911.7	11371.9
20	26282.3	11924.3	11374.3
21	26351.7	11936.2	11376.2
22	26422.5	11948.7	11378.8
23	26480.2	11960.0	11381.3
24	26543.4	11971.3	11384.7
25	26600.6	11984.6	11386.4
26	26660.7	11998.1	11388.7
27	26722.6	12013.6	11391.0
28	26781.2	12031.1	11393.7
29	26845.5	12046.3	11396.2
30	26899.3	12061.8	11399.1
31	26954.7	12075.6	11401.2

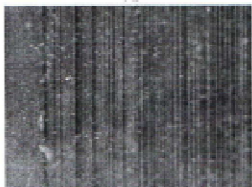
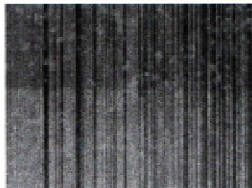
11월			
날짜	하우스(점검시간18:30)		
1	27011.2	12089.7	11403.4
2	27070.6	12104.0	11406.0
3	27128.7	12110.1	11408.5
4	27182.3	12114.9	11410.7
5	27238.4	12119.2	11413.2
6	27292.3	12123.3	11415.8
7	27342.7	12126.8	11417.6
8	27393.2	12130.3	11420.4
9	27437.3	12142.3	11423.1
10	27479.7	12160.7	11425.9
11	27526.7	12178.5	11428.3
12	27570.4	12192.4	11430.4
13	27624.8	12208.2	11433.0
14	27673.2	12240.8	11435.9
15	27725.5	12255.5	11438.3
16	27787.3	12267.2	11440.3
17	27838.4	12280.9	11442.5
18	27899.4	12304.7	11445.7
19	28001.7	12338.3	11485.5
20	28099.8	12381.7	11529.4
21	28181.2	12423.5	11587.1
22	28282.0	12472.4	11621.1
23	28371.4	12514.3	11670.0
24	28462.2	12562.3	11711.8
25	28550.9	12601.0	11752.0
26	28644.1	12637.4	11789.0
27	28736.3	12681.2	11840.1
28	28828.1	12733.7	11892.3
29	28937.3	12778.4	11935.5
30	29042.4	12812.8	11976.1
31			

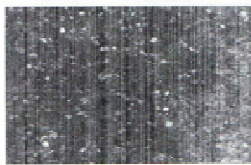
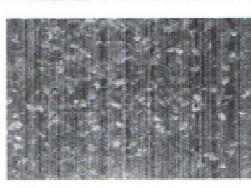
12월			
날짜	하우스(점검시간18:30)		
1	29148.3	12850.9	12020.3
2	29254.1	12896.3	12071.9
3	29362.3	12931.7	12112.7
4	29468.7	12969.5	12160.5
5	29576.3	13014.7	12204.7
6	29682.4	13068.7	12252.5
7	29789.3	13120.5	12313.7
8	29896.7	13178.7	12374.1
9	29998.2	13210.6	12419.5
10	30100.1	13254.7	12460.5
11	30198.3	13304.8	12505.3
12	30306.3	13340.9	12555.7
13	30414.1	13387.7	12601.7
14	30522.3	13439.5	12649.1
15	30633.3	13492.6	12700.3
16	30740.2	13541.6	12745.1
17	30850.2	13582.6	12791.2
18	30951.3	13631.7	12837.4
19	31060.7	13685.4	12880.1
20	31168.7	13740.7	12927.3
21	31271.1	13798.5	12969.5
22	31380.1	13861.2	13027.7
23	31491.1	13923.7	13080.8
24	31651.7	13980.1	13132.6
25	31810.7	14035.6	13168.7
26	31968.4	14088.8	13206.2
27	32130.8	14146.8	13248.6
28	32292.5	14198.1	13287.2
29	32445.3	14250.6	13329.5
30	32596.9	14308.4	13374.7
31	32750.7	14369.7	13401.5

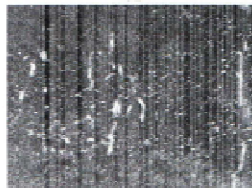
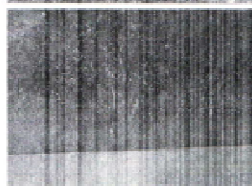
1월			
날짜	하우스(점검시간18:30)		
1	32895.6	14418.7	13449.5
2	33041.3	14470.7	13501.3
3	33200.7	14530.2	13549.6
4	33352.3	14586.2	13599.1
5	33508.9	14645.8	13643.2
6	33659.3	14703.7	13688.9
7	33808.2	14769.1	13725.3
8	33955.3	14821.3	13763.2
9	34098.4	14865.3	13808.3
10	34244.8	14928.0	13851.8
11	34399.3	14983.1	13895.7
12	34551.8	15039.3	13940.1
13	34711.3	15091.7	13978.2
14	34863.9	15148.3	14020.7
15	35012.8	15206.0	14067.2
16	35155.2	15258.9	14111.6
17	35295.3	15311.7	14155.8
18	35437.7	15363.8	14200.1
19	35590.9	15418.2	14245.3
20	35744.3	15470.5	14287.1
21	35888.4	15525.3	14331.9
22	36031.1	15581.2	14376.7
23	36175.8	15638.1	14420.6
24	36317.9	15695.7	14468.7
25	36457.4	15752.1	14513.8
26	36591.4	15806.7	14556.7
27	36727.1	15859.9	14599.3
28	36860.4	15914.6	14641.2
29	36995.5	15960.3	14684.7
30	37132.1	16008.1	14727.8
31	37272.6	16054.0	14777.0

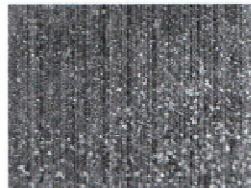
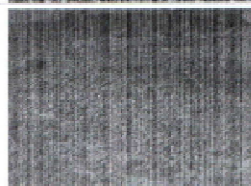
2월			
날짜	하우스(점검시간18:30)		
1	37408.5	16108.1	14819.2
2	37543.5	16162.0	14863.1
3	37680.3	16215.9	14905.0
4	37816.6	16269.8	14943.9
5	37950.4	16323.7	14983.8
6	38089.3	16379.0	15024.8
7	38222.4	16431.3	15066.7
8	38355.6	16486.6	15108.2
9	38485.6	16542.9	15149.8
10	38615.1	16594.4	15192.4
11	38740.6	16646.9	15234.0
12	38875.1	16699.4	15275.6
13	39002.6	16751.6	15317.2
14	39128.3	16802.6	15357.4
15	39207.1	16847.9	15398.2
16	39287.1	16880.8	15438.4
17	39366.3	16920.1	15478.6
18	39445.3	16959.4	15518.5
19	39524.7	16998.7	15558.6
20	39604.1	17037.9	15598.8
21	39695.3	17081.6	15646.7
22	39780.2	17120.1	15690.1
23	39867.1	17161.2	15734.8
24	39954.1	17202.1	15778.3
25	40042.1	17245.3	15831.0
26	40128.5	17287.1	15880.1
27	40206.3	17322.7	15918.2
28	40300.1	17366.9	15968.1
29	40373.3	17403.1	16005.2
30			
31			



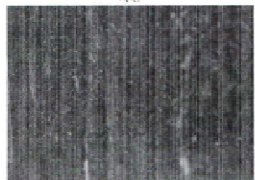
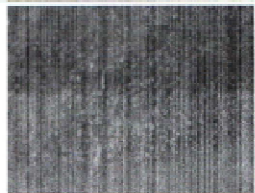
날짜	2011.08.07	관찰자	홍 세 진	관찰처수소
관찰처수소 관공 광 관공 현황				
1차 시찰	1면 상		관공재와 콘크리트 관공에 치기시작함	관공시공
	관공 중측			
2차 시찰	2면 상		관공재 시공도부근까지 비결	관공시공
	관공 하측			
3차 시찰				
관공 완료 (공대)				

날짜	2011.09.09	관찰자	홍 세 진	관찰처수소
관찰처수소 관공 광 관공 현황				
1차 시찰	1면 상		관공재마포 콘크리트층의 관공에 치기시작함 관공재 관공이 관공이 치기시작함	관공시공
	관공 중측			
2차 시찰	2면 상		관공재는 관공의 관공에 치기시작함 관공에 치기시작함 관공이 치기시작함	관공시공
	관공 하측			
3차 시찰				
관공 완료 (공대)				

날짜	2011.09.12	관찰자	홍 세 진	관찰처수소
관찰처수소 관공 광 관공 현황				
1차 시찰	1면 상		관공재 관공이 관공에 치기시작함 관공에 치기시작함 관공에 치기시작함	관공시공
	관공 중측			
2차 시찰	2면 상		관공재 관공이 관공에 치기시작함 관공에 치기시작함 관공에 치기시작함	관공시공
	관공 하측			
3차 시찰				
관공 완료 (공대)				

날짜	2011.09.18	관찰자	홍 세 진	관찰처수소
관찰처수소 관공 광 관공 현황				
1차 시찰	1면 상		관공재 관공이 관공에 치기시작함 관공에 치기시작함 관공에 치기시작함	관공시공
	관공 중측			
2차 시찰	2면 상		관공재 관공이 관공에 치기시작함 관공에 치기시작함 관공에 치기시작함	관공시공
	관공 하측			
3차 시찰				
관공 완료 (공대)				

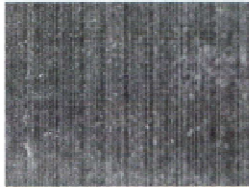
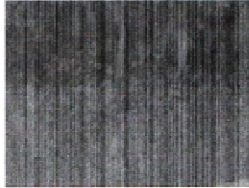
날짜	2011.10.14			관원자	중 세 점		관별허가수
경의 남해 북해 승문 상태	점	회색 회색	9.8 14.0	신내준도	회색 회색	20.1 25.1	신내준도 60
	양호			관수량	점프가동시간: 12:50 ~ 13:10 50분		0분
기타 사실	3중	1번			관수중 정단화		
		2번			관수중 정단화		
		3번			관수중 정단화		
		4번			관수중 정단화		
	2중	1번			관수중 정단화		
		2번			관수중 정단화		
		3번			관수중 정단화		
		4번			관수중 정단화		
	1중	1번			관수중 정단화		
		2번			관수중 정단화		
		3번			관수중 정단화		
		4번			관수중 정단화		
관리 조치 사실	압력차이보입되어 12:50 이후 관수, 선내준도가 너무 낮다고 확인되어 강제 정단화						
관할 사실(공제)							

날짜	2011.10.14			관원자	중 세 점		관별허가수
관별허가수 관할 상 관할 현황							
특이 사실	1번 상 일일 무측				관관사실		
							
관리 조치 사실							
관할 사실(공제)							

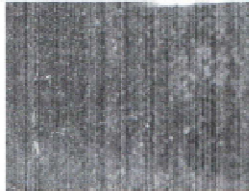
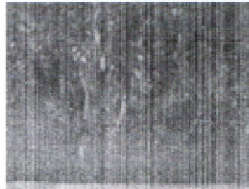
날짜	2011.10.15			관원자	중 세 점		관별허가수
경의 남해 북해 승문 상태	점	회색 회색	12.4 21.0	신내준도	회색 회색	19.3 25.1	신내준도 70
	양호			관수량	점프가동시간		
기타 사실	3중	1번			특이사항없음		
		2번			특이사항없음		
		3번			특이사항없음		
		4번			특이사항없음		
	2중	1번			특이사항없음		
		2번			특이사항없음		
		3번			특이사항없음		
		4번			특이사항없음		
	1중	1번			특이사항없음		
		2번			특이사항없음		
		3번			특이사항없음		
		4번			특이사항없음		
관리 조치 사실	환기 배수에 정교업 계기						
관할 사실(공제)							

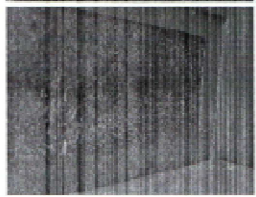
날짜	2011.10.17			관원자	중 세 점		관별허가수	
경의 남해 북해 승문 상태	점	회색 회색	7.1 19.4	신내준도	회색 회색	23.1 22.0	신내준도 60	
	양호			관수량	점프가동시간			
특이 사실	3중	1번			특이사항없음			
		2번			특이사항없음			
		3번			특이사항없음			
		4번			특이사항없음			
	2중	1번			관측계 운영이 계기			
		2번			관측계 운영이 계기			
		3번			관측계 운영이 계기			
		4번			관측계 운영이 계기			
	1중	1번			특이사항없음			
		2번			관측계 운영이 계기			
		3번			특이사항없음			
		4번			특이사항없음			
	관리 조치 사실							
	관할 사실(공제)							

날짜	2011.10.24			관관자	중 세 점			관별회수스
관의 내외 벽의 습윤 상태	관중	벽의 과고	10.6 18.0	관내온도	벽의 과고	18.0 21.0	관내습도	63
	일도		관수양	필트거동시점: 13시 10분 - 13시 18분			5분	
관의 내외 시일	1면			3중 환수 3분씩 이상				
	2면			3중 환수 3분씩 이상				
	3면			3중 환수 3분씩 이상				
	4면			3중 환수 3분씩 이상				
	5면			차이사항 없음				
	2면			관수원 농량이 적어(점진 농량미)				
	3면			차이사항 없음				
	4면			차이사항 없음				
	3면			차이사항 없음				
	2면			차이사항 없음				
관내 조리 시일				계면제막과 취거되지않고 문닫은채로 현상계 귀중				
관내 제방(중대)								

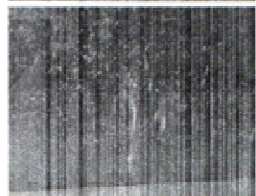
날짜	2011.10.24			관관자	중 세 점			관별회수스
관별회수스 관관 및 관관 현황								
관의 내외 시일	사진				관관사항			
	1면 상 일규 주측							
2면 상 일규 좌측								
관내 조리 시일								
관내 제방(중대)								

날짜	2011.10.27			관관자	중 세 점			관별회수스
관의 내외 벽의 습윤 상태	관중	벽의 과고	2.2 20.0	관내온도	벽의 과고	19.0 24.0	관내습도	65
	일도		관수양	필트거동시점:				
관의 내외 시일	1면			차이사항 없음				
	2면			차이사항 없음				
	3면			건조배관량의 제거				
	4면			차이사항 없음				
	1면			차이사항 없음				
	2면			건조배관량의 제거				
	3면			건조배관량의 제거				
	4면			차이사항 없음				
	1면			차이사항 없음				
	2면			차이사항 없음				
관내 조리 시일				상대 벽체사상 확인지 확인완료				
관내 제방(중대)								

날짜	2011.10.27			관관자	중 세 점			관별회수스
관별회수스 관관 및 관관 현황								
관의 내외 시일	사진				관관사항			
	1면 상 일규 주측							
2면 상 일규 좌측								
관내 조리 시일								
관내 제방(중대)								

날짜	2011.11.03	관찰자	윤노우	관찰대상
원뿔리수스 관찰 장 관찰 현황				
1차 시정 상황	1면 상	사진	관찰자명	
	2면 상			
관리 조치 사항				
전달 사항 (관리)				

날짜	2011.11.07	관찰자	홍재원	관찰대상
관리 조치 사항	관수	피지 리도 12.9	관내온도 피지 리도 17.5	관내습도 19.0
전달 사항 (관리)	양호	관수량	관부가동시간	08
1차 시정 상황	1면	관내공관이 제거(제습본 포함)		
	2면			
	3면			
	4면			
2차 시정 상황	1면			
	2면			
	3면			
	4면			
3차 시정 상황	1면			
	2면			
	3면			
	4면			
관리 조치 사항	관리 6분(1차 수분제거)			
전달 사항 (관리)				

날짜	2011.11.07	관찰자	홍재원	관찰대상
원뿔리수스 관찰 장 관찰 현황				
1차 시정 상황	1면 상	사진	관찰자명	
	2면 상			
관리 조치 사항				
전달 사항 (관리)				

날짜	2011.11.09	관찰자	홍재원	관찰대상
관리 조치 사항	관수	피지 리도 10.0	관내온도 피지 리도 14.8	관내습도 18.9
전달 사항 (관리)	양호	관수량	관부가동시간 14시40분 ~ 14시 45분(3중 관수)	05
1차 시정 상황	1면	정단화		
	2면			
	3면			
	4면			
2차 시정 상황	1면	정단화		
	2면			
	3면			
	4면			
3차 시정 상황	1면	정단화		
	2면			
	3면			
	4면			
관리 조치 사항	관수후 관내정수 30~의 3중관 관수			
전달 사항 (관리)				

# 비닐하우스 기록일지

날짜	2011.10.08	관관자	총 세 점	비닐하우스												
싹의 난여	점유	피지 7.5 피고 22.8	싹내온도 피지 20.6 피고 23.5	싹내습도 60												
배지 습윤 상태	양호	관수량	필브가동시간:													
1 번		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">원정 스프링클러 작동</th> </tr> <tr> <th>작동 전 온도 (실내)</th> <th>작동시작시간, 작동단시간</th> <th>작동 후 온도 (실내)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			원정 스프링클러 작동			작동 전 온도 (실내)	작동시작시간, 작동단시간	작동 후 온도 (실내)	1			2		
원정 스프링클러 작동																
작동 전 온도 (실내)	작동시작시간, 작동단시간				작동 후 온도 (실내)											
1																
2																
2 번																
3 번																
4 번																
1 번																
2 번																
3 번																
4 번																
1 번																
2 번																
3 번																
4 번																
관관 조치 사항	해부 시설 보수 및 작업으로 인한 습도 온도조절 필요															
관관 사항 (공 내)																

날짜	2011.10.09	관관자	총 세 점	비닐하우스												
싹의 난여	점유	피지 8.3 피고 21.7	싹내온도 피지 20.2 피고 23.6	싹내습도 59												
배지 습윤 상태	양호	관수량	필브가동시간:													
1 번		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">원정 스프링클러 작동</th> </tr> <tr> <th>작동 전 온도 (실내)</th> <th>작동시작시간, 작동단시간</th> <th>작동 후 온도 (실내)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			원정 스프링클러 작동			작동 전 온도 (실내)	작동시작시간, 작동단시간	작동 후 온도 (실내)	1			2		
원정 스프링클러 작동																
작동 전 온도 (실내)	작동시작시간, 작동단시간				작동 후 온도 (실내)											
1																
2																
2 번																
3 번																
4 번																
1 번																
2 번																
3 번																
4 번																
1 번																
2 번																
3 번																
4 번																
관관 조치 사항	낮에 피더작동 안됨.															
관관 사항 (공 내)																

날짜	2011.10.11	관관자	총 세 점	비닐하우스												
싹의 난여	점유	피지 10.7 피고 24.6	싹내온도 피지 22.5 피고 28.5	싹내습도 57												
배지 습윤 상태	양호	관수량	필브가동시간: 13:10 - 13:12	2분												
1 번		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">원정 스프링클러 작동</th> </tr> <tr> <th>작동 전 온도 (실내)</th> <th>작동시작시간, 작동단시간</th> <th>작동 후 온도 (실내)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			원정 스프링클러 작동			작동 전 온도 (실내)	작동시작시간, 작동단시간	작동 후 온도 (실내)	1			2		
원정 스프링클러 작동																
작동 전 온도 (실내)	작동시작시간, 작동단시간				작동 후 온도 (실내)											
1																
2																
2 번	차이사항없음															
3 번	차이사항없음															
4 번	차이사항없음															
1 번	차이사항없음															
2 번	차이사항없음															
3 번	차이사항없음															
4 번	차이사항없음															
1 번	차이사항없음															
2 번	차이사항없음															
3 번	차이사항없음															
4 번	차이사항없음															
관관 조치 사항	30온도조절 1:필브로 2:분관 관수, 피더작동하지않음															
관관 사항 (공 내)																

날짜	2011.10.14	관관자	총 세 점	비닐하우스												
싹의 난여	점유	피지 9.8 피고 14.9	싹내온도 피지 18.5 피고 22.0	싹내습도 52												
배지 습윤 상태	양호	관수량	필브가동시간: 12:15 - 12:21	6분												
1 번		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">원정 스프링클러 작동</th> </tr> <tr> <th>작동 전 온도 (실내)</th> <th>작동시작시간, 작동단시간</th> <th>작동 후 온도 (실내)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			원정 스프링클러 작동			작동 전 온도 (실내)	작동시작시간, 작동단시간	작동 후 온도 (실내)	1			2		
원정 스프링클러 작동																
작동 전 온도 (실내)	작동시작시간, 작동단시간				작동 후 온도 (실내)											
1																
2																
2 번	관수주 중단화															
3 번	관수주 중단화															
4 번	관수주 중단화															
1 번	관수주 중단화															
2 번	관수주 중단화															
3 번	관수주 중단화															
4 번	관수주 중단화															
1 번	관수주 중단화															
2 번	관수주 중단화															
3 번	관수주 중단화															
4 번	관수주 중단화															
관관 조치 사항	싹내온도 상승으로 인하여 피더가동(정기) 할려지므로인하여 12:22 때로 관수															
관관 사항 (공 내)	2중 1번 노즐 수리요망															



날짜	2011.10.15		관관자	홍 세 권		비밀취우스
선외 단체	방음	피치 12.4 피코 21.0	선내온도	피치 19.3 피코 25.1	선내습도	60
패시 승문 상태	양호	관수량	펌프가동시간:			
3 중	1 번	관정 스프링클러 작동	작동 전 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종료시간	작동 후 온도 (선내)	
	2 번					
	3 번					
	4 번					
1 중	1 번	3중관수주 장치 고이있어 제거				
	2 번					
	3 번					
	4 번					
1 중	1 번	3중관수주 장치 고이있어 제거				
	2 번					
	3 번					
	4 번					
관 조 시 상		3중 일반원래 수위유량				
관 단 사 상 (공 내)						

날짜	2011.10.19		관관자	홍 세 권		비밀취우스
선외 단체	방음	피치 3.9 피코 21.2	선내온도	피치 15.6 피코 23.1	선내습도	56
패시 승문 상태	양호	관수량	펌프가동시간:			
3 중	1 번	관정 스프링클러 작동	작동 전 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종료시간	작동 후 온도 (선내)	
	2 번					
	3 번					
	4 번					
2 중	1 번	필단화 및 관내에서 풍어주기 (성공)				
	2 번					
	3 번					
	4 번					
1 중	1 번	필단화 및 관내에서 풍어주기 (성공)				
	2 번					
	3 번					
	4 번					
관 조 시 상		필이이드 + 돌핀 살충제 분사원설이 침범 메이필라이드 살충제 양호 지온메탄스 약간 온도조절 대책강구(히터작동)				
관 단 사 상 (공 내)						

날짜	2011.10.21		관관자	홍 세 권		비밀취우스
선외 단체	방음	피치 10.0 피코 19.2	선내온도	피치 18.5 피코 23.0	선내습도	63
패시 승문 상태	양호	관수량	펌프가동시간: 10시 30분 - 10시 37분		7분	
3 중	1 번	관정 스프링클러 작동	작동 전 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종료시간	작동 후 온도 (선내)	
	2 번					
	3 번					
	4 번					
1 중	1 번	작이사항 없음				
	2 번					
	3 번					
	4 번					
1 중	1 번	작이사항 없음				
	2 번					
	3 번					
	4 번					
1 중	1 번	노련객김장이 제거				
	2 번					
	3 번					
	4 번					
관 조 시 상		지온메탄스 수관 히터작동함				
관 단 사 상 (공 내)						

날짜	2011.10.27		관관자	홍 세 권		비밀취우스
선외 단체	방음	피치 2.2 피코 20.0	선내온도	피치 14.2 피코 26.5	선내습도	56
패시 승문 상태	양호	관수량	펌프가동시간:			
3 중	1 번	관정 스프링클러 작동	작동 전 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종료시간	작동 후 온도 (선내)	
	2 번					
	3 번					
	4 번					
2 중	1 번	관객김장이 제거				
	2 번					
	3 번					
	4 번					
1 중	1 번	관객김장이 해당 민서 (제거)				
	2 번					
	3 번					
	4 번					
관 조 시 상		지온메탄스 수관 히터 온도 더 온전후 수관 가동				
관 단 사 상 (공 내)						

날짜	2011.10.28	관원자	총 세 점		비밀취부스												
선외 단체	점수 최저 6.7 최고 20.5	선내온도	최저 15.5 최고 24.0	선내습도	55												
배치 순서 상태	알호	관수양	원프가동시간: 11시 15분 - 11시 21분		6분												
3 중	1 명	관수주 정단화	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">원정 스프링클러 작동</th> </tr> <tr> <th>작동 권 온도 (선내)</th> <th>작동시작시간, 작동종지시간</th> <th>작동 주 온도 (선내)</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			원정 스프링클러 작동			작동 권 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종지시간	작동 주 온도 (선내)	1			2		
	원정 스프링클러 작동																
	작동 권 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종지시간				작동 주 온도 (선내)											
	1																
2																	
2 명	관수주 정단화																
3 명	관수주 정단화																
4 명	관수주 정단화																
1 중	1 명	관수주 정단화															
	2 명	관수주 정단화															
	3 명	관수주 정단화															
	4 명	관수주 정단화															
1 중	1 명	관수주 정단화															
	2 명	관수주 정단화															
	3 명	관수주 정단화															
	4 명	관수주 정단화															
관련 조직 사항	3중이 관수주 틀이 빨리 빠지는것으로보아 배치가 굳어 흡수되지 못하는 것으로 판단됨																
원단 사항 (공 대)																	

날짜	2011.10.31	관원자	총 세 점		비밀취부스												
선외 단체	점수 최저 8.5 최고 22.1	선내온도	최저 16.0 최고 26.0	선내습도	59												
배치 순서 상태	알호	관수양	원프가동시간:														
3 중	1 명	관객공방이 제거	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">원정 스프링클러 작동</th> </tr> <tr> <th>작동 권 온도 (선내)</th> <th>작동시작시간, 작동종지시간</th> <th>작동 주 온도 (선내)</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			원정 스프링클러 작동			작동 권 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종지시간	작동 주 온도 (선내)	1			2		
	원정 스프링클러 작동																
	작동 권 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종지시간				작동 주 온도 (선내)											
	1																
2																	
2 명	차이사항 없음																
3 명	차이사항 없음																
4 명	관객공방이 제거																
2 중	1 명	차이사항 없음															
	2 명	차이사항 없음															
	3 명	관객공방이 제거															
	4 명	관객공방이 제거															
1 중	1 명	관객공방이 제거															
	2 명	차이사항 없음															
	3 명	관객공방이 대당면적 되어 제거함															
	4 명	차이사항 없음															
관련 조직 사항	최저 작동 구간 연람																
원단 사항 (공 대)																	

날짜	2011.11.01	관원자	관수주		비밀취부스												
선외 단체	점수 최저 6.5 최고 21.6	선내온도	최저 19.5 최고 29.1	선내습도	55												
배치 순서 상태	일호(연관선)	관수양	원프가동시간:														
3 중	1 명	정단화	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">원정 스프링클러 작동</th> </tr> <tr> <th>작동 권 온도 (선내)</th> <th>작동시작시간, 작동종지시간</th> <th>작동 주 온도 (선내)</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			원정 스프링클러 작동			작동 권 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종지시간	작동 주 온도 (선내)	1			2		
	원정 스프링클러 작동																
	작동 권 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종지시간				작동 주 온도 (선내)											
	1																
2																	
2 명	정단화																
3 명	정단화																
4 명	정단화																
1 중	1 명	정단화 및 공방이 제거															
	2 명	정단화 및 공방 온은 것 들어주기															
	3 명	정단화 및 공방 온은 것 들어주기															
	4 명	정단화 및 공방 온은 것 들어주기															
1 중	1 명	정단화 및 공방 온은 것 들어주기															
	2 명	정단화 및 공방 온은 것 들어주기															
	3 명	정단화 및 공방 온은 것 들어주기															
	4 명	정단화 및 공방 온은 것 들어주기															
관련 조직 사항																	
원단 사항 (공 대)																	

날짜	2011.11.03	관원자	승무원		비밀취부스												
선외 단체	점수 최저 12.6 최고 25.1	선내온도	최저 21.0 최고 30.1	선내습도	52												
배치 순서 상태	간호	관수양	원프가동시간: 12:15분 - 12시 22분		7분												
3 중	1 명	관수주 정단화	<table border="1"> <tr> <th colspan="3">원정 스프링클러 작동</th> </tr> <tr> <th>작동 권 온도 (선내)</th> <th>작동시작시간, 작동종지시간</th> <th>작동 주 온도 (선내)</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			원정 스프링클러 작동			작동 권 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종지시간	작동 주 온도 (선내)	1			2		
	원정 스프링클러 작동																
	작동 권 온도 (선내)	작동시작시간, 작동종지시간				작동 주 온도 (선내)											
	1																
2																	
2 명	관수주 정단화																
3 명	관수주 정단화																
4 명	관수주 정단화																
2 중	1 명	관수주 정단화															
	2 명	관수주 정단화															
	3 명	관수주 정단화															
	4 명	관수주 정단화															
1 중	1 명	관수주 정단화															
	2 명	관수주 정단화															
	3 명	관수주 정단화															
	4 명	관수주 정단화															
관련 조직 사항	고온원상으로부터 연해이 구간 (12시-3시) 분개해																
원단 사항 (공 대)																	




날짜	2011.12.03		관찰자	권근우, 송훈민		비닐하우스
실외날씨	비	최저 1.2 최고 9.6	실내온도	최저 18 최고 27.5	실내 습도	58
배지습분 상태	양호		관수량			
	1번		1번			
	2번		2번			
3중	3번	평판작업	3번		평판작업	
	4번		4번		평판작업	
특이사항	1번		1번			
	2번		2번			
2중	3번		3번			
	4번		4번			
	1번		1번			
	2번		2번			
	3번		3번			
1중	4번		4번			
	1번		1번			
	2번		2번			
	3번		3번			
	4번		4번			
관리조치 사항	3중의 배지가 유난히 다른 배지에 비해 쉽게 마르고 건조해져 평판화 작업 후 직접관수					
진달사항 (공대)						

날짜	2011.12.05		관찰자	권근우, 어현지	비닐하우스	
실외날씨	흐림	최저 -4 최고 7.6	실내온도	최저 18.5 최고 27	실내 습도	52
배지습분 상태	양호		관수량	관수시간: 5분		
	1번		1번			
	2번	배지가 많이 마름	2번	배지가 많이 마름		
3중	3번	배지가 많이 마름	3번			
	4번		4번	배지가 많이 마름		
특이사항	1번		1번			
	2번		2번	배지가 많이 마름		
2중	3번		3번			
	4번		4번			
	1번		1번			
	2번		2번			
	3번		3번			
1중	4번		4번			
	1번		1번			
	2번		2번			
	3번		3번			
	4번		4번			
관리조치 사항	3중 직접 관수 (물조리 이용)					
진달사항 (공대)						

날짜	2011.12.12		관찰자	권근우, 송훈민		비닐하우스
실외날씨	맑음	최저 -2 최고 10.6	실내온도	최저 18.5 최고 27	실내 습도	56
배지습분 상태	양호		관수량			
	1번		1번			
	2번		2번			
3중	3번	귀퉁같은 것이 있음	3번			
	4번		4번			
특이사항	1번		1번			
	2번		2번			
2중	3번		3번			
	4번		4번			
	1번		1번			
	2번		2번			
	3번		3번			
1중	4번		4번			
	1번		1번			
	2번		2번			
	3번		3번			
	4번		4번			
관리조치 사항						
진달사항 (공대)						

날짜	2011.12.14		관찰자	송훈민, 어현지	비닐하우스	
실외날씨	맑음	최저 -4 최고 10.2	실내온도	최저 18.5 최고 27.5	실내 습도	52
배지습분 상태	양호		관수량	관수시간: 5분		
	1번	평판화 작업	1번			
	2번	평판화 작업	2번			
3중	3번	평판화 작업	3번	평판화 작업		
	4번	평판화 작업	4번			
특이사항	1번		1번			
	2번		2번			
2중	3번		3번			
	4번		4번			
	1번		1번			
	2번		2번			
	3번		3번			
1중	4번		4번			
	1번		1번			
	2번		2번			
	3번		3번			
	4번		4번			
관리조치 사항	평판화 작업 후 관수 약한 스트림물리가 있으면 좋음					
진달사항 (공대)						

## 견 적 서

수 신 : 안동대학교	<b>공 급 자</b>	등록번호			
참 조 : 기계공학과		상 호	강남기계 공업사	사장	권기현 
견적일 : 2012년 4월		사 업 장 소 재 지	경북 안동시 송현동 143		
아래와 같이 견적합니다. 합계금액 7,750,000(원)		전화번호	T: 054)858-8589 F: 054)858-7232		
NO.	품 명	단위	수량	단 가(원)	공급가액(원)
1	21m 3단 잼널 선반	세트	18	350,000	6,300,000
2	잡자재 비용			250,000	250,000
3	운반비용	세트	18	300,000	300,000
4	설치 인비용	인.일	10	90,000	900,000
					-
					-
					-
					-
					-
총 계 (부가세포함)					7,750,000
※					

## 견 적 서

안동 대학교 엄용균 교수님 귀하

명 칭: 실험실 미세살수시설

규격: 폭1M\*길이21M\*3라인\*3층 (6동)

사업예정지:

아래와 같이 견적합니다.

☎ 011-534-2102

2012년 4월 21일

등록번호	508 - 81 - 06808		
상 호	㈜광진기업	성 명	이 동 사
주 소	경북 안동시 수삼동 820-50번지		
전 화	821-2244	FAX	821-2114
업 태	건설업	종 목	온실설치

품 명	규 격	단위	수 량	단가	공급가액	비 고
수도관(이층관)	25mm*100M	롤	3	95,000	285,000	
수도관(이층관)	20mm*100M	롤	4	65,000	260,000	
물통	1톤(원형)	대	1	132,000	132,000	
모타펌프	1마력	대	1	260,000	260,000	
여과기	40mm	개	1	70,000	70,000	
PE볼밸브	25mm	개	32	4,200	134,400	
PE볼밸브	20mm	개	36	3,800	136,800	
PE엘보	20mm	개	25	2,000	50,000	
PE엘보	25mm	개	25	2,600	65,000	
PE이경티	25mm*20mm	개	36	2,800	100,800	
앤드플러그	25mm	개	12	1,700	20,400	
미니쿨러	미세살수	개	360	2,500	900,000	낙수방지
기둥파이프	3.18mm*2.5M	개	12	6,000	72,000	
고정구	32mm	개	36	300	10,800	
미니팔팔이	소	개	36	2,500	90,000	
비닐	0.1*80*100M	롤	4	74,500	298,000	
패드(칼라)	0.7*6M	개	65	5,300	344,500	
코팅와이어	3.5mm	M	500	200	100,000	
단박클	소	개	36	1,500	54,000	
호수걸이	20mm	개	400	100	40,000	
모타연결자재		식	1	100,000	100,000	
기타부자재		식	1	150,000	150,000	
시설비		식	1	1,500,000	1,500,000	
소계					5,173,700	
부가세					517,370	
합 계					5,691,070	

no 정

견 적 서

건축물 7000\*47500

2012년 04월 03일

안동대학교기계공학 연구실 귀하

아래와 같이 견적 합니다.

공	등록번호	508-06-85596	
급	상 호	대흥스틸산업	정태순
자	업 태	제조업	일반인가계약

합 계 (공급가액+포장)		51,071,900 원정			
품목/규격	수 량	단 가	공급가액	부가세	비 고
타파기	1	950,000	950,000	95,000	
귀기준틀	1	432,000	432,000	43,200	
거푸집	1	593,000	593,000	59,300	
콘크리트	1	5,652,500	5,652,500	565,250	
콘크리트 타설노무비	1	1,200,000	850,000	85,000	
YMC 식	1	1,440,000	1,440,000	144,000	
장비대 식	1	450,000	450,000	45,000	
잡자재 식	1	150,000	150,000	15,000	
각 100*100 칼라 2T	42	39,300	1,650,600	165,060	
C형광 100 칼라	65	29,600	1,924,000	192,400	
앵글40*40*3T(5m)	4	10,750	43,000	4,300	
용접철판(100*150)쪽	1120	350	392,000	39,200	
베이스200*200*8T	30	5,000	150,000	15,000	
앵커볼트13mm	130	470	61,100	6,110	
컷팅석14인치	25	3,500	87,500	8,750	
그라인더 4인치 3M	15	4,000	60,000	6,000	
용접봉3.2mm	4	13,000	52,000	5,200	
신나, 붓, 페인트 식	1	150,000	150,000	15,000	
철골노무비	1	4,850,000	4,850,000	485,000	
벽체100T	3.9	95	50,700	4,816,500	481,650
	5.4	2	70,200	140,400	14,040
	5.1	4	66,300	265,200	26,520
	4.8	4	62,400	249,600	24,960
	4.5	4	58,500	234,000	23,400
	7	48	91,000	4,368,000	436,800
지붕100T 청색	4.3	96	60,200	5,779,200	577,920
100T아연유바		45	6,500	292,500	29,250
100TC/S유바		75	4,000	300,000	30,000
외부코너150*10*20		6	9,500	57,000	5,700
100T앤드캡대용		47	7,700	361,900	36,190
붕마루-청색(대)		18	13,500	243,000	24,300
크르샤		100	700	70,000	7,000
40*40외부앵글		5	2,200	11,000	1,100
우레탄(힐티)		5	8,000	40,000	4,000
직결피스	16	3	9,000	27,000	2,700
스크류볼트	130	3	13,000	39,000	3,900
	180	3	20,000	60,000	6,000
실리콘아이보리		25	1,800	45,000	4,500
실리콘회색		25	1,800	45,000	4,500
칼부록		3	5,000	15,000	1,500
지붕캡	쪽	2	15,000	30,000	3,000
벽체캡	쪽	2	11,000	22,000	2,200
망화문100T 900*2100		2	160,000	320,000	32,000
환기창22인치 팔각백색		2	40,000	80,000	8,000
판넬 노무비		1	8,580,000	8,580,000	858,000
			46,429,000	4,642,900	

견 적 서							
1							
2							
3					등 록 번 호	5 0 8 - 8 1 - 0 4 7 1 8	
4	2012년 4 월 일				상 호	주 식 회 사	
5	업 용 군 교수님 귀 하				주 소	안동시 송현동633-1	대 표
6					업 태	건설업	종 목 온실설치
7	규 격: 7m*48m (336m <sup>2</sup> )				TEL.(054) 853-4004~5 FAX. 854-3953		
8	합계금액 :				원정 (	18,326,770	) 부가세 포함
9	품 명	규 격	단 위	수 량	단 가	공 급 가 액	비 고
10	아 취 파 이 프	31.8*1.5*12	본	33	22,800	752,400	1.5
11	아 취 가 공		본	173	1,500	259,500	
12	가 로 대	25*4*1.5*10	본	107	15,000	1,605,000	일7,이7,삼7
13	조 리 개	25*32	개	1200	80	96,000	
14	연 결 대	25	개	130	200	26,000	
15	마 무 리 파 이 프	31.8*1.5*12	본	12	22,800	273,600	
16	대 각 고 정 구	32	개	40	200	8,000	
17	새 들	25	개	50	100	5,000	
18	마 무 리 T	25	개	6	200	1,200	
19	출 입 문	1200*2000	개	12	100,000	1,200,000	
20	패 드		본	140	4,500	630,000	
21	패 드 판		개	120	50	6,000	
22	피 스		봉	1	8,000	8,000	
23	치 마 비 닐	0.1*80*100	롤	3	72,000	216,000	
24	장 수 비 닐	0.1*550*70	필	2	348,000	696,000	
25	개 폐 기	수동	대	2	22,000	44,000	
26	개 폐 축	25.4*1.5*10	본	34	15,000	510,000	
27	하 우 스 크 랩	25	개	550	100	55,000	
28	하 우 스 벨 트		박스	1	35,000	35,000	
29	이 삼 중 아 취	25.4*1.5*11	본	140	16,500	2,310,000	0.7
30	자 동 개 폐 기		대	4	65,000	260,000	
31	금 구	32	개	70	600	42,000	
32	끈 묶기 파 이 프	25.4*1.5*10	본	10	15,000	150,000	
33	콘 트 롤 박 스	4호기	대	1	580,000	580,000	
34	차 광 망	75*10*70	필	1	110,000	110,000	
35	삼 중 보 온 재	10*70	m2	700	3,500	2,450,000	
36	잡 자 재		식	1	300,000	300,000	
37	설 치 비		m2	336	12,000	4,032,000	
38	합 계					16,660,700	
39	부 가 세					1,666,070	
40	총 계					18,326,770	



## 관인생략 출원번호통지서

출원일자 2010.04.15  
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(0005)  
 출원번호 10-2010-0034966 (접수번호 1-1-2010-0241678-03)  
 출원인명칭 안동대학교 산학협력단(2-2005-020294-7)  
 대리인성명 진천웅(9-1998-000533-6)  
 발명자성명 엄용균  
 발명의명칭 원적외선 및 전열 난방방식 실내 다층 재배장치

### 특 허 청 장

1. 출원번호통지서 출원 이후 심사진행 상황 등을 확인하실 때에는 출원번호가 필요하오니 출원번호통지서는 출원절차가 종료될 때까지 보관하시기 바랍니다.
2. 2-가, 특허 및 실용신안 출원은 심사청구 후 평균 16개월에 1차 심사처리가 이루어지고, 상표 및 디자인은 출원 후 평균 10개월에 1차 심사처리가 이루어집니다.  
 2-나, 특허 및 실용신안은 특허로 홈페이지(<http://www.patent.go.kr>)의 “고객지원서비스-민원처리과정 통지 서비스” 코너에서 1차 심사결과통지 예고서비스를 신청하시면, 1차 심사처리 약 1개월 전에 해당 출원 건의 1차 심사결과통지 예정시기를 SMS 또는 E-mail 서비스로 제공 받을 수 있습니다.  
 2-다, 상표 및 디자인은 특허청 홈페이지(공지사항)에 유별 1차 심사결과통지 예정시기를 매월 게시하고 있으며, 특허정보검색서비스 시스템(<http://www.kipris.or.kr>)을 통해 개별 출원건에 대한 1차 심사결과통지 예정시기를 알려드립니다. 또한, 출원시 1차 심사결과통지 예정시기 알람 서비스를 신청하시면, SMS 또는 E-mail 서비스로 제공해 드립니다.  
 ※ 상기 1차 심사결과통지 예정시기는 사정에 의해 다소 늦거나 빨라 질 수 있습니다.  
 2-라, 1차 심사결과통지시(심사관이 특허결정의 등본을 송달하기 전 또는 심사관이 최초로 거절이유를 통지한 후 출원인이 그 거절이유를 받기 전 중 빠른 때)까지 귀하께서는 특허출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 명세서 또는 도면을 보정할 수 있습니다. 특허출원은 출원일로부터 5년 이내에 특허법시행규칙 별지 제24호서식에 의거 심사청구를 하지 않으면 그 출원은 출원취하된 것으로 간주하여 처리됨을 알려드립니다.
3. 우선심사 특허(실용신안등록출원 또는 디자인등록출원, 상표등록출원에 대해 조기에 심사를 원하시면 “우선심사제도”를 이용하실 수 있습니다)
4. 주소 등 변경신고 출원인의 주소 등을 변경하고자 하는 경우에는 특허법 시행규칙 별지 제4호의 2서식에 의한 출원인 정보변경(경정) 신고서를 제출하여야 합니다.
5. 산업재산권 표시, 광고요령 특허 등 산업재산권을 출원 중에 있는 경우에는 해당 산업재산이 출원상태임을 다음과 같이 표시하여야 하며, 이를 위반할 경우 특허법 제224조 및 제227조에 의거 처벌 받게 됩니다.  
 예) 특허출원 10-2001-0000001, 실용신안등록출원 20-2001-0000001, 디자인등록출원 30-2001-0000001, 상표등록출원 40-2001-0000001
6. 미성년자 미성년자인 출원인이 만20세에 도달하는 경우 출원인의 부모 등 법정대리인의 대리권은 소멸하게 되므로, 출원인은 직접 또는 대리인을 새로이 선임하여 특허에 관한 절차를 밟을 수 있습니다.
7. 문의처 기타 문의사항이 있으시면 특허고객상담센터(1544-8080)에 문의하시거나 특허청 홈페이지([www.patent.go.kr](http://www.patent.go.kr))를 참고하시기 바랍니다.
8. 특허청 주소 302-701 대전광역시 서구 선사로 139 정부대전청사 4동  
 특허청 서울사무소 주소 135-911 서울특별시 강남구 역삼동 647-9 한국지식센터  
 FAX) 대전 : 042-472-7140, 서울 : 02-566-8454

## 약 정 서

위임인 안동대학교 산학협력단(이하, '갑' 이라 함)은 아래의 사건을 '노벨국제특허 법률사무소' (대표변리사 조현동, 정종욱, 진천웅, 이하 '을' 이라 함)에게 위임하고, 그 위임사건에 대한 제반 비용을 아래와 같이 지불하기로 약정한다.

<b>【위임사건제목】</b>	저 에너지 소비 온실 하우스(가칭)		
<b>【약정 선입금액】</b>	금일백사십삼만원(₩1,430,000) - 부가세 포함		
<b>항 목</b>	<b>금 액</b>	<b>지불 시기</b>	
착 수 금	(1)수 수 료	₩1,300,000	착수전
	(2)부 가 세	₩130,000	착수전
	(3)관 납 료	청구할 수에 따라 상이	출원전정산
	(4)선 입 금	일백사십삼만원(₩1,430,000)	착수전
<b>성 공 사 례 금</b>	일백삼십만원(₩1,300,000)-부가세, 등록료 별도	특허결정시	
<b>기 타</b>	1. 상기 금액은 당소와 귀사간의 약정협약에 의한 것임 2. 출원전 (1)+(2)+(3)의 금액과 선입금액의 가감액을 정산함		

※ 하기에 날인 하신 후 당소의 Fax(02-592-4275)로 다시 보내 주시기 바랍니다.

2012 년 3 월 28 일

**위임인(갑)**

성명(회사명) : 안동대학교 산학협력단 (인/서명)

주민등록번호(법인등록번호) :

**수임인(을) :** 노벨국제특허법률사무소 대표변리사 조 현 동  
 대표변리사 정 종 옥  
 대표변리사 진 천 웅



※ 입금계좌 안내

은행명	계좌번호
신한은행	241-12-069883 (예금주: 노벨특허)
국민은행	928702-01-169813 (예금주: 정종욱)
농 협	096-02-079401 (예금주: 진천웅)
외환은행	057-19-31396-7 (예금주: 진천웅)

## 약 정 서

위임인 안동대학교 산학협력단(이하, '갑'이라 함)은 아래의 기간을 '노벨국제특허 법률사무소' (대표변리사 조현웅, 정준욱, 진찬웅, 이하 '을'이라 함)에게 위임하고, 그 위임사건에 대한 채반 비용을 아래와 같이 지불하기로 약정한다.

【위임사건제목】	실내 디자인 권리 시설제배 방법과 시설구조(가상)		
【약정 선임금액】	금일백이십만원(₩1,200,000) - 부가세 포함		
항 목	금 액	지불 시기	
사 수 금	(1)수 수 료	₩1,050,000	착수전
	(2)부 가 세	₩109,001	착수전
	(3)관 남 료	청구할 수에 따라 상이	출원심결산
	(4)산 일 금	일백이십만원(₩1,200,000)	착수전
성 공 사 례 금	일백십만원(₩1,100,000)-부가세, 등록료 별도		특허출청시
기 타	1. 상기 금액은 당초와 귀사간의 약정협약에 따른 것임 2. 출원전 (1)+(2)+(3)의 금액과 선임금액의 가감액을 합산함		

※ 위기에 날인 직전 후 당초의 Fax(02-592-4275)로 다시 보내 주시기 바랍니다.

2012 년 6 월 28 일

위임인(갑)

성명(회사명) : 안동대학교 산학협력단

주인등록번호(법인등록번호) : 111111 - 0002103



수임인(을) : 노벨국제특허법률사무소 대표변리사 조 현 웅

대표변리사 정 준 욱

대표변리사 진 찬 웅



※ 입금계좌 안내

은행명	계좌번호
신한은행	241-12-009883 (예금주: 노벨특허)
국민은행	926702-01-169613 (예금주: 정준욱)
농 합	096-02-079401 (예금주: 진찬웅)
외환은행	057-19-31396-7 (예금주: 정찬웅)



- 학회소개  
INTRODUCTION
- 학술대회/행사  
EVENT
- 학회지/논문투고  
JOURNAL
- 회원서비스  
MEMBER
- 학회소식  
NEWS
- 자료실  
DOWNLOAD

: 초록제출안내 : 온라인초록제출



anticancer 님

안녕하세요!

학회정회원

◦ 개인정보수정 ◦ 로그아웃

논문투고규정

포상규정

편집위원회규정

발간물간행규정

온라인논문투고신청

온라인논문심사

논문검색

Home > 학술지/투고 > 온라인논문심사

번호	접수번호	논문제목	제출일	제출구분	심사진행현황
167	20120327167	시설재배에 적합한 천마 배지재료 및 환경의 최적 조건	2012-03-27 11:09	한글	심사대기
166	20120327166	시설재배에 적합한 천마 배지재료 및 환경의 최적 조건	2012-03-27 11:08	한글	심사대기
165	20120324165	재배환경별 천마 추출물의 항산화 활성 및 지방산 함량 비교	2012-03-24 10:53	한글	심사대기

◀◀ ◀ [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] ▶ ▶▶

전체

시설재배에 적합한 천마 배지재료 및 환경의 최적 조건

홍세철, 정진부, 어현지, 김진우, 김상현<sup>1</sup>, 엄용균<sup>1</sup>, 구진숙\*  
안동대학교 생약자원학과, <sup>1</sup>안동대학교 기계공학과

Optimal Conditions of the Medium and Environment for the  
Growth of *Gastrodia elata* Blume in the Cultivation under Structure

Se Chul Hong, Jin Boo Jeong, Hyun Ji Eo, Kun Woo Kim,  
Sang Hyeon Kim<sup>1</sup>, Yong Kyoon Eom<sup>1\*</sup>, Jin Suk Koo

Medicinal Plant Resources Major, Andong National University, Andong, 760-749, Korea

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Andong National University, Andong, 760-749, Korea

\*교신저자(E-mail) : [kimkoo1114@andong.ac.kr](mailto:kimkoo1114@andong.ac.kr)

재배환경별 천마 추출물의 항산화 활성 및 지방산 함량 비교

홍세철, 어현지, 김권우, 김상현<sup>1</sup>, 엄용균<sup>1\*</sup>  
안동대학교 생약자원학과, <sup>1</sup>안동대학교 기계공학과

Antioxidant Activity and the Contents of Fatty Acids of  
*Gastrodia elata* Blume by the Growing Conditions

Se Chul Hong, Hyun Ji Eo, Kun Woo Kim,  
Sang Hyeon Kim<sup>1</sup>, Yong Kyoon Eom<sup>1\*</sup>

Medicinal Plant Resources Major, Andong National University, Andong, 760-749, Korea

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Andong National University, Andong, 760-749, Korea

Keywords - *Gastrodia elata* Blume, Antioxidant activity, Fatty acid, Growing condition  
\*교신저자(E-mail) : ykeom@andong.ac.kr



사단법인 한국자원식물학회  
*The Plant Resources Society of Korea*

경기도 화성시 봉담읍 안곡농산대학교 창업보육센터 211호 자원식물학회 Tel: (031)202-4116 /  
E-mail: prsk1001@hanmail.net / Http://www.prsk.kr

## 초록접수 확인서42

1. E-P-7

천마의 재배기간 단축을 위한 최적의 배지혼합조건 설정

어현지, 권근우, 홍세철, 정진부, 이은희, 김준성, 지기수, 김건우\*  
안동대학교 생명자원과학부 생약자원학과.

2012년 4월 30일

사단법인 한국자원식물학회장

사단법인 한국자원식물학회



*The Plant Resources Society of Korea*

경기도 화성시 봉담읍 안곡농수산대학교 창업보육센터 211호 자연식물학회 Tel: (031)202-4116 /  
E-mail: prsk1001@hanmail.net / Http://www.prsk.kr

## 초록접수 확인서43

### 1. F-P-27

시설재배 천마와 뽕나무버섯균과의 공생관계에 대한 조직학적 관찰

권근우, 어현지, 이은희, 홍세철, 정진부, 서정민, 김미경, 최슬기, 구진숙\*  
안동대학교 생명자원과학부 생약자원학과

2012년 4월 30일

사단법인 한국자원식물학회장



## 비닐하우스 재배 천마의 품질평가 및 기능성 성분 분석

김준성, 어현지, 김건우\*

안동대학교 생명자원과학부 생약자원학 전공

본 연구에서는 2년간 재배된 노지 천마와 다양한 배지조성으로 1년간 비닐하우스 시설에서 재배된 천마간의 생약학적 품질평가 및 약리작용에 관련된 기능성 성분을 비교하고자 하였다.

연구결과 노지 천마의 수분함량은 80.2%이었으며, 버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토 배지조건 시설재배 천마의 수분함량은 81%로 나타나 노지 천마의 수분함량과 유사하였다. 묽은 에탄올엑스함량은 노지 천마 22.7%에 비해 동일 배지의 시설재배 천마는 20.3%로서 노지 천마의 90%의 수준이었다. 노지 천마의 회분량은 3%, 산불용성회분은 0.1%이었고, 시설재배 천마의 회분량은 4.8%, 산불용성회분은 0.15%이었다. 탄수화물 함량은 노지 천마 84.08%, 시설 재배 천마 79.12%로 조사되었다. 환원당 함량의 경우 노지 천마가 11,166.7mg%, 시설재배 천마는 3,460.8mg%로 노지 천마에 비해 상당히 낮은 편이었다. 조사포닌 함량은 시설 재배 천마(7.3%)가 노지 천마(3.1%) 보다 2배이상 높은 것으로 나타났다. 총 페놀화합물은 노지 천마가 14.50mg/g이었고, 시설재배 천마 13.45mg/g으로 비슷하였다. 천마에 함유된 약리학적 효능 관련페놀화합물(4-hydroxybenzyl alcohol, 4-hydroxy-3-methoxybenzyl alcohol, 4-hydroxybenzaldehyde, 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde)을 표준물질로 하여 HPLC로 분석하였다. 기능성 페놀화합물들의 총량기준으로 비교하였을 때 노지 천마 2.94mg/g에 비해 시설 재배 천마는 2.02mg/g으로 약간 낮게 나타났다.

따라서 비닐하우스의 버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토의 배지 조건에서 재배된 천마는 생약학적 품질평가에서 공정생약 규격을 충족하였고, 기능성 성분 함량면에서는 노지 천마에 비해 조사포닌 함량이 훨씬 높았으며, 총 페놀 및 페놀성분 함량은 비슷한 것으로 확인되었다. 앞으로 추가적인 재배환경 개선과 병행한 품질평가 연구를 통해 시설재배 기술이 확립될 경우, 재배기간의 단축에 따른 수확량 증가로 농가소득 향상에 일조할 것으로 전망된다.

주요어: 천마(*Gastrodia elata* Blume), 비닐하우스 재배, 배지 조성, 품질평가, 일반성분, 기능성 성분

본 연구는 농림수산식품부 농림수산식품 연구개발사업에 의해 이루어진 것임.

## 판넬시설 재배 천마의 품질평가 및 기능성 성분 분석

<sup>1)</sup>지기수, <sup>2)</sup>엄용균, <sup>1)</sup>김건우\*

<sup>1)</sup>안동대학교 생명자원과학부 생약자원학 전공, <sup>2)</sup>안동대학교 기계공학과

천마(*Gastrodia elata* Blume)는 난초과(Orchidaceae)에 속하는 다년생 기생초본으로 한의학에서는 평간약(平肝藥)으로서 강장 진정제로 어지럼증, 현기증, 변비, 중풍, 풍습, 두통, 사지가 뒤틀리는 구련증 및 신경쇠약 등에 널리 쓰이고 있다.

본 연구의 목적은 2년간 노지에서 재배된 천마와 다양한 배지조성으로 1년간 판넬시설에서 재배된 천마에 대한 생약학적 품질평가 및 약리작용에 관련된 기능성 성분의 비교에 두었다.

연구결과 노지 천마의 생체 중 수분함량은 80.2%, 회분은 3%, 산불용성회분은 0.1%, 엑스함량은 22.7%이었고, 버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토로 조성된 배지에서 재배된 천마의 수분함량은 81.66%, 회분은 4%, 산불용성회분은 0.01%, 엑스함량은 17%이었다. 노지 천마의 조사포닌 함량은 3.14%이었고, 총 페놀화합물함량은 14.502mg/g이었으며, 기능성 페놀성분은 4-hydroxybenzyl alcohol 2.547mg/g, vanillyl alcohol 0.038mg/g, 4-hydroxybenz aldehyde 0.334mg/g, vanillin 0.023mg/g으로 조사되었다. 동일한 배지조성의 판넬시설 재배 천마에서의 조사포닌 함량은 3.94%이었고, 총 페놀화합물함량은 15.334mg/g이었으며, 페놀성분은 4-hydroxybenzyl alcohol 2.051mg/g, 4-hydroxybenz aldehyde 0.096mg/g, vanillin 0.016mg/g으로 나타났다.

배지조성이 버미큘라이트+톱밥/사양토+부엽토/사양토로 이루어진 판넬시설에서 재배된 천마와 노지 천마를 품질 면에서 비교하였을 때, 생체 수분함량, 회분, 산불용성회분 및 묽은 에탄올 엑스함량은 유사하였다. 또한 조사포닌 함량 및 총 페놀화합물은 전반적으로 많았고, 페놀성분 총량은 노지재배 천마와 비슷하였다. 본 실험결과는 향후 추가적인 판넬시설의 재배환경 개선연구를 통한 천마 다단식 시설재배기술의 확립뿐만 아니라 상용화를 위한 기초자료로써 활용될 것으로 기대된다.

주요어 : 천마(*Gastrodia elata* Blume), 판넬시설, 엑스함량, 회분, 조사포닌, 총 페놀, 페놀 성분

본 연구는 농림수산식품부 농림수산식품 연구개발사업에 의해 이루어진 것임.

## 시설재배 천마와 뽕나무버섯균과의 공생관계에 대한 조직학적 관찰

<sup>1)</sup>권근우, <sup>1)</sup>어현지, <sup>1)</sup>이은희, <sup>3)</sup>홍세철, <sup>1)</sup>정진부, <sup>1)</sup>송훈민, <sup>1)</sup>서정민, <sup>2)</sup>엄용균, <sup>1)</sup>구진숙\*

<sup>1)</sup>안동대학교 생명자원과학부 생약자원학 전공, <sup>2)</sup>안동대학교 기계공학과, <sup>3)</sup>(재)금산국제인삼약초연구소

천마[*Gastrodia elata* Blume]는 잎과 뿌리가 없는 다년생 난과 식물로 뽕나무버섯균 [*Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm.]에 공생하며 현재 우리나라를 비롯해 중국, 일본 등 일부 지역에서만 자생하는 것으로 알려져 있다. 천마의 생리적 활성에 대한 연구가 이루어진 후부터 천마의 진정, 항경련, 진통, 항염증, 심장과 뇌혈류 증가, 혈압강하, 항산화력 증가, 면역활성화작용이 보고되어 많은 관심이 집중되고 있다.

이 연구의 목적은 광학 및 전자현미경을 이용하여 시설재배 된 천마와 뽕나무버섯균 균사속과의 공생관계 구명을 위한 조직학적 관찰공생관계에 대한 조직학적 관찰을 통하여 천마 생산 중에 나타날수 있는 많은 문제를 해결하고 진일보한 재배기술로 천마의 수확량 증가에 목적이 있다.

따라서 천마와 뽕나무버섯균 균사속과의 공생관계 구명을 위한 광학 및 전자현미경을 이용한 조직학적 연구를 수행한 결과, 천마에 의해서 유도된 뽕나무 버섯균의 균사속이 천마와 접촉하면 균사속의 침입에 의해 천마의 표피층은 심한 손상을 받았고, 뽕나무 버섯균의 균사속이 cortex층에 침입하여 내생균근을 형성하였다. 천마의 cortex층에 존재하는 내생균근으로부터 균사들이 각 피층세포에 침투해 들어간 균사속은 시간이 경과할수록 균사결속이 상당히 와해되어지며, 균사속으로부터 피층세포에 세포벽을 뚫고 세포 안으로 들어온 균사들은 천마에 의해 용해·분해·소화되어 뽕나무버섯 균사는 결국 천마의 영양원이 됨을 확인하였다. 또한 뽕나무 버섯균의 침식을 받은 cortical cell에서 세포 및 핵이 비감염 부위보다 약 1.5~2배 커짐을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구 결과를 통하여 천마와 뽕나무버섯균 균사속과 공생관계를 구명 함으로써 천마 재배방법의 효율성을 높힐 것으로 사료된다.

주요어 : 천마(*Gastrodia elata* Blume), 뽕나무버섯균(*Armillaria mellea*), 공생관계

본 연구는 농림수산식품부 첨단생산기술개발사업에 의해 이루어진 것임.

## 천마의 재배기간 단축을 위한 최적의 배지혼합조건 설정

<sup>1)</sup>어현지, <sup>1)</sup>권근우, <sup>3)</sup>홍세철, <sup>1)</sup>정진부, <sup>1)</sup>이은희, <sup>2)</sup>엄용균, <sup>1)</sup>김준성, <sup>1)</sup>지기수, <sup>1)</sup>김건우\*

<sup>1)</sup>안동대학교 생명자원과학부 생약자원학 전공, <sup>2)</sup>안동대학교 기계공학과, <sup>3)</sup>(재)금산국제인삼약초연구소

천마(*Gastrodia elata* Blume)는 잎과 뿌리가 없는 난과 식물로 썩나무버섯균(*Armillaria mellea*)으로부터 영양원을 공급받아 살아하는 기생식물로 알려져 있다. 천마는 가는 뿌리가 썩나무버섯 균사속과 접촉하여 상호양분 및 수분을 교환하고, 생육은 썩나무버섯균을 땅속에 잘 번식시키는 기술로 결정이 난다고 할 수 있을 만큼 중요하다. 현재 노지재배를 통하여 생산되는 천마는 재배기간이 길고 온·습도를 쉽게 제어 할 수 없기 때문에 재배기간에 비해 생산량이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 시설 재배를 통하여 천마의 재배기간 단축을 위한 배지배료 및 환경의 최적조건 구명에 있다.

본 연구에서는 버미큘라이트와 톱밥, 사양토, 부엽토의 혼합 비율에 따라 천마의 최적 성장 조건의 배지조건을 찾기 위하여 실험하였다.

그 결과 상층에는 배수성, 통기성이 좋은 펄라이트와 톱밥을 7:3 비율로 섞어 사용하고, 중간층에는 수분유지 및 조절이 잘 되는 사양토와 부엽토를 7:3 비율로 섞어 사용 하며, 하층에는 사양토를 15cm이상을 사용하였을 때의 배지 조건에서 생육이 좋다는 결론을 얻었다. 따라서 본 연구결과를 통하여 천마 재배방법의 효율성 및 소득을 증가 시킬 것으로 사료된다.