GOVP1199601305

제 1 차 년 도
보 고 서

폐광의 갱도내 냉기를 활용한 딸기 야냉육묘 기술확립

Establishment of technology for strawberry forcing seedling using cool air from an abandoned coal mine

강원대학교 농과대학

농 림 수 산 부

대한민국 국립도서관
기증등록
1996. 3. 06
661270

제 출 문

농림수산부 장관 귀하

본 보고서를 " 폐광의 갱도내 냉기를 활용한 딸기 야냉육묘 기술확립" 과제의 1년차 보고서로 제출합니다.

1995년 12월 20일

주관연구기관명 : 강원대학교

총괄연구책임자 : 유 근 창

세부연구책임자 : 강 화 석

세부연구책임자 : 김 일 섭

연 구 원 : 강 위 수

연 구 원 : 이 귀 현

연 구 원 : 정 천 순

협동연구기관명: 강원도 농촌진흥원

협동연구책임자: 박승의

요 약 문

Ⅰ. 제 목 :

폐광의 갱도내 냉기를 활용한 딸기 야냉육묘 기술확립

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

현재 우리나라의 딸기재배는 3월부터 6월까지의 출하량이 대부분을 점유하는 보통 노지재배 및 반촉성재배 작형이 주류를 이루고 있으나, 촉성, 반촉성, 노지, 억제재배등 다양한 작형개발로 주년생산을 위한 작부체계 확립이 절실히 요구된다. 이를 위해서는 각 작형별 화아분화 촉진기술의 확립과 촉성재배를 위한 야냉육묘시설의 보급이 선결되어야 하나, 최근 일부 농가에서 이용하고 있는 야냉육묘 시설은 시설비나 냉방에 필요한 전기료등 시설 운용비의 과다로 농가 보급이 극히 부진한 실정으므로, 농가 현실에 맞는 省energy 야냉육묘시설의 개발이 시급한 실정이다.

석탄산업 합리화 조치 이후 강원도내에는 다수의 폐광이 산재해 있으나, 이러한 시설의 산업적 활용은 일부 양송이재배에 활용하는 이외에는 거이 활용되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 폐광의 갱도(坑道)내 온도가 년중 13℃전후로 딸기 야냉육묘에 최 적 환경을 유지하고 있음에 착안하여, 갱도내 냉기의 효율적 활용 시스템 개발 및 개발된 시스템을 통한 딸기 야냉육묘 기술확립을 목적으로 사업을 추진하게 되었다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

제1차년도에는 우선 냉기 활용 기본모델을 개발하고 냉방시스템을 고안 설치

하고, 야냉단일 처리일수가 딸기의 화아분화에 미치는 영향을 조사하여 개발된 시스템하에서 딸기 촉성육묘 가능성을 타진하기 위한 연구를 수행하였다.

연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
냉기 이용 기본모델 개발	ㅇ 현지조사 및 자료수집등을 통한 활용 가능한 폐광 선정 ㅇ 작업성, 경제성을 고려한 냉기활용 시스템 모델 설정 ㅇ 기본 설계도 작성및 시공 ㅇ 냉방시스템 고안 및 설치, 시설내 온도 조사
냉기활용 딸기 촉성육묘 기술확립	ㅇ 야냉단일 처리일수가 화성유도에 미치는 영향 ㅇ 품종간 광합성 특성조사

Ⅳ. 연구개발 결과

1. 냉기활용 기본모델 개발

평창군 미탄면 창리에 소재하는 폐광을 최종 사업대상지로 선정한뒤, 기술적, 경제적인 문제등을 고려하여 단동 파이프하우스 형태의 최종 시스템 모델을 설정하였다. 설정된 모델을 토대로 기본 설계도를 작성하고 육묘시설을 제작, 6월 20일 시공 완료하였다

2. 냉방시스템 제작및 시설내 온도조사

시설내의 온도를 냉각시키기 위한 최적의 냉각방법을 고려하기 위해, radiator에 의한 냉각, 냉각 pad를 사용한 증발냉각, 냉기활용 모델등 여러 종류의 냉각방법의 효과를 검토하였다.

온실의 냉각 효율면에서 여러 냉각 방법을 비교할 때 독립적으로 소형 라디에이터, 패드 냉각, 및 냉기를 사용한 냉각 방법은 거의 비슷한 결과를 가져왔

으며, 여러 냉각 장치를 동시에 가동하였을 때는 독립적으로 개개의 냉각 장치를 가동할 때 보다 효율면에서 약간 좋았다. 그러나 대형 라디에이터를 독립적으로 사용할 때 온실의 냉각 효율은 다른 방법에 비하여 상당히 높았으며, 주간 및 야간의 외기 온도가 23 - 37℃ 범위에 있을 때 온실 내부 공기의 온도는 약 14 - 17℃ 범위로 냉각되었다.

3. 냉기활용 딸기 촉성육묘 기술 확립

딸기의 광합성 특성은 품종간에 다소 차이는 있지만, 커다란 차이는 없는 것으로 나타났다. 광합성량은 '수홍'이 20℃의 800 μE/sec. m^2에서 26.0 mg. CO_2/dm^2. hr, '여홍'은 25.2 mg. CO_2/dm^2. hr, '보교조생'은 26.1 mg. CO_2/dm^2. hr으로 가장 높게 나타났다. 전반적으로 25℃ 보다는 20℃에서 광합성량이 많았고, 25℃에서는 500 μE/sec. m^2의 광도에서 높은 경향을 나타냈다.

본 연구의 결과에서 20℃의 1,600ppm에서 가장 높은 광합성량을 나타냈는데 이것은 완전히 전개한 엽을 대상으로 측정하였기 때문에 CO 농도 요구량이 다소 높았는데 유엽과 노엽등을 감안하여 딸기를 시설내에서 재배할 때는 800-1,000ppm사이가 경제적 시용이라고 생각되었다.

야냉처리의 유무와 처리기간에 따른 딸기의 영양생장(엽수, 엽폭, 엽장, 엽병장 및 크라운 경)에는 큰 유의차를 보이지 않았으나, 생식생장(개화일수, 화뢰수, 화방수)에는 무처리에 비해 야냉단일처리구에서 공시한 5품종 공히 크게 촉진되는 경향을 보여 폐탄광의 냉기및 냉수를 활용한 본 시스템은 산업적인 활용이 가능하리라 사료된다.

V. 연구결과 활용에 대한 건의

본 연구사업은 폐광의 냉기를 활용한 딸기의 야냉육묘 기술확립을 목적으로 수행되었기 때문에 그 활용범위는 다음과 같다.

ㅇ 딸기 야냉단일 육묘기술의 체계화--->균질묘 생산 및 촉성묘 이용기술의 표준화 도모

ㅇ 고온기 딸기 육묘기술 정착으로 촉성 및 억제재배 면적 확대

ㅇ 자연에서 얻은 냉기를 육묘에 이용, 생산 코스트 절감에 의한 촉성재배용 딸기묘의 대량생산 가능

ㅇ 이동벤치형 야냉육묘 장치개발에 의한 작업환경 개선 및 省力化 도모

ㅇ 폐광의 산업적 활용---> 탄광지역의 경기 활성화 및 이미지 쇄신에 일조

ㅇ 경제적인 냉방 시스템 개발을 통한 고품질 원예작물 생산---> 수출전략 상품화로 신규 수출시장개척 및 수출확대

ㅇ 갱도내 냉기의 효율적 활용 시스템개발을 통한 야냉육묘시설 외에 저온저장고, 버섯재배시설, 땅드듭등의 연화재배시설등으로 활용 가능

ㅇ 자연에서 얻는 냉기를 고온기 원예작물의 생육조절에 활용함으로 에너지 절약 및 자원 이용성 제고

ㅇ 개발된 냉방시스템을 여름철 온실의 고온대책을 위한 기초자료로 활용가능

ㅇ 본 사업을 통해 체계화된 딸기야냉육묘 기술과 경제적 냉방시스템 모델을 지도사업 반영자료로 활용, 농가보급을 도모

SUMMARY

This study was conducted to develop the most effective cooling system using cool air and water from an abandoned coal mine and to establish the technogical system for hardening seedling of strawberry. The first year was to develop the basic model for using cool air, to establish cooling system and then to find out the possibility for forcing seedling of straw through systems developed from this study.

1. Development of basic model for using cool air.

Considering many factors concerned with technological and economical problems, an abandoned coal mine located at Changri Mitanmean Pyongchang was choosen and the final model system of single pipe vinyl house was set up. The preparation of basic design and construction of system for raising seedling of strawberry was completed on June 20, 1995.

2. Construction of cooling system and investigation of room temperature.

Various cooling systems were designed and constructed to use cool air and water flowed out from an abandoned coal mine. Cooling systems built for this study included an evaporative cooling system with cooling pad, heat exchanger using small or large radiator, and cooling duct for drawing cool air from coal mine. An evaporative cooling system, small or large radiator as heat exchanger, and cooling duct were individually tested. Also, combined cooling system was tested by operating evaporative cooling system, small radiator, and cooling duct simultaneously.

The results in this study showed that individual cooling systems such as evaporative cooling system, small radiator, and cooling duct had about the same effect on cooling greenhouse. The combined cooling system had little better cooling effect than individual cooling system except the large radiator. The most effective cooling system for cooling of greenhouse was obtained by using the large radiator as heat exchanger. By using a large radiator, temperature in greenhouse was dropped into the range of 14 - 17°C when outside temperature was 23 - 37°C during day and night.

3. Establishment of technology for forcing seedling of strawberry using cool air.

o Investigation of photosynthesis ability of five strawberry cultivars.

Photosynthesis ability of strawberry was a little different among five cultivars, but no significant difference was occurred. The amount of photosynthesis of Suhong at 20℃ 800 μE/sec m^2 was 26.0 mg CO_2/dm^2, Yohong was 25.2 mg CO_2/dm^2/hr, Bochuchesang showed the highest amount of photosynthesis(26.2 mg CO_2/dm^2/hr). The amount of photosynthesis was higher at 20℃ than 25℃, and light intensity of 500 μE/sec m^2 of 25℃ increased the amount of photosynthesis. The highest amount of photosynthesis was occurred at 1600 ppm CO^2 at 25℃, but 800-1,000 ppm CO_2 concentration was optinum for photosynthsis of strawberry, concerned with ecnomical problems.

o Test of field application (investigation of growth rate of strawberry)

Compared with control treatment, night cooling treatment using cool

air from an abandoned coal mine and duration had no significant effect on numbers of leafs, leaf width, leaf length, leaf petiole length and crown diameter, but had a significant effect on reproductive growth (days for flowering, numbers of flower bud, numbers of flower cluster) of all cultivars tested. The usefulness of cool air and water from abandoned coal mine for forcing seedling of strawberry was recognized.

여 백

CONTENTS

I. INTRODUCTION 11

II. MATERIALS AND METHODS 15

1. Development of basic model for using cool air 15

2. Construction of cooling system and investigation of room temperature 15

3. Establishment of technology for strawberry forcing seedling using cool air 23

III. RESULTS AND DISCUSSION 25

1. Development of basic model for using cool air 25

2. Construction of cooling system and investigation of room temperature 26

3. Establishment of technology for strawberry forcing seedling using cool air 50

IV. GENERAL RESULTS 63

V. SUMMARY 68

VI. LITERATURE 70

목 차

Ⅰ. 서언 ····· 11

Ⅱ. 재료 및 방법 ····· 15

1. 냉기 활용 기본모델 개발 ····· 15

2. 냉방 시스템 제작 및 실내온도 조사 ····· 15

3. 냉기활용 딸기 촉성육묘 기술 확립 ····· 23

Ⅲ. 결과 및 고찰 ····· 25

1. 냉기 활용 기본모델 개발 ····· 25

2. 냉방 시스템 제작 및 실내온도 조사 ····· 26

3. 냉기활용 딸기 촉성육묘 기술 확립 ····· 50

Ⅳ. 종합결과 ····· 63

Ⅴ. 적요 ····· 68

Ⅵ. 참고문헌 ····· 70

부 록 ····· 76

대한민국국회도서관장서

제 1 장 서 언

UR 협상 타결에 따른 농산물 수입 개방에 대응하기 위하여 농업의 국제 경쟁력 강화가 시급한 실정이며, 농업의 각 분야에서는 이에 대한 적절한 해결책들이 모색되고 있는 실정이다. 온실의 설비는 기술, 자본 집약형으로서 우리 나라 농업 실정에 적합한 국제 경쟁력이 있는 농업 분야의 하나이다. 최근 국민소득의 증가와 생활 수준의 향상에 따른 신선한 채소 및 과일에 대한 수요가 급증하고 있으며, 온실을 이용한 시설 농업은 크게 확대될 전망이다. 에너지 비용은 채소 및 과일의 생산을 위한 온실을 운용하는데 있어서 노농비 이외의 중요한 생산비로 고려된다. 그러므로 폐광으로부터 유출되는 냉기 또는 냉수를 온실의 환경 조절 위해 직접적으로 이용할 수 있다면, 온실을 냉방시키는데 있어 필요 되는 에너지의 요구 량을 극소화시킬 수 있을 뿐아니라 상업적인 온실 운용을 위한 잠재력을 증가시켜 탄전 지역에 대한 경제적인 이점을 증가시킬 수 있다.

석탄 산업의 퇴조로 인하여 현재 강원도내 탄전 지역에는 많은 폐광들이 산재하고 있으며, 이에 따른 탄광 지역의 급속한 경제적 쇠퇴가 사회적인 문제로 대두되고 있는 실정이므로 지역의 균형 발전을 위한 폐광의 산업적 활용이 적극적으로 검토되어야 한다. 냉기 또는 냉수는 탄광으로부터 손쉽게 얻을 수 있으며 여름철 온실의 냉방을 위해 유용하게 쓰일 수 있을 뿐만 아니라 에너지 전략적인 면에서 경제적인 이점은 대단히 크다.

한편, 딸기의 시장동향을 대체적으로 보면 10-2월에는 생산량이 점차 증가하는 경향이 있으며 3-9월에는 감소하는 경향이다. 이것은 고온기의 선도유지와 수송이 어려운 딸기의 상품 특성으로 볼 때 고온기의 소비 신장은 별로 기대할

수 없고, 겨울 위주의 소비 및 소비의 전환기가 진행되고 있는 것을 의미한다

고 볼 수 있다. 이러한 점 때문에 최근 딸기 산지에서는 수확기를 당기는 것이 수익증가와 직결되므로 조기 출하 재배에 중점을 두고 있다. 따라서 출하를 앞당기려는 노력이 계속되고 있는 상황이다.

촉성재배에서 작형 성립의 기본적 조건은 화아분화와 발달에 기술적으로 어떻게 대응하는가, 또 휴면현상을 인위적으로 어떻게 제어하는가 하는 점에 달려 있다. 이러한 기술적 요인에 근거하여 산지의 입지 조건에 맞는 품종과 재배법을 도입해야한다.

현재 우리나라의 딸기재배는 3월부터 6월까지의 출하량이 대부분을 점유하는 보통 노지재배 및 반촉성재배 작형이 주류를 이루고 있으나, 촉성, 반촉성, 노지, 억제재배등 다양한 작형개발로 주년생산을 위한 작부체계 확립이 절실히 요구된다. 이를 위해서는 각 작형별 화아분화 촉진기술의 확립과 촉성재배를 위한 야냉육묘시설의 보급이 선결되어야 하나, 최근 일부 농가에서 이용하고 있는 야냉육묘 시설은 시설비나 냉방에 필요한 전기료등 시설 운용비의 과다로 농가 보급이 극히 부진한 실정으므로, 농가 현실에 맞는 省energy 야냉육묘시설의 개발이 시급한 실정이다.

석탄산업 합리화 조치 이후 강원도내에는 다수의 폐광이 산재해 있으나, 이러한 시설의 산업적 활용은 일부 양송이재배에 활용하는 이외에는 거이 활용되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 폐광의 갱도(坑道)내 온도가 년중 13℃전후로 딸기 야냉육묘에 최 적 환경을 유지하고 있음에 착안하여, 갱도내 냉기의 효율적 활용 시스템 개발 및 개발된 시스템을 통한 딸기 야냉육묘 기술확립을 목적으로 사업을 추진하게 되었다.

본 연구의 필요성과 1차년도 연구 내용은 다음과 같다.

1. 연구의 필요성

가. 기술적 측면

ㅇ 딸기의 화아분화는 온도, 일장, 묘의 체내질소 함량등에 의해 지배되며, 저온, 단일, 저질 소함량이 화아를 유도하는 것으로 알려져 있다.

ㅇ 4월이후의 고온장일 조건하에서는 화아분화가 이루어 지지 않기 때문에 6월 중순이후 11월초 까지는 단경기임.

ㅇ 화아분화후 휴면중의 株를 굴취해 -1℃전후에서 6개월 이상 株냉장처리를 하면, 단경기 생산이 가능하나 품질, 수량이 떨어짐.

ㅇ 대형 팬(fan)을 坑內에 설치하여, 갱도내 냉기를 坑밖에 설치한 하우스내에 송풍한다면, 외기 기온보다 5-7℃정도는 낮출수 있으리라 추정됨.---> 고온기 타 원예작물의 육묘및 재배에 이용 가능.

나. 경제적 측면

ㅇ 딸기 가격은 11월, 12월이 가장 높고 1월 이후 점차 낮아지는 경향이 있으므로, 11, 12월 출하에 맞춘 촉성재배가 점차 확대 일로에 있는 실정임.

ㅇ 촉성재배용 품종의 화아분화를 위해, 고냉지 육묘나 야냉단일 육묘등을 이용하고 있으나, 막대한 노력과 경비등으로 촉성재배 작형 묘의 주당 가격이 150원을 호가하고 있는 실정임.

ㅇ 폐광의 냉기를 이용한 딸기묘 생산기술이 확립 된다면, 자연에서 얻는 냉기를 육묘에 이용하므로 생산비를 절감할수 있어 촉성재배 묘의 대량생산이 가능하리라 사료 됨.

다. 사회적 측면

ㅇ 석탄산업의 퇴조로 인하여 강원도내 폐광(廢鑛)이 속출하고 있으며, 이에

따른 탄광지역 경제의 급속한 쇠퇴가 사회문제로 대두되고 있는 실정이므로, 지역의 균형 발전이란 측면에서도 폐광의 산업적 활용이 적극 검토되어야 함.

○ 원예작물의 생산과정에서 양질의 묘를 육성한다는 것은 고품질, 다수확의 기초가 되는 중요한 작업으로 고도의 기술과 숙련을 요구하나, 현재 노동력의 양적 부족과 질적 저하로 고도기술의 수용여건이 열악할 뿐만 아니라 새로운 작형에 대한 육묘의 안정공급등 원예작물의 종묘생산 분업화가 절실히 요구되고 있다.

○ 딸기의 최근 생산 동향은, 노지재배 면적이 감소하고 시설재배 면적은 증가 추세에 있으며, 작형도 노지, 조숙재배에서 촉성, 반촉성재배로 전환하는 추세 임.

2. 1차년도 연구개발 내용

가. 냉기 이용 기본모델 개발

- 현지조사 및 자료수집등을 통한 야냉육묘 시설(장치)의 기존 모델 비교분석, 문제점 도출
- 활용가능한 폐광 선정: 갱내환경, 지리적 여건, 교통, 수질등 종합적 검토를 통해 농업 생산 시설로 활용이 가능한 폐광을 선정
- 작업성, 경제성을 고려한 냉기 활용 시스템 모델 설정
- 기본 설계도 작성 및 시설 제작, 설치
- 시설내 온도 변화

나. 냉기활용 딸기 촉성육묘 기술확립

- 야냉 단일처리 일수가 화성유도에 미치는 영향
- 최적 야냉단일 처리 일수 구명
- 품종간 광합성 특성 조사

제 2 장 재료 및 방법

제1절 냉기활용 기본모델 개발

1. 현지조사를 통한 폐광 선정 : 석탄합리화 조치 이후 폐광이 된 도내 6개 시군 155개소 폐광을 대상으로 우선 문헌 및 자료수집등을 통해 1차로 13개의 광산을 선정하였다. 그후, 수차에 걸친 현장방문을 통해 지리적 여건과 갱내 환경등을 고려 최종적으로 평창군 미탄면 창리에 소재하는 폐광을 최종 사업 대상지로 선정하였다.
2. 야냉육묘 시스템 모델설정 : 폐광의 지리적 여건등을 고려하여, 폐광구에 인접한 폐석장부지를 이용 야냉육묘시설을 설치키로 하고, 냉기송풍방법, 갱구와 육묘시설간 냉기유입 방법, 설치방법, 설치비용, 단열방법등을 고려하여 단동 파이프하우스 형태의 최종 시스템 모델을 설정하 였다.
3. 기본설계도 작성 및 시공: 설정된 모델을 토대로 기본 설계도를 작성하고 육묘시설을 제작, 6월 20일 시공 완료하였다.

제2절 냉방시스템 제작 및 시설내 온도 조사

온실의 냉방 실험을 위해 설비된 온실의 피복 재료로 한 겹의 플라스틱 필름이 사용되었으며, 온실의 열손실을 줄이기 위해 피복재 주위는 단열재에 의해 피폭되었다. 냉각장치 설치 장소 및 온도 측정을 위한 열전대의 고정 위치를 나타내는 온실의 평면도 및 정면도가 각각 그림 1 과 그림 2에 보여져 있다. 온실의 냉방 실험은 1995년 8월에 평창군 미탄면의 폐광 근처에 설치된 온실에서 수행되었다. 온도의 측정은 육묘실, 외기, 온실의 내부 및 냉각장치 출구의 물 및 공기의 온도가 측정되어졌으며, 온실 내부의 온도는 지면으로부터 0.3m 및 2.3m 위에서 측정되어졌다. 본 연구에서는 온실 내의 온도를 냉각시키는데

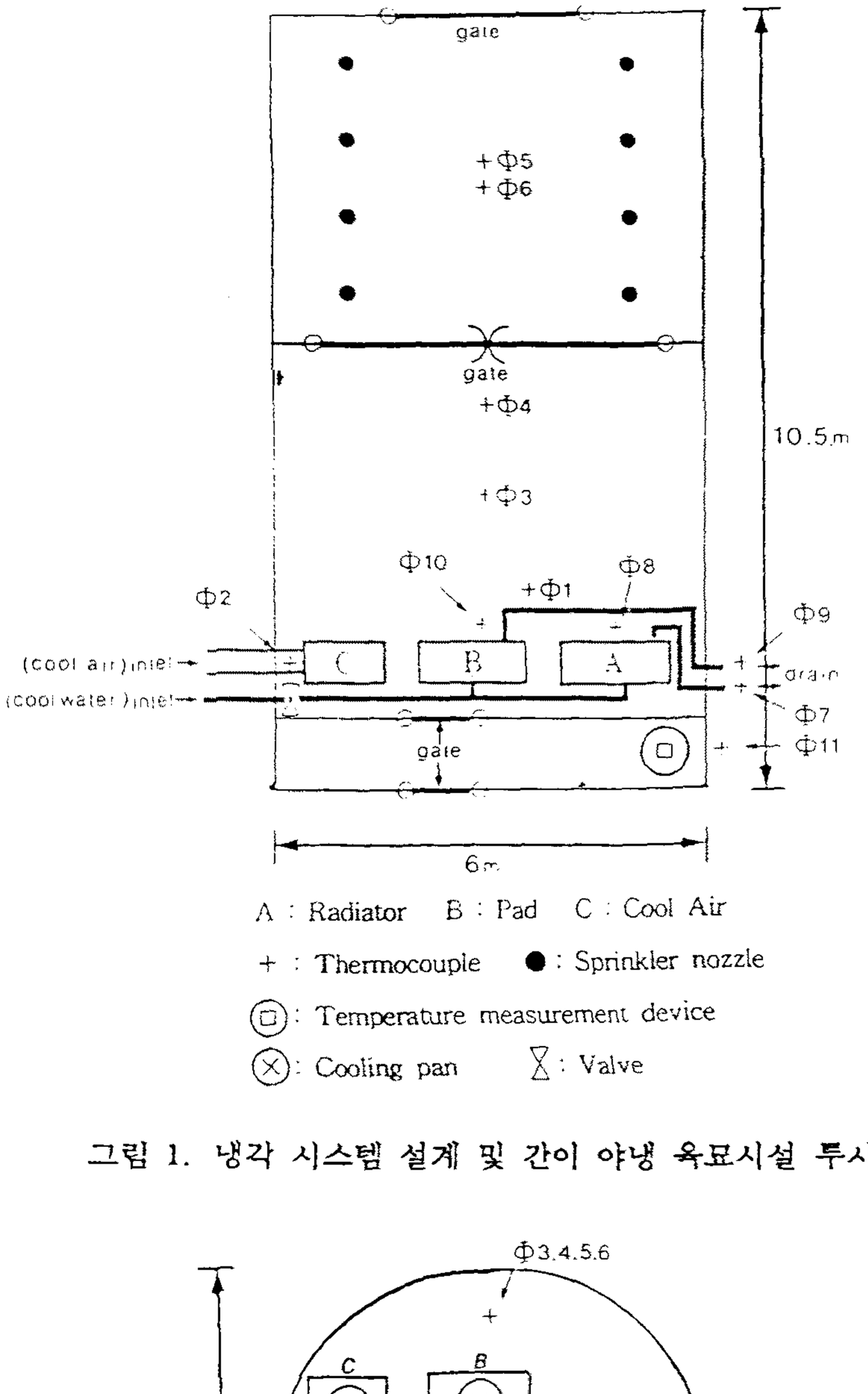

그림 1. 냉각 시스템 설계 및 간이 야냉 육묘시설 투시도

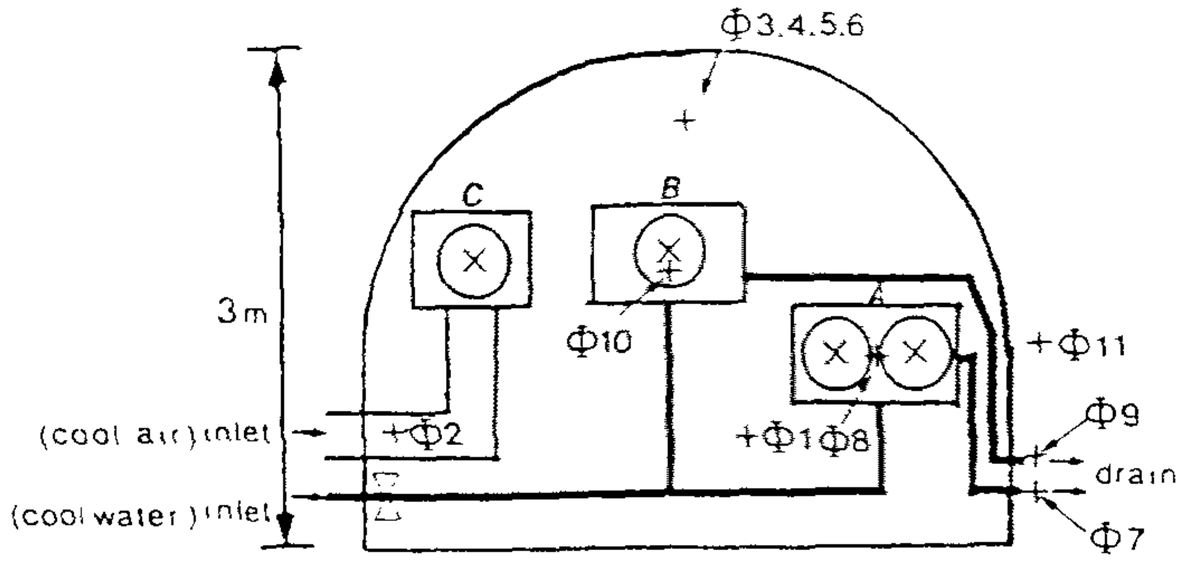

그림 2. 냉기 및 냉수를 이용한 복합적 야냉 육묘시설 단면도

가장 적합한 냉각 방법을 결정하기 위해 아래와 같은 여러 종류의 냉각 방법이 사용되었다.

1. 소형 radiator에 의한 냉각

그림 3에 보여지는 것과 같이 소형의 radiator 앞면에 용량 50m^3/min인 팬을 설치하였으며, 폐광에서 유출되는 약 12.5°C의 냉수를 radiator내로 순환시켜 radiator 표면에 접촉되는 주위 공기를 냉각시킴으로써 radiator를 열교환기(heat exchanger)로 사용하였다. 온실 내의 더운 공기는 팬에 의해 radiator의 좌측면에서 흡입되며, 냉각된 공기는 radiator 우측면에 설치된 duct를 통해 온실내로 배출된다. 여기서 duct는 온실의 한쪽 끝에 설치된 radiator의 우측면으로부터 온실의 다른 쪽 끝에 고정되게 하였다. Duct의 크기는 직경 50cm 였으며, duct의 밑면은 15cm 간격으로 직경 2cm인 구멍들이 천공되어졌다.

2. 냉각 Pad를 사용한 증발냉각

증발냉각 장치가 그림 4에 보여지고 있다. 냉각 pad의 앞면에 용량 45 m^3/min인 팬을 설치하였으며, 폐광으로부터 유출되는 냉수를 냉수 확산 장치를 통해 냉각 패드 고정 상자에 부착된 냉각 패드의 전체 면에 흘려 보냄과 동시에 온실 내의 더운 공기를 pad의 앞면에서 흡입되게 하여 공기의 고른 분포를 위해 pad 냉각장치의 뒷면에 설치된 duct를 통해 배출되게 하였다. 그림 5는 증발 냉각장치에 사용된 냉각 패드 고정 상자 및 냉수 확산 장치를 보여주고 있다. 이장치는 냉수의 증발에 필요한 열을 온실 내의 더운 공기로부터 흡수하여 온실을 냉각시키기 위한 장치이다.

3. 폐광의 냉기를 사용한 냉각

그림 6에서와 같이 송풍 용량이 45m^3/min인 팬을 관의 내부에 설치함으로써

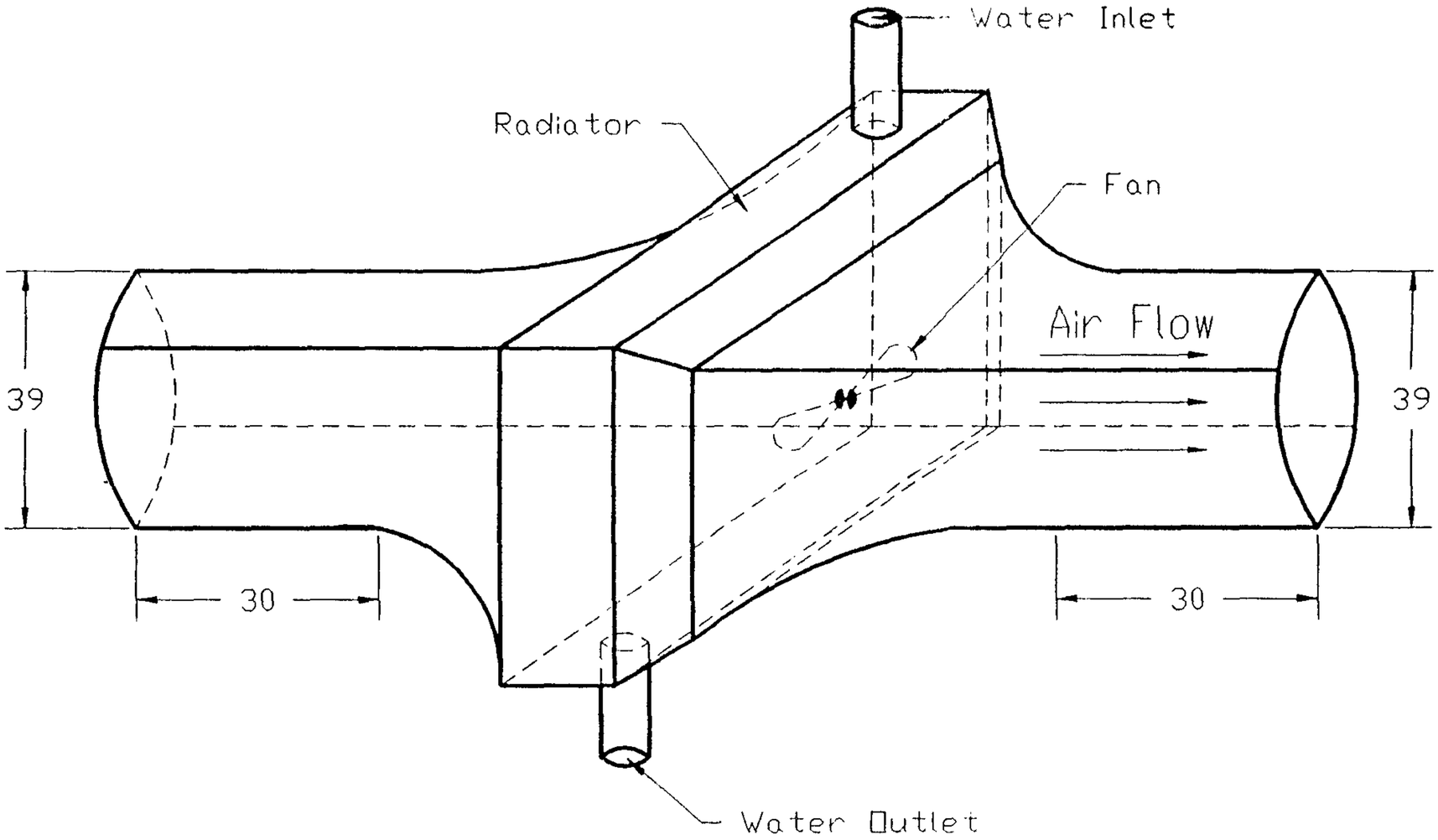

그림 3. 소형 라디에이터 냉각장치

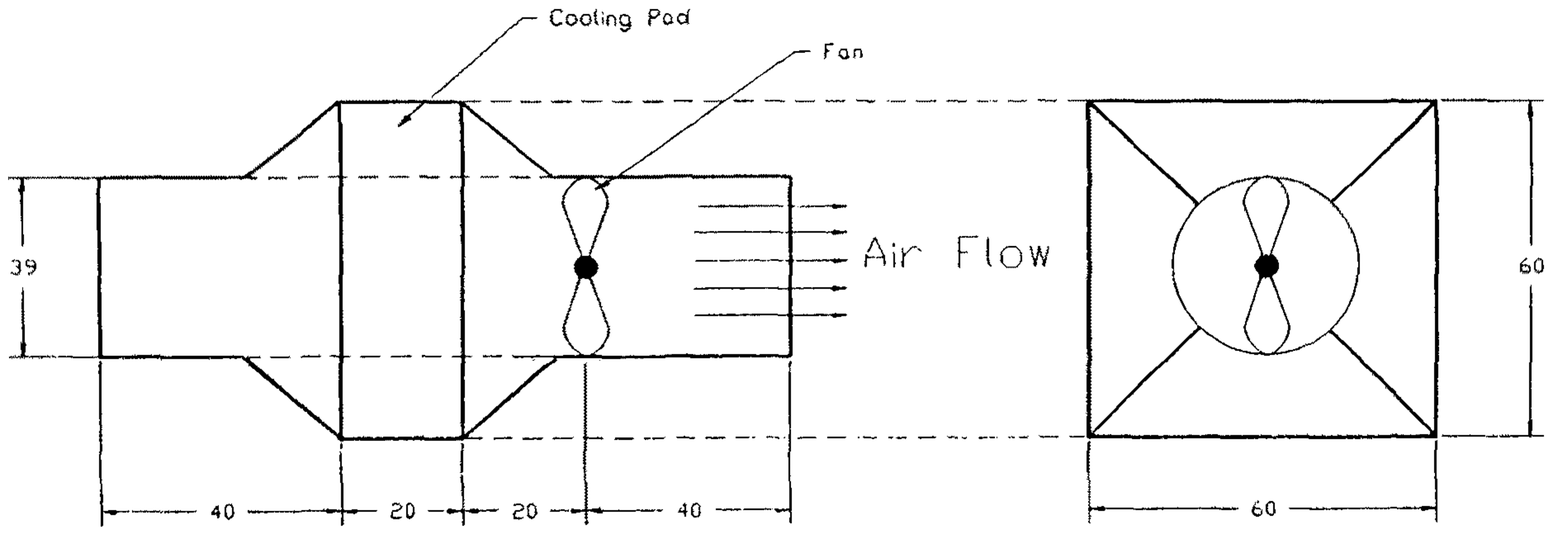

그림 4. 냉각 패드를 사용한 중발 냉각장치

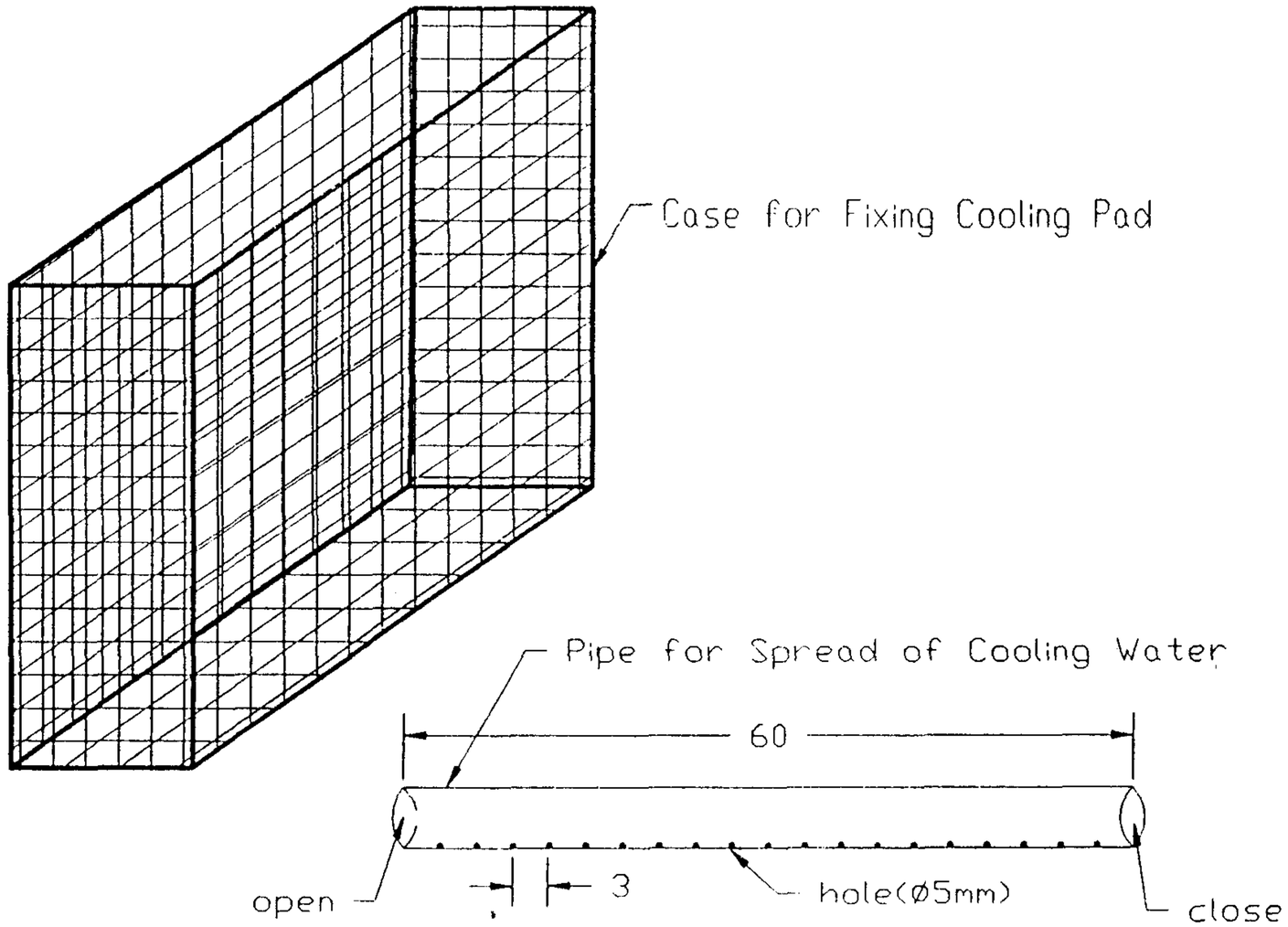

그림 5. 냉각 패드 고정 상자 및 냉수 확산장치

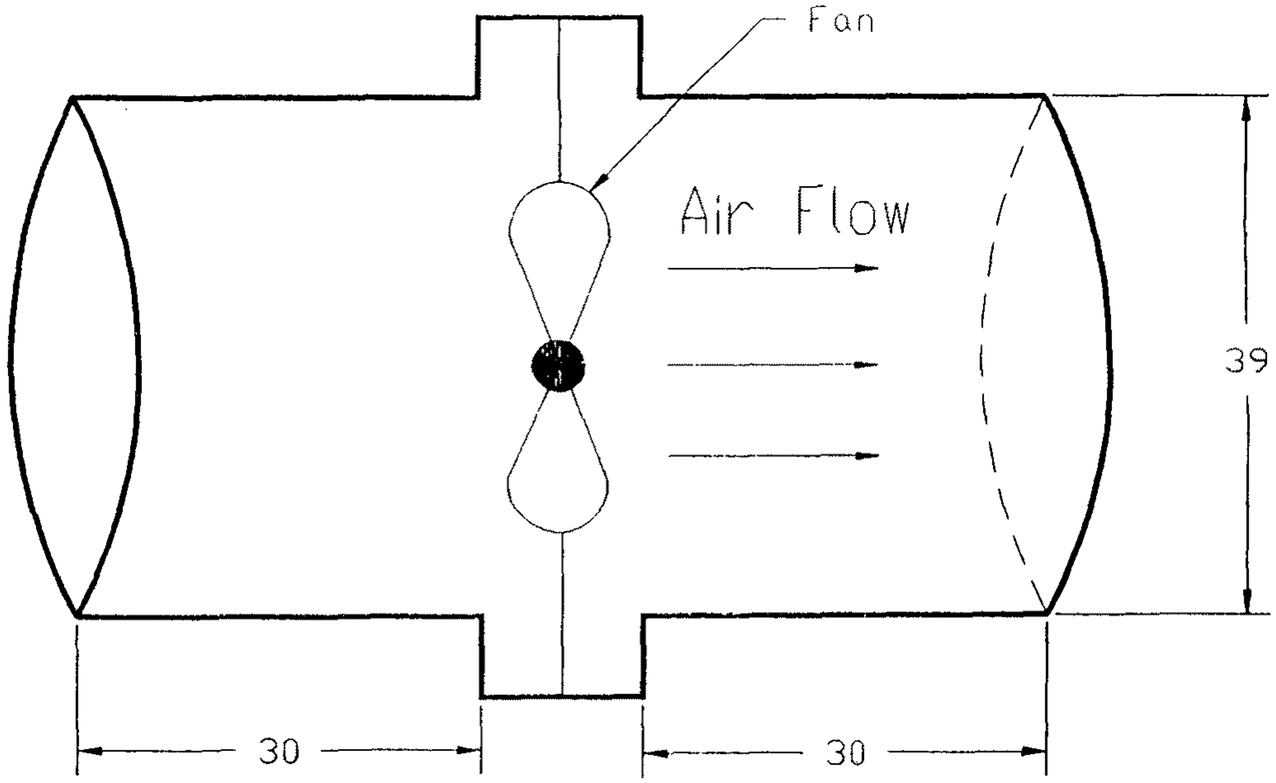

그림 6. 냉기 송풍장치

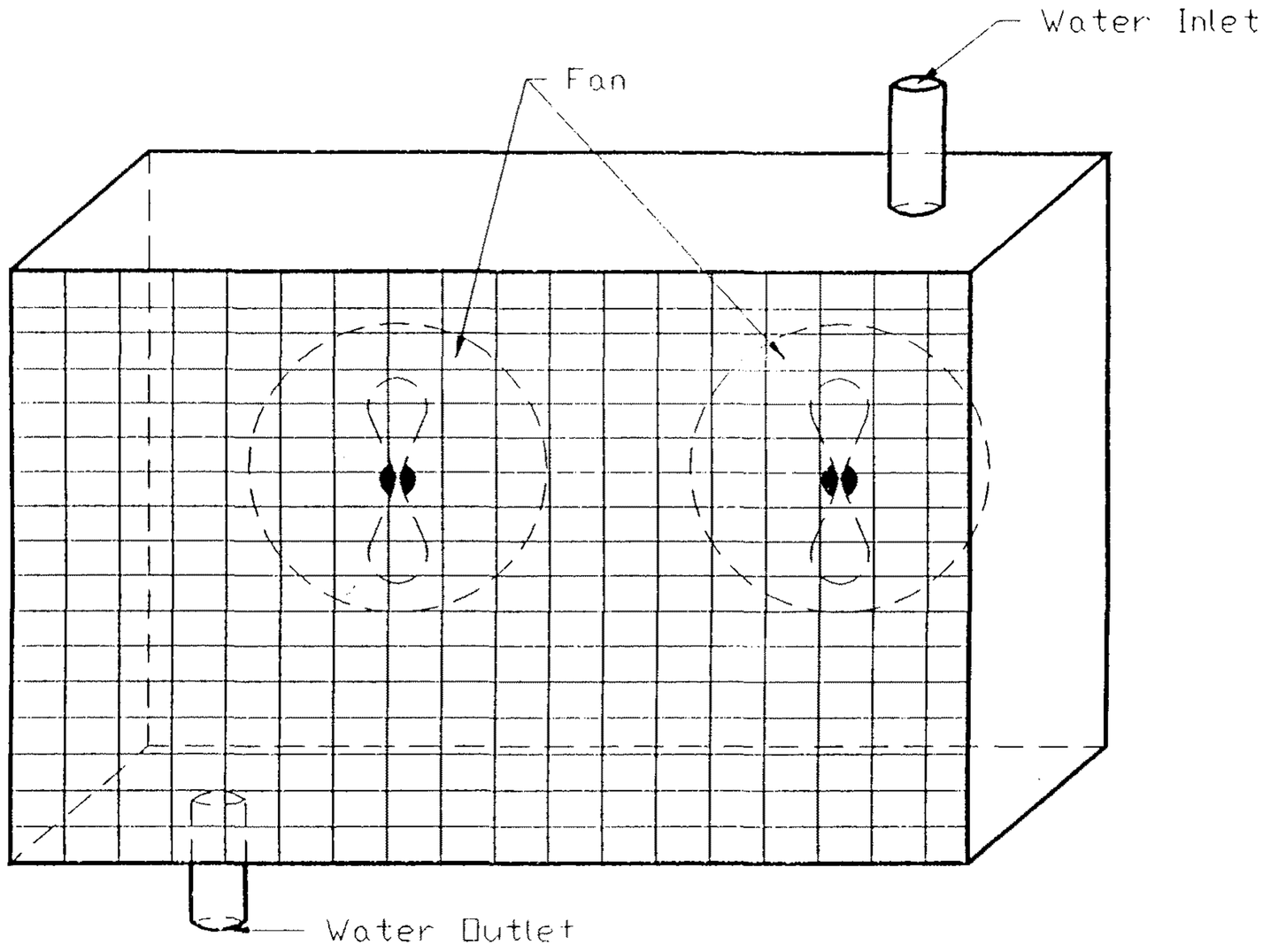

그림 7. 대형 라디에이터 냉각장치

폐광으로부터 유출되는 냉기를 온실 내의 duct로 유입되게 하여 강제 대류에 의해 온실의 더운 공기를 냉각시키는 장치이다.

4. 소형 radiator, 냉각 pad 및 냉기를 동시에 사용한 냉각

소형 radiator, 중발냉각 장치 및 냉기 송풍 장치를 동시에 가동함으로써 온실을 냉각시키는데 있어 여러 냉각 방법을 종합적으로 응용한 것이다.

5. 대형의 radiator를 사용한 냉각

그림 7에 보여지는 것과 같이 대형의 radiator 앞면에 용량 50m^3/min인 팬 2개를 설치하였으며, 폐광에서 유출되는 약 12.5℃인 냉수의 유량 0.000301204 m^3/s를 radiator에 순환시켜 radiator를 열교환기(heat exchanger)로 사용하였다. 온실 내의 더운 공기는 팬에 의해 속도 3.63 m/s로 radiator의 앞면에서 흡입되어 radiator의 뒷면으로 유출됨으로써 온실 내로 확산되게 하였다.

제3절 냉기활용 딸기 촉성육묘 기술확립

1. 채묘 및 런너양성 : 보교조생, 수홍, 여홍, 향미, 도요노까의 5품종 250주를 구입하여, 5월 20일 포장에 정식하였다. 런너가 발생하기 시작하면서 직경12cm의 흑색비닐 포트에 묘를 받아 발근시키고, 야냉처리에 들어가기 전까지 육묘 관리하였다.
2. 야냉단일 처리 : 채묘후 폿트에서 양성한 묘를 8월 4일부터 폐광의 야냉육묘시설에 입고하여 야냉단일 처리를 하였다. 처리는 09:00 - 17:00의 8시간 일장처리후 야냉시설에 입고하였다가 그 다음날 09:00에 다시 출고하는 방식으로 9월 11일 까지 3주, 4주, 5주간 처리하였다.

3. 품종간 광합성 특성조사

딸기의 기초 생리연구로서 야냉육묘시 생육과정중 광합성 특성을 보기 위하여 광합성을 측정하였다. '보교조생', '수홍' 및 '여홍'을 공시하여 일장 8시간(09-17시), 주간/야간온도 25/13±2℃로 조절된 시설내에서 20일간 야냉처리하여 1995년 9월 15일 정식하였다. 광합성 특성을 보기위하여 1화방 개화 개시시기에 엽이 완전하게 전개한 것을 대상으로 하였고, 광환경조건은 200, 500, 800 및 1,200 μmole과 온도는 20 및 25 ±2℃에서 측정하였다. 그리고 광도에 따른 CO_2 포화점 및 광합성 증진효과를 보기 위하여 CO_2 농도를 500, 700, 900, 1,600 및 2,000ppm으로 조절하여 상기의 광 및 온도 조건하에서 측정하였다. 광합성 측정은 휴대용 광합성 측정기 (KOITO, model : KIP 8510, JAPAN)를 이용하였다.

4. 포장적응 시험(생육조사)

야냉처리 종료후, 평창에서 묘를 운반하여 강원대학교의 비닐하우스내에 120 x 25cm(2조식)로 9월 12일 정식하였다. 생육단계별로 출엽수, 화성유도율, 묘소질, 수량, 품질등 생육조사와 처리및 품종간의 광합성율을 생육단계별로 조사중이다. 생육조사는 수확기가 끝나는 내년 3월말 까지 조사할 예정이다.

제 3 장 연구결과 및 고찰

제1절 냉기활용 기본모델 개발

1. 현지조사를 통한 폐광선정

석탄합리화 조치 이후 폐광이된 도내 150여개의 폐광을 대상으로 문헌 및 자료수집등을 통해 1차로 13개의 폐광을 사업대상지로 선정하였다. 그후 수차에 걸친 현장방문을 통해 지리적여건과 갱내환경등을 고려 최종적으로 평창군 미탄면의 창리에 소재하는 폐광을 최종 사업대상지로 선정하였다. 최종선정지의 수질조사 결과 pH는 7.7, EC는 0.107dS/m로서 일본 양액재배 수질기준인 pH 5-8, EC 0.3dS/m과 비교할 때 재배용수로 사용해도 별문제가 없을 것으로 생각되었다(표 1). Fe를 제외한 무기이온의 함량도 대부분 양액재배 원수 수질기준에 적합한 것으로 판단되었다. 다만 Fe의 함량은 3.44ppm으로서 네덜란드 원수 수질기준인 0.56 - 0.87ppm에 비해 상당히 높은 함량을 나타내 재배용수로 사용시는 Fe의 과다가 제한요소로 작용할 우려성이 제기되었다. 특히, 물속의 Fe은 $Fe(HCO_3)$로서 공기와 접촉하면 침전되므로 용출수를 활용한 냉방시스템 운용시 노즐이나 라디에이터 내부를 막히게 하는 원인이 되므로 이에 대한 대책을 강구해야 되리라 사료된다. 또한 대조구로 비교한 삼척탄좌및 동원탄좌의 갱내 용출수는 특히 SO_4및 Fe함량이 수질기준치보다 SO_4는 100배 이상, Fe는 20배정도 높아 재배용수로 사용은 부적당한 것으로 나타났다.

표 1. 폐광 용출수의 수질분석 결과

채취장소	pH	E.C (dS/m)	P (mg/l)	Ext.Cation (me/100g)			ppm(mg/l)								
				K	Ca	Mg	NO_3-N	SO_4	Cl	Pb	Zn	Cu	Cr	Na	Fe
미탄 폐광 용출수	7.7	0.107	0.03	0.60	9.21	2.17	1.08	11.2	7.8	0.33	0.03	ND	ND	0.18	3.44
삼척 탄좌 용출수	6.5	_	_	_	_	_	_	428.5	_	ND	0.53	0.03	0.01	_	16.30
동원 탄좌 용출수	3.7	_	_	_	_	_	_	593.0	_	ND	0.95	0.08	0.01	_	24.50

2) 야냉육묘시스템 모델설정

폐광의 지리적 여건등을 고려하여, 폐광구에서 50m정도 떨어진 폐석장부지에 야냉육묘시설을 설치키로 하였다(사진 1). 기술적, 경제적인 문제등을 고려하여 단동 파이프하우스 형태의 최종 시스템 모델을 설정하였다. 갱내의 냉기(12℃ 전후)를 효율적으로 활용하기 위하여 갱내 30m깊이 까지 송풍관을 인입하고, 갱구부터 육묘시설까지의 냉기유입은 직경500mm의 주름관을 1m 깊이로 지하 매설하였다. 또한 묘의 입고와 출고를 용이하게 하기위해 호차와 레일을 이용한 이동벤치형으로 설계하였다(그림 8, 사진 10).

3)기본설계도 작성 및 시공

설정된 모델을 토대로 기본 설계도를 작성하고 육묘시설을 제작, 6월 20일 시공 완료하였다(사진 2, 3, 4). 육묘시설의 투시도, 평면도, 측면도를 그림 9, 10, 11에 각각 나타냈다.

제2절 냉방시스템 제작 및 시설내 온도 조사

1. 문헌 조사 결과

유럽의 네덜란드, 영국, 미국의 클리블랜드, 오스틴 등지의 온실 지대는 여름철에 매우 서늘하므로 냉방할 필요성이 없으나, 우리 나라의 여름철 기후는 매우 더우므로 식물의 생육에 적절한 온실의 냉방은 필수적이다. 그러나 완전 냉방장치인 냉방기의 설치는 가동 비용이 크므로 경제성이 큰 문제로 고려되고 있다. 미국의 탄전 지대에서는 오래 전부터 폐광의 냉기를 이용한 여름철 온실의 냉방에 대한 연구가 행해졌다.

Walker 외 3인(1976)은 폐광의 냉기를 이용한 온실의 냉방은 매우 경제적일 뿐 아니라, 식물 생육에 필요한 온도로 온실의 기온을 낮추기 위한 냉기의 이용은 기계적인 수단을 이용한 환기장치에 비해 훨씬 효율적이었음을 보였다.

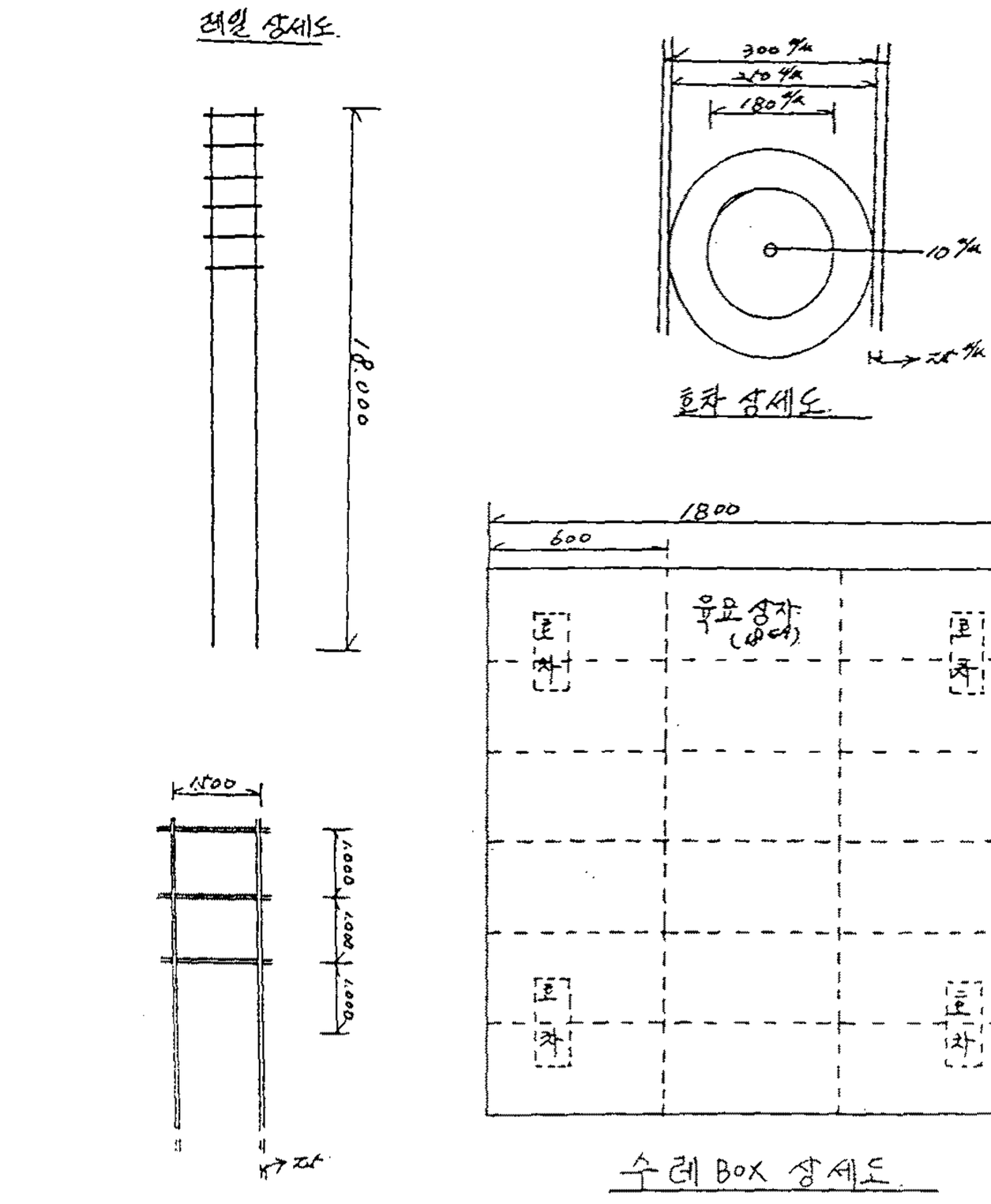

그림 8. 이동벤치용 호차 레일 시공 상세도

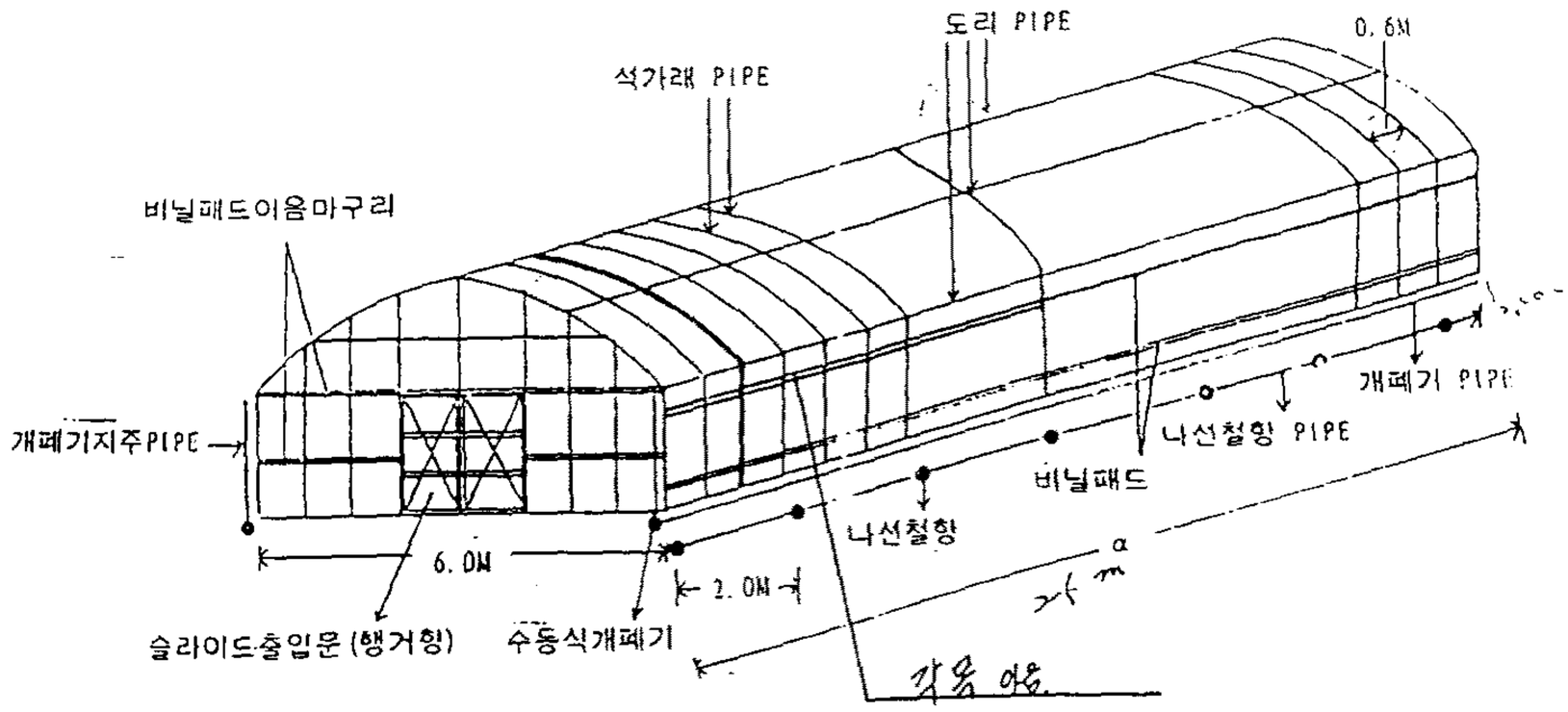

그림 9. 간이 야냉육묘 시설 투시도

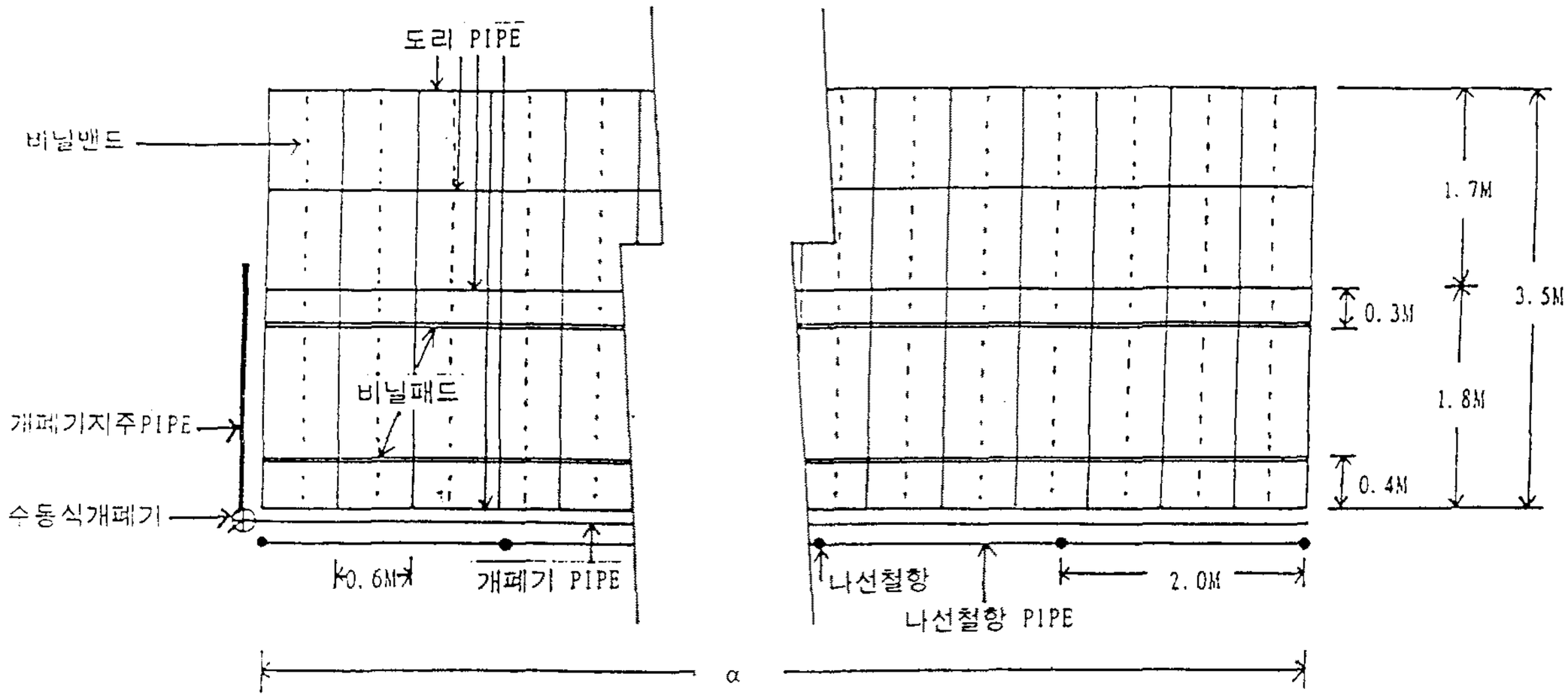

그림. 10. 간이 야냉 육묘시설 측면도

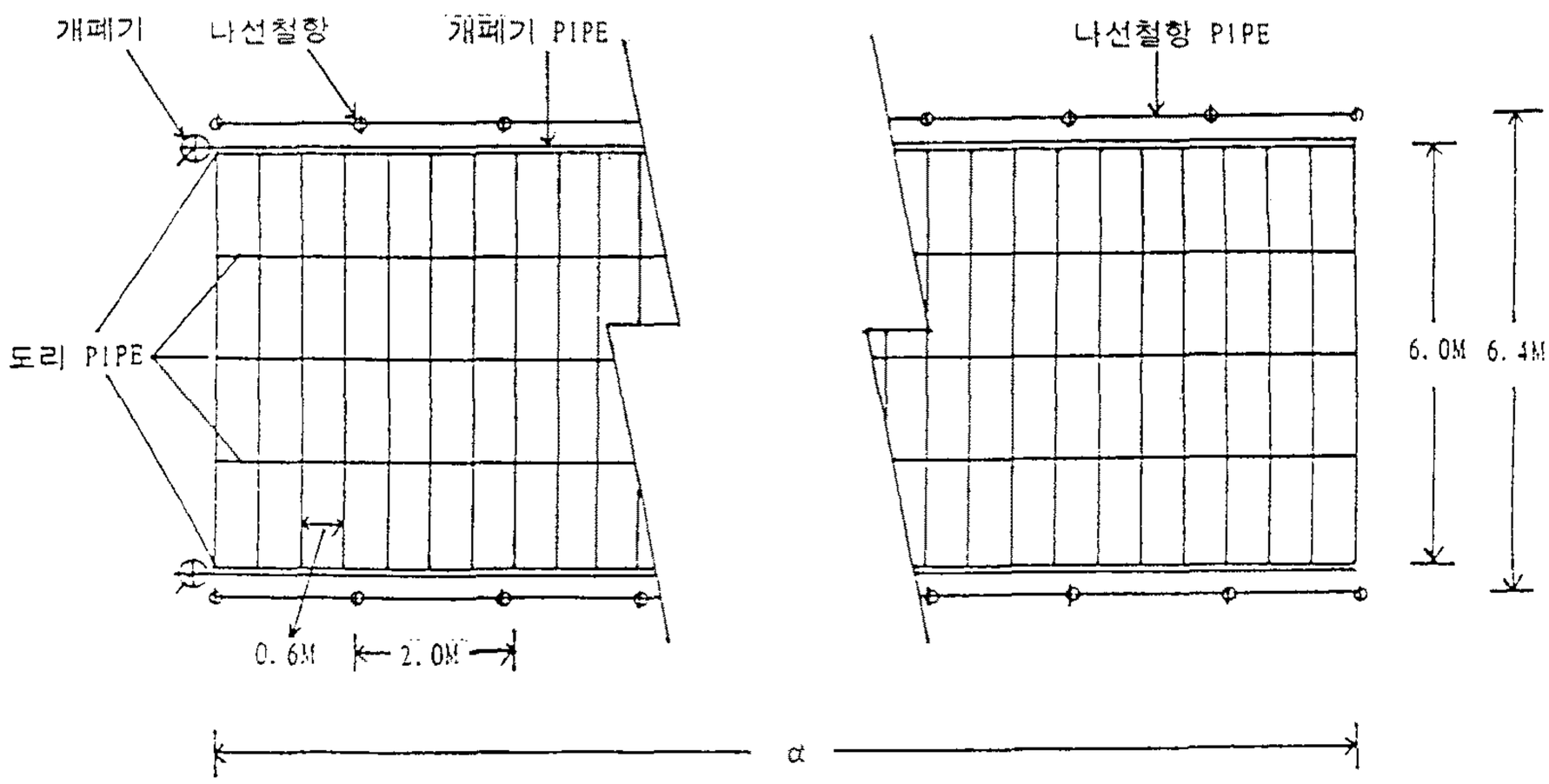

그림 11. 간이 야냉육묘 시설 평면도

현재 많이 응용되고 있는 간이 온실 냉방 방법은 pad를 사용하는 기화 냉각장치, 미스트 냉각장치, 지중에 관을 사용하는 열교환기, radiator를 사용한 열교환기 및 자연 환기팬에 의한 냉각법이 널리 응용되고 있다.

기화 냉각(pad 냉각) 방법은 실내에 들어오는 공기에 수분을 함유시켜 실내의 기화열을 빼앗아, 온실의 온도를 냉각시키는 방식으로 미국의 습도가 낮은 중남부 지역에서 많이 사용되고 있다. Buffigton(1983)은 Florida에서의 연구기간인 10년 동안 대기 온도가 6595시간 29.4℃를 초과했으나, 75% 효율의 기화 냉각 장치를 설비한 시설에 있어는 단지 2시간만 29.4℃를 초과했음을 보였다. 기화 냉각 방법에 사용되는 냉각 pad는 사용 재질에 따라 여러 종류로 구분되며, 현재 한국에서는 수입에 의존하는 실정이다. 냉각 pad로 가장 많이 쓰이고 있는 재료는 섬유 종이이며, 이러한 섬유 종이로된 pad의 사용은 효과적으로 증발냉각을 촉진시키며 온실, 축사, 계사, 저장 시설 및 산업용 창고등 여러 시설에 유용하게 이용되고 있다. 이러한 상업적 구입이 가능한 냉각 pad의 성능은 pad를 지나는 공기의 속도 또는 압력과 큰 상관관계가 있으며, Koca등 2인(1991)은 냉각 pad에 대한 성능 평가 실험을 수행하였다. 그들의 실험 결과는 상업적으로 구입 가능한 45°- 45°의 냉각 pad는 보통의 공기속도하에서 73 - 90%였고, 15cm(6 in.)의 45°- 45° pad는 15cm(6in.)의 30°- 30° pad 보다 효율면에서 3-10% 높았음을 보였다. 열로 인한 동물의 스트레스는 축사에 냉각장치를 설치함으로써 감소될 수 있는 것으로 알려져 있다 (Nelson et al., 1972). 기화냉각 방법은 온실의 냉각뿐만 아니라 여름 동안 무더위에 의한 동물의 스트레스를 줄이기 위해 축사의 냉각 시스템에 널리 적용되고 있다. 축사에서의 기화냉각과 적하냉각(dripping cooling)의 냉각 효과 비교에 대한 실험이 Harp와 Huhnke(1991)에 의해 행해졌으며, 동물의 호흡율은 냉각 방법에 따라 큰 차이를 보였으나 동물의 무게 변화는 냉각 방법에 따라 차이를 보이지 않았다. 또한 McNeill et al. (1993)은 축사에서의 기화냉각 장치의 효율에 대

한 실험을 수행하였으며, 그들은 기화냉각 방법은 축사의 기온을 낮추는데 매우 효과적이었음을 보였다.

미스트 냉각 방법은 온실 벽에 설치한 분무실의 물을 고압의 노즐에 의해 50-100μ정도의 가는 안개를 온실 속에 불어넣어 공기로부터 기화열을 빼앗아 온실을 냉각시키는 방법이다. 미스트 냉각 시스템을 갖춘 환경적 제어가 가능한 시설에 대한 분석이 Bottcher외 3인(1991)에 의해 행해졌었다. 그러나, 미스트 냉각에 있어 미스트되어지는 물은 외부의 습구온도에서 보다 오히려 시설 내부의 알수 없는 습구온도에서 이루어지기 때문에 문제의 해석은 상당히 복잡하다. 그러므로 Gattes 외 2인(1991)은 미스트 시스템의 분석을 비선형 수치 최적화 문제로 다루었다. 냉각방법에 대한 성능을 비교함으로써 Gates외 4인(1991)은 미스트 냉각 시스템이 기화 냉각 방법과 거의 비슷한 성능을 지녔음을 보였다. 이러한 낮은 가격의 미스트 시스템은 기화 냉각 시스템의 대안으로 온실뿐만 아니라 축사의 냉각을 위한 냉각 장치로 널리 쓰여지고 있다.

온실 또는 축사의 냉방을 위한 지중 열 교환기의 사용에 대한 연구는 오래 전부터 시행되어져 왔으며, Scott외 2인(1965)은 지중 열 교환기로서 지중관(earth tube)의 성능에 대한 연구를 하였고 또한 상업용으로 축사에서의 이용 가능성을 분석하였다. 그러나 그들은 그 당시 상업적으로 지중관의 사용은 적당치 못한 것으로 결론을 내렸다. Walker와 Buxton(1977)은 온실의 난방 또는 냉방을 위한 지중관 사용의 유용성을 보고했었다. 그들의 연구 결과에 따르면 여름철에 이러한 지중관의 사용은 미국의 어느 지역이든지 온실 내의 높은 온도를 감소시키는데 효과적이었다. 또한 Ewen외 2인(1980)은 여름철 온실을 가동하는데 있어 단열에 의한 온도 상승의 억제 효과가 지상의 냉각된 공기를 직접 사용하므로써 얻어질 수 있음을 발견했다. Cramer와 Kammel(1980)은 돼지 축사를 냉방시키는데 있어 공기를 방습 및 냉각시키기 위해 지중에 공기관을 사용하므로써 배기 형태의 환기 장치를 설비하였으며, 그들은 이러한 시스템이

유입 공기를 냉각시키는데 있어 매우 효과적이며, 내부의 환경을 조절하는데 있어 적절한 냉각 효과를 주었음을 보고하였다. Puri(1986)는 냉방을 위한 지중관의 수행 능력을 유한요소법을 사용함으로써 지중관의 여러 작동 변수를 이론적으로 조사하였다.

밀폐된 공간의 에너지 및 질량 평형에 있어서 내부와 외부 공기의 환기에 기인한 에너지 및 질량 전달은 매우 중요한 역할을 한다. 또한 내부의 공기 온도, 상대습도 및 공기의 구성 성분과 같은 물리적 특성은 환기에 의해 직접적으로 영향을 받는다. 온실의 환기는 항상 내부 공기의 방습과 냉각을 목적으로 하고 있으며, 에어컨디셔너는 이러한 목적을 성취하기 위해 고안되어진 장치다. 또한 내부 열에너지의 전달을 위해 잘 고안된 장치는 열 교환기이다. 열 전달 표면을 통해 냉기는 더운 공기에 의해 방출된 열을 흡수하며, 열전달 표면적의 면적당 온기에 의해 방출된 열량은 열전달 계수에 달려 있다. 열교환기에 있어서 열전달율을 증가시키기 위한 몇 가지 기술이 있다. 즉, 열전달 면적이 크면 클수록 전체적인 열전달량은 증가하고 또한 열전달 계수의 크기는 항상 바람의 속도에 따라 다르고 난류는 이러한 열전달 계수의 크기를 증가시킨다.

온실 및 축사의 냉방을 위한 지중의 열 교환기뿐만 아니라 지상에 설치된 열 교환기에 대한 연구가 현재 활발히 진행되고 있다. 열 교환기에 대한 연구는 주로 공기-공기 열 교환 장치에 대해 수행되어지고 있으나, 몇몇 연구자들은 공기-액체 열 교환 장치에 대한 연구를 수행하고 있다. Bergstron과 Walker(1987)는 열 교환기 입구와 출구에서 공기의 혼합에 의한 문제점을 줄이고 또한 열 교환 표면적을 피하기 위해 공기와 액체가 직접적으로 접촉하게 하기 위해 열 전달 매체로 기름을 사용하였다. 그들의 실험 결과에 의하면 열 회수 효율은 0.34-0.5 범위였으며, 시스템 수행 능력은 기름의 유량에는 무관계한 것으로 나타났다. Moysey와 Wilson(1980)은 상업적으로 냉각 탑으로서 알려진 낮은 충전탑과 분사실에 용제를 사용하여 만족스런 열전달율을 얻었지만, 특히

공기와 액체의 열용량비가 2를 초과하지 않는다면 공기와 액체가 평행 상태로 흐르는 곳에서 열전달이 효과적임을 알았다. Overhutts와 Fehr(1987)은 높은 열 전달 효과를 주는 저 가격의 자동차용 라디에이터에 대한 냉각장치로서의 이용 가능성에 대한 연구를 수행하였으며, 그들은 열 손실의 40-50%가 공기-액체-공기 열교환 장치를 사용함으로써 다시 회복될 수 있음을 발견했다. Clanton외 2인(1990)은 액체-공기 열교환기에 대한 연구를 수행하였으며, 입구의 공기와 액체의 온도 및 공기와 액체의 유량율의 함수로서 열 교환기의 성능, 열전달 계수, 열전달율을 예측하기 위한 함수 관계를 얻었다.

2. 온실내의 열전달 이론

(1) 전도 열전달에 의한 온실로부터의 열손실

$Q_c=UA(T_i-T_o)$

여기서, Q_c=총 전도 열전달(W)

U=열관류 계수($W/m^2℃$)

A=열전달 면적(m^2)

T_i=내부 온도(℃)

T_o=외부 온도(℃)

○ 온실의 지붕 재료에 따른 총열전달계수 값

온실 지붕의 자재	열관류 계수 (U) ($W/m^2.K$)
한겹의 유리 (밀폐)	6.3
한겹의 플라스틱	6.8
한겹의 섬유유리	6.8
이중 플라스틱, 폴리에틸렌	4.0
강화된 이중벽 아크릴	3.0
이중 유리 (밀폐)	3.0

유리 위에 덧붙인 이중 플라스틱	3.0
한겹의 유리 + 차광막	3.0
이중 플라스틱 + 차광막	2.5
이중 플라스틱 + 폴리스틸렌 펠렛*	0.3

* 이중 플라스틱 유리 사이에 끼워진 130mm의 폴리스틸렌 펠렛

(2) 공기 침투에 의한 열손실

$Q_i=0.5VN(T_i-T_o)$

여기서, Q_i=공기 침투에 의한 열손실(W)

V=온실 체적(m^3)

N=시간당 공기 교환 횟수

T_i=내부 온도(℃)

T_o=외부 온도(℃)

ㅇ 온실의 공기 교환

시 설	시간당 공기 교환의 수
시설, 유리 또는 섬유유리	0.75 - 1.5*
신 시설, 이중의 플라스틱 필름	0.5 - 1.0
구 시설, 유리 (양호한 상태)	1 - 2
구 시설, 유리 (불량한 상태)	2 - 4

*낮은 속도의 바람 또는 바람으로부터의 보호는 공기 교환율을 감소시킬 수 있다.

(3) 총열손실량

$Q=Q_C+Q_I$

여기서, Q=총열손실(W)

(4) 폐광의 냉기로 부터의 공급량 결정

$$Q_V = \frac{60nV}{v}(h_m-h_i)$$

여기서, Q_V =냉기로부터 열손실(W)

n=분당 환기율

v=냉기중 수분의 체적(m^3)

h_m=온실로 유입되는 냉기의 엔탈피(J/Kg·K)

h_i=온실을 떠나는 냉기의 엔탈피(J/Kg·K)

온실로부터의 총열손실 = 냉기에 의해 공급되는 총열량

$Q = Q_V$

즉, $UA(T_i-T_o)+0.5VN(T_i-T_o)=\frac{60nV}{v}$

(5) 열교환기의 열전달 해석

$Q = U_mA_tF\Delta T_m$

여기서, Q=총열전달률(W)

U_m=평균 열관류 계수(m^2℃/W)

A_t=총열전달면적(m^2)

F=수정계수

ΔT_m=대수평균온도차(LMTD,℃)

$$\Delta T_m(LMTD) = \{(T_{h1}-T_{c2})-(T_{h1}-T_{c1})\} / \{\ln(T_{h2}-T_{c2})/(T_{h1}-T_{c1})\}$$

여기서, T=온도(℃)

h=뜨거운 면

c=차가운 면

1=입구

2=출구

(6) 열교환기의 성능결정

$$\varepsilon = (T_{u1} - T_{h2}) / (T_{h1} - T_{c1}) \quad \text{when } C_h = C_{min}$$

$$\varepsilon = (T_{c2} - T_{c1}) / (T_{h1} - T_{c1}) \quad \text{when } C_c = C_{min}$$

여기서, ε=열교환기의 유용도

C_h=뜨거운 유체의 열용량(W/℃)

C_c=차가운 유체의 열용량(W/℃)

C_{min}=C_h와 C_C중 작은 쪽

○ 열교환기 유용도, NTU = UA/C_{min}, C = C_{min}/C_{max}

흐 름 배 열	ε 공 식
평 행 류	$\varepsilon = \{ 1-\exp[-(NTU)*(1+C)] \} / (1+C)$
대 향 류	$\varepsilon = \{ 1-\exp[-(NTU)*(1-C)] \} / \{ 1-C*\exp[-(NTU)*(1-C)] \}$
직교류: 양쪽 유체 비혼합, 근사식이다.	$\varepsilon = 1 - \exp\{1/C*(NTU)^{0.22} *[\exp(-C*(NTU)^{0.78})-1]\}$

2. 냉방시스템 개발 및 온도환경 검토

(1) 소형 radiator에 의한 냉각

소형의 radiator 냉각 장치를 사용한 주간 및 야간의 온실 냉각 실험 결과가 각각 그림 12 및 그림 13에 보여지고 있다. 주간의 외기 및 냉각 시설이 없는 육묘실의 온도는 25 - 35℃ 범위에 있었으며, 야간에는 25 - 28℃ 범위에 있었다. 라디에이터로부터 유출되는 냉수의 온도는 주간에 약 13℃ 야간에 약 14℃ 였다. 라디에이터를 통과하기 전 공기의 온도는 주간 및 야간에 약 22℃ 였으며, 라디에이터를 통과한 후 공기의 온도는 주간에 약 18 - 19℃ 야간에 약 17 - 18℃로 냉각되었다. 이러한 공기의 온도 감소는 라디에이터를 지나는 냉수에 의한 온실 내 공기의 열손실에 기인하며 주간의 온실내 지상 0.3m 또는 2.3m에서 기온은 외기 온도에 비해 5 - 15℃ 정도 낮아진 21 - 23℃ 범위에 있었다.

(2) 냉각 Pad를 사용한 증발냉각

냉각 패드를 사용한 증발냉각 장치가 가동되는 동안 주간 및 야간의 온실 냉각 실험 결과가 각각 그림 14 및 그림 15에 주어져 있다. 주간의 외기 및 냉각 시설이 없는 육묘실의 온도는 25 - 33℃ 범위에 있었으며, 야간에는 20 - 30℃ 범위에서 있었다. 냉각 패드로부터 유출되는 냉수의 온도는 주간에 약 15℃ 야간에 약 13 - 14℃ 였다. 냉각 패드를 통과하기 전 공기의 온도는 주간 및 야간에 약 22℃ 였으며, 냉각 패드를 통과한 후 공기의 온도는 주간 및 야간에 약 17 - 18℃로 냉각되었다. 이러한 공기의 온도 감소는 냉각 패드를 지나는 냉수의 증발에 필요한 증발열을 온실 내 공기로부터 빼앗기 때문이며 주간의 온실내 지상 0.3m 또는 2.3m에서 기온은 외기 온도에 비해 5 - 10℃ 정도 낮아진 22 - 23℃ 범위에 있었다.

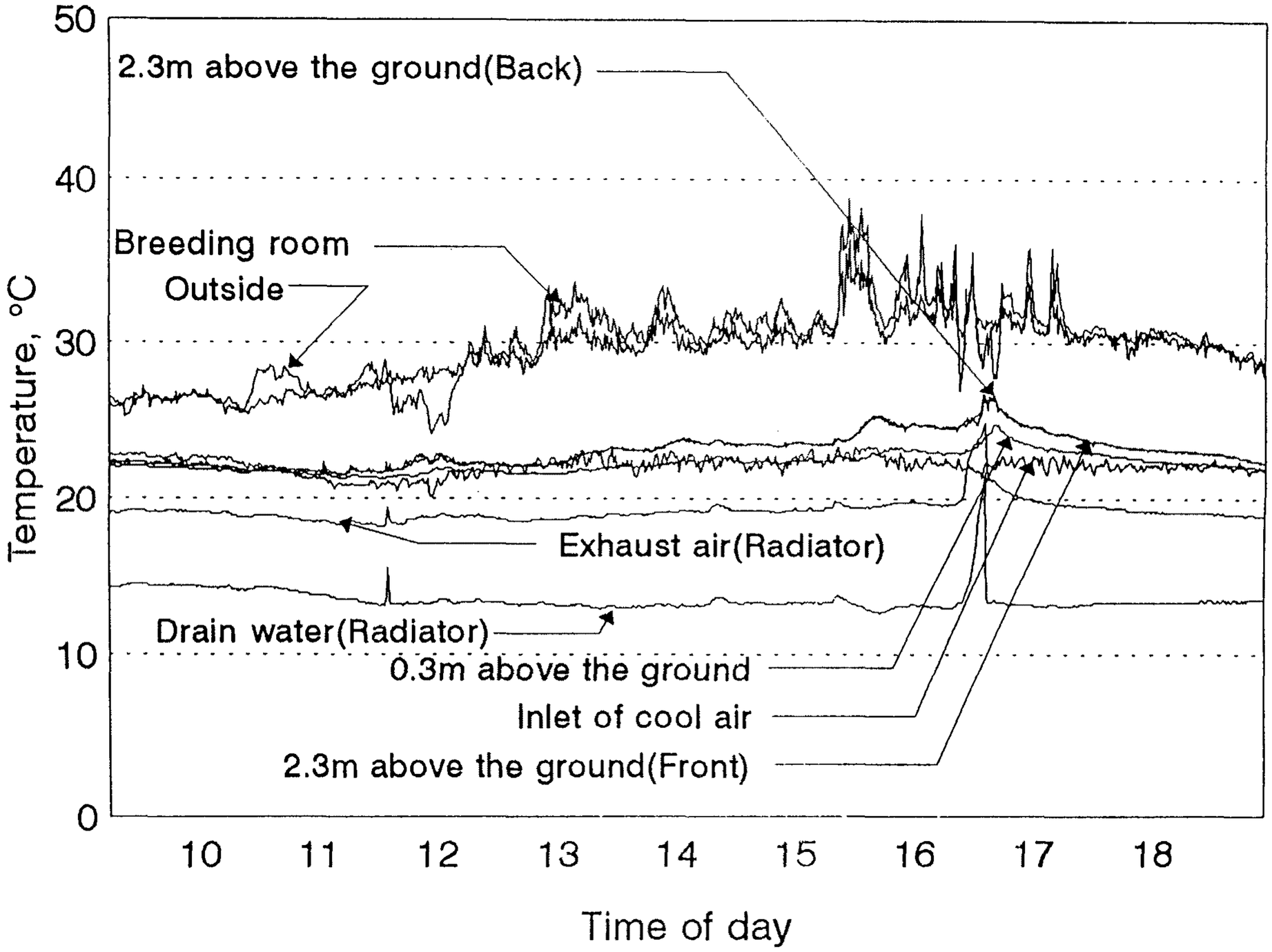

그림 12 소형 라디에이터의 가동 동안 단열 온실 내의 온도 변화 (AM 9:15 - PM 10:00)

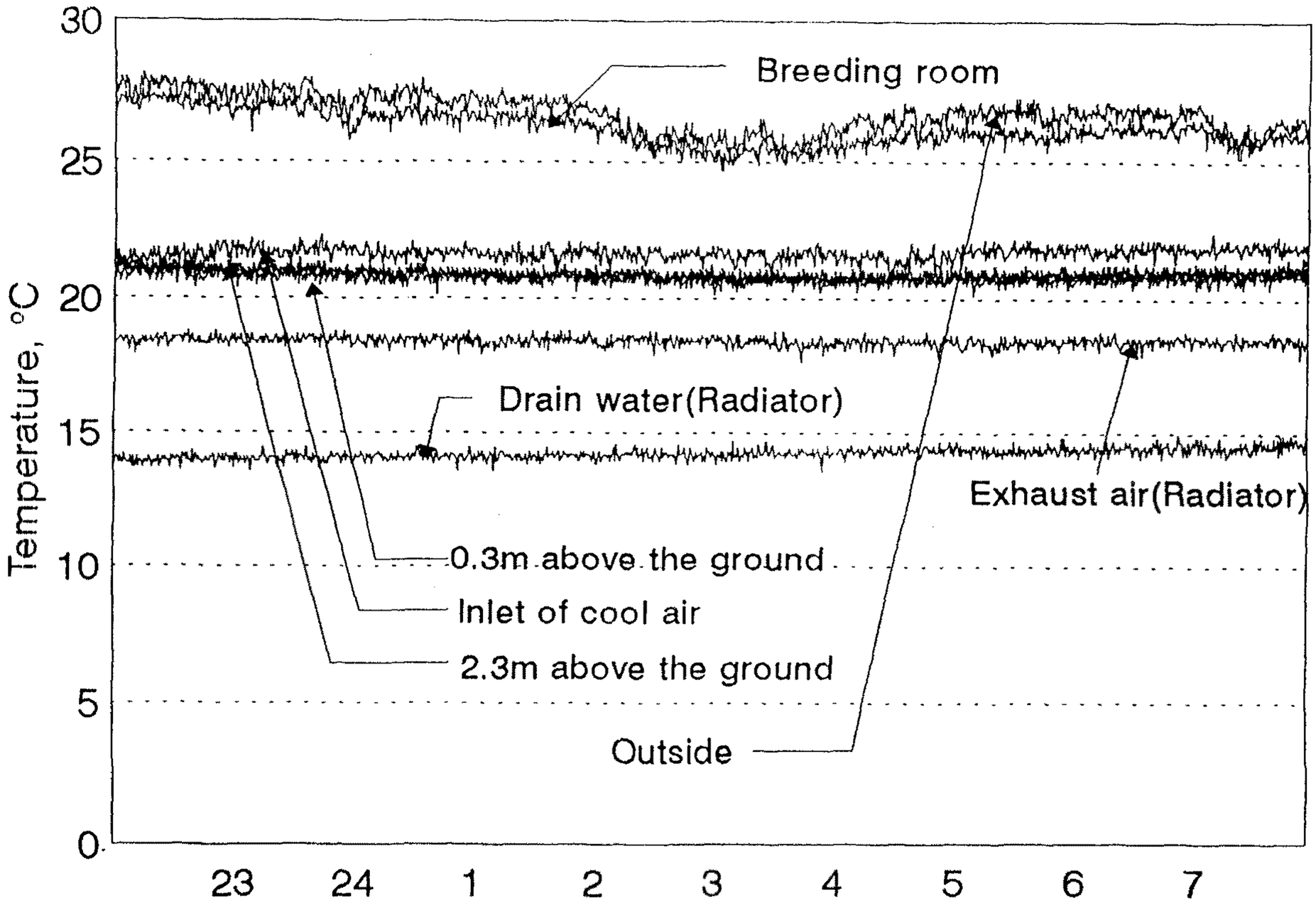

그림 13 소형 라디에이터의 가동 동안 단열 온실 내의 온도 변화 (PM 10:00 - AM 9:25)

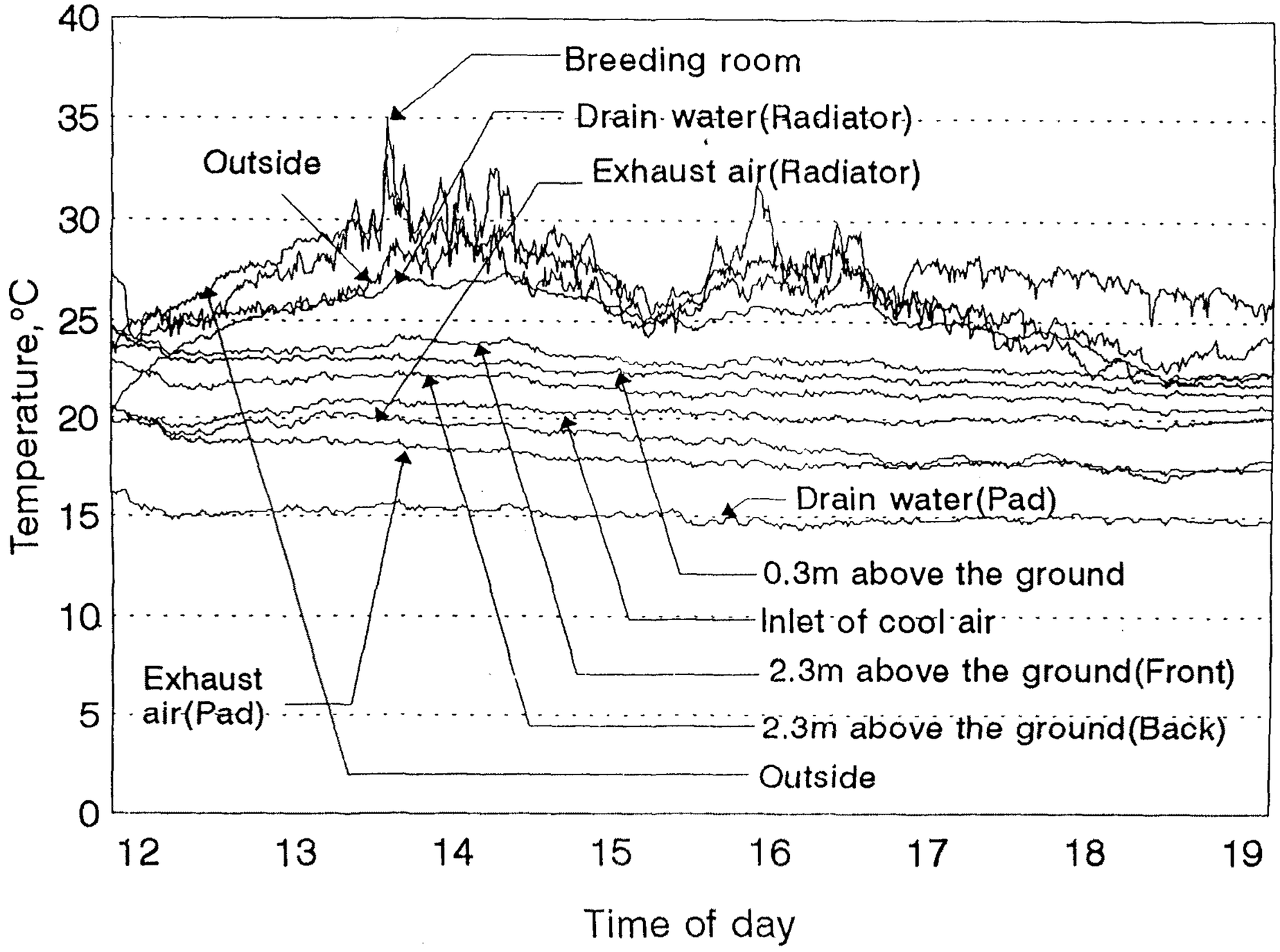

그림 14 냉각 패드를 사용한 증발 냉각장치의 가동 동안 단열 온실 내의 온도변화 (AM 11:49 - PM 7:10)

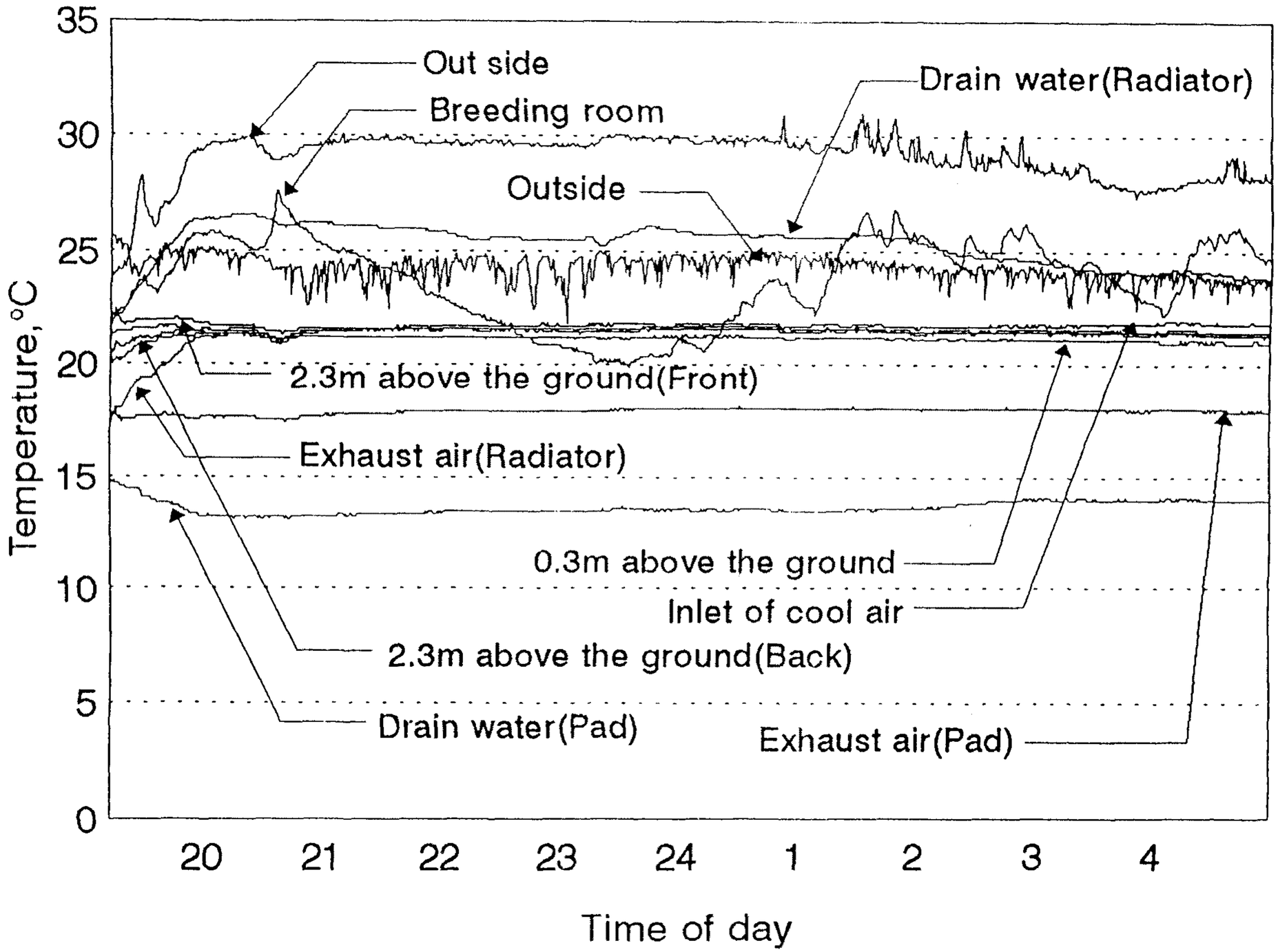

그림 15 냉각 패드를 사용한 증발 냉각장치의 가동 동안 단열 온실 내의 온도변화 (PM 7:13 - AM 11:25)

(3) 폐광의 냉기를 사용한 냉각

폐광의 냉기만을 사용하여 온실을 냉방시키는 경우의 시간에 따른 온실내 온도 변화에 대한 결과가 그림 16에 주어져 있다. 주간의 외기 온도는 25 - 30℃ 범위에 있었으며, 야간에는 18 - 22℃ 범위에 있었다. 주간의 육묘실 온도는 30 - 40℃로 태양의 복사열로 인하여 외기 온도에 비해 높은 온도 분포를 보였다. 주간에 있어 온실 내의 지상으로부터 0.3m 인 곳에서의 온도 분포는 자연대류로 인하여 지상으로부터 2.3m 인 곳에서의 온도에 비해 2 - 4℃ 정도 낮았으며, 야간에는 온실 내의 지상으로부터의 높이에 영향을 받지 않았다. 또한 실험 결과에 의하면 주간에는 냉기에 의해 온실이 4 - 6℃ 정도 냉각되었으나 야간에는 냉기에 의한 냉각 효과가 작은 것으로 나타났으며, 이러한 이유는 온실 내로 유입되는 냉기의 온도와 온실 내의 온도 차이가 작으므로 냉기에 의한 온실의 냉각 효과가 저하되었기 때문인 것으로 사료된다.

(4) 소형 Radiator, 냉기 및 냉각 pad를 동시에 사용한 냉각

소형의 radiator, 폐광의 냉기 및 냉각 pad 장치를 사용한 온실의 주간 및 야간의 냉각 실험 결과가 각각 그림 17및 18에 보여지고 있다. 외기의 온도와 냉각장치가 없는 육묘실(breeding room) 내부의 온도는 25 - 28℃의 범위에서 변화하였다. 온실 내의 지면 위 0.3, 2.3, 2.3m에서 측정된 온도는 약 20℃에서 거의 비슷한 온도 분포를 나타내고 있으며, 냉각장치에 의한 온실 내의 온도는 외기와 육묘실에 비교할 때 온도 5 - 8℃가 냉각되어졌다. 소형 radiator와 pad 출구에서의 공기의 온도는 약 17-18℃로 입구 온도 20-21℃와 비교할 때 약 3℃의 온도 저하 효과를 나타냈다. Pad와 Radiator 출구의 물의 온도는 13-15℃로 약 12.5℃의 입구 온도와 비교할 때 0.5-2.5℃의 물의 온도 상승에 해당하는 열을 온실 내의 공기로부터 빼앗으므로써 온실을 냉각시켰다.

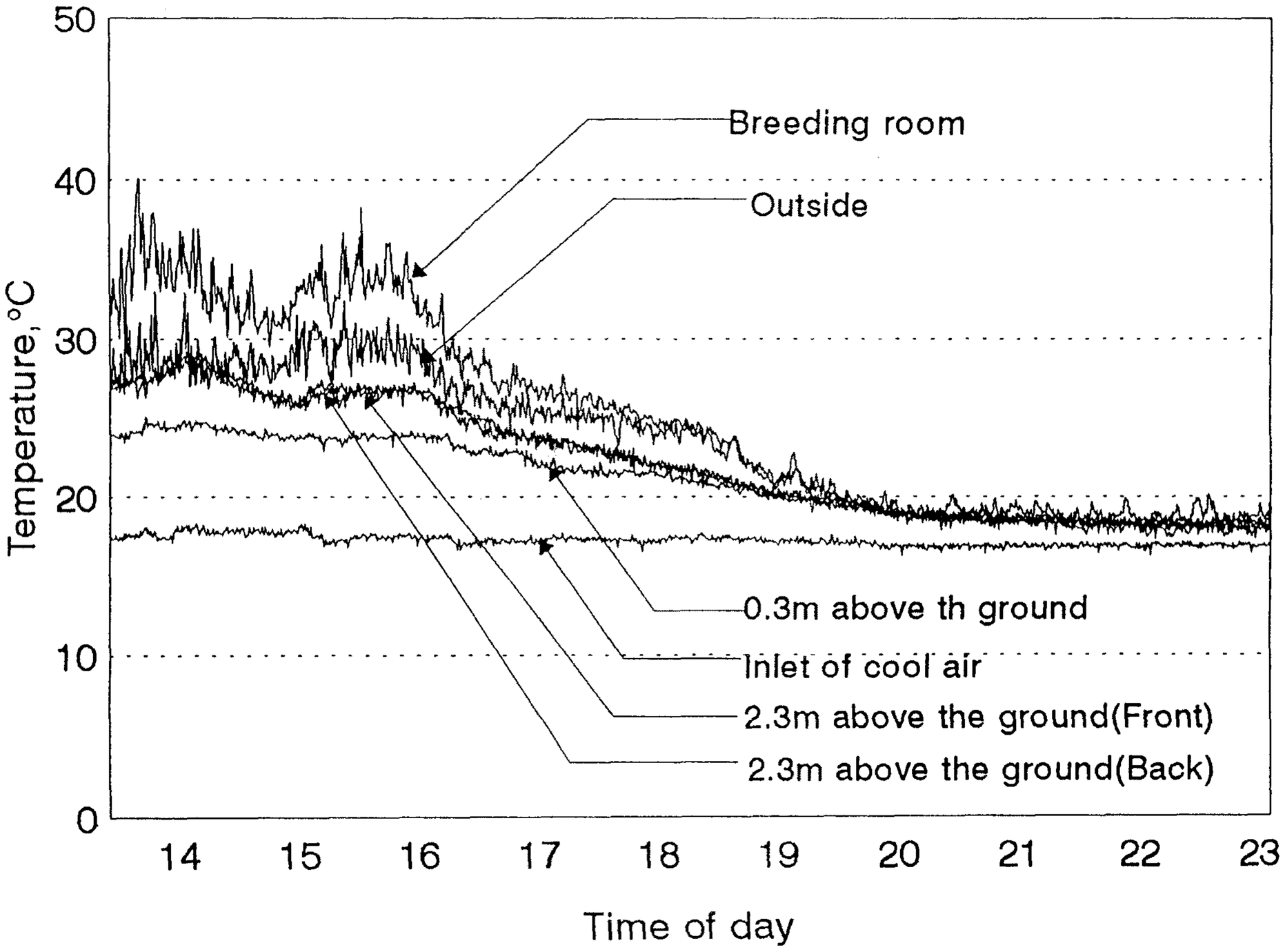

그림 16 냉기 송풍 장치의 가동 동안 단열 온실 내의 온도 변화 (PM 1:35 - AM 9:05)

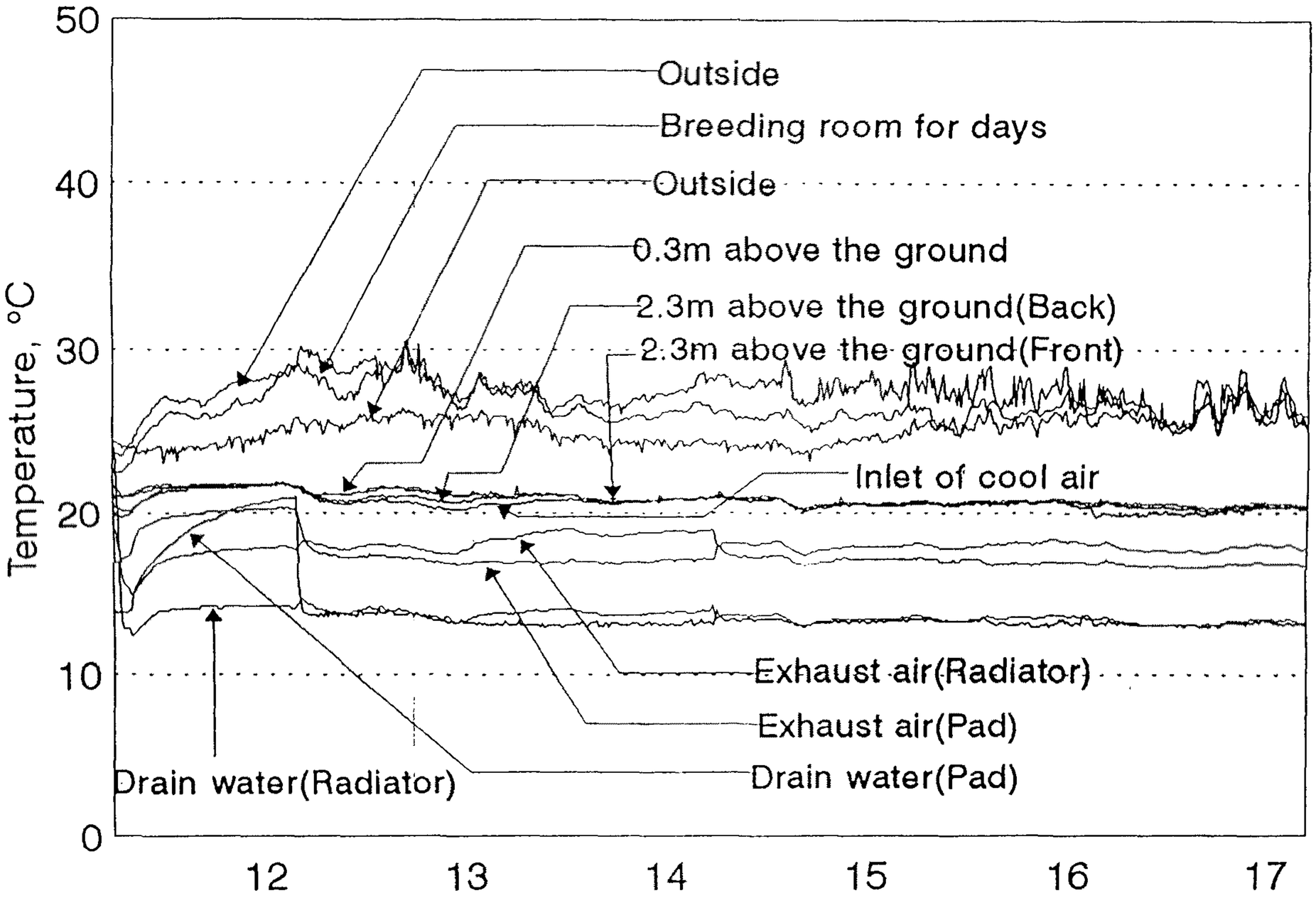

그림 17 소형 라디에이터, 냉각 패드 및 냉기 송풍 장치의 동시 가동 동안 단열 온실 내의 온도 변화 (AM 11:25 - PM 5:22)

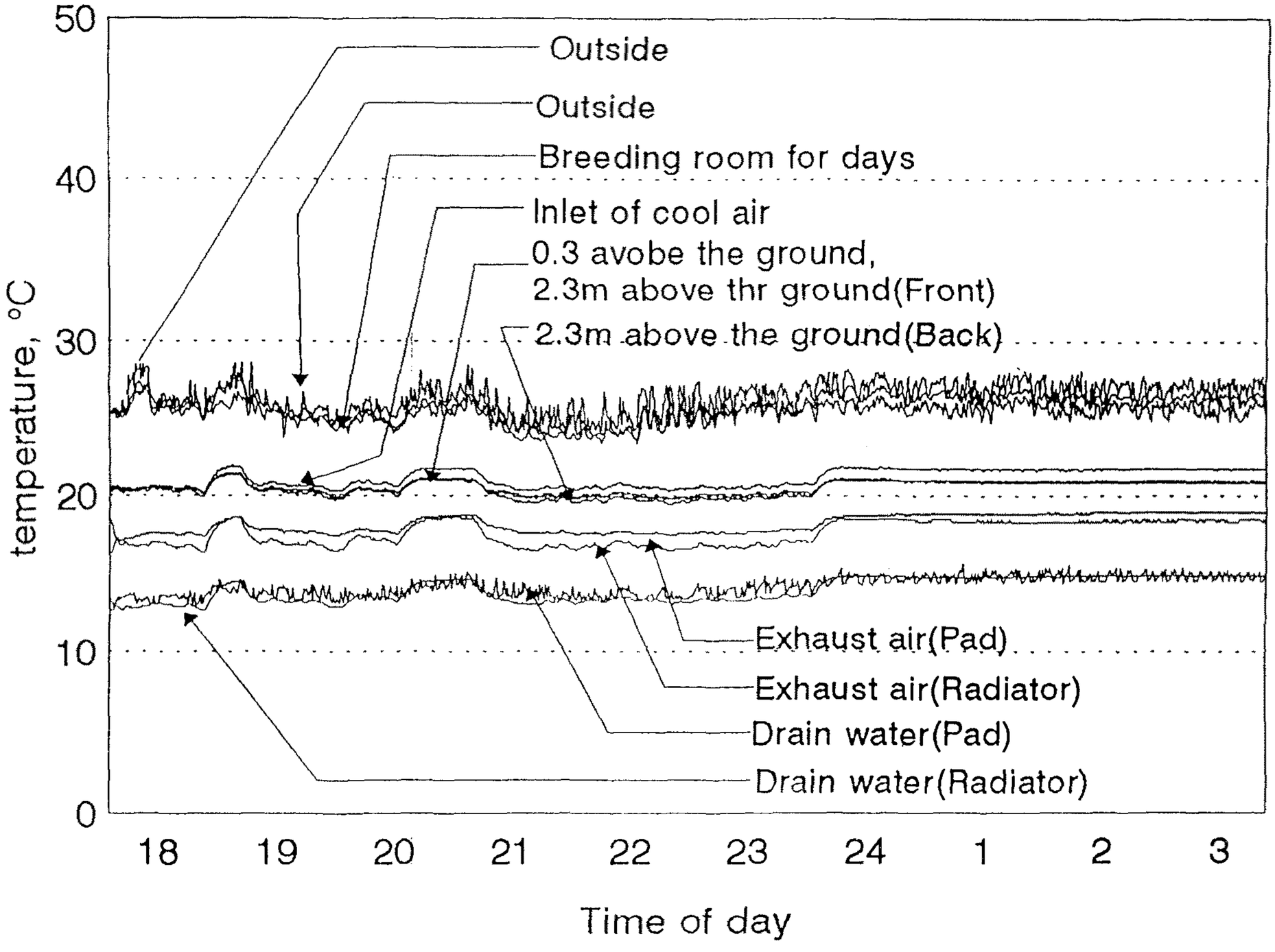

그림 18 소형 라디에이터, 냉각 패드 및 냉기 송풍 장치의 동시 가동 동안 단열 온실 내의 온도 변화 (PM 5:35 - AM 3:35)

(5) 대형 radiator를 사용한 냉각

그림 19, 21에 보여지는 것과 같이 주간의 외기 온도는 약 30°C로부터 37°C에서 변화하였으며, 그림 20과 22은 밤의 외기가 약 23°C로부터 26°C 까지 변화하였음을 보여주고 있다. 또한 냉각장치가 설치되지 않은 breeding room의 내부 공기 온도는 주간에는 외기의 온도에 비해 약간 높았으나, 반면 야간에는 온도가 오히려 외기 온도에 비해 낮았다. 이러한 외기 및 육묘실(breeding room)의 심한 온도의 일교차에 비해 냉각장치에 의해 냉각된 온실 내부의 공기 온도는 주간 및 야간에 따라 크게 변화하지 않았다. 지상으로부터 0.3m와 2.3m 위에서 측정된 온실 내부 공기의 온도는 각각 약 15 - 17°C와 14 - 15°C의 범위에 있었다. 이러한 대형 radiator 냉각장치를 사용은 주간의 외기 온도 또는 육묘실(breeding room)의 온도와 비교할 때 온실 내부의 온도를 적어도 약 15°C 정도 냉각시키는 결과를 가져왔다. 또한 야간에는 온실의 온도가 외기에 비해 적어도 약 8°C 정도 냉각되어졌다. 온실 내에서 radiator로 유입되는 공기의 온도는 약 20°C 였으며, radiator를 통과한 후 공기의 온도는 약 15°C로 약 5°C 정도 냉각되어졌다. 대체로 지상으로부터 2.3m 위에서 측정된 온실내 공기의 온도가 지상으로부터 0.3m 위에서 측정된 온실내 공기의 온도에 비해 2 - 3°C 정도 낮았으며, 이와 같은 결과는 Radiator 냉각장치가 온실의 윗 부분에 설치되어 있기 때문인 것으로 사료된다. 또한 8월 4일 오전 4:35에는 딸기 육묘가 온실 내로 옮겨졌으며, 육묘의 호흡열에 의한 온실의 온도 상승 효과는 매우 적은 것으로 나타났다.

온실의 냉각 효율면에서 여러 냉각 방법을 비교할 때 독립적으로 소형 라디에이터, 패드 냉각, 및 냉기를 사용한 냉각 방법은 거의 비슷한 결과를 가져왔으며, 여러 냉각 장치를 동시에 가동하였을 때는 독립적으로 개개의 냉각 장치를 가동할 때 보다 효율면에서 약간 좋았다. 그러나 대형 라디에이터를 독립적으로 사용할 때 온실의 냉각 효율은 다른 방법에 비하여 상당히 높았으며,

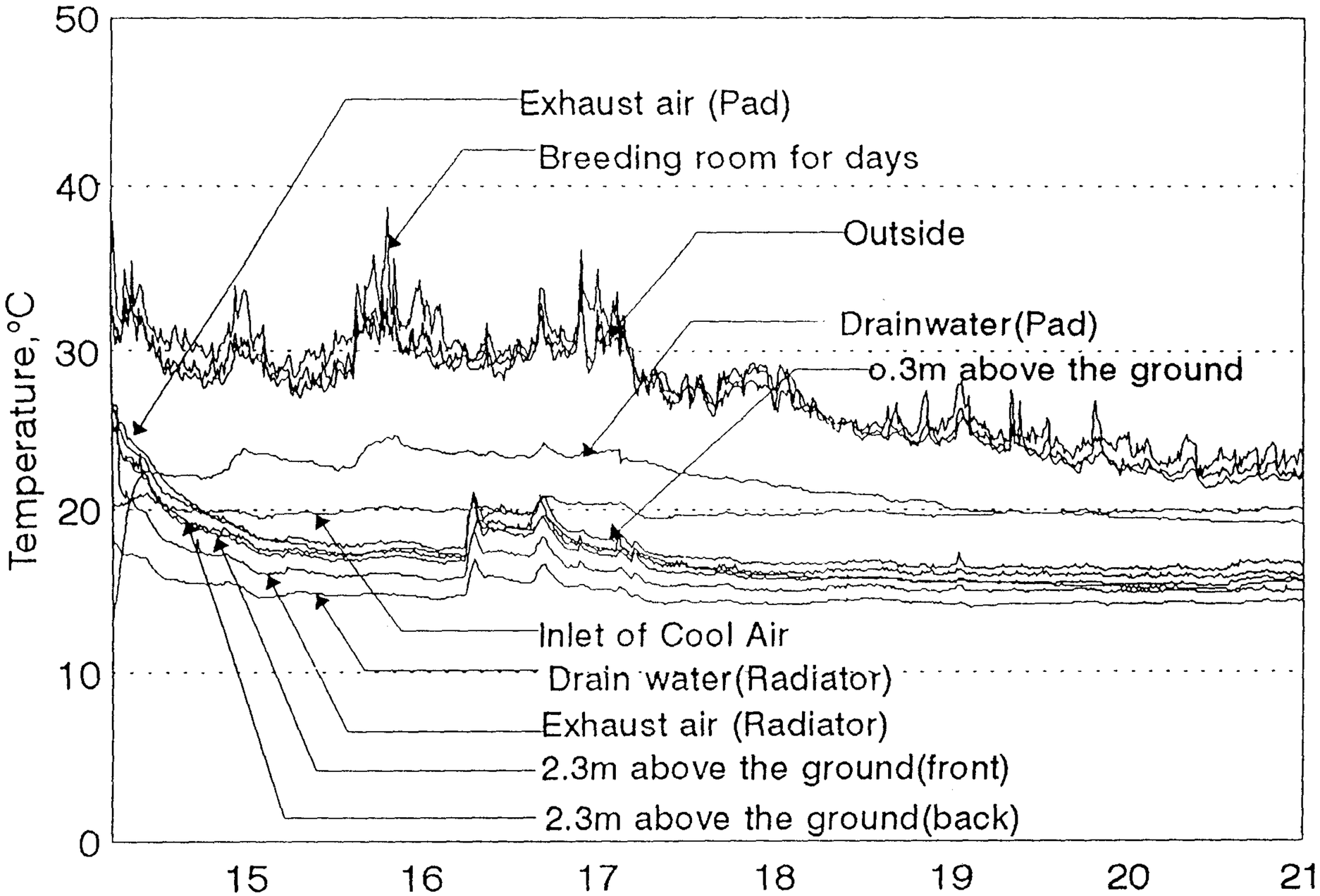

그림 19 대형 라디에이터의 가동 동안 단열 온실 내의 온도 변화 (PM 2:15 - PM 9:00)

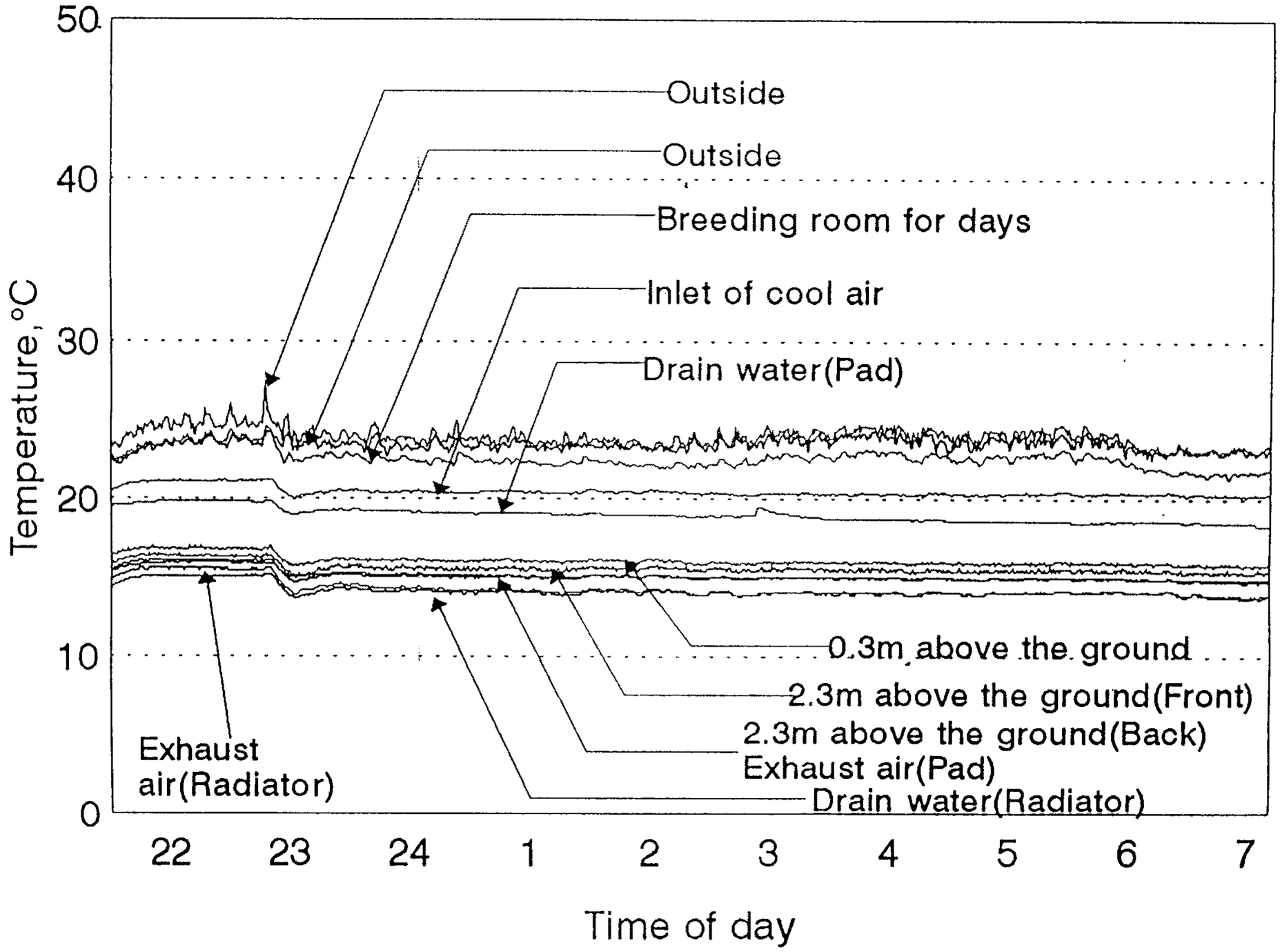

그림 20 대형 라디에이터의 가동 동안 단열 온실 내의 온도 변화 (PM 9:30 - AM 7:30)

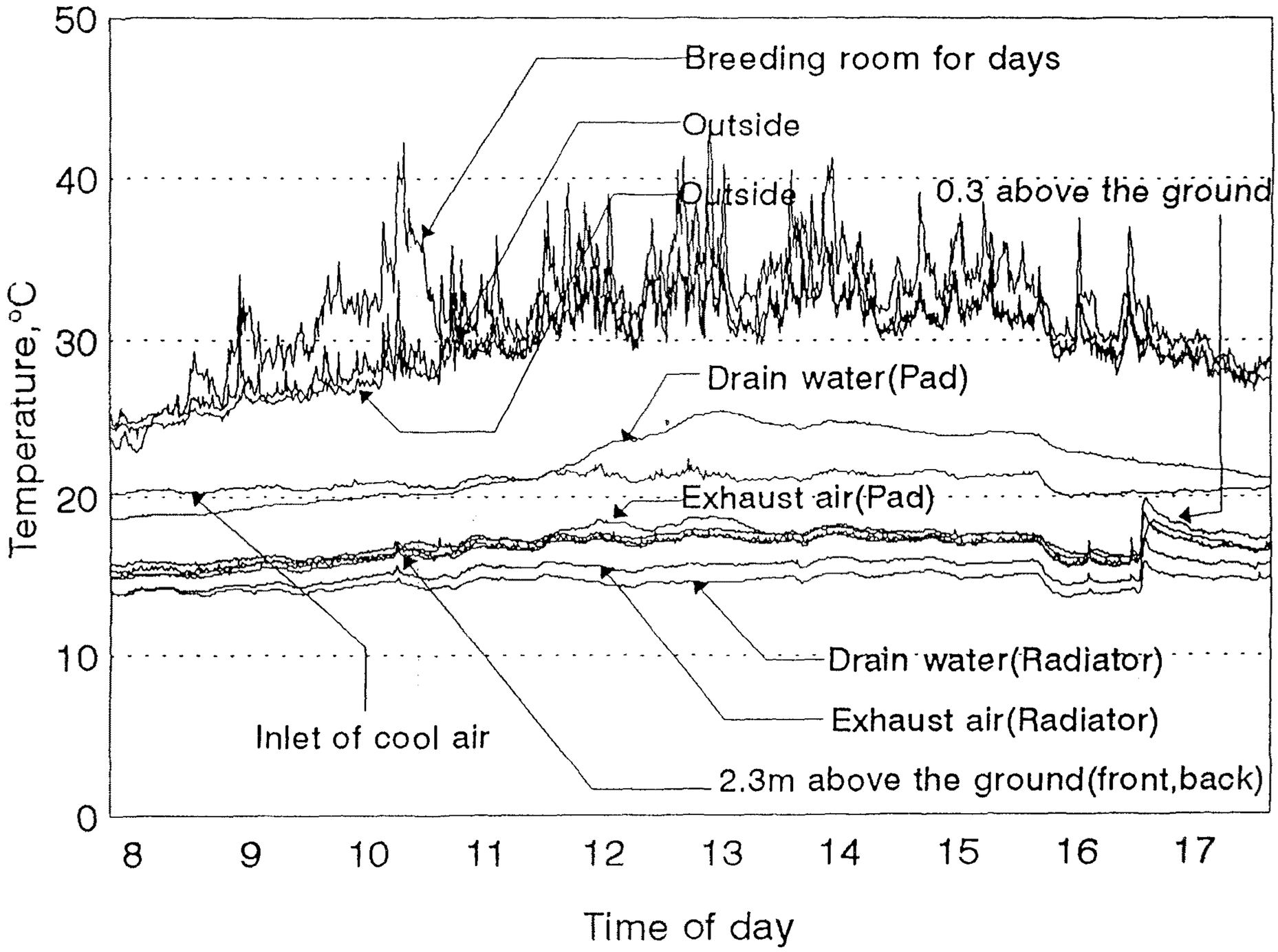

그림 21 대형 라디에이터의 가동 동안 단열 온실 내의 온도 변화 (AM 7:50 - PM 6:00)

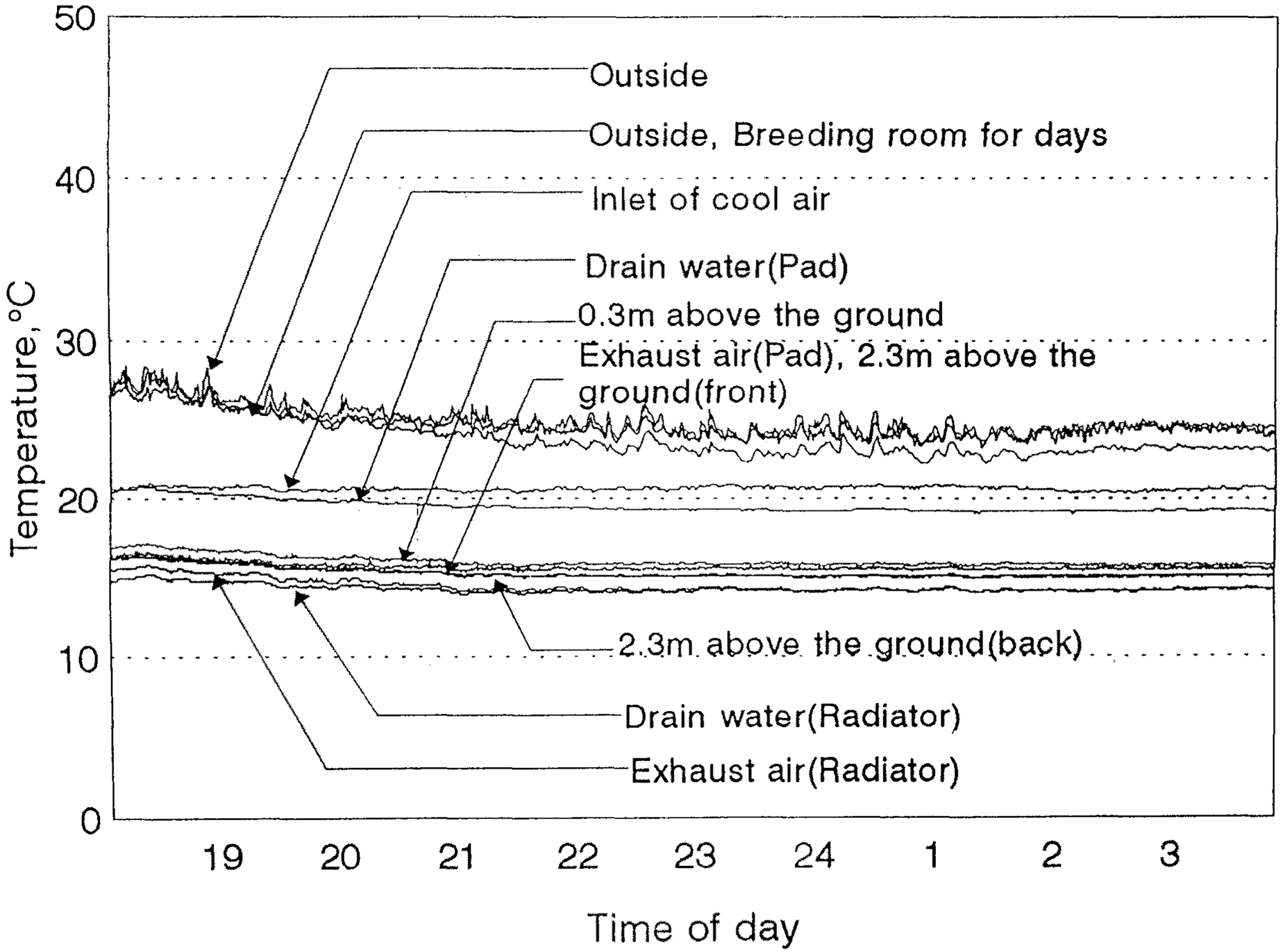

그림 22 대형 라디에이터의 가동 동안 단열 온실 내의 온도 변화 (PM 6:05 - AM 8:00)

주간 및 야간의 외기 온도가 23 - 37℃ 범위에 있을 때 온실 내부 공기의 온도는 약 14 - 17℃ 범위로 냉각되었다.

제3절 냉기활용 딸기 촉성육묘 기술확립

1. 채묘 및 런너양성

보교조생, 수홍, 여홍, 향미, 도요노까의 5품종 250주를 구입하여, 5월 10일 포장에 정식하여(사진 8), 7월 10일까지 2달 동안 런너를 양성하였다.

정식 60일후, 주당 평균 런너발생수가 8.8개로 런너발생율이 비교적 낮은 경향을 보였는데 이는 모주의 정식시기가 늦은데 기인하는 것으로 사료되었다.

품종간의 발생수는 보교조생이 9.6개로 가장 많았고, 그뒤를 수홍, 여홍순이었다(표 2). 향미와 도요노까는 주당 8.2개, 7.94개로 타 품종에 비해 1개이상 적었다.

표 2. 품종간 런너 발생율 (5월 10일 모주 정식)

	1 번 묘		2 번 묘		3 번 묘		총 발생수	
	6월 9일	7월10일	6월 9일	7월10일	6월 9일	7월10일	6월 9일	7월10일
보교조생	1.38	2.36	0.53	5.11	-	2.13	1.91	9.60
여 홍	1.36	2.58	0.31	5.16	-	1.47	1.67	9.20
향 미	1.24	2.62	0.36	4.84	-	0.73	1.60	8.20
수 홍	1.49	3.60	0.04	5.60	-	0.27	1.53	9.47
도요노까	1.23	2.58	0.13	4.39	-	0.97	1.35	7.94

2. 품종간 광합성 특성조사

○ 온도 및 광도에 따른 품종간 광합성 특성

딸기의 광합성 특성은 품종간에 다소 차이는 있지만, 커다란 차이는 없는 것으로 나타났다. 광합성량은 '수홍'이 20℃의 800 μE/sec. m^2에서 26.0 mg. CO_2/dm^2. hr, '여홍'은 25.2 mg. CO_2/dm^2. hr, '보교조생'은 26.1 mg. CO_2/dm^2. hr으로 가장 높게 나타났다. 전반적으로 25℃ 보다는 20℃에서 광합성량이 많았고, 25℃에서는 500 μE/sec. m^2의 광도에서 높은 경향을 나타냈다 (표 3).

尹과 柳는 '보교조생 품종에 대하여 생육기를 엽전개기, 개화기, 과실비대기, 과실수확기 및 runner 발생기등 5단계로 구분하여 광합성량을 측정한 결과 20℃에서 가장 높았고, 생육 단계별로는 엽전개기, 개화기, 과실비대기, 과실수확기, runner 발생기 순으로 광합성량이 감소한다고 보고하였다.

그리고 광포화점은 20℃의 700-800 μE/sec. m^2에서 나타난다고 하여 본 연구의 내용에서 품종간에는 다소 차이가 있었지만 유사하였다.

표 3 . 딸기의 광합성율에 미치는 온도와 광도의 영향

Cultivar	light intensity (μE/s. m^2)	photosynthetic rate (mg. CO_2/dm^2. hr)	
		Temperature(℃)	
		20	25
Suhong	200	11.5	17.7
	500	14.8	23.5
	800	26.0	24.2
	1200	21.3	17.1
Nyohong	200	12.1	19.2
	500	15.2	23.1
	800	25.2	21.1
	1200	23.8	18.1

Bokyo	200	10.1	13.7
	500	13.4	18.3
	800	26.1	23.4
	1200	24.3	16.9

○ CO_2 농도별 온도 및 광-광합성 측정

CO_2 농도, 광도 및 온도를 달리하여 광합성을 측정한 결과는 표 4와 5에 나타난 바와 같다. 광도가 500 μE/sec. m^2 이하에서는 2,000ppm을 처리하여도 계속 증가하였지만, 800 μE/sec. m^2 이상에서는 1,600ppm에서 가장 높게 나타났고, 2,000ppm에서는 감소하는 경향을 나타냈다.

표 4는 온도를 20℃에서 측정한 결과인데 ' 수홍'은 1,200 μE/sec. m^2에서 800 μE/sec. m^2 보다 700ppm부터 광합성량이 감소하였지만, '여홍'과 '보교조생'은 광도 1,200 μE/sec. m^2에서 1,600ppm까지는 증가하였다. 표 5은 온도를 25℃에서 측정한 결과는 20℃와 유사한 결과를 나타낸는데 약광하에서는 CO_2 요구량이 많았지만, 온도가 높아지면서 CO_2 요구량은 감소하는 경향을 보였다.

織田은 CO_2를 시용하여 광합성을 측정한 결과 광도가 20klux에서 대조구보다는 광합성량이 2.5배정도 많았고, 30klux까지는 800ppm과 1,400ppm간에 광합성량 차이는 없었지만, 40klux이상에서는 현저하게 증가한다고 보고하였다. 본 연구의 결과는 타 연구보다 광합성량이 10-15 mg. CO_2/dm^2. hr 정도 높게 나타났는데 이것은 휴대용 광합성 측정기를 이용한 결과라고 생각된다.

이와같이 딸기의 광합성에 미치는 요인은 CO_2 농도, 광도 및 온도에 따라 상이하기 때문에 이러한 환경요인에 대하여 연구가 된다면 시설내에서 딸기를 재배할 때 온도 및 광도의 변화에 따라 CO_2 농도의 조절은 충분히 가능성이 있음을 시사하고 있다. 본 연구의 결과에서 20℃의 1,600ppm에서 가장 높은 광합성량을 나타냈는데 이것은 완전히 전개한 엽을 대상으로 측정하였기 때문

에 CO 농도 요구량이 다소 높았는데 유엽과 노엽등을 감안하여 딸기를 시설내에서 재배할 때는 800-1,000ppm사이가 경제적 시용이라고 생각된다.

표.4 . 딸기의 광합성에 미치는 CO2농도와 광도의 영향 (20℃)

Cultivar	light intensity ($\mu E/s.\ m^2$)	photosynthetic rate (mg. CO_2/dm^2. hr)				
		CO_2 concentration(ppm)				
		500	700	900	1600	2000
Suhong	200	10.6	14.8	19.5	21.7	25.3
	500	13.5	22.3	27.5	30.9	39.7
	800	14.0	35.9	34.7	47.1	44.0
	1200	20.7	25.5	27.3	31.3	27.8
Nyohong	200	11.9	17.3	19.5	26.1	34.4
	500	14.7	23.5	25.5	43.8	44.3
	800	21.3	25.2	26.8	47.6	41.3
	1200	23.1	31.0	33.2	50.6	40.0
Bokyo	200	11.9	15.2	17.9	22.7	23.7
	500	16.5	18.7	29.1	32.5	44.7
	800	20.1	30.6	32.2	48.4	46.2
	1200	31.2	36.1	46.3	50.8	44.6

표.5 . 딸기의 광합성에 미치는 CO2농도와 광도의 영향 (25℃)

Cultivar	light intensity ($\mu E/s.\ m^2$)	photosynthetic rate (mg. CO_2/dm^2. hr)				
		CO_2 concentration(ppm)				
		500	700	900	1600	2000
Suhong	200	12.1	15.8	18.5	23.1	25.3
	500	16.0	22.1	24.3	26.9	31.1
	800	23.1	28.3	30.3	46.2	35.4
	1200	30.1	33.8	35.9	43.0	30.5
Nyohong	200	13.2	14.1	15.7	19.1	25.1
	500	15.1	16.0	21.0	27.1	30.5
	800	24.4	26.2	33.3	47.4	42.0
	1200	34.8	35.2	39.3	43.3	32.3
Bokyo	200	12.8	13.3	17.9	21.3	28.1
	500	18.0	19.1	24.2	32.8	35.9
	800	24.9	26.4	33.7	56.1	45.6
	1200	27.5	34.9	38.9	40.4	37.5

4. 포장적응 시험(생육조사 결과)

야냉처리별 품종별 엽수의 증가를 보면 표 6과 같다. 야냉처리에 따라 엽수에 있어 정식 4주후부터 현저한 차이를 보였는데 특히 정식 6주후부터 엽수의 증가는 빠른 것으로 나타났다. 모든 품종에서 야냉처리에 따른 품종간 엽수의 차이는 통계적인 유의성은 없었지만, 보교조생, 수홍, 여홍은 야냉 3, 4주

처리에서 대체적으로 엽수의 증가를 보였다. 반면에 야냉 5주 처리된 묘의 경우 사경 및 토경재배에서는 품종에 따라 커다란 차이가 나타났다. 이것은 엽수의 발생정도는 토심의 영향을 많이 받는 것으로 사료된다. 엽수에는 4주에서 최저 5.3잎에서 최고 7.1을 보여 정식일수가 증가함에 따라서 엽수가 급격히 증가하여 정식 8주에는 15-23개의 엽수가 증가하였다. 야냉처리는 엽분화에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 엽수의 증가는 결국 광합성의 능력을 증가시켜 과실의 생산량을 증가시킬 것으로 사료되며 또한 엽수의 증가는 딸기묘가 휴면으로부터 완전히 타파된 것으로 생각된다.

표7에 나타난 야냉처리별 crown 직경의 차이를 보면 무처리에 비하여 야냉처리에서 crown 직경에 현저한 증가반응을 보이고 있어 crown 생장속도가 다른 것으로 나타내주고 있다. 보교조생, 수홍, 여홍, 향미 품종 모두 정식후 일수가 증가함에 따라 crown 직경이 급격하게 커지며 야냉4주 처리된 묘의 정식 8주후에는 crown 직경이 최대 30.5cm 까지 증가하였지만 처리별에 따른 현저한 차이는 나타나지 않았다. crown은 서서히 생장을 보이다가 다시 저하하게 되는데 이는 후기 영양생장기에 화아분화가 시작되면서 양분 및 동하산물이 생장점으로 이동이 일어나서 crown 생장율이 저하된 것으로 생각된다. crown 직경의 생장율을 높이기 위해서 야냉 3주이상의 처리가 요구되며 이 기간동안 우수한 생육을 보인 품종을 선발하여 crown 생장에 미치는 영향을 다각적인 면에서 연구되어야 할 것으로 판단되며 앞으로 야냉처리에 따른 crown에서 생리, 생화학적인 변화에 대한 검토가 요청된다.

표8은 야냉처리에 따른 엽병장의 차이를 보여준다. 엽병장의 차이는 정식후 6주부터 나타나기 시작하여 보교조생, 수홍, 여홍, 도요노까는 야냉처리에서 엽병장의 신장을 촉진하여 무처리에서 엽병장이 9.2cm에서 야냉4주처리에서는 최대 17.7cm까지 증가하였다. 고냉지 무처리도 야간온도가 낮아 엽병장 신장을 촉진한 것으로 사료되지만 야냉 3주처리에서 엽병신장이 가장 좋아 야냉에서

표 6 . 야냉처리 기간이 딸기의 엽수에 미치는 영향

품종	정식후 일수 (주)	control 평지 (cm)	control 고냉지 (cm)	야냉3주 (cm)	야냉4주 (cm)	야냉5주 Soil (cm)	야냉5주 Sand (cm)
보교조생	4주	5.3±0.8	4.9±1.1	5.6±0.8	5.5±1.6	6.4±0.8	7.1±1.2
	6주	11.9±1.6	10.2±1.6	14.3±2.2	14.6±2.2	16.5±2.0	15.6±1.9
	8주	19.0±2.5	15.0±3.3	20.3±4.0	20.5±2.5	21.2±3.5	19.6±2.0
수 홍	4주	5.9±1.0	4.1±0.7	4.4±0.7	5.0±0.8	5.7±1.2	5.6±1.6
	6주	10.8±2.3	12.3±1.8	12.3±2.7	13.7±1.3	12.1±1.8	15.5±4.2
	8주	17.1±3.0	17.5±3.0	17.9±3.1	19.9±2.4	16.6±4.6	23.3±4.2
여 홍	4주	7.2±1.5	5.2±1.0	4.7±1.1	5.2±1.7	4.8±0.4	6.0±1.4
	6주	10.8±4.2	8.3±1.1	9.9±2.8	13.3±2.5	14.5±2.2	12.1±1.1
	8주	19.5±6.8	15.0±2.9	16.3±3.7	19.3±1.7	19.9±1.7	18.4±3.0
향 미	4주	·	2.5±0.5	3.6±1.0	3.5±1.1	3.0±0.9	6.0±1.2
	6주	·	12.2±2.3	13.6±2.2	12.7±1.7	13.9±2.1	14.2±1.5
	8주	·	21.6±1.8	20.7±3.2	20.7±2.8	19.5±2.3	17.4±1.4
도요노까	4주	7.1±0.7	5.3±1.5	5.9±1.0	5.6±1.3	5.2±1.3	5.7±1.1
	6주	9.5±3.0	9.1±3.6	13.1±2.8	11.0±2.7	12.1±3.3	12.1±3.3
	8주	14.3±4.7	12.6±3.9	17.8±4.1	13.7±2.9	16.5±5.1	15.6±3.7

표 7 . 야냉처리 기간이 딸기의 crown 직경에 미치는 영향.

품종	정식후 일수 (주)	control 평지 (mm)	control 고냉지 (mm)	야냉3주 (mm)	야냉4주 (mm)	야냉5주 Soil (mm)	야냉5주 Sand (mm)
보교조생	4주	7.40±1.4	7.39±0.9	8.69±1.3	8.52±1.9	8.22±1.3	7.40±1.2
	6주	26.6±3.7	25.1±3.5	29.3±1.7	28.1±3.6	30.5±3.8	31.3±
3.5							
	8주	28.4±4.0	27.2±3.4	31.3±2.3	29.7±3.6	32.4±3.7	33.0±
3.3							
수 홍	4주	6.89±1.1	7.85±1.5	7.60±1.4	9.30±1.3	7.28±0.8	7.21±
1.7							
	6주	28.7±5.2	28.2±3.5	26.1±2.9	27.9±2.7	25.7±3.5	31.6±
2.3							
	8주	31.2±5.2	29.7±3.6	28.1±2.3	30.0±3.0	28.1±3.6	33.6±
2.4							
여 홍	4주	7.35±1.4	7.02±1.6	7.57±1.7	7.93±1.2	7.64±1.1	6.89±1.7
	6주	24.6±3.3	23.4±3.2	23.5±5.1	26.3±2.7	26.2±2.4	29.4±1.7
	8주	26.2±3.2	25.1±3.1	25.4±5.5]	28.2±3.0	28.1±2.3	30.7±1.6
향 미	4주	·	7.19±1.2	8.21±0.8	9.34±1.0	8.02±0.6	6.63±1.1
	6주	·	28.6±2.9	28.4±3.9	27.7±2.8	27.9±2.7	30.0±2.7
	8주	·	30.0±2.4	30.0±4.0	28.9±3.0	29.1±2.8	31.4±2.8
도요노까	4주	6.48±1.1	4.79±1.6	5.26±1.8	5.75±1.5	4.34±1.4	5.66±1.1
	6주	27.1±3.0	25.1±3.7	29.1±4.9	24.3±4.6	22.5±2.8	27.1±2.9
	8주	29.7±2.9	26.0±4.8	30.8±4.5	26.4±4.4	24.2±3.0	29.0±2.9

표 8 . 야냉처리 기간이 딸기의 엽병장에 미치는 영향

품종	정식후 일수 (주)	control		야냉3주	야냉4주	야냉5주	
		평지 (cm)	고냉지 (cm)	(cm)	(cm)	Soil (cm)	Sand (cm)
보교조생	6주	9.2±1.1	8.9±1.1	10.3±1.4	10.4±2.1	11.2±1.8	11.0±1.4
	8주	10.5±0.8	10.1±1.6	11.3±1.3	11.5±1.5	12.2±1.5	13.4±3.0
수 홍	6주	14.5±2.	16.8±1.7	14.9±1.8	17.7±1.0	14.9±2.4	14.0±1.6
	8주	15.0±2.	16.8±1.1	15.8±1.6	18.3±1.2	15.0±2.8	15.6±2.0
여 홍	6주	10.6±1.5	10.1±3.1	10.6±2.1	11.3±1.4	12.4±1.7	9.8±1.7
	8주	10.9±1.2	11.6±3.3	11.6±2.0	12.2±1.6	12.9±1.0	12.5±1.6
향 미	6주	·	9.4±1.7	10.9±1.2	9.9±0.7	9.5±0.9	10.4±
1.8							
	8주	.	11.1±1.4	12.3±1.7	11.0±1.0	1.2±1.6	11.5±
1.7							
도요노까	6주	9.9±0.9	10.6±2.2	13.1±2.4	13.0±0.9	11.7±2.3	10.8±
2.7							
	8주	11.6±1.6	11.0±1.5	14.0±3.2	14.6±1.6	12.5±2.4	11.6±
2.0							

표 9 . 야냉처리 기간이 딸기의 엽장에 미치는 영향

품종	정식후 일수 (주)	control		야냉3주	야냉4주	야냉5주	
		평지 (cm)	고냉지 (cm)	(cm)	(cm)	Soil (cm)	Sand (cm)
보교조생	6주	8.1±0.7	8.5±1.1	8.9±0.5	8.7±1.0	8.7±0.5	8.1±0.7
	8주	8.6±0.9	8.5±0.5	9.1±0.8	9.1±0.7	9.2±0.9	8.3±0.9
수 홍	6주	11.5±0.9	11.5±1.0	11.2±0.9	11.7±0.7	11.1±0.6	12.3±0.7
	8주	11.8±1.4	12.1±0.7	11.5±0.9	11.9±0.8	11.3±0.9	12.9±0.8
여 홍	6주	9.0±1.8	9.3±2.4	9.2±1.6	8.6±1.4	8.2±0.6	8.7±1.5
	8주	9.5±1.5	10.0±2.1	10.0±1.8	9.1±1.1	8.9±0.5	10.1±2.3
향 미	6주	·	8.4±1.2	8.4±0.7	7.9±0.8	8.0±0.5	8.3±0.5
	8주		9.5±0.8	9.2±0.5	8.5±0.6	8.6±0.4	8.4±0.5
도요노까	6주	9.7±1.3	9.7±1.7	10.3±1.9	11.5±1.3	9.9±1.7	10.1±2.7
	8주	10.1±1.6	10.0±2.1	10.4±1.5	11.5±2.0	10.3±1.8	10.8±2.7

엽병장의 분화가 진전된 결과를 보였다. 반면에 향미 품종은 야냉처리에 따른 엽병의 신장에는 차이가 나타나지 않아 품종간에 커다란 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 사경재배에서 엽병장의 신장이 저조했는데 이것은 토양조건이 다른것이 원인으로 사료된다.

본 실험에서 측정된 엽장의 경시적인 증감 양상을 보면 표 9와 같다. 엽장의 생장은 보교조생, 수홍, 도요노까는 야냉3주 이상 처리에서 다소 촉진되었으나 반면에 여홍은 야냉처리에서 엽장의 생장이 다소의 감소 또는 둔화경향을 보이며 이후에 사경재배 야냉5주 처리에서 약간 증가하였다. 또한 야냉 3주까지에서 향미는 무처리와 야냉처리에 엽장의 생장속도에는 커다란 차이는 나타나지 않았다. 결국 엽장에서의 생장의 속도는 품종에 따라 커다란 차이가 있으며 이러한 결과는 품종간 유전적인 특성이 기인된 것으로 사료된다.

표 10은 야냉처리에 따른 엽폭의 신장을 나타낸 것이다. 정식후 생육이 진전될 때 까지는 엽폭의 신장에는 야냉처리의 효과는 나타나지 않았다. 보교조생의 경우에는 야냉처리 기간이 길어짐에 따라 엽폭이 다소 증가하는 경향을 보였지만 통계학적인 유의성이 없었다. 생육초기부터 엽의 생장에는 엽수만 증가하는 것으로 판단된다. 야냉처리가 영양생장에 미치는 영향은 매우 복합적이고 상호관련성이 있으며 어느 한가지 요인으로 설명할 수는 없지만 야간온도의 처리는 엽폭을 제외한 다른 생장에는 그 차이는 매우 크게 나타났다. 각 재배방식(사경, 토경)에 따른 엽폭의 생장에는 차이가 나타나지 않았지만 다른 영양기관의 생장에는 차이가 나타났다.

야냉처리에 따른 개화율의 차이는 표 11에 나타났다. 개화율은 정식 40일에 모든 처리에서 개화가 시작되지만 야냉처리 기간에 따라 개화율은 10%에서부터 95% 까지 커다란 차이가 나타났다. 반면에 정식 56일 이후부터 무처리에서 개화율이 50%에서 야냉처리에서 최고 100%까지 개화가 가능하였다. 개화율은 각 처리별 차이가 현저히 나타났는데 품종별로는 수홍, 여홍, 향미순으로

표 10 . 야냉처리 기간이 딸기의 엽폭에 미치는 영향

품종	정식후 일수 (주)	control 평지 (cm)	control 고냉지 (cm)	야냉3주 (cm)	야냉4주 (cm)	야냉5주 Soil (cm)	야냉5주 Sand (cm)
보교조생	6주	7.0±1.0	7.5±1.2	7.6±0.4	7.6±0.6	7.6±0.7	6.7±0.9
	8주	7.6±1.1	7.8±0.8	8.1±0.8	8.1±0.7	8.0±0.8	7.0±0.8
수 홍	6주	10.5±1.3	10.4±1.0	9.9±0.8	10.3±0.7	9.9±1.1	10.3±1.1
	8주	10.5±1.5	10.8±0.9	10.5±0.9	10.3±0.8	9.9±1.1	10.4±0.9
여 홍	6주	7.7±0.9	7.0±0.9	6.9±1.0	6.9±1.0	7.0±1.1	7.0±1.2
	8주	8.0±1.4	7.5±0.7	7.3±1.1	6.9±0.8	7.2±0.7	7.8±1.4
향 미	6주	·	7.4±0.8	7.1±0.7	6.5±0.8	7.2±0.6	6.9±0.4
	8주		7.4±0.7	7.2±0.6	7.0±0.6	7.6±0.8	7.5±0.8
도요노까	6주	9.0±1.8	9.1±2.4	9.5±1.8	9.6±0.9	8.6±1.4	8.4±2.6
	8주	9.3±1.9	9.1±2.1	9.6±2.2	9.8±1.2	8.6±1.2	8.6±2.6

표 11. 야냉처리 기간이 딸기의 개화율에 미치는 영향

품종	정식후 일수 (일)	control 평지 (%)	control 고냉지 (%)	야냉3주 (%)	야냉4주 (%)	야냉5주 Soil (%)	야냉5주 Sand (%)
보교조생	40	·	25	85	75	80	95
	56	60	80	90	90	90	97
수 홍	40	·	25	75	100	55	87
	56	50	80	100	100	75	95
여 홍	40	·	25	80	100	95	90
	56	75	75	95	100	95	100
향 미	40	·	45	95	90	75	80
	56		75	95	90	85	100
도요노까	40	10	35	85	35	35	10
	56	75	65	85	90	85	50

개화율이 높았다. 특히 수홍과 여홍 품종은 정식후 40일에 야냉 4주처리에서 100% 까지 개화하였다. 반면에 도요노까 품종에서 비교적 개화가 지연되는 현상이 관찰되었다. 모든 품종에서 정식 56일후에 적어도 야냉 4주처리가 개화율을 높이는데 최적 조건으로 사료된다. 결국 야냉처리가 개화를 현저하게 유도시킬 수 있다는 점은 야냉처리를 사용하여 딸기의 촉성재배가 가능하다는 것이 확인되었고 또한 야냉처리는 개화율 상승에 장점이 있어 폐탄광의 냉온을 이용한 야냉처리는 산업화를 위한 딸기 야냉처리에는 별 지장이 없다고 생각된다. 앞으로 딸기의 품질향상을 위해서 이용면에서 계속적인 연구가 요구되고 있다.

야냉처리의 차이에 따른 화방과 화뢰수의 차이는 표 12와 같다. 표에서 보는 것처럼 야냉처리에 따라 화방수에 차이를 보였는데 보교조생은 평지 무처리 비해 야냉3주 처리가 2.90, 야냉 4주에서 3.05, 야냉 5주 토경재배에서 2.15, 사경재배에서 3.18로 가장 높게 나타났다. 수홍은 야냉3주에서 3.20, 여홍은 야냉4주에서 3.65, 향미는 야냉3주에서 화뢰수가 19.45로 가장 높았고 도요노까는 야냉 5주에서 화방수가 9.4로 높게 나타났다. 화뢰수에서는 야냉 5주 처리가 가장 높게 나타났으며 평지의 무처리에서 야냉처리가 부부족했기 때문에 화뢰수가 적은 것으로 유추할 수 있다. 또한 최종조사 숫자가 아니라 조사시험중의 수이긴 하지만 화방당 화뢰수가 야냉 4주처리에서 모든 품종이 높게 나타났다. 야냉처리에 품종간 약간의 차이는 있지만 모든 품종에서 야냉처리가 화방의 발달을 촉진시킨 것으로 이러한 경향은 전체 품종에서 동일하였으며 야냉 3주 처리 보다는 야냉 4주처리가 높게 나타났다. 야냉처리가 화아분화에 지대한 영향을 미치며 이러한 화방수의 증대가 딸기 생산량 증대를 촉진 시킬 것으로 사료된다.

야냉처리는 화방당 화뢰수를 증가시킬뿐만 아니라 평균개화일수에도 큰 영향을 미치고 있는데 (표 13) 보교조생은 무처리에서 평균개화일수가 47.5일 야냉

표 12. 야냉처리 기간이 딸기의 화방과 화뢰수에 미치는 영향

품종		control		야냉3주	야냉4주	야냉5주	
		평지 (No.)	고냉지 (No.)	(No.)	(No.)	Soil (No.)	Sand (No.)
보교조생	화방	2.05	2.90	2.90	3.05	2.15	3.18
	화뢰	7.05	9.75	11.95	13.55	14.55	13.63
수 홍	화방	2.75	2.70	3.20	3.00	3.05	2.95
	화뢰	7.05	8.9	11.90	3.90	10.25	13.05
여 홍	화방	3.60	3.60	3.20	3.65	3.10	3.25
	화뢰	10.05	12.2	14.15	17.00	16.95	15.43
향 미	화방	.	2.70	3.70	3.25	2.95	3.10
	화뢰	.	9.40	19.45	16.20	15.00	16.60
도요노까	화방	2.10	2.20	2.80	3.00	2.65	1.50
	화뢰	6.65	6.75	10.25	8.95	9.40	6.00

표 13. 야냉처리 기간이 딸기의 평균개화일수에 미치는 영향

품종		control		야냉3주	야냉4주	야냉5주	
		평지 (No.)	고냉지 (No.)	(No.)	(No.)	Soil (No.)	Sand (No.)
보교조생	화방	3.17	3.63	3.41	3.39	3.50	3.26
	화뢰	12.04	12.19	14.06	15.06	16.17	14.00
	개화일수	47.25	43.88	32.59	32.78	33.17	31.31
수 홍	화방	3.20	3.00	3.20	3.20	3.07	3.11
	화뢰	8.60	9.93	11.9	13.85	10.60	14.79
	개화일수	44.80	40.71	37.35	32.25	36.00	34.13
여 홍	화방	6.07	3.87	3.21	3.60	3.26	3.36
	화뢰	12.93	14.67	14.58	17.00	17.32	16.22
	개화일수	45.47	40.93	34.58	31.15	32.37	33.61
향 미	화방	.	3.40	3.89	3.42	3.29	3.36
	화뢰	.	12.13	21.00	17.00	16.53	18.00
	개화일수	.	37.80	29.80	30.40	33.60	31.80
도요노까	화방	2.73	3.08	3.24	3.17	3.12	3.00
	화뢰	8.67	9.62	12.06	9.56	13.47	12.00
	개화일수	42.50	39.10	35.20	40.20	38.50	41.40

3주처리에서 32.6일로 정식후 가장 빨리 개화가 유도되었고 수홍에서는 야냉 4주처리에서 평균개화일수가 34.4일로 가장 짧았다. 향미와 도요노까는 야냉 4주 처리에서 개화일수가 가장 짧게 나타났다. 전체적으로 볼 때 적합한 야냉처리로 생각되는 야냉처리는 야냉 3주에서 4주처리로 나타났으며 또한 화방당 화뢰수를 증가시켰다. 무처리에서는 화방당 화뢰수는 증가하더라도 개화일수가 증가하는 특징을 보였다. 야냉처리기간이 개화일수 단축에 커다란 영향을 미쳤다. 무처리에서 향미는 개화를 전혀 하지 않았다. 고냉지 무처리에서 화아분화가 유도된 것은 야간온도가 낮아 화아분화를 유도한 것으로 사료되지만 야냉처리보다 효과가 많이 떨어졌다. 이와같은 결과를 볼 때 야냉처리는 평균개화일수에 영향을 미쳐 착과일수를 앞당길 수 있는 것으로 생각되었다. 야냉처리가 길어질수록 정식부터 개화기까지 소요일수는 짧았으나 화방당 화뢰수는 야냉처리 3-4주에서 촉진되었다.

이상의 결과로 볼 때 야냉처리가 딸기의 영양 및 생식생장에 커다란 영향을 미치는 것은 자명한 사실이다. 따라서 본 실험에서도 각 야냉처리 방법에 따른 생육차이가 현저하고 특히 엽면적, 평균개화일수 단축, 화방당 화뢰수에서 차이가 뚜렷이 나타났다. 야냉3주 처리는 양호하게 나타난 반면 야냉 5주 처리에는 비교적 느린 생리적 반응을 보였다. 이러한 차이는 품종에 따라서 다르게 나타나는 것으로 사료된다.

제 4 장 종합결과

본 연구의 목적은 폐광으로 부터 유출되는 냉기 및 냉수의 효율적 활용 시스템 개발하고, 개발된 시스템을 통한 딸기 야냉육묘의 기술체계를 확립하는 것이다. 사업 제1차년도인 금년도에는 우선, 냉기활용 기본모델을 개발하고, 냉방시스템을 고안, 설치하였으며, 개발된 시설하에서 딸기촉성육묘 가능성을 타진하기 위한 기초실험을 수행하였다.

1차년도의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 냉기활용 기본모델 개발

강원도내 150여개의 폐광중 문헌 및 자료수집등을 통해 1차로 선정된 13개의 폐광을 대상으로 수차에 걸친 현장방문을 통해 지리적 여건과 갱내환경등을 고려 최종적으로 평창군 미탄면 창리에 소재하는 폐광을 최종 사업대상지로 선정하였다.

기술적, 경제적인 문제등을 고려하여 단동 파이프하우스 형태의 최종 시스템 모델을 설정하였다. 갱내의 냉기(12℃ 전후)를 효율적으로 활용하기 위하여 갱내 30m깊이 까지 송풍관을 인입하고, 갱구부터 육묘시설까지의 냉기유입은 직경500mm의 주름관을 1m 깊이로 지하 매설하였다. 또한 묘의 입고와 출고를 용이하게 하기위해 호차와 레일을 이용한 이동벤치형으로 설계하였다.

설정된 모델을 토대로 기본 설계도를 작성하고 육묘시설을 제작, 6월 20일 시공 완료하였다

2. 냉방시스템 제작및 시설내 온도조사

시설내의 온도를 냉각시키기 위한 최적의 냉각방법을 고려하기 위해, radiator에 의한 냉각, 냉각 pad를 사용한 증발냉각, 냉기활용 모델등 여러 종류의 냉각방법의 효과를 검토하였다.

ㅇ 소형 radiator에 의한 냉각

주간의 외기 및 냉각 시설이 없는 육묘실의 온도는 25 - 35℃ 범위에 있었으며, 야간에는 25 - 28℃ 범위에 있었다. 라디에이터를 통과하기 전 공기의 온도는 주간 및 야간에 약 22℃ 였으며, 라디에이터를 통과한 후 공기의 온도는 주간에 약 18 - 19℃ 야간에 약 17 - 18℃로 냉각되었다. 이러한 공기의 온도 감소는 라디에이터를 지나는 냉수에 의한 온실내 공기의 열손실에 기인하며 주간의 온실내 지상 0.3m 또는 2.3m에서 기온은 외기 온도에 비해 5 - 15℃ 정도 낮아진 21 - 23℃ 범위에 있었다.

ㅇ 냉각 Pad를 사용한 증발냉각

냉각 패드로부터 유출되는 냉수의 온도는 주간에 약 15℃ 야간에 약 13 - 14℃ 였다. 냉각 패드를 통과하기 전 공기의 온도는 주간 및 야간에 약 22℃ 였으며, 냉각 패드를 통과한 후 공기의 온도는 주간 및 야간에 약 17 - 18℃로 냉각되었다. 이러한 공기의 온도 감소는 냉각 패드를 지나는 냉수의 증발에 필요한 증발열을 온실 내 공기로부터 빼앗기 때문이며 주간의 온실내 지상 0.3m 또는 2.3m에서 기온은 외기 온도에 비해 5 - 10℃ 정도 낮아진 22 - 23℃ 범위에 있었다.

ㅇ 폐광의 냉기를 사용한 냉각

주간에는 냉기에 의해 온실이 4 - 6℃ 정도 냉각되었으나 야간에는 냉기에 의한 냉각 효과가 작은 것으로 나타났으며, 이러한 이유는 온실 내로 유입되는 냉기의 온도와 온실 내의 온도 차이가 작으므로 냉기에 의한 온실의 냉각 효과가 저하되었기 때문인 것으로 사료되었다.

ㅇ 소형 Radiator, 냉기 및 냉각 pad를 동시에 사용한 냉각

온실 내의 지면 위 0.3, 2.3, 2.3m에서 측정된 온도는 약 20℃에서 거의 비슷한 온도 분포를 나타내고 있으며, 냉각장치에 의한 온실 내의 온도는 외기와 육묘실에 비교할 때 온도 5 - 8℃가 냉각되어졌다. 소형 radiator와 pad 출구에서의 냉기의 온도는 약 17-18℃로 입구 온도 20-21℃와 비교할 때 약 3℃의 온도

저하 효과를 나타냈다. Pad와 Radiator 출구의 물의 온도는 13-15°C로 약 12.5°C의 입구 온도와 비교할 때 0.5-2.5°C의 물의 온도 상승에 해당하는 열을 온실 내의 공기로부터 빼앗으므로써 온실을 냉각시켰다.

ㅇ 대형 radiator를 사용한 냉각

지상으로부터 0.3m와 2.3m 위에서 측정된 온실 내부 공기의 온도는 각각 약 15 - 17°C와 14 - 15°C의 범위에 있었다. 이러한 대형 radiator 냉각장치를 사용은 주간의 외기 온도 또는 육묘실 온도와 비교할 때 온실 내부의 온도를 적어도 약 15°C 정도 냉각시키는 결과를 가져왔다. 또한 야간에는 온실의 온도가 외기에 비해 적어도 약 8°C 정도 냉각되어졌다. 온실 내에서 radiator로 유입되는 공기의 온도는 약 20°C 였으며, radiator를 통과한 후 공기의 온도는 약 15°C로 약 5°C 정도 냉각되어졌다.

온실의 냉각 효율면에서 여러 냉각 방법을 비교할 때 독립적으로 소형 라디에이터, 패드 냉각, 및 냉기를 사용한 냉각 방법은 거의 비슷한 결과를 가져왔으며, 여러 냉각 장치를 동시에 가동하였을 때는 독립적으로 개개의 냉각 장치를 가동할 때 보다 효율면에서 약간 좋았다. 그러나 대형 라디에이터를 독립적으로 사용할 때 온실의 냉각 효율은 다른 방법에 비하여 상당히 높았으며, 주간 및 야간의 외기 온도가 23 - 37°C 범위에 있을 때 온실 내부 공기의 온도는 약 14 - 17°C 범위로 냉각되었다.

3. 냉기활용 딸기 촉성육묘 기술 확립

ㅇ 채묘 및 런너양성

정식 60일후, 주당 평균 런너발생수가 8.8개로 런너발생율이 비교적 낮은 경향을 보였는데 이는 모주의 정식시기가 늦은데 기인하는 것으로 사료되었다.

품종간의 발생수는 보교조생이 9.6개로 가장 많았고, 그뒤를 수홍, 여홍순이었

다. 향미와 도요노까는 주당 8.2개, 7.94개로 타 품종에 비해 1개이상 적었다.

ㅇ 품종간 광합성 특성조사

광합성 총생산량은 공시한 3개 품종 모두 온도 20 및 25℃, 광도 800 μmole에서 20-26mg CO_2/dm^2 hr으로 가장 높은 값을 나타냈고, 1,200 μmole에서는 현저하게 감소하였다. '보교조생'과 '여홍'은 20℃의 800 μmole에서 24-26 mg CO_2/dm^2 hr이었지만, 25℃의 500 μmole에서 감소하는 경향을 보였다.

CO_2 농도에 따른 광합성량은 공시한 3개품종 모두 800 μmole의 CO_2 1,600ppm에서 48mg CO_2/dm^2 hr로 나타나 무처리 보다 2배 이상 광합성 증진 효과가 있었다. 500 μmole의 광도에서는 2,000ppm까지는 광합성량이 계속 증가한 반면, 1,200 μmole의 2,000ppm에서는 감소하는 경향을 나타냈다.

'여홍'과 '수홍'은 1,200 μmole의 1,600ppm에서 50mg CO_2/dm^2 hr 내외로 나타나서 '보교조생' 보다는 비교적 광도와 CO_2 요구량이 높았다.

ㅇ 포장적응 시험(생육조사 결과)

- 모든 품종에서 야냉처리에 따른 품종간 엽수의 차이는 통계적인 유의성은 없었지만, 보교조생, 수홍, 여홍은 야냉 3, 4주 처리에서 대체적으로 엽수의 증가를 보였다.

- 보교조생, 수홍, 여홍, 향미 품종 모두 정식후 일수가 증가함에 따라 crown 직경이 급격하게 커지며 야냉4주 처리된 묘의 정식 8주후에는 crown 직경이 최대 30.5cm 까지 증가하였지만 처리별에 따른 현저한 차이는 나타나지 않았다.

- 엽장의 생장은 보교조생, 수홍, 도요노까는 야냉3주 이상 처리에서 다소 촉진되었으나 반면에 여홍은 야냉처리에서 엽장의 생장이 다소의 감소 또는 둔화경향을 보이며 이후에 사경재배 야냉5주 처리에서 약간 증가하였다.

- 개화율은 정식 40일에 모든 처리에서 개화가 시작되지만 야냉처리 기간에 따라 개화율은 10%에서부터 95% 까지 커다란 차이가 나타났다. 반면에 정식 56일 이후부터 무처리에서 개화율이 50%에서 야냉처리에서 최고 100%까지 개화가 가능하였다. 개화율은 각 처리별 차이가 현저히 나타났는데 품종별로는 수홍, 여홍, 향미순으로 개화율이 높았다. 특히 수홍과 여홍 품종은 정식후 40일에 야냉 4주처리에서 100% 까지 개화하였다. 반면에 도요노까 품종에서 비교적 개화가 지연되는 현상이 관찰되었다.

-야냉처리에 따라 화방수에 차이를 보였는데 보교조생은 평지 무처리 비해 야냉3주 처리가 2.90, 야냉 4주에서 3.05, 야냉 5주 토경재배에서 2.15, 사경재배에서 3.18로 가장 높게 나타났다. 수홍은 야냉3주에서 3.20, 여홍은 야냉4주에서 3.65, 향미는 야냉3주에서 화뢰수가 19.45로 가장 높았고 도요노까는 야냉 5주에서 화방수가 9.4로 높게 나타났다.

- 야냉처리는 화방당 화뢰수를 증가시킬뿐만 아니라 평균개화일수에도 큰 영향을 미치고 있는데 보교조생은 무처리에서 평균개화일수가 47.5일 야냉 3주처리에서 32.6일로 정식후 가장 빨리 개화가 유도되었고 수홍에서는 야냉 4주처리에서 평균개화일수가 34.4일로 가장 짧았다. 향미와 도요노까는 야냉 4주 처리에서 개화일수가 가장 짧게 나타났다. 전체적으로 볼 때 적합한 야냉처리로 생각되는 야냉처리는 야냉 3주에서 4주처리로 나타났으며 또한 화방당 화뢰수를 증가시켰다.

이상의 결과로 볼 때 야냉처리가 딸기의 영양 및 생식생장에 커다란 영향을 미치는 것은 자명한 사실이다. 따라서 본 실험에서도 각 야냉처리 방법에 따른 생육차이가 현저하고 특히 엽면적, 평균개화일수 단축, 화방당 화뢰수에서 차이가 뚜렷이 나타났다. 야냉3주 처리는 양호하게 나타난 반면 야냉 5주 처리에는 비교적 느린 생리적 반응을 보였다. 이러한 차이는 품종에 따라서 다르게 나타나는 것으로 사료된다.

제 5 장 적 요

본 연구는 폐광으로 부터 유출되는 냉기 및 냉수의 효율적 활용 시스템 개발하고, 개발된 시스템을 통한 딸기 야냉육묘의 기술체계를 확립할 목적으로 수행되었다. 사업 1차년도인 금년도에는 우선, 냉기활용 기본모델을 개발하고, 냉방시스템을 고안, 설치하였으며, 개발된 시설하에서 딸기촉성육묘 가능성을 타진하기 위한 기초실험을 수행하였다.

1. 냉기활용 기본모델 개발

평창군 미탄면 창리에 소재하는 폐광을 최종 사업대상지로 선정한뒤, 기술적, 경제적인 문제등을 고려하여 단동 파이프하우스 형태의 최종 시스템 모델을 설정하였다. 설정된 모델을 토대로 기본 설계도를 작성하고 육묘시설을 제작, 6월 20일 시공 완료하였다

2. 냉방시스템 제작및 시설내 온도조사

시설내의 온도를 냉각시키기 위한 최적의 냉각방법을 고려하기 위해, radiator에 의한 냉각, 냉각 pad를 사용한 증발냉각, 냉기활용 모델등 여러 종류의 냉각방법의 효과를 검토하였다.

온실의 냉각 효율면에서 여러 냉각 방법을 비교할 때 독립적으로 소형 라디에이터, 패드 냉각, 및 냉기를 사용한 냉각 방법은 거의 비슷한 결과를 가져왔으며, 여러 냉각 장치를 동시에 가동하였을 때는 독립적으로 개개의 냉각 장치를 가동할 때 보다 효율면에서 약간 좋았다. 그러나 대형 라디에이터를 독립적으로 사용할 때 온실의 냉각 효율은 다른 방법에 비하여 상당히 높았으며, 주간 및 야간의 외기 온도가 23 - 37℃ 범위에 있을 때 온실 내부 공기의 온도는 약 14 - 17℃ 범위로 냉각되었다.

3. 냉기활용 딸기 촉성육묘 기술 확립

딸기의 광합성 특성은 품종간에 다소 차이는 있지만, 커다란 차이는 없는 것으로 나타났다. 광합성량은 '수홍'이 20℃의 800 μE/sec. m^2에서 26.0 mg.

CO_2/dm^2. hr, '여홍'은 25.2 mg. CO_2/dm^2. hr, '보교조생'은 26.1 mg. CO_2/dm^2. hr으로 가장 높게 나타났다. 전반적으로 25℃ 보다는 20℃에서 광합성량이 많았고, 25℃에서는 500 μE/sec. m^2의 광도에서 높은 경향을 나타냈다.

본 연구의 결과에서 20℃의 1,600ppm에서 가장 높은 광합성량을 나타냈는데 이것은 완전히 전개한 엽을 대상으로 측정하였기 때문에 CO 농도 요구량이 다소 높았는데 유엽과 노엽등을 감안하여 딸기를 시설내에서 재배할 때는 800-1,000ppm사이가 경제적 시용이라고 생각되었다.

야냉처리의 유무와 처리기간에 따른 딸기의 영양생장(엽수, 엽폭, 엽장, 엽병장 및 크라운 경)에는 큰 유의차를 보이지 않았으나, 생식생장(개화일수, 화뢰수, 화방수)에는 무처리에 비해 야냉단일처리구에서 공시한 5품종 공히 크게 촉진되는 경향을 보여 폐탄광의 냉기및 냉수를 활용한 본 시스템은 산업적인 활용이 가능하리라 사료된다.

제 6 장 참고문헌

1. Bergstrom, N. C. and P. N. Walker. 1987. Air-to-liquid heat exchanger system for ventilation heat recovery. Transactions of the ASAE 30(6): 1751-1757.

2. Buffington, D. E. 1983. Performance characteristics of evaporative cooling systems-Progress report. ASAE Paper No. 83-4023. St. Joseph, MI 49085

3. Buttcher, R. W., G. R. Baughman, R. S. Gates and M. B. Timmons. 1991. Characterizing efficiency of misting systems for poultry. Transactions of the ASAE 34(2): 586-590.

4. Clanton, C. J., L. D. Jacobson, and J. J. Boedicker. 1990. Preheating inlet air with a liquid-to-air heat exchanger. Transactions of the ASAE 33(6): 2027-2032.

5. Cramer, C. O. and D. W. Kammel. 1980. Underground air inlets for farrowing house cooling. A case study. ASAE Paper No. 80-4556. St. Joseph. MI 49085.

6. Calvert, A. 1972. Effects of day night temperatures and carbon dioxide enrichment on yield of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 47: 231-247.

7. Ewen, L. S., J. N. Walker and J. W. Buxton. 1980. Environment in a

greenhouse thermally buffered with ground-conditioned air. Transactions of ASAE 23(4): 985-993.

8. Gates, R. S., M. B. Timmons and R. W. Bottcher. 1991. Numerical optimization of evaporative misting systems. Transactions of the ASAE 34(1): 275-280.

9. Gates, R. S., J. L. Usry, J. A. Nienaber, L. W. Turner, and T. C. Bridges. An optimal misting methods for cooling livestock housing. Transactions of the ASAE 34(5): 2199-2206.

10. Harp, S. L. and R. L. Huhnke. 1991. Drip vs. wetted-pad evaporative cooling of farrowing houses in Oklahoma. Applied Engineering in Agriculture 7(4): 461-464.

11. Kimball, B.A. 1983. Carbon dioxide and agricultural yield: An assembl -age and analysis of 430 prior observations. Agronomy Jour. 75:779-788.

12. Koca, R. W., W. C. Hughes, and L. L. Christianson. 1991. Evaporative cooling pads: teat procedure and evaporation. Applied Engineering in Agriculture 7(4): 485-490.

13. McNeil, S. G., R. L. Fehr, J. N. Walker, and G. R. Parker. 1983. Performance of evaporative coolers for mid-South gestation housing. Transactions of the ASAE 26(1): 219-222.

14. Moysey, E. B. and R. D. Wilson. 1980. Liquid-to-air heat exchangers for livestock buildings. ASAE Paper No. 80-4013. St. Joseph, MI 49085.

15. Nilsen, S., K. Houland, C. Dons and S.P. Sletten. 1983. Effect of CO_2 enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. Sci. Hort. 20:1-14.

16. Nelson, D. P., C. H. Read, B. J. Barfield, J. N. Walker, V. Hays, and G. Cromwell. 1972. The performance of swine under warm environments. Transactions of the ASAE 15(1): 219-222.

17. Overhults, D. G. and R. L. Fehr. 1987. Design and performance of an air-to-water heat exchanger. ASAE Paper No. 87-4508. St. Joseph, MI 49085.

18. Peet, M.M. and D.H. Willits. 1987. Greenhouse CO_2 enrichment alterna -tives : Effects of increasing concentration or duration of enrichment on cucumber yields. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:236-241.

19. Paul. G. S. 1972. Effects of shading on structural characteristics of the leaf and yield of fruit in Capsicum annuum L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(4):461-464.

20. Puri, V. M. 1986. Feasibility and performance curves for intermittent earth-tube heat exchanger. ASAE Paper No. 65-840. St. Joseph, MI 49085.

21. Scott, N. R., R. A. Parsons and T. A. Kochler. 1965. Analysis and performance of an earth-tube heat exchanger. ASAE Paper No. 65-840. St. Joseph, MI 49085.

22. Willits, D.H. 1989. Predicting yield responses to different greenhouse CO_2 enrichment schemes: Cucumber and tomatoes. Agri. and Forest Meteorology 44:275-293

23. Walker, J. N. and J. W. Buxton. 1977. Can circulating air through a buried pipe be used to heat and cool greenhouses? J. Am. Soc. of Hort. Sci. 102(5): 626-629.

24. Walker J. N., W. O. Peterson, G. A. Duncan, and D. T. Anastasi. 1976. Temperature and humidity in a greenhouse ventilated with coal mine air. Transactions of the ASAE 19(2):311-317.

25. 鄭天淳. 柳根昌. 長岡正昭. 1994. CO_2處理에 의 고추의 純光合成 促進效果. 韓園誌. 35(6):581-586.

26. 鄭天淳. 柳根昌. 長岡正昭. 今田成雄. 1995. 靑果用 고추 栽培를 위한 光度, 夜溫 및 CO_2 濃度의 效果. 韓園誌. 36(2):211-217.

27. 川島信彦. 山本英雄. 黑住徹. 谷川賢剛. 田中良宏. 1993. 施設內におけるCO_2 施用に關する硏究(第4報)果菜類の生育に對する效果.奈良農試硏報.

24:25-30.

28. 李龍範. 李炳馞. 1994. CO_2 長期 施用이 토마토의 生育, 收量 및 品質에 미치는 影響. 韓園誌. 35(2):103-110.

29. 長岡政昭, 高橋和彦, 新井和夫. 1984. トマト. キュウリの光合成. 蒸散に及ぼす環境條件の影響.野菜試驗場報告 A. 12:97-117.

30. 織田彌三郎. 1975. イチゴに對するCO_2施用の理論とその實用化. 農業おとび園藝. 50(12):57-62.

31. 西澤隆, 堀裕. 1989. イチゴの營養生長期から休眠期にかけての光合成と光合成産物の轉流. 分配. 園學雜. 57(4):633-641.

32. 尹亨權, 柳根昌. 1992. 딸기의 生育 段階別 光合成 特性. 韓園誌. 33(1):16-20.

33. 肉戶良洋, 熊倉裕史. 1993. 寒. 高冷地おけるイチゴ秋どり栽培技術. 農業および園藝. 68(6):60-66.

34. 佐藤紀男. 1985. イチゴ'寶交早生'の促成栽培における糖度向上について. 神奈川園試研報. 33:18-25.

35. 眞部孝明. 1984. 生食用イチゴの品質評價 (1) 品種と收穫時期. 廣島農短大報. 7:343-348.

36. 眞部孝明. 1989. 生食用イチゴの品質評價 (2) 一般成分, 有機酸組成, 香氣成及 びペクチン質と物性の品種間差異. 廣島農短大報. 8:669-677.

37. 鈴木智博, 山田金雄, 伊藤克己, 高瀬尙明. 1986. ハウス抑制栽培イチゴの品質特性. 愛知農總試研報. 18:121-127.

38. 川島信彦. 1991. 施設栽培におけるCO_2施用の現狀と課題. 奈良農業試驗場. 47(3):177-182.

39. 稻葉昭次, 伊東卓爾, 中村怜之輔. 1977. イチゴの作型と果實中の糖および有機酸組成. 岡山大農學報. 50:37-42.

40. 稻葉昭次, 中村怜之輔. 1978. 作型別ならびに追熟中のイチゴ果實の成熟樣相. 岡山大農學報. 52:25-36.

사진 1. 야냉육묘시설 설치부지

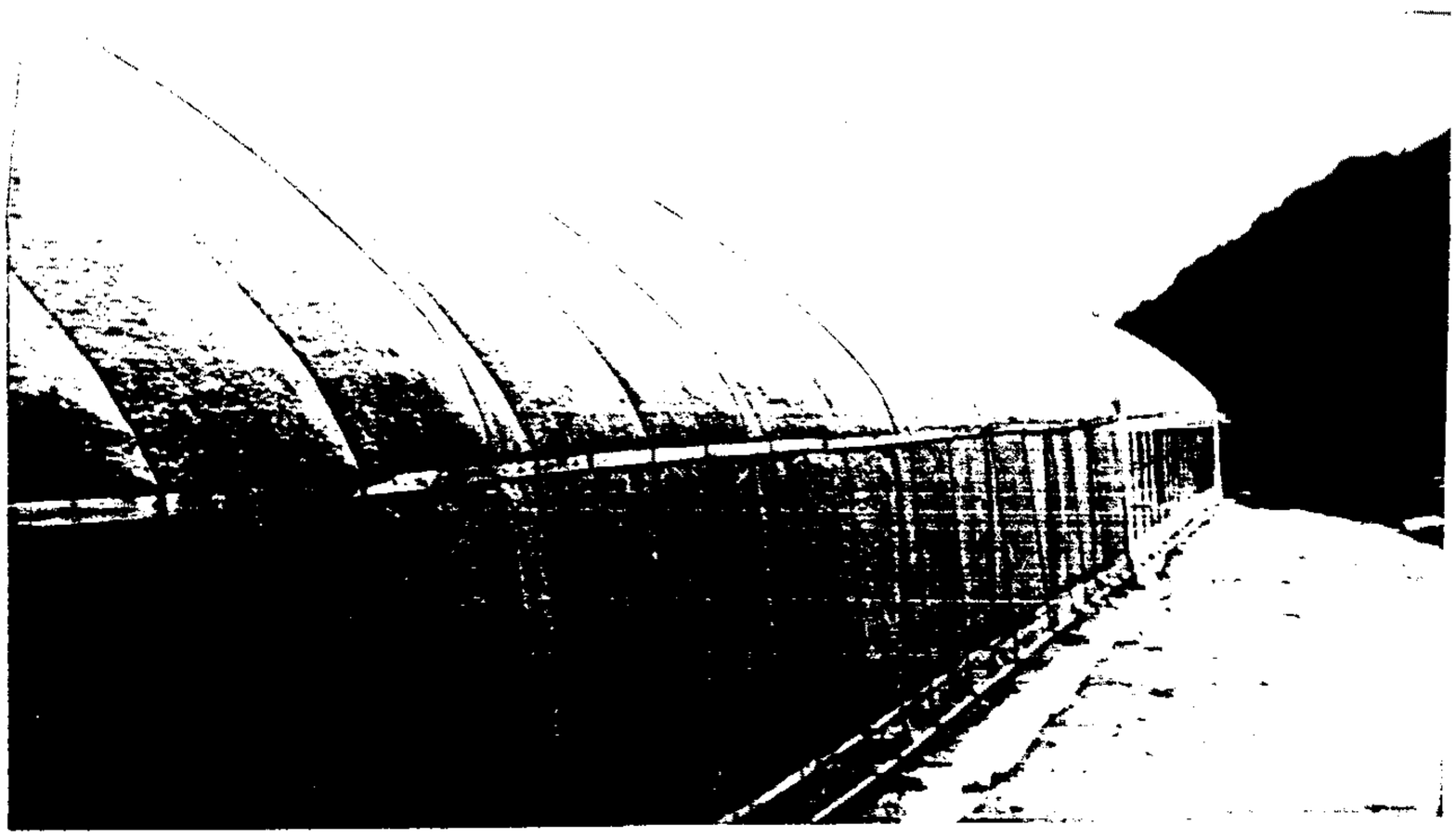

사진 2. 완성된 육묘시설 전경

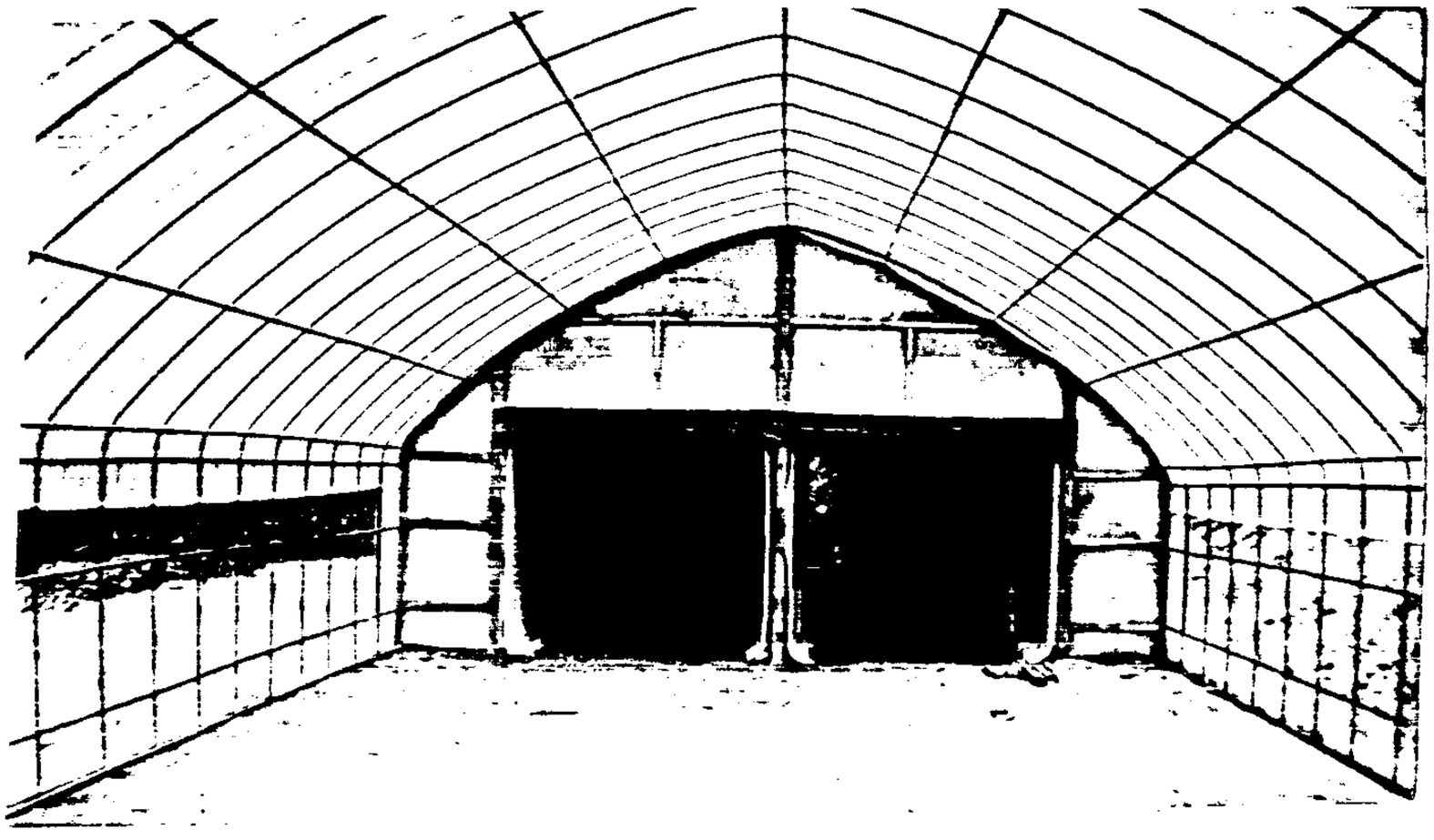

사진 3. 육묘시설 내부 전경

사진 4. 육묘시설 외부 전경

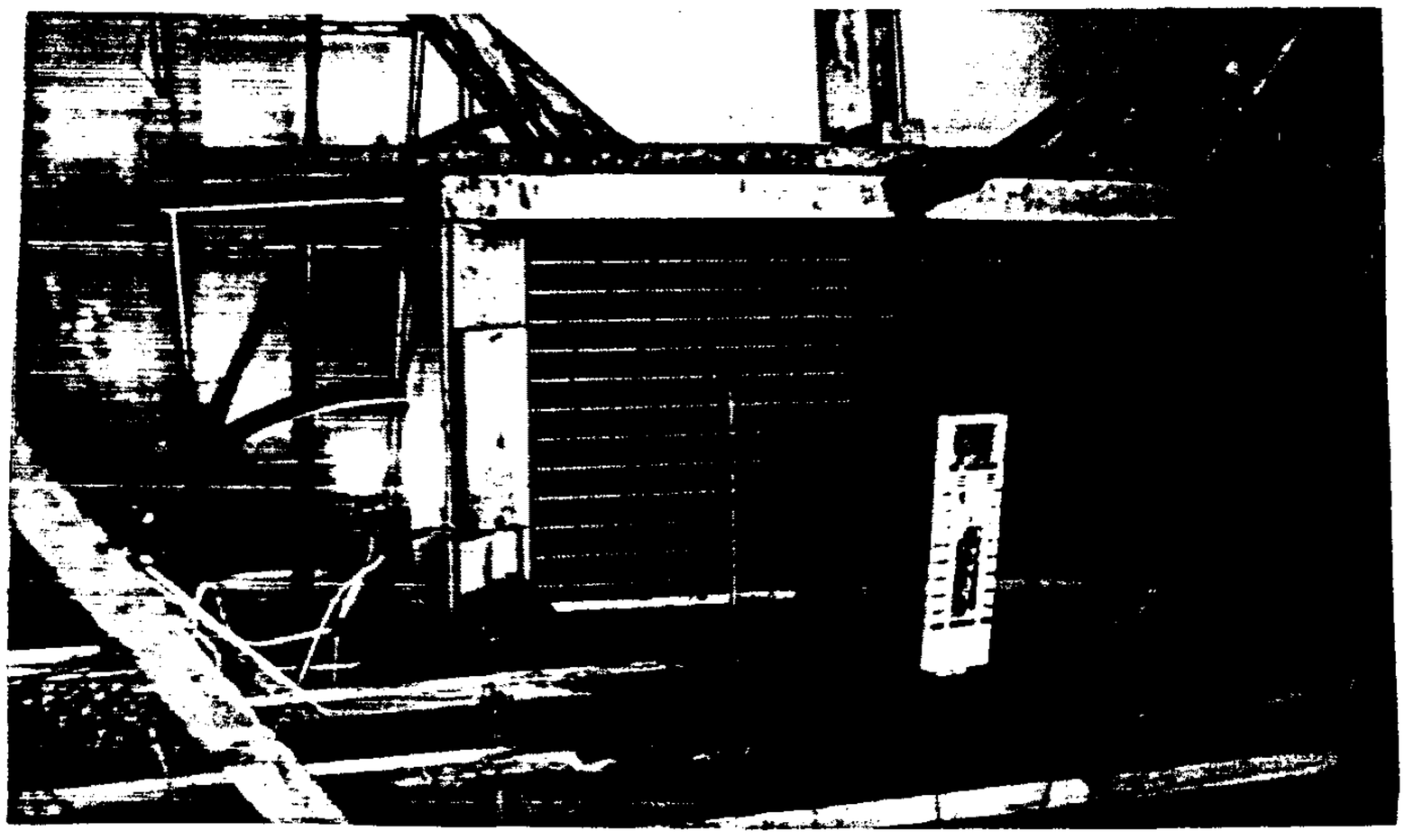

사진 5. 라디에이타 열교환 시스템

사진 6. 냉기송풍 시설

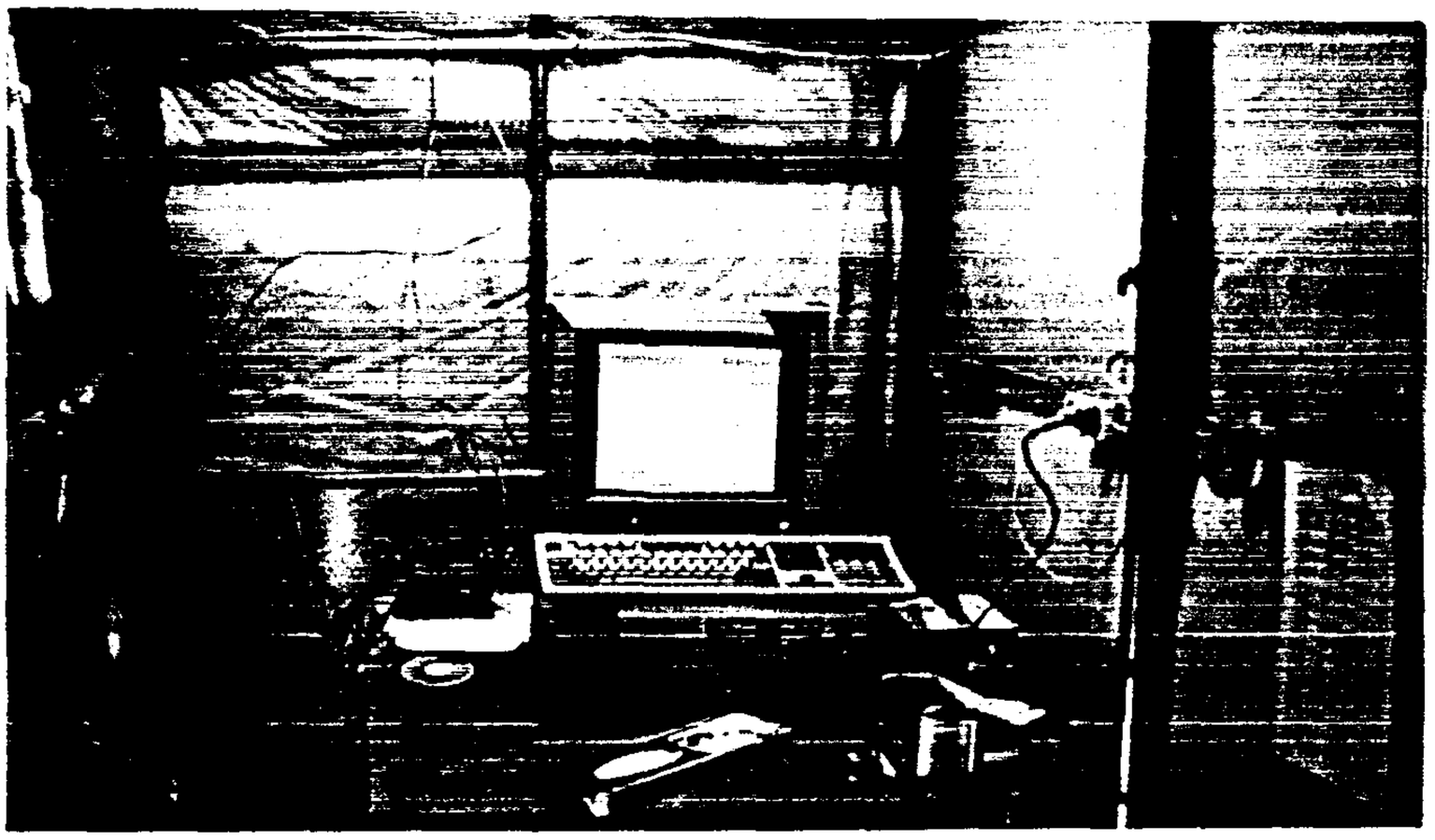

사진 7. 다점식 온도감지 장치

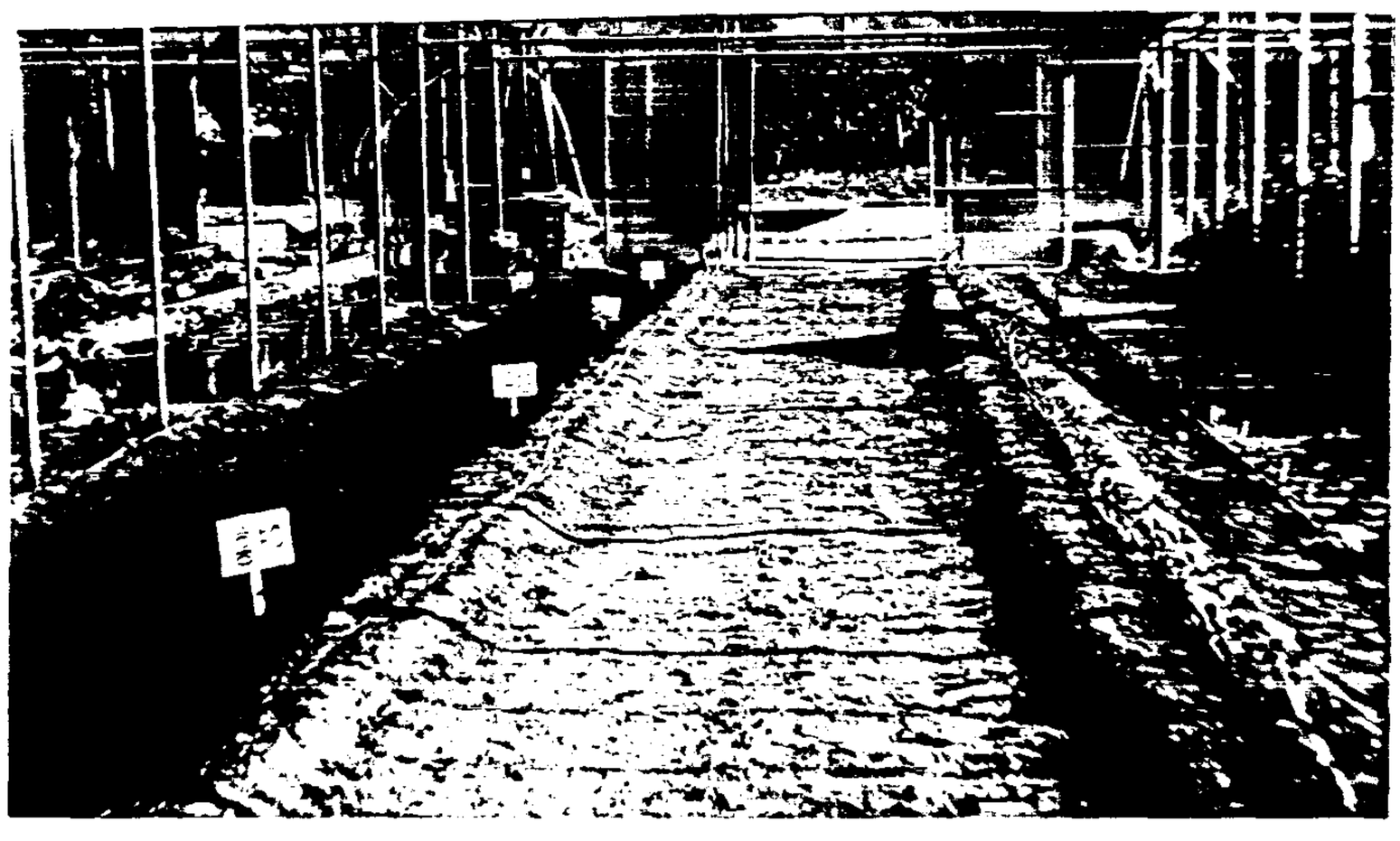

사진 8. 모주정식 전경

사진 9. 야냉단일 처리

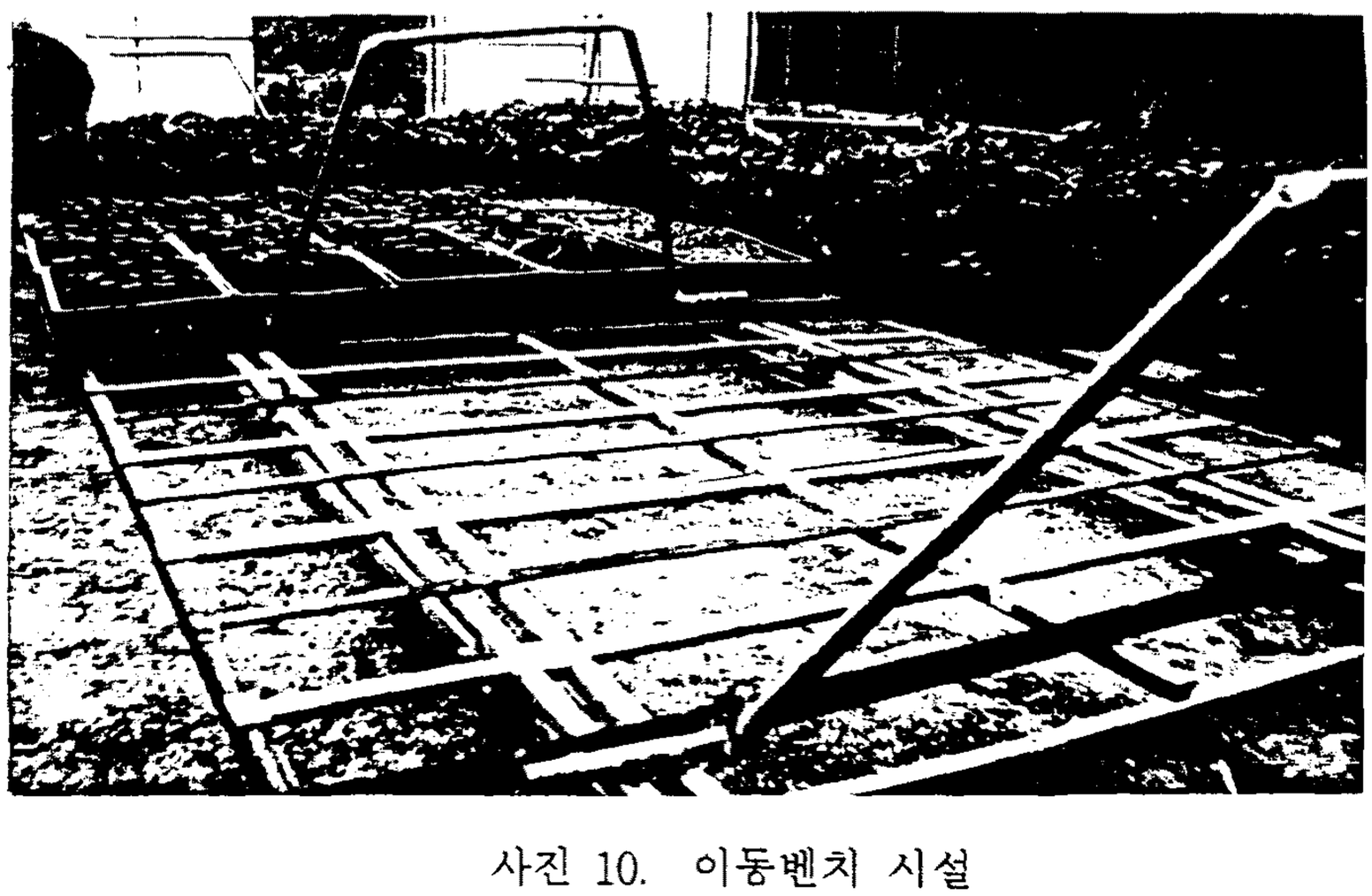

사진 10. 이동벤치 시설

사진 11. 포장정식후 생육상황

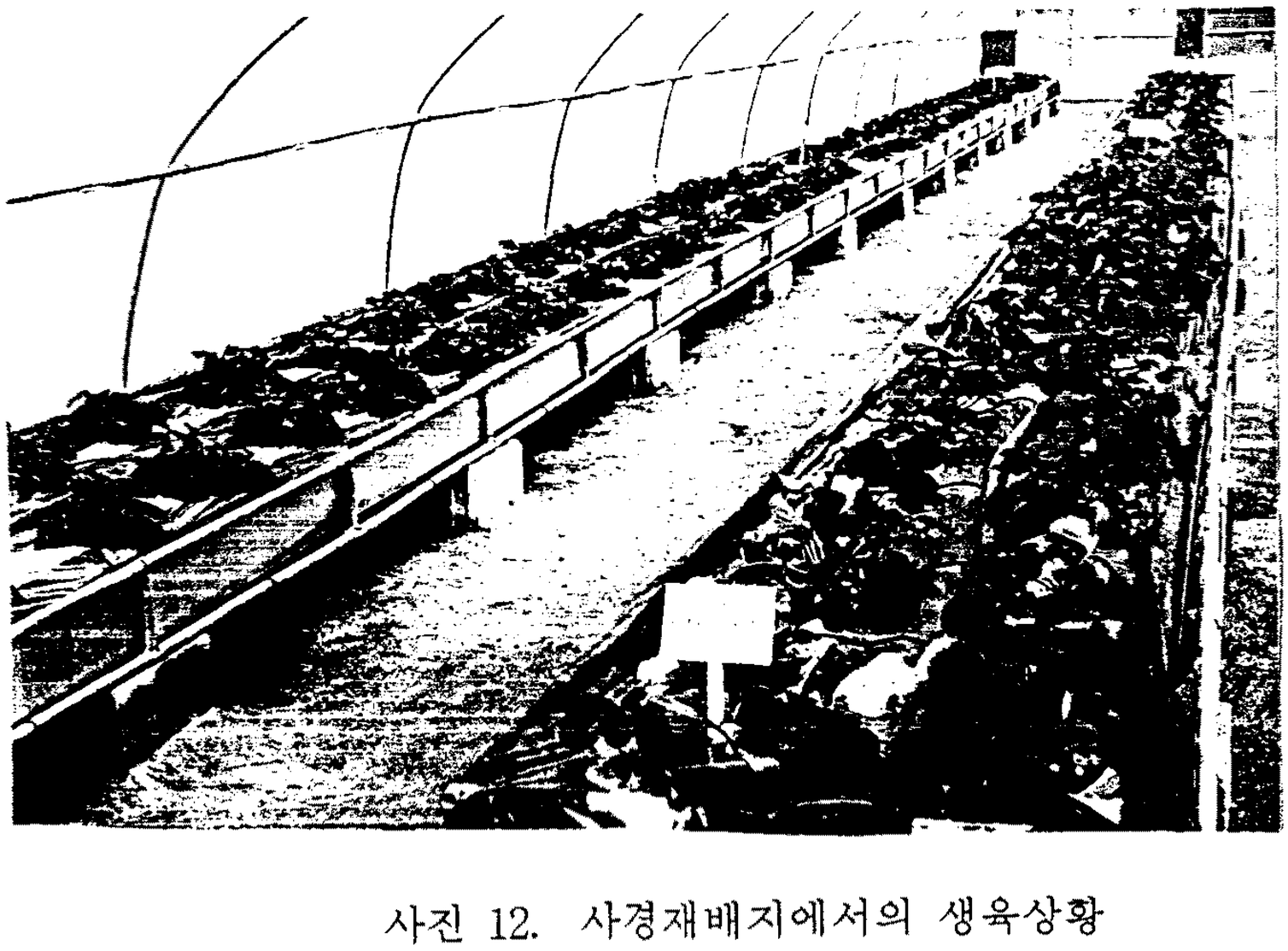

사진 12. 사경재배지에서의 생육상황

사진 13. 제 1화방 개화상태

사진 14. 사경재배에서의 착과상태

사진 15. 토경재배에서의 착과상태

사진 16. 생육단계별 광합성 측정