

GOVP1200505212

최 종  
연구보고서

## 육묘장용 발열 시트 개발

Development of heating sheet for raising  
seedling

주관연구기관

(주) 동 명

농 립 부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “육묘장용 발열 시트 개발” 과제 (협동과제 “무기첨가물에 따른 육묘장용 발열시트 특성 기술개발”)의 최종보고서로 제출합니다.

2004년 10월 일

주관연구기관명 : (주) 동 명

총괄연구책임자 : 김 선 희

연 구 원 : 김 행 응

연 구 원 : 박 민 식

연 구 원 : 길 만 진

연 구 원 : 김 동 진

협동연구기관명 : 한서대학교

협동연구책임자 : 김 익 진

# 요 약 문

## I. 제 목

육묘장용 발열 시트 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구과제의 기술로 개발한 발열시트 제품을 보급하면 농업용 전기 사용시 경유사용 난방에 비하여 100% 이상의 에너지 효율 향상을 기대할 수 있으며, 또한 청정 에너지인 전기를 사용함으로써 화석 연료 사용 시에 비하여 발생하는 오염원을 근원적으로 방지하는 친환경적인 이점이 있다. 경제성 측면에서도 농작물(육묘장용) 발육 촉진으로 인한 농업 생산성 향상과 설치시에 필요한 설비상의 이점으로 타 난방설비에 비하여 월등히 빠른 투자비 회수가 가능한 제품이 될 것이 확실하다.

농작물의 성장과 발육에 필수적인 뿌리부의 온도를 유지하고, 또한 통기성과 물빠짐성을 완벽하게 보장하여 농업 생산성 향상을 위하여 본 연구를 수행하였으며 구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 농작물의 성장과 발육에 필수적인 뿌리부의 온도를 유지하고, 또한 통기성과 물빠짐성을 완벽하게 보장하여 농업 생산성 향상에 직접적으로 기여할 수 있으며, 환경적 측면과 에너지 절감 차원에서도 획기적인 육묘장용 발열시트 제품을

제조하는 것

### III. 연구개발 내용 및 범위

육묘장용 발열 시트 의 개발을 위한 연구의 내용과 범위는 다음과 같다.

○ 육묘장용 발열시트 제작을 위한 기본 자료 조사 및 분석

- 육묘장의 난방에 관한 자료조사
- 근권부 난방에 필요한 기술 조사
- 발열시트의 성능에 대한 분석

○ 발열시트의 제조와 특성

- 원재료에 관한 분석
- 생산 설비의 설계 및 제작
- 발열시트의 성능 분석

○ 발열시트의 온도유지성과 상토의 온도, 수분변화

- 발열시트의 온도 측정
- 상토의 온도측정
- 함수율 계산

○ 발열시트를 이용한 작물의 발아와 생육특성

- 고추, 토마토, 수박, 참외, 오이, 배추, 상추, 옥수수의 발아와 생육특성

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발결과

본 연구는 농림부의 기술개발 과제로 육묘장용 발열시트의 제작기술을 가지고 있는 (주)동명과 한서대학교 신소재공학과와의 협동연구로 발열시트를 개발하였으며 그 결과는 다음과 같다.

가. 근권부 난방을 위한 발열시트의 개발에서 발열체 부분의 재료배합을 최적화하였으며 성능향상을 위하여 시트에 천공을 하여 물빠짐성을 주었으며 원적외선의 특성을 극대화 하기 위해서 무기물을 첨가하려 하였으나 무기물의 첨가시에 제품의 제작 설비에 많은 개조와 비용이 요구 되므로 실제 생산에는 실현하지 못하였으나 실험의 진행을 위하여 인력으로 도포하여 실험을 진행하였다. 발열시트의 원적외선 방사율에 영향을 미치는 무기물 첨가는 앞으로의 지속적인 연구 개발로 개선을 할 것이다.

나. 발열시트를 15℃, 20℃, 25℃, 30℃, 35℃의 온도를 각각 설정하였을 때 실측 온도는 평균적으로 0.13℃~10.23℃정도 낮게 나타났으며, 설정온도가 높을수록 실측온도와 그 차가 크게 나타났다. 또한 모든 온도에서 중앙부의 온도가 설정온도 보다 2~5℃정도 높게 나타났다.

다. 포트내 상토의 온도는 시트의 온도와 거의 같은 온도분포를 나타내었으며, 시트의 굴곡에 의해 포트와 밀착되지 않은 지점의 온도는 낮게 나타나 앞으로 시트 제작시 굴곡을 줄일 수 있는 기술개발이 필요 할 것으로 판단된다.

라. 발열시트의 온도가 높을수록 상토의 함수율은 감소속도가 빠르게 나타났으며, 원예용 상토보다 수도용 상토에서 함수율 감소속도가 빠르게 나타났다.

마. 발열시트의 1㎡당 사용전력량은 15℃에서 0.1kW/h, 20℃에서 0.15kW/h, 25℃에서 0.4kW/h, 30℃에서 0.8kW/h, 및 35℃에서 1.2kW/h로 시트의 온도가 높을수록 전력사용량이 많게 나타났다.

바. 호온성 작물인 고추, 토마토, 수박, 참외, 오이 및 옥수수의 육묘시 발열시트의 온도가 높을수록 평균발아일수의 단축과 지상부 건물중이 증가되었으며, 생육 온도가 상대적으로 낮은 조건하에서 발열시트를 이용할 경우 평균발아일수의 단축 및 지상부 건물중의 증가 폭이 더 컸다.

사. 호냉성 작물인 배추와 상추는 발열시트 처리에 관계없이 평균발아일수간 큰 차이를 나타내지 않았으며 15℃/10℃의 생육조건에서 발열시트를 이용할 경우 생육이 가장 양호하였다.

# SUMMARY

## (영문 요약문)

### I. Title

Development of heating sheet for raising seedling

### II. Objective and Necessity

The objective of this study is to improve the energy efficiency for an agriculture electricity utility by developing a new concept of a heating sheet. The advantages are in fields of pollution prevention, economics and productivity.

The growth of the seedlings is dependant on the temperature. Especially this state of growth determines the quality of the later crop. A homogenous temperature improves the growth. Therefore the structure of the new heating sheet contains drainage holes and cantilevers. This structure guarantees a perfect allocation of the temperature by improving the ventilation. Even the drainage problem can be solved.

This study is to improve the agricultural productivity and the objectives are as follows:

1. Development of a heating sheet for raising seedlings.

### III. Study subjects and Scope

The subjects as well as the scope of the study are as follows:

- Survey and analysis of fundamental data
  - o Investigation of the influence of temperature on raising



seedlings

- o Investigation of root heating techniques
- o Analysis of heating sheet in general
- Properties and Manufacturing of heating sheet
  - o Analysis of raw material
  - o Investigation of manufacturing facility and processing
  - o investigation of the capacity of heating sheet
- Analysis of temperature and moisture change
  - o methods of temperature measurement on the heating sheet
  - o methods of temperature measurement of the soil
  - o ratio of moisture
- Property of sprouting and growing
  - o Pepper, tomato, watermelon, melon, cucumber, Chinese cabbage, lettuce, corn

#### **IV. Study results and recommendations for practical utilization**

##### 1. Results

This study was financed by ARPC and cooperated with HANSEO University. ARPC supported this study by bringing in experience and technological know how related with heating sheet. The study results are summarized as follows:

a. This structure guarantees a perfect allocation of the temperature by improving the ventilation. Even the drainage problem can be solved.

b. The heating sheet seted such as 15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C and the survey temperature appeared to the average 0.13°C ~ 10.23°C so that it was

low. The temperature of the central 2~5°C appeared so that it was high.

c. The temperature of the earth expressed almost same with the temperature of a heating sheet temperature distribution. The temperature of the point not to be adhered expressed by the winding of a heating sheet so that it was low.

d. A ratio of water of the earth is fast reduced as the heating sheet at high temperature.

e. The electric power of heating sheet was different each other electricity such as : 0.1kW/h at 15°C, 0.15kW at 20°C, 0.4kW/h at 25°C, 0.8kW/h at 30°C, 1.2 kW/h at 35°C.

f. The like a warm crops such as pepper, tomato, watermelon, melon, cucumber, corn is gathering growth speed which the temperature high is fast.

g. The like a cool crops such as Chinese cabbage, lettuce is growth speed is similar without the temperature by heating sheet.

# CONTENTS

## (영 문 목 차)

Chapter 1 : Scopes .....	1
Chapter 2 : Current technologies and researches .....	3
Chapter 3 : Research development processing content and result. ....	5
Part 1 Manufacture and property of heating sheet .....	5
1. investigation of raw materials .....	5
2. design and manufacture of Plot plant .....	8
3. ratio of combination and thickness experience .....	19
4. temperature of heating sheet .....	22
5. contents of inorganic additive .....	23
Part 2 Analyzation of temperature and moisture change .....	34
1. materials and method .....	34
1) investigation .....	34
2) measurement equipment .....	35
3) measurement method .....	36
(1) temperature of heating sheet .....	36
(2) change of temperature .....	36
(3) ratio of moisture .....	37

(4) electricity quantity used .....	38
2. results and discussions .....	38
1) temperature maintenance .....	38
2) change of temperature .....	42
3) ratio of moisture .....	45
4) electricity quantity used .....	48
Part 3 Property of sprouting and growing .....	49
1. materials and method .....	49
1) public announcement crops .....	49
2) heating sheet .....	49
3) cultivation method .....	49
4) investigation method .....	50
2. results and discussions .....	51
1) pepper, tomato .....	51
2) watermelon, melon, cucumber .....	56
3) Chinese cabbage, lettuce .....	61
4) corn .....	64
Chapter 4 : Conclusion .....	68
references .....	72

# 목 차

제 1 장	연구 개발과제의 개요 .....	1
제 2 장	국내외 기술개발 현황 .....	3
제 3 장	연구 개발수행 내용 및 결과 .....	5
제 1 절	발열시트의 제조와 특성 .....	5
1.	원재료 연구 .....	5
2.	Piot plant 설비 설계 및 제작 .....	8
3.	최적배합비 도출 실험 .....	19
4.	발열 온도 분포 측정 .....	22
5.	무기첨가물의 영향 .....	23
제 2 절	발열시트의 온도유지성과 상토의 온도, 수분변화 .....	34
1.	재료 및 방법 .....	34
1)	조사항목 .....	34
2)	계측장비 .....	35
3)	계측 방법 .....	36
(1)	시트온도 .....	36
(2)	상토의 온도 .....	36
(3)	함수율 .....	37
(4)	전력 사용량 .....	38

2. 결과 및 고찰 .....	38
1) 시트온도의 유지성 .....	38
2) 상토의 온도 변화 .....	42
3) 상토의 함수율 .....	45
4) 전력 사용량 .....	48
제 3 절 발열시트를 이용한 몇가지 작물의 발아와 생육특성 .....	49
1. 재료 및 방법 .....	49
1) 공시작물 .....	49
2) 발열시트 .....	49
3) 재배방법 .....	49
4) 조사방법 .....	50
2. 결과 및 고찰 .....	51
1) 고추, 토마토 .....	51
2) 수박, 참외, 오이 .....	56
3) 배추, 상추 .....	61
4) 옥수수 .....	64
제 4 장 결론 .....	68
참고문헌 .....	72

# 제 1 장 연구 개발과제의 개요

가. 대상기술의 개요

가. 연구개발의 목적

국내 육묘협회에 등록된 시설 육묘장은 약 100개소에 이르고 있으며, 1개 시설육묘장의 평균 육묘 Bed 설치 면적이 약 900 평방미터임을 감안할 때 시설 육묘장의 총 육묘 Bed면적은 90,000평방미터에 이르고 있다. 아울러, 일반 개인 농가의 육묘시설이 개소당 약 30평방미터의 면적으로 전국 약 5,000개소에 이르는 것으로 가정할 때 총 육묘 Bed 면적은 약 150,000평방미터로 추정할 수 있다.

상기의 육묘장에서 겨울철 육묘 생육을 위해서는 석유보일러 또는 석탄 등을 이용하여 온실 내부 전체를 가열 난방하는 방식으로 육묘생육을 진행하고 있는 것이 일반적이다.

최근에 계속된 국제정세 불안과 화석연료의 수급불안정에 따른 원료비 상승으로 과도한 난방비용이 소요되어 육묘 농가에서 많은 어려움에 시달리고 있으며, 보다 경제적인 방법을 위하여 석탄 보일러 등을 사용할 경우 유해 Gas 등의 발생으로 환경 오염과 시설 부식등의 부작용을 낳고 있는 실정이다.

따라서, 보다 경제적이고 편리한 난방장치를 이용하여 육묘생육을 가능케 하는 것이 육묘농가의 소득 증대는 물론 국가 농업 경쟁력 강화를 위한 과제로 등장하게 되었다.

이에 본 연구개발과제는 보다 경제적이고 편리한 육묘생육을 가능케 하기 위하여 농작물의 생장과 발육에 필수적인 근권부의 온도를 유지하고, 또한 통기성과 물빠짐성을 완벽하게 보장하여 농업 생산성 향상에 직접적으로 기여할 수 있으며, 환경적 측면과 에너지 절감 차원에서도 획기적인 육묘장용 발열시트를 개발하는 데 그 목적이 있다.

○ 동 기술로 개발한 발열시트 제품을 보급하면 농업용 전기 사용시 경유사용 난방에 비하여 100% 이상의 에너지 효율 향상을 기대할 수 있으며, 또한 청정 에너지인 전기를 사용함으로써 화석 연료 사용 시에 비하여 발생하는 오염원을 근원적으로 방지하는 친환경적인 이점이 있다.

○ 경제성 측면에서도 농작물(육묘장용) 발육 촉진으로 인한 농업 생산성 향상과 설치시에 필요한 물류상의 이점으로 타 난방설비에 비하여 월등히 빠른 투자비 회수가 가능한 제품이 될 것이 확실하다.

#### 나. 연구개발의 범위

본 기술 개발은 육묘장용 발열 시트에 관한 것으로, 시설 육묘장 등에서 근권난방용으로 사용될 수 있는 발열시트에 균일한 배수용 구멍을 형성하여 트레이(모종판)로부터 유출되는 물이 시트의 구멍을 통하여 외측으로 배출될 수 있도록 함으로써 통기성을 향상시키고 배수 문제를 해결할 수 있도록 제작하는 것이다.

세부 연구 개발범위는 다음과 같다.

1. 발열시트의 제조를 위한 소재 및 제조 설비의 개발
2. 개발된 발열시트의 물리적특성(온도 분포 균일성 및 조절범위, 내구성, 전기적 안정성 등)을 검증하기위한 실험
3. 발열시트를 이용한 작물 생육 실험
4. 발열시트에 Kaolinite, Bentonite와 고령토등의 무기첨가물에 따라 시트의 내화학적, 열적 내구성향상은 물론이고 물리적인 특성 향상에 대한 실험



## 제 2 장    국내외 기술개발 현황

현재 시설 육묘장에서 일반적으로 육묘의 근권난방을 위하여 사용하고 있는 방법은 전기 열선이나 플라스틱 온수 파이프를 육묘 Bed 하단부에 설치하는 것이 통상적이다. 그러나 이 방법은 선이나 파이프가 지나간 부위와 그렇지 않은 부위간의 온도 차이가 매우 커 육묘트레이 전체에 고른 근권 난방 효과를 얻을 수 없는 결정적인 단점이 있다.

또한, 본 연구 개발과제와 유사한 제품으로 국내외 7-8개 회사에서 출시중인 플라스틱 필름에 도전성 페인트를 인쇄하여 동선을 압착한 제품들이 있으나 주로 침대, 방바닥 등의 건/암소의 적은 면적에 부분 난방을 위해 사용되고 있다. 이는 넓은 면적에 습한 환경에서 사용되어야 하는 농업용 제품으로 부적합하며, 침수 시험에서 누전이 일어나는 결정적 단점을 지니고 있고 아울러 내구성과 에너지 효율 측면에서도 본 기술 개발 과제로 개발코자하는 발열 슈트 제품과는 격차가 있다고 할 수 있다.

본 연구 개발과정 중에 상기에서 언급한 유사 제품을 입수하여 분석한 결과는 아래와 같다.

Table. 1. 유사 제품과의 비교 분석 결과

구 분	제조국	소재	침수누전시험	유효사용면적 (1조절기당)
육묘장용발열쉬트	한국 (본연구과제)	카본쉬트 압출성형	누전안됨	12.0m <sup>2</sup>
A사	미국	플라스틱필름인쇄	누전	4.0m <sup>2</sup>
B사	일본	상동	누전	4.8m <sup>2</sup>
C사	한국	상동	누전	5.0m <sup>2</sup>
D사	한국	상동	누전	6.0m <sup>2</sup>

## 제 3 장 연구 개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절 발열시트의 제조와 특성

#### 1. 원재료 연구

본 연구 개발과제의 기본 원재료가 되는 carbon과 절연층 소재의 물리/화학적 분석 결과는 다음과 같다.

##### 1). 카본

○ SEM을 이용한 카본 원료 분석

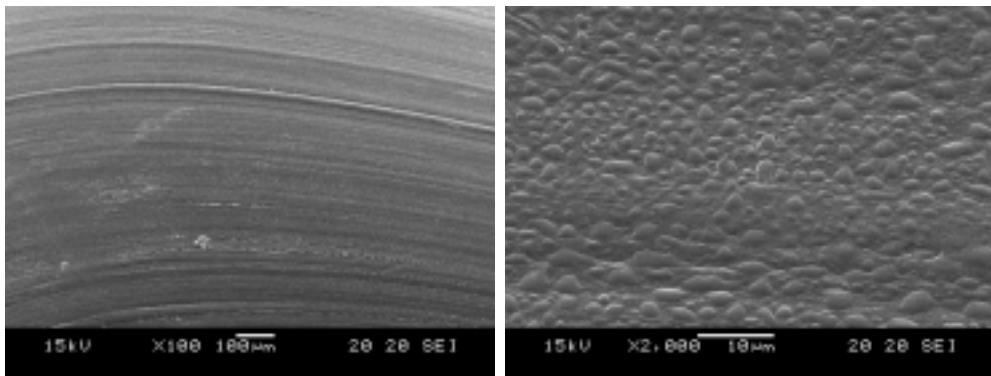
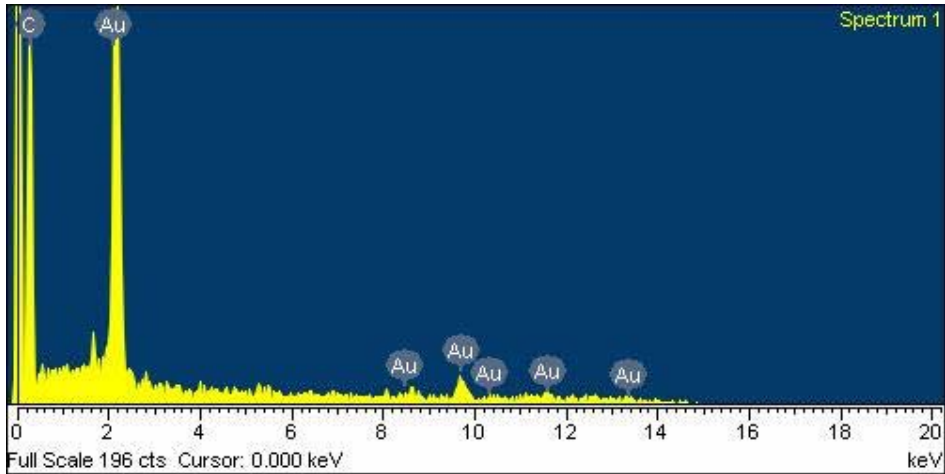


Fig. 1. 카본의 SEM 사진

○ EDX를 통한 카본 원료의 화학 분석



Spectrum processing : No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)

Number of iterations = 1

Standard : C CaCO<sub>3</sub>

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
C K	42.98	2.1635	100.00	0.00	100.00
Totals	100.00				

Fig. 2. 카본의 EDX 분석 결과

carbon 원료의 SEM과 EDX 분석 결과 위 표에서와 같이 carbon이 100%인 것으로 분석되었다.

## 2). 폴리 에틸렌

- SEM과 EDX를 이용한 폴리 에틸렌 원료 분석

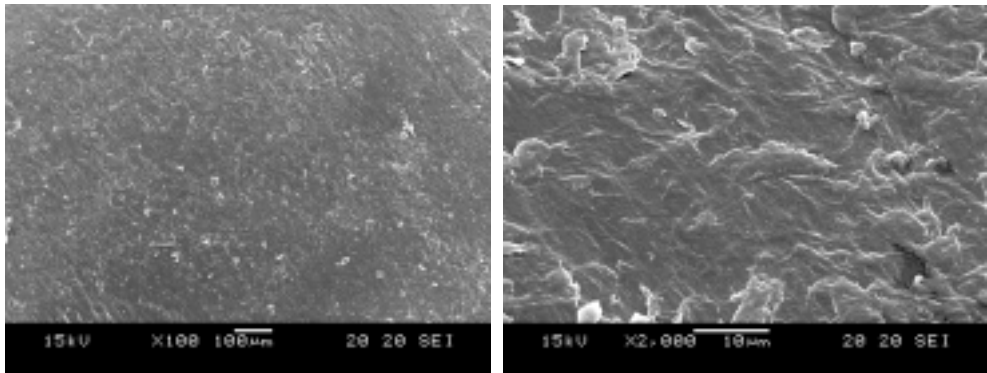
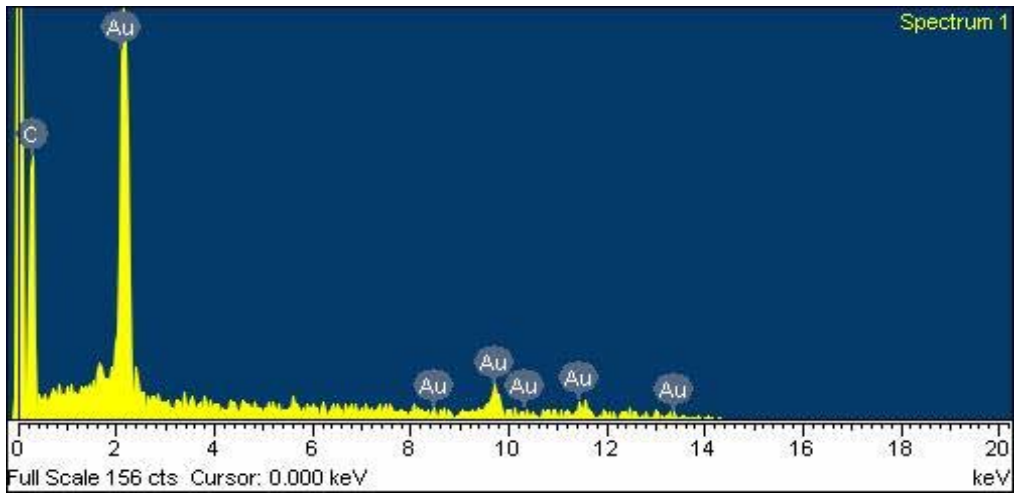


Fig. 3. 절연층의 원료인 폴리 에틸렌의 SEM 사진



Spectrum processing :

No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)

Number of iterations = 1

Standard : C CaCO<sub>3</sub>

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
C K	28.61	2.1635	100.00	0.00	100.00
Totals	100.00				

Fig. 4. 절연층의 원료인 폴리 에틸렌의 EDX

이 원료는 코팅층의 대부분을 이루는 원료로 성분 분석 결과 carbon이 100%로  
 다. 이는 폴리에틸렌이 C의 유기 화합물이기 때문이다. 금 성분은 분석을 하기  
 위하여 표면에 코팅을 했기 때문이다.

## 2. Pilot plant 설비 설계 및 제작

발열시트의 제작에 필요한 Pilot plant의 제작을 위하여 시트 압출기 전문 제조소인  
 A사 기계 제조소, B기계, C기계 제조소 3곳에 각각 설계와 견적을 의뢰한 결과 주  
 제작을 B기계에서 진행하고 A기계 제조소에서 부대 설비를 제작하는 것이 효율적이  
 라 판단되었다. Fig. 7은 (주)동명의 당진 공장에 설치된 발열 시트 Pilot Plant의 전  
 체 공정도이다.

육묘장용 발열 시트는 트레이에서 흘러 나오는 물의 배수성을 원활히 하게하기 위해  
 Fig. 5에서와 절연 천공을 두어 제작코자 하였다.

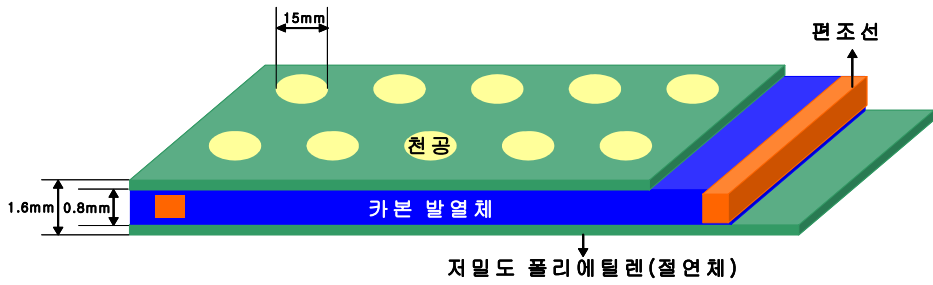


Fig.5 통기성 발열시트

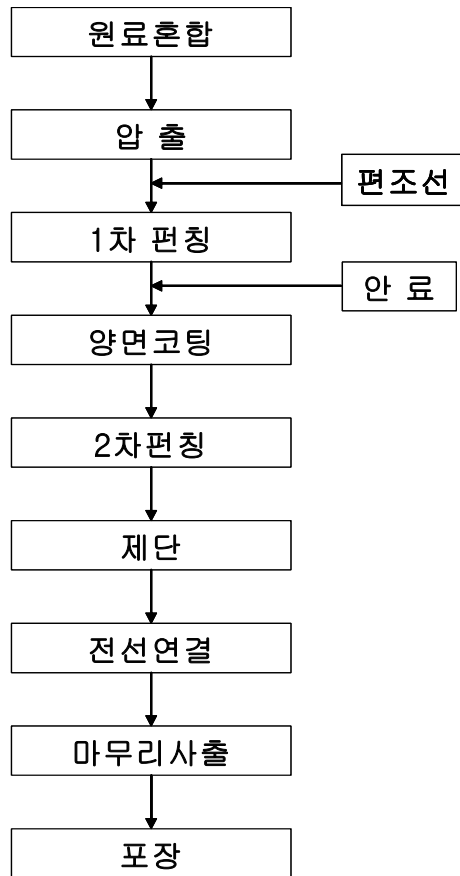


Fig. 6 통기성 발열시트의 제조 공정도



Fig. 7 전체 공정도 사진



가. 원료혼합



Fig. 8 원료 혼합 장비

○ 폴리 에틸렌, 폴리 올레핀 공중합체, 전도성 카본 블록과 무기물 충전제 (Kaolinite, Bentonite, Talc등) 등의 혼합

나. 압출



Fig. 9 압출기

○ 출발원료를 200~270℃ 온도에서 균일 혼합 후 전도성시트 압출 성형하는 T-die 성형기

다. 1차펀칭



Fig. 10. 펀칭기

○ 통기성을 향상시키기 위하여 지름 25mm의 크기로 전도성 카본시트에 펀칭

라. 양면코팅



Fig. 11. 양면코팅 시 발열시트의 냉각과 이송을 위한 폴리싱 롤 및 cooling 롤

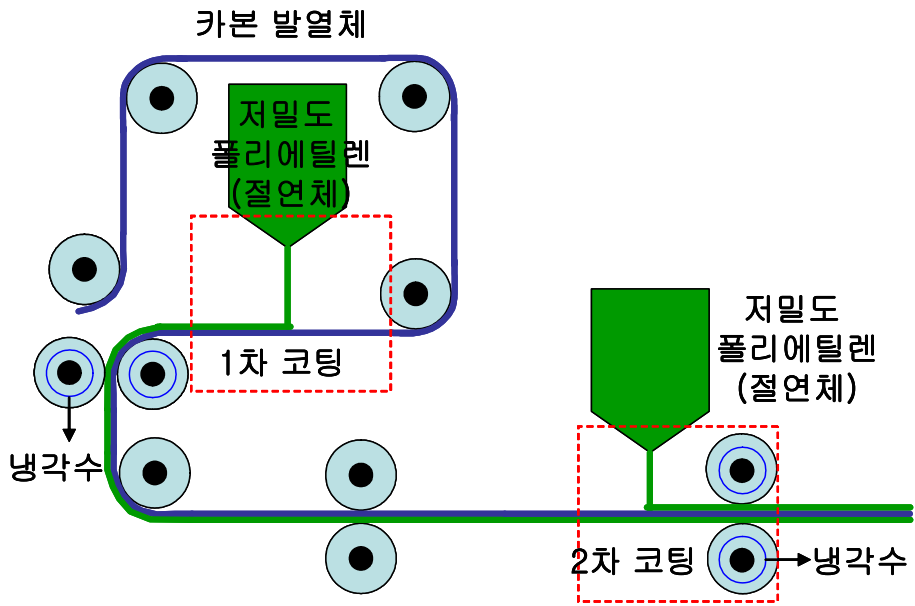


Fig. 12. 양면코팅의 전반적인 개략도

## 마. 2 차펀칭



Fig. 13. 펀칭기

○ 배수용 구멍을 형성하기 위해 전도성 카본블록을 양면으로 코팅하여 절연시키는 저밀도 폴리 에틸렌 절연층에 지름 15mm의 펀칭을 한다.

○ 이는 배수용 구멍을 통하여 농작물 성장과 발육에 필수적인 뿌리의 온도를 일정하게 유지하고 통기성과 물 빠짐을 통하여 농업 생산성 향상에 기여할 수 있다.

바. 제단

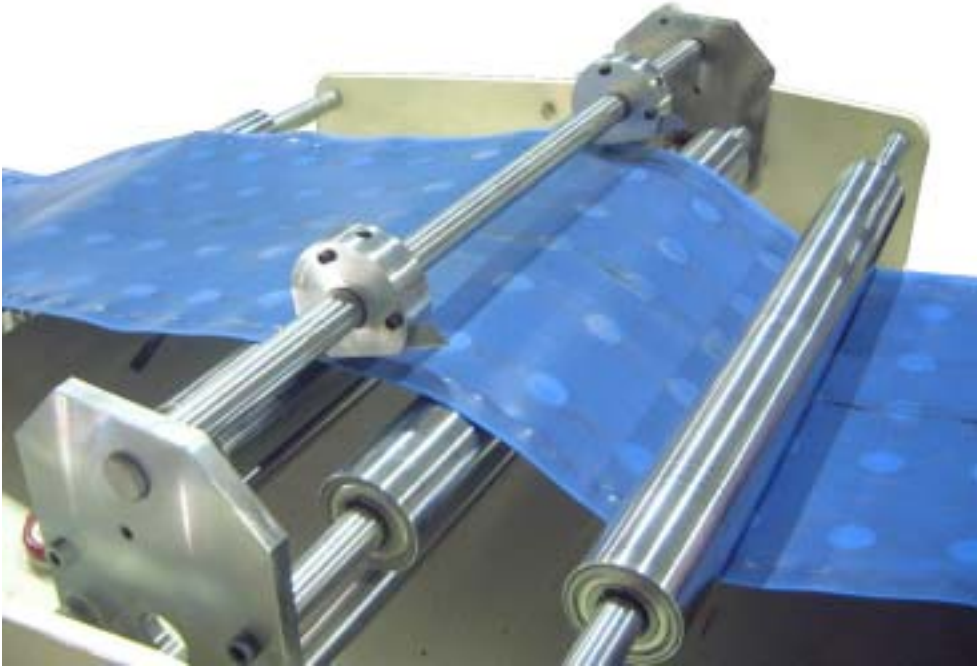


Fig. 14. 제단기

사. 전선연결

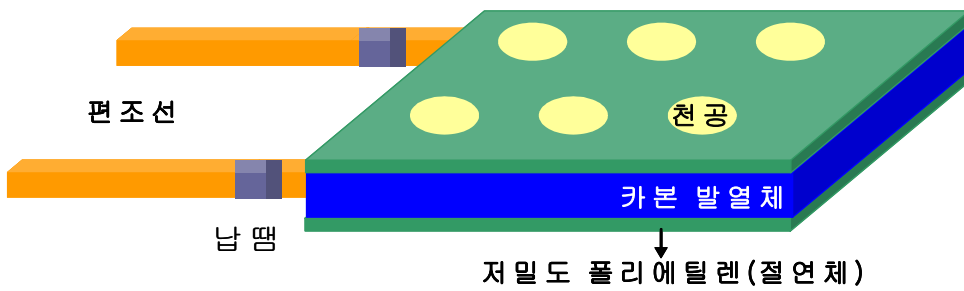


Fig. 15 편조선 연결

○ 그림과 같이 발열시트 양편에 편조선을 연결하여 시트에 전원을 공급한다.

아. 마무리 사출



Fig.16 사출 성형기

○ 편조선과 발열시트 연결부분의 완벽한 작업을 위한 사출기  
자. 완성품

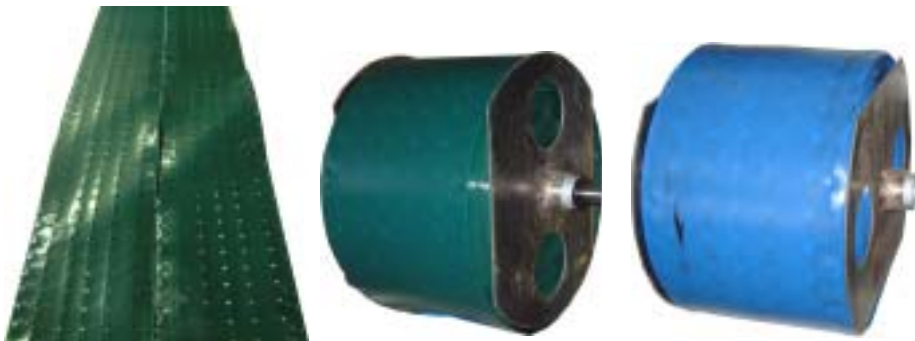


Fig. 17 완성된 발열시트



### 3. 최적 배합 비율 도출 실험

발열시트내의 Carbon 함유량을 조절하여 가장 이상적인 배합비를 찾기위한 실험이며, 이 실험에서는 카본의 량을 wt% 구분을 했으며 각각 10, 20, 30, 40, 50wt%의 조성으로 실험을 했으며 각각의 조직 사진은 다음과 같다.

Table. 2. 원재료 배합 비율 도출표

구분	Resin	Carbon	Lubricant	성형성 및 물성시험결과
A	80	18	2	도전선 미달, 작업성양호
B	72	23	5	도전선미흡, 작업성양호
C	63	29	8	도전성양호, 내구성미흡
D	70	25	5	도전성양호, 작업성양호
E	68	25	7	도전성 및 작업성양호

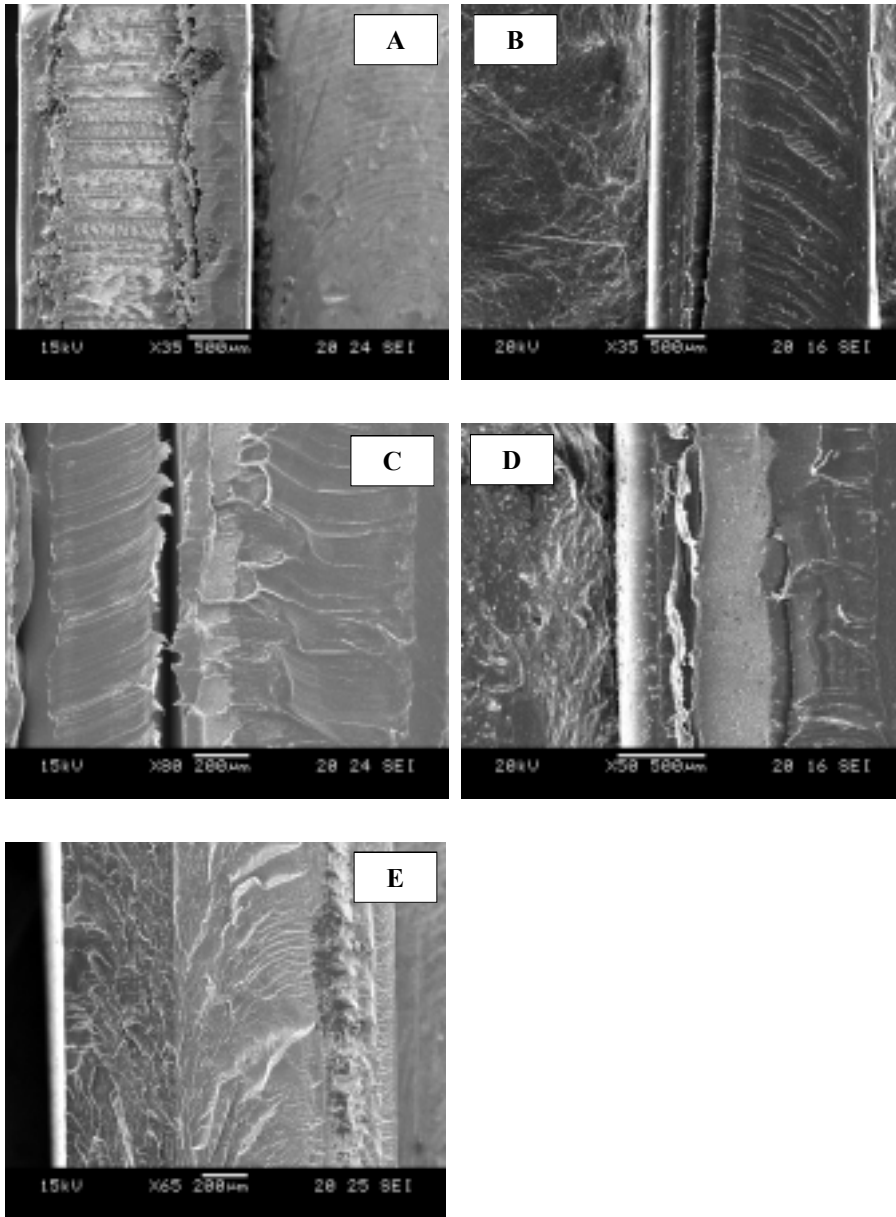


Fig. 18. 각 배합비 별 SEM 사진

A type과 B type의 경우 카본의 함량이 너무 작아 도전성 성능 저하로 인한 발열시트의 성능이 떨어지며 강도를 위하여 복합 fiber를 코팅 층에 첨가하였으나 카본 함유량을 높이면서 제거 하였다 이는 발열시트의 사용 환경을 고려하여 결정하였으며 현재는 복합 fiber를 첨가하지 않는다.

C, D, E type의 조성에서는 도전성 테스트 결과 비슷한 결과가 나타났으나 C type과 D type에서는 작업성과 내구성이 떨어지는 문제가 발생하였으며 그 문제의 해결을 위해 특수 첨가제를 사용한 E type의 배합 조성비를 도출해 내었다.

#### 4. 발열 온도 분포 측정

발열 시트의 온도 분포를 측정하기 위해서 적외선 열화상 측정기로 실험을 하였다. 측정을 위해서 시트 표면의 굴곡이 문제시 되어 시트 아랫면에 스티로폼을 붙여 최대한으로 평면을 유지 시켰다. 측정 결과는 아래 그림과 같으며 발열 시 온도의 분포는 전기 전도를 위한 동선이 있는 양쪽 부분이 비교적 높고, 동선이 없는 부분은 온도를 낮게 유지하였으나 서로간의 편차가 약5℃ 미만임을 확인할 수 있다. 이는 발열 시트의 성능중 온도 유지성에 해당하며 편차가 적은 것으로 볼때 전체적으로 균일하게 온도 분포를 이룬다 할 수 있다.

자세한 사항은 제 2절 발열시트의 온도 유지성 고찰에서 언급키로 한다.



Fig. 19 발열시트의 적외선 열화상 측정

### 5. 무기첨가물의 영향

태양에서 방사되는 복사에너지의 하나로서 태양빛에 있는 자외선, 가시광선 중에서 열 에너지가 있는 적외선부분 즉, 태양빛이 프리즘을 통하여 분광된 " 붉은 색의 바깥"의 빛으로 근적외선과 원적외선을 말하며 이 중에서도 파장이 긴 적

외선을 원적외선이라 합니다. 적외선은 파장대가 0.76~1,000미크론 범위의 빛을 말하며 파장에 따라 0.76~1.5미크론 대를 근적외선, 1.5~5.6미크론대를 중적외선이라고 하고 5.6~1,000미크론대를 원적외선이라 하며 이 원적외선이 우리 생활에 가장 유익한 것으로 알려져 있다.

원적외선이 인체에 미치는 효과는 피하층의 온도상승, 미세혈관의 확장, 혈액순환의 촉진, 혈액과 인체와 기타 조직과의 신진대사 강화, 혈액장애의 일소, 조직의 재생능력이나 항경련능력의 증가등으로 나타나며 동시에 지각 신경의 이상 흥분억제, 자율신경의 기능 조정효과도 있는 것으로 밝혀졌다.

원적외선 방사율이 뛰어난 물질 중에는 천연돌, 흙, 숯과 같은 탄소계 물질등이 있으며 예로부터 우리 민족은 원적외선과 아주 밀접한 관계를 가지며 생활해 왔다.

일상생활에서 이용하고 있는 원적외선 제품은 돌솥, 돌구이판, 떡배기, 약탕기, 옹기 등 식생활에 이용되고 있는 것들이 있으며, 신체와 밀접하게 이용된 것으로는 환자들이 자주 이용하던 현증막과 햇볕에 따뜻해진 돌을 배에 문질러 치료했던 민간요법인 돌찜질이 있다.

발열시트의 원적외선 방사량 측정결과는 88.7%의 방사율을 기록하였다. 이와 같이 원적외선의 영향은 인체 뿐만아니라 식물의 성장에도 유익한 영향을 줄 것으



## 5-1 고령토(Kaolinite)

고령토를 주로 구성하고 있는 캐올리나이트, 할로이사이트, 디카이트, 나이크라이트를 캐올리나이트군(Kaolinite group) 광물이라 부른다. 이 광물들은 모두 화학식이  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  이지만 결정구조가 서로 다르다. 캐올리나이트의 결정구조는 1개의  $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$  사면체층과 1개의  $[\text{Al}_4\text{O}_4(\text{OH})_4]$  팔면체층으로 구성되어 있다. 결정구조내에서는 특히 b축방향에 있어서 무질서현상이 존재하며 이 무질서의 유형에 의하여 캐올리나이트군의 여러 종의 광물이 구분된다. 두 층간의 비교적 약한 결합상태 때문에 캐올리나이트는 판상을 이룬다. 캐올리나이트의 입자는 육각 내지 불규칙한 형태를 이루며 크기는 수  $\mu$  ~ 수백  $\mu$  이다. 입자들의 형태와 크기는 고령토의 성질을 좌우하는 가장 중요한 요소이다. 고령토 광물들의 그 결정구조가 대부분의 부식성 용액에 대하여도 영향을 받지 않기 때문에 산업에서 여러 목적으로 사용된다.

본 연구에서 발열시트 상부에 고령토를 도포 후 원적외선 측정 결과는 아래와 같으며 그 결과는 원적외선 방사율이 92.2%로 측정되어 발열시트 자체의 방사율에 비하여 3.5%의 방사율 증가를 확인할 수 있었다.





## 한국전자제시험연구원

### 원적외선응용평가센터

### 시험성적서

접수번호 : P (K - 701)
접수일자 : 2004년 10월 04일

발령처 : 광 가 원 [한국대학교]

주 소 : 충남 서산시 새마을 대지리 200

이 표 명 : KKKR10

---

시 험 결 과

시 험 항목		시 험 결 과	시 험 방법
원적외선 방사율 (45℃)	방사율 (0 ~ 20 μm)	0.922	KEM-FIR-1005
	방사 에너지 (W/cm <sup>2</sup> )	$3.99 \times 10^7$	

(비고) 본 시험결과는 FT-IR Spectrometer를 이용한 Black Body에서 측정 결과임.

※ 시험성적서이용목적 : 품질관리용

\*이 시험성적서는 제뢰자가 제시한 시험 및 시료정보로 기입한 결과이므로, 오차이유에 사용용 인정합니다.\*

담당자/영체유

2004년 10월 12일

## 한국전자제시험연구원

(주) 237-0730 서울특별시 서초구 서초3동 1465-4  
 TEL : 02-55-8881-01, URL : www.kkem.co.kr



3-1

Fig. 21 고령토를 도포한 발열시트의 원적외선 방사율 측정

### 5-3 벤토나이트

벤토나이트는 몬모릴로 나이트(MONTMORILLONITE) 계통의 팽창성 3층판(Si-Ai-Si)으로 이루어진 점토이며 납석(Pyrophyllite) 화학 구조식인  $Al_2Si_4(OH)$ 로 형성 되어 있다.

그중 Aluminum oxide 중간층인 Gibbsite layer에서 3+가인 Aluminum이 2+가인 Magnesium으로 대체되고 -1가 만큼의 부족한 전하를 Na(Sodium)로 만족시킨 형태가 소디움(나트륨) 벤토나이트 이고 Ca로 만족시킨 형태가 칼슘 벤토나이트이다. 일반적으로 우리가 이야기하는 벤토나이트는 소디움 벤토나이트를 말하는 것으로 그 이유는 소디움 벤토나이트가 칼슘 벤토나이트 보다 팽창성을 비롯한 모든 성능이 우수하여 벤토나이트를 이용한 모든 종목에서 95%이상은 소디움 벤토나이트 만을 이용하기 때문이다.

벤토나이트의 팽창 원리는 벤토나이트의 중간층인 Gibbsite 층에서 발생하는 전하의 불균형으로 인하여 벤토나이트 각층의 모서리는 양성(+), 표면은 음성(-)이 존재하는 양극성이 띄게되며 이 양극성으로 인하여 물분자를 끌어당겨 흡착하게 되며 이 물분자는 다시 더욱더 많은 물 분자를 끌어 당기게 되어 벤토나이트 층간의 공간으로 물분자가 흡착, 판구조로 되어 있는 벤토나이트 구조가 하우스 구조(Hous of Cards 구조)로 변화하게 되어 부피가 증가하게 된다.

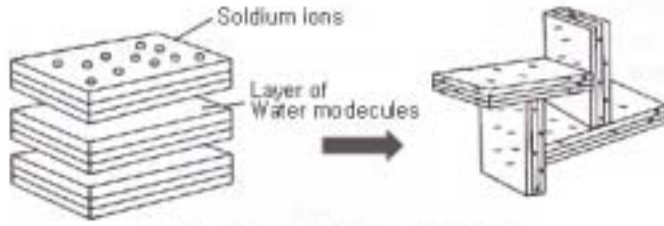


Fig. 22. 벤토나이트의 화학 구조 변화형태

발열시트에 벤토나이트를 도포하여 원적외선 측정 결과 92.4%의 원적외선 방사율이 측정됨으로써 발열시트 자체의 원적외선 방사율에 비하여 3.6% 방사율이 증가됨을 확인하였다. 다만 벤토나이트 광물의 특성상 층상구조에서 수분 흡착시 팽창되는 성질이 있어 이는 발열시트의 제작 시 수분의 영향으로 인하여 제품의 변형이 우려되어 실제 발열시트 생산에 사용하는 것은 적합하지 않은 것으로 판단된다.



### 5-3 발열시트의 무기물 첨가 방법

발열시트에 무기물 첨가 이유는 원적외선 방사율의 향상에 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 원적외선은 복사에너지 이므로 아래 그림과 같이 발열층 상부에 위치해야 가장 많은 양의 원적외선을 방사한다.

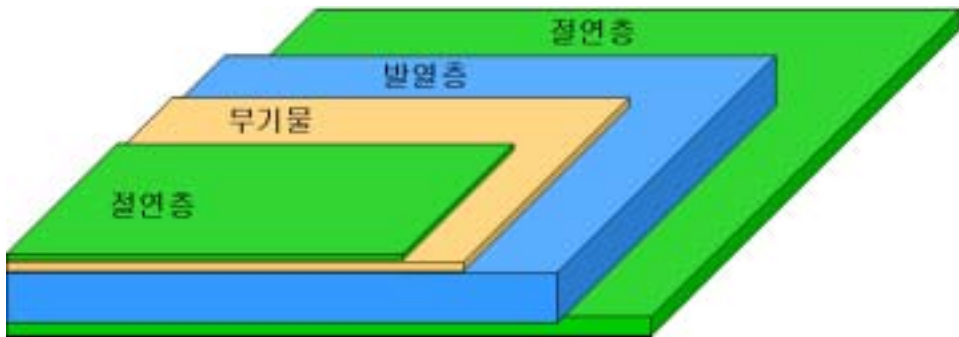
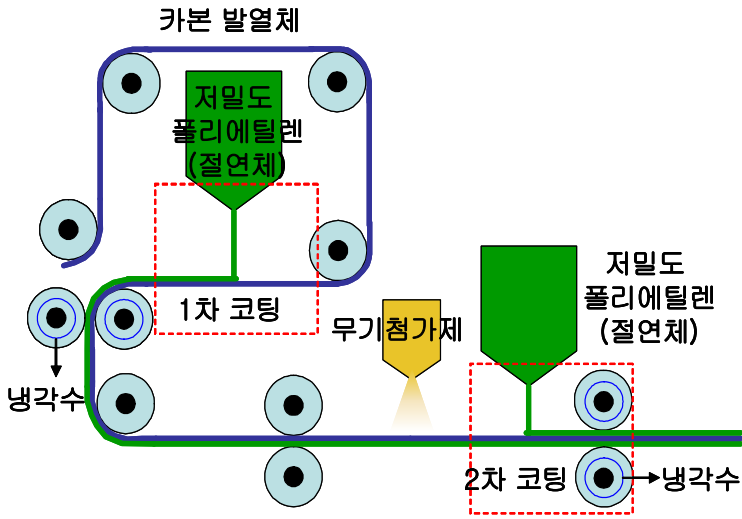


Fig. 24. 발열시트에 무기물 첨가 시 모식도

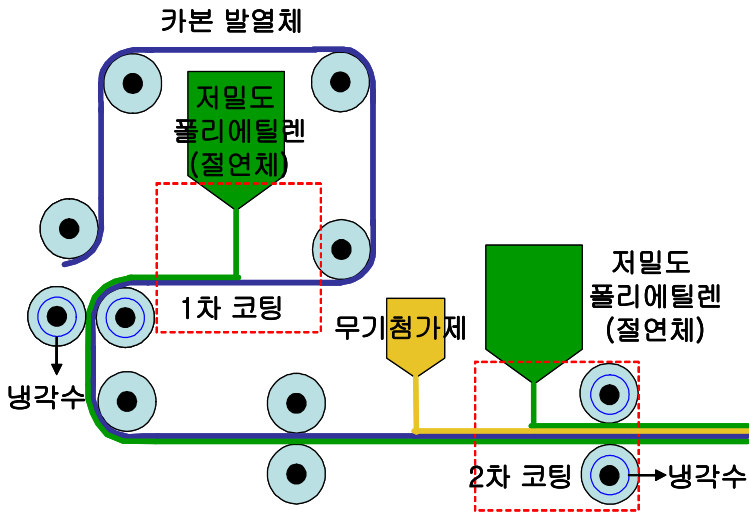
발열시트에 무기물을 첨가할 수 있는 방법으로는

1. 초기 carbon원료와 혼합하여 생산하는 방법
2. 코팅과정에서 무기첨가제를 분무하여 발열체 표면에 입자를 도포는 방법
3. 무기첨가제를 성형하여 절연층 코팅전에 발열체 표면에 코팅 시에 입히는 방법

등이 있으며 아래 그림은 각각의 모식도를 나타낸 것이다.



실험방법 2. 무기 첨가제를 분무하여 도포하는 방법



실험방법 3. 무기첨가제를 코팅하는 방법

Fig. 25. 발열시트에 무기물 첨가하는 실험방법의 모식도

이와 같은 방법으로 무기첨가제를 첨가한 후 성능 테스트와 원적외선 방사율을 측정할 계획이었으나, 실제 발열시트 제작 시 무기물 광물의 입자로 인하여 성형기의 파손이 우려되고 이로 인하여 제품에 하자발생 요인이 될 수 있어 실험방법2와 3은 실제 생산에는 적용 시키지 못하였다. 다만 인력을 이용하여 발열시트 상부에 무기 첨가물을 도포하여 실험을 진행하였다. 실험방법 1은 carbon 원재료와의 균일한 분산을 기대하기 어렵고 발열시트 성능을 저하시킬 우려가 있어 실제 생산에는 적용치 아니하였다..

## 제 2절. 발열시트의 온도 유지성과 상토의 온도, 수분 변화

제작된 발열시트의 성능을 검증하기 위하여 시트의 온도 균일성과 시트 상부에 위치한 트레이 내 상토의 온도 및 수분 변화를 아래와 같이 고찰 하였다.

### 1. 재료 및 방법

#### 1) 조사항목

시설내 지온의 변화는 작물의 생육에 대해 중요한 요인이다. 이 지온의 변화는 주로 토양과 공기 사이의 열교환에 의해 일어나는데 주간은 공기로부터 토양으로 열이 흘러가거나 일사에 의해 지온이 올라가며, 밤에는 공기가 식고 토양으로부터 열이 올라오거나 장파방사가 일어나 지온이 떨어진다.

만약 온실에 난방을 하고 있거나 시트로 가운을 한다면 열의 유출은 적어질 것이며 지온의 저하를 방지할 것이다. 이와 함께 근권내 상토의 수분환경도 변화 될 것이며 발열시트를 이용한 인위적인 가온시 발생하는 발열시트의 온도 유지성, 발열시트로 가온시 상토의 온도와 수분의 변화를 파악하고자 한다.



Table 3. 측정항목

조사항목	시트의 온도
시트의 온도, 굴곡, 상토의 온도, 함수율, 전력사용량	15, 20, 25, 30, 35℃

2) 계측장비

발열시트의 온도 균일성, 포트의 온도 및 함수율의 변화를 측정하기 위하여 사용된 장비는 Table.4 와 같다.

Table 4. 계측장비

Data Logger	Type		CR-10X Campbell Scientific, Ins.
Thermo couple	T-Type	Type	Copper-constantan
		Range	-200~400℃
	J-Type	Type	Iron-constantan
		Range	0~750℃
Balance	Type		JW-1(Digital)
	Range		4~3000g
	Accuracy		± 0.1g
Dry oven	Type		JS-300
	Range		0 ~ 300℃
Wattmeter	Type		ⅢType Integrating wattmeter
	Accuracy		± 0.001w

---

### 3) 측정 방법

#### (1) 시트온도

시트의 온도를 각각 15℃, 20℃, 25℃, 30℃, 35℃로 설정한 후 시트온도가 설정 온도에 도달할 때까지 가열한 후 Fig. 26과 같이 패드의 중앙과 4개의 위치에 J-Type Thermo couple을 부착하여 5분 간격으로 Data logger에 의해 획득된 자료를 받은 후 평균 온도 값을 구하였다.

또한 열화상 카메라를 이용하여 25℃와 30℃의 경우 온도를 측정 비교하였다.

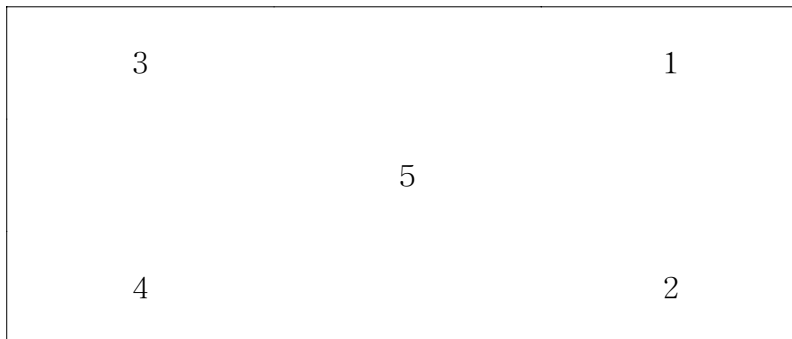


Fig. 26 시트의 온도 측정 위치

#### (2) 상토의 온도

시판중인 수도용과 원예용 상토를 포트(50구 tray)에 담아 설정온도까지 가열된 각각의 발열시트에 포트를 올려놓은 후 Fig. 27와 같이 포트 내 3곳의 위치에서

CR-10X와 J-Type 온도 감지선을 이용하여 1분 간격으로 온도변화를 측정 한 후 각 포트의 평균온도를 산출하였다.

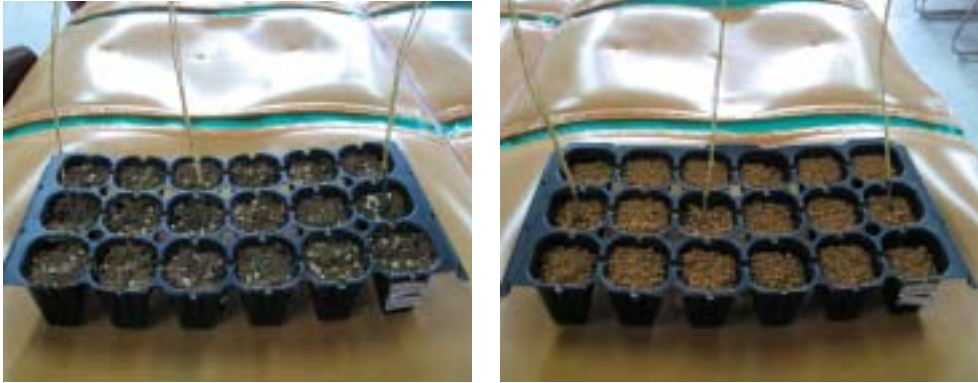


Fig. 27 각 포트의 상토온도 측정위치

### (3) 함수율

수도용과 원예용 상토를 포트에 담고 충분히 관수하여 포트 무게를 측정한 후 설정온도까지 가열된 발열시트에 포트를 올려놓고 약 3시간마다 포트의 무게를 전자저울을 이용하여 측정 하였으며, pot의 무게 변화가 거의 없을 때 까지 측정 하였다. 이 후 드라이 오븐에서 완전 하였다. 함수율 측정은 oven법에 의하여 실시하였다.

$$\frac{W_{pot} - W_s}{W} \times 100$$

여기서,  $W_{pot}$  : 측정무게(mg)

$W_s$  : 시료의 노건조 무게(mg)

$W$  : 시료의 총 무게(mg)

#### (4) 전력 사용량

발열시트를 15℃, 20℃, 25℃, 30℃, 35℃의 설정온도까지 각각 가열한 후 보통적산전력량계를 이용하여 1시간 동안의 전력 사용량을 측정하였다.

## 2. 결과 및 고찰

### 1) 시트온도의 유지성

발열시트의 온도는 자체에 내장된 온도 센서에 의하여 자동으로 유지되며 콘트롤러에 의하여 자동으로 유지된다. 이 때 콘트롤러에 의해 설정된 온도가 유지되어야 최적의 온도 범위에서 발아 및 생육을 시킬 수 있다.

발열시트를 15℃, 20℃, 25℃, 30℃, 35℃의 온도로 각각 설정 하였을 때 시트 자체 의 온도는 Fig. 28과 Table 5와 같이 설정온도보다 평균적으로 낮은 온도를 나타내 는 것으로 측정되었다.

발열시트의 설정온도와 실제 발열시트의 온도는 설정온도에 따라 다소 차이를 나타내었다. 발열시트 설정온도 15℃에서 발열시트의 평균 온도는 13.44℃로 설정온도와 -0.13℃ ~ -2.46℃의 차이를 나타내었고, 설정온도 20℃에서는 평균 19.99℃로 온도차는 -1.34℃ ~ +3.31℃이었으며, 설정온도 25℃에서는 평균 22.71℃로 온도차는 -4.61℃ ~ +2.82이었으며, 설정온도 30℃에서는 평균 26.88℃로 온도차는 -5.95℃ ~ +4.89℃이었으며, 설정온도 35℃에서는 평균 27.52℃로 온도차는 -0.24℃ ~ -10.23℃를 나타내었다.

이와 같이 시트의 설정온도와 실측온도의 차이는 설정온도가 높을수록 그 차이가 큰 경향을 나타내었는데, 이러한 결과는 controller에 연결된 센서는 시트 내부에 묻혀 있는 상태이나 본 실험에서는 매트 표면에서 온도를 측정하였기 때문에 나타나는 현상이라고 생각된다.

또한, 설정온도 35℃인 경우에는 30℃의 경우와 비슷한 표면온도를 나타내고 있는바 이는 외기 기온이 10℃ 정도로 낮은 상태에서는 발열시트의 발열량이 부족하여 온도상승이 잘 이루어지지 못한다 기인된 것으로, 외기온도 10℃이하에서 발열시트의 표면온도를 30℃ 이상으로 유지시킬 경우 기존의 방법보다는 결선방법을 바꾸어 사용하여야 할 것으로 판단된다.

발열시트의 위치별 온도를 측정한 결과 시트 4귀의 온도는 설정온도 보다 낮게 나타난 반면 시트의 중앙(5번) 부분은 설정온도보다 높게 나타난다는 것을 알 수 있다.

Table 5. 발열시트 설정온도에 따른 측정위치별 온도 변화

		설정온도(℃)				
		15℃	20℃	25℃	30℃	35℃
시 트 온 도 (℃)	측정위치					
	1	14.05	20.13	20.39	26.14	25.92
	2	15.35	19.25	22.15	24.49	27.39
	3	14.44	18.66	20.73	24.85	24.78
	4	15.12	18.62	22.48	24.05	24.77
	5	17.12	23.31	27.82	34.89	34.76
평균값(℃)		15.22	19.99	22.71	26.88	27.52

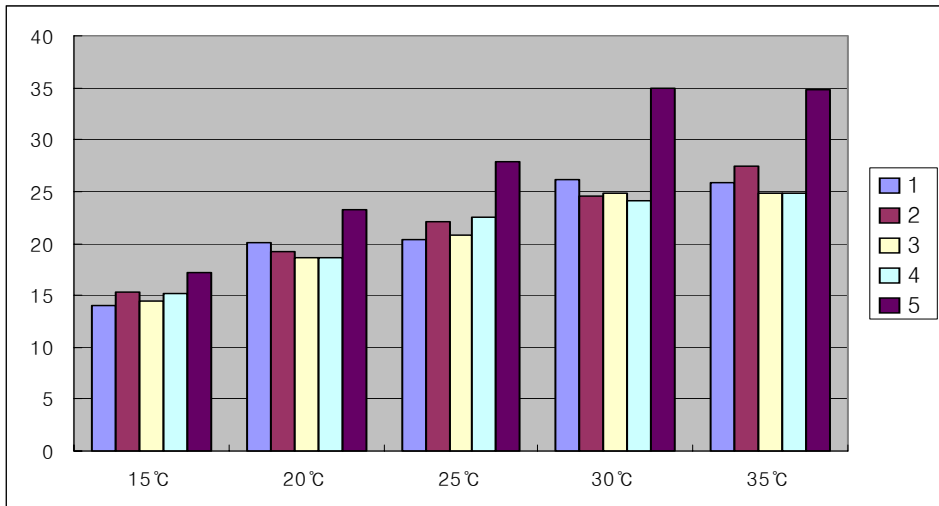


Fig. 28 발열시트 설정온도에 따른 측정위치별 시트온도

한편, 열화상 카메라로 시트의 온도를 분석한 결과는 Fig. 29에서와 같이 대체적으로 균일한 온도분포를 나타냈으며, 써머커플을 이용한 측정값과 같은 결과를 보여주었다.

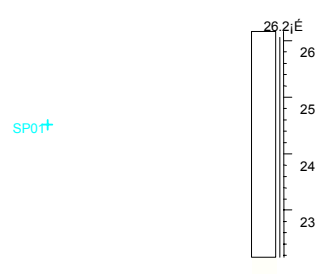
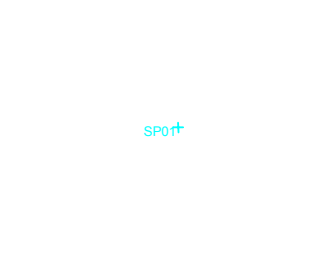
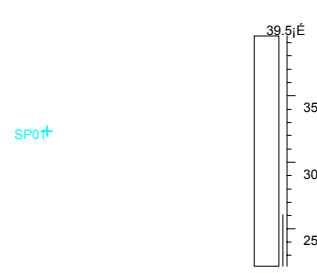

IR 온도시험	
온 도	
25도	30도
 <p>IR : max 26.2°C - IR : min 21.7°C - SP01 24.3°C *</p>	 <p>IR : max 39.3°C - IR : min 22.1°C - SP01 30.4°C *</p>
 <p>IR : max 26.2°C - IR : min 21.7°C - SP01 24.3°C *</p>	 <p>IR : max 39.3°C - IR : min 22.1°C - SP01 30.4°C *</p>
25도	30도
INDEX가 맞춰진 것	

Fig. 29 열화상 카메라에 의한 씨트 온도

2) 상토의 온도 변화

발열시트를 임의의 온도로 설정하고 시트위에 놓여진 포트내 상토의 온도 변화를 측정 한 결과는 Table 6, 7과 같다.

Table 6. 발열시트 설정온도별 수도용 상토의 온도 변화

설정온도 \ 위치 측정시간	15℃			20℃			25℃			30℃			35℃			상온		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	14.75	15.02	14.78	17.3	18.15	19.67	23.02	21.18	21.29	24.07	25.53	24.38	23.26	27.77	25.42	14.46	14.54	14.5
2	14.78	15.06	14.81	18.19	19.01	19.89	23.17	21.14	21.27	23.62	25.68	24.21	25.49	30.21	27.1	14.55	14.77	14.6
3	14.86	15.14	14.89	18.2	19.08	19.89	23.27	21.17	21.35	23.5	25.7	23.95	25.65	30.29	27.34	14.62	14.87	14.65
4	14.9	15.17	14.94	18.14	19.11	19.9	23.39	21.18	21.46	23.06	25.47	23.89	25.88	30.73	27.27	14.66	14.92	14.7
5	14.96	15.23	15.03	18.12	19.2	20.01	23.42	21.2	21.49	23.47	25.5	23.81	25.87	30.44	27.17	14.69	14.95	14.73
평균	14.95			18.92			21.93			24.39			27.32			14.68		

Table. 7 발열시트 설정온도별 원예용 상토의 온도 변화

설정온도 \ 위치 측정시간	15℃			20℃			25℃			30℃			35℃			상온		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	14.69	14.95	14.73	19.04	19.1	18.63	20.73	20.8	20.23	24.5	25.29	25.09	22.23	27.29	25.18	14.46	14.54	14.5
2	14.71	14.97	14.74	19.23	19.07	18.69	20.65	20.69	20.27	25.29	24.34	25.29	22.19	27.11	25.25	14.55	14.77	14.6
3	14.73	14.98	14.76	18.95	18.98	18.51	20.74	20.5	20.25	25.42	23.85	25.47	22.6	27.02	25.37	14.62	14.87	14.67
4	14.75	15.02	14.78	19.07	18.83	18.86	20.89	20.51	20.13	25.6	23.55	25.58	22.43	27.28	25.24	14.66	14.92	14.7
5	14.78	15.06	14.81	19.12	18.91	18.79	20.54	20.44	20.02	25.59	23.62	25.81	22.67	27.36	25.24	14.69	14.95	14.73
평균	14.83			18.92			20.49			24.95			24.96			14.68		



Table. 6, 7에서 알 수 있듯이 상토의 평균온도는 시트의 설정온도보다 낮았으며 그 정도는 설정온도가 높을수록 온도차가 크게 나타나고 있었다.

그러나 시트의 온도와 비교하여 보면 Table. 8에서와 같이 상토의 온도는 시트의 온도와 거의 같은 온도를 나타내고 있다.

Table. 8. 발열시트와 포트내 상토간의 온도차이

비고		설정온도					
		15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	
시트온도		15.22	19.99	22.71	26.88	27.52	
상 토 온 도	수도용	측정값	14.95	18.92	21.93	24.39	27.32
		차	0.27(↓)	1.07(↓)	0.78(↓)	2.49(↓)	0.2(↓)
	원예용	측정값	14.83	18.92	20.49	24.95	24.96
		차	0.39(↓)	1.07(↓)	2.22(↓)	1.93(↓)	2.56(↓)

또한, 발열시트는 Fig. 30, 31과 같이 제작과정에서 상부와 하부의 재질차에 따라 열변형이 일어나 편평하지 못하다. 이로 인하여 포트를 올려놓았을 때 공간이 생겨 시트의 온도가 상토로 전달되지 못하여 상토의 온도가 일정하게 유지되지 않는다. 시트의 온도를 35℃로 설정하였을 경우 1위치에서 상토의 온도가 낮은 것은 시트의 편평도에 의한 현상으로 생각된다.

따라서 앞으로 시트 제작시 시트를 편평하게 할 수 있는 기술 개발 등의 대책이 연구되어야 할 것으로 생각된다.

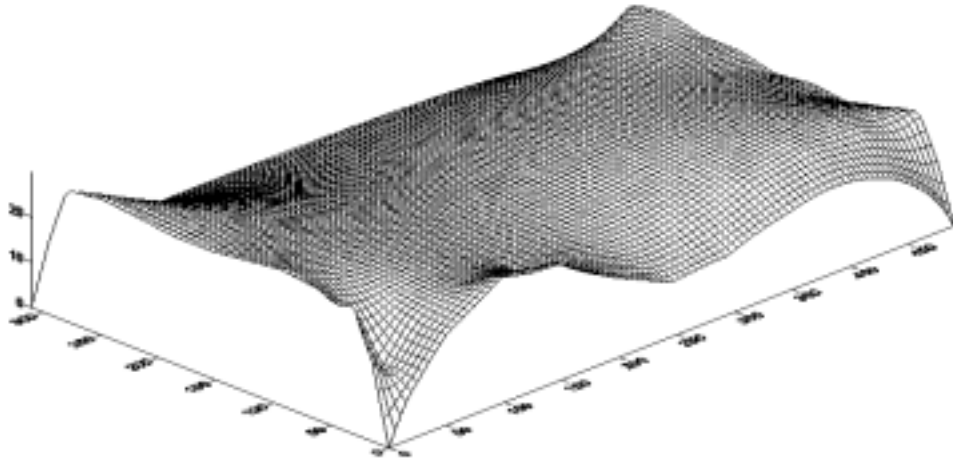


Fig. 30 발열시트의 굴곡상태

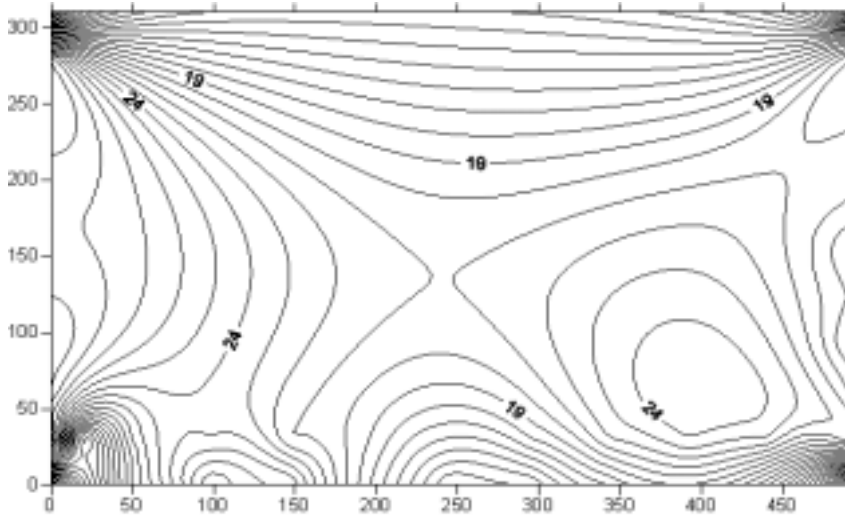


Fig. 31 발열시트의 등고선도

### 3) 상토의 함수율

물은 광합성 과정의 불가결한 성분이며 세포의 구조와 기능에 필수적이다. 또한 토양 수분은 직접 작물의 생육에 영향을 미칠 뿐 아니라 토양 공기와 비료의 용해성, 토양 용액 농도와도 관계되기 때문에 식생에 영향하는 바는 대단히 크다. 따라서 상토의 가온시 적절한 수분관리를 위하여 발열시트 온도별 포트내 상토의 함수율 변화를 측정한 결과는 Fig. 32, 33과 같다.

함수율의 변화는 상대적으로 온도가 높은 발열시트에서 수분의 증발이 더 활발히 일어나고 있었으며, 함수율이 10%가 되기까지 수도용에서는 15℃에서 약 77시간, 20℃에서 약 74시간, 25℃에서 약 62시간, 30℃에서 약 56시간, 35℃에서 약 51시간이 소요되었고, 원예용에서는 15℃에서 100시간, 20℃에서 82시간, 25℃에서 75시간, 30℃에서 68시간, 35℃에서 67시간이 소요되었다.

또한 수도용 상토가 원예용 상토에 비해 17 - 23%정도 빠르게 수분증발이 일어난 것으로 나타났다. 이는 Fig.34, 35에서와 같이 수도용 상토는 입자가 굵은 반면 원예용 상토는 유기물이 많고 미세한 입자가 많아 나타나는 결과로 판단된다.

따라서 발열시트를 이용하여 작물의 발아 및 생육을 촉진하고자 할 경우 시트 온도 및 상토의 종류에 따라 관수주기를 조절하여야 할 것으로 판단된다.

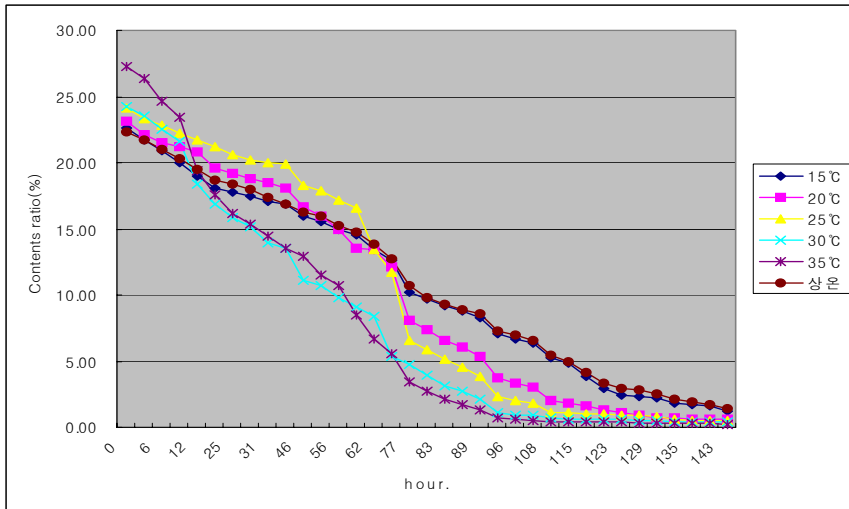


Fig. 32 발열시트 온도별 수도용 상토 함수율의 변화

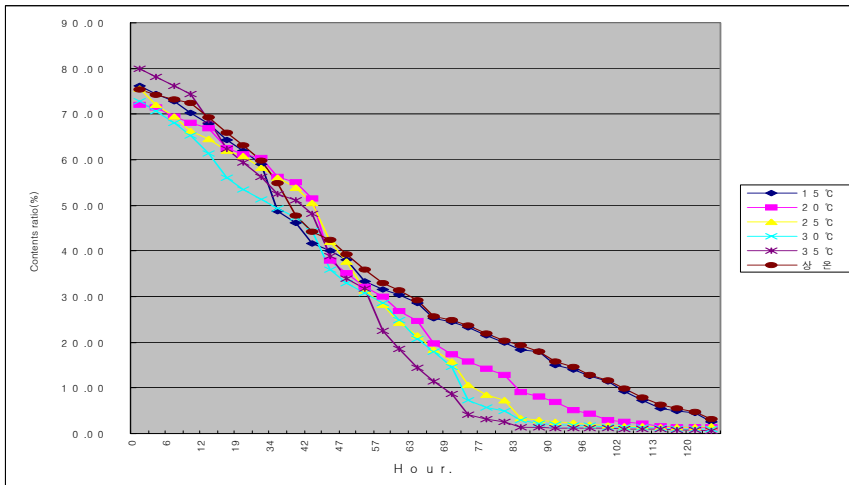


Fig. 33 발열시트 온도별 원예용 상토의 함수율

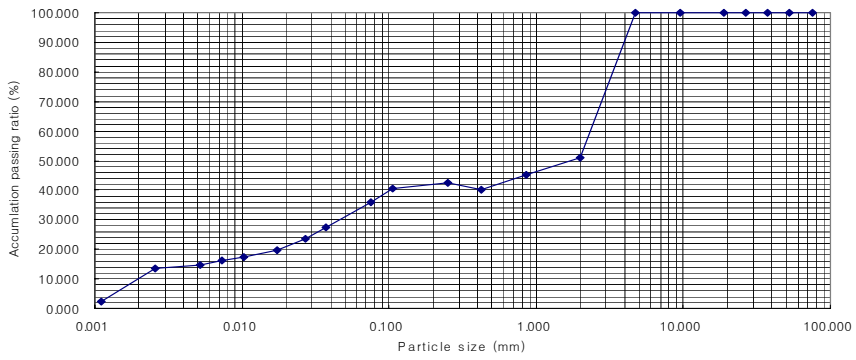


Fig. 34 수도용 상토의 입경가적곡선

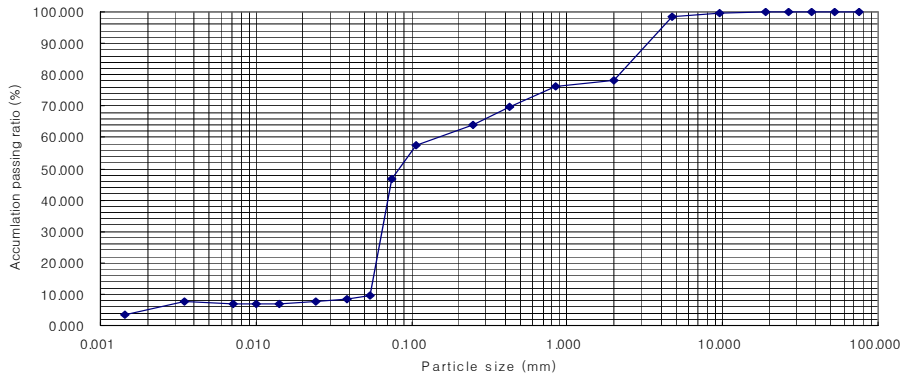


Fig. 35 원예용 상토의 입경가적곡선

4) 전력 사용량

발열시트의 상용 사용 전력량은 Table. 9과 같이 15℃에서 약 0.1kW/h, 20℃에서 약 0.1kW/h, 25℃에서 0.3kW/h, 30℃에서 약 0.6kW/h, 35℃에서 약 0.9kW/h가 소요 되었으며 발열시트의 설정온도가 높을수록 전력 사용량이 많음을 알 수 있었다.

Table. 9 발열시트 설정온도별 시간당 전력사용량 및 요금

시트온도 비고	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃
kW/h	0.1	0.1	0.3	0.6	0.9
요금/hr	약 3원61전	약 3원61전	약10원 83전	약 21원66전	약 32원49전

※요금(농사용 병) : 1kW/h당 36원10전

Table. 10 발열시트 m<sup>2</sup>당 전력사용량 및 요금

시트온도 비고	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃
m <sup>2</sup> 당 kW/h	0.1kW/h	0.15kW/h	0.4kW/h	0.8kW/h	1.2kW/h
요금/hr	약 3원61전	약 4원67전	약 14원44전	약 29원03전	약 43원32전

※요금(농사용 병) : 1kW/h당 36원10전

### 제 3 절. 발열시트를 이용한 몇가지 작물의 발아와 생육특성

개발된 발열 시트의 작물 생육에 미치는 영향을 판단키 위하여 아래와 같이 몇 가지 작물의 발아와 생육 특성에 대하여 연구를 진행하였다.

#### 1. 재료 및 방법

##### 1) 공시작물

본 실험에 공시한 작물은 시중 종묘상에서 구입한 박과작물 수박(대복), 참외(금수레) 및 오이(장형 흑진주), 가지과 작물 고추(새로미)와 토마토(서광), 십자화과 작물 배추(매력), 국화과 작물 상추(적치마), 화본과 작물 찰옥수수(연농1호)의 8 개 작물을 공시대상으로 하였다.

##### 2) 발열시트

본 실험에 사용한 발열시트는 동 연구개발 과정을 통하여 제조된 바이오센 발열 시트로 시판용 육묘 tray의 규격에 맞게 35×50 cm의 크기로 제작된 농업용 발열 시트를 사용하였다.

##### 3) 재배방법

육묘 pot는 시중 종묘상에서 판매하는 50구 육묘용 tray(5×10구)를 사용하였으며, 상토는 시판중인 원예용 상토를 사용하였다. 육묘용 tray에 원예용 상토를 채운 다음 8개 작물의 공시종자를 1구당 3-4립씩 5구에 파종하고 복토하였다. 육묘

tray 좌,우의 끝줄은 상토만 채우고 과중하지 않았으며 실험구 배치는 난괴법 3 반복으로 실시하였다.

재배조건은 table 3과 같이 무가온 온실과 인위적으로 온도, 일장, 습도가 조절되는 Growth cabinet을 이용하였다. 과중 후 1일1회 충분한 관수를 실시하였고 발아후 10일경에 1구당 1본씩만 남기고 솟아주었다.

#### 4) 조사방법

공시작물의 평균발아일수는 각 tray 별로 공시종자의 50%이상이 발아한 날을 평균하였으며, 생육특성은 각 처리별 전체 15개체 중 생육이 균일하고 중정도인 10개체를 선별하여 초장과 지상부 건물중을 측정하였다. 건물중은 80℃ 건조기에서 48시간 건조한 후 건물중을 측정하였으며 처리간 평균비교는 통계 package SPSS(Ver. 10.0)를 이용하여 Duncan의 다중검정과 T-test를 실시하였다.

Table 11. 발열시트를 이용한 육묘조건

재배 시설	발열시트 온도 (°C)	생육상 온도 (Light/Dark, °C)	일장 (Light/Dark, hrs)	생육 기간	비고
무가온 온실	무처리, 25, 30	-	-	4주	5월5일~6월2일
Growth cabinet	무처리, 15, 20, 25	15/10	16/8	4주	광도 10,000 lux 습도 50±10%
	무처리, 20, 25, 30	20/10	16/8	3주	
	무처리, 20, 25, 30	25/10	16/8	3주	



## 2. 결과 및 고찰

발열시트를 이용하여 무가온 온실과 온도를 달리한 생육상에서 고추 등 8가지 작물의 발아와 생육 특성을 평가한 결과는 다음과 같다.

### 1) 고추, 토마토

무가온 온실과 생육상에서 발열시트를 이용한 호온성의 가지과 과채류 작물인 고추와 토마토의 발아 및 생육특성은 table 12,13,14과 같다.

고추의 경우 무가온 온실에서의 평균발아일수는 발열시트를 사용하지 않은 대조구는 13.0일 이었으나 발열시트의 온도를 25℃, 30℃로 조절하여 사용한 경우 2.0~4.7일 정도 단축되었다. 초장과 지상부 건물중 역시 처리간 차이가 인정되어 발열시트를 사용한 처리구가 무처리구에 비하여 생육이 양호하였다.

실내에서 생육상을 이용한 경우 주간 15℃/야간 10℃의 환경조건에서 발열시트를 사용하지 않은 대조구에서는 고추 종자가 전혀 발아 되지 않았으나, 발열시트의 온도가 25℃인 경우 평균발아일수는 12.3일로 대조구와 큰 차이를 나타내었다.

생육상의 온도가 20℃/10℃인 경우 대조구에서도 발아는 되었으나 평균발아일수가 15.0일로 발열시트 온도 30℃ 처리구의 7.0일과는 많은 차이를 나타내었다.

고추는 열대원산의 호온성 작물에 속하는데 발열시트의 온도가 30℃일때 평균발아일수가 가장 짧고 초장과 건물중이 가장 큰 것으로 나타났으며, 생육상의 온도

가 높은 조건보다 낮은 조건에서 발열시트의 효과가 상대적으로 더 큰 것으로 조사되었다.

Table 12. 발열시트를 이용한 고추의 발아 및 생육특성

처리	발열시트 온도(℃)	평균발아일수 (일)	초장 (cm)	지상부건물중 (mg/1본)
무가온 온실	무처리	13.0	10.10±1.43 a	36
	25	11.0	14.02±1.98 b	48
	30	8.3	14.60±0.93 b	82
F-test			**	
15℃/10℃	무처리	-	-	-
	15	28.0	2.64±0.22 a	4
	20	20.3	4.86±0.38 b	10
	25	12.3	7.44±0.46 b	34
F-test			**	
20℃/10℃	무처리	15.0	5.06±0.23 a	10
	20	14.5	5.86±0.47 b	11
	25	10.5	9.10±0.47 c	40
	30	7.0	10.7±0.53 d	54
F-test			**	
25℃/10℃	무처리	11.0	9.10±0.74 a	30
	20	10.5	9.52±0.53 a	32
	25	9.0	11.62±1.16 b	48
	30	7.0	12.1±1.27 b	58
F-test			**	

\*\* : 1% 유의수준에서 유의함

토마토의 경우 고추와 같이 무가온 온실에서 무처리구에 비하여 발열시트를 이용하여 육묘한 경우 평균발아일수의 단축과 초장 및 지상부 건물중의 유의성 있는 증가를 나타내었다.

실내 생육상에서의 생육특성도 고추와 유사한 경향을 나타내었으나 15℃/10℃-발열시트 25℃의 처리구에서 1본당 건물중이 210mg으로 다른 처리구에 비하여 더 많았는데, 이런 결과는 토마토의 생육특성에 기인한 것인지 아니면 생육상내 다른 처리구는 생육기간이 3주이지만 15℃/10℃ 처리구는 생육기간이 4주로 인한 것인지는 추후 검토를 요하는 사항이었다. 생육상내 각 처리구의 비교에서 무처리에 비하여 발열시트를 사용하여 육묘할 경우 평균발아일수의 단축과 초장 및 건물중의 증가 효과를 확인할 수 있었다.

토마토에서도 고추의 경우와 같이 생육상내의 온도가 낮은 조건이 높은 조건보다 발열시트의 가온 효과를 더 크게 나타내는 것으로 조사되었다.

Table 13. 발열시트를 이용한 토마토의 발아 및 생육특성

처리	시트 온도(°C)	평균발아일수(일)	초장(cm)	지상부 건물중(mg/1본)
무가온온실	무처리	8.5	16.36±1.02 a	132
	25	7.0	22.20±1.40 b	226
	30	5.0	22.80±2.20 b	230
	F-test		**	
15°C/10°C	무처리	18.0	6.40±0.54 a	22
	15	16.0	7.60±0.57 a	30
	20	11.0	13.08±1.11 b	92
	25	8.0	17.70±1.52 c	210
	F-test		**	
20°C/10°C	무처리	9.0	9.52±1.38 a	54
	20	8.5	11.16±1.19 a	64
	25	7.0	13.76±1.87 b	116
	30	5.5	13.48±0.78 b	118
	F-test		**	
25°C/10°C	무처리	8.0	15.34±1.82 a	82
	20	8.0	18.04±0.62 b	96
	25	7.0	16.60±1.08 ab	124
	30	5.5	17.38±0.77 b	125
	F-test		**	

\*\* : 1% 유의수준에서 유의함

생육상내에서 발열시트의 직접적인 효과를 비교하고자 몇가지 처리에서의 식물체 생육특성을 비교한 결과는 table 14과 같다.

고추의 경우 생육상 온도 25℃/10℃에서 생육한 개체의 건물중을 지수 100으로 하였을 때, 생육상 온도가 5℃ 낮은 20℃/10℃에서 발열시트의 온도를 25℃, 30℃로 설정한 처리구의 개체 건물중은 각각 지수 133, 180을 나타내었다. 이것은 고추 육묘시 육묘공간의 외기 온도를 5℃ 높이는 것 보다 발열시트를 이용하여 근권내 온도를 높여주는 것이 생육에 유리하며 경제적으로도 난방비 절감효과가 클 것으로 판단되었다.

토마토의 경우 고추와 유사한 경향을 나타내었는데 이것은 이 두 작물이 호온성의 가지과 과채류로서 식물학적 특성이 유사하기 때문에 유사한 결과를 나타내는 것으로 판단되며, 이 작물의 육묘시 생육 정도는 최저온도와 관련이 깊은 것으로 추정되며 추후 좀 더 면밀한 검토가 요망된다.

Table 14. 고추와 토마토의 주요 처리별 생육 특성 비교

작물명	처 리		지상부 건물중 (mg/1본)	지수
	생육상 온도(℃)	발열시트온도(℃)		
고추	25/10	-	30	100
	20/10	25	40	133
	20/10	30	54	180
	25/10	25	48	160
토마토	25/10	-	82	100
	20/10	25	116	141
	20/10	30	118	144
	25/10	25	124	151

## 2) 수박, 참외, 오이

호온성 박과 과채류인 수박, 참외 및 오이의 각 처리 온도별 발아 및 생육 특성은 Table 15,16,17,18과 같다.

수박의 경우 무가온 온실과 생육상 모두 발열시트의 온도가 30℃까지 높을수록 평균발아일수는 단축되고 지상부 건물중은 증가하는 경향을 나타내었으며, 평균 발아일수의 단축 정도와 지상부 건물중의 증가 정도는 생육상내의 온도가 낮을수록 발열시트의 효과가 더 큰 것으로 나타났다. 수박의 경우 생육상 온도 15℃/10℃의 무처리구에서는 전혀 발아가 되지 않았으나 발열시트 온도를 25℃, 30℃로 설정할 경우 평균발아일수는 각각 18.3, 8.0일로 발열시트의 효과가 매우 컸다.

Table 15. 발열시트를 이용한 수박의 발아 및 생육특성

처리	시트 온도(°C)	평균발아일수(일)	초장(cm)	지상부 건물중(mg/1본)
무가온온실	무처리	9.0	10.80±0.89 a	144
	25	8.7	15.50±1.43 b	284
	30	5.7	15.20±1.52 b	364
	F-test		**	
15°C/10°C	무처리	-	-	-
	15	28.0	2.83±0.15 a	8
	20	18.3	4.42±0.13 b	16
	25	8.0	6.26±0.90 c	30
	F-test		**	
20°C/10°C	무처리	14.0	5.82±0.31 a	28
	20	13.0	5.90±0.19 a	26
	25	9.0	8.66±0.79 b	100
	30	5.5	11.50±0.46 c	202
	F-test		**	
25°C/10°C	무처리	8.0	12.88±0.66 a	126
	20	8.0	13.66±1.24 a	150
	25	7.0	15.34±1.51 b	230
	30	5.0	14.26±0.95 ab	264
	F-test		**	

\*\* : 1% 유의수준에서 유의함

참외의 경우도 수박과 같은 경향을 나타내었다. 무가온 온실과 생육상 모두 발열 시트의 온도가 높을수록 평균발아일수의 단축과 지상부 건물중의 증가를 나타내었다. 생육상내의 온도가 낮을수록 발열시트의 처리 효과가 상대적으로 컸으며

생육상 온도 15℃/10℃-무처리구와 발열시트 15℃ 처리구 모두 전혀 발아가 되지 않았다.

Table 16. 발열시트를 이용한 참외의 발아 및 생육특성

처리	시트 온도(℃)	평균발아일수(일)	초장(cm)	지상부 건물중(mg/1본)
무가온온실	무처리	8.0	13.44±0.94 a	182
	25	7.0	16.84±0.63 b	206
	30	5.0	15.34±1.68 b	226
	F-test		**	
15℃/10℃	무처리	-	-	-
	15	-	-	-
	20	15.0	2.86±0.25	6
	25	7.5	6.28±0.63	42
	T-test		**	
20℃/10℃	무처리	12.0	4.48±0.24 a	22
	20	9.5	4.88±0.18 a	34
	25	7.0	7.48±0.73 b	70
	30	5.0	10.58±0.67 c	140
	F-test		**	
25℃/10℃	무처리	6.0	9.26±0.38 a	102
	20	6.0	10.58±0.44 ab	122
	25	5.0	11.88±1.43 bc	148
	30	4.5	13.02±1.29 c	170
	F-test		**	

\*\* : 1% 유의수준에서 유의함



오이의 경우에도 무가온 온실과 생육상 모두 발열시트의 온도가 높을수록 평균 발아일수의 단축과 지상부 건물중의 증가를 나타내었다.

오이의 경우 참외나 수박과는 달리 불발아하는 처리구가 없었으며 수박, 참외와 같이 생육상내의 온도가 낮을수록 발열시트의 처리 효과가 상대적으로 컸다.

Table 17. 발열시트를 이용한 오이의 발아 및 생육특성

처리	시트 온도(°C)	평균발아일수(일)	초장(cm)	지상부 건물중(mg/1본)
무가온온실	무처리	6.0	15.10±0.74 a	418
	25	5.0	18.86±1.17 b	590
	30	4.0	20.80±2.97 b	628
	F-test		**	
15°C/10°C	무처리	23.0	2.62±0.13 a	22
	15	19.3	3.30±0.33 a	28
	20	11.7	7.46±1.32 b	84
	25	5.3	13.84±2.18 c	346
	F-test		**	
20°C/10°C	무처리	8.0	7.88±0.24 a	172
	20	7.5	7.98±0.72 a	188
	25	5.0	10.66±1.45 b	304
	30	3.0	10.56±0.92 b	414
	F-test		**	
25°C/10°C	무처리	5.5	10.42±0.26 a	270
	20	5.0	11.86±0.52 ab	348
	25	4.5	13.44±2.17 bc	402
	30	3.0	14.82±0.98 c	424
	F-test		**	

\*\* : 1% 유의수준에서 유의함

생육상내에서 발열시트의 직접적인 효과를 비교하고자 몇가지 처리에서의 식물체 생육특성을 비교한 결과는 table 18과 같다. 수박, 참외 및 오이의 경우 생육상 온도 25℃/10℃에서 생육한 개체의 건물중을 지수 100으로 하였을 때, 생육상 온도가 5℃ 낮은 20℃/10℃에서 발열시트의 온도를 25℃, 30℃로 설정한 처리구의 개체 건물중 지수는 각각 수박 79, 160, 참외 69, 137, 오이 113, 153을 나타내었다. 식물학적으로 같은 박과 과채류인 이들 3작물 중 수박과 참외는 같은 경향을 나타내었으나 오이는 다른 경향을 나타내어 대조를 이루었다. 이것은 육묘시 육묘공간의 외기 온도를 5℃ 높이는 것 보다 발열시트를 이용하여 근권내 온도를 높여주는 것이 생육에 유리하며 경제적으로도 난방비 절감효과가 클 것으로 판단되었다.

Table 18. 수박, 참외 및 오이의 주요 처리별 생육 특성 비교

작물명	처리		지상부 건물중 (mg/1본)	지수
	생육상 온도(℃)	발열시트온도(℃)		
수박	25/10	-	126	100
	20/10	25	100	79
	20/10	30	202	160
	25/10	25	230	187
참외	25/10	-	102	100
	20/10	25	70	69
	20/10	30	140	137
	25/10	25	148	145
오이	25/10	-	270	100
	20/10	25	304	113
	20/10	30	414	153
	25/10	25	402	149

### 3) 배추, 상추

호냉성 엽채류인 배추와 상추의 각 처리 온도별 발아 및 생육 특성은 Table 19, 20, 21과 같다.

호냉성인 배추와 상추는 호온성인 고추, 토마토, 수박, 참외 및 오이의 특성과는 상이한 결과를 나타내었다. 배추의 경우 무가온 온실과 생육상에서도 발열시트 처리에 관계없이 평균발아일수간 큰 차이를 나타내지 않았으며, 생육상에서도 호온성 작물과는 다르게 15°C/10°C의 비교적 낮은 온도조건에서 발열시트를 이용할 경우 생육이 가장 좋았다.

Table 19. 발열시트를 이용한 배추의 발아 및 생육특성

처리	시트 온도(°C)	평균발아일수(일)	초장(cm)	건물중(mg/1본)
무가온온실	무처리	3.0	8.32±0.52 a	316
	25	3.0	9.86±1.37 ab	340
	30	3.0	10.14±0.47 b	351
	F-test		**	
15°C/10°C	무처리	4.0	8.62±0.93 a	168
	15	4.0	10.00±0.44 a	440
	20	4.0	11.90±1.47 b	554
	25	3.0	10.90±0.44 b	578
	F-test		**	
20°C/10°C	무처리	3.0	8.56±0.81 a	254
	20	3.0	10.62±1.19 b	364
	25	2.0	9.26±0.86 ab	284
	30	2.0	9.60±0.37 ab	298
	F-test		**	
25°C/10°C	무처리	2.0	11.34±0.34 a	298
	20	2.0	12.74±0.88 b	301
	25	2.0	10.98±1.29 a	312
	30	2.0	11.52±0.71 a	328
	F-test		**	

\*\* : 1% 유의수준에서 유의함

상추의 경우도 배추와 유사한 경향을 나타내었는데 각 처리간 평균발아일수에 큰 차이를 나타내지 않았으며, 생육상에서도 배추와 같이 15℃/10℃의 온도조건에서 발열시트를 이용할 경우 다른 처리구에 비하여 생육이 가장 양호하였다.

Table 20. 발열시트를 이용한 상추의 발아 및 생육특성

처리	시트 온도(℃)	평균발아일수(일)	초장(cm)	건물중(mg/1본)
무가온온실	무처리	5.0	11.84±1.25 a	114
	25	3.7	14.34±0.71 b	198
	30	3.0	12.44±1.63 ab	166
	F-test		**	
15℃/10℃	무처리	5.0	7.68±0.59 a	66
	15	5.0	8.88±0.67 b	112
	20	4.0	10.32±0.75 c	184
	25	4.0	11.30±0.19 d	210
F-test		**		
20℃/10℃	무처리	4.0	8.64±0.67 a	90
	20	4.0	8.26±1.07 a	106
	25	3.0	8.98±0.89 a	110
	30	3.0	11.96±1.01 b	108
F-test		**		
25℃/10℃	무처리	4.0	10.92±0.93 ab	70
	20	4.0	10.46±1.04 a	96
	25	3.0	14.54±1.10 c	78
	30	3.0	12.46±1.68 b	88
F-test		**		

\*\* : 1% 유의수준에서 유의함

#### 4) 옥수수

화분과 작물인 옥수수의 발아 및 생육특성은 table 21과 같다. 발열시트를 이용한 가온시 모든 처리구에서 평균발아일수가 단축되었으나 그 단축 정도는 호온성인 고추, 토마토, 수박, 참외 및 오이에 비하여 작았으나 호냉성인 배추와 상추에 비하여는 더 컸다. 무가온 온실에서의 생육은 처리간 차이가 없었으며, 생육상에서는 호온성 작물과 마찬가지로 15℃/10℃의 온도조건에서 발열시트의 가온 효과가 다른 온도조건에서 보다 상대적으로 더 큰 것으로 나타났으며, 25℃/10℃-발열시트 30℃의 처리구에서 생육이 가장 양호하였다.

Table 21. 발열시트를 이용한 옥수수의 발아 및 생육특성

처리	시트 온도(°C)	평균발아일수(일)	초장(cm)	지상부 건물중(mg/1본)
무가온온실	무처리	5.0	34.30±4.37	402
	25	4.0	34.20±3.40	408
	30	3.3	35.40±1.64	406
	F-test		ns	
15°C/10°C	무처리	8.5	12.56±1.44 a	32
	15	8.0	13.94±1.36 a	38
	20	7.0	25.36±2.85 b	130
	25	4.0	34.46±1.86 c	306
	F-test		**	
20°C/10°C	무처리	5.0	32.64±2.27 a	212
	20	4.5	32.32±2.38 a	218
	25	3.5	40.54±2.92 b	344
	30	3.0	47.44±5.13 c	482
	F-test		**	
25°C/10°C	무처리	5.0	47.70±2.77 a	424
	20	4.5	49.96±3.55 a	434
	25	3.5	57.60±3.21 b	522
	30	3.0	55.66±3.44 b	536
	F-test		**	

\*\* : 1% 유의수준에서 유의함, ns : 유의성이 없음

이상의 결과를 종합해 보면 몇가지 호온성 작물의 동절기 육묘시 발열시트를 이

용하면 묘의 생육을 촉진하여 육묘기간을 단축시키거나 육묘장의 외기온도를 낮추어도 정상적인 육묘과정을 진행 할 수 있는 가능성을 충분히 제시하였다.

그러나 발열시트의 이용으로 인한 육묘장에서의 전력소비량 증가와 유류난방비 절감간의 경제성 검토는 동절기 개인 육묘장을 대상으로 실시하여 그 타당성 여부를 반드시 검토하여야 할 필요성이 제기되었다.

또한 고추, 토마토, 수박, 참외 및 오이와 같은 과채류의 경우 육묘장 전체의 가온에 의해 생육된 묘와 발열시트를 이용하여 근권내의 가온 상태에서 생육된 묘의 묘소질 여부에 대한 검토는 반드시 필요하다고 생각된다. 다른 작물과 달리 과채류의 경우 착화시기 및 착화절위는 수량과 연관되어 있으므로 발열시트를 이용한 육묘시 이러한 작물의 생리적인 면까지 검토가 되어 작물별 유용한 조건이 검색된다면, 단순히 난방비 절감으로 인한 경제적 이익보다는 묘소질에 따른 경제적 이익도 간과 할 수 없는 사항이므로 반드시 이에 대한 추후 검토가 필요하다고 판단된다.





15~10°C



20~10°C

Fig. 36. 생육 실험에 사용된 트레이와 작물 생육사진

## 제 4 장 결 론

우리나라 육묘장은 겨울철에 석유 보일러를 가동하여 온실 전체 난방을 하고 있는 것이 일반적이다. 이는 화석 연료가격의 고공행진으로 인한 농업 경제성의 악화와 환경오염의 부작용을 발생시키고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 농림부의 기계화 첨단 기술 개발 사업으로 한서대학교 신소재공학과의 공동으로 육묘장 근권난방용 발열시트를 개발하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공간난방의 환경적, 경제적 측면의 애로 사항을 해결할 수 있는 근권부 난방용 발열시트를 개발하였다.
2. 발열시트의 제작을 위한 생산설비를 설계 및 제작 하였으며, 이 설비는 육묘장으로 트레이 크기와 같은 제품을 연속적으로 생산 할 수 있다.
3. 발열시트는 육묘장의 트레이를 기준으로 제작되었으며 전기적인 안정성과 물리적인 측정치인 인장강도가  $4.2\text{N/mm}^2$ 으로 초기의 목표치보다 높게 나타났으며, 가장 중요한 부분인 온도분포 측정에서도 편차가  $5^\circ\text{C}$  미만으로 측정되었다.
4. 발열시트의 원료인 전도성 카본의 함유량은 약 40%이며 이는 각기 다른 함유량으로 발열시트를 제작하여 테스트해 본 결과 가장 우수한 특성을 나타냈기 때

문이다. 전도성 카본층을 코팅하는 폴리에틸렌 수지는 제품의 디자인을 위하여 다양한 색상가질 수 있도록 하였다.

5. 발열시트의 외형적인 특징으로는 처음의 목표인 천공과 돌기부 형성이었으나 이는 실제 발열시트와 트레이간의 통기성과 배수성에 있어 미묘한 차이를 나타내므로 목표를 변경하여 천공과 돌기부가 없는 상태로 제작을 하고 있다.

6. 발열시트에서는 약88%의 원적외선이 발생한다. 이는 식물 성장 촉진에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며 이러한 특성을 향상시키기 위하여 무기물 첨가를 시도하였으나 무기물 첨가시에는 이미 제작된 생산 설비의 설계가 많은 부분이 수정되어야 한다. 이는 제품의 경제적인 효과를 감소시킨다. 이러한 이유로 무기물 첨가는 하지 못했으며 이 부분에 대해서는 지속적인 연구개발로 수정 보완할 것이다.

7. 발열시트를 이용한 근권내 가온으로 몇몇 작물의 육묘과정 중 발생하는 다양한 변화 중 상토 내 열 흐름의 경시적 변화와 에너지 흐름에 대해 비교 분석하고자 발열시트의 설정온도별 표면온도, 상토온도 및 상토의 함수율 변화를 측정 한 결과는 다음과 같다.

1) 발열시트를 15℃, 20℃, 25℃, 30℃, 35℃의 온도를 각각 설정하였을 때 실측 온도는 평균적으로 0.13℃~10.23℃정도 낮게 나타났으며, 설정온도가 높을수록 실측온도와 그 차가 크게 나타났다. 또한 모든 온도에서 중앙부의 온도가 설정온도 보다 2~5℃정도 높게 나타났다.

2) 포트내 상토의 온도는 시트의 온도와 거의 같은 온도분포를 나타내었으며, 시트의 굴곡에 의해 포트와 밀착되지 않은 지점의 온도는 낮게 나타나 앞으로 시트 제작시 굴곡을 줄일 수 있는 기술개발이 필요 할 것으로 판단된다.

3) 발열시트의 온도가 높을수록 상토의 함수율은 감소속도가 빠르게 나타났으며, 원예용 상토보다 수도용 상토에서 함수율 감소속도가 빠르게 나타났다.

4) 발열시트의 1m<sup>2</sup>당 사용전력량은 15℃에서 0.1kW/h, 20℃에서 0.15kW/h, 25℃에서 0.4kW/h, 30℃에서 0.8kW/h, 및 35℃에서 1.2kW/h로 시트의 온도가 높을수록 전력 사용량이 많게 나타났다.

8. 몇 가지 작물의 육묘시 발열시트를 이용한 근권내 가온으로 각 작물별 생육조건이 상이한 환경 하에서의 생육특성을 파악하고 분석하여 추후 동절기 시설하우스에서의 육묘 공정시 발열시트의 적용 가능성을 검토하고자 실시하였던바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 호온성 작물인 고추, 토마토, 수박, 참외, 오이 및 옥수수의 육묘시 발열시트의 온도가 높을수록 평균발아일수의 단축과 지상부 건물중이 증가되었으며, 생육 온도가 상대적으로 낮은 조건하에서 발열시트를 이용할 경우 평균발아일수의 단축 및 지상부 건물중의 증가 폭이 더 컸다.

2) 호냉성 작물인 배추와 상추는 발열시트 처리에 관계없이 평균발아일수간 큰 차이를 나타내지 않았으며 15℃/10℃의 생육조건에서 발열시트를 이용할 경우 생육이 가장 양호하였다.

3) 육묘과정 중 호온성 가지과 작물인 고추와 토마토, 호온성 박과 작물인 수박, 참외 및 오이, 호냉성 엽채류인 배추 및 상추는 각기 식물학적 특성에 따라 유사한 생육특성을 나타내었다.

4) 호온성 작물 중 '25℃/10℃-무처리'와'20℃/10℃-발열시트 25℃'처리구간의 생육비교에서 '20℃/10℃-발열시트 25℃'처리구에서 고추, 토마토 및 오이는 생육량이 더 컸으나 수박과 참외는 더 낮았다.

## 참 고 문 헌

1. 권신환, 1989, 농학실험법, 선진문화사
2. 이경희, 1985, 채소시설재배, 선진문화사
3. 표현구외. 1991. 채소원예총론. 향문사
4. 이병일, 문원. 1991. 시설원예. 한국방송통신대학
5. 최관순. 1987, 고추 토마토, 오성출판사
6. 조영환외. 무·배추 경쟁력 있는 기술과 경영. 농민신문사. 1995.
7. 농촌진흥청. 일반채소재배. 1995.
8. 농촌진흥청. 채소재배. 1990.
9. 표현구외. 채소원예각론. 1992.
10. 이병일외. 채소학. 1993.
11. 농촌진흥청. 1982. 새로운 채소 재배기술
12. 작물시험장, 1994. 벼 어린모 자동육묘개발 연구 제 3차년 완결보고서.1~82
13. 김영진, 이은웅, 2000, 조선시대 농업과학기술사
14. 조재영, 윤상현, 이은웅, 1994, 재배학원론, 향문사
15. 성기달, 1991, 화훼원예학, 선진문화사