

최 중
연구보고서

635.9153

L2938

v. 2

원예작물 조직배양묘의 급속대량증식 및
순화체계개발과 실용화 시험

Development and Practical Application of Photoautotrophic Culture and
Acclimatization Systems for Mass-Production of Micropropagated
Horticultural Plantlets

<부록> 농가보급형 조직배양시설 표준설계도서

연구기관

경상대학교 시설원예연구소

농 립 부

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “원예작물 조직배양묘의 급속대량증식 및 순화체계개발과 실용화 시험”과제의 최종보고서로 제출합니다.

1998. 2. 25.

주관연구기관명 : 경상대학교 농과대학
시 설 원 예 연 구 소

총괄연구책임자 : 정병룡

세부과제책임자 : 박중춘, 정병룡, 설인준

연 구 원 : 민영봉, 이영만, 윤용철, 강호중,
장사문, 이상욱

연 구 보 조 원 : 양찬석, 손영걸, 박봉식, 신순선,
김시론, 최우진, 이은주, 김정숙,
조미숙, 변정희, 이형정, 임동희,
이민주

여 백

요 약 문

I. 제목

원예작물조직배양의 급속대량증식 및 순화체계개발과 실용화 시험

II. 연구개발의 목적과 중요성

1. 연구개발의 목적

가. 광독립자가영양배양의 최적환경설정과 제어장치 개발

- 1) 광독립자가영양배양의 특성과 최적환경조건 및 환경조절 제어기술
- 2) 조직배양실과 환경조절장치 개발
- 3) 컴퓨터 제어 시스템 개발
- 4) 광 공급장치 개발
- 5) 광독립자가영양배양 장치의 실용화 실험

나. 광독립자가영양배양 조건하에서 배양체의 생육에 미치는 광도, CO₂농도, DIF, 일장 등의 개별 및 상호작용 효과 규명

- 1) 광독립자가영양배양에서의 광도와 CO₂ 농도 영향
- 2) 광독립자가영양배양에서의 CO₂ 농도와 환기회수의 영향
- 3) 광독립자가영양배양에서 주·야간 온도차(DIF)와 광도의 영향
- 4) 광독립자가영양배양에서 명·암 주기와 환기회수의 영향
- 5) 광독립자가영양배양에서 광도, 주·야간 온도차(DIF) 및 일장의 상호작용
- 6) 발근단계에서 영양체계가 배양묘의 생장에 미치는 영향
- 7) 발근단계에서 영양체계 및 순화방법이 배양묘의 생장에 미치는 영향
- 8) 광독립자가영양배양시 배양기내의 지지물 및 이온농도의 영향
- 9) 광독립자가영양배양시 배양기 종류와 환기회수의 영향

다. 광독립 자가영양배양시설의 설계와 활용실증 시험

- 1) 농가보급형 자가영양배양시설의 표준설계
- 2) 농가 실용화를 위한 실증시험

라. 농가보급을 위한 표준 조직배양시설의 경제성 분석

- 1) 조직배양법과 농가수용 기술

- 2) 조직배양농장의 시설규모와 투자액
- 3) 조직배양사업의 수익과 비용 추정
- 4) 조직배양사업의 수익성 분석
- 5) 조직배양사업의 경제적 타당성 분석

2. 연구개발의 중요성

- 가. 조직배양에 의한 대량번식 기술은 지금까지 광범위한 식물번식에 적용되어 오고 있고 학교, 연구소, 지도소, 농가 등 많은 곳에서 조직배양실을 갖추고 생산기술의 연구에 임하고 있으나 조직배양의 농업생산성과 직결되는 배양가능작물의 범위와 배양묘의 성장속도 및 성묘 획득율은 대단히 부진하며 성묘의 가격은 매우 높은 실정이므로 개선이 필요하다.
- 나. 그러나 기존 농가가 직면하고있는 문제점은 높은 생산비용으로 이는 주로 대량 증식 기간동안의 생장을 저조, 발근불량 및 순화과정의 유식물체 생존율저하 등에 기인되고 있다.
- 다. 이는 조직배양방법의 비효율성과 첨단 신기술의 미수용과 연관이 있고, 특히 기외 육성의 초기단계인 순화과정에서 발생하는 높은 고사율은 성묘율에 크게 영향을 미치므로 개선되어야 한다.
- 라. 배양과정 중에 배양기의 환경을 조절해 줌으로서 기내생장은 물론 기외 이식된 후 더 빠르고 강한 세력으로 자랄 수 있도록 도와줄 수 있다. 즉 배양배지내 존재하는 탄수화물에만 전적으로 의존하는 기존의 타가영양(heterotrophic)방식에서 식물 자체의 광합성에 의하여 발육할 수 있도록 환경을 제어해 주는 광독립자가영양(photoautotrophic)방식 또는 탄수화물과 자가영양이 혼합된 광혼합영양(photomixotrophic)방식으로의 전환이 필요하다.
- 마. 배양기내의 타가영양상태의 유묘를 온실 또는 기외 포장에 이식하였을 때 즉 순화과정에서 갑자기 받게되는 자가영양상태로의 전환은 이들의 생존율을 저하시킨다. 이는 유묘들이 자란 배양기내의 인공배지에 포함된 영양성분과 생물환경이 외부의 자연환경과 매우 달라 유묘들이 심한 환경스트레스를 받기 때문이다.
- 바. 생력화의 부재와 첨단장비의 미도입으로 인건비가 생산비 중에 차지하는 몫이 큰데 이것도 광독립영양배양법의 도입으로 개선될 수 있다.
- 사. 조직배양묘 생산능가의 생산효율이 매우 낮고, 이로 인해 막대한 외화를 낭비하면서 매년 대부분의 종묘를 수입하고 있는 실정이므로 자가영양배양의 기술개발로 이를 절감할 수 있을 것이다.
- 아. 이를 위해 조직배양묘 급속대량증식을 위한 광독립영양배양장치 개발과 광독립자가영양배양 조건하에서의 최대 배양묘 생산 조건의 구명이 필요하다.
- 자. 또한 농가도입을 위한 광독립영양배양의 표준설계와 실용화시험 및 표준시설에 대한 경제성 분석이 필요하다.

Ⅲ. 연구개발과 내용 및 범위

연구개발목표	연구개발내용	범위
가. 광독립 자가영양배양의 최적 환경설정과 제어장치개발	<ul style="list-style-type: none"> • 자가영양배양의 특성과 최적환경조건 및 제어기준 정립 • 배양실 환경과 환경조절장치개발 • 컴퓨터제어시스템개발 • 광 공급장치 개발 • 광독립자가영양배양시험 	<ul style="list-style-type: none"> - 자가영양배양의 환경적 특성검토 - 광, 온도, CO₂, 공기순환속도, 당농도 등의 환경범위 설정 - 순화과정의 환경스트레스에 대한 문헌적 고찰 - 실험실용, 소농가용, 전업농가용 등 3모델 검토 - 모델별 환경조절기능 및 최적설비사항 결정 - 시스템의 구성과 사양 - 환경조절 소프트웨어개발 : 기능선택과 조작, 제어기법개발, 제어 시뮬레이션 - 컴퓨터 제어시스템의 환경관리 : 온도(난방, 냉방), 습도, CO₂, 광, 풍속 - 형광등, 광섬유, LED조명 공급장치 - 광 공급 조절원의 광원회로도 작성 - 실험용 자가영양배양실 시험 - 대상작물 : 거베라, 스타티스, 호접란, 딸기, 상추
나. 자가영양배양 조건하에서 배양체의 생육에 미치는 광도, CO ₂ 농도, DIF, 일장 등의 개별 및 상호작용 효과 규명	<ul style="list-style-type: none"> • 자가영양배양에서의 주·야간 온도차(DIF)효과 규명 • 자가영양배양에서의 상대 습도 효과 규명 • 자가영양배양에서의 명·암기 주기와 CO₂효과 규명 • 자가영양배양에서의 광도, DIF 및 일장의 상호작용 효과 규명 • 자가영양배양시 공정육묘판과 상토의 이용 가능성 시험 	<ul style="list-style-type: none"> - 화훼3종, 채소 1종 - DIF 3수준설정과 최적화 - 화훼 3종, 채소 1종 - 배양실 RH와 배양기 환기회수 처리 - 화훼 3종, 채소 1종 - 명·암기주기와 CO₂농도처리 - 화훼 3종, 채소 1종 - 광도, DIF와 일장효과 규명을 위한 처리 - 화훼 2종 - 상토 종류, 육묘판 크기
다. 자가영양배양 시설의 설계와 활용실증시험	<ul style="list-style-type: none"> • 농가보급형 조직배양 표준시설의 설치 • 농가실용화를 위한 실증시험 	<ul style="list-style-type: none"> - 배양동, 순화실, 육성온실구분 - 순화실은 터널형, 챔버형, 순화배양겸용형으로 구분 - 설계도서는 설계도, 시방서, 공사비내역, 온실구조안전해석 등 작성 - 농가보급을 위한 자가영양배양시험 - 측면 광 공급장치 효과시험 - 농가보급을 위한 순화 적용시험 - 대상작물 : 거베라, 스타티스, 호접란, 딸기, 상추, 감자
라. 농가보급을 위한 표준조직배양시설의 경제적인 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 농가 실용화를 위한 경영평가·분석 	<ul style="list-style-type: none"> - 투자액과 비용은 경제공학적 접근 - 시설규모 : 배양실, 순화실, 육성실 구분 - 관행배양과 자가영양배양 비교분석 - 대상작물 : 스타티스, 호접란, 딸기

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과 요약

가. 서론

- 1) 조직배양에 의한 식물세포조직 또는 기관 등의 대량증식 과정을 요약하고 특히 배양기내의 CO₂농도 및 광환경과 배지의 물리적 환경특성에 대하여 검토하였다.
- 2) 본 연구에서는 광독립자가영양배양의 최적 환경설정과 환경제어장치를 개발하고 자가영양배양 조건하에서 식물배양체의 생육에 미치는 영향을 구명하기 위하여 광도, CO₂농도, 주야간의 온도차, 상대습도, 명암기의 주기 등에 대하여 주요작물을 대상으로 배양실험을 실시하였다. 그리고 광독립 자가영양배양방법을 농가에 보급하기 위하여 시설의 설계, 농가실용화를 위한 실증시험, 표준시설에 대한 경제성 분석 등이 실시되었다.

나. 광독립자가영양배양의 최적환경설정과 제어장치 개발

1) 광독립자가영양배양의 특성과 최적 환경조건 및 환경조절 제어기술

자가영양배양의 특성을 검토한 최적 환경조건의 제어기준을 설정하기 위하여 배양단계별 환경특성과 조절범위를 검토하였다. 환경설정범위는 광원은 cool-white 형광등과 LED광, 광량은 70-140 μ mol \cdot m⁻² \cdot s⁻¹, 명/암기는 주기조절, 온도범위 \pm 오차는 20-27 $^{\circ}$ C \pm 1 $^{\circ}$ C, 상대습도는 85-99%, CO₂농도는 450 - 2,000ppm범위로 하고, 조절방법은 환기회수 1h⁻¹, 배지의 당농도는 0-30g/l⁻¹, 공기유동은 ON-OFF 방식으로 하였다. 그리고 순화과정에서 자가영양배양묘의 효과와 몇 가지 환경스트레스에 대한 문헌적 고찰을 하여 순화장치 개발을 위한 참고자료로 하였다. 그 내용은 배양기 내외의 환경요인으로 CO₂농도, 공기와 수분포텐셜, 광 등이었다. 그리고 타가영양번식, 자가영양번식, 증산작용 등이 순화시 광합성 및 배양묘의 생육에 미치는 영향과 배양묘의 순화중 환경스트레스 요인으로 수분, 식물조직, 광합성, 저온 등이 미치는 영향이 고찰되었다. 또한 배양묘의 적절한 순화방법이 검토되었다.

2) 광독립자가영양배양실과 환경조절장치 및 컴퓨터제어 시스템 개발

광독립영양배양방법 도입을 위하여 조직배양실과 환경조절설비를 고안제작하고 최적환경 조성기술 및 제어장치를 개발하였다. 먼저 기초시험용 배양실을 고안 제작하여 환경조절장치를 설비하고 온도, 습도, 광, 바람의 인위적 조절을 시도하여 환경조절 반응자료를 획득하였다. 환경조절 반응자료를 근거로 보급형의 배양실 구조를 재설계하고, 배양실 환경조절용 기계장치의 최적 설비사양을 정립하였다. 환경계측 및 제어가 가능한 센서, 인터페이스, 동력 배전반을 고안제작하고 컴퓨터와 연결하여 환경제어시스템을 개발하였다. 개발결과는 다음과 같다.

가) 보급형 배양실은 3가지 형태로 개발하였다. 대형 실험실 또는 소농가용으로 4

실행모델, 소규모 실험실용으로 1조 2실형모델, 실용생산 또는 전업 농가용으로 대형 Room형 모델로 하였다.

- 나) 각 모델별로 환경 조절기능을 갖도록 실내구조를 설계하였고, 설비사양을 도표화하여 생산업체에 기술이전이 가능하게 하였다.
- 다) 환경제어 항목은 온도(난방, 냉방), 습도, CO₂, 광 및 풍속으로 하였고 광과 풍속은 3단 조절로 고정하여 제어되도록 하고, 기타 환경은 다음의 제어기법을 응용하여 제어하였다.
- 라) 제어기법은 ON-OFF, PWM 출력 PID 및 PWM 출력 Fuzzy제어를 도입하였으며, 각 제어기법의 성능을 극대화하기 위하여 각 환경제어계의 수식모형을 수립하고, 디지털 프래트 모형으로 변환하여 환경제어 시뮬레이션을 실시하여, ON-OFF제어의 사역, PID제어의 게인 및 Fuzzy제어의 퍼지변수 수치화 범위에 대한 최적화를 도모하였다.
- 마) 각 제어기법의 현장적용 결과, 어떠한 환경제어에서도 Fuzzy, PID, ON-OFF 순의 제어 정확도를 나타내었고, 3가지 기법 모두 실용화가 가능한 것으로 판단되지만, Fuzzy제어는 현장경험에 의한 퍼지변수 설정이 가능하기 때문에 가장 실용적인 것으로 판단되었다. 온도, 습도, CO₂농도의 제어오차는 각각 $\pm 1.2^{\circ}\text{C}$, $\pm 4.4\%RH$ 및 $\pm 53\text{ppm}$ 으로 나타났다.
- 바) 제어기법 도입시 반드시 고려하여야 할 것은 첫째, 환경조절기의 동작지연과 최소동작시간, 계측장치의 시정수 및 지연시간을 감안한 제어주기 결정, 둘째, 온도제어에서 난방기와 냉방기 중 단일 기종만 이용, 셋째, 습도나 CO₂농도제어에서와 같이 한번이라도 목표치보다 실제값이 높게 되면 실제값을 목표치이하로 낮추기 어려우므로 항상 실제값이 제어목표치 이하로 유지 되도록 하는 것 등이었다.
- 사) 모니터 화면을 주시하면서 편리하게 운영할 수 있는 컴퓨터 환경제어시스템을 개발하였다. 주요 기능은 자동제어, 수동제어, 설정치 입력, 자료관리 및 장치와 센서의 초기설정으로 하였고, 환경의 제어기법은 Fuzzy제어기법이 가장 우수하였으며, 시험결과 활용상의 문제점은 거의 없었다.
- 아) 조직배양실내 균질의 광 공급을 위한 광공급장치를 개발하였다. 3단 조명과 반사거울을 이용한 형광등 광공급장치, 광섬유를 이용하여 배양기내 유묘의 상부 및 측면 조광이 가능한 광공급장치, 고휘도 LED 조명판을 이용한 광공급장치 및 형광등과 역V형 거울을 이용한 광공급장치 등이었다. 광섬유와 LED에 의한 장치는 광도가 낮아 측면광으로서의 보조광으로 활용할 수 있었고, 금후 광량 증가를 위한 검토가 필요하였다.
- 자) 이상의 기초시험부터 실용화시험까지 수행한 연구결과에서 조직배양실과 부대 시설 및 환경제어장치들은 기업의 상품화가 가능할 수 있도록 충분한 자료와 기술을 도출하였다.

3) 광독립 자가영양배양장치의 실용화 실험

앞에서 얻어진 광독립자가영양배양 시설과 환경설정조건을 이용하여 거베라, 스타티스, 호접란, 딸기, 토마토, 상추 등에 대하여 성묘율 및 생육효과시험을 실시하였다.

광독립자가영양배양은 sucrose, 비타민, 성장조절제를 첨가하지 않은 배지에서 $140\mu\text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 강광과 1,000ppm의 CO_2 환경에서 시간당 1회의 공기순환조건을 부여하였고, 타가영양배양은 $30\text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ 에 비타민과 성장조절제를 첨가하고 배양환경은 일반 관행조건인 $70\mu\text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광에 CO_2 는 membrane filter를 부착하지 않아 공기순환을 0.01회/시간으로 제한하였다. 그리고 혼합영양배양은 $15\text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ 의 sucrose 첨가에 filter를 부착하여 대기중 CO_2 농도 340ppm을 시간당 1회 순환될 수 있도록 하고 그 외 조건은 타가영양배양과 동일하게 하여 서로 비교하였다.

공시작물의 시험성적을 보면 성묘율은 타가영양배양에 비하여 광독립영양배양 효과가 뚜렷하였다. 특히, 거베라, 스타티스, 상추등은 광독립영양배양이 82.0 - 96.6% 범위에 있는데 반하여 타가영양배양은 64.0 - 78.1% 범위에 있어 매우 낮았으며, 혼합영양배양은 72.5 - 87.5%로서 그 중간의 성묘율을 보였다. 그리고 호접란의 경우는 모든 시험구에서 성묘율이 높아 90%이상을 보였고 특히 광독립자가영양배양은 100%의 성묘율을 보여 타가영양과 혼합영양의 90.6%, 96.9%에 비하여 성묘율이 높았다.

생효과분석을 위해 조사된 몇 가지 형질들의 성적에서는 시험구별로 다소의 차이는 있었으나 대부분 광독립영양배양에서 생육이 양호하였다. 즉 건물중 또는 생체중 증가정도에서 스타티스, 호접란, 딸기, 토마토, 상추 등은 자가영양에 비해 타가영양이 낮은 생육을 보였고, 혼합영양배양은 작물에 따라 차이는 있으나 대체로 그 중간이었다. 반면에 거베라의 경우는 타가영양이 생체중 증가율이 가장 높았고, 자가영양과 혼합영양은 타가영양에 비하여 각각 낮았다.

이상의 결과에서 광독립자가영양배양이 대부분의 작물에서 성묘율 및 생육상태가 양호하였으나 작물 또는 조사형질 그리고 배양환경에 따라 차이가 있을 수 있으므로 여러 가지 모형의 환경에서 배양시험을 선행하고 또한 능가보급을 위한 실증시험이 수행되어야 할 것으로 사료되었다.

다. 광독립자가영양배양 조건하에서 배양체의 생육에 미치는 광도, CO_2 농도, DIF, 일장 등의 개별 및 상호작용 효과 규명

경상대학교에 설치된 4개의 조직배양연구실에서 실험을 실시하였다. 배양실은 컴퓨터에 의해서 설정된 환경(광도, 온도, 일장, CO_2 농도, 상대습도 등)을 조절할 수 있도록 설계되었다. 거베라(*Gerbera hybrida* Hort. cv. Ansofie), 카네이션(*Dianthus caryophyllus* cv. Scarlet Bell), 딸기(*Fragaria × ananaas* Duch. cv. Houkouwase), 스타티스(*Limonium* spp. cv. Misty Blue) 및 국화(*Denderanthea grandiflorum* cv. Heejung)를 공시식물로 이용했다. 실험에 사용된 배양기는 4.0

$\times 10^{-4} \text{ m}^3$ 유리 마요네즈병 또는 $3.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 의 Magenta GA7 배양기였고 뚜껑에 직경 10 mm의 구멍을 1개 뚫어 통기성의 filter를 붙여 배양기의 환기회수 (NAEH)를 2.0 또는 2.8 h^{-1} 로 각각 높였다. MS배지(당, 비타민 무첨가)를 이용하고, 지지물로는 agar($8.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) 등을 이용하였다. 광원으로는 3파장 cool-white 형광등을 이용하였다. 필요에 따라 환경조건(기온, 광도, 상대습도, 일장, 주야간 온도, 배지의 종류, 이온의 농도 등)을 변화시켜 배양 식물의 생육반응(생체중, 건물중, 초장, 근장, 엽수, 엽면적, 엽록소 농도 등)을 조사하였다.

1) 광독립자가영양배양에서의 광도와 CO_2 농도 영향

거베라, 카네이션 및 스타티스는 광합성유효광자속(PPF)가 높아질수록 생체중, 건물중, 건물울 및 엽면적 등의 전반적인 생육이 유의성 있게 촉진된 반면 초장은 유의성 있게 작아졌으며, 딸기는 초장도 길어졌다. CO_2 농도가 높아질수록 거베라, 카네이션 및 스타티스의 생체중, 건물중, 건물울, 초장 등이 유의성 있게 커졌으나 딸기에서는 초장과 엽면적이 작아졌다.

2) 광독립자가영양배양에서의 CO_2 농도와 환기회수의 영향

거베라, 딸기, 카네이션 및 스타티스는 CO_2 농도가 높을수록 그리고 배양기의 환기회수가 높을수록 생체중, 건물중, 초장, 엽면적 등이 유의성 있게 커졌다.

3) 광독립자가영양배양에서 주·야간온도차(DIF)와 광도의 영향

카네이션의 경우 초장은 - DIF 처리구에서, 절간장은 + DIF 처리구에서 유의성 있게 길어졌고 엽면적은 작아졌으며 엽록소농도는 0 DIF에서 컸다. 광도가 높아질수록 생체중, 건물중, 엽면적 등이 유의성 있게 커졌다.

거베라의 생체중, 초장 및 경장은 0 DIF 처리구에서 유의성 있게 컸다. 건물중, 최대근장, 엽면적 및 총엽록소농도는 - DIF 처리구에서 유의성 있게 컸다. 초장과 경장은 + DIF 처리구에서 억제되었다. 광도가 높아질수록 생체중, 건물중, 엽수 및 엽면적이 유의성 있게 커졌다. 초장과 경장은 광도가 낮은 처리구에서 높은 처리구에서보다 유의성 있게 컸다.

딸기는 생체중, 건물중, T/R 건물비, 경장, 초장, 엽면적 및 총엽록소농도는 0 DIF에서 건물울은 - DIF에서 유의성 있게 컸다. 광도가 높을수록 생체중, 건물중, 경장, 초장 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 건물울, T/R 건물비 및 총엽록소농도는 유의성 있게 작아졌다.

스타티스는 DIF에 의한 효과는 나타나지 않았고, 광도가 높을수록 생체중, 건물중 및 초장은 유의성 있게 커졌다.

4) 광독립자가영양배양에서 명·암기 주기와 환기회수의 영향

카네이션과 스타티스는 명기 8시간 암기 4시간 처리구에서 생체중, 건물중, 초장 및 엽수 등이 컸다. 환기회수가 높은 구에서 생체중, 건물중, 초장 및 엽면적은 유의성 있게 커진 반면, T/R 건물비는 유의성 있게 줄어들었다.

딸기는 명기 16시간과 암기 8시간 처리구에서 생체중, 초장 및 엽수가 유의성 있게 커진 반면 건물울은 유의성 있게 작았다. 환기회수가 높은 구에서 생체중, 건

물중, 건물울, 초장 및 엽면적은 유의성 있게 커졌다.

- 5) 광독립자가영양배양에서 광도, 주·야간 온도차(DIF) 및 일장의 상호작용
카네이션은 + DIF에서 T/R 건물비 및 초장이 유의성 있게 컸다. 명기 16시간
암기 8시간 처리구에서 생체중, 건물중, 초장, 엽수, 엽면적 및 총엽록소농도가 유
의성 있게 커진 반면 T/R 건물비는 유의성 있게 줄었다. 광도가 높아질수록 생체
중, 건물중 및 T/R 건물비가 유의성 있게 커진 반면 총엽록소농도는 유의성 있
게 작아졌다.

스타티스는 + DIF에서 건물중, 초장 및 엽면적이 유의성 있게 커졌다. 명기 16시
간과 암기 8시간 처리구에서 엽수 및 총엽록소농도가 유의성 있게 커졌다. 광도
에 의한 효과는 총엽록소농도에서만 광도가 낮을수록 유의성 있게 커졌다.

딸기는 + DIF에서 엽수가 유의성 있게 커진 반면 초장 및 총엽록소농도는 유의
성 있게 줄어들었다. 명기 16시간과 암기 8시간 처리구에서 T/R 건물비 및 초장
이 유의성 있게 커졌다. 광도가 높아질수록 건물중 및 엽수가 커진 반면 T/R 건
물비, 초장 및 총엽록소농도는 유의성 있게 줄었다.

- 6) 발근단계에서 영양체계가 배양묘의 생장에 미치는 영향

카네이션은 생체중, 건물중, 최대근장 및 엽면적은 광독립자가영양배양
구에서 유의성 있게 커졌다. 건물울, T/R 건물비, 초장, 신초수, 엽수 및
총엽록소농도는 처리구간의 유의차가 없었다. 광혼합영양배양에서 유리화
되는 경향을 보였으며 줄기가 가늘고 절간이 긴 반면 자가영양배양에는
뿌리가 길고 뿌리수도 많았으며 절간이 짧았다.

딸기는 생체중, 건물중, T/R 건물비, 초장, 엽수 엽면적 및 총엽록소농도
는 자가영양배양구에서 유의성 있게 커진 반면 건물울 및 최대근장은 유
의성 있게 작아졌다. 광혼합영양배양에서의 딸기는 잔뿌리보다는 원뿌리
가 발달되었다. 자가영양배양에서는 줄기가 약간 붉은 색을 띄고 잔뿌리
가 발달되면서 뿌리가 말리는 경향을 보였다.

- 7) 발근단계에서 영양체계 및 순화방법이 배양묘의 생장에 미치는 영향

카네이션은 자가영양배양법에서 자란 식물체일수록 생체중, 건물중, 초장, 최대근
장 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 건물울, T/R 건물비 및 신초수는 유의성
있게 작아졌다. 엽수 및 총엽록소농도는 처리구간에 유의차가 없었다. 차광률이
낮을수록 생체중, 건물중, 건물울, 근장 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 T/R
건물비와 초장은 유의성 있게 작아졌다. 신초수, 엽수 및 총엽록소농도는 처리간
에 유의성이 인정되지 않았다. 차광률이 높아질수록 휘어서 자라는 경향이 높았
으며 자가영양배양법에 의해 순화된 식물은 광혼합영양배양법 의해 자란 식물보
다 절간이 짧고 식물체의 휘어짐이 적었다.

딸기는 자가영양배양법에서 자란 식물체일수록 생체중, 건물중, 건물울, T/R 건
물비, 초장, 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 최대근장은 유의성 있게 작아졌
다. 신초수, 엽수 및 총엽록소농도는 기내 배양시 영양체계에 의하여 영향을 받지

않았다. 순화시 차광률이 낮을수록 건물중과 건물을 유의성 있게 커진 반면 T/R 건물비, 초장 및 엽면적은 유의성 있게 작아졌다. 엽수는 차광 25%일 때 유의성 있게 커졌다. 생체중, 최대근장 신초수 및 총엽록소농도는 차광에 의해 영향을 받지 않았다.

8) 광독립자가영양배양시 배양기내의 지지물 및 이온농도의 영향

스타티스는 상토인 토실이를 사용한 처리구에서 초장 및 근장이 agar와 perlite를 사용한 처리구에서보다 유의성 있게 길었다. 딸기의 초장과 근장, T/R율은 토실이 상토에서 배양시 유의성 있게 컸으며 생체중과 건물중도 agar에 비해 양호하였다. 스타티스 소식물체의 1/2MS 배지에 인산을 $0.7075 \text{ meq} \cdot \text{l}^{-1}$ 추가로 첨가해준 배지에서 엽수, 엽면적 및 신초수가 유의성 있게 컸으며, MS배지에 인산을 $1.415 \text{ meq} \cdot \text{l}^{-1}$ 추가로 첨가해준 배지에서 초장, 생체중 및 건물중이 유의성 있게 컸다. 온실용 다용도 액비를 사용한 처리구에서의 생육이 억제되었다.

9) 광독립자가영양배양시 배양기의 종류와 환기회수의 영향

딸기는 배양기 종류에 의한 차이는 나타나지 않았지만 filter의 수가 증가할수록 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중이 유의성 있게 증가하였다. 엽수와 건물중은 filter를 1개 부착했을 때 유의성 있게 컸다.

Duchefa box에서 배양시킨 카네이션은 모두 유리화 현상을 보였다. 딸기와 마찬가지로 배양기 종류에 의한 차이는 나타나지 않았지만 filter의 수가 증가할수록 지상부 건물중과 총건물중이 증가하였다.

스타티스 배양소식물체는 배양기 종류에 의한 효과는 인정되지 않았지만 filter의 수가 증가할수록 생체중, 건물중 및 엽면적이 유의성 있게 증가하였고, 그중 Duchefa box에 filter를 2개 부착한 처리구에서의 생육이 가장 좋았다.

라. 농가보급형 광독립영양배양실과 순화실 활용 실증시험

1) 농가보급형 자가영양배양시설의 표준설계

가) 조직배양묘 생산농가가 이용할 수 있는 광독립영양배양시설의 표준설계도서를 작성하였다.

나) 설계도서의 작성은 조직배양동, 순화실, 육성온실로 구분하였고 순화실의 규모는 터널형(T형), 챔버형(C형), 그리고 순화배양 겸용형(AC형)으로 세분하였고, 순화실의 종류를 기준으로 표준설계도서를 별도로 작성하였다.

다) 설계도서의 내용은 설계도, 시방서, 공사비내역서, 육성온실의 구조안전도 해석으로 하였다.

라) 본 보고서에 기술된 설계내용은 축소된 도면과 주요내용을 요약하였으며 자세한 내용과 원도는 별도의 「농가보급형 식물조직배양시설의 설계도서」에 기술하여 별책으로 출판하였다.

2) 농가실용화를 위한 실증시험

광독립자가영양배양의 도입을 위해서는 적절한 배양시설과 배양기술이 필요하다.

앞에서 설계된 3가지 표준모델에서 터널형(T형) 시설을 기준으로 능가적응시험을 자가영양배양과 측면광공급 시험, 그리고 순화적응 시험으로 구분 실시하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

가) 광독립자가영양배양시험에 이용한 공시재료는 거베라, 스타티스, 호접란, 딸기, 상추, 감자 등 6종이었다.

이들 작물에서 광독립자가영양배양의 기내 성묘생존율은 83.3% - 100% 범위에서 평균 95.2%이었고, 타가영양배양은 66.7 - 91.2% 범위에서 76.3%의 평균값을 보였다. 혼합영양배양은 평균성묘율이 85.0%로서 이들 작물은 72.0 - 94.3%의 범위에 있었다. 생육상태조사는 초장, 엽과 뿌리생육, 생체중 및 건물중 등의 양적 형질과 엽색 등을 조사한바 작물과 조사형질에 따라 성적이 동일한 경향을 보이지는 않았으나 대체로 엽수는 타가영양이 많은 경향이었고 초장, 엽신장, 뿌리생육, 엽색 등은 자가영양이 효과적인 경우가 많았다. 그리고 생체중과 건물중에서는 작물에 따라 증가율이 서로 달랐다. 이상의 시험조사 과정에서 양적인 증가는 배양환경에 따라 서로 다르나 건강한 묘라 할 수 있는 질적 형질은 광독립자가영양배양이 타가영양배양에 비하여 우세함을 육안으로 확인할 수 있었다.

나) 조직배양의 측면광 공급을 위한 광원으로 LED Light를 이용하고자 하였다. LED광은 열이 발생하지 않으므로 기내 배양체에 온도장해가 없으며 또한 측면에서 광을 공급할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 시험에 사용된 LED광원은 황색, 녹색, 적색등 3종이었고, 이들의 광량은 각각 1.9, 2.2, 94.0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이었다. 공시작물은 거베라, 상추, 감자 등으로 하였다.

광원별 효과에서는 적색광이 좋은 결과를 보였고 특히 적색광은 광량이 높아 CO₂가 공급될 경우 sucrose가 첨가되지 않은 시험구인 자가영양상태에서도 생육이 양호한 경향을 보였다.

이상 LED를 위한 측면광공급용 조직배양환경은 금후 광량증가를 위한 장치개발과 배양기의 적절한 배치를 위해 LED Light의 배열방법 등이 검토되어야 할 것으로 사료되었다.

다) 자가영양상태에서 배양된 묘가 순화과정에서 어느 정도 적응효과가 있는가를 검토하기 위하여 순화실험을 실시하였다.

공시작물로는 거베라, 스타티스, 호접란, 상추 등 4종으로 하였다. 대부분의 작물에서 광독립자가영양조건에서 배양된 묘가 순화력이 높았으며 타가영양상태에서 배양된 묘는 낮았고 혼합배양의 경우는 그 중간정도였다. 이상의 결과에서 자가영양환경은 기내배양 뿐만 아니라 순화과정에서도 생육효과가 인정되어 양질의 묘를 다량으로 생산할 수 있게 하였다. 따라서 건전묘 획득과 성묘율 향상을 높이기 위해서는 광독립자가영양배양시설 뿐만 아니라 적절한 환경조건이 부여될 수 있는 전용순화실의 도입이 필요하였다.

마. 원예작물조직배양사업의 경제성 분석

본 연구에서는 능가보급형 조직배양농장을 대상으로 배양실과 순화·육성실의 적정 시설규모와 투자액을 결정하고 수익과 비용을 추정하여 조직배양사업의 수익성과 경제성을 분석하였다. 또한 자가영양배양기술의 개발과 이의 능가보급을 위한 실증 시험결과에 대한 경제적 효율성을 평가하기 위해 관행의 타가영양배양기술과 비교·분석하였다.

본 연구결과 원예작물 조직배양사업은 배양시설이 완전 가동될 경우 매출액이익률은 32.6%, 총자본수익률은 27.7%로 사업의 수익성이 비교적 높은 것으로 나타났으며, 내부투자수익률은 22.10%로 조직배양사업은 경제적 타당성이 높은 유망한 업종인 것으로 평가되었다. 특히 자가영양배양기술은 배양과정에서의 성묘율 향상으로 타가영양배양기술에 비해 수익성을 높이고 묘의 평균생산비를 절감하는데 크게 기여할 수 있는 것으로 분석되었다. 그러나 배양시설 가동률이 70%수준 이상으로 유지되지 못할 경우 자산의 비효율적 운용으로 경영성과가 악화되고 묘의 평균생산비가 상승하는 결과가 초래될 수 있다.

원예작물 조직배양농장의 경영성과를 향상시키고 묘의 평균생산비를 절감하기 위해서는 묘를 저렴한 비용으로 대량생산·공급할 수 있는 기술체계확립과 더불어 적정 수준의 가동률을 유지할 수 있도록 주문생산체계를 우선적으로 확립해 나가는 것이 무엇보다 중요하다.

2. 실적

가. 논문발표

- 1) 박중춘, 민영봉, 정병룡, 양찬석, 손영걸, 이상욱, 1995. 조직배양을 위한 광독립 환경 및 생장조절장치 개발, 경상대학교 시설원예연구 2:301-315.
- 2) 박중춘, 민영봉, 1996. 광독립 식물조직배양실의 장치와 환경기술, '96 농림부현장으로 과제 중간발표, 경상대 시설원예연구소, 1-19
- 3) 손영걸, 김시론, 박중춘, 1997. 광독립영양배양이 딸기의 기내증식에 미치는 영향, 한국원예학회 영남지부 가을 논문발표 요약집 15.
- 4) 손영걸, 김시론, 박중춘, 1997. 광독립영양배양이 거베라 초기 생육에 미치는 영향, 한국원예학회 영남지부 가을 논문발표 요약집 19.
- 5) 손영걸, 김시론, 박중춘, 1997. 광독립영양배양이 스타티스의 초기 생육에 미치는 영향, 한국원예학회 영남지부 가을 논문발표 요약집 20.
- 6) 양찬석, 이은주, 정병룡, 박중춘, 1995. 배양기의 환기회수, 광합성유효광량자속 및 배지 내 유기물함량이 스타티스(*Limonium spp.*) 배양소식물체의 광독립 및 혼합영양 생장에 미치는 영향, 경상대학교 농자원이용연구소보 29:17-23.
- 7) 이은주, 진행경, 정병룡, 1996. 광독립영양배양에서 광도와 CO₂ 농도가 거베라와 스

- 타티스 소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 추계논문발표요지 14(2): 412-413.
- 8) 이은주. 1997. 스타티스 '미스티 블루'의 자가영양배양에 관한 연구. 석사학위 논문. 경상대학교.
 - 9) 이은주, 임미영, 정병룡. 1997. 딸기 미세번식의 생력화를 위한 신배지의 도입 효과에 관한 연구. 한국원예학회 발표요지 15(2):118-119.
 - 10) 이은주, 정병룡. 1997. 광독립배양에서 일장과 환기회수가 카네이션과 스타티스 소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 논문발표 요지 15(1): 445-446.
 - 11) 이은주, 정병룡. 1998. 배지 내 인산의 초기농도가 스타티스 배양소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 원예과학기술지. (인쇄중).
 - 12) 이은주, 정병룡, 임미영. 1998. 자가영양배양시 agar 대체 지지물로 사용된 원예용 상토가 스타티스 배양소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 원예과학기술지. (인쇄중).
 - 13) 이은주, 정병룡, 김영희. 1998. 기내 배양환경과 기외 순화시의 차광정도가 스타티스 배양소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 원예과학기술지. (인쇄중).
 - 14) Lim, M. Y., E. J. Lee, and B. R. Jeong. 1998. Introduction of growing media and plug cells for autotrophic micropropagation of statice and strawberry. XXV International Horticultural Congress. (인쇄중).
 - 15) 정병룡. 1995. 원예작물조직배양묘의 급속대량증식 및 순화체계 개발과 실용화 시험. 농림수산부 현장애로기술 개발연구 제 1차년도 보고서. 97p.
 - 16) 정병룡. 1996. 광독립배양을 이용한 채소작물의 기내대량번식. 한국원예학회 영남지방 창립총회 및 기념 심포지엄 초록문. p. 5.
 - 17) 정병룡, 이은주, 김수정. 1996. 발근단계에서의 영양체계가 카네이션과 딸기 배양묘의 생육에 미치는 영향. 한국식물조직배양학회 추계학술발표요지 39-40.
 - 18) 정병룡, 이은주, 김수정, 황승재. 1996. 발근단계에서의 기내 영양체계와 기외 순화방법이 카네이션과 딸기 배양묘의 생육에 미치는 영향. 한국식물조직배양학회 추계학술발표요지 37-38.
 - 19) 정병룡, 이은주, 진행경. 1996. 광독립영양배양에서 광도, CO₂ 농도 및 환기회수가 딸기 소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국식물조직배양학회 추계학술발표요지 41-42.
 - 20) 정병룡, 이은주, 진행경. 1996. 광독립영양배양에서 CO₂ 농도와 환기회수가 카네이션과 스타티스 소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 추계논문발표요지 14(2): 414-415.
 - 21) Jeong, B. R., C. S. Yang, and E. J. Lee. 1996. Photoautotrophic growth of *Dianthus caryophyllus* in vitro as affected by photosynthetic photon flux and CO₂ concentration. Acta Horticulturae 440: 611-615.
 - 22) Jeong, B. R., C. S. Yang, and J. C. Park. 1996. Growth of *Gerbera hybrida* in vitro as affected by CO₂ concentration and air exchange rate of the vessel. Acta

Horticulturae 440: 510-514.

- 23) Jeong, B. R., C. S. Yang, E. J. Lee, and J. C. Park. 1996. Photoautotrophic growth of *Dianthus caryophyllus* in vitro as affected by PPF and CO₂ concentration. Book of Abstracts, Int'l Symposium on Plant Production in Closed Ecosystems 153.
- 24) Jeong, B. R., C. S. Yang, and J. C. Park. 1996. Photoautotrophic growth of *Gerbera hybrida* in vitro as affected by CO₂ concentration and air exchange rate. Book of Abstracts, Int'l Symposium on Plant Production in Closed Ecosystems 53.
- 25) 1995년 12월 8일: 교육부주관 학술진흥재단지원 전국대학생 논문발표대회, 농수해양분야 장려상 수상(이은주, 진행경, 정병룡), 논문제목 - 광합성유효광량자속, 환기회수 및 배지 내 유기물의 유무가 스타티스 소식물체의 독립 및 혼합영양생장에 미치는 영향
- 26) 1996년 9월 24일: 경상대학교 농과대학 학술발표회 우수상 수상(김수정, 정병룡), 논문제목 - 발근단계에서의 영양체계와 기외 순화시의 차광률이 카네이션의 생육에 미치는 영향
- 27) 1997년 9월 30일: 경상대학교 농과대학 학술논문발표회 우수상 수상(임미영, 정병룡), 논문제목 - 딸기 미세번식의 생력화를 위한 원예용 상토의 도입효과
- 28) 1997년 12월 10일: 교육부주관 전국대학생 학술발표대회, 농수해양분야 최우수상 수상(임미영, 정병룡, 논문제목 - 딸기 미세번식의 생력화를 위한 원예용 상토의 도입

나. 사업재산권 출원 및 등록

구 분	명 칭	국 명	출 원 일	등 록 일	비고 (출원 및 등록번호)
실용신안	하우스형 접목활착 촉진시스템	대한민국	1995. 9. 18		출원 95-25104
실용신안	조직배양실의 광섬유 광공급장치	대한민국	1995. 9. 18		출원 95-25103
실용신안	농가용 접목활착시스템	대한민국	1996. 5. 17		출원 96-12310
프로그램	A-GEM	대한민국		1996. 5. 29	등록 96-01-12-2382
프로그램	A-GEM, MRAC	대한민국		1996. 5. 29	등록 96-01-12-2383
프로그램	A-GEM, ECS	대한민국		1996. 5. 29	등록 96-01-12-2384
실용신안	난방용 연소장치(Humidifan활용)	대한민국	1997. 8. 11		출원 97-21851
실용신안	접목활착촉진장치	대한민국	1994. 6. 9	1997. 6. 1	등록 97-106011
실용신안	LED광을 이용한 식물 조직배양 측면광공급장치	대한민국	1997. 10. 13		출원 97-28322

다. 산업체 기술이전

기 술 내 용	산 업 체
1) 광독립 영양배양실의 설비	조은콘트롤(참여기업)
2) 조직배양실 컴퓨터 환경제어장치	조은콘트롤(참여기업)
3) 광독립영양배양 환경제어 소프트웨어	조은콘트롤(참여기업)
4) 광독립 영양배양실 표준도 설계	대영건축설계사
5) 포그가습을 이용한 순화장치	신안정밀
6) Humidifan을 이용한 온실냉방시설	신안정밀
7) 광독립 영양배양장치의 도입	용현농협 종묘사업소

라. 연구개발 결과의 활용에 대한 건의(활용계획)

- (1) 농림부 생산유통 지원사업의 조직배양실 표준시설 활용.
- (2) 조직배양 농가 기술교육 자료활용, 선진농가 육성.
- (3) 조직배양에 의한 영양번식용 원예작물의 건전묘 육성 및 수입종묘 대체.
- (4) 조직배양 농가의 경영 합리화를 위한 기초자료 제공.
- (5) 환경제어장치, 소프트웨어 등 산업재산권 출원등록.
- (6) 경남 조직배양 산학연구회 결성 및 기술교육

SUMMARY

Development and Practical Application of Photoautotrophic Culture and Acclimatization Systems for Mass-Production of Micropropagated Horticultural Plantlets

1. Introduction

In this study, the process, especially of CO₂ concentration and light environment of the culture vessel and characteristics of the physical environment in the culture medium, of mass production of plant tissues or organs through tissue culture was examined and summarized. Optimum culture environment was established and the environmental control devices were developed for the photoautotrophic culture system. Effects of photosynthetic photon flux (PPF), CO₂ concentration, difference between photoperiod and dark period temperatures (DIF), relative humidity, relative length of photoperiod/dark period, etc. under the photoautotrophic culture conditions on the growth and development of major micropropagated horticultural plants were investigated. In addition, in order to introduce the photoautotrophic micropropagation system to the commercial companies, design of the culture systems, on site demonstration experiment, and analysis of economic efficiency were made.

2. Establishment of the optimum environment and development of control devices for the photoautotrophic micropropagation

1) Characteristics of the photoautotrophic micropropagation and conditions of optimum environment and techniques of the environment control

Characteristics of environment and ranges of control for different culture stages were examined in order to establish control basis to achieve the optimum environmental conditions after studying characteristics of photoautotrophic micropropagation. Cool-white or LED as the light source, 70-140 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ PPF, cyclic photoperiod and dark period, 20-27°C \pm 1°C temperature, 85-99% relative humidity, and 450 - 2,000ppm CO₂ concentration, number of air exchange per hour 1h⁻¹, 0-30g \cdot l⁻¹ sucrose, and on-off regulation of the air movement were chosen.

Development of the acclimatization system was based on the literatures on the quality and tolerance to environmental stresses of photoautotrophically cultured plantlets. The major factors involved were CO₂ concentration, water potential and light.

And influence of culture system (photoautotrophic or mixotrophic) and transpiration on photosynthesis and growth of the plantlets during acclimatization were studied and optimum acclimatization methods of the micropropagated plantlets were studied.

- 2) Development of the photoautotrophic micropropagation room, environment control system, and computer control system

In order to introduce photoautotrophic micropropagation method, micropropagation room, environment control system, and computer control system for the maintenance of optimum environment were designed and constructed. First culture rooms for the basic studies were designed and constructed, environmental control devices were installed, and then artificial manipulation on the temperature, relative humidity, PPF, and air movement was tried to acquire response data. Based on the response data on the environmental control, culture rooms of commercial scale were redesigned, and specifications of the mechanical devices for the optimum control of the culture environment were established. Sensors, interface, and power switchboard capable of measurement and control of the environment were designed and constructed, and connected to a control computer to development environment control system. The results are as follows.

- (1) Three models of commercial culture rooms were developed: A large lab or small commercial farm scale model with four rooms, a small lab scale model with a set of two rooms, and a practical and commercial production model with large rooms.
- (2) Interior structure of each model was designed capable of environmental control. Design specifications were tabulated for the ease of technology transfer to companies.
- (3) Controllable environment factors are temperature (heating and cooling), relative humidity, CO₂, PPF and wind velocity. Wind velocity and PPF can be controlled at three fixed levels, and other factors are controlled as described below.
- (4) On-off control method, PWM output PID, and PWM output Fuzzy control were introduced. In order to maximize the capacity of each control method, mathematical models for each environmental control system were established. These models were transformed to digital plant models for the optimization of control ranges of dead area of on-off control, gain of the PID control and variables of Fuzzy control, by performing simulation experiments.
- (5) When each control method was applied to real situations, control accuracy

was in the order of Fuzzy, PID, and on-off. Although all three methods were thought to be suitable, Fuzzy control, which is capable of setting variables in real situations, was found to be the most practical. Control errors for temperature, relative humidity, and CO₂ concentration were $\pm 1.2^{\circ}\text{C}$, $\pm 4.4\%$ and $\pm 53\text{ppm}$, respectively.

- (6) Factors which must be essentially considered in introducing control method are: first, control interval considering operation delay and minimum operation time of the environmental controllers, time constant and delay time of the measurement devices; second, operation of either heater or cooling device at a time; third, maintenance of the real values below set point values because of the difficulty of lowering levels of relative humidity and CO₂ concentration.
- (7) A computer environmental control system operatable easily by looking at the computer monitor was developed. Major functions are automatic control, manual control, correctable set points, data management, and preset values for the devices and sensors. The Fuzzy control method was proved to be the most superior, and there was no problem in practical application of this method.
- (8) A light supply system capable of distributing even quality light was developed: A fluorescent light supply system using 3 levels of intensities and a reflectable mirror, a lighting system capable of providing light to the upper parts of young plantlets and to the sides of plantlets, a lighting system using a high intensity LED, and a lighting system using fluorescent lamps and a inverse V shape mirror. The optical fibers-LED system was proven to be efficient only as a sideward supplemental lighting, because of the low PPF emitted, and ways to increase PPF output should be found.
- (9) From these basic and practical studies, sufficient information and techniques were derived to commercialize culture rooms, accompanying devices and environmental control devices.

3) Experiments for the practical application of the photoautotrophic micropropagation system

Using photoautotrophic culture systems and environmental conditions developed, percent survival and growth in vitro of gerbera, statice, phalaenopsis, strawberry, tomato and lettuce were compared with those in other culture systems. In photoautotrophic cultures, sucrose, vitamins, or growth regulators were not added to the medium and $140\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPF, 1,000ppm CO₂, and 1h^{-1} number of air

exchanges per hour of the culture vessel were provided. In heterotrophic cultures, 30 g · l⁻¹ sucrose, vitamins and growth regulators were added, and 70 μ mol · m⁻² · s⁻¹ PPF and 340ppm CO₂ with only 0.01h⁻¹ number of air exchanges per hour of the culture vessel were provided. In mixotrophic cultures, 15g · l⁻¹ sucrose and 340ppm CO₂ with 1h⁻¹ number of air exchanges per hour of the culture vessel were provided.

Percent plantlet survival in the photoautotrophic system was superior to that in the heterotrophic system. Percent survival of gerbera, statice, and lettuce were in the range of 82.0 - 96.6% in the photoautotrophic system, which is comparable to 64.0 - 78.1% in the heterotrophic or 72.5 - 87.5% in the mixotrophic system. Although phalaenopsis showed high percent survival of greater than 90% in all systems, difference among the culture systems was evident, with 100% in photoautotrophic, 90.6% in heterotrophic, and 96.9% in mixotrophic system.

Dry and fresh weights of statice, phalaenopsis, strawberry, tomato and lettuce were promoted in the photoautotrophic system, compared to either heterotrophic system or mixotrophic system which showed a medium level among the three systems in general. However, gerbera showed the greatest rate of fresh weight increase in the heterotrophic system.

These results showed photoautotrophic system enhanced percent survival and growth of most species. However, the results varied among species, and as affected by growth parameters measured and culture environments. Therefore, culture experiments using different environments of different models should precede before commercial introduction of photoautotrophic culture systems.

3. Individual and/or mutual effects of PPF, CO₂ concentration, air exchange rate of the culture vessel, DIF, photoperiod, and other factors on the photoautotrophic growth of plantlets in vitro

Extensive culture experiments using the four culture rooms developed were conducted to study the effect of different environmental factors on the growth and development of major micropropagated species. Plant species used are gerbera (*Gerbera hybrida* Hort. cv. Ansofie), carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. Scarlet Bell), strawberry (*Fragari × ananaas* Duch. cv. Houkouwase), statice (*Limonium* spp. cv. Misty Blue) and chrysanthemum (*Denderanthea grandiflorum* cv. Heejung). Either 4.0 × 10⁻⁴ m³ glass bottles or 3.7 × 10⁻⁴ m³ Magenta GA7 vessels were used with a lid either intact or with a 10 mm diameter hole sealed with a microporous membrane filter to increase number of air exchanges per hour of the vessel (NAEH)

to 2.0 or 2.8 h⁻¹, respectively. In most of the studies MS medium without addition of sugar and vitamins was used along with 8.0 kg · m⁻³ agar as a gelling agent. Three wave cool-white fluorescent lamps were used as light sources. Environmental factors, such as temperature, PPF, relative humidity, photoperiod/dark period, DIF, supporting material, and ionic strength of the medium, were varied and plant responses were investigated.

1) Effect of photosynthetic photon flux and CO₂ concentration

In general growth parameters such as fresh and dry weights, percent dry matter and leaf area of gerbera, carnation and statice were promoted, while height suppressed, with the increase in PPF. Strawberry showed similar trends except height which was also promoted with increased PPF. Fresh and dry weights, percent dry matter and height of gerbera, carnation and statice were promoted with the increase in CO₂ concentration. However, height and leaf area of the strawberry were suppressed with the increase in CO₂ concentration.

2) Effect of CO₂ concentration and air exchange rate

In general growth such as fresh and dry weights, height, and leaf area of gerbera, carnation, strawberry and statice was enhanced with either increase in CO₂ concentration or NAEH alone or in combination.

3) Effect of photosynthetic photon flux and DIF

In carnation, promotion of height in -DIF, internodal length in +DIF and chlorophyll concentration in 0DIF was observed, while leaf area was suppressed in +DIF. Increased PPF enhanced fresh and dry weights and leaf area.

0DIF promoted fresh weight, height and stem length, while -DIF promoted dry weight, longest root length, leaf area and chlorophyll concentration of gerbera. Height and stem length was suppressed in -DIF and in the treatment of increased PPF. Increased PPF enhanced fresh and dry weights, number of leaves, and leaf area.

Fresh and dry weights, T/R dry weight ratio, height, stem length, leaf area and chlorophyll concentration of strawberry were the greatest in 0DIF, while percent dry matter was the highest in -DIF. Fresh and dry weights, height, stem length and leaf area were also promoted, while percent dry matter, T/R dry matter ratio and chlorophyll concentration were suppressed, by raised PPF.

Growth of statice was not affected by DIF, but fresh and dry weights, and height increased with increased PPF.

4) Effect of air exchange rate and photoperiod/dark period

Fresh and dry weights, height and number of leaves of carnation and statice were the greatest in the cyclic 8 h photoperiod plus 4 h dark period. Fresh and dry weights, height and leaf area were also enhanced, while T/R dry weight ratio suppressed, with increased NAEH.

5) Interaction of photosynthetic photon flux, DIF, and photoperiod/dark period

T/R dry weight ratio of carnation increased in + DIF treatment. The cyclic 16 h photoperiod plus 8 h dark period increased fresh and dry weights, height, number of leaves, leaf area and chlorophyll concentration, but decreased T/R dry weight ratio. Increased PPF increased fresh and dry weights, and T/R dry weight ratio, but decreased chlorophyll concentration.

Statice plantlets gained more dry weight, height and leaf area with + DIF. The cyclic 16 h photoperiod plus 8 h dark period increased number of leaves and chlorophyll concentration. However, only chlorophyll concentration was negatively affected by PPF.

Number of leaves increased, while height and chlorophyll concentration decreased with + DIF in strawberry. The cyclic 16 h photoperiod plus 8 h dark period gave the greatest height and T/R dry weight ratio. Higher PPF enhanced dry weight and number of leaves, but suppressed height, T/R dry weight ratio and chlorophyll concentration.

6) Comparison of photoautotrophic and photomixotrophic culture systems

Fresh and dry weights, longest root length, and leaf area of carnation were greater in photoautotrophic culture than in mixotrophic culture. Percent dry matter, height, number of shoots, number of leaves and chlorophyll concentration were not affected by the culture system. Hyperhydric transformation was observed only on plantlets cultured mixotrophically. While the cultured plantlets were slender with longer internodes in mixotrophic culture, those in the photoautotrophic culture had longer roots and more number of roots and shorter internodes.

Fresh and dry weights, T/R dry weight ratio, height, number of leaves and chlorophyll concentration of strawberry were greater, but percent dry matter and longest root length were smaller in photoautotrophic culture than in mixotrophic culture. Mixotrophic condition produced plantlets with thicker roots rather than thin fibrous roots. In photoautotrophic condition enhanced development of fibrous roots and petioles developed typical redish color, which was not develop in mixotrophic condition.

7) Effect of culture system in vitro and acclimatization shading

Plantlets cultured either photoautotrophically or mixotrophically in vitro in 6) were used for the study of acclimatization shading in the greenhouse. Fresh and dry weights, height, longest root length, and leaf area of the carnation plantlets cultured photoautotrophically in vitro, compared to those cultured mixotrophically, and grown in the greenhouse afterward, were enhanced, while percent dry matter, T/R dry weight ratio and number of shoots were suppressed. Number of leaves and chlorophyll concentration were not affected. Fresh and dry weights, percent dry matter, longest root length and leaf area increased, but T/R dry weight ratio and height decreased, as the acclimatization shading decreased. Number of shoots, number of leaves and chlorophyll concentration were not affected. As the percent shading increased, plants tended to bend, especially in mixotrophically cultured plants. And photoautotrophically cultured plants had shorted internodes after acclimatization.

In strawberry fresh and dry weights, percent dry matter, T/R dry weight ratio, height and leaf area increased and longest root length decreased in plantlets cultured photoautotrophically in vitro, compared to those cultured mixotrophically. Number of shoots, number of leaves and chlorophyll concentration were not affected. Lower percent shading increased dry weight and percent dry matter, but decreased T/R dry weight ratio, height and leaf area. Number of leaves was the greatest in 25% shading, while fresh weight, longest root length, number of shoots and chlorophyll concentration were not affected by the percent shading.

8) Effect of supporting material and ionic strength

When horticultural growing media "Tosilee" and "perlite" were used as supporting media in replace of agar, statice plantlets had longer height and roots. Strawberry plantlets also grew better in Tosilee than in agar with enhanced height, root length, T/R dry weight ratio, and fresh and dry weights.

Statice plantlets grew better with supplement of $0.7075 \text{ meq} \cdot \text{l}^{-1} \text{ P}$ to 1/2MS medium with more leaves, leaf area and shoots. When $1.415 \text{ meq} \cdot \text{l}^{-1} \text{ P}$ was added to MS medium, height and fresh and dry weights were enhanced. However, growth of plantlets cultured with a fertilizer solution, used for greenhouse plants, was suppressed, implicating deficiency of nutrients.

9) Effect of culture vessel type and air exchange rate

Growth of strawberry plantlets was not affected by type of culture vessel, but leaf area, and fresh and dry weights were enhanced with increasing number of

membrane filters on the vessel lid. Number of leaves and percent dry matter were the greatest with one filter per vessel.

All carnation plantlets cultured in Duchefa box were hyperhydrically transformed. As in strawberry growth of carnation plantlets were not affected by type of culture vessel, but shoot and total dry weights were enhanced with increasing number of membrane filters on the vessel lid.

Growth of statice plantlets was not influenced by of culture vessel, but fresh and dry weights and leaf area were enhanced with increasing number of membrane filters on the vessel lid. Duchefa box with two filters produced plantlets with the best growth.

4. Design and application trials of the photoautotrophic culture system

1) Design of standard models of culture systems for commercial use

- (1) A book containing designs of standard photoautotrophic culture systems applicable to commercial farms was made.
- (2) Design book is divided into sections of drawings on micropropagation buildings, acclimatization facility, and post micropropagation culture greenhouses. Acclimatization facility was further divided into tunnel type (T), chamber type (C) and acclimatization culture type (AC), and separate standard designs based on these models are included.
- (3) Design book contains design, specifications, construction costs, and structure safety analysis of the culture greenhouse.
- (4) Reduced size drawings and major contents are summarized in this report, but original drawings and details should be found in a separate publication titled "Design book of plant tissue culture systems for commercial application".

2) Trials for the commercialization of the systems

For the introduction of photoautotrophic culture, suitable culture facility and culture technique are necessary. Using the tunnel type culture system developed, trials for the commercialization of plantlet production were made and the results are as follows.

- (1) Gerbera, statice, phalaenopsis, strawberry, lettuce and potato plants were used. The percent survival in vitro of these species was in the range of 83.3% - 100% with the average value of 95.2% in the photoautotrophic culture system, 66.7 - 91.2% with the average value of 76.3% in the heterotrophic culture system, and 72.0 - 94.3% with the average value of 85.0% in the mixotrophic culture system. Although all the growth parameters did not show

the same trend, in general number of leaves was the greatest in the heterotrophic condition, and height, leaf extension, root growth and leaf color were enhanced in the photoautotrophic condition. Fresh and dry weight results varied by species. From these results, the quantitative growth was affected by culture environment, but qualitative factors such as plantlet health were distinctively better in the photoautotrophic than heterotrophic culture.

- (2) LED light as a sideward lighting system was tested. LED does not emit heat, and has no detrimental temperature effect on the cultured plantlets, and hence has the advantage to be applied from the side of culture vessels. LED of yellow, green and red colors with PPF of 1.9, 2.2 and $94.0 \mu \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, respectively, were tested on gerbera, lettuce and potato. Red LED gave the best growth because of the higher PPF, especially in the photoautotrophic conditions where CO_2 and sucrose are not provided. LED sideward lighting system needs to find ways to better arrange culture vessels or LED itself for the increase of PPF.
- (3) Acclimatizability (percent of plantlets successfully acclimatized) of the plantlets cultured photoautotrophically was studied with gerbera, statica, phalaenopsis and lettuce. In most of the species tested, plantlets cultured photoautotrophically showed highest acclimatizability, followed by those cultured mixotrophically, and those cultured heterotrophically showed the lowest efficiency. From these results, photoautotrophic culture system is proven to produce micropropagated plantlets of better quality in vitro and in acclimatizability. Therefore, in order to produce micropropagated plantlets of high quality and to raise percent survival after acclimatization, it is necessary to introduce photoautotrophic culture system and acclimatization facility.

5. Analysis of economic efficiency of the micropropagation business of the horticultural plants

Optimum size of tissue culture room, and acclimatizability and cultural greenhouses, and investment costs of the developed commercial scale facilities were determined. Then benefits and costs were estimated for the analysis of the economic profitability and economic efficiency of the micropropagation business. In addition, economic efficiency of developing photoautotrophic culture system as well as of the results obtained from the commercial introduction trials was compared to and analyzed against conventional mixotrophic culture system.

Micropropagation business showed comparatively high economic profitability with 32.6% profit rate to gross revenue, and 27.7% profit rate to total capital at full capacity of the culture facilities. Internal rate of return of 22.10% also indicates micropropagation as a business with a high and promising economic profitability. Especially, photoautotrophic culture method was analyzed as to improve percent survival, compared to mixo- or hetero-trophic culture method, during culture in vitro and during acclimatization ex vitro, to raise economic profitability, and hence to greatly contribute in reducing the average costs of production. However, if the rate of operation of the culture facilities is not maintained above 70%, then business performance will worsen because of inefficient management of assets and the average costs of plantlet production will become greater.

In order to improve business performance and to reduce the average costs of plantlet production, it is the most important to establish production techniques that allows mass production and supply of micropropagated plantlets at low costs along with the establishment of a production system on order to maintain the rate of operation at profitable levels.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	45
Section 1. Introduction	45
Section 2. Production procedure of tissue cultured plantlets and characteristics of physical environment of the culture vessels	45
Chapter 2. Establishment of the optimum environment and development of control devices for the photoautotrophic micropropagation	52
Section 1. Characteristics of the photoautotrophic micropropagation and conditions of optimum environment and basis of the control	53
Section 2. Development of the micropropagation room and environment control system	75
Section 3. Development of computer control system	97
Section 4. Development of light supply system	115
Section 5. Experiment for the application of photoautotrophic micropropagation system	120
Chapter 3. Individual and/or mutual effects of photosynthetic photon flux, CO ₂ concentration, number of air exchange rate, DIF, RH, photoperiod, and other factors on the photoautotrophic growth of plantlets in vitro	144
Section 1. Effect of photosynthetic photon flux and CO ₂ concentration	144
Section 2. Effect of CO ₂ concentration and number of air exchange rate	153
Section 3. Effect of photosynthetic photon flux and DIF	163
Section 4. Effect of number of air exchange rate and photoperiod	177
Section 5. Effect of photosynthetic photon flux, DIF, and photoperiod	184
Section 6. Comparison of photoautotrophic and photomixotrophic culture systems	191
Section 7. Effect of culture system in vitro and acclimatizational shading	194
Section 8. Effect of supporting material and ionic strength of the medium	200
Section 9. Effect of culture vessel and number of air exchange rate	204
Chapter 4. Design and application trials of the photoautotrophic culture system ...	215
Section 1. Design of standard models of culture systems for commercial use	215
Section 2. Trials for the commercialization of the systems	332

Chapter 5. Analysis of economic efficiency of the micropropagation business of the horticultural plants	366
Section 1. Introduction	366
Section 2. Methods of micropropagation and technologies utilized in the farm ...	367
Section 3. System size and investment of the micropropagation farms	368
Section 4. Benefits and costs estimation of the micropropagation business	372
Section 5. Analysis of economic profitability of the micropropagation business ...	379
Section 6. Analysis of economic feasibility of the micropropagation business	383
Section 7. Conclusions	386
References	394

목 차

요약문 / 3
 Summary / 17
 Contents / 27
 목차 / 29
 표차례 / 31
 그림차례 / 35
 사진차례 / 42

제 1장 서론 45
 제 1절 서언 45
 제 2절 조직배양묘의 생산과정과 배양기의 물리적 환경특성 45

제 2장 광독립자가영양배양의 최적환경설정과 제어장치 개발 52
 제 1절 광독립자가영양배양의 특성과 최적환경조건 및 제어기술 53
 제 2절 배양실 설계와 환경조절장치 개발 75
 제 3절 컴퓨터 제어 시스템 개발 97
 제 4절 광 공급장치 개발 115
 제 5절 광독립자가영양배양 효과시험 120

제 3장 광독립자가영양배양 조건하에서 배양체의 생육에 미치는 광도, CO₂농도, DIF, 일장 등의개별 및 상호작용 효과 규명 144
 제 1절 광독립자가영양배양에서의 광도와 CO₂ 농도 영향 144
 제 2절 광독립자가영양배양에서의 CO₂ 농도와 환기회수의 영향 153
 제 3절 광독립자가영양배양에서 주·야간 온도차(DIF)와 광도의 영향 163
 제 4절 광독립자가영양배양에서 명·암 주기와 환기회수의 영향 177
 제 5절 광독립자가영양배양에서 광도, 주·야간 온도차(DIF) 및 일장의 상호작용 184
 제 6절 발근단계에서 영양체계가 배양묘의 성장에 미치는 영향 191
 제 7절 발근단계에서 영양체계 및 순화방법이 배양묘의 성장에 미치는 영향 194
 제 8절 배양기내의 지지물과 배지 내 이온농도의 영향 200
 제 9절 광독립자가영양배양 배양기 종류와 환기회수 등의 영향 204

제 4장 광독립자가영양배양시설의 설계와 활용 실증시험 215
 제 1절 능가보급형 광독립자가영양배양 시설의 표준설계 215

제 2절 농가 실용화를 위한 실증시험	332
제 5장 원예작물 조직배양사업의 경제성 분석	366
제 1절 서론	366
제 2절 조직배양방법과 농가수용기술	367
제 3절 조직배양농장의 시설규모와 투자액	368
제 4절 조직배양사업의 수익과 비용 추정	372
제 5절 조직배양사업의 수익성 분석	379
제 6절 조직배양사업의 경제적 타당성 분석	383
제 7절 맺는 말	386
참고문헌	394

표 차 례

표 1.2.1. 마개가 다른 시험관내의 광합성유효광량자속(파장 400-700 nm)의 최대치, 최소치, 평균치 및 표준편차.....	50
표 2.1.1. 기내배양식물의 발근과 순화과정.....	58
표 2.1.2. 광독립자가영양배양실 개발을 위한 환경제어 범위 설정	59
표 2.1.3. 배양기내에 관여하는 환경요인.....	60
표 2.1.4. 기본배지의 종류에 따른 배지의 수분포텐셜.....	62
표 2.2.1. 배양시스템에 이용된 기계장치.....	78
표 2.2.2. 환경계측 장치 사양.....	78
표 2.2.3. 4실형 배양실 설계 사양.....	91
표 2.2.4. 대형 Room형 배양실 설계 사양	96
표 2.3.1. 고정 ON-OFF동작에 의한 작동기 조절.....	98
표 2.3.2. 프로세서 제어동작에 의한 제어항목	98
표 2.3.3. Fuzzy 제어 규칙표(ΔU 값)	105
표 2.3.4. 온도 제어시의 제어기법별 특성	109
표 2.3.5. 습도 제어시 제어기법별 특성	109
표 2.3.6. CO ₂ 제어 시뮬레이션시 제어기법별 특성	112
표 2.3.7. 4실형 시험용 배양실 제어결과.....	115
표 2.4.1. 사용한 LED블록	118
표 2.5.1. 비교시험의 배양환경 기본조건.....	120
표 2.5.2. 거베라의 조직배양 조건별 엽생장 비교.....	122
표 2.5.3. 스타티스의 조직배양 조건별 엽생장 비교.....	127
표 2.5.4. 호접란의 조직배양 조건별 엽생장 비교.....	131
표 2.5.5. 딸기의 조직배양 조건별 엽생장 비교.....	133
표 2.5.6. 토마토포종 및 절편체의 조직배양에서 광도와 공기순환 회수가 신초 발생률에 미치는 영향	137
표 2.5.7. 상추의 배양 조건별 엽생장 비교.....	140
표 3.1.1. 광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 거베라 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	146
표 3.1.2. 광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향.....	148
표 3.1.3. 광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	150
표 3.1.4. 광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향.....	152
표 3.2.1. CO ₂ 농도와 환기회수가 거베라 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	155

표 3.2.2.	CO ₂ 농도와 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	157
표 3.2.3.	CO ₂ 농도와 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	159
표 3.2.4.	CO ₂ 농도와 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	162
표 3.3.1.	주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	165
표 3.3.2.	주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	168
표 3.3.3.	주·야간 온도차와 광도가 거베라 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	170
표 3.3.4.	주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	172
표 3.3.5.	주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	174
표 3.3.6.	주·야간 온도차와 광도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	176
표 3.4.1.	일장과 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	179
표 3.4.2.	일장과 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	181
표 3.4.3.	일장과 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	183
표 3.5.1.	주·야간 온도차, 광도 및 일장이 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	186
표 3.5.2.	주·야간 온도차, 광도 및 일장이 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	188
표 3.5.3.	주·야간 온도차, 광도 및 일장이 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향	190
표 3.6.1.	발근단계의 영양체계가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	192
표 3.6.2.	발근단계의 영양체계가 딸기 배양묘 생장에 미치는 영향	193
표 3.7.1.	발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 카네이션 배양묘의 생장에 미치는 영향	197
표 3.7.2.	발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 딸기 배양묘의 생장에 미치는 영향	199
표 3.8.1.	광독립 자가영양배양시 지지물이 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	200
표 3.8.2.	광독립 자가영양배양시 지지물이 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	202
표 3.8.3.	광독립 자가영양배양시 이온의 농도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	204
표 3.9.1.	배양기 종류와 filter의 수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	206
표 3.9.2.	배양기 종류와 filter의 수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	208
표 3.9.3.	배양기 종류와 filter의 수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	210
표 3.9.4.	배양환경이 국화 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	212
표 3.9.5.	상대습도가 국화 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	213
표 4.1.1.	온실의 난방기, 쿨링팬, 환기팬의 사양	234
표 4.1.2.	배양접종실 기자재 품목별 수량과 규격	240

표 4.1.3.	기계장비의 기호 범례표	241
표 4.1.4.	보일러의 사양.....	241
표 4.1.5.	펌프류 사양.....	241
표 4.1.6.	탱크류의 사양.....	241
표 4.1.7.	배양동, 육성·순화온실의 동력설비 기호 범례표.....	244
표 4.1.8.	조직배양시설 T형 공사비 총괄표	284
표 4.1.9.	조직배양시설 T형 공사비 총괄 명세서	284
표 4.1.10.	배양동의 건축공사 공사비 명세서.....	285
표 4.1.11.	배양동 내부설비공사 공사비 명세서.....	285
표 4.1.12.	순화실 건축공사 공사비 명세서.....	285
표 4.1.13.	순화실 내부설비공사 공사비 명세서.....	286
표 4.1.14.	육성온실 건축공사 공사비 명세서.....	286
표 4.1.15.	육성온실 내부설비공사 공사비 명세서.....	286
표 4.1.16.	전기공사 공사비 명세서	287
표 4.1.17.	온실의 설하중에 의한 최대단면력 및 발생위치	291
표 4.1.18.	온실의 풍하중에 의한 최대단면력 및 발생위치	292
표 4.1.19.	설하중에 의한 최대단면력 및 최대응력	293
표 4.1.20.	부재별 최대응력과 안전적 설심.....	293
표 4.1.21.	풍하중에 의한 최대단면력 및 최대응력	294
표 4.1.22.	부재별 최대응력과 안전풍속	294
표 4.1.23.	순화활착장치의 사양.....	305
표 4.1.24.	조직배양시설 C형 공사비 총괄표	306
표 4.1.25.	조직배양시설 C형 공사비 총괄 명세서	307
표 4.1.26.	배양동의 건축공사 공사비 명세서.....	307
표 4.1.27.	배양동 내부설비공사 공사비 명세서.....	307
표 4.1.28.	순화실 건축공사 공사비 명세서.....	308
표 4.1.29.	순화실 내부설비공사 공사비 명세서.....	308
표 4.1.30.	육성온실 건축공사 공사비 명세서.....	308
표 4.1.31.	육성온실 내부설비공사 공사비	309
표 4.1.32.	전기공사 공사비 명세서	309
표 4.1.33.	순화배양실 및 육성온실의 난방, 환기, 냉방장치의 사양	316
표 4.1.34.	순화배양실, 육성온실의 동력설비 기호 범례표.....	320
표 4.1.35.	복합환경제어장치의 특성과 규격	324
표 4.1.36.	복합환경제어장치의 감시 및 제어.....	325
표 4.1.37.	복합환경제어장치의 기능별 제어방법	325
표 4.1.38.	복합환경제어장치의 센서사양과 설치방법	325
표 4.1.39.	조직배양시설 AC형 공사비 총괄표	328
표 4.1.40.	조직배양시설 AC형 공사비 총괄 명세서	328

표 4.1.41. 배양동의 건축공사 공사비 명세서.....	329
표 4.1.42. 배양동 내부설비공사 공사비 명세서.....	329
표 4.1.43. 순화실 건축공사 공사비 명세서.....	329
표 4.1.44. 순화실 내부설비공사 공사비 명세서.....	330
표 4.1.45. 육성온실 건축공사 공사비 명세서.....	330
표 4.1.46. 육성온실 내부설비공사 공사비	330
표 4.1.47. 전기공사 공사비 명세서	331
표 4.2.1. 거베라의 조직배양 조건별 엽생장 비교	333
표 4.2.2. 스타티스의 조직배양 조건별 엽생장 비교	337
표 4.2.3. 호접란의 조직배양 조건별 엽생장 비교	340
표 4.2.4. 딸기의 조직배양 조건별 엽생장 비교	343
표 4.2.5. 상추의 조직배양 조건별 생육 비교	345
표 4.2.6. 감자의 조직배양 조건별 생장 비교	347
표 4.2.7. LED Light 측면광 공급장치의 광량	349
표 4.2.8. LED 측면광 공급에 의한 거베라의 엽생장 변화	350
표 4.2.9. LED 측면광에 의한 상추의 엽생장 변화	353
표 4.2.10. LED 측면광에 의한 감자의 생장비교	357
표 4.2.11. 거베라의 기외순화를 위한 기내환경별 배양묘의 생육	359
표 4.2.12. 거베라의 기내 환경별 배양묘의 순화시 생육정도	360
표 4.2.13. 스타티스의 기내배양 환경별 배양묘 순화시 생육정도	362
표 4.2.14. 호접란의 기내배양환경별 배양묘 순화시 생육정도	362
표 4.2.15. 상추의 기내 환경별 배양묘의 순화시 생육정도	363
표 5.3.1. 조직배양농장의 시설규모.....	369
표 5.3.2. 조직배양농장의 규모 및 투자액 (총괄)	370
표 5.3.3. 배양동의 규모 및 투자액.....	370
표 5.3.4. 순화실과 육성실의 규모 및 투자액	371
표 5.4.1. 조직배양농장의 묘 생산능력 추정.....	373
표 5.4.2. 조직배양농장의 연간 묘 생산량 추정	373
표 5.4.3. 조직배양농장의 연간 묘 판매수입.....	374
표 5.4.4. 조직배양농장의 연간 생산비	376
표 5.4.5. 작목별 묘 1주당 생산비	377
표 5.4.6. 배양실 가동률별 묘 1주당 생산비.....	378
표 5.5.1. 조직배양농장의 경영성과 분석	380
표 5.5.2. 자가영양배양기술과 타가영양배양기술간의 묘 생산량 비교	382
표 5.5.3. 자가영양배양기술과 타가영양배양기술간의 경영성과 비교.....	382
표 5.6.1. 조직배양사업의 경제적 타당성 분석.....	385
표 5.6.2. 조직배양사업의 감응도 분석	386
부표 5.1. 조직배양시설 공사비 내역 (T형).....	388
부표 5.2. 조직배양농장의 연간 생산비 산출근거	390

그림 차례

그림 1.2.1.	식물조직배양 과정의 흐름도	46
그림 1.2.2.	배양식물이 들어 있는 닫힌 용기내의 CO ₂ 농도의 경시변화	47
그림 1.2.3.	CO ₂ 시용구와 CO ₂ 무시용구에 대한 배양소식물체(카네이션)의 평균건물중의 경시 변화	48
그림 1.2.4.	배양소식물체(심비디움)의 건물중의 경시변화	48
그림 1.2.5.	명기에 있어서의 심비디움을 포함한 배양기 내외의 CO ₂ 농도차.....	49
그림 2.2.1.	배양실 단면도.....	76
그림 2.2.2.	환경제어설비	77
그림 2.2.3.	난방제어장치	78
그림 2.2.4.	냉방제어장치	82
그림 2.2.5.	CO ₂ gas 제어장치	82
그림 2.2.6.	단순 ON-OFF 제어에 의한 배양실내 환경변화	84
그림 2.2.7.	배양실 자연 냉각 시험 데이터	86
그림 2.2.8.	냉동기·가동시의 실내온도 변화.....	87
그림 2.2.9.	냉방기 가동시의 제습 영향.....	88
그림 2.2.10.	4실형 배양실 설계 단면도	90
그림 2.2.11.	1조 2실형 배양실 설계단면도.....	92
그림 2.2.12.	대형 Room형 배양실 설계개요	95
그림 2.3.1.	자동제어 화면.....	99
그림 2.3.2.	수동제어 화면.....	100
그림 2.3.3.	제측자료 관리.....	100
그림 2.3.4.	작동기 및 센서 관리.....	101
그림 2.3.5.	환경제어 기준 설정	101
그림 2.3.6.	퍼지변수의 정의.....	106
그림 2.3.7.	Fuzzy 제어입력의 계산법(MAX-MIN법)	106
그림 2.3.8.	난방제어 시뮬레이션 결과	107
그림 2.3.9.	냉방제어 시뮬레이션 결과	108
그림 2.3.10.	습도제어 시뮬레이션 결과	110
그림 2.3.11.	CO ₂ 제어 시뮬레이션 결과	111
그림 2.3.12.	난방 과정중의 배양실 환경제어 결과	113
그림 2.3.13.	냉방 과정중의 배양실 환경제어 결과	114
그림 2.4.1.	조직배양실의 광섬유에 의한 광 공급장치 모식도	116
그림 2.4.2.	광섬유 광원회로.....	117
그림 2.4.3.	배양실내 광섬유에 의한 광 공급	117
그림 2.4.4.	LED블록	119

그림 2.4.5.	LED블록 전원공급 회로	119
그림 2.4.6.	Mirror 광분산에 의한 측면 조광	120
그림 2.5.1.	거베라의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교	122
그림 2.5.2.	거베라의 조직배양 조건별 뿌리생장 비교	123
그림 2.5.3.	거베라의 조직배양 환경별 생체중 비교	123
그림 2.5.4.	거베라 조직배양 조건별 엽록소 함량 비교	123
그림 2.5.5.	거베라 조직배양 조건별 엽색 비교	124
그림 2.5.6.	스타티스의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교	126
그림 2.5.7.	스타티스의 조직배양 조건별 뿌리생장 비교	127
그림 2.5.8.	스타티스의 조직배양 조건별 무게 비교	128
그림 2.5.9.	호접란의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교	130
그림 2.5.10.	호접란의 조직배양 조건별 뿌리생장 비교	131
그림 2.5.11.	호접란의 조직배양 조건별 무게 비교	131
그림 2.5.12.	딸기의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교	133
그림 2.5.13.	딸기 조직배양 조건별 뿌리수 비교	134
그림 2.5.14.	딸기의 조직배양 조건별 무게 비교	134
그림 2.5.15.	상추의 배양 조건별 유묘 생존율 비교	140
그림 2.5.16.	상추의 조직배양 조건별 초장 비교	141
그림 2.5.17.	상추의 배양 조건별 뿌리수 비교	141
그림 2.5.18.	상추의 배양 조건별 생체중 비교	142
그림 3.1.1.	광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 거베라 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향	145
그림 3.1.2.	광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 거베라 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향	146
그림 3.1.3.	광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향.....	148
그림 3.1.4.	광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향.....	148
그림 3.1.5.	광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향	149
그림 3.1.6.	광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향	150
그림 3.1.7.	광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 스타티스 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향.....	151
그림 3.1.8.	광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 스타티스 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향.....	152
그림 3.2.1.	CO ₂ 농도와 환기회수가 거베라 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향...	154
그림 3.2.2.	CO ₂ 농도와 환기회수가 거베라 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향...	155

그림 3.2.3.	CO ₂ 농도와 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생체중 에 미치는 영향 ...	156
그림 3.2.4.	CO ₂ 농도와 환기회수가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향.....	157
그림 3.2.5.	CO ₂ 농도와 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향 ...	159
그림 3.2.6.	CO ₂ 농도와 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향 ...	159
그림 3.2.7.	CO ₂ 농도와 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향 ...	161
그림 3.2.8.	CO ₂ 농도와 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향 ...	161
그림 3.3.1.	주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 초장에 미치는 영향...	164
그림 3.3.2.	주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향	164
그림 3.3.3.	주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향	165
그림 3.3.4.	주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 첫째마디길이와 초장에 미치는 영향	166
그림 3.3.5.	주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향	167
그림 3.3.6.	주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향	167
그림 3.3.7.	주·야간 온도차와 광도가 거베라 배양소식물체의 초장과 경장에 미치는 영향	169
그림 3.3.8.	주·야간 온도차와 광도가 거베라 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향	169
그림 3.3.9.	주·야간 온도차와 광도가 거베라 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향	170
그림 3.3.10.	주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향 ...	171
그림 3.3.11.	주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향 ...	172
그림 3.3.12.	주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향 ...	173
그림 3.3.13.	주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향 ...	174
그림 3.3.14.	주·야간 온도차와 광도가 스타티스 배양소식물체의 생체중과 건물중에 미치는 영향	175
그림 3.4.1.	일장과 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향 ...	178
그림 3.4.2.	일장과 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향 ...	178
그림 3.4.3.	일장과 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향 ...	180
그림 3.4.4.	일장과 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향 ...	180
그림 3.4.5.	일장과 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향	182
그림 3.4.6.	일장과 환기회수가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향	182
그림 3.5.1.	주·야간 온도차, 광도 및 일장이 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향	185
그림 3.5.2.	주·야간 온도차, 광도 및 일장이 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향	185

그림 3.5.3.	주·야간 온도차, 광도 및 일장이 스타티스 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향.....	187
그림 3.5.4.	주·야간 온도차, 광도 및 일장이 스타티스 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향.....	187
그림 3.5.5.	주·야간 온도차, 광도 및 일장이 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향	189
그림 3.5.6.	주·야간 온도차, 광도 및 일장이 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향	189
그림 3.6.1.	발근단계의 영양체계가 카네이션 배양소식물체의 생체증과 건물중에 미치는 영향.....	192
그림 3.6.2.	발근단계의 영양체계가 딸기 배양소식물체의 생체증과 건물중에 미치는 영향	193
그림 3.7.1.	발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 카네이션 배양묘의 생체중에 미치는 영향.....	195
그림 3.7.2.	발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 카네이션 배양묘의 건물중에 미치는 영향.....	196
그림 3.7.3.	발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 딸기 배양묘의 생체중에 미치는 영향.....	198
그림 3.7.4.	발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 딸기 배양묘의 건물중에 미치는 영향.....	198
그림 3.8.1.	광독립 자가영양배양시 지지물이 스타티스 배양소식물체의 생체증과 건물중에 미치는 영향	201
그림 3.8.2.	광독립 자가영양배양시 지지물이 딸기 배양소식물체의 생체증과 건물중에 미치는 영향.....	202
그림 3.8.3.	광독립 자가영양배양시 이온의 농도가 스타티스 배양소식물체의 생체증과 건물중에 미치는 영향	203
그림 3.9.1.	배양기 종류와 filter의 수가 딸기 배양소식물체의 생체증에 미치는 영향...	205
그림 3.9.2.	배양기 종류와 filter의 수가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향...	206
그림 3.9.3.	배양기 종류와 filter의 수가 카네이션 배양소식물체의 생체증에 미치는 영향	207
그림 3.9.4.	배양기 종류와 filter의 수가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향	208
그림 3.9.5.	배양기 종류와 filter의 수가 스타티스 배양소식물체의 생체증에 미치는 영향	209
그림 3.9.6.	배양기 종류와 filter의 수가 스타티스 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향	210
그림 3.9.7.	배양환경이 국화 배양소식물체의 생체증과 건물중에 미치는 영향	211
그림 3.9.8.	상대습도가 국화 배양소식물체의 생체증과 건물중에 미치는 영향	213

그림 4.1.1.	배양실, 순화실, 육성온실의 전·후면 입면도	222
그림 4.1.2.	배양실, 순화실, 육성온실의 좌·우측면도	222
그림 4.1.3.	배양실, 순화실, 육성온실의 지붕평면도	223
그림 4.1.4.	배양실, 순화실, 육성온실의 평면도	223
그림 4.1.5.	배양실, 순화실, 육성온실의 기초평면도	224
그림 4.1.6.	배양실, 순화실, 육성온실의 골조평면도	224
그림 4.1.7.	배양실, 순화실, 육성온실의 골조입면도	225
그림 4.1.8.	배양동(접종실, 배양실)의 평면도	225
그림 4.1.9.	배양동(A1-A2)의 단면도	226
그림 4.1.10.	배양동(접종실)의 단면도	226
그림 4.1.11.	배양동(배양실)의 단면도	227
그림 4.1.12.	육성온실의 단면도	227
그림 4.1.13.	순화온실의 단면도	228
그림 4.1.14.	육성, 순화온실의 수직 브렛싱 상세도	228
그림 4.1.15.	육성, 순화온실의 브렛싱 상세도	229
그림 4.1.16.	육성, 순화온실의 곡부 부분 상세도	229
그림 4.1.17.	육성, 순화온실의 방호벽 부분 상세도	230
그림 4.1.18.	온실의 천창 알루미늄 설치 및 PET필름 연결 피복부 상세도	230
그림 4.1.19.	육성, 순화온실 기초상세도	231
그림 4.1.20.	육성, 순화온실의 창호리스트	231
그림 4.1.21.	육성, 순화온실의 천창 개폐장치 설치도	232
그림 4.1.22.	육성, 순화온실의 수평커튼개폐장치 설치평면도	232
그림 4.1.23.	온실의 커튼설치 평면도, 측면도	233
그림 4.1.24.	온실의 커튼개폐장치 설치도	233
그림 4.1.25.	육성, 순화온실의 난방, 냉방, 환기장치 설치도	234
그림 4.1.26.	온실의 환기팬, 쿨링팬 설치도	235
그림 4.1.27.	온실의 난방용 경유탱크 및 온풍기 설치도	235
그림 4.1.28.	배양동, 육성·순화온실의 벤치 배치 평면도	236
그림 4.1.29.	육성온실의 벤치(좌우이동형)설치단면도	236
그림 4.1.30.	배양실의 배양대(배양선반)배치 단면도	237
그림 4.1.31.	순화온실의 벤치(터널형 순화장치)설치 단면도	237
그림 4.1.32.	배양실 선반배치 평면도	238
그림 4.1.33.	광독립 자가영양배양실 배양선반 상세도	238
그림 4.1.34.	타가영양배양실 배양선반 상세도	239
그림 4.1.35.	배양접종실 기자재 배치 평면도	239
그림 4.1.36.	기계실의 보일러 배치 평면도	240
그림 4.1.37.	육성온실의 관수 및 순화실 가습설비 평면도	242
그림 4.1.38.	배양동의 난방배관 설비 평면도	242

그림 4.1.39. 터널형 순화실의 난방설비 평면도	243
그림 4.1.40. 육성·순화온실의 동력 배치도	243
그림 4.1.41. 육성·순화온실의 센서설비 배치도	244
그림 4.1.42. MAIN POWER PNL 모형도	245
그림 4.1.43. MAIN POWER의 단선 결선도	245
그림 4.1.44. 배양동 PNL 모형도	246
그림 4.1.45. 배양동의 단선 결선도	247
그림 4.1.46. 육성온실의 PNL 모형도	248
그림 4.1.47. 육성온실의 단선 결선도	249
그림 4.1.48. 순화온실의 PNL 모형도	250
그림 4.1.49. 순화온실의 단선 결선도	251
그림 4.1.50. Cable Schedule	252
그림 4.1.51. 구조해석을 위한 골조구성도	294-1
그림 4.1.52. 설하중에 의한 휨 모우멘트도	294-1
그림 4.1.53. 설하중에 의한 전단력도	294-1
그림 4.1.54. 설하중에 의한 골조변형도	294-2
그림 4.1.55. 풍하중에 의한 휨 모우멘트도	294-2
그림 4.1.56. 풍하중에 의한 전단력도	294-2
그림 4.1.57. 풍하중에 의한 골조 변형도	295
그림 4.1.58. 배양실 순화실, 육성온실의 평면도	302
그림 4.1.59. 순화온실의 단면도	302
그림 4.1.60. 순화온실의 좌우 이동형 벤치 설치 단면도	303
그림 4.1.61. 순화, 육성온실의 관수설비 평면도	303
그림 4.1.62. 챔버형 순화장치 상세도	304
그림 4.1.63. 챔버형 순화장치 개략도	304
그림 4.1.64. 배양동 난방배관설비 평면도	305
그림 4.1.65. 배양실, 순화배양실, 육성온실의 전후면 입면도	311
그림 4.1.66. 배양실, 순화배양실, 육성온실의 좌우측면도	312
그림 4.1.67. 배양실, 순화배양실, 육성온실의 지붕평면도	312
그림 4.1.68. 배양실, 순화배양실, 육성온실의 평면도	313
그림 4.1.69. 배양실, 순화배양실, 육성온실의 골조평면도	313
그림 4.1.70. 배양실, 순화배양실, 육성온실의 골조입면도	314
그림 4.1.71. 순화배양실(A8-A14)의 단면도	314
그림 4.1.72. 육성온실의 천창개폐장치 설치 평면도	315
그림 4.1.73. 육성온실의 수평커튼개폐장치 설치 평면도	315
그림 4.1.74. 순화배양실 및 육성온실의 난방, 환기, 냉방장치 설치도	316
그림 4.1.75. 배양동, 순화배양실, 육성온실의 벤치 배치 평면도	317
그림 4.1.76. 순화배양실의 배양대(배양선반)설치 단면도	317

그림 4.1.77. 순화배양실의 배양대 설치 평면도.....	318
그림 4.1.78. 순화배양실의 간이배양대의 상세도	318
그림 4.1.79. 육성온실의 관수설비 평면도	319
그림 4.1.80. 배양동의 난방배관 설비 평면도.....	319
그림 4.1.81. 순화배양실, 육성온실의 동력 배치도	320
그림 4.1.82. 순화배양실의 PNL 모형도	321
그림 4.1.83. 순화배양실의 단선 결선도	322
그림 4.1.84. 컴퓨터, MCC제어반 간의 중간결선도	323
그림 4.1.85. 복합환경제어장치 및 수직계통도	324
그림 4.1.86. Cable Schedule	326
그림 4.1.87. 외부 기상대 설치도	327
그림 4.2.1. 거베라의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교	333
그림 4.2.2. 거베라의 조직배양 조건별 엽색 비교	334
그림 4.2.3. 거베라의 조직배양 조건별 뿌리생장 비교	334
그림 4.2.4. 거베라의 조직배양 환경별 생체중 및 건물중 비교	335
그림 4.2.5. 스타티스의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교	336
그림 4.2.6. 스타티스의 조직배양 조건별 엽색 비교	337
그림 4.2.7. 스타티스의 조직배양 조건별 뿌리생장 비교	338
그림 4.2.8. 스타티스의 조직배양 조건별 무게 비교	338
그림 4.2.9. 호접란의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교	340
그림 4.2.10. 호접란의 조직배양 조건별 뿌리생장 비교	341
그림 4.2.11. 호접란의 조직배양 조건별 무게 비교	341
그림 4.2.12. 딸기의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교	342
그림 4.2.13. 딸기 조직배양 조건별 뿌리생장 비교	343
그림 4.2.14. 딸기의 조직배양 조건별 무게 비교	344
그림 4.2.15. 상추의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교	345
그림 4.2.16. 상추의 조직배양 조건별 생체중 비교	346
그림 4.2.17. 감자의 조직배양 조건별 생존율 비교	347
그림 4.2.18. 감자의 조직배양 조건별 무게 비교	348
그림 4.2.19. LED 측면광 공급에 의한 거베라의 유묘 생존율	350
그림 4.2.20. LED 측면광 공급에 의한 거베라의 뿌리생장 변화	351
그림 4.2.21. LED 측면광 공급에 의한 거베라의 유묘 무게변화	351
그림 4.2.22. LED 측면광 공급에 의한 상추의 유묘생존율	353
그림 4.2.23. LED 측면광 공급에 의한 상추의 초장변화	354
그림 4.2.24. LED 측면광 공급에 의한 상추의 뿌리생장 변화	354
그림 4.2.25. LED 측면광 공급에 의한 상추의 무게변화	355
그림 4.2.26. LED 측면광에 의한 감자의 생체중과 건물중 변화	357
그림 4.2.27. 거베라의 기내 환경별 배양묘의 순화시 순화율	359

그림 4.2.28. 거베라의 기내 환경별 배양묘의 순화시 무게 변화	360
그림 4.2.29. 상추의 기내 환경별 배양묘의 순화시 순화율	363
그림 4.2.30. 상추의 기내 환경별 배양묘의 순화시 무게 변화	364
그림 5.2.1. 조직배양 공정도.....	367

사 진 차 례

사진 2.2.1. 광독립 자가영양배양실의 외형과 환경제어장치	79
사진 2.2.2. 배양실 내부시설과 환경계측센서 및 배양식물.....	81
사진 2.2.3. 1조 2실형 배양장치의 내외부 시설.....	94
사진 2.2.4. 대형 Room형 배양실의 제어반 및 환경계측장치	96
사진 2.4.1. 광섭유에 의한 배양기 광 공급장치.....	118
사진 2.4.2. LED lighter를 이용한 측면광 공급장치	119
사진 2.5.1. 거베라 조직배양 조건별 생육정도	124
사진 2.5.2. 스타티스 조직배양 조건별 생육정도	128
사진 2.5.3. 딸기 조직배양 환경별 기내생육상태	135
사진 2.5.4. 딸기 조직배양 조건별 생육정도	135
사진 2.5.5. 토마토의 조직배양에서 신초발생 및 식물체 재분화	138
사진 2.5.6. 상추 배양 환경별 기내 생육상태.....	142
사진 3.1.1. 광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 거베라 배양소식물체의 생장에 미치는 영향.....	147
사진 3.1.2. 광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	151
사진 3.1.3. 광합성유효광자속 및 CO ₂ 농도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향.....	153
사진 3.2.1. CO ₂ 농도와 환기회수가 거베라 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	156
사진 3.2.2. CO ₂ 농도와 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	158
사진 3.2.3. CO ₂ 농도와 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향 ...	160
사진 3.2.4. CO ₂ 농도와 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향 ...	162
사진 3.3.1. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향 ...	166
사진 3.3.2. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향 ...	168
사진 3.3.3. 주·야간 온도차와 광도가 거베라 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	171
사진 3.3.4. 주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향 ...	173
사진 3.3.5. 주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향 ...	175
사진 3.3.6. 주·야간 온도차와 광도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향 ...	176
사진 3.4.1. 일장과 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	179
사진 3.4.2. 일장과 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	181
사진 3.4.3. 일장과 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	183
사진 3.5.1. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향.....	186
사진 3.5.2. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향.....	188

사진 3.5.3.	주·야간 온도차, 광도 및 일장이 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	190
사진 3.6.1.	발근단계의 영양체계가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향 ...	192
사진 3.6.2.	발근단계의 영양체계가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	194
사진 3.7.1.	발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 카네이션 배양묘의 생장에 미치는 영향.....	196
사진 3.7.2.	발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 딸기 배양묘의 생장에 미치는 영향	199
사진 3.8.1.	광독립 자가영양배양시 지지물이 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	201
사진 3.8.2.	광독립 자가영양배양시 이온의 농도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향.....	204
사진 3.9.1.	배양기 종류와 filter의 수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향...	207
사진 3.9.2.	배양기 종류와 filter의 수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	209
사진 3.9.3.	배양환경이 국화 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	212
사진 3.9.4.	상대습도가 국화 배양소식물체의 생장에 미치는 영향	214
사진 4.2.1.	거베라 조직배양 환경별 생육상태.....	335
사진 4.2.2.	스타티스 조직배양 환경별 생육상태.....	339
사진 4.2.3.	호접란의 조직배양 환경별 생육상태.....	342
사진 4.2.4.	상추 조직배양 환경별 생육상태.....	346
사진 4.2.5.	감자의 조직배양 환경별 생육상태.....	348
사진 4.2.6.	LED 측면광 공급에 의한 조직배양 환경별 거베라 생육상태	352
사진 4.2.7.	LED 측면광 공급에 의한 조직배양 환경별 상추의 생육상태	355
사진 4.2.8.	LED 측면광에 의한 조직배양 환경별 감자의 생육상태	357
사진 4.2.9.	거베라의 기내배양 환경별 배양묘의 순화조건별 생육상태	361
사진 4.2.10.	상추의 기내배양 환경별 배양묘의 순화조건별 생육상태	364

제 1 장 서 론

제 1 절 서 언

원예작물의 종묘생산 방법중에서 식물조직배양에 의한 번식 즉, 미세번식 (Micropropagation)의 기술을 이용함으로써 보다 우수한 품질의 식물묘를 공급할 수 있게 되었다. 또한 미세번식이 가능한 종은 해마다 늘어나고 있고 그 상업적 이용이 세계적으로 보급되고 있다. 따라서, 앞으로의 식물조직배양의 묘생산에의 이용은 화훼류 뿐만 아니라 채소·과수분야에서도 이루어져 식물조직배양에 의한 묘생산은 농업과 원예분야에서 중요한 위치를 차지할 것이다. 그러나, 조직배양묘생산의 경비는 종래 실생묘생산 또는 삼수묘생산과 비교해 높기 때문에 광범위한 이용은 아직 한정되어 있다.

식물조직배양이란 세포·조직, 또는 기관 등을 식물체로부터 무균적으로 분리하여 적당한 조건에서 배양하여 생육시키는 기술이고 본래는 식물체의 형태형성, 대사생리 등을 제어하고 있는 기구 해명을 목적으로 한 기초연구를 위하여 이용되어 왔다. 최근에는 그 이용가치를 식물의 Micropropagation 확립과 응용에 확대되고 있다.

그러나 미세번식은 생산비가 매우 높다. 이것은 높은 인건비, 증식과정에서의 낮은 생장 속도, 그리고 순화과정에 있어서의 낮은 생존율이 그 원인이다. 여기서 해결해야 할 것은 배양소식물체의 생장과 발육에 미치는 적정환경조건의 왜냐하면 배양체가 갖는 유전적 특성을 유지하면서 높은 증식효율로 발현할 수 있도록 하기 위해서는 배지조성 등의 생화학적 배양환경 뿐만 아니라 식물체를 둘러싸고 있는 물리환경 즉, 기내외 미기상환경과 배지의 물리환경도 식물체의 생육에 중대한 영향을 미치기 때문이다. 그러나 이제까지의 배양기내외의 물리환경은 배지조성 등의 생화학적 환경에 비하여 연구가 빈약하였다. 그 때문에 식물조직배양을 실제로 취급하고 있는 종묘생산자, 또는 연구자들도 배양기내외의 물리환경을 충분히 이해하고 있는 경우가 적었다.

이와 같은 본장으로 본장에서는 이제까지의 조직배양과는 다른 자가영양방식을 기본으로 한 배양방법과 현재까지 밝혀진 배양기내외의 물리환경의 실태와 문제점에 대해서 문헌적 자료를 중심으로 서술하고 본 연구의 필요성과 연구방향을 서설하고자 한다.

제 2 절 조직배양묘의 생산과정과 배양기내외의 물리적 환경특성

1. 식물조직배양묘 생산의 과정

식물조직배양과정의 흐름도를 그림 1.2.1에 나타내었다. 이 그림에서 외식편은 식물체의 보통 1번이 1-5mm 정도의 식물체의 조직편이고, callus는 기능적·구조적으로 조직화(분화)되어 있지 않는 세포괴, 소식물체는 경엽이 구별(분화)되어 있는(보통 초장이 10-50mm

정도)작은 식물체이다. 순화라는 것은 배양묘가 배양기로 부터 나온 후와 정식 후에도 순조롭게 생육할 수 있도록 생육환경을 서서히 변화시키는 일이다. 식물조직배양과정에 있어서 계대배양되어진 소식물체는 필요에 의하여 증식, 성장, 순화를 시켜서 정식용 묘로 생산되어에 진다. 여기서 계대배양은 소식물체를 일정기간씩 재분활함으로써 소식물체를 배양기내에서 무균적으로 보존, 유지 그리고 갱신하는 것이다. 여기에서 문제가 되는 것은 소식물체의 증식, 성장의 단계, 배양묘의 순화단계에 대한 대량증식, 성장촉진 등이다.

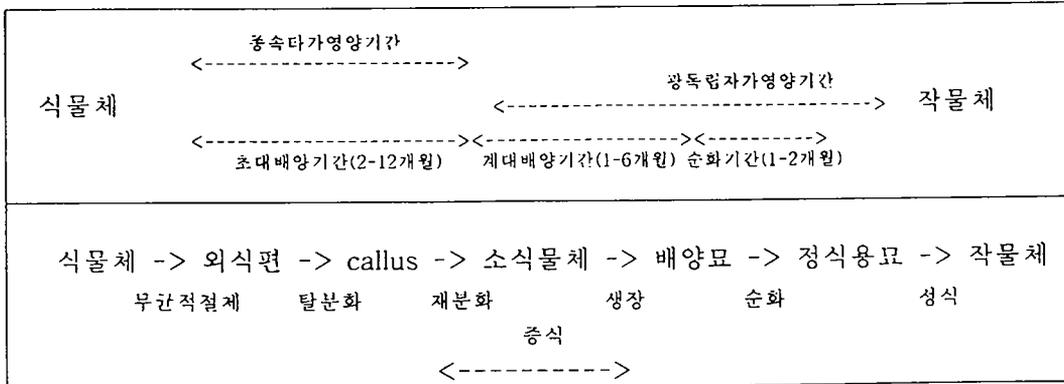


그림 1.2.1. 식물조직배양 과정의 흐름도

일반적으로 소식물체를 배양묘로 성장시키기 위해서는 1-6개월을 필요로 하고 또 배양묘를 정식용 묘로서 순화를 시키기 위해서는 1-2개월이 더 걸린다. 이 순화기간 중에 많을 경우에는 배양묘의 약 20-80%가 고사한다. 고사의 원인으로서는 일반적으로 배양묘는 환경stress(특히 수분stress)에 약하고 광합성능력이 낮기 때문이다. 배양묘의 생산비용의 절감을 위해서는 증식, 성장, 순화단계의 작업을 생력화하고, 소식물체를 배양묘로 하기까지의 배양기간과 순화기간을 단축시키고, 또 순화기간중의 배양묘의 고사율을 저하시키는 방법등이 강구되어야 한다.

2. 배양기의 물리적 환경 실태

가. 영양양식의 비교

앞에 chlorophyll이 함유된 녹색의 고등식물들은 일반적으로 광독립 자가영양(photo-autotrophy) 또는 자가영양(autotrophy)에 의해서 즉, 광합성에 의해서 성장한다. 자가영양이란 식물체를 구성하고 있는 탄수화물, 단백질, 지방 등의 탄소원을 대기중의 CO₂ gas로부터 얻는 성장양식이다. 따라서 광, CO₂ gas, 물 그리고 무기양분은 성장에 필수적이다. 한편 동물과 거의 대부분의 미생물은 종속다가영양(heterotrophy)에 의하여 성장한다. 즉 탄소원으로서 탄수화물, 단백질, 지방 등의 유기물을 필요로 한다. 그것과는 달리 종속영양적생장을 하고는 있으나 광합성에 의한 탄수화물의 고정도 생육에 부분적으로 기여하고

있는 성장양식을 우리는 혼합영양적 성장(mixotrophic growth)이라고 말한다.

종래의 조직배양중의 소식물체는 광합성능력을 많이 상실하고 있고 독립영양생장은 불가능하다고 생각했다. 여기에서 소식물체를 성장시키기 위해 배지중의 당과 그 밖의 유기물들을 탄소원으로서 첨가하여 종속영양적생장의 측면이 강한 혼합영양생장을 시키는 것이 보통이었다.

한편 배지중에 탄소원으로서 당을 첨가하고 증식·성장시킨 영양된 소식물체도 결국은 그림 1.2.1에 나타낸 것과 같이 순화단계이후에서는 독립영양생장을 하지 않으면 안된다. 왜냐하면 순화용 용도에 혼합영양생장촉진제로서 설탕 등의 유기물들을 사용할 수 없기 때문이다.

나. 명기에서 배양기내의 CO₂농도

일반적인 방법에 의하여 배양되어진 각종 소식물체를 포함하는 배양기(배양기내의 공기용적:40-160ml)내의 CO₂농도가 경시적으로 어떻게 변화하는가를 조사한 것이 그림 1.2.2이다(富士原 등, 1987). 이 그림으로부터 명백해진 것은 명기에서 CO₂농도는 70-90ppm정도까지 저하하고 있다는 것이다. 이 농도는 대기중의 평균 CO₂농도(약 350 ppm)보다도 60% 낮고 또 식물의 평균적인 CO₂ gas보상점인 약 50 ppm보다 약간 높을 뿐이다. 이러한 결과로부터 다음과 같은 고찰이 가능하였다. 1) 경엽이 분화한 소식물체는 광합성능력을 갖고 있다. 2) 경엽이 분화한 소식물체는 광합성능력을 갖고 있음에도 불구하고 실제로는 배양기내의 CO₂농도가 낮기 때문에 소식물체의 성장을 제한하고 있어서 순광합성속도는 매우 느리다. 3) 배지내에 포함되어있는 당이 소식물체의 성장에 필요한 주된 energy 원으로 되어있어 소식물체는 종속영양적생장의 측면이 강하고 광독립영양적생장의 측면이 약화되어 광혼합영양적생장을 나타낸다. 따라서 다음과 같은것들을 추측할 수있다. 1) 명기에 배양기내의 CO₂농도를 인위적으로 높이고 광합성유효광양자속밀도를 높이면 소식물체의 순광합성속도는 증대하고 성장속도가 촉진되어진다. 2) 소식물체의 독립영양적측면을 강화하면 순화기간 또는 정식후의 생장이 촉진되고 또 순화기간에 배양묘의 생존률을 증대할

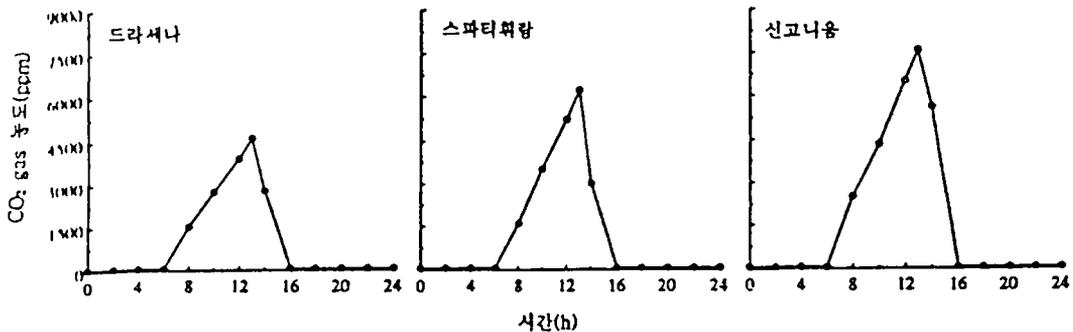


그림 1.2.2. 배양식물이 들어 있는 닫힌 용기내의 CO₂농도의 경시변화(富士原 등, 1987)
(주) 암기 6시-14시, 명기 14-6시, 배양실기온 25℃, 배양단면 조도 4,800lx(PPFD, 약 30μmol · m⁻² · s⁻¹).

수 있다. 3) 소식물체의 독립영양적측면을 강화하면 계대배양시의 배지의 당농도를 낮게 또는 0으로 할 수 있다. 4) 배지의 당농도를 낮게 또는 0으로 하면 그만큼의 생산비가 저 하되고 곰팡이와 박테리아에 의한 배지 오염의 기회가 적기 때문에 배양묘생산system의 대형화, 간이화, 생력화가 가능하다.

또 그림 1.2.2에 대한 명기, 암기의 CO₂농도의 경시변화의 양상은 소식물체의 광합성속 도, 호흡속도의 대소에 의해서 뿐만이 아니라 배양기의 용적과 통기성의 대소에 의해서도 달라진다. 즉, 종래의 배양식물은 광합성능력을 거의 상실해 있다고 생각되었지만 사실은 단지, 배양기내의 CO₂농도가 낮고 광합성이 제한되었기 때문이다. 그래서 CO₂농도가 100ppm 이하의 경우에는 광량을 높여도 광합성속도는 증대하지 않기 때문에 종래의 많은 식물조직배양관계자는 계대배양시에 필요최소한의 광량을 준 것 같다.

다. 배양소식물체에의 CO₂ gas사용

그림 1.2.3은 배양기내의 CO₂농도를 인위적으로 250-500ppm정도로 높인 경우의 소식물



그림 1.2.3. CO₂ 시용구와 CO₂ 무시용구에 대한 배양소식물체(카네이션)의 평균건물중의 경 시변화(古在, 岩浪, 1987)

(주) 실험개시후의 일수: a=0일, b=10일, c=20일, d=30일.

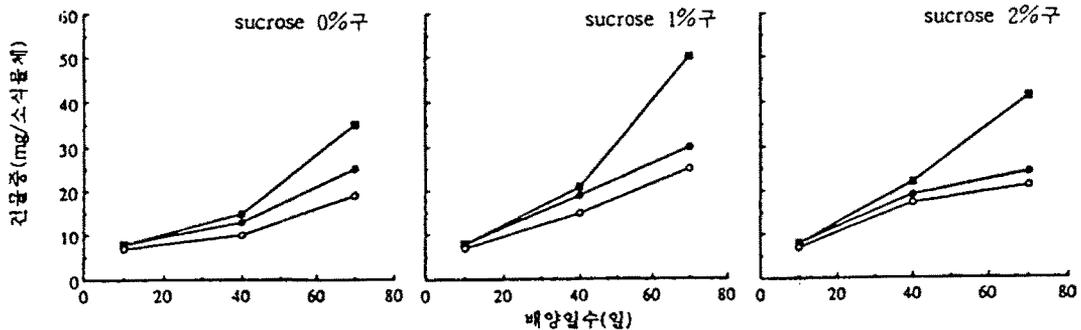


그림 1.2.4. 배양소식물체(심비디움)의 건물중의 경시변화(右在 등, 1987)

주) 1. -■- CO₂ 시용구, -●- CO₂ 무시용구, -○- CO₂ 무시용, 약광구.

2. 배양개시후 70일째의 배양소식물체 1개체당의 건물중, 신뢰도 95%의 신뢰 관계를 타나냄.

체 건물중의 경시변화를 배지의 sucrose농도 0, 1, 2%에 대해서 대조구의 건물중과 비교해서 나타낸 것이다.

이 그림으로부터 CO₂ gas시용의 성장촉진효과가 명백해진 것과 더불어 sucrose 0%에 대해서도 소식물체의 생장이 이루어지고 있다는 것을 알 수 있다.

그림 1.2.4는 난 소식물체를 약광과 강광조건에서 CO₂ gas를 시용해서 배양했을 때의 건물중의 경시변화이다.

이 실험에서 배양기로서는 plastic마개가 붙어 있는 시험관을 이용해 명기에 배양기외의 CO₂ gas농도를 약 950 ppm으로 높게 유지하였다. 이 경우 시험관은 완전히 밀폐되어 있지 않기 때문에 CO₂ gas의 배양기내의 유입은 배양기내외의 CO₂ gas농도에 비례하여 자연적으로 발생한다. 위의 그림 1.2.4으로부터 CO₂ gas시용의 강광조건에서는 소식물체의 성장을 촉진하고 배양기간이 보통의 배양기간과 비교해 반감된다는 것을 알 수 있다.

명기에 있어서 배양기내외의 CO₂ gas농도 차의 경시변화를 그림 1.2.5에 나타냈다.

이 농도 차는 동일한 배양기에 관해서는 배양기내 소식물체의 광합성속도에 정비례한다. 따라서 같은 그림으로부터 강광조건에서 CO₂ gas시용구의 소식물체의 광합성속도가 타시험구의 광합성속도와 비교해 배양기간이 길어질수록 증대하고 있다는 것을 알 수 있다.

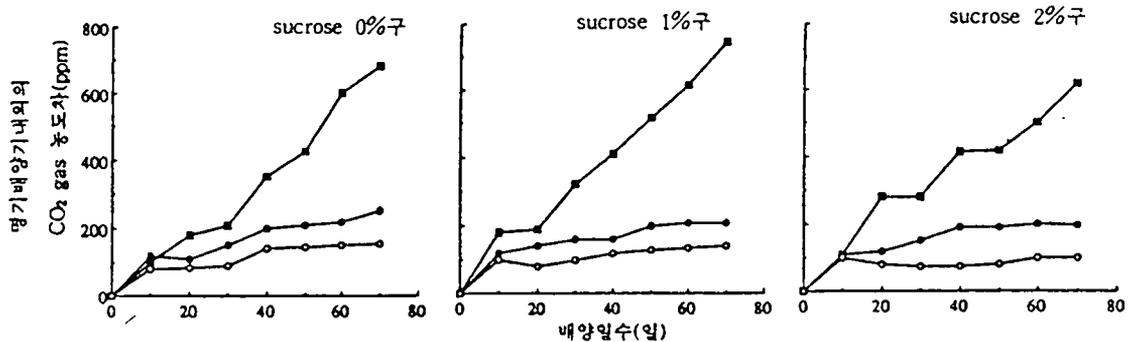


그림 1.2.5. 명기에 있어서의 심비디움을 포함한 배양기 내외의 CO₂농도차(古在, 大木 등, 1987 주) :■- CO₂ 시용구, ●- CO₂ 무시용구, ○- CO₂ 무시용, 약광구.

라. 배양기내의 광환경

광환경은 배양실의 단면조도(단위 : lux)로 밖에 평가될 수밖에 없지만 배양식물의 광형태형성 및 광합성에 관해서는 불충분하다. 피조사면의 조사광강도는 광양자속(단위 : mol · m⁻² · s⁻¹), 특히 광합성에 관해서는 광합성유효방사파장역(파장 400-700nm)의 광양자속으로 표현하는 것이 타당할 것이다. 배양기내의 이 광양자속은 배양기의 마개의 종류와 그 배양기의 조사광원으로 부터의 위치관계에 의해서 크게 달라진다. 배양기내의 광양자속밀도는 용기의 종류, 단면의 광학적특성, 주위의 배양단의 위치 등에 의해서도 달라지는 것을 고려하지 않으면 안된다.

표 1.2.1. 마개가 다른 시험관내의 광합성유효광양자속(파장 400-700nm)의 최대치, 최소치, 평균치 및 표준편차(富士原 등, 1986)

시험관마개	최대치	최소치	평균치	표준오차
Aluminium foil cap	10(776)	12(94)	49(382)	24(186)
Plastic cap	20(1520)	40(312)	13(986)	46(353)
발포 silicone cap	6(452)	5(42)	29(221)	2(118)

주) 1. 형광등중심의 연직방향에 근접하는 마개 닫힌 시험관의 시험관입구에 대한 광합성 유효광양자속 : $30\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

2. 단위 : $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (괄호내의 숫자는 조도, lux).

시험관내의 광양자속의 최대, 최소, 평균 및 표준편차는 마개의 종류에 의해 크게 달라지는 것을 알 수 있다. 이와 같은 이유로 앞으로는 소식물체의 생장을 촉진시키기 위해서는 $200\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (10-15 klux) 이상의 광양자가 필요로 할 것이다. 여기에서, 배양기내의 적합한 광환경을 최소화전력화 하기 위해서는 전력의 절약 및 조명용 램프의 발열에 의한 배양실냉방부하의 감소를 위한 energy절약기술의 중요성이 강조된다.

마. 그 밖의 기내환경 요인

배양기내의 수분환경은 노지 온실내의 배지 수분환경 그리고 공중습도 환경과는 매우 다르다. 배양기내에서는 공기습도가 높고 배지의 함수율도 높다. 그리고 배지내에 포함되어 있는 무기성분, 당 등의 농도가 높기 때문에 예를 들어 양액재배의 양액 등과 비교해서 배지의 수분 potential이 낮다. 즉, 삼투압이 높다. 이와 같은 이유로 소식물체 잎 표피의 큐티클라층과 기공기능의 발달을 불완전하게 하고 잎으로부터의 증산을 적게 한다. 이와 같은 환경에서 배양되어진 배양묘의 순화단계에서 생존율이 낮은 이유는 당연한 것이다.

한편 Murashige and Skoog(1962), Heller(1953), White(1963) 등에 의해서 식물조직배양에 적합한 배지의 기초성분이 고안되어 널리 이용되고있다. 이러한 배지의 기초성분은 종속타가영양적 생장을 촉진시키기 위해 유용한 것으로서 위에서 서술한 강광조건에서 그리고 높은 CO₂ gas시용조건에서는 이러한 배지의 기본조성이 적합한가에 대해서는 의문이다. 이밖에 금후 광독립 자가영양배양system에서 계측·제어 되어야 하는 환경요인으로서 는 etylene농도, 산소농도, 배지의 산성도, 각종 ion농도 등을 들 수 있다.

바. 광독립배양환경을 조성할 수 있는 새로운 배양system

현재 조직배양과 관련된 정부산하의 연구기관 및 기업의 연구소, 학교 그리고 농가 배양실의 물리적 환경은 매우 열악한 상태이다. 또 이러한 배양실의 환경조건인 온도, 상대습도, 광, CO₂ 및 풍속에 대한 기초연구의 사례를 찾아보기 힘들다. 따라서 배양실에 대한 정확한 환경계측과 그 data를 통한 새로운 배양 system의 개발에 대한 연구는 배양묘의 생산성향상 및 배양실의 광열비 절감 등에 따른 배양묘의 생산비 절감을 위해 필요하다.

기존배양시스템의 환경조건의 특성은, 첫째 주야간의 온도가 일정하다는 것이다. 주야간의 온도차가 없을 경우 야간의 온도는 배양소식물체의 동화산물 소비에 크게 영향을 끼칠 것이다. 둘째 상대습도가 거의 제어되지 않고 있다. 상대습도는 배양소식물체 초장과 같은 형태형성을 크게 좌우한다. 셋째로 광강도와 CO₂ 농도가 낮다. 낮은 광강도와 CO₂ 농도는 클로로필을 갖고 있는 배양소식물체가 광독립 자가영양식을 취하기에 부적당하다.

한편, 자가영양 배양이 가능한 배양system에서 환경조건의 특징은, 온도(주야간 온도설정가능), 일장(몇개의 주기라도 설정가능), 상대습도(약 10-99% 범위에서 설정가능), 광(광강도의 3단계설정가능), CO₂(약 450-2000ppm범위에서 설정가능) 및 풍속(on-off방식 및 pulse적 설정가능)에 대한 제어기능을 갖추고 있어야 한다. 이와 같은 환경의 제어기능은 배양묘생산에 있어서 기존과는 다른 광독립 자가영양배양을 가능하게 하고 배양소식물체의 광합성능력을 향상시켜 발근 및 배양기외의 순화단계에서의 생존율을 높일 수 있을 것이다. 또 합리적인 배양실환경의 제어는 배양묘 생산비절감에도 기여할 것이다.

제 2 장 광독립 자가영양배양의 최적환경설정과 제어장치 개발

최근 원예작물의 종묘생산 중에서 대부분의 화훼류와 일부 채소류들이 조직배양기술을 이용한 영양번식 체계에 의해 이루어지고 있음에도 불구하고 농업생산성과 직결되는 배양 가능한 작물의 범위는 한정되어 있고 배양묘의 성장속도 및 성묘획득율은 대단히 부진하며 배양묘의 가격도 매우 높은 실정이다.

이것은 주로 배양묘 생산에 이용되는 배양기술이 확립되어 있지 않기 때문이다. 그리고 생력화부분의 부재와 첨단장비의 미도입으로 인해 비효율성과 기외배양의 초기단계인 순화과정에서 발생하는 높은 고사율에 그원인이 있으며 인건비가 생산비 중에 차지하는 몫이 크기 때문에 배양묘 생산농가의 생산성이 매우 낮고, 이로 인해 막대한 외화를 낭비하면서 매년 대부분의 종묘를 수입에 의존하고 있는 실정이다.

일반적으로 식물조직배양에 의한 번식은 종래의 실생묘 생산 또는 삽수묘 생산 기술과 비교해 보다 우수한 품질의 배양묘로 공급 할 수 있다. 그러나 배양묘 생산의 경비는 종래의 실생묘 생산 또는 삽수묘 생산에 비교해 많이들기 때문에 많은 작물과 조립용 수목묘생산등을 포함한 광범위한 이용에는 아직 한계성을 지니고 있다. 그 이유는 높은 인건비, 증식과정에서의 낮은 성장속도 및 순화과정에서의 낮은 생존률이 그 주된 원인이다. 그러므로 생산비를 절감시키기 위해서는 배양 소식물체의 성장 및 발육에 미치는 배양기내외의 환경조건의 영향을 충분히 파악하여 생산의 자동화를 달성하지 않으면 안된다.

배양 소식물체의 성장과 발달에 영향을 주는 배양기내의 환경조건으로는 기상의 경우에는 온도, 광, 열방사, 가스조성 및 기류속도가 있고, 근권의 경우에는 물리적 환경으로서 온도, 수분 potential, 배지내의 기체와 액체의 확산성 및 배지의 견고성이 있고, 화학적 환경으로서 무기물과 유기물의 조성, 배지 pH, 용존 O₂ 및 용존 CO₂ 농도가 있다.

배양기내의 환경요인의 변동mechanism은 온실내의 환경요인의 변동mechanism과 유사한 경우가 많기 때문에 micropropagation의 광정에 대한 생태적, 생리생태적, 환경생리적 및 환경공학적인 연구가 중요시 된다. 특히, 환경조절에 의한 배양묘 생산비의 절감에 대한 문제점을 해결하기 위해서는 환경생리 및 공학적 연구가 실시되어 저가이면서 고품질의 배양묘의 생산을 조속한 시일내에 실용화시킬 필요성이 있다.

본 과제에서는 광독립 자가영양배양의 특성을 검토하고 환경조절 제어기준과 최적환경조건을 설정하고자 하였다. 그리고 순화과정에서 자가영양배양이 미치는 효과와 몇가지 환경스트레스에 대한 문헌적 고찰을 하였으며 검토된 결과는 순화장치 개발을 위한 참고자료로 삼고자 하였다.

제 1 절 광독립 자가영양배양의 특성과 최적환경조건 및 제어기술

기존의 조직배양이 가지고 있는 가장 큰 문제점은 높은 생산 비용을 들 수 있다. 이는 주로 고임금과 생장을 저조, 발근불량, 순화과정에서 생존율 저하 등에 기인된다.

이를 해결하기 위하여는 1) 기내에서 건전묘를 생산하여 순화활착율을 높일것이며, 2) 배양과정에 오염에 의한 손실을 줄일것, 3) 순화과정중에 발근과 신초의 생장을 동시에 촉진시킬 수 있게하여야 하며, 4) 배양작업의 자동화로 총생산비의 60% 이상을 차지하는 인건비가 절약될 수 있게하여야 한다.

지금까지의 조직배양 연구는 주로 배지의 물리적, 화학적 특성을 구명하는데 많은 관심을 가져왔다. 그러나 최근 배양기내 환경을 조절하는 광독립영양배양기술이 생산비 절감과 배양효율을 증대시킬 수 있는 방법으로 주목받고 있다. 이는 1) 환경조절이 용이하고 2) 증식율과 생존율은 높이며 3) 생물학적 오염을 감소시키며, 4) 배양용기는 크게할 수 있으며, 5) 작업 단순화로 노임이 절감될 수 있는 가능성이 있기 때문이다.

1. 광독립 자가영양배양의 특성

가. 식물조직배양의 단계별 환경 특성과 광독립 영양배양

식물의 조직배양 절편을 재생시켜 완전한 식물체로 대량 증식시키기 위하여는 다음의 5 단계의 과정을 거쳐야 하며 단계별 요구조건을 충족시켜주어야 대량 증식 효율을 극대화할 수 있다.

각단계별 배양 과정을 요약하면 제 1단계) 준비 및 전처리 단계, 제 2단계) 초기배양단계로서 배양계 확립 시기, 제 3단계) 대량증식 단계로서 기관형성 및 캘러스 증식 시기, 제 4단계) 식물체 재생단계인 발근유도 및 자가영양상태 전환에 필요한 환경부여 시기이며, 제 5단계) 기외 이식 단계로서 순화를 목적으로 정상환경 조건에서 적용할 수 있는 환경조절 장치가 필요하다.

이상 다섯 단계의 내용과 환경조절 특성을 검토하면 다음과 같다.

<제 1단계> 준비 및 전처리 단계 : 절편체의 육성환경(광, 온도), 절편체의 오염정도, 건강한 모주의 선택, 휴면타파를 위한 처리, 절편체의 채취시기, 성장조절제의 전처리 등

<제 2단계> 초기배양단계(배양계의 확립) : 배양재료의 살균, 생리적 활성 유도 등 필요

<제 3단계> 대량증식단계(기관형성과 캘러스 증식) : 배양환경-광(일장, 광량, 광질), 온도

<제 4단계> 식물체의 재생단계(신장, 발근유도) : 옥신의 첨가, 질산태질소 농도조절, 활성탄 또는 Ascorbate의 이용, 페놀보조인자의 이용 등 필요

<제 5단계> 순화준비단계(기외 이식준비) : 종속영양과 독립영양의 전환, CO₂농도의 증가, 공중습도 저하, 광, 온도, 습도의 순화장치 도입 등 필요

특히 기외이식에 요구되는 순화단계는 배양묘 이식율(생존율) 향상, 육묘기간의 단축, 환경스트레스 내성의 향상, 그리고 광합성능력의 향상에 있다고 할 수 있다. 조직배양묘가 순화를 필요로 하는 이유는 1) 뿌리의 발달이나 기공의 개폐 조절 기능이 불충분하거나 잎 표면의 큐티클 왁수가 적어 수분스트레스에 약하고, 엽록소함량의 부족으로 광합성 능력이 낮은 등의 내적요인과 2) 이식시의 뿌리절단 등에 의한 상처, 배지성분 및 수분포텐셜의 급격한 변화 등의 외적요인에 의한다. 현재는 배양기로부터 유식물체를 꺼내 폴리에틸렌 필름 등으로 고습도를 유지해줌과 동시에 한냉사 등으로 차광하여 강광을 피하는 정도이기 때문에, 활착율이 낮고 생장이 억제되는 등의 문제점이 많다.

이상적인 순화환경은 식물의 종류에 따라 다르지만, 배양기에서 꺼낸 유식물체를 최초 고습도, 저광도하에 둔 후, 점차 대기습도를 낮추어 주는 한편 광량을 서서히 높여 기공개폐 기능의 정상화와 잎 표면의 큐티클층의 발달을 촉진하여 광합성능력을 높여 줌으로써 어느 정도 해결할 수 있으며, 탄산가스 시용에 의한 성장촉진으로 순화기간을 단축할 수도 있다.

현재까지 알려진 방법은 다음과 같다. 1) 조직배양 식물체는 고습도 환경하에서 자랐기 때문에 일반적으로 미스트실이 이용되고 있다. 상대습도는 낮 100%, 밤 80% 정도의 고습도를 유지해야 한다. 2) 유식물체에 묻어 있는 한천은 반드시 씻어야 한다. 3) 비교적 고농도의 인산시비는 활착에 유리하다. 4) 활착초기에는 습도가 높기 때문에 살균제를 사용할 필요가 있다. 5) 조직배양 식물체는 수분 손실이 많고 그 결과 생존율이 저하하게 된다. 배양중 상대습도를 80%로 낮추어 주면 기공기능이 정상적으로 갖추어지고 왁스층이 실생묘 수준으로 형성된다. 6) 탄산가스 시용으로 광합성능력을 향상시키고 성장을 촉진한다. 또한 배양단계에서의 환경조절을 병행함으로써 순화률을 더욱 높일 수 있다.

나. 기관형성을 위한 배지 및 배양환경 범위

- 1) 영양소의 요구도 : 다량 및 미량원소, 탄소 및 에너지급원, 비타민, 환원질소, 천연산물, 성장조절물질 등의 범위 조절
- 2) 배양환경 : 배지의 물리성, 배지의 수소이온농도, 주야간온도차, 상대습도, CO₂농도, 에틸렌가스농도, 광질과 일장, 광량 등의 조절
- 3) 절편체의 선택 : 생리적 능력, 채취시기, 절편체크기, 모본의 영양상태 등의 선택

다. 배양의 환경조건 범위와 조절

- 1) 지상부 환경 : 온도, 광(광합성, 광형태형성), 가스조정(탄산가스, 산소, 수분, 에틸렌), 가스확산도(공기유동), 압력 등 환경조절
- 2) 지하부 환경 : 물리적 환경(온도, 수분압, 삼투압, 압력, 기질, 배지내의 가스와 액체 확산도, 배지의 경도), 화학적 환경(유기물, 무기물조성, pH, 용존산소), 생물학적 환경(공생미생물, 경쟁미생물, 배양체 분비물)의 변화
- 3) 환경조절 : 적절한 환경조건은 1) 생산비 절감뿐만 아니라 2) 기내 식물체의 성장과

발육이 촉진되고(생체중, 건물중, 절간의 수, 전체 엽면적, 기내 발근 및 기내 분지 등의 증가) 3) 묘의 투명화와 같은 형태적, 생리적 장애의 발생을 줄이며 4) 잎에 큐티클 왁스층이 감소됨을 방지하고 5) 생물학적 오염으로 인한 배양 식물체의 손실등을 감소시켜 주며 6) 성장발육의 균일성이 증가되고 7) 외생 성장조절 물질의 지나친 과용을 막아줄 수 있다. 또한 배양 과정 중에 환경을 조절해 줌으로써 식물체가 기외로 이식된 후 더 빠르고 강한 세력으로 자랄 수 있도록 도와 줄 수 있다.

한편, 식물체들은 배양과정에서 생장에 필요한 탄소원으로는 배지내의 탄수화물이나 공기내의 이산화탄소를 이용한다. 광독립영양(photoautotrophic)생장은 엽록소를 가진 세포, 조직, 기관 또는 식물에서만 일어날 수 있다.

지금까지 배양중인 절편체와 신초는 광합성 능력이 낮고, 탄소원과 에너지원으로써 당을 요구하는 것으로 알려져 왔다. 이러한 일반적인 기내배양 환경특성은 1) 상대습도가 높고, 2) 향온 상태로 유지되며, 3) 명상태에서는 탄산가스의 농도가 낮고 암상태에서는 증가하며, 4) 배양기간에 따라 에틸렌이 축적될 수 있고, 5) 배지내 당과 무기물 함량이 높으며, 6) 배지내 산소 함량이 낮고 배양시기에 따라 페놀 혹은 독성물질이 축적될 수 있으며 7) 성장조절제가 첨가되는 경우가 많다. 또한 배양 용기내에서 성장하는 식물체는 1) 증산율이 낮고, 2) 광합성율이 낮으며, 3) 암호흡율이 높고, 4) 수분 및 무기이온의 흡수율이 낮으며, 5) 당의 이용율이 낮은 특성을 가지고 있어 결국 생육을 불량하게 만든다.

그러나 최근의 연구결과를 보면 엽록소를 가진 절편체나 신초는 일반적으로 비교적 높은 광합성 능력을 가지고 있고 경우에 따라서는 타가영양(heterotrophic) 혹은 광혼합영양(photomixotrophic) 상태에서 보다 광독립영양 조건에서 더 빨리 자랄 수 있고, 배양 중의 물리·화학적 환경이 광합성에 적절하게 잘 조절될 수 있다.

라. 광독립 영양배양의 환경특성과 조절

조직배양에서 기내 환경은 생장, 발육 그리고 기관형성 및 체세포형성 등과 같은 형태형성에 중요한 영향을 미치며 배양환경은 용기내의 대기환경과 배지환경으로 구분할 수 있다.

중요한 용기내 환경조건은 온도, 광, 공기조성 등을 들 수 있다.

1) 온도

온도는 호흡과 같은 기본적인 생리적 과정과 형태형성에 영향을 미치는 것으로 배양적 온은 특수한 경우를 제외하고는 대개 20-27℃ 일반적인 조절범위이다.

2) 광

광의 유무, 광주기, 광질, 광도 등은 세포, 조직, 기관 등의 생장이나 형태형성은 물론이고 광합성 속도에도 크게 영향을 미친다. 광도는 대개 1,500-2,000lux범위에서 배양하며 광합성 반응은 400-700nm의 광합성 유효파장에서 주로 일어난다. 광형태형성은 저광도 조건에서 일어나며, 이 반응은 주로 청색(400-460nm), 적색(620-80nm), 원적색(700-800nm)영역

의 파장에 의해 조절된다. 현재 주로 이용되고 있는 광원은 형광등으로서 이는 배양용기의 모양이나 배열방법에 따라서 용기 내외의 광도에 많은 차이가 있을 수 있다. 또 형광등은 항상 용기위에 설치하므로 식물체 하부는 광부족 현상이 나타나기 쉽다.

밑부분까지 빛을 공급해 주고, 광 에너지의 불필요한 소비를 줄이기 위한 측면조사 광 개발이 필요하며 또한 광원에서 발생하는 온도를 배제할 수 있는 방법의 강구가 필요하다. 그리고 단일식물은 단일 조건에서 개화하기 때문에 일장 조절이 가능하여야 하며, 대개 12-15시간 범위 조절이면 된다.

3) 습도

배양기 내의 상대습도는 거의 100%에 가깝기 때문에 유식물체의 엽표면 큐티클층의 발달이 불충분하게 되며, 엽면의 기공 개폐기능이 불완전하게 된다. 이러한 환경하에서 자란 유식물체는 순화기간 동안 수분 스트레스에 약하게 되어 생존율이 저하하게 되므로 강건한 배양묘를 얻기 위해서는 용기 내외의 습도조절이 필수적이다. 이와 같은 용기 내의 상대습도는 용기의 뚜껑, 배양실내의 상대습도 및 식물체의 엽면적 등에 의해 좌우되며, 식물의 성장과 발육에 중요한 영향을 미친다. 에어컨을 사용하면 배양실의 상대습도가 30-40%로 저하되므로, 적당한 습도유지를 위해서는 인위적인 가습이 필요하다.

4) 공기조성

배양용기 내의 가스 조성은 식물체의 성장과 유리질화에 크게 영향을 미치는 중요한 요소로서, 주로 CO₂, O₂, 에틸렌 등이 있다. 가스조성은 배양용기의 뚜껑에 따라 크게 좌우되며, 흔히 사용되고 있는 알루미늄 호일은 외부요인에 따라 변화하지만 정상 대기압하에서는 시간당 0.4% 정도의 가스교환만이 이루어진다. O₂와 에틸렌은 호흡, 성장, 분화 등에 크게 영향하나 독립적인 제어가 어려울 뿐만아니라 이에 대한 기초연구가 거의 없는 실정이다. 여기서는 주로 CO₂ 조절에 대하여 언급하기로 한다.

명기 동안에는 배양기 내의 탄산가스 농도가 대기중의 농도보다 훨씬 낮아 C₃식물의 탄산가스 보상점보다 조금 높은 정도이다. 줄기나 잎이 분화된 유식물체는 자체 광합성 능력보다 필요한 탄산가스 농도가 낮기 때문에 순광합성 속도는 대단히 낮다. 따라서 배지 속에 당류가 필요하며 이 당류가 유식물체의 성장을 위한 중요한 탄소원과 에너지원이 된다. 즉, 유식물체는 종속영양배양적 성장에 의존하게 되거나 혼합영양적 성장 상태에 처하게 된다. 따라서 배양용기 내 인위적 탄산가스 공급과 광도를 높여 줌으로써 유식물체의 순광합성 속도를 증대시키기 위하여는 광독립영양배양을 유도시켜야 할 필요가 있다. 유식물체의 광독립 자가영양적 측면이 강화되면 순화기간 및 정식후의 생장이 촉진되는 한편, 순화기간 동안에 배양묘의 생존율을 높일 수 있으며, 계대배양 동안에 배지 내의 당농도를 감소시킬 수 있으므로 생산비가 적게 들고 배지의 오염도를 줄일 수 있다. 암기의 탄산가스 농도는 유식물체의 호흡에 의한 탄산가스 방출 때문에 대기 중의 농도보다 상당히 높아지며, 그 정도는 유식물체의 호흡속도나 배양기의 환기장치 등에 따라서 다르다. 특히 백합 등과 같은 구근류의 배양에서 24시간 연속 암기에서 배양하는 경우 배양기내의 탄산가스 농도가 상당히 높을 수 있다. 이와 같은 암기 동안의 탄산가스 고농도가 유식물체의

생장, 증식, 호흡속도 등에 미치는 영향도 구명되어야 할 것이다.

배양기내의 가스조성은 특수한 가스를 흡수하거나 생성하는 약품첨가(소다석회에 의한 CO₂흡수), 가습기, 습기 제거기, CO₂ 발생기 등에 의한 배양실 내의 가스 환경조절과 통풍과 공기순환의 촉진 등에 의해 제어될 수 있다.

2. 광독립 자가영양배양과 순화과정의 환경조절

가. 순화과정에서의 광독립영양 배양과 환경스트레스

- 1) 광합성 변화 : 영양 섭취 상태가 타가영양에서 자가영양상태로 전환된다.
- 2) 수분스트레스 : 잎의 각피 조직 구조와 기공 및 배수조직 개폐에 변화를 가져오며 잎, 줄기 및 뿌리의 형태적 변화를 초래한다.
- 3) 저온스트레스 : 식물체의 생화학적 대사작용 불균형을 유발한다.
- 4) 습도 : 순화과정은 기내에서 먼저 진행시켜야 한다. 비교적 낮은 습도(35%)에 노출시켰을 경우 잎에 형성된 wax가 식물순화에 기여하는지에 대한 것은 잘 알려져 있지 않다. 기내 배양기의 습도를 낮추기 위한 방법으로서 기내배양 식물의 용기를 하부만 냉각하여 용기 내의 상층부 습도를 낮추는 방법도 시도되고 있다. 용기의 뚜껑을 제거하여 습도를 50-70% 정도가 유지되도록 하면 각피상층의 왁스층이 발달되며 생존율을 75%에서 90%까지 약 15% 정도 증가시킨 예가 있다.

열린 용기 내의 배지오염은 그다지 큰문제를 야기시키지 않으며 대신 용기의 뚜껑을 제거할 때 가급적 외부 공기와의 접촉을 서서히 진행시키기 위해 단계적으로 뚜껑을 열어주는 것도 하나의 방법이다.

나. 순화과정과 관련된 주요 환경 특성

- 1) 습도 : 순화기간동안의 습도조절은 식물의 생존에 매우 중요하다. 그러나 상업적으로 식물을 대량 순화시키는 과정에서는 자동분무장치사용을 피하고 있다. 대신 fog발생장치나 또는 적당한 피복 상태에서 사용하며 시드는 현상이 일어나지 않도록 적당한 환기도 필요하다.
- 2) 수분증산억제제 : 증산억제제의 사용은 자체의 독성 때문에 저농도로 사용하는 것이 좋으나 이 방법은 가습기나 fog발생장치를 사용한 결과보다 그 효과가 높다는 보고는 별로 없다.
- 3) 광도 : 광도가 높은 환경조건에 이식했을 경우 황화현상이 야기될 수 있다. 따라서 기내 발근시기에 광순화가 필요하다. 분무삼목에서 충분히 발근된 삼목묘의 경우 반그늘에서 냉각기를 거친 후 재배지에 옮기는 방법이 사용되기도 하며 기내 대량번식된 식물의 경우에도 이를 적용할 수 있다. 일정시간 음지조건에서 처리된 식물을 차츰 광도가 높은 조건에 노출시켜 마침내 재배지의 광

조건으로 맞추어 주며 이때 광주기의 조절은 휴면억제나 영양생장 및 생식생장의 조절에 필수적이거나 이는 식물의 종류나 계절 또는 경제성에 맞게 고려되어야 할 것이다.

- 4) 온도 : 순화시 온도조절은 필수적이며 계절에 따라서 빛 또는 습도조절이 이의 보조 수단으로 사용될 수 있다. 적정온도는 식물종류에 따라서 차이는 있지만 대체로 13-30℃ 정도의 범위이다. 발근을 위한 배양토의 적정온도는 보통 기온보다 높은 것이 좋으나 일단 순화시기가 끝나면 필요하지 않다.
- 5) 배양토와 용기 : 기내배양배지 또는 이식을 위한 용기 내의 배양토 선택은 매우 중요하다. 예로서 기내에 첨가되는 pH조절제는 발근에 역효과를 주기도 한다. 일반적으로 이식용 배양토는 pH, 통기성, 배수 등의 조건이 잘 갖춰져야 하는데 인공상토들이 이러한 목적을 위해 이용되거나 사용 용기의 크기에 따른 효과는 확실하지 않다.
- 6) 병의 발생 : 순화 및 이식된 기내식물은 환경에 매우 민감하며 따라서 병원균의 감염을 막기 위한 살균 및 병의 방제는 매우 중요하다. 식물의 순화기간 중의 높은 습도는 병원성 곰팡이와 박테리아의 감염이 쉽게 일어나게 하고 특히 잎과 줄기에 대한 연부병을 일으키는 곰팡이의 감염은 일반적으로 많이 일어난다. 이에 대해 농약사용이 보편화되어 있으나 완전히 순화되기까지는 이의 사용이 문제될 수도 있다.
- 7) 비료 : 정상발육을 위해서 기내배양에 쓰이는 양분을 기외 배양토에 투여하거나 또는 일반비료성분을 정상적인 식물에 주는 양보다 1/2-1/4배 농도로 희석해서 사용하며 비료는 고체형 비료를 사용할 수 있다.
- 8) 발근과 순화 : 기내발생근은 이식 후 쉽사리 말라 죽는 경우가 있으나, 순화기간 동안 측근이 새롭게 형성되어 정상생육을 지속하는 경우가 많다. 기내 삼목에 의한 발근은 비용과 노력이 많이 소요되지만(기내 대량번식 비용의 35-70%) 식물종류에 따라서는 불가피할 수도 있다. 비발근 기내삼목의 순화 및 발근은 고사율이 낮은 경우에 두 과정을 동시에 실시할 수도 있다. 이를 위한 조건은 발근된 식물에 사용되는 순화조건을 그대로 적용할 수 있으나 이때 온도, 습도, 광조건에 유의하여야 한다. 비발근식물을 이식할때 성장조절제를 사용하여 발근을 유도할 수도 있다.

이상에서 기내 번식식물의 순화과정을 간략하게 요약하면 다음표와 같다.

표 2.1.1. 기내배양식물의 발근과 순화과정

단 계	발근 및 순화과정
유 묘 채 취	기내 배양된 유묘들을 일정 크기까지 배양 후 채취한다.

<계속>

단 계	발근 및 순화과정
발근 유도	방법 1 : 발근용 고체 한천배지에서 2차배양하여 발근을 유도하고 발근후에 식물을 미생물 억제제가 포함된 물로 세척한다. 방법 2 : 식물에 직접 발근제를 처리후 3-7일 암처리하여 발근을 유도한다.
온실내 뿌리성장 촉진	1. 높은 상대습도에서 그늘을 유지하여 준다. 2. 광조사 시간을 조절하고 식물재배용기 하단부에 가온을 한다.
온실내의 순화	1. 새로운 잎이 생성된 후 재배용기에 대한 가온을 중지한다. 2. 상대습도를 점진적으로 줄여 일반온실 습도가 되게 하여 준다. 3. 기타 식물재배 조건을 일반온실조건과 동일하게 하여 준다.
야외포장 순화	1. 온실밖으로 옮겨 그늘에서 일정기간 재배한다. 2. 태양광하의 자연재배조건으로 이식한다.

3. 광독립 자가영양배양을 위한 환경제어 기준

조직 배양 환경의 제어 기준과 광독립 자가영양배양의 환경조절 범위를 기준으로 배양실내 환경과 기내 환경제어를 위한 광, 온도, CO₂, 공기순환, 당농도 범위 등을 설정하여 배양실 설계 및 환경조절 장치 개발의 기초로 삼았다. 그리고 조직배양시 기내에 요구되는 환경요인과 배양묘의 순화와 관련된 주요환경요인에 대한 문헌적 결과들을 고찰하여 환경제어 범위설정과 제어시스템 연구의 자료로 하였다.

표 2.1.2. 광독립 자가영양배양실 개발을 위한 환경제어 범위 설정

환경 조건	실험 조건	설정 범위	비 고
1) 광 ◦ 광원 ◦ 광량 ◦ 명/암기	광합성 유효 파장 140 μ mol · m ⁻² · s ⁻¹ 12-15hrs /day	cool-white 형광등 이용 70-140 μ mol · m ⁻² · s ⁻¹ 주기조절	광섬유, LED 광원 등의 검토시험 임의조절
2) 온도 ◦ 범위 ◦ 조절오차	20-27℃ ±1℃	5-50℃ ±1℃	주야간 온도 임의 설정
3) 상대습도 ◦ 범위	85-95%	10-99%	가습기
4) CO ₂ ◦ 범위 ◦ 조절	1,000ppm 환기회수 1h ⁻¹	340-2,000ppm 0.01-2.8h ⁻¹	배양실내 공급 공기순환 Filter 이용

<계속>

환경 조건	적정 조건	설정 범위	비 고
5) 당농도 ○범위	무첨가	0-30g / ℓ	배지조성
6) 바람	on-off방식	on-off 방식	pluse 방식

가. 배양기내외에 관여하는 환경요인

기내환경의 변이는 배양중인 식물체의 생장, 발육 및 형태형성에 영향을 미치며 배지 그리고 배양용기밖의 환경에 의해서도 영향을 받는다.

표 2.1.3. 배양기내에 관여하는 환경요인

지상부 물리적 환경	지하부 근부환경
<ul style="list-style-type: none"> ○ 온도 ○ 광-광합성, 광형태형성 ○ 가스조정-탄산가스, 산소, 수분(습도), ○ 에틸렌, 그외가스 ○ 가스확산도(공기유통) ○ 압력 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물리적 환경 <ul style="list-style-type: none"> - 온도 - 수분압-삼투압, 압력, 기질, 배지내의 가스와 액체확산도, 배지의 경도 ○ 화학적 환경-무기물 조성, 유기물 조성, pH, 용존산소 ○ 생물학적 환경-공생미생물, 경쟁결합

따라서 배양용기내의 미세환경조절은 1) 생산비 절감뿐만 아니라 2) 기내 식물체의 생장과 발육이 촉진되고(생체중, 건물중, 절간의 수, 전체 엽면적, 기내발근 및 기내 분지 등이 증가) 3) 묘의 투명화와 오염으로 인한 배양 식물체의 손실등을 감소시켜 주며 6) 생장발육의 균일성이 증가되고 7)외생생장조절물질의 지나친 과용을 막아줄 수 있다(표 2.1.3. Kozai, 1991). 또한 배양 과정 중에 환경을 조절해 줌으로써 식물체가 기외로 이식된 후 더 빠르고 강한 세력으로 자랄 수 있도록 도와 줄 수 있다.

일반적으로 조직배양은 밀폐된 용기나 가스의 교환이 제한적으로 이루어지는 환경조건하에서 식물체를 배양하기 때문에 자연상태에서 식물체를 재배하는 것과는 큰 차이가 있다. 특히 자연상태에서 광합성 작용에 의해서 탄수화물을 공급 받는 대신에 인위적으로 배지내 탄소급원을 첨가하기 때문에 광합성은 상당히 제한된 범위내에서만 이루어질 뿐아니라 균일한 온도와 높은 상대습도는 물질이나 에너지의 유입율이 낮을 수밖에 없는 특수한 환경을 가지고 있다.

따라서 일반적인 기내 환경특성을 보면 1) 상대습도가 높고, 2) 항온상태로 유지되며, 3) 광상태에서는 탄산가스의 농도가 낮고 암상태에서는 증가하며, 4) 배양기간에 따라 에틸렌이 축적될 수 있고, 5) 배지내 당과 무기물 함량이 높으며, 6) 배지내 산소함량이 낮고 배양시기에 따라 페놀 혹은 독성물질이 축적 될 수 있으며 7) 성장조절제가 첨가되는 경우가 많다(Kozai와 Kitaya, 1993).

배양 용기내에서 성장하는 식물체는 1) 증산율이 낮고, 2) 광합성율이 낮으며, 3) 암호흡률이 높고, 4) 수분 및 무기이온의 흡수율이 낮으며, 5) 당의 이용율이 낮은 특성(Kozai와 Kitaya, 1993)을 가지고 있어 결국 생육을 불량하게 만든다.

1) 배양기내의 환경특성

가) 탄산가스 농도의 변화

엽록소가 형성된 식물체를 용기내에서 배양할 때 명기동안 탄산가스 농도는 탄산가스 보상점($50\sim 100\mu\text{mol mol}^{-1}$ 혹은 ppm)이하로 감소한다. (Ando, 1978; Fujiwara 등, 1987; Pospisilova 등., 1987; Desjardins 등., 1988; Infante 등., 1989) 그러나 암기동안에는 시간이 지남에 따라 $5\sim 10\text{mmol mol}^{-1}$ 까지 증가하다가 명기가 시작되면 다시 $100\mu\text{mol mol}^{-1}$ 로 감소한다.

배양병의 마개를 느슨하게 하거나 가스의 교환이 이루어질 수 있는 마개를 이용하더라도 명기동안에 탄산가스의 농도는 $100\sim 200\mu\text{mol mol}^{-1}$ 로 감소하여 대기중의 탄산가스 농도 $350\mu\text{mol mol}^{-1}$ 보다 낮아진다(Kozai와 Sekimoto, 1988). 따라서 배양식물체의 광보상점보다 높은 광합성 유효광도가 배양용기에 조사될 때 명기동안에 탄산가스의 농도가 감소하는 사실로 미루어 보아 기내 배양식물체도 광도만 높여주면 광합성을 하여 광자가 영양체로 전환될 수 있음을 예측할 수 있다(Kozai 등, 1992).

나) 공기와 수분포텐셜

배양용기내 공기와 배지의 수분포텐셜 및 용기외부의 공기는 식물체의 성장과 발육에 대단히 중요한 역할을 한다.

일반적으로 용기내 공기나 배지의 수분포텐셜 구배나 확산계수는 배양용기 바깥보다 매우 작다. 따라서 용기내 배지, 식물체 및 공기간에 수분유입율은 낮은 편이다(Sallanon과 Goudret, 1990). 배양용기내 공기의 수분포텐셜이 0이 되는 것은 상대습도가 100%일 때이다.

25°C 일 때 배양병에 상대습도가 99, 98, 97, 96, 90 및 80%일 때 수분포텐셜은 $-1.38, -2.78, -4.19, -5.62, -7.06, -14.5, -30.7\text{MPa}$ 이었다(Kozai et al., 1992). 상대습도가 90%이상일 때 기내배양 식물체의 증산율은 수분포텐셜의 절대치와 거의 일치한다. 따라서 상대습도 98, 97, 96 및 90%일 때 증산율은 상대습도 99%일때보다 2, 3, 4 및 10배 높다. 고체나 액체배지에 식물체를 밀폐된 상태로 배양했을 때 상대습도는 95%이상 달한다. 또한 배양용기 내부의 물이 응고 되어 용기표면에 부착되어 있을 경우 상대습도는 거의 100%이다. 액체배지의 수분포텐셜은 실제로 무기물과 탄소원인 당의 수분포텐셜을 합한 것으로 이는 삼투포텐셜과 동일하다. 즉 배지내 무기염의 이온농도와 당의 물농도에 따라 배지의 수분포텐셜은 달라진다(Kozai, 1991).

용기내 공기중의 상대습도는 단순한 물리적 법칙에 의해 수분포텐셜로 전환되며(Kozai 등, 1986), 배지의 수분포텐셜은 배지의 무기물 조성, 2탄당 및 단당류의 전체 농도가 증가함에 따라 낮아진다. 배지의 종류에 따른 수분포텐셜은 표 2.1.4와 같다.

표 2.1.4. 기본배지의 종류에 따른 배지의 수분포텐셜(Kozai 등, 1986)

기본배지	수분포텐셜	기본배지	수분포텐셜
Heller (1953)	-89(kPa)	Nitsh (1969)	-106(kPa)
Knop (1865)	-49	B ₅ (1968)	-139
Knudson C (1946)	-69	R ₂ (1973)	-219
MS (1962)	-218	N ₆ (1975)	-177
White (1963)	-111	Modified LP (1984)	-171
SH (1972)	-153	Enshi-Shoho (1966)	-76

주) 배지의 pH조정과 고압멸균후 측정하였음.

다) 광

식물체의 광합성과 관련하여 광도를 lux로 표현하는 것은 가시광선만을 포함하기 때문에 적절하지 않으며 광자 유입밀도(photon 혹은 quantum flux density, mol m⁻²s⁻¹) 혹은 방사 유입밀도(irradiance radiation flux density, Wm⁻²)로 표현하는 것이 적절하다. 일반적으로 광합성 유효파장은 400~700nm이기 때문에 이 범위에 있는 광자 유입밀도를 광합성 광장 유입밀도 (photosynthetic photon flux density, PPFD 혹은 간단히 photosynthetic photon flux, PPF) 또는 광합성 유효방사 (photosynthetically active radiation, PAR)라 한다.

광형태형성(photomorphogenesis)은 광자 유입밀도가 낮을 때 일어나며 그 강도에 의해서 크게 영향을 받지 않는다. 대부분의 광형태형성 반응은 청색광의 범위(400~460nm)나 적색광(620~680nm), 원적색광(700~800nm)의 범위에 있는 파장에 의해 조절된다.

배양실내의 형광등이 서로 가까이 위치해 있을 때 배양선반위의 PPFD의 분포는 비교적 균일한 수평적 분포를 나타낸다. 그러나 배양병 내부와 외부의 PPFD는 큰 차이가 있어 배양대위의 배양병의 배치방법, 배양병이나 마개의 종류에 따라서 달라진다(Fujiwara 등, 1989).

Polycarbonate, 유리 및 polystyrene 으로 만든 배양병은 각각 390, 290 및 300nm보다 짧은 파장을 투과시키지 못한다. 따라서 배양병내 성장하고 있는 식물체가 받는 광의 파장영역은 광원이나 배양병의 재질에 따라 달라질 수 있다(Dooley, 1991). 그러므로 조직배양시 특수파장의 유입밀도나 명암의 주기가 광형태 형성이나 성장반응에 큰 영향을 미칠 수 있다.

광원은 PAR과 광형태형성 유효방사뿐 아니라 열복사와 대류가열 현상을 일으킨다. 실제적으로 광원에 의해 소모된 전기에너지의 약 25%만이 PAR로 전환된다. 광원에 의해 발산되는 방사열은 배양병 내부의 온도를 바깥쪽보다 0.5~1.0℃ 상승시키는데 배양병내, 외부의 온도 차이는 배양병 바로 위에 조사되는 총 방사유입 밀도와 거의 비례한다. 배양병으로 투과되는 방사 에너지의 대부분은 배양병의 바깥표면의 전도열로 방출되며 극소량이 배양병 내부와 외부의 공기교환에 의해서 방출된다. 광을 조사받는 식물체의 온도는 배양병내 매우 느린 공기교환 속도와 낮은 증산을 때문에 내부공기 온도보다 0.1~1.0℃정도 높다(Kozai와 Kitaya, 1993).

2) 배양묘와 배양환경

기내 배양식물체도 환경 스트레스에 매우 민감한 반응을 나타내는데 스트레스를 받은 식물체는 포장이식 후 생장이 지연되거나 고사한다(Grout와 Aston, 1977). 그러므로 포장 이식 후 생존율을 높이고 생장을 촉진시키기 위해서는 배양환경의 조절이 매우 중요하다. 기내 배양환경의 불량으로 인해 발생하는 여러 가지 증상을 보면 1) 표피확스의 발달이 불량하거나 기공의 기능이 저하되며, 2) 엽록소 함량이 낮고 건물중의 비율이 낮으며, 3) 책상 및 해면 세포의 발달이 불량하고, 4) 생장이 지연되거나 투명화와 같은 생리적 혹은 형태적 비정상개체로 발달되며, 5) 잎이나 초장, 형태가 균일하지 않고 변이가 크며, 6) 발근이 잘 되지 않거나 측근의 발생이 불량한 묘가 생산될 수 있다(Kozai와 Kitaya, 1993).

이와 같이 기내 배양환경이 적절하지 못한 조건에서 생산한 식물체를 포장에 옮겼을 때 나타나는 반응이 일어날 수 있다.

- 식물체는 수분 결핍에 매우 민감하며 광자가영양체(photoautotroph)로의 발달이 지연되거나 되지 않는다(Grout와 Aston, 1977).

- 과다한 증산을 방지하기 위해서 상대습도를 높여주고 차광을 해주어야만 한다(Dunstan과 Turner, 1984).

- 위조나 차광으로 인하여 광합성율이 저하되며, 발근이나 새잎의 전개가 지연된다(Kozai와 Kitaya, 1993).

가) 타가영양번식과 광합성

명기동안에 배양병내 CO₂의 농도가 감소한다는 것을 처음으로 보고한 사람은 Ando (1978)가 난조직배양에서 었다. 관엽식물의 조직배양시 밀폐된 배양용기내 CO₂보상점보다 낮으며 대기중 CO₂농도 약 340ppm보다 250ppm정도가 낮다(Fujiwara 등, 1987 ; Infante 등, 1989).

이와 같은 결과는 1) 엽록소를 가진 식물체를 공기순환이 잘 이루어지지 않은 용기내 배양할 때 광을 조사하면 CO₂농도가 감소되는 조건에서 광합성이 이루어지며 2) 따라서 명기 동안에 배양병내 CO₂농도의 감소는 광합성을 제한하는 요인이 될 수 있으며, 3) CO₂농도가 낮은 조건에서는 광도를 높더라도 광합성율은 증가되지 않으며, 4) 배양 식물체는 배지내 첨가된 당을 이용하여 성장하는 타가영양체(heterotroph)나 배지의 당과 부분적인 광합성에 의해 탄수화물을 공급받는 혼합영양체(mixotroph)로 성장할 수밖에 없고, 5) 배양병내 CO₂ 농도를 증가시키고 광도를 높여 자가영양체적 조건하에서 배양하면 타가 혹은, 혼합영양체 조건하에서 보다 생장이 양호할 것이며, 6) 초기 배양절편체로써 엽록소를 함유하고 있는 조직의 면적이 클수록 초기 성장율을 높일 수 있다는 것을 암시한다(Kozai, 1991).

나) 자가영양번식과 광합성

탄산가스 농도를 증가시키고 광도를 높여 기내 배양식물이 충분한 광합성을 할 수 있도록 함으로써 탄수화물을 스스로 공급하게 하는 광자가영양적 미세번식의 경우, 기내 식물체의 광합성에 의한 성장과 발육은 광, 이산화탄소, 습도, 환기속도, 온도 및 산소 등을

포함한 물리적 환경요인에 의해 크게 영향을 받는다(Kozai, 1991). 광자가 영양적 미세번식에 미치는 환경의 영향에 대한 연구는 Kozai등에 의해 널리 보고되어 있다(Kozai, 1991; Kozai 등, 1992). 이 미세번식법은 생산성의 증가와 묘의 품질향상 및 생산비 감소 등 여러 가지 장점을 가지고 있다. 그 장점을 보면 1) 기내배양 식물체의 성장과 발달을 촉진시킬 수 있다. 2) 식물의 생리적 혹은 형태적 이상을 방지하여 품질을 향상시킬 수 있다. 3) 증식된 식물체의 개체간 성장 차이를 줄일 수 있다. 4) 발근과 순화과정을 단축할 수 있다. 5) 배지에 첨가되는 유기물, 성장조절제 및 당의 농도를 줄일 수 있다. 6) 당이 첨가되지 않은 배지에서도 광자가 영양적 발달이 잘되는 식물체는 당첨가에 의한 오염을 줄일 수 있다. 7) 환경조절이 용이한 큰 배양용기에 대량으로 배양할 수 있다. 8) 자동화, 컴퓨터화 및 로봇화가 용이하다(Kozai, 1991; Kozai 등, 1992).

광자가 영양적 미세번식에서는 증식단계에 앞서 부착된 조직이나 다수의 마디를 가진 삽수와 같은 것을 절편체로 이용할 수 있다. 따라서 절편체는 질적인 면이나 크기에서 균일해야만 한다.

광자가 영양적 미세번식법의 단점은 1) 절편체로 이용되는 조직은 엽록소를 함유하고 있어야만 한다. 2) 탄산가스 농도증가에 따른 비용이 증가한다. 3) 광합성이 일어날 수 있는 광도조건을 감추기 위해서는 추가적인 광원을 설치해야 하며 이로 인하여 발생하는 열을 제거하기 위해서는 냉방장치의 용량을 높여야 하므로 전기소모가 증가한다(Kozai 등, 1991).

다) 증산작용과 광합성

기내에서 배양하는 식물체는 배지의 화학적 조성이나 물리적 환경의 부적합으로 인하여 기능을 상실하거나 제구실을 하지 못하는 기공을 가진 경우가 많으며, 특히 습도가 높고 광도가 낮은 상태에서 자란 식물체는 포피층이 빈약하다(Sutter과 Langhans, 1979).

기내배양 감자의 엽면적당 증산율은 공기중의 수증기 포화 부족량(water vapor saturation deficit)의 영향을 크게 받으며, 수증기 포화 부족량이 증가할수록 증산율은 높아진다. 감자의 경우 증산율의 절대치는 포장재배시 $2\sim 12\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{h}^{-1}$ 로 훨씬 낮았다(Tanaka 등, 1992).

감자를 배지에 접종한 후 25일이 경과한 다음 잎의 증산 저항성을 보면 상대습도가 94~95%일 때 0.5s cm^{-1} 이고 수증기 포화부족량은 $0.16\sim 0.19\text{kPa}$ 이다. 상대습도가 92~95%일 때는 1.0s cm^{-1} ($0.16\sim 0.25\text{kPa}$), 상대습도가 86~92%일 때 1.7s cm^{-1} ($0.25\sim 0.44\text{kPa}$), 상대습도가 81~88%일 때 5.0s cm^{-1} ($0.38\sim 0.60\text{kPa}$)이다(Tanaka 등, 1992).

기공 저항성은 상대습도가 낮을 경우 시간이 증가할수록 증가한다. 따라서 배양병내 상대습도의 조절은 식물체의 증산율과 광합성 특성에 큰 영향을 미칠 수 있다.

3) 환경조절과 배양묘의 성장

환경조절에 의해 식물체의 성장을 조절하는 것은 매우 중요하다. 기내에서 배양한 식물체를 온실이나 포장에 옮겨 순화시킬 때 식물체의 기공형성, 표피의 왁스형성과 같은 생리적 특성뿐만 아니라 잎의 수와 크기 같은 형태적 특성이 균일하지 않으며 개체간 생존율이나 성장정도에 큰 차이를 나타낸다(Kozai 등, 1991).

식물의 종류에 따라 차이는 있으나 포장에 이식하여 생존율을 높이고 생장을 촉진 시키기 위해서는 기내에서 줄기가 짧고 굵은 식물체를 생산하여야 하며, 정상적인 기공과 표피 왁스층이 잘 발달되어 있어야만 한다. 그러나 광도가 낮고, 배양실의 온도가 높은 조건 하에서 기내에서 성장된 식물체는 줄기가 약하고 키가 크기 때문에 포장에 옮겨 심었을 경우 도복 또는 고사되는 경우가 많다.

또 기내증식단계에서 마디부분을 절편체로 이용할 경우 절편체를 분리하고 접종 하는데 소요되는 시간을 현저히 감소할 수 있으며 자동화가 가능하다.

가) 온도

대부분의 조직배양실은 주야간 온도 변화없이 25℃를 유지하고 있는 것이 일반적인 관례로 되어 있다. 그러나 광자가영양적 혹은 광합성에 의한 탄수화물 자가공급과 배지에 첨가된 당을 동시에 식물체가 이용하는 광혼합영양적(photomixotrophic) 미세번식의 경우 명기동안 광합성작용에 의해 고정된 탄수화물이 높은 암호흡율에 의해서 현저히 소모되기 때문에 생장이 억제될 수 있다(Kozai 등, 1991). 일반적으로 암호흡률은 저온에서 감소되는데 이는 탄산가스 흡수가 증가되기 때문이다(Kozai 등, 1989).

국화, 백합 등과 같은 화훼뿐만 아니라 거의 모든 식물체의 초장증가와 발달은 주야간 온도 교차에 의해서 촉진될 수 있다(Heins 등, 1988). 프라그묘로 번식시킨 관상용 초화류의 경우에도 주야간온도 교차에 의해서 초장을 조절하고 있다(Erwin 등, 1989).

광도가 높은 조건에서는 주야간 온도 교차에 의해 건물중과 생체중 차이가 심하지 않으며, 신초의 길이는 모든 온도처리구에서 광도가 높은 구보다 낮은 구에서 약간 커지는 경향이 있다. 그러나 건물중과 생체중, 엽면적, 전개되지 않은 엽수 등은 온도처리에 관계없이 광도가 낮은 구 보다 높은 구에서 증가한다.

따라서 앞으로 배양실의 온도 범위를 일정하게 유지하는 것보다는 주야간 온도 차이를 두어 식물체를 강건하게 성장시킬 필요가 있으며 이와같은 문제에 관해서는 더 많은 연구가 이루어져야 된다고 생각된다.

나) 상대습도

용기내의 상대습도나 배지의 삼투포텐셜은 여러 면에서 기내식물체의 성장, 발달 및 광합성에 영향을 미친다(Kimball 등, 1975; Brown 등, 1979; Ziv 등, 1983; Wardle 등, 1983; Capellades, 1989; Debergh, 1983). 특히 배양용기내 높은 습도는 식물체를 연약하게 성장시키거나 투명화를 일으키는 주원인이 된다(Ziv, 1991). 그리고 배양용기가 클 경우에는 용기내의 공기교환의 수가 많으므로 과다한 증산이 일어나 식물체가 위조될 수가 있으므로 제습기와 가습기를 갖춘 자동습도 조절장치를 사용하는 것이 효과적이다(Kozai, 1991).

다) 광

최근 배양실의 광조사 방법으로 측면에서 조사하는 방법이 개발되어 시험 중인데 이와 같은 광조사 방법은 배양실의 이용면적을 증가시킬 뿐 아니라 전조로 인한 전기 소모를 줄이면서 식물체는 보다 많은 광을 받을 수 있으므로 식물체의 생장을 촉진시키고 질을 높이는데 효과적이라 알려져 있다(Kozai 등, 1991; Hayashi 등, 1992). 이 방법은 배양병

과 형광등을 배양대 위에 수직으로 연결시키는 것으로 상부에서 하부로 조사되는 기존 방법과는 달리 배양 중인 식물체의 광이용율을 증가시킬 뿐만 아니라 상부, 중부 및 하부엽까지 수광이 가능하다.

감자 조직배양시 측면에서 광을 조사하면 기존보다 초장이 3.5cm정도 짧아지나 식물체당 건물중과 엽면적은 1.8배나 증가하며 또한 3단계로 배양병을 포개어 배양했을 때 배양병의 상, 중, 하 위치에 관계없이 식물의 생장은 동일하였다고 보고하였다(Hayashi 등, 1992).

(1) 광주기

과수 신초배양 시험에서 생장에 미치는 광주기의 효과를 보면 24시간을 기준으로 명과 암을 16/8, 8/4, 4/2 및 2/1시간으로 하고 하루 중 총명기를 16시간으로 하였을 때 최대 생장은 6시간 주기로 명기를 4시간, 암기를 2시간으로 처리한 구에서 얻을 수 있었다(Morint 등, 1990, 1991). 이와 같은 결과를 연구자들은 파이토크롬과 배양병내 CO₂ 이용율이 증가되기 때문이라 설명하고 있다.

감자 조직배양시 신초 생장은 1시간 명기, 0.5시간 암기로 했을 때가 24혹은 6시간 명기와 2시간 암기로 했을 때보다 양호하였다. 또한 생체중 및 건물중도 긴 명암주기보다는 짧은 명암주기에서 증가한다고 Hayashi등이 보고한바 있다.

(2) 광질

기내배양시 광질이 식물체의 형태형성에 영향을 미친다(Read, 1990 ; Sesbrook, 1987 ; Doolley, 1991). 거의 대부분 조직 배양실은 형광등을 이용하고 있는데 그 스펙트럼이 일반적으로 배양물의 요구도와 잘 맞는 것 같다. 경우에 따라서는 고압 소듐등을 이용하여 좋은 결과를 얻고 있다. 한편 형광등의 종류에 따라서도 기관 형성에 미치는 효과는 상이한데 *Kalanchoe* 잎 절편 배양시 오렌지-적색광의 발생 비율이 높은 형광등을 이용했을 때 부정아 형성이 양호하다고 한다. 자외선이나 자외선부근의 파장을 발산하는 비율이 높은 형광등은 부정아 형성에 억제 되었다. *Pelargonium* 조직배양시 줄기신장은 적색광이 백색광(형광)에 비해 양호하고 청색광은 심히 억제한다(Appelgren, 1991). 그러나 *Campanula isophylla* 조직배양시 근적외광이 개화시기 식물체의 초장과 줄기의 신장을 촉진시킨다(Moe et al., 1991). 또한 IAA가 첨가된 배지에 담배조직을 배양할 경우 적색광이나 녹색광은 청색광에 비해 현저히 촉진시키는데 이는 청색광에 의해 IAA가 파괴되기 때문이다. 그러나 이러한 결과는 포플러, 버드나무, 국화 및 다알리아 조직배양에서는 적용되지 않았다.

일반적으로 식물종에 따라 광질의 효과는 다소 차이는 있으나 적색광은 신초형성에 효과적인 것 같다. 또한 적색광은 철쭉 배양시 부정근 형성에 효과적이다. 따라서 적색 혹은 근적외광 조사는 부정근 및 부정아형성에 중요한 역할을 한다.

그리고 앞으로는 청색광, 적색광 및 근적외광을 낮은 수준에서 식물체의 광형태형성을 유도하기 위해 이들 광을 따로따로 발할 수 있는 여러형태의 광원(light emitting diodes, LED)이 사용될 것이다.

라) 탄산가스

고광도하에서 배양병내 탄산가스의 농도를 높여주면 광합성율을 증가시켜 기내배양된 식

물체의 생장을 촉진시킬 수 있다. 배양병내 탄산가스의 농도를 높이는 방법으로는 여러 가지가 있는데 지금까지 쓰이는 방법은 다음과 같다.

(1) 가스 투과용 마개를 이용하는 것

시간당 배양용기의 공기교환수(시간당 배양용기의 공기교환율로 표시하며 배양용 기내의 공기량으로 나눈값)는 배양병 마개의 종류에 따라 다른데 배양병을 알루미늄포일, 플라스틱 및 실리콘 고무로 막았을 때 시간당 공기교환수는 각각 0.18, 1.5 및 0.6이다(Kozai 등, 1986).

그러나 가스투과용 미세폴리프로필렌 필름을 사용하면 시간당 이 횟수를 3~6배 더 증가시킬 수도 있다(Kozai와 Sekimoto, 1988). 이외에 배양병 마개로 fluorocarbon polymer 와 같은 가스투과용 플라스틱 필름(Tanaka 등, 1998)이나 여러개의 구멍이 있는 큰 배양용기에 투명한 플라스틱 필름(Kozai 등, 1989)을 사용하기도 한다.

이와 같이 배양병 마개의 형태가 광환경뿐만 아니라 배양 중인 식물체의 생장과 투명화의 발생 및 배양용기 내의 가스조성에도 영향을 미친다. 따라서 배양병 마개로써 가스교환이 용이한 것을 사용함으로써 배양병내의 습도가 낮아지고 가스교환이 잘 일어나 투명화 발생이 억제되는 등 여러 가지 장점이 있다(Kozai 1991). 특히 광합성 유효광도에서는 총동화율을 증가시켜 신초의 생장을 증가시킬 수 있다.

카네이손(Kozai와 Iwanami, 1990), 딸기(Kozai와 Sekimoto, 1988), 라디아타 소나무(Aiken-Christie 등, 1990) 및 담배(Kozai 등, 1990)에서 행한 실험 결과를 보면 당이 첨가되고 가스의 교환이 어려운 마개를 이용했을 때보다 당이 첨가되지 않고 가스교환이 가능한 마개를 이용했을 때 신초의 생장율이 증가한다고 하였다.

그러나 가스교환이 용이한 마개를 이용하더라도 시간이 경과함에 따라 탄산가스의 농도가 $150\text{-}200\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 로 감소함으로써 엽면적당 총동화율 증가는 오히려 감소하고, 기내의 배지나 식물체의 과다한 수분손실이 일어나 생장이 제한될 수도 있다.

(2) 인위적인 탄산가스의 공급

(가) 배양실내

광합성 유효광도($100\text{-}200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)하에서 배양실내 탄산가스의 농도를 500-1000ppm으로 증가시키면 식물체의 엽록소 함량을 높혀 신초의 생육을 촉진시킨다는 연구가 담배(Mosseu, 1986), 심비디움(Kozai 등, 1987), 카네이손(Kozai와 Iwanami, 1988) 및 감자(Kozai, 1988 : Cournac 등, 1991)에서 보고되고 있는데 식물의 종류에 따라 차이는 있으나 배지내 당을 첨가 하거나 하지 않더라도 생육촉진 효과는 동일하다.

일반적으로 배양용기내의 탄산가스량을 300-350ppm으로 유지하기 위해서는 대량증식 단계의 초기에 배양실내의 탄산가스량을 500ppm 정도로 유지해야 하며, 배양용기의 공기교환수나 식물체의 크기 및 식물종 등에 따라 5-7일마다 500ppm 정도까지 증가시켜야 한다.

(나) 배양용기 내

식물체의 광합성율과 증산율은 공기속도에 의해 영향을 받는다. 감자(Nakayama 등, 1989)와 딸기(Kozai 등, 1989)의 기내배양시 PPF하에서의 광합성율은 자연환경 조건에서

보다 강제로 환기시킨 조건하에서 배양했을 때 더 높다. 그리고 식물체의 생장은 생장은 높은 탄산가스농도, 높은 PPF 및 높은 상대습도 조건하에서 더 촉진된다(Kozai 등, 1991).

한편, 딸기를 기존 배양방법에 의해서 배양하는 것보다 광도를 $96\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 조절된 배양실에서 강제 환기장치가 부착된 큰 배양병에 배양했을 때 배지내 당이 첨가되지 않더라도 광합성율과 건물중은 현저히 증가하며(Fujiwara 등, 1988), 상기 언급한 탄산가스농도 증가 방법보다 강제 환기장치를 부착한 배양병에 배양했을 때 광자가영양적 번식효과는 크다(Kozai 등, 1991). 그러나 철쭉 배양시 증식단계에서 강제 환기장치가 부착된 병이나 질소, 산소 및 탄산가스 혼합공기를 순환시켜 배양하더라도 번식체의 생체중이나 신초수는 오히려 감소한다고 하였는데 이는 광합성유효광도보다 낮은 $39\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 에서 배양했기 때문이라 생각된다(Walker 등, 1988).

이와 같이 탄산가스 농도 증가가 식물체의 생장에 미치는 효과에는 다소 차이가 있을 수 있는데 이는 탄산가스 농도 이외에도 광도, 에틸렌, 가스교환 속도 등의 차이에 의해서 발생할 수 있으나 가장 큰 영향을 미치는 것은 탄산가스 농도에 의해서이다(Nakayama et al., 1991). 이외에 용기내의 탄산가스와 에틸렌의 농도를 감소시키기 위해 흡수제로 soda lime이나 KMnO_4 가 사용되기도 한다(Kozai 등, 1991).

마) 산소

일반적으로 동화작용에 의해서 성장된 C_3 식물체는 대기중의 산소농도 21%, 탄산가스농도 350ppm일 때 광호흡에 의해서 동화산물의 약 50%정도를 손실하게 된다. 그러나 광호흡은 산소농도가 감소함에 따라 억제되는데 산소농도가 2%일때는 완전히 중단된다(Zelitch, 1971, 1975). 총광합성율은 산소농도가 2%일때가 21%에 비해 거의 2배 정도 더 높다.

국화 조직배양시 산소의 농도를 달리하여 장기간 처리하였을 때 건물중은 산소농도를 10%로 하였을 때 5, 15 및 21% 처리구보다 훨씬 증가한다(Tanaka 등, 1990). 명기동안에 산소농도를 감소시켜 신초의 성장을 촉진시키고 배지내 미생물의 오염을 방지하며 총동화율을 증가시키는 것은 실용적이라 할 수 있다. 그러나 용기내의 산소농도는 산소흡수체에 의해 낮아질 수 있으나 배양실내의 산소농도의 조절은 어렵다. 한편, 배지내의 용존산소의 농도는 기내 식물체의 발근과 생장에 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 응고제로 한천을 사용하는 것보다 섬유질(fibrous substrate)을 사용하면 생장에 더 효과적일 수 있다(Kozai, 1991).

바) 배지의 무기물 조성

지금까지 널리 사용되어온 조직배양용 배지의 무기물 조성은 타가영양적 배양에 적합하나 광자가영양적 혹은 광혼합영양적 미세번식을 위해서는 적합하지 않을 수도 있다. 특히 광자가영양적 번식조건에서는 비타민이나 그밖의 유기물을 첨가하지 않아도 내생적으로 합성하여 공급할 수 있기 때문에 필요없을 수도 있다. 이점에 대해서는 광자가영양적 세포배양물에서 광범위하게 연구된 바 있다(Horn과 Widholm, 1984).

카네이션을 광자가영양적 조건하에서 당이 첨가되지 않은 수경재배 용액에 배양하더라도

당이 첨가된 무기물농도를 절반으로 줄인 MS배지나 수경재배 용액에 배양하는 것보다 생장율이 높다(Kozai 등, 1988). 1/2 MS배지내 포함되어 있는 NH_4^+ 나 Mn_2^+ 의 농도는 수경재배용액에 포함되어 있는 양보다 7.6배와 5.5배가 높고, PO_4^{3-} , Ca_2^+ 와 Mg_2^+ 함량은 각각 0.46, 0.37 및 3.37배 높다.

딸기를 21일 동안 1/2MS배지에 배양해 본 결과 당이 첨가되지 않고 탄산가스 농도와 광도를 높인 광자가영양적 조건하에서 배양한 것에서 생장이 최대에 달한다(Kozai 등, 1989). 또한 배양 21일째 배지내 잔존 무기이온을 보면 PO_4^{3-} 가 3%, 와 Mg_2^+ 가 41%, NO_3^- 가 53%이기 때문에 PO_4^{3-} 의 농도를 증가시키는 것이 생장을 촉진시키는데 도움이 될 수 있다. 딸기를 이용하여 이와 유사한 실험이 타가 및 혼합영양조건하에서 수행된 바 있다(Kozai 등, 1989).

기존적인 배양방법에서는 식물체의 수분 흡수율이나 증산율은 배양용기 내의 광도가 낮고, 가스교환율이 저조하며, 상대습도가 높기 때문에 낮다(Kozai 등, 1991). 이러한 환경조건하에서 배지내 첨가된 무기이온이 충분하더라도 식물체에 의해 흡수 이용되는 율은 낮을 수밖에 없다. 즉 식물체가 최대의 무기영양을 흡수 이용할 수 있는 방법에 관한 연구가 필요하다.

결론적으로 기내배양시 신초 혹은 식물체의 생장과 발달은 기내의 환경조건에 의해 영향을 받는다. 그러므로 미세환경조절을 통하여 식물체의 생장과 발달뿐 아니라 기내 배양된 식물체의 생산비용을 절감할 수 있다. 그리고 조직배양기술로 종자나 삼목번식에 의해서 식물체를 생산하는 이식체 생산체계(transplant production system) 기술을 도입할 필요가 있다.

미세번식을 통하여 상업적인 규모로 식물체를 대량생산하기 위해서는 프라그묘 생산, 수경재배 및 기존 영양번식법에서 개발된 기술들과 새로운 미세번식 체계를 위하여 개발된 로봇화나 컴퓨터화 및 생체생리 혹은 환경조절분야에서 개발된 기술들을 통합하여 하나의 번식체계로 확립한다면 기내미세번식을 통한 식물체의 생산이 극대화될 수 있을 것이다.

나. 배양묘의 순화에 관여하는 환경요인

인위적인 배양용기 내의 합성배지 상에서 일정기간동안 배양시킨 유묘들을 온실 또는 야외포장으로 직접이식 하였을 때 이들은 생존할 확률이 매우 낮다. 그 이유는 유묘들이 자란 배양기 내의 인공배지에 포함된 영양성분 및 생육환경이 외부의 자연환경과는 매우 다르기 때문에 유묘들이 심한 환경적인 스트레스를 받기 때문이다.

일반적으로 유묘들을 배양용기로부터 꺼내서 온실의 토양에 일차적으로 이식 하였을 때 대표적으로 달라지게되는 환경적인 변화들로서는 온도의 편차가 심해지고, 습도가 배양용기 내에 비해 낮아지며, 반면 광도는 높아진다는 것이다. 또한 생육에 필요한 탄소원의 획득방법으로서 인공배지에 포함되어 있었던 당을 직접 사용하였던 때와는 달리 자체적인 광합성에 의해 당분들을 합성하여 사용하여야 하며, 더욱이 무균상태에서 생육되었던 때와 달리 유묘들이 각종 미생물들의 공격에 대해 직접 노출되게 된다는 것이다. 따라서 이런

여러 가지 달라진 환경으로부터 유래되는 각종 스트레스를 받게 되므로 식물의 생리대사 과정이 기내배양되었을 때와는 매우 달라지게 되어 전반적인 식물생리가 변하게 된다. 이런 환경적인 스트레스로부터 식물이 살아남기 위해서는 단시간내에 달라진 외부환경에 적응해야하며 이런 적응과정을 순화(acclimation)라고 한다. 그러므로 인공배지에서 기내배양된 유묘들을 토양에 이식한 후 생육을 원활하게 하고 또한 개체수도 충분히 증식시키기 위하여서는 식물의 생장에 대한 주요 외부 환경인자들인 수분함량, 온도, 광량, 그리고 무기질 농도의 급격한 변화에 배양묘들이 잘 적응되도록 일정 기간에 걸친 순화과정이 필수적으로 요구된다.

1) 수분 스트레스

식물은 뿌리를 통하여 수분을 흡수하고 과다하게 흡수된 수분은 잎의 기공을 통하여 증산시킨다. 그러므로 식물에 대한 수분 공급량의 변화시 뿌리 및 기공에 대한 변화가 수반되게 된다. 즉 식물체 내의 수분함량이 부족할때는 토양 중의 수분 흡수율을 높이기 위하여 뿌리가 확장되게 되며 이와 동시에 다른 조직에서의 수분 함량 감소를 방지 하기 위하여 잎의 기공이 열리는 정도가 줄어들게 된다. 기공의 개폐 변화는 토양 내 수분 함량뿐 아니라 대기 중의 습도 변화에 따라서도 민감한 변화를 보여주며 이런 현상은 대부분의 식물에서도 공통적으로 나타나게 된다. 이상과 같이 수분 함량의 변화에 따라서 식물의 민감한 변화를 보이므로 기내 배양된 식물체와 자연 상태의 토양에서 자란 식물체 사이에서는 대표적으로 잎의 각피조직의 구조와 기공 개폐 정도가 큰 차이를 보이며, 식물 뿌리에서도 해부학적인 차이를 나타내게 된다(Sutter와 Langhans, 1979, 1982 ; Ziv 등, 1982 ; Blanke와 Belcher, 1989 ; Capellades 등, 1990 ; Brainerd와 Fuchigami, 1982 ; Marin 등, 1988 ; Shackel 등, 1990 ; Donnelly 등, 1987).

2) 배양체의 스트레스

가) 잎의 변화

기내배양 식물을 순화 시키는 과정 중에 나타나는 식물 해부학적인 변화는 대부분 잎에서 나타난다. 순화과정 중에는 책상조직이 확장되어 식물의 잎이 두꺼워지지만 책상조직층을 이루는 겹의 수의 증가나 엽육 내의 공기층의 감소는 나타나지 않는다. 이와는 달리 순화과정 중에 새로이 생성된 잎에서는 책상조직층이 여러 겹으로 존재하며 더 늦게 생성된 어린 잎일수록 온실 재배된 식물과 비슷하게 된다. 이런 순화과정 중에 새로 생성된 잎 발달정도의 증가는 식물의 왕성한 생육정도에 매우 중요한 요인으로 작용하며 따라서 기내 배양시 생성되었던 초기의 잎의 순화과정 동안 불완전한 기능을 갖는 잎으로 작용하고 단지 순화과정 동안 새로 생성된 잎만이 완전한 온실 재배식물의 정상적인 잎과 비슷한 구조를 갖게 된다(Donnelly 등, 1985).

나) 줄기 및 뿌리의 변화

기내 배양된 붉은 나무딸기(red raspberry)는 대체적으로 자연 재배된 식물보다 줄기의 굵기가 더 가늘고 후각조직이나 후막조직 등의 지지조직이 아주 적게 발달되어 있다. 또한 기내 배양된 식물의 뿌리도 굵기가 정상재배된 식물보다 더 가늘고 잔 뿌리가 많으며

주피들도 훨씬 덜 발달되어 있다.

3) 광합성 스트레스

당분이 항상 공급되고 있으며 제한된 빛의 공급과 가스 교환이 일어나던 배양 용기로부터 배양묘들을 꺼냈을 때 생리적인 기능은 빠르고 극단적인 변화를 일으킨다. 이때 이식된 식물의 영양섭취상태는 타가영양(heterotrophic) 상태에서 자가영양(autotrophic) 상태로 바뀌게 되므로 광합성이 생존을 위해 아주 중요해진다. 기내 배양한 양배추를 토양에 이식한 후 가스 교환 정도를 측정하였을 때 기내 배양시와는 달리 이식된 식물들은 거의 CO₂를 섭취하지 않아서 묘목을 온실의 토양으로 이식한 후 2주 동안은 CO₂균형의 유지가 이루어지지 않는다. 또한 기내 배양된 양배추의 경우 종자발아부터 4주간 온실에서 재배된 양배추보다 엽록소함량이 더 낮게 나타난다. 이와 유사하게 기내배양된 딸기들을 온실로 이식하면 대부분의 잎들이 빠른속도로 떨어지게 되며 남아있는 잎들도 탄소고정능력이 증가를 보이지 않았는데(Grout와 Millan, 1985) 이는 기내 배양시 광합성에 필요한 기구들의 발달이 미진하였음을 보여주는 것이다. 기내 배양된 red raspberry의 경우 잎의 CO₂ 섭취량이 시간당 2.6mg/dm²인 반면 밭에서 키운잎에서는 10.5mg/dm²로 나타나 기내 배양된 식물의 CO₂ 흡수 능력이 1/4정도로 낮게 나타났다(Donnely와 Vidaver, 1984). 더구나 배양기로부터 이식된지 한달 후에도 기내배양시에 자란 잎의 CO₂ 섭취능력은 광량에 상관없이 변하지 않는다. 이와달리 이식 후 순화과정 중 새로 생성된 잎은 이미 생성되어 있던 잎에 비해서 CO₂ 섭취량이 10배이상 높게 증가되기도 한다. 따라서 일반적으로 기내 배양시 생성된 잎은 CO₂ 흡수량에 큰 도움을 주지 못하여 순화를 거친 식물에서 이들이 전체 잎의 30%나 차지하고 있더라도 이들이 흡수하는 CO₂ 섭취량은 총섭취량의 10% 미만으로 나타났다.

기내 배양된 자작나무의 경우에도 온실에서 키운 묘목에 비해 대략 1/3정도의 광합성율을 보여준다(Smith 등, 1986). 또한 배양식물의 잎에 빛을 초당 200에서 1200 μ mol/m² 정도로 변화시켰을 때 온실배양된 자작나무 잎은 총광합성량이 2배 증가함을 보여주지만, 기내 배양된 경우에는 빛의 강약 정도에 따른 총광합성량의 변화가 나타나지 않는다. 그러나 이와는 반대로 sweet gum에서는 동일 광량과 온도에서 배양시 기내 배양된 식물이 자연상태에서 자란 유묘보다 더 높은 광합성량을 보여주었고, 또한 초당 광량을 50에서 155 μ mol/m²로 증가했을 때 기내 배양된 식물의 광합성은 증가되지 않았으나 그 이상인 155에서 315 μ mol/m²로 광량을 더 높게 증가시켰을 때 광합성이 약간 증가하였다(Lee 등, 1985). 일반적으로 모든 광량조건에서 온실재배된 묘목은 기내 배양된 묘목에 비해 대략 반 정도의 낮은 광합성 능력을 보여 주었다.

이상과 같이 기내배양된 식물과 온실재배된 유묘간의 광합성 능력이 식물에 따라 서로 상반되는 이유는 실험식물 대상의 차이에서 유래되거나 아마도 낮은 배양실의 광량 때문에 실험에 사용된 온실묘목의 광합성 능력이 완전히 발달되지 못했기 때문일 것으로 생각된다. 기내 배양된 여러 식물종류들의 광합성 능력 차이는 광합성을 측정하기 위해 사용된 방법뿐만 아니라 유전적으로 식물종간에 따른 특이적인 차이에 의해서도 달라질 수 있

다. 이에 따라 배양된 묘목들은 광합성 수행능력에 따라 두 그룹으로 나눌 수 있다(Grout, 1988). 그 첫 번째 그룹은 딸기와 양배추로서 당분이 포함된 배지에서 기내배양시는 잎에 광합성 능력이 생기지 않는다. 그러므로 이들을 당분이 포함되어 있지 않은 배지로 옮기더라도 이들 잎은 저장된 전분을 새로이 자란 잎에 탄소원으로 공급하여 주는 저장조직으로서만 기능을 하게 된다. 이에 따라 당분이 공급되는 배지에서 생성된 잎들은 광합성 능력이 없으며 결국에는 시들게 된다. 두 번째 그룹의 종려목의 일종으로서 천남성과에 속하는 *Dieffenbachia*를 포함하는 종들로서 이들은 첫 번째 그룹의 잎들과는 다르게 기내배양시 생성된 잎들도 점진적으로 자가영양 조건들에 적응하게 되며 동시에 광합성 능력을 증가시킬 수 있다.

일반적으로 기내 배양된 유묘들에서 광합성이 낮은 것은 칼빈회로를 수행시 CO₂를 고정시키는 ribulose biphosphate carboxylase 활성이 낮고(Grout, 1988), 낮은 광도 및 가스 교환이 부적절하게 일어나기 때문이다. Ribulose biphosphate carboxylase 활성이 낮은 이유는 잎의 발달시기에 당분이 존재하였기 때문이며 실제로 당분이 없는 배지에서 기내 배양된 유묘들의 잎들은 높은 ribulose biphosphate carboxylase 활성을 보인다. 포도의 경우에서도 순화기간 동안 CO₂농도를 350에서 1200ppm으로 증가시키고 광량을 초당 10-100 μ mol/m²으로 비교적 낮게 처리하면 30일 후에 포도 묘목의 상태와 생존율이 증가되기도 한다. 또한 유묘의 지상부와 뿌리의 평균 건조중량은 각기 4배에서 6배로 각각 증가하며 이 기간 동안 뿌리 : 지상부 생성비율도 배로 늘어난다(Lakso 등 1986).

식물들은 명기 동안에 광합성을 수행하며 명기에 나타나는 낮은 CO₂ 농도는 기내배양 식물의 광합성을 제한하게 된다. 대부분의 기내배양 식물들은 이런 CO₂ 농도부족에 따른 광합성의 부족을 배지에 공급된 당분을 사용함으로써 보충한다. 따라서 식물생장 및 순화 과정에는 CO₂ 농도가 매우 중요하며 기내배양 용기나, 순화 용기들에 CO₂ 농도와 광량을 증가시켜주면 난초와 카네이션 경우 발육이 월등히 좋아진다. 따라서 Kozai등(1987)이 개발한 표준 순화 용기는 상대습도가 95%, 온도는 15℃에서 30℃로 조절되어 있으며, 태양 광량의 조사강도는 순화용기로 옮겨진지 첫날부터 40일까지 사이에 시간당 25에서 350Kcal/m²로 되도록 조절되어 있다. 딸기

에서도 기내배양 및 순화과정에 광량과 CO₂ 농도를 증가시 식물생장에 효과적인 것으로 보아 CO₂ 처리가 충분히 효과적이기 위해서는 광량의 증가도 항상 수반되어야 한다.

4) 저온 스트레스

식물의 생육온도가 최적조건보다 저하될 때 전반적인 식물체의 생화학적인 대사작용은 균형을 잃어버리게 된다. 저온에 의해서는 C₄ 식물이 보다 민감하게 스트레스를 받으며 이에 따라 식물의 발생기작과 광합성작용은 일차적으로 제일 먼저 변하게 되며, 식물들은 저온에 대한 순화를 위해서 세포막의 성분들을 변화시킨다. 식물은 저온에 대한 적응 정도에 따라서 저온감수성, 저온저항성 그리고 동결저항성 식물체로 대별된다. 저온에 가장 민감하게 반응하는 식물들은 열대식물들로서 주위의 온도가 10-12℃일 때 대사작용에 이상현상이 유발되며 장기간 동안 이런 온도가 유지될 때는 사멸하게 된다(Sakai와 Hakoda,

1979 : Heslop-Harrison, 1972 : Christiansen, 1968 : Stoddart와 Loyd, 1986).

식물 뿌리 기능도 온도에 매우 민감하여 저온에서는 토양 내 영양분의 흡수가 저해되므로 전체적인 식물영양 상태에 대한 저해를 미친다. 저온에서는 식물지상부의 발달보다는 뿌리증식 속도가 빨라진다. 이런 현상은 저온에서 ATP의 생합성 기작이 일시적으로 둔화되기 때문에 ATP에 의한 proton(H^+)의 방출이 감소되며 이에 따라 이온들의 뿌리 세포 내 유입도 떨어지기 때문이다(Clarkson등,1988). 또한 뿌리 주위 온도의 하락은 세포막에 존재하는 각종 운반효소들의 구조와 기능을 직접적으로 비활성화시켜서 세포막을 구성하는 지질성분, 운반통로의 활성화도 그리고 양분통과성들을 저하시키게 된다. 일반적으로 저온처리에 의한 식물의 감수성은 세포막의 구성성분의 조성에 따라 달라지게 된다(Yoshida와 Uemura, 1986 ; Tseng와 Li, 1987).

5) 기타 스트레스

이상과 같은 식물순화과정 중에 변화된 환경요인들에 의하여 식물에 주어지는 스트레스들 외에도 식물재배환경이 변화되었을 때 스트레스 관련 현상들로서는 에틸렌 발생량의 변화(Field, 1990), superoxide desmutase의 변화(Matters와 Scandalios 1987), 폴리아민의 변화(Galston와 Kaur-Sauhney, 1987), glutathione (Rennenberg와 Lamoureux, 1990)의 변화 및 중금속 농도에 따른 변화(Grill등, 1987)들이 알려져 있다.

다. 배양묘의 순화방법

기내배양된 식물의 온실 또는 일반재배지로의 이식은 급작스러운 환경의 변화를 의미하므로 이식전단계로서 인위적인 환경 순화단계가 필수적이다.

순화과정은 기내에서 먼저 진행시킬 수 있다. 양배추는 배양기내에서 비교적 낮은 35%에 습도에 노출시켰을 경우 우선 시들었다가 회복되며 이 때 새로이 생성된 잎에 형성된 wax가 식물순화에 기여하는지에 대한 것은 잘 알려지지 않고 있다. 또한 흡습제를 배양기내에 처리하였을 때 이러한 낮은 습도조건이 이식 후 생존율을 증가시키지는 않는다고 알려져 있는데, 이는 지나친 수분 스트레스가 가해진 결과로 볼 수도 있다. 기내배양기의 습도를 낮추기 위한 다른방법으로서 기내배양식물의 용기를 그 하부만 냉각하여 용기내의 뚜껑을 제거하고 며칠 방치한 후 식물을 이전하는 것인데 이때 습도를 50~70% 정도가 유지되도록 하면 각피상층의 확충이 발달되며 이러한 상태로 9일 동안 방치할 경우 이식후의 생존율은 75%에서 90%까지 약 15%정도 증가한다. 그러나 이 방법을 적용한 후 고습도의 조건으로 기내식물을 이식할 경우 역효과가 나타나기도 한다(Ziv, 1986).

열린 용기내의 배지오염은 그다지 큰 문제를 야기시키지 않으며 대신 용기의 뚜껑을 제거할 때 가급적 외부 공기와의 접촉을 서서히 진행시키기 위해 단계적으로 뚜껑을 열어주는 것도 하나의 방법이다. 이식시에는 식물에 묻어있는 한천을 가급적 많이 제거하여 이로 인한 이식 후의 오염을 최대로 방지할 수 있다. 미생물이나 곰팡이의 번식을 억제하기 위한 농약사용은 이식후 1-2주 동안은 권장되지 않는데 그 이유는 식물에 대한 피해를 줄 수 있기 때문이다.

1) 습도

기내배양된 식물을 이식 후 처음 며칠 간은 식물자체가 높은 수분함량을 유지하고 있으므로 순화기간 동안의 습도조절은 식물의 생존에 매우 중요하다. 그러나 상업적으로 식물을 대량 순화시키는 과정에서는 자동분무장치 사용을 피하고 있다. 그 이유는 자동분무시 잎의 양분이 씻겨 나가고, 배양토를 지나치게 젖은 상태로 만들며, 이식된 어린식물을 건조시키는 결과를 야기하며 또한 토양내의 미생물의 지나친 번식을 조장하기 때문이다. 대신 안개발생장치(McCown, 1986)나 또는 적당한 피복재를 씌운 상태에서 가습기 사용이 권장되며 시드는 현상이 일어나지 않도록 적당한 환기도 필요하다.

2) 수분증산억제제

이의 사용은 가령 ABA를 10mM 처리시 양배추의 경우 큰 효과를 보지 못하였으나(Wardle 등, 1979) 이 반면 파종에 의한 유묘의 경우나 기내로부터의 순화된 식물에서 새로 형성된 잎들에서는 그 효과를 볼 수 있었다. 다른 방법으로는 필름형태의 증산막을 국화나 카네이션에 사용하기도 한다. 증산억제제의 사용은 자체의 독성 때문에 저농도로 사용하는 것이 좋으나 이 방법은 가습기나 안개발생장치를 사용한 결과보다 그 효과가 현저히 낮게 나타난다. 왁스가 첨가된 증산억제제(Folicot™)의 사용은 분무에 의한 결과와 그 효과가 유사하게 나타났으나(Hutchinson, 1984), 전혀 효과가 없는 경우도 알려져 있다(Sutter와 Hutzell, 1984).

3) 광도

기내배양된 식물은 낮은 광조건으로 인해서 엽육발달이 상대적으로 활발하지 않다. 따라서 이들을 광도가 높은 환경조건으로 이식했을 경우 황화현상이 야기될 수 있다. 따라서 기내 발근시기에 미리 광도를 증가시킴으로서 광순화시키는 방법도 있다(Griffis 등, 1983), 여름에는 90%정도의 그늘 조건에서도 한달 정도의 순화기간을 거칠 수 있지만 가능한 피해를 입히지 않을 정도의 높은 광조건으로 순화시키는 것이 바람직하다(McCown, 1986). 분무상에서 충분히 발근된 삼목묘의 경우 반그늘에서 냉각기를 거친 후 재배지에 옮기는 방법이 사용되기도 하며(Welch, 1970), 기내 대량번식된 식물의 경우에도 이를 적용할 수도 있다. 일정시간 음지조건에서 처리된 식물은 차츰 광도가 높은 조건에 노출시켜 마침내 재배지의 광조건으로 말추어 주며 이때 광주기의 조절은 후면억제나 영양생장 및 생식생장의 조절에 필수적이거나 이는 식물의 종류나 계절, 또는 경제성에 맞게 고려되어야 한다.

4) 토양과 용기

기내 배양배지 또는 이식을 위한 용기 내의 토양선택은 매우 중요하다. 예로서 기내에 첨가되는 pH조절제는 발근에 역효과를 주기도 한다. 일반적으로 이식용 배양토는 pH, 통기성, 배수 등의 조건이 잘 갖춰져야 하는데(McCown, 1986) Peat plug이나 foam block 등이 이러한 목적을 위해 보편적으로 잘 쓰이지만 사용 용기의 크기에 따른 효과는 확실하지 않다.

5) 병의 발생

순화 및 이식된 기내식물은 환경에 매우 민감하여 따라서 병원균의 감염을 막기 위한

살균 및 병의 방제는 매우 중요하다. 식물의 순화기간 중의 높은 습도는 병원성 곰팡이와 박테리아의 감염이 쉽게 일어나게 하고 특히 잎과 줄기에 대한 연부병을 일으키는 곰팡이의 감염은 일반적으로 많이 일어난다. 이에 대해 농약사용이 보편화되어 있으나 완전히 순화되기까지는 이의 사용이 문제될 수도 있다. 따라서 식물·생육을 위한 모든 환경조건이나 준비물의 상태를 청결히 하거나 살균된 상태의 것을 사용함으로써 병발생을 최소화할 수 있다.

6) 온도

순화시, 온도조절은 필수적으로 수반되어야 하며 계절에 따라서 빛 또는 습도조절이 이의 보조수단으로 사용될 수도 있다. 적정온도는 식물종류에 따라서 차이는 있지만 대체로 13~30℃ 정도의 범위이다. 온도조절은 냉각시 냉방기 또는 환풍기를 이용하기도 하며 가열은 온실이나 식물배양에 사용되는 전구의 열을 대신할 수 있다. 발근을 위한 배양지의 적정온도는 보통 공기중의 온도보다 높은 것이 좋으나(McCown, 1986) 일단 순화시기가 끝나면 필요치 않다(Dunstan과 Turner, 1984).

7) 비료

기내식물의 이식후, 이의 정상발육을 위해서 배양토에 기내배양에 쓰이는 양분을 시여하거나 또한 일반 비료성분을 정상적인 식물에 주는 양보다 2~4배 희석해서 사용하며 비료는 고체형의 것도 사용할 수 있다. 감자의 경우 순화초기에 양분을 공급할 경우 도장을 야기시키기도 하며 뿌리발달이 약하게 되고 줄기형성 또한 약하게 된다는 보고도 있다(McCown, 1986).

8) 야외포장순화

기내식물을 직접 포장에서 순화시킬 수도 있지만, 그 생존율은 비교적 낮은 편이며 식물에 따라 차이를 보이고 있다.

제 2 절 배양실 설계와 환경조절장치 개발

1. 장치와 시험방법

가. 기초시험용 배양실과 환경조절장치

1) 배양실의 구성과 환경조절장치

본 장치는 조직배양묘 대량생산을 위하여 기존의 배양시스템보다 경제적인 시스템을 구성하는데 주력하였고 주요 제어환경요인은 온도, 습도, 광, CO₂ gas 및 풍속으로 하였다.

기초시험을 위하여 설계 제작된 장치는 그림 2.2.1과 같다. 배양실 벽체는 두께 50mm의 스티로폴 압착 패널로 제작하였고 배양실 내용적은 높이 2m, 가로 1.4m, 세로 1.4m이며, 배양선반은 4단으로 하였고, 선반의 전면에는 사람의 출입 및 작업을 위한 공간을 두었다.

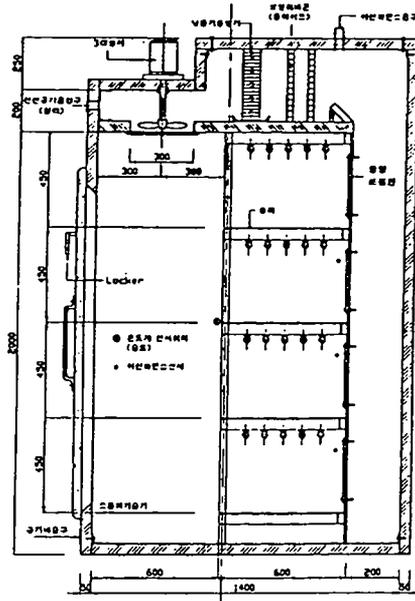


그림 2.2.1. 배양실 단면도

온도조절은 냉난방기의 증발기와 방열관을 배양실 천정부에 설치하고 천정 앞부분에 3대의 순환팬을 설치하여 공기의 유동과 배양실내 지속적인 바람이 유지 될 수 있도록 하였다. 순환통로에 CO₂ gas 공급이 가능하도록 하였으며 또한 신선한 공기유입을 위하여 공기 흡입구와 배출구를 순환통로 부압과 정압 작용부에 설치하였다. 배양실내의 비교적 균일하고 지속적인 풍속유지를 위하여 선반의 각단 벽면에 두장의 구멍판을 겹쳐 좌우로 조절할 수 있게 하므로서 풍량조절을 가능하게 하였다. 또한 초음파 가습기를 이용하여 환기팬 출구부의 공기를 가습시킬 수 있도록 하여 습도의 조절이 될 수 있게 하였다.

2) 환경제어설비와 시스템

배양실내 최적환경을 제어할 수 있는 설비와 시스템을 설계·제작하였다. 기본설비의 구성도는 그림 2.2.2와 같다.

배양실의 설계·제작은 동일시기에 서로 다른 환경제어와 광독립 자가영양배양실험을 실시할 수 있도록 하기 위하여 같은 크기로 4개의 배양실을 만들었다. 그리고 이들 각실에 환경조절장치는 동일한 규격으로 설계·배치하였다.

또한 각 배양실의 환경을 독립적으로 조절할 수 있도록 모든 센서 및 조절장치를 각각의 배양실마다 따로 설치하였으며 보일러, 냉방기 및 CO₂ gas 탱크는 중앙집중식으로 설치하되 솔레노이드 밸브에 의해 각 배양실의 환경을 조절 가능하도록 하였다. 각 배양실 환경의 계측 및 제어를 위해서 컴퓨터 계측 제어시스템을 도입하였다.

설계 제작된 광독립 영양배양실의 시스템에 이용된 환경제어용 기계장치의 사양은 표 2.2.1과 같고 이들의 환경을 계측제어할 수 있는 컴퓨터 복합환경제어장치의 기본사양은 표 2.2.2와 같다. 그리고 배양실에 설치된 난방, 냉방 및 CO₂ gas 공급기의 제어도는 각각 그림 2.2.3, 2.2.4 및 2.2.5와 같다(배양실의 환경제어장치 및 내부시설은 사진 2.2.1과 2.2.2 참조).

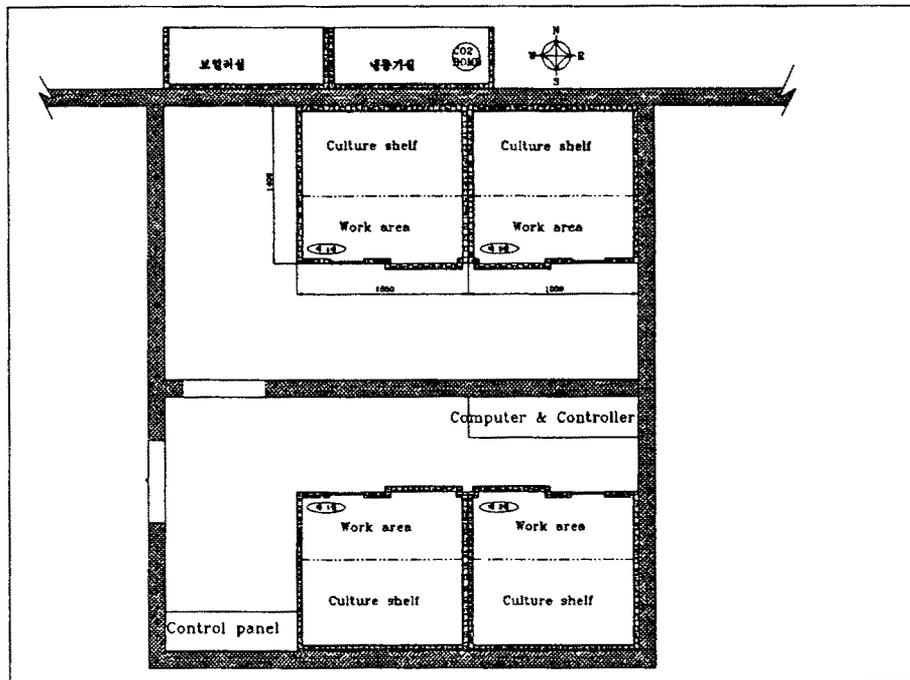
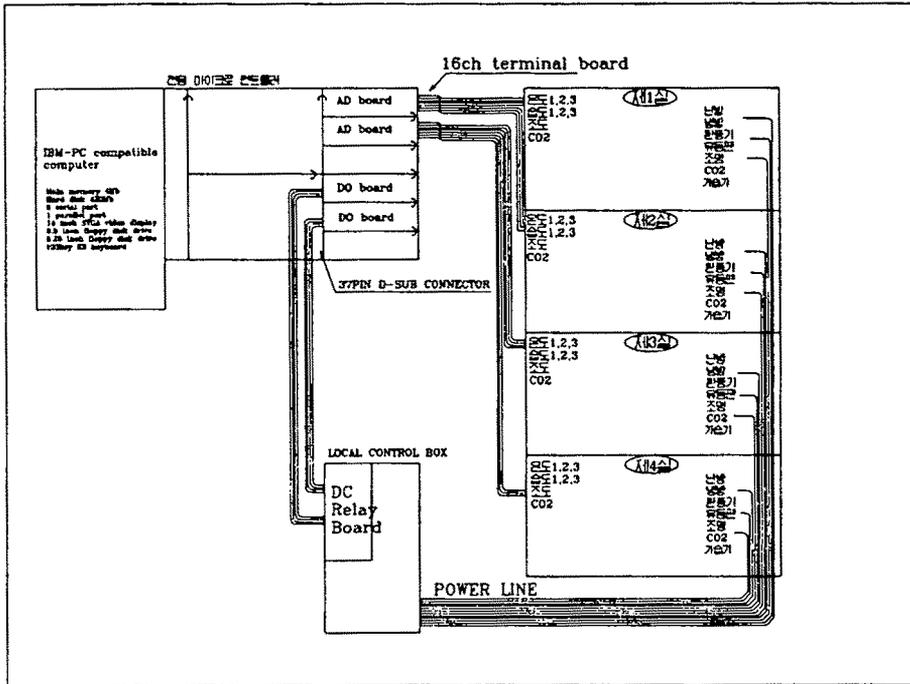


그림 2.2.2. 환경제어설비

표 2.2.1. 배양시스템에 이용된 기계장치

구분	사양
순환팬	30W, 12m ³ /min, 25cm diameter 각 실 3개 배치
냉동기	3.7kw(5HP), R-12, 22, 502 중앙집중식
온수보일러	5kw, 분사연소식, 수관형 중앙집중식
탄산가스	20kg gas cylinder Tank, 중앙집중식
형광등	40W, cool white 각실 4단×5=20개 배치
초음파가습기	42W, 3501cc/hr, 각실 1대 배치

표 2.2.2. 환경계측 장치 사양

구분	사양
컴퓨터	CPU : i80486 DX2-50 ROM : 4 MB, HDD : 540 MB, FDD : 3.5 / 5.25" Display : 14" color Printer : inkjet (A ₄)
Interface Card	A/D Board : 12 bit, 32 channel D/O Board : 32 channel Power connection : D/O → photo coupler → DC Ry → MC → Actuator
센서	온도 : Pt 100, -50~100℃ ±0.2℃ 습도 : 건습구방식, 10~99% ±4%RH 풍속 : 열선 풍속계 CO ₂ : I.R. 분광진동소자, 최대 2,000±200ppm 광 : 광기전력 소자, 5,000lx ±2%FS

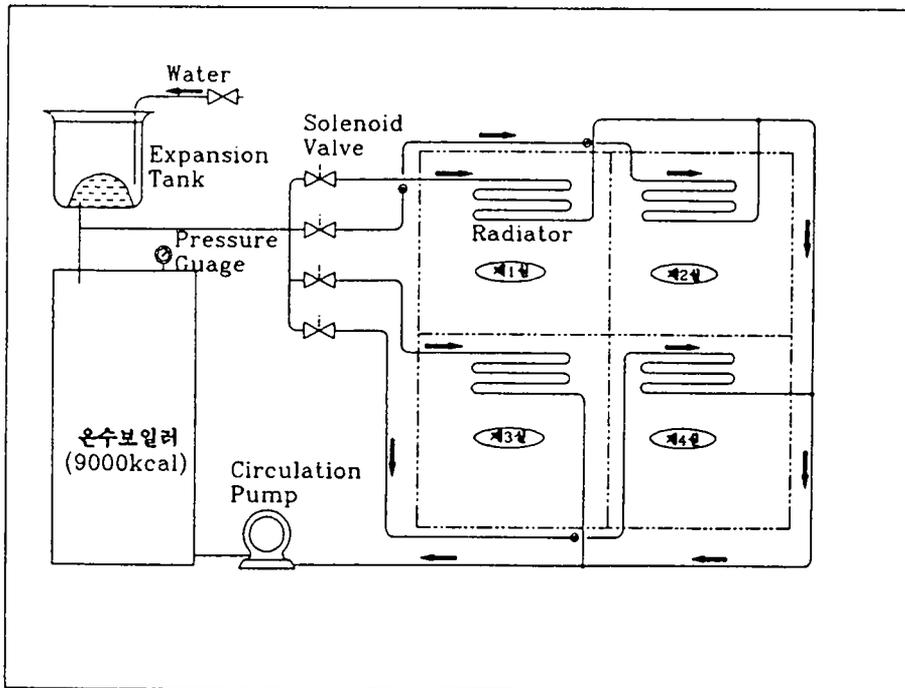
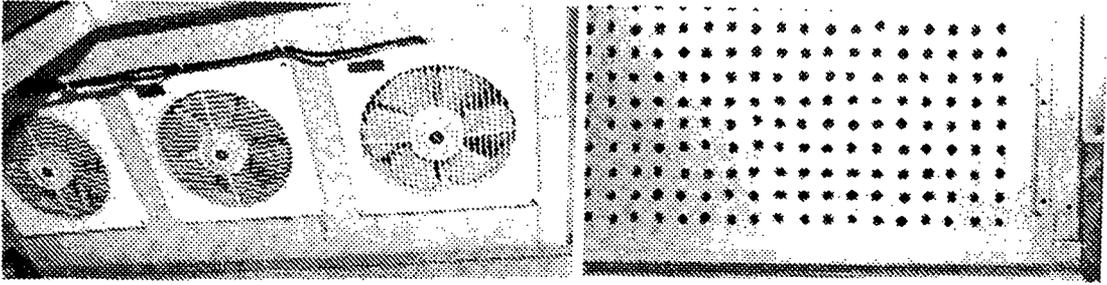
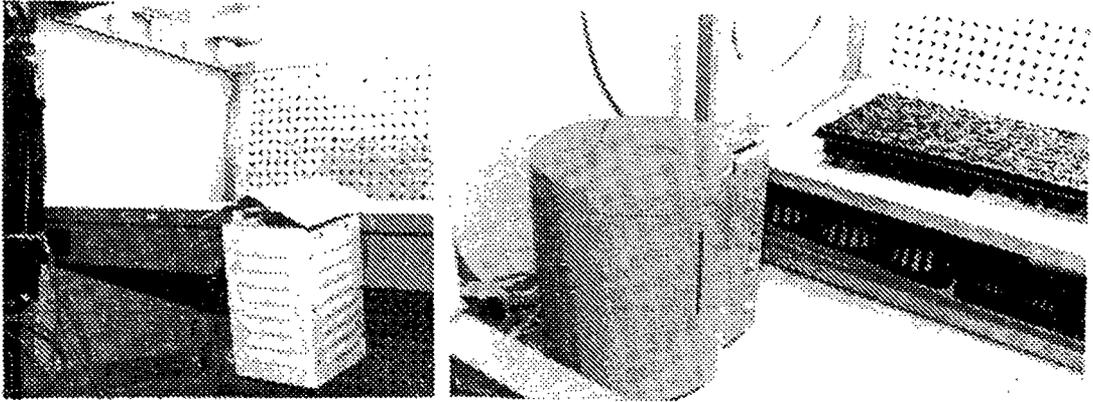


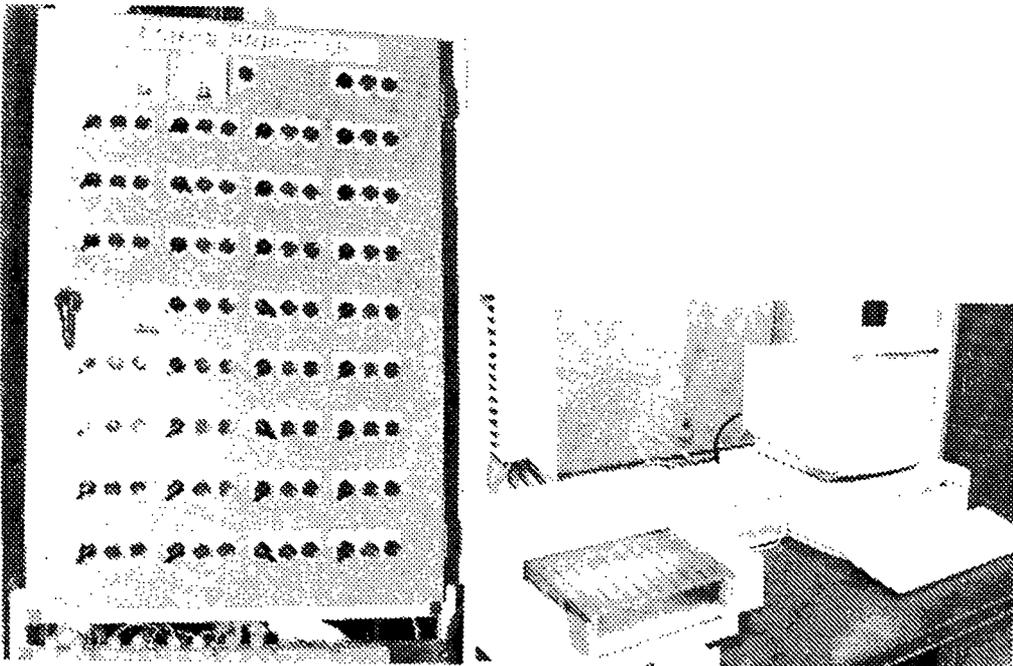
그림 2.2.3. 난방제어장치



〈사진 A : 공기순환팬과 벽면 공기유동 조절판〉

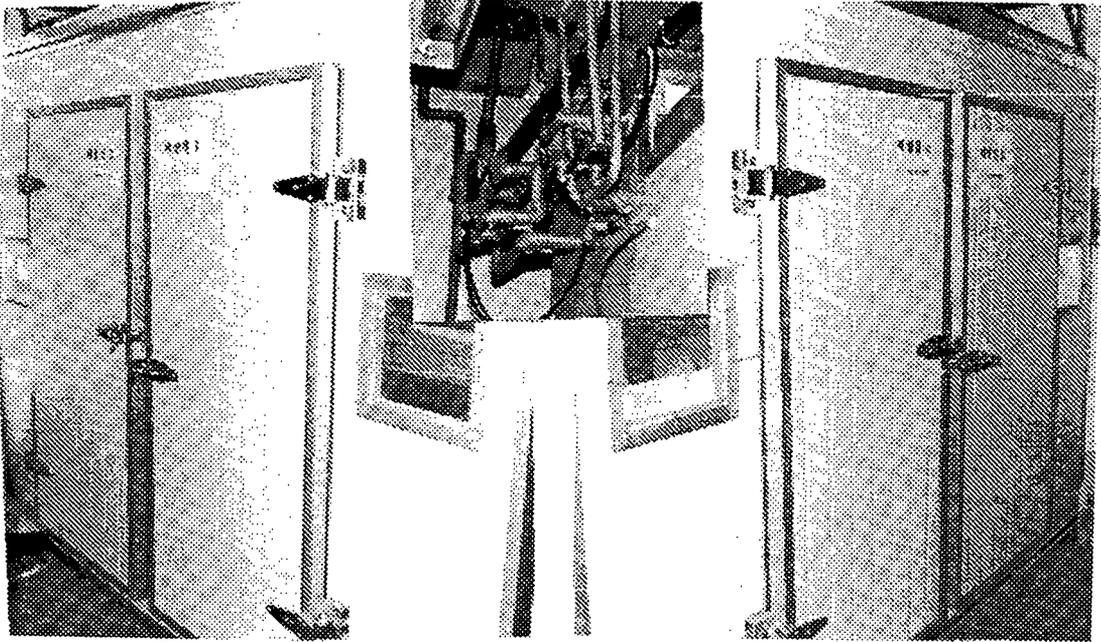


〈사진 B : 온습도 센서와 가습장치〉

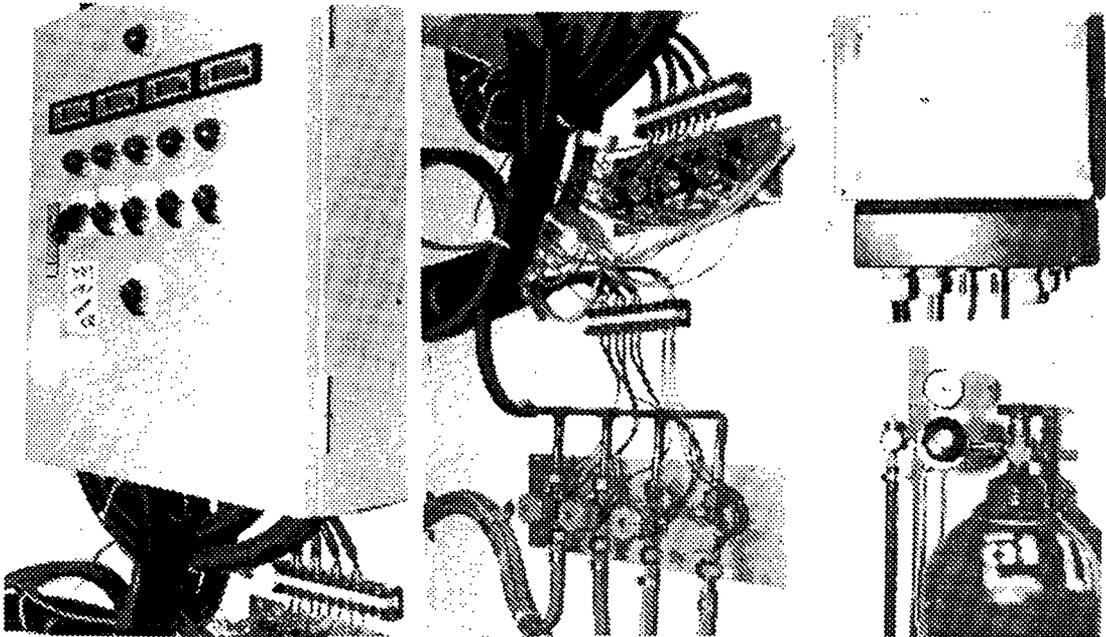


〈사진 C : 환경제어 LCB와 컴퓨터 제어장치〉

사진 2.2.1. 광독립 자가영양배양실의 외형과 환경제어장치

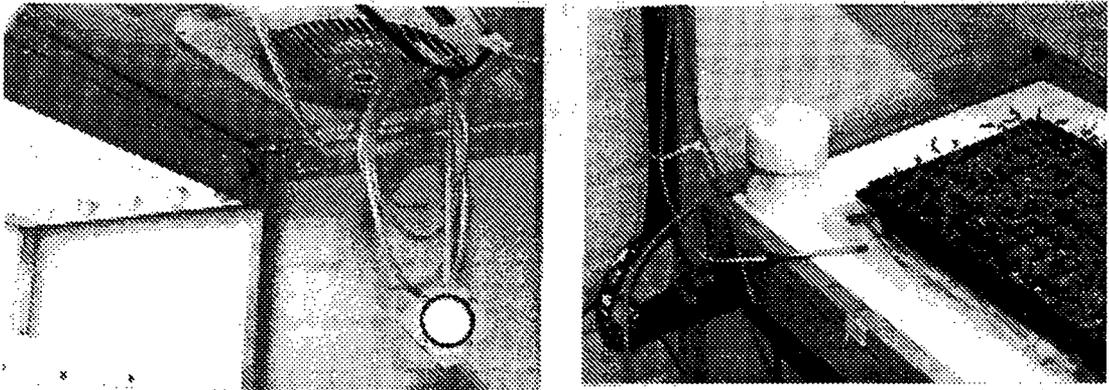


〈사진 A : 4개의 배양실 외형과 난방방 배관〉

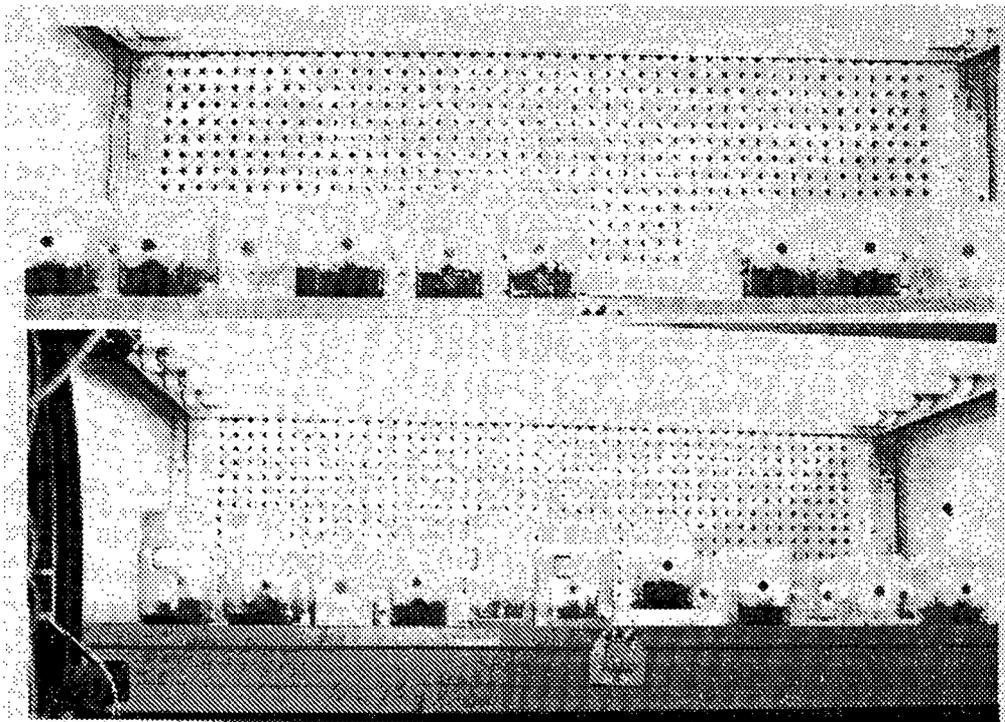


〈사진 B : 온도설정 및 CO₂ gas 공급과 제어장치〉

〈계속〉



〈사진 C : CO₂ 공급라인과 조도계측센서〉



〈사진 D : 광독립 자가영양 배양식물〉

사진 2.2.2. 배양실 내부시설과 환경계측센서 및 배양식물

3) 배양실의 환경조절과 반응시험

밀폐공간내의 온도와 상대습도는 상호보완적이므로 독립하여 제어하기는 어렵다. 밀폐공간내의 환경제어는 각 제어기의 작동에 의한 환경변화의 관계를 모델링하여 제어공학적인 기법을 적용시켜야 하며, 온도와 상대습도는 공기조화적 측면에서의 이론도 도입되어야 한다.

이러한 정밀제어는 상당한 기초 시험 데이터와 제어 시뮬레이션 및 현장제어 보정을 통하여 이루어질 수 있다.

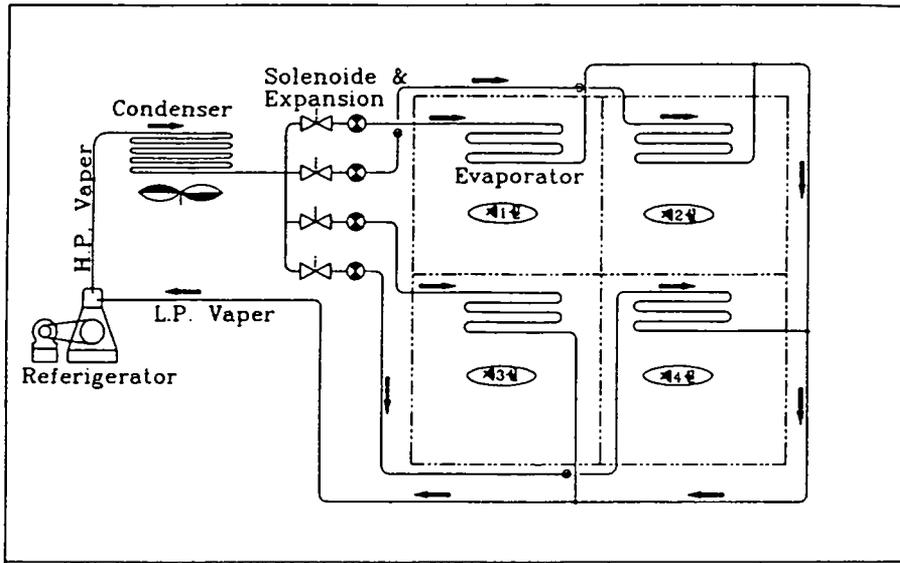


그림 2.24. 냉방제어장치

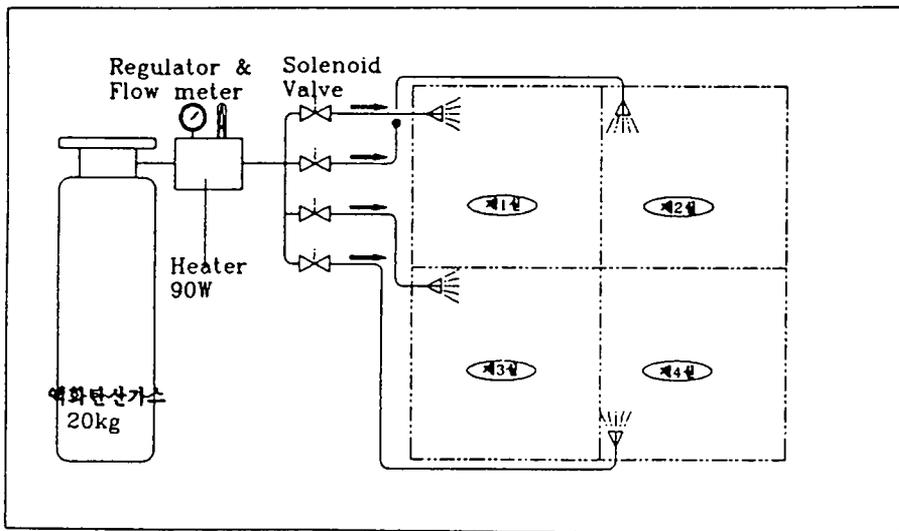


그림 2.25. CO₂ gas 제어장치

설계제작한 배양시스템의 정밀제어기법 개발에 앞서 환경조절기의 용량 등의 적정여부와 각 환경제어시 문제점을 알아보기 위하여 각 환경을 일정치로 설정한 후 각 조절기의 단순 ON-OFF에 의한 환경제어 반응 시험을 실시하였다.

나. 보급형 배양실과 환경조절장치

그림 2.2.1의 시험용 배양실에 시험용 환경조절장치를 설비하여 환경조절시험을 실시하고 최적설계 자료를 획득하여 보급형 배양실과 작동시험을 실시하였고, 그 결과로서 각 배양실의 설계사양 표준자료를 제시하였다.

1) 4실형 모델

본 모델은 대형 실험실용이나 소농가용을 대상으로 개발하였다. 기초 시험용 배양실의 가동시험에서 밝혀진 가슴장치의 물공급 및 습기 공급방법 개선, 실내열원(형광등 열)의 외부방출 개선, 가온·냉방용 방열관 길이 최적화, 각 환경조절장치의 최적화를 도모할 수 있는 배양실 구조를 제시하고 설계사양을 정립하였다.

2) 1조 2실형 모델

본 모델은 소규모 실험실용을 대상으로 개발하였다. 4실형 모델은 환경조절장치를 외부에 부착하였으나 1조 2실형은 모든 장치를 캐비닛(본체)내에 설치하였다. 자체 자동제어 및 조작 패널을 부착하고 통신에 의한 외부 컴퓨터 계측제어가 가능하게 하였다. 열손실을 줄이기 위하여 벽체 단열재를 폴리우레탄 압착판넬로 하였고, 가열은 전기히터로 하였다.

3) 대형 Room형 모델

본 모델은 실용생산 및 전업 농가배양실을 대상으로 규모의 증감이 가능하도록 설계하였다.

공기순환 및 온도조절은 중앙집중식이며, 가슴은 단독 Room 설치 또는 중앙집중식으로 하였다. 단위규모당 시설비의 절감과 환경의 최적조절을 최대한 고려하였다.

2. 시험결과 및 고찰

가. 기초 시험용 배양실과 환경조절장치

1) 배양실의 환경조절과 반응시험

그림 2.2.1과 같은 기초시험용 배양실과 실내에 설치된 환경조절장치를 이용하여 각 환경을 일정치로 설정한 후 환경제어 반응시험을 실시하였다.

그림 2.2.6은 온도, 습도, CO₂, 광 등에 대한 환경제어 반응 정도를 시험한 결과로서 각 환경 설정치를 온도는 상한 25℃, 하한 23℃로 하고, 상대습도는 70%, CO₂ gas농도는 1,300ppm으로 하였으며, 광은 각 선반 상단에 설치되어 있는 5개의 형광등 전부를 ON하였을 때의 결과이다. 이 자료는 95년 8월 3일 13시 40분부터 8월 7일 17시 40분까지 여름 고온기에 계측된 자료이다.

가) 온도제어

온도제어는 실내온도가 25℃를 넘었을 때 냉방기가 작동하고 23℃보다 낮을 때 난방기가 작동하도록 하였다. 이때 제어응답은 잘 따라 가고 있지만 더운날에는 실내온도가 25℃를 상회하고 있었다. 이는 냉동기의 용량 부족에서 기인하는 것으로 추측되지만 냉동기의 증발관 효율을 높이고 순환팬 모터 발열과 형광등 발열을 외부로 배출 할 수 있는 장치를 도입하고 단열재를 개선할 경우 충족시킬 수 있을 것으로 생각된다.

나) 습도제어

실내의 상대습도는 온도의 변화에도 영향이 있지만 냉동기 작동에 의해 더욱 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 그림 2.2.6의 (b)에서 상대습도가 설정치 70%보다 높을 때는 냉동

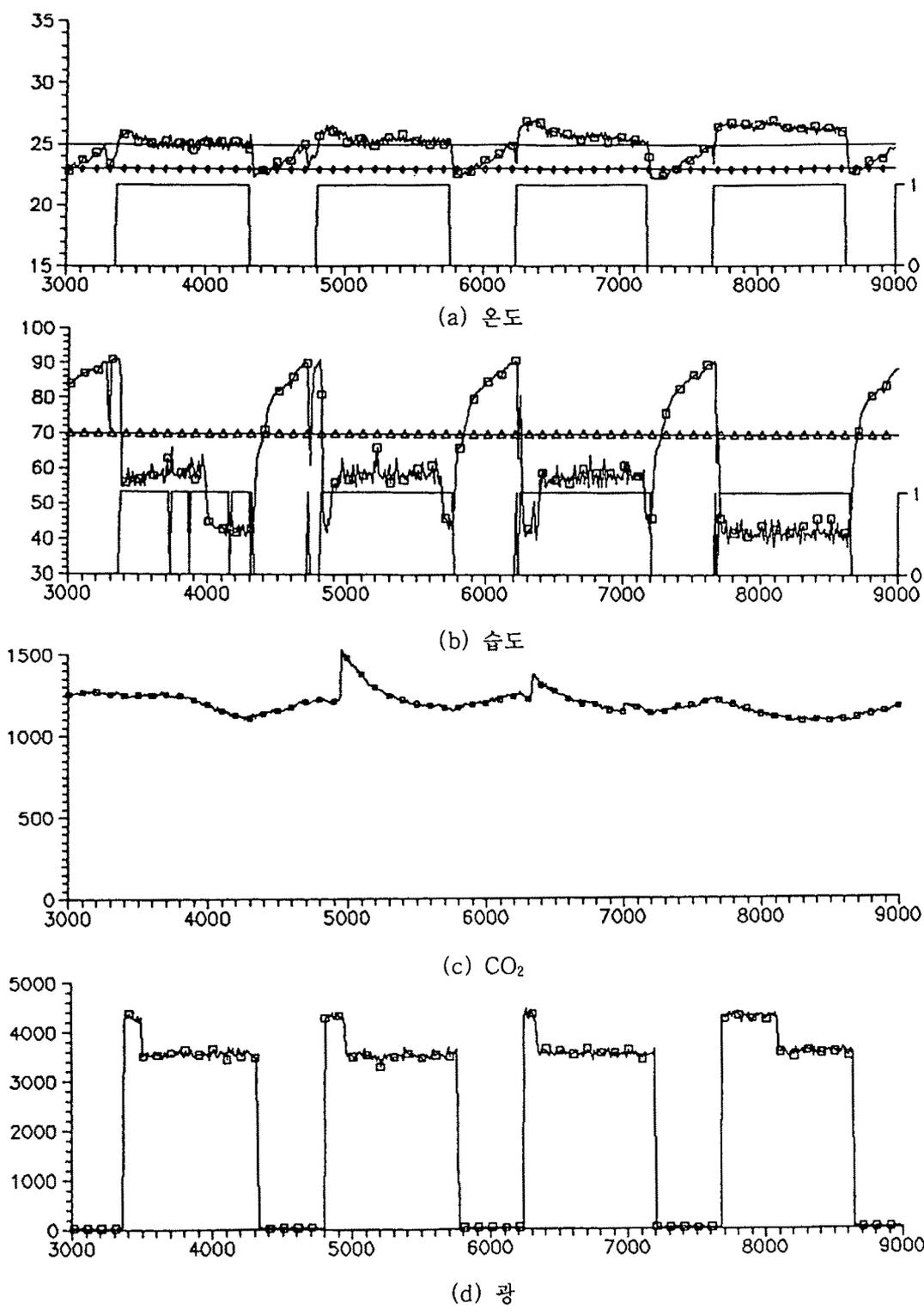


그림 2.2.6. 단순 ON-OFF 제어에 의한 배양실내 환경변화

기 정지기간이고, 70%보다 낮을 때는 냉동기가 작동하는 기간으로 나타났다. 이는 냉동기가 가동되면 증발관 주위에 이슬이 맺혀 낙하되므로 아주 큰 제습작용을 하기 때문으로 판단된다. 전반적으로 가습기의 용량이 부족한 것으로 판단되나 배양식물체가 배치된 부분에 주로 가습될 수 있도록 순환팬 바로 하단부 공기 유출부분에 가습분무를 실시할 경우 효율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

다) CO₂ gas농도 제어

CO₂ gas공급제어는 어느 정도 안정되어 있었으나 센서로부터의 CO₂ gas흡입관의 거리가 멀기 때문에 제측시간이 다소 지연되었다. 이를 고려한 CO₂ gas공급제어 방식의 도입이 가장 바람직한 것으로 생각된다.

이상에서와 같이 개별 환경조절을 위한 각각의 장치가 충분한 용량을 가지더라도 복합적 환경제어와 이들 상호간의 작용 등에 의해 각각의 환경들이 설정조건별로 최적의 제어를 충족시키는 일은 쉽지 않다.

따라서 충분한 기초실험과 시뮬레이션을 통한 최적제어기법의 개발만이 배양실내의 각 환경을 정밀제어할 수 있을 것으로 판단된다.

2) 배양실 최적설계를 위한 기초시험

가) 조직배양실의 냉난방 부하산정 시험

(1) 난방부하

그림 2.2.7은 조직배양실내의 열수지 관계를 조사하기 위하여 시험한 데이터로서, 초기 상대습도가 65%, 외기온 28℃인 상태에서 난방을 2시간(0~7200초) 가동한 경우의 실내 상대습도는 시험이전의 냉방가동에 영향을 받아 낮은 상대습도에서 시작하여 난방기간동안 일정한 값을 보이다가 7200초 이후 냉각기간동안 높은 상대습도를 나타내고 있다. 이것은 절대습도가 일정한 밀폐공간의 실내온도 변화에 따른 포화점 변화에 기인된 것으로 보이며 실내온도 변화에 따라서 상대습도의 제어가 필요한 것으로 생각할 수도 있으나 실제의 상황(배양실험중)에서는 일정온도가 유지되도록 난방이 아니면 냉방만을 가동하기 때문에 온도변화에 따른 습도 조절은 필요없는 것으로 판단된다.

냉각기간동안의 온도변화 관계식은 다음과 같이 수립된다.

$$C \frac{dT_i}{dt} + \frac{T_i - T_o}{R} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

C : 배양실내 공기와 물체를 포함한 열용량(kcal /s)

T_i : 실내온도(℃)

T_o : 실외온도(℃)

R : 열전달저항(s · ℃ /kcal)

t : 시간(s)

열저항 R은 단열판의 두께 Δx(5cm), 전열면적 A(14.28m²)과 열전달계수 k에 관계되므로

$$R = \frac{\Delta x}{kA} \dots\dots\dots(2)$$

로 되고, 발포 스티로폴 압착판의 k=8.5×10⁻⁶(Kcal/m·℃·s)로 알려져 있으므로

$$R=412(\text{℃} \cdot \text{s} / \text{Kcal})$$

로 계산된다. (1)식에서 7200초 이후 12000초 경과시까지의 총 방열량 Q_{out} 은

$$Q_{out} = \int \frac{T_i - T_o}{R} dt \dots\dots\dots (3)$$

이고, 수차례 반복시험과 계산결과

$$Q_{out} = 108.35 (\text{Kcal})$$

로 나타났다. 이 방출열량은 외부에너지 투입이 없으므로 내부 열용량에 의한 에너지 손실과 같기 때문에

$$C \int dT_i = Q_{out} \dots\dots\dots (4)$$

로 되며, 수차례 반복 시험하여 계산한 결과

$$C = 30.957 (\text{Kcal} / \text{℃})$$

로 계산 되었다. 배양실의 습공기의 열용량은 상대습도 85%, 온도 30℃로 가정하면 $C_a = 5.1747 (\text{Kcal} / \text{℃})$ 로 산출되고, 내용물의 열용량 $C_m = C - C_a = 25.7823 (\text{Kcal} / \text{℃})$ 로 계산되어 실내온도 가열속도는 매우 늦을 것으로 판단된다.

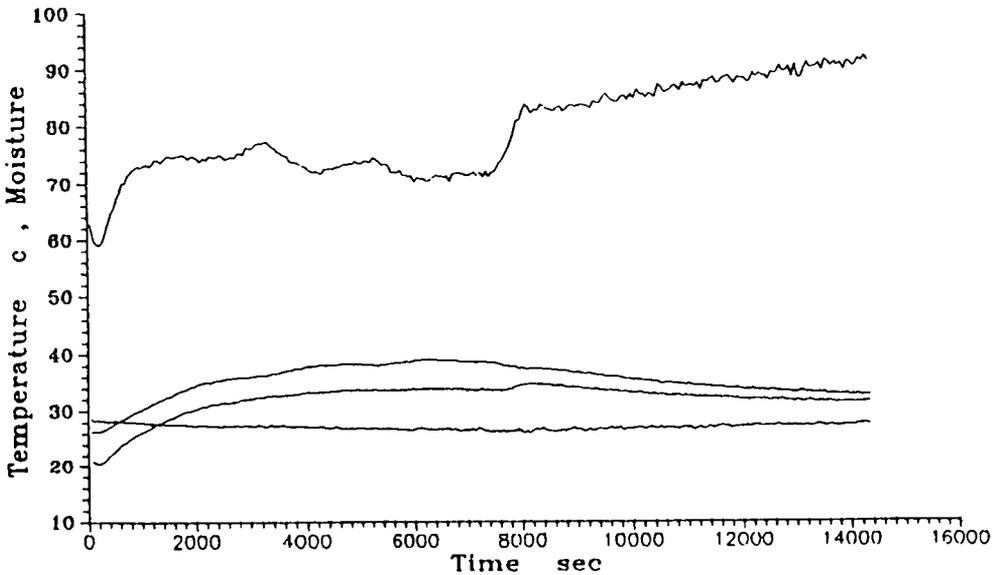


그림 2.2.7. 배양실 자연 냉각 시험 데이터

(2) 최대난방부하

난방기 최대 연속가동시 최대상승 실내온도는 변화가 없는 경우의 난방부하가 최대난방부하이기 때문에, 최대난방부하는

$$Q_r = \frac{T_{ic} - T_{ia}}{R}, (\text{Kcal} / \text{s}) \dots\dots\dots (5)$$

$T_{ic} - T_{ia}$: 겨울 혹한기의 설계온도차(℃)

로 되어, 실내외 설계온도차에 비례하게 된다. 본 시험에 사용된 기초시험용 배양실 1실의

경우,

$$Q_r = 8.738(T_i - T_o) \dots\dots\dots(6)$$

로 되고, 실내용적 단위체적당

$$Q_{gu} = 2.0264(T_i - T_o), (Kcal/h \cdot m^3) \dots\dots\dots(7)$$

으로 계산되었다. 대상배양실의 경우 $(T_i - T_o)$ 는 20℃가 최대로서 조직배양실내 유입열량은 175(Kcal/h)이며, 이때 가동된 보일러는 5kw(4300Kcal/h)로서 4개실을 가온하므로, 열효율은 16.3%로 매우 낮은 것으로 나타났다. 이 원인은 보일러로부터 배양실까지의 수송길이 길어 손실이 많으며, 또한 배양실내 방열관 길이가 짧아 방열면적이 매우 부족한 것이 원인인 것으로 나타났다. 본 연구에 사용된 방열관은 $\phi 20mm$ 동관으로 배관간격 60mm, 2열 배관으로 총길이 13m이었다. 주위 통과 풍속이 0.3m/s인 경우 이 배관의 단위길이당 방열량은 온수온도 60℃일 때 약 13.5Kcal/h로 계산되었다.

따라서 실외기온 -10℃, 실내유지온도 25℃로 할 경우, 실내용적 1m³당 최대난방부하는 71Kcal/h·m³, 적정 난방방열관 길이($\phi 20mm$ 동관)는 5.3m/m³으로 하는 것이 타당할 것으로 판단되었다.

(3) 냉방부하와 증발관 면적

그림 2.2.8은 냉방기를 0~7200초까지 가동할 때의 실내온도(건구, 습구) 변화관계를 나타낸 것이다. 상대습도는 85%로 자동 ON-OFF 조정되도록 하였고, 외기온도는 약 28℃일 때이다. 난방기 가동시와 마찬가지로 계산과정을 거쳐 1실의 단위체적당 냉방유입 에너지

$$Q_r = 2.026(T_{ic} - T_{oc}), (Kcal/h \cdot m^3)$$

이고, 최대냉방 열량은 $(T_{ic} - T_{oc}) = -25℃$ 로 나타났으므로

$$Q_r = -873.8(Kcal/h/4실)$$

$$= -218.45(Kcal/h/1실)$$

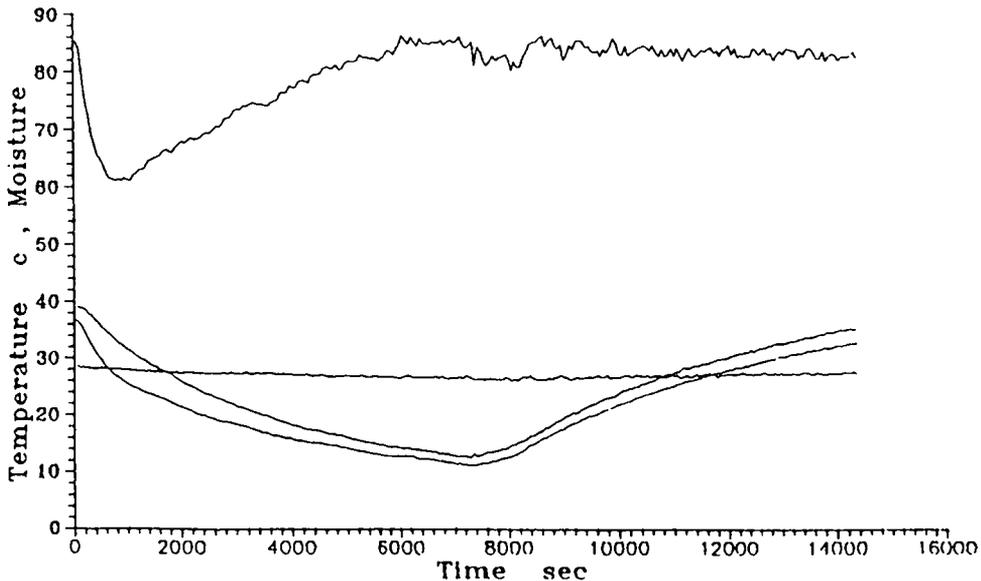


그림 2.2.8. 냉동기 가동시의 실내온도 변화

로 계산되었다. 시험용 냉방기 설치용량은 3.7kw(3,182Kcal/h)이므로 효율은 27.5%로 낮게 나타났다. $\phi 20\text{mm}$ 동관 13m 방열배관이므로 동관 단위길이당 흡수열량은 16.8Kcal/h/m로 나타났다. 따라서 설계온도차 (35-0)=35℃일 때 최적설비를 위한 단위체적당 최대난방부하는

$$Q_{gr}=70.91(\text{Kcal/h} \cdot \text{m}^3)$$

이고, 적정 냉방 흡열관(증발관) 배관길이는 4.22(m/m³)로 판단되었다.

나) 습도조절 성능시험

(1) 냉방기 가동시의 제습상태

그림 2.2.9는 냉방기 가동시의 제습상태를 알아보기 위하여 시험한 데이터이다. 초기 상대습도가 85%인 상태에서 냉동기 가동을 0~7200초까지 가동 하였을 때 상대습도가 떨어지는 것으로 나타났다. 이것은 실내의 공기가 유동팬에 의해 냉동기의 증발관 주위를 통과 할 때 공기가 노점미하의 온도로 되어 물방울이 발생하여 제습되는 효과로 보이며, 이 현상은 습도제어에 있어서 악조건으로 작용할 것으로 판단된다. 수차례 반복시험 결과 냉동기 가동시 상대습도 감소율은

$$r=0.000445(\%RH/s)$$

로 나타났다. 냉동기 증발관($\phi 20$) 단위길이당 감소율

$$r_a=0.00003423(\%RH/s)$$

이며, 1실의 최대 탈수율은 0.245(g/s)로 계산되었다.

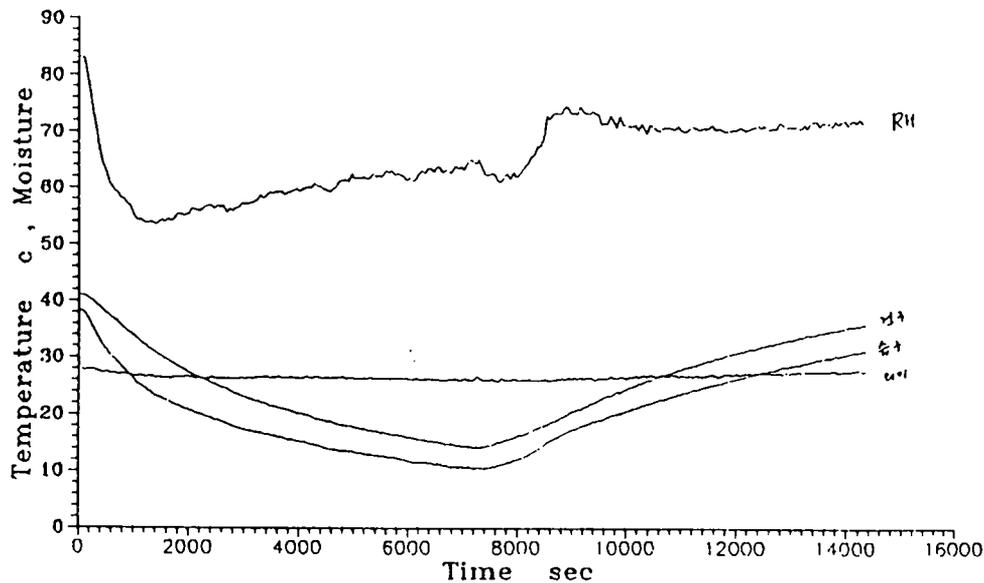


그림 2.2.9. 냉방기 가동시의 제습 영향

(2) 가습기의 가습능력

사용한 초음파 가습기는 물 소비량이 1g/s인 것으로, 이 가습기로서 가습시험 결과 실

내온도 30℃ 전후에서 초기 절대습도 23.5g/kg(상대습도 85%)의 상태에서 10초 후 25.55g/kg의 절대습도를 나타내었다. 이것은 이론적으로는 90%RH정도이며, 기화율이 90%로 나타났다. 따라서 배양실 1실의 최대 탈수를 0.245g/s를 고려할 때 가습기 용량 1g/s는 충분한 것으로 판단되었다.

다) CO₂ 조절 성능시험

본 시험에 이용된 CO₂ 공급장치의 제어특성은 그림 2.2.6의 (c)와 같이 나타났는데, 분석 결과 센서의 시정수 32초, 가스확산과 측정시간 지연 50초로 분석되었다. 또한 CO₂ 제어가 비교적 안정되는 CO₂ 주입율은 0.5ℓ/min로, 실내체적 4.312m³인 공간에 1.93ppm/s의 농도증가율을 나타내는 것으로 계산된다.

따라서 측정의 정확성을 높이기 위해서는 측정주기가 3분일 때 2분까지는 주입시간의 최대한계로 하고 1분정도 측정소요 지연시간을 준 뒤 3분에서 측정값을 읽어오도록 하여야 할 것으로 생각된다.

나. 보급형 배양실과 환경조절장치 개발

1) 4실형 모델

기초 시험용 4실형 배양실의 환경조절시험 결과를 분석하여 문제점을 보완하고, 최적설계를 완료하였다.

그림 2.2.10은 설계완료된 배양실 단면도이다. 4실형 배양실 모델은 냉방기, 난방기 및 CO₂ 공급기를 중앙집중식으로 외부에 설치하고 각 배양실을 단독으로 환경설정을 하여도 각각의 환경을 제어 할 수 있는 구조로 하였다. 배양식물이 다른 때 각 실에 따로 넣어 배양이 가능하게 한 구조이다. 그림 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4 및 2.2.5가 이 배양실의 기본구조이다(사진 2.2.3 참조).

기초 시험용 4실형 배양실 시험에서의 문제점은 조광용 형광등과 유동팬 모터의 발열에 의해 실내 온도제어 정밀성에 문제를 일으키고, 특히 여름철 냉방시에는 냉방한계 및 냉방에너지 증가가 일어나는 것이었다. 형광등은 유리 케이스내에 밀봉하여 덕터를 연결하고 환기팬에 의해 발열원을 외부로 방출토록 하였다.

또 하나의 문제점은 냉동기 가동시 증발관 주위로 공기 통과시 노점이하의 온도가 조성되어 증발관 주위에 물방울이 생기고 천정바닥에 떨어지며 이로 인하여 실내의 누수현상이 있고, 실내 공기의 상대습도가 급격히 저하하는 것이었다. 이 현상을 줄이려면 근본적으로는 공기의 냉각점 온도를 노점이하로 떨어지지 않도록 하는 것으로 냉동기 증발관 온도를 낮추거나, 증발관의 온도를 표면적이 큰 다른 물체로 전도시켜 공기와의 접촉면적을 크게하고 접촉공기의 급격한 냉각을 피하는 것이다. 즉 배양실 벽체내에 냉각관을 매설하는 방식 또는 용량이 큰 다른 냉매(Prime)조 내에 증발관을 넣어서 다른 냉매의 온도를 낮춰 배양실내의 배관을 통해 냉각하는 Prime 냉매 방식이다. 이 방식은 습기 제거량이 많지 않고, 냉매의 열용량이 크기 때문에 온도의 정밀제어성능이 좋지만, 시설비가 많이 들고, 투자에 대한 효과가 높지 않을 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 증발관의 간격을 넓히고 방열관 단위길이당 통과 공기량이 많도록 하여 되도록 공기 접촉비를 낮추고 공기

의 유동에 의한 열전달을 도모토록 개선하였다.

또 하나의 문제점은 습도제어시 초음파 가습기가 작동될 때 외부로부터 공급된 물과 실내 공기의 온도차 때문에 실내온도의 변화가 일어나고, 또 냉각기 증발관으로부터 발생된 물의 외부 배수가 필요한 만큼 외부로부터 가습기 내로 물을 공급하는 일련의 장치설비가 필요하였다. 특히 냉동기 가동시는 낮은 온도로 응축된 물이 외부로 방출될 때 빠져나가는 냉방에너지는 매우 높은 것이었다. 이 문제점의 해결을 위해 증발관을 배양실 뒤쪽에 수직으로 설치하고 증발관 밑에 물받이를 설치하여 받아진 물을 직접 가습기로 되돌리는 구조를 가지도록 하였다.

표 2.2.3은 4실형 배양실의 설계제작에 필요한 사양이다. 이 사양은 기초시험 결과를 토대로 제작하였으며 그림 2.2.10과 더불어 배양실 설계제작의 참고자료로 활용할 수 있도록 목적으로 정리하였다.

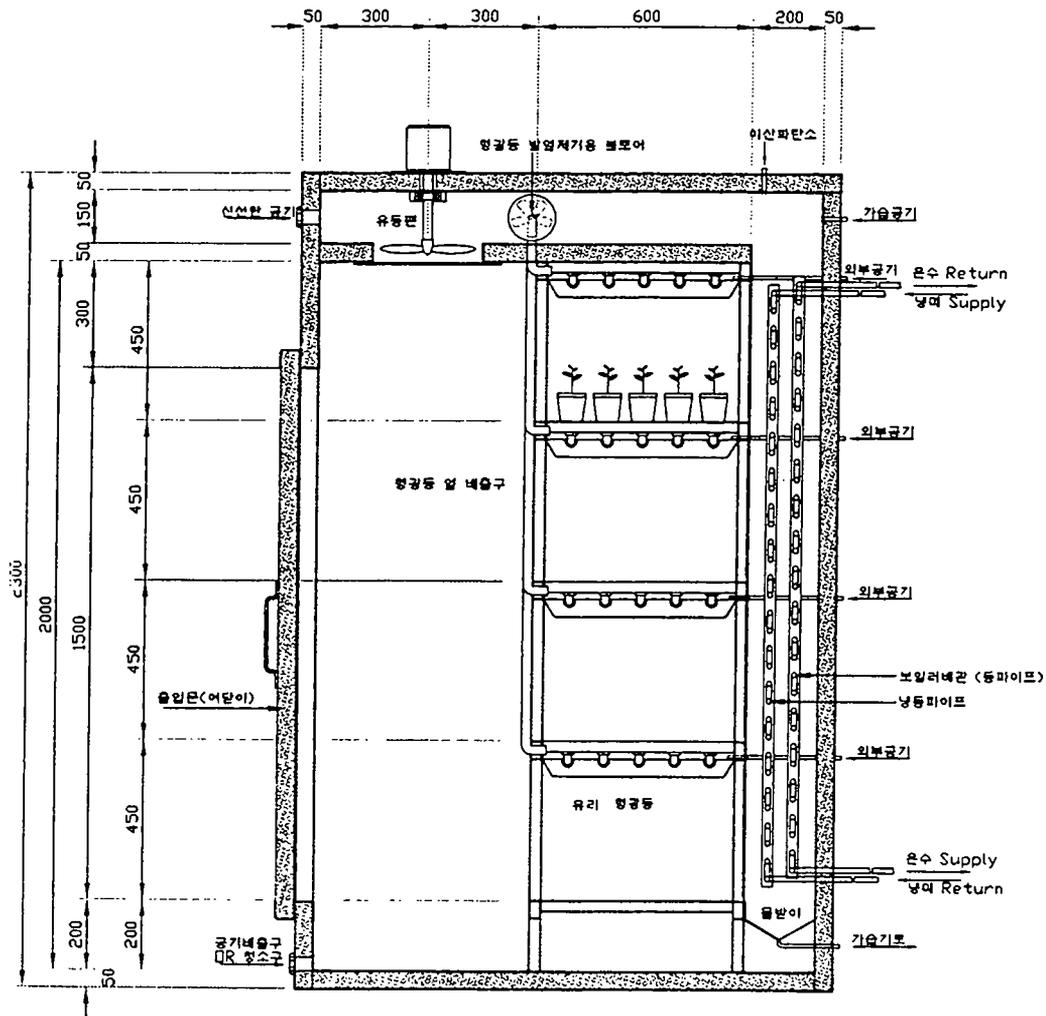


그림 2.2.10. 4실형 배양실 설계 단면도

표 2.2.3. 4실형 배양실 설계 사양

장 치		설 계 사 양	
골격	벽 체	스티로폴압착판넬, 두께 50mm, 높이 2.45m, 가로 1.5m, 세로 1.5m	
	내 용 적	높이 2m, 가로 1.4m, 세로 1.2m, 유체유동체적 : 4.312 m ³	
	배양선반	간격 450mm, 4단, 폭 600mm	
	작업면적	전면에서 600mm	
환경 조절 설비	난 방	온 수 보 일 러	2kW, 분사식, 수관형, 4실 중앙집중식
		방 열 관	동관 ϕ 20mm, 60℃에서 방열계수 13.5kcal/h·m, 주위 풍속 0.3m/s, 설치길이 실당 12m
		순 환 수 온 도	입구온도 50℃~80℃, 조절가능
		난 방 부 하	$2.0264(T_i - T_o)$, kcal/h·m ³
		난 방 능 력	$(T_i - T_o) = 35^\circ\text{C}$
	가 습 기	초 음 파 가 습 기	42W, 3501cc/hr, 각실 1대
		가 습 능 력	실온 30℃, 85%RH에서 0.5%RH/s, 물소비량 1g/s
	냉 방	냉 동 기	1.5kW, R-12, 22, 502, 4실 중앙집중식
		증 발 관	동관 ϕ 20mm, 흡열계수 16.8 kcal/m·h(풍속 0.3m/s) 설치길이 13m
		냉 방 부 하	$2.026(T_i - T_o)$ kcal/h·m ³
		제 습 율	난방기 가동시 0.05cc/s·m ³ , 0.0045 %RH/s
		냉 방 능 력	$(T_i - T_o) = 22^\circ\text{C}$
CO ₂	레 굴 레 이 터	분당 6ℓ, 공급량 0.5ℓ/분(공급율 : 116 ppm/분)	
	Tank	20kg, 중앙집중식, 각실 단계적 공급	
광	조 명 장 치	형광등 40W, Cool white, 각실 4단×5=20개	
	방 열 장 치	조명장치 유리밀봉 방열 외부 환기 (15W Fan)	
공 기 환	순 환 팬	30W, 12m ³ /min, 25cm dia, 각실 3대, 모터외부설치	
	순 환 능 력	실내공기 유동속도 : 30cm/s, 전부위 오차 ±5%	
	순 환 방 법	실내 천정부 송풍→배양선반 수평유동→배양실 뒤 방열관 →천정통로	
	실 외 환 기	천정흡입구, 바닥 배출구, ϕ 15cm, 단면적가변 valve	
환경 계측 제어 장치	컴 퓨 터	CPU	i80486급 이상
		ROM	4MB, HDD : 540MB, FDD : 3.5/5.25
		Display	14"color
		Print	일반
	Interface card	A/D	12bit 이상, 32CH 이상
		D/O	32CH 이상
		Power Connection	D/O→photocoupler→DC Ry→MC→Actuator
	센 서	온 도	Pt100, -10~50℃ ±0.1℃, 4단 뒷면배치
		습 도	건습구방식(Pt100), 10~99% ±2% RH, 4단 뒷면배치
		CO ₂	I, R, 분광진동소자, 최대 2,000 ±200ppm
광		Luxmeter, 수동계측	
풍 속		열선풍속계, 수동계측	

(계속)

장 치		설 계 사 양
환경 측 제 어 장 치	난	방 온수온도(3단설정), 각실 sol valve 작동
	냉	방 sol & Expansion valve 작동
	CO ₂	sol valve
	광	형광등 5, 3, 2 개 ON-OFF→3단계
	풍	속 FAN 1, 2, 3, 3단계
	습	도 가습 : 가습기(자동) 제습 : 환기(수동)
	제 어 방 법	단순 ON-OFF, PWM ON-OFF(PID, Fuzzy), Fuzzy 권장
	제 어 오 차	온도 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, CO ₂ $\pm 300\text{ppm}$

2) 1조 2실형

소규모 실험실용으로 개발하였다. 4실형 모델은 환경조절장치를 외부에 부착하였으나 1조 2실형은 모든 장치를 캐비닛 내에 설치하였다. 자체 자동제어 및 조작판넬 부착, 통신

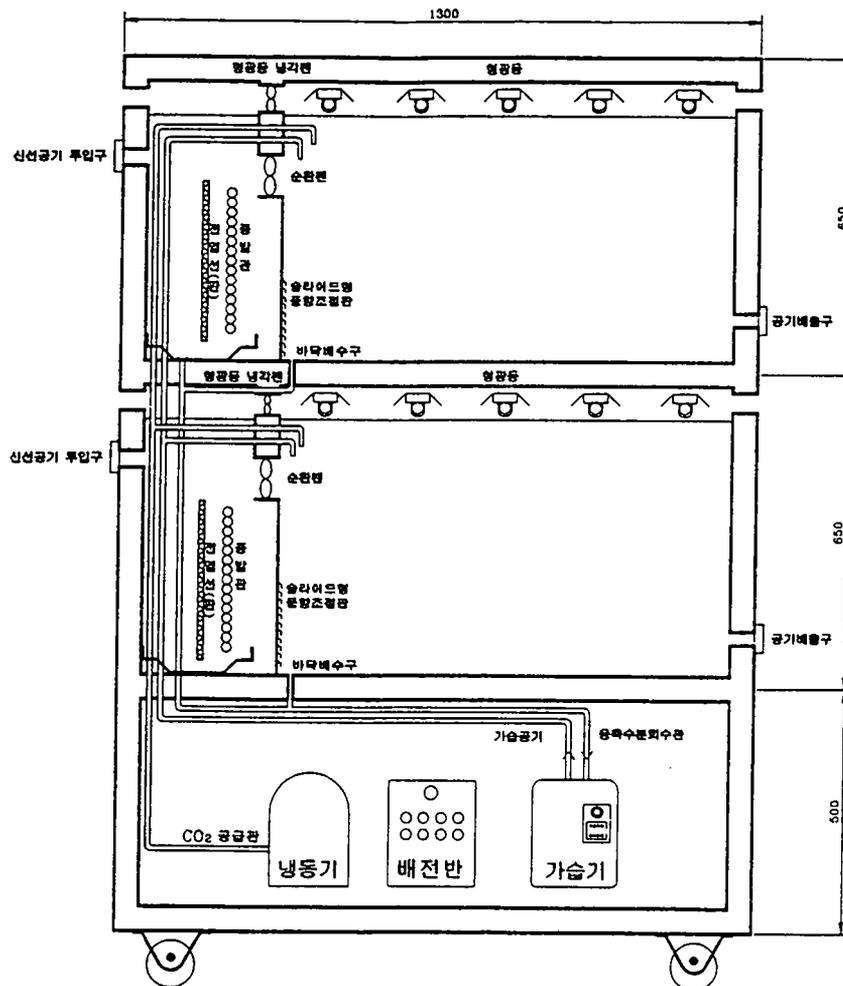
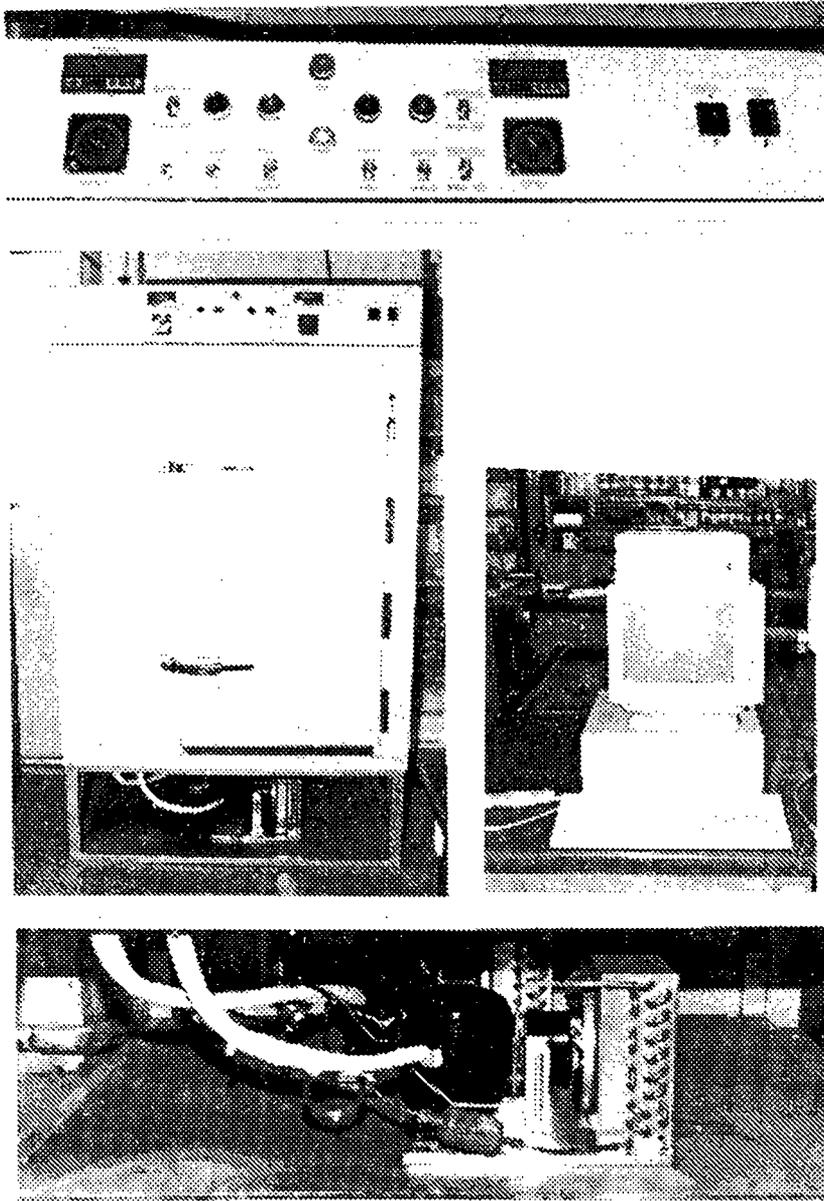


그림 2.2.11. 1조 2실형 배양실 설계단면도

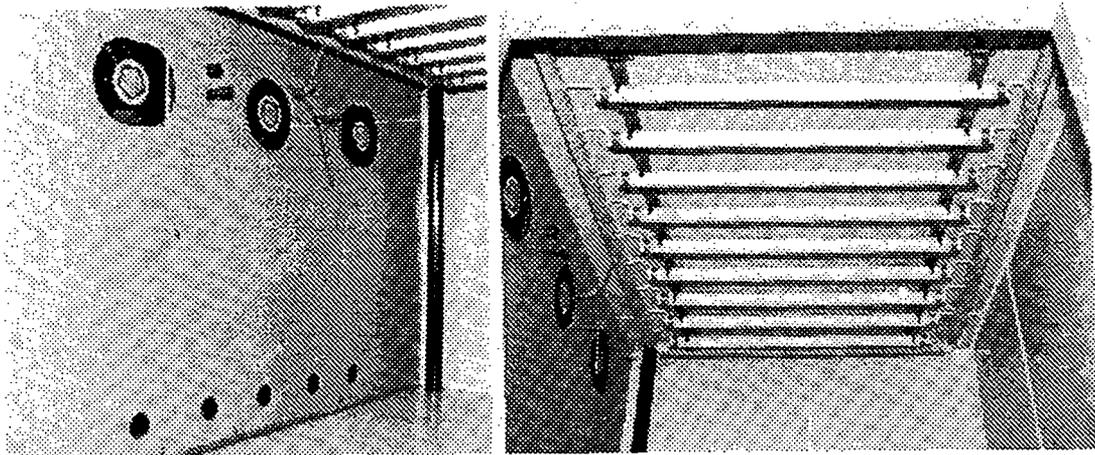
에 의한 외부 컴퓨터 계측제어 가능하게 하였다. 기계장치의 용량은 4실형 설계사양에 준하였다. 벽체단열재를 폴리우레탄 압착판넬로 해서 단열효과를 상승시켰다. 가열은 전기히터로 하였다. 1실의 내용적은 가로 1.2m, 세로 1m, 높이 0.6m이고, 외형치수는 가로 1.3m×세로 1.2m×높이 1.8m이다(사진 2.2. 참조).

1조 2실형 모델의 설계단면도는 그림 2.2.11과 같고, 이동형으로 하였으며, 단열효과가 상승한 벽체를 사용하였지만 기계장치의 용량은 4실형 설계사양에 준하여도 문제될 것은 없을 것으로 판단된다.



〈사진 A : 1조 2실형 외형과 환경제어반 및 컴퓨터 제어장치〉

〈계속〉



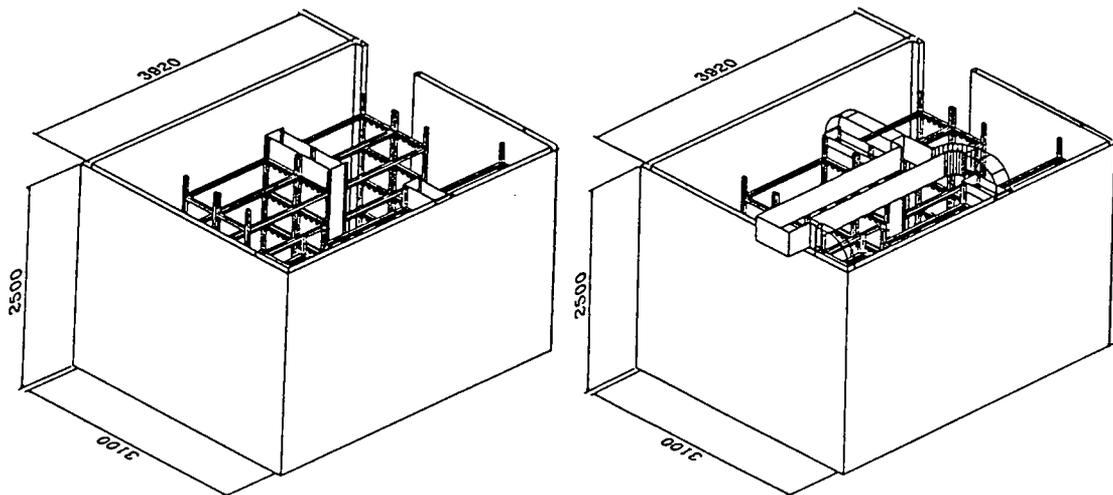
〈사진 B : 공기순환팬 및 유동공과 광공급 형광등〉

사진 2.2.3. 1조 2실형 배양장치의 내외부 시설

3) 대형 Room형

4실형 배양실의 환경조절시험 결과를 토대로 대형 Room형 배양실을 설계한 구조는 그림 2.2.12와 같다.

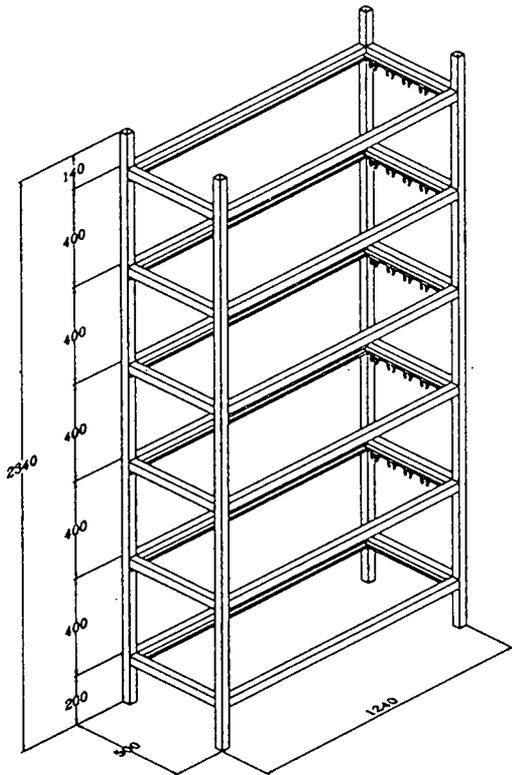
대형 Room형 배양실은 캐비닛실 방식이 아니고 Room 내의 환경을 전부 제어하도록 하였으나, 효율을 높이기 위하여 5단의 배양선반을 수직덕터 양단에 연결하여 공기순환시 온도 등의 환경변화를 배양조가 집중적으로 받도록 하였다. 냉난방기로부터 보내진 공기는 Room내 수직덕터까지 압력을 넣어 보내고 수직덕터로부터 배양선반 각 단에 설치한 공기분출 구멍판을 통하여 선반 각 단의 배양 용기 주위로 배출되고, 배출된 공기는 천정부의 흡입덕터에서 흡입되어 다시 냉난방기의 열교환기로 순환토록 하였다. 배양선반의 상부에



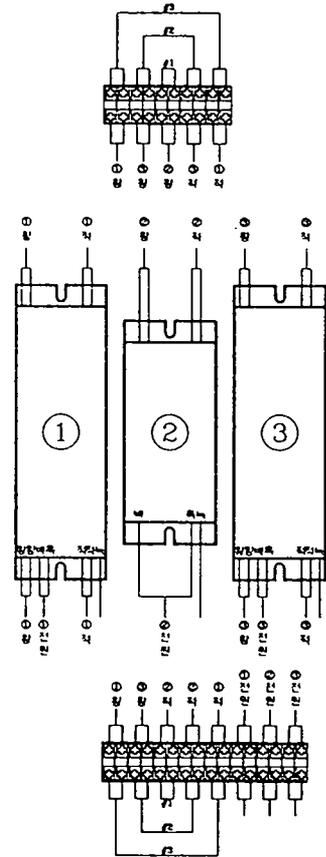
(a) 선반배치

(b) 공기순환덕터설치

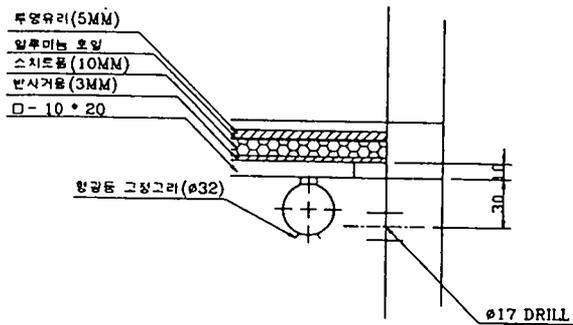
〈계속〉



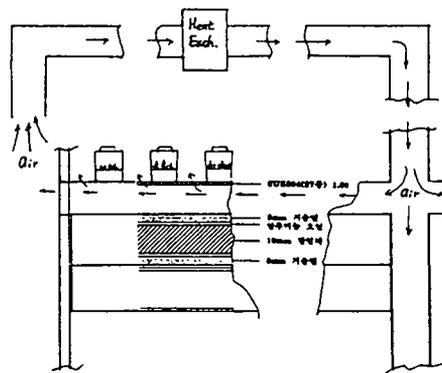
(c) 5단 선반



(d) 형광등 결선도



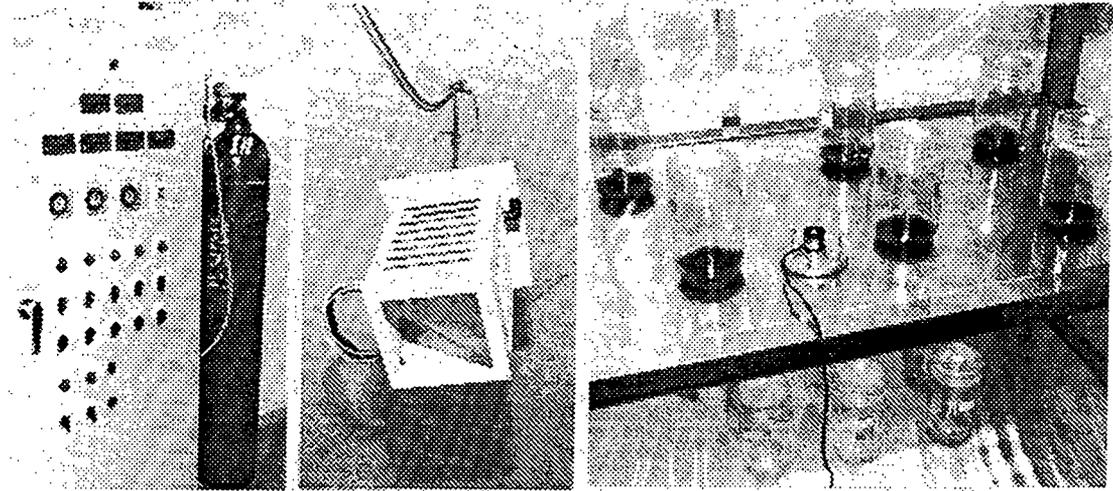
(e) 선반구조 상세도



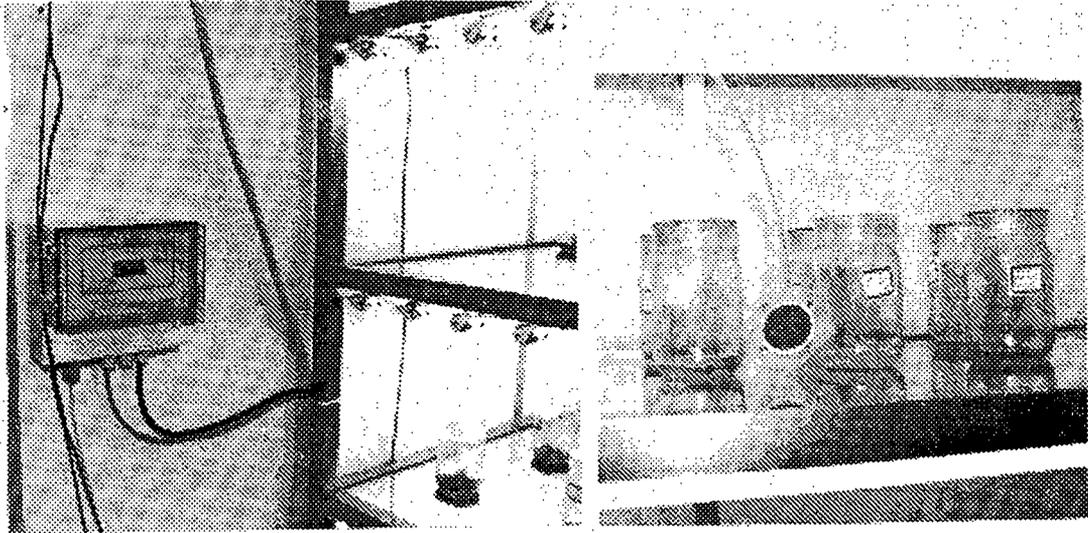
(f) 공기순환 모식도

그림 2.2.12. 대형 Room형 배양실 설계개요

는 반사거울을 부착하여 그 밑에 형광등을 설치하며 배양선반 각단 하부에는 공기분출용 스텐레스 구멍판과 거울로 구성된 공기 유출 통로를 설치하고, 거울 밑에 단열재를 보강하였다. 표 2.2.4는 대형 Room형 배양실 설계제작 사양으로 기초 시험결과를 이용하여 정리한 것이다(사진 2.2.4. 참조).



〈사진 A : 환경제어 LCB와 온습도 및 광량계측센서〉



〈사진 B : CO₂ gas 계측 및 공급라인〉

사진 2.2.4. 대형 Room형 배양실의 제어반 및 환경계측장치

표 2.2.4. 대형 Room형 배양실 설계사양

품 명		사 양	
시설	벽 체	폴리우레탄 900×1800×50t	
	내 용 적	가로 3.8m×세로 3m×높이 2.4m(27.36m ³)	
	골 격	알루미늄사쉬(선반, 내부)	
	배 양 선 반	각단 내용적(300×400×1100), 5단, 6조 배치	
환경 조절	난방	전 기 히 터	3kw, 난방부하 71kcal/h·m ³ (설계온도차 35℃)
		가 열 방 법	냉방결용 덕터, 배양실내선반 측면통풍, 차압회수
설비	습도	초음파가습기	200W, 용량 900cc/hr·m ³ , 24624cc/hr(전체)
		제 습	환기공 Φ, 환기용량 4m ³ /min·m ³ (전체110m ³ /min)

〈계속〉

품 명		사 양	
환경 조절 설비	냉방	냉 동 기	2500kcal /hr, 냉방부하 82kcal/h (단위체적당)
		냉 동 방 법	난방겸용 덕터이용, 설계온도차(35℃)
		제 습 율	0.05cc /s · m ³ , 0.0045%RH /s · m ³
	CO ₂	레귤레이터	0.1ℓ /min · m ³ (전체 28ℓ /min, 100ppm/분)
		Tank	10kg
	광	조 명 장 치	형광등 40W×각단 5개, 천정·바닥 거울반사판, 최대 12,000Lux
	공조Unit	난방과 냉방용량에 적합한 것	
환경 계측 제어 장치	컴퓨터시스템	4실형과 동일	
	센서	4실형과 동일	
	제어장치 및 기법	난방, 냉방, CO ₂ , 습도 →PWM적용 ON-OFF: PID, Fuzzy 풍속 → 고정, 광 → 3단계	

제 3 절 컴퓨터 제어 시스템 개발

1. 장치와 시험방법

가. 시스템 구성과 사양

시스템의 구성은 컴퓨터 본체, 인터페이스부, 센스부, LCB(릴레이박스) 및 작동기로 구성 하였으며, 그 구성도는 그림 2.3.2와 같고, 사양은 표 2.3.1, 표 2.3.2와 같으며 작동기 제어를 위한 구성은 그림 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5와 같다.

나. 환경조절 소프트웨어

1) 소프트웨어의 구성

본 연구진을 온실 환경제어시스템 개발 및 관련연구 등을 통해 축적된 기술 및 경험을 바탕으로 사용자 편의와 정밀한 제어성능 확보에 초점을 맞추어 소프트웨어를 개발하였다. 전반적인 구성은 메뉴선택에 의한 자동제어와 수동제어, 자료관리, 환경제어 기준설정, 계측기 환경설정, 통신설정, 작동기 환경설정으로 구성하여 어떠한 형태의 배양실에도 적용시킬 수 있도록 개발하였고 사용자 조작 및 상황판단의 편의를 위해

① 화면처리는 한글로 구성하였다.

② 배양실내 모든 환경과 작동기의 동작상태를 한눈에 확인할 수 있도록 그래픽 화면으로 구성하였다.

2) 환경제어 항목과 제어방법

환경조절은 고정 ON-OFF동작에 의한 작동기 조작과 프로세서 제어동작에 해당되는 부분으로 나누었다. 고정 ON-OFF동작은 실험상태에 따라 다르므로 별도의 제어기법은 적용하지 않았다.

표 2.3.1. 고정 ON-OFF동작에 의한 작동기 조절

환경	조절 단 수	작 동 기
풍 속	1단 : FAN1 2단 : FAN1, 3 3단 : FAN1, 2, 3	FAN 3대
광	1단 : 25% 2단 : 50% 3단 : 100%	형광등, LED등

표 2.3.2. 프로세서 제어동작에 의한 제어항목

환경	제 어 방 법	제 어 기 법	
온도	난방	보일러온수온도 3단, 각실 sol valve ON-OFF시간제어	단순 ON-OFF, PID, Fuzzy
	냉방	냉동기 ON상태에서 각실 sol valve ON-OFF시간제어	단순 ON-OFF, PID, Fuzzy
습 도	가습 : 가습기 ON-OFF 시간제어(자동) 제습 : 환기공 열음(수동)	단순 ON-OFF, PID, Fuzzy	
CO ₂	가스봄베-레귤레이트-sol valve-각실 sol valve ON-OFF시간제어	단순 ON-OFF, PID, Fuzzy	

3) 제어기법

제어기법 개발절차는 시험용 배양실의 환경조절시험 데이터를 이용하여 각 환경제어계의 수식모형을 확정하고, 이 수식모형을 이용하여 제어 시뮬레이션을 실시하여, 각 제어기법에 대한 최적의 조건과 방법을 찾아내고, 현장적응시험을 거쳐 각 제어기법의 최적화 확정의 순서로 실시하였다.

2. 시험결과 및 고찰

가. 시스템의 구성과 사양

컴퓨터 제어시스템의 전체구성은 기초시험용 배양실에서 개발한 장치를 그대로 이용하였다. 환경제어시험은 모두 기초시험용 배양실을 대상으로 실시하였고, 그 결과를 이용하여 보급형 배양실의 제어시스템을 구성하고 제어방법도 동일하게 하였다. 모든 고안 제작한 센서, 인터페이스부, I/O장치, Valve 장치 등의 테스트 결과는 양호하였다.

나. 환경조절 소프트웨어 개발

1) 소프트웨어 기능선택과 조작

컴퓨터 제어시스템의 소프트웨어는 모니터 화면을 보면서 각 기능을 선택하여 조작 또는 가동시킬 수 있도록 구성하였다. 기능은 자동제어, 수동제어, 자료관리 및 환경설정치 관리기능을 가지도록 구성하였다. 각 기능은 화면의 오른쪽 맨 밑에 있는 키에 의해 변경될 수 있고, 각 실의 선택은 실변경키에 의해 조정 될 수 있게 하였다. 키조작 또는 마우

스 조작에 의해 기능변경이 가능하게 하였다.

그림 2.3.1은 자동제어 기능이 동작중인 화면이다. 자동제어기능은 환경설정치에 맞추어 실내환경을 자동제어하는 기능으로 동작화면은 각 실별 작동기 동작상태, 환경계측상태에 대한 도해 및 수치를 나타내므로 관리자가 한 눈에 인식하도록 되어있다.

그림 2.3.2는 수동제어기능 선택시 나타나는 화면이다. 자동제어 화면과 다른 것은 작동기 조작으로 난방기부터 조명까지를 ON 또는 OFF 토글선택하고, 전체 가동 또는 정지시킬 수 있도록 하여, 관리자가 컴퓨터 화면을 보면서 모든 작동기를 조작 가능하게 한 것이다.

그림 2.3.3는 계측자료 관리기능 선택시의 화면으로 각 계측치의 시각별 상황을 나타내고 있다. 이 계측치는 수치(텍스트)로서 또는 그래프로서 선택하여 프린트 될 수 있도록 하였고, 그 선택은 화면의 오른쪽 밑 [F7], [F8] 키에 의하도록 하였다. 그림 2.3.4은 프로그램 작성자 또는 제어시스템 설치시에 필요한 작동기 동작 기능으로 작동기 ON 유지시간(타이머 기능)의 선택, 위험경보를 위한 온도의 극상, 하한 설정 및 센서의 계측 정밀성 유지를 위한 보정계수 등의 표시 및 변경조작이 가능하게 한 것이다.

그림 2.3.5는 환경제어 기준 설정 기능 선택시의 화면이다. 온도는 상하한(제어기법에 따라서 상하한 폭이 다름) 설정이고, 습도와 CO₂는 일정치 설정으로 1일 0시부터 24시간의 설정이며, 변경이 없는 한 매일 이 설정치를 기준으로 작동된다.

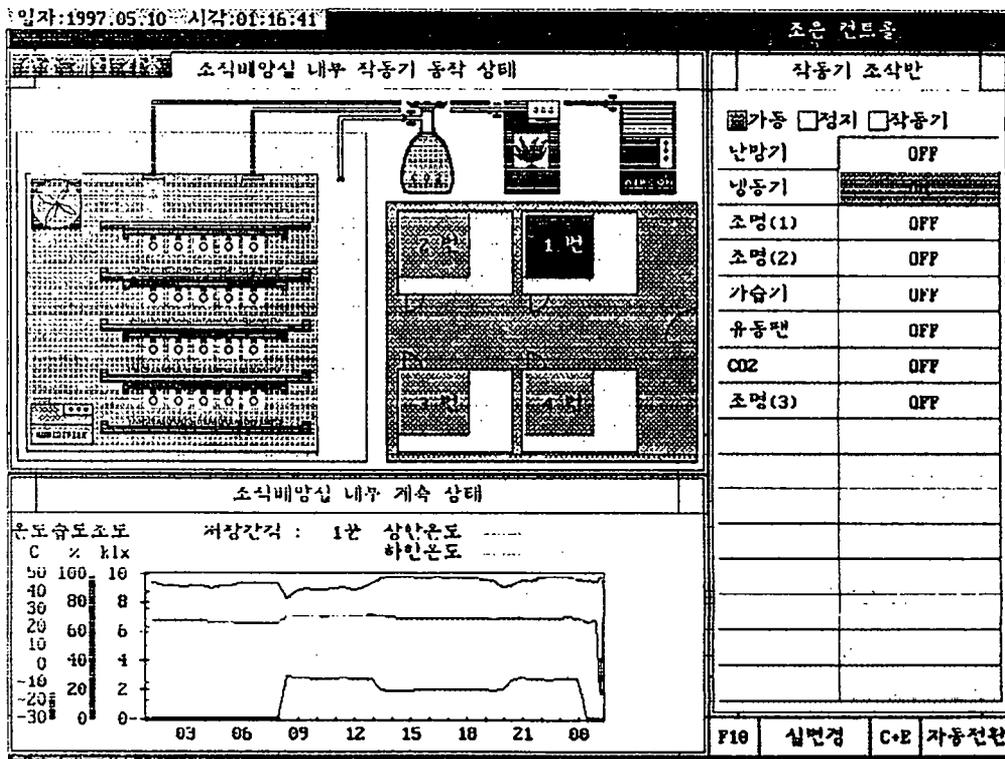


그림 2.3.1. 자동제어 화면

이상과 같이 소프트웨어 기능은 조직배양실의 환경을 최적으로 관리 할 수 있고, 어떠한 작물선택, 환경변경에도 대처할 수 있으며, 쉬운 도해와 키조작 또는 마우스 조작에 의해 사용자가 부담없이 조작 및 운영할 수 있도록 개발하였다.

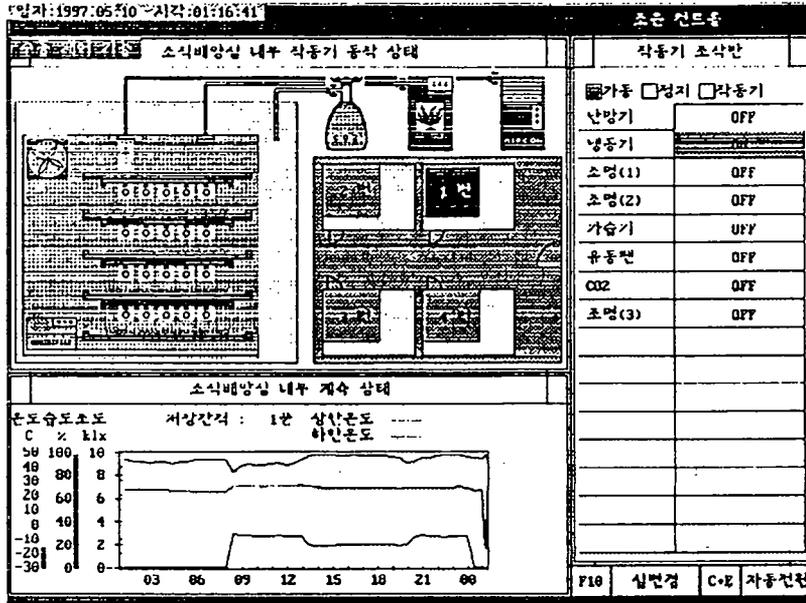


그림 2.3.2. 수동제어 화면

일자:1997.05.10 시각:01:17:10 - 계측기 및 작동기 자료 관리

지입일자	시각	평균온도	평균습도	온도(1층)	습도(1층)	온도(2층)	습도(2층)	온도(3층)	습도(3층)
96.08.24	00:00	27.4	55	27.0	56	27.5	55	27.7	2
96.08.24	12:30	25.3	67	25.3	64	25.2	69	25.4	2
96.08.24	13:00	25.2	85	27.0	72	22.0	98	26.5	2
96.08.24	13:00	24.4	58	24.6	57	24.3	59	24.4	2
96.08.24	13:30	27.8	65	27.2	65	21.9	98	28.3	2
96.08.24	13:30	28.0	62	27.3	62	21.5	98	28.6	2
96.08.24	13:30	26.6	61	26.8	60	26.8	61	26.2	2
96.08.24	14:00	24.8	59	24.6	59	24.8	60	24.8	2
96.08.24	14:30	24.4	63	24.5	61	24.5	64	24.3	2
96.08.24	15:00	27.2	78	27.2	76	27.2	81	27.3	2
96.08.24	15:30	27.4	75	27.0	71	26.9	78	28.1	2
96.08.24	16:00	26.0	65	26.0	63	25.9	67	26.1	2
96.08.24	16:30	25.6	62	25.7	61	25.5	63	25.7	2
96.08.24	17:00	26.0	63	26.0	62	25.9	64	26.2	2
96.08.24	17:30	26.4	66	26.4	65	26.2	67	26.5	2
96.08.24	18:00	26.9	60	27.0	66	26.4	70	27.4	2
96.08.24	18:30	27.5	73	27.4	71	27.2	74	28.0	2
96.08.24	19:00	27.3	73	27.2	70	27.2	76	27.3	2
96.08.24	19:30	26.1	65	26.1	63	26.0	67	26.2	2
96.08.24	20:00	25.9	61	26.0	60	25.8	62	25.9	2
96.08.24	20:30	26.9	67	26.8	66	26.5	68	27.3	2
96.08.24	21:00	27.6	74	27.4	72	27.2	75	28.2	2
96.08.24	21:30	27.8	75	27.6	72	27.7	77	28.9	2
96.08.24	22:00	27.4	72	27.3	69	27.2	75	27.7	2
96.08.24	22:30	26.7	69	26.6	67	26.9	72	26.6	2
96.08.24	23:00	26.3	57	26.0	56	27.0	57	26.0	2
96.08.24	23:30	26.2	51	25.8	52	26.9	51	25.8	2
96.08.25	00:30	20.4	52	20.8	54	22.0	50	18.2	2
96.08.25	01:00	19.9	63	20.6	64	21.2	61	18.9	2
96.08.25	01:30	21.0	75	21.4	73	21.5	77	20.1	2

DEL 삭제 F7 계속시율력(텍스트) F8 계속시율력(그래픽) F10 실변호변경

그림 2.3.3. 계측자료 관리

일자:1997.05.10 시각:01:17:21 **조식배양실 내부 자동 제어 설정치 관리**

조식배양실id	실험작품명	정식일자	극상한	극하한	연락처1(전화)	연락처2(전화)
1		94.01.01	40.0	10.0		
2		94.01.01	40.0	10.0		
3		94.01.01	40.0	10.0		

작동기관리						
작동기명	주소	설정 ch.	단일 ch.	설정가능시간	달성가능시간	비이비
냉방기	200	0	0	0	0	타이머 기능 사용안함
냉습기	200	1	1	0	0	타이머 기능 사용안함
조명(1)	200	2	2	0	0	타이머 기능 사용안함
조명(2)	200	3	3	0	0	타이머 기능 사용안함
가습기	200	4	4	0	0	타이머 기능 사용안함
유동팬	200	5	5	0	0	타이머 기능 사용안함
CUZ	200	6	6	0	0	타이머 기능 사용안함
조명(3)	200	7	7	0	0	타이머 기능 사용안함
CUZ-valve	210	1	1	0	0	타이머 기능 사용안함

자료관리				
센서명	센서주소	센서번호	보정계수1	보정계수2
습도1	220	0	0.04272	-27.50
온도1	220	1	0.04272	-27.50
습도2	220	2	0.04272	-27.50
온도2	220	3	0.04272	-27.50
온도3	220	4	0.04272	-27.50
조도	220	6	20.00000	-8500.00
CUZ	220	7	1.03105	-750.00

그림 2.3.4. 작동기 및 센서 관리

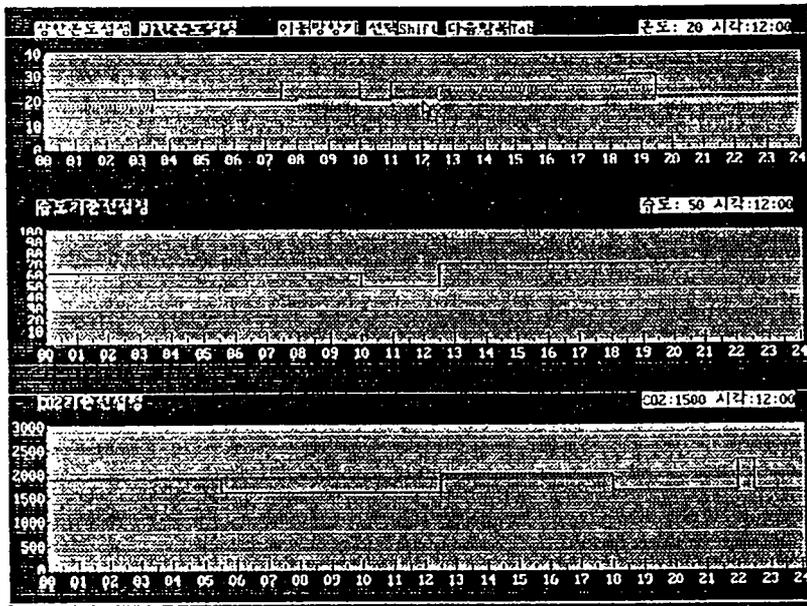


그림 2.3.5. 환경제어 기준 설정

2) 제어기법 개발

가) 수식모형

(1) 온도제어계

온도제어계의 수식모형은 다음의 방정식에 근거하였다.

$$Q_i = C \frac{dT_i}{dt} + \frac{T_i - T_o}{R} \dots\dots\dots (7)$$

위 식의 계수 및 변수는 (1)식의 값과 같다. 이 식을 제어주기 T인 디지털 방정식으로 변환하면 k번째의 실내온도값

$$T_i(k) = e^{-\frac{1}{RC}T} \cdot T_i(k-1) + R(1 - e^{-\frac{1}{RC}T}) \cdot Q_i(k-1) \dots\dots\dots (8)$$

$$+ (1 - e^{-\frac{1}{RC}T}) \cdot T_o(k-1)$$

로 표현되고, 기초시험에서 구한 T=180초, R=412(s·℃/Kcal), C=30.957(Kcal/℃)를 대입하면, 온도제어계 프랜트의 디지털 수식모형

$$T_i(k) = 0.986T_i(k-1) + 5.7737Q_i(k-1) + 0.014T_o(k-1) \dots\dots\dots (9)$$

로 되며, 입력 Q_i(k)는 본 시험장치에서는

$$\text{난방시 } Q_i(k) = 0.0486 \text{Kcal/s}$$

$$\text{냉방시 } Q_i(k) = -0.042 \text{Kcal/s}$$

이다.

(2) 습도제어계

습도제어계의 수식모형은 다음의 방정식에 근거하였다.

$$RH(t) = RH(0) + K \int H_m(t) dt - r \int RH(t) \cdot \delta_r dt \dots\dots\dots (10)$$

RH(t) : 실내상대습도(%RH)

RH(0) : 실내 초기 상대습도

K : 초음파 가습기 가습량 H_m(t)(g/s)의 기화율(90%)을 고려한 상대습도 변화율

r : 냉동기 가동시에 따른 상대습도 감소율

δ_r = 0 ; 냉동기 OFF시

1 ; 냉동기 ON시

초기상태를 무시하기 위하여 미분하면

$$\frac{dRH(t)}{dt} = KH_m(t) - r \cdot RH(t) \cdot \delta_r \dots\dots\dots (11)$$

로 되고, 주기 T에 대하여 디지털 프랜트 모형은

$$RH(k) = (1 - T \cdot r \cdot \delta_r) \cdot RH(k-1) + T \cdot K \cdot H_m(k-1) \dots\dots\dots (12)$$

로 된다. r를 구하기 위하여 수차례 반복시험 결과 초음파 가습기가 가동될 때 3분동안 7.992%RH가 상승된 것으로 나타났으므로 K=0.0444%RH/s가 구해졌다. 따라서 (12)식은 다음식과 같이 정식화 되었다.

$$RH(k) = (1 - 0.0801 \cdot \delta_r) \cdot RH(k-1) + 7.992H_m(k-1) \dots\dots\dots (13)$$

(3) CO₂ 제어계

CO₂ 제어계는 CO₂ 공급장치에 의한 CO₂가 공급되면 배양실내는 CO₂가 증가하게 되는데 이의 방정식화는 다음식과 같이 하였다.

$$CO_2(t) = CO_2(0) + \int C_v(t) dt \dots\dots\dots (14)$$

C_v : CO₂ gas 주입율(1.93ppm/s)

위 식을 디지털화 하면 다음식과 같이 된다.

$$CO_2(k) = CO_2(k-1) + TC_v(k-1) \dots\dots\dots (15)$$

그러나 온도, 습도 제어계 수식모형과 마찬가지로 측정센서의 시정수를 고려한 모델이 되어야 하기 때문에 CO₂센서의 시정수 32초를 고려하여 측정된 CO₂ 값은

$$CO_{2m}(k) = 1.004CO_{2m}(k-1) - 0.00361CO_{2m}(k-2) + 180C_v(k-1) \dots\dots\dots (16)$$

식으로 디지털 플랜트 모델을 확정하였다.

나) 제어기법

(1) 제어입력의 정립

단순 ON-OFF 제어와는 PWM 방식의 제어이므로 제어주기 T=180초 사이에서 일정시간동안 작동기를 작동하는 것이므로 작동기의 가동시간 OT에 대하여 각 제어환경에 따른 작동기의 조작 입력량은 다음식과 같이 계산하여 환산 될 수 있게 하였다.

(가) 난방시

$$Q_i(k) = \frac{0.0486 \times \text{가동시간}(OT, \text{초})}{\text{제어주기}(180\text{초})}, \text{ Kcal/s}$$

(나) 냉방시

$$Q_i(k) = \frac{-0.042 \times OT}{\text{제어주기}(180\text{초})}, \text{ Kcal/s}$$

(다) CO₂ 주입율

$$C_v(k) = \frac{1.93 \times OT}{180}, \text{ ppm/s}$$

(라) 가습기 가습량

$$H_m(k) = \frac{1 \times OT}{180}, \text{ g/s}$$

(2) 제어 제약조건의 정립

각 환경제어는 최대 입력량, 최소 입력량, overshoot 금지 등 제약조건이 따른다. 각 제약조건을 다음과 같이 정립하였다.

(가) 온도제어 제약조건

(설정온도 - 실외기온 + 실내열원에 의한 상승온도) ≥ 0 → 난방기만 가동

(설정온도 - 실외기온 + 실내열원상승온도) < 0 → 냉방기만 가동

이 조건은 어떤 설정온도를 제어하기 위하여 설정온도보다 실내온도가 낮을 경우 난방기 작동, 반대일 경우의 냉방기 작동이 되는 일반적 제어 방법(사고)을 이용시 에너지 낭비의 초래를 막기 위함이다. 즉 여름철에는 냉방기만, 겨울철에는 난방기만 작동시켜도 실내온도가 조절될 수 있는 것은 당연한 결론인 것이다.

또한 냉난방기의 잦은 ON-OFF는 감시자를 불안하게 하고 작동기의 온전한 작동이 이루어지지 않는 상태가 될 수 있으므로, 한번 가동한 냉난방기는 최소한 ON 시간을 유지시켜야 한다. 따라서 냉난방기의 가동시간은 최소 1분, 최대 3분으로 하였다.

즉,

$$OT < 60 \rightarrow OT = 0$$

$$OT < 180 \rightarrow OT = 180$$

난방기 입력량

$$Q_i(k) < 0.0162 \rightarrow Q_i(k) = 0$$

$$Q_i(k) > 0.0486 \rightarrow Q_i(k) = 0.0486$$

냉방기 입력량

$$|Q_i(k)| < 0.014 \rightarrow Q_i(k) = 0$$

$$|Q_i(k)| > 0.042 \rightarrow Q_i(k) = 0.042$$

(나) 습도제어 제약조건

실내습도는 가습기에 의한 가습량 조절이 잘못되어 설정습도보다 높아지면 환기에 의하여 실내습도를 조절하여야 하는데, 이때에는 실내온도의 변화에 따른 에너지 손실이 초래되고, 실내온도 및 CO₂의 변화 또한 발생하기 때문에 실내습도는 어떠한 상황에서도 설정습도를 넘지 않도록 제어하여야 한다. 단순 논리적 ON-OFF에서는 대개 설정치±사역내에서 작동기가 ON-OFF되도록 하는데 이때에는 실내 습도가 제어기준습도(설정치)보다 높게 되는 때가 많다. 이 현상은 측정센서가 늦은 감응시간을 가지므로 현재 측정값과 실제 실내 습도농도값이 다르기 때문에 일어나는 현상이다.

냉동기가 가동될 때는 실내습도가 제습에 의해 감소되므로 이의 영향도 고려하여야 한다.

즉, OT의 계산과 제어 제약조건은

i) 냉동기 가동이 있을 시 $OT = OT + 90(\text{초})$ 로하여 실내습도 변화에 긴급히 대응하고

ii) 상대습도는 설정치를 언제나 초과하지 않게 한다.

iii) $OT < 60\text{초} \rightarrow OT = 0$

$$OT > 180\text{초} \rightarrow OT = 180$$

(다) CO₂제어 제약조건

제약조건은 습도제어 제약조건과 마찬가지로 이유로 실내 CO₂농도는 항상 설정치를 초과하지 않아야 하는 조건과 최소 주입시간 제약은 없고, 최대 주입시간은 2분으로 하여 3분 제어주기 동안에 안정계측을 위한 시간 1분을 주도록 한다.

i) 항상 실내 CO₂ 농도 ≤ 설정치가 되도록 하고

ii) $OT > 120\text{초} \rightarrow OT = 120$

(3) 제어기법 정의

(가) 단순 ON-OFF

- 제어설정치 + 사역(오차) ≤ 측정치 (또는 실제값) → 작동기 또는 valve OFF
- 제어설정치 - 사역 ≥ 실제값 → 작동기 ON

(나) PID (속도알고리즘)

$$U(k) = U(k-1) + K_p[y(k-1) - y(k)] + K_i[r(k) - y(k)] + K_d[2y(k-1) - y(k-2) - y(k)] \dots\dots\dots(17)$$

$U(k)$: 작동증가분
 $y(k)$: 실제값(측정값)
 $r(k)$: 설정치

K_i, K_p, K_d 는 제어제인으로서 경험에 의하거나 다음 방법으로 결정한다.

$$K_i = \frac{0.6}{G_o(L_o + 0.5)^2}$$

$$K_p = \frac{1.2}{G_o(L_o + 1)^2} - \frac{1}{2}K_i$$

$$K_d = \frac{0.4}{G_o}$$

$G_o = RT$ (R =제어대상 스텝응답의 최대구배, T =제어주기)

$L_o = (L/T)$ (L =최대구배접선과 시간축이 만나는 시간)

(다) Fuzzy

경험적 제어지식이 있는 경우에 적합. 특히 습도제어계는 가습기에 의한 가습외에 냉동기 가동시 제습되므로 1개의 환경이 2개이상의 요인에 의해 영향을 받는 경우는 Fuzzy제어가 알고리즘 확립이 쉽다.

Fuzzy제어 알고리즘의 개발은 다음 단계와 같이 하였다.

Fuzzy제어를 위한 변수

$$E = \text{설정치} - \text{실측치} = r(k) - y(k)$$

$$\Delta E = y(k-1) - y(k)$$

ΔU = 조작량(입력) U 의 변화분(조작입력 증가분)

로 정의 하였고, 이 정의에 의해 다음과 같은 Fuzzy logic의 제 1법칙 R1을

$$R1 : \text{if } E = \text{NB AND } \Delta E = \text{ZO THEN } \Delta U = \text{NB} \dots\dots\dots(18)$$

로 정의하여 각 해당되는 조건에 의해 ΔU 를 구한 Fuzzy법칙은 표 2.3.3과 같이 정의하였다.

표 2.3.3. Fuzzy 제어 규칙표(ΔU 값)

E	ΔE						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB				NB	NM		
NM				NM			
NS				NS	ZO		PM
ZO	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
PS	NM		ZO	PS			
PM				PM			
PB				PB			

앞의 표 2.3.3과 같은 Fuzzy 제어규칙으로부터 정량적 수치 정의는 그림 2.3.6과 같이 정의 하였다. 퍼지제어로부터 제어입력(조작량)의 결정은 그림 2.3.7와 같이 MAX-MIN법을 이용하였다.

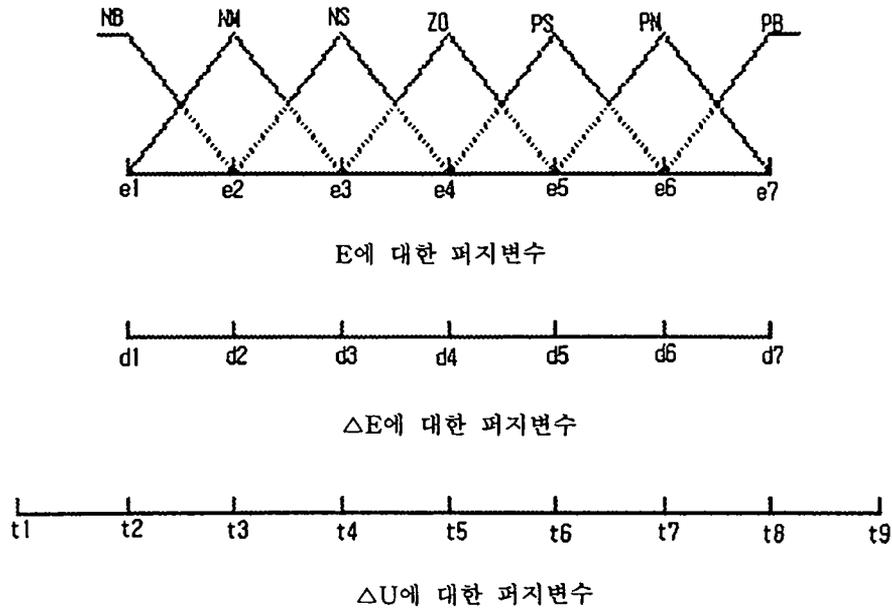


그림 2.3.6. 퍼지변수의 정의

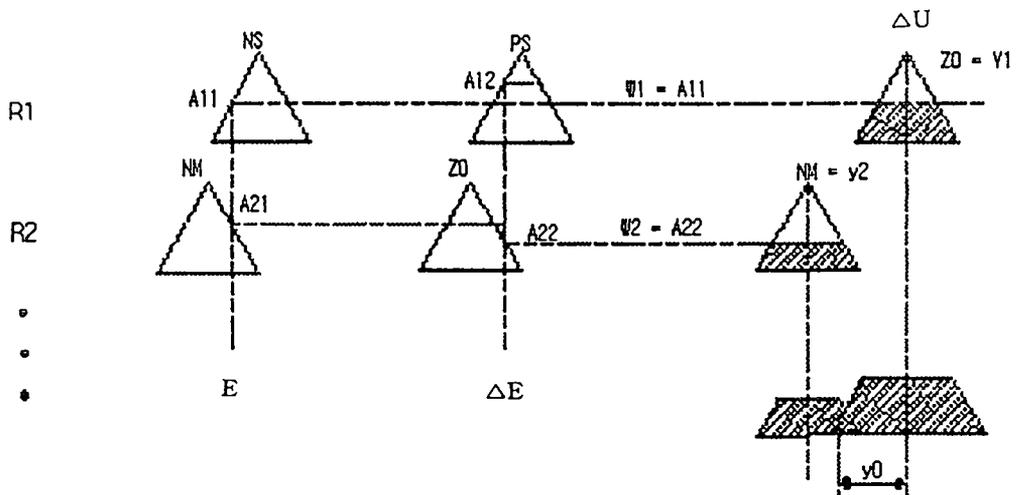


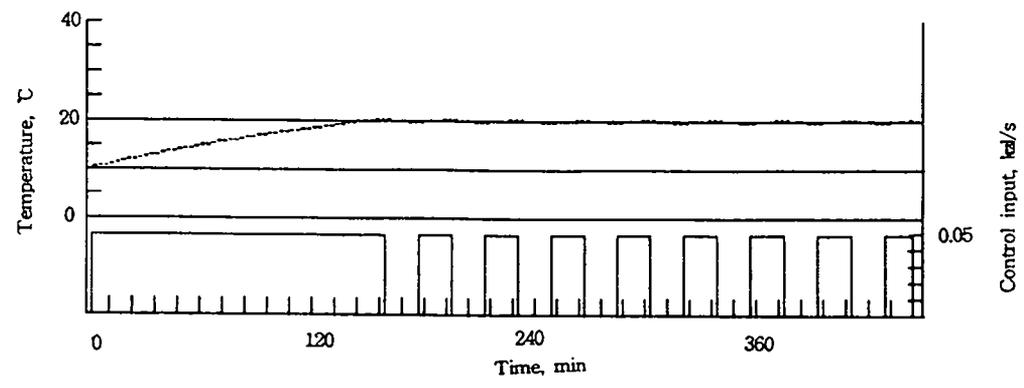
그림 2.3.7. Fuzzy 제어입력의 계산법(MAX-MIN법)

다) 제어 시뮬레이션

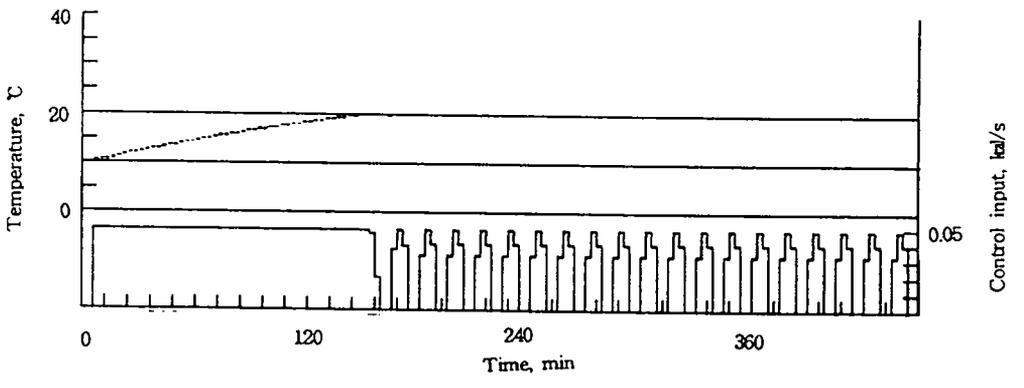
(1) 온도제어

난방제어시 실외기온이 10℃상태에서 설정온도를 20℃로 하였는데, 각 제어기법별로 제어 시뮬레이션한 결과는 그림 2.3.8과 같다. 냉방제어시 실외기온 30℃, 실내 초기기온

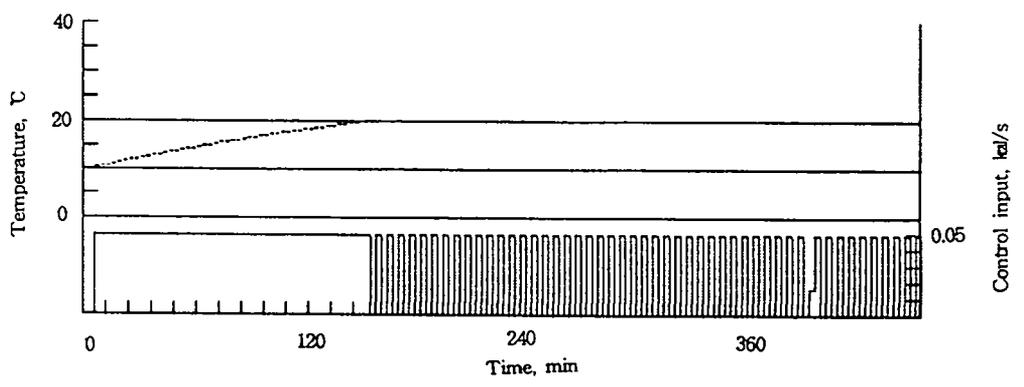
30℃, 설정온도 20℃로 하였는데 제어 결과는 그림 2.3.8과 같다. 그림 2.3.8과 2.3.9의 제어결과를 각 제어기법에서 제어조건(게인 및 변수의 크기)을 수차례 반복한 결과, 최적의 제어상태를 나타낸 조건에서의 제어결과이다. 가장 적합했던 제어기법별 게인 및 변수의 값과 제어성능을 조사한 결과는 표 2.3.4과 같다.



a) ON-OFF

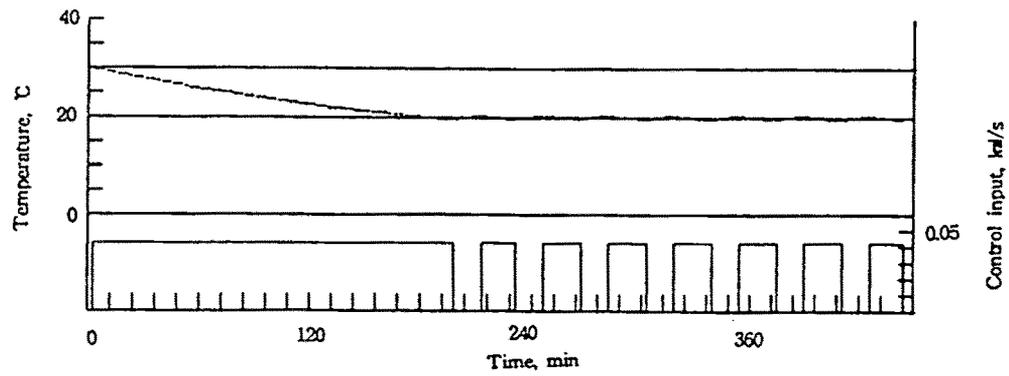


b) PID

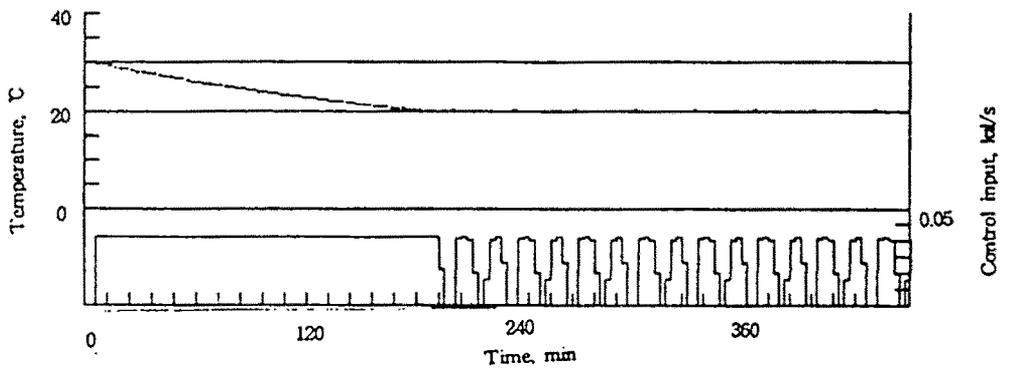


c) Fuzzy

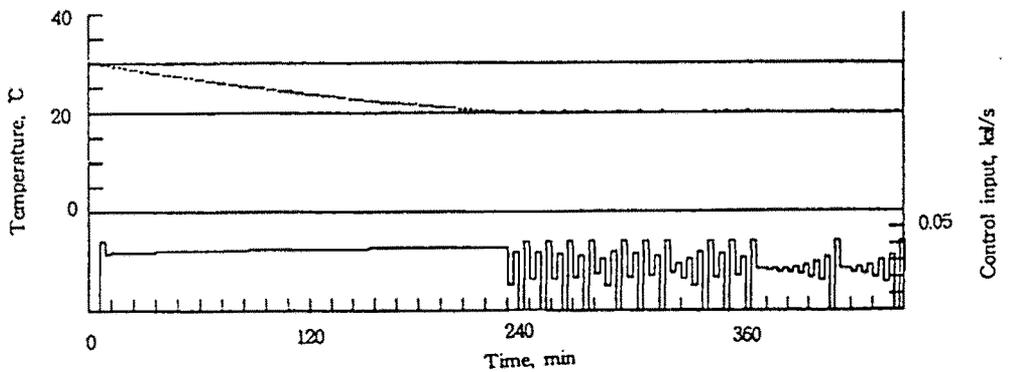
그림 2.3.8. 난방제어 시뮬레이션 결과



a) ON-OFF



b) PID



c) Fuzzy

그림 2.3.9. 냉방제어 시뮬레이션 결과

표 2.3.4과 같이 ON-OFF 제어는 정정시간이 약간 짧은 것으로 나타났으나 제어오차는 매우 크게 나타났다. 이는 PWM제어의 장점이 ON-OFF에서는 적용되지 못하여 입력에너지의 진폭이 심한 관계 때문이다. 제어성능면에서 Fuzzy, PID, ON-OFF 순으로 우수한 것으로 나타났다.

표 2.3.4. 온도 제어시의 제어기법별 특성

	제 어 기 법					
	ON-OFF		PID		Fuzzy	
	난방	냉방	난방	냉방	난방	냉방
설정치, °C	20	20	20	20	20	20
정정시간, 분	153	192	156	180	156	180
오차, °C	±0.5	±0.6	±0.2	±0.3	±0.01	±0.02
최적화 조건	데드밴드 ±0.3		최적계인 Kp=0.01 Ki=0.2 Kd=0.01		퍼지변수 e ₁ =-0.9~e ₇ =+0.9 d ₁ =-0.3~d ₇ =+0.3 t ₁ =-180~t ₇ =+180	

(2) 습도제어

습도제어 시뮬레이션은 초기 상대습도 70%, 설정치 95%인 때의 조건에서 실시하였는데 그 결과는 그림 2.3.10와 같다. 중간 진행과정에서 냉동기를 30분간 ON하였을 때의 제습에 따른 습도제어성능도 같이 조사하였다. 제어결과 각 제어기법별로 overshoot는 없었고, 정정시간이 ON-OFF제어가 다른 기법보다 빠른 것으로 나타났으나 오차는 오히려 크게 나타났다.

냉동기 가동후의 안정되는 시간은 ON-OFF가 제일 짧지만 정정오차가 발생하였다. 각 제어기법별 습도제어에 대한 특성을 나타낸 것은 표 2.3.5와 같다.

표 2.3.5. 습도 제어시 제어기법별 특성

	제 어 기 법		
	ON-OFF	PID	Fuzzy
설정치, °C	95	95	95
정정시간, 분	±1.0	±0.6	±0.4
오차, °C	18	30	30
냉동기 가동 영향	안정시간 45분 정정오차 +0.8°C	안정시간 60분 오차 -0.4°C	안정시간 57분 오차 +0.3°C
최적화 조건	데드밴드 -8°C	최적계인 Kp=20 Ki= 0.09 Kd= 0.001	퍼지변수 e ₁ =-6 ~e ₇ =+6 d ₁ =-3 ~d ₇ =+3 t ₁ =-180~t ₇ =+180

시뮬레이션이기 때문에 표 2.3.5는 실제보다 성능이 높게 나타날 것이지만, 결과를 분석해 보면 Fuzzy, PID, ON-OFF 순으로 제어성능이 높은 것으로 판단된다.

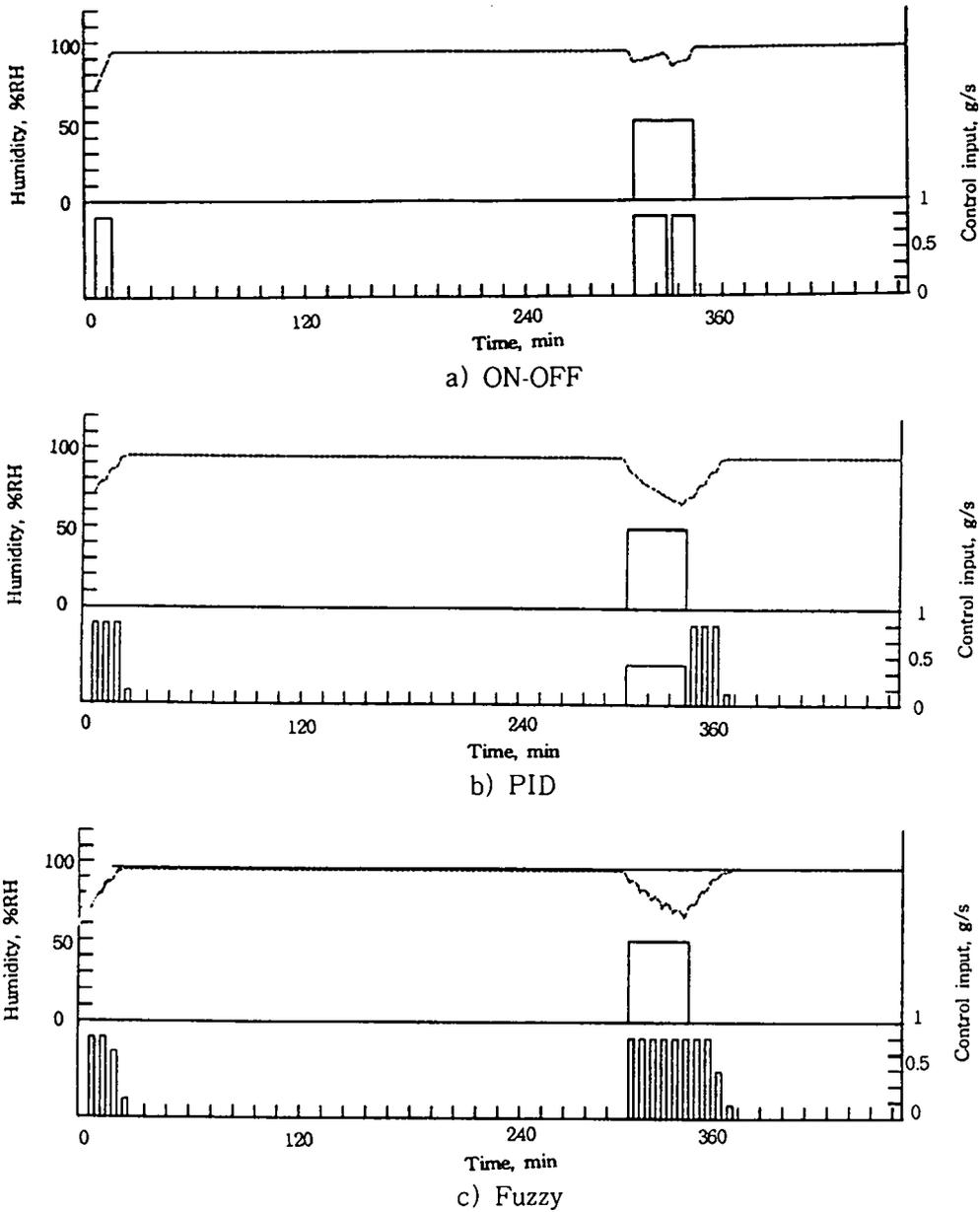
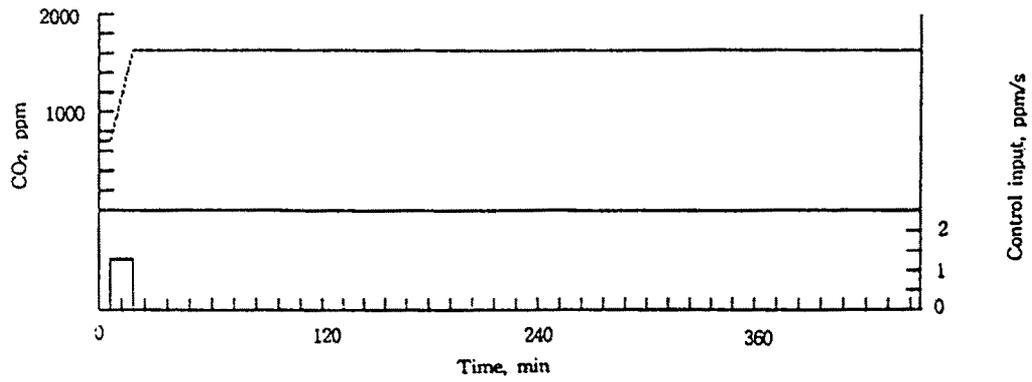


그림 2.3.10. 습도 제어 시뮬레이션 결과

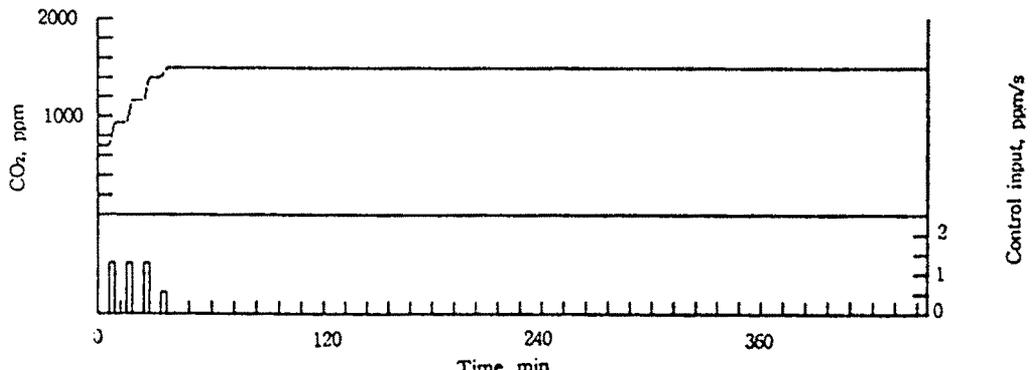
(3) CO₂제어

CO₂제어 시뮬레이션은 초기 CO₂ 농도 700ppm에서 설정값 1500ppm으로 하여 실시하였고, 그 결과는 그림 2.3.11과 같다.

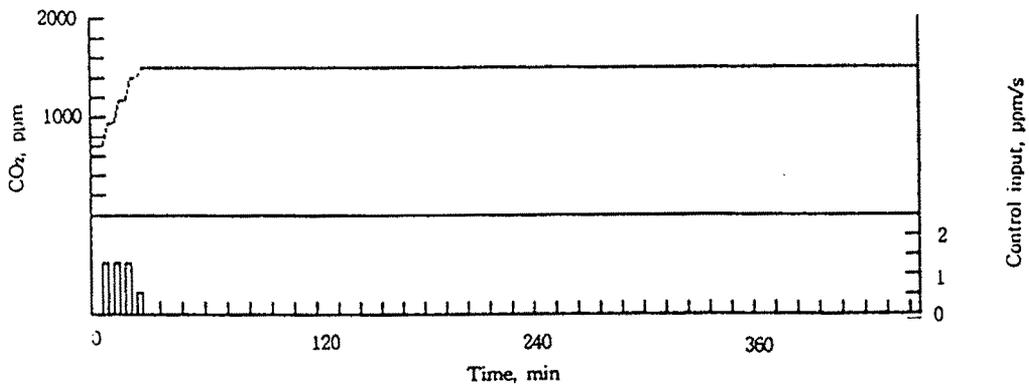
CO₂의 실내농도는 어떠한 경우에도 설정치를 넘지 않도록 하는 것이 바람직한데 ON-OFF 제어시 설정치보다 약 130ppm정도 높게 유지되었고 PID와 Fuzzy제어에서는 설정값에 거의 접속하는 경향을 보였다. 이 결과는 PWM제어기법의 효과로서 ON-OFF제어



a) ON-OFF



b) PID



c) Fuzzy

그림 2.3.11. CO₂제어 시뮬레이션 결과

시 제어주기 동안 2분의 ON시간을 줄 수 있기 때문에 CO₂농도가 설정치를 초과한 것으로 분석된다.

각 제어기법별 특성은 표 2.3.6과 같다.

표 2.3.6. CO₂제어 시뮬레이션시 제어기법별 특성

	제 어 기 법		
	ON-OFF	PID	Fuzzy
설정치, ℃	1500	1500	1500
정정시간, 분	±130	±3.4	±3.1
오차, ℃	21	39	30
최적화 조건	데드밴드 -200ppm	최적계인 K _p =130 K _i =0.01 K _d =0.001	퍼지변수 e ₁ =-330~e ₇ =+330 d ₁ =-120~d ₇ =+120 t ₁ =-180~t ₇ =+180

시뮬레이션 결과로만 볼때에는 Fuzzy, PID, ON-OFF 순으로 성능이 높은 것으로 나타났다.

이상의 제어 시뮬레이션 결과 각 제어기법은 최적화 조건이 존재하며, 이 조건을 잘못 대입하거나 제어의 제약조건을 충분히 고려하지 않으면 성능이 좋은 제어기법도 오차가 크게 발생함을 알 수 있었다.

전반적으로 Fuzzy, PID, ON-OFF 순으로 제어성능이 좋게 나타났으며 실제 현장제어시 시뮬레이션 결과 얻어진 최적화조건을 도입하여도 실용적 효과가 있을 것으로 판단되었다.

다. 컴퓨터 제어시스템의 환경제어 결과

그림 2.3.12은 난방과정에서 각 제어기법별로 온도, 습도, CO₂를 기초시험용 배양실에서 현장제어한 결과이다. 그림의 맨 위부터 ON-OFF, PID, Fuzzy제어 결과이다.

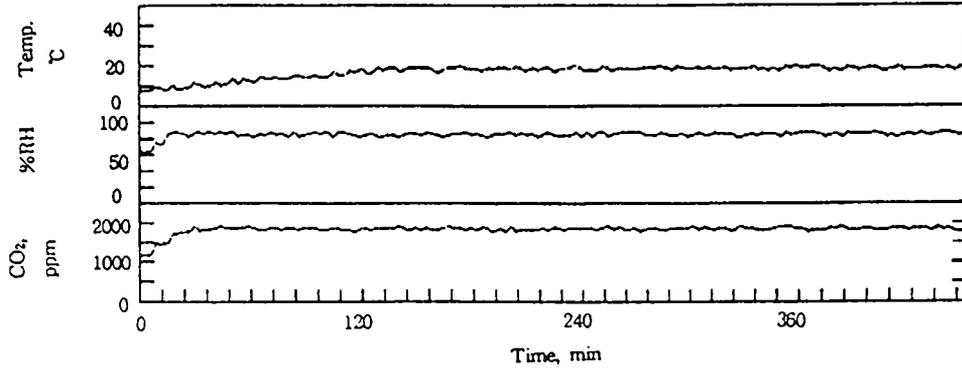
초기 실내온도 및 실외기온이 8℃이고 설정온도는 20℃이며, 초기 상대습도 72%RH에서 설정습도 90%, 초기 CO₂농도 800ppm에서 설정 CO₂농도 1500ppm으로 하였을 때의 결과이다. 제어 시뮬레이션시의 결과보다 계측치의 진동이 발생하였는데 이는 계측의 백색 노이즈 현상과 각 작동기 작동시의 써어지영향 및 제어입력의 PWM화 및 환경제어계의 물리적 변수의 경시적 변화에 기인 된 것으로 보인다. 그러나 전반적으로 시뮬레이션 결과와 일치하는 경향을 보인다.

그림 2.3.13는 냉방과정에서 각 제어기법별의 환경제어 결과를 나타낸 것이다. 전반적으로 난방과정과 동일한 제어성능을 나타내며, 냉방기 가동중의 제습영향은 안정된 상태에서는 외란으로 작용하지 않고, 습도제어도 매우 우수한 결과를 보였다.

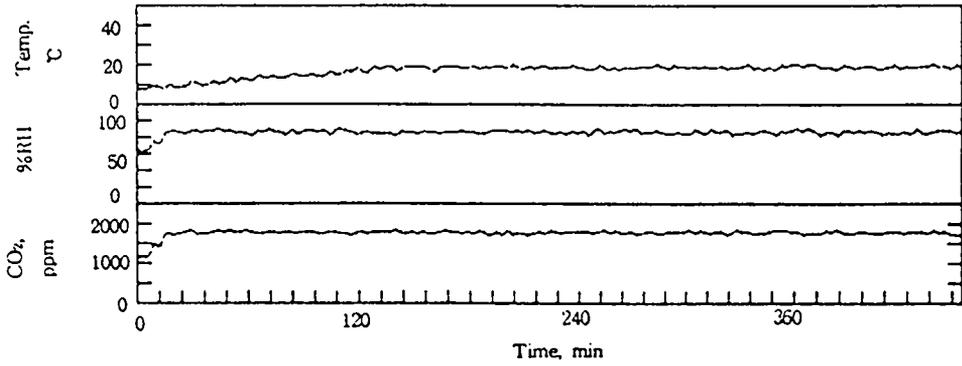
이러한 결과는 제2장 2절의 그림 2.2.6에서 보는 바와같이 단순 ON-OFF제어에 의한 배양실내 환경변화의 환경의 물리적 특성을 고려하지 않은 단순 ON-OFF제어 방식보다 크게 개선된 것으로 환경제어기법은 이론적이며 체계적 분석을 기초로 하여 수립하는 것이 제어성능을 크게 향상시킨다는 것을 단정된다.

표 2.3.7은 4실형 배양실의 현장 환경제어 결과를 요약한 것이다. Fuzzy제어가 가장 우

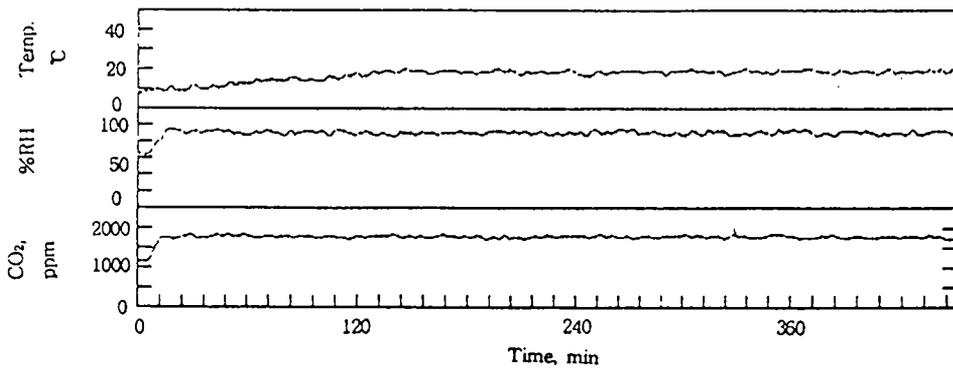
수하며 온도 $\pm 1.2^{\circ}\text{C}$, 습도 $\pm 4.4\%RH$ 및 CO_2 $\pm 53\text{ppm}$ 범위의 제어 정확도를 나타내었다. 따라서 실용화할 수 있는 제어기법과 제어방법을 정립한 것으로 판단된다.



a) ON-OFF

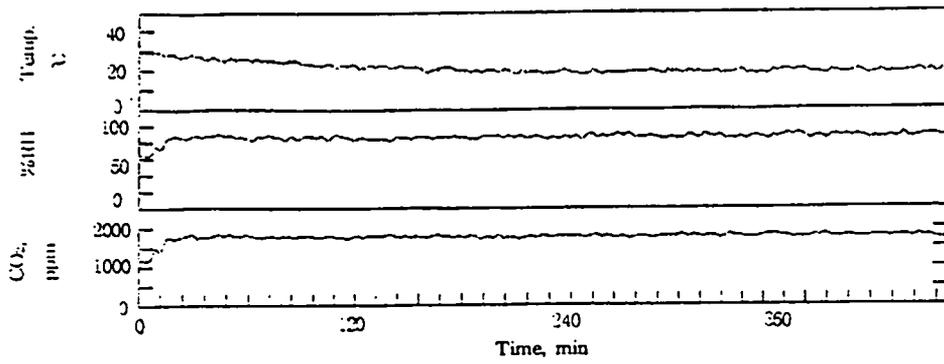


b) PID

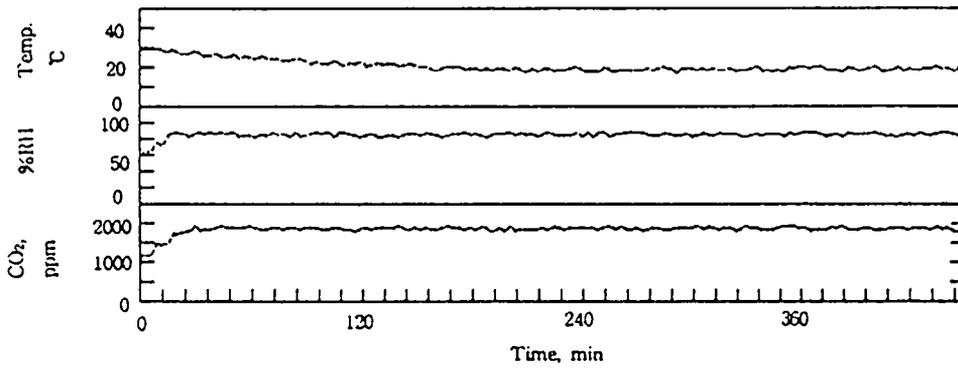


c) Fuzzy

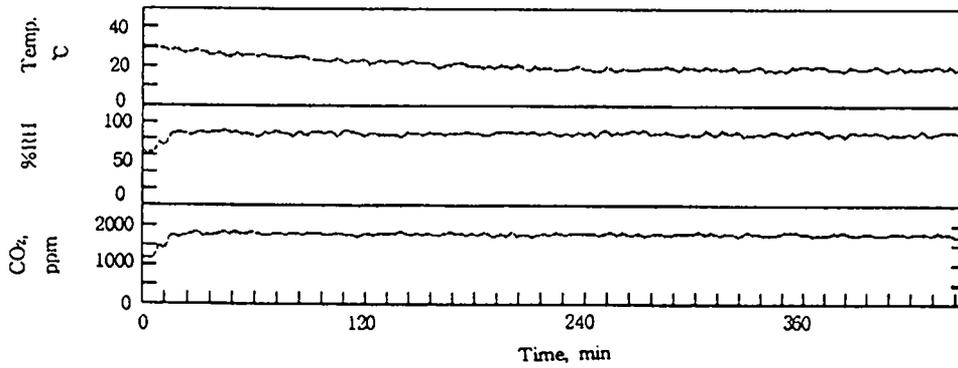
그림 2.3.12. 난방 과정중의 배양실 환경제어 결과



a) ON-OFF



b) PID



c) Fuzzy

그림 2.3.13. 냉방 과정중의 배양실 환경제어 결과

표 2.3.7. 4실형 시험용 배양실 제어결과

제어항목		ON-OFF	PID	Fuzzy	비고
온도	난방	제어오차 : $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.8^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$	초기온도상승시간이 김. 온수온도 3단 조절
	냉방	제어오차 : $\pm 2.6^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.1^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.2^{\circ}\text{C}$	초기온도 강하시간이 김.(5시간)
습도		제어오차 : $\pm 8\%RH$	$\pm 5.3\%RH$	$\pm 4.4\%RH$	온도변화에 관계, 냉동기 가동에 관계
CO ₂		제어오차 : $\pm 120\text{ppm}$	$\pm 68\text{ppm}$	$\pm 53\text{ppm}$	설정치를 초과하면 제거 어려움.
광		3단계 제어, 양호	-	-	실내온 상승
풍속		3단계 제어, 양호	-	-	-

제 4 절 광 공급장치 개발

1. 장치와 시험방법

배양실내의 광공급은 대부분 전등(형광등)을 이용하므로 상부의 수직 직선조사에 의한 광의균일공급이 불량하고, 광공급원의 발생열이 배양실내 온도환경에 영향을 주며 특히 냉방에너지 투입을 많게하는 원인이 된다. 이와 같은 문제점을 개선하고, 광의 수평수직 균질광도 유지 및 자연광 이용 가능성을 유발시키기 위하여 광섬유, LED 및 Mirror를 이용하여 광질개선을 꾀할 수 있는 시험용 장치를 고안제작하였다.

가. 광섬유에 의한 광공급장치

광섬유는 광원으로부터 받은 광을 곡선을 이루는 먼거리까지도 전달할 수 있기 때문에 조직배양실내의 배양식물 주위에 광을 분산 방출하므로써 조광의 균질성을 꾀하고자 하였다. 또한 광섬유 광 유입부측 광원을 태양광을 이용한다면 식물체에 자연광을 조사할 수 있고 배양실내 발생하는 열원이 되지 않으므로 냉방조절시의 에너지 절약 및 전기 에너지 절약도 꾀할 수 있다.

이와 같은 특성을 살리기 위해 1차적으로 할로겐램프 광원을 이용한 광섬유에 의한 광공급장치를 고안제작하였다.

나. LED Light에 의한 광공급장치

낮은 발열, 고휘도 LED에 의한 광공급은 작물의 상부와 측면 조사에 의한 광의 균질성을 꾀하고, 배양실내 발열량을 줄이고 전기에너지를 절약 할 수 있을 것으로 가정하였다. LED 블록을 만들어 배양실 천정과 배양조 측면에서 빛을 조사 할 수 있는 광공급장치를 고안제작하였다.

다. Mirror에 의한 측면 광분산

형광등에 의한 조광방식은 배양실 작물의 측면 광조사가 어렵게 되기 때문에, 배양조와 배양조사이에 거울을 역V자형으로 설치하여 수평방향 광산란을 할 수 있는 장치를 검토하였다.

2. 시험결과 및 고찰

가. 광섬유에 의한 광공급장치

1차적으로 광섬유에 의한 광공급장치의 가능성 점검을 위하여 광원회로를 제작하여 실험토록 하였다. 가능성이 확인된다면 태양광 등을 이용하는 방안도 검토할 수 있을 것으로 예상된다.

배양실내 천정부에 광섬유다발을 유입시켜 각 광섬유가닥의 끝을 배양식물 주위에 분산

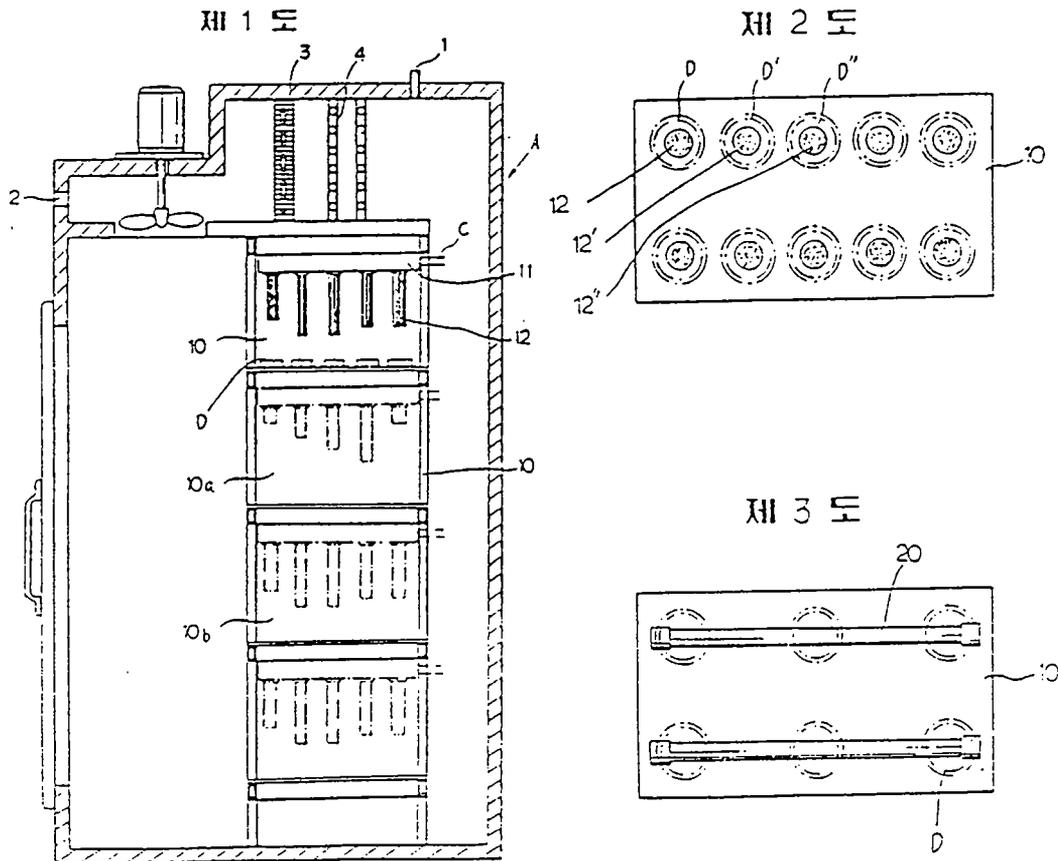


그림 2.4.1. 조직배양실의 광섬유에 의한 광 공급장치 모식도

제 1도 : 조직배양실에 장착된 광섬유 광공급장치의 단면도

제 2도 : 광공급장치의 평면도

제 3도 : 종래의 형광등 광공급장치 평면도

하여 광의 균질성을 꾀하였다. 그림 2.4.1은 고안한 광섬유에 의한 광공급장치로서 특허출원한 도면이다.

조직배양실의 벽체에 이산화탄소 주입구(1)과 공기 주입구(2)를 천공하고 내부에 증발기(3)와 온수관(4)를 부착하여 배양기 수납함체(10)을 다단식으로 형성하고 이 배양기 수납함체(10)의 상부천정에 광공급장치함(11)을 부착하고 광공급장치함(11)의 저면에 서로 길이가 다른 광섬유다발(12)를 설치하고 광섬유(12)의 다단을 배양실 외부에 있는 별도의 광원과 연결하여 조직배양실 내에 광을 공급하는 방식이다(그림 2-26의 모식도 참조).

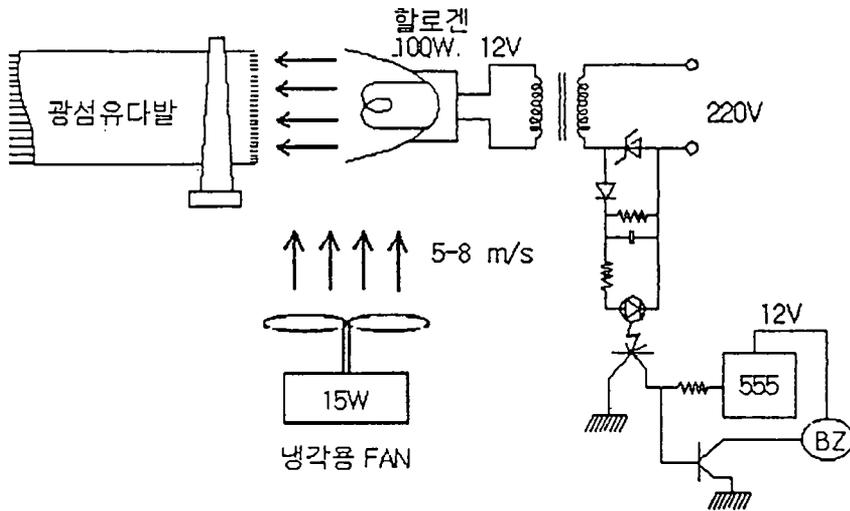


그림 2.4.2. 광섬유 광원회로

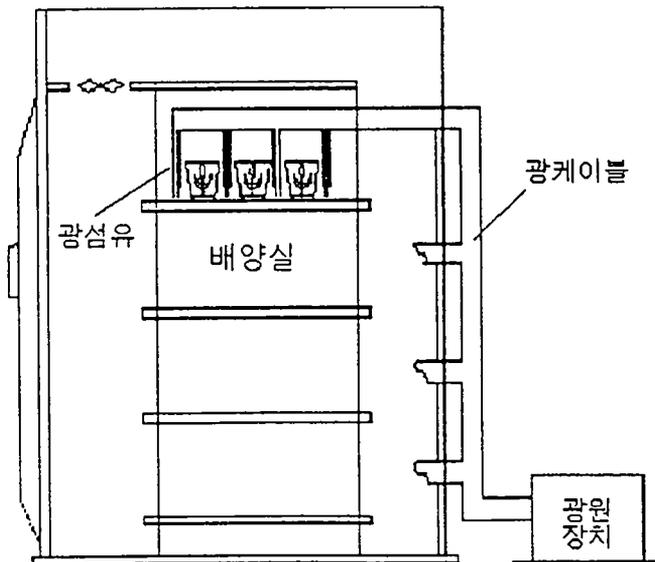
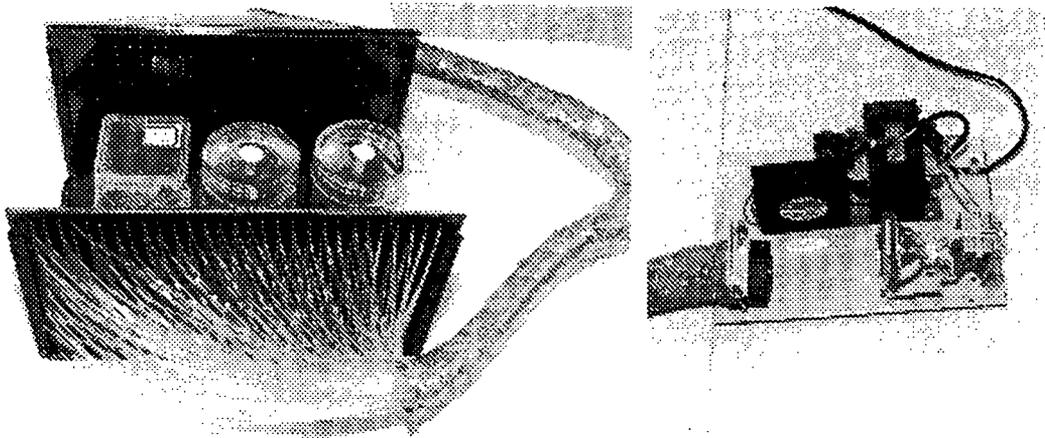


그림 2.4.3. 배양실내 광섬유에 의한 광 공급

조직배양실의 벽체에 이산화탄소 주입구(1)과 공기주입구(2)를 천공하고 내부에 증발기(3)과 온수관(4)을 부착하며 배양기 수납함체(10)을 다단식으로 형성하고 이 배양기 수납체(10)의 상부천정에 광공급장치함(11)을 부착하고 광공급장치함(11)의 저면에 서로 길이가 다른 광섬유다발(12)을 설치하고 광섬유(12)의 다단을 배양실 외부에 있는 별도의 광원과 연결하여 조직배양실 내에 광을 공급하는 방식이다.(그림 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3과 사진 2.4.1 참조)



A) 광섬유의 측면 광공급 다발

B) 광원의 할로겐등과 냉각용 팬

사진 2.4.1. 광섬유에 의한 배양기 광 공급장치

나. LED Lighter에 의한 광공급

LED는 광효율에 비해 발열량이 적을 뿐 아니라 청색광, 적색광 또는 근적외광 등을 낮은 수준에서 식물체의 광형태 형성을 유도할 수 있기 때문에 배양실 광원으로 유용하다. 이들의 이용가능성을 검토하기 위해 LED블록을 만들어 배양실 천정과 배양조 측면에 수직세우는 장치를 제작하였다. 광의 세기조절은 100, 50, 25%로 하였다(표 2.4.1, 그림2.4.4, 2.4.5, 사진 2.4.2 참조).

표 2.4.1. 사용한 LED블록

구 분	사 양
적 색 LED	High Luminance, 파장 660nm, 각 2.5V, 0.02A
녹 색 LED	High Luminance, 파장 563nm, 각 2.5V, 0.02A
황 색 LED	Low Luminance, 파장 585nm, 각 2.5V, 0.03A

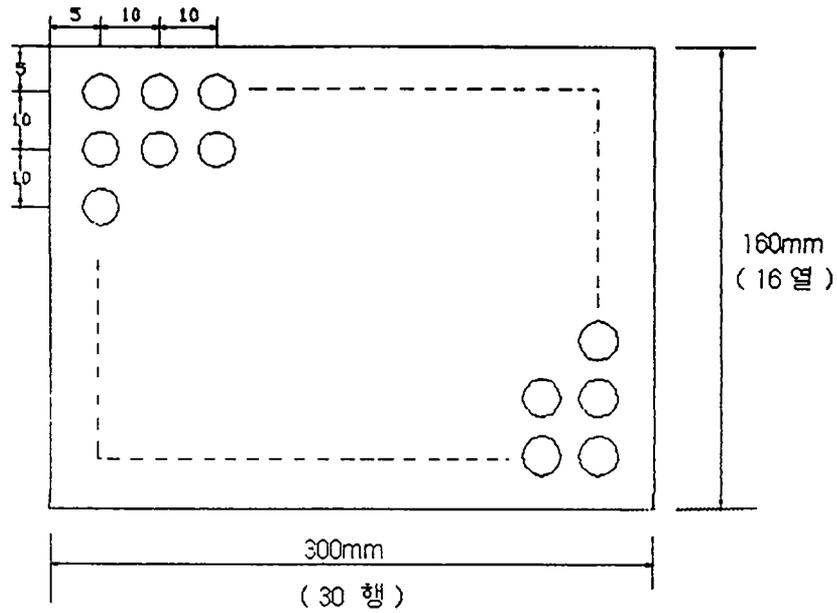


그림 2.4.4. LED블록

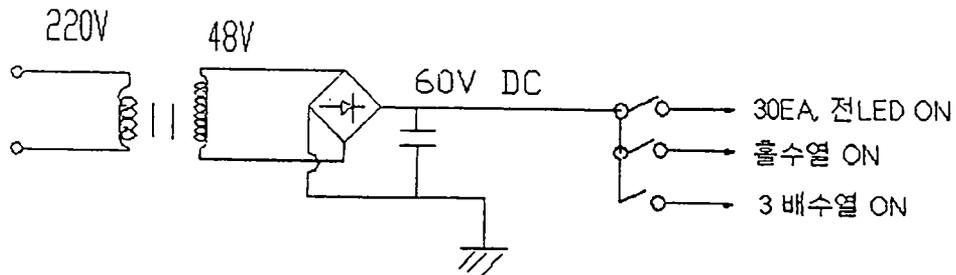
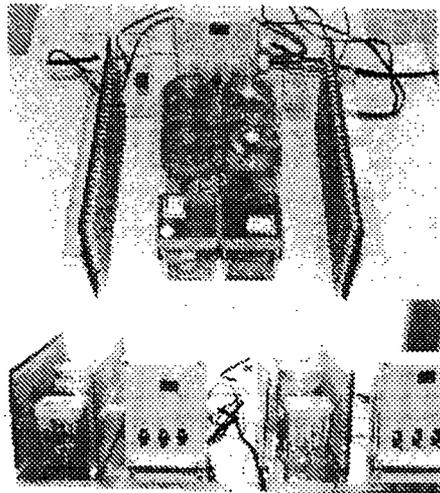
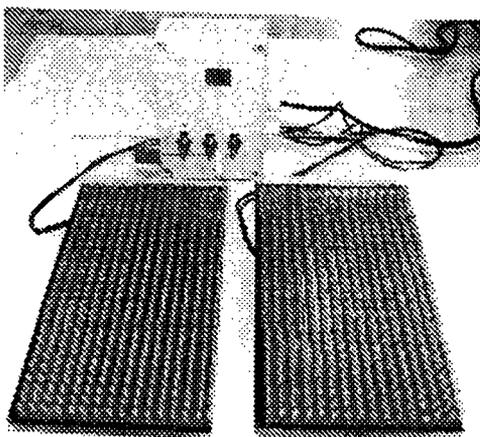


그림 2.4.5. LED블록 전원공급 회로



A) LED lighter의 배열과 조절장치 B) 배양병의 측면광 공급
 사진 2.4.2. LED lighter를 이용한 측면광 공급장치

다. Mirror에 의한 측면 광분산

배양실 천정에 형광등이나 LED등을 설치하면 배양실 물체 측면의 광조사가 어렵게 되기 때문에 배양조와 배양조사이에 거울을 역V형으로 설치하여 수평방향 광산란을 꾀하였다. 광섬유와 LED방식은 광감도가 800Lux이하로서 이용상의 문제점이 있을 것으로 나타났다, 형광등-Mirror방식은 실용상으로는 가장 적합한 것으로 생각된다.

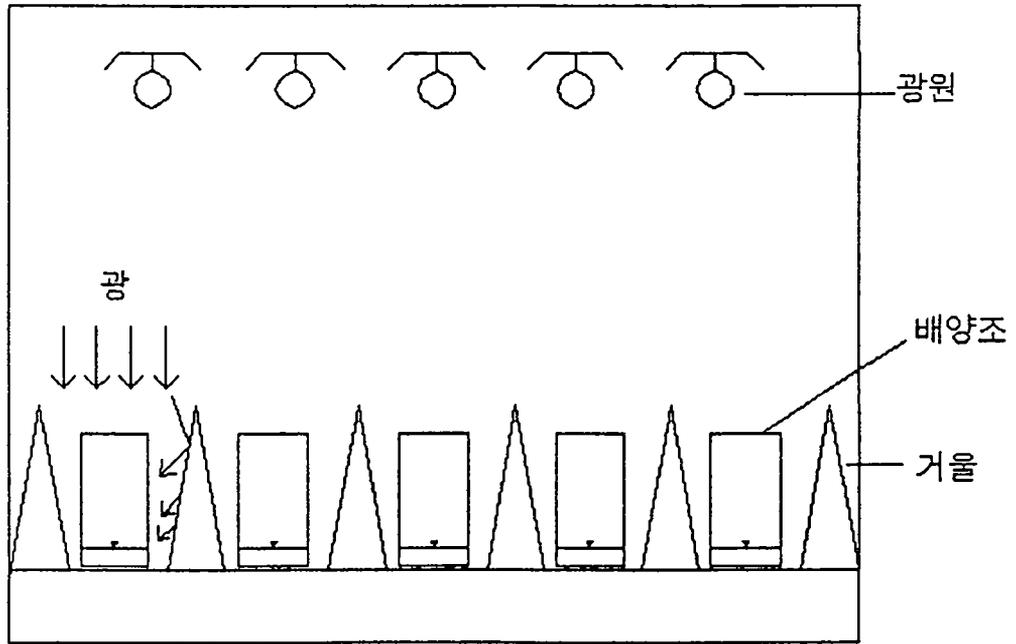


그림 2.4.6. Mirror 광분산에 의한 측면 조광

제 5 절 광독립자가영양배양 효과시험

본 과제에서 개발된 자가영양배양시설을 이용하여 몇가지 작물을 대상으로 효과시험을 실시하였다. 시험에 이용한 공시작물은 거베라, 스타티스, 호접란, 딸기, 토마토, 상추 등이었고 자가영양배양효과는 타가영양배양 및 혼합영양배양 등과 비교하였다.

비교 시험에 이용한 일반적인 배양 환경조건은 다음 표 2.5.1과 같다.

표 2.5.1. 비교시험의 배양환경 기본조건

구 분	항 목	관 행 배 양 실		광 독 립 배 양 실	
		혼합영양배양	타가영양배양	광자가영양배양	광타가영양배양
환 경	광($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	70	70	140	140
	광주기(주야, hrs)	16/8	16/8	16/8	16/8
	CO ₂ 공급(ppm)	대기농도	차단	1,000	차단

<계속>

구 분	항 목	관 행 배 양 실		광 독 립 배 양 실	
		혼합영양배양	타가영양배양	광자가영양배양	광타가영양배양
환 경	공기교환 Filter	부착	없음	부착	없음
	공기순환(회수/시간)	1	0.01	1	0.01
	온도(℃)	25±2	25±2	24±1	24±1
	상대습도(%)	70±10	70±10	90±5	90±5
배 지	기본배지	MS	MS	MS	MS
	sucrose농도(g/ℓ)	30	30	0~30	0~30
	vitamin 첨가	첨가	첨가	무첨가, 첨가	무첨가, 첨가
기 타	○ 시험 작물에 따라 상기조건을 다소 변경시킴				

위의 시험구별 각 조합에서 광독립자가영양배양은 강광조건인 $140\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 와 CO_2 1,000ppm 공급에 공기 순환회수 시간당 1회 환경과 sucrose 무첨가 시험구로 하였으며, 타가영양배양은 광조건 $70\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 와 CO_2 는 대기농도 340ppm에 비순환(즉, 밀폐함으로써 0.01회/시간 환기로 추정함)조건에서 sucrose 30g이 배지에 첨가된 경우로 하였다. 그리고 혼합배양은 타가영양배양조건에 공기순회수를 시간당 1회에 sucrose를 $15\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 이 첨가된 것으로 하였다.

1. 거베라(*Gerbera Jamesonii* B.)의 광독립자가영양배양 시험

가. 서언

거베라는 쥐손이풀과 식물로서 절화장식용으로 재배되어지고 있다. 삼목번식의 경우 낮은 증식을 때문에 조직배양에 의한 미세번식에 의하여 증식되며, 왜성품종들은 분식물로 이용되고 있다. 특히 복잡한 표현형은 지나친 분지를 형성하는 것으로 알려져 있는데, 이들 식물체들은 종종 순화하는 동안 능력이 감소하여 변이가 발생하고 비정상적인 꽃을 가지며, 개화가 지연되는 현상을 나타낸다. 따라서, 본 연구에서는 거베라 조직배양시 광독립 영양배양과 관련된 배지의 당 함량 및 배양환경 조건이 초기생육에 미치는 영향을 규명하여 광독립자가영양배양의 효과를 타가영양배양 및 혼합영양배양과 비교 검토하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

공시재료는 약 2cm 크기의 잎이 1장 부착한 거베라(*Gerbera jamesonii* B.) 유묘를 사용하였다. 배지는 MS기본agar($7\text{g} \cdot \ell^{-1}$)배지에 sucrose농도가 30g 및 $15\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 인 경우 B₅비타민($\text{inositol } 100\text{mg} \cdot \ell^{-1}$, $\text{nicotinic acid } 0.1\text{mg} \cdot \ell^{-1}$, $\text{thiamine} \cdot \text{HCl } 1\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ 및 $\text{pyridoxine} \cdot \text{HCl } 0.1\text{mg} \cdot \ell^{-1}$)을 첨가하고, 성장조절제는 BA $0.2\text{mg} \cdot \ell^{-1}$, Kinetin $1\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ 및 Adenin $4\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ 를 첨가하였다. sucrose가 첨가되지 않은 경우 비타민 및 성장조절제는 첨가하지 않았다. 여기에서 배지의 종류는 편의상 sucrose농도가 30g, 15g, 0g인 경우로 구분하였다. 배양환경은 타가영양배양조건인 광도 $70\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 인 경우 CO_2 는 340ppm

조건이었고, 자가영양배양환경은 광도 $140\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 인 경우 CO_2 는 1,000ppm 공급하였다. 시간당 공기순환횟수는 시간당 각각 0.01, 1회로 구분하여 처리하였다. 배양 용기와 배지의 양은 유리병 400mℓ에 배지를 40mℓ씩 분주하여 만들어 사용하였다. 치상후 1주째에 유묘생존율을 조사하였고, 1주부터 3주까지는 엽수와 뿌리수를 조사하였으며, 치상후 4주째는 엽수, 엽장, 엽폭, 엽면적, 엽병장, 뿌리길이, 뿌리수, 생체중, 엽록소 함량, 엽의 색깔 등을 조사비교하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 시험결과

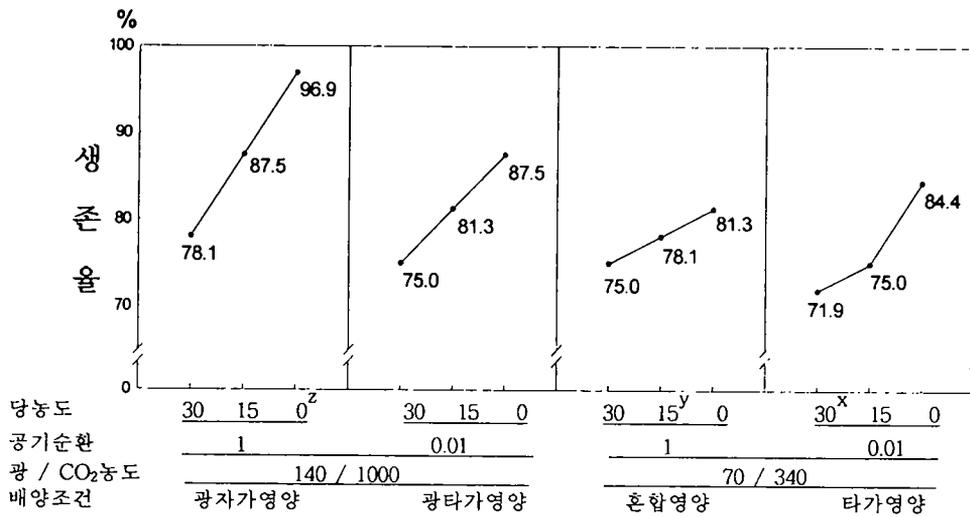


그림 2.5.1. 거베라의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교

- 1) 단위 : 당농도 $\text{g} \cdot \ell^{-1}$, 공기순환 $\text{No.} \cdot \text{hr}^{-1}$, CO_2 농도 ppm, 광 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.
- 2) 시험구 조합 중 z는 광독립자가영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

표 2.5.2. 거베라의 조직배양 조건별 엽생장 비교

광($\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) / CO_2 (ppm)	공기순환회수 (No. $\cdot \text{hr}^{-1}$)	당농도 ($\text{g} \cdot \ell^{-1}$)	엽수 (개/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽면적 (cm^2)	엽병장 (cm)
140 / 1,000	1	30	4.83 ± 0.70	5.90 ± 0.83	1.45 ± 0.09	14.70 ± 3.09	3.17 ± 0.60
		15	5.83 ± 1.05	4.50 ± 0.21	1.33 ± 0.06	14.76 ± 1.65	2.03 ± 0.30
		0 ^z	4.83 ± 0.31	5.35 ± 0.64	1.83 ± 0.21	12.68 ± 3.05	2.57 ± 0.39
	0.01	30	5.67 ± 0.42	5.37 ± 0.48	1.60 ± 0.15	17.54 ± 3.49	2.82 ± 0.39
		15	5.00 ± 0.26	4.45 ± 0.55	1.58 ± 0.14	16.40 ± 4.68	2.22 ± 0.33
		0	3.83 ± 0.48	6.33 ± 0.33	1.87 ± 0.13	2.45 ± 1.26	3.33 ± 0.40
70 / 340	1	30	5.33 ± 0.76	5.27 ± 0.36	1.65 ± 0.18	19.66 ± 3.38	2.80 ± 0.33
		15 ^y	4.33 ± 0.67	4.35 ± 0.18	1.70 ± 0.23	20.83 ± 3.41	1.67 ± 0.14
		0	3.33 ± 0.21	5.00 ± 0.45	2.07 ± 0.18	8.00 ± 0.40	2.37 ± 0.27
	0.01	30 ^x	4.00 ± 0.26	5.93 ± 0.76	2.13 ± 0.32	27.84 ± 10.59	3.20 ± 0.60
		15	5.33 ± 0.62	4.52 ± 0.23	1.80 ± 0.19	23.10 ± 8.51	2.15 ± 0.24
		0	2.50 ± 0.34	4.58 ± 0.73	1.63 ± 0.21	4.48 ± 0.93	2.23 ± 0.32

주) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

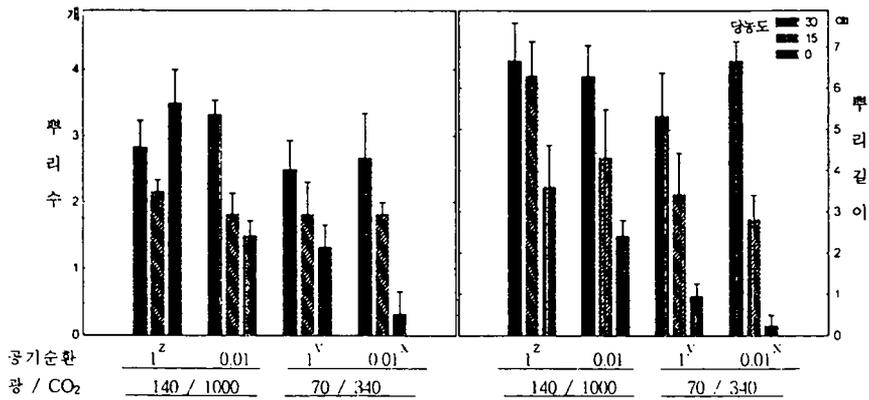


그림 2.5.2. 거베라의 조직배양 조건별 뿌리생장 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.1과 동일함.

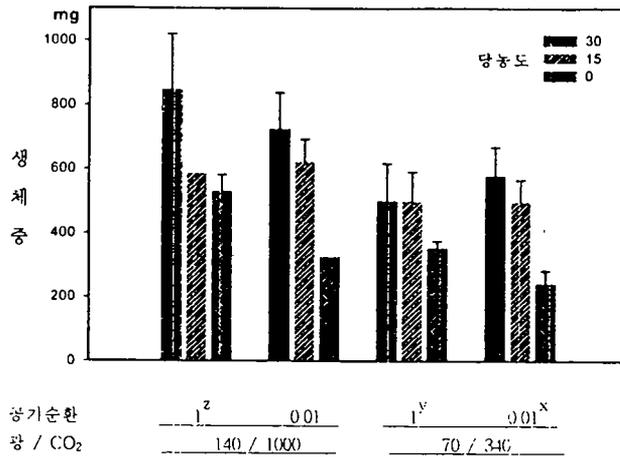


그림 2.5.3. 거베라의 조직배양 환경별 생체중 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.1과 동일함.

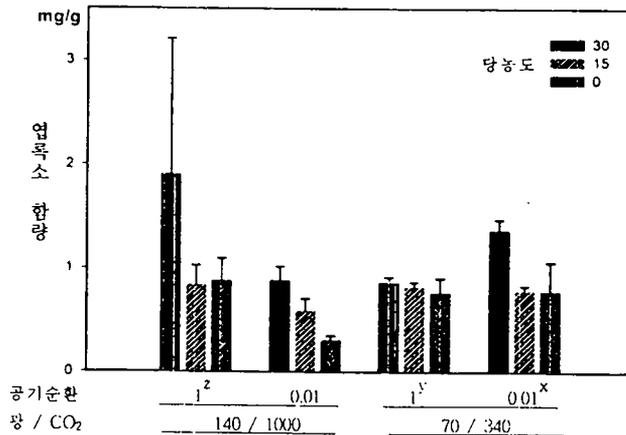


그림 2.5.4. 거베라 조직배양 조건별 엽록소 함량 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.1과 동일함.

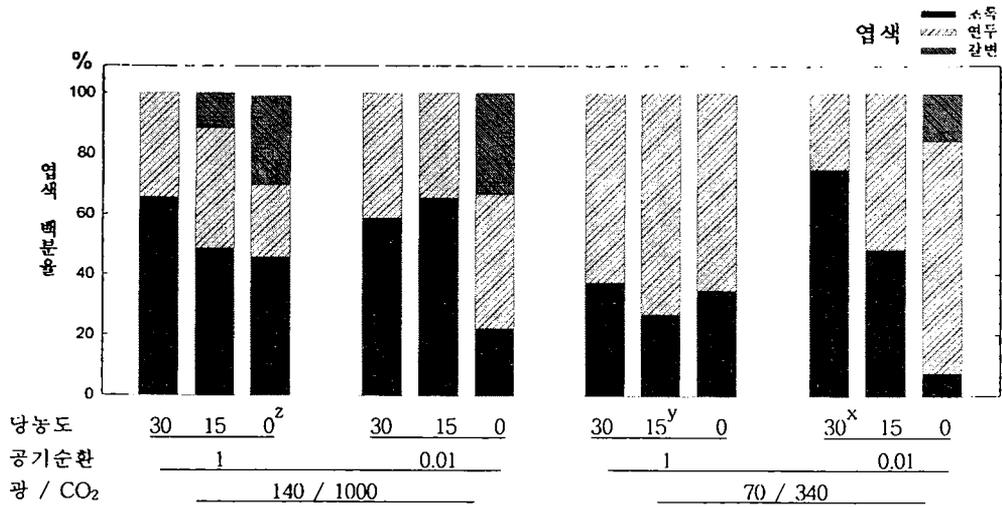


그림 2.5.5. 거베라 조직배양 조건별 엽색 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.1과 동일함.

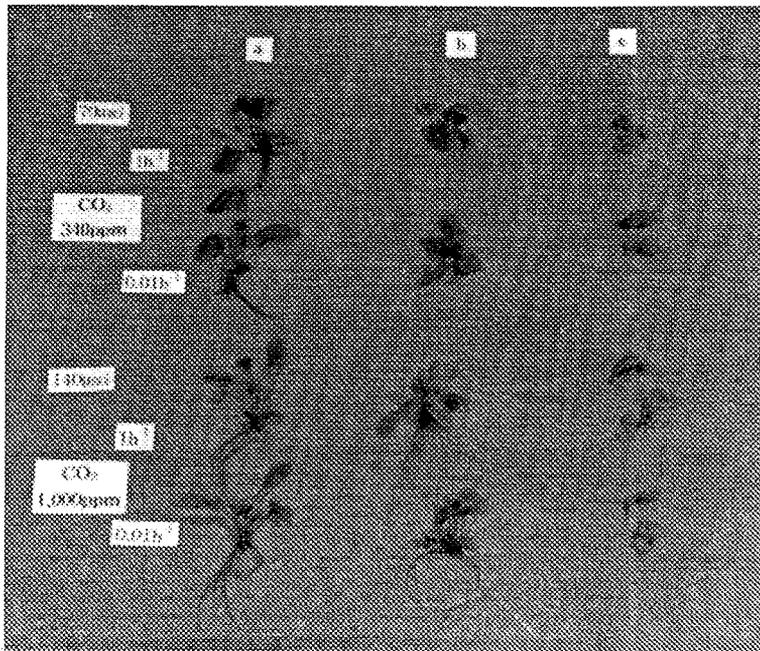


사진 2.5.1. 거베라 조직배양 조건별 생육정도
 주) 당농도 : a-30g · ℓ⁻¹, b-15g · ℓ⁻¹, c-무첨가

2) 결과고찰

가) 거베라의 조직배양조건별 유묘생존율을 비교(그림 2.5.1)하여보면 광독립자가영양 배양조건인 광 140 μmol · m⁻² · s⁻¹, CO₂농도 1,000ppm, 공기순환회수 1 No. · hr⁻¹, 당농도 0g · ℓ⁻¹에서 96.9%로 가장 높았다. 반면에 타가영양환경에서 당농도가

30g · ℓ⁻¹조건에서 가장 낮은 71.9%의 생존율을 보였다. 그리고 혼합영양배양조건으로 생각되는 광 70μmol · m⁻² · s⁻¹, CO₂농도 340ppm, 공기순환회수 1 No. · hr⁻¹의 당농도 15g · ℓ⁻¹처리구가 78.1%의 유묘생존율을 나타내었다. 또한 강광조건이면서 CO₂의 공급을 위한 공기순환회수를 0.01 No. · hr⁻¹로 제한시킨 강광 타가영양배양시험구에서는 당농도 30, 15, 0g · ℓ⁻¹에서 각각 75.0, 81.3, 87.5%의 생존율을 나타내어 광자가영양보다는 생존율이 낮았으나 타가영양배양조건보다는 높은 경향을 보였다. 일반적으로 모든 배양환경시험구에서 당농도가 많을수록 생존율이 낮은 경향이었고 이러한 현상은 타가영양조건에서 뚜렷하였다.

이상의 결과는 2cm 크기의 잎 1매 부착된 거베라 유묘 배양에서 배지내 비타민과 성장조절제가 첨가되지않은 강광 및 CO₂ 공급조건에서 절편체의 생존율이 높고 또한 배지는 당농도가 첨가되지 않을 때 그 효과가 뚜렷함을 알 수 있었다.

나) 배양조건별 엽생장 정도(표 2.5.2)를 보면 광독립자가영양배양조건(광 140μmol · m⁻² · s⁻¹, CO₂ 1,000ppm, 공기순환회수 1 No. · hr⁻¹, 당농도 0g · ℓ⁻¹)이 타가영양배양조건(광 70μmol · m⁻² · s⁻¹, CO₂ 340ppm, 공기순환회수 0.01 No. · hr⁻¹, 당농도 30g · ℓ⁻¹)보다 엽생장이 양호한 형질은 엽수뿐이었으며 그외 엽장과 엽폭, 엽면적, 엽병장 모두 생장이 낮았다. 형질별 생장 정도는 배양환경차에 따라 뚜렷한 경향을 찾아볼 수 없었고, 광혼합배양구(광 70μmol · m⁻² · s⁻¹, CO₂ 340ppm, 공기순환회수 1 No. · hr⁻¹)에서도 생장에 효과적인 시험구가 없었다. 각 환경별 당농도 차에 따른 엽생장 또한 뚜렷하지 않았으나 타가영양배양 조건에서는 당농도가 많은 구에서 다소 효과적인 경향을 보였다.

다) 뿌리 생장정도를 그림 2.5.2에서 보면 뿌리수의 경우 광독립자가영양배양 조건에서 가장 많았고, 타가영양배양과 광혼합영양배양에서는 당농도가 낮을수록 뿌리수가 작아지는 경향을 보였으며 이러한 경향은 공기순환회수가 0.01 No. · hr⁻¹인 타가영양배양에서 더욱 뚜렷하였다.

그리고 뿌리의 길이 정도는 광독립자가영양 환경상태에서 당을 30g, 15g · ℓ⁻¹ 첨가한 구에서 길이가 길었다. 특히 뿌리의 길이는 어떠한 환경조건이든 간에 당농도가 많은 시험구에서 긴 경향이였다.

라) 배양체 엽록소함량(그림 2.5.4)과 엽색정도의 백분율(그림 2.5.5)을 조사한바 엽록소함량은 광독립배양이 다소 높고, 당이 첨가된 구가 높은 경향을 보이니 배양환경간에 뚜렷한 결과는 없었다. 그리고 엽색정도는 광독립자가영양배양조건에서 갈변엽이 많았으며 이러한 경향은 당농도가 적을 경우 더욱 심하였다.

3) 결과요약

유묘 생존율은 광독립자가영양 배양에서 96.9%로 가장높고 타가영양상태에서는 71.9%로 가장 낮았다. 그외 엽생장, 뿌리발생, 엽록소 함량 등은 뚜렷한 경향이 없었다. 생체중에서는 강광조건과 고농도 CO₂ 공급조건에서 양호한 경향을 보이니, 당농도가 많을수록 생체중이 증가하는 경향을 보여 광독립영양배양조건보다 타가영양 환경조건에 30g · ℓ⁻¹의 당을 공급한 타가영양배양에서 더 많은 생체중 증가를 보였다.

2. 스타티스(*Limonium sinuatum* M.)의 광독립자가영양배양 시험

가. 서언

스타티스는 갯질경이과 원예작물로서 현재 우리나라에서도 재배면적이 증가하고 있다. 이것은 생화와 드라이용으로 겸용되기 때문으로 사료된다. 따라서, 최근 스타티스에 관한 재배적 연구와 품종의 육성, 그리고 개화습성 등에 관한 연구가 수행되고 있다. 본 연구에서는 스타티스 조직배양시 광독립영양배양과 관련된 배지의 당농도 및 배양환경 조건이 초기생육에 미치는 영향을 규명하여 광독립자가영양배양의 효과를 검토하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

공시재료는 약 1cm 크기의 잎이 1장 부착한 스타티스(*Limonium sinuatum* M.) 유묘를 사용하였다. 배지는 sucrose농도가 30g, 15g · ℓ⁻¹인 경우 B5비타민(거베라 시험과 동일) 및 성장조절제(BA 0.3mg · ℓ⁻¹, IAA 0.5mg · ℓ⁻¹)를 첨가하고, sucrose가 첨가되지 않은 경우 비타민 및 성장조절제는 첨가하지 않았다. 여기에서 배지의 종류는 sucrose농도가 30g, 15g, 0g인 경우로 구분하여 처리구를 명명하였다. 배양환경과 시간당 공기순환회수, 배양용기 및 배지의 양은 앞 실험 거베라와 동일하다. 치상후 1주째에 유묘생존율을 조사하였고 1주부터 5주까지는 엽수와 뿌리수를 조사하였으며, 치상후 6주째는 엽수, 엽장, 엽폭, 뿌리길이, 뿌리수, 생체중, 건물중을 조사하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 시험결과

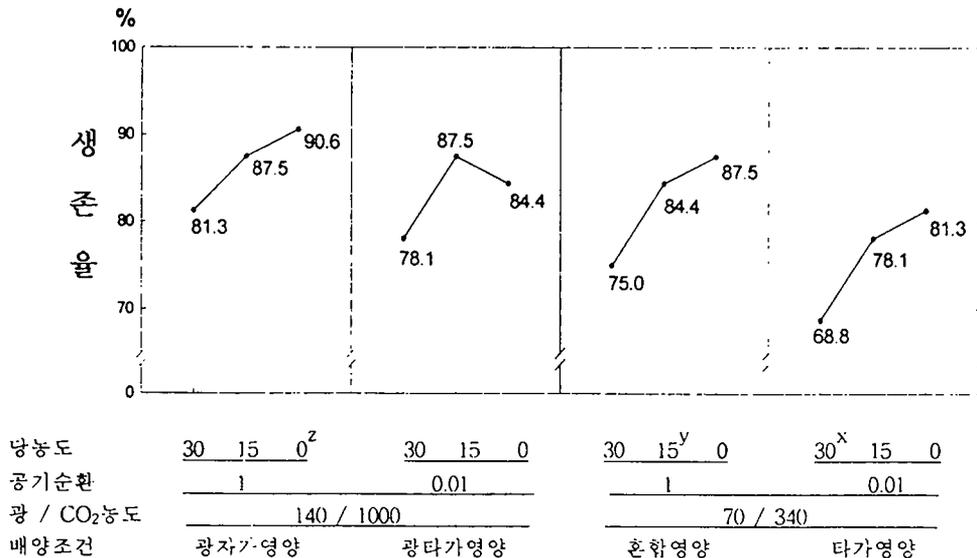


그림 2.5.6. 스타티스의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교

- 1) 단위 : 당농도 g · ℓ⁻¹, 공기순환 No. · hr⁻¹, CO₂농도 ppm, 광 μmol · m⁻² · s⁻¹.
- 2) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

표 2.5.3. 스타티스의 조직배양 조건별 엽생장 비교

광($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) /CO ₂ (ppm)	공기순환회수 (No. · hr ⁻¹)	당농도 (g · l ⁻¹)	엽수 (개 / 주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
140 / 1,000	1	30	19.00±2.16	1.25±0.31	0.52±0.12
		15	21.00±3.61	1.05±0.31	0.38±0.09
		0 ^z	18.33±2.29	1.67±0.46	0.42±0.10
	0.01	30	23.00±4.78	1.13±0.12	0.32±0.03
		15	19.00±2.63	1.47±0.30	0.38±0.04
		0	11.33±1.23	1.67±0.30	0.45±0.08
70 / 340	1	30	13.00±2.65	1.45±0.21	0.47±0.06
		15 ^y	16.50±2.17	1.27±0.17	0.38±0.06
		0	8.50±0.72	1.30±0.18	0.47±0.08
	0.01	30 ^x	17.17±1.49	2.07±0.30	0.58±0.09
		15	32.17±9.63	1.07±0.96	0.25±0.02
		0	8.00±1.03	0.95±0.37	0.37±0.11

주) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

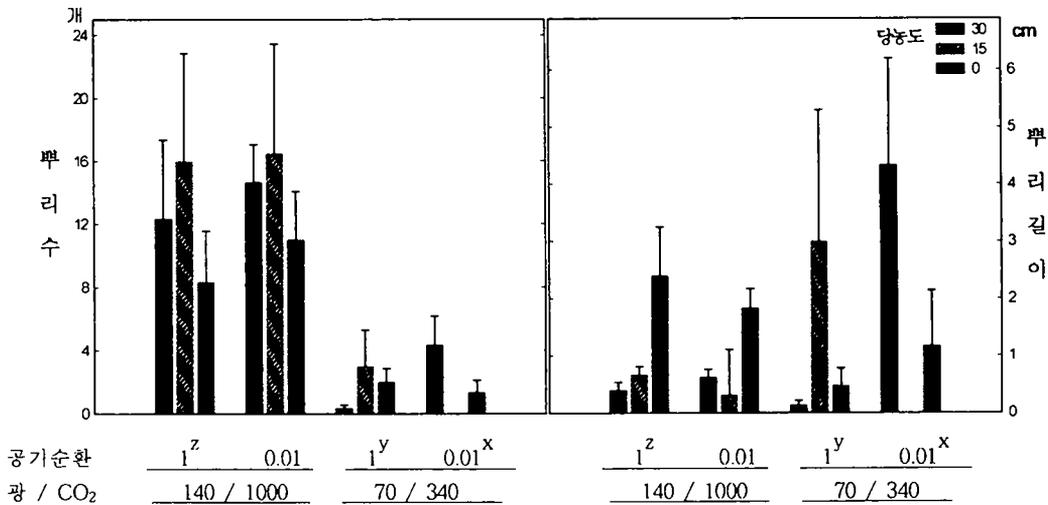


그림 2.5.7. 스타티스의 조직배양조건별 뿌리생장 비교

주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.6.과 동일함.

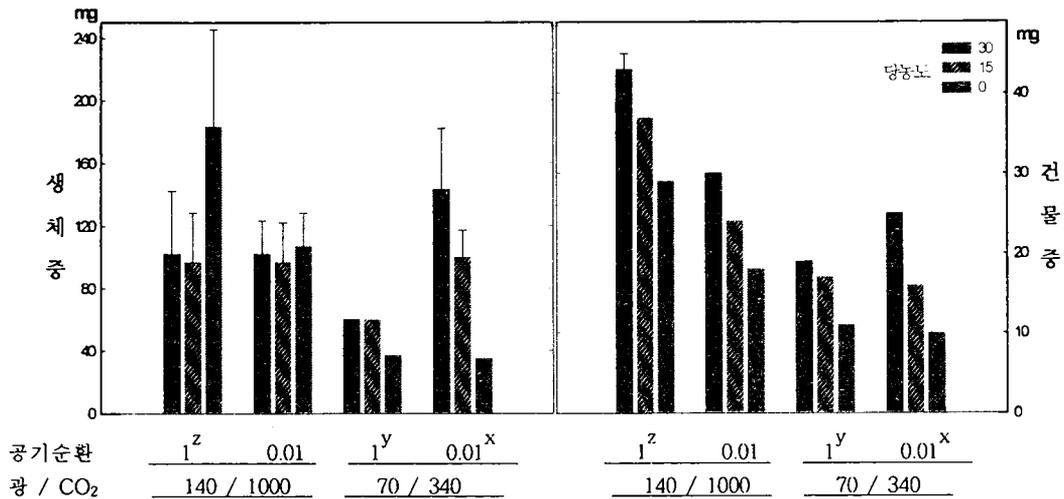


그림 2.5.8. 스타티스의 조직배양 조건별 무게 비교

주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.6.과 동일함.

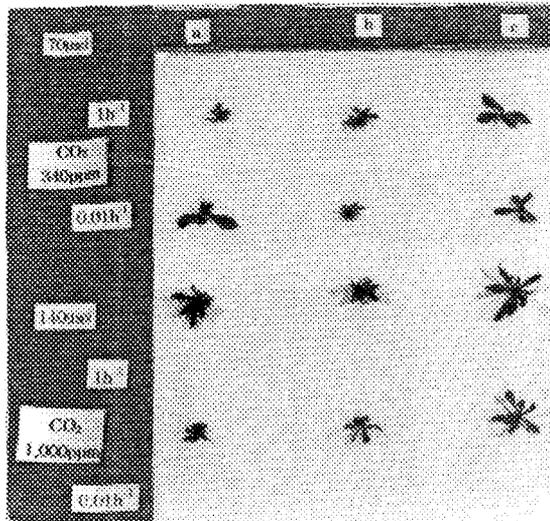


사진 2.5.2. 스타티스 조직배양 조건별 생육정도

주) 당농도 : a-30 g · l⁻¹, b-15 g · l⁻¹, c-무첨가.

2) 결과고찰

가) 스타티스의 시험조건별 유묘생존율을 그림 2.5.6에서 보면 타가영양배양환경조건인 광조건 70 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 공기순환회수 0.01 No. · hr⁻¹, CO₂농도 340ppm에서 당농도가 30g · l⁻¹일 때 68.8%의 생존율을 보였고 당농도가 15, 0g · l⁻¹로 적어질 때 각각 78.1, 81.3%로 높아지는 경향을 보였다. 반면에 광독립자가영양환경조건인 광조건 140 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 공기순환회수 1회에 CO₂농도 1,000ppm이 공급될 때 당농도 0g일 경우 90.6%의 높은 생존율을 보였고 당농도가 15g, 30g으로 높일 경

우 생존율이 각각 87.5, 81.3%로 떨어지는 경향이였다. 그리고 혼합영양배양환경에서는 당농도가 0, 15, 30g로 높아질수록 생존율은 87.5%에서 84.4, 75.0%로 낮아졌다. 그러나 광 $70\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, CO_2 농도 340ppm, 공기순환회수 1 No. $\cdot \text{hr}^{-1}$ 조건의 환경에서 당농도 50%를 첨가한 $15\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 혼합영양배양에서 84.4%의 성적을 보여 타가영양배양 환경조건보다 생존율이 양호하였다.

나) 배양환경조건별 스타티스의 엽성장정도를 표 2.5.3에서 보면 시험구간별로 일정한 경향이 없었으나 대체로 당농도가 많을수록 성장량이 증가되는 경향이였다. 즉, 엽수에서는 광 $70\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, CO_2 340ppm, 공기순환회수 0.01 No. $\cdot \text{hr}^{-1}$ 의 환경에서 당농도를 50% 공급한 $15\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 조건에서 32.17개/주로 가장 많았다. 반면에 타가영양배양조건에서는 17.17개/주인 반면에 광독립영양배양에서는 18.33개/주였고, 광혼합조건에서는 16.50개/주로 나타나 큰 차가 없었고 경향도 일치하지 않았다.

엽생장과 엽폭에서도 시험구간에 일정한 경향이 없었으며 또한 광독립영양과 혼합영양보다 타가영양조건에서 엽장 2.07cm, 엽폭 0.58cm로 가장 생장이 양호한 값을 나타내어 지상부의 엽성장량은 광조건과 CO_2 농도 그리고 당농도에 따른 검토가 어려웠다.

다) 스타티스의 지하부 생육 정도를 그림 2.5.7에서 보면 타가영양배양 조건에 비하여 광혼합이 뿌리수의 증가가 많았고 그리고 광혼합보다는 광독립에서 더 많은 뿌리발생량을 보였다. 그러나 당농도의 양에 따라 그 경향은 일치하지 않았으며 대체로 당 50%의 당농도인 $15\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 조건에서 뿌리수 발생량이 증가되는 경향을 보였다.

뿌리의 총길이는 타가영양배양조건보다는 자가영양과 혼합영양에서 증가되었으나 시험구간 간에 일정한 경향이 없었다.

라) 생체중과 건물중의 성적을 그림 2.5.8에서 보면 대체로 광독립자가영양배양 환경조건에서 가장 많았고 그 다음이 타가영양이었고 가장 낮은 것이 혼합영양으로 나타나는 경향이였다. 또한 건물중의 경우 동일 환경내에서 당농도가 많을수록 증가되는 경향을 보였으며 생체중에서는 반드시 일치하지 않았다.

3) 결과요약

스타티스의 배양환경조건별 시험결과에서 생존율은 광독립자가영양배양에서 가장 좋았으며 그 다음은 혼합영양배양에서, 그리고 타가영양배양에서는 생존율이 가장 낮았다. 그리고 지상부 엽생장과 지하부 뿌리성장정도는 환경조건별 성적에서 강광, 고농도의 CO_2 조건에서 양호한 경향을 보였으나 그 결과가 분명하지 않았으며 특히 당농도 간 차이에서 매우 불균일하였다. 생체중과 건물중에서는 광독립 자가영양조건에서 가장 양호한 반면 혼합영양배양은 타가영양배양보다 증가정도가 낮았으며 특히 건물중에서는 환경조건에 관계없이 당농도가 많을수록 증가되는 경향을 보였다.

3. 호접란(*Phalaenopsis schilleriana* Rehb. f.)의 광독립영양배양 시험

가. 서언

호접란의 미세증식을 위해서 가장 빈번하게 사용되어지는 방법이 종자발아를 통한 방법이

다. 하지만 종자 발아를 위해선 적절한 배양환경이 필수적인데도 관행의 방법을 주로 이용하고 있다. 이럴 경우 종자발아율도 떨어질 뿐만 아니라 생육속도도 느리게 진행되어 상업적으로 필요한 성장기까지에는 많은 시간과 경비가 필요하게 된다. 본 실험에서는 호접란 배양에서 인위적으로 CO₂를 공급하고 공기를 순화시켜 호접란의 생육 및 성장 속도를 앞당기고자 하였다.

나. 재료 및 방법

공시재료는 약 2cm 크기의 호접란 유묘를 사용하였다. 배지는 MS기본agar(7g · ℓ⁻¹)배지에 sucrose농도는 30g · ℓ⁻¹와 B₅비타민을 (inositol 100mg · ℓ⁻¹, nicotinic acid 0.1mg · ℓ⁻¹, thiamine · HCl 1mg · ℓ⁻¹ 및 pyridoxine · HCl 0.1mg · ℓ⁻¹)을 첨가하였고, 성장조절제는 첨가하지 않았다. 배양환경은 광도 70 mol · m⁻² · s⁻¹인 경우 CO₂는 340ppm 조건이었고, 140 mol · m⁻² · s⁻¹인 경우 CO₂는 1,000ppm 공급하였다. 공기순환횟수는 시간당 각각 0.01, 1회로 구분하여 처리하였다. 본시험에서는 당농도 무첨가 또는 15g · ℓ⁻¹ 첨가구는 없었기 때문에 강광조건외 자가영양배양구는 없었다. 따라서 타가영양배양구와의 비교는 30g · ℓ⁻¹의 당첨가에 강광 및 고농도 시용구와 하였다. 배양 용기는 유리병 400ml에 배지를 40ml씩 분주하여 사용하였다. 치상후 2주째에 유묘생존율을 조사하였고, 치상후 8주째에 엽수, 최대엽장, 최대엽폭, 뿌리수, 뿌리길이, 생체중, 건물중 등을 조사비교하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 실험결과

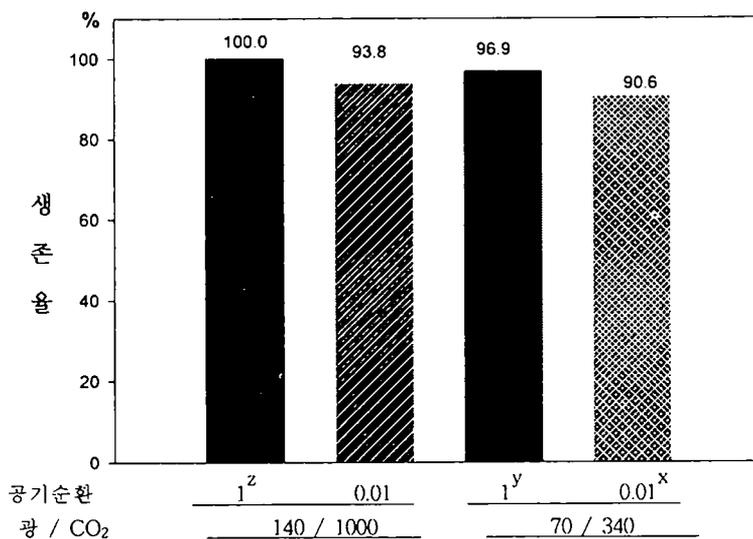


그림 2.5.9. 호접란의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교

- 1) 단위 : 공기순환 No. · hr⁻¹, CO₂농도 ppm, 광 μmol · m⁻² · s⁻¹.
- 2) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

표 2.5.4. 호접란의 조직배양 조건별 엽생장 비교

광($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) /CO ₂ (ppm)	공기 순환회수 (No. · hr ⁻¹)	엽수 (개 / 주)	최대엽장 (cm)	최대엽폭 (cm)
140 / 1,000	1	5.00 ± 0.10	1.04 ± 0.05	0.70 ± 0.06
	0.01	4.90 ± 0.61	1.04 ± 0.09	0.70 ± 0.10
70 / 340	1	4.83 ± 0.29	1.49 ± 0.17	0.86 ± 0.12
	0.01	4.75 ± 0.25	1.47 ± 0.04	0.82 ± 0.07

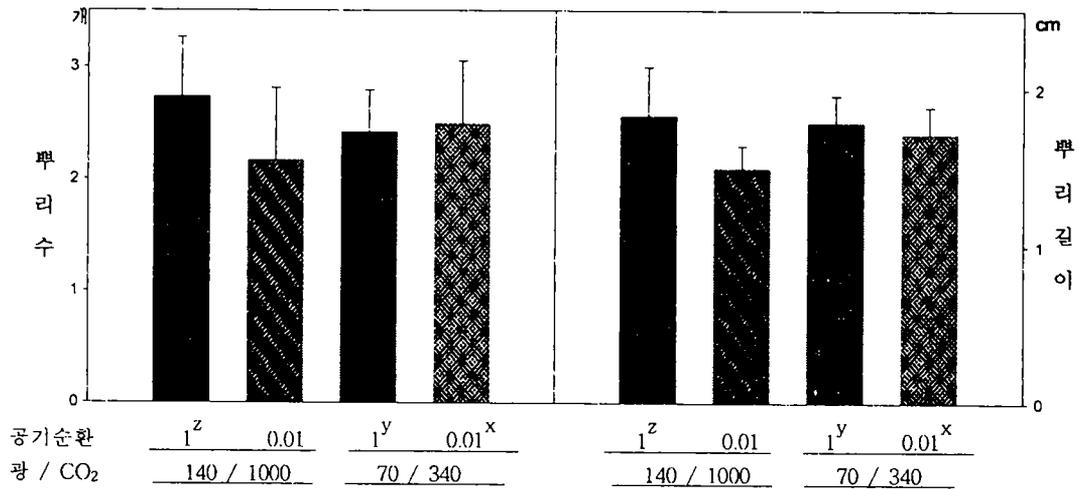


그림 2.5.10. 호접란의 조직배양 조건별 뿌리생장 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.9.과 동일함.

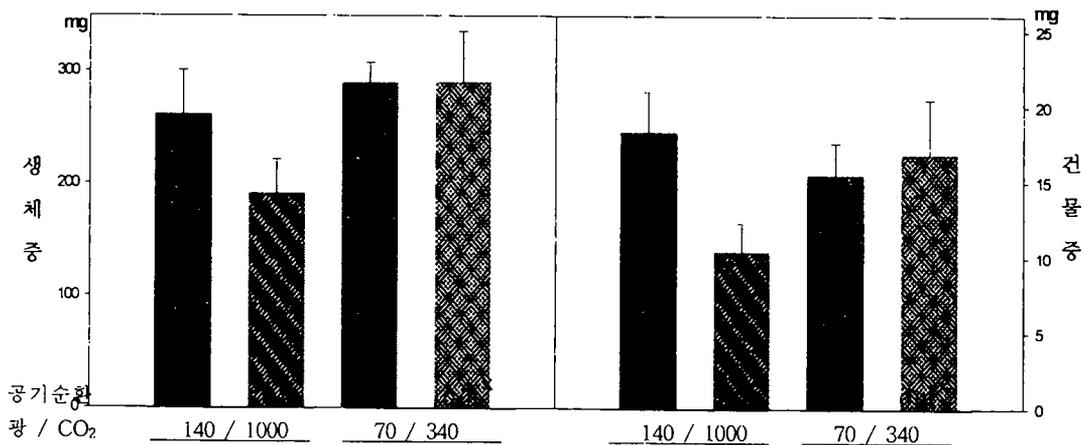


그림 2.5.11. 호접란의 조직배양 조건별 무게 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.9.과 동일함.

2) 결과고찰

가) 호접란의 유묘배양결과 성묘생존율을 그림 2.5.9에서 보면 강광조건인 $140\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 과 CO_2 농도인 1,000ppm의 환기회수 $1 \text{ No.} \cdot \text{hr}^{-1}$ 에서 100%의 생존율을 보인 반면 타가영양배양조건에서는 90.6%였고 광혼합영양배양에서는 93.8%은 생존율을 보였다. 본 결과에서 강광, 고농도 CO_2 의 공급이 유묘생존율이 높음은 확인할 수 있었으나 모든 시험구에서 배지내 당농도를 $30\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 으로 균일처리되었기 때문에 완전한 자가영양상태로 보기가 어려웠다.

나) 엽생장과 지하부생장 정도를 보면 처리구간에 큰 차를 볼 수 없었으나 엽생산(표 2.5.4)의 경우 엽수는 강광, 고농도 CO_2 조건에서 양호한 반면 엽장과 엽폭은 오히려 저광, 저농도 CO_2 조건에서 긴경향이였다. 그리고 뿌리의 발생수와 뿌리 길이(그림 2.5.10)는 강광, 고농도 CO_2 조건에서 비교적 양호하였으나 저광, 저 CO_2 농도의 타가영양과 혼합영양배양에 비하여 큰 차가 없었다.

다) 생체중과 건물중의 차를 그림 2.5.11에서 보면 생체중은 저광, 저 CO_2 농도 조건에서 증가되는 경향이였고 건물중은 고광, 고 CO_2 농도에 공기순환을 시킨 시험구에서 가장 높았고 방면에 공기순환을 시키지 않은 처리구에서는 가장 낮았다. 그리고 저광, 저 CO_2 농도 조건의 타가영양과 혼합영양배양에서는 그 중간에 있었다.

3) 결과요약

배지내 당($30\text{g} \cdot \ell^{-1}$)이 첨가된 경우 강광, 고 CO_2 농도 처리조건에서 100%의 성묘생존율을 보인 반면 저광, 저 CO_2 농도조건인 타가영양 배양과 혼합영양배양조건은 각각 90.6, 96.9%의 성묘율을 보였다. 생육정도에서는 조사형질에 따라 성적이 일정하지 않았으며 건물중 증가 정도는 광독립환경인 강광, 고 CO_2 농도 조건에서 비교적 양호하였다.

4. 딸기(*Fragaria grandiflora* E.)의 광독립자가영양배양 시험

가. 서언

딸기는 역병에 의해 유발되는 *verticillium* wit와 red core와 같은 뿌리병해가 심하다. 이를 예방하기 위해 미세번식을 이용하여 병원균이 없는 딸기 모주를 생산하며 또한 기내번식된 배양묘의 기외 생장 등 이에 관한 많은 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 기내번식된 작물들의 기외 생장은 전적으로 기내 배양기술에 의존되므로 본 연구에서는 딸기 조직 배양시 광독립영양배양과 관련된 배지 및 배양환경 조건이 순화직전에 미치는 영향을 규명하여 광독립영양배양과 타가영양배양 및 혼합영양배양의 효과를 비교 검토하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

공시재료는 약 3.5cm 크기의 잎을 2장 부착한 딸기(*Fragaria grandiflora* E.) 유묘를 사용하였다. 배지는 sucrose농도가 $15\text{g}, 30\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 인 경우 B₅ 비타민(비타민 조성은 거베라와 동일함) 및 생장조절제 BA $0.4\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ 를 첨가하고, sucrose가 첨가되지 않은 경우

비타민 및 성장조절제는 첨가하지 않았다. 여기에서 배지의 종류는 편의상 sucrose농도가 30g, 15g, 0g인 경우로 구분하였다. 배양환경과 시간당 공기순환회수, 배양용기 및 배지의 양은 실험 1.거배라와 동일하다. 치상후 1주째는 유묘 생존율을 조사하였고 1주부터 3주까지는 엽수와 뿌리수를 조사하였으며, 치상후 4주째는 엽수, 엽병장, 최대엽장, 최대엽폭, 뿌리수, 생체중, 건물중을 조사하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 실험결과

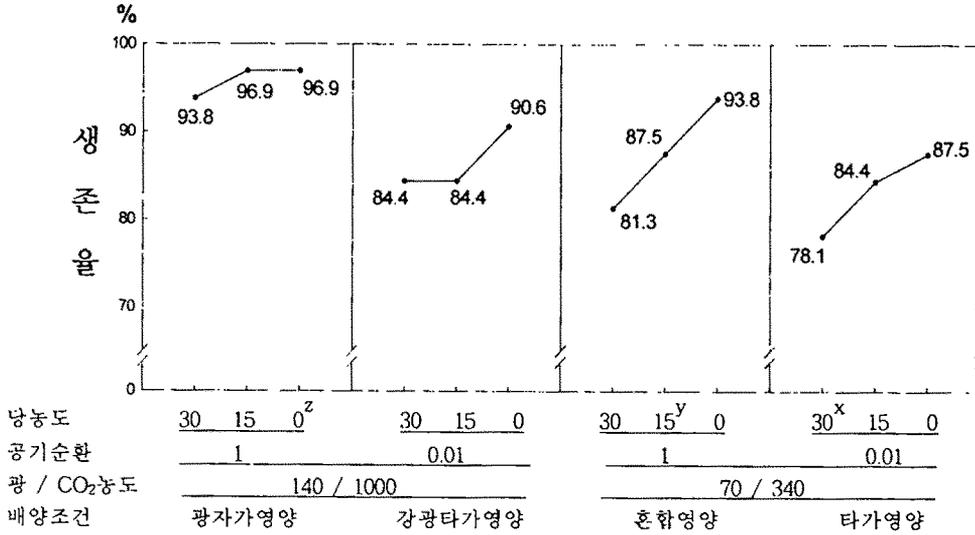


그림 2.5.12. 딸기의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교

- 1) 단위 : 당농도 $g \cdot l^{-1}$, 공기순환 $No. \cdot hr^{-1}$, CO_2 농도 ppm, 광 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$.
- 2) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

표. 2.5.5. 딸기의 조직배양 조건별 엽생장 비교

광($\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) / CO_2 (ppm)	공기순환회수 (No. $\cdot hr^{-1}$)	당농도 ($g \cdot l^{-1}$)	엽수 (개/주)	최대엽장 (cm)	최대엽폭 (cm)	엽병장 (cm)
140 / 1,000	1	30	1.50 ± 0.34	0.97 ± 0.12	0.80 ± 0.04	1.50 ± 0.34
		15	3.67 ± 0.21	1.45 ± 0.04	1.27 ± 0.19	3.67 ± 0.21
		0 ^z	1.83 ± 0.17	1.13 ± 0.16	1.03 ± 0.05	1.83 ± 0.17
	0.01	30	1.00 ± 0.00	0.82 ± 0.13	0.63 ± 0.08	1.00 ± 0.00
		15	1.17 ± 0.31	1.20 ± 0.15	0.63 ± 0.03	1.17 ± 0.31
		0	1.17 ± 0.31	0.82 ± 0.10	0.87 ± 0.07	1.17 ± 0.31
70 / 340	1	30	2.00 ± 0.37	0.77 ± 0.08	0.87 ± 0.12	2.52 ± 0.38
		15 ^y	4.50 ± 0.34	0.82 ± 0.09	1.03 ± 0.11	2.87 ± 0.05
		0	2.00 ± 0.26	0.67 ± 0.15	0.48 ± 0.07	2.83 ± 0.40
	0.01	30 ^x	3.33 ± 0.88	0.55 ± 0.11	0.53 ± 0.10	2.67 ± 0.16
		15	6.50 ± 0.89	0.47 ± 0.07	0.58 ± 0.07	1.93 ± 0.08
		0	1.67 ± 0.21	0.80 ± 0.07	0.72 ± 0.10	3.43 ± 0.28

주) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

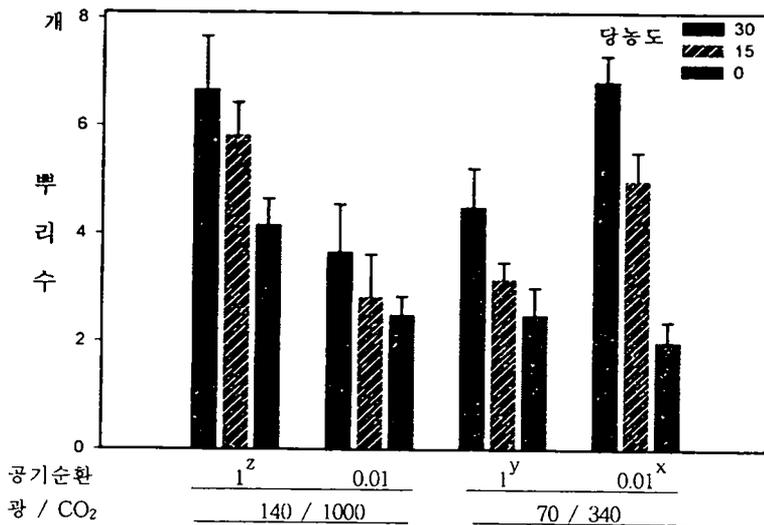


그림 2.5.13. 딸기 조직배양 조건별 뿌리수 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.12와 동일함.

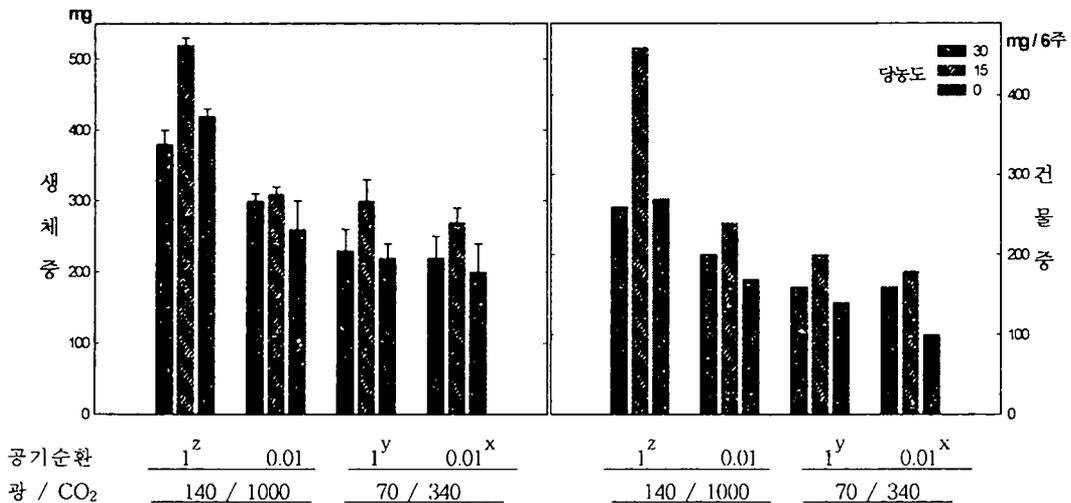


그림 2.5.14. 딸기의 조직배양 조건별 무게 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.12와 동일함.

2) 결과고찰

가) 딸기의 유묘조직배양에서 광독립자가영양배양이 성묘율에 미치는 영향을 본좌 그림 2.5.12와 같다. 광독립영양배양조건인 강광, 고CO₂농도에 공기순환조건에서 당농도 30, 15, 0g · l⁻¹은 각각 93.8, 96.9, 96.9%의 높은 묘생산율을 보였고 그중 당의 무첨가구 또는 반량첨가구에서 가장 높았다. 반면에 타가영양배양조건인 저광, 저CO₂농도의 비 공기순환인 0.01 No. · h⁻¹조건에서 당농도별 30, 15, 0g · l⁻¹은 각각 78.1, 84.4, 87.5%의 낮은 묘생산율을 보였고 특히 실질적인 타가영양배양이

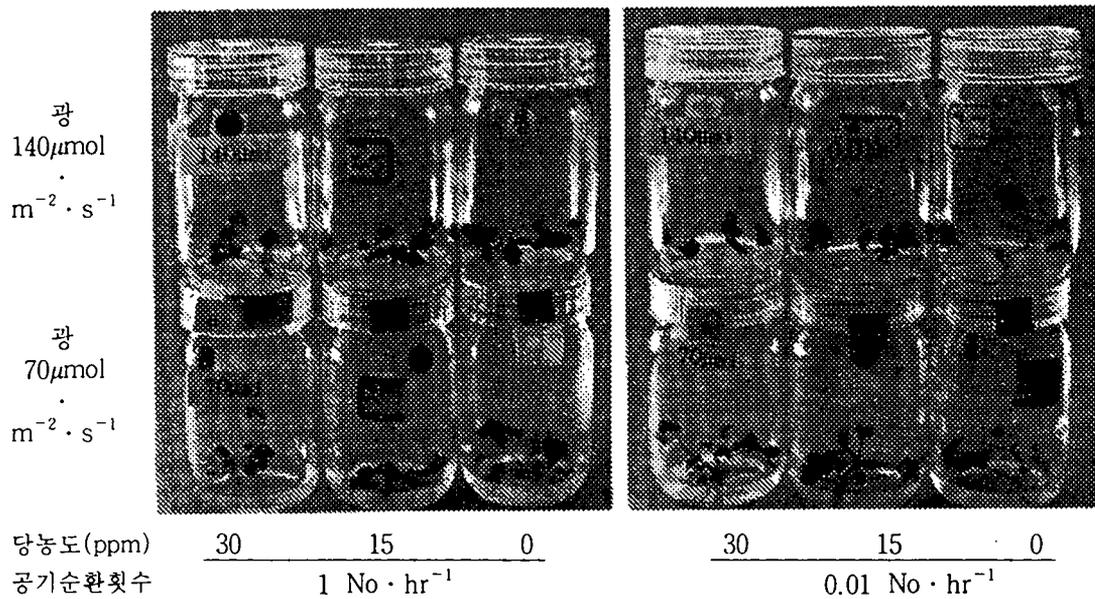


사진 2.5.3. 딸기 조직배양 환경별 기내생육상태

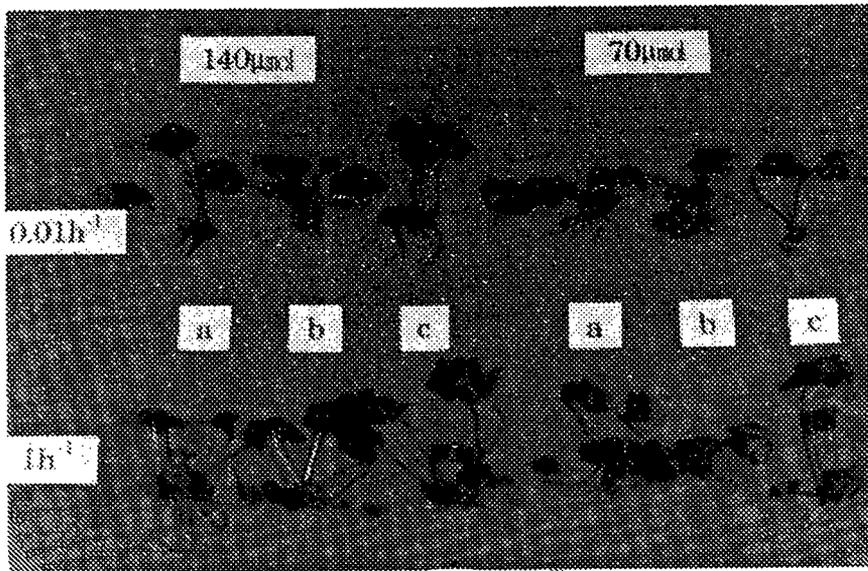


사진 2.5.4. 딸기 조직배양 조건별 생육정도

주) 당농도 : a-30 $g \cdot \ell^{-1}$, b-15 $g \cdot \ell^{-1}$, c-무첨가.

라 할 수 있는 당농도 $30g \cdot h^{-1}$ 에서 가장 낮았다. 그리고 혼합영양배양조건에서는 87.5%의 성묘율을 나타내어 그 중간이었다.

나) 배양환경 및 배지내 당농도별 딸기의 엽생장정도를 보기위해 엽수, 최대엽장, 최대엽폭, 엽병장 등을 조사한바 표 2.5.5에서와 같다. 조사형질에 따라 다소차이는 있었으나 대부분 환경조건에서 당농도를 $15g \cdot \ell^{-1}$ 첨가한 시험구에서 높은 경향

이었고 엽수는 약광, 저CO₂농도에 환기시키지 않은 조건의 15g · ℓ⁻¹ 당농도에서 6.50개 /주로 특히 많았다. 이 결과는 최대엽장, 엽폭, 엽병장 등의 다른 형질의 생육결과와 비교할 때 실험오차 또는 작물의 조사방법에 의한 오류로 사료되었다. 그 외 엽장, 엽폭, 엽병장은 강광, 고CO₂농도에서 공기를 순환시킨조건에 15g · ℓ⁻¹ 당을 첨가시킨 경우 가장 좋았다.

이상의 결과에서 딸기 조직배양묘의 지상부 생육은 광독립영양환경하에서 저농도의 당을 첨가하는 것이 바람직할것으로 사료되었다.

다) 딸기 배양에서 지하부의 뿌리 발생수를 조사한바(그림 2.5.13) 배양환경조건별 전 시험구에서 당농도가 높을수록 뿌리수 발생이 많았고, 당을 첨가하지 않은 구에서 가장 작았다. 그리고 강광, 고CO₂농도에 공기순환을 시키지 않은구에서 높은 뿌리발생을 보여 배양환경에 따른 성적에서 일정한 경향을 검토하기가 어려웠다. 또한 자가영양배양에 비하여 타가영양배양 조건에서 뿌리 발생수가 많았으며 혼합영양배양에서 가장 적은 뿌리수를 보여 이것 또한 적절한 설명이 곤란하였다.

라) 배양환경별 딸기의 생체중 및 건물중 증가정도를 그림 2.5.14에서 보면 대부분의 시험구에서 당농도 15g · ℓ⁻¹에서 높았으며 특히 강광, 고CO₂농도의 공기순환조건에서 월등히 많았다. 건물중 증가정도는 타가영양배양에서 가장 낮았으며 광독립자가영양배양에서 가장 높았고, 혼합영양배양은 그 중간에 있었다.

3) 결과요약

딸기 조직배양에서 광독립자가영양배양이 96.9%의 높은 유묘생존율을 보였고 타가영양배양은 78.1%의 낮은 생존율을 보였다. 반면에 혼합영양배양은 87.5%의 생존율을 나타내었다. 지상부엽생장은 대부분의 시험구에서 당농도가 15g · ℓ⁻¹이 함유된구에서 성적이 좋았으며 조사형질별 경향이 일정하지 않았다. 그리고 생체중 및 건물중 비교에서도 당농도 15g · ℓ⁻¹ 처리구가 양호하였고 배양환경별 비교에서는 광독립자가영양이 가장 높고, 타가영양이 가장 낮았으며 혼합영양이 그중간이었다.

5. 토마토(*Lycopersicon esculentum* M.)의 품종 및 절편체별 광독립배양환경에서의 신초발생 시험

가. 서 언

본 실험에서는 조직배양의 중요 요소인 광과 CO₂공급을 위한 공기순환이 토마토 절편체로부터 신초분화에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

나. 재료 및 방법

공시재료는 시판되고 있는 토마토(*Lycopersicon esculentum* M.) 품종인 (주)중앙종묘의 '광수', '강육', '루비' 총 3종을 사용하였다.

종자의 살균은 무균상(clean bench)내에서 20% Sodium hypochlorite용액에 10분간 침

지하고, 다시 75% ethanol에 4분간 침지하였으며, 그 후 멸균수에 4분간 침지시킨다음, 멸균수로 2-3회 수세한후, 무균의 filter paper로 물기를 제거하였다.

종자의 파종은 400mℓ의 배양병에 MS기본 고체배지를 40ml분주하고 20입씩 정방형으로 파종하였다. 배양실의 환경은 오스람형광등으로 16시간 조명하였고, 온도는 25±2℃를 유지하였다.

치상재료는 발아후 7일된 유식물체로부터 얻어진 자엽, 하배축을 이용하였으며, 자엽과 하배축을 절단하여 IAA 1μM와 BA 5μM가 포함된 MS 기본배지에 5mℓ의 MS액체배지를 깔고 멸균된 여과지를 한장 놓은 뒤 그 위에 절편체를 치상하였다.

광도와 공기순환회수의 영향을 알아 보기위하여 1회용 petri-dish에서 14일간 배양된 절편체를 400mℓ 유리병에 IAA 1μM와 Zeatin 10μM가 포함된 MS 기본배지에 계대배양하였으며, 공기순환을 위해 memberane filter가 부착된 처리구는 시간당 1회와 부착되지 않은 처리구는 시간당 0.01회로 나누고, 광도를 각각 70, 140μmol·m⁻²·s⁻¹로 나누었으며, CO₂는 별도로 공급하지 않았으며 대기농도인 340ppm으로 하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 실험결과

표. 2.5.6. 토마토 품종 및 절편체의 조직배양에서 광도와 공기순환 회수가 신초 발생율에 미치는 영향

광(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	공기순환회수(No·hr ⁻¹)	강 육		광 수		루 비	
		자엽	하배축	자엽	하배축	자엽	하배축
140	1	100.0±0.00	100.0±0.00	96.6±1.66	98.3±1.66	93.3±3.33	100.0±0.00
	0.01	86.6±7.26	81.6±3.33	80.0±10.00	85.0±5.00	75.0±5.00	91.6±1.66
70	1	96.6±3.33	93.3±3.33	93.3±3.33	95.0±2.88	86.6±4.40	96.6±1.66
	0.01	86.6±6.66	85.0±5.77	78.3±7.26	83.3±6.66	76.6±3.33	98.3±1.66

2) 결과 고찰

토마토 조직배양에서 조직배양환경과 품종 및 절편체 부위별 신초발생정도를 본바 표 2.5.6과 같다.

품종간의 차는 크지 않았으나 루비품종이 신초발생율이 높았으며 그 다음은 강육, 광수순이었다. 그리고 절편체 부위는 루비와 광수는 하배축에서, 강육은 자엽에서 신초발생이 비교적 많았다.

배양환경별 차이는 타가영양환경인 저광조건보다는 강광조건인 140μmol·m⁻²·s⁻¹에서 효과적이었고 공기순환회수는 시간당 0.01회보다 1회에서 신초발생이 많았다. 즉, 자연상태의 CO₂농도인 340ppm에서도 광조건을 140μmol·m⁻²·s⁻¹으로 높이고 공기순환회수를 시간당 1회로 할 때 모든 공시품종 및 절편체에서 신초발생이 많았다. 이때 배지내 당농도의

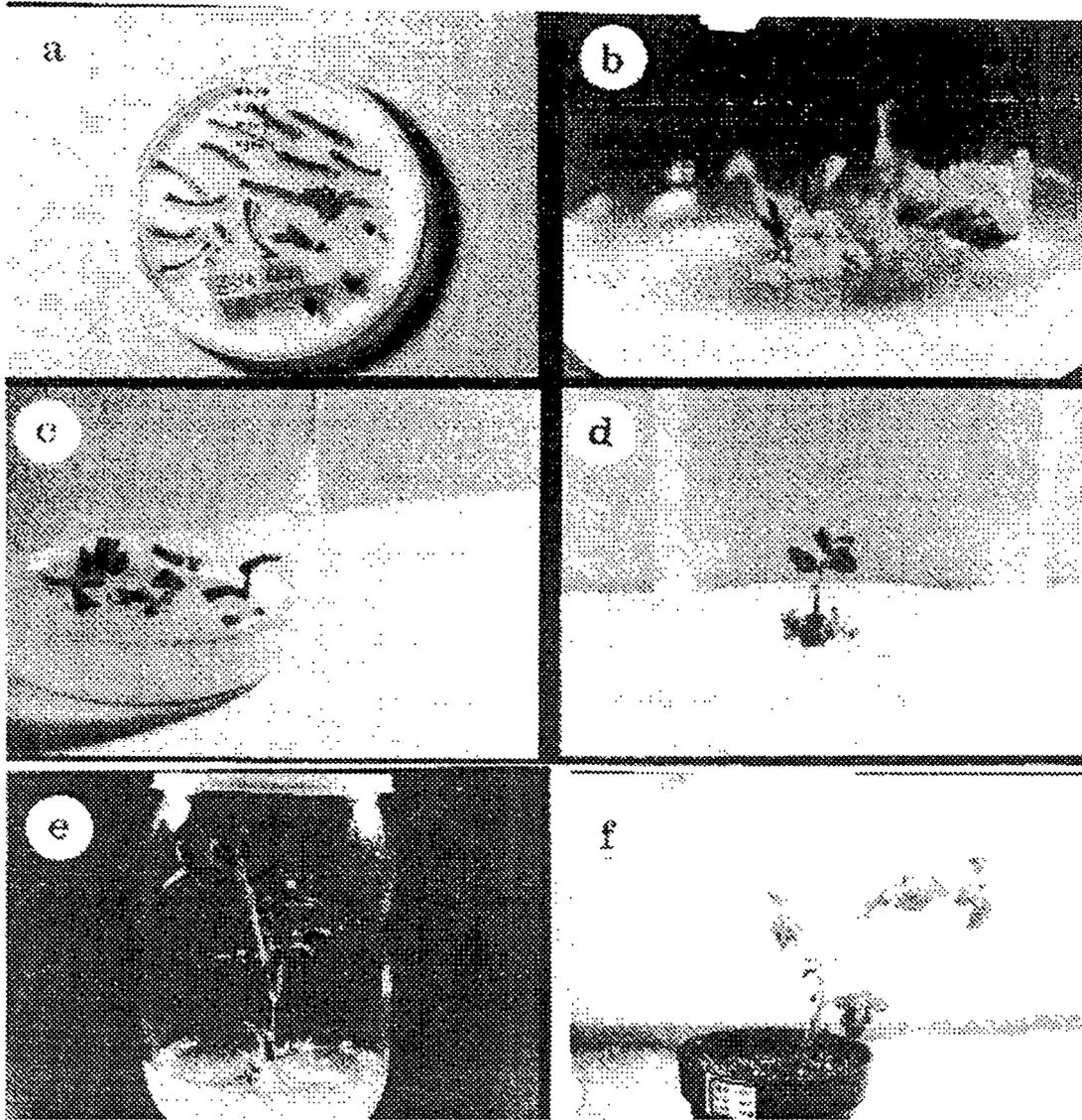


사진. 2.5.5. 토마토의 조직배양에서 신초발생 및 식물체 재분화

주) 품종 : 강육, 배양환경 : a), b), c), d) - 광 $70\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 공기순환 $0.01 \text{ No.} \cdot \text{hr}^{-1}$
 e), f) - 광 $140\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 공기순환 $1 \text{ No.} \cdot \text{hr}^{-1}$.

그림설명 : a) 자엽과 하배측의 절편체 치상, b) 자엽으로부터 분화된 신초, c) 하배측으로부터 분화된 신초, d,e,f) 재분화된 식물체.

조절없이 MS기본배지를 이용하였으므로 완전한 자가영양배양이라 할 수는 없었으나 강광과 CO_2 의 공급이 신초발생에 크게 영향함을 알 수 있었다.

사진 2.5.5는 절편체의 치상부터 신초발생과 배양후 순화되어 식물체로 재분화되는 과정이다.

3) 결과요약

토마토 조직배양에서 품종 및 절편체부위별 배양환경차이에 따른 신초발생정도는 강광조건에서 공기순환을 시켜 인위적인 CO₂공급이 이루어질 때 효과적이었다. 이러한 결과는 모든 품종에서 동일한 효과를 보여 광독립조건 또는 혼합영양이 타가영양보다 신초발생율을 증가시키는 것으로 사료되었다.

6. 상추(*Lactuca sativa* L.)의 광독립자가영양배양 시험

가. 서언

상추(*Lactuca sativa* L.)는 샐러드용으로 세계적으로 오래전부터 많은 재배가 이루어져 왔고, 우리나라에서도 이용율이 높아 주년재배 되고있는 고부가가치의 녹황색 채소이다.

상추는 캘루스와 원형질체로부터 분화될 때 체세포변이 현상이 많이 나타나는 것으로 보고되고 있다. 그리고 상추의 다양한 절편체를 통한 재분화도 보고되고 있다. 하지만 미세증식시 상추의 생육특성상 낮은 온도와 높은 습도 때문에 변이가 많이 나타나고 있는 것도 사실이다. 본 실험에서는 배양기내 환경조절 및 자가영양배지 내에서 실험을 실시하여 육묘생존율과 배양체의 생육에 미치는 영향을 조사하였다.

나. 재료 및 방법

공시재료는 시판되고 있는 상추 품종인 '청치마'를 사용하였다. 종자의 살균은 무균상(clean bench)내에서 20% Sodium hypochlorite용액에 10분간 침지하고, 다시 75% ethanol에 4분간 침지하였으며, 그 후 멸균수에 4분간 침지시킨다음, 멸균수로 2-3회 수세한후, 무균의 filter paper로 물기를 제거하였다.

배지는 MS기본agar($7g \cdot l^{-1}$)배지에 sucrose농도가 $30g \cdot l^{-1}$ 인 경우 B₅ 비타민(inositol $100mg \cdot l^{-1}$, nicotinic acid $0.1mg \cdot l^{-1}$, thiamin·HCl $1mg \cdot l^{-1}$ 및 pyridoxine·HCl $0.1mg \cdot l^{-1}$)를 첨가하고, sucrose가 첨가되지 않은 경우 탄소화합물인 비타민 및 성장조절제는 첨가하지 않았다. 종자의 파종은 400ml의 배양병에 40ml씩 배지를 분주하고 배양병당 종자를 20입씩 정방형으로 파종하였다. 배양실의 환경은 오스람형광등으로 16시간 연속조명하였고, 온도는 $25 \pm 2^{\circ}C$ 를 유지하였다. 여기에서 배지의 종류는 편의상 sucrose농도가 30g 및 0g인 경우로 구분하였다. 배양환경은 타가영양배양조건인 광도 $70\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 인 경우 CO₂는 340ppm 조건이었고, 자가영양배양환경은 광도 $140\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 인 경우 CO₂는 1,000ppm 공급하였다. 시간당 공기순환횟수는 시간당 각각 0.01, 1회로 구분하여 처리하였다. 치상후 1주째에 육묘생존율을 조사하였고, 치상후 4주째는 엽수, 엽장, 엽폭, 초장, 뿌리수, 생체중 등을 조사비교하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 실험결과

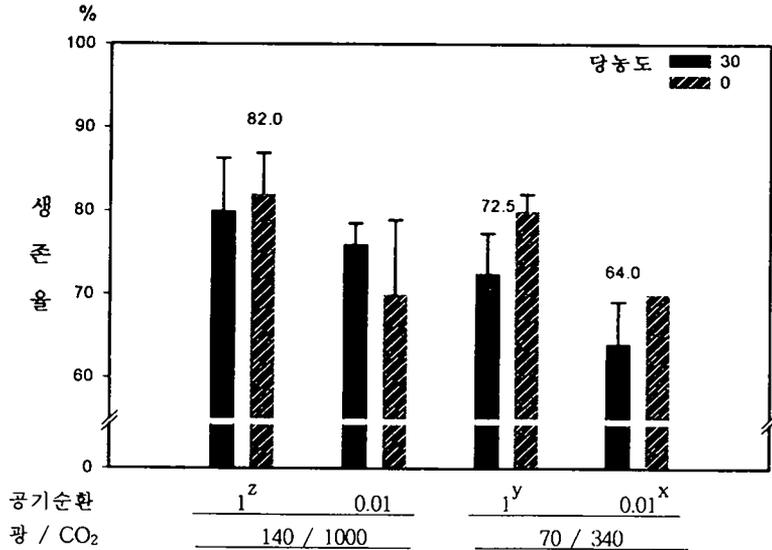


그림 2.5.15. 상추의 배양 조건별 유묘 생존율 비교

1) 단위 : 당농도 $g \cdot l^{-1}$, 공기순환 $No. \cdot hr^{-1}$, CO_2 농도 ppm, 광 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$.

2) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

표 2.5.7. 상추의 배양 조건별 엽생장 비교

광 ($mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) / CO_2 (ppm)	공기순환회수 ($No. \cdot hr^{-1}$)	당농도 ($g \cdot l^{-1}$)	엽수(개)	엽장(cm)	엽폭(cm)
140 / 1,000	1	30	7.0 ± 0.2	4.5 ± 0.4	2.4 ± 0.6
		0 ^z	7.1 ± 0.2	6.7 ± 0.3	1.8 ± 0.1
	0.01	30	7.0 ± 0.5	4.0 ± 0.8	1.6 ± 0.4
		0	7.5 ± 0.2	5.5 ± 0.4	1.5 ± 0.1
70 / 340	1	30 ^y	6.3 ± 0.5	3.9 ± 0.3	1.0 ± 0.1
		0	5.5 ± 0.5	4.1 ± 0.9	1.3 ± 0.6
	0.01	30	7.4 ± 0.5	4.1 ± 0.2	0.9 ± 0.1
		0	6.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	0.7 ± 0.0

주) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

2) 결과고찰

가) 상추의 배양환경별 유묘생존율을 그림 2.5.15에서 보면 강광조건과 CO_2 공급 환경에서 생존율이 높았으며 당첨가 여부는 배양환경에 따라 경향이 일치하지 않았다. 즉, 광독립자가영양배양조건인 $140 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 의 광조건에서 CO_2 1,000ppm에

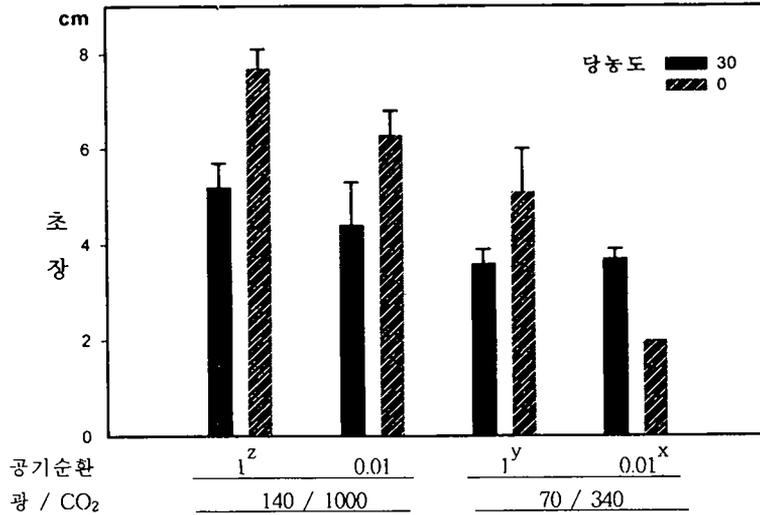


그림 2.5.16. 상추의 조직배양 조건별 초장 비교

주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.15.와 동일함.

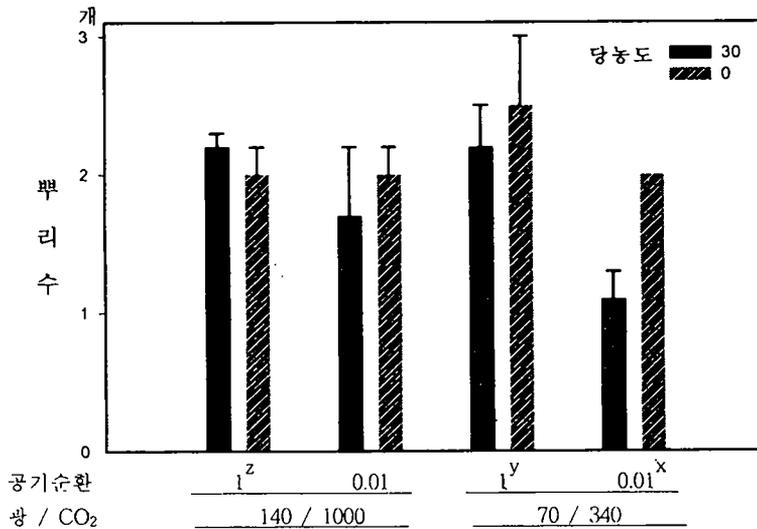


그림 2.5.17. 상추의 배양 조건별 뿌리수 비교

주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.15.와 동일함.

공기순환이 시간당 1회이며 당을 첨가하지 않은 구에서 82%의 생존율을 보여 가장 높았고 타가영양배양조건인 광 $70\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, CO₂ 340ppm에서 0.01회 공기순환 그리고 $30\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ 의 당을 배지에 공급한 시험구에서는 64%의 낮은 생존율을 보였다. 그리고 혼합영양 배양에서는 72.5%의 생존율을 보여 타가영양배양보다는 높았으나 광자가영양배양보다는 낮았다.

나) 상추의 엽생장 정도는 표 2.5.7과 같다. 대부분 강광조건에서 엽생장이 양호하였

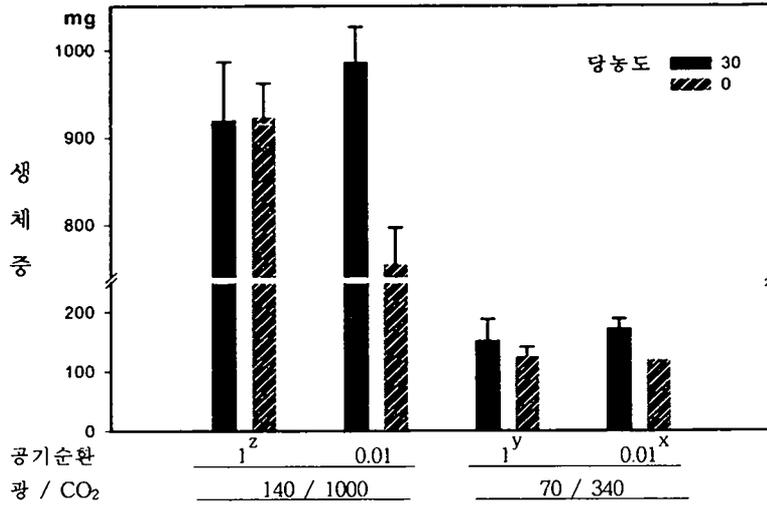


그림 2.5.18. 상추의 배양 조건별 생체중 비교

주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 2.5.15와 동일함.

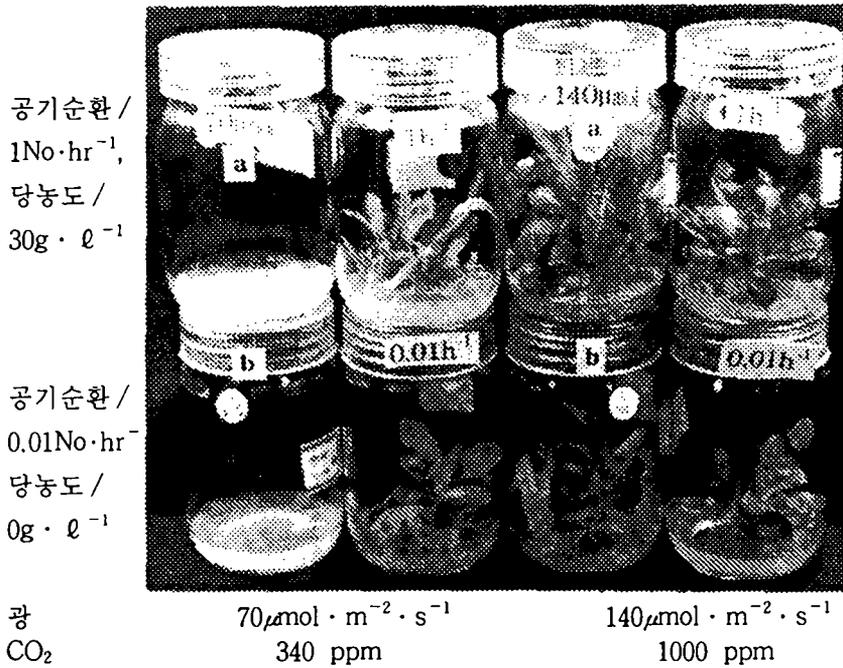


사진 2.5.6. 상추 배양 환경별 기내 생육상태

으나 CO₂공급여부와 당의 첨가유무 등은 조사형질에 따라 그 영향이 서로 달랐다. 엽수에서는 광독립자가영양의 경우 7.1개/주로 타가영양의 7.4개보다 낮았으나 엽장과 엽수는 자가영양이 각각 6.7, 1.8cm로 타가영양의 4.1, 0.9cm보다 생장이 좋았으며 혼합영양은 엽장과 엽수가 3.9, 1.0cm였다. 그리고 초장(그림 2.5.16)

은 광독립자가영양배양구에서 가장 초장생육이 양호하였으며 타가영양과 혼합영양은 신장정도가 낮았고 그리고 타가영양배양의 환경조건에서는 $30\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 의 당이 첨가된 구에서 초장신장이 많았으나 그외 시험구에서는 당은 첨가하지 않은구에서 신장효과가 더높게 나타나고 있어 강광조건과 CO_2 를 고농도로 공급할때는 당을 공급하지 않는 것이 초장의 신장에 효과적임을 알 수 있었다.

다) 상추의 지하부 생육인 뿌리수 조사결과(그림 2.5.17) 타가영양배양에 비하여 광독립자가영양배양이 뿌리발생수가 많았으나 혼합영양배양보다는 앞의 두환경조건 모두 적었다. 그리고 배지내 당의 공급유무에 따른 효과는 대부분 공급하지 않은구에서 뿌리 발생량이 많았으나 오히려 강광 및 고농도 CO_2 공급구에서 당을 첨가한 구에서 발생량이 많아 시험결과가 일치하지 않았다.

라) 상추의 생체중 증가정도를 그림 2.5.18에서 보면 고농도의 CO_2 공급과 강광조건이 생체중 증가 정도가 극히 많았으며 당의 첨가 유무에 관계없이 그 효과는 동일하였다. 그러나 CO_2 의 순환여부에서는 당의 첨가 유무의 따라 그 차가 다소 있었다. 반면에 저광과 저 CO_2 공급구에서는 당의 유무나 공기순환 여부에 관계없이 생체중 증가가 극감되는 결과를 보였다. 이상의 결과에서 강광조건이 상추 배양묘 생체중 증가에 가장 중요한 요인임을 확인 할 수 있었고, CO_2 의 공급 또한 크게 영향함을 알 수 있었다. 본 생체중의 성적과 앞의 지상부 및 지하부 생육 결과와의 차이는 엽육증가가 크게 영향을 받은 결과로 사료된다.

3) 결과요약

상추의 조직배양에서 유묘생존율은 광독립자가영양배양이 82.0%로 가장 좋았고 타가영양배양은 64.0%로 가장 낮았다. 반면에 혼합영양배양에서는 72.5%로 그 중간이었다. 엽장장 및 초장에서는 광독립자가영양배양에서 비교적 효과적으로 작용하였으나 형질 또는 당의 첨가여부에 따라 그 성적이 다소 상이한 결과도 있었다. 그리고 뿌리 발생수는 당이 첨가되지 않은 구에서 대부분 증가되는 경향이었고 타가영양배양보다 자가영양배양이 효과적이었으나 혼합영양배양보다는 두환경 모두 적었다. 그리고 생체중의 정도는 자가영양배양 환경인 강광조건과 고농도의 CO_2 공급 시험구에서 매우 효과적이었고 타가영양조건에서는 양적형질인 생체중 증가가 미미하였다.

제 3 장 광독립 자가영양배양 조건하에서 배양체의 생육에 미치는 광도, CO₂ 농도, DIF, 일장 등의 개별 및 상호작용

제 1 절 광독립 자가영양배양에서의 광도와 CO₂ 농도 영향

1. 실험목적

오늘날 세계적으로 각광을 받고 있는 미세증식기술은 이미 상업화되어 있지만 높은 인건비, 번식체의 증식과정에서의 낮은 성장속도, 그리고 생산된 유식물의 기외환경으로의 순화과정에서의 낮은 생존율로 인해 미세번식법에 의해 생산된 배양묘의 단가는 종래의 실생묘 또는 삽수로 생산단가에 비해 상대적으로 높다. 본 연구는 배양식물체의 생존율을 획기적으로 개선할 수 있는 자가영양배양기술을 국내에 도입하고자 하는 시도에서 우선 배양기의 물리적 환경요인인 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 배양소식물체의 생장에 미치는 영향을 알아보려고 실시하였다.

2. 재료 및 방법

본 실험은 경상대학교 원예학과 조직배양연구실에서 실시하였다. 공시식물은 거베라 (*Gerbera hybrida* Hort. cv. Ansofie), 카네이션(*Dianthus caryophyllus* cv. Scarlet Bell), 딸기(*Fragaria × ananas* Duch. cv. Houkouwase) 및 스타티스(*Limonium* spp. cv. Misty Blue)를 공시식물로 이용했다. 외식체로는 관행의 광혼합영양배양으로 증식한 거베라, 카네이션, 딸기 그리고 스타티스 배양소식물체의 소엽을 남기고 뿌리를 제거한 것을 이용하여 배양기당 4개의 외식체를 치상하였다. 거베라와 카네이션은 1995년 10월 7일, 딸기는 1996년 2월 1일, 그리고 스타티스는 1996년 1월 31일에 실험을 시작했다. 용적 4.0×10⁻⁴ m³ 원통형 유리 마요네즈병을 배양기로 이용하였고 뚜껑에 직경 10 mm의 구멍을 1개 뚫어 통기성의 microporous filter(FWMS 018 00, 상품명 Milliseal, 공경 0.5 μm, 직경 18 μm, 일본 Millipore주식회사, Tokyo)를 구멍에 붙여 배양기의 환기회수(Number of air exchange per hour of the vessel, NAEH 이하 환기회수)를 높였다. 이때 배양기의 환기회수는 약 2.0 h⁻¹였다. Murashige & Skoog(MS, 1962)배지(당, 비타민 무첨가)를 외식체당 1×10⁻⁵ m³ 이용하고, 거베라와 카네이션의 지지물로는 agar(8.0 kg·m⁻³)를 이용하였고, 딸기와 스타티스의 지지물로는 Gerlite(2.5 kg·m⁻³)를 이용하였다.

본실험의 공통된 환경조건은 기온 23-25℃, 상대습도 70-80%이고, 광원으로는 3파장 cool-white형광등을 이용하였으며 명암주기는 16h/8h(명기/암기)로 설정하였다. 실험구는 배양기내의 PPF 3수준(35, 70 및 140 μmol·m⁻²·s⁻¹)과 CO₂ 농도 2수준(1000과 2000 μ

mol · mol⁻¹)의 6처리구였다.

실험구의 배양기로 부터 소식물체를 꺼내 생체중, 건물중, 초장, 근장, 엽수, 엽면적 및 엽록소 농도를 측정하였다. 생체중과 건물중을 이용해 건물율을, 지상부와 지하부의 건물중을 이용해 지상부:지하부의 건물중비(이하, T/R 건물비)를 산출하였다. 건물중은 생체중을 측정한 후 65°C의 항온 건조기내에서 72시간 건조한 직후에 측정하였다. 총엽록소 농도는 각 실험구에서 식물체의 잎을 채취하여 80%(v/v) 아세톤으로 추출하고 분광광도계(Uvikon 922, Kotron Instruments, Italy)를 이용하여 645 nm와 663 nm에서의 흡광도를 측정한 후 아래의 식을 이용해 산출하였다.

$$\text{엽록소 농도}(\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ fw}) = \{(20.29 \times A_{645}) + (8.02 \times A_{663})\} \times \frac{\text{아세톤량 (ml)}}{\text{생체중 (mg)}}$$

3. 결과 및 고찰

가. 거베라

광합성유효광자속(PPF)가 높아질수록 생체중, 건물중, 건물율 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 초장은 유의성 있게 작아졌다. 그러나 엽수는 PPF에 의하여 영향을 받지 않았다.

또 CO₂ 농도가 높아질수록 생체중, 건물중, 건물율, 초장 및 엽수는 유의성 있게 커졌다. 그러나 엽면적과 총엽록소농도는 CO₂ 농도 처리간에 차이가 없었다.

광강도와 CO₂ 농도의 상호작용에 의한 처리간에 유의성은 생체중, 건물중, 초장 및 엽면적에서 인정되었다.

PPF 140 μmol · m⁻² · s⁻¹와 CO₂ 2000 μmol · mol⁻¹ 농도하에서는 잎이 황화되는 현상이 관찰되었는데 그 원인이 질소 등의 무기양분 결핍에 의한 것인지 또는 지나친 광도에

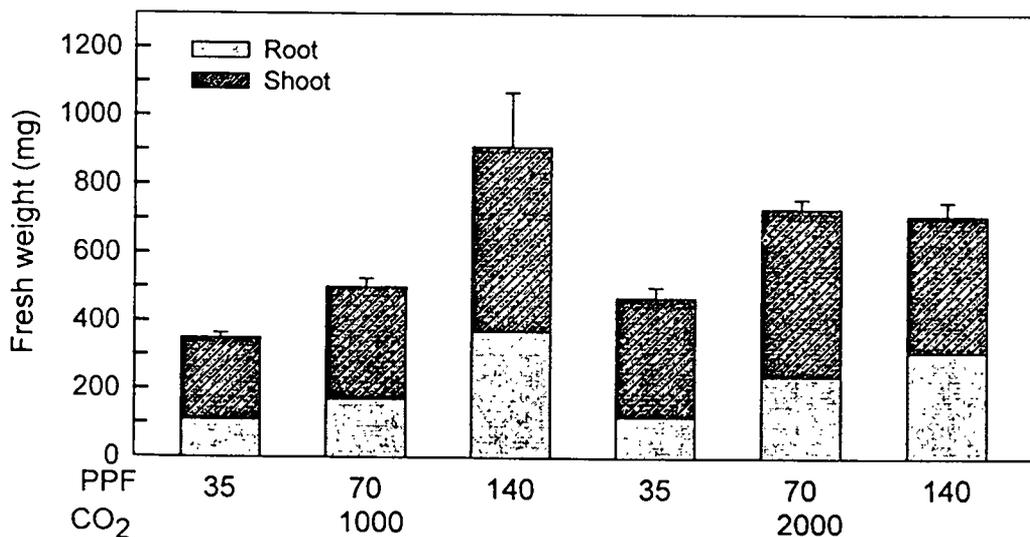


그림 3.1.1. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 거베라 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

의한 것인지는 분명치 않고 차후에 조사되어야 하리라 본다. 그러나 PPF 70 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 수준에서는 CO₂ 농도에 상관없이 매우 양호한 생육을 나타냈다.

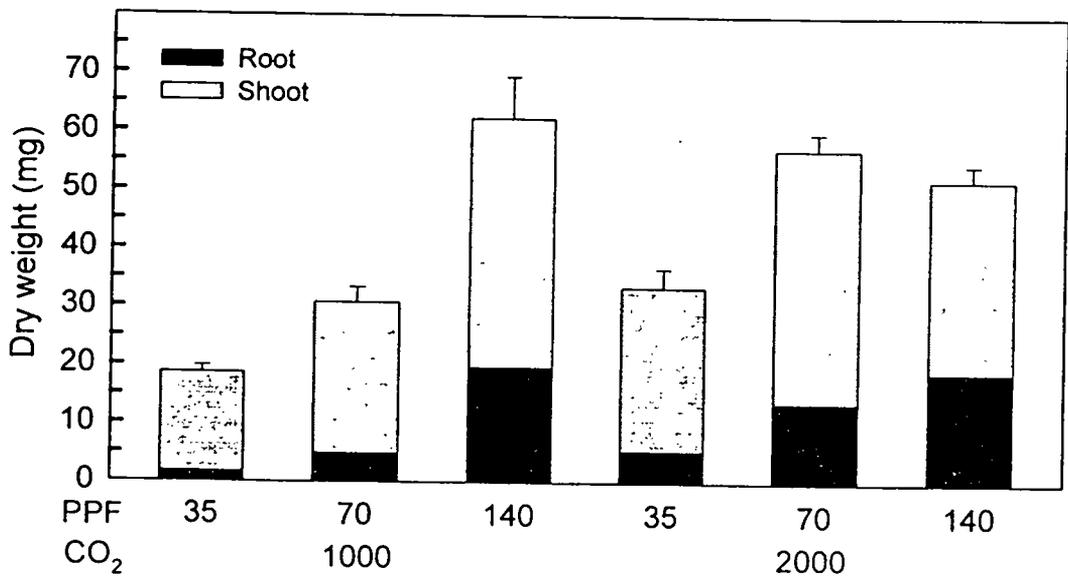


그림 3.1.2. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 거베라 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.1.1. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 거베라 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
PPF (A)					
35	6.27	6.33	5.00	4.08	2.20
70	6.97	6.48	5.42	6.42	2.04
140	7.13	5.18	5.33	7.00	1.33
CO ₂ concentration (B)					
1,000	6.09	5.77	7.94	6.06	1.92
2,000	7.49	6.22	5.56	5.61	1.79
A	*	**	ns	**	*
B	**	*	**	ns	ns
A×B	ns	**	ns	**	ns
LSD _{0.05}	0.89	0.77	0.71	1.58	0.74

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

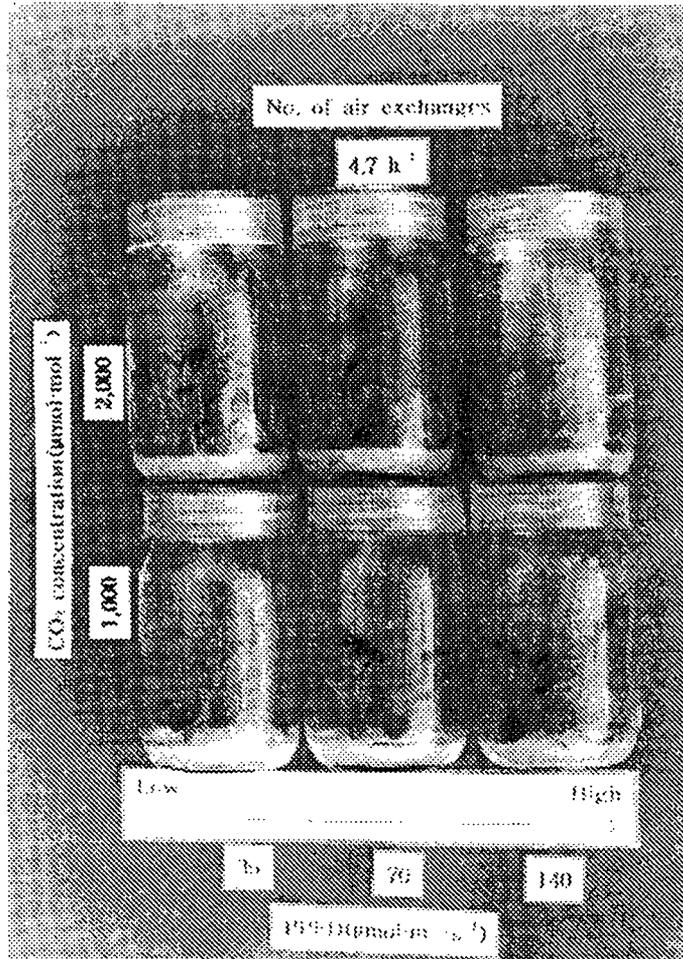


사진 3.1.1. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 거베라 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

나. 카네이션

PPF가 높아질수록 생체중, 건물중, 건물율, 엽수 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 초장은 유의성 있게 작아졌다. 그러나 총엽록소농도는 PPF에 의한 처리간의 유의차가 없었다.

또 CO₂ 농도가 높아질수록 생체중, 건물중, 건물율 및 엽수는 유의성 있게 커졌으나, 초장, 엽면적 및 총엽록소농도는 CO₂ 농도에 의한 처리간의 유의성이 없었다. 광강도와 CO₂ 농도의 상호작용에 의한 처리간에 유의성은 생체중, 건물율 및 초장에서 인정되었다.

광강도의 차이에 대한 카네이션 소식물체의 반응은 매우 현저하게 나타났고 이는 특히 총엽록소농도를 제외한 모든 조사항목에서 공히 나타났다. 특히 PPF가 140 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리에서의 소식물체의 생육은 정상적인 온실식물의 생육상태와 유사하였다. 카네이션은 호광성 작물인데 배양시에도 고광도가 생육에 매우 촉진적으로 작용함을 알 수 있었다.

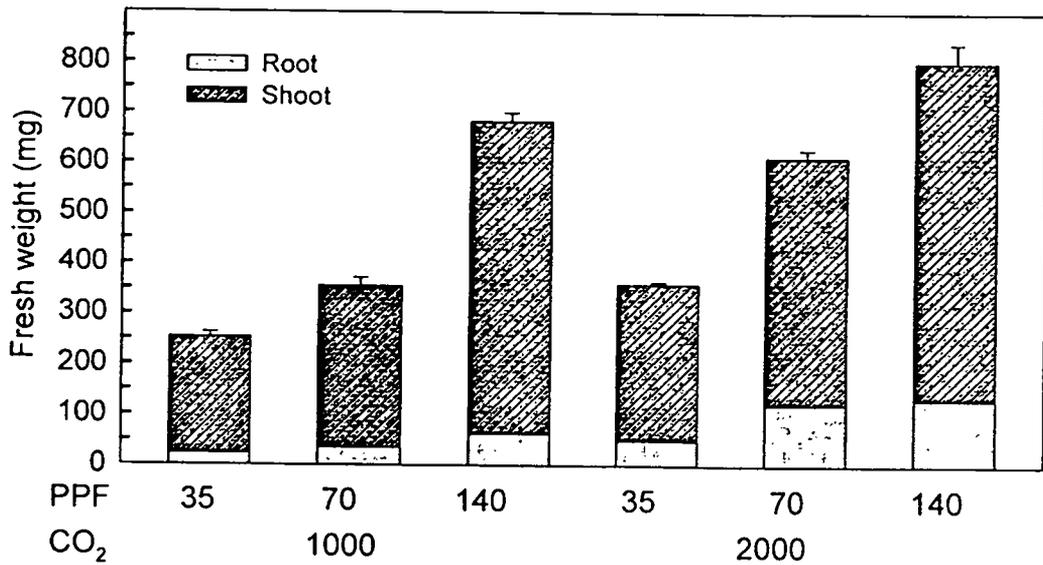


그림 3.1.3. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

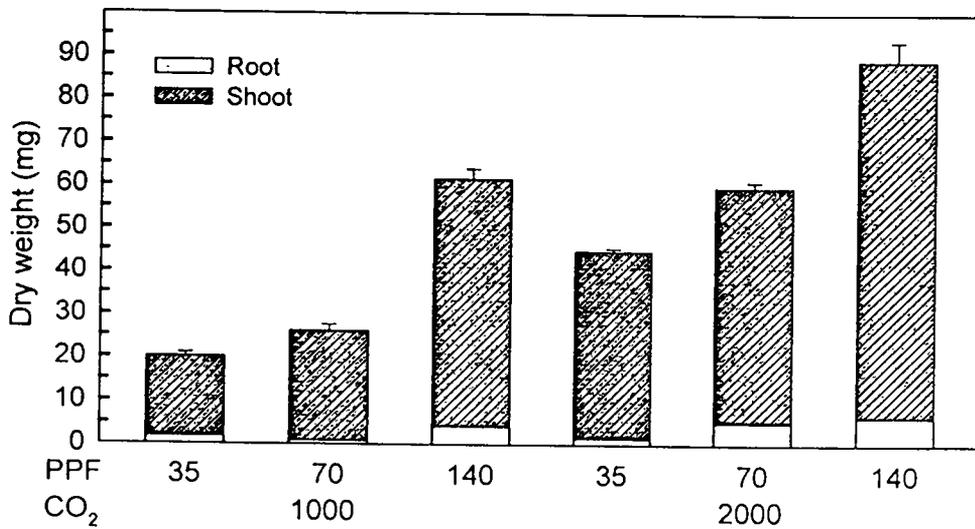


그림 3.1.4. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.1.2. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
PPF (A)					
35	10.24	14.08	28.00	0.50	0.30
70	8.58	11.93	25.00	1.25	0.30
140	10.08	8.48	20.83	5.83	0.32

<계속>

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
CO ₂ concentration (B)					
1,000	8.16	12.00	19.78	2.44	0.33
2,000	11.11	11.00	29.44	2.61	0.28
A	**	**	*	**	ns
B	**	ns	**	ns	ns
A × B	*	*	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	0.81	1.50	4.78	0.88	0.07

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

다. 딸기

PPF가 높아질수록 생체중, 건물중, 초장, 엽수 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 T/R 건물비는 유의성 있게 작아졌다. 그러나 건물울 및 최대근장은 PPF에 의하여 영향을 받지 않았다. 또, CO₂ 농도가 높아질수록 건물울은 유의성 있게 커진 반면 초장 및 엽면적은 유의성 있게 작아지는 경향을 보였다. 그러나 생체중, 건물중, T/R 건물비, 최대근장 및 엽수는 CO₂ 농도 처리간에 차이가 없었다.

광강도와 CO₂ 농도의 상호작용에 의한 처리간에 유의성은 생체중, 건물중, T/R 건물비, 최대근장, 엽수 및 엽면적에서 인정되었다.

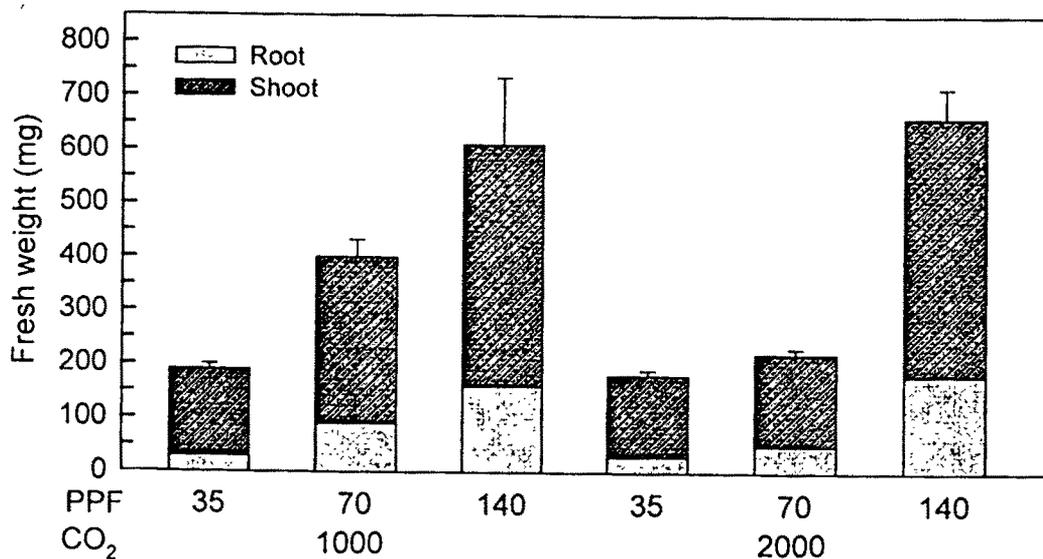


그림 3.15. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

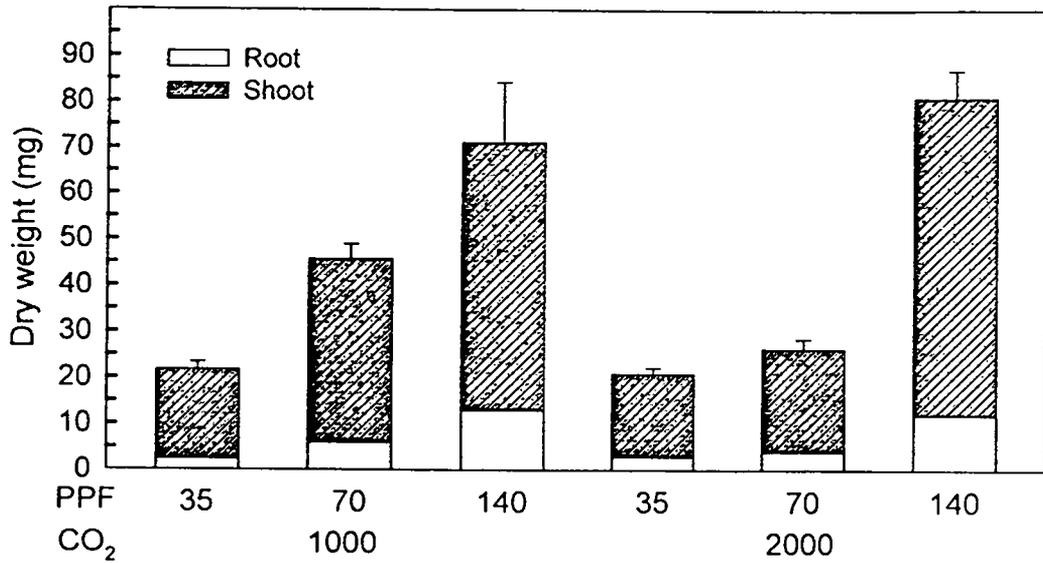


그림 3.1.6. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.1.3. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
PPF (A)					
35	11.62	3.67	6.00	3.75	1.87
70	11.94	4.22	7.05	5.68	1.96
140	12.02	6.06	8.26	7.68	3.05
CO ₂ concentration (B)					
1,000	11.58	4.94	6.97	6.10	2.24
2,000	12.15	4.36	7.24	5.30	2.39
A	ns	**	**	**	—
B	*	**	ns	**	—
A×B	ns	ns	**	**	—
LSD _{0.05}	0.96	0.74	0.65	0.83	—

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

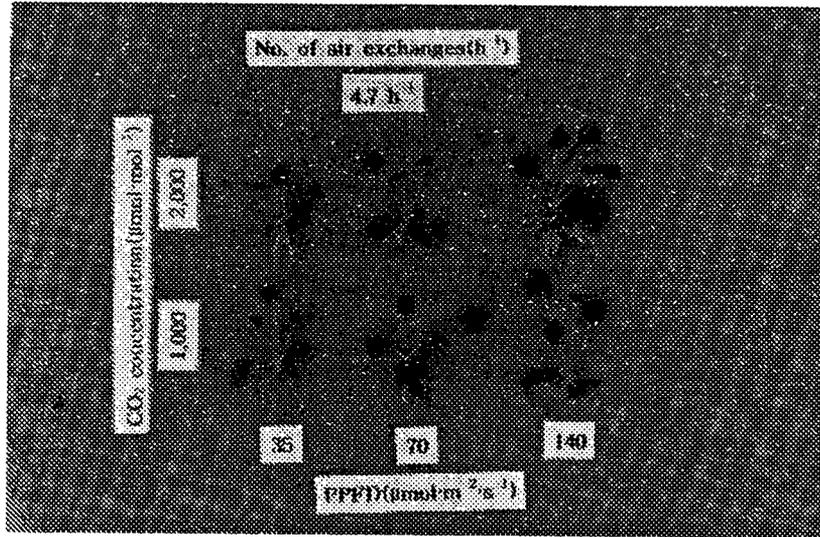


사진 3.1.2. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향
라. 스타티스

치상후 44일째 생체중, 건물중, 건물율, 엽면적은 PPF가 높아질수록 유의성 있게 커졌다. 그러나, T/R 건물비, 초장, 최대근장 및 엽수는 PPF에 의하여 영향을 받지 않았다. 총엽록소농도는 PPF가 낮은 처리구에서 높은 처리구에서보다 더 높게 나타났다.

CO₂ 농도가 높아질수록 생체중, 건물중, 엽수는 유의성 있게 커진 반면 건물율, T/R 건물비, 초장, 최대근장과 엽면적은 유의성이 인정되지 않았다.

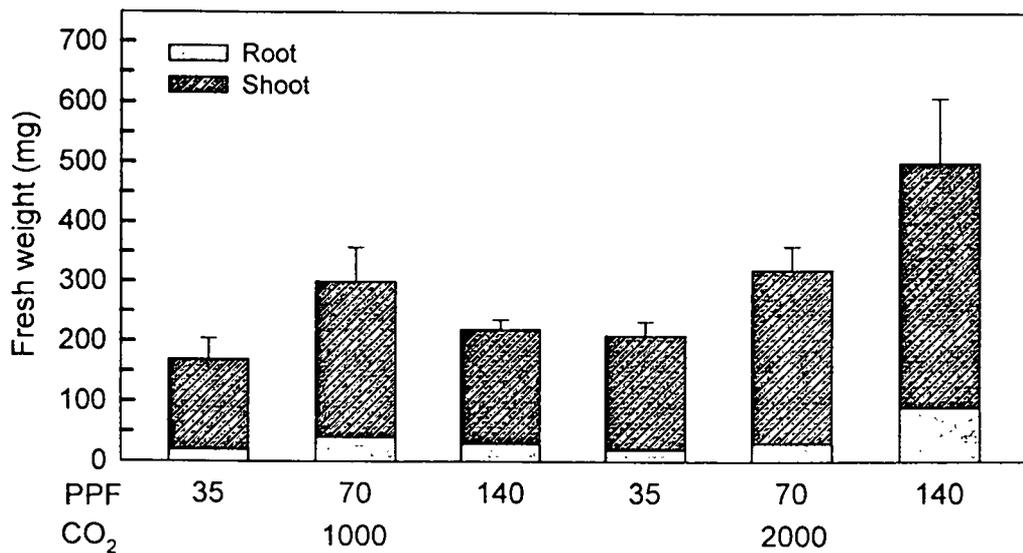


그림 3.1.7. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 스타티스 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

광강도와 CO₂ 농도의 상호작용에 의한 처리간에 유의성은 건물중, T/R 건물비, 엽수에
서 인정되었다. 총엽록소농도는 PPF가 높을수록 CO₂ 농도가 높을수록 낮게 나타났다.

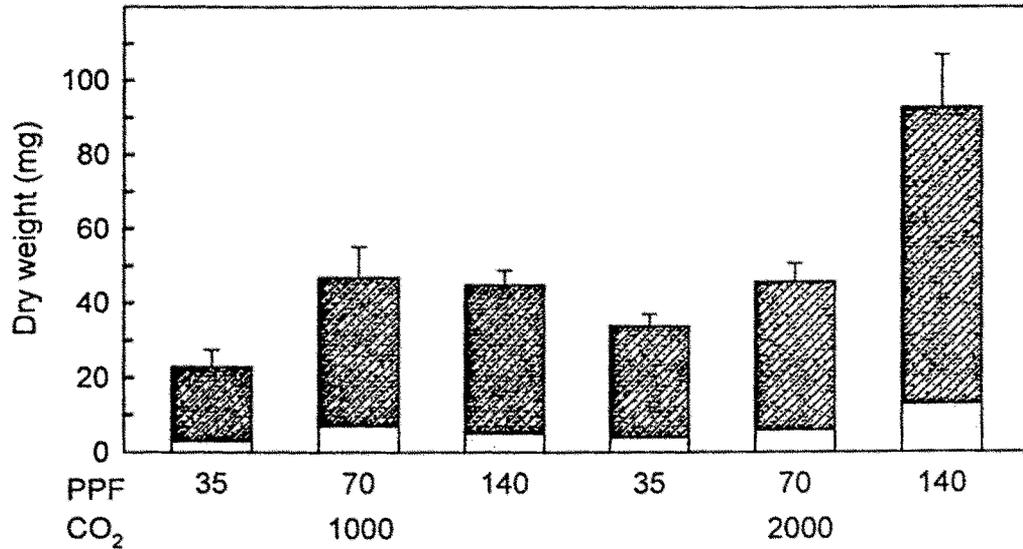


그림 3.1.8. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 스타티스 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.1.4. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
PPF (A)					
35	15.27	2.56	19.02	3.14	0.73
70	16.25	2.77	21.08	5.23	0.73
140	19.30	2.54	18.80	5.25	0.61
CO ₂ concentration (B)					
1000	17.10	2.52	17.78	4.30	0.75
2000	16.78	2.73	21.48	4.78	0.63
A	*	ns	ns	**	—
B	ns	ns	*	ns	—
A×B	ns	ns	*	ns	—
LSD ^{0.01}	3.82	0.66	5.96	1.91	—

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

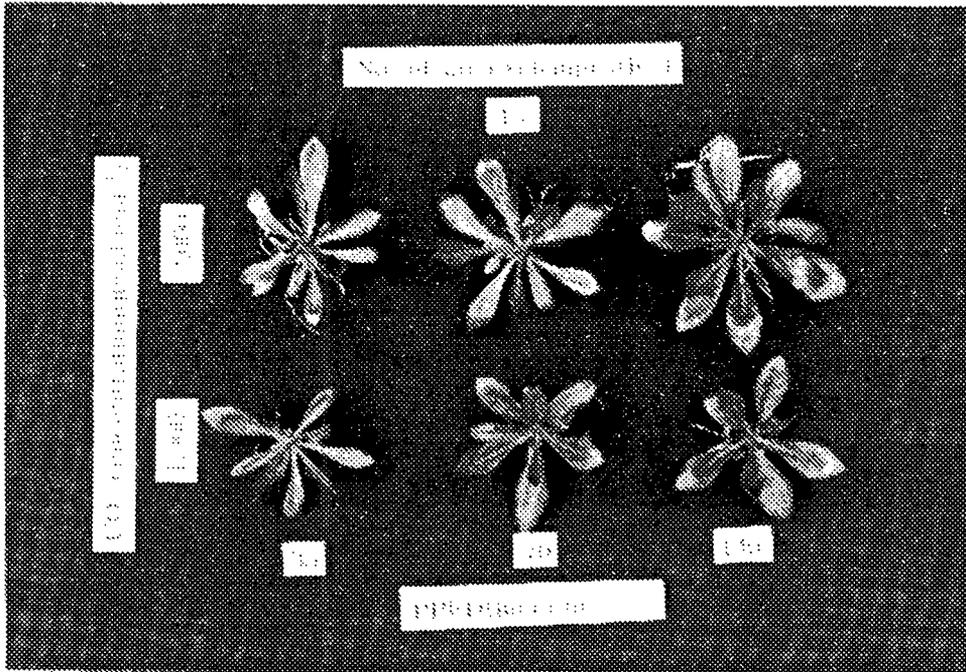


사진 3.1.3. 광합성유효광자속 및 CO₂ 농도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

제 2 절 광독립 자가영양배양에서의 CO₂ 농도와 환기회수의 영향

1. 실험목적

오늘날 세계적으로 각광을 받고 있는 미세증식기술은 이미 상업화되어 있지만 높은 인건비, 번식체의 증식과정에서의 낮은 성장속도, 그리고 생산된 유식물의 기외환경으로의 순화과정에서의 낮은 생존율로 인해 미세번식법에 의해 생산된 배양묘의 단가는 종래의 실생묘 또는 삽수묘 생산단가에 비해 상대적으로 높다. 본 연구는 배양식물체의 생존율을 획기적으로 개선할 수 있는 자가영양배양기술을 국내에 도입하고자 하는 시도에서 우선 배양기의 물리적 환경요인인 CO₂ 농도와 배양기의 환기회수가 배양소식물체의 생장에 미치는 영향을 알아보려고 실시하였다.

2. 재료 및 방법

본 실험은 경상대학교 원예학과 조직배양연구실에서 실시하였다. 공시식물은 거베라 (*Gerbera hybrida* Hort. cv. Ansofie), 딸기 (*Fragaria × ananaas* Duch. cv. Houkouwase), 카네이션 (*Dianthus caryophyllus* cv. Scarlet Bell)과 스타티스 (*Limonium* spp. cv. Misty Blue)

배양소식물체를 이용하였다. 거베라는 1995년 10월 3일, 딸기는 1995년 10월 5일, 카네이션은 1996년 2월 23일, 그리고 스타티스는 1996년 2월 26일 외식체당 $0.1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 의 Murashige & Skoog(MS, 1962)배지가 담긴 $4.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 의 배양기에 배양기당 4개의 외식체를 치상하였다. 외식체로는 관행의 광혼합영양배양으로 증식한 거베라, 딸기, 카네이션과 스타티스 배양소식물체의 소엽을 남기고 뿌리를 제거한 것을 이용하였다.

본 실험의 공통된 환경조건은 PPF $140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 기온 $23\text{-}25^\circ\text{C}$, 상대습도 70-80%이고 광원으로는 3파장 cool-white 형광등을 이용하였으며 명암주기는 16h/8h(명기/암기)로 설정하였다.

실험구는 CO_2 농도 3수준(350, 1000 및 $2000 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)과 환기회수 2수준(0.5 및 2.0 h^{-1})의 6처리구로 설정하였다. 환기회수의 계산방법은 Fujiwara등(1987)의 방식에 의하였고 배양기의 환기회수를 증진시키기 위하여 배양기의 뚜껑에 지름 10 mm의 구멍을 뚫어 통기성의 microporous filter(FWMS 018 00, 상품명 Milliseal, 공경 $0.5 \mu\text{m}$, 직경 $18 \mu\text{m}$, 일본Millipore주식회사, Tokyo)를 구멍에 붙였다.

3. 결과 및 고찰

가. 거베라

CO_2 농도와 환기회수가 거베라 소식물체의 생장에 미치는 영향을 보면 CO_2 농도가 높아질수록 생체중, 건물중, 초장, 엽면적 및 총엽록소농도가 유의성 있게 커진 반면 건물율과 엽수는 CO_2 농도에 의한 처리간의 유의차가 없었다.

또 환기회수가 높은 구에서 생체중, 건물중, 초장 및 엽수가 유의성 있게 커진 반면 건물율과 엽수는 환기회수에 의한 처리간의 유의차가 없었다.

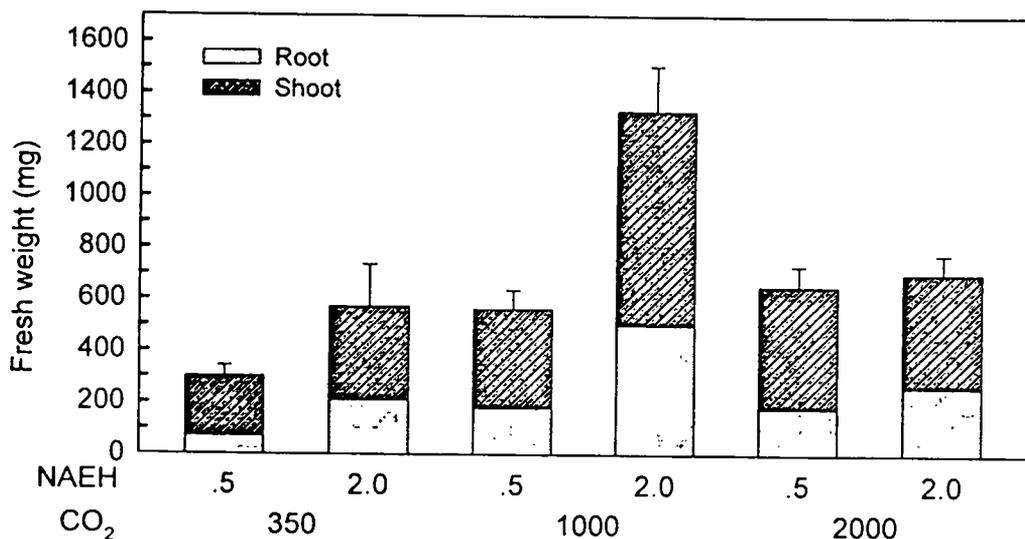


그림 3.2.1. CO_2 농도와 환기회수가 거베라 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

CO₂ 농도와 환기회수의 상호작용에 의한 처리간에 유의성은 생체중, 건물중, 초장 및 엽면적에서 인정되었다.

PPF가 140 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 고정된 경우에는 적정 CO₂ 농도가 1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 정도임을 나타내었다. 그러나 배양기의 환기회수는 높은 쪽에서 거베라의 생육이 양호하였다. 1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ CO₂ 농도하에서는 잎이 황화되었는데 지나치게 높은 농도의 CO₂는 바람직하지 못함을 보여 주었다.

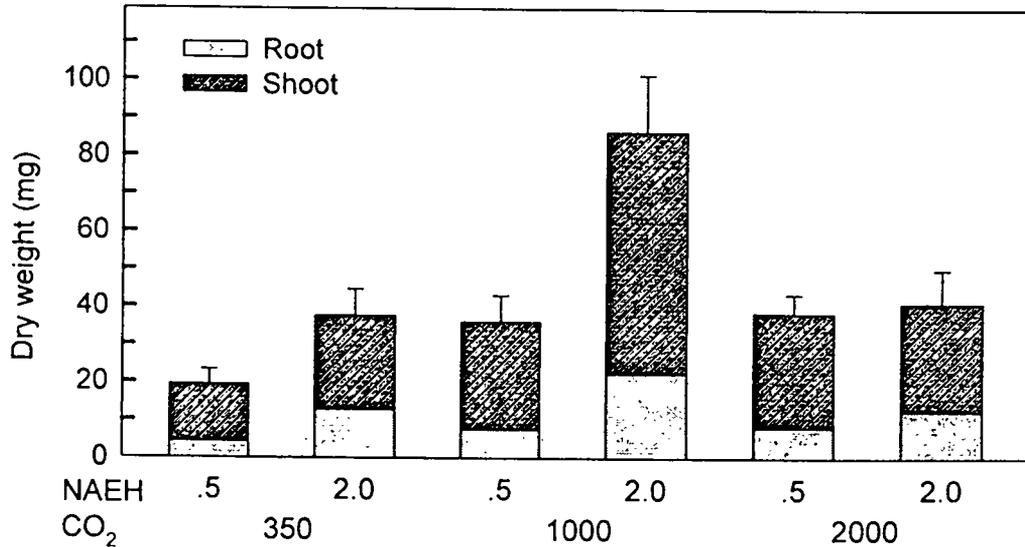


그림 3.2.2. CO₂ 농도와 환기회수가 거베라 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.2.1. CO₂ 농도와 환기회수가 거베라 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
CO ₂ concentration (A)					
350-450	6.60	2.93	5.30	5.70	0.06
1000	6.40	5.11	6.30	10.40	0.14
2000	5.87	4.73	6.10	7.90	0.04
Air exchange rate (B)					
0.5	6.17	3.63	6.20	5.93	0.10
2.0	6.41	4.88	5.60	10.07	0.06
A	ns	**	ns	**	**
B	ns	**	ns	**	*
A×B	ns	**	ns	**	ns
LSD _{0.05}	0.75	0.51	0.96	1.23	0.03

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

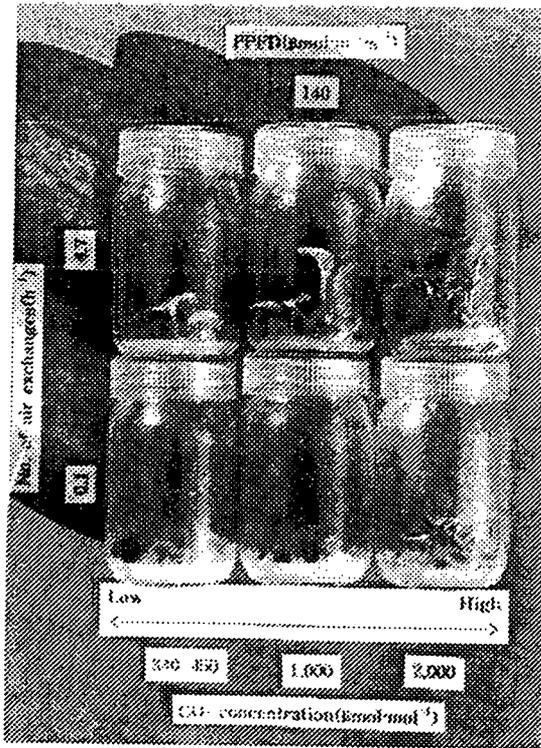


사진 3.2.1. CO₂ 농도와 환기회수가
거베라 배양소식물체의
생장에 미치는 영향

나. 딸기

CO₂ 농도가 높아질수록 생체중, 건물중, 건물율 및 엽수가 유의성 있게 커진 반면 총엽록소농도는 CO₂ 농도에 의한 처리간의 유의차가 없었다.

또 환기회수가 높은 구에서 생체중, 건물중, 초장 엽면적 및 총엽록소농도가 유의성 있게 커진 반면 건물율과 엽수는 환기회수에 의한 처리간의 유의차가 없었다. CO₂ 농도와

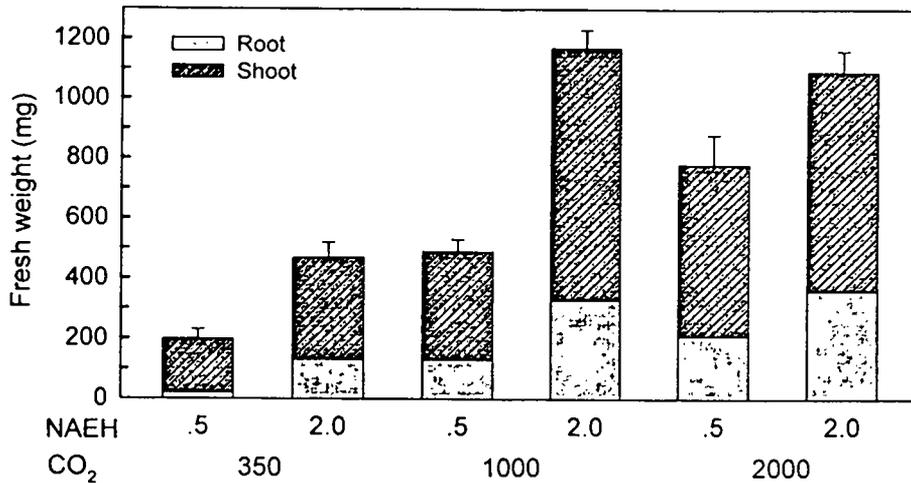


그림 3.2.3. CO₂ 농도와 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

환기회수에 의한 처리간에 유의성은 생체중, 건물중 및 엽면적에서 인정되었다.

140 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ PPF하에서의 딸기의 생육에 적절한 CO_2 농도는 약 1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 정도라고 생각되며 그 이상의 농도에서는 생육이 다소 증진되나 현격한 차이는 없었다. 환기회수는 현격한 생육차이가 나타났는데 특히 생체중과 건물중의 증가가 뚜렷하였다.

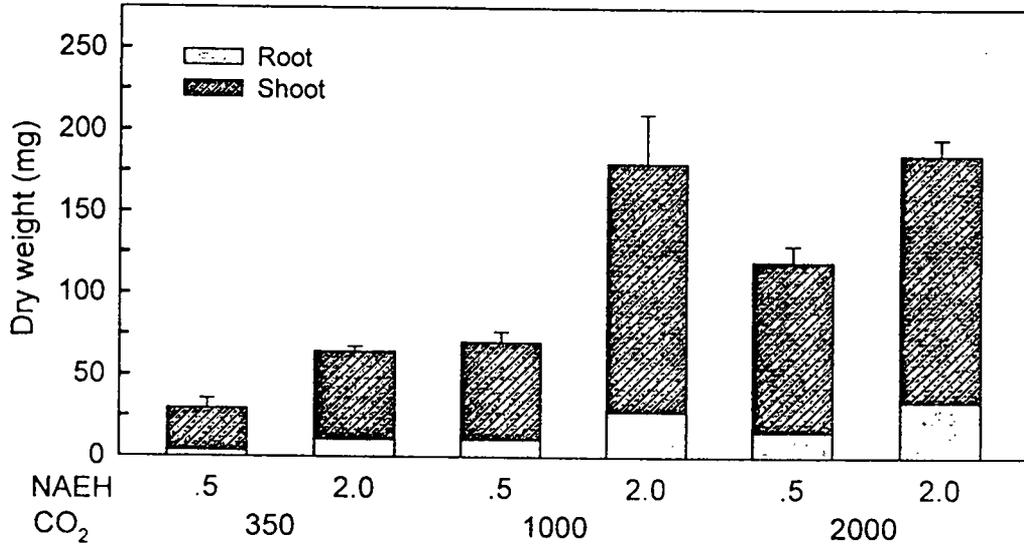


그림 3.2.4. CO_2 농도와 환기회수가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.2.2. CO_2 농도와 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향^z

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
CO ₂ concentration (A)					
350-450	14.43	4.08	7.00	7.38	0.15
1000	14.96	5.85	9.25	14.25	0.22
2000	16.50	5.71	9.50	13.50	0.17
Air exchange rate (B)					
0.5	15.05	4.60	8.33	7.67	0.17
2.0	15.54	5.83	8.83	15.75	0.19
A	**	**	**	**	ns
B	ns	**	ns	**	ns
A×B	ns	ns	ns	**	ns
LSD _{0.05}	1.76	1.09	1.45	4.07	0.11

^z **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

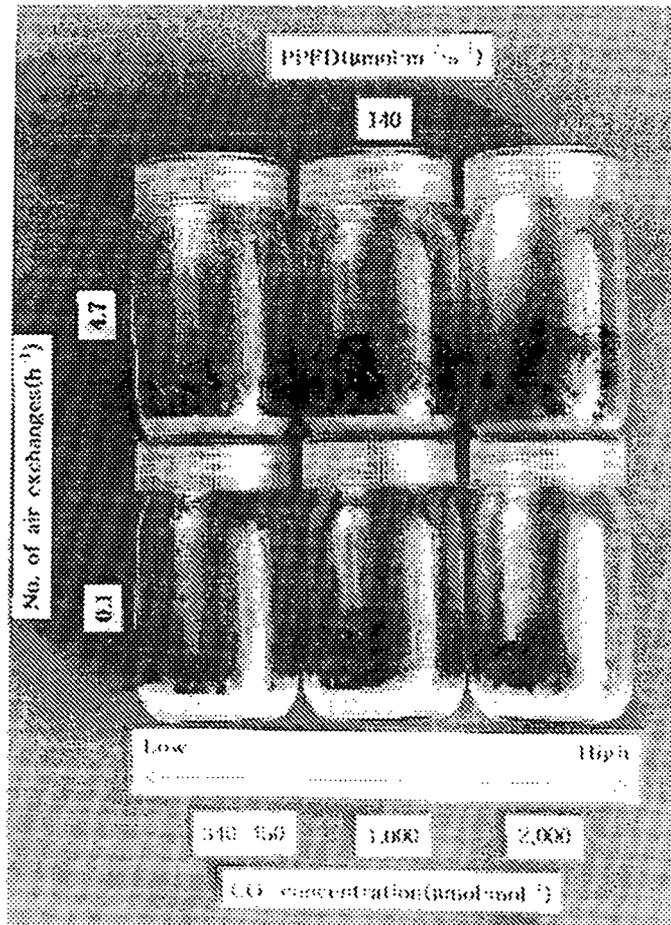


사진 3.2.2. CO₂ 농도와 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

다. 카네이션

CO₂ 농도가 높아질수록 생체중, 건물중, 초장, 최대근장, 엽수 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 건물율은 CO₂ 농도가 350-450 μmol·mol⁻¹일때 유의성 있게 컸다. 그러나 T/R 건물비는 CO₂ 농도에 의한 처리간의 유의차가 없었다.

환기회수가 높은 구에서 생체중, 건물중, 초장, 최대근장, 엽수 및 엽면적은 유의성 있게 커진 반면 건물율과 T/R 건물비는 환기회수에 의한 처리간의 유의차가 없었다.

CO₂ 농도와 환기회수의 상호작용에 의한 처리간에 유의성은 생체중, 건물중과 엽면적에서 인정되었다. 총엽록소농도는 CO₂ 농도가 높을수록, 그리고 환기회수가 많을수록 낮게 나타났다. CO₂ 농도가 2,000 μmol·mol⁻¹일때 잎의 끝이 황화되었다. 그리고 CO₂ 농도가 낮고 배양병의 환기회수가 적을수록 유리화되어 고사되는 경향이 컸다.

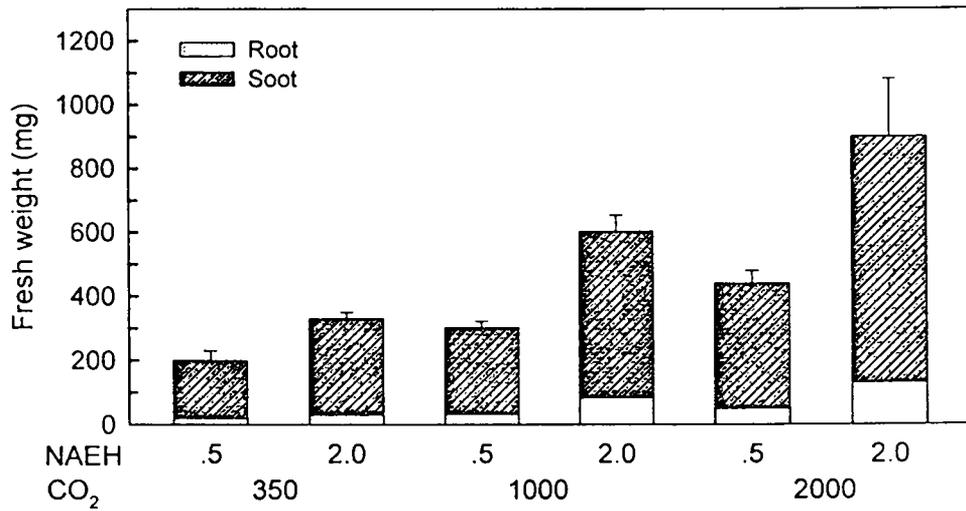


그림 3.2.5. CO₂ 농도와 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

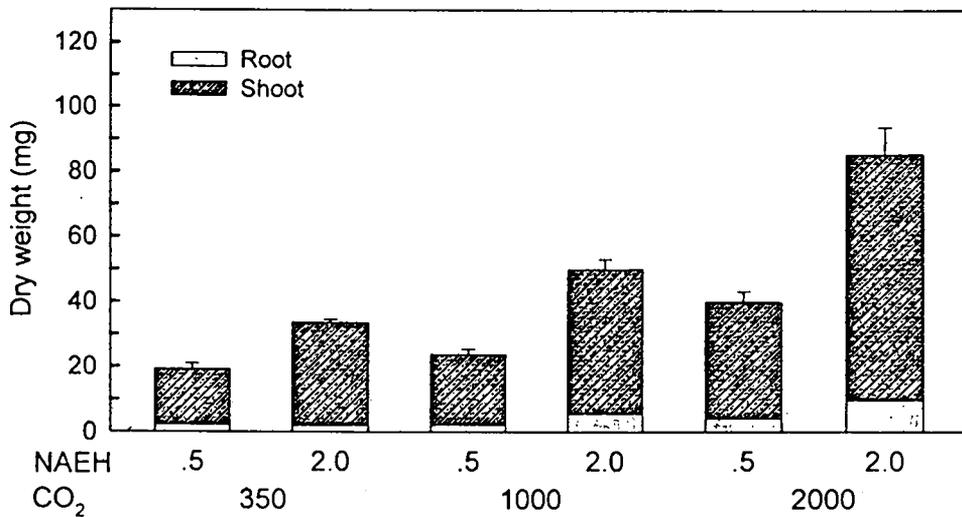


그림 3.2.6. CO₂ 농도와 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.2.3. CO₂ 농도와 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	T/R ratio	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
CO ₂ concentration (A)						
350-450	10.37	10.88	5.36	12.96	4.11	0.97
1000	8.10	9.07	5.55	15.13	5.84	1.08
2000	9.23	8.61	6.00	18.74	8.72	0.80

<계속>

Treatment	Dry matter (%)	T/R ratio	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
Air exchange rate (B)						
0.5	9.18	9.07	4.88	13.97	4.02	0.99
2.0	9.29	9.97	6.38	17.25	0.91	
A	**	*	*	**	**	—
B	ns	ns	**	**	**	—
A×B	ns	**	ns	ns	*	—
LSD _{0.05}	1.37	2.35	0.70	2.38	1.63	—

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

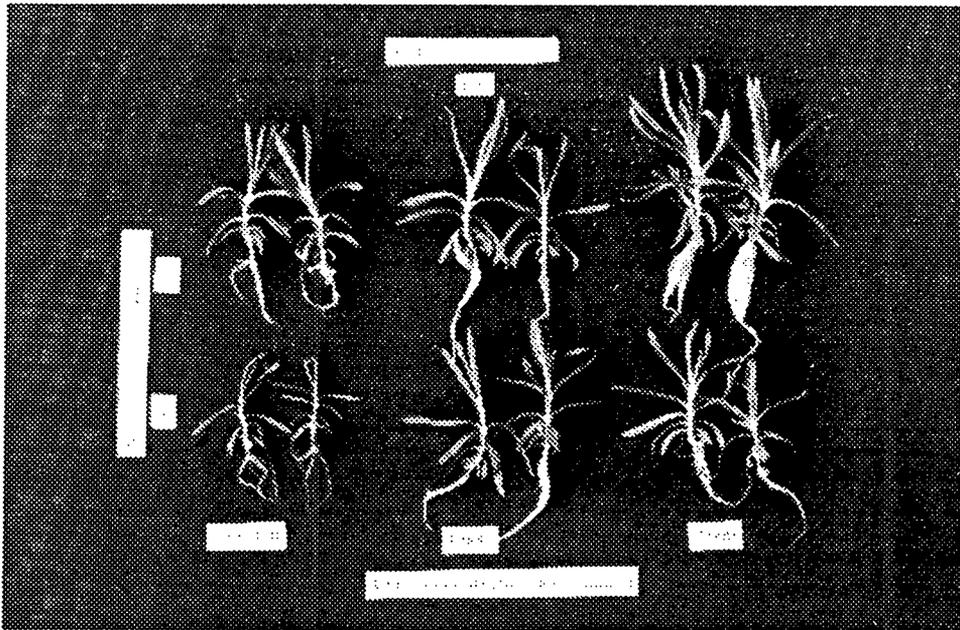


사진 3.2.3. CO₂ 농도와 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

라. 스타티스

CO₂ 농도가 높아질수록 생체중, 건물중, 초장, 엽수 및 엽면적이 유의성 있게 컸다. 건물중, T/R 건물비와 최대근장은 1,000 μmol · mol⁻¹일때 유의성 있게 컸다. 총엽록소농도는 CO₂ 농도가 낮아질수록 유의성 있게 컸다. 또 환기회수가 높은 구에서 생체중, 건물중, 건물중, 초장, 엽수 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 총엽록소농도는 유의성 있게 작아졌다. T/R 건물비와 최대근장은 처리간에 유의성이 인정되지 않았다. CO₂ 농도가 환기회수에 의한 처리간에 유의성은 초장과 최대근장을 제외한 모든 측정치에서 인정되었다. 생

체중과 건물중은 CO₂ 농도가 높은 처리구에서 낮은 처리구에서 보다, 환기회수가 많은 처리구에서 적은 처리구에서 보다 양호한 성장을 하였다.

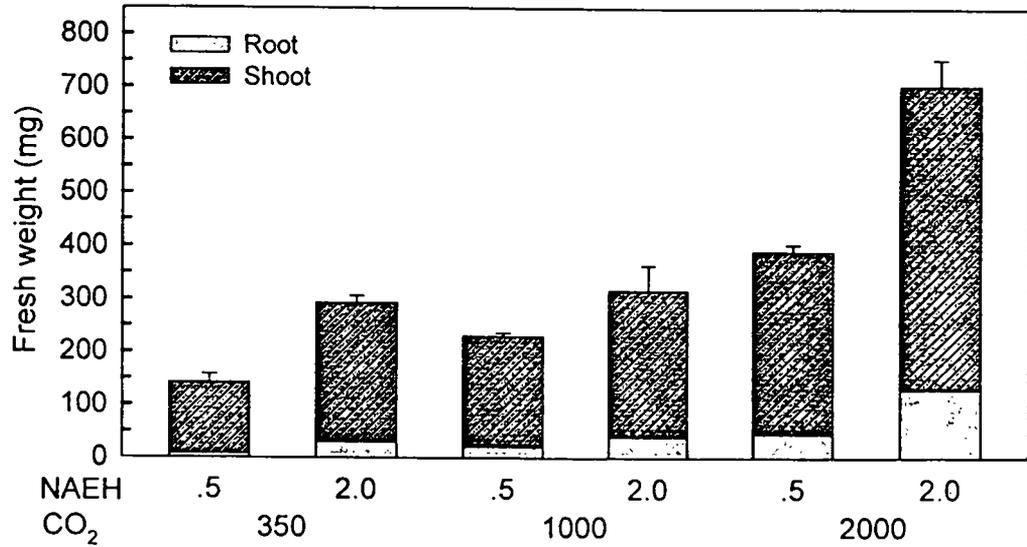


그림 3.2.7. CO₂ 농도와 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

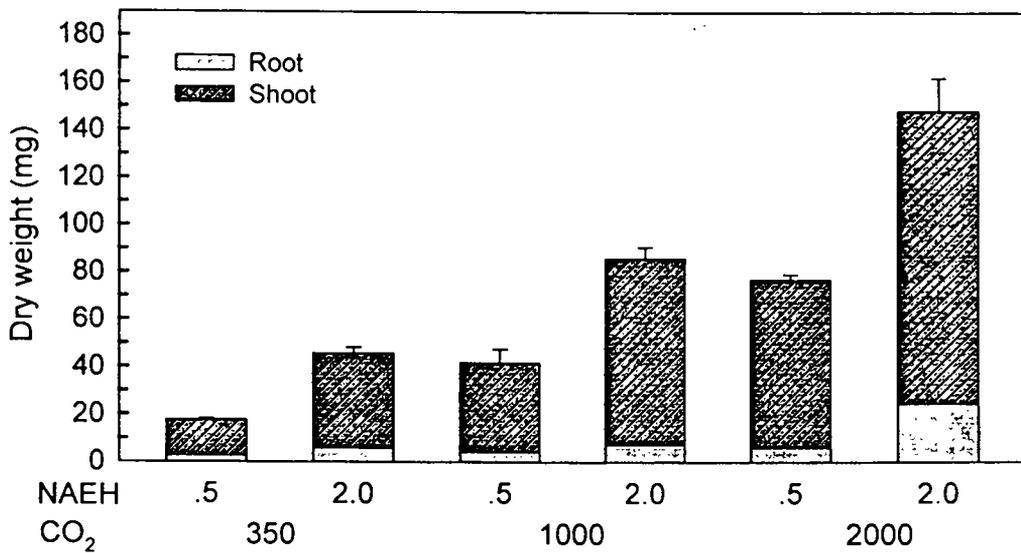


그림 3.2.8. CO₂ 농도와 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.2.4. CO₂ 농도와 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	T/R ratio	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
CO ₂ concentration (A)						
350	6.37	14.56	2.85	14.20	6.16	1.66
1000	9.80	23.34	2.59	17.70	5.95	1.39
2000	9.00	20.33	3.01	28.20	11.17	1.19
Air exchange rate (B)						
0.5	8.63	17.10	2.63	17.83	5.97	1.50
2.0	8.15	21.72	3.01	22.23	9.55	1.33
A	**	**	**	**	**	**
B	ns	**	**	**	**	*
A×B	**	*	ns	**	**	**
LSD _{0.05}	2.35	4.48	0.25	2.37	1.83	0.19

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

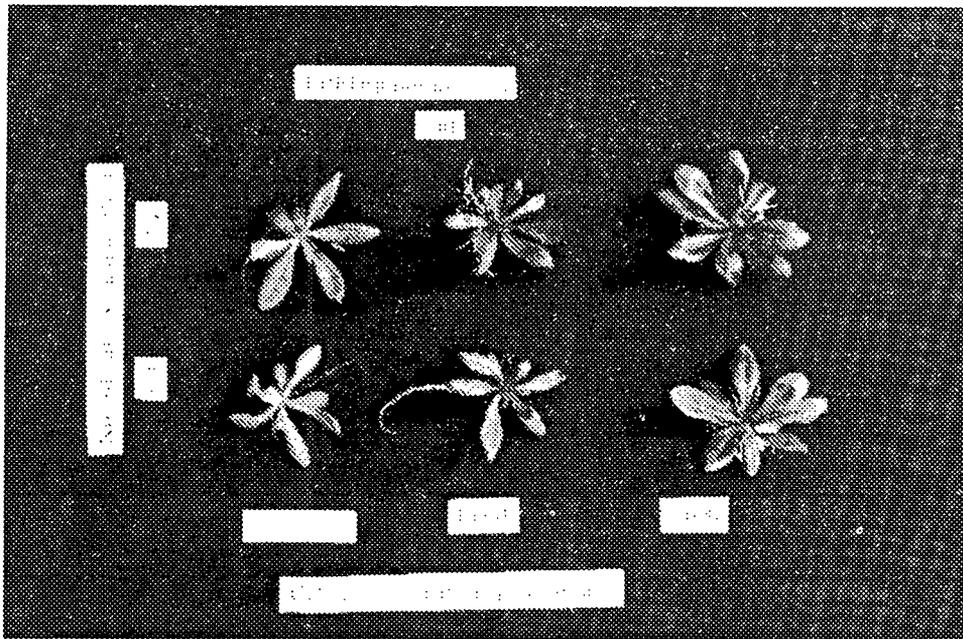


사진 3.2.4. CO₂ 농도와 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

제 3 절 광독립 자가영양배양에서 주 야간온도차(DIF)와 광도의 영향

1. 재료 및 방법

공식식물로는 카네이션(*Dianthus caryophyllus* cv. Scarlet Bell), 거베라(*Gerbera hybrida* Hort. cv. Ansofie), 딸기(*Fragaria × ananaas* Duch. cv. Houkouwase) 및 스타티스(*Limonium* spp. cv. Misty Blue)를 이용했다. 외식체로는 관행의 광혼합영양배양으로 증식한 카네이션과 거베라 및 딸기 배양소식물체의 소엽을 남기고 뿌리를 제거한 것을 이용하였다. 배양기당의 4개의 외식체를 치상하였다. 실험은 2회에 걸쳐 서로 다른 온도환경하에서 실시되었다. 첫 번째 실험에서 카네이션은 1996년 4월 17일, 그리고 거베라와 딸기는 1996년 4월 18일에 실험을 시작했다. 두 번째 실험에서는 카네이션은 1996년 8월 24일부터 9월 21일까지, 딸기는 10월 5일까지, 그리고 스타티스는 10월 21일까지 실험을 실시했다. 용적 $3.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 의 Magenta(GA7, Sigma Chemical Co., 미국) 배양기로 이용하였고 뚜껑에 직경 10 mm의 구멍을 1개 뚫어 통기성의 microporous filter(FWMS 018 00, 상품명 Milliseal, 공경 $0.5 \mu\text{m}$, 직경 $18 \mu\text{m}$, 일본 Millipore주식회사, Tokyo)를 구멍에 붙여 배양기의 환기회수는 약 2.8 h^{-1} 로 높였다. 외식체당 $1 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 의 Murashige & Skoog(MS, 1962)배지(당, 비타민 무첨가)를 이용하고, 지지물로는 분말한천($8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)을 이용하였다. 배지의 pH는 배지멸균전에 5.80으로 조절하였다. 배양기는 주야간 평균기온 25°C , 상대습도 70-80%로 유지된 배양실에 놓여졌다. 광원으로는 3과장 cool-white형광등을 이용하였으며 명기는 $16 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 으로 하였다. 첫 번째 실험구는 3수준의 DIF(+, 주간 26.0°C & 야간 23.0°C ; 0, 주간야간 공히 25.0°C ; -, 주간 24.0°C & 야간 27.0°C)와 2수준의 PPF(70 및 $140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)의 6처리구로 설정하였다. 두 번째 실험구는 3수준의 DIF(+, 주간 27.0°C & 야간 21.0°C ; 0, 주간야간 공히 25.0°C ; -, 주간 23.0°C & 야간 29.0°C)과 2수준의 PPF(70 및 $140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)의 6처리구로 설정하였다. 첫 번째 실험에서는 배양 30일째에, 그리고 두 번째 실험에서는 위에 언급된 날짜후에 각 실험구의 배양기로부터 소식물체를 꺼내 생체중, 건물중, 엽수, 엽면적, 초장, 최대근장, 절간장(경장) 및 총엽록소농도를 측정하였다. 엽록소농도는 실험 1에서 기술한 방법을 이용하여 측정하였다.

2. 실험결과

가. 카네이션

(1) 실험 1

치상후 30일째의 생체중, 건물중, 최대근장, 엽면적 및 총엽록소농도는 0 DIF처리구에서 유의성 있게 커진 반면 건물중, T/R건물비 및 절간장은 유의성 있게 작아졌다. 그러나 엽수는 처리구간의 유의차가 없었다. - DIF 처리구에서 초장과 절간장이 작아진다는 예상과는 달리 카네이션 소식물체의 초장은 - DIF 처리구에서, 그리고 절간장은 + DIF

처리구에서 유의성 있게 길었다.

또 광강도가 높아질수록 생체중, 건물중, 엽면적 및 총엽록소농도가 유의성 있게 커졌다. 건물울, T/R건물비, 초장 및 절간장은 광강도가 낮은 처리구에서 높은 처리구에서 보다 유의성 있게 컸다. 그러나 최대근장과 엽수는 광강도에 의한 처리간의 유의성이 인정되지 않았다. DIF와 광강도의 상호작용에 의한 처리간에 유의성은 T/R 건물비와 절간장을 제외한 모든 처리구에서 유의성이 인정되었다. 카네이션 소식물체에서는 주간의 온도가 높을수록 초장이 길어지고, 야간의 온도가 높을수록 초장이 짧아질 것이라는 예상과는 달리 주·야간의 온도차가 없는 처리구에서 초장이 짧아졌다. 그러나 광강도가 높을수록 초장이 짧아질 것이라는 예상과는 일치하였다.

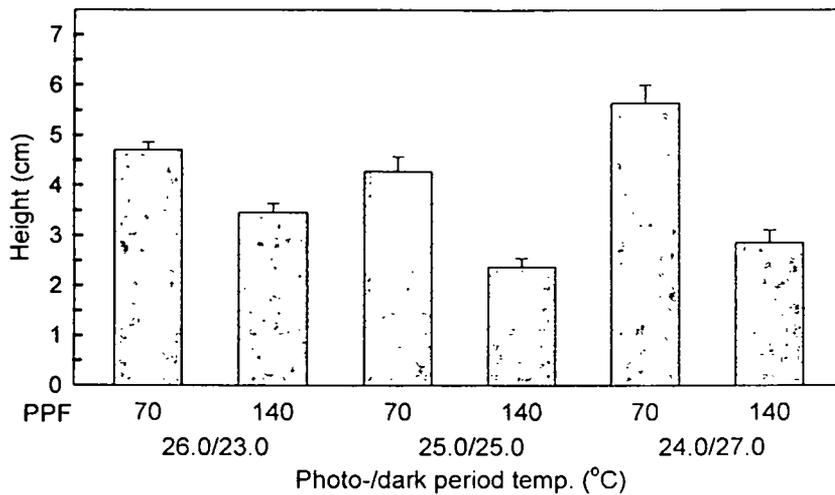


그림 3.3.1. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 초장에 미치는 영향

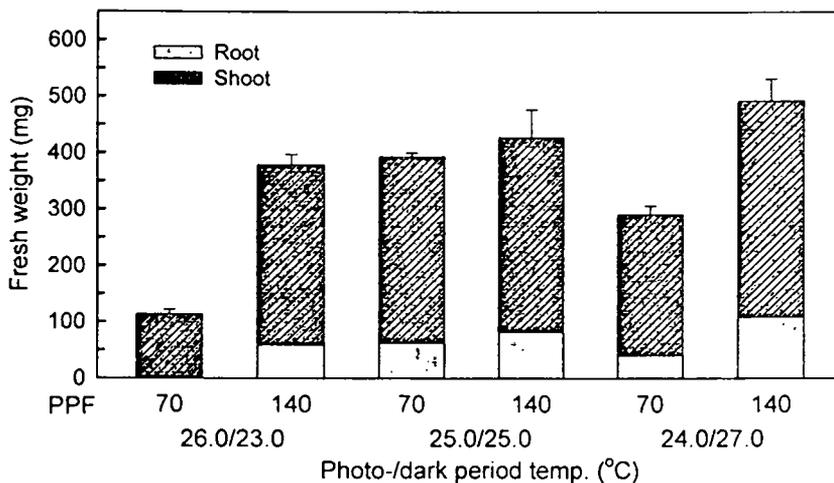


그림 3.3.2. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

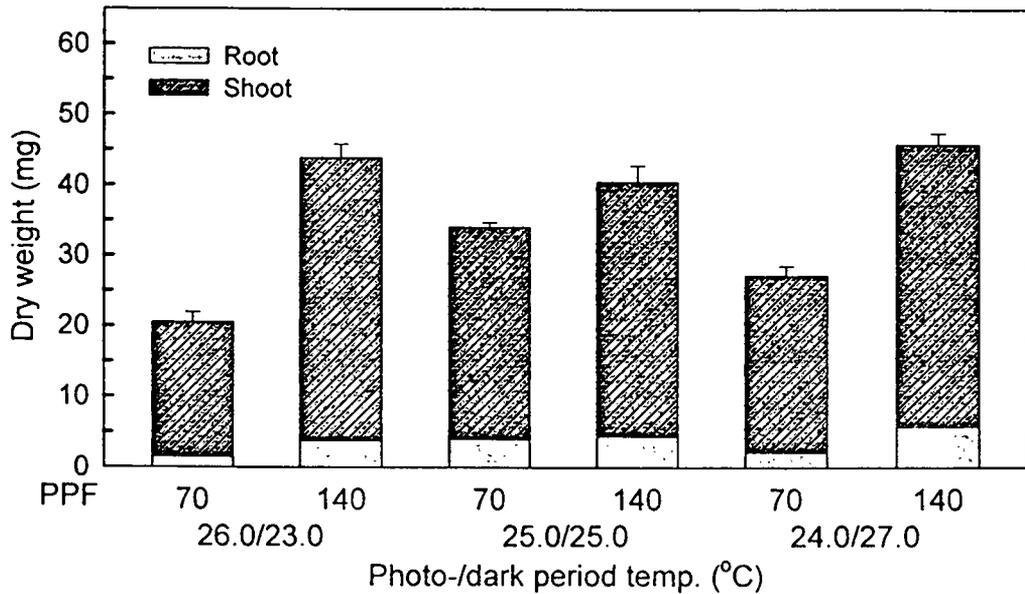


그림 3.3.3. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.3.1. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	T/R ratio	Dry matter (%)	Root length (cm)	Internode length (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg·mg fw ⁻¹)
DIF (A)							
+	12.88	14.67	3.05	0.20	23.55	3.60	0.13
0	8.06	9.08	5.17	0.15	22.63	5.54	0.24
-	9.26	9.44	5.03	0.18	24.03	4.42	0.22
PPF (B)							
70	11.22	11.86	4.09	0.21	23.97	3.84	0.15
140	8.91	10.27	4.74	0.14	22.83	5.20	0.25
A	**	**	**	*	ns	**	**
B	*	**	ns	**	ns	**	**
A×B	ns	**	**	ns	**	**	**
LSD _{0.05}	3.76	0.98	1.13	0.05	3.86	0.95	0.03

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

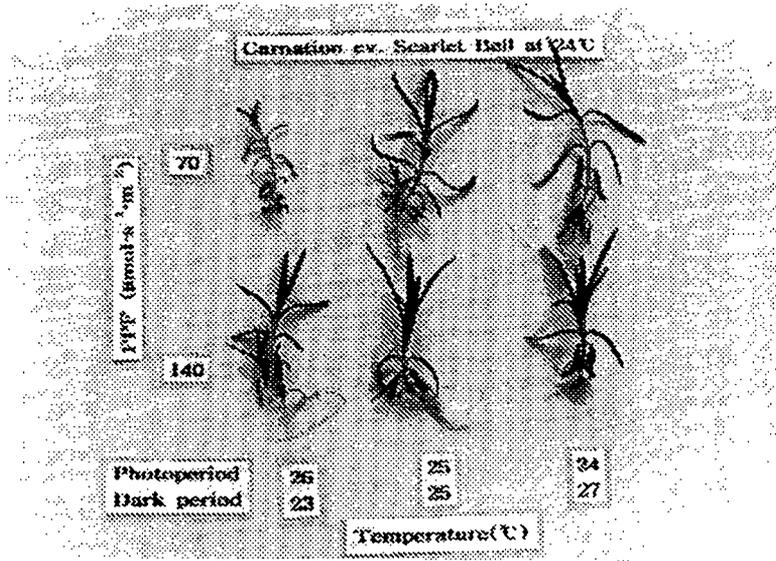


사진 3.3.1. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

(2) 실험 2

초장과 첫째마디 길이는 + DIF에서 유의성 있게 커진 반면 엽면적은 유의성 있게 작아졌다. 엽면적은 - DIF에서 총엽록소농도는 0 DIF에서 유의성 있게 커졌다. 다른 조사치에서는 DIF에 의한 효과는 나타나지 않았다. 또 광강도가 높아질수록 생체중, 건물중

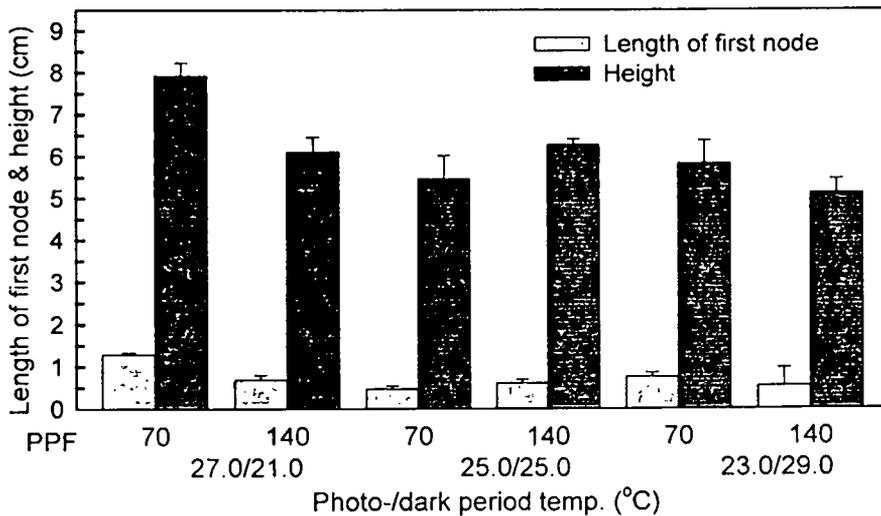


그림 3.3.4. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 첫째마디길이와 초장에 미치는 영향

및 엽면적이 유의성 있게 커졌다. 총엽록소농도와 첫째마디 길이는 광강도가 낮을수록 유의성 있게 컸다. DIF와 광강도의 상호작용에 의한 처리간에 유의성은 초장, 총엽록소농도 및 첫째마디 길이에서만 인정되었다.

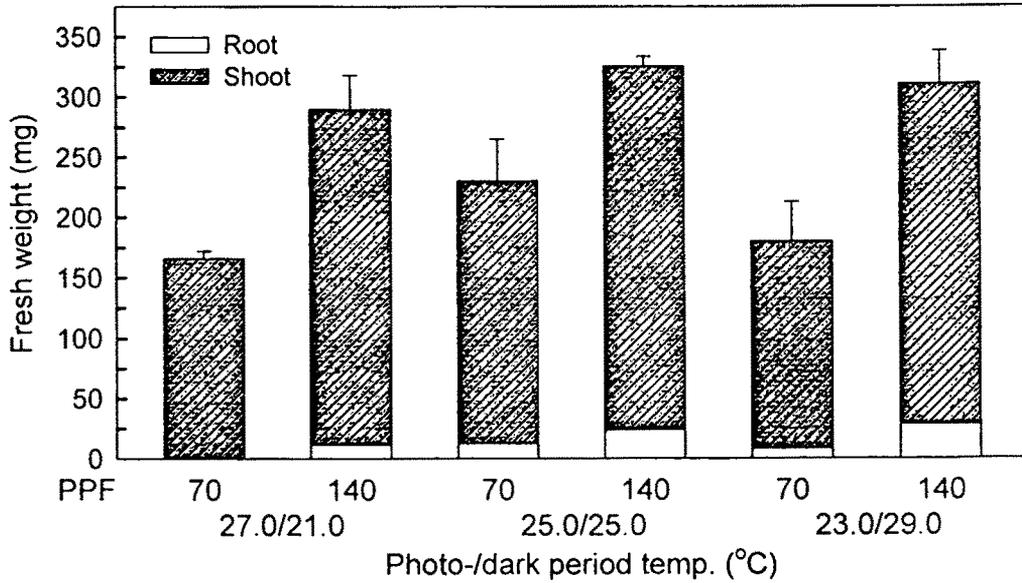


그림 3.3.5. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

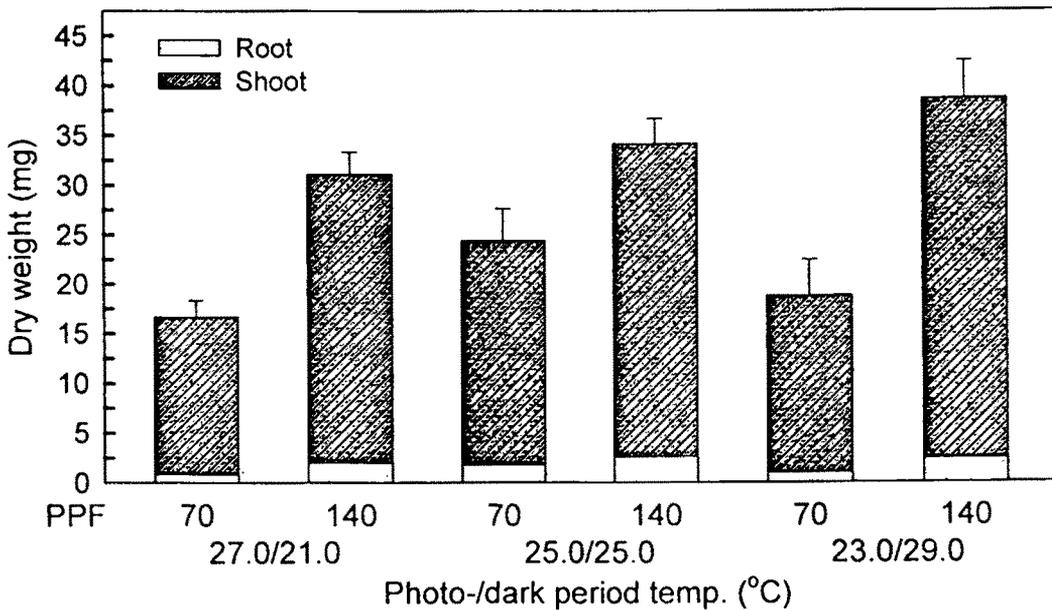


그림 3.3.6. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.3.2. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	T/R ratio	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
DIF (A)					
+	10.51	17.5	17.9	3.31	0.83
0	10.60	12.3	16.5	3.56	1.32
-	11.65	15.0	17.5	4.28	0.52
PPF (B)					
70	10.41	15.3	16.7	3.00	1.01
140	11.43	14.5	18.0	4.43	0.80
A	ns	ns	ns	*	**
B	ns	ns	ns	**	**
A×B	ns	ns	ns	ns	**
LSD _{0.05}	3.48	7.5	3.3	1.05	0.01

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

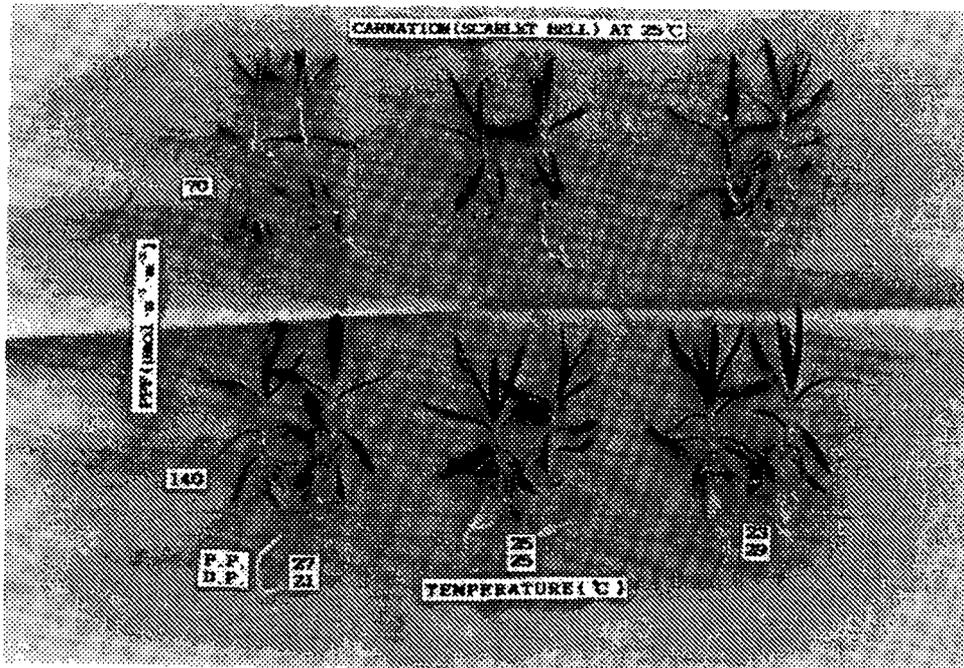


사진 3.3.2. 주·야간 온도차와 광도가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

나. 거베라

치상후 30일째의 생체중, 초장과 경장은 0 DIF 처리구에서 유의성 있게 컸다. 건물중, 최대근장, 엽면적 및 총엽록소농도는 - DIF 처리구에서 유의성 있게 컸다. 그러나 건물울, T/R 건물비 및 엽수는 유의성이 인정되지 않았다. 거베라 소식물체에서의 초장과 경장은 + DIF 처리구에서 생육이 억제되었다. 광강도가 높아질수록 생체중, 건물중, 엽수 및 엽면적이 유의성 있게 커졌다. 초장과 경장은 카아네이션 소식물체와 마찬가지로 광강도가 낮은 처리구에서 높은 처리구에서 보다 유의성 있게 컸다. 그러나, 건물울, T/R 건

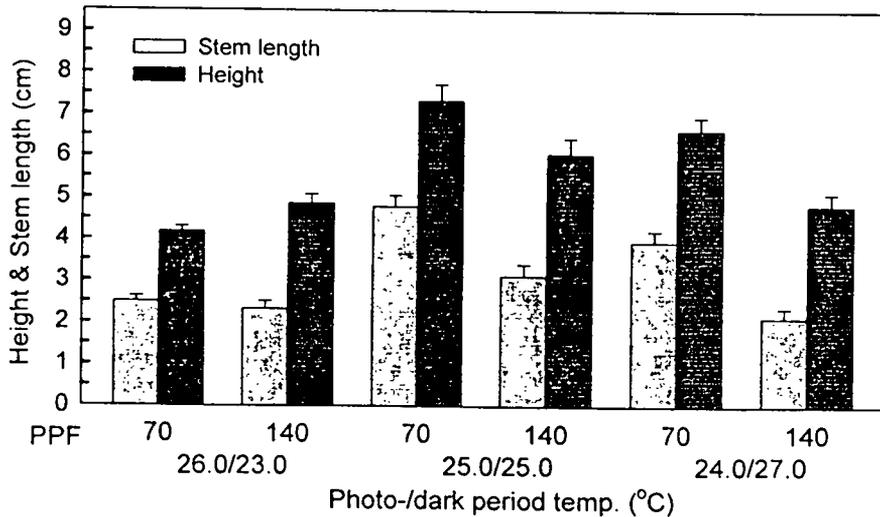


그림 3.3.7. 주·야간 온도차와 광도가 거베라 배양소식물체의 초장과 경장에 미치는 영향

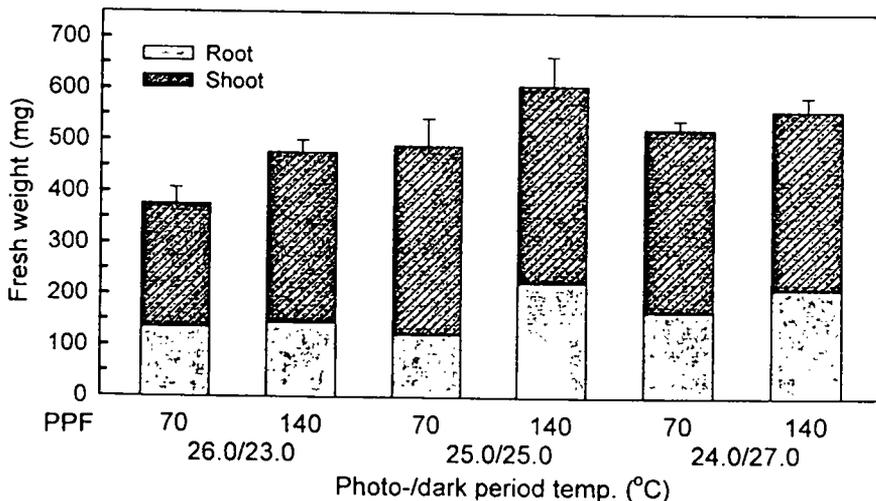


그림 3.3.8. 주·야간 온도차와 광도가 거베라 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

물비, 최대근장과 총엽록소농도는 유의성이 인정되지 않았다. DIF와 광강도의 상호작용에 의한 처리간에 유의성은 T/R 건물비, 초장, 최대근장 및 경장에서 유의성이 인정되었다. 광강도가 높은 처리구에서의 총엽록소농도가 낮은 처리구에서 보다 낮았는데 그것은 잎의 황화현상 때문인 것으로 사료된다.

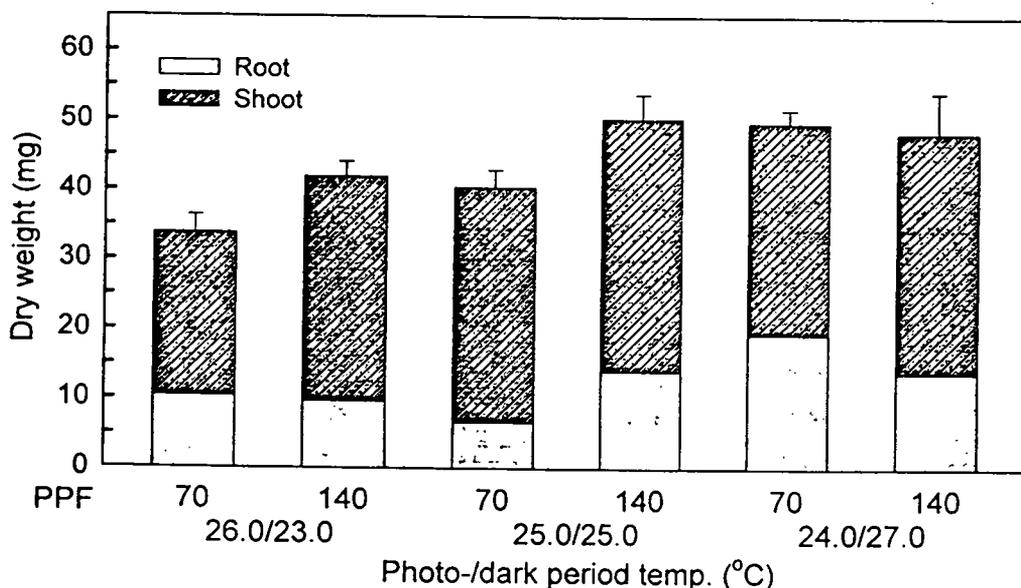


그림 3.3.9. 주·야간 온도차와 광도가 거베라 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.3.3. 주·야간 온도차와 광도가 거베라 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	T/R ratio	Dry matter (%)	Root length (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
DIF (A)						
+	2.98	8.92	5.23	6.68	4.10	0.62
0	4.05	8.27	6.41	6.33	5.75	0.74
-	3.41	8.48	6.46	6.53	6.13	0.84
PPF (B)						
70	3.79	8.52	5.85	6.22	4.51	0.76
140	3.18	8.60	6.22	6.80	6.14	0.71
A	ns	ns	**	ns	**	*
B	ns	ns	ns	*	**	ns
A×B	**	ns	*	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	1.21	1.31	0.86	0.94	1.52	0.19

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

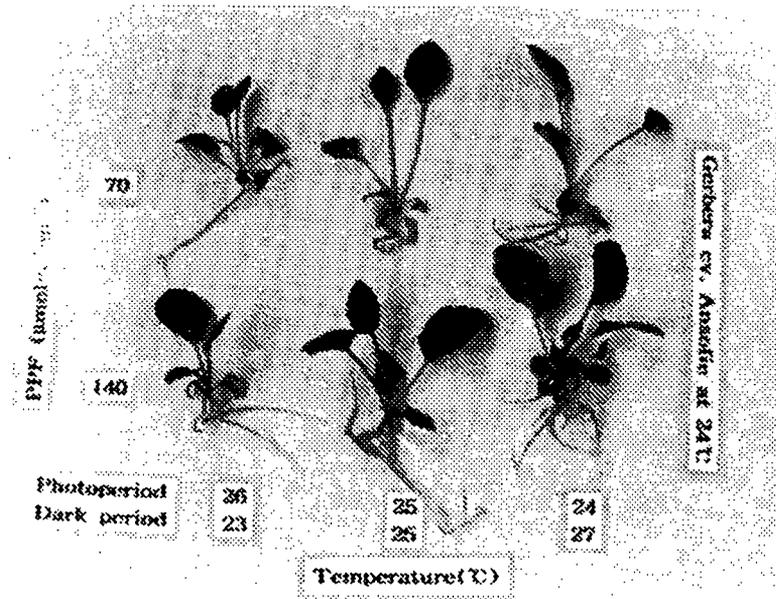


사진 3.3.3. 주·야간 온도차와 광도가 거베라 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

다. 딸기

(1) 실험 1

치상후 30일째의 생체중, T/R 건물비, 초장, 총엽록소농도 및 경장은 0 DIF 처리구에서 컷지만 유의성은 인정되지 않았다. 초장과 경장은 - DIF 처리구에서 억제되었다. 그리고 건물중, 건물율, 최대근장 및 엽면적은 - DIF 처리구에서 컷지만 유의성은 인정되

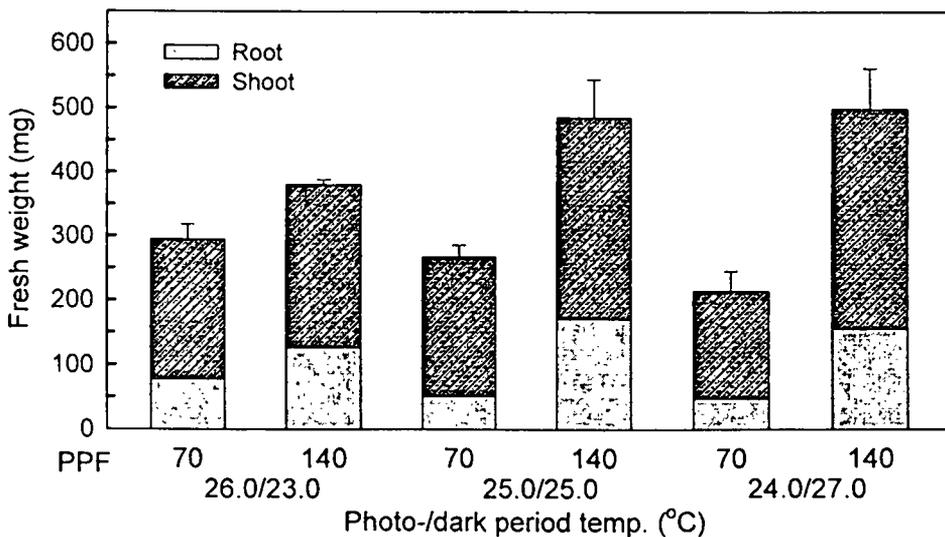


그림 3.3.10. 주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

지 않았다. 엽수는 + DIF 처리구에서 많았다. 생체중, 건물중, 초장, 엽면적은 광강도가 높은 처리구에서 낮은 처리구에서 보다 유의성 있게 컸다. 카네이션, 거베라 소식물체와는 달리 광강도가 높을수록 초장이 커지는 경향을 보였다. 건물율과 최대근장은 광강도가 낮은 처리구에서 높은 처리구에서 보다 컸다. 그러나 T/R 건물비, 엽수, 총엽록소농도 및 근장은 유의성이 인정되지 않았다. DIF와 광강도의 상호작용에 의한 처리간에 유의성은 생체중, 건물중, T/R 건물비 및 엽수에서 인정되었다.

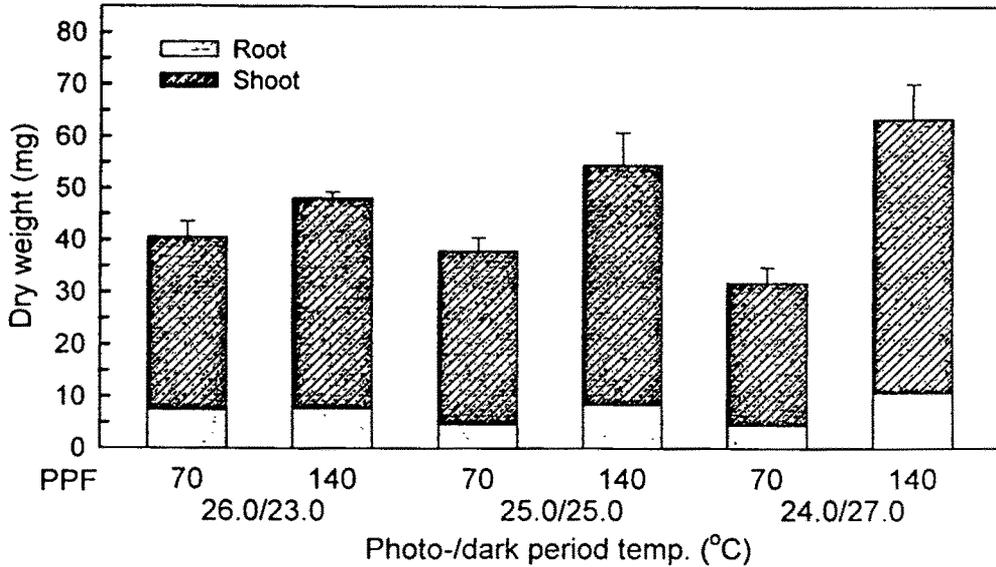


그림 3.3.11. 주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.3.4. 주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 성장에 미치는 영향²

Treatment	T/R ratio	Dry matter (%)	Root length (cm)	Height (cm)	Stem length (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
DIF (A)								
+	5.12	13.22	3.53	4.26	2.90	7.60	5.59	1.99
0	6.39	12.76	3.57	4.43	3.02	7.11	5.74	3.02
-	5.70	14.24	3.63	4.18	2.63	7.45	6.09	2.03
PPF (B)								
70	6.05	14.53	3.97	3.98	2.73	7.46	4.12	2.11
140	5.42	12.29	3.18	4.61	2.96	7.31	7.49	1.96
A	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B	ns	**	*	**	ns	ns	**	ns
A×B	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
LSD _{0.05}	1.70	2.26	1.17	0.64	0.51	1.29	1.47	0.31

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

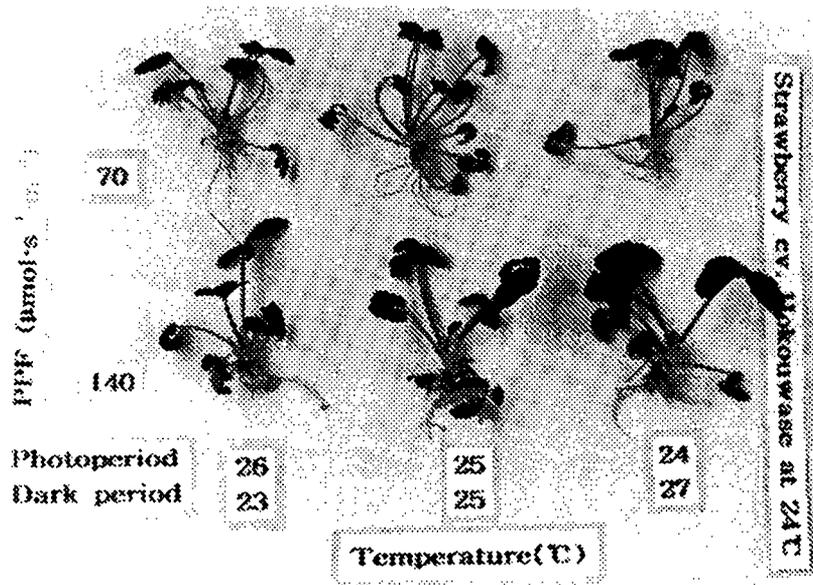


사진 3.3.4. 주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

(2) 실험 2

생체중, 건물중, T/R 건물비, 경장, 초장, 엽면적 및 총엽록소농도는 0 DIF에서 건물
 율은 - DIF에서 유의성 있게 컸다. 광강도가 높을수록 생체중, 건물중, 경장, 초장 및
 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 건물율, T/R건물비 및 총엽록소농도는 유의성 있게 작

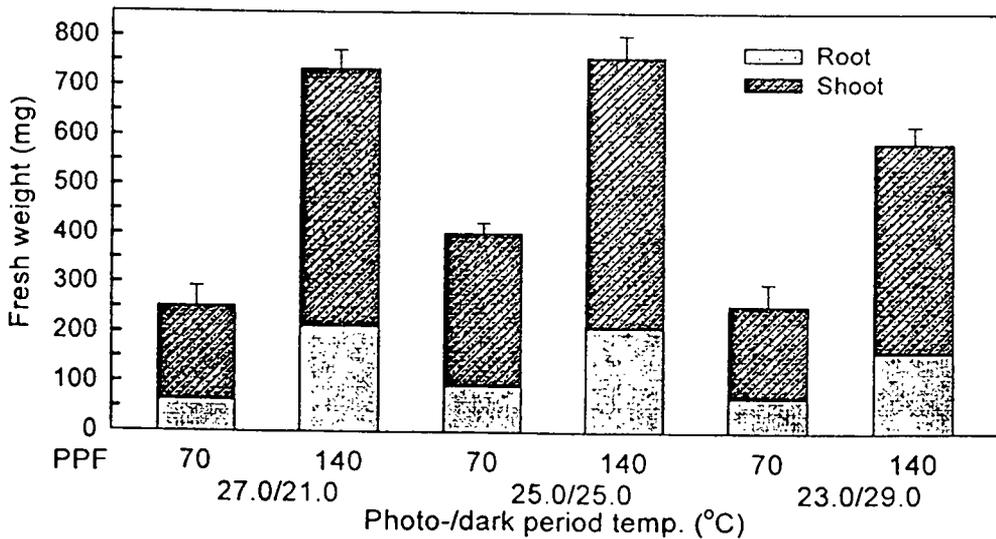


그림 3.3.12. 주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

아졌다. DIF와 광강도의 상호작용에 의한 처리간에 유의성은 생체중, 경장, 초장 및 총엽록소농도에서만 인정되었다.

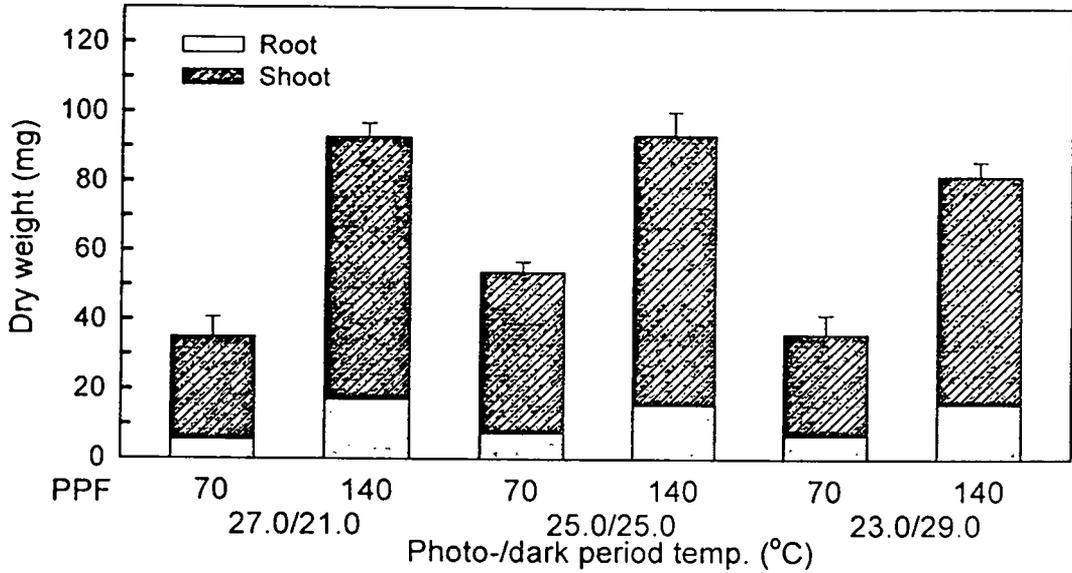


그림 3.3.13. 주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.3.5. 주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	T/R ratio	Stem length (cm)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
DIF (A)							
+	13.28	5.08	4.65	6.29	8.80	7.63	1.66
0	12.81	5.65	5.11	7.16	8.43	11.88	2.03
-	14.08	4.35	3.38	4.95	8.53	7.46	1.66
PPF (B)							
70	13.82	5.46	4.11	5.58	8.47	5.73	1.82
140	12.96	4.60	4.65	6.68	8.70	12.25	1.75
A	**	*	**	**	ns	**	**
B	**	*	**	**	ns	**	**
A×B	ns	ns	**	**	ns	ns	**
LSD _{0.05}	0.82	1.26	0.62	0.88	1.07	2.27	0.11

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

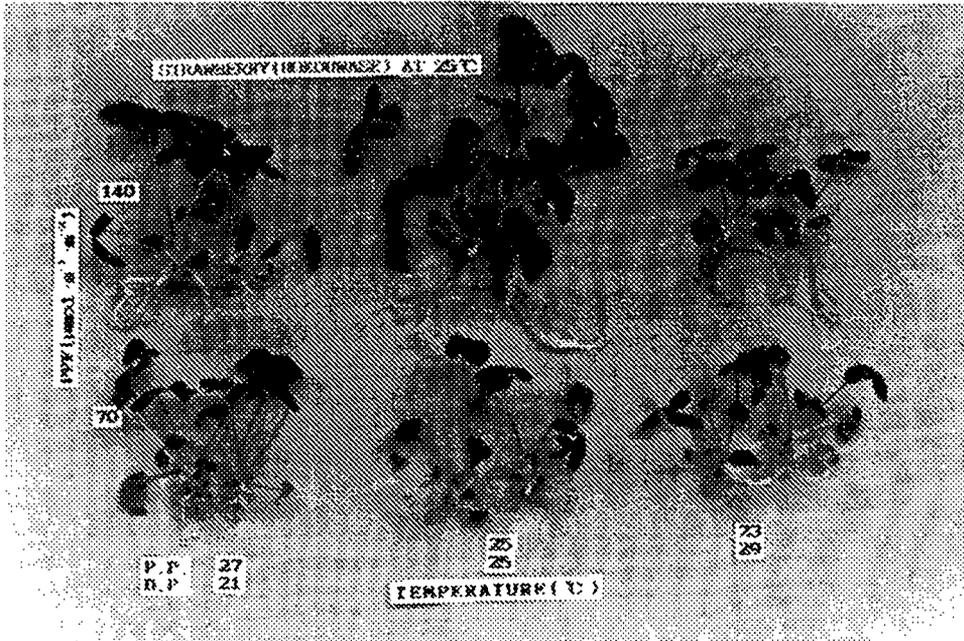


사진 3.3.5. 주·야간 온도차와 광도가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

라. 스타티스

스타티스 배양소식물체는 DIF에 의한 효과는 나타나지 않았다. 그러나 광강도가 높을수

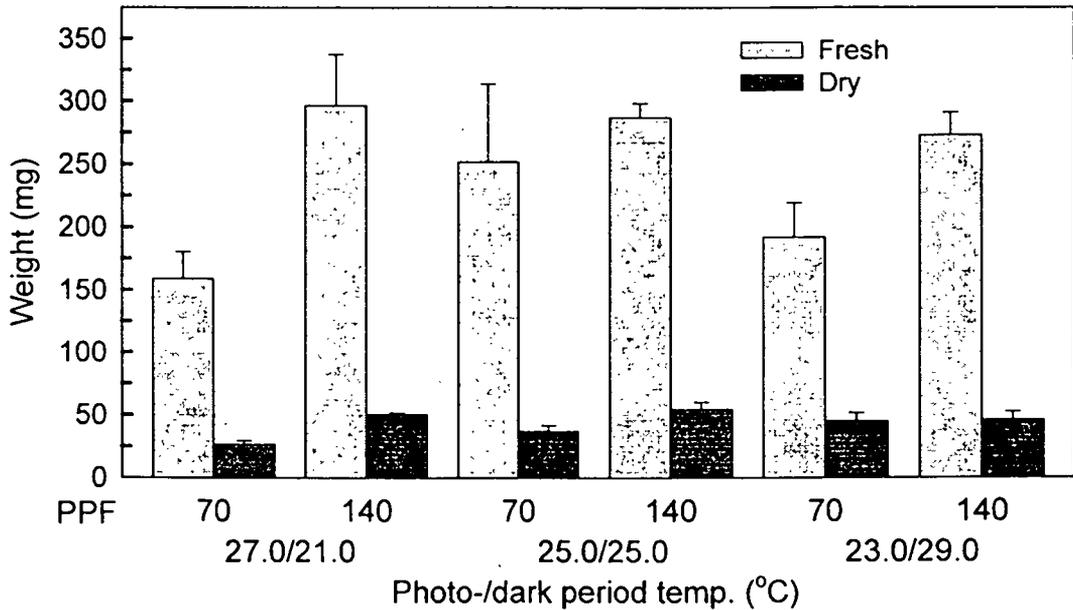


그림 3.3.14. 주·야간 온도차와 광도가 스타티스 배양소식물체의 생체중과 건물중에 미치는 영향

록 생체중, 건물중 및 초장은 유의성 있게 커졌다. DIF와 광강도의 상호작용에 의한 처리 간에 유의성은 엽면적에서만 인정되었다.

표 3.3.6. 주·야간 온도차와 광도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter(%)	Height(cm)	No. of leaves	Leaf area(cm ²)
DIF (A)				
+	17.40	2.93	18.58	7.98
0	17.40	3.13	21.58	10.00
-	20.12	2.67	21.13	7.80
PPF (B)				
70	18.76	2.73	18.67	7.91
140	17.86	3.08	22.19	9.28
A	ns	ns	ns	ns
B	ns	*	ns	ns
A×B	ns	ns	ns	**
LSD _{0.05}	7.17	0.59	6.37	2.70

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

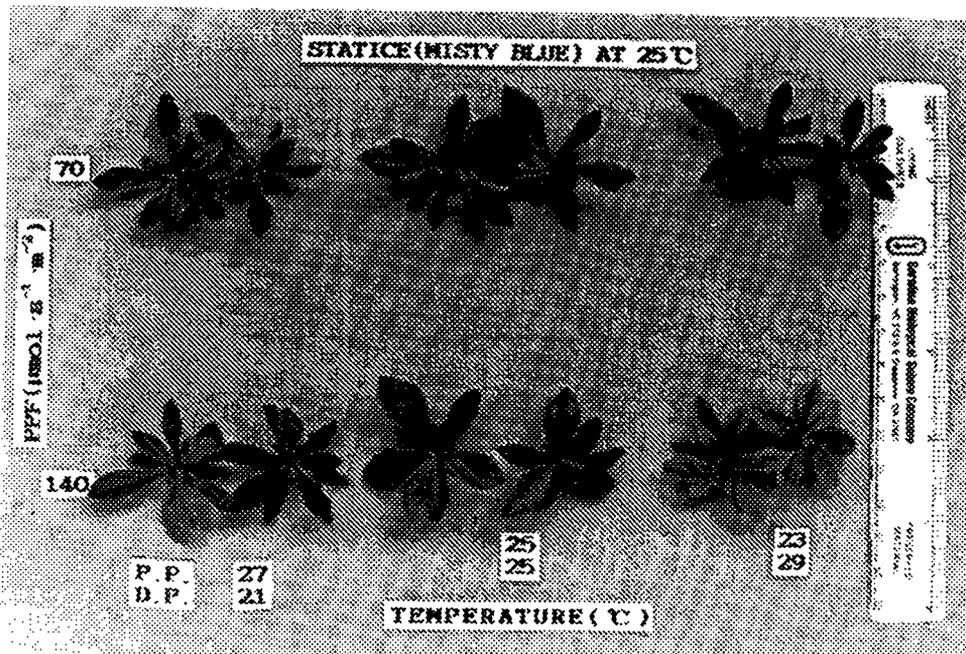


사진 3.3.6. 주·야간 온도차와 광도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

제 4 절 광독립 자가영양배양에서 명·암기 주기와 환기회수의 영향

1. 재료 및 방법

공식식물로는 카아네이션(*Dianthus caryophyllus* cv. Scarlet Bell), 스타티스(*Limonium* spp. cv. Misty Blue) 및 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Houkouwase)를 이용했다. 외식체로는 관행의 광혼합영양배양으로 증식한 카아네이션, 스타티스 및 딸기 배양소식물체의 소엽을 남기고 뿌리를 제거한 것을 이용하였다. 배양기당의 4개의 외식체를 치상하였다. 카아네이션은 1996년 11월 16일부터 12월 19일까지, 스타티스는 1997년 1월 17일까지, 그리고 딸기는 1996년 11월 17일부터 12월 28일까지 실험을 실시했다. 용적 $3.7 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$ 의 Magenta(GA7, Sigma Chemical Co., 미국) 배양기로 이용하였고 뚜껑에 직경 10 mm의 구멍을 1개 뚫어 통기성의 microporous filter(FWMS 018 00, 상품명 Milliseal, 공경 $0.5 \mu\text{m}$, 직경 $18 \mu\text{m}$, 일본Millipore주식회사, Tokyo)를 구멍에 붙여 배양기의 환기회수는 약 2.8 h^{-1} 로 높였다. Murashige & Skoog 배지(당, 비타민 무첨가)를 외식체당 카아네이션과 딸기는 $1 \times 10^{-5} \text{ m}^3$, 스타티스는 $1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 이용하고, 지지물로는 $8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ agar를 이용하였다. 배지의 pH는 멸균전에 5.70으로 조절하였다. 배양기는 기온 23-25℃, 상대습도 70-80%로 유지된 자가영양 배양실에 놓여졌다. 3과장 cool-white 형광등을 이용하여 $16 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 의 명기동안 $125 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광과 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 의 CO_2 를 공급하였다. 실험구는 일장 3수준(16/8, 8/4, 4/2 명기/암기 주기의 반복)과 환기회수 2수준(0.1 h^{-1} , 2.8 h^{-1})의 6처리구였다.

2. 실험결과

가. 카네이션

명기 8시간 암기 4시간 처리구에서 생체중, 건물중, 초장 및 엽수가 유의성 있게 컸다. T/R 건물비, 엽면적 및 총엽록소농도는 명기 8시간과 암기 4시간 처리구에서 컸지만 유의차가 없었다. 또 환기회수가 높은 구에서 생체중, 건물중, 초장 및 엽면적은 유의성 있게 커진 반면, T/R 건물비는 유의성 있게 줄어 들었다. 그러나 엽수 및 총엽록소농도는 영향을 받지 않았다. 일장과 환기회수의 상호작용은 유의성이 인정되지 않았다.

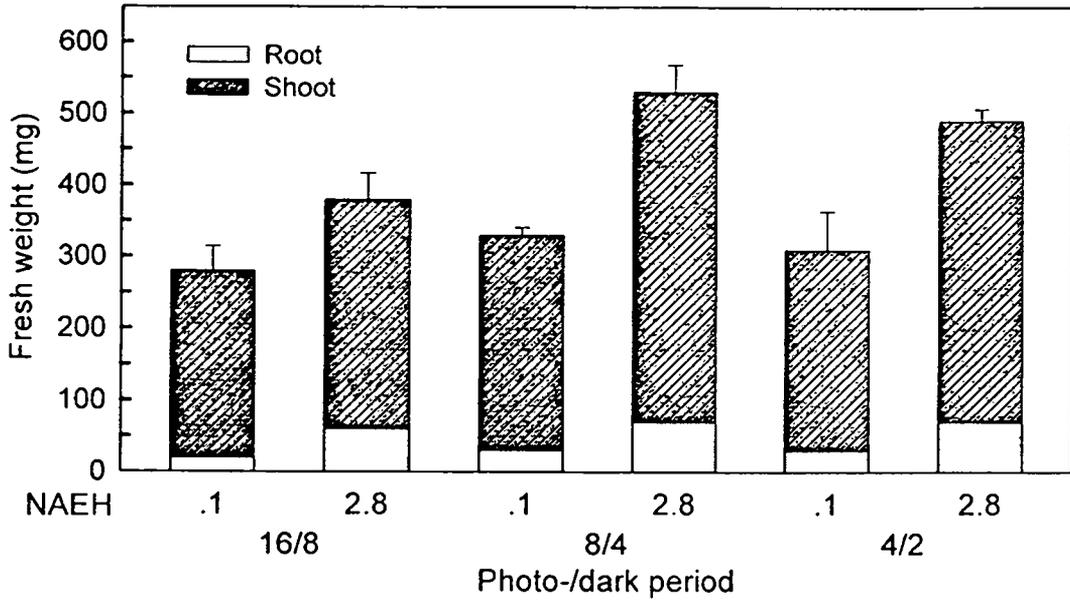


그림 3.4.1. 일장과 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

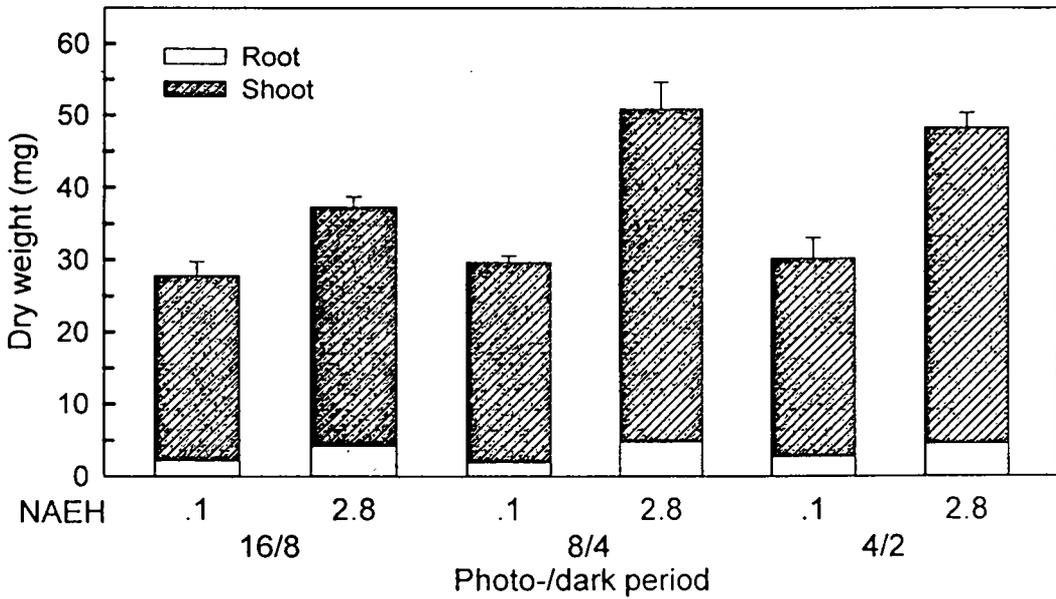


그림 3.4.2. 일장과 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.4.1. 일장과 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	T/R ratio	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
Photoperiod (Photo- /dark period) (A)					
16 / 8	9.96	5.42	14.47	4.92	0.36
8 / 4	11.27	6.46	16.63	6.19	0.46
4 / 2	10.86	5.67	15.94	5.50	0.39
Air exchange rate (B)					
0.1	11.97	5.48	15.31	4.77	0.43
2.8	9.42	6.22	16.04	6.30	0.37
A	ns	**	*	ns	ns
B	*	**	ns	**	ns
A×B	ns	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	4.13	0.73	2.17	1.42	0.12

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

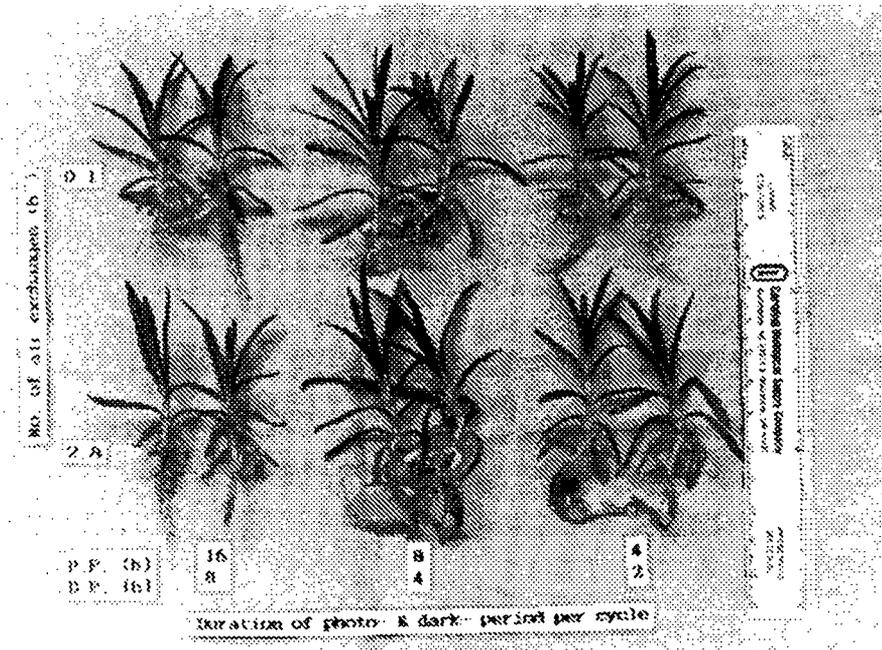


사진 3.4.1. 일장과 환기회수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

나. 스타티스

명기 8시간 암기 4시간 처리구에서 생체중, 건물중, 초장 및 엽면적이 컸지만 초장에서만 그 유의성이 인정되었고 건물중 및 엽수는 명기 16시간과 암기 8시간 처리구에서 컸지만 유의차가 없었다. 총엽록소농도는 명기 4시간 암기 2시간 처리구에서 유의성 있게 컸

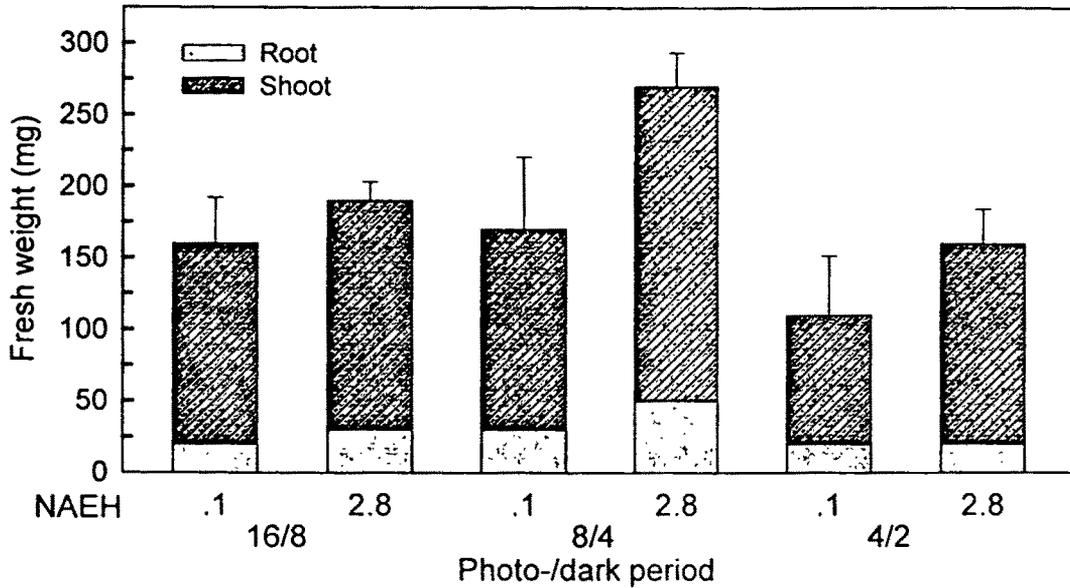


그림 3.4.3. 일장과 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

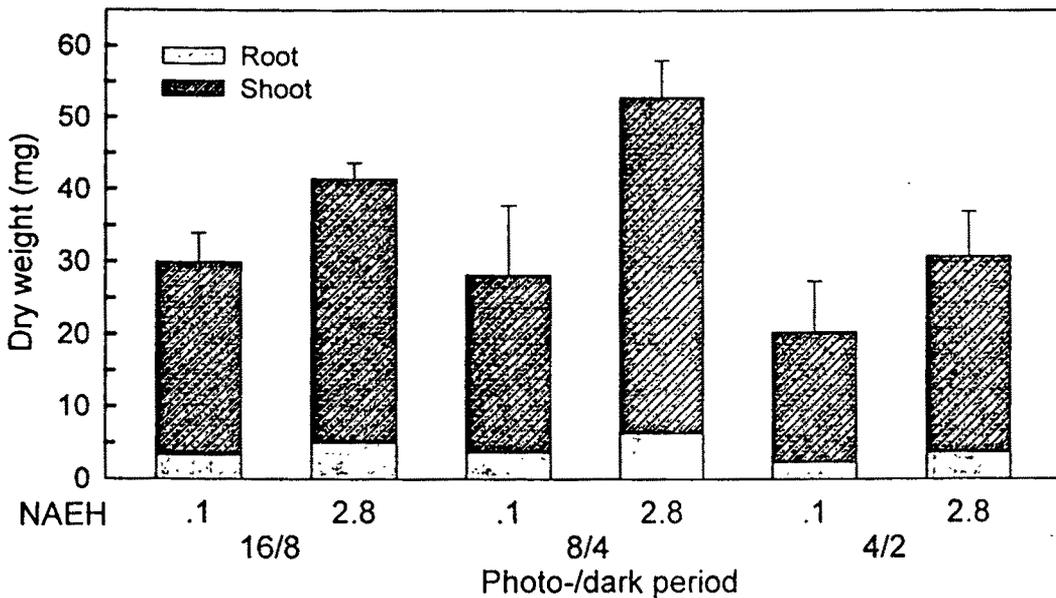


그림 3.4.4. 일장과 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

다. 또 환기회수가 높은 구에서 건물중, 초장, 엽수 및 엽면적은 유의성 있게 커졌다. 그러나 생체중, 건물율 및 총엽록소농도는 영향을 받지 않았다. 일장과 환기회수의 상호작용은 유의성이 인정되지 않았다.

표 3.4.2. 일장과 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
Photoperiod (Photo- /dark period) (A)					
16 / 8	20.45	2.36	20.01	3.49	0.33
8 / 4	18.37	2.44	18.79	4.65	0.44
4 / 2	19.20	1.86	17.11	3.17	0.49
Air exchange rate (B)					
0.1	18.33	2.05	17.15	2.92	0.41
2.8	20.34	2.39	20.13	4.62	0.43
A	ns	*	ns	ns	**
B	ns	*	*	*	ns
A×B	ns	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	4.74	0.57	3.71	2.78	0.11

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

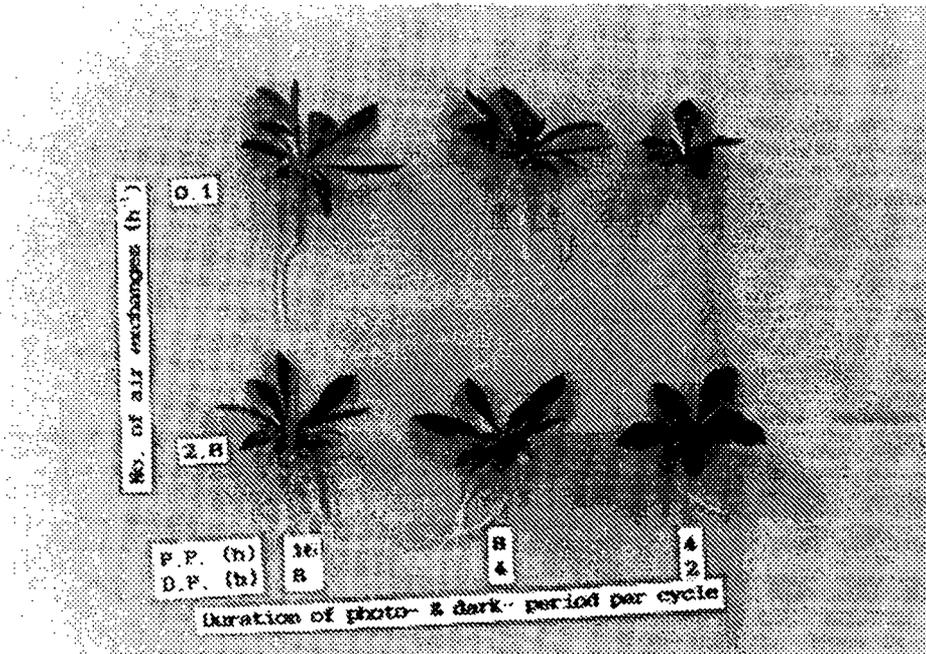


사진 3.4.2. 일장과 환기회수가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

다. 딸기

명기 16시간과 암기 8시간 처리구에서 생체중, 초장 및 엽수가 유의성 있게 커진 반면 건물율은 유의성 있게 작았다. 건물율은 명기 16시간 암기 8시간 처리구에서 엽면적은 명기 8시간과 암기 4시간 처리구에서 유의성 있게 컸다.

또 환기회수가 높은 구에서 생체중, 건물중, 건물율, 초장 및 엽면적은 유의성 있게 커졌다. 일장과 환기회수의 상호작용은 유의성은 엽면적과 총엽록소농도에서 인정되었다.

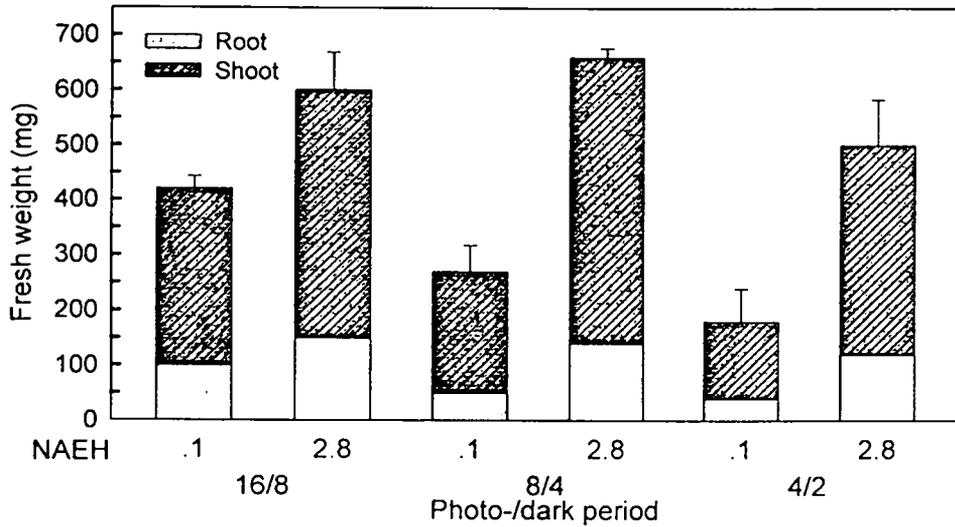


그림 3.4.5. 일장과 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

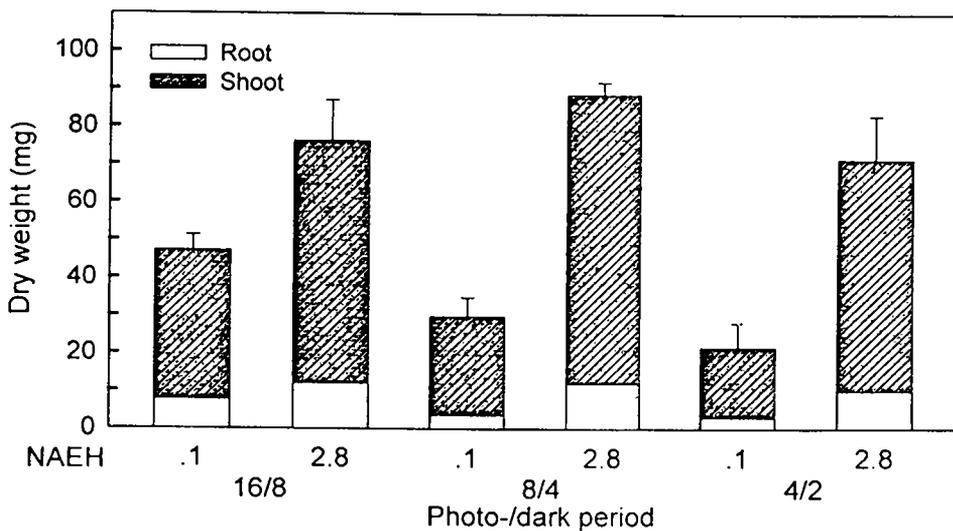


그림 3.4.6. 일장과 환기회수가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.4.3. 일장과 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
Photoperiod (Photo- /dark period) (A)					
16 / 8	11.85	6.74	8.96	8.88	1.78
8 / 4	12.41	5.86	8.43	9.98	1.37
4 / 2	13.43	4.26	7.57	7.07	1.78
Air exchange rate (B)					
0.1	11.66	4.44	8.13	5.19	1.59
2.8	13.46	6.79	8.50	12.09	1.69
A	*	**	*	*	ns
B	**	**	ns	**	ns
A×B	ns	ns	ns	*	*
LSD _{0.05}	1.78	1.65	1.35	2.90	0.61

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

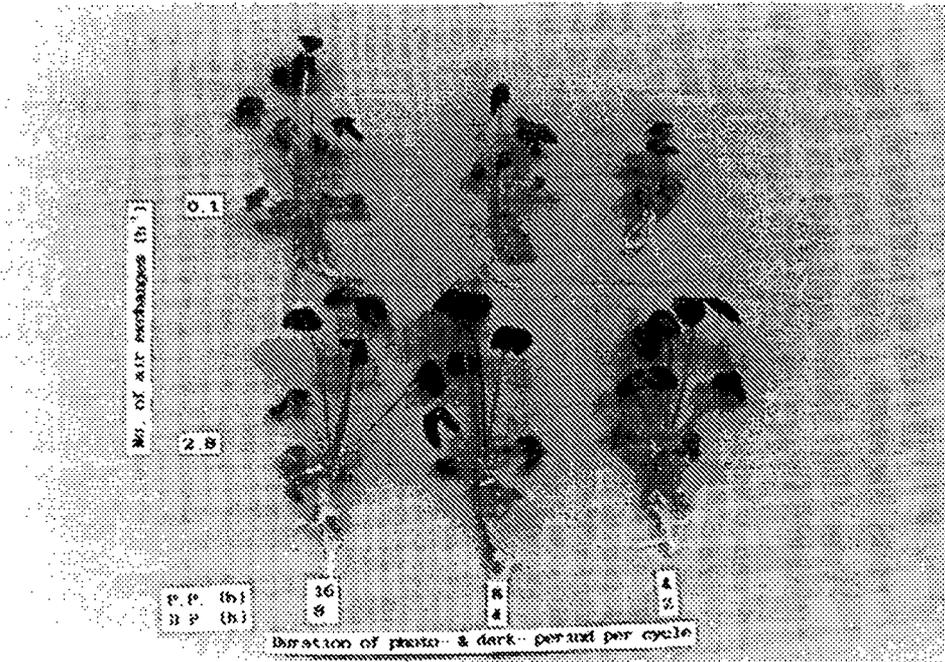


사진 3.4.3. 일장과 환기회수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

제 5 절 광독립 자가영양배양에서 광도, 주·야간 온도차(DIF) 및 일장의 상호작용

1. 재료 및 방법

공식식물로는 카네이션(*Dianthus caryophyllus* cv. Scarlet Bell), 스타티스(*Limonium* spp. cv. Misty Blue) 및 딸기(*Fragaria × ananass* Duch. cv. Houkouwase)를 이용했다. 외식체로는 관행의 광혼합영양배양으로 증식한 카아네이션, 스타티스 및 딸기 배양소식물체의 소엽을 남기고 뿌리를 제거한 것을 이용하였다. 배양기당의 4개의 외식체를 치상하였다. 카아네이션은 1997년 4월 1일부터 5월 2일까지 스타티스는 1월 21일부터 3월 25일까지 딸기는 1월 29일부터 3월 7일까지 실험을 실시했다. 용적 $3.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 의 Magenta(GA7, Sigma Chemical Co., 미국) 배양기로 이용하였고 뚜껑에 직경 10 mm의 구멍을 1개 뚫어 통기성의 microporous filter(상품명: Milliseal, 공경: $0.5 \mu\text{m}$, 직경 $18 \mu\text{m}$, 일본Millipore주식회사, Tokyo)를 구멍에 붙여 배양기의 환기회수는 약 2.8 h^{-1} 로 높였다. Murashige & Skoog 배지(당, 비타민 무첨가)를 외식체당 카아네이션과 딸기는 $1 \times 10^{-5} \text{ m}^3$, 스타티스는 $1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 이용하고, 지지물로는 $8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ agar를 이용하였다. 배지의 pH는 멸균전에 5.70으로 조절하였다. 배양기는 평균기온 25°C , 상대습도 70-80%로 유지된 자가영양배양실에 놓여졌다. 3파장 cool-white형광등을 이용하여 $16 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 의 명기동안 70과 $140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광과 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 의 CO_2 를 공급하였다. 실험구는 주·야간 온도차 2수준(+, 주간 27°C & 야간 21°C ; 0, 주간 야간 공히 25°C), 일장 2수준(16/8, 8/4, 명기/암기 주기반복)과 광강도 2수준($70, 140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)의 8처리구였다.

2. 실험결과

가. 카네이션

+ DIF에서 T/R 건물비 및 초장이 유의성 있게 컸다. 명기 16시간 암기 8시간 처리구에서 생체중, 건물중, 초장, 엽수, 엽면적 및 총엽록소농도가 유의성 있게 커진 반면 T/R 건물비는 유의성 있게 줄어들었다. 광강도에 의한 효과를 보면 광강도가 높아질수록 생체중, 건물중 및 T/R 건물비가 유의성 있게 커진 반면 총엽록소농도는 유의성 있게 작아졌다. DIF와 일장의 상호작용은 생체중, 건물중, T/R 건물비, 엽면적 및 총엽록소농도에서 그 유의성이 인정되었다. DIF와 광강도의 상호작용은 T/R 건물비 및 초장에서 유의성이 인정되었고, 일장과 광강도의 상호작용은 T/R 건물비, 초장, 엽수, 엽면적 및 총엽록소농도에서 유의성이 인정되었다. DIF, 일장 그리고 광강도에 의한 처리간에 유의성은 건물중과 T/R 건물비에서만 인정되었다.

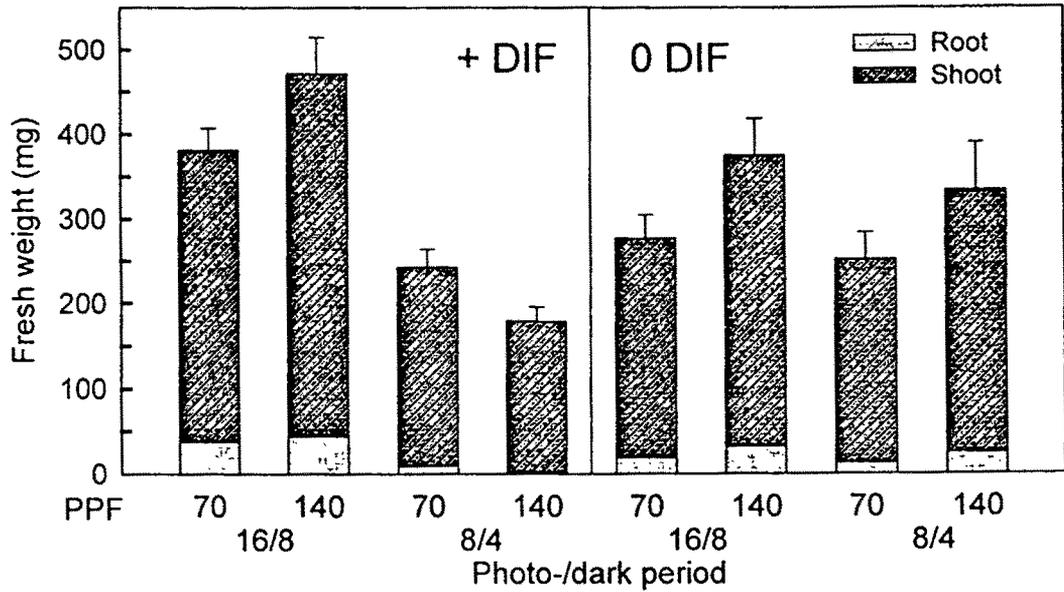


그림 3.5.1. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

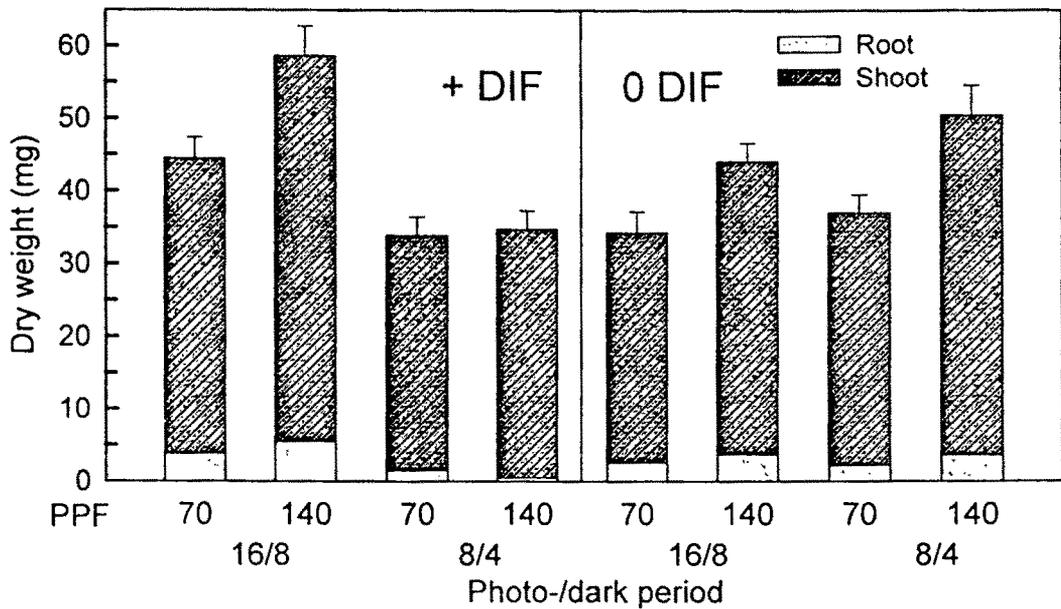


그림 3.5.2. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

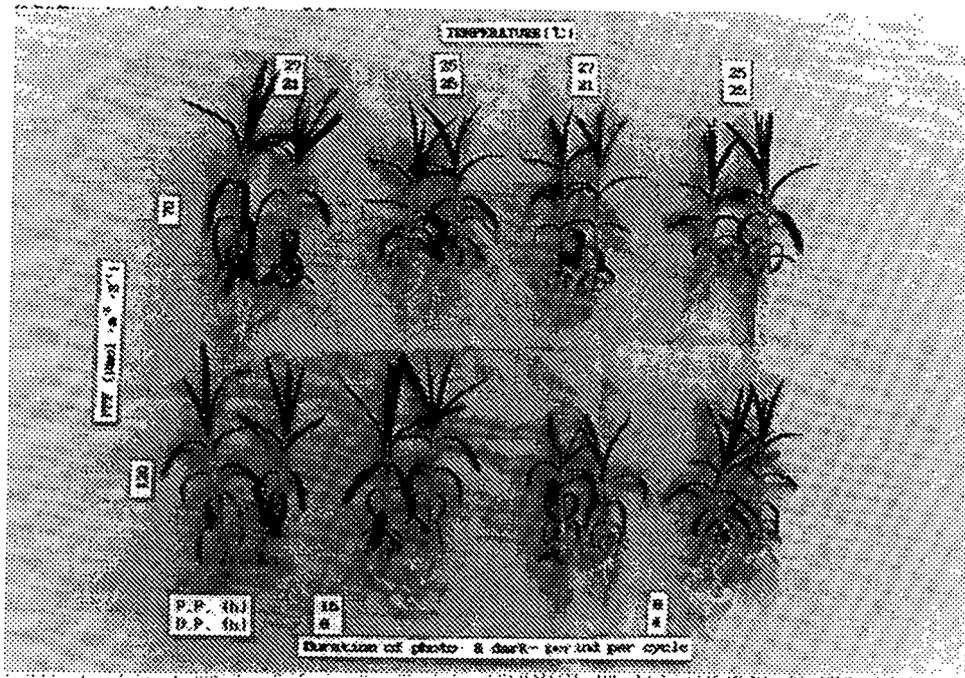


사진 3.5.1. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

표 3.5.1. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향^a

Treatment	T/R ratio	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
DIF (A)					
+	30.11	7.48	16.13	2.02	1.14
0	15.14	6.20	14.97	2.21	1.28
Photoperiod (Photo- /dark period) (B)					
16 / 8	11.86	7.28	16.56	2.56	1.48
8 / 4	33.39	6.40	14.53	1.68	0.94
PPF (C)					
70	16.40	6.92	15.16	1.95	1.48
140	28.85	6.77	15.94	2.28	0.94
A	**	**	ns	ns	ns
B	**	*	**	**	**
C	*	ns	ns	ns	**
A×B	**	ns	ns	*	**
A×C	**	*	ns	ns	ns
B×C	**	*	*	*	*
A×B×C	*	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	20.0	1.56	2.55	0.93	0.34

^az**, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

나. 스타티스

+ DIF에서 건물중, 초장 및 엽면적이 유의성 있게 커졌다. 명기 16시간과 암기 8시간 처리구에서 엽수 및 총엽록소농도가 유의성 있게 커졌다. 광강도에 의한 효과는 총엽록소 농도에서만 광강도가 낮을수록 유의성 있게 커졌다. DIF와 일장의 상호작용은 건물중, 초장, 엽수 및 엽면적에서 그 유의성이 인정되었다. 일장과 광강도의 상호작용은 생체중, 초장, 엽수 및 엽면적에서 유의성이 인정되었다. DIF, 일장 그리고 광강도에 의한 처리간에 유의성은 총엽록소농도에서만 인정되었다.

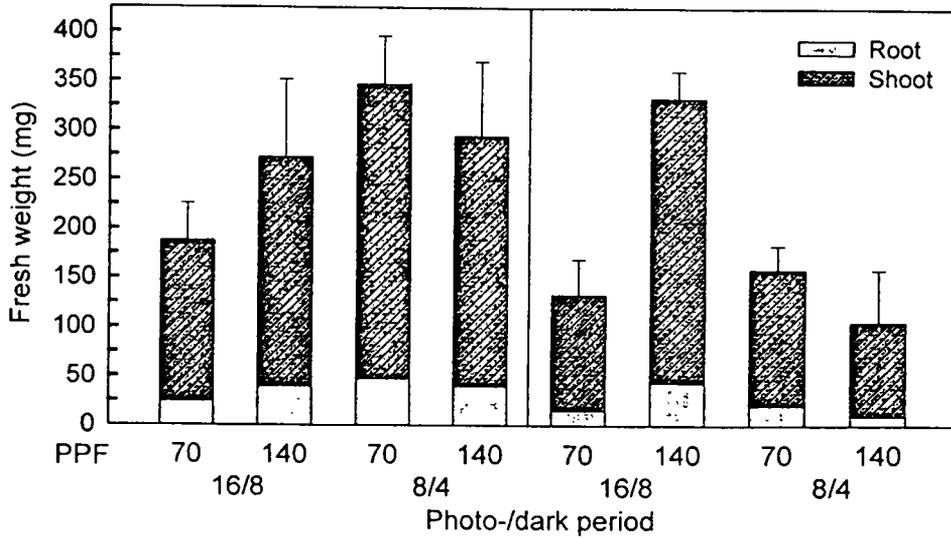


그림 3.5.3. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 스타티스 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

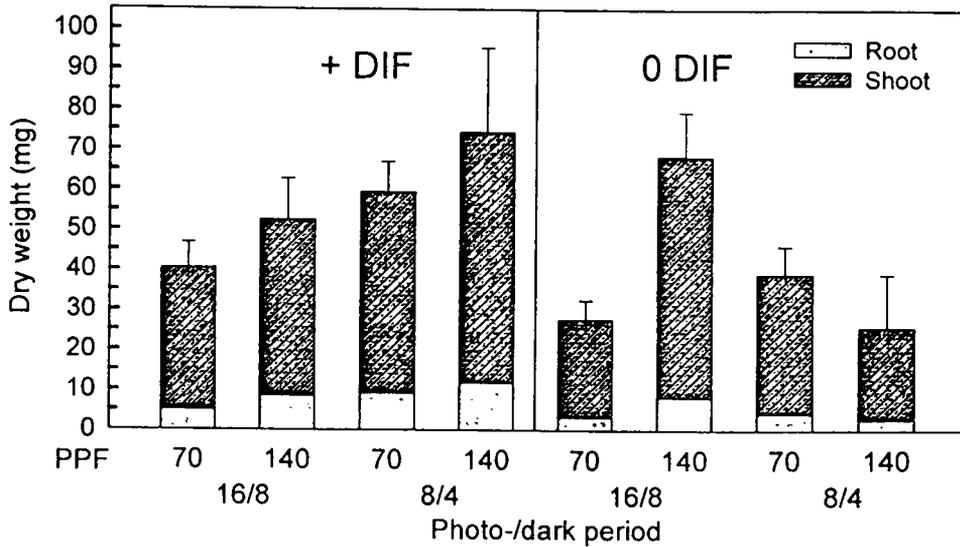


그림 3.5.4. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 스타티스 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

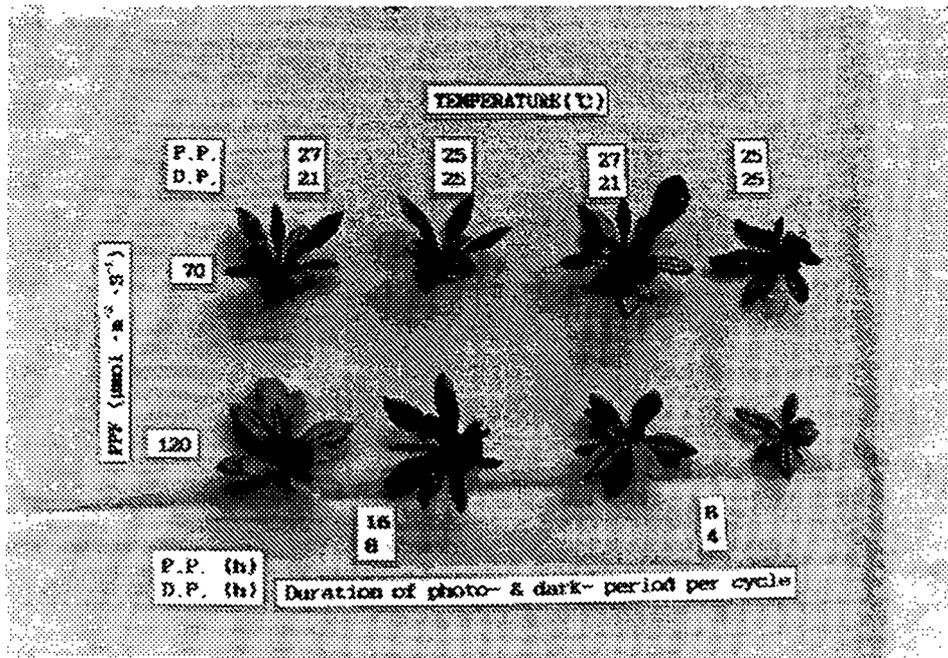


사진 3.5.2. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

표 3.5.2. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	T/R ratio	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
DIF (A)					
+	5.98	2.64	18.28	5.47	0.39
0	7.67	2.25	18.18	3.87	0.40
Photoperiod (Photo- /dark period) (B)					
16/8	7.21	2.55	20.35	4.74	0.51
8/4	6.45	2.34	16.10	4.60	0.27
PPF (C)					
70	7.48	2.55	17.58	4.36	0.58
140	6.18	2.34	18.87	4.98	0.20
A	ns	*	ns	*	ns
B	ns	ns	**	ns	**
C	ns	ns	ns	ns	**
A×B	ns	*	**	*	ns
A×C	ns	ns	ns	ns	ns
B×C	ns	**	**	**	ns
A×B×C	ns	ns	ns	ns	*
LSD0.05	3.42	0.71	5.60	2.90	0.22

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

다. 딸기

+ DIF에서 엽수가 유의성 있게 커진 반면 초장 및 총엽록소농도는 유의성 있게 줄어들었다. 명기 16시간과 암기 8시간 처리구에서 T/R건물비 및 초장이 유의성 있게 커졌다. 광강도에 의한 효과는 광강도가 높아질수록 건물중 및 엽수가 커진 반면 T/R 건물비, 초장 및 총엽록소농도는 유의성 있게 줄어들었다. DIF와 일장의 상호작용은 초장에서 그 유의성이 인정되었다. DIF와 광강도의 상호작용은 생체중, 초장, 엽면적 및 총엽록소농도에서 유의성이 인정되었다. DIF, 일장 및 광강도에 의한 처리간에 유의성은 인정되지 않았다.

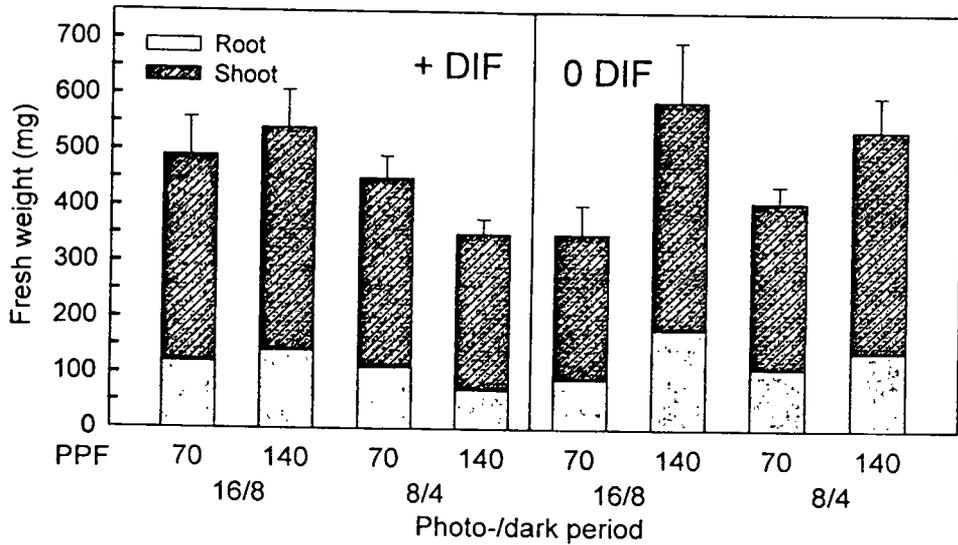


그림 3.5.5. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

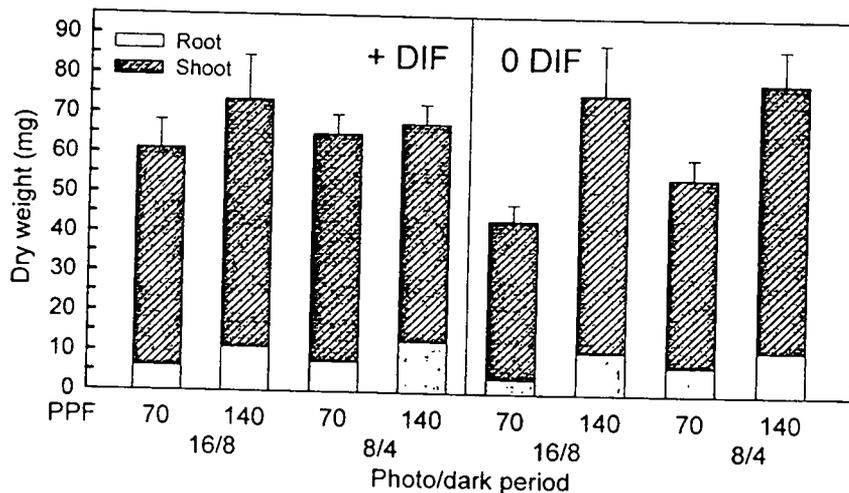


그림 3.5.6. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

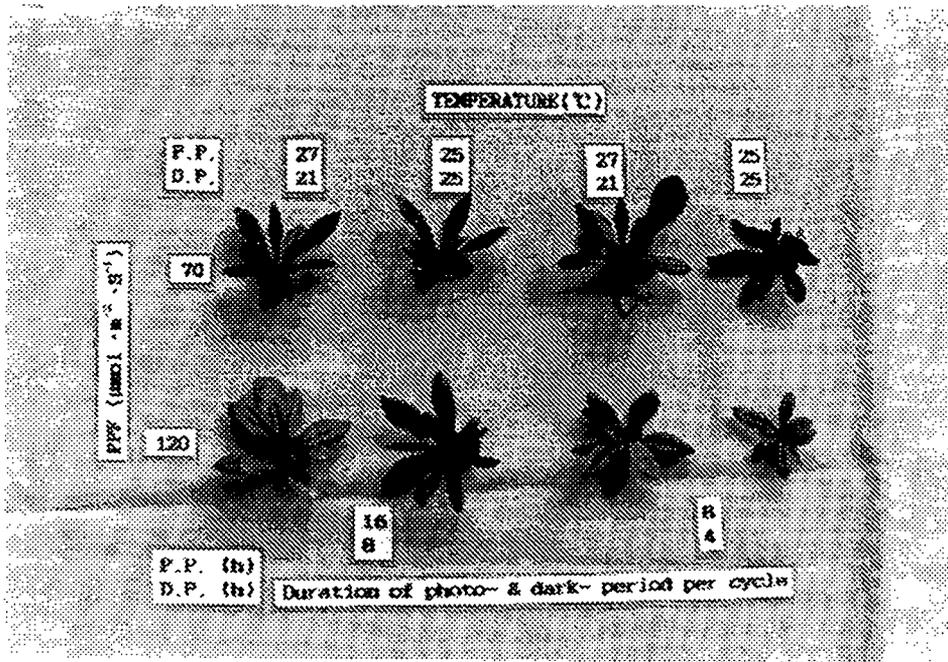


사진 3.5.3. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

표 3.5.3. 주·야간 온도차, 광도 및 일장이 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향²

Treatment	T/R ratio	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
DIF (A)					
+	6.91	5.02	7.99	5.30	2.20
0	7.77	5.95	6.92	5.51	2.52
Photoperiod (Photo- /dark period) (B)					
16 / 8	8.11	6.05	7.28	5.57	2.45
8 / 4	6.56	4.92	7.63	5.24	2.27
PPF (C)					
70	8.91	5.97	7.15	5.05	2.52
140	5.77	5.00	7.76	5.77	2.21
A	ns	**	**	ns	**
B	*	**	ns	ns	ns
C	**	**	**	ns	**
A×B	ns	*	ns	ns	ns
A×C	ns	*	ns	*	*
B×C	ns	ns	ns	ns	ns
A×B×C	ns	ns	ns	ns	ns
LSD0.05	2.93	1.21	0.87	2.10	0.36

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

제 6 절 발근단계에서 영양체계가 배양묘의 생장에 미치는 영향

1. 재료 및 방법

공식식물은 카네이션(*Dianthus caryophyllus* cv. Scarlet Bell)와 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Houkouwase)를 이용했다. 외식체로는 관행의 광혼합영양배양으로 증식한 카네이션과 딸기 배양소식물체의 소엽을 남기고 뿌리를 제거한 것을 이용하였다. 배양기당의 4개의 외식체를 치상하였다. 카네이션은 1996년 6월 4일에, 그리고 딸기는 1996년 6월 5일에 실험을 시작했다. 용적 $3.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 의 Magenta(GA7, Sigma Chemical Co., 미국) 용기를 이용하였고 배양기의 환기회수를 증진시키기 위하여 배양기의 뚜껑에 직경 10 mm의 구멍을 1개 뚫어 통기성의 microporous filter(상품명 Milliseal, 공경 $0.5 \mu\text{m}$, 직경 $18 \mu\text{m}$, 일본 Millipore 주식회사, Tokyo)를 구멍에 붙여 배양기의 환기회수는 약 2.8 h^{-1} 로 높였다. 외식체당 $1 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^3$ 의 Murashige & Skoog(MS, 1962)배지를 이용하고, 지지물로는 분말한천($8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)을 이용하였다. 배지의 pH는 배지멸균전에 5.80으로 조절하였다. 배양기는 주·야간 평균기온 24°C , 상대습도 70-80%로 유지된 배양실에 놓여졌다. 광원으로는 3파장 cool-white형광등을 이용하였으며 명기는 $16 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 으로 하였다. 실험구는 광혼합영양배양(PPF $35 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, CO_2 농도 $350 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, 환기회수 0.1 h^{-1} , MS 기본배지)과 자가영양배양(PPF $140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, CO_2 농도 $1,000 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, 환기회수 2.8 h^{-1} , MS 기본배지에 당과 비타민 무첨가)의 2처리구로 설정하였다. 카네이션은 배양 35일째에 딸기는 배양 34일째에 각 실험구의 배양기로부터 소식물체를 꺼내 생체중, 건물중, 엽수, 엽면적, 초장, 최대근장, 신초수 및 총엽록소농도를 측정하였다. 엽록소농도는 실험 1에서 기술한 방법을 이용하여 측정하였다.

2. 실험결과

가. 카네이션

치상후 35일째의 생체중, 건물중, 최대근장 및 엽면적은 자가영양 배양구에서 유의성 있게 커졌다. 그러나 건물율, T/R 건물비, 초장, 신초수, 엽수 및 총엽록소농도는 처리구간의 유의차가 없었다.

광혼합영양배양에서의 카네이션은 유리화되는 경향을 보였으며 줄기가 가늘고 절간이 긴 반면 자가영양배양에는 뿌리가 길고 뿌리수도 많았으며 절간이 짧았다.

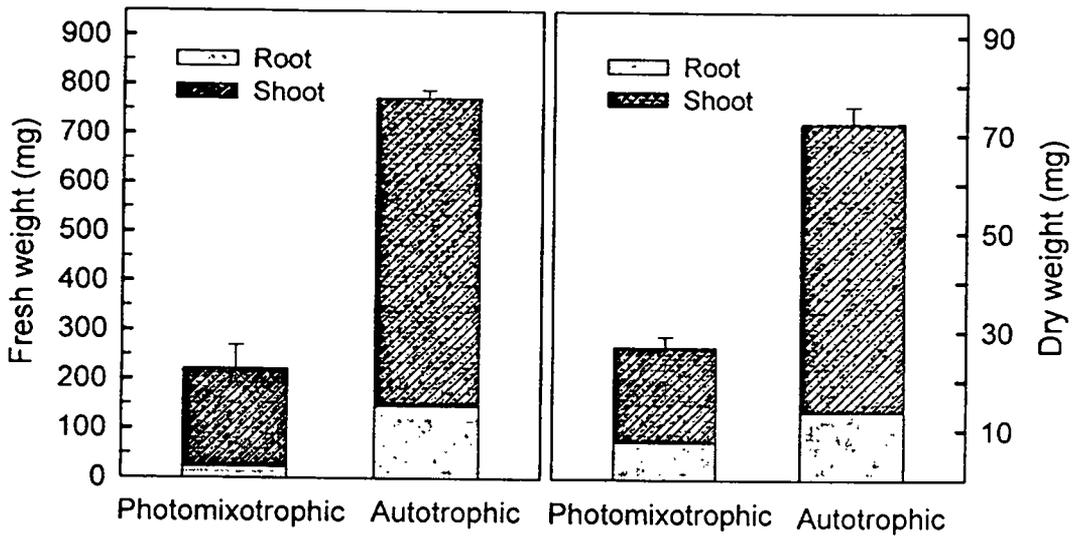


그림 3.6.1. 발근단계의 영양체계가 카네이션 배양소식물체의 생체중과 건물중에 미치는 영향

표 3.6.1. 발근단계의 영양체계가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
Photomixotrophic	8.5	7.9	22.9	7.6	0.81
Autotrophic	8.2	8.3	24.1	19.3	1.00
F-test	ns	ns	ns	*	ns
LSD _{0.05}	3.1	1.3	4.3	11.2	0.96

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

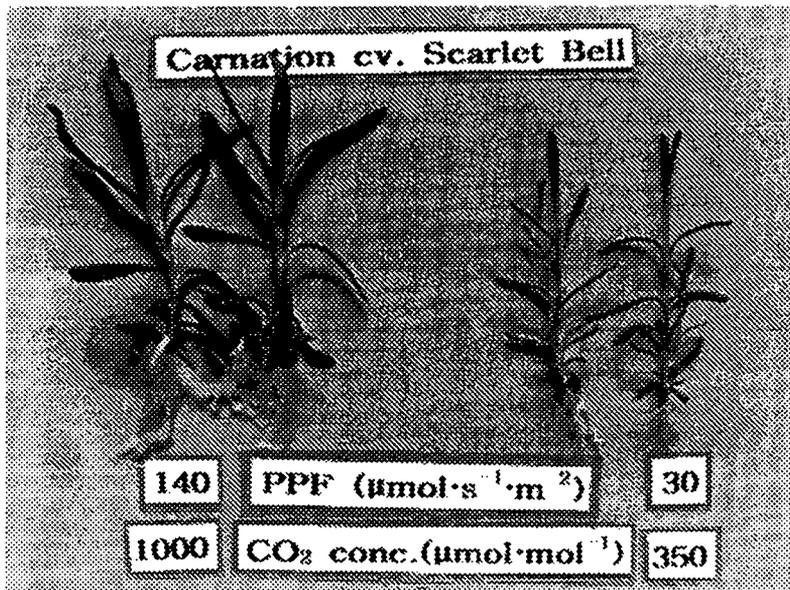


사진 3.6.1. 발근단계의 영양체계가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

나. 딸기

치상후 34일째의 생체중, 건물중, T/R 건물비, 초장, 엽수 엽면적 및 총엽록소농도는 자가영양 배양구에서 유의성 있게 커진 반면 건물울 및 최대근장은 유의성있게 작아졌다. 그러나 신초수는 처리구간의 유의차가 없었다.

광혼합영양배양에서의 딸기는 잔뿌리 보다는 원뿌리가 발달되었다. 자가영양배양에서는 줄기가 약간 붉은색을 띄고 잔뿌리가 발달되면서 뿌리가 말리는 경향을 보였다.

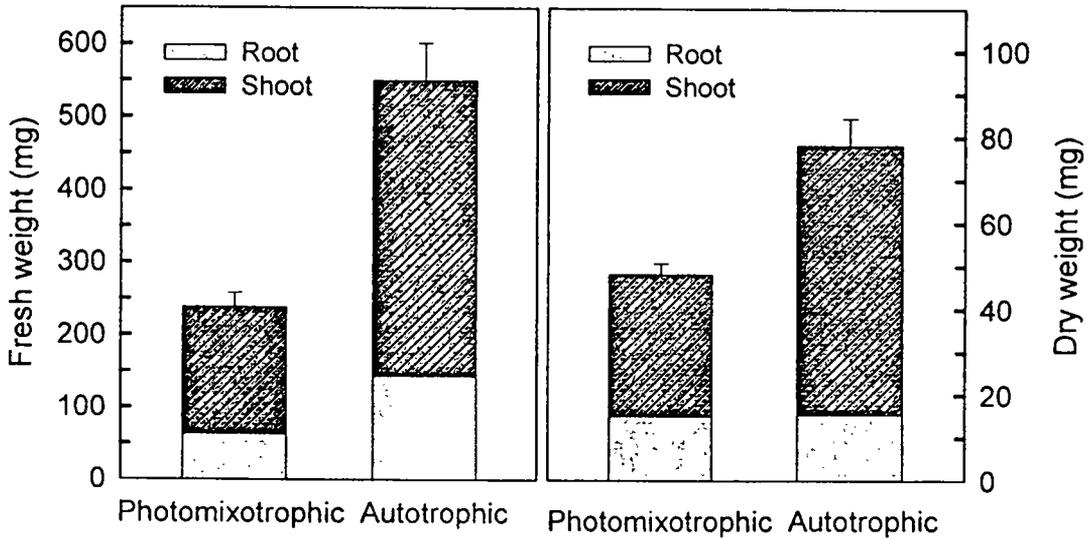


그림 3.6.2. 발근단계의 영양체계가 딸기 배양소식물체의 생체중과 건물중에 미치는 영향

표 3.6.2. 발근단계의 영양체계가 딸기 배양묘 성장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
Photomixotrophic	16.8	4.3	7.3	8.4	0.79
Autotrophic	12.6	6.9	9.3	16.1	1.44
F-test	**	**	*	*	-
LSD _{0.05}	1.8	0.7	1.6	6.9	-

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

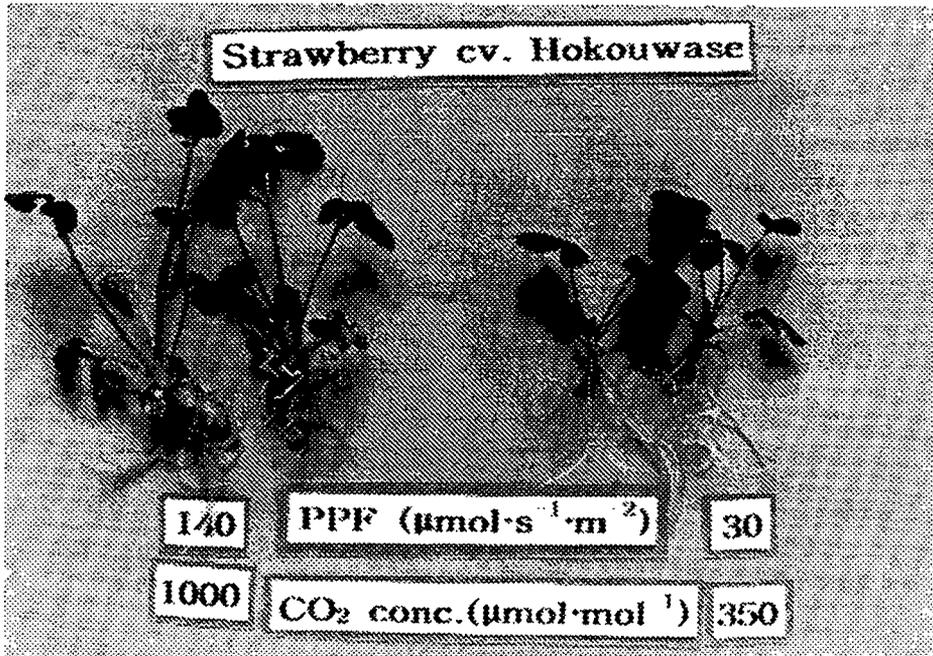


사진 3.6.2. 발근단계의 영양체계가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

제 7 절 발근단계에서 영양체계 및 순화방법이 배양묘의 생장에 미치는 영향

1. 재료 및 방법

공식식물은 카네이션(*Dianthus caryophyllus* cv. Scarlet Bell), 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Houkouwase), 을 이용했다. 외식체로는 35일간 광혼합영양배양법과 자가영양배양법으로 배양기내에서 신장, 발근 시킨후 토실이 상토를 기본배지로한 128구 플러그 트레이에는 카네이션을, 그리고 72구 플러그 트레이에는 딸기를 1996년 7월 11일에 옮겨 심었다. 순화중 관수는 수동식 두상관수 방식으로 행하였고 이식후 일주일 간격으로 다용도 전용액비를 처리하였다. 차광재료는 부직포를 사용하였다. 실험구는 2수준의 영양체계(광혼합영양배양, 자가영양배양)과 3수준의 순화시 차광률(0% 차광, 25% 차광, 50% 차광)의 6처리구로 설정하였다. 순화 29일째에 각 실험구로부터 생체중, 건물중, 엽수, 엽면적, 초장, 최대근장, 신초수 및 총엽록소농도를 측정하였다. 엽록소농도는 실험 1에서 기술한 방법을 이용하여 측정하였다.

2. 실험결과

가. 카네이션

자가영양배양법에서 자란 식물체일수록 생체중, 건물중, 초장, 최대근장 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 건물율, T/R 건물비 및 신초수는 유의성 있게 작아졌다. 그러나 엽수 및 총엽록소농도는 처리구간에 유의차가 없었다. 또 차광률이 낮을수록 생체중, 건물중, 건물율, 근장 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 T/R 건물비와 초장은 유의성 있게 작아졌다. 신초수, 엽수 및 총엽록소농도는 처리간에 유의성이 인정되지 않았다. 기내배양 시 영양체계가 순화시 차광에 의한 처리간에 유의성은 생체중, 건물중, 신초수 및 엽면적에서 인정되었다.

차광률이 높아질수록 카네이션이 바로 자라지 않고 휘어서 자라는 경향이 높았으며 자가영양배양법에 의해 순화된 식물은 광혼합영양배양법의해 자란 식물보다 절간이 짧고 식물체의 휘어짐이 적었다.

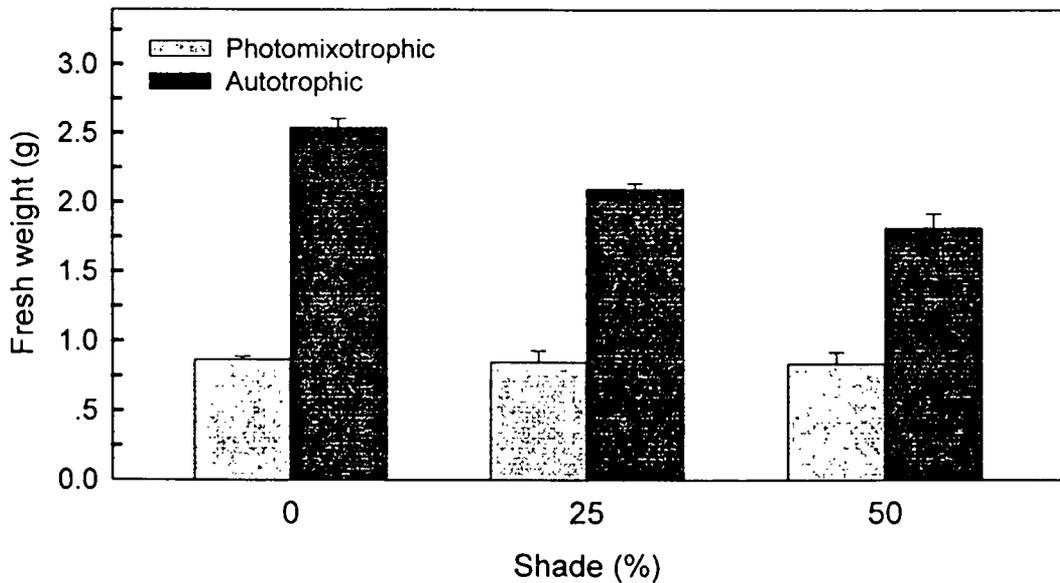


그림 3.7.1. 발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 카네이션 배양묘의 생체중에 미치는 영향

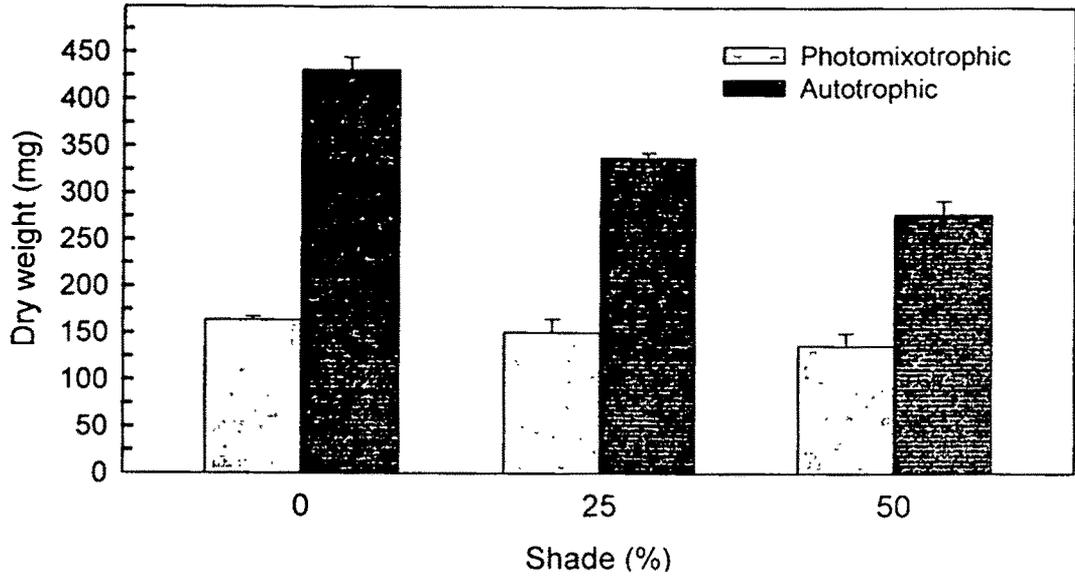


그림 3.7.2. 발근단계의 영양체계 및 순환시 차광정도가 카네이션 배양묘의 건물중에 미치는 영향

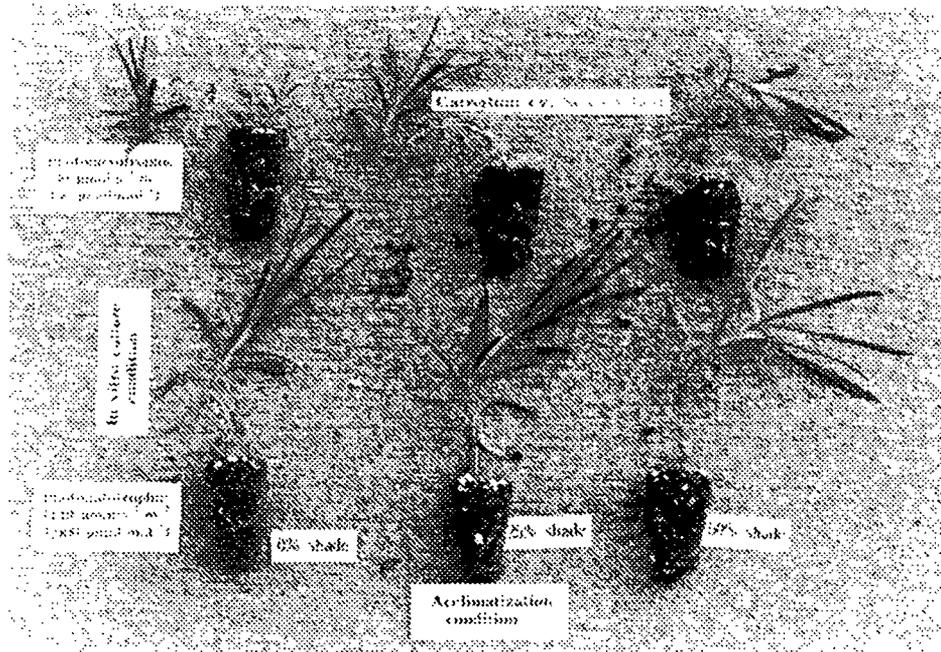


사진 3.7.1. 발근단계의 영양체계 및 순환시 차광정도가 카네이션 배양묘의 생장에 미치는 영향

표 3.7.1. 발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 카네이션 배양묘의 생장에 미치는 영향²

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
영양체계 (A)					
Photomixotrophic	17.7	12.3	32.8	11.2	0.38
Autotrophic	16.2	14.9	31.1	25.9	0.37
순화시 차광 (B)					
0%	17.9	12.8	33.2	21.6	0.37
25%	16.9	13.6	32.2	15.3	0.44
50%	15.9	14.5	30.5	18.7	0.32
LSD _{0.05}	0.4	1.0	2.9	2.57	0.12
F test					
A	**	**	ns	**	ns
B	**	**	ns	**	ns
A×B	ns	ns	ns	**	ns
LSD _{0.05}	0.5	0.5	4.1	3.63	0.17

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

나. 딸기

자가영양배양법에서 자란 식물체일수록 생체중, 건물중, 건물율, T/R 건물비, 초장, 및 엽면적이 유의성 있게 커진 반면 최대근장은 유의성 있게 작아졌다. 그러나 신초수, 엽수 및 총엽록소농도는 기내배양시 영양체계에 의하여 영향을 받지 않았다. 순화시 차광률이 낮을수록 건물중과 건물율 유의성 있게 커진 반면 T/R 건물비, 초장 및 엽면적은 유의성 있게 작아졌다. 그러나 엽수는 차광 25%일때 유의성 있게 커졌다. 생체중, 최대근장 신초수 및 총엽록소농도는 차광에 의한 효과는 보지 못했다. 기내배양시 영양체계가 순화시 차광에 의한 처리간에 유의성은 T/R 건물비를 제외한 모든 측정치에서 인정되지 않았다.

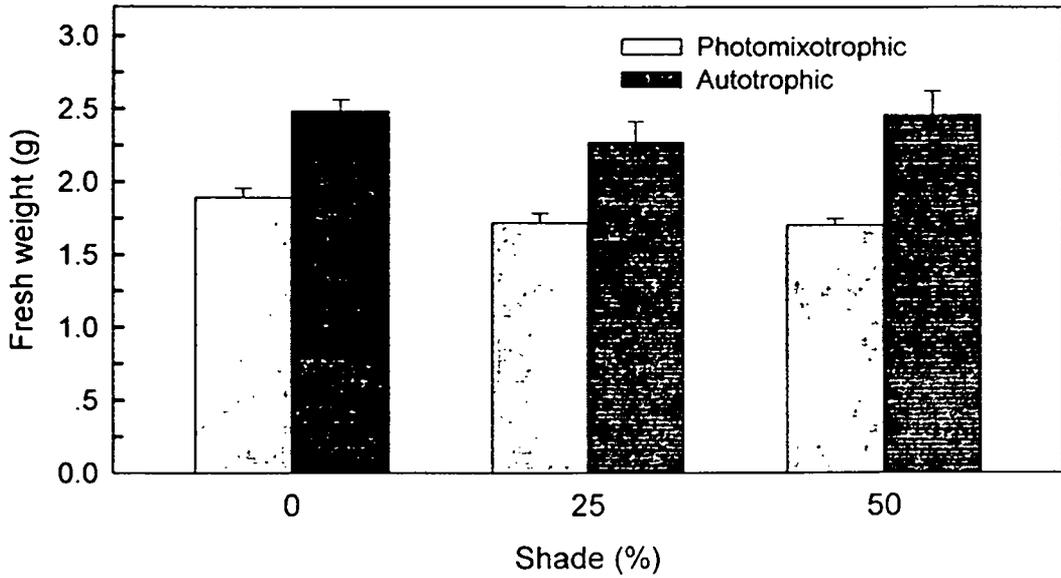


그림 3.7.3. 발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 딸기 배양묘의 생체중에 미치는 영향

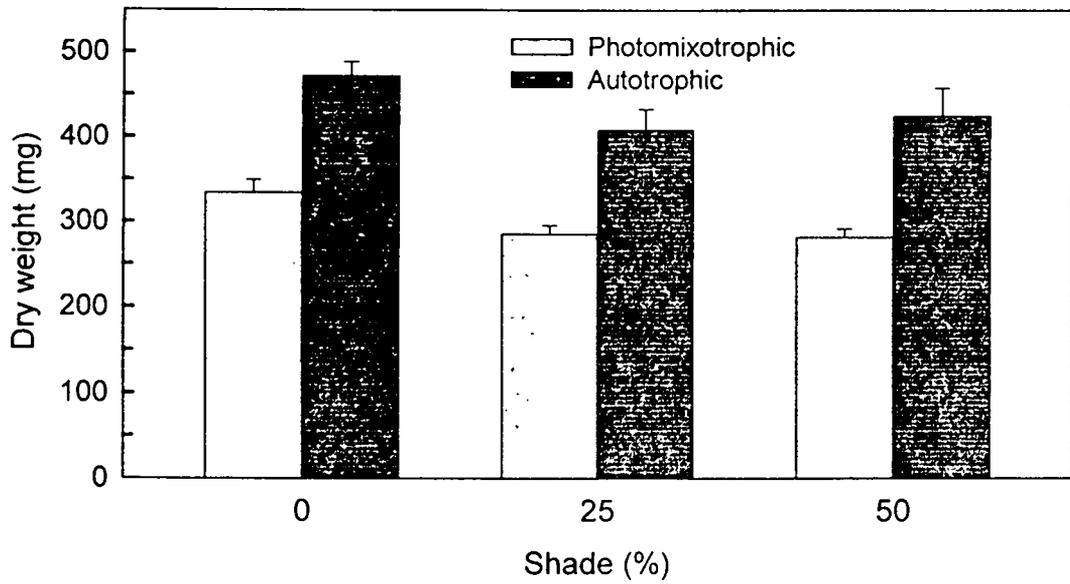


그림 3.7.4. 발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 딸기 배양묘의 건물중에 미치는 영향

표 3.7.2. 발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 딸기 배양묘의 생장에 미치는 영향^z

Treatment	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
영양체계 (A)					
Photomixotrophic	16.9	7.3	8.0	36.99	1.17
Autotrophic	17.9	9.7	7.6	56.43	1.20
순화시 차광 (B)					
0%	18.1	7.3	6.8	44.77	1.10
25%	17.3	8.5	8.4	43.65	1.30
50%	16.9	9.7	8.2	51.71	1.16
LSD _{0.05}	0.5	0.4	0.7	5.3	0.28
F test					
A	**	**	ns	**	ns
B	**	**	**	**	ns
A×B	ns	ns	ns	ns	ns
LSD _{0.05}	0.6	0.6	1.0	7.5	0.39

^z **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

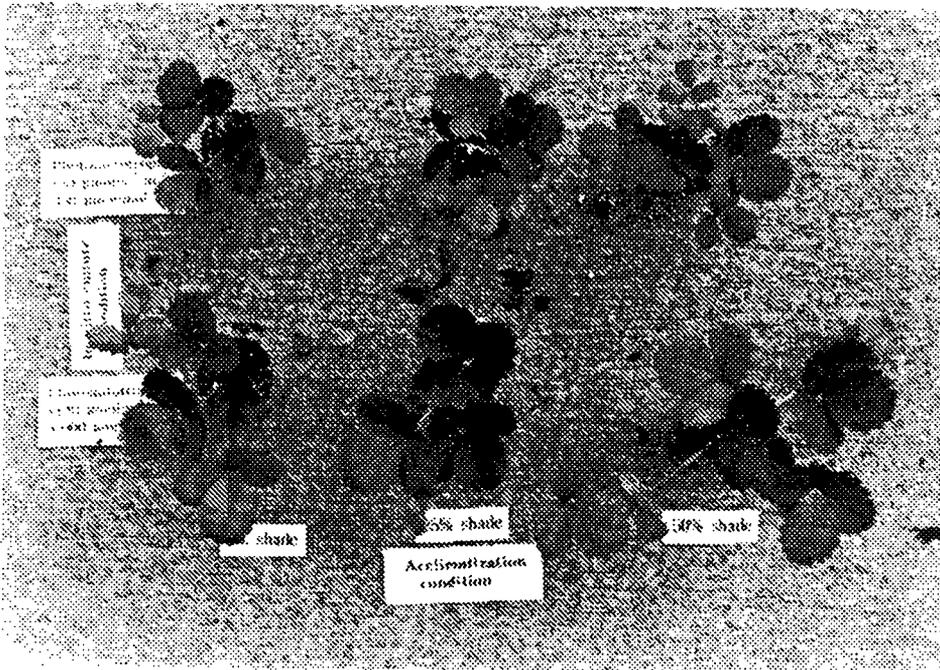


사진 3.7.2. 발근단계의 영양체계 및 순화시 차광정도가 딸기 배양묘의 생장에 미치는 영향

제 8 절 배양기내의 지지물과 배지내 이온농도의 영향

1. 지지물의 영향

가. 재료 및 방법

공식식물로는 스타티스(*Limonium* spp. cv. Misty Blue)와 딸기(*Fragaria* × *ananaas*)를 이용했다. 외식체는 구당 용적이 $0.2 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 인 448공 플러그 트레이를 이용하여 관행의 광혼합영양배양으로 증식한 스타티스와 딸기 배양소식물체의 소엽을 남기고 뿌리를 제거한 것을 배양기당의 4개씩 치상하였다. 스타티스는 1997년 3월 14일부터 5월 6일까지, 그리고 딸기는 8월 23일부터 9월 18일까지 실험을 실시했다. 용적 $3.7 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$ 의 Magenta(GA7, Sigma Chemical Co., 미국) 배양기로 이용하였고 뚜껑에 직경 10 mm의 구멍을 1개 뚫어 통기성의 microporous filter(상품명 Milliseal, 공경 $0.5 \mu\text{m}$, 직경 $18 \mu\text{m}$, 일본 Millipore 주식회사, Tokyo)를 구멍에 붙여 배양기의 환기회수는 약 2.8 h^{-1} 로 높였다. 스타티스는 H_3PO_4 를 $1.415 \text{ meq} \cdot \text{l}^{-1}$ 첨가한 Murashige & Skoog 배지(당, 비타민 무첨가)를 외식체당 $1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 사용하고 딸기는 1/2 Murashige & Skoog 배지(당, 비타민 무첨가)를 외식체당 $1.0 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 씩 사용하였다. 배지의 pH는 멸균전에 5.70으로 조절하였다. 배양기는 평균기온 25°C , 상대습도 70-80%로 유지된 자가영양배양실에 놓여졌다. 3파장 cool-white 형광등을 이용하여 $16 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 의 명기동안 $140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광과 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 의 CO_2 를 공급하였다. 지지물로는 agar, vermiculite, perlite 및 온실식물용 상토인 토실이를 이용하였다.

나. 실험결과

1) 스타티스

상토인 토실이를 사용한 처리구에서 초장 및 근장이 agar와 perlite를 사용한 처리구에서 보다 유의성 있게 길었다.

표 3.8.1. 광독립 자가영양배양시 지지물이 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

Treatment	T/R ratio	Dry matter (%)	Height (cm)	Root length (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm^2)	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg fw}^{-1}$)
Agar	10.13	17.37	3.16	0.77	26.19	8.78	1.28
Vermiculite	14.18	19.67	3.90	4.96	21.65	12.50	1.85
Perlite	10.86	17.63	3.05	3.27	22.88	8.94	1.90
Tosilee	13.35	17.44	4.61	5.58	21.38	13.20	1.85
LSD _{0.05}	4.13	2.19	0.87	1.22	5.17	5.67	0.43

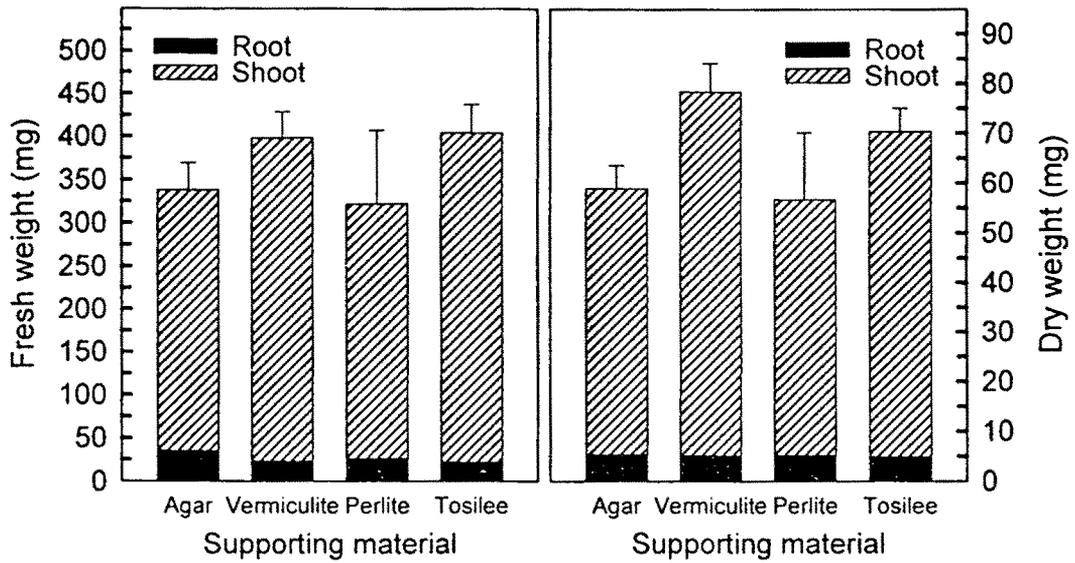


그림 3.8.1. 광독립 자가영양배양시 지지물이 스타티스 배양소식물체의 생체중과 건물중에 미치는 영향

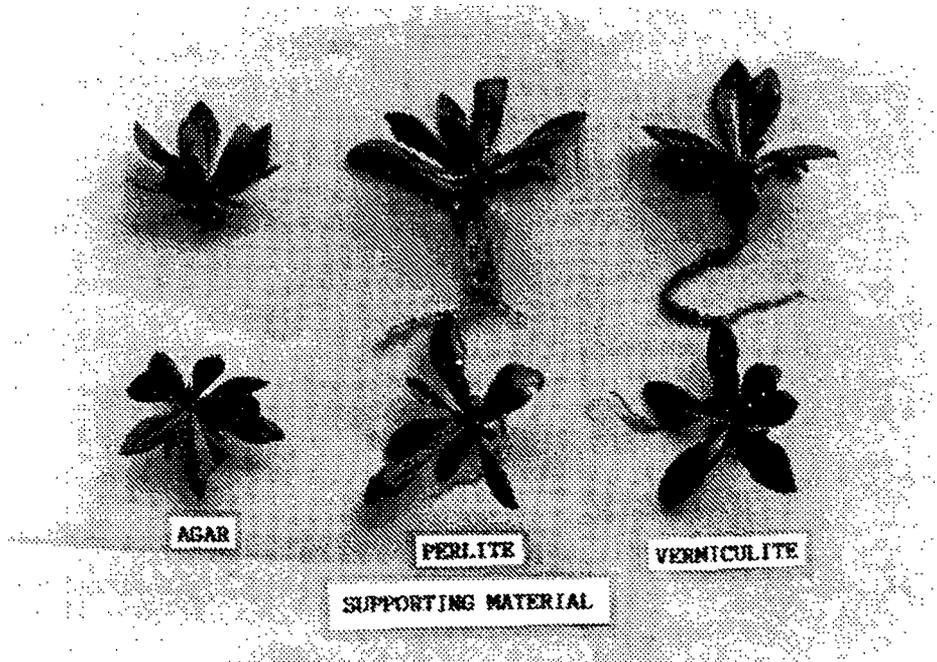


사진 3.8.1. 광독립 자가영양배양시 지지물이 스타티스 배양소식물체의 성장에 미치는 영향

2) 딸기

딸기의 초장과 근장, T/R율은 토실이상토에서 배양시 유의성 있게 컸으며 생체중과 건물중도 agar에 비해 양호하였다. 결론적으로 스타티스와 딸기 배양시 자가영양배양법을 이용할 때 agar보다는 토실이 상토를 지지물로 이용하면 생육도 양호하며 기외로 바로 이식이 가능하기 때문에 이식단계에서 인력을 줄일 수 있다. 또한 플러그 트레이를 이용하였으므로 조직배양에서 공정육묘로 순조로운 연결을 기대할 수 있을 것으로 본다.

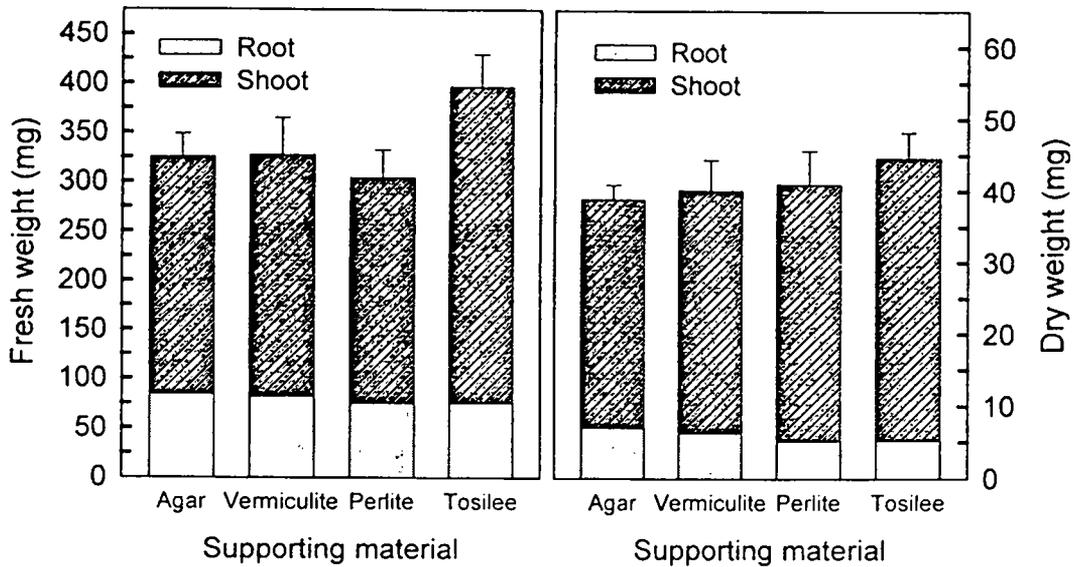


그림 3.8.2. 광독립 자가영양배양시 지지물이 딸기 배양소식물체의 생체중과 건물중에 미치는 영향

표 3.8.2. 광독립 자가영양배양시 지지물이 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

Treatment	T/R ratio	Dry matter (%)	Height (cm)	Root length (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)
Agar	4.6	11.9	4.7	4.8	8.7	3.3
Vermiculite	6.1	12.8	6.0	4.3	7.0	3.5
Perlite	7.1	14.0	4.5	3.2	7.0	3.4
Tosilee	7.5	11.3	6.6	9.6	7.3	4.2
LSD _{0.05}	2.7	6.4	1.5	0.7	2.0	1.3

2. 이온농도의 영향

가. 재료 및 방법

공식식물로는 스타티스(*Limonium* spp. cv. Misty Blue)를 이용했다. 외식체로는 관행의

광혼합영양배양으로 증식한 스타티스 배양소식물체의 소엽을 남기고 뿌리를 제거한 것을 이용하였다. 배양기당의 4개의 외식체를 치상하였다. 1997년 5월 10일부터 6월 27일까지 실험을 실시했다. 용적 $3.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 의 Magenta(GA7, Sigma Chemical Co., 미국) 배양기로 이용하였고 뚜껑에 직경 10 mm의 구멍을 1개 뚫어 통기성의 microporous filter (상품명 Milliseal, 공경 $0.5 \mu\text{m}$, 직경 $18 \mu\text{m}$, 일본Millipore주식회사, Tokyo)를 구멍에 붙여 배양기의 환기회수는 약 2.8 h^{-1} 로 높였다. 배지(당, 비타민 무첨가)를 외식체당 $1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 이용하고 배지의 pH는 멸균전에 5.70으로 조절하였다. 배양기는 평균기온 25°C , 상대습도 70-80%로 유지된 자가영양배양실에 놓여졌다. 3과장 cool-white 형광등을 이용하여 $16 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 의 명기동안 $140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광과 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 의 CO_2 를 공급하였다. 처리구 기내 배양시 배양액으로 MS + $1.415 \text{ meq} \cdot \text{l}^{-1} \text{ H}_3\text{PO}_4$, 1/2MS + $0.7075 \text{ meq} \cdot \text{l}^{-1} \text{ H}_3\text{PO}_4$ 및 온실용 다용도 액비를 사용하였다.

나. 실험결과

스타티스 소식물체의 1/2MS 배지에 인산을 $0.7075 \text{ meq} \cdot \text{l}^{-1}$ 추가로 첨가해준 배지에서 엽수, 엽면적 및 신초수가 유의성 있게 컸으며, MS배지에 인산을 $1.415 \text{ meq} \cdot \text{l}^{-1}$ 추가로 첨가해준 배지에서 초장, 생체중 및 건물중이 유의성 있게 컸다. 온실용 다용도 액비를 사용한 처리구에서의 생육이 억제되었다.

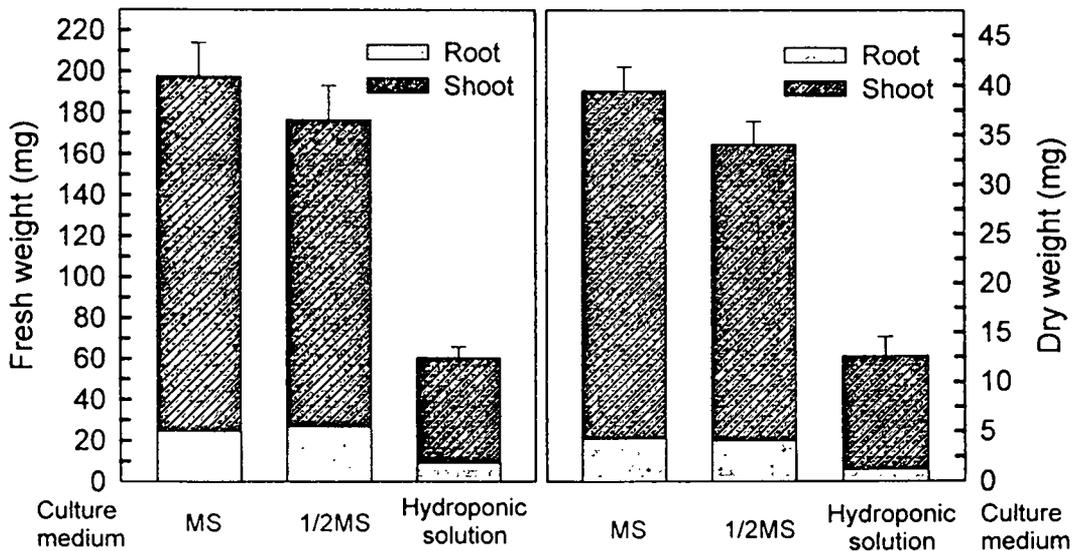


그림 3.8.3. 광독립 자가영양배양시 이온의 농도가 스타티스 배양소식물체의 생체중과 건물중에 미치는 영향



사진 3.8.2. 광독립 자가영양배양시 이온의 농도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

표 3.8.3. 광독립 자가영양배양시 이온의 농도가 스타티스 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Culture medium	H ₂ PO ₄ ⁻ (meq · l ⁻¹)	T/R ratio	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of shoots	No. of leaves	Leaf area (cm ²)
MS	2.6650	8.3	20.1	2.9	2.0	20.1	6.0
1/2MS	1.9575	19.4	19.4	2.7	3.1	20.8	5.1
Hydroponic solution	2.0000	20.6	20.6	1.6	1.6	11.2	1.5
F-test		ns	ns	**	*	**	**

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

제 9 절 자가영양배양시 배양기의 종류와 환기회수 등의 영향

1. 배양기의 종류와 환기회수의 영향

가. 재료 및 방법

공시식물로는 카네이션(*Dianthus caryophyllus* cv. Scarlet Bell), 스타티스(*Limonium*

spp. cv. Misty Blue) 및 딸기(*Fragaria × ananaas* Duch. cv. Houkouwase)를 이용했다. 외식체로는 관행의 광혼합영양배양으로 증식한 카네이션, 스타티스 및 딸기 배양소식물체의 소엽을 남기고 뿌리를 제거한 것을 이용하였다. 배양기당의 4개의 외식체를 치상하였다. 스타티스는 1997년 8월 2일부터 10월 28일까지, 딸기는 8월 19일부터 9월 22일까지, 그리고 카네이션은 8월 20일부터 9월 19일까지 실험을 실시했다. Murashige & Skoog 배지(당, 비타민 무첨가)를 외식체당 딸기와 카네이션은 $1 \times 10^{-5} \text{ m}^3$, 스타티스는 $1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 이용하고, 지지물로는 $8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ agar를 이용하였다. 배지의 pH는 멸균전에 5.70으로 조절하였다. 배양기는 평균기온 25°C , 상대습도 70-80%로 유지된 자가영양배양실에 놓여졌다. 3과장 cool-white 형광등을 이용하여 $16 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 의 $140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광과 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 의 CO_2 를 공급하였다. 실험구는 배양기의 종류 3수준(Magenta box $3.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$, 마요네즈병 $4.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 및 Duchefa box $9.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$)와 filter의 수 3수준(0, 1 및 2개. 단, 마요네즈병에는 2개 제외)의 총 8처리구를 설정하였다.

나. 실험결과

1) 딸기

배양기 종류에 의한 차이는 나타나지 않았지만 filter의 수가 증가할수록 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중이 유의성 있게 증가하였다. 엽수와 건물중은 filter를 1개 부착했을 때 유의성 있게 컸다.

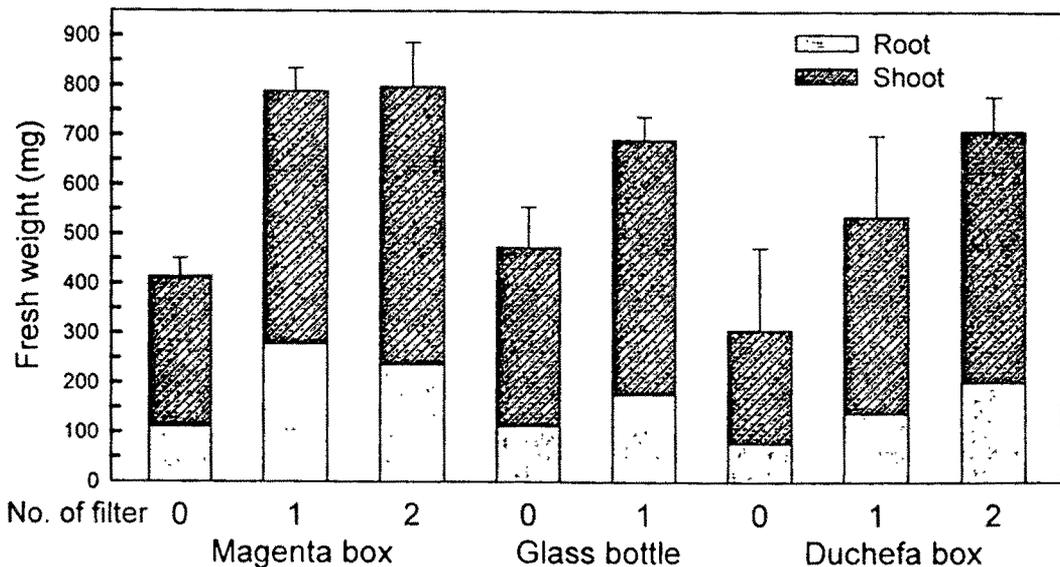


그림 3.9.1. 배양기 종류와 filter의 수가 딸기 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

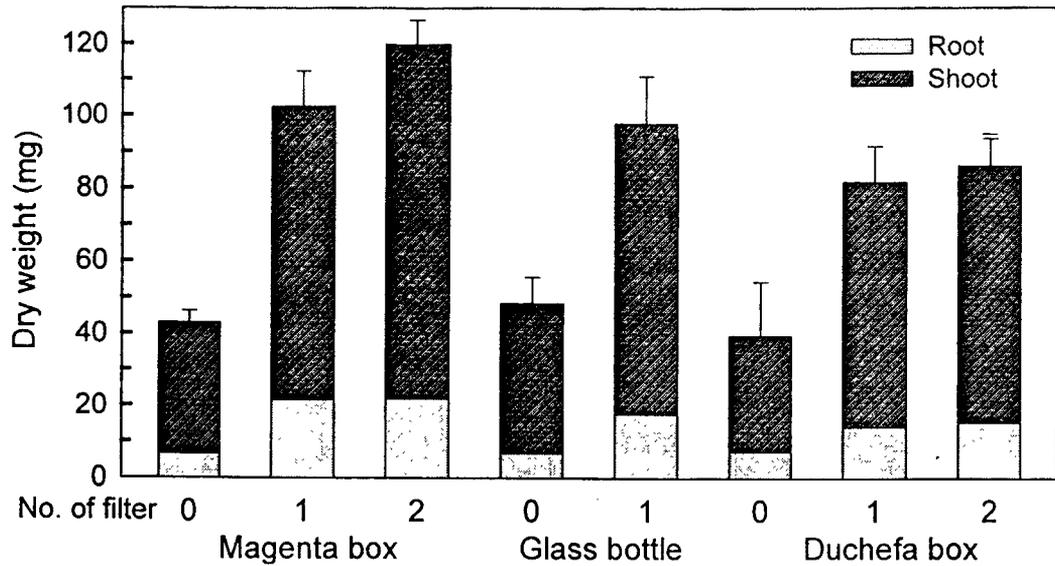


그림 3.9.2. 배양기 종류와 filter의 수가 딸기 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.9.1. 배양기 종류와 filter의 수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Culture container (A)	Number of filters (B)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	T/R ratio	Dry matter (%)
Magenta box (370 ml)	0	6.0	8.3	4.2	5.5	10.4
	1	6.9	8.2	9.7	3.9	12.9
	2	6.6	9.5	10.9	4.5	15.3
Glass bottle (400 ml)	0	5.2	8.8	5.0	6.3	10.3
	1	6.6	8.5	8.4	4.6	14.0
Duchefa box (900 ml)	0	4.0	7.8	3.8	4.3	19.2
	1	7.1	8.5	7.9	4.8	19.1
	2	6.2	8.6	7.4	4.9	12.2
F-test						
A		ns	ns	ns	ns	ns
B		*	ns	**	**	ns
A×B		ns	ns	ns	ns	ns

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.



사진 3.9.1. 배양기 종류와 filter의 수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

2) 카네이션

Duchefa box에서 배양시킨 카네이션은 모두 유리화 현상을 보였다. 딸기와 마찬가지로

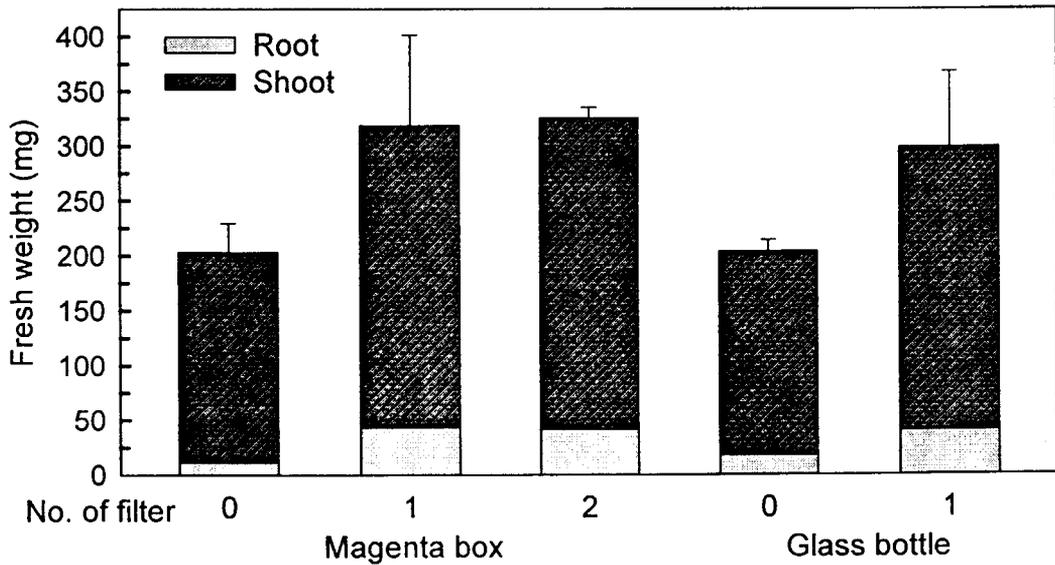


그림 3.9.3. 배양기 종류와 filter의 수가 카네이션 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

배양기 종류에 의한 차이는 나타나지 않았지만 filter의 수가 증가할수록 지상부 건물중과 총건물중이 증가하였다.

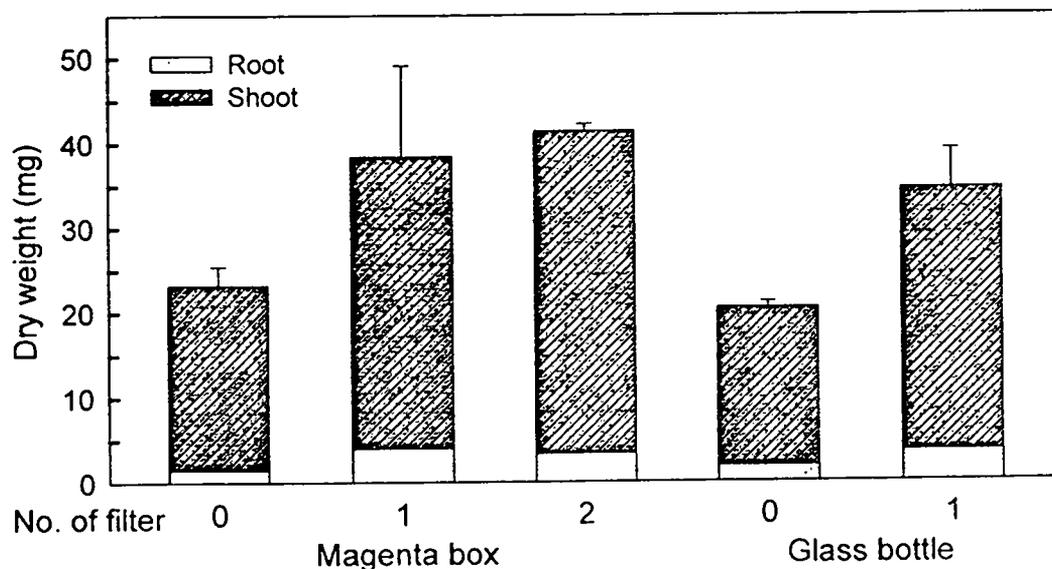


그림 3.9.4. 배양기 종류와 filter의 수가 카네이션 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.9.2. 배양기 종류와 filter의 수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향^z

Culture container (A)	Number of filters (B)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	T/R ratio	Dry matter (%)
Magenta box (370 ml)	0	3.8	13.4	0.9	16.2	11.5
	1	4.6	12.5	1.5	9.7	11.9
	2	4.5	16.3	1.7	12.0	12.7
Glass bottle (400 ml)	0	3.8	12.0	0.9	9.6	10.1
	1	4.9	15.9	1.5	10.6	12.3
F-test						
A		ns	ns	ns	ns	ns
B		ns	ns	ns	ns	ns
A×B		ns	ns	ns	ns	ns

^z **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

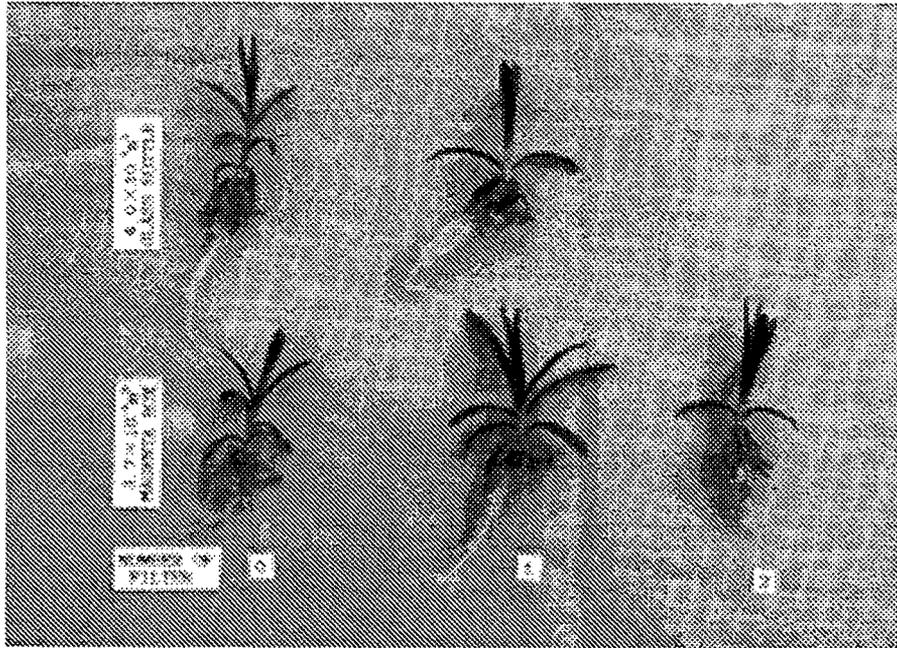


사진 3.9.2. 배양기 종류와 filter의 수가 카네이션 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

3) 스타티스

스타티스 배양소식물체는 배양기 종류에 의한 효과는 인정되지 않았지만 filter의 수가

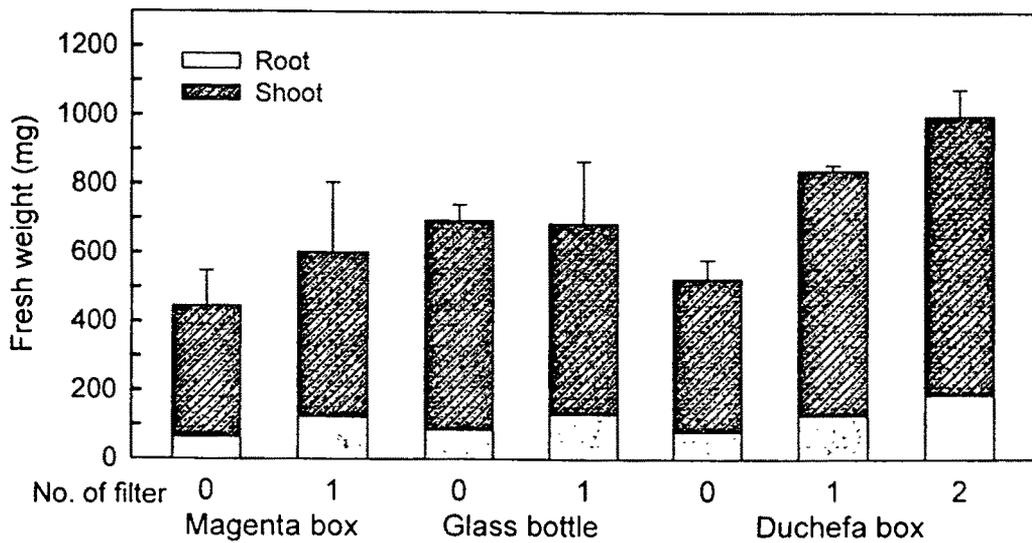


그림 3.9.5. 배양기 종류와 filter의 수가 스타티스 배양소식물체의 생체중에 미치는 영향

증가할수록 생체중, 건물중 및 엽면적이 유의성 있게 증가하였고, 그중 Duchefa box에 filter를 2개 부착한 처리구에서의 생육이 가장 좋았다.

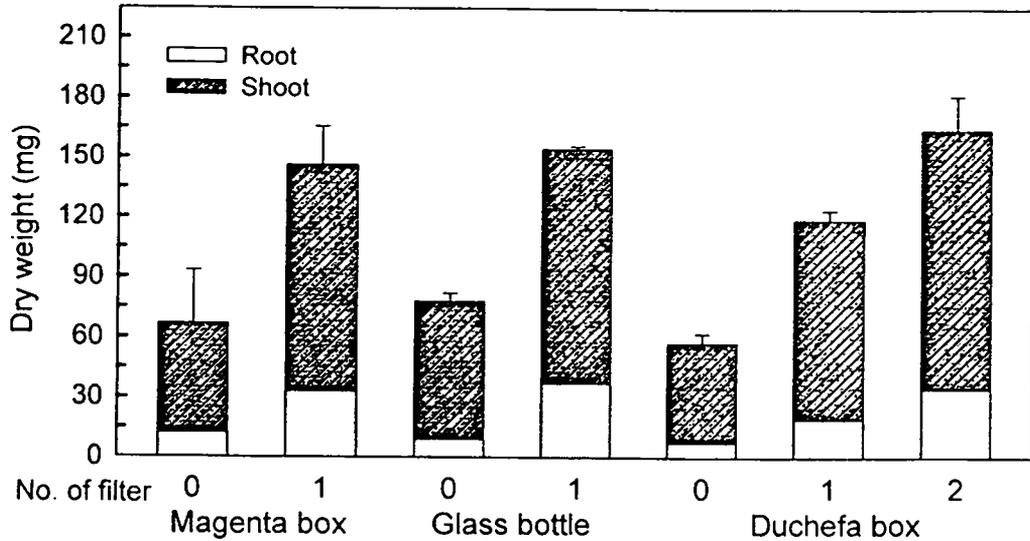


그림 3.9.6. 배양기 종류와 filter의 수가 스타티스 배양소식물체의 건물중에 미치는 영향

표 3.9.3. 배양기 종류와 filter의 수가 딸기 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Culture container (A)	Number of filters (B)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	T/R ratio	Dry matter (%)
Magenta box (370 ml)	0	3.9	28.5	9.1	7.5	14.4
	1	4.4	21.0	15.1	3.7	28.6
Glass bottle (400 ml)	0	4.9	32.5	10.6	7.5	11.2
	1	4.3	22.0	16.3	3.2	24.2
Duchefa box (900 ml)	0	4.1	21.0	12.0	6.6	10.9
	1	5.3	22.0	22.0	5.3	14.2
	2	5.0	21.0	28.7	3.8	16.4
F-test						
A		ns	ns	ns	ns	ns
B		ns	ns	*	ns	ns
A×B		ns	ns	ns	ns	ns

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

2. 환경조절 여부가 생육에 미치는 영향

가. 재료 및 방법

공식식물로는 국화(회정)를 이용했다. 외식체는 구당 용적이 $0.2 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 인 448공 플러그 트레이를 이용하여 관행의 광혼합영양배양으로 증식한 국화 배양소식물체의 소엽을 남기고 뿌리를 제거한 것을 이용하였다. 배양기당의 4개의 외식체를 치상하였다. 1997년 12월 3일부터 1998년 1월 13일까지 실험을 실시했다. 용적 $3.7 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$ 의 Magenta (GA7, Sigma Chemical Co., 미국) 배양기로 이용하였고 뚜껑에 직경 10 mm의 구멍을 1개 뚫어 통기성의 microporous filter(FWMS 018 00, 상품명 Milliseal, 공경 $0.5 \mu\text{m}$, 직경 $18 \mu\text{m}$, 일본Millipore주식회사, Tokyo)를 구멍에 붙여 배양기의 환기회수는 약 2.8 h^{-1} 로 높였다. 배지(당, 비타민 무첨가)는 외식체당 $1.0 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ 이용하고, 배지의 pH는 멸균전에 5.70으로 조절하였다. 배양기는 평균기온 25°C , 상대습도 20-30%, 3과장 cool-white 형광등을 이용하여 $16 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 의 명기동안 $140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광과 $500-600 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 의 CO_2 가 공급되는 배양실 또는 평균기온 18.4°C 와 상대습도 44 %의 자연일장 하에 놓아 두었다.

나. 실험결과

국화 배양소식물체의 생체중, 건물중 및 건물율은 환경이 조절되어지는 곳에 두었던 것이 유의성 있게 높았다.

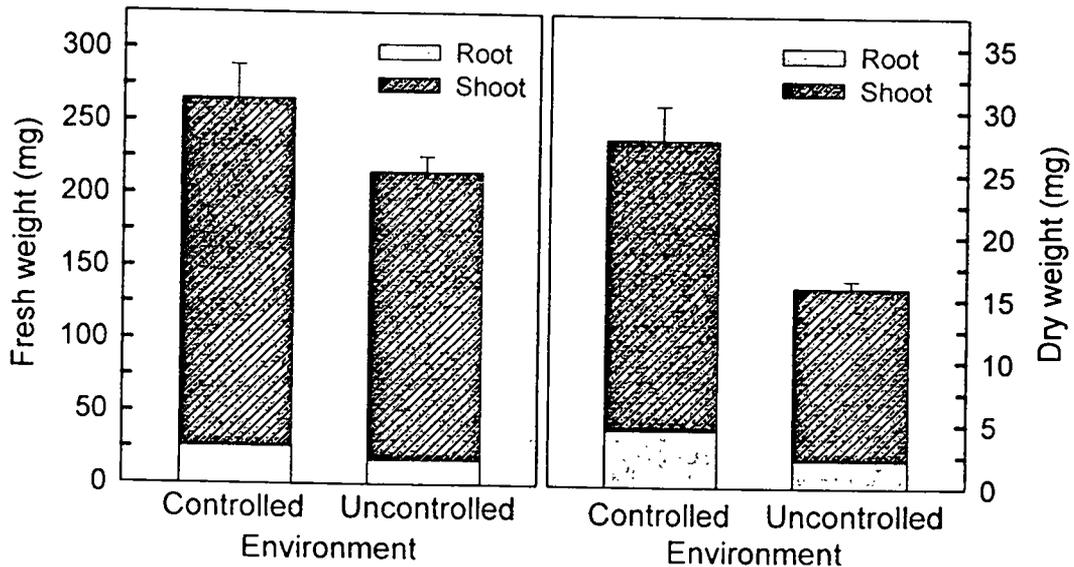


그림 3.9.7. 배양환경이 국화 배양소식물체의 생체중과 건물중에 미치는 영향

표 3.9.4. 배양환경이 국화 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Culture condition	T/R ratio	Dry matter (%)	Height (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
Controlled environment	5.7	10.4	3.3	7.5	3.6	1.0
Uncontrolled environment	7.2	7.4	3.6	7.0	3.7	0.8
F-test	ns	**	ns	ns	ns	ns

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

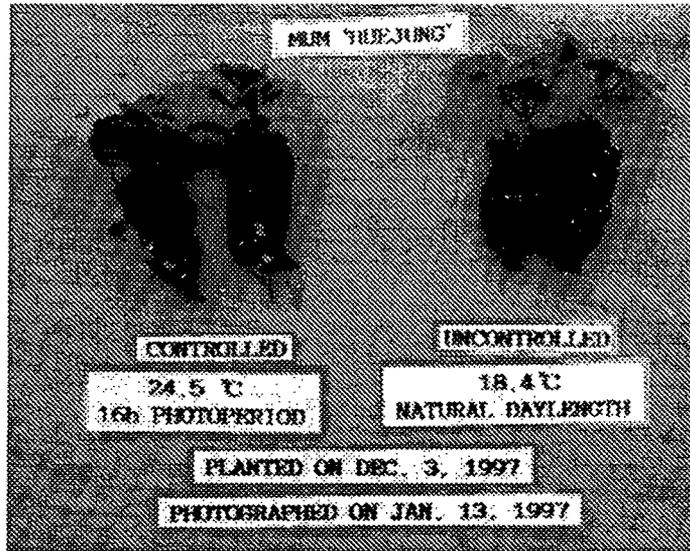


사진 3.9.3. 배양환경이 국화 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

3. 상대습도의 영향

가. 재료 및 방법

공식식물로는 국화(회정)를 이용했다. 외식체로는 관행의 광혼합영양배양으로 증식한 국화 배양소식물체의 소엽을 남기고 뿌리를 제거한 것을 이용하였다. 배양기당의 4개의 외식체를 치상하였다. 1997년 12월 8일부터 1998년 1월 13일까지 실험을 실시했다. 용적 $3.7 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$ 의 Magenta(GA7, Sigma Chemical Co., 미국) 배양기로 이용하였고 뚜껑에 직경 10 mm의 구멍을 1개 뚫어 통기성의 microporous filter(FWMS 018 00, 상품명 Milliseal, 공경 $0.5 \mu\text{m}$, 직경 $18 \mu\text{m}$, 일본 Millipore주식회사, Tokyo)를 구멍에 붙여 배양기의 환기회수는 약 2.8 h^{-1} 로 높였다. 배지(당, 비타민 무첨가)는 외식체당 $1.0 \times 10^{-5} \text{m}^3$ 이용하고 배지의 pH는 멸균전에 5.70으로 조절하였다. 지지물로는 토실이 상토를 이용하였다. 배양기는 평균기온 25°C , 상대습도 20-30%로 유지되는 배양실에 놓여졌다. 3과장 cool-white 형

광등을 이용하여 16 h · d⁻¹의 명기동안 140 μmol · m⁻² · s⁻¹의 광과 500-600 μmol · mol⁻¹의 CO₂를 공급해 주었다. 상대습도를 50% 내외로 유지시키기 위해 Ca(NO₃)₂ · 4H₂O 포화용액을, 그리고 80% 내외로 유지시키기 위해 (NH₄)₂SO₄ 포화용액을, 그리고 100% 내외로 유지시키기 위해 증류수를 이용하였다. 각각의 용액은 용량 25리터의 반투명 사각형 플라스틱 상자에 넣고 그속에 배양기를 위치시킨후 직경 5cm 정도의 구멍이 두 개 뚫린 투명 플라스틱 wrap으로 덮었다.

나. 실험결과

국화 배양소식물체의 초장과 엽수는 상대습도 80%에서 유의성 있게 높았고, 엽록소농도는 상대습도 50%에서 유의성 있게 높았다.

표 3.9.5. 상대습도가 국화 배양소식물체의 생장에 미치는 영향²

Relative humidity (%)	T/R ratio	Dry matter (%)	Height (cm)	Stem length (cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (μg · mg fw ⁻¹)
50	6.5	6.5	4.6	1.5	7.8	9.1	1.1
80	8.0	6.2	4.6	1.3	8.1	9.7	0.8
100	6.5	5.9	4.2	1.3	8.3	6.9	0.5
F-test	ns	ns	*	ns	ns	*	*

² **, *: 각각 1%와 5%에서 유의성 있음; ns: 유의성 없음.

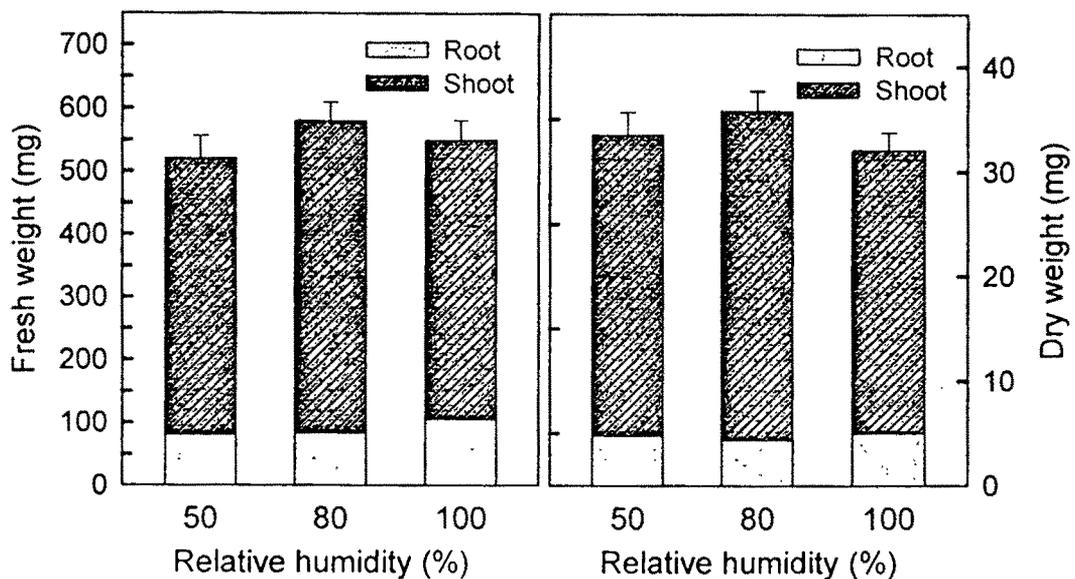


그림 3.9.8. 상대습도가 국화 배양소식물체의 생체중과 건물중에 미치는 영향

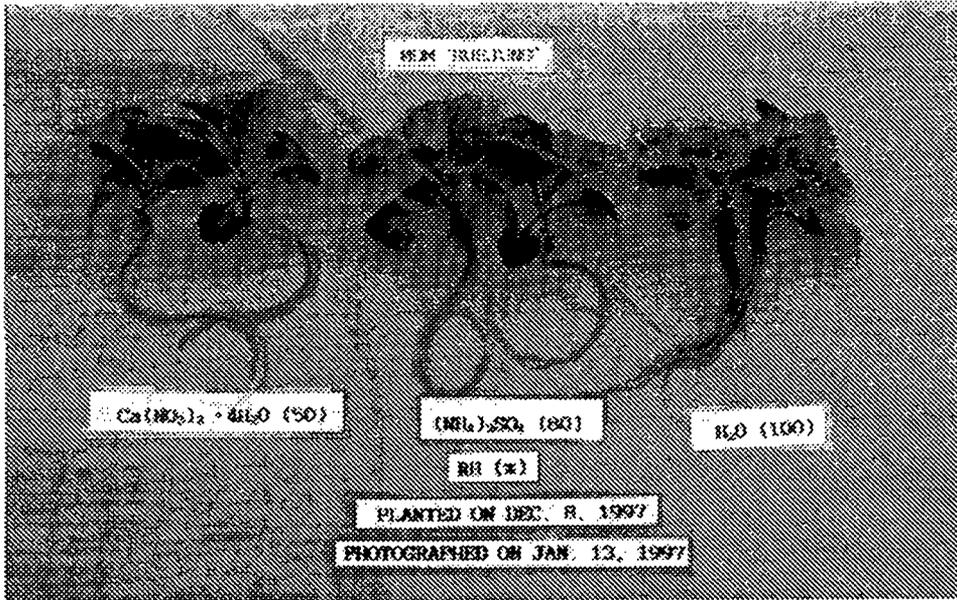


사진 3.9.4. 상대습도가 국화 배양소식물체의 생장에 미치는 영향

제 4 장 광독립자가영양배양 시설의 설계와 활용 실증시험

제 1 절 농가보급형 광독립자가영양배양 시설의 표준설계

원예작물 조직배양묘 생산농가의 시설을 광독립 자가영양배양이 가능하도록 하기 위하여는 시설의 규모와 이에 적합한 표준설계도서가 필요하다. 본 과제의 표준설계도 작성을 위하여 앞 연구결과에서 얻어진 자가영양배양장치 및 제어설비기준과 최적환경제어조건 설정을 위한 자가영양배양 실험결과를 바탕으로 설계기준을 삼았으며, 특히 자가영양배양 조건하에서 배양체의 생육에 미치는 광강도, CO₂농도, DIF조건, 상대습도 및 일장 등의 상호효과 등에 대한 시험결과는 복합적 환경제어 기준설정을 위한 자료로 활용되었으며 컴퓨터제어 설비개발과 활용기술자료 작성에 근거가 되었다.

표준설계도서의 작성은 식물조직배양동, 순화실, 육성온실로 구분하였고, 순화실의 규모는 터널형(T형), 챔버형(C형), 그리고 순화배양형(AC형)으로 세분하였고 순화실의 종류에 따라 표준설계도서를 별도로 작성하였다. 설계도서의 범위는 설계도, 시방서, 공사비내역서, 육성온실의 구조해석 등으로 하였다.

이상의 설계도서 내용을 보면 다음과 같다. 단, 본 보고서에 기술된 내용은 도면의 축소와 주요내용을 요약한 것으로서 자세한 설계서는 별도의 「농가보급형 식물조직배양시설의 설계도서」를 참고하여야 한다.

1. 조직배양시설의 형태별 설계개요

가. 조직배양시설 T형(터널형 순화실)

1) 설계개요

1.규모와 구조	총면적-1,360.8m ² (411.6평), 대지 1,542.24m ² (508.02평)
○ 배양동	-9m×21.6m=194.4m ² (58.8평) 조립식 샌드위치판넬 : 처마높이-2.7m, 최고높이-5.2m
○ 기계실	-9m×3.6m=32.4m ² (9.8평) 조립식 샌드위치판넬 : 처마높이-2.7m, 최고높이-5.2m
○ 순화실	-9m×25.2m=226.8m ² (68.6평) 지붕형 철골온실(2-2PW형) : 처마높이-2.7m, 최고높이-5.2m
○ 육성온실	-9m×2연동×50.4m=907.2m ² (274.4평) 지붕형 철골온실(2-2PW형) : 처마높이-2.7m, 최고높이-5.2m

〈계속〉

<p>2. 주요시설</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 배양동 ○ 기계실 ○ 순화실 및 육성온실 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업 및 접종실, 자가영양배양실, 타가영양배양실, 자료실, 기자재, 중앙제어반, 후생시설 - 저면난방온수보일러 - 공 통 : 온풍난방기, 쿨링팬, 천창-팩엔피니온, 측장-권취식, 수평 커튼-전후면에인식, 수직커튼-권취식, LCP중앙집중제어 - 순 화 실 : 터널형 순화활착축진시설, 고정벤취, 저면온수난방, 순화실제어반 - 육성온실 : 좌우이동형벤취, 미니분사노즐관수, 저면온수난방, 육성온실제어반
---	--

2) 시방개요

<p>1. 일반시방</p>	<p>일반 / 각종기준의 적용 / 입찰도면 / 공정계획 / 전력공급 / 기자재 검사와 시험 / 관계기관의 승인 / 시설자재 / 설치시의 주의 / 운반 / 도장 / 사소한 변경 / 공사의 중지 / 시운전 / 준공도의 제출</p>
<p>2. 특기시방</p> <p>(1) 건축공사</p> <p>(2) 내부설비공사</p> <p>(3) 전기공사</p>	<p>총칙 / 기초공사 / 철근콘크리트공사 / 철골공사 / 알루미늄공사 / 피부공사 / 패널공사</p> <p>개요 / 공사종별 / 특기공사 / 온실공사 / 조직배양실공사 / 일반사항</p> <p>일반사항 / 전력공급 / 각종 PANEL / 중앙관계장치 / 동력 및 조명공사 / 접지공사</p>

3) 공사비 총괄표

공사비총괄표						
일금		434,911,261 원				단위 : 원
비목/구분		%	건축공사	내부설비공사	전기공사	계
순 료 비	직접재료비		40,999,793	148,704,452	10,907,966	200,612,211
	간접재료비					
	(소 계)		40,999,793	148,704,452	10,907,966	200,612,211
공 노 무 사 비	직접노무비		34,665,838	16,601,079	3,582,759	54,849,676
	간접노무비	14.00	4,853,217	2,324,151	501,586	7,678,954
	(소 계)		39,519,055	18,925,230	4,084,345	62,528,630
비 경 비	기계경비		548,685	5,613		554,298
	산재보혐료	3.20	1,264,609	605,607	130,699	2,000,915
	안전관리비	2.48	1,876,507	4,099,577	359,369	6,335,453
	기타경비	5.00	4,025,942	8,381,484	749,615	13,157,041
	(소 계)		7,715,743	13,092,281	1,239,683	22,047,707
일반관리비		6.00	5,294,075	10,843,317	973,919	17,111,311
이 윤		15.00	7,879,330	6,429,124	944,692	15,253,146
중요자재대			6,660,870	71,160,000		77,820,870
총 원 가			108,068,866	269,154,404	18,150,605	395,373,875
부가가치세		10.00	10,806,886	26,915,440	1,815,060	39,537,386
공 사 원 가			118,875,752	296,069,844	19,965,665	434,911,261
비 고			평당단가(411.6평 기준)			1,056,636

4) 온실구조해석 결과

1. 부재별 최대응력과 안전적설심 및 안전풍속				
하중별 부재별	설하중		풍하중	
	최대응력 Kg/cm ²	안전적설심 cm	최대능력 Kg/cm ²	안전풍속 m/sec
외 측 기 등	1.991 h	803.7	0.506 V ²	56.2
내 측 기 등	3.463 h	462.0	0.213 V ²	86.7
지 붕 아 치	16.811 h	95.2	0.621 V ²	50.8
상 하 현 재	4.315 h	370.8	0.315 V ²	71.3
사 재	6.275 h	255.7	0.283 V ²	75.2
중 방 지 지 대	1.037 h	1,543.1	0.053 V ²	173.7
지 지 파 이 프	0.195 h	8,216.6	0.020 V ²	89.4

2. 기초의 안전성				
토성별 부재별	안전적설심(지내력) cm		설계최대풍속(인발저항력)m/sec	
	점질토	사질토	점질토	사질토
외 측 기 등	122.5	699.9	84.3	46.5
내 측 기 등	54.6	298.5	65.6	36.2

나. 조직배양시설 C형(챔버형 순화온실)

1) 설계개요

1. 규모와 구조	총면적 - 1,360.8m ² (411.6평), 대지 1,542.24m ² (508.02평)
○ 배양동	- 9m×21.6m=194.4m ² (58.8평) 조립식 샌드위치판넬 : 처마높이 -2.7m, 최고높이 -5.2m
○ 기계실	- 9m×3.6m=32.4m ² (9.8평) 조립식 샌드위치판넬 : 처마높이 -2.7m, 최고높이 -5.2m
○ 순화실	- 9m×25.2m=226.8m ² (68.6평) 지붕형 철골온실(2-2PW형) : 처마높이 -2.7m, 최고높이 -5.2m
○ 육성온실	- 9m×2연동×50.4m=907.2m ² (274.4평) 지붕형 철골온실(2-2PW형) : 처마높이 -2.7m, 최고높이 -5.2m
2. 주요시설	
○ 배양동	- 작업 및 접종실, 자가영양배양실, 타가영양배양실, 자료실, 기자재, 중앙제어반, 후생시설
○ 기계실	- 저면난방온수보일러
○ 순화실 및 육성온실	- 공 통 : 온풍난방기, 쿨링팬, 천창-팩엔피니온, 측장-권취식, 수평 커튼-전후면예인식, 수직커튼-권취식, LCP중앙집중제어 - 순 화 실 : 챔버형 순화확차촉진시설, 좌우이동형 벤취, 미니분사노즐관수, 저면온수난방, 순화실제어반 - 육성온실 : 좌우이동형벤취, 미니분사노즐관수, 저면온수난방, 육성온실제어반

2) 시방개요

○ T형 식물조직배양시설의 시방내용에 준함.

3) 공사비 총괄

공사비총괄표						
일금		441,590,384 원				단위 : 원
비목/구분	%	건축공사		내부설비공사		전기공사
		계		계		계
순 료 비	직접재료비		40,999,793	152,931,130	10,907,966	204,838,889
	간접재료비					
	(소 계)		40,999,793	152,931,130	10,907,966	204,838,889
공 노 무 사 비	직접노무비		34,665,838	17,362,426	3,582,759	55,611,023
	간접노무비	14.00	4,853,217	2,430,739	501,586	7,785,542
	(소 계)		39,519,055	19,793,165	4,084,345	63,396,565
비 검 비	기계검비		548,685	5,967		554,652
	신재보험료	3.20	1,264,609	633,381	130,699	2,028,689
	안전관리비	2.48	1,876,507	4,223,280	359,369	6,459,156
	기타검비	5.00	4,025,942	8,636,214	749,615	13,411,771
	(소 계)		7,715,743	13,498,842	1,239,683	22,454,268
	일반관리비	6.00	5,294,075	11,173,388	973,919	17,441,382
	이윤	15.00	7,879,330	6,669,809	944,692	15,493,831
	중요자재대		6,660,870	71,160,000		77,820,870
	총원가		108,068,866	275,226,334	18,150,605	401,445,805
	부가가치세	10.00	10,806,886	27,522,633	1,815,060	40,144,579
	공사원가		118,875,752	302,748,967	19,965,665	441,590,384
	비고	평당단가(411.6평 기준)				1,072,863

4) 온실구조해석 결과

○ T형 식물조직배양시설의 육성온실 구조해석 결과와 같음.

다. 조직배양실 AC형(순화배양 범용형)

1) 설계개요

1. 규모와 구조	총면적 - 1,360.8m ² (411.6평), 대지 1,542.24m ² (508.02평)
○ 배양동	- 9m × 21.6m = 194.4m ² (58.8평) 조립식 샌드위치판넬 : 처마높이 - 2.7m, 최고높이 - 5.2m
○ 기계실	- 9m × 3.6m = 32.4m ² (9.8평) 조립식 샌드위치판넬 : 처마높이 - 2.7m, 최고높이 - 5.2m
○ 순화실	- 9m × 25.2m = 226.8m ² (68.6평) 조립식 샌드위치판넬 : 처마높이 - 2.7m, 최고높이 - 5.2m
○ 육성온실	- 9m × 2연동 × 50.4m = 907.2m ² (274.4평) 지붕형 철골온실(2·2PW형) : 처마높이 - 2.7m, 최고높이 - 5.2m
2. 주요시설	
○ 배양동	- 작업 및 접종실, 자가영양배양실, 타가영양배양실, 자료실, 기자재, 컴퓨터복합환경제어장치, 후생시설

<계속>

○ 기계실	- 저면난방온수보일러
○ 순화실	- 배양대, 광공급장치, LCP집중제어
○ 육성온실	- 온풍난방기, 쿨링팬, 천창-팩엔피니온, 측창-권취식, 수평커튼 - 전후면예인식, 수직커튼-권취식, 좌우이동형벤취, 미니분사노즐관수, 저면온수난방, LCP집중제어

2) 시방개요

○ T형 식물조직배양시설의 시방내용에 준함

3) 공사비 총괄

일금		513,587,638 원					단위 : 원
	비목/구분	%	건축공사	내부설비공사	전기공사	계	
순	재료비		48,222,815	175,202,862	26,407,966	249,833,643	
	간접재료비						
공	(소 계)		48,222,815	175,202,862	26,407,966	249,833,643	
	노무비		44,762,069	12,470,352	4,932,759	62,165,180	
사	간접노무비	14.00	6,266,689	1,745,849	690,586	8,703,124	
	(소 계)		51,028,758	14,216,201	5,623,345	70,868,304	
비	기계경비		732,025	4,950		736,975	
	산재보험료	3.20	1,632,920	454,918	179,947	2,267,785	
	안전관리비	2.48	2,306,025	4,654,295	777,249	7,737,569	
	기타경비	5.00	4,962,578	9,470,953	1,601,565	16,035,096	
	(소 계)		9,633,548	14,585,116	2,558,761	24,218,664	
	일반관리비	6.00	6,533,107	12,240,250	2,075,404	20,848,761	
	이윤	15.00	10,079,311	6,156,235	1,538,626	17,774,172	
	중요자재대		9,635,549	71,160,000		80,795,549	
	총원가		135,133,088	293,560,664	38,204,102	466,897,854	
	부가가치세	10.00	13,513,308	29,356,066	3,820,410	46,689,784	
	공사원가		148,646,396	322,916,730	42,024,512	513,587,638	
	비고		평당단가(411.6평 기준)			1,247,783	

4) 온실구조해석 결과

○ T형 식물조직배양시설의 육성온실 구조해석 결과와 같음.

2. 조직배양시설의 설계도와 주요내용

가. 조직배양시설 T형(터널형 순화온실)

1) 설계도

가) 설계도의 목록

(1) 건축공사

번호	제 목	주 요 부	도면번호
1	입면도	정·후면도	T-A-1
2	최우측면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-2
3	지붕평면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-3
4	평면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-4
5	기초평면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-5
6	골조평면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-6
7	골조입면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-7
8	접종실 및 배양실 평면도	배양동	T-A-8
9	단면도(A1~A2)	배양동	T-A-9
10	접종실단면도	배양동	T-A-10
11	배양실단면도	배양동	T-A-11
12	단면도	육성온실	T-A-12
13	단면도	순화온실	T-A-13
14	수직브릿싱상세도	육성·순화온실	T-A-14
15	브릿싱상세도	육성·순화온실	T-A-15
16	곡부부분상세도	육성·순화온실	T-A-16
17	방호벽부분상세도	육성·순화온실	T-A-17
18	천창알루미늄설치상세도	PET필름피복	T-A-18
19	기초상세도	육성·순화온실	T-A-19
20	창호리스트	육성·순화온실	T-A-20

(2) 설비공사

번호	제 목	주 요 부	도면번호
1	천창개폐장치설치도	육성·순화온실	T-M-1
2	수평커튼개폐장치설치평면도	육성·순화온실	T-M-2
3	커튼개폐장치설치도-1	평면·측면도	T-M-3
4	커튼개폐장치설치도-2	설치모형도	T-M-4

<계속>

번호	제 목	주 요 부	도면번호
5	평면도(난방, 냉방, 환기장치)	육성·순화온실	T-M-5
6	환기팬 및 쿨링팬설치도	육성·순화온실	T-M-6
7	경유탱크 및 온풍난방기설치도	육성·순화온실	T-M-7
8	벤취배치평면도	배양동, 육성·순화온실	T-M-8
9	벤취설치단면도(1, 육성온실)	좌우이동형	T-M-9
10	조직배양실단면도(A4~A6)	배양대 배치	T-M-10
11	벤취설치단면도(2, 순화실)	터널형 순화장치	T-M-11
12	조직배양실선반배치도	배양실	T-M-12
13	자가영양배양실생육선반	배양대 상세도	T-M-13
14	타가영양배양실생육선반	배양대 상세도	T-M-14
15	범례 및 기계장비열람표	보일러, 펌프, 탱크	T-M-15
16	기계실평면도	보일러 배치	T-M-16
17	관수 및 가습설비 평면도	육성·순화온실	T-M-17
18	접종실 및 배양실설비평면도	난방배관	T-M-18
19	순화실 T형 난방설비평면도	난방배관	T-M-19

(3) 전기공사

번호	제 목	주 요 부	도면번호
1	동력배치도	육성·순화온실	T-E-1
2	센서배치도	배양, 육성·순화온실	T-E-2
3	MAIN POWER PNL 및 단선결선도		T-E-3
4	조직배양실 PNL 및 단선결선도		T-E-4
5	LOCAL PNL 1 및 단선결선도	육성온실	T-E-5
6	LOCAL PNL 2 및 단선결선도	순화온실	T-E-6
7	CABLE SCHEDULE		T-E-7

나) 설계도
 (1) 건축부분

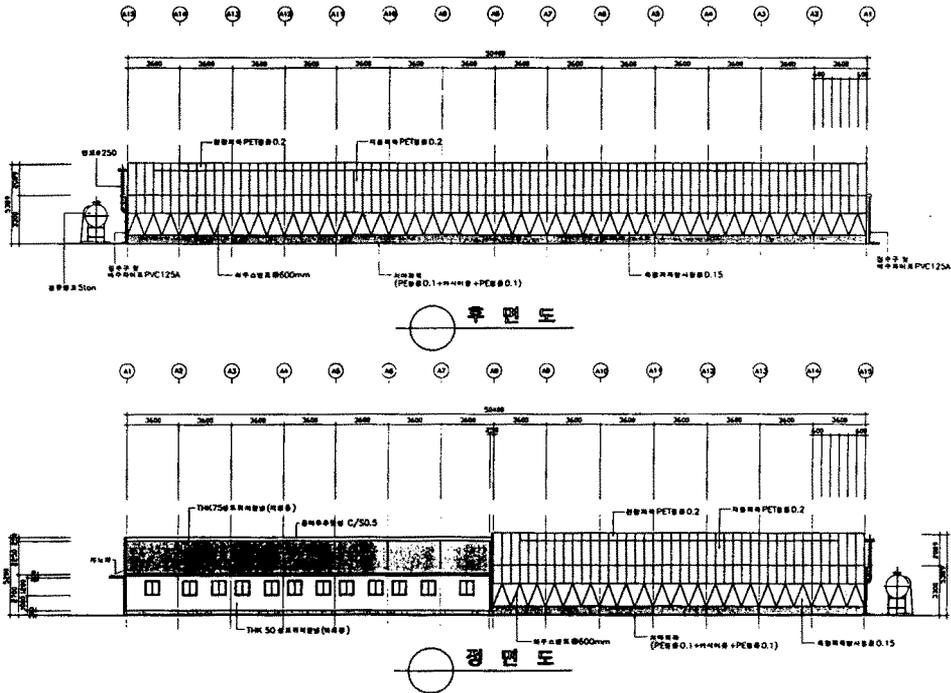


그림 4.1.1. 배양실, 순화실, 육성온실의 전·후면 입면도

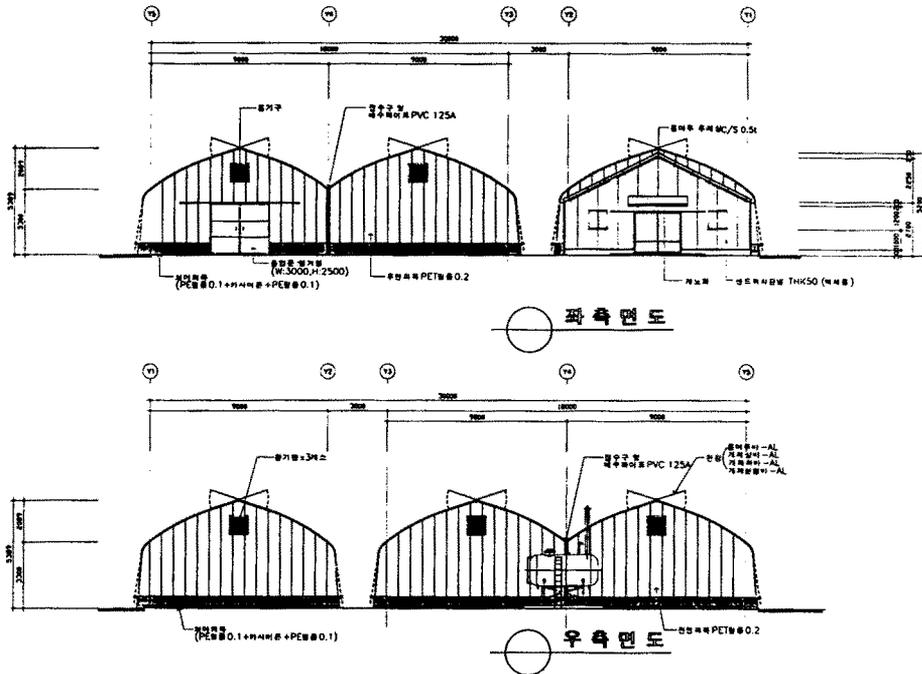
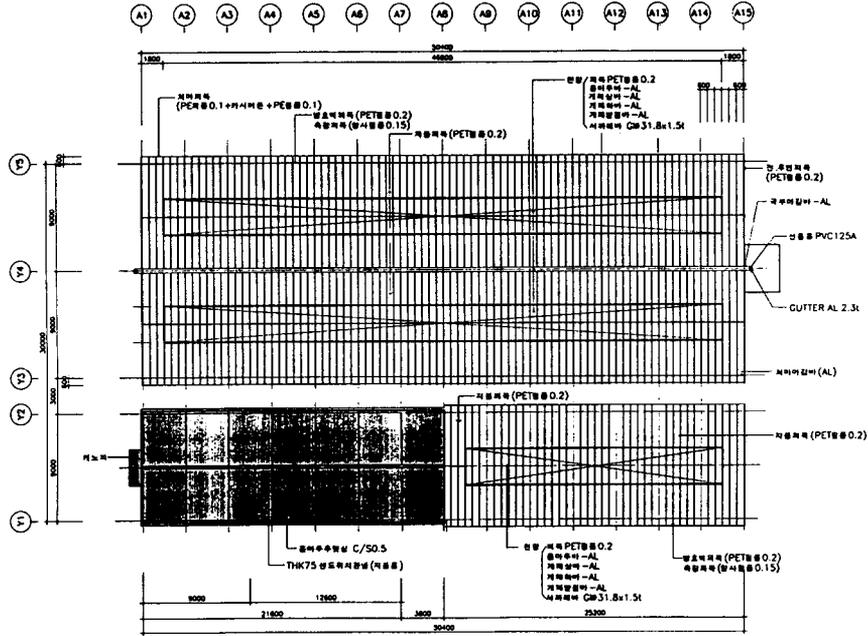
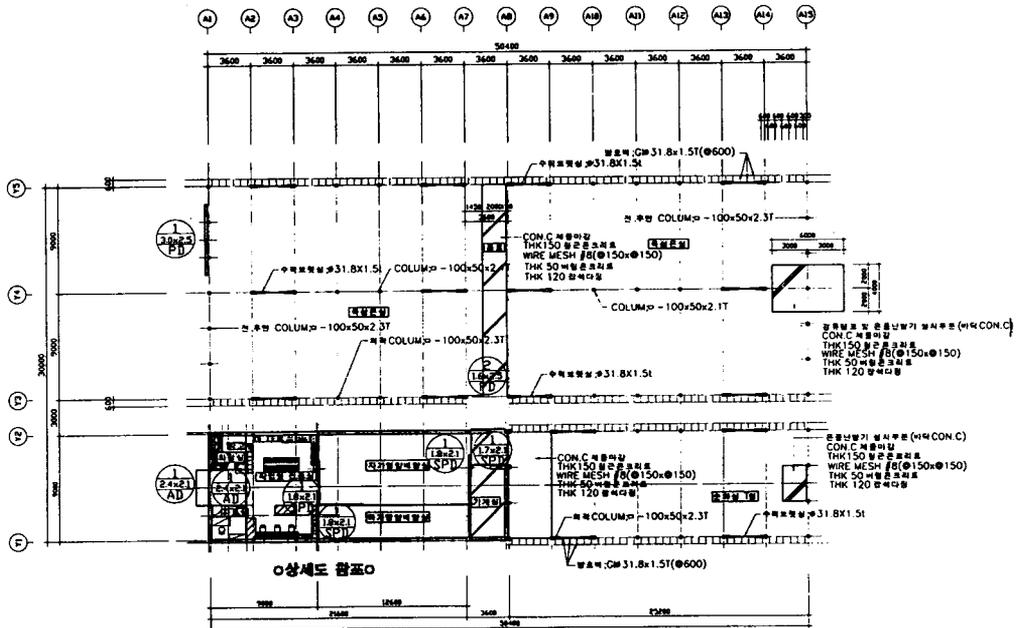


그림 4.1.2. 배양실, 순화실, 육성온실의 좌·우측면도



지붕 평면도

그림 4.1.3. 배양실, 순화실, 육성온실의 지붕평면도



평면도

그림 4.1.4. 배양실, 순화실, 육성온실의 평면도

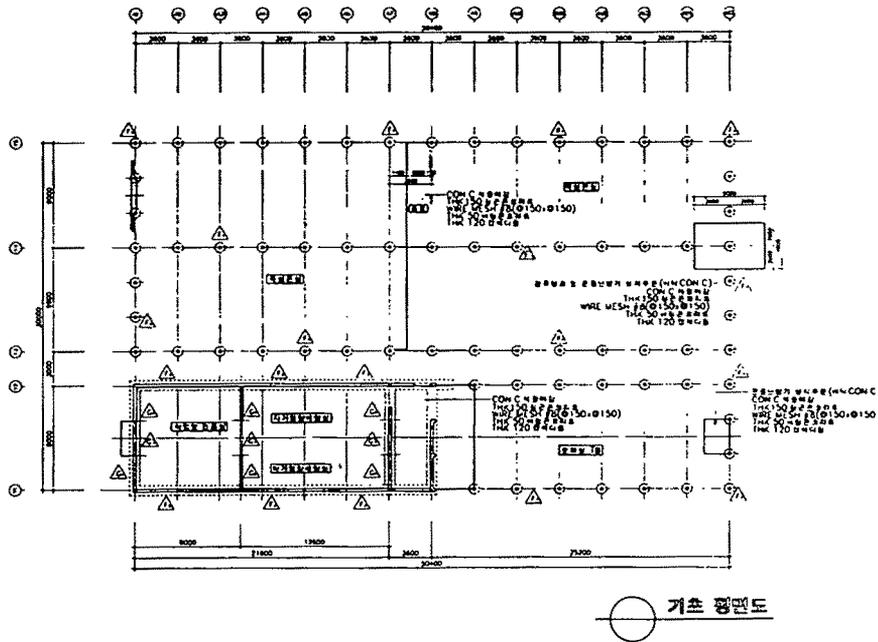


그림 4.1.5.배양실, 순화실, 육성온실의 기초평면도

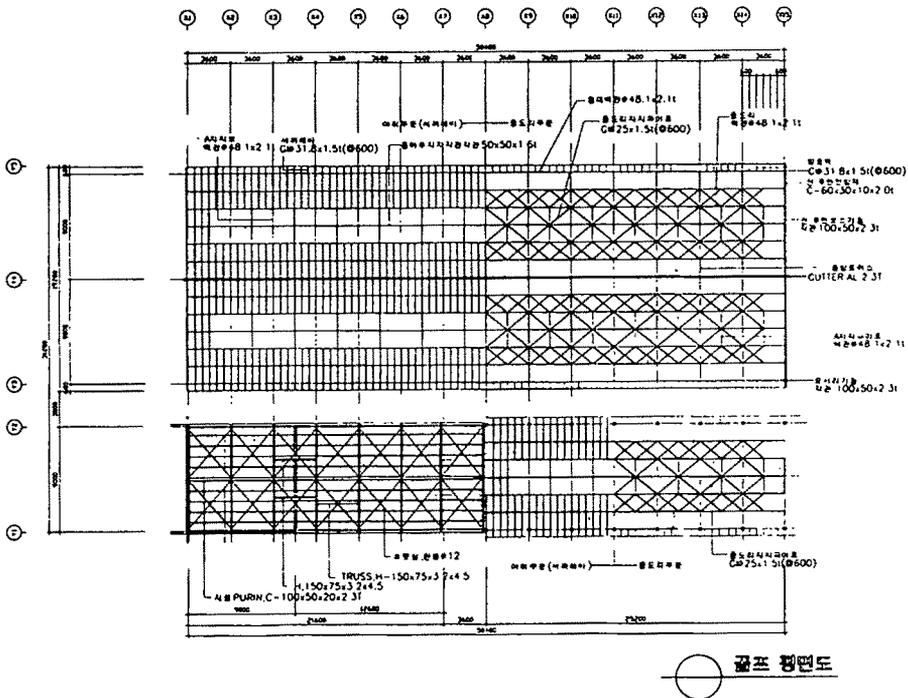


그림 4.1.6.배양실, 순화실, 육성온실의 골조평면도

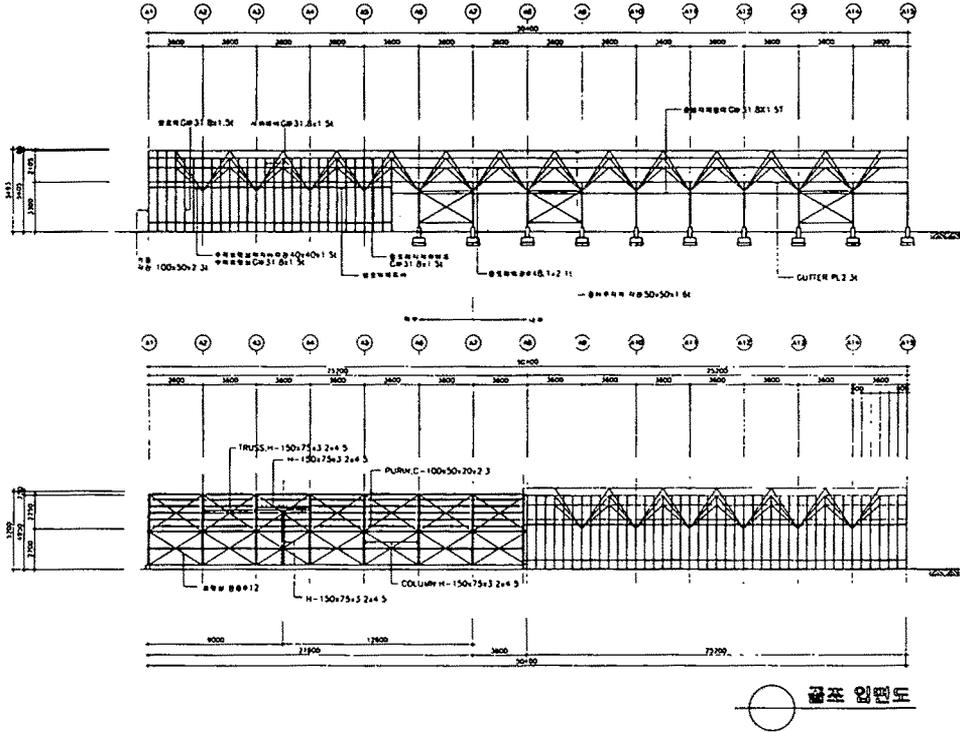


그림 4.1.7. 배양실, 순화실, 육성온실의 끝조입면도

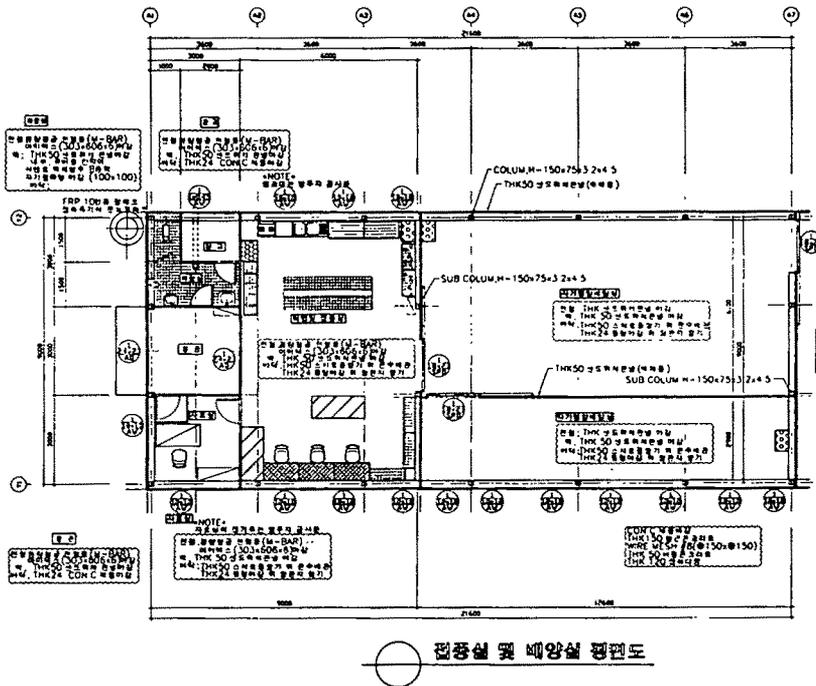


그림 4.1.8. 배양동(접종실, 배양실)의 평면도

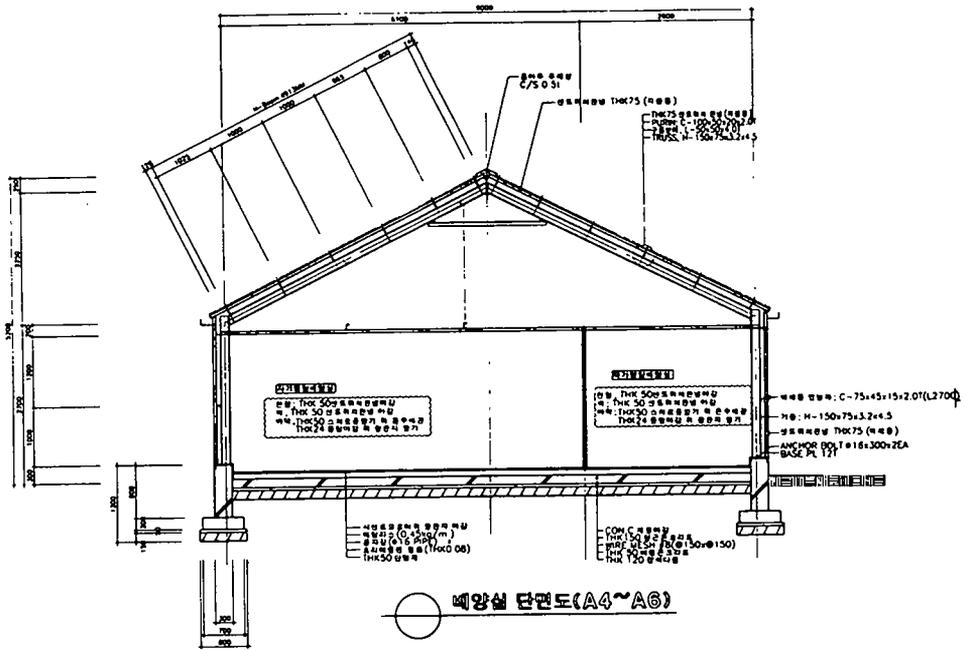


그림 4.1.11. 배양동(배양실)의 단면도

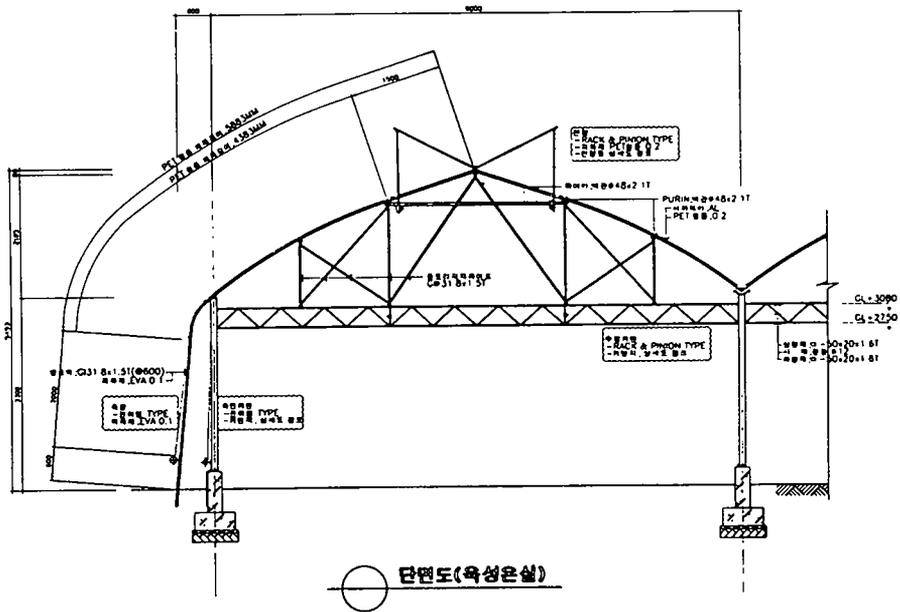


그림 4.1.12. 육성온실의 단면도

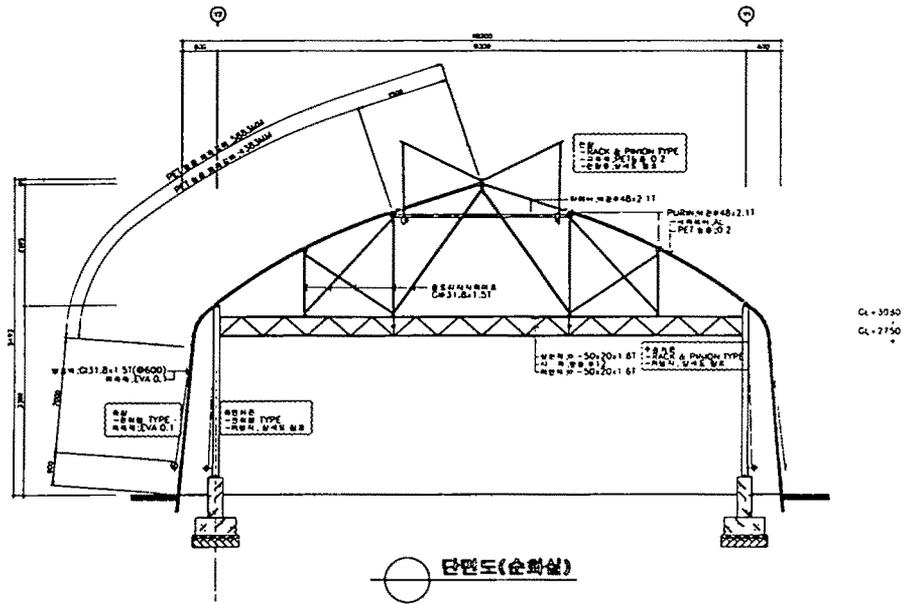


그림 4.1.13. 순화온실의 단면도

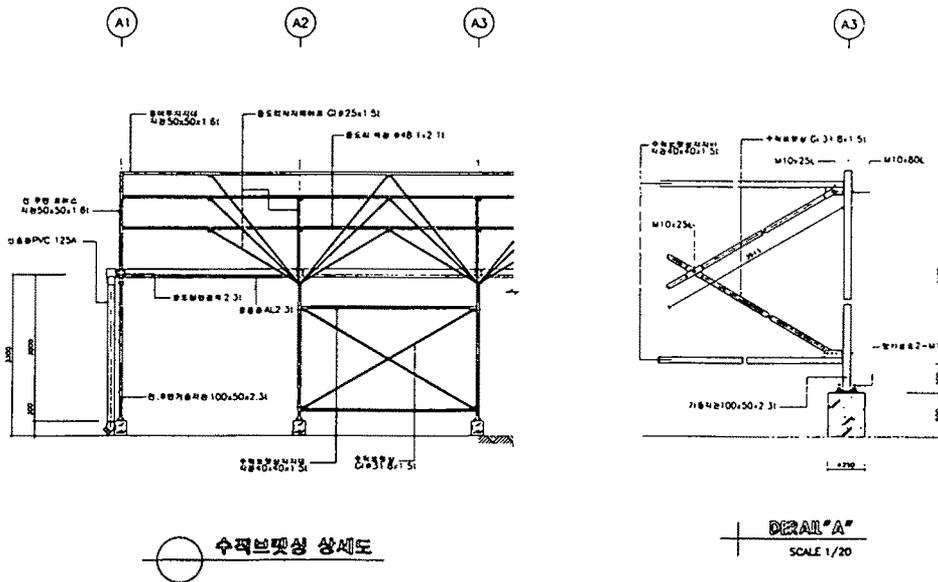


그림 4.1.14. 육성, 순화온실의 수직 브래싱 상세도

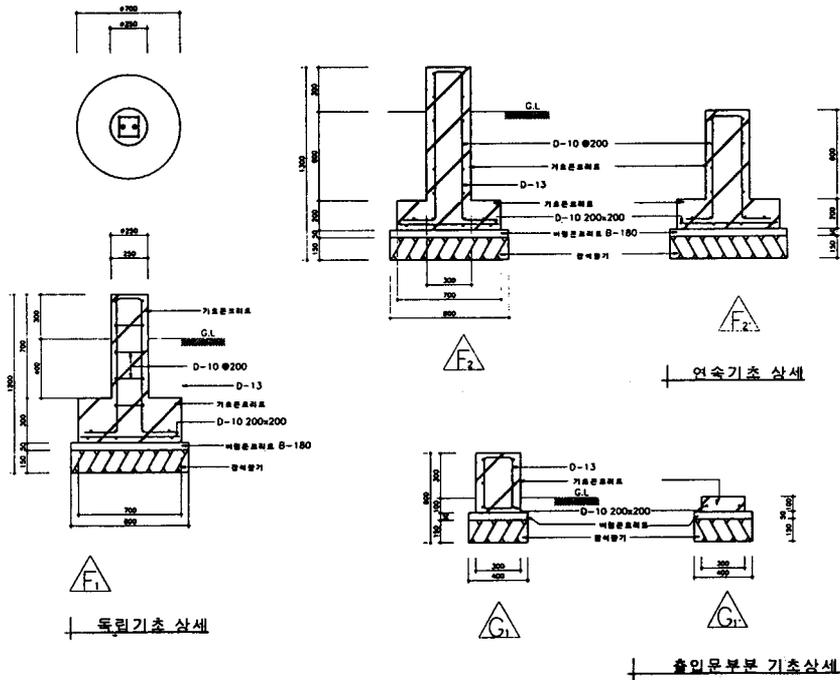


그림 4.1.19. 육성, 순화온실 기초상세도

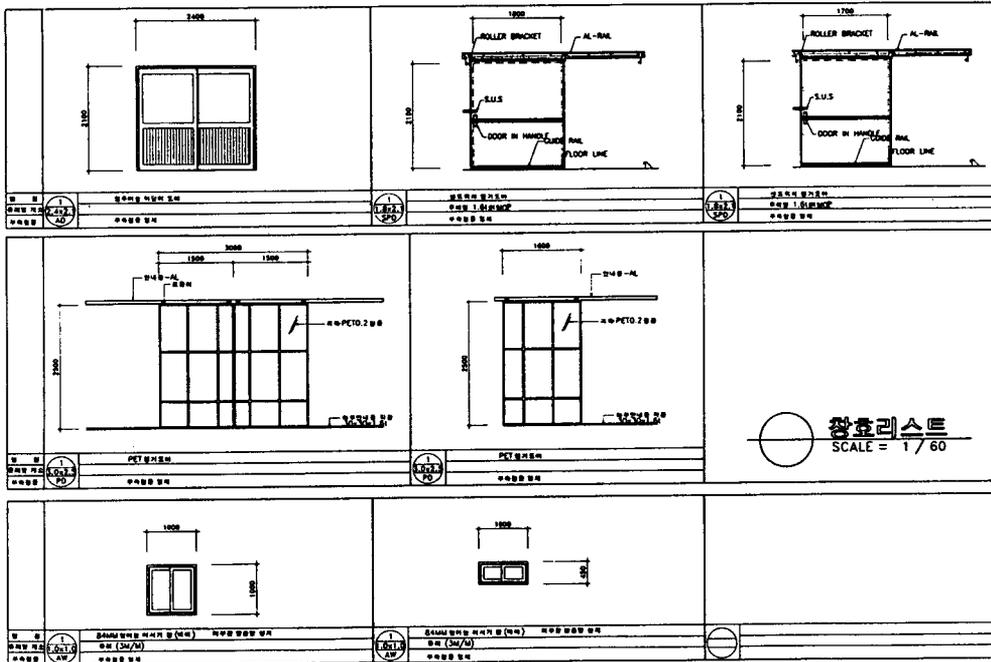
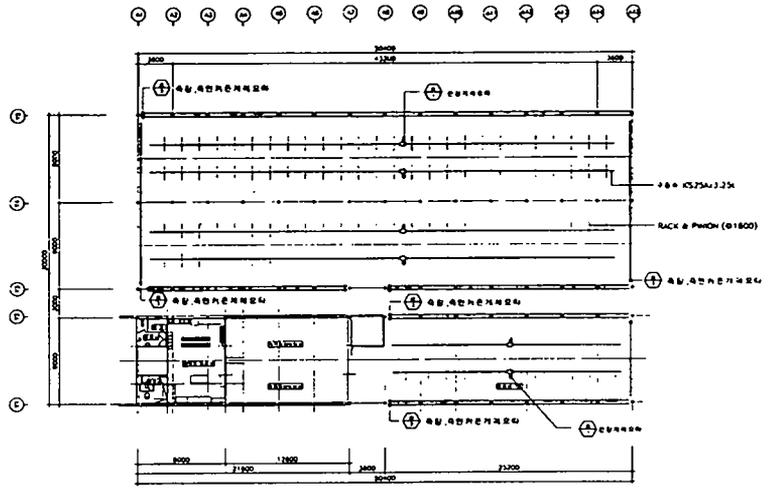
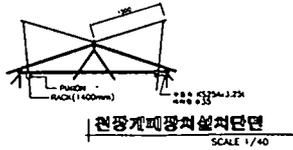


그림 4.1.20. 육성, 순화온실의 창호리스트

(2) 기계, 장비부분



천창개폐장치설치평면도

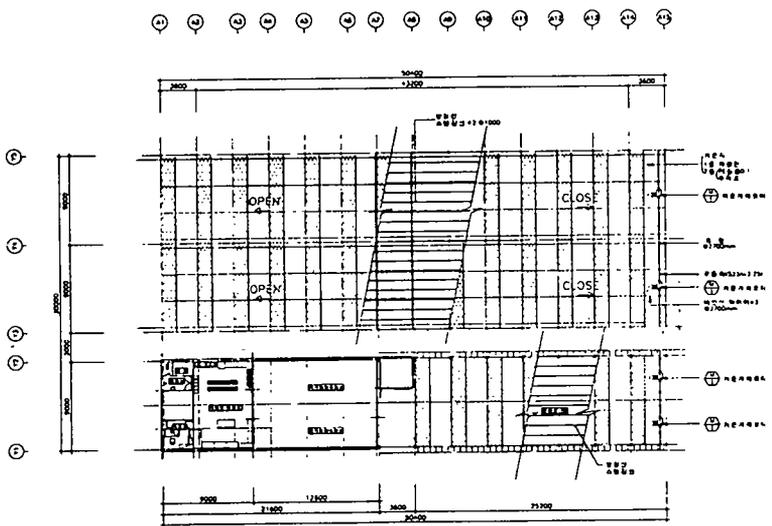


주요사항표

기호	구분	수량	용역	단위	주요사항	설치위치
⊕	천창개폐장치	8대	0.37kw	3φ 770/380V	60Hz	3rpm
⊕	육성, 순화온실개폐장치	1대	0.09kw	DC 24V	60Hz	3rpm

구분	설치	수량	비고
RACK & PinCH	1400mm	62 SET	

그림 4.1.21. 육성, 순화온실의 천창 개폐장치 설치도



수평커튼개폐장치설치평면도

그림 4.1.22.육성, 순화온실의 수평커튼개폐장치 설치평면도

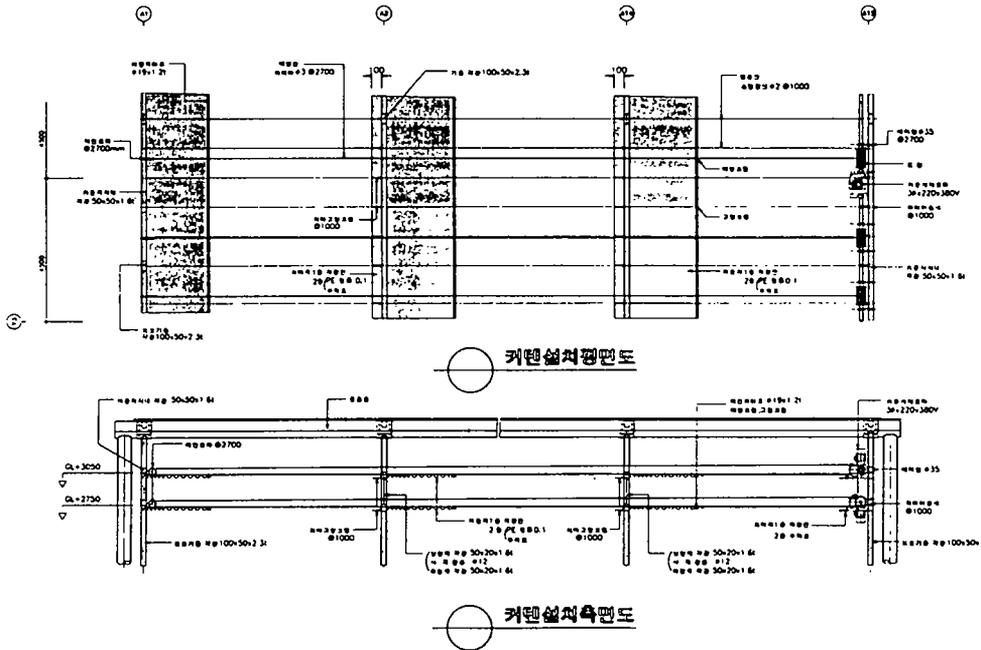


그림 4.1.23. 온실의 커튼설치 평면도, 측면도

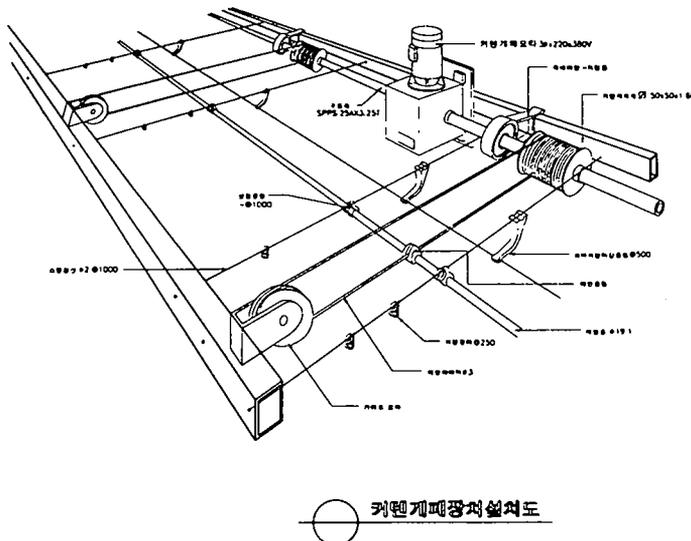


그림 4.1.24. 온실의 커튼개폐장치 설치도

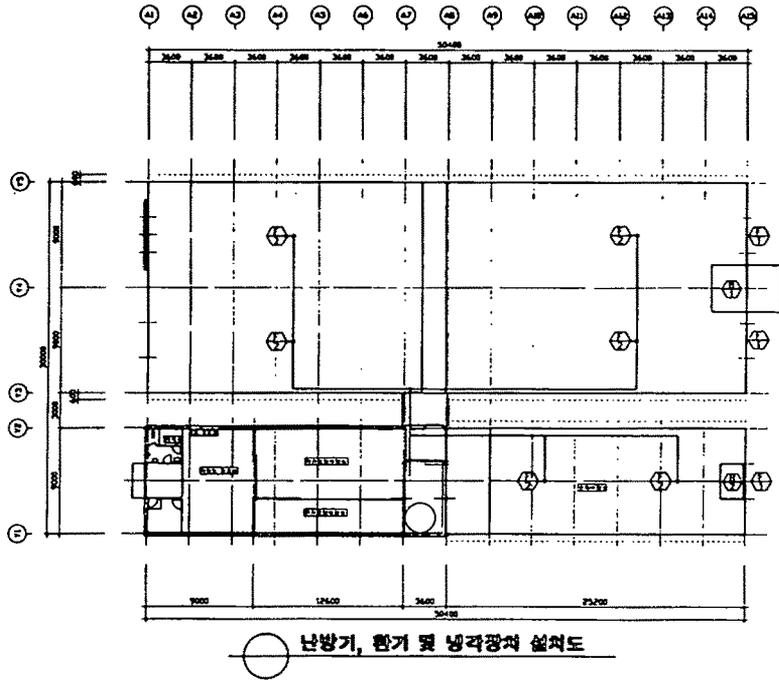


그림 4.1.25. 육성, 순화온실의 난방, 냉방, 환기장치 설치도

표 4.1.1. 온실의 난방기, 쿨링팬, 환기팬의 사양

F2 쿨링팬 사양		F1 환기팬 사양		온풍난방기 사양	
소비전력	3ø/220V/750W	소비전력	3ø/220V/750W	소비전력	B1
본사입자	20-30 μ	용량	300 m ³ /min	소비전력	3ø/380V
제어방식	온도센서 타이머, 컴퓨터에 의한 자동제어,	제어방식	온도센서 타이머, 컴퓨터에 의한 자동제어,	규격	300평형
기능	쿨링, 가습, 순화CO2방제 (CO ₂ 선택 사양)	기능	환기	제어방식	온도센서 타이머, 컴퓨터에 의한 자동제어,
분주회전	0-360	분주회전	0°	사용연료	경유
수량	6 대	직경	900	수량	1 대
		수량	3 대		1 대

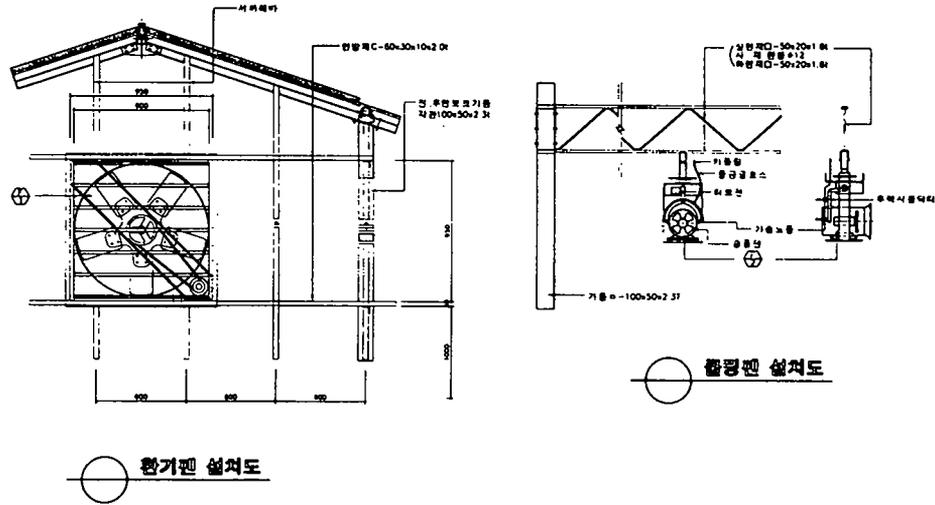


그림 4.1.26. 온실의 환기팬, 쿨링팬 설치도

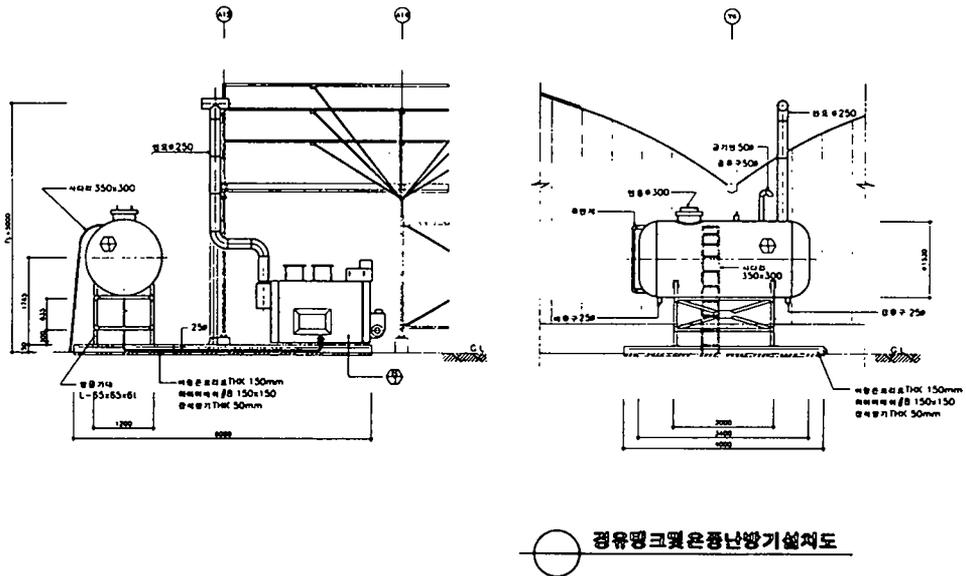


그림 4.1.27. 온실의 난방용 경유탱크 및 온풍기 설치도

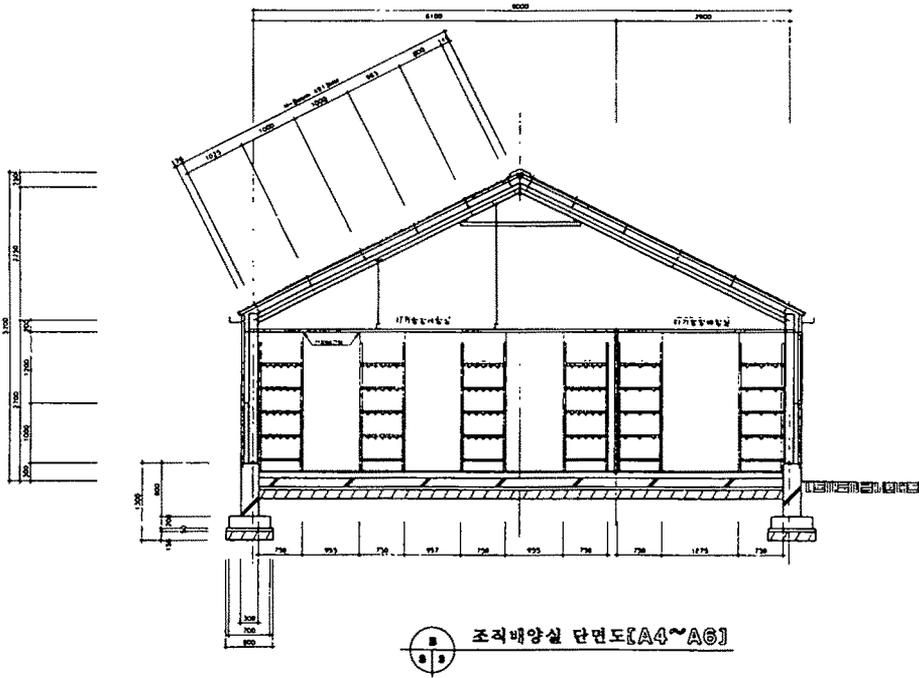


그림 4.1.30. 배양실의 배양대(배양선반)배치 단면도

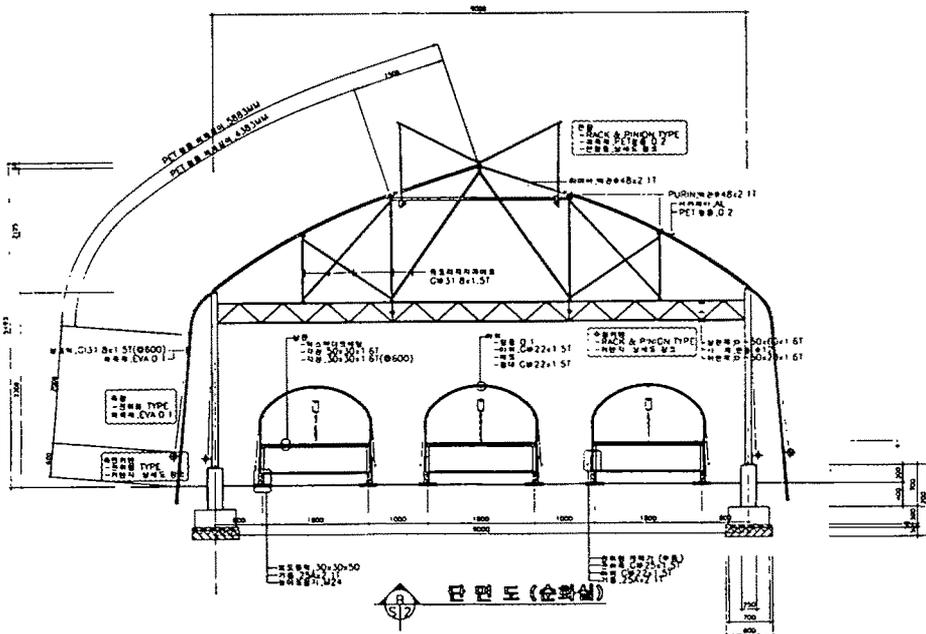


그림 4.1.31. 순화온실의 벤치(터널형 순화장치)설치 단면도

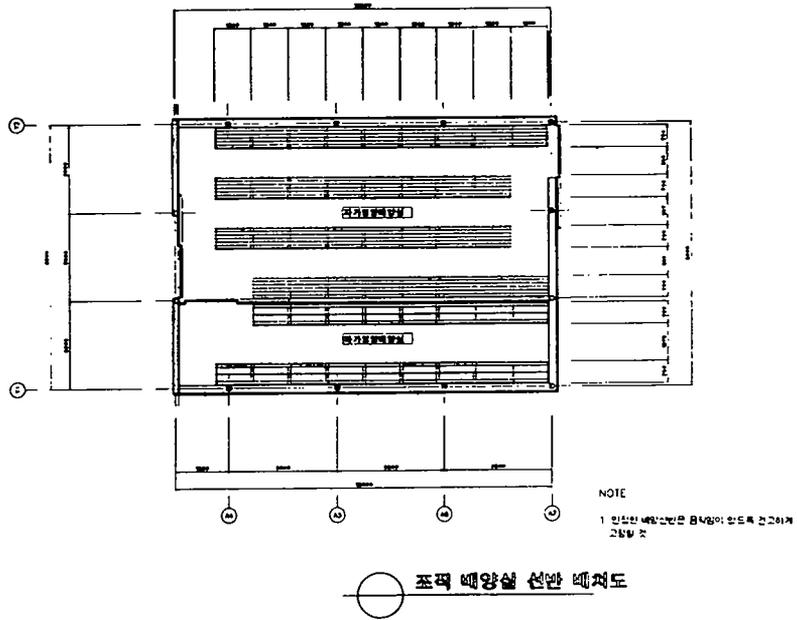


그림 4.1.32. 배양실 선반배치 평면도

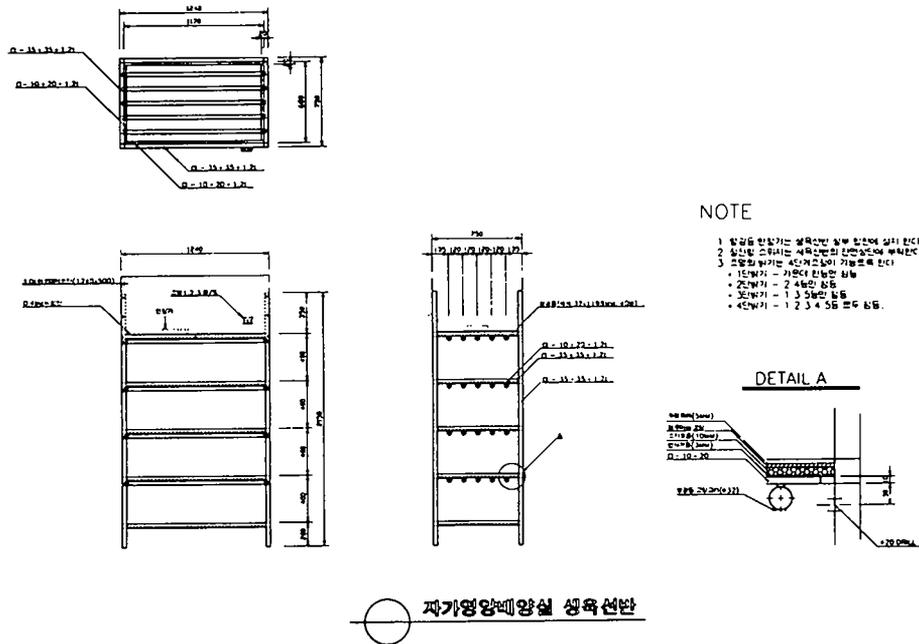


그림 4.1.33. 광독립자가영양배양실 배양선반 상세도

표 4.1.2. 배양접종실 기자재 품목별 수량과 규격

기자재명	규격	단위	수량	기자재명	규격	단위	수량
무균작업대	1200	조	3	초자기구건조대	1200×600×1500	조	
고압멸균기	100L	대	2	작업대	1800×750×800	조	
PH메타기	corming240	대	1	중앙실험대	3000×1500×800	조	
전자저울	0.0001-120g	대	1	벽면실험대	1200×400×1800	조	
교반기	2000RPM	대	1	초자기구보관함	1500×300×1800	조	
현미경	해부용	대	1	약품기구보관함	1800×450×1800	조	
냉난방기	10평형	대	1	분주기	일반형	대	
냉난방기	15평형	대	1	조도계	Lux계	대	
냉난방기	45평형	대 </td <td>1</td> <td>자동피펫</td> <td>일반형</td> <td>대</td> <td></td>	1	자동피펫	일반형	대	
냉장고	580L	대	1	진공펌프	DPA-15	대	
증류수제조기	capa 12L	대	1	환풍기	자동팬	대	
세척기	자동 h 650-750m	대	2	제습기	50평형	대	
건조기	열풍건조형	대	1	기타	20종	종	

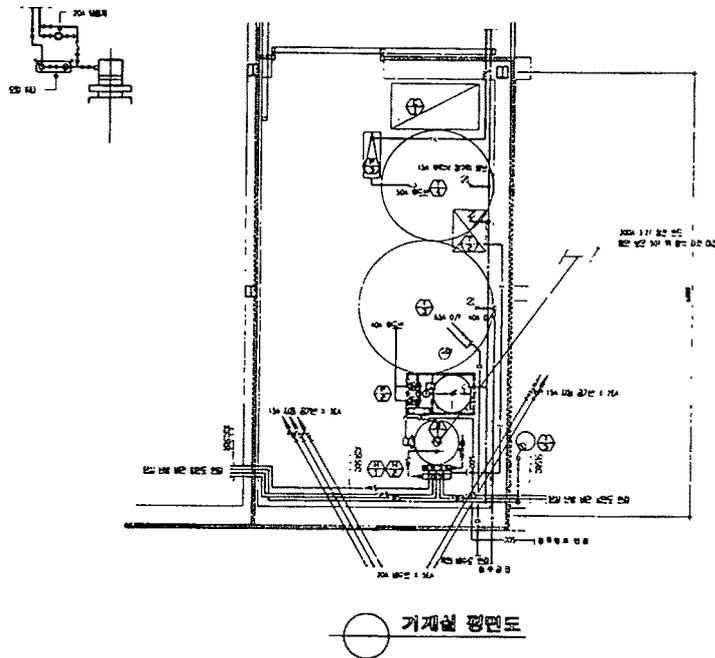


그림 4.1.36. 기계실의 보일러 배치 평면도

□ 기계장비의 기호

표 4.1.3. 기계장비의 기호 범례표

기 호	명 칭	비 고	기 호	명 칭	비 고	기 호	명 칭	비 고
— · —	급수관	KS규격 SUS 278 2.5T 용접식	—DOS—	경유공급관	KS규격 흑관		물필모	KS규격 백관
—HWS—	난방공급관	KS규격 백관	—D—	배수관	P.V.C 상수도관		열용감압밸브	
—HWR—	난방환수관	KS규격 백관		게이트밸브	KS규격 SUS 278 2.5T 용접식		자동급기밸브	
—E—	명창관	KS규격 백관		체크밸브	KS규격 백관		후드밸브	KS규격 흑관
—Y K—	액미관급관			스트레너	KS규격 백관		부력식 침수취탈프	P.V.C 상수도관
NOTE	1. 밸브류는 $\phi 15 \sim 50$ 이하는 허용 10kg/cm 나사식, $\phi 65$ 이상은 주철 10kg/cm 용접식용사용한다. 4. 보온순서: 감관 + 유리섬 모온재 + 모루지 + 폴리머 테이프 + 알루미늄 밴드미감. 2. 난방구경 $\phi 50$ 이상과 밸브는 버터 플라이 밸브 설치. 5. 난방배관 백관의 이음은 용접으로하며 용접부위는 반드시 녹막이 페인트칠을 하여야 한다. 3. 보온두께 $\phi 15 \sim 40$ 은 유리섬 모온재 25T, $\phi 50$ 이상은 유리섬 모온재 40T를사용한다. 6. 도면에는 표기되지 않았으나 필요부위에는 에어벤트가 설치되어야 한다.							

□ 기계장비의 사양

표 4.1.4. 보일러의 사양

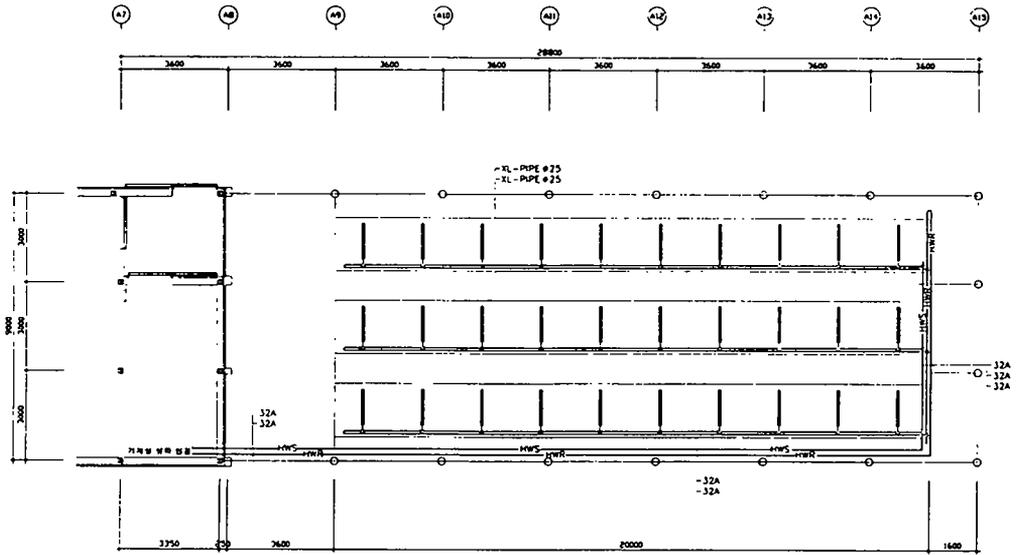
기호	명 칭	수량	형 식	용 량	외 고 사용압력	전 열면적	비			전 령	연료소요량	연 도	관 연 경 령			설 치 장 소	적 요
							높이	모양	모양				공수인입구	배수	경 유		
	온수보일러	1	인 형	100,000kcal/hr	1.0kg/cm	3.18m	건타입		250W	1 ϕ / 220V / 60HZ	13.6 ϕ /hr	$\phi 250$	$\phi 75$	$\phi 75$	$\phi 20$	기계실	전자용, 버너 및 오일유압계 구비 기타 필요부속을 일체구비 사용.

표 4.1.5. 펌프류 사양

기호	명 칭	수량	형 식	유 량	왕 정	오 타	전 령	관 연 경 령		설 치 장 소	적 요
								공 인	포 용		
	난방순환펌프	1	라인형	31.5LPM	10 M	400W	1 ϕ /220V/60HZ	$\phi 65$	$\phi 65$	기계실	기타부속을 일체구비사용
	가압펌프	1	S A W	200LPM	30 M	750W	3 ϕ /380V/60HZ	$\phi 40$	$\phi 40$	기계실	단수, 단, 급수탱크 1000LIT 지중판넬, 보급수탱크포함, 기타 부속을 일체구비사용
	관수펌프	1	보류프	250LPM	24 M	750W	1 ϕ /220V/60HZ	$\phi 50$	$\phi 50$	기계실	발전기대, 후역시동, 압력계등 기타 부속을 일체구비사용
	폼트레시	1	사용압력: 2.5kg/cm ²			5500W	3 ϕ /380V/60Hz				

표 4.1.6. 탱크류의 사양

기호	명 칭	수량	용 량	규 격	보 온		설 치 장 소	적 요
	경유탱크	1	5,000 LIT	상세도 참조	방화 2회, 지형에 2회		기계실	
	명창탱크	1	250 LIT	기성제품	방화 2회, 지형에 2회		기계실	
	함수탱크	1	5,000 LIT	PE 원통형			기계실	
	왕액탱크	1	2000LIT	PE 원통형			기계실	
	가수탱크	3	300 LIT	스텐 $\phi 250$			은실	
	난방공급탱크	1	$\phi 100 \times 500$	KS규격 백관	유리섬 모온 50T + 1T알루미늄 자켓미감		기계실	기타 필요시설 일체 구비 사용
	난방환수탱크	1	$\phi 100 \times 500$	KS규격 백관	유리섬 모온 50T + 1T알루미늄 자켓미감		기계실	기타 필요시설 일체 구비 사용



순화실 T형 난방설비평면도

그림 4.1.39. 터널형 순화실의 난방설비 평면도

(3) 전기·제어공사

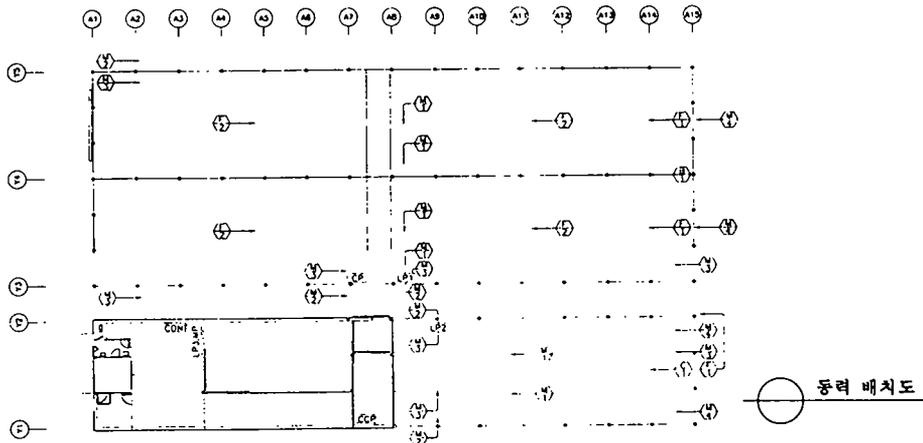


그림 4.1.40. 육성·순화온실의 동력 배치도

표 4.1.7. 배양동, 육성·순화온실의 동력설비 기호 범례표

범례							
기호	영상	규격	구간	동력케이블	제어케이블	수량	비고
[MP]	MAIN POWER PNL			CV 38Sq + 4C		1면	
[EP1]	육성온실 제어반			CV 14Sq + 4C		1면	
[EP2]	순화실 제어반			CV 14Sq + 4C		1면	
[EP3]	조식배양실 제어반			CV 14Sq + 4C		1면	
[CB]	급탕된 콘트롤 BOX	3φ 380V 3000W		CV 5.5Sq + 4C		1면	
[CB]	캐비닛 PNL	1φ 220V 2750W		CV 5.5Sq + 4C		1면	
[CON]	컴퓨터 콘트롤러					각 1조	
[S]	신상계메모리	3φ 380V 375W		CV 2.0Sq + 4C	CV 1.25Sq + 3C	6 EA	
[S]	측상계메모리	DC24V 95W		CV 2.0Sq + 2C	CV 1.25Sq + 3C	5 EA	라이프S/W4장
[S]	역전커전계메모리	3φ 380V 375W		CV 2.0Sq + 4C	CV 1.25Sq + 3C	8 EA	
[S]	수상커전계메모리	3φ 380V 375W		CV 2.0Sq + 4C	CV 1.25Sq + 3C	4 EA	
[S]	환기팬	3φ 380V 375W		CV 2.0Sq + 4C		3 EA	
[S]	급탕팬	3φ 380V 750W		CV 2.0Sq + 4C		4 EA	
[S]	온풍난방기	3φ 380V 3000W		CV 5.5Sq + 4C		1 EA	
[S]	열풍기	3φ 380V 3000W		CV 5.5Sq + 4C		1 EA	

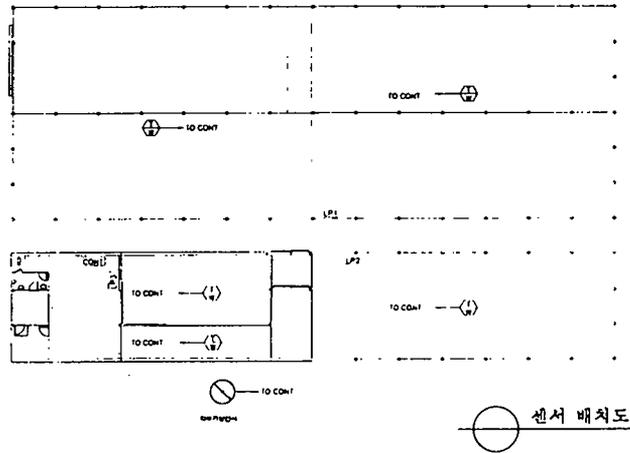


그림 4.1.41. 육성·순화온실의 센서설비 배치도

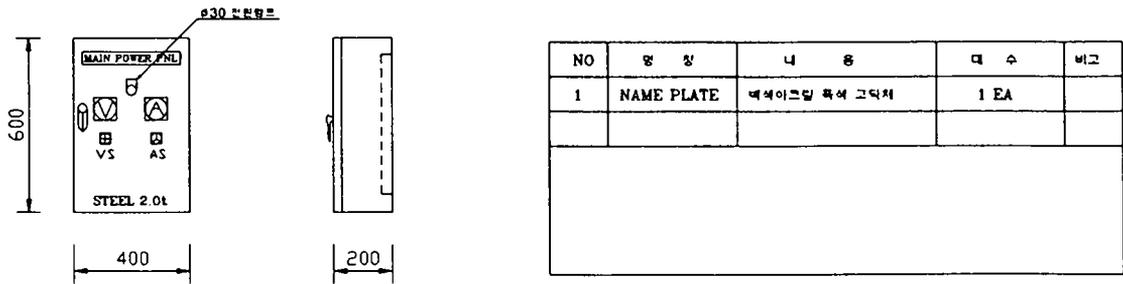


그림 4.1.42. MAIN POWER PNL 모형도

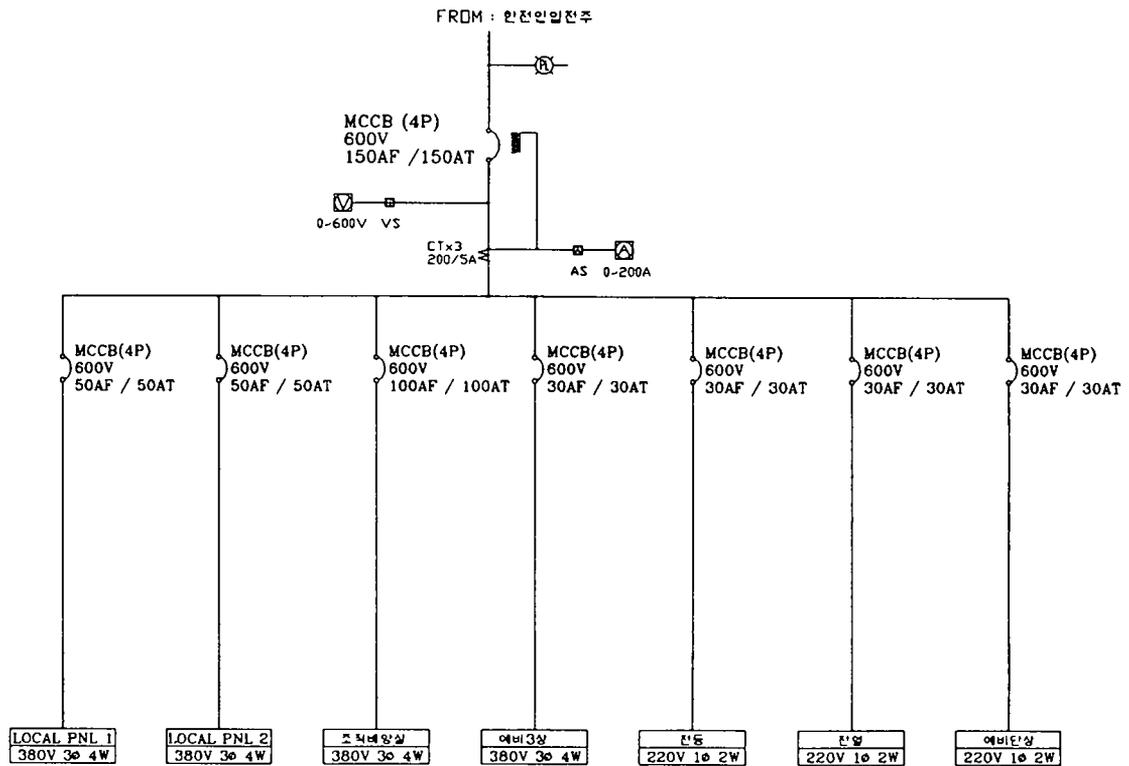
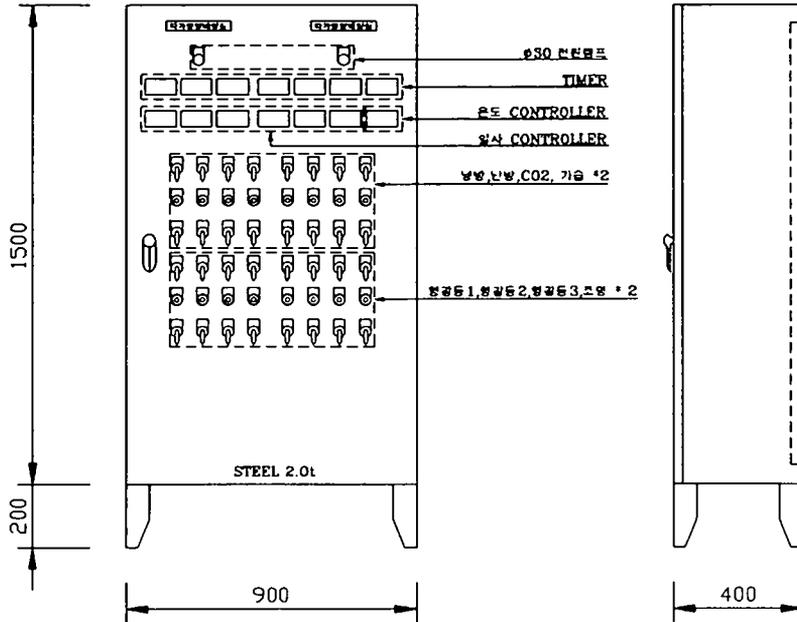


그림 4.1.43. MAIN POWER의 단선 결선도



NO	명 칭	내 용	대 수	비고
1	NAME PLATE	백색이그립 옥색 고딕체	2 EA	
2	TIMER	24시간 장전보상형	7 EA	
3	온도 CONTROLLER	Pt1000hm, 4~20mA	6 EA	
4	일사 CONTROLLER	Pt1000hm, 4~20mA	1 EA	
5	경 진신호램프		2 EA	
6	경 선택타 S/W	SELECTOR 3단	16 EA	
7	경 선택타 S/W	SELECTOR 2단	16 EA	
8	경 상대표시램프		16EA	

NOTE

1. COMPUTER 온전 기능을 단차대 인쇄
2. 순환점프는 난방밸브 1,2,3중 1개 이상이 동작하면 동작해야한다.
3. 난방경보 -> 목표온도 이상에서 난방,형광등1,2,3 차단.
4. 냉방경보 -> 목표온도 이하에서 냉방차단.
5. 냉·난방은 내부 INTER LOCK 기능수행
6. 냉방온도조절러는 역동직제어(냉방)기능을 사용해야 한다.

그림 4.1.44. 배양동 PNL 모형도

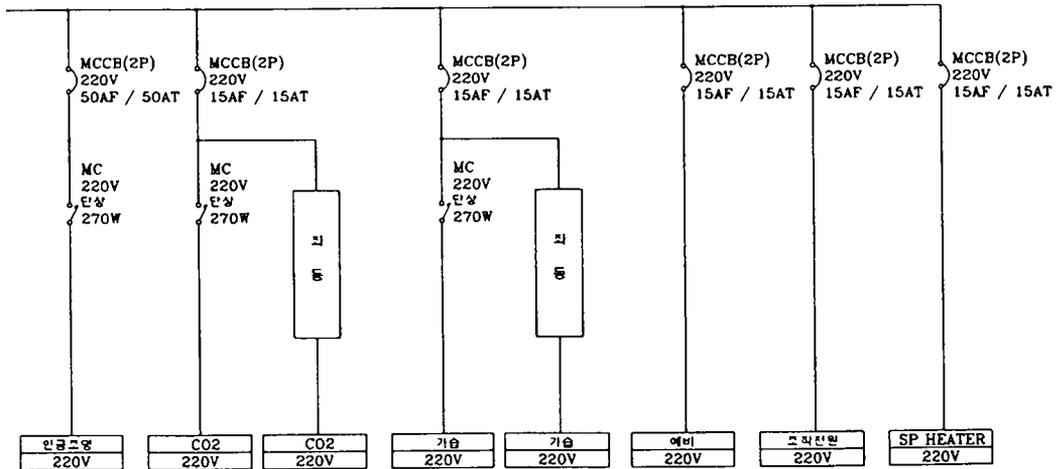
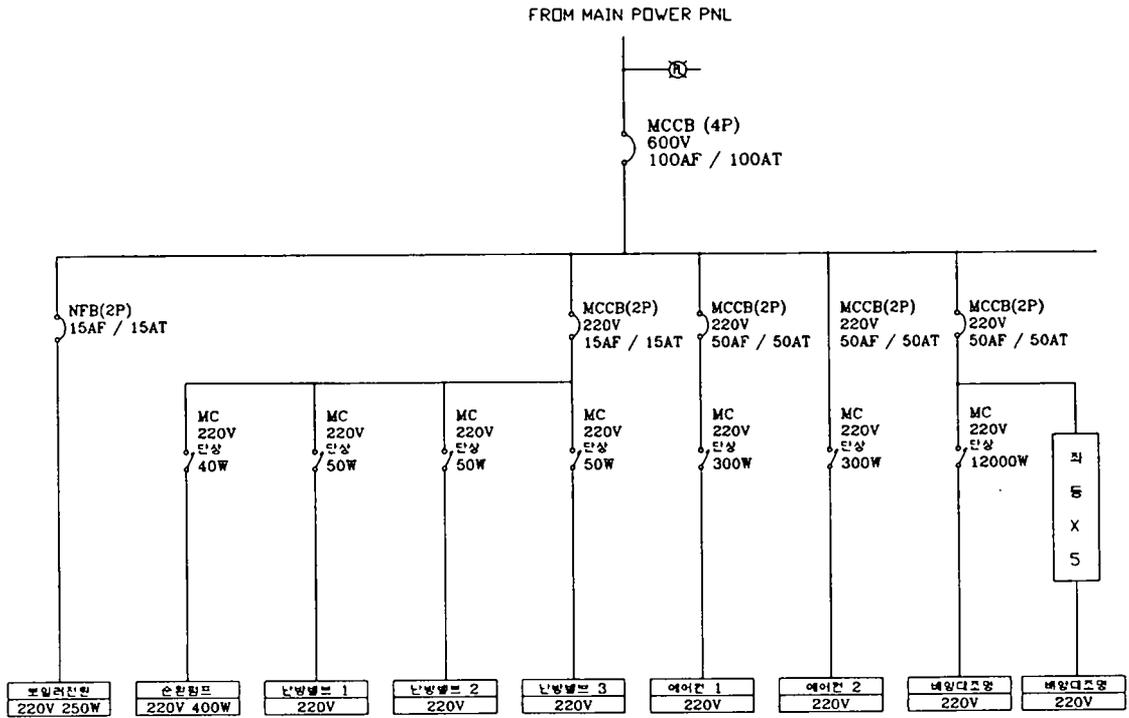
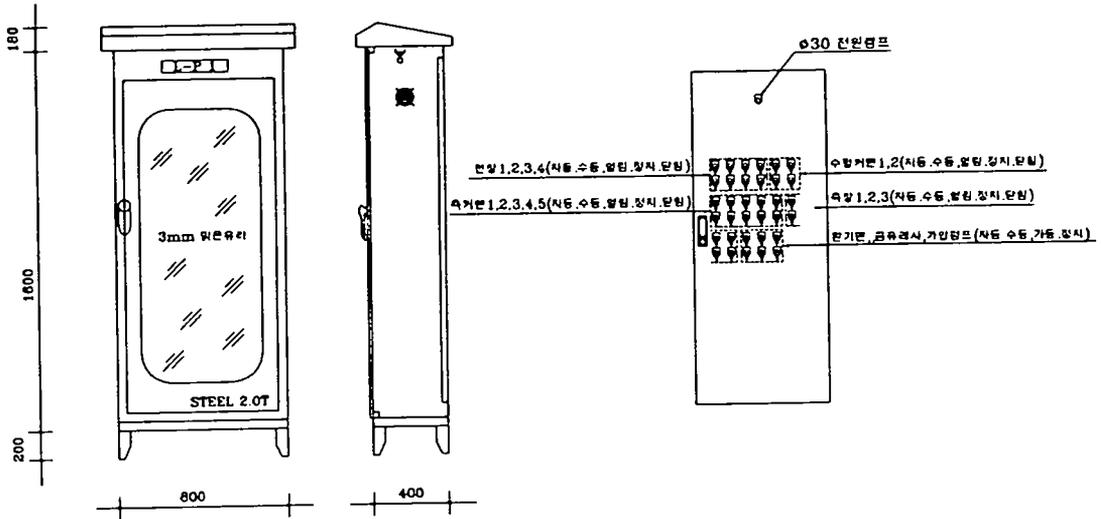


그림 4.1.45. 배양동의 단선 결선도



NO	명 칭	내 용	대 수	비고
1	NAME PLATE	백색이그립 옥색 그림자		
2	현상커튼모다		375W X 4EA	
3	속상커튼모다		90W X 3EA	
4	속편커튼커튼모다		170W X 5EA	
5	수합커튼커튼모다		375W X 2EA	
6	환기판모다		375W X 2EA	
7	온풍난방기		3000W X 1EA	
8	관수모다		750W X 1EA	
9	컴퓨터시모다		5500W X 1EA	
10	가입림프		750W X 1EA	
11	무선탐색 S/W	SELECT 3인	14 EA	
12	무선탐색 S/W	SELECT 2인	22 EA	
NOTE 1. COMPUTER 온전 기능을 단절대 인을				

그림 4.1.46. 육성온실의 PNL 모형도

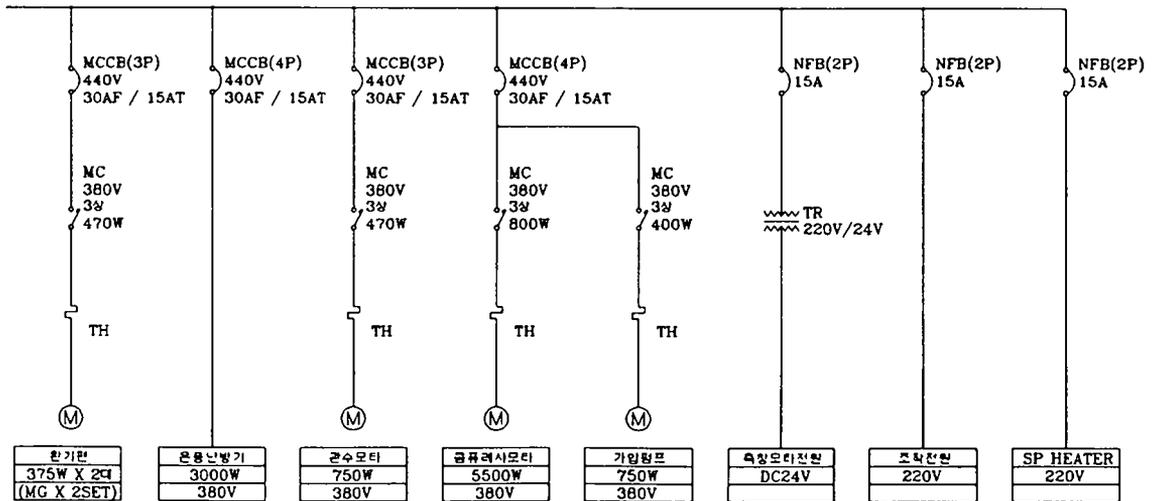
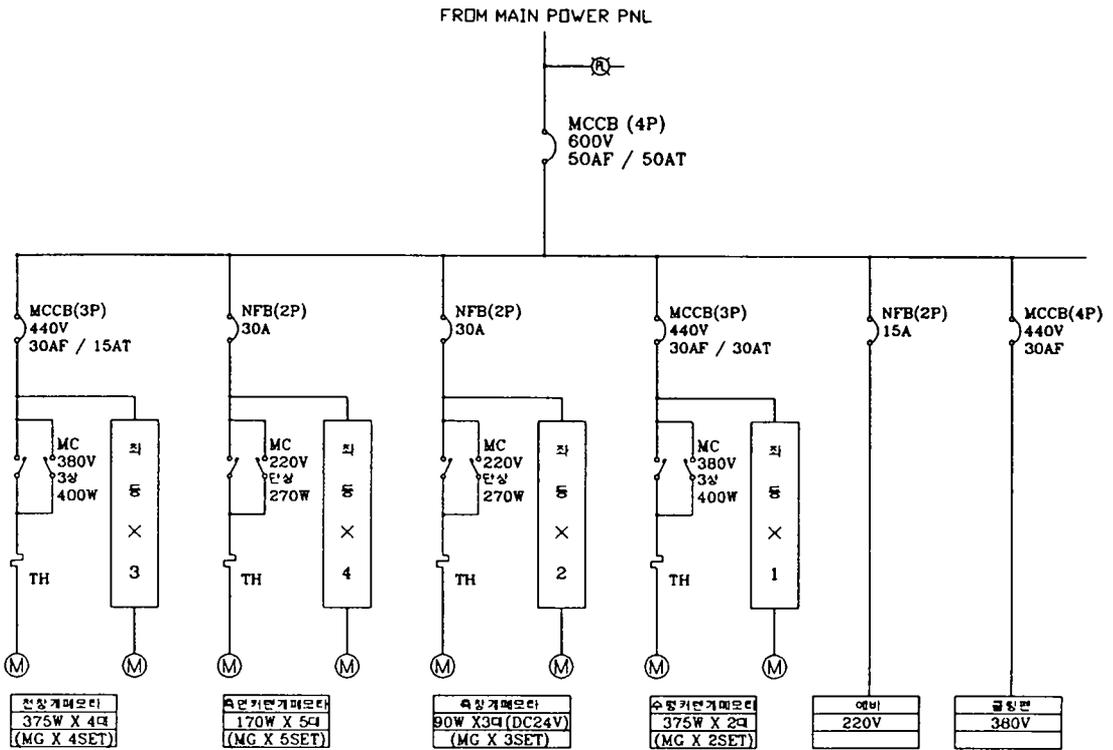
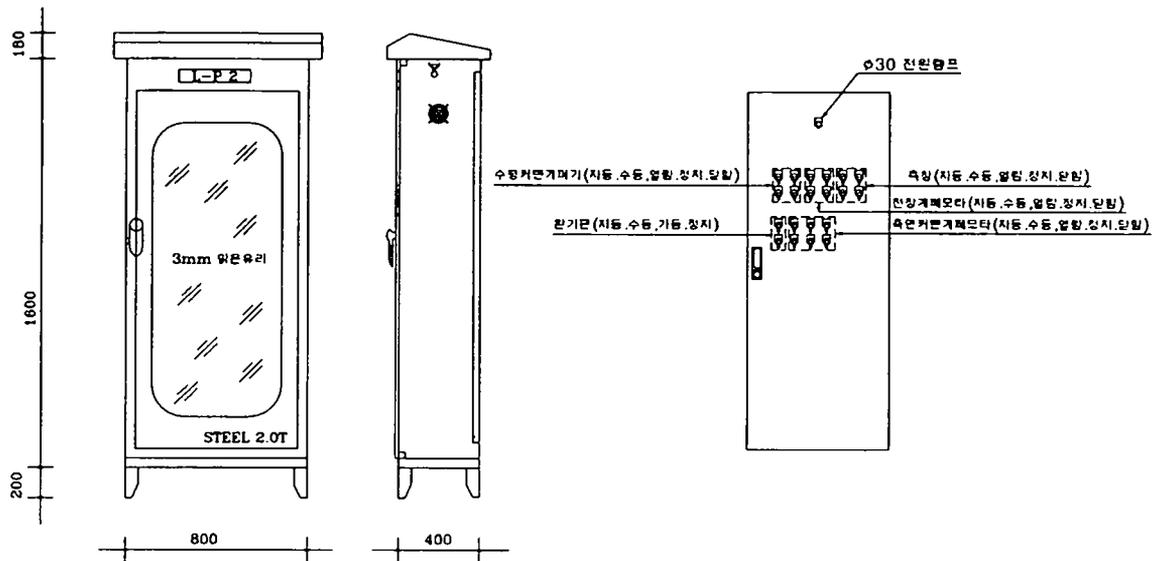


그림 4.1.47. 육성온실의 단선 결선도



NO	명 칭	내 용	대 수	비고
1	NAME PLATE	백색이그립 흑색 고딕체		
2	속연커먼개폐모터		375W X 3EA	
3	속상개폐모터		90W X 2EA	
4	수평커먼개폐모터		375W X 2EA	
5	전상개폐모터		375W X 2EA	
6	열풍기		4W X 1EA	
7	환기팬모터		375W X 1EA	
8	궤선택타 S/W	SELECT 3단	9 EA	
9	궤선택타 S/W	SELECT 2단	11 EA	

NOTE
1. COMPUTER 운전 기능용 단자대 인출

그림 4.1.48. 순화온실의 PNL 모형도

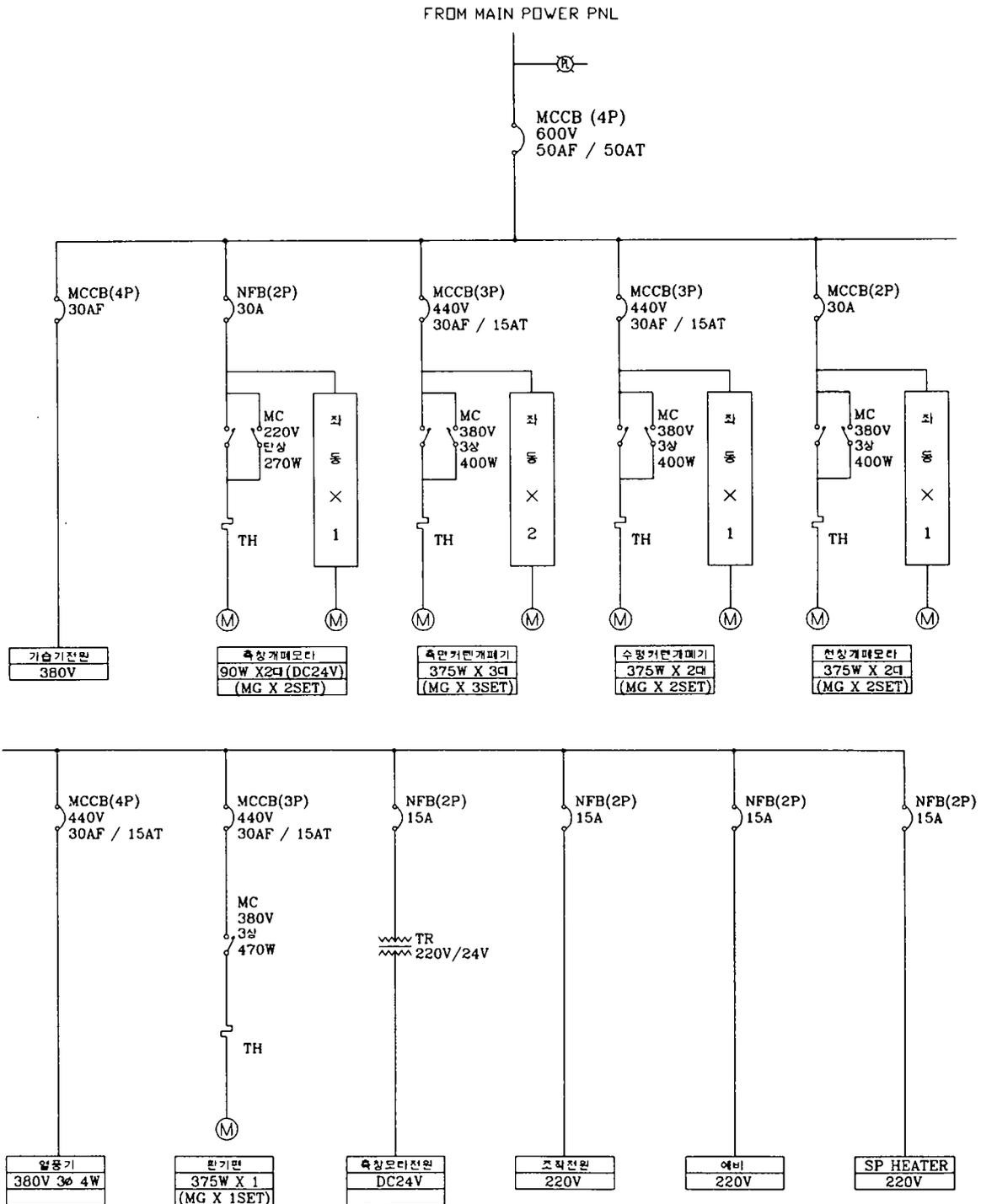


그림 4.1.49. 순화온실의 단선 결선도

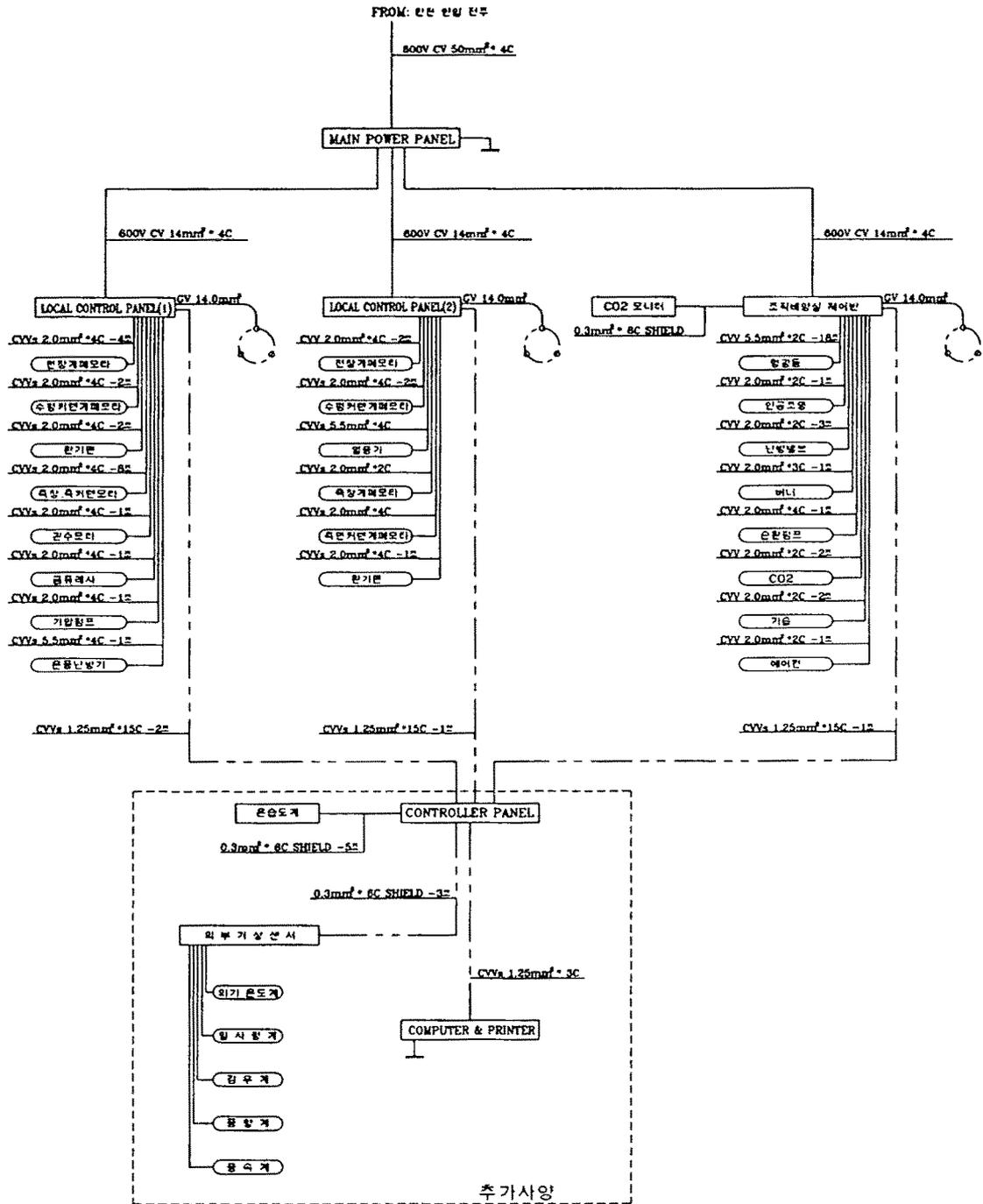


그림 4.1.50. Cable Schedule

2) 시방서

□ 식물조직배양시설 시방서(T형, C형, AC형 공통)

I. 일반시방서

1. 일반

본 시방서는 조직배양시설의 건축공사, 내부설비, 전기의 공정에 적용한다.

2. 각종 기준의 적용

본 공사의 시공에 있어 본 시방서에 명기되지 않은 사항에 대하여는 다음의 제기준을 적용한다.

- ▶ 한국공업규격(K.S)
- ▶ 전기사업법, 전기공사업법
- ▶ 한국전기설비 기술기준에 관한 규칙 및 내선규정
- ▶ 전기용품 안전관리법
- ▶ 한국전력규정(ESB) 및 공급규정
- ▶ 전기통신기본법
- ▶ 기타 관계법규

3. 입찰 도면

계약자는 발주자가 제시하는 입찰도면 및 시방서에 명시한 모든 규격, 수량 및 명세에 대하여 면밀히 검토하여야 하며, 이의가 있으면 입찰 전에 질의하여야 한다.

4. 공정 계획

계약자는 공사에 대하여 공정계획을 세부화하여 작성해야 하며, 계약내역과 같이 제출하여 승인되어야 한다.

5. 전력 공급

본 지구의 전원은 인근의 한전 선로에서 공급되며 전압은 380v 3상 4선식이다.

6. 기자재검사 및 시험

가. 감독원은 본 공사에 소요되는 모든 자재에 대하여 제작중이거나 제작완료후 언제라도 관련되는 각종 기준에 의하여 검사 및 시험을 할 수 있으며, 그 장소가 계약자

의 작업장이 아니더라도 출입의 제한을 받지 않도록 조치가 되어야 한다.

- 나. 계약자는 본 공사에 사용되는 제품이나 자재가 K, S제품이거나 우수제품(품, 열, 전, 검사 표시품)일 경우에는 그 표시가 제품에 나타나게 하거나 증명서로서 검사에 대신할 수 있다. 또한 KS제품이나 우수제품이외의 제품에 대하여는 공인기관이나 감독원이 검사를 대신할 수 있으며 이 경우에도 승인을 득한 후, 현장에 반입하여야 한다. 완공후 검사할 수 없는 시설물에 대하여는 감독원의 입회나 검사없이 시공할 수 없다. 다만, 부득이한 경우에는 완벽한 시공상태를 증명할 수 있는 자료를 구비한 후, 시공하여야 한다.

7. 관계기관의 승인

계약자는 본 공사를 시행함에 따른 관계기관이나 법에 의한 인·허가와 검사를 득하여야 한다. 이에 소요되는 법정비용은 발주자가 부담한다.

8. 사용 자재

본 공사에 사용되는 자재는 KS규격품을 최우선적으로 사용하여야 하며, KS규격품이 없는 때에는 동등 이상의 성능이 보장되는 자재를 사용하여야 한다.

또한, 기자재에 사용되는 자재는 원칙적으로 기술시방서 주요장비의 세부사양에 명기한 종류나 동등품 이상의 재질이어야 한다.

9. 설치시의 주의

설치중에 발생하는 파손, 사고, 결함은 계약자의 부담으로 시정하여야 한다. 중량물에 손상을 주지 않도록 보호장치를 한후 이동하여야 한다.

10. 운 반

계약자는 현장에 반입되는 모든 자재및 장비는 부식 또는 충격으로부터 완전히 보호될 수 있도록 포장되어야 하며, 목적지까지 손상없이 도착시킬 책임이 있다.

11. 도 장

도장을 하여야 할 모든 기기및 전기설비는 사전에 충분히 끝손질을 한 후 도장을 하여야 하며, 도장재료, 도색 및 도장방법에 대하여 MAKER의 기술시방에 명기하여 주요자재 제작도면 승인요청시 제출하여야 한다.

12. 사소한 변경

감독원은 현장조건에 따라 필요하다고 인정되는 경우 시방서, 도면, 물량 등의 변경을 지시할 수 있으며, 계약자는 특별한 사유가 없는한 이 지시에 따라야 한다.

13. 공사의 중지

감독원은 공사의 시공이 부실하다고 판단될 경우에는 보완 또는 교체,시정될때까지 공사의 진행을 중지시킬 수 있다.

14. 시운전

계약자는 시설장비의 설치를 완료하고 모든 장비의 자체 시운전을 완료한후 안전하다고 인정되면 감독원의 입회하에 시운전을 실시하고, 관리자에 대한 유지관리 교육을 충분하게 실시하여야 한다.

15. 준공도서의 제출

계약자는 준공된 시설물의 인계전에 감독원이 요구하는 부수의 준공도서를 제출하여야 한다.

이 준공도서는 계약자나 납품자가 공사중이나 공사완료후 변경된 모든 사항을 포함시켜야 한다.

준공도서에는 시설물의 모든 배치관계가 포함되어야 하며, 각종 기기의 정확한 위치가 상세히 도시(圖示)되어야 하며 시설에 대한 유지관리지침서를 포함하여야 한다.

전기부품의 상호관련을 표시하는 전기회로도및 배선도가 포함되어야 하며, 도면과 실제 부품에는 배선번호가 기입되어야 한다.

II. 특기사항

1. 건축공사
2. 내부설비공사
3. 전기공사

1. 건축공사

- 1-1 총칙
- 1-2 기초공사
- 1-3 철근콘크리트공사
- 1-4 철골공사
- 1-5 알루미늄공사
- 1-6 피복공사
- 1-7 패널공사

1-1. 총 칙

1. 적용범위

가. 본 공사는 본 표준시방서에 의하여 시공하여야 하며, 본 시방서에서 명기되지 않은 사항은 건설부 제정 건축공사 표준시방서를 준용한다. 단 본 공사에 관계없는 사항은 적용하지 아니한다.

나. 계약범위

1) 규 모 : 1,360.8m² (411.6坪)

▶배 양 동 : 9m x 21.6 = 194.4m² (58.8坪)

▶기 계 실 : 9m x 3.6 = 32.4m² (9.8坪)

▶순 화 실 : 9m x 25.2 = 226.8m² (68.6坪)

▶육성온실 : 18m x 50.4 = 907.2m² (274.4坪)

2) 구 조

▶경량철골조

3) 층 고

▶지붕형 철골온실(2·2PW형 PET 온실) : 처마높이 -3.3M, 최고높이 -5.388M

▶조립식 샌드위치판넬 : 처마높이 -2.7M, 최고높이 -5.2M

2.공정표

본공사 추진을 위한 시공순서및 방법등은 미리 감독원과 협의하여 공정계획표를 작성제

출하고 공사시공을 진행한다.

3. 의 의

도면과 시방서의 내용이 서로 다를때, 명기가 없을때, 관련공사와 부합되지 아니할때 또는 의문 사항이 발생할 때에는 감독원의 지시에 따른다.

4. 재료시험

감독원이 필요에 따라 공사재료의 품질 또는 강도시험을 하여야 하며, 이에 소요되는 비용은 계약자 부담으로 한다.

5. 관련공사

본 공사 이외의 부대공사(자동화, 난방공사 등)로 인한 타계약자의 공사가 있을때에는 상호협조하여 원만하게 완공되도록 한다.

6. 철거자재

본 공사장내에 있는 물건 또는 지중에서 굴출한 물건 및 철거자재는 임의로 사용하거나 반출되지 못한다.

7. 제반수속

본공사 시행에 필요한 타관서 기타에 대한 제반수속및 이에 소요되는 경비는 계약자 부담으로 한다.

8. 공사장 관리

(1) 본 공사를 시행함에 있어서 인접한 제공작물에 손해를 끼치지 않도록 필요한 시설을 한다.

단, 공작물에 손해를 가하였을때는 계약자가 즉시 이를 원상복구하여야 한다.

(2) 공사장에서 근로자및 기타 출입인의 단속과 화기취급등 보안·위생에 대한 세심한 주의를 하여 안전사고를 미연에 방지할 것이며, 만약 안전사고발생시에는 계약자의 책임하에 응급조치를 취해야 한다.

1-2. 기초공사

1. 지반선

지반선은 설계도면을 기준하여 기존지반과 도로면과를 비교하여 정한다.

2. 땡파기

설계도에 의하여 소정의 치수대로 파되 붕괴할 우려가 있는 것에는 흙막이 공사를 한

다. 지하용수가 심한곳은 양수장치를 하여 물을 양수해가며, 소정의 깊이로 판 다음 도면에 의하여 시공한다.

3. 잡 석

설계도에 의거 잡석을 깔고 틈새에는 댐자갈을 채우고 25kg이상의 달고 또는 다짐기를 사용하여 고루 다진다.

4. 되메우기

파낸흙중 좋은것을 골라 충분히 다지거나 물다짐 또는 기계다짐을 하여 소정의 높이까지 메운다. 성토지반, 이질지층등 부동침하가 예상되는 지점은 사전에 공사공감원과 협의하여 대책을 강구한뒤 공사를 착수해야 한다.

1-3. 철근콘크리트공사

1. 거푸집

가. 제 작

거푸집은 12m/m내수합판 또는 EURO FORM을 사용하여 작업하고 콘크리트 측압 또는 진동 등의 외력에 견디고 유해량의 변형 비틀림이 생기지 않는 구조로서 시멘트풀이 새지 않도록 정밀히 제작한다.

나. 조 립

- (1) 거푸집판은 설계도에 표시한 콘크리트 부재의 위치, 형상 및 치수에 정확하게 일치하도록 가공및 조립한다.
- (2) 콘크리트에 충격을 주지않고 각부를 단독으로 떼어낼수 있도록 제작 조립한다.
- (3) 재사용 거푸집은 파손된것을 수리하고 콘크리트에 접하는 면은 충분히 청소한다.
- (4) 위치치수를 정확히 유지하기위하여 적당한 간격으로 지주, 띠장, 멩에, 연결대, 가새, 췌기, 철선, 볼트, 턴버클, 세퍼레이트 등을 사용한다.

다. 검 사

거푸집은 콘크리트를 부어 넣기전 반드시 감독관의 검사를 받고 승인을 얻는다.

라. 거푸집제거후 검사

거푸집제거후 콘크리트에 불량부분이 발견되었을때는 곧 그 부분을 완전히 제거하고 감독원의 지시에 따라 좋은 배합의 모르터 또는 콘크리트를 빈틈없이 다져 넣는다.

2. 철 근

가. 철근재료

- (1) 철근은 KSD 3504(철근콘크리트용 봉강)의 이형철근을 사용하여야 한다.
- (2) 이형철근의 지름은 공칭지름에 의한다.

나. 철근의 취급 및 저장

- (1) 철근을 직접 땅바닥에 놓는 것을 피하고 장선 받침위에 올려놓고 우기시에는 비닐 등으로 덮어 직접비를 맞지 않도록 한다.

다. 철근의 조립 및 검사

- (1) 철근은 정확한 위치에 배근하고 콘크리트 부어넣기를 완료할때까지 이동하거나 변형되지 않도록 견고하게 조립한다. 철근의 교차점은 0.9mm(#20)이상의 도금되지 아니한 철선으로 결속한다.
- (2) 철근과 거푸집과의 간격은 스페이서(철근간격재), 세퍼레이터(거푸집격리재) 등으로 피어 정확한 간격을 유지한다.
- (3) 스페이서 및 세퍼레이터는 기성콘크리트제품 또는 동등이상의 제품을 사용함을 원칙으로하고 사용간격은 다음을 기준으로 한다.

구조별	명 칭	사 용 간 격	비 고
기 초	스페이서 (철근간격재)	가로,세로 각각 0.9m 마다 1개	내부,외부 각각 사용
	세퍼레이터 (거푸집격리재)		

- (4) 특별한 지시가 없는 철근과 철근의 순간격은 굵은 최대치수의 1.25배 이상이고 25mm이상 또는 철근 공칭지름의 1.5배 이상으로 한다.

라. 이 음

- (1) 이음의 위치는 응력이 큰곳을 피하고 같은 위치에 집중하지 않도록 주의한다.
- (2) 이음의 겹친길이는 철근지름의 40배를 표준으로 하고 지름이 다를때에는 작은 철근지름의 40배로 한다.
- (3) 이음부분의 철근응력이 적거나 압축철근으로 큰 인장력이 생기지 않는것이 확실할 때에는 감독원의 승인을 얻어 겹친 길이를 철근지름의 25배까지 경간할 수 있다.

마. 정 착

- (1) 특별한 지시가 없는 인장 철근의 정착길이는 철근지름의 40배 이상으로 한다.
- (2) 철근 정착부의 응력이 적거나 압축철근일 때에는 철근 지름의 25배 이상으로 한다.

3. 콘크리트

가. 레미콘

레미콘은 KSF 4009(Ready Mixed Concrete)의 레미콘을 사용하여야 한다.

나. 콘크리트 강도

철근 콘크리트의 4주 압축강도는 180kg/cm² 이상이어야 한다.

다. 콘크리트 치기

- (1) 비빔장소에서 부어넣기 장소까지 운반도중 재료분리가 일어나지 않도록 빨리 운

- 반해야 하며, 재료분리가 일어났을 때에는 다시 비비기를 하여 사용한다.
- (2) 콘크리트는 비빔장소에서 먼곳의 구획부터 부어넣기를 시작한다.
- (3) 1구획에 있어서 콘크리트 부어넣기는 그 표면이 대략 수평지게 부어 나간다.
- (4) 부어 넣을때 철근,파이프,나무벽돌,기타 매설물이 이동되지 않도록 한다.
- (5) 콘크리트는 받는다 등을 사용하여 부어넣을 자리에 가급적 가까이하여 부어 넣는다.
- (6) 부어넣을때에는 진동기 또는 적당한 기구로 충분히 다지고 철근 기타 매설물의 둘레와 거푸집의 구석까지 차도록 한다.
- (7) 콘크리트는 미리 계획한 작업구획을 완료할때까지 계속하여 부어 넣는다.
- (8) 연속된 곳을 구획하여 부어넣을때에는 구획선을 잘 연구하여 이어붙기 자리를 가급적 적게한다.

1-4. 철골공사

1. 적용범위

이 시방은 강재를 사용하여 주요한 구조부재를 만들때에 적용한다. 다만, 경미한 것은 표준시방서에서 정하는 바에 따라 이 시방의 일부를 변경할 수 있다.

2. 일반사항

- 가. 철골의 제작공정은 표준시방에 따른다. 표준시방에서 정하는 바가 없을때에는 감독원의 승인을 받는다.
- 나. 공사는 공정표와 함께 제작요령서및 시공계획서를 작성하여 감독원의 승인을 받는다.
- 다. 공사는 감독원이 정한 공정에 도달하였을때 검사를 받으며 합격승인을 받은 후에 다음 공정으로 넘어간다. 시공 후에 검사가 불가능하거나 어려운 개소는 감독원을 입회시켜야 한다.

3. 구조용 강재(鋼材)

가. 형 상

강재는 모두 형상이 바르고 직선으로 된 것으로 해로운 흠,심한 녹 등이 없는 것으로 한다.

나. 치 수

치수는 다음에 표시한 KS규격에 적합한 것으로 한다. KSD 3558 (일반구조용 용접경량 H형강)

다. 도 금

모든 온실용 철재는 KSD 8308에 용융아연도금을 하거나 동등이상의 내식성이 있는 재를 사용하여야 한다.

4. 고장력볼트

고장력 볼트의 형상및 재질은 KSB 1010(마찰접합용 고장력 6각볼트 6각너트 및 평washer

의 세트)에 따른다.

5. 재료시험

- 가. KS표시 규격품과 규격증명서가 있는 재료는 재료시험을 생략할 수 있다. 기타의 재료는 아래에 의하여 재료시험을 하여 합격 여부를 판정한다.
- 나. 재료시험은 KSD 0001(강재의 검사통칙)에 의한다. 다만, 보통강재에 대하여는 인장시험및 상온구부림 시험을 한다.
- 다. 시험편의 수는 아래와 같이 한다.
 - 1) 강재(리벳트재 이외의 것)의 시험편의 수는 단면이 다를때마다 1개씩, 또 그 중량이 20t을 넘을 때에는 20t이내마다 1개씩 더한 수로 한다.
 - 2) 리벳트는 지름이 다를때마다 1개씩 또 그 중량이 2t을 넘을 때에는 2t이내마다 1개씩 더한 수로 한다.

6. 공작일반

- 가. 일반사항
 - 1) 특기 시방서에서 정하는 바가 없을 때에는, 건축에 쓰이는 구조용 강재의 설계, 조립 및 세우기에 대하여 건설부 제정 건축공사 표준 시방서에서 정하는 바에 따른다.
 - 2) 수급자는 설계도면,시방서및 이에 관련된 설계지침에 따라 계약 기일내에 건물을 완성할 수 있도록 가설, 재료, 공법, 요원, 현장관리등에 관한 실행계획을 세워 감독원의 승인을 얻은 후 현장에 비치하며, 공정에 따라 실행계획대로 시행되는지를 검토한다.
- 나. 공작도
 - 1) 철골제작공사에는 설계도면과 시방서에 의거하여 공작도를 작성한다. 도면은 모든 공장작업과 세우기에 대한 상세를 포함하여 치수,부재 명칭등을 정확하게 표시한다.
 - 2) 공작도에는 골조의 전체 배치,골조를 형성하는 모든 부재 형상치수, 수량, 명칭, 접합부의 상세, 철골공사와 설비, 의장공사, 가설공사와의 관계등에 관한 사항 중 필요한 것을 기재한다.
 - 3) 공작도에 표시하는 일반적인 사항은 치수, 단면형태, 각 부재의 상대위치, 부재의 중심선,각 부재의 접합 상세부, 사용강재의 종류, 고장력 볼트의 종류 및 등급, 용접기호·용접부 비파괴 시험기호, 사용되는 리벳트 볼트의 종류및 직경, 기둥과 베이스플레이트와의 접촉면, 기둥의 이음매, 긴 스팬 부재의 캠버 등이며 모든 용접기호로 나타낸다.
- 다. 공급및 보관
 - 1) 구조용 강재는 설계도면과 시방서의 정하는 바에 따라 종류, 재질 등 품질의 허용

오차를 확인하여 조립가공 공정상 차질이 생기지 않도록 공급계획을 세운다.

- 2) 구조용 강재를 주문할 때는 강재 제조공장의 표준 설계지침서와 설계 및 공작에 필요한 재료의 성능을 충분히 조사하여 발부조건을 명확히 한다.
- 3) 재료는 오염과 부식을 최초로 줄일 수 있는 장소와 방법을 택하여 지면에 닿지 않도록 하여 보관한다.

7. 제작가공

가. 절 단

강재의 절단은 가스 절단법이나 전단 절단법을 사용한다. 강재의 전단 절단은 두께 13mm이하의 강판의 직선절단이나 구멍뚫기 가공등에 적용하며 주요부재의 자유단 또는 용접 접합부에는 사용하지 않는다. 가스절단은 자동 또는 반자동 절단기 및 그 이외의 전용 절단기를 사용한다.

나. 구멍뚫기

리벳나 고력볼트의 공칭직경이 16mm이하 일때에는 구멍을 직경보다 1mm크게 하고, 리벳나 공칭직경이 18mm이상 30mm미만 또는 고력볼트의 직경이 20mm이상 24mm이하의 경우에는 구멍을 직경보다 1.5mm크게 하고, 직경이 30mm이상일때는 2.0mm 크게 한다.

부재의 두께가 볼트의 공칭직경에 3mm를 가산한 값을 넘지 않을 때에는 편치에 의한 구멍뚫기를 할 수 있으며 부재의 두께가 이보다 클때에는 드릴에 의한 구멍뚫기나 써브 편치한 다음 리머로 넓힌다. 편치로 인하여 구멍주위에 미세한 균열이 생기는 경우에는 예정직경보다 3mm또는 6mm써브 편치하여 리머를 예정직경까지 구멍을 넓히면서 균열을 제거한다.

다. 고장력 볼트

고장력 볼트 조임에 있어 볼트 머리와 너트에 접하는 부재의 표면은 볼트축에 수직한 면에 대하여 1:20이상의 경사를 가져서는 아니된다. 이 이상의 경사면을 가질 때에는 사면왓사를 이용하여 수평면으로 맞춘 다음 볼트 조임을 한다. 고장력 볼트 조임의 부재는 완전히 밀착하여 가스켓이나 그 이외의 삽입된 압축재에 의하여 분리되는 일이 없도록 한다. 부재의 접촉면에는 부재를 밀착시키는데 방해가 되는 먼지, 꼬투리 등의 오물들이 없도록 한다. 마찰형 접합의 마찰면에는 마찰력을 감소시키는 기름, 페인트, 락커 또는 아연도금 등 이물을 제거한다. 볼트조임은 너트 회전법에 의한 필요한 인장력을 발휘도록 조절된 수동식 또는 전동식 렌치를 사용한다. 너트 회전법에 의한 볼트조임은 적절한 시공시험에 따라 1차조임 토크값 및 너트의 소요회전량을 정하여 행하는 것을 원칙으로 한다.

1) 고장력볼트의 길이

볼트길이는 KSD 1010(마찰 접합용 고장력 6각 볼트 6각 너트 평왓사의 세트)에 표시한 목아래치수로 표시하고 조이기 길이에 <표 1>의 길이를 더한 것으로 하고, 나사길이의 부족으로 조이기불량이 생기지 않게 정한다. 또한 유효 나사부의 길이는 볼트 길이부터 조이기 길이를 표준으로 한다.

〈표 1〉 조이기 길이에 더하는 길이

나사의 명칭	조이기 길이에 더하는 길이(mm)	비 고
M 16	30 이상	
M 20	35 이상	
M 22	40 이상	
M 24	45 이상	

2) 고장력 볼트의 구멍

고장력 볼트의 구멍은 〈표 2〉 리벳트 구멍에 준한다.

3) 고장력 볼트의 조임

- 가) 고장력 볼트의 조임은 머리와 너트밀에 와셔를 한장씩 깔고 너트를 조인다. 부득이한 경우에는 감독원의 승인을 받아서 토크 계수치를 조정하여 볼트머리를 조일 수가 있다.
- 나) 볼트머리 또는 너트 하면에 접합부재의 접합면이 1/20이상 경사지고 있을 때는 경사 와셔등을 사용한다.
- 다) 조임에 있어서 〈표 2〉에 표시된 표준볼트 장력을 얻을 수 있게 잘 점검,정비된 기기를 사용하여 엄격하게 한다.
- 라) 볼트群의 조임은 모든 볼트가 유효하게 작용할 수 있는 순서로 할 것이며, 처음의 표준 볼트장력의 80%정도로 전 볼트를 조이고 2회부터의 조임에서 표준장력을 얻을 수 있게 한다.

〈표 2〉 볼트 장력(張力)(t)

세트의 종류	나사의 호칭	설계 볼트 장력	표준 볼트 장력
	H 16	8.27	9.18
	H 20	13.00	14.50
	H 22	16.10	17.90
	H 24	18.60	20.70
	H 16	10.30	11.30
	H 20	16.10	17.90
	H 22	20.00	22.30
	H 24	23.10	25.70
	H 16	10.90	12.10
	H 20	17.00	18.90
	H 22	21.10	23.30
	H 24	24.40	27.10

4) 조임및 검사용 기기

- 가) 조임및 검사용 기기는 항상 점검하여 정비되어 있어야 한다.

나) 조임은 원칙적으로 토크 컨트롤러식(torque controller)식 임팩트 렌치(impact wrench) 및 토크 렌치(torque wrench)에 따른다.

다) 임팩트 렌치(impact wrench)의 조정은 시공 당일의 오전 및 오후의 작업 개시 전에 측력계로 조정한다. 사용볼트는 기기한 개에 대하여 본공사와 동일제조품 세트(set) 5개 이상으로 하고 측정기의 허용치는 $\pm 8\%$ 로 한다. 토크렌치를 조 이는데 토크치의 측정은 아래 라4)를 참고한다.

라) 측력계의 정밀도는 3%이내, 토크렌치의 정밀도는 조임용에서 5%이내, 검사용에서 3%이내의 오차로 한다. 조임용 기기를 조정할 때의 기록은 감독원에게 제출 한다.

5) 조임검사

가) 조임완료후의 볼트는 감독원의 입회하에 감독원이 지시하는 검사방법으로 순차 적으로 검사하고 그 조임력을 확인한다.

나) 조임검사를 하는 볼트의 수는 각 볼트군에 대하여 각 볼트 수의 10% 이상 이 고, 최소한 1개 이상으로 한다. 다만, 감독원이 필요하지 않다고 인정하였을때에 는 실정에 따라서 그 검사 수를 적게 할 수 있다.

다) 검사결과 조임력이 불합격일 때에는 보정한다.

라. 용 접

1) 일반사항

용접공사를 시작하기 전에 모재의 용접면에 수분, 슬래그(slag), 녹도료, 밀스케일(mill scale), 그 밖의 용접에 지장을 주는 이물질들을 제거한다. 모재의 기계적 성질, 용접성, 용접 이음매의 치수, 형상에 따라 적합한 용접법과 용접재료, 용접기종, 아아크 전압용접속도 및 가스 량 등 적당한 조건을 택하여 결함이 생기지 않은 용접을 한다. 용접은 적당한 지그를 사용하여 될 수 있는대로 하향(下向)을 행하며 용접에 의한 변형이나 수축응력을 줄이고 치수, 형 상을 정확히 유지하도록 용접순서와 계획을 세운다. 용접재료의 종류, 두께 및 용접방법에 따라 필요한 경우 용접하기 전에 일정한 온도까지 예열(豫熱)을 가한다. 예열은 용접점에서 75mm 이내의 부분을 규정된 온도까지 열을 가하며 용접작업중 이온도를 계속 유지한다. 동일한 개 소에 용접과 리벳트·고장력볼트를 병용하는 경우에는 용접부를 리벳트 또는 고장력 볼트에서 적당한 거리를 두어 발생하는 열로 리벳트나 고장력볼트를 느슨하게 하는 일이 없게 한다.

2) 용접공

가) 아크(arc)용접에 종사하는 용접공은 강구조물에 대하여 양호한 용접을 하기에 충분한 기능을 가진 것이 증명되어야 한다.

나) 감독원이 필요하다고 인정할 때에는 특기시방에 따른 시험을 거친후 사용의 여 부를 결정한다.

3) 재료준비

가) 소재(素材)의 치수

용접하는 소재의 치수는 용접에 따라 생기는 수축과 변형 및 마무리의 여지 등을 고려한

크기로 한다.

나) 용접부분의 가공

8. 현장시공

가. 일반사항

현장 시공계획에 있어 시설 기계기구 요원(要員) 시공방법 공기(工期) 및 안전관리 등에 대하여 충분한 검토를 한다. 또한 가설시공에 대하여서는 제2장에 따른다. 구조용강재의 세우기는 건축공사 표준시방서(건설부제정)의 정하는 바에 따른다. 특기 시방에 정하는 바가 없을 때에는 조립가능 공사계획, 시방서 및 이에 준하는 자료에 의거 용할 수 있는 가장 경제적인 세우기 방법과 시공순서로 공사를 진행한다.

나. 접합

고장력 볼트에 의한 접합은 건설부 제정 건축공사 표준시방서에 따라 사용한다. 기둥과 보의 접합에서 고장력 볼트 인장형 접합과 전단형 접합을 병용하는 경우 인장형 고장력 볼트를 먼저 조이고 다음에 전단형 고장력 볼트를 조인다. 고장력 볼트와 용접이 병용되는 접합에서는 고장력 볼트를 먼저 조이고 다음에 용접을 한다.

다. 현장용접

현장용접에 의한 구조체의 접합은 하중이 가하여지기 전에 완료한다. 현장용 접합 이음매 인접부분의 공장칠한 면은 쇠솔질을 하여 피막을 최소로 한 다음 용접을 행한다.

현장용접은 아아크 용접을 원칙으로 하며 용접시에는 용접부에 과다한 변형이나 잔류응력이 생기지 않도록 주의한다.

라. 베이스 플레이트와 베어링 플레이트

기둥에는 베이스 플레이트를 적절하게 설치하여 지지력을 발휘할 수 있게 한다. 기둥의 베이스 플레이트 아래 별개의 끼움판을 끼워 넣어서는 아니되며 베이스플레이트의 밑면은 그라우딩 모르타와 밀착하게 한다. 모르타의 강도는 기초 콘크리트와 충분히 일체가 되도록 시공한다. 기초 공사의 완료, 장애물 제거 및 세우기 공사의 가능 시기에 관한 것은 특기 시방에서 정한다.

마. 현장칠

현장 볼트 머리와 너트, 리벳, 현장용접 및 공장칠이 벗겨진 부분을 깨끗이 청소한 다음 공장칠과 같은 품질의 도료로 초벌칠한다. 구조용 강재의 마감칠은 이 시방서의 마감공사에서 정하는 바에 따른다.

1-5. 알루미늄 공사

1. 온실용 알루미늄

가. 모든 알루미늄 BAR는 백색제품으로 한다.

나. 측창과 출입문을 제외한 모든 알루미늄 온실의 특수성을 살릴 수 있는 전용 알루미늄

미늄을 사용한다.

- 다. 용마루바는 용마루중도리에 아연도 볼트를 사용하여 고정한다.
- 라. 천창개폐부분은 별도로 제작하여 천창에 설치한다.
- 마. 천창은 용마루부분의 온실길이 방향으로 설치하여 온습도및 환기량을 조절한다.
- 바. 천창및 측창의 개폐축은 직선으로 바르게 설치되어야 한다.
- 사. 천·측창이 닫혔을 경우 기밀이 유지되도록 시공되어야 한다.
- 아. 알루미늄의 형상은 도면에 기입된대로 사출하되, 만약 변경시에는 감독원에 도면 및 변경사유서를 제출 승인후 사용한다.

2. 철재창호

- 가. 부재의 크기는 설계도에 의한다.
- 나. 창호에 사용하는 철판의 두께는 창호를 1.5mm, 창문 1.2mm를 기준으로 한다.
- 다. 부재는 변형의 수정,녹떨기를 하고 치수를 정확히하여 빗물막이 방수가 잘 되게 하며, 여단음이 잘 되게 튼튼히 조립한다.
- 라. 부재의 적합은 견고하게 물이 새지 않으며, 터지지 않게 하고 용접부의 보임 부분은 미끈하게 마무리해야하며, 용접틀림은 평탄하게 그라인더로갈아 얼룩이 없게 하여야 한다.
- 바. 부속철물은 사전에 견본품을 제시하여 공사감독원의 승인을 얻어야 한다.

1-6. PET필름 및 PE필름 공사

1. 적용범위

- 가. 이 시방은 PET필름제품으로서 채광을 주목적으로 하여 다른 부재에 붙여대는 공사 또는 피복공사에 사용한다. 이 이외의 목적에 사용할 때에는 이에 따르거나 특기 시방에 따른다.
- 나. 부분적으로 이 시방에 따를 수 없는 사항은 미리 감독원과 협의하여 그 지시에 따른다.

2. 반입과 보관

현장에 반입되는 유리와 PET필름과 잡자재는 명백한 제조회사의 상표가 붙은 것을 포장한 채로 반입해야 한다.

PET필름 고정재료는 안전하고 건조한 곳에 저장하여 열변형이 생기지 않도록 하며, 시공 전에 포장을 뜯어서는 안된다.

3. 공사 환경조건

PET필름 씌우기 도중에 김이 서리지 않도록 환기를 잘해야 하고 습도가 높은 날이나 비오는 날의 유리공사는 금하도록 한다.

4. 재 료

가. 적용기준

- 1) PET필름의 종류·등급·품종·형상·치수·색깔및 시공장소·제조사명 기타 필요한 사항은 도면 또는 특기시방에 따른다.
- 2) 공사시공에 사용하는 PET필름은 다음과 같은 한국공업규격에 합격한 것으로 하고 그 규격이 없는 재료에 대하여는 감독원의 승인을 받는다.

나. PET필름

- 1) PET필름은 다음에 열거하는 요구사항에 따라야 한다.
 - 가) PET필름 : 특별한 지시가 없으면 A급이어야 하며 투명 원예용 PET필름 0.2mm로 투과율은 $90\% \pm 1\%$ 이상이어야 한다.
- 2) PET필름 씌우기
 - 가) PET 씌움바 : 알루미늄서까래 및 강재서까래를 사용하며, 알루미늄덮개바로 완전 밀폐하여 수밀하도록 시공한다.
 - 나) 연결부분은 양면테이프를 사용한다.
 - 다) PET필름씌우기 공사시는 작업 사다리를 제작한 후 안전에 유의하여 시공하고 시공시 발생되는 안전사고는 시공자가 책임진다.

다. 보관및 장소

- 1) PET필름을 씌운 후에는 건물이 완성될 때까지 파손및 흠이 생기지 않도록 한다.
PET필름 씌운 후에는 「주의」란 표시를 하여 파손을 방지하고 파손된것을 빨리 보수한다.
- 2) PET필름을 씌우기 전에 먼지·말라붙은 포장종이·기름등이 묻어 더러워진 것은 깨끗이 닦아내고 경우에 따라서는 물씻기를 한후에 끼운다.

1-7. 패널공사

1. 일반사항

가. 재 료

냉가압연강판 두께 0.5mm 또는 0.6mm 양면표면철판을 사용하여야 하고 색상은 감독원의 승인을 득하여야 한다.

나. 제 작

모든 패널은 도면과 현장여건에 맞도록 시공도면을 작성 제출하여 감독원의 승인을 받은후 가공하여야 하고 절단가공하여 연속적인 조립이 가능하도록 한다.

다. 규 격

패널 및 천정 패널의 폭은 1,000mm를 사용하며 도면에 표시된 길이에 따라 제작하여야 한다.

라. 조립부자재

조립부자재의 형상, 종류, 규격 및 용도는 도면에 표시한 사항을 따르고 규격외에 필요한 부자재는 담당원의 승인후 시공한다.

2. 패널의 조립

- 가. 벽 패널의 조립은 바닥기초 콘크리트 작업이 끝난후 그 위에 설치하며 그 바닥면은 평활해야 한다. 바닥면의 허용오차는 3m당 3mm정도이어야 하며 전체적으로 최대 12mm이상 높이 차이가 나지 않도록 한다.
- 나. 바닥 콘크리트면이 고르지 못한 경우 시멘트몰탈로 마감후 시공한다.
- 다. 벽 패널의 연결시 3mm이상 틈이 생기지 않도록 하고 3mm를 넘으면 재시공 한다.
- 라. 천정 패널의 시공전 벽패널의 상부면을 평탄하게 조정한 뒤 조립한다.
- 마. 천정 패널을 달아매기 위한 볼트 및 기타 재료의 규격은 도면에 의하며 표기가 없는 경우에는 감독원과 협의 후 시공한다.
- 바. 벽 및 지붕 패널의 이음부에 틈이 생겨 결로의 우려가 있는 곳은 실리콘시런트를 사용하여 결로를 방지한다.
- 사. 벽 패널의 고정시 9mm규격의 세트양카를 1,000mm 간격으로 고정한다.

2. 내부설비 공사

- 2-1 개요
- 2-2 공사종별
- 2-3 특기사항
- 2-4 온실부분의 특기사항
- 2-5 조직배양실 특기사항
- 2-6 일반사항

2-1. 개 요

가. 공 사 명 : 조직배양시설

나. 공사장위치 :

다. 시 설 면 적

- 1) 규 모 : 1,360.8m² (411.6坪)
- ▶ 배 양 동 : 9m × 21.6 = 194.4m² (58.8坪)
- ▶ 기 계 실 : 9m × 21.6 = 32.4m² (9.8坪)
- ▶ 순 화 실 : 9m × 25.2 = 226.8m² (68.6坪)
- ▶ 육성온실 : 18m × 50.4 = 907.2m² (274.4坪)

2-2. 공사종별

가. 자동온실부분

- 1) 천창및측창폐장치 설치공사
- 2) 커튼개폐장치 설치공사
- 3) 내부팬류 설치공사
- 4) 온풍난방기 및 난방배관공사
- 5) 관수설비공사
- 6) 접목활착실 가습장치공사
- 7) 각종벤취 제작 및 설치공사

나. 기계실부분

- 1) 보일러설치및 각종기계장치 설치공사
- 2) 난방배관, 급수 배관 설치공사

다. 조직배양실 부분

- 1) 생육선반 설치공사

2-3. 특기사항

가. 시험, 시운전 및 허가사항

- 1) 수압시험및 충수시험
 - 난방배관 : 최고사용압력이상으로 60분이상 행한다.(다만, 최소 10kg/cm²이상)
 - 오일배관 : 수압 또는 공기압시험으로 하고 최고사용압력이 1.5배이상 행한다.(다만, 최소 7.5kg/cm²이상)
 - 배수배관 : 배수관은 은폐 또는 매설전에 각 개구부를 막고 만수시험을 한다.(이때 기압시험은 0.35kg/cm²으로 30분이상 유지시킨다.)
 - 급수배관 : 7.5kg/cm²압력으로 60분이상 행한다.
 - 통 기 관 : 충수시험으로 행한다.

2) 시운전

전체설비 설치완료후 기능의 이상유무 확인을 위하여 시운전을 실시한다.

- 보일러 : 안전장치,자동장치,연소상태, 매연및 소음등을 확인한다.
- 펌프류 : 펌프와 모터의 직결상태, 양수능력및 기동조작회로를 확인한다.(다만, 최소 7.5kg/cm²이상)

3) 허가사항

- 본공사에 필요한 일체의 대관허가및 검사사항은 시공자 비용부담으로 준공전까지

완결하고 검사증 원본을 제출하여야 한다.

▶보일러 : 보일러 설치 시공확인서원본을 제출하여야 한다.

나. 장비설치공사

주요장비는 반입하기전에 시험성적서를 제출하여 감독관의 확인을 받아야 한다.

1) 보일러

- 기초는 수평,수직이 정확히 맞도록 설치되어야 하며, 시운전시 전중량의 3배이상의 장기하중에 견딜 수 있는 콘크리트기초를 축조하고 높이는 200mm이상으로 한다.

2) 펌프류

- 펌프와 모터는 축심을 정확히 조정후 기초가 충분히 굳은 후에 앙카볼트로 고정시킨다.

- 배관및 부속품의 부착은 그 하중이 직접 펌프에 걸리지 않도록 충분히 지지하여야 한다.

- 펌프의 토출부분에는 압력계를 부착하여 항상 운전상태를 점검할 수 있어야 하며, 필요한 곳에는 정수위 조절장치를 설치하여 자동적으로 운전이 되도록 한다.

3) 탱크및 연도

- 팽창탱크 : 밀폐형을 사용한다.

- 경유탱크 : 재료는 철판재로 견고히 제작하고 본체 외부에는 광명단,콜탈도장,조합 페인트로 깨끗이 마감한다.

(보일러용)

- 연도 : 스테인레스로 설치한다.

다. 배관공사

1) 배관자재

- 백강관 : 보일러실내 난방배관,온실내난방배관

2) 밸브및 배관시공방법

- 밸브 : · 65 ϕ 이상은 주철재(10kg/cm²)로서 플랜지이음하고 50 ϕ 이하는 청동제(KS 10kg/cm²)로서 나사이음으로 시공토록한다.

· 보일러실내 난방배관 구경 50 ϕ 이상의 밸브는 버터플라이밸브를 설치하여야 한다.

- 배관 : · 강관 : 65 ϕ 이상은 용접시공, 50 ϕ 이하는 나사이음으로 시공토록한다.

3) 파이프행가

- 수평밸브의 지지는 2-3M이내의 간격으로 파이프행가를 설치한다.

라. 보온공사

1) 난방관 : 압면보온통 + 보루지 + 폴리마테이프 + AL밴드로 마감

- 2) 급 수 : 압면보온통 + 보루지 + 폴리마테이프 + AL밴드로 마감
- 3) 배관보온두께 : 전체 25t두께 보온을 한다.

마. 도장공사

- 온실난방배관및 탱크등의 조립완료후 청소를 깨끗이 한후 각 2회 도장한다.

바. 기타

- 낙찰자는 공사공정표 작성시 기계설비 공종별로 진도, 월별, 일자별 및 보합(%)을 상세히 기록하여 공사공정파악에 철저를 기할것. (감독원에 공사공정표 1부를 제출할것)

2-4. 온실부분의 특기사항

가. 제작도면

- 계약자는 하기에 명시하는 부분장비에 대하여 아래 사항을 포함한 제작도면을 작성하여 감독원의 승인을 득한후 제작 설치하여야 한다.
 - ▶전체 조립도
 - ▶부품상세도
 - ▶도장방법

나. 주요장치

1) 천창개폐장치

가) 개폐모터

- 구동모터는 내습형이어야 한다.
- 모터에 감속장치가 부착된 모터이어야 한다.
- 구동모터는 견고하게 온실구조에 고정되어야 한다.
- 정전시 핸들 또는 제조치로 작동이 가능하여야 한다.

나) 구동축

- 구동축은 베어링플레이트로 온실구조에 견고하게 고정되어야 한다.
- 구동축은 아연도금되어 있어야 한다.

다) 자동운전및 작동

- 단계별로 개폐되는 장치이어야 한다.
- 폭풍이나 강우시 신속히 닫혀야 한다.

2) 측창개폐장치

- 개폐모터에는 리미트 스위치가 내장되어 있어야 한다.
- 상하정지구간을 자유자재로 할 수 있도록 장치를 부착한다.
- 임의점 정지후 정,역회전이 가능하여야 한다.

3) 커텐장치

가) 주커텐개폐장치

- 주커텐개폐장치는 구동모터에 의해 구동축이 회전하고 드럼에 의해 예인와이어가 왕복운동하여 커텐을 건인한다.
- 구동모터는 내습형으로 감속장치가 부착되어 있어야 한다.
- 구동축및 종동축은 아연도금되어야 한다.
- 모든 움직이는 자재는 마찰을 최소화 할 수 있도록 필요부분에 로라를 설치한다.
- 커텐의 처짐을 방지하기 위하여 지지로프를 1.0M간격으로 설치하여야 한다.
- 피복재는 알루미늄 혼입필름및 부직포를 사용한다.
- 커텐 예인용 알루미늄 프로파일및 부속자재를 사용한다.

나) 수직커텐 개폐장치

- 개폐모터는 튜블러모타 의해 구동되도록 한다.
- 개폐정지 구간을 자유자재로 할 수 있도록 장치를 부착한다.
- 임의점 정지후 정,역회전이 가능하여야 한다.
- 권취축은 운전시 뒤틀림이 발생하지 않도록 충분한 강도를 지녀야 한다.
- 구동축은 알루미늄으로 되어야 한다.

4) 관수설비 및 두상살수장치설비

가) 펌프

- 동일형식, 동일용량의 양수기는 수치,특성이 동일하여야 한다.
- 공급되는 펌프는 모든 운전범위에는 케비테이션,진동,소음이 없어야 하고 운전범위에서 효율이 좋아야 한다.
- 펌프의 적당한 효율 특성을 위하여 부품을 교체가 용이토록 하여야 한다.
- 케이싱, 임펠라, 샤프트등 모든 부품은 정밀히 가공되어야 한다.
- 모든 펌프는 상반과 바닥에 견고하게 고정되어야 한다.

나) 밸브및 배관

- 모든 밸브는 수압에 대해 충분한 강도를 가져야 하며 잦은 빈도의 개폐작동을 하더라도 그 작동이 확실해야 하며 전폐시 수밀성이 보장되어야 한다.
- 모든 배관자재는 표시된 입찰도면에 의거 K.S규격품을 사용하여야 한다.
- 관로중에는 AIR POCKET이 생기지 않도록 수평으로 상향구배가 되도록 한다.
- 관수 이용시 초입과 말단의 압력차가 적도록 동수압을 최대한 제어한다.

다) 두상살수양액재배 및 관수

- 수압의 변화에 따라 관수량의 차이가 적어야 하며 살수기의 높이 조절이 가능하여야 한다.
- 사용자의 요구에 따라 관수량을 조절할 수 있어야 한다.
- 여과기를 통과한 일정한 크기 이하의 불순물(잔모래,기타잡물등)이 압력조절장치에 걸리지말고 유출될 수 있어야 한다.

- 햇빛, 농약, 비료등에 부식 또는 변질되지 않고 견고해야 한다.
- 자동, 수동, 컴퓨터로 조작이 가능하여야 한다.
- 이송 중 속도가 일정하여야 하며, 살수 시작점과 정지점을 사용자 임의대로 설정하여 작물이 있는 곳만 살수를 할 수 있어야 한다.
- 조립식으로 견고하고 설치 및 보수가 간단해야 한다.

5) 환기 및 방제장치설비

가) 팬류

- 동일형식, 동일용량의 팬류는 수치,특성이 동일하여야 한다.
- 공급되는 팬류는 모든 운전범위에는 캐비테이션,진동,소음이 없어야 하고 운전범위 내에서 효율이 좋아야 한다.
- 팬의 적당한 효율, 특성을 위하여 부품의 교체가 용이하여야 한다.
- 모든 팬류는 철골구조물에 견고하게 고정한다.

나) 밸브 및 배관

- 모든 밸브는 수압에 대해 충분한 강도를 가져야 하며 잦은 빈도의 개폐작동을 하더라도 그 작동이 확실해야 하며 전폐시 수밀 기밀성이 보장되어야 한다.
- 모든 배관자재는 표시된 입찰도면에 의거 KS규격품을 사용하여야 한다.
- 초압과 말단의 압력차가 적도록 동압을 최대한 제어한다.

다) 다목적팬의 기능

- 쿨링, 가습, 순환, CO₂시용 등이 가능해야 한다.
- 쿨링,가습에 따라 분사입자의 크기의 조절로 내부 온. 습도에 지장없이 기능이 가능하여야 한다.
- 쿨링, 가습, 순환, CO₂시용의 기능에 따라 둔부가 0o~360o가 회전하여야 한다.
- 햇빛, 농약, 비료 등에 부식또는 변질되지 않고 견고해야 한다.
- 온도, 조도센서, 타이머, 컴퓨터에 의한 자동제어가 가능해야 한다.
- 설치가 간단하고 견고하여야 한다.

6) 난방설비

가) 보일러실 난방배관

- 보일러실에 난방공급은 각 용도별로 배관한다.

나) 온실 난방배관

- 관재는 흑관을 사용하여 설치한다.
- 배관방식은 용접을 기준으로 하고 용접부위는 도장을 철저히 해야 한다.
- 배관은 출입구및 통로에 방해가 되지 않도록 설치해야 한다.
- 필요한 부위에 자동공기변을 설치해야 한다.
- 모든 배관은 후크나 파이프 행거등을 이용하여 적절한 방법으로 고정해야 한다.
- 온실내부의 배관은 측벽과 기둥배관으로 구분하고 온수순환이 원활하도록 역환수관법(리턴리버스)으로 한다.

7) 순화활착실 가습장치 설비

가) 펌프

- 동일형식, 동일용량의 양수기는 수치, 특성이 동일하여야 한다.
- 공급되는 펌프는 모든 운전범위에는 케비테이션, 진동, 소음이 없어야 하고 운전 범위에서 효율이 좋아야 한다.
- 펌프의 적당한 효율 특성을 위하여 부품을 교체가 용이토록 하여야 한다.
- 케이싱 임펠라 샤프트등 모든 부품은 정밀히 가공되어야 한다.
- 모든 펌프는 상반과 바닥에 견고하게 고정되어야 한다.

나) 밸브및 배관

- 모든 밸브는 수압에 대해 충분한 강도를 가져야 하며 잦은 빈도의 개폐작동을 하더라도 그 작동이 확실해야 하며 전폐시 수밀성이 보장되어야 한다.
- 모든 배관자재는 표시된 입찰도면에 의거 KS규격품을 사용하여야 한다.
- 관로중에는 AIR POCKET이 생기지 않도록 수평으로 상향구배가 되도록 한다.
- 관수 이용시 초입과 말단의 압력차가 적도록 동수압을 최대한 제어한다.

다) 순화활착실 설비 및 관수

- 사용자의 요구에 따라 습도를 조절할 수 있어야 한다.(80~95%)
- 부식 또는 변질되지 않고 견고하게 설치하여야 한다.
- 습도센서, 컴퓨터에 의한 자동제어가 가능해야 한다.

8) 베드제작 및 설치공사

- 깨끗한 미관등 재배환경을 최적화 할수 있어야 한다.
- 침하방지판의 침하를 막을수 있도록 침하방지판 설치 위치에 지면을 다져서 설치한다.
- 베드의 유동이 없도록 견고히 설치하여야 한다.
- 모든 용접부위는 깨끗이 청소한 다음 공장철과 같은 품질의 도료로 초벌칠을 하고 미감칠을 한다.
- 마감칠은 이 시방서의 마감공사에서 정하는 바에 따른다.

9) 자동제어 설비

- ▶ 자동제어설비 시공시는 전기업체와 업무협의하여 기능에 이상이 없어야 한다.
- 천창, 커튼부분 자동장치
- 온실 온도조건에 따른 순환펌프 ON-OFF기능
- 각종 펌프류 작동기능
- 온실 온·습도조건에 따라 팬류의 콘트롤 기능
- 온·습도조건에 따른 작업접목실 컨트롤 기능

2-5. 조직배양실부분 특기사항

가. 제작도면

계약자는 조직배양실 및 순화실의 생육선반과 제어방법 등이 자세하게 기술되어 있는 도면이나 카타로그를 작성하여 감독원의 사전 승인을 득한 후 제작·설치한다.

- 전체 배치도(도면참조)
- 생육선반의 구성도
- 광도조절기능(절전기능 등 포함)

나. 생육선반의 구성

1) 자가영양 배양실

- 자가영양 배양실의 생육선반은 도면(T·M-13)에 표시된 바와 같이 4단으로 구성하고, 선반의 간격(높이)은 사용할 배양기의 크기에 따라 조절하여 사용할 수 있도록 한다.
- 각 선반의 수평면 조도는 10,000Lux이상 계속 유지할 수 있어야 한다.
- 형광램프를 광원으로 사용할 경우에는 고효율의 전자식 안정기를 사용해야 한다.
- 전자식 안정기는 합판(10mm이상) 위에 고정하여 선반의 최상단에 설치하고 깨끗하게 마감한다. 사후관리를 위하여 안정기와 형광램프를 확인할 수 있도록 식별기호를 부여하고 이 부호와 일치하는 최종 결선도를 제출한다.
- 생육선반의 조도는 4단계 조절이 가능하도록 하고, 각 단계별 조도는 수명면에 균일하게 조사되어야 한다.
- 생육선반의 구성은 도면(T·M-13 및 T·M-14)에 표현되어 있는 바와 같이 인접한 선반간에 열전달을 최소화 할 수 있도록 단열처리된 선반을 사용하고 평면 조도를 최대한으로 높일수 있도록 방법을 강구한다.
- 단계별 조도는 별도의 전원 스위치를 부착하여 불필요한 전력소모를 방지한다.(필요한 경우에만 높은 조도를 사용한다)
- 선반 내의 전기배선(센서 케이블, 형광램프 전원 케이블)은 노출되지 않도록 배선하고, 절연을 위하여 연결부는 수축튜브를 이용하여 마감한다.
- 형광램프는 교환이 용이하도록 형광램프 전용 접속구를 이용한다.

2) 타가영양 배양실

- 타가영양 배양실의 생육선반은 도면(T·M-14)에 표시된 바와 같이 4단으로 구성하고, 선반의 간격(높이)은 사용할 배양기의 크기에 따라 조절하여 사용할 수 있도록 한다.
- 각 선반의 수평면 조도는 5,000Lux이상 계속 유지할 수 있어야 한다.
- 형광램프를 광원으로 사용할 경우에는 고효율의 전자식 안정기를 사용해야 한다.
- 전자식 안정기는 합판(10mm이상) 위에 고정하여 선반의 최상단에 설치하고 깨끗하게 마감한다. 사후관리를 위하여 안정기와 형광램프를 확인할 수 있도록 식별기

호를 부여하고 이 부호와 일치하는 최종 결선도를 제출한다.

- 생육선반의 조도는 3단계 조절이 가능하도록 하고, 각 단계별 조도는 수명면에 균일하게 조사되어야 한다.
- 생육선반의 구성은 도면(T-M-13 및 T-M-14)에 표현되어 있는 바와 같이 인접한 선반간에 열전달을 최소화 할 수 있도록 단열처리된 선반을 사용하고 평면 조도를 최대한으로 높일수 있도록 방법을 강구한다.
- 단계별 조도는 별도의 전원 스위치를 부착하여 불필요한 전력소모를 방지한다.(필요한 경우에만 높은 조도를 사용한다)
- 선반 내의 전기배선(센서 케이블, 형광램프 전원 케이블)은 노출되지 않도록 배선하고, 절연을 위하여 연결부는 수축튜브를 이용하여 마감한다.
- 형광램프는 교환이 용이하도록 형광램프 전용 접속구를 이용한다.

3) 순화실(순화육성온실 AC형에 한함)

- 순화 배양실의 생육선반은 도면(AC-M-16)에 표시된 바와 같이 3단으로 구성하고, 선반의 간격(높이)은 사용할 배양기의 크기에 따라 조절하여 사용할 수 있도록 한다.
- 각 선반의 수평면 조도는 5,000Lux이상 계속 유지할 수 있어야 한다.
- 형광램프를 광원으로 사용할 경우에는 고효율의 전자식 안정기를 사용해야 한다.
- 전자식 안정기는 합판(10mm이상) 위에 고정하여 선반의 최상단에 설치하고 깨끗하게 마감한다. 사후관리를 위하여 안정기와 형광램프를 확인할 수 있도록 식별기호를 부여하고 이 부호와 일치하는 최종 결선도를 제출한다.
- 생육선반의 조도는 수명면에 균일하게 조사되어야 한다.
- 단계별 조도는 별도의 전원 스위치를 부착하여 불필요한 전력소모를 방지한다.(필요한 경우에만 높은 조도를 사용한다)
- 선반 내의 전기배선(센서 케이블, 형광램프 전원 케이블)은 노출되지 않도록 배선하고, 절연을 위하여 연결부는 수축튜브를 이용하여 마감한다.
- 형광램프는 교환이 용이하도록 형광램프 전용 접속구를 이용한다.

2-6. 일반사항

- 가. 본공사에 사용되는 모든자재는 KS신품으로써 감독원의 검수를 득한 물품을 사용토록하고 검수받지 않은 자재의 사용을 금한다.
- 나. 수급자는 본공사를 수행함에 있어 현장 대리인격으로 법정자격증을 소지한자 또는 회사 책임자급을 필히 상주시켜 현장시공은 물론 제반 안전관리에 대한 감독을 하도록 한다.
- 다. 본 공사수행중 발생하는 제반, 자재, 노무사고는 일체 수급자가 그 책임을 진다.
- 라. 수급자는 본 공사를 수행함에 실제 공사조건을 상세히 검토하여 본 설비가 그 기능을 완전히 발휘할 수 있도록 모든 반류및 접수류를 구비시켜 비치토록 한다.

마. 공사현장의 조건에 따라 도면에 명시된 공사내용을 변경할 필요가 있을시는 수급자는 그 사유와 변경시공코려하는 도면을 감독원에 제출하여 승인을 얻어야 한다. (발주청의 요청사항도 동일하게 처리한다.)

바. 전체설비 완료후에는 전반적으로 시운전을 실시하여 기능에 이상이 없어야 한다.

사. 본 시방서에 명시되지 않은 사항은 일체 감독원의 지시에 따라야 하며 시방서및 도면 등의 내용이 서로 상이할 경우는 협의하여 결정한다.

아. 수급자는 본 공사를 완료후 시공변경부분에 대하여는 시공도면을 감독원에 제출하여야 한다.

자. 기타의 사항은 건축설비 표준시방서(기계부분)및 기계설비 시방서에 준하여 시공한다.

3. 전기공사

3-1 일반사항

3-2 전력 공급

3-3 각종 PANEL

3-4 중앙관제장치

3-5 동력 및 조명공사

3-6 접지 공사

3-1. 일반사항

가. 개 요

본 시방서는 조직배양실 신축사업의 전기및 제어설비공사에 적용하며, 작물재배에 지장이 없도록 충분한 환경제어가 되도록 하여야 한다.

나. 공사내용

- 1) 제어판넬공사
- 2) 동력공사
- 3) 제어선로공사
- 4) 조명, 전열공사
- 5) 기타

다. 사용자재

- 1) 본공사에 사용하는 모든 기자재는 도면및 시방에 명기된 것을 사용하여야 하며, 명기되어있지 않은 것은 공사감독원의 승인을 받은 후에 사용하여야 한다.

- 2) 기자재는 K.S표시된 표준 규격의 제품을 사용하여야 한다. K.S표시품이 없는 품목은 공사감독원의 승인을 득하여 사용하며, 없는 경우는 시판중의 최고품질의 제품을 사용하여야 한다.
- 3) 본 공사에 사용되는 기자재는 신품을 사용하여야 하며, 반드시 본 공사에 맞는 규격품이어야 한다.
- 4) 외국 자재를 사용할 경우에는 해당국의 표준 규격품을 사용하여야 하며, 객관적으로 품질을 보증할 수 있어야 한다.

3-2. 전력공급

가. 전원 : 발주처에서 온실 판넬(P-1)에 전원을 공급함.

나. 전압 : 380V / 220V 3상 4선

다. 인입 : 한전배전선로에서 고압수용하여 MAIN PANEL까지 지중으로 인입하며, MAIN POWER PNL에서 각 PANEL까지 케이블 덕터내 배선인입한다.(MAIN PNL은 발주측 설치부분으로 시공자는 내부선 인입에 국한한다.)

3-3. 각종 PANEL

가. 일반사항

1) 제작도면의 제출승인

계약자는 제작 착수에 앞서 PANEL에 관한 상세한 제작도면을 작성하여 승인을 득한 후 제작에 착수하여야 한다.

2) 외 함

▶재질및 형식 : SS41 옥내폐쇄 자립형

▶철판의 두께 : 1.6t

▶치수 : 도면참조

3) 반 내부배선

▶전선의 접속은 압착단자를 사용하며, 단선·혼선·접속불량이 생기지 않도록 한다.

▶전선의 분기는 반드시 단자대에서 실시하고 전선단말에는 선구분을 위한 번호찰(부하측 선로명칭)을 부착하여야 한다.

4) 부속장치

▶각 PNL전면에는 문을 설치하고 시건장치를 하여야 한다.

▶각 반마다 접지모선(등 3t×25mm)설치한다.

▶일상조작시 충전부의 접촉사고를 방지하기 위한 이격설치한다.

▶반내의 온도상승 방지용 통풍구 설치(쥐등 작은 동물의 침입이 방지되는 구조)한다.

- ▶내부에 SPACE HEATER를 설치한다.
- ▶개폐시 충격을 방지하기 위하여 문틈에 가스켓트를 구비하여야 한다.
- ▶명판은 백색 아크릴에 흑색문자로 이면 조각하여 견고하게 부착하여야 한다.

나. 계기류

1) 계기용 변류기

- ▶1차 전류 : 도면참조
- ▶2차 전류 : 5A
- ▶계급 : 1.0급 이상
- ▶정격부담 : 15VA 이상

2) 전류계

- ▶외 형 : 광각형(80mm×80mm) 및 110×110 (200% over scale)
- ▶정격전류 : 5A
- ▶오차계급 : ±1.5%

3) 전압계

- ▶외형 : 광각형(80mm×80mm) 및 110×110
- ▶정격전압 : 도면참조
- ▶오차계급 : ±1.5%
- ▶주 파 수 : 60HZ

4) 온도센서(내부온도 측정용)

- ▶측정요소 : PT 100Ω, 3-WIRE, 표시부 : DIGITAL식, 전송출력 : 4~20mA

다. 각 PANEL 설치

포장은 설치장소 가까운 곳에서 해체하여야 하며, 외함에 손상이 없도록 충분한 주의를 하여 수직·수평을 정확히 한 다음 견고하게 설치하여야 한다.

3-4. 중앙관제장치

가. 일반사항

1) 개요

- 가) 본 설비는 유리온실 환경제어설비자동화를 목적으로 온실여건에 적합하도록 설계, 제작된 자동제어 시스템의 기능에 관한 사항이다.
- 나) 본 시방서의 기준하에서 수행될 사업의 범주는 완전하게 제작된 자동제어시스템의 공급, 설치, 시운전및 하자보수로 이루어지고 온실환경제어시스템은 온실내의 환기 설비및 기타 부대설비에 대한 제어및 감시기능을 수행하여야 한다.
- 다) 본 시방에 명시된 수치에 대하여 도면및 특기사항에 별도의 지시가 있을때에는 그에 따른다.

2) 교 육

전체 장치의 원활한 운영과 유지보수의 원활을 위하여 기기운영요원에 대한 교육을 실시하여야 한다.

3) 공사범위

가) 본 시방에 명시된 기능을 수행할 수 있는 감지기류, 제어기기류, 제어반의 공급, 운반, 취부 및 설치공사

나) 시스템 도면, 설치도면 및 자료의 공급

다) 시운전 조정

라) 납품된 환경제어시스템 및 기기의 인수인계

마) 온실내의 각종 제어대상기기 및 동력분전반과 서로 연계가 되도록 전기공사 업체와 적극 협조하여 완벽한 환경제어가 되도록 하여야 한다.

4) 서비스 및 보증

가) 환경제어 공사가 완료후 계약자는 기기의 기능을 종합 점검하여 이상이 없을 경우 감독원의 검사를 받아야 한다.

나) 계약자가 유지보수 요원의 자질 향상을 위하여 설치 공사중에도 현장 교육에 임하여야 한다.

나. 환경제어기기 시방

1) 환경제어장치

가) 제어장치는 온실내 모든 제어 대상을 완전 자동으로 제어 가능하고, 필요시 수동 조작도 가능해야 한다.

나) 시스템의 기능

▶ 기기 감시기능

- 개별감시

1개의 기기에 대한 상세한 파라미터값, 현재값등을 표시하여 기기의 변화상태를 감시하고, 적절히 조작할 수 있도록 해야 한다.

- 그룹감시

기기를 시스템의 구성에 관련된 종류별로 그룹을 지어 각 기기에 대한 간략한 정보를 감시하고 조절할 수 있도록 해야 한다.

▶ 경보감시

- 경보요약

발생된 경보의 내용 및 시간을 표시할 수 있어야 한다.

- 경보음 지정

경보발생시 경보음의 울림을 선택할 수 있어야 한다.

- 경보상황의 출력

다) SYSTEM 운전

▶LOCAL CONTROL

PROCESS의 운전은 현장에 인접한 AREA별 감시실(각 PANEL)에서 OPERATOR INTERFACE장치 (INDICATOR, PB등)에 의해 운전할 수 있으며, 모든 운전상황의 감시를 위하여 제어반에서도 운전상태를 확인할 수 있도록 SYSTEM이 구성되어야 한다.

▶MAIN PANEL의 SELECTOR를 AUTO로 전환하면 제어반의 OPERATOR SYSTEM의 KEY BOARD에 의해 기기를 운전할 수 있어야 한다.

▶시스템 운영은 누구나 손쉽게 할 수 있도록 하여야 한다.

2) 감지기

가) 환경제어를 완벽하게 수행하기 위하여 기상조건등에 따라 각종 제어대상을 원활히 하기 위한 다음과 같은 감지기를 구비해야 한다.

- ▶풍향·풍속계 ▶감우계
- ▶온·습도계 ▶기타 필요시설

나) 세부사양

▶풍향·풍속계

- 풍향 측정범위 : 360°
- 풍속 측정범위 : 3~45m/s

▶온도 검출기

- 온실용 : 측정범위 = -30~120℃
측정요소 = PT 100Ω, 저항보상형
- 외기온도용 : 측정범위 = -30~120℃
측정요소 = PT 100Ω, 저항보상형

▶습도검출기(온실용, 외기용)

- 측정범위 : 0~90% RH
- 측정요소 : CAPACITANCE
- 출력 : 4~20mA

▶일사량검출기

- 측정범위 : 0~1,000W/m
- 정밀도 : ±50
- 측정요소 : SILICON PHOTOVOLTAIC DETECTOR

▶감우계

- 검출방식 : 빗살무늬전극판
- 출력 : RELAY 접점

3) 제어대상

- ▶천창제어 ▶커튼제어

- ▶순환펌프및 밸브제어 ▶난방제어
- ▶보일러 감시 ▶FAN 제어
- ▶일사량 감지 ▶기타필요시설

4) 제어기기 설치공사

가) 현장설치기기

모든 현장 설치기기는 제작자의 설치지침에 따라 완전하게 설치되어야 한다.

나) 제어기(Controllor)

제어기의 외곽과 문은 SUS304로 PRESS RIB가공(주변을 ㄷ 또는 ㄱ자 모양으로 절곡 가능)하여 설치대상에 설치하거나 벽면에 3/8" 앵카볼트 4개로 고정시켜야 한다.

도장색은 지정색(MUNSELL NO. 5Y 1/7)으로 하며 문의 상부에 간략하게 표시한 명판을 2.0t 아크릴판으로 제작하여 부착하여야 한다. 문에는 적당한 위치에 걸쇠와 자물쇠를 달아야 한다.

현장기기 설치판에는 계통에서 필요로 하는 스위치, 변압기, 릴레이, 조절기, 단자대, 지시계, 기록계등을 빠짐없이 설치하고 배선하여야 한다.

모든 배선에는 단자를 사용하여 배선과 단자대는 식별 및 점검이 용이하도록 표식을 해야 한다.

현장 제어반은 제작하기전에 감독자에게 승인을 받아야 하며 기능 및 외관에 결함이 없어야 한다.

3-5. 동력 및 조명공사

가. 케이블 공사

▶케이블 포설

- 케이블은 도면에 명기된 규격에 의한다.
- 케이블은 닥트를 이용하여 포설하여야 하며 피복이 손상되지 않도록 주의하여야 하고, 부득이 접속할 경우에는 내선규정 제125-8조에 적합하도록 전선 접속재(열수축 튜브)를 사용하여야 한다.
- 케이블은 과도한 인장력을 받지 않을 정도의 여유를 두어야 한다.

▶케이블 도체와 리드선의 접속

- 케이블 도체와 리드선의 접속은 기계적 강도에 견디도록 접속하여야 한다.
- 케이블 도체와 리드선의 접속시에는 열수축 튜브를 사용하여 충분히 절연하여야 한다.

나. 케이블 닥트

- ▶재질 : 용융아연도금 완제품
- ▶규격 : 도면참조

▶ 온실내의 구조물에 지지대를 이용하여 견고히 설치한다.

다. 조명공사

▶ 조명

- 광 원 : 백열등(IL 100W×2), 형광등(FL 40W×2)을 원칙으로 하되 발주측의 요청에 따라 변경이 가능하다.
- 각종 조명기구는 방수 소켓을 사용하여 설치하며, 설치후 추락하는 일이 없도록 박스를 이용하여 견고히 부착하여야 한다.
- 스위치 : 노출 박스내 매입형으로 설치한다.

▶ 전 열(콘센트)

- 형 식 : 방우형 1구 또는 일반형 2구
- 용 량 : 2P 15A
- 접지극부

3-6. 접지공사

가. 접지선은 계통사고시 발생하는 보폭전압, 접촉전압 및 전위상승 등 인체에 미치는 위험도를 감소시키고, 절연 LEVEL이 낮은 설비를 높은 전위경도에서 보호하기 위하여 시행하는 것이므로 시공에 철저를 기하여야 한다.

나. 접지계통은 길이 1.8M, 직경 16m/m 접지동봉 또는 동등이상의 접지판으로 지하 75cm 이상 깊이에 매설하여야 하며, 각 기기에 대한 접지 저항치는 아래와 같다.

- ▶ 제 1 종 : 10Ω 이하
- ▶ 제 2 종 : 150/1선지락전류 (A) Ω 이하
- ▶ 제 3 종 : 100Ω 이하
- ▶ 특별제3종 : 10 Ω 이하

다. 접지봉과 접지선의 접속은 접지 CONNECTOR를 사용, 시공하여야 한다.

라. 접지선은 GV전선 또는 동등 이상의 절연 전선을 사용하여야 한다.

3) 공사비 내역

- 공사비 산출근거가 되는 기기, 자재등 재료 및 치수와 이들의 재료비, 노무비, 경비 등은 본항에서 생략하였다. 자세한 내역은 설계도서 「농가보급형 식물조직배양시설의 설계도서」를 참고하여야 한다.
- 다음은 공사비 총괄, 주요 시설별 명세서만 표기하였다.

표 4.1.8. 조직배양시설 T형 공사비 총괄표

공사비 총괄표						
일금		434,911,261 원		단위 : 원		
비목/구분		%	건축공사	내부설비공사	전기공사	계
순 료 비	직접재료비		40,999,793	148,704,452	10,907,966	200,612,211
	간접재료비					
	(소 계)		40,999,793	148,704,452	10,907,966	200,612,211
공 무 비	직접노무비		34,665,838	16,601,079	3,582,759	54,849,676
	간접노무비	14.00	4,853,217	2,324,151	501,586	7,678,954
	(소 계)		39,519,055	18,925,230	4,084,345	62,528,630
비 경	기계경비		548,685	5,613		554,298
	산재보험료	3.20	1,264,609	605,607	130,699	2,000,915
	안전관리비	2.48	1,876,507	4,099,577	359,369	6,335,453
비	기타경비	5.00	4,025,942	8,381,484	749,615	13,157,041
	(소 계)		7,715,743	13,092,281	1,239,683	22,047,707
	일반관리비	6.00	5,294,075	10,843,317	973,919	17,111,311
이 윤	15.00	7,879,330	6,429,124	944,692	15,253,146	
중 요 자 재 대		6,660,870	71,160,000		77,820,870	
총 원 가		108,068,866	269,154,404	18,150,605	395,373,875	
부 가 가 치 세	10.00	10,806,886	26,915,440	1,815,060	39,537,386	
공 사 원 가		118,875,752	296,069,844	19,965,665	434,911,261	
비 고		평당단가(411.6평 기준)			1,056,636	

표 4.1.9. 조직배양시설 T형 공사비 총괄 명세서

공사비 총괄 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
1. 배양동					
1-1. 건축공사	39,898,976	21,582,842	17,969,227	346,907	
*건축공사 중요자재대	4,788,920		4,788,920		
1-2. 내부설비공사	77,522,087	2,107,173	75,414,914		
*내부설비공사 중요자재대	71,160,000		71,160,000		
2. 순화실					
2-1. 건축공사	7,744,742	3,149,984	4,526,404	68,354	
*건축공사 중요자재대	480,700		480,700		
2-2. 내부설비공사	35,845,533	5,493,394	30,351,476	663	
3. 육성온실					
3-1. 건축공사	28,570,598	9,933,012	18,504,162	133,424	
*건축공사 중요자재대	1,391,250		1,391,250		
3-2. 내부설비공사	51,943,524	9,000,512	42,938,062	4,950	
4. 전기공사	14,490,725	3,582,759	10,907,966		
소 계	256,016,185	54,849,676	200,612,211	554,298	
*중요자재대 소계	77,820,870		77,820,870		

표 4.1.10. 배양동의 건축공사 공사비 명세서

배양동 건축공사 공사비 명세서					
공사명	총액	노무비	재료비	경비	비고
1-1. 건축공사					
1-1-1)가설 및 기초공사	7,096,284	5,488,528	1,294,701	313,055	
1-1-2)철골공사	3,339,544	1,689,881	1,615,811	33,852	
1-1-3)피복공사	21,147,891	8,185,877	12,962,014		
1-1-4)수장공사 및 기타공사	8,315,257	6,218,556	2,096,701		
소 계	39,898,976	21,582,842	17,969,227	346,907	
•중요자재대	4,788,920		4,788,920		

표 4.1.11. 배양동 내부 설비공사 공사비 명세서

배양동 내부설비공사 공사비 명세서					
공사명	총액	노무비	재료비	경비	비고
1-2. 내부설비공사					
1-2-1)기계실배관공사	14,088,912	716,724	13,372,188		
1-2-2)위생도기및배관공사	2,953,175	1,390,449	1,562,726		
1-2-3)생육선반	58,240,000		58,240,000		
1-2-4)CO ₂ 공급설비공사	2,240,000		2,240,000		
소 계	77,522,087	2,107,173	75,414,914		
•중요자재대	71,160,000		71,160,000		

표 4.1.12. 순화실 건축공사 공사비 명세서

순화실 건축공사 공사비 명세서					
공사명	총액	노무비	재료비	경비	비고
2-1. 건축공사					
2-1-1)가설 및 기초공사	1,243,659	898,614	301,185	43,860	
2-1-2)골조공사	2,982,400	1,104,720	1,853,186	24,494	
2-1-3)알루미늄공사	1,348,514	340,000	1,008,514		
2-1-4)피복공사	2,170,169	806,650	1,363,519		
소 계	7,744,742	3,149,984	4,526,404	68,354	
•중요자재대	480,700		480,700		

표 4.1.13. 순화실 내부설비공사 공사비 명세서

순화실 내부설비공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
2-2. 내부설비공사					
2-2-1) 천창개폐장치공사	6,063,922	1,698,485	4,365,437		
2-2-2) 측창개폐장치공사	958,728	165,222	793,506		
2-2-3) 수평및수직커튼장치공사	18,481,156	2,193,280	16,287,876		
2-2-4) 온풍난방기설치공사	2,140,210		2,140,210		
2-2-5) 접목실베드제작설치및 접목환착실가습장치공사	6,940,386	1,258,776	5,680,947		663
2-2-6) 환기 및 냉방장치공사	1,261,131	177,631	1,083,500		
소 계	35,845,533	5,493,394	30,351,476		663

표 4.1.14. 육성온실 건축공사 공사비 명세서

육성온실 건축공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
3-1. 건축공사					
3-1-1) 가설및기초공사	3,061,549	2,271,982	681,128	108,439	
3-1-2) 골조공사	11,185,292	4,252,730	6,907,577	24,985	
3-1-3) 알루미늄및피복공사	14,323,757	3,408,300	10,915,457		
소 계	28,570,598	9,933,012	18,504,162	133,424	
*중요자재대	1,391,250		1,391,250		

표 4.1.15. 육성온실 내부설비공사 공사비 명세서

육성온실 내부설비공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
3-2. 내부설비공사					
3-2-1) 천창, 측창개폐장치공사	4,585,628	901,098	3,684,530		
3-2-2) 수평및수직커튼장치공사	14,735,004	1,487,831	13,247,173		
3-2-3) 환기팬설치공사	3,451,867	384,867	3,067,000		
3-2-4) 온풍난방기설치공사	11,333,216	437,856	10,895,360		
3-2-5) 욕포베드제작설치공사	14,515,530	4,918,861	9,591,719		4,950
3-2-6) 관수설비공사	3,322,280	870,000	2,452,280		
소 계	51,943,524	9,000,512	42,938,062	4,950	

표 4.1.16. 전기공사 공사비 명세서

전기공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
4. 전기공사					
4-1) 조별, 전열공사	1,689,457	1,151,267	538,190		
4-2) 온실동력배선및접지공사	3,801,268	2,431,492	1,369,776		
4-3) 각종합설치공사	9,000,000		9,000,000		
소 계	14,490,725	3,582,759	10,907,966		

4) 육성온실의 구조해석

□ 식물조직배양 육성온실의 구조안전도 해석(T형, C형, AC형공통)

I. 총 괄

1. 온실형태 : 경질 PET 필름 2연동 온실

2. 단면형상 : (대상온실의 형상 및 골조구성 참조)

온실 단위스펜-9.0m, 축고-3.0m

동고-5.388m, 길이-50.4m

골조간격-3.6m

3. 계산공식 및 기본가정

가. 계산공식

• 설하중 : $W = \phi \times w \times h$

• 풍하중 : $P = q \times C \times A$

$$q = 0.0197 V^2 \times \sqrt{h}$$

• 자 중 : 고려하지 않음(작물하중 무시)

나. 기본가정

• 골조간격 3.6m를 구조해석의 기본단위로 한다

• 국부 풍하중 강도에 대한 고려 제외

• 지반의 토질에 대한 현장상황 무시

• 부재의 제작에 따른 단면특성의 변화 무시

4. 구조해석 결과

가. 부재별 안전적설심 및 풍속계산

(표 4.1.7 - 4.1.22 참조)

나. 기초의 안정성 검토

(첨부 계산자료 참조)

II. 구조해석

(가) 부재별 안전적설심 및 풍속계산

(1) 기본 골조간격

㉞ 온 실 폭 : 9.0m×2연동

㉞ 기둥간격 : 3.6m

㉞ 지붕간격 : 3.6m

㉞ 중방간격 : 3.6m

(2) 구조해석을 위한 기본가정

A. 구속상태

- 기초와 기둥 : 고정
- 기둥과 아치 : 힌지
- 기둥과 중방 : 힌지
- 아치와 내측기둥 : 힌지
- 중방과 내측기둥 : 힌지

B. 허용응력(일반구조용 강관의 허용응력 2400kg/cm² 기준)

- 허용인장응력 : $2400/1.5 = 1,600 \text{ kg/cm}^2$
- 허용압축응력 : $2400/1.5 = 1,600 \text{ kg/cm}^2$
- 허용휨응력 : $2400/1.5 = 1,600 \text{ kg/cm}^2$

C. 지반상태

- 지반의 허용지내력
 - 점성토 : 5 t/m²
 - 사질토 : 20 t/m²
- 점성토지반의 점착력 : 2.5 t/m²

D. 기본공식

- 설하중 : $W = \varphi \times w \times h$
(극부 1/3은 50% 증가)

○ 풍하중 : $P = q \times C \times A$

$$q = 0.0197 V^2 \times \sqrt{h}$$

○ 기둥의 임계하중 : $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2 = \pi^2 \times 2.1 \times 10^4 + E6I / 30^2$
 $= 13349 < 13702$ (기둥의 최대 축방력)

여기서, 세장비 $\lambda = L/r = 146.7 > 60$ (장주로 간주)

○ 구조물의 내용년수 : $\log P_s - 2 = N \log(1 - 1/T)$

$P_s =$ 안전율(확률 %) : 50%

$N =$ 내용년수(년) : 10년

$T =$ 확률 재현기간(년) : 15년

○ 구조물의 자중 : 부재별 단위중량 적용(작물하중은 제외)

(3) 하중별 구조해석

a. 설하중 부분

○ 표 4.1.17, 표 4.1.19 및 표 2.1.20은 설하중에 대한 최대단면력의 크기 및 그 발생 위치, 안전적설심 등을 요약한 것이며, 그림들은 설하중 작용시의 휨모멘트도, 전단력도 및 변형도 이다.

○ 설하중에 의한 단면력의 분포를 살펴보면 지붕아치에서 최대휨모멘트가 발생된다. 이때 축방향 최대응력은 휨응력보다 현저히 작으며, 발생위치도 최대휨응력 위치와 다르다. 따라서 단면에서 발생하는 최대 응력치는 최대휨응력치를 기준으로 최대휨응력 발생위치에서의 축방향 응력 및 전단응력을 합산하여 계산하였다. 이와같은 계산방식은 풍하중의 경우에도 동일하게 적용하였다.

○ 설하중때의 최대 휨모멘트 $M_{max} = 104h$ (kg.cm)로서 지붕아치에 발생되며, 외측 기둥과 내측기둥 부재에서도 각각 94h 및 72h 의 휨모멘트가 발생된다. 여기서 h(cm)는 적설심을 의미한다.

○ 안전적설심의 계산에서 설하중이 지붕경사 및 난방열에 따른 하중감소계수(ϕ)를 0.75로 가정하여 계산되었다.

○ 표 4.1.20을 살펴보면 안전적설심의 크기를 알 수 있다. 여기서 안전적설심이 가장 작게 나타나는 부재가 지붕아치로 82cm 이다. 그리고 그이외 부재에서는 매우 크게 나타나 부재간의 심한 불균형 현상을 보이고 있다. 이러한 이유는 각 부재별 단면특성의 차이가 현저하기 때문이라 판단된다. 그러나 계산된 안전적설심의 크기가 다른형태의 온실보다 각 부재 공히 크게 나타났다.

○ 이미 보고되어 있는 재현기간에 따른 설계적설심 중에서 재현기간 15년인 진주지역의 설계적설심 11.3cm와 비교 할 때 모든부재 공히 안전하게 나타난다.

○ 결론적으로 모든부재 공히 재현기간 15년인 설하중에 대해서는 안정하다고 계산되었다. 그러나 이러한 부재들도 시공시 피스나 볼트 등을 죄는 과정에서 국부적인 단면감소가 발생하지 않도록 하여야 한다. 만약 골조재의 단면이 감소하거나 화학

적인 충격으로 부재의 특성이 변화한다면 그곳부터 급작스런 파과가 진행될 수 있을 것으로 판단된다.

b. 풍하중 부분

- 표 4.1.18, 표 4.1.21 및 표 4.1.22는 풍하중시의 최대단면력의 크기 및 그 발생위치, 부재별 안전풍속 등을 요약한 것이며 그림들은 풍하중에 대한 휨모우멘트도, 전단력도 및 변형도이다.
- 풍하중의 최대휨모우멘트 M_{max} 역시 설하중 때와 비슷한 위치에서 발생되나 휨의 방향이 반대방향으로 발생함을 알 수 있다. 따라서 풍하중에서는 자중의 영향이 오히려 기초의 인발에 저항하는 역할을 하게된다.
- 표 4.1.22에서 알 수 있듯이 안전풍속이 지붕아치에서 51.0m/sec, 외측기둥에서 58.3m/sec로 타부재보다 작게 나타났다.
- 계산된 풍속과 진주지역의 재현기간 15년 빈도 설계풍속(25.4m/sec)을 비교하면 모든부재 공히 안전함을 알 수 있다. 그러나 여기에서는 온실관리 소홀, 국부풍하중 강도나 갑작스런 돌풍 등의 영향이 고려되지 않았음을 지적한다.
- 결론적으로 풍하중에 대해서는 모든 부재에서 안전하게 나타났다. 그러나 시공시 부주의로 인한 구조재 단면특성의 감소나 관리의 부실 등 여러 가지 위해 인자를 고려하지 않았으므로 여기에 대한 세심한 주의가 요구된다.

(4) 부재의 안전성 검토

- 본 구조해석 대상인 경질 PET 필름 2연동 온실은 파이프 온실로 분류하여 내용년수를 10년으로 보고, 안전율을 50% 수준으로 계산한 결과 확률 재현기간이 15년으로 계산되었다.
- 재현기간별 설계풍속 및 설계적설심에 대한 검토를 위하여 이미 연구되어 일반적으로 알려져 있는 기상자료 빈도분석 결과치를 참고하였다. 표 4.1.17-4.1.22는 제시된 온실에 대해 산정된 최대응력 및 그 발생위치, 예상되는 단면력 및 안전적설심, 안전풍속 등을 나타내고 있다.
- 해당 온실의 경우 안전적설심, 안전풍속에 대해서 모든 부재 공히 안전하게 계산되었으나, 현장상황이나 기타 여러 가지 구조물에 악영향을 줄 수 있는 여러 인자들이 고려되지 않았으므로 시공시 세심한 주의가 요구된다.

표 4.1.17. 온실의 설하중에 의한 최대단면력 및 발생위치

환산계수 : $10^3 \times h$

단 면 력		AXIAL FORCE (P) kg		MOMENT (M) kg · cm	
		인 장	압 축	+ 값	- 값
구조부재					
	외 측 기 동	A = 8.927 cm ² Z = 15.200 cm ³ I = 38.000 cm ⁴	-	13794	6440
내 측 기 동					
		A = 8.927 cm ² Z = 15.200 cm ³ I = 38.000 cm ⁴	-	E1, E39	E1, E2 E38, E39
지 붕 아 치					
		A = 8.568 cm ² Z = 6.198 cm ³ I = 9.738 cm ⁴	-	30913	-
상 하 현 재					
		A = 8.568 cm ² Z = 6.198 cm ³ I = 9.738 cm ⁴	-	E8, E32	E8, E32
사 재					
		A = 2.072 cm ² Z = 1.420 cm ³ I = 1.420 cm ⁴	11280	19886	1924
중 방 지지대					
		A = 1.131 cm ² Z = 0.172 cm ³ I = 0.102 cm ⁴	E19	E32	E17, E19 E40, E42
지 지 파이프					
		A = 1.872 cm ² Z = 1.033 cm ³ I = 1.643 cm ⁴	1775	7077	-
지 지 파이프					
		A = 3.035 cm ² Z = 3.344 cm ³ I = 8.043 cm ⁴	E23, E51	E25, E49	-
지 지 파이프					
		A = 1.872 cm ² Z = 1.033 cm ³ I = 1.643 cm ⁴	115	1941	-
지 지 파이프					
		A = 3.035 cm ² Z = 3.344 cm ³ I = 8.043 cm ⁴	591	-	-
지 지 파이프					
		A = 3.035 cm ² Z = 3.344 cm ³ I = 8.043 cm ⁴	E28, E57	E30, E55	-
지 지 파이프					
		A = 3.035 cm ² Z = 3.344 cm ³ I = 8.043 cm ⁴	591	-	-
지 지 파이프					
		A = 3.035 cm ² Z = 3.344 cm ³ I = 8.043 cm ⁴	E31, E60	-	-

표 4.1.18. 온실의 풍하중에 의한 최대단면력 및 발생위치

환산계수 : $10^{-5} \times v^2$

단 면 력		AXIAL FORCE (P) kg		MOMENT (M) kg · cm	
		인 장	압 축	+ 값	- 값
구조부재					
	외 측 기 동	A = 8.927 cm ² Z = 15.200 cm ³ I = 38.000 cm ⁴	38165 E1		437705 E39 685405 E1
내 측 기 동	A = 8.927 cm ² Z = 15.200 cm ³ I = 38.000 cm ⁴	36053 E10	- -	213581 E10	211766 E9, E10
	지 붐 아 치	A = 8.568 cm ² Z = 6.198 cm ³ I = 9.738 cm ⁴	49518 E7	- -	342785 E3, E4
상 하 현 재	A = 2.072 cm ² Z = 1.420 cm ³ I = 1.420 cm ⁴	- -	33190 E16, E17	25899 E16, E17	18402 E13, E14
	사 재	A = 1.131 cm ² Z = 0.172 cm ³ I = 0.102 cm ⁴	32027 E20	15338 E22	- -
중방 지지대	A = 1.872 cm ² Z = 1.033 cm ³ I = 1.643 cm ⁴	9959 E26	4638 E59	- -	- -
	지지 파이프	A = 3.035 cm ² Z = 3.344 cm ³ I = 8.043 cm ⁴	6134 E31	- -	- -

표 4.1.19. 설하중에 의한 최대단면력 및 최대응력

하 중 별 부 재 별	설 하 중		비 고
	최 대 단 면 력	최 대 응 력	
외 측 기 동 I = 38.000 cm ⁴ Z = 15.200 cm ³ A = 8.927 cm ²	M = 6.440 S = 0.195 P = -13.794	계 1.991 $\sigma_M = 0.424$ $\sigma_P = 0.022$ $\sigma_S = 1.545$	
내 측 기 동 I = 38.000 cm ⁴ Z = 15.200 cm ³ A = 8.927 cm ²	M = 0.000 S = 0.000 P = -30.913	계 3.463 $\sigma_M = 0.000$ $\sigma_P = 0.000$ $\sigma_S = 3.463$	
지 붕 아 치 I = 9.738 cm ⁴ Z = 6.198 cm ³ A = 8.568 cm ²	M = 87.556 S = -3.119 P = -19.886	계 16.811 $\sigma_M = 14.126$ $\sigma_P = 0.364$ $\sigma_S = 2.321$	
상 하 현 재 I = 1.420 cm ⁴ Z = 1.420 cm ³ A = 2.072 cm ²	M = 1.924 S = 0.024 P = 6.109	계 4.315 $\sigma_M = 1.355$ $\sigma_P = 0.012$ $\sigma_S = 2.948$	
사 재 I = 0.102 cm ⁴ Z = 0.172 cm ³ A = 1.131 cm ²	M = 0.000 S = -7.077 P = 0.000	계 6.257 $\sigma_M = 0.000$ $\sigma_P = 6.257$ $\sigma_S = 0.000$	
중 방 지 지 대 I = 1.643 cm ⁴ Z = 1.033 cm ³ A = 1.872 cm ²	M = 0.000 S = -1.941 P = 0.000	계 1.037 $\sigma_M = 0.000$ $\sigma_P = 1.037$ $\sigma_S = 0.000$	
지 지 PIPE I = 8.043 cm ⁴ Z = 3.344 cm ³ A = 3.035 cm ²	M = 0.000 S = 0.591 P = 0.000	계 0.195 $\sigma_M = 0.000$ $\sigma_P = 0.195$ $\sigma_S = 0.000$	

표 4.1.20. 부재별 최대응력과 안전 적설심

하 중 별 부 재 별	설 하 중		비 고
	최대응력(Kg/cm ²)	안전적설심(cm)	
외 측 기 동	1.991 h	803.7	$\sigma_w = 1600\text{kg/cm}^2$
내 측 기 동	3.463 h	462.0	
지 붕 아 치	16.811 h	95.2	
상 하 현 재	4.315 h	370.8	
사 재	6.257 h	255.7	
중방 지지대	1.037 h	1,543.1	
지지 파이프	0.195 h	8,216.6	

표 4.1.21. 풍하중에 의한 최대단면력 및 최대응력

하 중 별 부 재 별	풍 하 중		비 고
	최 대 단 면 력	최 대 응 력	
외 측 기 동 I = 38.000 cm ⁴ Z = 15.200 cm ³ A = 8.927 cm ²	M = -6.854 S = 0.114 P = 0.382	계 0.506 $\sigma_M = 0.451$ $\sigma_P = 0.013$ $\sigma_S = 0.043$	
내 측 기 동 I = 38.000 cm ⁴ Z = 15.200 cm ³ A = 8.927 cm ²	M = 2.136 S = 0.016 P = 0.631	계 0.213 $\sigma_M = 0.141$ $\sigma_P = 0.002$ $\sigma_S = 0.071$	
지 붕 아 치 I = 9.738 cm ⁴ Z = 6.198 cm ³ A = 8.568 cm ²	M = 3.428 S = -0.095 P = 0.489	계 0.621 $\sigma_M = 0.553$ $\sigma_P = 0.011$ $\sigma_S = 0.057$	
상 하 현 재 I = 1.420 cm ⁴ Z = 1.420 cm ³ A = 2.072 cm ²	M = 0.259 S = 0.002 P = -0.273	계 0.315 $\sigma_M = 0.182$ $\sigma_P = 0.001$ $\sigma_S = 0.132$	
사 재 I = 0.102 cm ⁴ Z = 0.172 cm ³ A = 1.131 cm ²	M = 0.000 S = 0.000 P = 0.320	계 0.283 $\sigma_M = 0.000$ $\sigma_P = 0.000$ $\sigma_S = 0.283$	
중 방 지 지 대 I = 1.643 cm ⁴ Z = 1.033 cm ³ A = 1.872 cm ²	M = 0.000 S = 0.000 P = 0.100	계 0.053 $\sigma_M = 0.000$ $\sigma_P = 0.000$ $\sigma_S = 0.053$	
지 지 PIPE I = 8.043 cm ⁴ Z = 3.344 cm ³ A = 3.035 cm ²	M = 0.000 S = 0.000 P = 0.061	계 0.020 $\sigma_M = 0.000$ $\sigma_P = 0.000$ $\sigma_S = 0.020$	

표 4.1.22. 부재별 최대응력과 안전풍속

하 중 별 부 재 별	풍 하 중		비 고
	최대응력(Kg/cm ²)	안전풍속(m/sec)	
외 측 기 동	0.506 v ²	56.2	$\sigma_w = 1600\text{kg/cm}^2$
내 측 기 동	0.213 v ²	86.7	
지 붕 아 치	0.621 v ²	50.8	
상 하 현 재	0.315 v ²	71.3	
사 재	0.283 v ²	75.2	
중방 지지대	0.053 v ²	173.7	
지지 파이프	0.020 v ²	89.4	

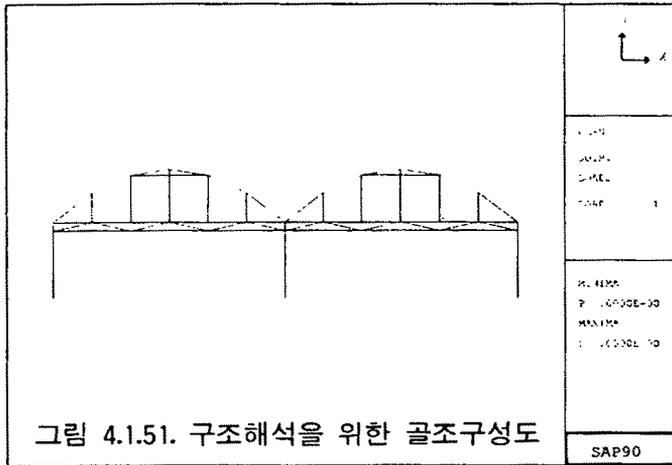


그림 4.1.51. 구조해석을 위한 골조구성도

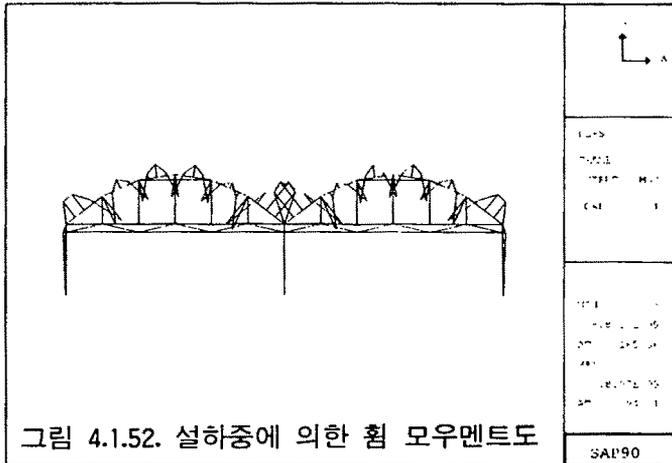


그림 4.1.52. 설하중에 의한 휨 모우먼트도

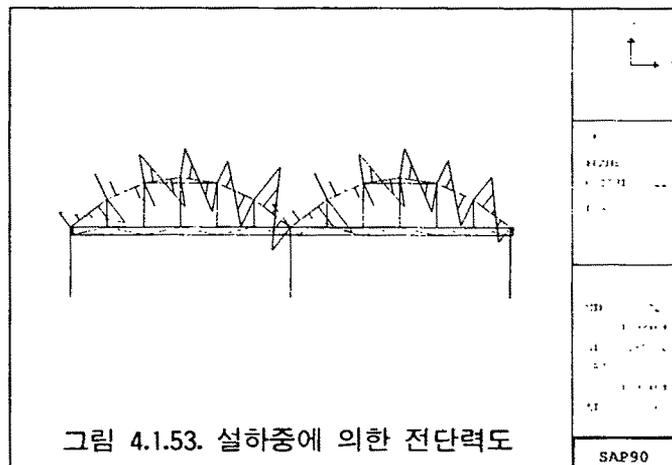
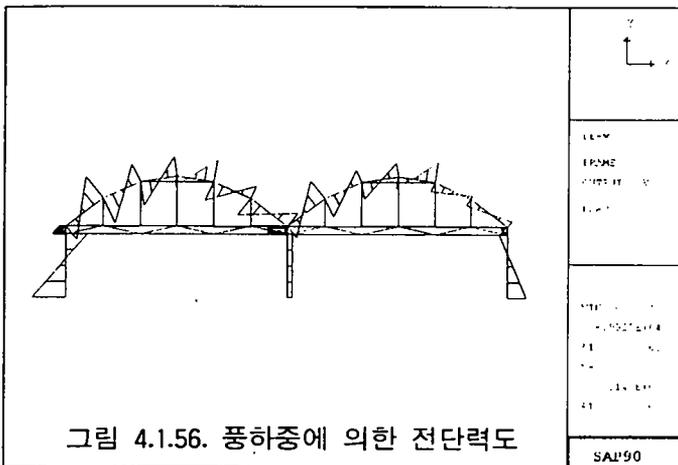
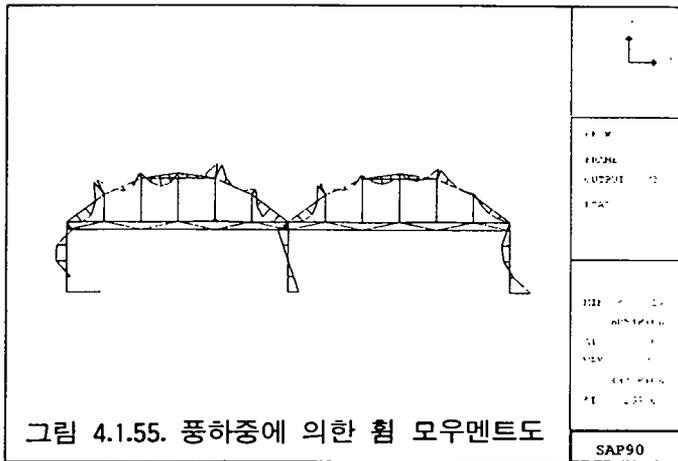
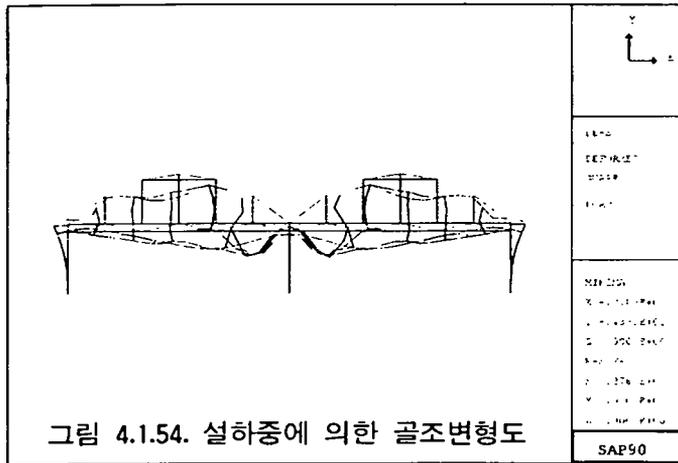


그림 4.1.53. 설하중에 의한 전단력도



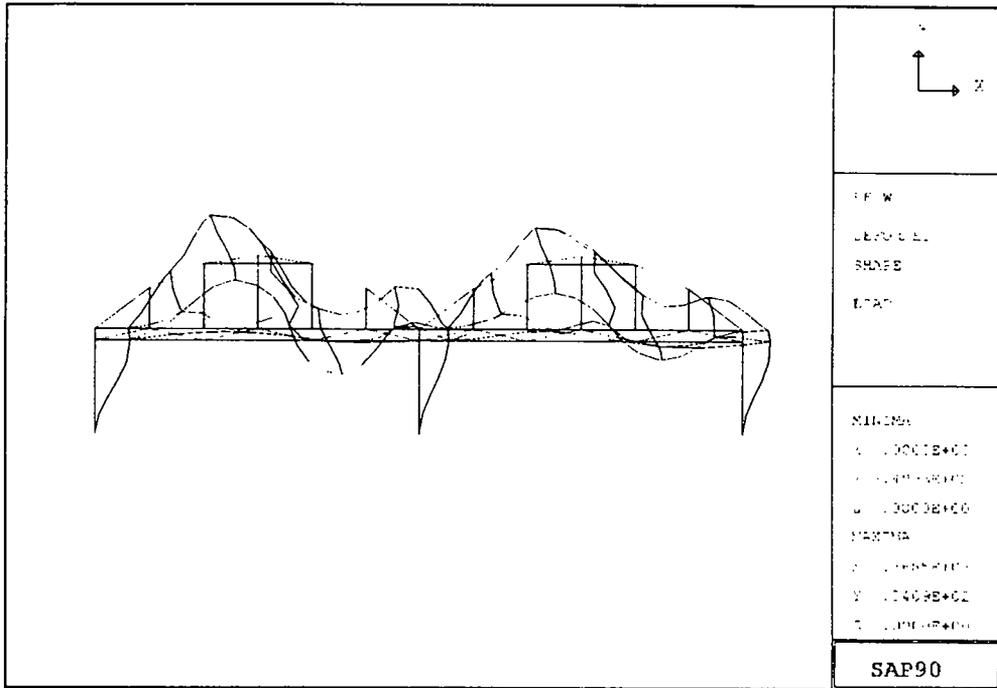


그림 4.1.57. 풍하중에 의한 골조 변형도

(나) 기초의 안전성 검토

•대상온실의 형상 및 골조의 구성

- 온실 스펜=9.0m, 축고=3.00m, 동고=5.388m, 온실길이=50.4m, 골조간격=3.6m
- 바깥기둥 : A=8.927 cm², Z=15.200 cm³
- 내측기둥 : A=8.927 cm², Z=15.200 cm³
- 지붕아치 : A=1.088 cm², Z=0.504 cm³
- 상하현재 : A=2.072 cm², Z=1.420 cm³
- 사재 : A=1.131 cm², Z=0.172 cm³
- 중방지지대 : A=1.872 cm², Z=1.033 cm³
- 지지파이프 : A=3.035 cm², Z=3.344 cm³

(1) 기초설계

1) 기본자료

: 기본가정

- 콘크리트 밀도 : $\gamma_t = 2.4 \text{ ton/m}^3$
- 흙의 밀도 : $\gamma_s = 1.7 \sim 2.2$ (1.8로 가정)

: 기초단면(도면참조)

: 기초의 자중계산

- 독립기초 : $W_{ID} = V_{ID} \times \gamma_t$
 $= 0.2005 \times 2.4$
 $= 0.4812 \text{ (ton)}$

여기서, V_{ID} (독립기초 부피) = $[(A1 \times Z1) + (A2 \times Z2)]$
 $= [(0.5027 \times 0.3) + (0.0707 \times 0.7)]$
 $= 0.2005 \text{ (m}^3\text{)}$
 γ_t (콘크리트의 밀도) = 2.4 ton/m^3

: 기초 상면에 실리는 흙의 중량 계산

- 독립기초 : $W_{SD} = V_{SD} \times \gamma_s = 0.216 \times 1.6$
 $= 0.3456 \text{ ton}$

: 기둥에서 전달되는 축방향 압축력(설하중) 및 휨모우멘트

• 휨모우멘트

	(외측기둥)	(내측기둥)
자 중	$M_{d1} =$	$M_{d2} =$
설하중	$M_{s1} = 6440$	$M_{s2} = 0 (\times wh \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{cm})$

• 축방향력

자 중	$P_{d1} =$	$P_{D2} =$
설하중	$P_{s1} = 13.794h$	$P_{s2} = 30.913h$

: 따라서 외측기둥(첨자 1)과 내측기둥(첨자 2) element에 대한 별도의 해석이 필요함
단, 외측기둥은 1로 표시하고, 내측기둥은 2로 표시함(아래첨자)

2) 지내력 및 인발 저항력 검토

가) 지내력 검토

$$P = P' + W_I + W_S$$

여기서, $P =$ 기초 지반에 작용하는 작용력의 합

$P' =$ 기둥에서 전달되는 축방향력

$W_I =$ 기초의 자중

$W_S =$ 기초상면에 실리는 흙의 중량

$$P'_1 = P_{d1} + P_{s1} = 0.0 + 0.016594h \text{ (ton)}$$

$$P'_2 = P_{d2} + P_{s2} = 0.0 + 0.037433h \text{ (ton)}$$

$$W_{ID} = 0.4812 \text{ (ton)}$$

$$W_{SD} = 0.3456 \text{ (ton)}$$

$$P_{ID} = P'_1 + W_{ID} + W_{SD} : (\text{독립기초 외곽기둥의 총 수직력})$$

$$= 0.0 + 0.016594h + 0.4812 + 0.3456$$

$$= 0.8268 + 0.016594h$$

$$\begin{aligned}
P_{2D} &= P_2' + W_{fD} + W_{sD} : (\text{독립기초 내측기둥의 총 수직력}) \\
&= 0.0 + 0.037433h + 0.4812 + 0.3456 \\
&= 0.8268 + 0.037433h
\end{aligned}$$

$$\text{최대 접지압} : \sigma_{\max(D1)} = \alpha P / A < f_e$$

여기서, σ_{\max} = 최대접지압

α = 편심에 대한 보정계수

P = 기초 지반에 작용하는 작용력의 합

A_D = 독립기초의 바닥 접지면적

$$= \pi \times D^2 / 4 = 0.503 \text{ m}^2 (\because D = 0.8\text{m})$$

f_e = 허용지내력 (사질토 : 20, 점성토 : 5 t/m²)

$$e = M / P$$

* 독립 (외측기둥, 1)

$$e_{D1} = M_1 / (P_{1D} \times 10^n) (\because n = 5)$$

$$= (0 + 0) / [(0.8268 + 0.016594h) \times 10^5] = 0 \text{ m}$$

$$\therefore e_{D1} / D = 0 / 0.8$$

$$\therefore \alpha_{D1} = 1$$

$$\sigma_{\max(D1)} = \alpha_{D1} P_{1D} / A_D$$

$$= 1 \times (0.8268 + 0.016594h) / 0.503$$

$$= 1.644 + 0.033h \text{ ton/m}^2 = f_e = 5 \text{ (점질토)}$$

$$= 20 \text{ (사질토)}$$

$$\therefore h = 101.7 \text{ cm (점질토에서 안전적설심)}$$

$$h = 556.2 \text{ cm (사질토에서 안전적설심)}$$

* 독립 (내측기둥, 2)

$$e_{D2} = M_2 / (P_{2D} \times 10^n) = 0 \text{ (여기서 } n = 5)$$

$$\therefore e_{D2} / D = 0 / 0.8 = 0$$

$$\therefore \alpha_{D2} = 1$$

$$\sigma_{\max(D1)} = \alpha_{D2} P_{2D} / A_D$$

$$= 1 \times (0.8268 + 0.037433h) / 0.503$$

$$= 1.644 + 0.0744h \text{ ton/m}^2 = f_e = 5 \text{ (점질토)}$$

$$= 20 \text{ (사질토)}$$

$$\therefore h = 45.4 \text{ cm (점질토에서 안전적설심)}$$

$$h = 246.7 \text{ cm (사질토에서 안전적설심)}$$

○ 지내력에 대한 분석 결과는 도면에 제시된 원형기초의 형태나, 크기로도 내·외측 공히 그 값이 상당히 크게 나타났다.

○ 지내력에 대하여 안전적설심은 외측기둥의 경우 사질토 699.9cm, 점질토 122.5cm

이고, 내측기둥의 경우 사질토 298.5cm, 점질토 54.6cm로 나타난다. 그러나 위의 결과값들은 일반적인 사질토와 점성토에 관한 것으로서 현장의 조건 등은 전혀 고려되지 않고 시설기준령에 의한 안전계수를 사용하여 구한 것이다. 그러므로 현장에 적용시 기초지반에 대한 토질조사가 선행되어, 토질 상태를 분석한 후 상기의 결과와 비교하여 충분한 안정성이 확보될 수 있도록 하여야 한다.

- 진주지역의 재현기간에 따른 설계적설심은 15년이 11.3cm, 30년이 13.6cm, 57년이 15.7cm 이다. 계산된 안전적설심과 이것을 비교해 보면 모든 값이 안전함을 알 수 있다.
- 결론적으로 도면에 명시된 단면의 기초를 정확하게 시공한다면 지내력 측면에서는 안전하다고 할 수 있다. 그러나 이상의 결과들은 현장상황이 전혀 고려되지 않은 결과이므로 대상지역의 토질조사가 선행된 후에 시공하는 것이 타당하다고 판단된다.

나) 인발 저항력 검토

사질토 : $P_f = W_f + W_s + W_d > P_w$

점성토 : $P_f = W_f + W_s + W_d + C \cdot A > P_w$

여기서, P_f = 인발저항력

P_w = 풍하중에 의한 인발력

W_f = 기초의 자중

W_s = 기초 상면에 실리는 흙의 중량

W_d = 온실의 자중

C = 점성토 지반의 점착력

A = 지반의 기초저면에서 연직과괴면의 측면적

* 독립 (외측기둥, 1)

사질토 : $P_f = W_{fd} + W_{sd} + W_{dd} = 0.4812 + 0.3456 + 0.0 > P_{w1}$

$P_f = 0.8268 \text{ (ton)} = P_{w1} = 0.383V^2 / 1000 \text{ (ton)}$

$\therefore V = 46.5 \text{ m/sec}$ (사질토에서의 설계최대풍속)

점성토 : $P_f = W_{fd} + W_{sd} + W_{dd} + C \cdot A$

$= 0.4812 + 0.3456 + 0.0 + [2.5 \times 0.754] > P_{w1}$

$P_f = 2.7118 \text{ (ton)} = P_{w1} = 0.382V^2 / 1000 \text{ (ton)}$

$\therefore V = 84.3 \text{ m/sec}$ (점성토에서의 설계최대풍속)

* 독립 (내측기둥, 2)

사질토 : $P_f = W_{fd} + W_{sd} + W_{dd} = 0.4812 + 0.3456 + 0.0 > P_{w2}$

$P_f = 0.8268 \text{ (ton)} = P_{w2} = 0.631V^2 / 1000 \text{ (ton)}$

$\therefore V = 36.2 \text{ m/sec}$ (사질토에서의 설계최대풍속)

점성토 : $P_f = W_{fd} + W_{sd} + W_{dd} + C \cdot A$

$= 0.4812 + 0.3456 + [2.5 \times 0.754] > P_{w2}$

$P_f = 2.7118 \text{ (ton)} = P_{w2} = 0.631v^2 / 1000 \text{ (ton)}$

$\therefore V = 65.6 \text{ m/sec}$ (점성토에서의 설계최대풍속)

- 인발저항력 계산시 구조물의 자중은 고려하지 않았다.
- 외측기둥의 인발저항력은 사질토의 경우 46.5m/sec, 점질토의 경우 점착력의 영향으로 인하여 84.3m/sec 이며, 내측기둥의 경우는 각각 36.2m/sec, 65.6m/sec 로 계산되었다.
- 재현기간 15년인 진주지역의 설계안전풍속 (25.4m/sec)과 계산된 기초의 인발저항력과 비교 검토 해보면, 모두 안정된 값을 나타내고 있다. 그러나 기초부분의 토질이 완전히 포화되거나 또는 다짐을 철저히 하지 않을 경우 계산된 값보다 현격히 적은 풍속에서도 위험할 수 있으므로 기초의 시공을 철저히 하여야 될 것으로 판단된다.
- 구조설계시 중요하게 고려해야할 것이 골조의 변형형상이다. 풍하중에 의한 변형이 수직방향의 변형보다 수평방향의 변형이 매우 크므로 수평방향의 변형에 대해서 적절한 보강이 필요하다. 이러한 보강이 구조물 완공후의 관리와 구조물의 내구연한에도 지대한 영향을 미칠것이라 판단되므로 수평방향의 변위에 대한 조치가 요구된다.
- 결론적으로 주어진 단면의 독립기초의 인발저항력 값이 상당히 높게나타남을 알 수 있다. 그러나 이는 국부풍하중이나 갑작스런 돌풍 등의 영향을 고려하지 않은 값이며, 또한 현장의 토질상황이나 시공의 부주의 등에 의한 악영향은 고려되지 않은 것이므로, 시공시 이러한 것에 주의를 해야될 것이라 판단된다.

나. 조직배양시설 C형(챔버형 순화온실)

1) 설계도

가) 설계도의 목록

(1) 건축공사

번호	제 목	주 요 부	도면번호
1	입면도	정·후면도	T-A-1 참조
2	좌우측면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-2 참조
3	지붕평면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-3 참조
4	평면도	배양동, 순화실, 육성온실	C-A-4
5	기초평면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-5 참조
6	골조평면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-6 참조
7	골조입면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-7 참조
8	집중실 및 배양실 평면도	배양동	T-A-8 참조
9	단면(A1~A2)	배양동	T-A-9 참조
10	집중실단면도	배양동	T-A-10 참조
11	배양실단면도	배양동	T-A-11 참조
12	단면도	육성온실	T-A-12 참조
13	단면도	순화온실	C-A-13
14	수직브렛상상세도	육성·순화온실	T-A-14 참조

<계속>

4. 구조해석 결과

가. 부재별 안전적설심 및 풍속계산

(표 4.1.7 - 4.1.22 참조)

나. 기초의 안정성 검토

(첨부 계산자료 참조)

II. 구조해석

(가) 부재별 안전적설심 및 풍속계산

(1) 기본 골조간격

- ㉠ 온 실 폭 : 9.0m×2연동
- ㉡ 기둥간격 : 3.6m
- ㉢ 지붕간격 : 3.6m
- ㉣ 중방간격 : 3.6m

(2) 구조해석을 위한 기본가정

A. 구속상태

- 기초와 기둥 : 고정
- 기둥과 아치 : 힌지
- 기둥과 중방 : 힌지
- 아치와 내측기둥 : 힌지
- 중방과 내측기둥 : 힌지

B. 허용응력(일반구조용 강관의 허용응력 2400kg/cm² 기준)

- 허용인장응력 : $2400/1.5 = 1,600 \text{ kg/cm}^2$
- 허용압축응력 : $2400/1.5 = 1,600 \text{ kg/cm}^2$
- 허용휨응력 : $2400/1.5 = 1,600 \text{ kg/cm}^2$

C. 지반상태

- 지반의 허용지내력
 - 점성토 : 5 t/m²
 - 사질토 : 20 t/m²
- 점성토지반의 점착력 : 2.5 t/m²

D. 기본공식

- 설하중 : $W = \varphi \times w \times h$
(곡부 1/3은 50% 증가)

번호	제 목	주 요 부	도면번호
15	브렛싱상세도	육성·순화온실	T-A-15 참조
16	곡부부분상세도	육성·순화온실	T-A-16 참조
17	방호벽부분상세도	육성·순화온실	T-A-17 참조
18	천창알루미늄설치상세도	PET필름피복	T-A-18 참조
19	기초상세도	육성·순화온실	T-A-19 참조
20	창호리스트	육성·순화온실	T-A-20 참조

(2) 설비공사

번호	제 목	주 요 부	도면번호
1	천창개폐장치설치도	육성·순화온실	T-M-1 참조
2	수평커튼개폐장치설치평면도	육성·순화온실	T-M-2 참조
3	커튼개폐장치설치도-1	평면·측면도	T-M-3 참조
4	커튼개폐장치설치도-2	설치모형도	T-M-4 참조
5	평면도(난방, 냉방, 환기장치)	육성·순화온실	T-M-5 참조
6	환기팬 및 유동판설치도	육성·순화온실	T-M-6 참조
7	경유탱크 및 온풍난방기설치도	육성·순화온실	T-M-7 참조
8	벤취배치평면도	배양동, 육성·순화온실	T-M-8 참조
9	벤취설치단면도(1, 육성온실)	좌우이동형	T-M-9 참조
10	벤취설치단면도(2, 순화실)	좌우이동형	C-M-10
11	조직배양실단면도(A4~A6)	배양대배치	T-M-10 참조
12	자가영양배양실생육선반	배양대 상세도	T-M-13 참조
13	타가영양배양실생육선반	배양대 상세도	T-M-14 참조
14	범례 및 기계장비열람표	보일러, 펌프, 탱크	T-M-15 참조
15	기계실평면도	보일러 배치	T-M-16 참조
16	관수설비 평면도	육성·순화온실	C-M-16
17	순화활착촉진기상세도	챔버형 순화장치	C-M-17
18	집중실 및 배양실설비평면도	난방배관	C-M-18

(3) 전기공사

번호	제 목	주 요 부	도면번호
1	동력배치도	육성·순화온실	T-E-1 참조
2	센서배치도	배양, 육성·순화온실	T-E-2 참조
3	MAIN POWER PNL 및 단선결선도		T-E-3 참조
4	조직배양실 PNL 및 단선결선도		T-E-4 참조
5	LOCAL PNL 1 및 단선결선도	육성온실	T-E-5 참조
6	LOCAL PNL 2 및 단선결선도	순화온실	T-E-6 참조
7	CABLE SCHEDULE		T-E-7 참조

나) 설계도

- 설계도중에서 시설T형과 동일한 도면은 제외하였으며(목록의 도면번호 참고) 챔버형에서 별도로 도입되어야 할 부분의 것만 기술하였다.

(1) 건축부분

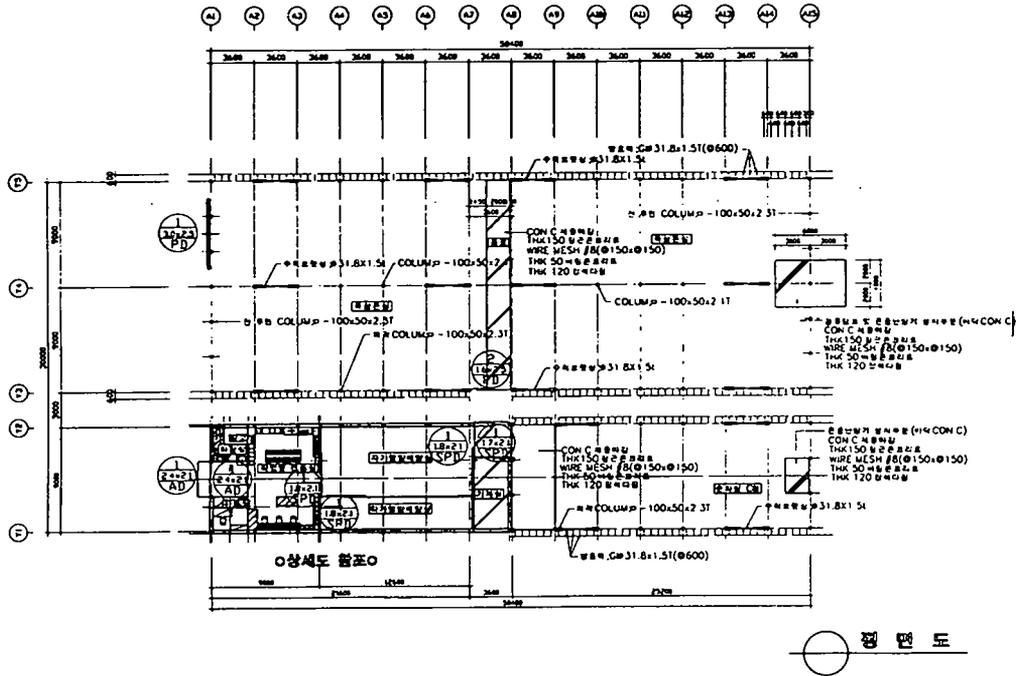


그림 4.158. 배양실 순화실, 육성온실의 평면도

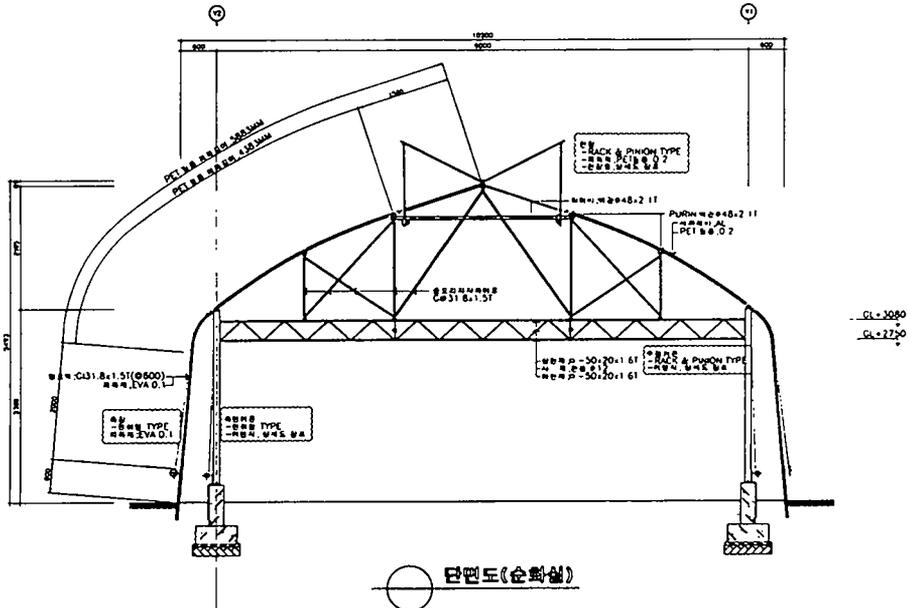


그림 4.159. 순화온실의 단면도

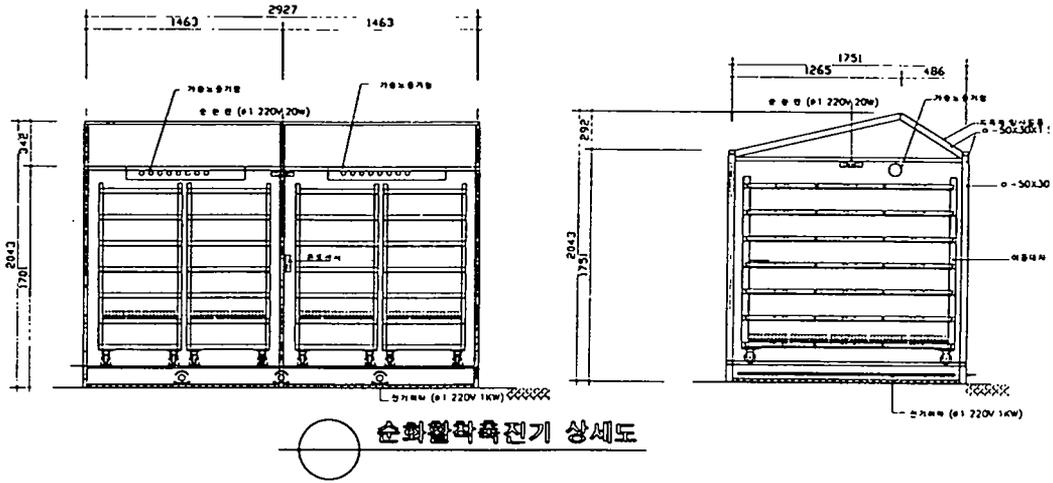


그림 4.1.62. 챔버형 순화장치 상세도

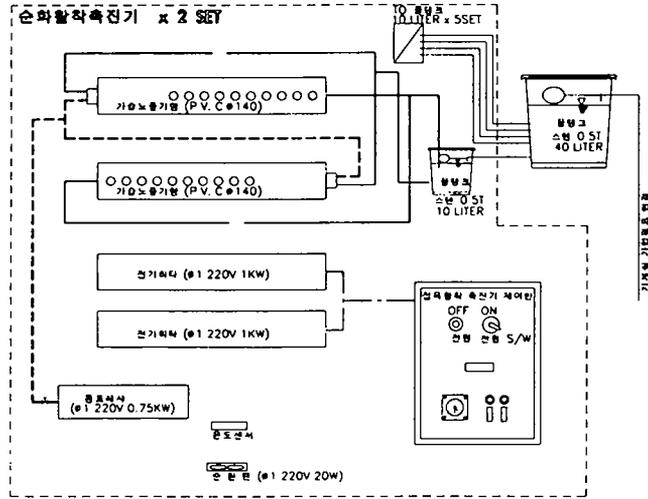


그림 4.1.63. 챔버형 순화장치 개략도

(3) 전기제어공사

- 시설 T형 설계도와 동일함

2) 시방서

- 시설 T형과 동일함

3) 공사비내역

표 4.1.24. 조직배양시설 C형 공사비 총괄표

공사비 총괄표							
일금		451,931,697 원				단위 : 원	
순	재	비목/구분	%	건축공사	내부설비공사	전기공사	계
		료	직접재료비			40,999,793	150,691,130
비		간접재료비					
공	노	(소 계)		40,999,793	150,691,130	10,907,966	202,598,889
		직접노무비		34,665,838	17,362,426	3,582,759	55,611,023
		간접노무비	14.00	4,853,217	2,430,739	501,586	7,785,542
사	비	(소 계)		39,519,055	19,793,165	4,084,345	63,396,565
		기계결비		548,685	5,967		554,652
		산재보험료	3.20	1,264,609	633,381	130,699	2,028,689
비	경	안전관리비	2.48	1,876,507	4,167,728	359,369	6,403,604
		기타결비	5.00	4,025,942	8,524,214	749,615	13,299,771
		(소 계)		7,715,743	13,331,290	1,239,683	22,286,716
		일반관리비	6.00	5,294,075	11,028,935	973,919	17,296,929
		이윤	15.00	7,879,330	6,623,008	944,692	15,447,030
		중요자재대		6,660,870	83,160,000		89,820,870
		총원가		108,068,866	284,627,528	18,150,605	410,846,999
		부가가치세	10.00	10,806,886	28,462,752	1,815,060	41,084,698
		공사원가		118,875,752	313,090,280	19,965,665	451,931,697
		비고		평당단가(411.6평 기준)			1,097,988

표 4.1.25. 조직배양시설 C형 공사비 총괄명세서

공사비 총괄 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
1. 배양동					
1-1. 건축공사	39,898,976	21,582,842	17,969,227	346,907	
•건축공사 중요자재대	4,788,920		4,788,920		
1-2. 내부설비공사	75,395,271	2,107,173	73,288,098		
•내부설비공사 중요자재대	83,160,000		83,160,000		
2. 순화실					
2-1. 건축공사	7,744,742	3,149,984	4,526,404	68,354	
•건축공사 중요자재대	480,700		480,700		
2-2. 내부설비공사	40,428,005	6,254,741	34,172,247	1,017	
3. 육성온실					
3-1. 건축공사	28,570,598	9,933,012	18,504,162	133,424	
•건축공사 중요자재대	1,391,250		1,391,250		
3-2. 내부설비공사	52,236,247	9,000,512	43,230,785	4,950	
4. 전기공사	14,490,725	3,582,759	10,907,966		
소 계	258,764,564	55,611,023	202,598,889	554,652	
•중요자재대 소계	89,820,870		89,820,870		

표 4.1.26. 배양동의 건축공사 공사비 명세서

배양동 건축공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
1-1. 건축공사					
1-1-1)가설 및 기초공사	7,096,284	5,488,528	1,294,701	313,055	
1-1-2)철골공사	3,339,544	1,689,881	1,615,811	33,852	
1-1-3)파복공사	21,147,891	8,185,877	12,962,014		
1-1-4)수장공사및기타공사	8,315,257	6,218,556	2,096,701		
소 계	39,898,976	21,582,842	17,969,227	346,907	
•중요자재대	4,788,920		4,788,920		

표 4.1.27. 배양동 내부설비공사 공사비 명세서

배양동 내부설비공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
1-2. 내부설비공사					
1-2-1)기계실배관공사	14,088,912	716,724	13,372,188		
1-2-2)위생도기및배관공사	3,066,359	1,390,449	1,675,910		
1-2-3)생육선반	58,240,000		58,240,000		
소 계	75,395,271	2,107,173	73,288,098		
•중요자재대	83,160,000		83,160,000		

표 4.1.28. 순화실 건축공사 공사비 명세서

순화실 건축공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
2-1. 건축공사					
2-1-1) 가설 및 기초공사	1,243,659	898,614	301,185	43,860	
2-1-2) 골조공사	2,982,400	1,104,720	1,853,186	24,494	
2-1-3) 알루미늄공사	1,348,514	340,000	1,008,514		
2-1-4) 피복공사	2,170,169	806,650	1,363,519		
소 계	7,744,742	3,149,984	4,526,404	68,354	
*중요자재대	480,700		480,700		

표 4.1.29. 순화실 내부설비공사 공사비 명세서

순화실 내부설비공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
2-2. 내부설비공사					
2-2-1) 천창개폐장치공사	6,063,922	1,698,485	4,365,437		
2-2-2) 측창개폐장치공사	958,728	165,222	793,506		
2-2-3) 수평및수직커튼장치공사	18,481,156	2,193,280	16,287,876		
2-2-4) 온풍난방기 설치공사	2,140,210		2,140,210		
2-2-5) 유묘베드 제작설치공사	3,238,298	1,010,123	2,227,158	1,017	
2-2-6) 환기 및 냉방 장치공사	1,261,131	177,631	1,083,500		
2-2-7) 관수설비공사	684,560	320,000	364,560		
2-2-8) 순화환화촉진장치공사	7,600,000	690,000	6,910,000		
소 계	40,428,005	6,254,741	34,172,247	1,017	

표 4.1.30. 육성온실 건축공사 공사비 명세서

육성온실 건축공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
3-1. 건축공사					
3-1-1) 가설 및 기초공사	3,061,549	2,271,982	681,128	108,439	
3-1-2) 골조공사	11,185,292	4,252,730	6,907,577	24,985	
3-1-3) 알루미늄 및 피복공사	14,323,757	3,408,300	10,915,457		
소 계	28,570,598	9,933,012	18,504,162	133,424	
*중요자재대	1,391,250		1,391,250		

표 4.1.31. 육성온실 내부설비공사 공사비

육성온실 내부설비공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
3-2. 내부설비공사					
3-2-1) 천창, 측창개폐장치공사	4,588,652	901,098	3,687,554		
3-2-2) 수평및수직커튼장치공사	14,735,004	1,487,831	13,247,173		
3-2-3) 환기팬설치공사	3,451,867	384,867	3,067,000		
3-2-4) 온풍난방기설치공사	11,333,216	437,856	10,895,360		
3-2-5) 육묘베드제작설치공사	14,805,229	4,918,861	9,881,418	4,950	
3-2-6) 관수설비공사	3,322,280	870,000	2,452,280		
소 계	52,236,247	9,000,512	43,230,785	4,950	

표 4.1.32. 전기공사 공사비 명세서

전기공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
4. 전기공사					
4-1) 조명, 전열공사	1,689,457	1,151,267	538,190		
4-2) 온실동력배선및접지공사	3,801,268	2,431,492	1,369,776		
4-3) 각종합설치공사	9,000,000		9,000,000		
소 계	14,490,725	3,582,759	10,907,966		

- 4) 육성온실의 구조안전도 해석
- 시설 T형과 동일함

다. 조직배양실 AC형(순화배양 범용형)

1) 설계도

가) 설계도의 목록

(1) 건축공사

번호	제 목	주 요 부	도면번호
1	입면도	정·후면도	AC-A-1
2	좌우측면도	배양동, 순화실, 육성온실	AC-A-2
3	지붕평면도	배양동, 순화실, 육성온실	AC-A-3
4	평면도	배양동, 순화실, 육성온실	AC-A-4

<계속>

번호	제 목	주 요 부	도면번호
5	기초평면도	배양동, 순화실, 육성온실	T-A-5 참조
6	골조평면도	배양동, 순화실, 육성온실	AC-A-6
7	골조입면도	배양동, 순화실, 육성온실	AC-A-7
8	접종실 및 배양실 평면도	배양동	T-A-8 참조
9	단면(A1~A2)	배양동	T-A-9 참조
10	접종실단면도	배양동	T-A-10 참조
11	배양실단면도(A4~A6)	배양동	T-A-11 참조
12	단면도(A8~A14)	육성온실	AC-A-12
13	단면도	순화온실	T-A-13 참조
14	수직브렛상세도	육성·순화온실	T-A-14 참조
15	브렛상세도	육성·순화온실	T-A-15 참조
16	곡부부분상세도	육성·순화온실	T-A-16 참조
17	방호벽부분상세도	육성·순화온실	T-A-17 참조
18	천창알루미늄설치상세도	PET필름피복	T-A-18 참조
19	기초상세도	육성·순화온실	T-A-19 참조
20	창호리스트	육성·순화온실	T-A-20 참조

(2) 설비공사

번호	제 목	주 요 부	도면번호
1	천창개폐장치설치도	육성·순화온실	AC-M-1
2	수평커텐개폐장치설치평면도	육성·순화온실	AC-M-2
3	커텐개폐장치설치도-1	평면·측면도	T-M-3 참조
4	커텐개폐장치설치도-2	설치모형도	T-M-4 참조
5	냉방기 및 환기 및 냉각장치설치도	육성·순화온실	AC-M-5
6	환기팬 및 유동편설치도	육성·순화온실	T-M-6 참조
7	경유탱크 및 온풍난방기설치도	육성·순화온실	T-M-7 참조
8	벤취배치평면도	배양동, 육성·순화온실	AC-M-8
9	벤취설치단면도(1, 육성온실)	좌우이동형	T-M-9 참조
10	순화배양실단면도(A8~A14)	배양대 배치	AC-M-10
11	조직배양실단면도(A4~A6)	배양대 배치	T-M-10 참조
12	조직배양실선반배치도	배양실	T-M-12 참조
13	자가영양배양실생육선반	배양대 상세도	T-M-13 참조
14	타가영양배양실생육선반	배양대 상세도	T-M-14 참조
15	순화배양실평면도	배양대 배치	AC-M-15
16	순화실간이배양대	배양대 상세도	AC-M-16
17	범례 및 기계장비열람표	보일러, 펌프, 탱크	AC-M-17
18	기계실평면도	보일러 배치	T-M-16 참조
19	관수설비 평면도	육성온실	AC-M-19
20	접종실 및 배양실 설비평면도	난방배관	AC-M-20

(3) 전기공사

번호	제 목	주 요 부	도면번호
1	동력배치도	육성·순화은실	AC-E-1
2	센서배치도	배양, 육성·순화은실	T-E-2 참조
3	MAIN POWER PNL 및 단선결선도		T-E-3 참조
4	조직배양실 PNL 및 단선결선도		T-E-4 참조
5	LOCAL PNL 1 및 단선결선도	육성은실	T-E-5 참조
6	LOCAL PNL 2 및 단선결선도	순화은실	AC-E-6
7	컴퓨터, MCC제어반간의 중간결선도		AC-E-7
8	복합환경제어장치도		AC-E-8
9	복합환경제어장치입출력일람표		AC-E-9
10	CABLE SCHEDULE		AC-E-10
11	외부기상대 설치방법		AC-E-11

나) 설계도

-설계도중에서 시설 T형과 동일한 도면은 제외하였으며 (목록의 도면번호 참조) 순화배양형에서 별도로 도입된 것만 기술하였다.

(1) 건축부분

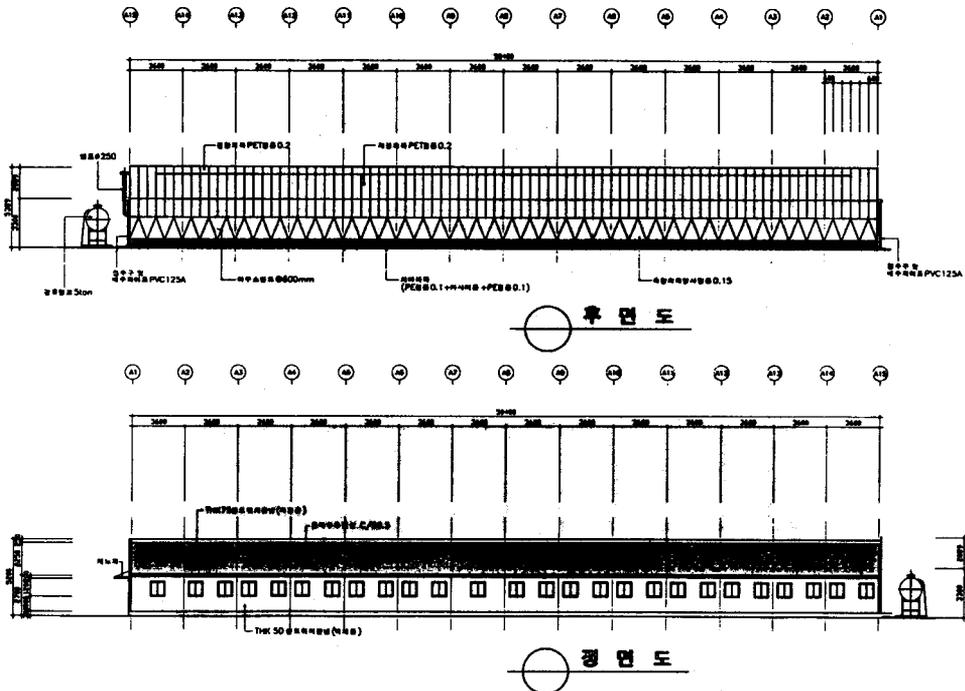


그림 4.1.65. 배양실, 순화배양실, 육성은실의 전후면 입면도

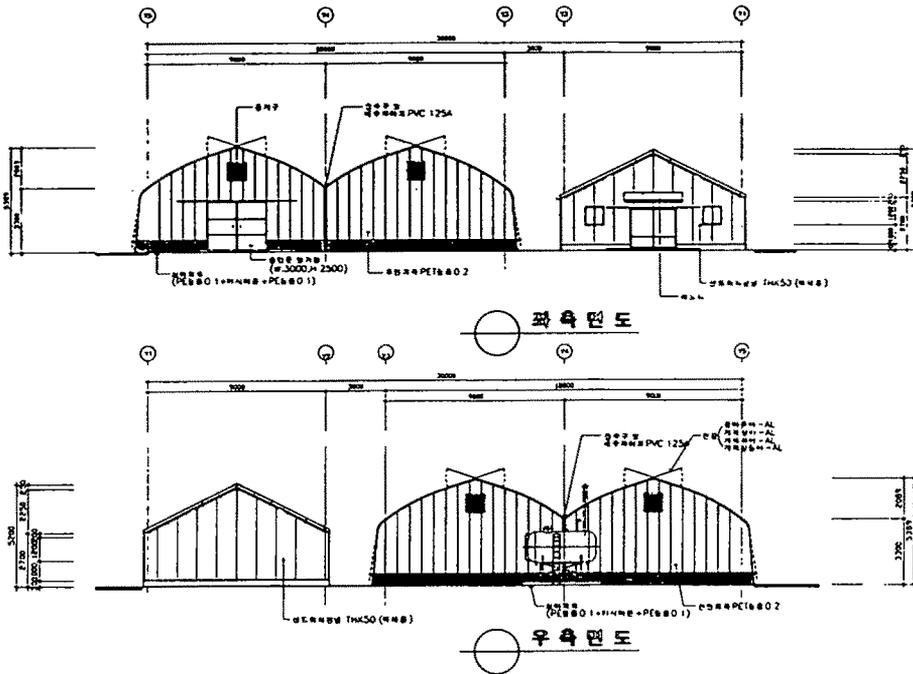


그림 4.1.66. 배양실, 순화배양실, 육성온실의 좌우측면도

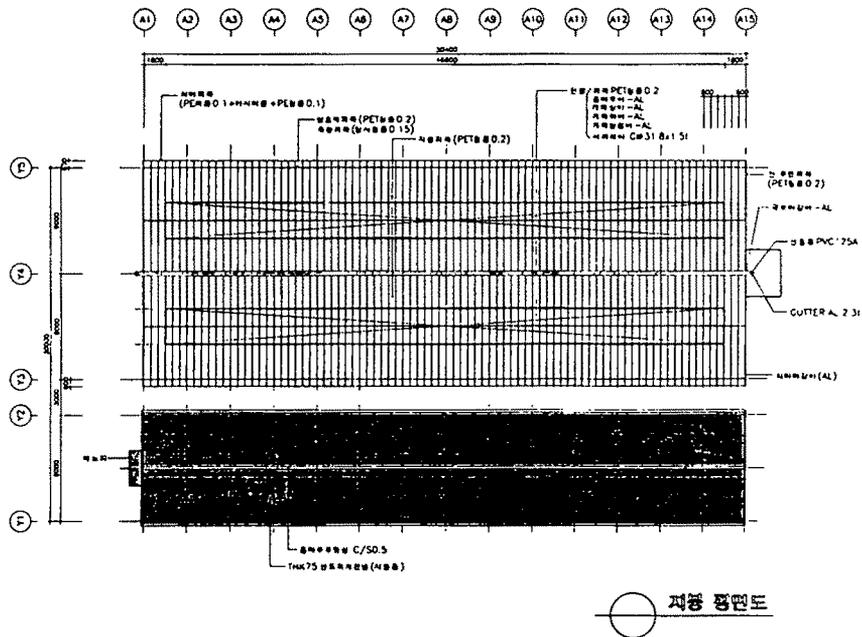
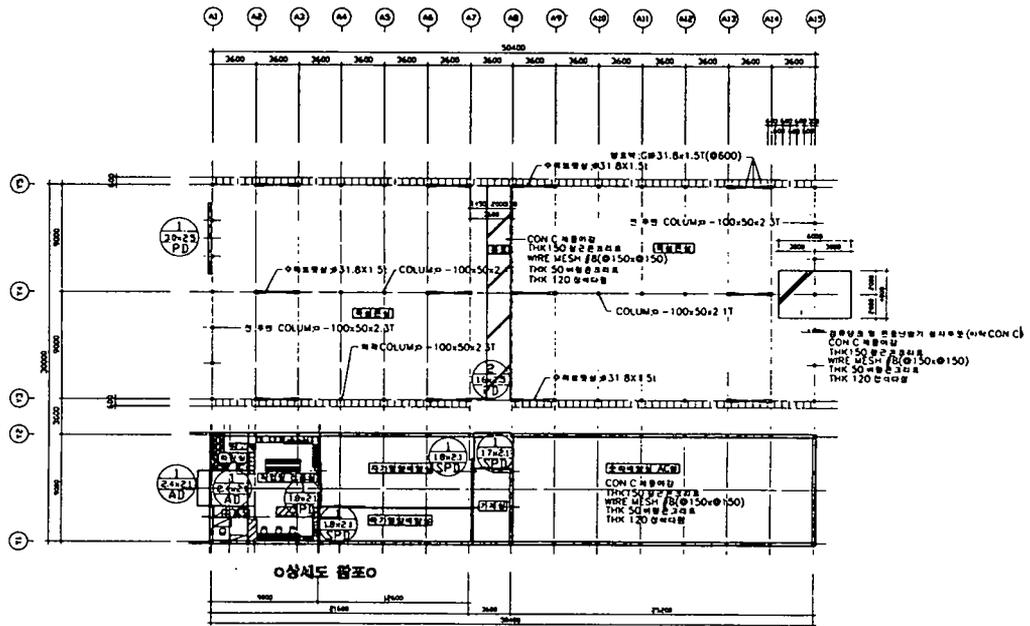
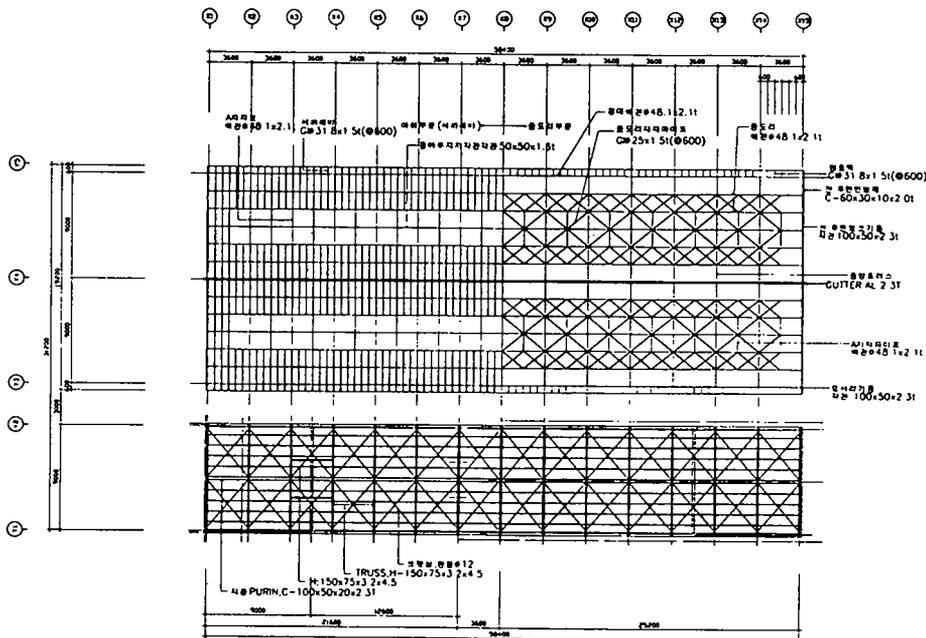


그림 4.1.67. 배양실, 순화배양실, 육성온실의 지붕평면도



평면도

그림 4.168. 배양실, 순화배양실, 육성온실의 평면도



골조 평면도

그림 4.169. 배양실, 순화배양실, 육성온실의 골조평면도

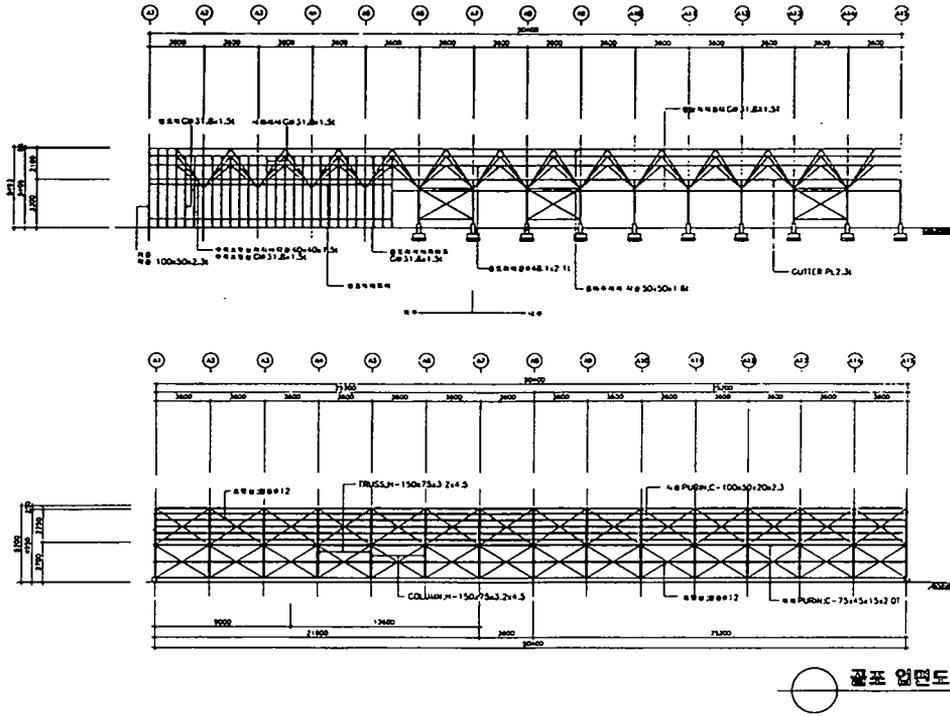


그림 4.1.70. 배양실, 순화배양실, 육성온실의 골조입면도

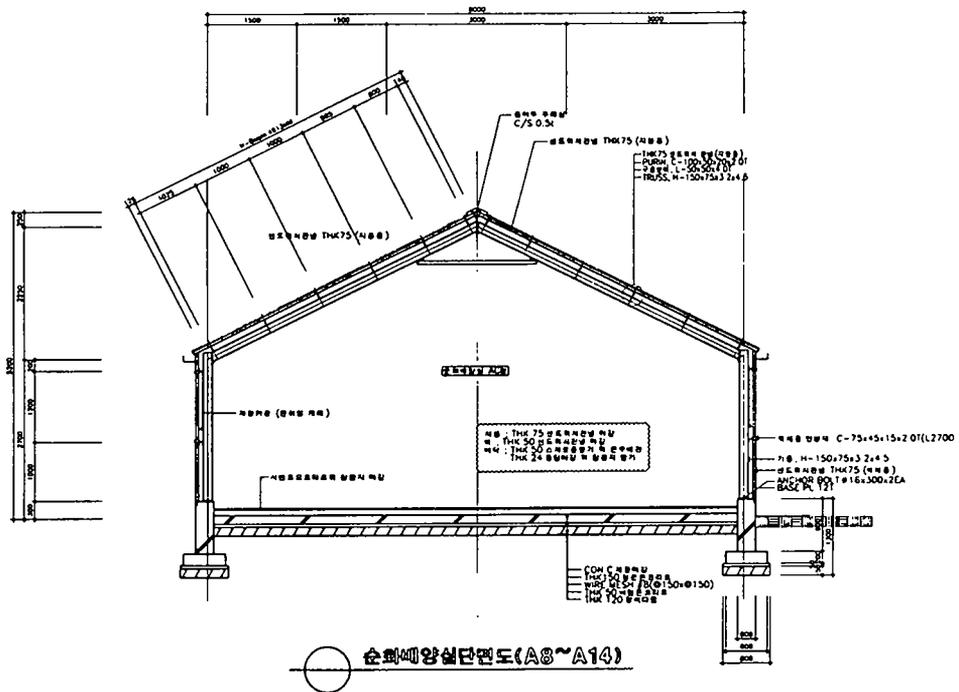


그림 4.1.71. 순화배양실(A8-A14)의 단면도

(2) 기계·장비부분

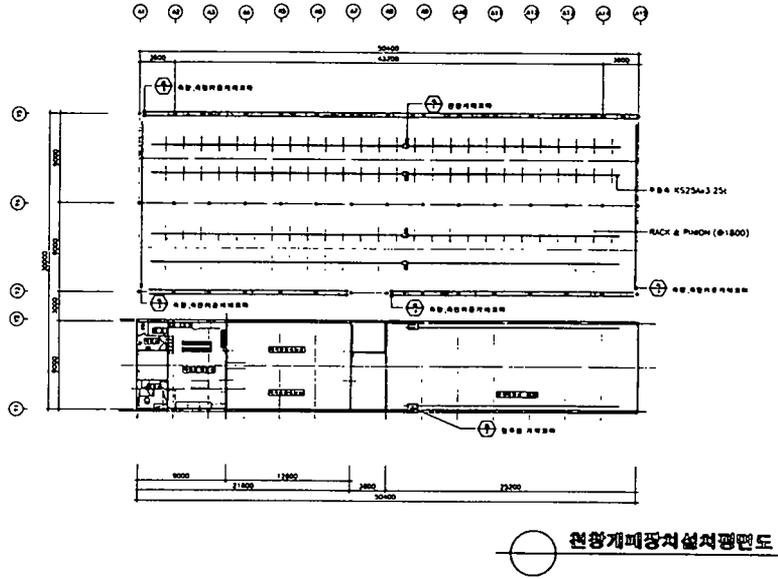


그림 4.172. 육성온실의 천창개폐장치 설치 평면도

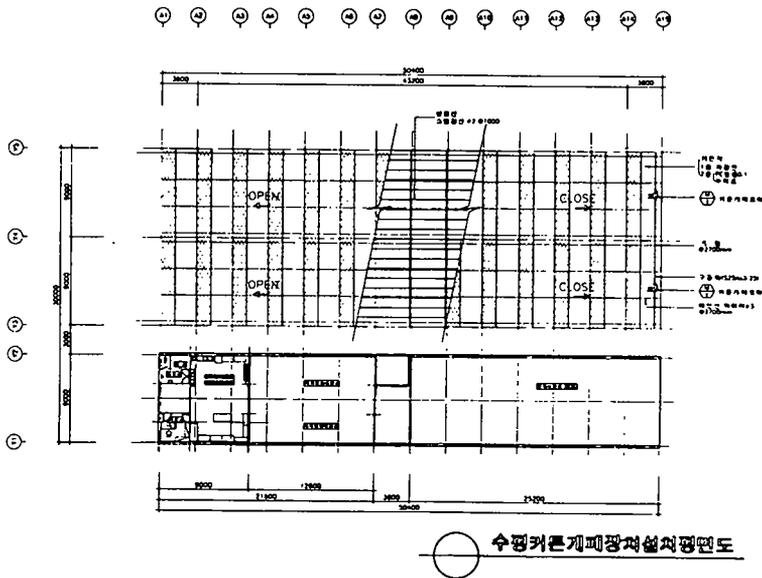
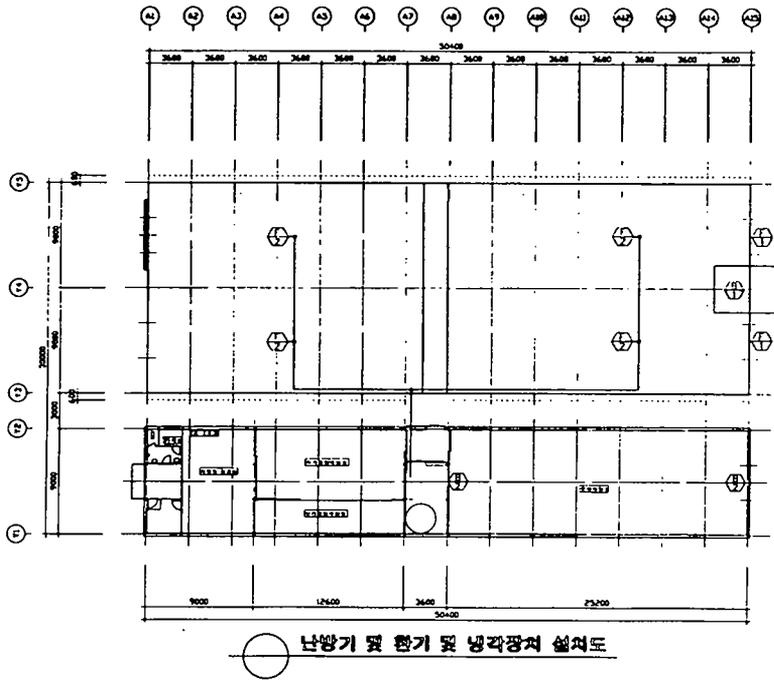


그림 4.173. 육성온실의 수평커튼 개폐장치 설치 평면도



난방기 및 환기 및 냉각장치 설치도

그림 4.1.74. 순화배양실 및 육성온실의 난방, 환기, 냉방장치 설치도

표 4.1.33. 순화배양실 및 육성온실의 난방, 환기, 냉방장치의 사양

F2 쿨링팬 사양		F1 환기팬 사양	
소비전력	3φ/220V/750W	소비전력	3φ/220V/750W
분사입자	20-30 μ	풍량	300 m ³ /min
제어방식	온도센서 타이머, 컴퓨터에 의한 자동제어,	제어방식	온도센서 타이머, 컴퓨터에 의한 자동제어,
기능	쿨링, 가습, 순화CO2방제 (CO ₂ 선택사양)	기능	환기
분두회전	0-360	분두회전	0°
수량	4 대	직경	900
		수량	3 대

온풍난방기 사양		냉, 난방기 사양	
소비전력	B1	소비전력	B2
소비전력	3φ/380V	소비전력	3φ/380V 6.15kw/hr
규격	300평형	용량	냉방능력: 12,500kcal/hr 난방능력: 25,000kcal/hr
제어방식	온도센서 타이머, 컴퓨터에 의한 자동제어,	제어방식	온도센서 타이머, 컴퓨터에 의한 자동제어,
사용연료	경유	수량	2 대
수량	1 대		

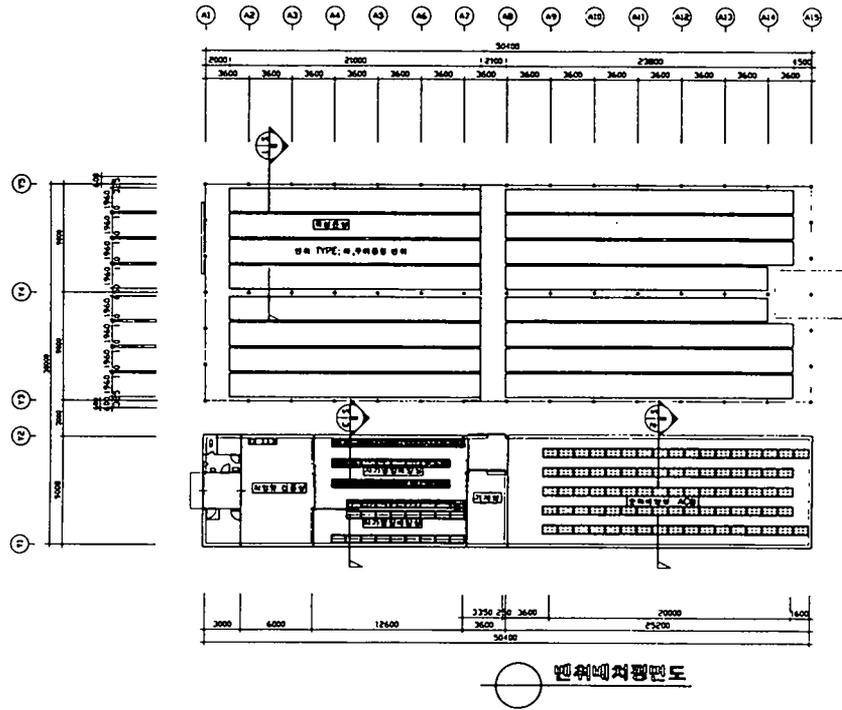


그림 4.1.75. 배양동, 순화배양실, 육성온실의 벤치 배치 평면도

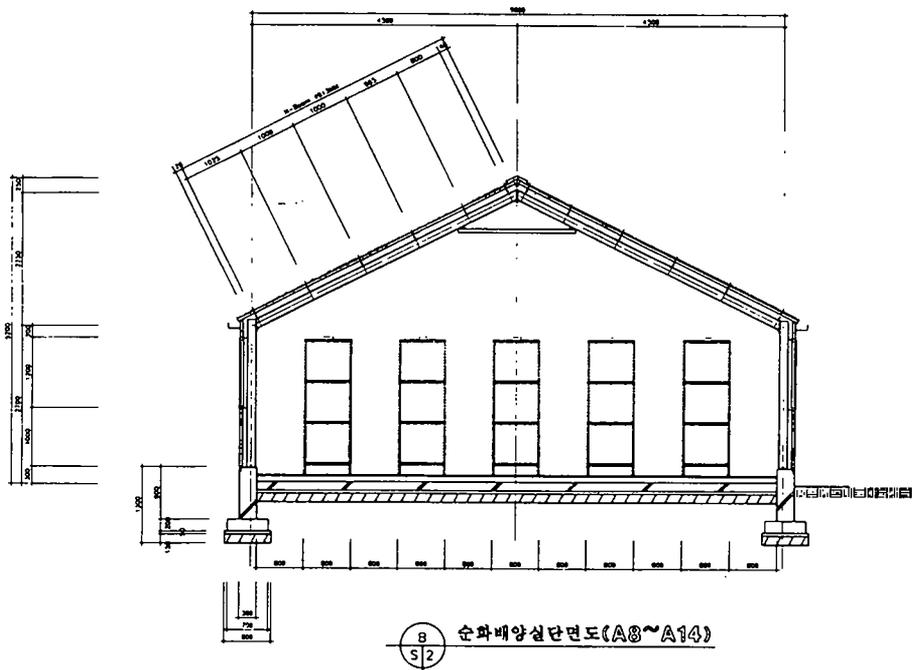
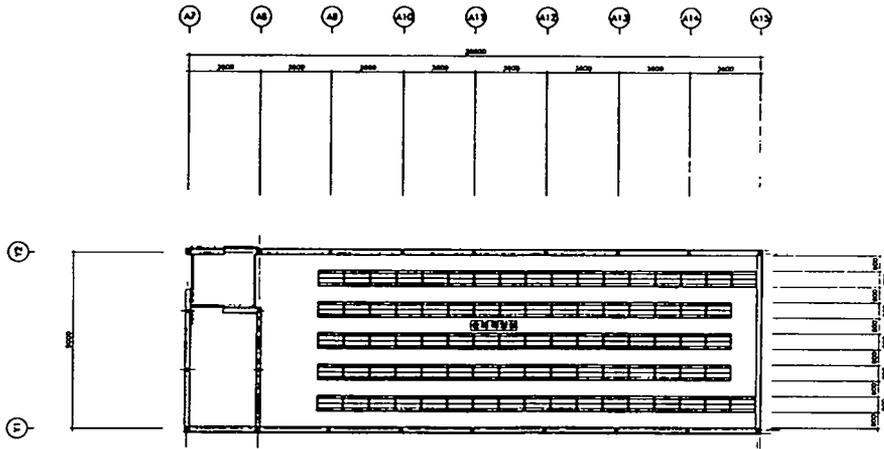
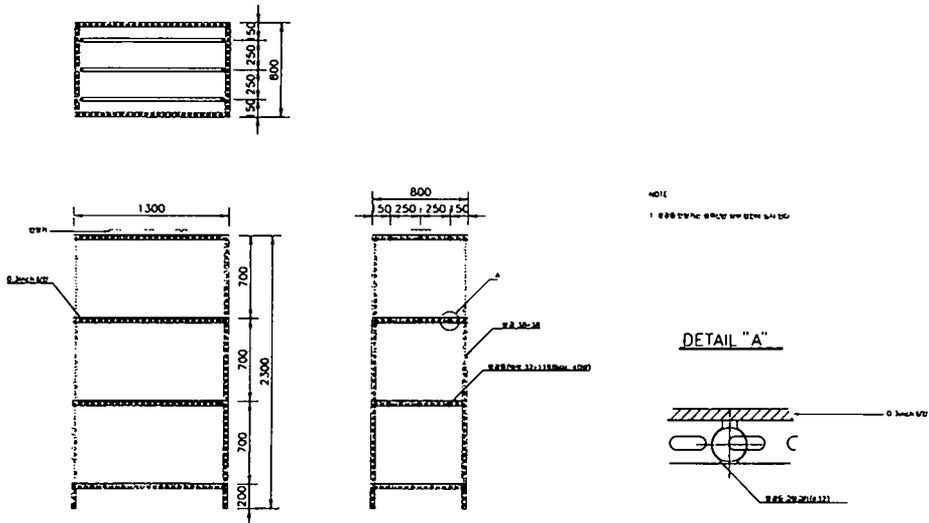


그림 4.1.76. 순화배양실의 배양대(배양선반)설치 단면도



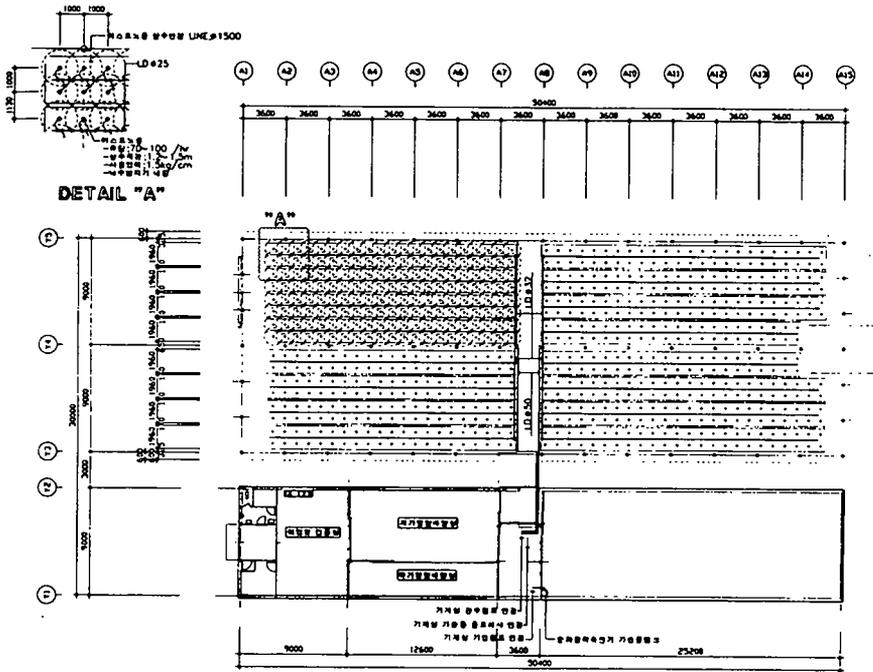
순화배양실 평면도

그림 4.1.77. 순화배양실의 배양대 설치 평면도



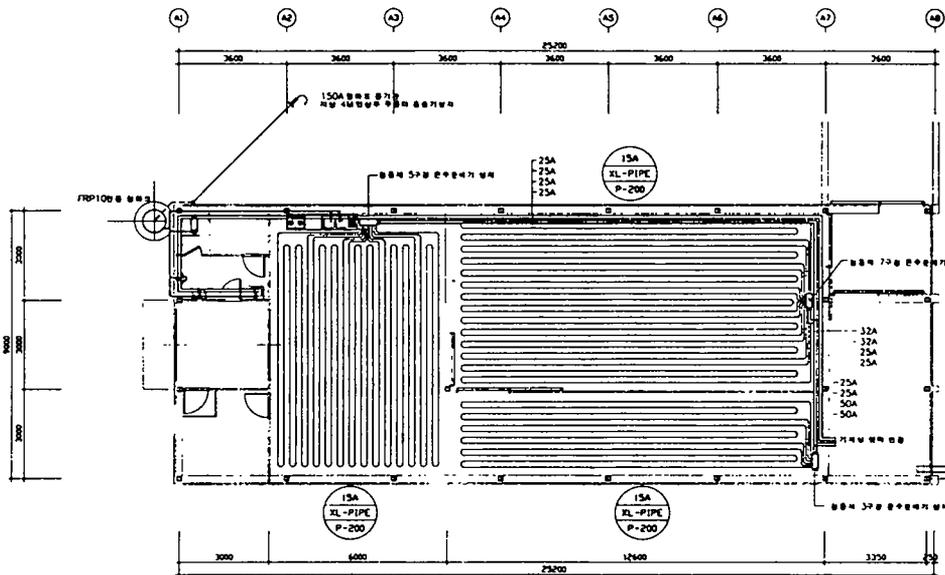
순화실 간이배양대

그림 4.1.78. 순화배양실의 간이배양대의 상세도



○ 관수 및 가습설비 평면도

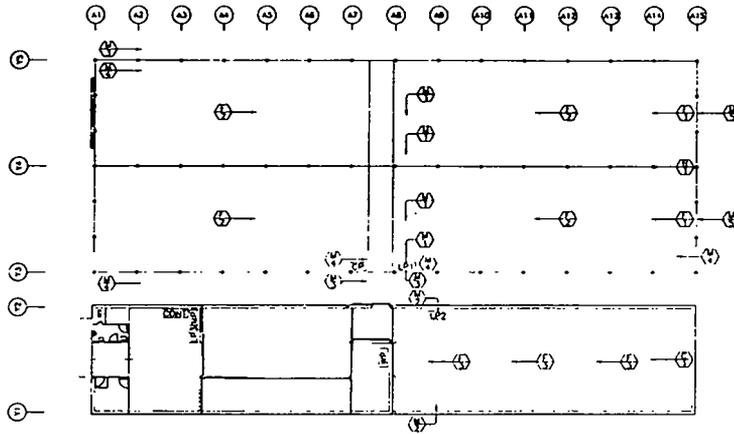
그림 4.1.79. 육성온실의 관수설비 평면도



○ 환풍 및 배양설비 평면도

그림 4.1.80. 배양동의 난방배관 설비 평면도

(3) 전기·제어분야

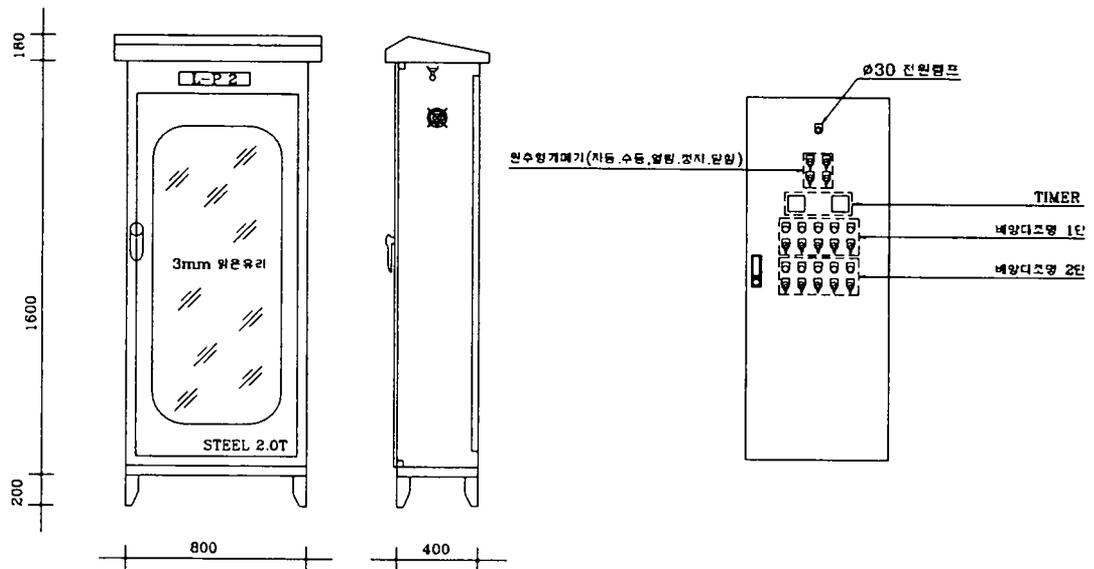


이 설 계 처 도

그림 4.1.81. 순화배양실, 육성온실의 동력 배치도

표 4.1.34. 순화배양실, 육성온실의 동력설비 기호 범례표

기 호	명 칭	규 격	구 간	동력케이블	저이케이블	수 량	비 고
[MP]	MAIN POWER PNL			CV 38Sq • 4C		1면	
[LP1]	육성온실 제어반			CV 14Sq • 4C		1면	
[LP2]	순화실제어반			CV 22Sq • 4C		1면	
[LP3]	조식배양실 제어반			CV 14Sq • 4C		1면	
[CP]	공정관리 콘트롤 BOX	3ø 380V 3000W		CV 5.5Sq • 4C		1면	
[WP]	기습기 제어반	3ø 380V 5000W		CV 5.5Sq • 4C		1면	
[CONT]	컴퓨터, 컨트롤러					각1조	
[△]	전장개폐모터	3ø 380V 375W		CV 2.0Sq • 4C	CV 1.25Sq • 3C	4 EA	
[△]	환추장개폐모터	DC24V 95W		CV 2.0Sq • 2C	CV 1.25Sq • 3C	2 EA	리미트S/W4장
[△]	측창개폐모터	DC24V 95W		CV 2.0Sq • 4C	CV 1.25Sq • 3C	3 EA	리미트S/W4장
[△]	속연커튼개폐모터	AC220V 170W		CV 2.0Sq • 4C	CV 1.25Sq • 3C	5 EA	
[△]	수탕커튼개폐모터	3ø 380V 375W		CV 2.0Sq • 4C	CV 1.25Sq • 3C	2 EA	
[△]	환기팬	3ø 380V 375W		CV 2.0Sq • 4C		2 EA	
[△]	공정관리	3ø 380V 750W		CV 2.0Sq • 4C		4 EA	
[△]	기습기	3ø 380V		CV 2.0Sq • 4C		3 EA	
[△]	온유난방기	3ø 380V 3000W		CV 5.5Sq • 4C		1 EA	
[△]	일용기	3ø 380V 3000W		CV 5.5Sq • 4C		1 EA	



NO	명 상	내 용	대 수	비고
1	NAME PLATE	배양디그랑 육식 고착제		
2	TIMER	24시간 정전보상형	2 EA	
3	원수형계측기		190W X 2EA	
4	열풍기		1EA	
5	궤 선택타 S/W	SELECT 3단	2	
6	궤 선택타 S/W	SELECT 2단	12 EA	
7	타 선택프로그램		10 EA	
NOTE 1. COMPUTER 온전 기능용 전자대 인출				

그림 4.1.82. 순화배양실의 PNL 모형도

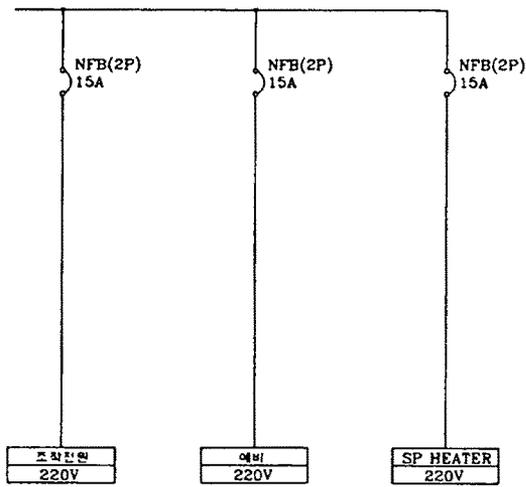
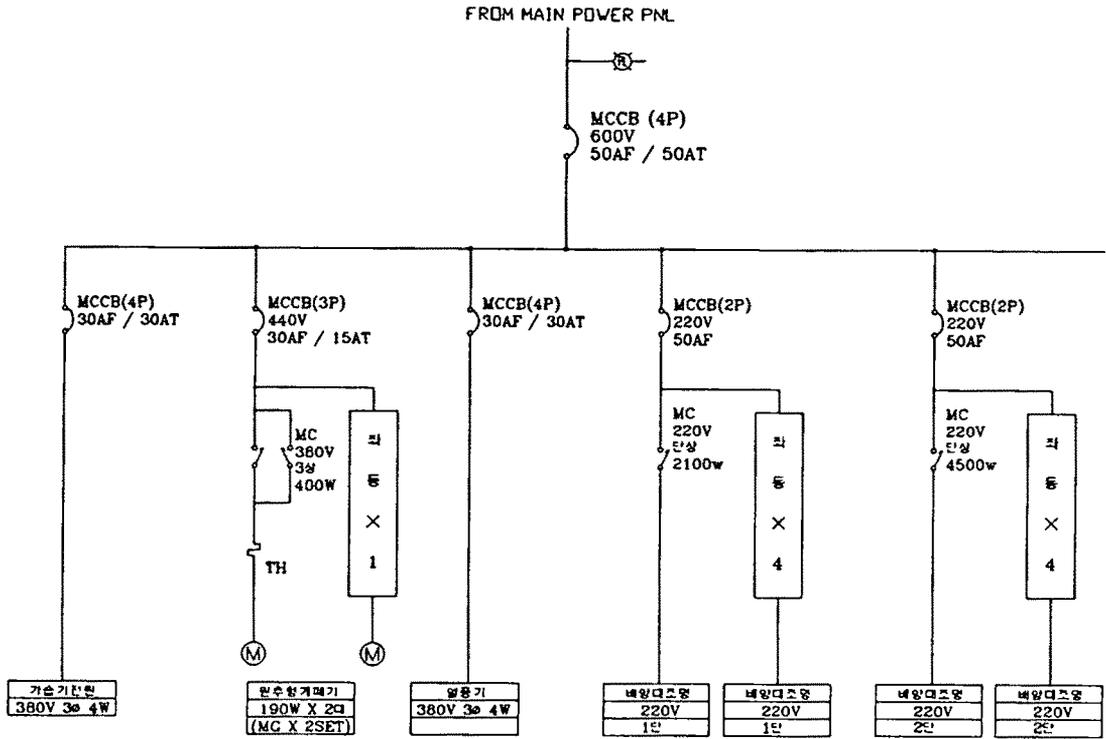


그림 4.1.83. 순화배양실의 단선 결선도

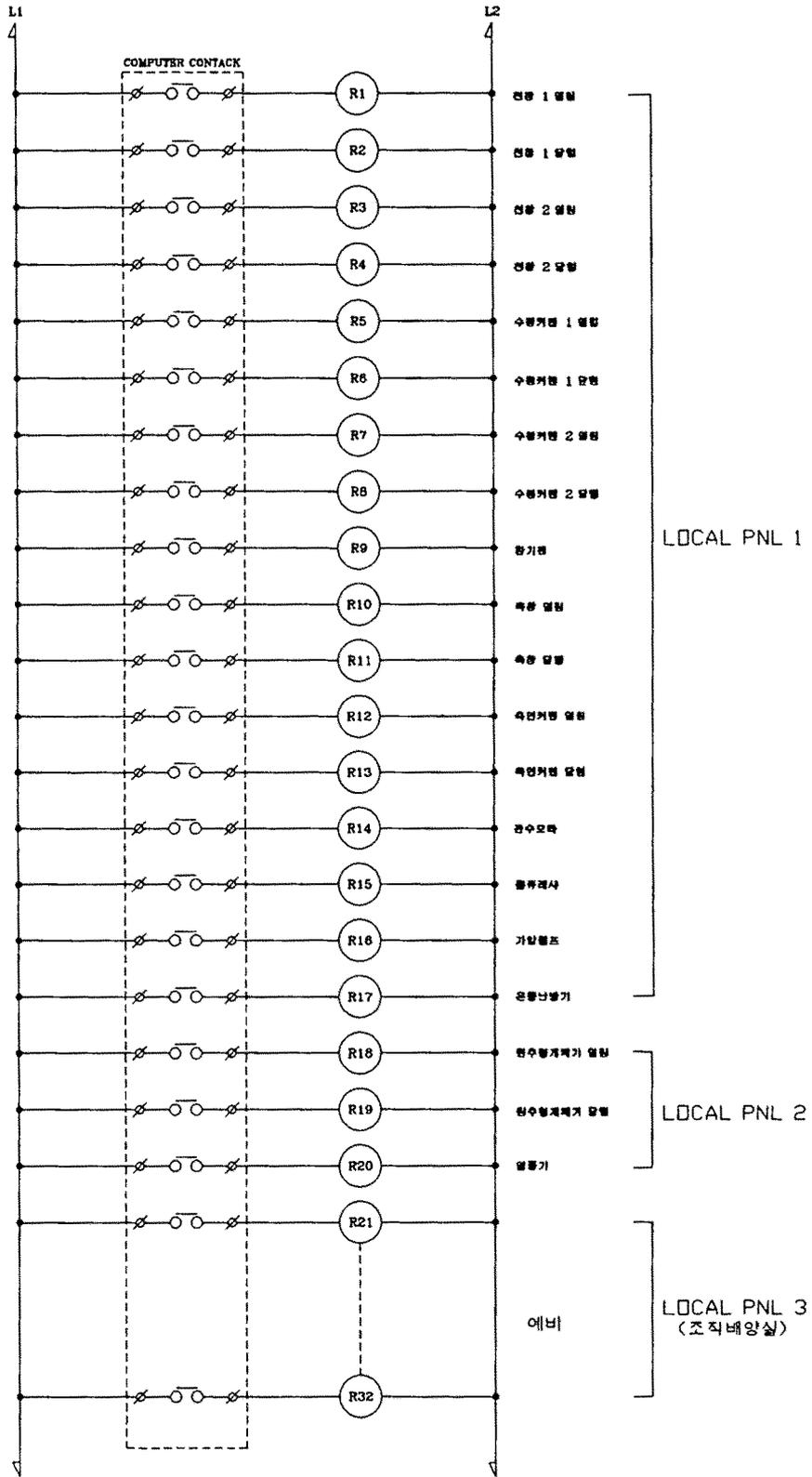
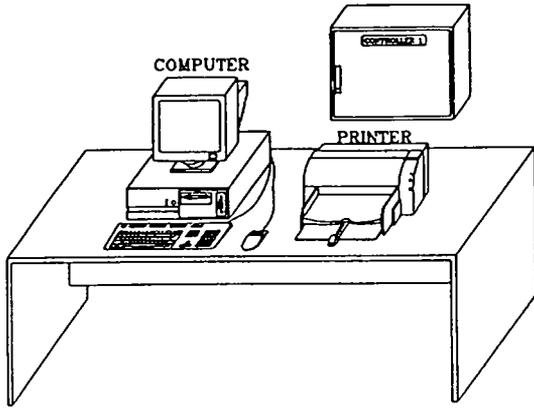


그림 4.1.84. 컴퓨터, MCC제어반간의 중간결선도



수 직 계 통 도

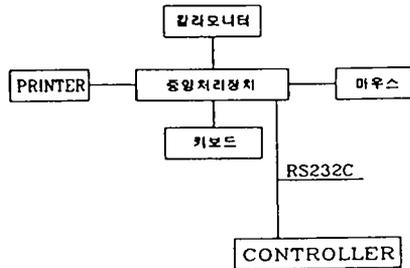


그림 4.1.85. 복합환경제어장치 및 수직 계통도

표 4.1.35. 복합환경제어장치의 특성과 규격

기 호	수량	특 성 및 규 격
CPU (온실 전용 COMPUTER)	1	중앙 처리 장치 1. Pentium 150Mhz 2. 주기억 용량 : 8MB 3. 데이터 파일 용량 : 1.08GB 3.5" FDD 4. 전원 : 220V(110V)AC 5. 그래픽에 의한 관제 6. 다양한 소프트웨어
MONITOR	1	칼라 그래픽 조작 터미널 1. 14" 칼라 모니터 2. 256 색상 3. SVGA 카드 4. 해상도 : 1024 * 768 5. 한 영 103KEY 6. MOUSE
PRINTER	1	PRINTER(메세지, 기록) 1. INKJET COLOR 2. A4 용지 3. 300 DPI 4. 기록속도 : 5 PPM 이상
CONTROLLER	1	직렬디지털 제어기 1. 32Bit CPU 2. A/D card 32 ch accuracy ± 1LSB 0~5V / 4 ~ 20mA Selectable 12 Bit resolution 3. DO board (32ch) 4. DC relay board (32ch) 5. 32 ch terminal board(A/D) 6. 32 ch DO connector(DIN) 7. ROM/RAM disk : 1.44Mb 8. RS-422/232/485 communication port

표 4.1.36. 복합환경제어장치의 감시 및 제어

PANEL 명	관제 장비	감시 및 제어											비고				
		디지털 입력		아날로그 입력		아날로그 출력		직접 입력		계							
		인기터	자동/정지	상온	정온	냉온	온습기	CO2	CPH	관수	디지털 출력	아날로그 출력		아날로그 입력			
CONTROLLER 1	실내 온도도계							5	5						10		
	외부 기상센서							1	4						5		
LOCAL PNL 1	현상계제모타		4										4	1			
	수평커튼계제모타		4										4				
	환기팬		1										1				
	축정, 축커튼모타		4										4				
	관수모타		1										1				
	팬류레사		1										1				
	가압센프		1										1				
	온풍난방기		1										1				
LOCAL PNL 2	원수현계제기		2										2				
	수평커튼계제모타		2										2				
	냉 난방기		1										1				
합계		22							6	5	4				22	1	15

표 4.1.37. 복합환경제어장치의 기능별 제어방법

구분	제어 방법																		
	외기온도	외기온도	내기온도	내기온도	풍속	풍속	감우	감우	일사	일사	수온	수온	외기온도	외기온도	외기온도	외기온도	외기온도	외기온도	
현상계제기	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
수평커튼	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
환기팬	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
축정, 축커튼	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
관수모타	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
팬류레사	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
가압센프	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
온풍난방기	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
원수현계제기	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
냉 난방기	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

표 4.1.38. 복합환경제어장치의 센서사양과 설치방법

SENSOR 사양

구분	사양	수량
온실온도도계	측정범위 : -30 ~ 120°C 측정요소 : PT100 Ohm, 저항보상형 출력 : 4~20 mA	5
온실습도도계	측정범위 : 0~90 % RH 측정요소 : 정전용량식 출력 : 4~20 mA	5
외기온도도계	측정범위 : -30 ~ 120°C 측정요소 : PT100 Ohm 출력 : 4~20 mA	1
풍량 풍속계	측정범위 : 360°, 3~45m/s W/신호변환기	1
감우계	측정요소 : 빛살무늬 전극판 출력 : RELAY접점	1
일사량검출기	측정범위 : 0~1000 W/m² 측정요소 : SILICON 정밀도 : ± 50	1

센서의 설치방법

1. 내부 온도 센서

온실 중앙의 풍량이 많 되고 직사광선을 피할 수 있는 곳에 설치하고, 설치높이는 지붕의 정상에 따라 자유롭게 조절할 수 있어야 하며, 직경부의 직경은 5 ~ 15cm 정도 유지하여 정확한 기온을 측정할 수 있는 구조로 제작된 센서를 사용.

2. 외기용 온도 센서

풍량이 많 되고 직사광선을 받지 않는 곳에 설치하여, 우위의 열적충분한 복사열의 영향을 받지 않아야 한다.

3. 기상 센서(풍향, 풍속, 감우, 일사 센서)

중심의 지반높이 보다 1m 이상 높게 설치하고 유지보수가 간편하도록 고명한다. 우위의 풍속에 부피 복사열의 영향을 없애야 하며 풍속에 지장이 없어야 한다.

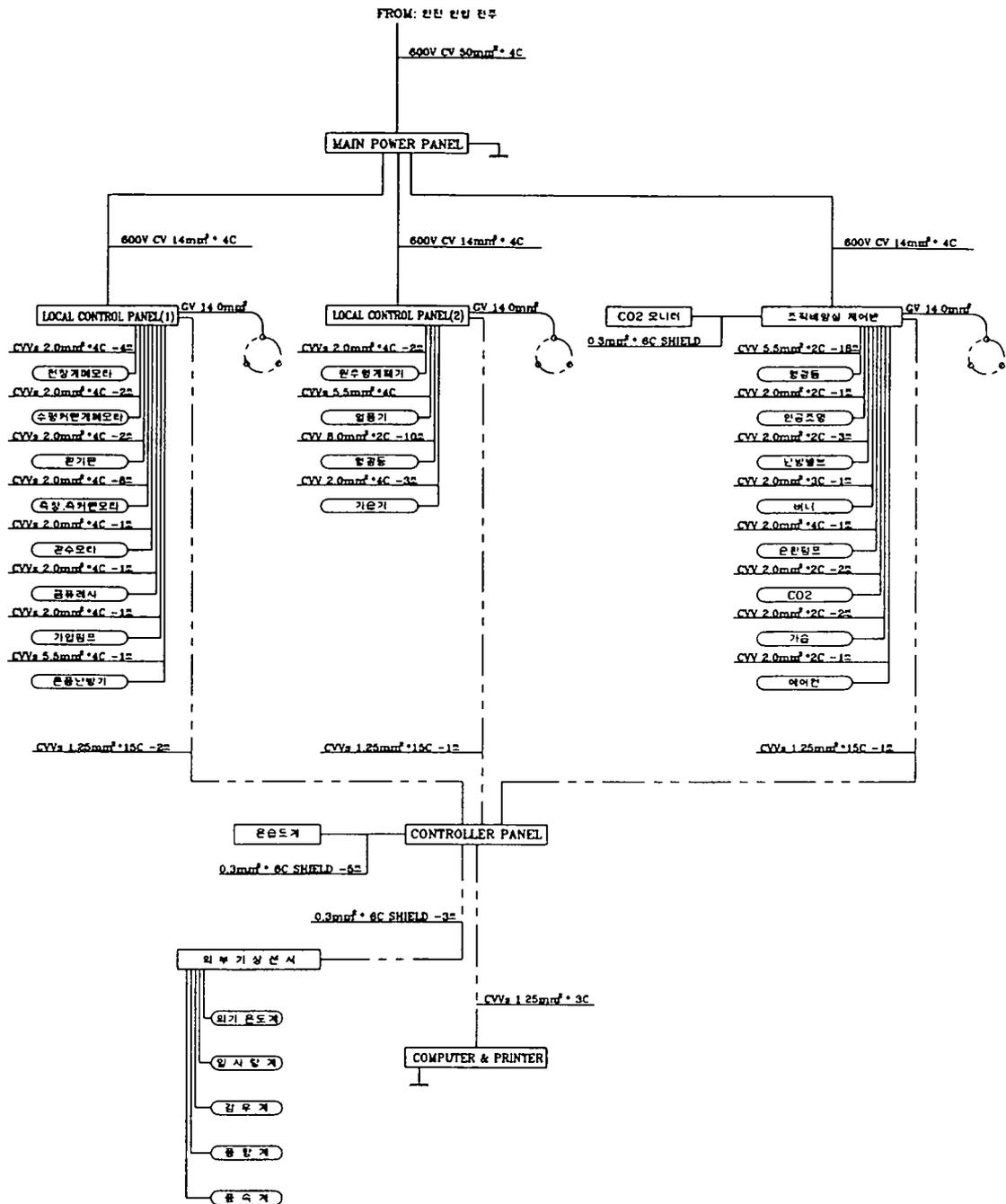


그림 4.1.86. Cable Schedule

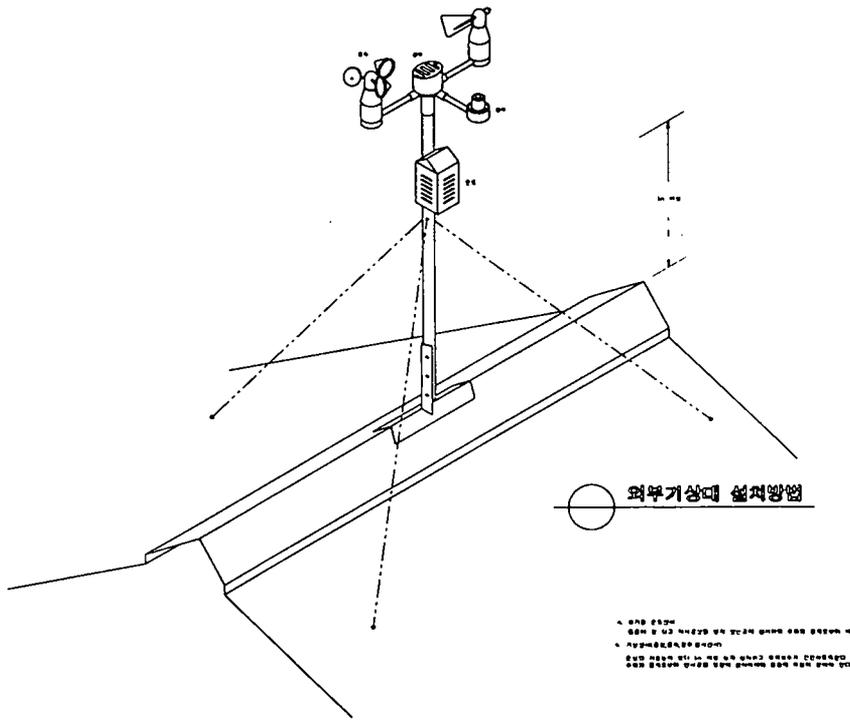


그림 4.1.87. 외부 기상대 설치도

- 2) 시방서
 - 시설T형과 동일함

3) 공사비 내역

표 4.139. 조직배양시설 AC형 공사비 총괄표

공사비 총괄표							
일금		513,587,638 원				단위 : 원	
순	재	비목/구분	%	건축공사	내부설비공사	전기공사	계
		공	비	직접재료비		48,222,815	175,202,862
		간접재료비					
		(소 계)		48,222,815	175,202,862	26,407,966	249,833,643
사	비	직접노무비		44,762,069	12,470,352	4,932,759	62,165,180
		간접노무비	14.00	6,266,689	1,745,849	690,586	8,703,124
		(소 계)		51,028,758	14,216,201	5,623,345	70,868,304
비	경	기계경비		732,025	4,950		736,975
		산재보험료	3.20	1,632,920	454,918	179,947	2,267,785
		안전관리비	2.48	2,306,025	4,654,295	777,249	7,737,569
		기타경비	5.00	4,962,578	9,470,953	1,601,565	16,035,096
		(소 계)		9,633,548	14,585,116	2,558,761	24,218,664
		일반관리비	6.00	6,533,107	12,240,250	2,075,404	20,848,761
		이 운	15.00	10,079,311	6,156,235	1,538,626	17,774,172
		중요자재대		9,635,549	71,160,000		80,795,549
		총 원 가		135,133,088	293,560,664	38,204,102	466,897,854
		부가가치세	10.00	13,513,308	29,356,066	3,820,410	46,689,784
		공 사 원 가		148,646,396	322,916,730	42,024,512	513,587,638
		비 고		평당단가(411.6평 기준)			1,247,783

표 4.140. 조직배양시설 AC형 공사비 총괄명세서

공사비 총괄 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
1. 배양동					
1-1. 건축공사	39,898,976	21,582,842	17,969,227	346,907	
•건축공사 중요자재대	4,788,920		4,788,920		
1-2. 내부설비공사	77,522,087	2,107,173	75,414,914		
•내부설비공사 중요자재대	71,160,000		71,160,000		
2. 순화실					
2-1. 건축공사	25,247,335	13,246,215	11,749,426	251,694	
•건축공사 중요자재대	3,455,379		3,455,379		
2-2. 내부설비공사	58,212,553	1,362,667	56,849,886		
3. 육성온실					
3-1. 건축공사	28,570,598	9,933,012	18,504,162	133,424	
•건축공사 중요자재대	1,391,250		1,391,250		
3-2. 내부설비공사	51,943,524	9,000,512	42,938,062	4,950	
4. 전기공사	31,340,725	4,932,759	26,407,966		
소 계	312,735,798	62,165,180	249,833,643	736,975	
•중요자재대 소계	80,795,549		80,795,549		

표 4.1.41. 배양동의 건축공사 공사비 명세서

배양동 건축공사 공사비 명세서					
공사명	총액	노무비	재료비	경비	비고
1-1. 건축공사					
1-1-1)가설 및 기초공사	7,096,284	5,488,528	1,294,701	313,055	
1-1-2)철골공사	3,339,544	1,689,881	1,615,811	33,852	
1-1-3)피복공사	21,147,891	8,185,877	12,962,014		
1-1-4)수장공사 및 기타공사	8,315,257	6,218,556	2,096,701		
소 계	39,898,976	21,582,842	17,969,227	346,907	
•중요자재대	4,788,920		4,788,920		

표 4.1.42. 배양동 내부설비공사 공사비 명세서

배양동 내부설비공사 공사비 명세서					
공사명	총액	노무비	재료비	경비	비고
1-2. 내부설비공사					
1-2-1)기계설비배관공사	14,088,912	716,724	13,372,188		
1-2-2)위생도기및배관공사	2,953,175	1,390,449	1,562,726		
1-2-3)생육선반	58,240,000		58,240,000		
1-2-4)CO ₂ 공급설비공사	2,240,000		2,240,000		
소 계	77,522,087	2,107,173	75,414,914		
•중요자재대	71,160,000		71,160,000		

표 4.1.43. 순화실 건축공사 공사비 명세서

순화실 건축공사 공사비 명세서					
공사명	총액	노무비	재료비	경비	비고
2-1. 건축공사					
2-1-1)가설 및 기초공사	5,569,246	4,145,197	1,200,008	224,041	
2-1-2)철골공사	2,749,006	1,380,379	1,340,974	27,653	
2-1-3)피복공사	14,399,958	5,410,664	8,989,294		
2-1-4)수장공사 및 기타공사	2,529,125	2,309,975	219,150		
소 계	25,247,335	13,246,215	11,749,426	251,694	
•중요자재대	3,455,379		3,455,379		

표 4.1.44. 순화실 내부설비공사 공사비 명세서

순화실 내부설비공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
2-2. 내부설비공사					
2-2-1) 수직커덴장치공사	886,853	34,523	852,330		
2-2-2) 난방설비공사	7,311,300	73,144	7,238,156		
2-2-3) 온수배관설치공사	1,134,400	1,000,000	134,400		
2-2-4) 간이배양대	45,920,000		45,920,000		
2-2-5) CO ₂ 공급설비공사	2,960,000	255,000	2,705,000		
소 계	58,212,553	1,362,667	56,849,886		

표 4.1.45. 육성온실 건축공사 공사비 명세서

육성온실 건축공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
3-1. 건축공사					
3-1-1) 가설및기초공사	3,061,549	2,271,982	681,128	108,439	
3-1-2) 골조공사	11,185,292	4,252,730	6,907,577	24,985	
3-1-3) 알루미늄널및피복공사	14,323,757	3,408,300	10,915,457		
소 계	28,570,598	9,933,012	18,504,162	133,424	
*중요자재대	1,391,250		1,391,250		

표 4.1.46. 육성온실 내부설비공사 공사비

육성온실 내부설비공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	경 비	비 고
3-2. 내부설비공사					
3-2-1) 천장, 측창개폐장치공사	4,585,628	901,098	3,684,530		
3-2-2) 수평및수직커덴장치공사	14,735,004	1,487,831	13,247,173		
3-2-3) 환기팬설치공사	3,451,867	384,867	3,067,000		
3-2-4) 온풍난방기설치공사	11,333,216	437,856	10,895,360		
3-2-5) 육묘베드제작설치공사	14,515,530	4,918,861	9,591,719	4,950	
3-2-6) 관수설비공사	3,322,280	870,000	2,452,280		
소 계	51,943,524	9,000,512	42,938,062	4,950	

표 4.1.47. 전기공사 공사비 명세서

전기공사 공사비 명세서					
공 사 명	총 액	노 무 비	재 료 비	결 비	비 고
4. 전기공사					
4-1) 조망, 전열공사	1,689,457	1,151,267	538,190		
4-2) 온실동력배선및접지공사	3,801,268	2,431,492	1,369,776		
4-3) 각종합설치공사	9,000,000		9,000,000		
소 계	14,490,725	3,582,759	10,907,966		

- 4) 육성온실의 구조안전도 해석
 - 시설T형과 동일함

제 2 절 농가실용화를 위한 실증시험

광독립배양의 도입을 위하여는 적절한 배양시설과 배양기술이 수반되어야 한다. 앞에서 설계된 3개의 순화형태별 표준모델에서 터널형(T형)을 기준으로 농가적응시험을 실시하였다.

먼저 광독립 자가영양배양시설에서 기내 자가영양배양과 측면광 공급에 의한 기내 배양 효과를 실증하고 기내배양환경조건에 따른 순화적응성 정도를 순화환경별로 검토하고자 하였다.

1. 광독립 자가영양배양 시험

가. 거베라의 배양 실증시험

1) 재료 및 방법

배지의 당농도와 비타민 첨가 유무별 몇가지 배양환경조건이 순화전의 기내배양효과를 보기 위하여 다음과 같이 실험이 수행되었다.

공시재료는 약 3.5cm 크기의 잎이 2매 부착된 거베라(*Gerbera jamesonii* B.) 유묘를 사용하였다. 기본배지는 MS, Agar $7g \cdot l^{-1}$ 배지를 사용하였다. sucrose $30g$ 및 $15g \cdot l^{-1}$ 첨가한 시험구는 B₅ 비타민과 생장조절제 BA $0.2mg \cdot l^{-1}$, kinetin $1mg \cdot l^{-1}$ 및 Adenin $4mg \cdot l^{-1}$ 를 첨가하였고, 광독립 자가영양배양을 위한 시험구를 위하여는 비타민 및 생장조절제 모두 첨가하지 않았다.

배양환경은 광조건을 70 과 $140 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 로 구분처리하고, CO₂농도는 자연조건인 340ppm 공급구와 인위적인 1,000ppm의 고농도 공급구로 하였다. CO₂공급을 위하여 membrane filter를 부착하여 공기순환회수를 시간당 1회(No. $\cdot hr^{-1}$)가 되도록 하였으며, filter를 부착하지 않은 처리구는 공기순환회수가 0.01 No. $\cdot hr^{-1}$ 로 계산되었다.

이때 광자가영양배양시험은 sucrose, 비타민 및 생장조절제가 첨가되지 않은 배지에서 광조건 $140 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, CO₂농도 1,000 ppm, 공기순환 1 No. $\cdot hr^{-1}$ 의 환경조건에서 배양된 시험구로 하였으며 타자가영양배양시험구는 sucrose $30g \cdot l^{-1}$, 비타민 및 생장조절제 첨가 배지에서 광조건 $70 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, CO₂농도 340 ppm, 공기순환 0.01 No. $\cdot hr^{-1}$ 인 무filter 시험구로 하였다. 그리고 혼합영양배양시험구는 sucrose $15g \cdot l^{-1}$, 비타민 및 생장조절제가 첨가된 배지에 광조건 $70 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, CO₂농도 340 ppm의 자연조건에서 filter가 부착된 공기순환 1 No. $\cdot hr^{-1}$ 조건의 환경조절구로 하였다. 배지의 공급은 400ml 유리병에 40ml 씩 분주하고 고압멸균하여 사용하였다. 치상후 3주째 생존율을 조사하고, 4주째 엽생장 및 뿌리생장 조사와 생체중, 건물중을 조사하였으며 배양묘의 엽색정도를 조사비교하였다.

2) 시험결과

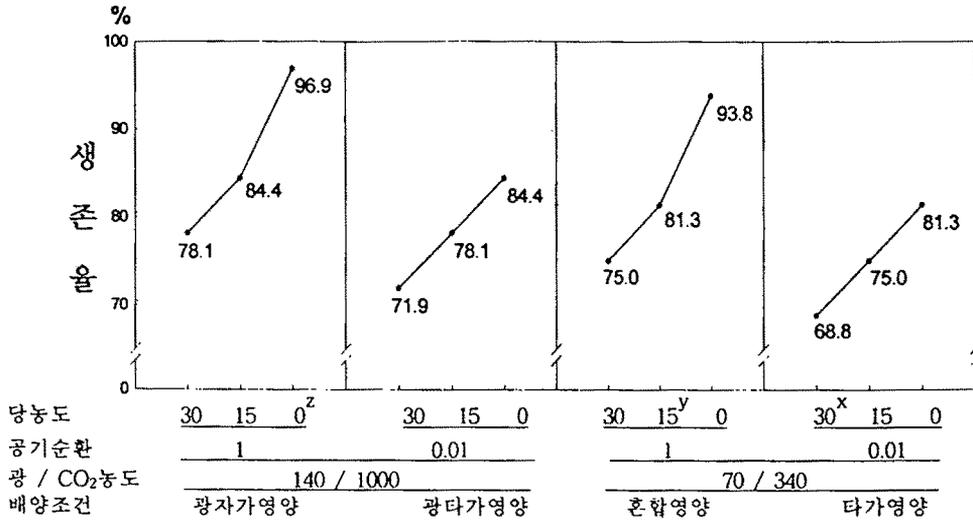


그림 4.2.1. 거베라의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교

- 1) 단위 : 당농도 $g \cdot l^{-1}$, 공기순환 $No. \cdot hr^{-1}$, CO_2 농도 ppm, 광 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$.
- 2) 시험구 조합 중 z는 광독립자가영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

표 4.2.1. 거베라의 조직배양조건별 엽생장 비교

광($\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) / CO_2 (ppm)	공기순환회수 ($No. \cdot hr^{-1}$)	당농도 ($g \cdot l^{-1}$)	엽수 (개/주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
140 / 1,000	1	30	8.33 ± 1.26	4.72 ± 0.34	1.78 ± 0.19
		15	11.83 ± 1.40	5.18 ± 0.36	1.68 ± 0.07
		0 ^z	5.17 ± 1.30	5.67 ± 0.51	1.88 ± 0.11
	0.01	30	6.33 ± 2.23	3.00 ± 0.98	1.30 ± 0.42
		15	18.67 ± 1.91	5.32 ± 0.19	1.85 ± 0.16
		0	3.67 ± 0.49	4.85 ± 0.22	1.77 ± 0.13
70 / 340	1	30	7.67 ± 0.76	4.53 ± 0.43	1.50 ± 0.09
		15 ^y	10.17 ± 1.19	5.12 ± 0.22	1.60 ± 0.16
		0	3.67 ± 0.42	5.47 ± 0.23	1.97 ± 0.08
	0.01	30 ^x	10.50 ± 0.85	5.08 ± 0.62	1.92 ± 0.19
		15	12.83 ± 1.68	6.05 ± 0.46	1.68 ± 0.26
		0	4.83 ± 0.31	5.08 ± 0.60	2.03 ± 0.14

주) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

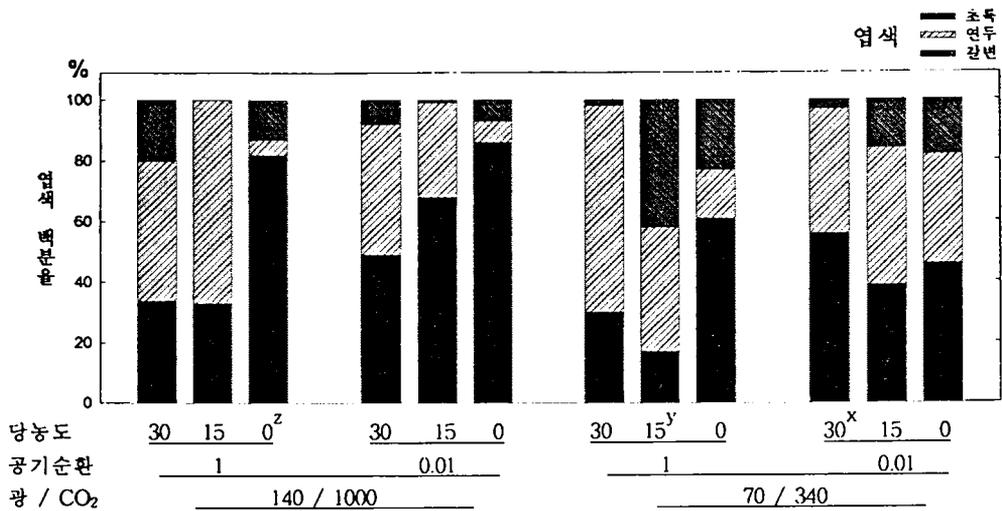


그림 4.2.2. 거베라의 조직배양 조건별 엽색 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.1과 동일함.

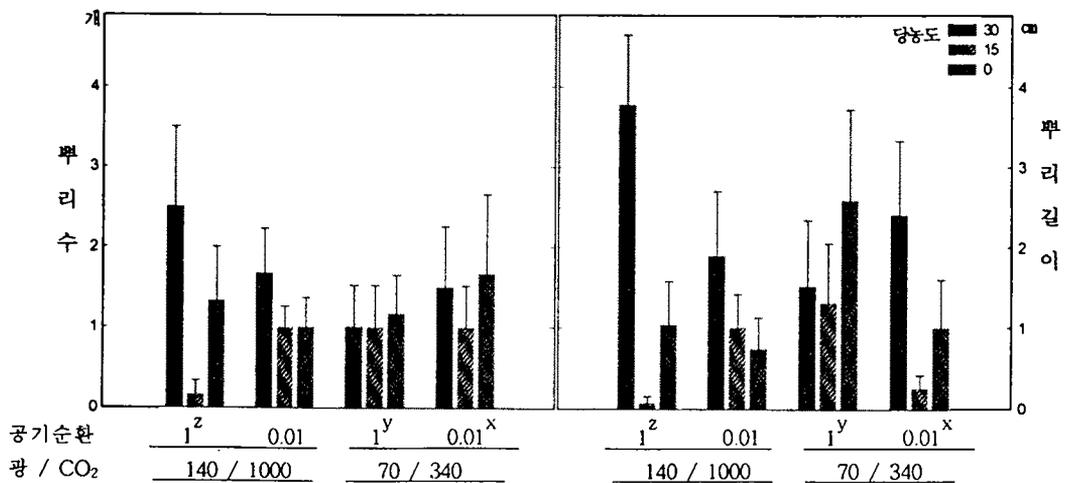


그림 4.2.3. 거베라의 조직배양 조건별 뿌리생장 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.1과 동일함.

4) 결과 요약

가) 거베라의 유묘생존율(그림 4.2.1)은 모든 환경조건에서 당농도가 높을수록 낮았으며 CO₂공급이 없는 공기순환회수 0.01에서 그 경향이 뚜렷하였다. 영양배양조건별 비교에서는 자가독립영양배양조건인 140μmol · m⁻² · s⁻¹광조건에 CO₂ 1,000ppm의 1 No. · hr⁻¹ 공기순환환경의 sucrose 무첨가배지에서 96.9%의 가장 좋은 생존율을 보였고, 타가영양배양(광 70μmol · m⁻² · s⁻¹, CO₂ 340ppm, 공기순환 0.01 No. · hr⁻¹, sucrose 30g · ℓ⁻¹)에서는 68.8%로 가장 낮았다. 그리고 혼합영양배양이라

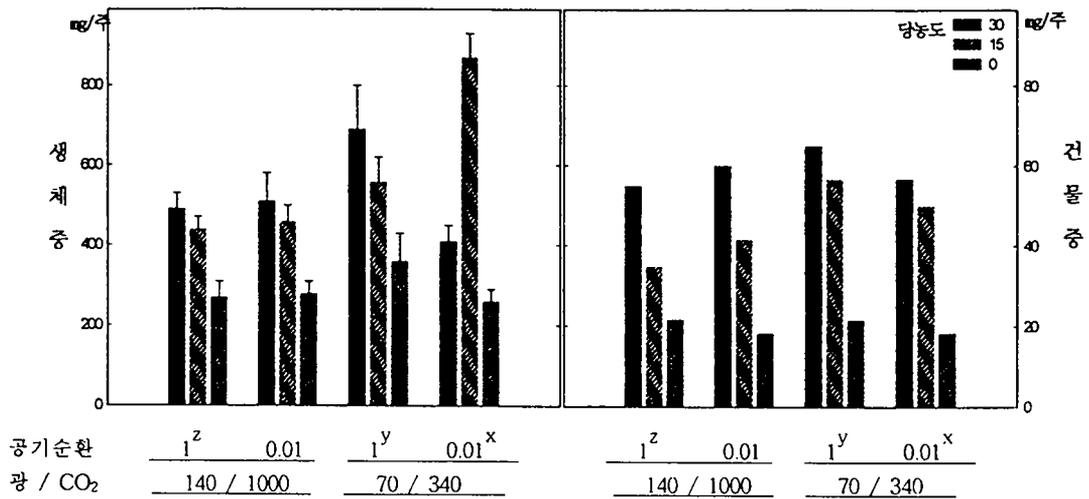
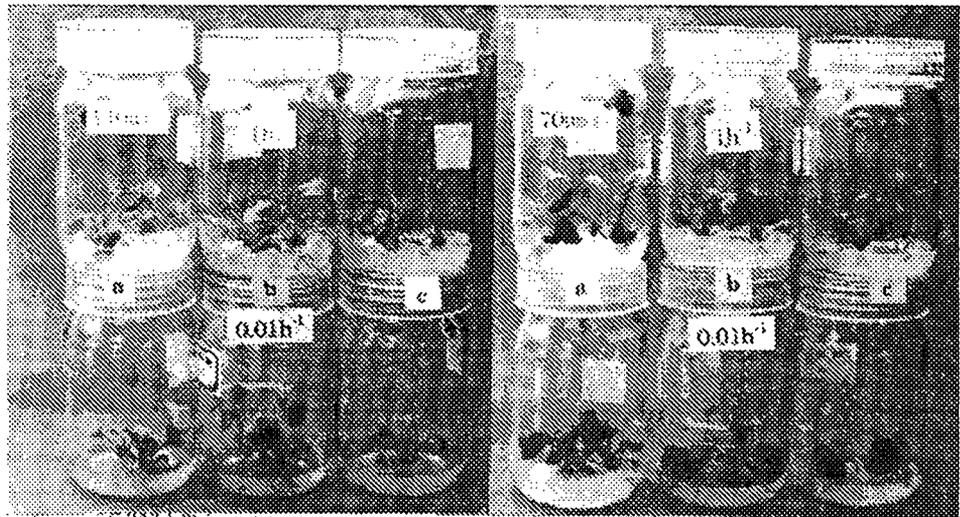


그림 4.2.4. 거베라의 조직배양 환경별 생체중 및 건물중 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.1과 동일함.

공기순화횟수
 1 No. · hr⁻¹

0.01 No. · hr⁻¹

광
 CO₂



140 μmol · m⁻² · s⁻¹

1,000ppm

70 μmol · m⁻² · s⁻¹

340ppm

사진 4.2.1. 거베라 조직배양 환경별 생육상태
 주) 당농도 : a는 30, b는 15, c는 0 g · l⁻¹

할 수 있는 광 70 μmol · m⁻² · s⁻¹, CO₂ 340ppm, 공기순환 1No. · hr⁻¹, sucrose 15g · l⁻¹ 조건에서는 81.3%의 생존율을 보였다.

나) 엽성장정도(표 4.2.1)는 엽수, 엽장, 엽폭등을 조사한바 일정한 경향을 볼 수 없으나 대체로 sucrose 15g · l⁻¹ 시험구가 높은 경향을 보였다. 특히 엽수에서 그 경향이 뚜렷하였으며, 자가영양의 경우 5.17개/주로서 타가 및 혼합배양의 10.5,

10.7개/주에 비하여 작았다. 엽장은 자가영양이 5.67cm로 가장 넓고, 엽폭은 3처리 모두 1.60~1.92cm 범위에 있었다. 그리고 이들 처리구별 엽색을 조사한바(그림 4.2.2) 대체로 sucrose무첨가구가 초록엽이 많았고 50% sucrose 혼합구($15\text{g} \cdot \ell^{-1}$)에서 가장 적었다. 특히 자가영양의 경우 약 80% 엽이 초록색이었고 타가영양은 40%내외에 있었다. 이상의 결과에서 엽수는 $15\text{g} \cdot \ell^{-1}$ sucrose처리가 많았으나 갈변엽 또는 연두색엽의 비중이 높게 나타나 이후 생육에서는 자가영양이 좋을것으로 예측이 가능하였다.

다) 뿌리생장(그림 4.2.3)에서는 뿌리수, 뿌리길이 모두 타가영양이 양호한 편이었고 그 다음은 광혼합이었다. 광독립자가영양은 뿌리수나 뿌리길이 모두 그리 높지 않았다. 처리구중 뿌리생장에 가장 효과적인 시험구는 광독립환경조건하에서 $30\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 의 sucrose를 첨가한 시험구가 뿌리수, 뿌리길이 모두 양호하였다.

라) 생체중과 건물중(그림 4.2.4)의 비교에서는 자가영양배양보다는 타가영양배양에서 많았고 혼합영양배양에서 가장 많은 중량을 나타내었다. 본 시험에서의 배양환경에서는 타가영양조건이 조사형질에 따라 양호한 경향을 보이고 있었다.

나. 스타티스의 배양 실증시험

1) 재료 및 방법

스타티스(*Limonium sinuatum* M.)의 순화앞단계의 제대배양에서 광독립자가영양배양효과를 보기 위하여 약 1cm 크기의 잎 1매가 부착된 유묘를 공시재료로 이용하였다. 배지의 조성, 배양환경조건 등은 앞의 거베라 시험과 동일하게 하였으며 조사형질과 조사방법도 거베라와 유사하게 하였다.

2) 시험결과 및 고찰

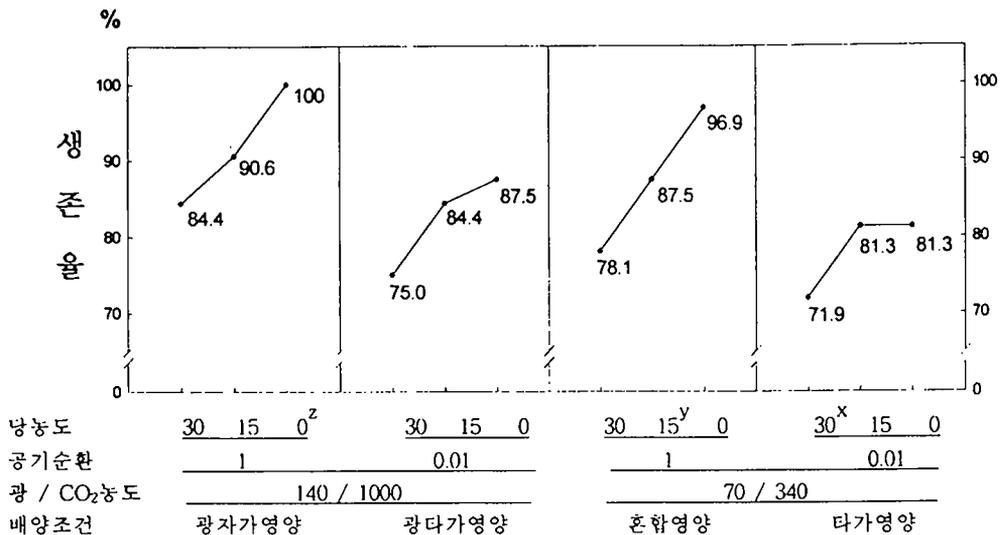


그림 4.2.5. 스타티스의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교

- 1) 단위: 당농도 $\text{g} \cdot \ell^{-1}$, 공기순환 $\text{No.} \cdot \text{hr}^{-1}$, CO₂농도 ppm, 광 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.
- 2) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

표 4.2.2. 스타티스의 조직배양 조건별 엽생장 비교

광 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) /CO ₂ (ppm)	공기순환회수 (No. · hr ⁻¹)	당농도 (g · ℓ ⁻¹)	엽수 (개 / 주)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
140 / 1,000	1	30	10.00 ± 1.83	2.07 ± 0.23	0.55 ± 0.06
		15	13.17 ± 1.08	2.22 ± 0.22	0.58 ± 0.08
		0 ^z	11.33 ± 1.36	2.18 ± 0.28	0.57 ± 0.09
	0.01	30	9.67 ± 0.76	1.73 ± 0.14	0.53 ± 0.08
		15	12.17 ± 1.70	1.88 ± 0.12	0.48 ± 0.02
		0	10.67 ± 0.67	2.62 ± 0.20	0.77 ± 0.11
70 / 340	1	30	8.33 ± 0.71	1.57 ± 0.19	0.35 ± 0.04
		15 ^y	10.67 ± 1.28	1.62 ± 0.13	0.57 ± 0.07
		0	8.50 ± 0.50	2.13 ± 0.10	0.78 ± 0.09
	0.01	30 ^x	10.67 ± 0.71	2.22 ± 0.11	0.68 ± 0.08
		15	18.00 ± 1.88	1.98 ± 0.10	0.52 ± 0.07
		0	7.33 ± 0.49	2.17 ± 0.26	0.72 ± 0.08

주) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

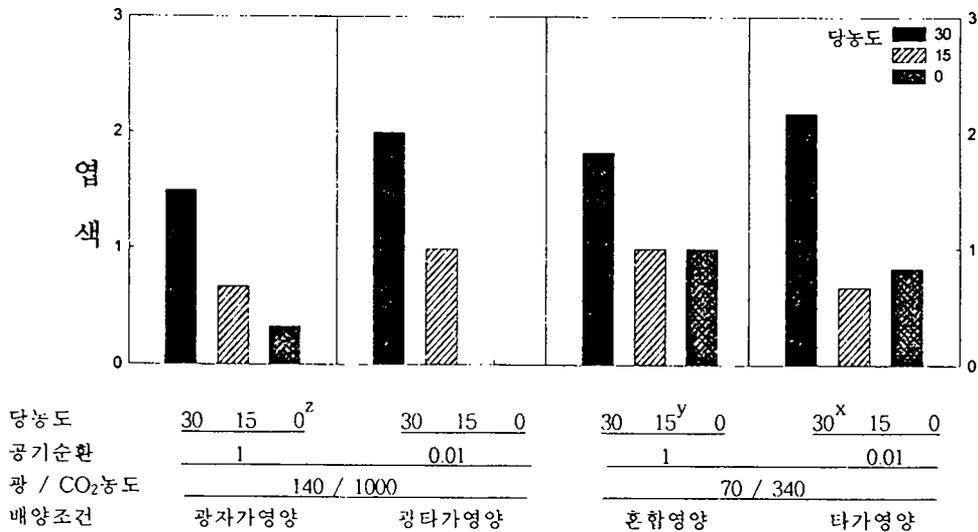


그림 4.2.6. 스타티스의 조직배양 조건별 엽색 비교

- 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.5와 동일함.
- 엽색정도 : 0-있 전체가 모두 녹색, 1-있 전체중 75%는 녹색, 25%은 적색,
2-있 전체중 25%은 녹색, 75%는 적색, 3-있 전체가 적색.

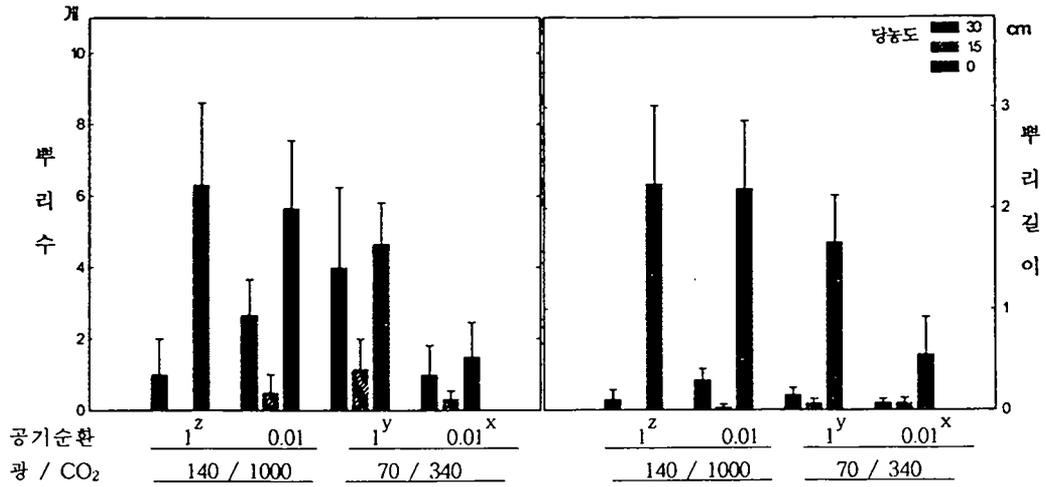


그림 4.2.7. 스타티스의 조직배양 조건별 뿌리생장 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.5와 동일함.

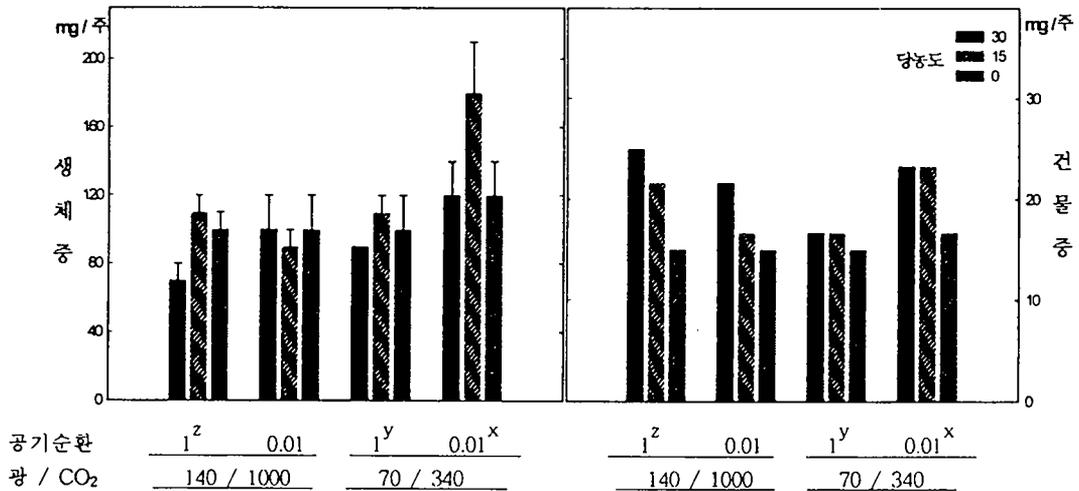


그림 4.2.8. 스타티스의 조직배양 조건별 무게 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.5와 동일함.

3) 결과요약

- 가) 스타티스의 배양조건별 생존율(그림 4.2.5)를 보면 광독립 자가영양배양에서는 100%의 생존율을 나타내었으나 타가영양의 경우는 81.3%, 혼합영양배양에서는 87.5%의 생존율을 보였다.
- 나) 엽생장(표 4.2.2)정도에서 엽수는 $15g \cdot l^{-1}$ 의 당첨가구가 대체로 많은 경향이였으나 배양환경별로 보면 자가영양이 11.33개/주, 타가영양이 10.67개/주, 혼합영양이 10.67개/주로서 자가영양배양이 가장 많았다. 엽장과 엽폭에서는 타가영양이

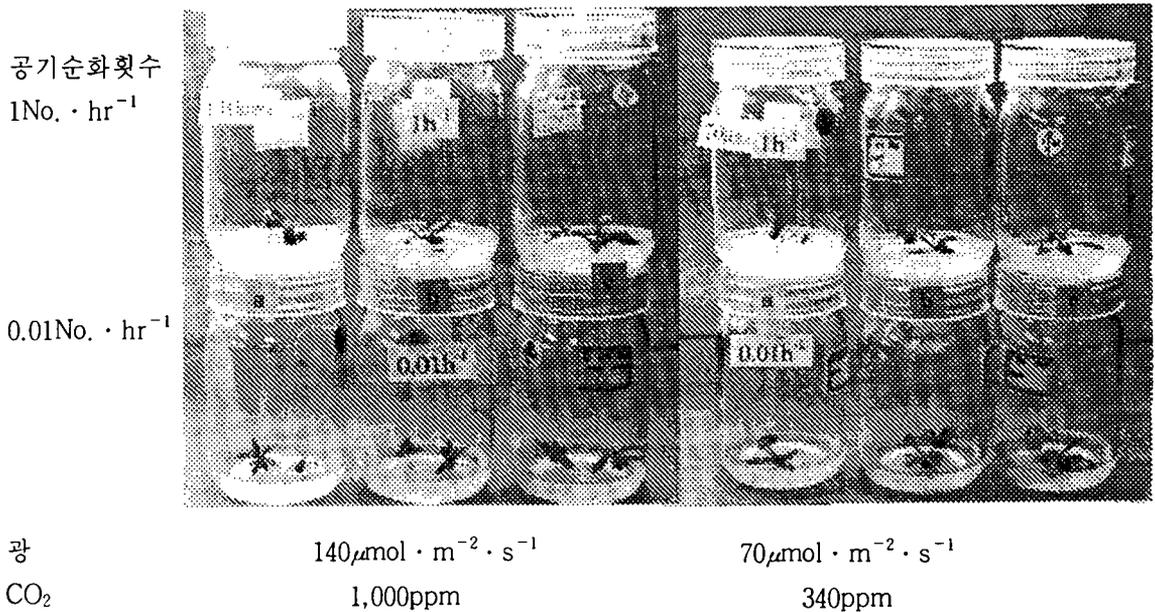


사진 4.2.2. 스타티스 조직배양 환경별 생육상태

주) 당농도 a는 30, b는 15, c는 $0\text{mg} \cdot \ell^{-1}$.

각각 2.2cm, 0.68cm로 자가영양의 2.18cm, 0.57cm에 비하여 컷으며 혼합영양배양의 경우는 비교적 적은 경향을 보였다. 그리고 엽색(그림 4.2.6)은 광독립배양은 녹색에 가깝고 타가와 혼합영양배양은 가장 자리에 적색을 포함하는 녹색잎을 타나내고 있었다.

다) 뿌리성장(그림 4.2.7)정도를 보면 뿌리수와 뿌리길이 모두 광독립 자가영양배양이 각각 6.33개, 2.25cm로 가장 양호하였고 타가영양배양은 각각 1.0개, 0.07cm로 가장 저조 하였다. 혼합배양은 그중간에 있었으나 성장정도는 아주 미비하였다.

라) 생체중과 건물중(그림 4.2.8)을 보면 타가영양배양이 높은 경향을 보여 생체중이 120mg/주, 건물중이 23.3mg/주로 가장 많았고, 자가영양의 경우는 각각 100mg/주, 15mg/주로서 적었다. 혼합영양배양은 그 중간정도였다.

이상의 결과에서 뿌리성장량과 엽성장정도가 광독립배양에서 양호한 결과를 보인 반면 생체중과 건물중에서는 오히려 타가영양배양에서 좋은 결과를 보이고 있어 형질간에 성적이 일치하지 않았다.

다. 호접란의 배양 실증시험

1) 재료 및 방법

공시재료(*Phalaenopsis schilleriana* Rehb. f.)는 약 2cm 크기의 유묘를 사용하였고, 배지는 MS기본agar($7\text{g} \cdot \ell^{-1}$)배지에 sucrose농도는 $30\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 와 B₅비타민 ($\text{inositol } 100\text{mg} \cdot \ell^{-1}$,

nicotinic acid $0.1\text{mg} \cdot \ell^{-1}$, thiamine · HCl $1\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ 및 pyridoxine · HCl $0.1\text{mg} \cdot \ell^{-1}$) 을 첨가하였고, 성장조절제는 첨가하지 않았다. 배양환경은 앞실험과 동일한 조건에서 실시되었다. 본시험에서는 당농도 무첨가구가 없었기 때문에 강광조건외 자가영양배양구는 없었다. 따라서 타가영양배양구와의 비교는 $30\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 의 당첨가에 강광 및 고농도 CO_2 시용구와 하였다.

2) 시험결과

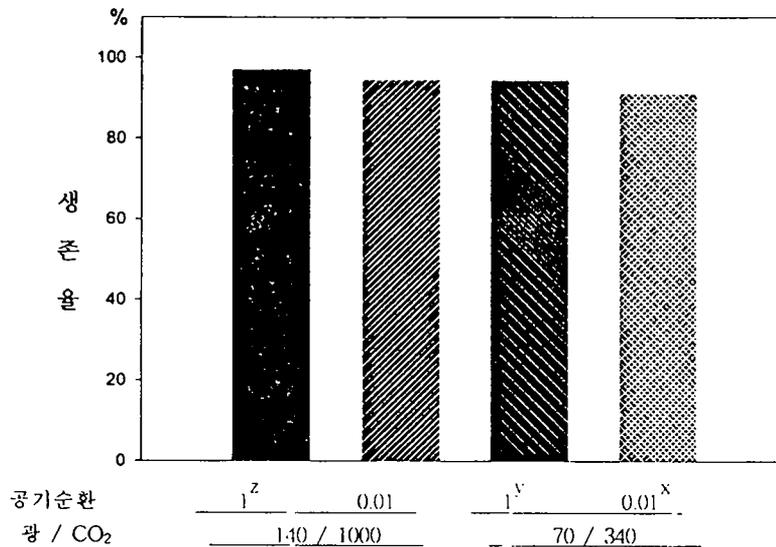


그림 4.2.9. 호접란의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교

- 1) 단위 : 공기순환 No. · hr⁻¹, CO₂농도 ppm, 광 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.
- 2) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

표 4.2.3. 호접란의 조직배양 조건별 엽생장 비교

광($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) /CO ₂ (ppm)	공기 순환회수 (No. · hr ⁻¹)	엽수 (개 / 주)	최대엽장 (cm)	최대엽폭 (cm)
140 / 1,000	1^z	1.00 ± 0.00	0.40 ± 0.00	0.30 ± 0.00
	0.01	3.00 ± 0.50	0.50 ± 0.10	0.40 ± 0.10
70 / 340	1^y	2.50 ± 0.50	0.60 ± 0.10	0.45 ± 0.15
	0.01^x	2.00 ± 0.30	0.58 ± 0.18	0.40 ± 0.05

주) 시험구 조합의 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

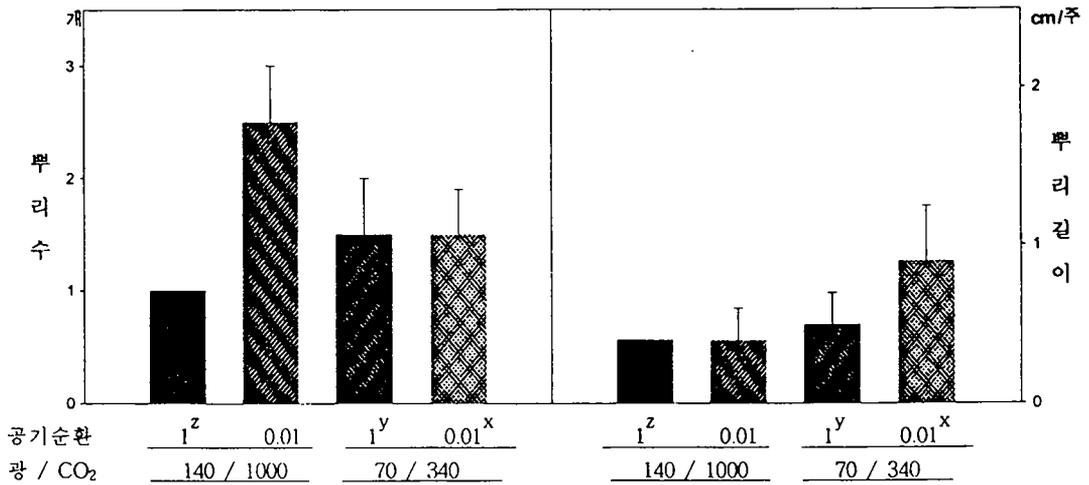


그림 4.2.10. 호접란의 조직배양 조건별 뿌리생장 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.9.과 동일함.

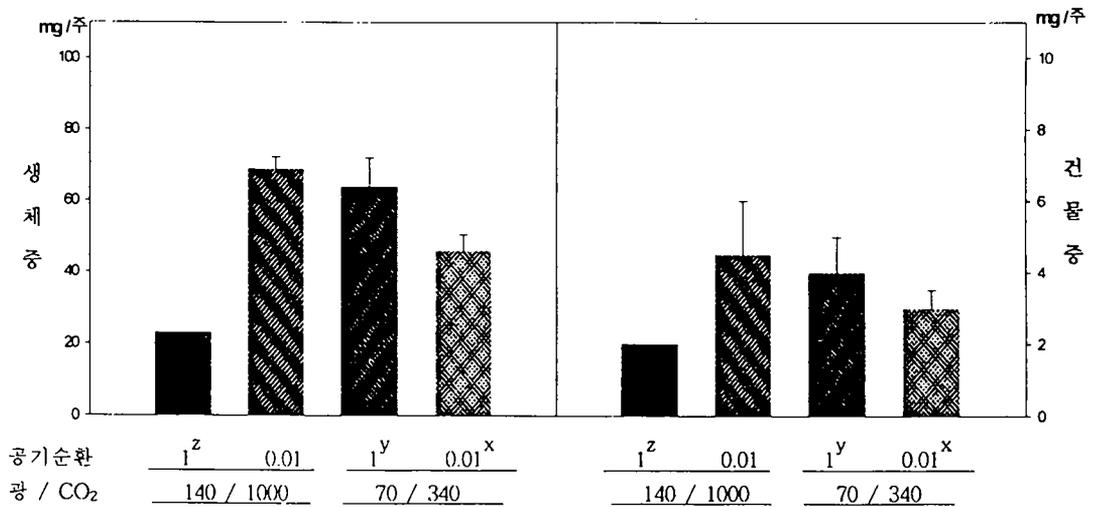


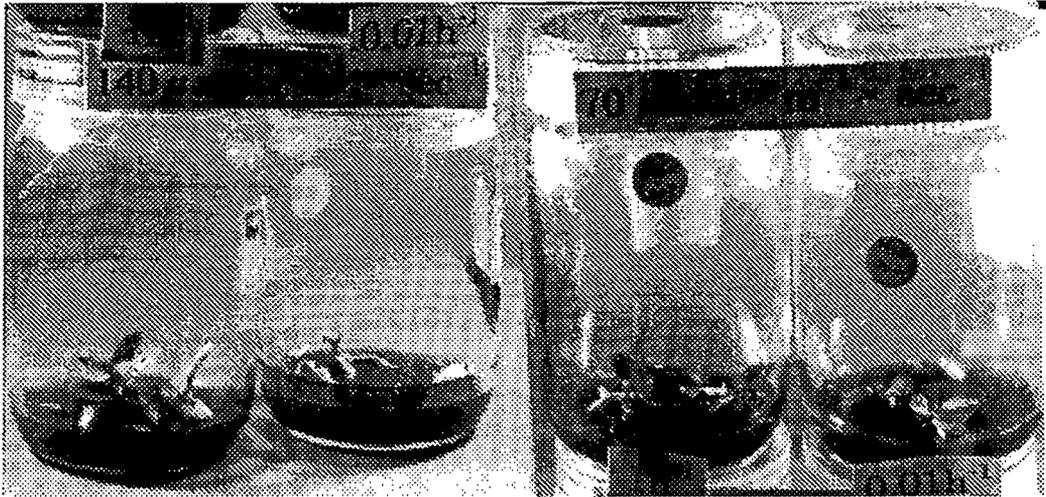
그림 4.2.11. 호접란의 조직배양 조건별 무게 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.9.과 동일함.

3) 결과 요약

호접란의 배양환경조건별 식물체의 생육정도를 보면 다음과 같다.

생존율(그림 4.2.9)은 처리구간에 큰 차이가 없었으나 광독립조건이 97.1%로 가장 높고 타가영양조건에서는 91.2%로 그 중간이었다. 엽생장(표 4.2.3)에서 엽수, 엽장, 엽폭 모두 광독립환경이 저조하였고, 혼합배양이 가장 양호하였다. 타가영양은 그 중간정도였다.

뿌리생장(그림 4.2.10)에서는 뿌리수, 뿌리길이 모두 타가영양배양이 가장 좋은 성적을 보였고, 생체중과 건물중(그림 4.2.11) 또한 뿌리생장정도와 유사한 성적을 보면 광독립배



공기순환 $1 \text{ No.} \cdot \text{hr}^{-1}$ $0.01 \text{ No.} \cdot \text{hr}^{-1}$ $1 \text{ No.} \cdot \text{hr}^{-1}$ $0.01 \text{ No.} \cdot \text{hr}^{-1}$
 광 / CO₂ $140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} / 1,000\text{ppm}$ $70 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} / 340\text{ppm}$

사진 4.2.3. 호접란의 조직배양 환경별 생육상태

양보다 타가영양과 혼합영양이 오히려 생육이 증가되는 결과를 나타내어 추가실험이 필요하였다.

라. 딸기의 배양 실증시험

1) 재료 및 방법

공시재료는 약 3.5cm 크기의 잎을 2장 부착한 딸기(*Fragaria grandiflora* E.) 유묘를 사용하였다. 배지의 조성, 배양환경 및 기타 조사방법등은 앞의 거베라 시험과 동일하게 하였다.

2) 시험결과

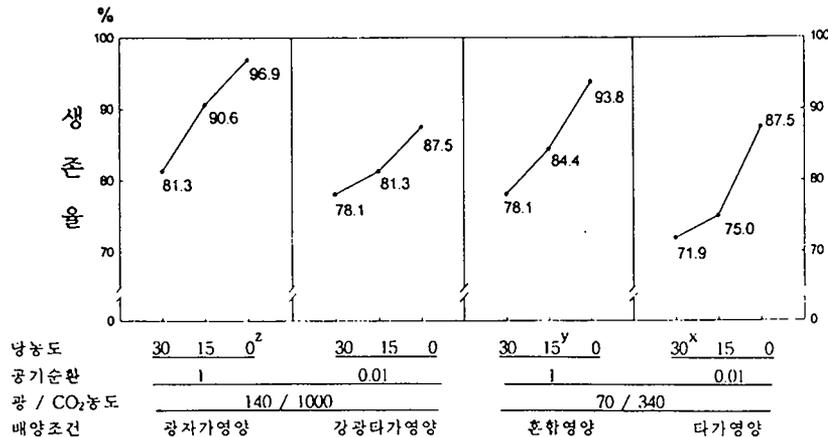


그림 4.2.12. 딸기의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교

- 1) 단위 : 당농도 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, 공기순환 $\text{No.} \cdot \text{hr}^{-1}$, CO₂농도 ppm, 광 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.
- 2) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

표. 4.2.4. 딸기의 조직배양 조건별 엽생장 비교

광 ($\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) /CO ₂ (ppm)	공기순환회수 (No. · hr ⁻¹)	당농도 (g · ℓ ⁻¹)	엽수 (개 / 주)	최대엽장 (cm)	최대엽폭 (cm)	엽병장 (cm)
140 / 1,000	1	30	3.33±0.33	1.02±0.11	1.00±0.15	3.58±0.40
		15	3.50±0.22	1.37±0.15	1.08±0.16	4.08±0.35
		0 ^z	3.50±0.34	1.60±0.18	1.15±0.07	4.62±0.41
	0.01	30	0.50±0.50	1.50±0.30	1.30±0.10	4.35±0.35
		15	2.25±1.03	1.60±0.12	1.10±0.04	3.35±0.71
		0	3.17±0.31	1.32±0.10	1.37±0.16	4.17±0.10
70 / 340	1	30	3.00±0.73	1.28±0.16	1.07±0.10	3.32±0.42
		15 ^y	4.25±1.32	1.23±0.10	1.45±0.19	3.38±0.75
		0	3.33±0.49	1.25±0.12	0.98±0.08	3.83±0.40
	0.01	30 ^x	5.00±1.16	1.13±0.14	1.10±0.14	3.83±0.20
		15	8.00±3.00	0.70±0.20	0.75±0.15	2.50±0.00
		0	3.17±0.70	1.30±0.07	1.22±0.10	4.43±0.28

주) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

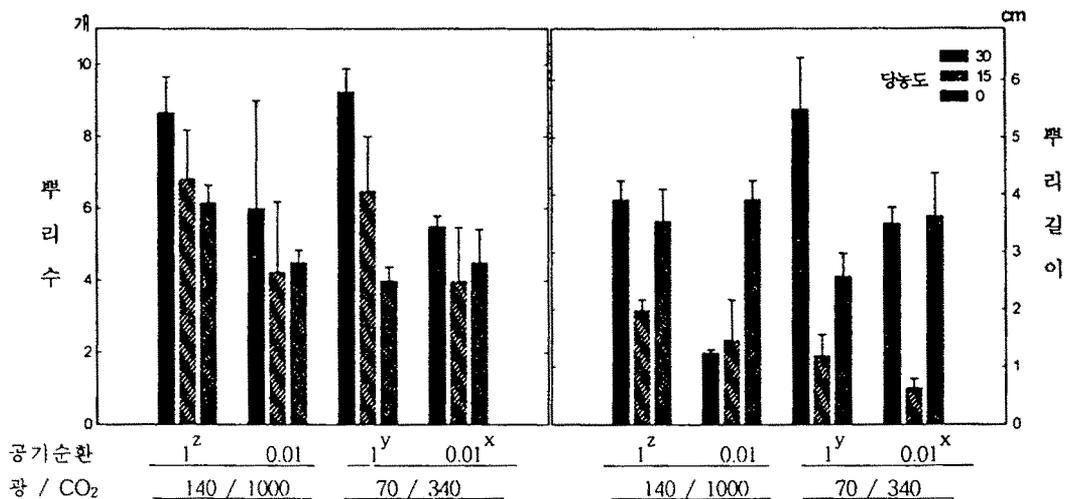


그림 4.2.13. 딸기 조직배양 조건별 뿌리생장 비교

주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.12와 동일함.

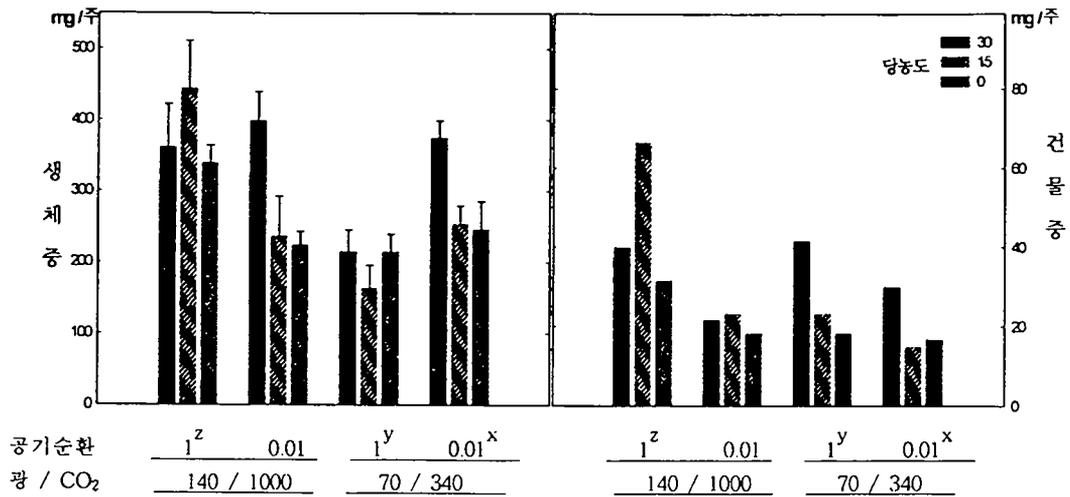


그림 4.2.14. 딸기의 조직배양 조건별 무게 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.12와 동일함.

3) 결과요약

딸기조직배양에서 광독립자가영양배양조건이 배양묘 생존율 및 몇가지 생육에 미치는 영향을 조사한바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

딸기 배양묘는 생존율(그림 4.2.12)을 보면 광독립자가영양배양은 96.9%였고, 타가영양조건에서는 71.9%였다. 그리고 혼합영양배양에서는 84.4%의 성묘율을 나타내었다. 엽생장(표 4.2.4)정도를 보기 위해 엽수, 최저엽장 및 엽폭, 엽병장을 조사한바 자가영양배양이 타가영양에 비하여 엽수는 증가되지 않았으나 최대엽장과 엽폭, 그리고 엽병장에서는 효과적이었다. 혼합영양배양은 조사형질에 따라 서로 달라 엽수와 최대엽폭은 자가영양배양보다 증가되었으나 그외 형질은 낮았고 타가영양배양보다는 높았다.

뿌리생장(그림 4.2.13)에서는 자가영양조건이 뿌리수와 뿌리길이에서 각각 6.17개, 3.55cm인데 비해 타가영양은 뿌리수는 증가되었으나 뿌리길이는 낮았다.

딸기 생장량을 보기 위해 생체중과 건물중(그림 4.2.14)을 조사한바 일정한 경향이 없었고 생체중은 자가영양이 타가영양에 비해 높지 않았으며, 건물중에서는 다소 높은 경향을 보였다.

마. 상추의 배양 실증시험

1) 재료 및 방법

공시재료는 시판되고 있는 상추(*Lactuca sativa* L.) 품종인 '청치마'를 사용하였다. 종자의 살균은 무균상내에서 20% Sodium hypochlorite 용액에 10분간 침지하고, 다시 75% ethanol에 4분간 침지하였으며, 그 후 멸균수에 4분간 침지시킨 다음 멸균수로 2-3회 수세한후 무균의 filter paper로 물기를 제거하여 사용하였다.

종자의 파종은 400mℓ의 마젠타박스에 40ml씩 배지를 분주하고 박스당 종자를 20입씩 정방형으로 파종하였다. 배양실의 환경은 오스람형광등으로 16시간 연속조명하였고, 온도는 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 를 유지하였다.

배지조성에서 MS기본배지에 sucrose농도는 $30 \text{ g} \cdot \ell^{-1}$ 및 무첨가로 구분하여 조제하되 30g첨가구에는 B5비타민을 첨가하였고, sucrose 무첨가구는 비타민을 첨가하지 않았다. 그리고 성장조절제는 모든 시험구에 첨가하지 않았다. 그외 배양환경 및 조사방법은 거베라 시험에 준하였다.

2) 실험결과

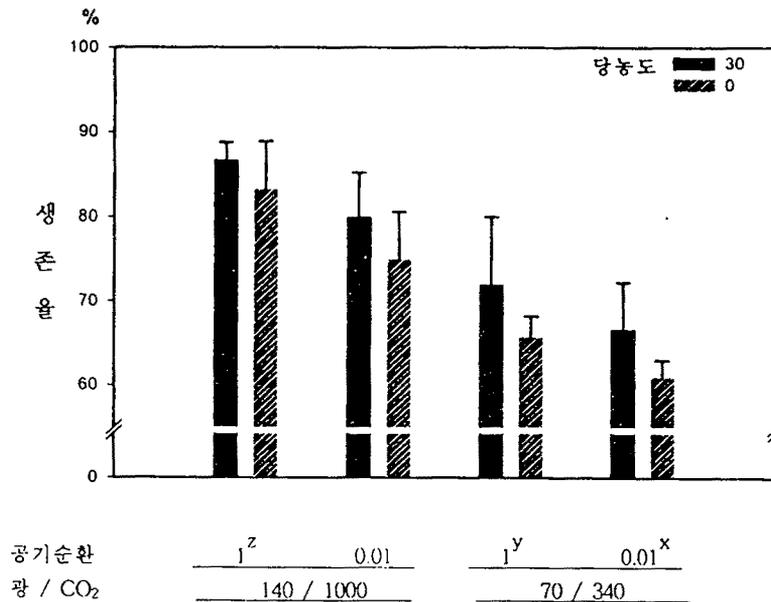


그림 4.2.15. 상추의 조직배양 조건별 유묘 생존율 비교

- 1) 단위 : 당농도 $\text{g} \cdot \ell^{-1}$, 공기순환 $\text{No.} \cdot \text{hr}^{-1}$, CO_2 농도 ppm, 광 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.
- 2) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

표 4.2.5. 상추의 조직배양 조건별 생육 비교

광 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) / CO ₂ (ppm)	공기순환회수 (No. · hr ⁻¹)	당농도 ($\text{g} \cdot \ell^{-1}$)	초장 (cm)	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	근수 (개)
140 / 1,000	1	30	4.1±0.1	6.5±0.3	3.8±0.1	1.3±0.1	1.9±0.1
		0 ^z	5.2±0.3	7.5±0.1	4.8±0.2	1.5±0.1	2.0±0.1
	0.01	30	3.2±0.3	6.4±0.3	3.1±0.3	1.1±0.1	1.1±0.3
		0	5.5±0.4	8.4±0.4	4.8±0.4	1.5±0.1	2.1±0.2
70 / 340	1	30 ^y	3.3±0.3	10.0±1.0	3.2±0.2	1.1±0.1	1.4±0.1
		0	3.2±0.4	6.2±1.2	3.2±0.3	1.0±0.1	1.3±0.2
	0.01	30 ^x	3.4±0.3	13.2±1.6	3.3±0.2	1.1±0.1	1.4±0.2
		0	2.7±0.3	6.0±0.5	3.1±0.2	1.0±0.1	1.2±0.1

주) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

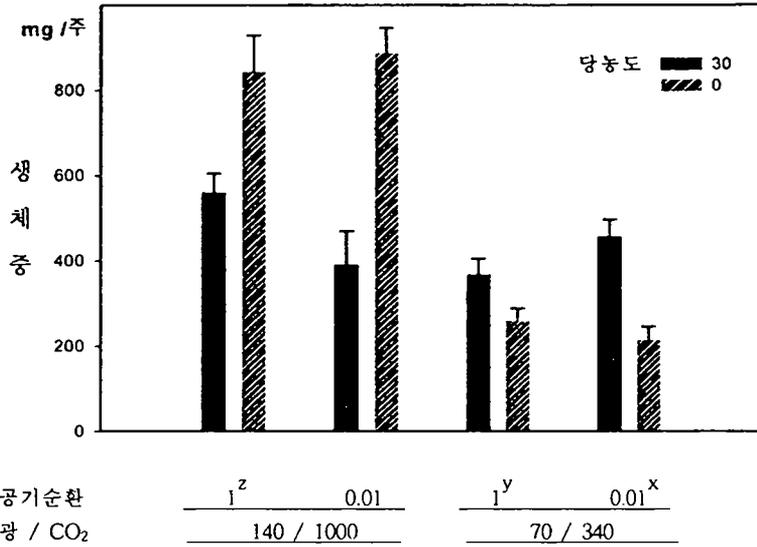


그림 4.2.16. 상추의 조직배양 조건별 생체중 비교
 주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.15.와 동일함.

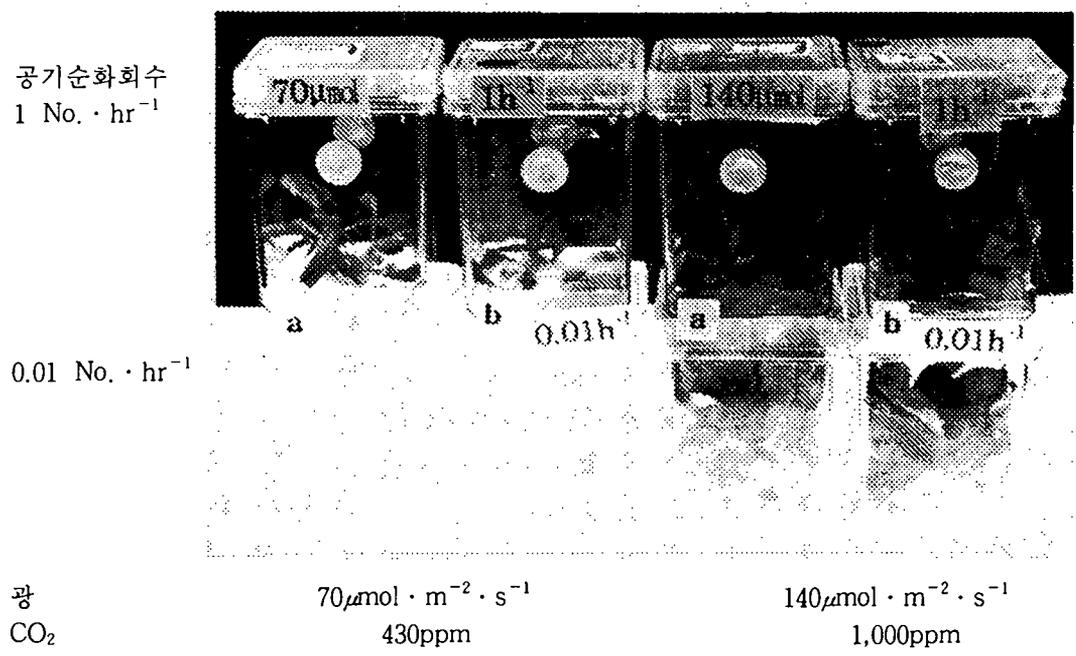


사진 4.2.4. 상추 조직배양 환경별 생육상태
 주) 당농도 a는 30g · l⁻¹, b는 무첨가.

3) 결과요약
 상추의 조직배양에서 환경 및 배지조건별 유묘생장정도를 보기 위해 몇가지 형질조사를 실시한바 그 결과는 다음과 같다.

유묘생존율(그림 4.2.15)은 광독립자가영양배양조건에서 83.3%로 가장 높고 타가영양환경에서는 66.7%로 가장 낮았다. 그리고 sucrose 30g · ℓ⁻¹이 첨가된 혼합영양에서는 72.0%의 유묘생존율을 보였다.

상추의 배양조건별 생육(표 4.2.5)에서 초장은 광독립배양이 5.2cm로 가장 좋았으며 타가영양과 혼합영양은 각각 3.4cm, 3.3cm로 저조하였다. 엽생장에서 엽수는 광독립이 타가 혼합영양에 비하여 적었으나 엽장과 엽폭에서는 증가되는 경향이였다. 그리고 뿌리수에서는 광독립자가영양배양묘에서 효과적이였다.

바. 감자의 배양 실증시험

1) 재료 및 방법

공시재료는 약 1.5cm 크기의 감자(*Solanum tuberosum* L.) 절편체를 사용하였다. 배지는 MS 기본배지에 sucrose농도는 30g · ℓ⁻¹와 B₅비타민을 첨가하였고, 생장조절제는 첨가하지 않았다.

2) 실험결과

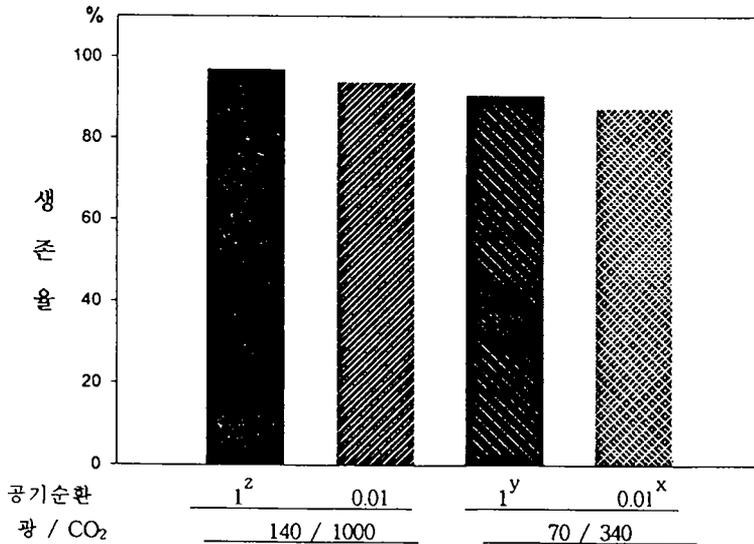


그림 4.2.17. 감자의 조직배양 조건별 생존율 비교

- 1) 단위 : 공기순환 No. · hr⁻¹, CO₂농도 ppm, 광 μmol · m⁻² · s⁻¹.
- 2) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양.

표 4.2.6. 감자의 조직배양 조건별 생장 비교

광(μmol · m ⁻² · s ⁻¹) / CO ₂ (ppm)	공기 순환회수 (No. · hr ⁻¹)	엽수 (개 / 주)	초장 (cm)	근수 (cm)
140 / 1,000	1 ^z	6.20 ± 0.49	5.42 ± 0.84	3.40 ± 0.60
	0.01	10.67 ± 0.88	1.87 ± 0.24	1.00 ± 0.00
70 / 340	1 ^y	9.00 ± 0.58	5.05 ± 0.98	2.50 ± 0.65
	0.01 ^x	11.00 ± 1.67	4.72 ± 0.96	1.20 ± 0.37

주) 시험구 조합 중 z는 광독립영양배양, y는 혼합영양배양, x는 타가영양배양

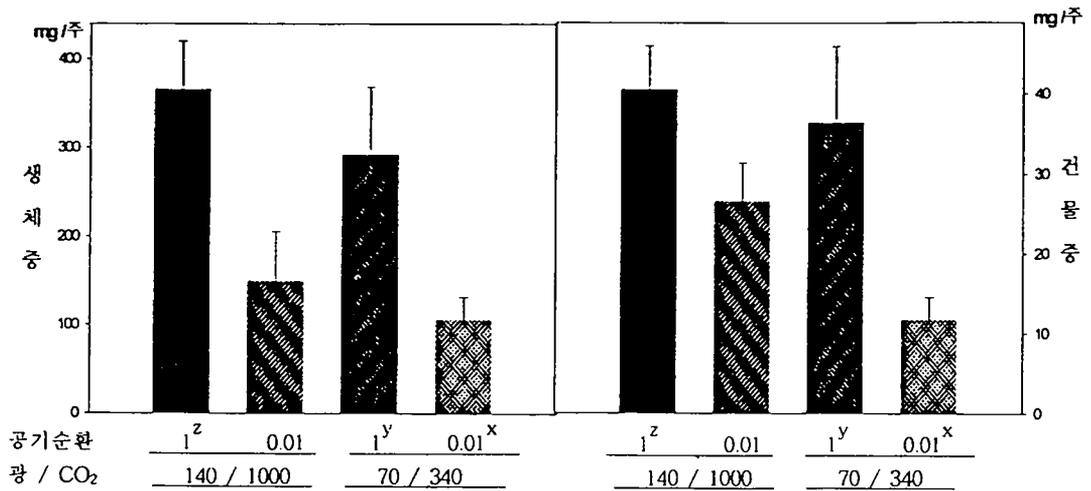
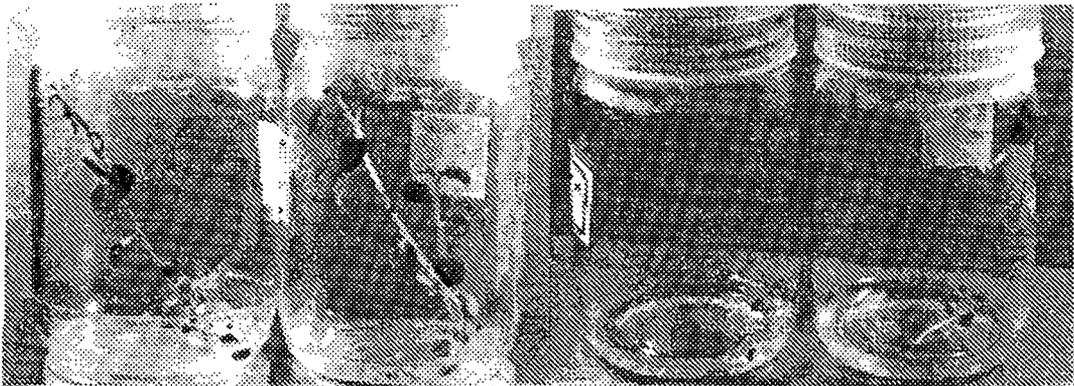


그림 4.2.18. 감자의 조직배양 조건별 무게 비교
주) 단위, 배양환경 z, y, x의 표시내용은 그림 4.2.17.과 동일함.



Light ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	CO ₂ (ppm)	Air Circulation (No. · hr ⁻¹)	Condition
70	340	1	140 / 1000
140	1,000	1	70 / 340
70	340	0.01	140 / 1000
140	1,000	0.01	70 / 340

사진 4.2.5. 감자의 조직배양 환경별 생육상태

3) 결과요약

감자 절편체 조직배양에서 배양환경에 따른 생육정도를 보기 위해 시험을 실시하였던바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

조직배양체의 생존율(그림 4.2.17)을 보면 광독립자가영양배양이 96.9%로 가장 높고 타가영양배양에서는 87.5%로 낮았다. 그리고 30g · l⁻¹의 sucrose가 첨가된 혼합영양배양에서는 90.6%로 중간정도의 생존율을 보였다. 생장(표 4.2.6)비교에서는 엽수는 광독립자가영양배양이 6.20%개/주로 가장 적었고, 타가영양에서 11.0개/주, 혼합영양에서 9.0개/주로 나타난 반면 초장과 뿌리수에서는 자가영양배양에서 각각 5.42cm, 3.40cm로 가장 길

며, 타가영양이 4.72cm, 1.20cm로 가장 짧았고, 혼합영양배양에서는 각각 5.05cm, 2.50cm로 그 중간정도였다.

생장량(그림 4.2.18)에서 생체중과 건물중정도는 광독립영양배양에서 각각 366mg/주, 40.6mg/주로서 가장 무거웠으며 타가영양에서는 116mg/주, 11.8gm/주로 가장 적었다. 그리고 혼합배양에서는 각각 293mg/주, 36.5mg/주로 그 중간에 있었다.

이상의 결과에서 광독립영양배양조건이 타가영양배양에 비하여 성묘율, 초장, 뿌리수, 생체중, 건물중 등의 형질에서 효과적이 있었으며 혼합배양은 그 중간의 성적을 보였다.

2. 자가영양배양의 측면광 공급 효과시험

조직배양의 광공급을 대부분 상부 수직직선조사에 의존하고 있다. 본 보고서 제2장 4절에서 기술한 측면광 공급장치중 LED Light에 의한 광공급장치를 이용하여 몇가지 작물을 대상으로 조직배양 환경조건별로 실험을 실시하였다. 특히 LED Light는 광으로부터 발열이 없어 배양기내의 온도조절에 매우 유리한 환경을 조성할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 시험에 이용한 광원별 광량은 다음의 표와 같다.

표 4.2.7. LED Light 측면광 공급장치의 광량

구 분	광 량	사 양
황색LED	$1.9\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	Low Luminance, 파장 585nm, 2.5V, 0.02A
녹색LED	$2.2\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	Hight Luminance, 파장 563nm, 2.5V, 0.02A
적색LED	$94.0\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	Hight Luminance, 파장 660nm, 2.5V, 0.03A
형광등	$77.0\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	오스람 형광등

가. 측면광 공급에 의한 거베라(*Gerbera jamesonii* B.) 조직배양 실험

1) 재료 및 방법

공시재료는 약 3.5cm 크기의 잎이 2매 부착된 거베라유묘를 사용하였으며 배지의 조성은 MS기본 agar 배지에 sucrose $30\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 첨가구와 무첨가구로 구분하였다. sucrose 첨가구에는 B₅비타민을 첨가하고 sucrose무첨가구는 비타민을 첨가하지 않았다. 그리고 성장조절제를 모든 배지에 첨가하지 않았다. CO₂ 340ppm 단일처리구로 하고 공기순환 filter 유무에 따른 순환회수는 1 No·hr⁻¹, 0.01 No·hr⁻¹ 두 처리로 하였다. LED광은 측면에서 공급하고 형광등은 상부에서 하향 공급하였다. 그외 배양환경 및 조사방법은 제4장 2절 1항의 거베라 배양시험과 동일하게 하였다.

2) 시험결과

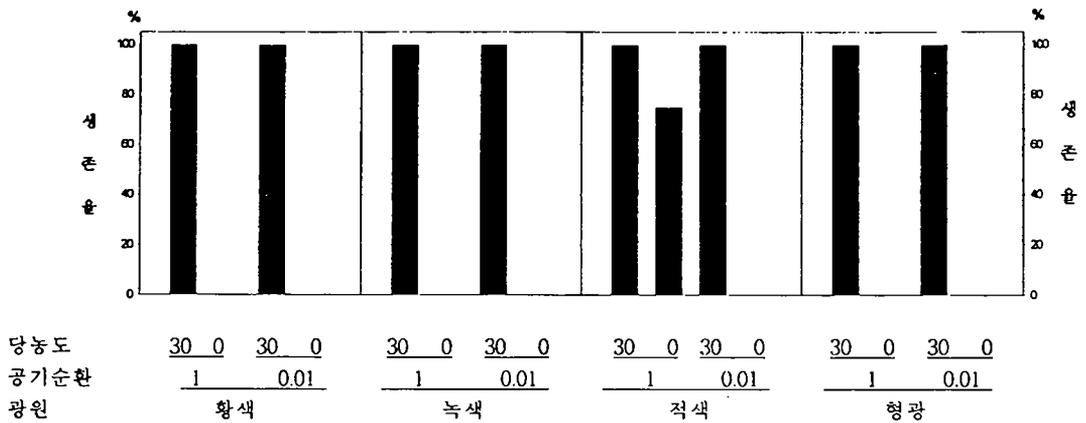


그림 4.2.19. LED 측면광 공급에 의한 거베라의 주요 생존율

주) 단위 : 당농도 $g \cdot \ell^{-1}$, 공기순환 $No. \cdot hr^{-1}$.

표 4.2.8. LED 측면 광공급에 의한 거베라의 엽생장 변화

광원	공기순환회수 ($No \cdot hr^{-1}$)	당농도 ($g \cdot \ell^{-1}$)	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
LED 황색광	1	30	16.25 ± 3.25	3.33 ± 0.18	0.45 ± 0.05
		0	고사	고사	고사
	0.01	30	22.50 ± 2.50	3.93 ± 0.18	0.43 ± 0.13
		0	고사	고사	고사
LED 녹색광	1	30	20.75 ± 5.25	4.30 ± 0.20	0.63 ± 0.08
		0	고사	고사	고사
	0.01	30	20.75 ± 6.25	3.80 ± 0.20	0.48 ± 0.08
		0	고사	고사	고사
LED 적색광	1	30	26.50 ± 1.50	3.93 ± 0.08	0.63 ± 0.13
		0	25.50 ± 0.50	2.25 ± 0.25	0.65 ± 0.15
	0.01	30	24.25 ± 1.25	3.18 ± 0.18	0.70 ± 0.10
		0	고사	고사	고사
형광등	1	30	14.75 ± 4.25	2.43 ± 0.43	0.43 ± 0.03
		0	고사	고사	고사
	0.01	30	19.25 ± 4.75	3.13 ± 0.63	0.38 ± 0.03
		0	고사	고사	고사

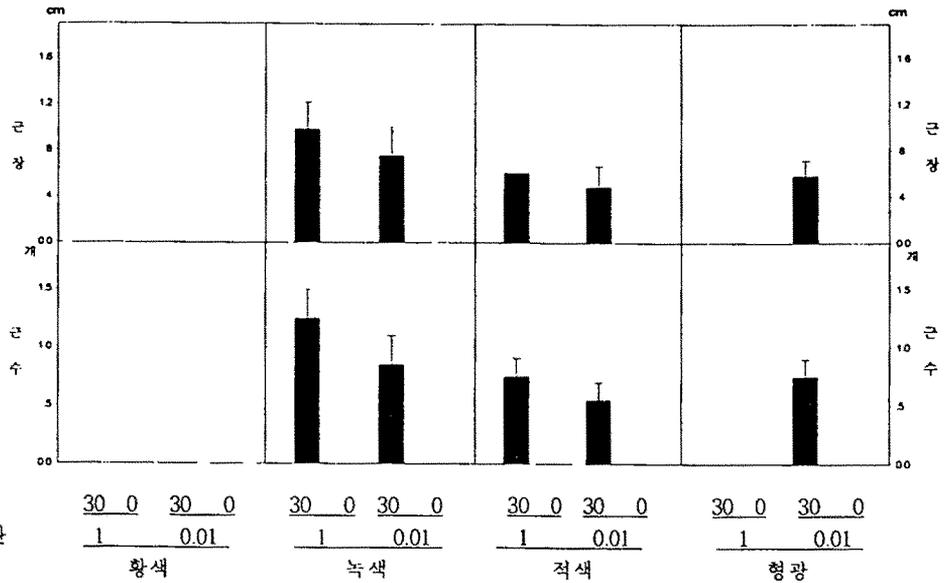


그림 4.2.20. LED 측면광 공급에 의한 거베라의 뿌리생장 변화
 주) 단위 : 당농도 $g \cdot l^{-1}$, 공기순환 $No. \cdot hr^{-1}$.

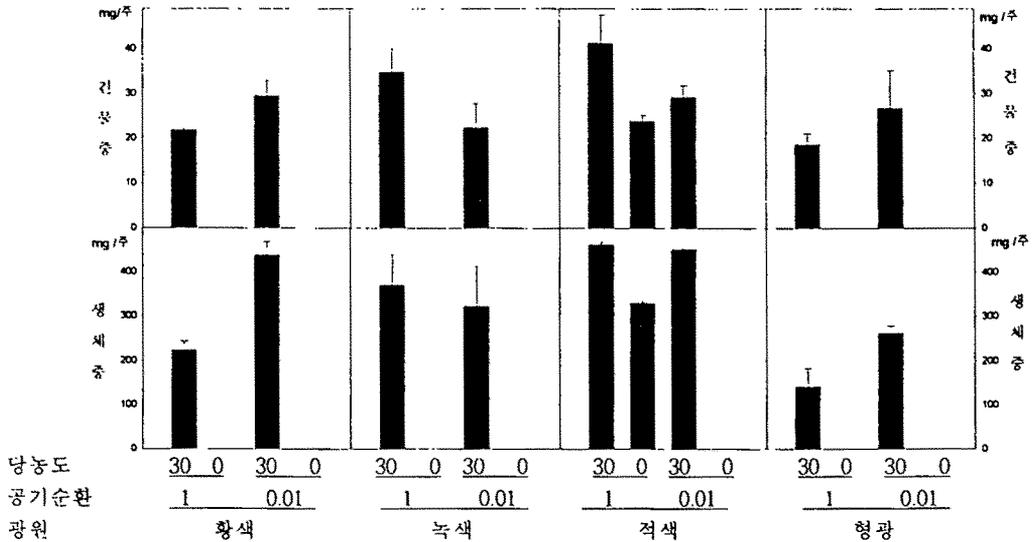


그림 4.2.21. LED 측면광 공급에 의한 거베라의 유묘 무게변화
 주) 단위 : 당농도 $g \cdot l^{-1}$, 공기순환 $No. \cdot hr^{-1}$.

3) 결과요약

가) 육묘생존율

LED측면광에 의한 거베라 유묘 생존율(그림 4.2.19)을 조사한바 대부분의 광원에서 sucrose무첨가구는 고사하였다. 그러나 LED적색광원의 CO_2 340ppm, 공기순환 $1 No. \cdot hr^{-1}$

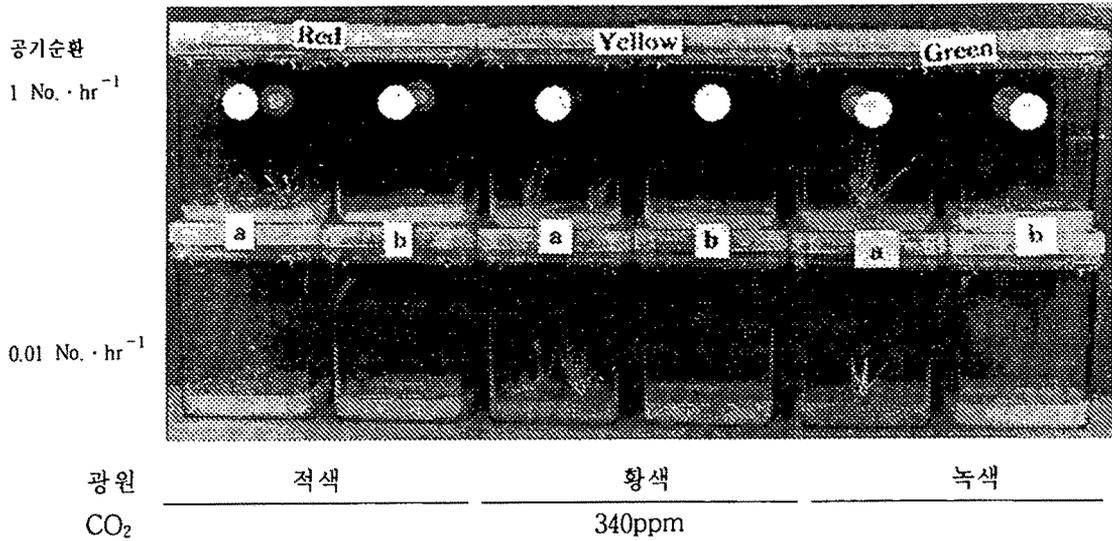


사진 4.2.6. LED 측면광 공급에 의한 조직배양환경별 거베라 생육상태

주) 당농도 a는 $30 \text{ g} \cdot \ell^{-1}$, b는 무첨가.

조건에서는 75%의 생존율을 보였다. 그리고 당이 공급된 구에서는 광원 및 공기순환회수에 관계없이 모든 처리구에서 100%의 생존율을 보였다. 이상의 결과에서 광량의 확보 뿐 아니라 측면광의 공급이 생존율증대에 영향하며 또한 CO_2 의 기내공급이 주요한 요인임을 알 수 있었다.

나) 엽생장 변화

엽생장정도를 보기 위해 광원 및 배양환경별 엽수, 엽장, 엽폭(표 4.2.8)등을 조사한바 엽수의 증가는 LED적색광이 가장 많았고, 특히 공기순환 1회/1시간에 $30 \text{ g} \cdot \ell^{-1}$ 의 당이 첨가된 구에서 26.5매로 가장 많았고, 광독립자가영양배양인 당이 첨가되지 않은 구에서도 25.5매로 그 다음으로 많았다. 그러나 대체로 당이 첨가될 경우 CO_2 가 공급되는 시험구보다 공급되지 않은 구가 엽수증가가 많은 경향이였다.

다) 뿌리생장 변화

뿌리생장정도를 보기 위해 근장과 근수(그림 4.2.20)를 측정하바 황색광원과 sucrose무첨가구는 유묘의 고사 또는 발근이 없었다. 뿌리길이 및 뿌리수가 가장 양호한 광원은 LED 녹색광원이었으며 특히 CO_2 340ppm, 공기순환 1회/1시간 조건에서 $30 \text{ g} \cdot \ell^{-1}$ 의 당이 공급된 구였다. LED적색광원과 형광등은 비교적 낮은 뿌리생육을 보였다.

라) 생체중과 건물중 변화

대부분 LED적색광원의 처리구에서 생체중 및 건물중 증가가 많았으며 특히 CO_2 가 공급되면서 당이 첨가된구에서 생체중 $462 \text{ mg} / \text{주}$, 건물중 $41.3 \text{ mg} / \text{주}$ 로 가장 많았고 당이 첨가되지 않은 광독립자가영양배양의 경우에도 각각 $330 \text{ mg} / \text{주}$, $23.8 \text{ mg} / \text{주}$ 로서 높게 나왔다. 반면에 형광등을 이용한 시험구에서는 당이 첨가되어도 가장 낮은 경향을 보였다.

나. 측면광 공급에 의한 상추(*Lactuca sativa* L.)의 조직배양 시험

1) 재료 및 방법

공시재료는 시판되고 있는 상추품종인 “청치마”를 파종하여 10일된 유묘를 사용하였다. 배지의 조성 및 배양환경, 그리고 조사방법등은 앞의 거베라와 동일하게 하였고 기타 상이한 내용은 시험결과에서 서술기록 하였다.

2) 시험결과

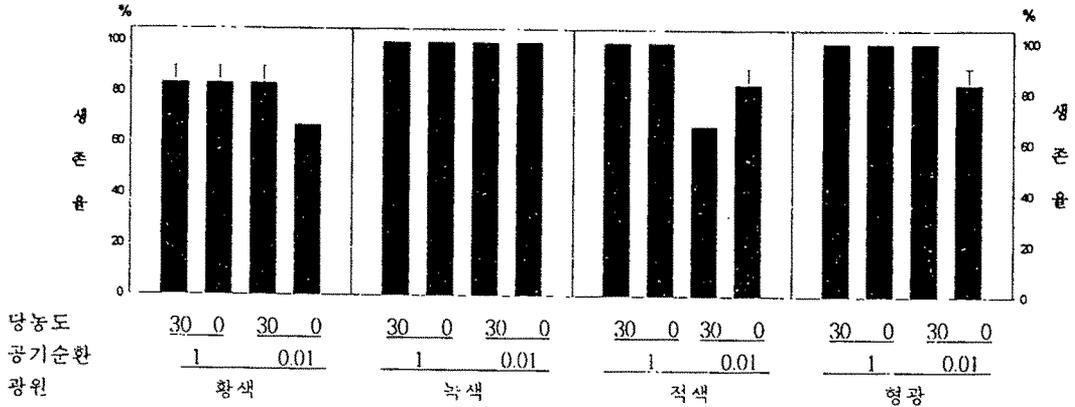


그림 4.2.22. LED 측면광 공급에 의한 상추의 유묘생존율

주) 단위 : 당농도 $g \cdot l^{-1}$, 공기순환 $No \cdot hr^{-1}$.

표 4.2.9. LED 측면광에 의한 상추의 엽생장 변화

광원	공기순환회수 ($No \cdot hr^{-1}$)	당농도 ($g \cdot l^{-1}$)	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
LED 황색광	1	30	7.75 ± 0.25	3.65 ± 0.65	0.35 ± 0.05
		0	2.50 ± 0.50	0.74 ± 0.21	0.39 ± 0.02
	0.01	30	9.84 ± 1.17	4.95 ± 0.45	0.52 ± 0.08
		0	2.10 ± 0.34	0.59 ± 0.17	0.34 ± 0.05
LED 녹색광	1	30	7.67 ± 0.34	3.87 ± 1.14	0.64 ± 0.07
		0	6.00 ± 0.33	2.50 ± 0.57	0.48 ± 0.05
	0.01	30	8.34 ± 0.67	4.74 ± 0.17	0.60 ± 0.00
		0	4.67 ± 0.00	1.89 ± 0.79	0.50 ± 0.00
LED 적색광	1	30	9.67 ± 0.34	5.81 ± 0.31	1.74 ± 0.07
		0	11.50 ± 0.50	7.34 ± 0.17	1.72 ± 0.22
	0.01	30	10.50 ± 0.50	5.63 ± 1.13	1.75 ± 0.15
		0	8.00 ± 0.00	4.44 ± 1.07	1.14 ± 0.11
형광등	1	30	10.34 ± 0.34	4.92 ± 0.75	2.15 ± 0.18
		0	11.17 ± 0.17	6.70 ± 0.13	2.70 ± 0.13
	0.01	30	13.67 ± 3.34	4.92 ± 0.25	2.19 ± 0.19
		0	9.75 ± 0.75	3.43 ± 0.43	1.37 ± 0.14

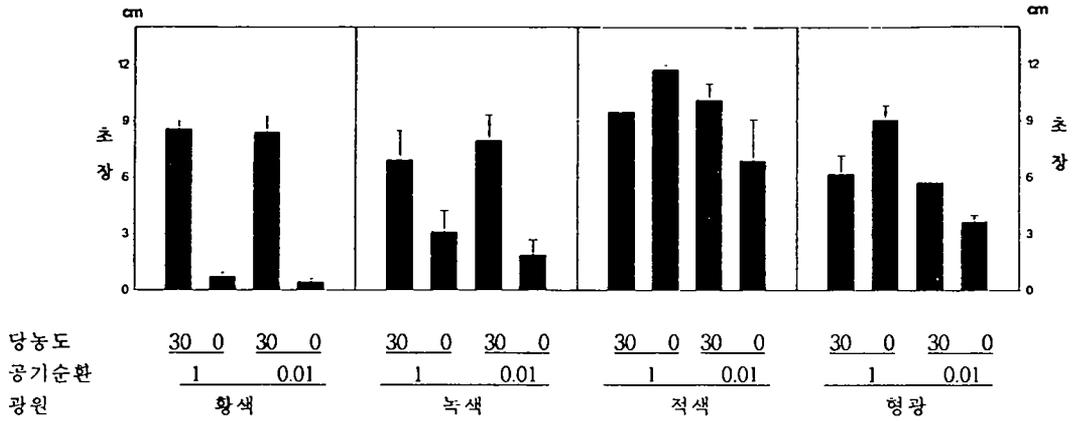


그림 4.2.23. LED 측면광 공급에 의한 상추의 초장변화
 주) 단위 : 당농도 $g \cdot l^{-1}$, 공기순환 $No. \cdot hr^{-1}$.

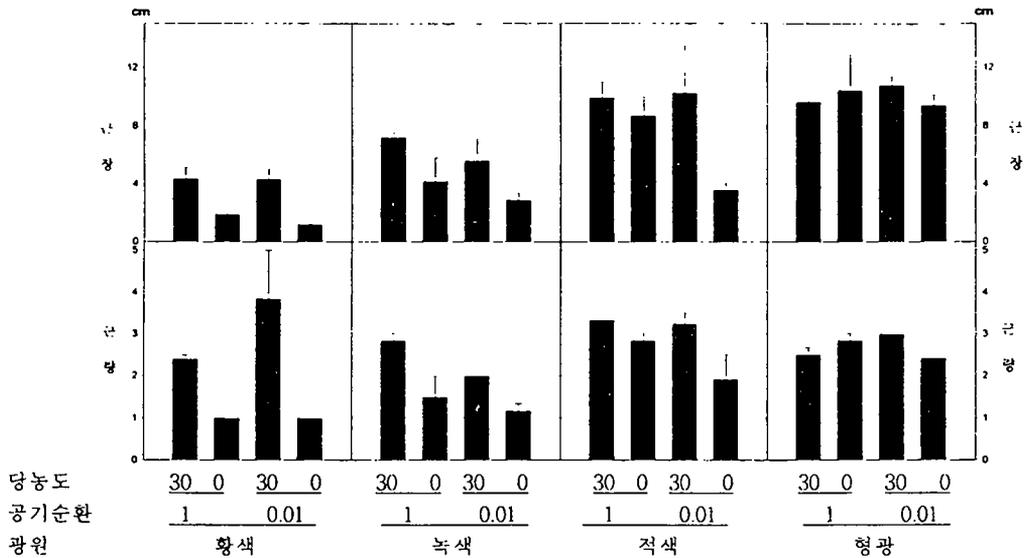


그림 4.2.24. LED 측면광 공급에 의한 상추의 뿌리생장 변화
 주) 단위 : 당농도 $g \cdot l^{-1}$, 공기순환 $No. \cdot hr^{-1}$.
 뿌리량은 1:주당 1-2개로 작음, 2:주당 3-5개로 보통, 3:주당 5-10개로 많음.

3) 결과요약

가) 유묘 생존율

LED측면광공급에 의한 상추 조직배양에서 몇가지 배양환경별 유묘 생존율(그림 4.2.22)을 본바 대부분의 처리구에서 높은 생존율을 보였고 특히 녹색광에서 모든 처리구가 100% 생존하였다. 그외 광원에서는 대체로 CO₂가 공급되는 시험구에서 생존율이 높은 경향을 보였다.

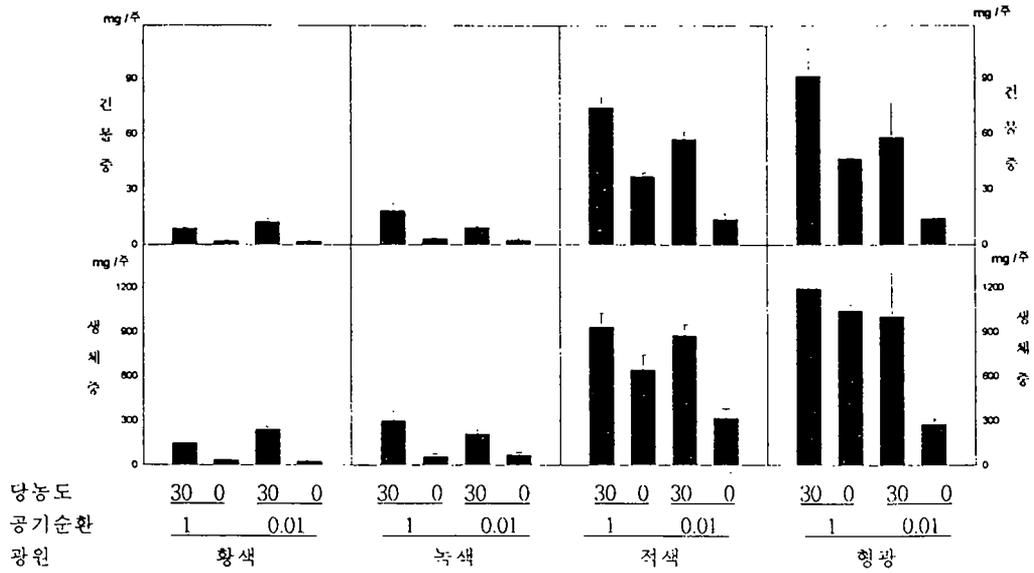


그림 4.2.25. LED 측면광 공급에 의한 상추의 무게변화
 주) 단위 : 당농도 $g \cdot \ell^{-1}$, 공기순환 $No. \cdot hr^{-1}$.

당농도 a
 $30g \cdot \ell^{-1}$

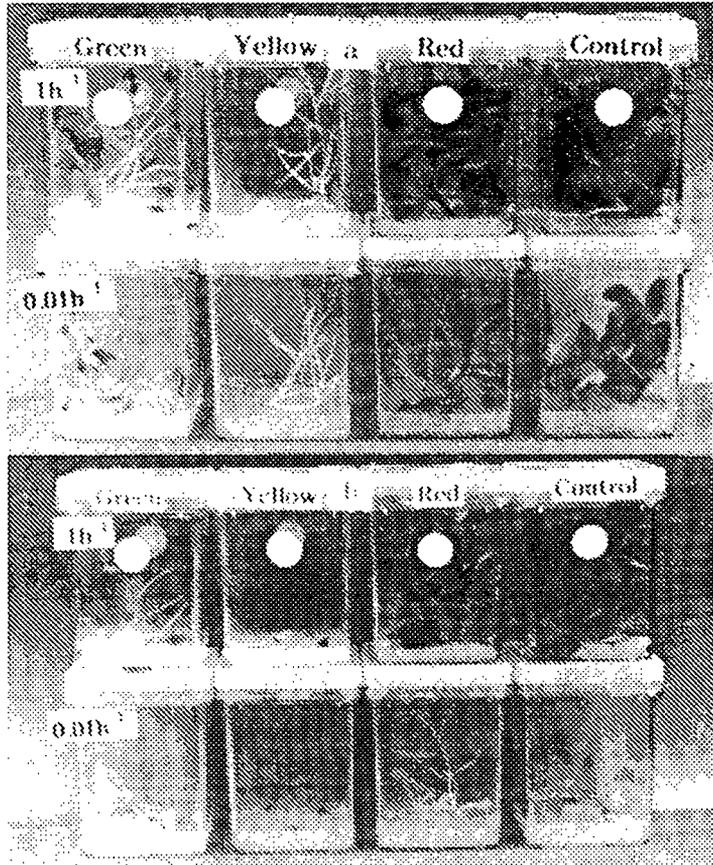
공기순환
 $1 No. \cdot hr^{-1}$

$0.01 No. \cdot hr^{-1}$

당농도 b
 $0g \cdot \ell^{-1}$

공기순환
 $1 No. \cdot hr^{-1}$

$0.01 No. \cdot hr^{-1}$



광원 녹색측면 황색측면 적색측면 형광하향
 사진 4.2.7. LED 측면광 공급에 의한 조직배양 환경별 상추의 생육상태

나) 엽생장 변화

LED 측면광공이 엽생장에 미치는 영향을 보기 위해 엽수, 엽장, 엽폭(표 4.2.9)등을 조사한 바 LED적색광과 형광등이 대부분의 형질에서 우수하였다. 그리고 sucrose첨가 유무에 따른 영향은 $30\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 첨가된 것이 높은 경향을 보였으나 광량이 높은 적색광과 형광등에서는 CO_2 340ppm, 1시간당 1회 순환된 경우에 sucrose가 첨가되지 않은 광독립자가 영양배양에서 생장이 양호한 경향을 보였다. 이는 자가영양조건에서는 강광의 공급이 수반되어야 함을 뒷받침하고 있었다.

다) 초장의 변화

초장(그림 4.2.23)에서도 엽생장과 유사한 성적을 보였고 특히 광량이 부족한 LED황색과 녹색에서는 sucrose의 공급유무에 따른 초장차이가 매우 크고, CO_2 공급유무에 따른 차는 없었다. 가장 효과적인 광원은 LED적색 측면광공공급으로 CO_2 340ppm이 공급될 경우 sucrose가 첨가 첨가되지 않은 자가영양상태에서 11.8cm로 가장 양호한 생육을 보였다.

라) 뿌리생육의 변화

뿌리의 생육상태를 보기 위하여 뿌리길이와 뿌리의 발생상태(그림 4.2.24)를 조사한바 적색LED광과 형광등의 광원에서 효과적이었고 sucrose첨가구가 무첨가에 비하여 양호한 경향이고 CO_2 공급 유무에 따른 차이는 광원에 따라 그 경향이 일정하지 않았다.

마) 생체중과 건물중의 변화

생장량의 변화를 보기 위해 생체중과 건물중(그림 4.2.25)를 광원 및 배양환경별로 조사한 바 모든 광원에서 sucrose첨가구가 무첨가된 구보다 무거웠다. 그리고 광원별 성장량 비교에서는 LED황색과 녹색광에서 저조하였고, LED적색광과 형광등에서는 성장량이 많았다. 생체중 및 건물중이 가장 많은 처리구는 형광등의 하향광원에서 CO_2 340ppm의 순환에 $30\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 의 sucrose가 혼합된 시험구였다.

다. 측면광 공급에 의한 감자(*Solanum tuberosum* L.)의 조직배양 시험

1) 재료 및 방법

공시재료는 약 1.5cm크기의 감자절편체를 사용하였고 배지는 MS기본에 sucrose는 첨가하지 않았으며 비타민과 성장조절제도 전혀 첨가하지 않았다. 배양환경은 LED황색, LED녹색, LED적색 등 3종의 광원을 측면조사하였고, CO_2 는 공기중의 340ppm을 filter 부착유무에 따라 시간당 순환 1회와 0.01회 두처리로 하였다. 기타 배양조건과 조사방법은 앞실험들에 준하였다.

2) 시험결과

표 4.2.10. LED 측면광에 의한 감자의 생장비교

광 원	공기순환회수 (No · hr ⁻¹)	초장 (cm)	엽수 (개)	근수 (개)
황색광	1	8.18±3.67	9.20±2.27	1.00±0.32
	0.01	3.23±0.90	6.25±2.32	0.75±0.25
녹색광	1	4.50±0.40	7.00±1.53	0.67±0.33
	0.01	4.40±0.00	9.00±0.00	1.00±0.00
적색광	1	7.40±1.81	8.80±0.86	1.60±0.40
	0.01	8.60±1.04	8.40±0.68	1.00±0.00

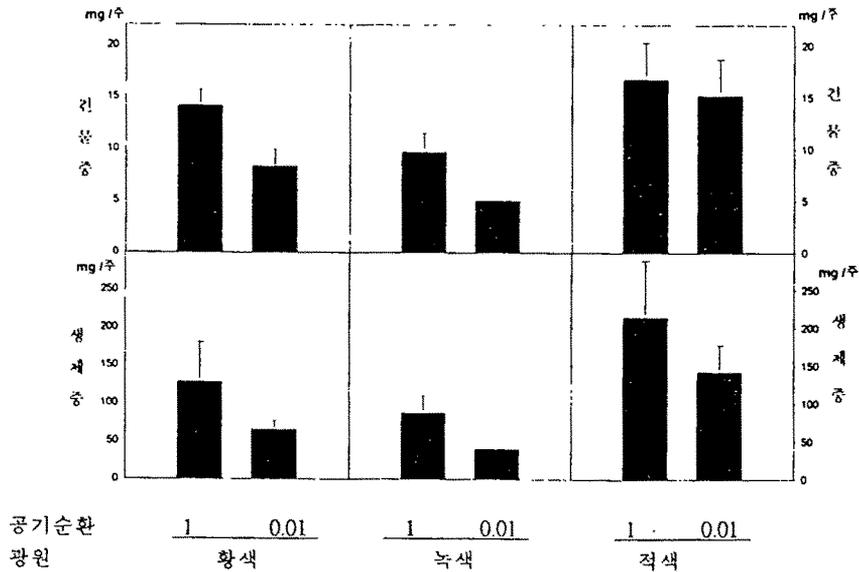


그림 4.2.26. LED 측면광에 의한 감자의 생체중과 건물중 변화
주) 단위 : 공기순환회수 No · hr⁻¹.

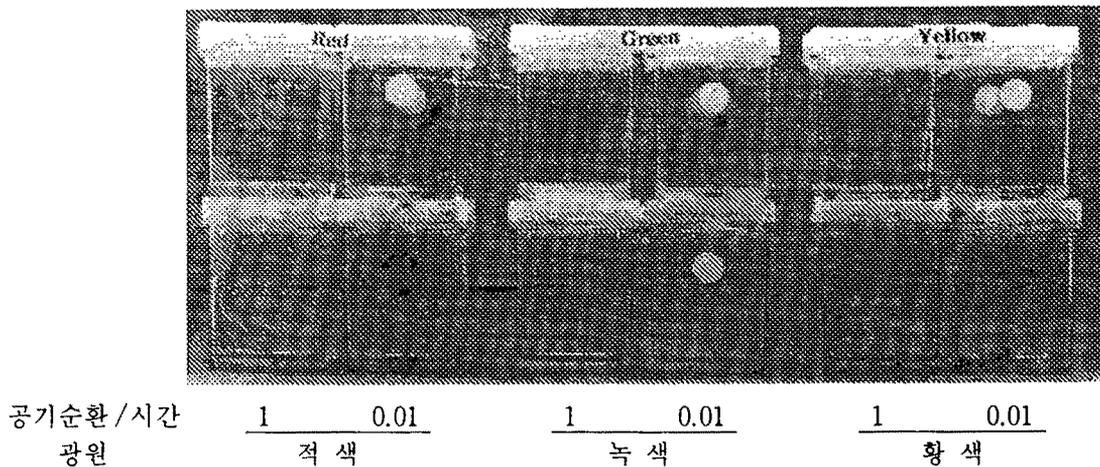


사진 4.2.8. LED 측면광에 의한 조직배양 환경별 감자의 생육상태

3) 결과요약

감자의 조직배양에서 LED광원별 측면광공급이 sucrose무첨가배지에 CO₂공급유무에 의한 배양효과를 보기 위하여 초장, 엽수, 뿌리수(표 4.2.10)등을 조사하였다. 초장은 모든 광원에서 시간당 공기1회 순환구에서 생육이 양호하였으며 가장 초장이 긴 광원은 적색광이었고 특히 공기순환 0.01회 시험구가 8.60cm로 가장 길었다. 엽수와 근수는 광원에 따라 차이가 있어 황색광과 적색광은 CO₂가 공급되는 1회/시간의 공기순환에서 많았다. 녹색광에서는 0.01회/1시간의 순환에서 많아 서로 상이하였다.

생체중과 건물중(그림 4.2.26)정도에서는 모든광에서 공기순환 1회/시간구에서 많았고 광원별 차이는 적색광이 가장 무게가 많았으며 녹색이 가장 적었다. 그리고 황색은 그 중간정도였다.

이상의 결과에서 sucrose가 첨가되지 않은 MS기본배지조건에서 대기중 CO₂가 공급될 수 있도록 filter를 부착하고 LED적색광을 측면공급할 때 감자의 조직배양은 효과적이었다.

3. 광독립자가배양묘의 순화적응 시험

광독립자가영양배양한 유식물체가 순화과정에서 어느정도 적응할 수 있는가를 검토하기 위하여 기내배양 환경별 배양된 묘를 순화실내의 제어환경별로 생육상태를 조사하여 비교하였다.

가. 거베라(*Gerbera jamesonii* B.)의 배양조건별 순화적응시험

1) 서언

거베라의 기내배양을 배양환경별로 육성하여 이들 배양묘를 활착실과 육성온실에서 각각 순화시켜 순화도와 묘생육상태를 조사하므로써 기내배양환경이 순화과정에 미치는 영향을 알고자 하였다.

2) 재료 및 방법

가) 기내배양

공시재료는 각 3.5cm 크기의 잎이 부착된 유묘를 이용하였고 배지는 MS기본배지에 sucrose 30g · l⁻¹첨가구와 첨가하지 않은 시험구로 하였다.

배양환경은 광 70과 140 μ mol · m⁻² · s⁻¹ 두처리, 공기순환회수 시간당 1회, 0.01회 두처리로 하되 CO₂는 대기농도 340ppm으로 하였다. 기타 배양조건, 조사방법은 앞에서 행한 거베라 광독립방법과 유사하였다.

나) 순화육성

순화는 기내배양된 묘를 본 과제에서 개발한 순화활착실(제4장 1절 터널형 순화실 표준설계도 참조)과 육성온실의 베드상태의 두 환경조건에서 실시하였다.

시험 순화실은 온도 25 \pm 2 $^{\circ}$ C, 습도 95 \pm 3%RH, 풍속 0.2m/sec, 광 50%차광조건에서 실시하였으며 대조구는 육성온실 베드조건에서 비교하였다.

3) 시험결과
가) 기내배양

표 4.2.11. 거베라의 기외순화를 위한 기내환경별 배양묘의 생육

광 / CO ₂	공기순환회수	당농도	생존율	엽수(개 / 주)	근수(개)	생체중(mg / 주)
70 / 340	1	30	75.0	16.0±1.9	1.6±0.4	430
		0	100.0	29.2±3.2	2.5±0.4	562
	0.01	30	66.7	15.8±1.8	1.4±0.1	357
		0	96.5	29.4±4.3	2.9±0.9	547
140 / 340	1	30	88.3	19.7±2.1	1.4±0.2	520
		0	100.0	30.6±3.7	3.0±1.0	743
	0.01	30	80.5	17.3±1.7	1.3±0.2	483
		0	98.0	29.5±4.1	2.3±0.9	576

주) 단위 : 광 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 당 $\text{g} \cdot \ell^{-1}$, CO₂ ppm, 공기순환회수 No. $\cdot \text{hr}^{-1}$.

나) 순화육성

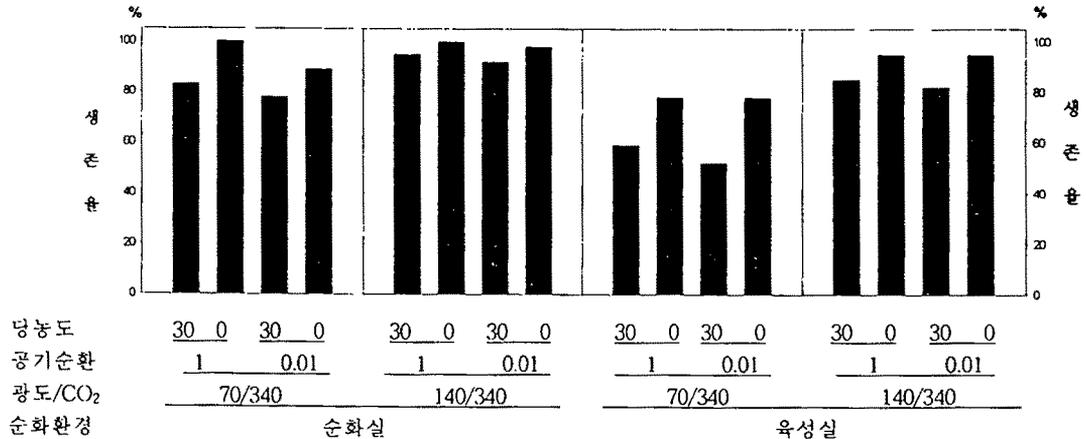


그림 4.2.27. 거베라의 기내 환경별 배양묘의 순화시 순화율

주) 단위는 표 4.2.11과 동일.

4) 결과요약

가) 기내배양

거베라의 순화적응정도를 검토하기 위한 배양묘육성을 위해 기내환경별로 조직배양을 실시하였던바 표 4.2.11과같다.

생존율에서는 당이 첨가되지 않고 CO₂ 340ppm조건에서 공기순환이 시간당 1회인 시험구가 광조건에 관계없이 100% 성묘되었다. 그리고 대부분 CO₂가 공급된 시험구가 양호하

표 4.2.12. 거베라의 기내 환경별 배양묘의 순화시 생육정도

순화환경	광도/CO ₂ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ /ppm)	공기순환회수 (No · hr ⁻¹)	당농도 (g · ℓ ⁻¹)	엽수 (개/주)	근수 (개/주)
순화실	70/340	1	30	18.5±1.9	2.1±0.6
			0	31.3±3.1	4.0±0.6
		0.01	30	19.3±2.1	2.3±0.2
			0	31.8±2.9	3.4±1.1
	140/340	1	30	21.1±2.9	1.8±1.3
			0	34.2±3.9	5.8±1.9
		0.01	30	20.8±2.7	1.6±0.4
			0	32.3±4.1	4.9±2.3
육성실	70/340	1	30	17.6±1.3	2.0±0.3
			0	31.3±2.8	3.4±1.3
		0.01	30	18.4±1.9	1.4±0.3
			0	29.4±3.0	3.2±0.8
	140/340	1	30	20.1±2.8	1.4±0.8
			0	31.8±3.8	4.8±2.5
		0.01	30	21.1±2.4	1.6±0.9
			0	31.2±3.2	4.7±1.8

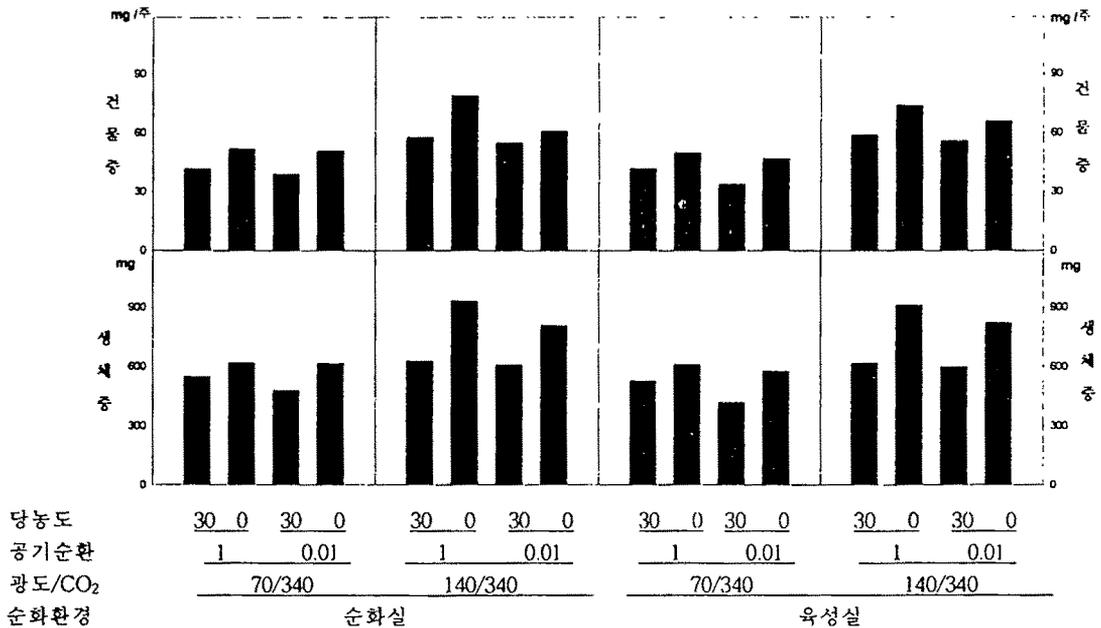
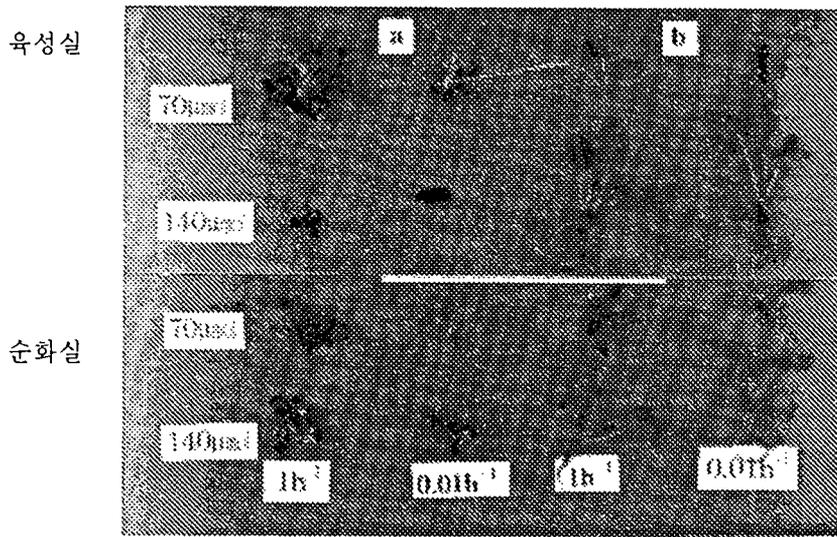


그림 4.2.28. 거베라의 기내 환경별 배양묘의 순화시 무게 변화
주) 단위는 표 4.2.11과 동일.



당농도 (a) $30\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 첨가 (b) 무첨가
 사진 4.2.9. 거베라의 기내배양 환경별 배양묘의 순화조건별 생육상태
 주) 단위 : 광 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 공기순환회수 $\text{No} \cdot \text{hr}^{-1}$.

였고 광량이 높은 $140\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구가 효과적이었다.

엽수, 뿌리수, 생체중 등의 조사에서도 생존율과 비슷한 경향을 보였고, 특히 생체중에서 광독립자가영양배양이 $743\text{mg}/\text{주}$ 의 높은 값을 보여 타가영양배양 $357\text{mg}/\text{주}$ 에 비하여 200%이상 증가되었다. 이상의 배양된 묘를 순화실에 옮겨 기외육성한 결과 다음과 같다.

나) 기외육성

환경별로 기내배양된 거베라묘를 순화실에서 기외육성한 결과를 요약하면 다음과 같다.

성묘생존율(그림 4.2.27)을 보면 육성실 보다는 순화실에서 효과적이었으며 특히 광독립자가영양배양된 묘에서 100%의 성묘율을 보였고 광량이 $70\mu\text{mol}$ 조건에서 배양된 자가영양배양묘도 100%의 높은 성묘율을 나타내었다. 그리고 배양조건이 강광, 무sucrose CO_2 공급을 위한 공기순환조건에서 기외성묘 생존율이 높은 경향을 보였다.

순화묘의 생육상태(표 4.2.12)와 생체중 및 건물중(그림 4.2.28)의 비교에서도 육성실보다 순화실이 효과적으로 나타나 순화전용온실 도입의 필요성을 확인할 수 있었으며 배양 환경이 강광, 무sucrose, 공기순환조건 즉 광독립 또는 자가영양환경하에서 배양된 묘가 양호한 결과를 보여 순화적응능이 높음을 알 수 있었다.

나. 스타티스(*Limonium sinuatum* M.)의 기내배양 조건별 순화적응시험

1) 재료 및 방법

시험재료로 사용된 배양묘는 제4장 2절 1항 나내용에서 실증시험한 스타티스배양묘를 이용하였고 이때 자가, 혼합 및 타가영양배양된 묘 만을 이용하였다. 순화조건은 순화실에서

만 실시하였다.

2) 시험결과

표 4.2.13. 스타티스의 기내배양 환경별 배양묘 순화시 생육정도

배양구분	광/CO ₂	당	순환횟수	생존율 (%)	엽수 (개/주)	뿌리수 (개/주)	생체중 (mg/주)
광독립배양	140/1,000	0	1	100.0	13.9±4.6	4.8±0.9	137.3
혼합배양	70/ 340	15	1	96.8	11.6±4.7	1.6±0.2	129.8
타가영양	70/ 340	30	0.01	94.4	11.6±3.8	1.8±0.2	135.9

주) 단위 : 광 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 당 $\text{g} \cdot \ell^{-1}$, CO₂ ppm, 공기순환횟수 No. $\cdot \text{hr}^{-1}$.

3) 결과요약

스타티스 순화시 생육에 미치는 영향을 표 4.2.13에서 보면 환경조건별 성묘율은 94-100%범위에 있었고 특히 광독립자가영양배양에서 100%의 높은 생존율을 나타내었다. 그리고 엽수, 뿌리수, 생체중 모두 자가영양에서 효과적이었으며 뿌리수의 경우 자가영양은 4.8개/주인데 반해 혼합영양과 타가영양배양은 각각 1.6, 1.8개/주로 매우 작았다.

다. 호접란(*Phalaenopsis schilleriana* Rehb. f.)의 기내배양조건별 순화적응시험

1) 재료 및 방법

시험재료로 사용된 배양묘는 제4장 2절 1항의 다에서 실증시험한 호접란배양묘를 이용하였으며 이때 배지는 당이 $30\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 이 첨가되었다. 순화실험에 이용한 배양묘는 강광, 혼합, 타가영양조건에서 배양된 묘를 이용하였다. 순화조건은 순화실에서만 시험이 실시되었다.

2) 시험결과

표 4.2.14. 호접란의 기내배양환경별 배양묘 순화시 생육정도

배양구분	광/CO ₂	당	순환횟수	생존율 (%)	엽수 (개/주)	뿌리수 (개/주)	생체중 (mg/주)
광독립배양	140/1,000	30	1	100.0	2.8±0.4	2.4±0.6	32.6
혼합배양	70/ 340	30	1	100.0	3.1±0.5	2.9±0.9	43.6
타가영양	70/ 340	30	0.01	98.4	3.4±0.5	2.9±0.6	39.8

주) 단위 : 광 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 당 $\text{g} \cdot \ell^{-1}$, CO₂ ppm, 공기순환횟수 No. $\cdot \text{hr}^{-1}$.

3) 결과요약

호접란의 순화시 생육상태(표4.2.14)를 보면 성묘율은 배양환경에 관계없이 98%이상의 매우 높은 생존율을 나타내었으며 특히 광독립과 혼합영양배양에서는 100% 성묘되었다. 그리고 엽수, 뿌리수, 생체중에서는 일정한 경향이 없었으나 혼합영양배양에서 생체중이 43.6mg/주로 가장 높게 나타났다.

라. 상추(*Lactuca sativa* L.)의 기내배양 조건별 순화적응시험

1) 재료 및 방법

시험재료로 사용된 배양묘는 제2장 5절 6항에서 자가영양배양장치의 실용화시험에서 얻어진 유묘를 이용하였으며 순화장치는 순화실과 육성온실로 두처리 하였다.

2) 시험결과

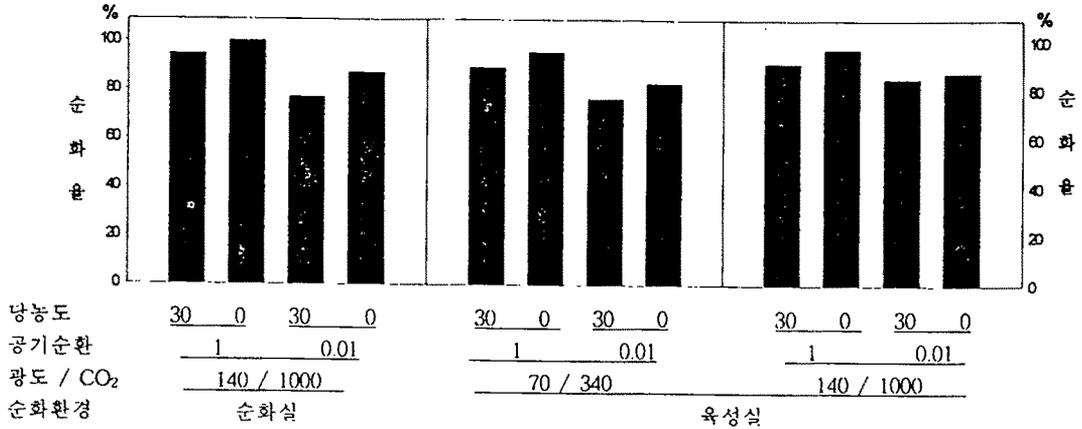


그림 4.2.29. 상추의 기내 환경별 배양묘의 순화시 순화율

주) 단위 : 광 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 당 $\text{g} \cdot \ell^{-1}$, CO₂ ppm, 공기순환횟수 No. $\cdot \text{hr}^{-1}$.

표 4.2.15. 상추의 기내 환경별 배양묘의 순화시 생육정도

순화환경	광도 / CO ₂ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ / ppm)	공기순환회수 (No. $\cdot \text{hr}^{-1}$)	당농도 ($\text{g} \cdot \ell^{-1}$)	초장 (cm)	엽수 (개 / 주)	근수 (개 / 주)
순화실	140 / 1,000	1	30	8.0 ± 0.2	8.6 ± 0.2	6.4 ± 1.0
			0	8.1 ± 0.5	9.1 ± 0.9	8.9 ± 2.1
		0.01	30	7.1 ± 0.2	6.1 ± 0.5	6.8 ± 1.8
			0	8.0 ± 0.3	8.4 ± 0.2	8.4 ± 1.9
육성실	70 / 340	1	30	7.7 ± 0.4	7.6 ± 1.0	5.8 ± 0.8
			0	7.9 ± 0.9	7.9 ± 0.2	7.8 ± 1.1
		0.01	30	5.8 ± 0.3	4.3 ± 0.9	5.1 ± 0.4
			0	6.8 ± 0.5	6.0 ± 0.3	7.3 ± 0.4
육성실	140 / 1000	1	30	7.8 ± 0.2	11.1 ± 0.9	6.3 ± 0.8
			0	8.0 ± 0.4	6.0 ± 0.3	7.8 ± 1.1
		0.01	30	6.4 ± 0.1	12.3 ± 0.8	6.4 ± 1.0
			0	7.2 ± 0.1	5.4 ± 0.3	8.1 ± 0.9

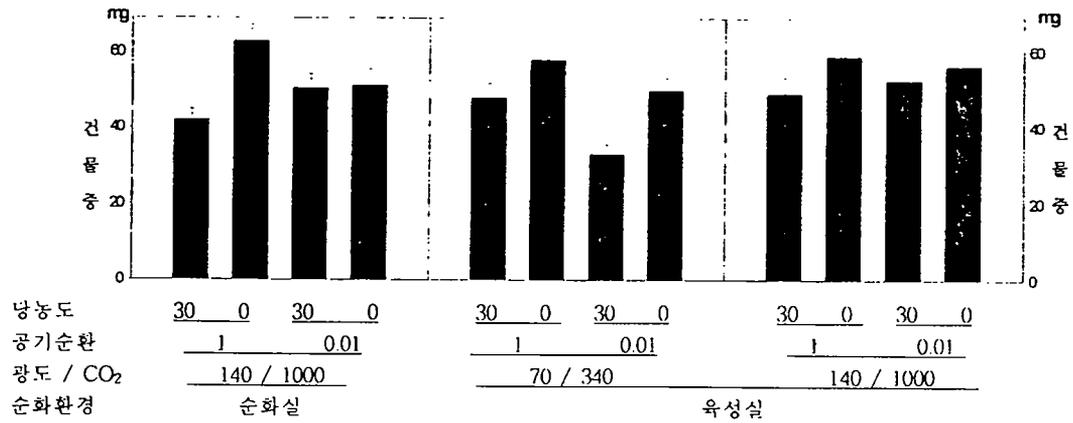
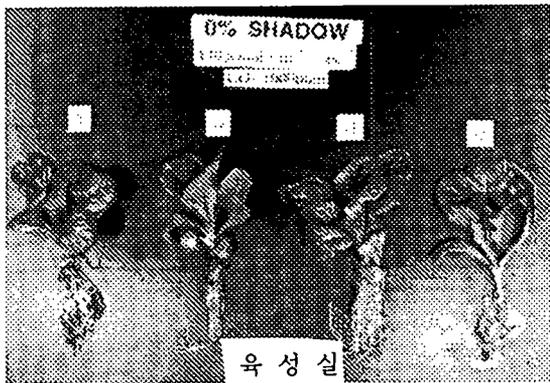
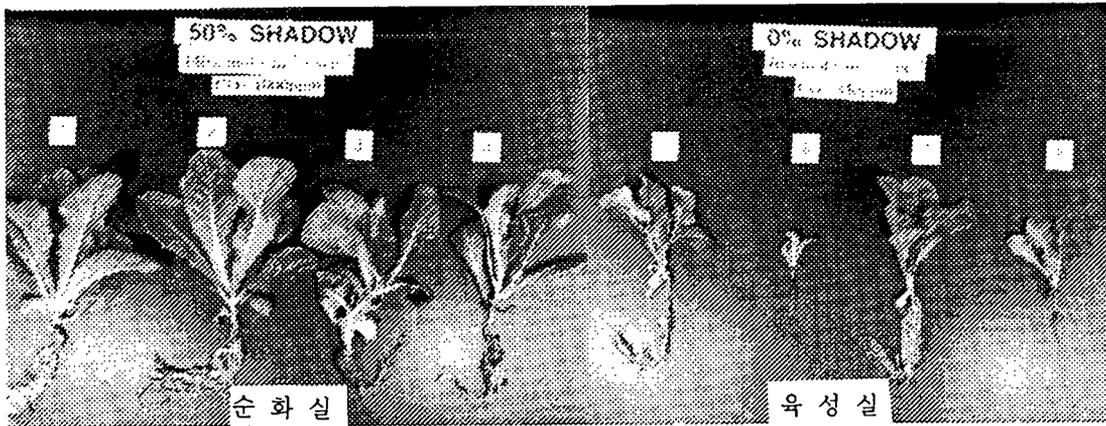


그림 4.2.30. 상추의 기내 환경별 배양묘의 순화시 무게 변화
 주) 단위는 그림 4.2.29와 동일.



- 주)
- ①⑤⑨-당 $30g \cdot l^{-1}$ 공기순환 $1 No \cdot h^{-1}$
 - ②⑥⑩-당 $30g \cdot l^{-1}$ 공기순환 $0.01 No \cdot h^{-1}$
 - ③⑦⑪-당 $0g \cdot l^{-1}$ 공기순환 $1 No \cdot h^{-1}$
 - ④⑧⑫-당 $0g \cdot l^{-1}$ 공기순환 $0.01 No \cdot h^{-1}$

사진 4.2.10. 상추의 기내배양 환경별 배양묘의 순화조건별 생육상태

3) 결과요약

상추의 환경조건별로 기내배양묘를 순화실 및 육성실에서 각각 순화시켜 본바 다음과 같이 생육상태를 조사할 수 있었다.

순화묘의 생존율(그림 4.2.29)은 육성온실보다는 순화실에서 양호하였으며 특히 광독립자가 영양배양 조건인 광 $140\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, CO_2 1,000ppm, 공기순환 $1\text{No} \cdot \text{h}^{-1}$, 당을 첨가하지 않은 구에서 100%의 성묘율을 보였다. 반면에 육성온실의 타가영양과 혼합영양조건에서는 각각 76.3%, 89.2%의 성묘율을 나타내었다.

또한 초장, 엽수, 및 뿌리수(표 4.2.15)와 건물중(그림 4.2.30)의 결과에서도 순화율과 비슷한 결과를 보여 기내배양뿐 아니라 배양후 순화시 성묘율과 건전묘 생산을 위하여는 강광과 CO_2 공급조건 그리고 무당배지의 이용이 바람직 할것으로 판단되었다. 뿐만아니라 최적의 순화환경을 부여해줄 때 건전묘의 다수확이 가능하므로 적정한 순화실이 육성온실과는 별도로 배치되어야 할 것으로 사료되었다.

제 5 장 원예작물 조직배양사업의 경제성 분석

제 1 절 서 론

현재 일반농가에서 운영하고 있는 대부분의 조직배양농장은 시설규모가 영세한데다 시설이 매우 열악하고 기계·설비를 제대로 갖추지 못하고 있을 뿐만 아니라 배양 및 순화 기술수준이 낮은 상태에 머물러 있기 때문에 아직은 건강한 묘를 저렴한 비용으로 대량생산·공급할 수 있는 체제를 갖추지 못하고 있다. 특히 타가영양배양법에 의존하고 있는 관행의 배양기술과 기내 환경조건하에서는 배양 및 순화과정에서 묘의 고사율이 높고 불량묘가 과다하게 발생하고 있으며, 이것이 생산성을 저하시켜 배양묘의 평균생산비를 높이고 생산농가의 경영수지를 악화시키는 주요 요인이 되고 있다.

더욱이 조직배양농가의 대부분은 경영마인드가 결여되어 막대한 시설자금이 투입되는 하나의 사업체를 운영하면서도 정확한 기록없이 주먹구구식 경영에 의존하고 있는가 하면, 일부 농가에서는 배양사업의 수익성이나 경영능력을 도외시한 무리한 사업착수로 인하여 운영에 많은 어려움을 겪고 있다. 이러한 실정임에도 불구하고 지금까지 조직배양사업에 대한 경제성 분석은 물론 투자사업의 효율성을 높일 수 있는 체계적인 연구가 전혀 이루어 지지 못하고 있다.

본 연구는 이러한 문제의식을 갖고 조직배양산업 현대화사업추진과 개별 농가의 투자결정 및 경영합리화에 도움을 줄 수 있는 유용한 정보를 제공하기 위하여 수행되었다. 이 연구에서는 본 과제에서 자가영양배양을 위해 설계된 농가보급형 조직배양농장을 대상으로 표준 배양실과 순화실의 적정시설규모와 투자액을 결정하고 수익과 비용을 추정하여 조직배양사업의 수익성과 경제성을 분석하였다. 또한 자가영양 배양실 및 순화실의 개발과 이의 농가보급을 위한 실증시험결과에 대한 경제적 효율성을 평가하기 위해 관행의 타가영양배양기술과 비교·분석하였다.

원예작물 조직배양농장의 시설투자액과 비용은 경제공학적인 접근방법에 의해 추정하였다. 이 방법은 물리적 관계로 표시되는 생산함수에 그 기초를 두고 있다. 즉, 조직배양농장의 배양 및 순화과정을 기능별로 세분하고, 각 기능별로 이용가능한 모든 기술적 지식에 기초하여 표준배양실과 순화실을 설계하고 이들 시설물에 대한 투입-산출관계를 결정한다. 그리고 표준배양실과 순화실의 투입-산출관련자료를 계획기간중의 요소가격을 적용하여 비용-산출관련자료로 전환하여 투자액과 비용을 추정한다.

이러한 경제공학적인 방법에 의해 조직배양농장의 투자액과 비용을 추정하기 위하여 본 과제연구에 참여한 기술진에 의해 연구·개발된 농가보급형 자가영양 배양실과 순화실에 대한 표준모델을 비롯하여 자가영양배양을 위한 새로운 기계·설비시스템 및 배양기술 등에 관한 연구결과를 기초자료로 활용하였다(제2장~4장의 내용참조). 또한 비용추정에 필요한 관련자료를 수집하기 위하여 현재 운영중에있는 원예작물 조직배양농장을 대상으로

시설규모 및 투자액, 배양기술, 운영비용 등에 대한 현장조사를 실시하는 한편, 농촌진흥원, 농촌지도소, 종묘회사 등에서 조직배양사업에 참여하고 있는 전문기술자들로부터 조직배양 관련자료를 수집·활용하였다.

제 2 절 조직배양법과 농가수용기술

현재 원예작물 조직배양사업은 난류를 비롯한 일부 숙근초화류에 한정되어 있고 채소류에 대한 조직배양은 시작단계에 불과한 실정이다. 더욱이 우리나라에서는 식물조직배양사업이 아직 산업적으로 정착되지 못하고 있기 때문에 조직배양공정과 공정별 수용기술, 그리고 시설 및 기계·설비 등이 조직배양농가에 따라 현격한 차이가 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 여기서는 원예작물 조직배양농가에서 보편적으로 채택하고 있는 조직배양방법과 기술적 특성을 간략히 살펴보고, 이를 본 과제에서 연구·개발된 새로운 배양기술과 비교·설명하고자 한다.

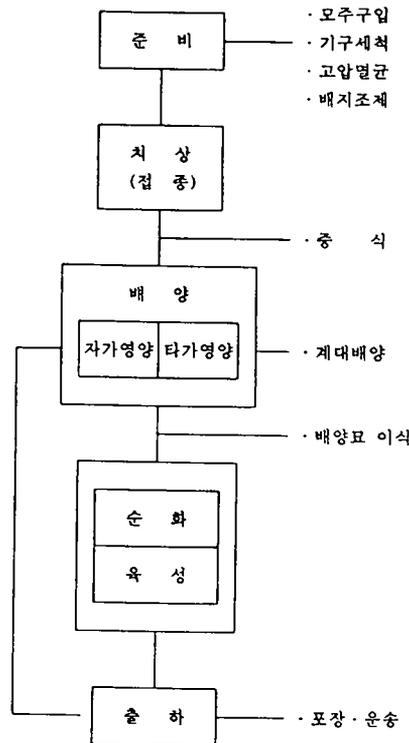


그림 5.2.1. 조직배양 공정도

일반농가에서 채택하고 있는 배양묘 생산공정은 그림 5.2.1.에서 보는 바와 같이 준비 → 치상(접종) → 배양 → 순화·육성의 4단계로 구분될 수 있는데, 이 과정에서 농가가 수용하고 있는 기본적인 배양기술은 배지에 당, 비타민, 생장조절제 등 유기물을 첨가하여 식물체의 생장을 유도하는 이른바 타가영양배양법이다. 그런데 이러한 배양방법하에서는

당 첨가로 인한 오염발생율이 높고 순화과정에서 고사율이 높아 건강한 묘의 급속대량생산이 어렵다는 기술적 문제점이 제기되고 있다. 따라서 관행의 배양기술하에서 제기되고 있는 문제점을 개선할 수 있는 새로운 배양기술의 개발이 요청되고 있는데, 그 하나의 방법으로 광독립 자가영양배양법(이하 자가영양배양법이라 함)을 들 수 있다.

자가영양배양법은 배지에 유기물을 사용하지 않고 그 대신 공기중 이산화탄소의 농도와 광강도를 높혀 증식 및 발근과정에서 무균적으로 배양체를 생육시키는 방법이다. 이 기술은 배양체가 정상적인 식물과 같은 형태의 광합성작용을 활발히 할 수 있는 환경을 조성해 줌으로써 배양체가 정상적인 식물로 성장할 수 있도록 해 준다. 자가영양배양을 하게 되면 우선 당을 첨가하지 않기 때문에 배양중 배지의 오염발생을 줄일 수 있고 성장조절제를 사용하지 않기 때문에 식물체의 생리학적 형태학적 이상을 감소시켜 배양묘의 품질을 향상시킬 수 있다. 또한 배양기내 환경조절이 용이하기 때문에 배양체의 성장제어가 쉽고 자동화가 가능하며 환경에 대한 식물체의 내성을 높여주기 때문에 배양기 외에서의 순화과정이 간단하고, 그 기간이 단축될 수 있다. 그러나 이 기술은 엽록소를 함유하지 않는 배양체에는 적용될 수 없으며, 이 기술을 농가가 수용할 경우 유기물을 첨가하지 않는 대신에 고광도 유지를 위한 광원, 이산화탄소 발생장치, 그리고 환기회수 증진을 위한 필터가 부착된 배양병 등 일부 시설이 추가되어야 한다.

한편 기내에서 배양된 식물체는 배지에서 상태로 이식하기 전에 외부조건에 잘 적응할 수 있도록 일정기간 순화과정을 거칠 필요가 있다. 일반 농가에서는 기 내 배양된 식물체를 주로 포트에 이식하여 20~30일정도 순화시킨 후에 출하하고 있는데, 이 과정에서 묘의 고사율이 매우 높게 나타나고 있을 뿐만 아니라 상토에 이식한 후에도 묘의 생육부진으로 고사하는 양이 상당히 많은 것으로 조사되었다. 이는 관행의 타가영양배양법에 의해 기내 배양된 묘의 생육상태가 양호하지 못한데에도 일차적인 원인이 있으나 순화과정에서 시설미비, 기술부족, 관리소홀 등으로 묘의 정상적인 생육이 저해되고 있기 때문인 것으로 지적되고 있다. 따라서 본 과제연구는 관행의 순화과정에서 제기되고 있는 여러가지 문제점을 개선할 수 있는 새로운 순화 및 육성기술개발에 역점을 두고 추진되었으며, 이러한 연구결과는 관행의 배양묘 순화과정에서 발생하는 높은 고사율을 최소화하는데 크게 기여할 수 있을 것으로 평가되고 있다.

제 3 절 조직배양농장의 시설규모와 투자액

1. 표준시설규모

일반적으로 투자사업의 적정규모를 산출하는데에는 운영주체의 수익성보다는 전체산업의 경제적 효율성이라는 측면에서 접근하는 것이 바람직하다. 이러한 접근방법에서 보편적으로 구체화된 목적함수는 규모와 관련되는 총비용을 최소화하는 시설규모를 결정하는 것이

다. 그러나 여기서는 전체 조직배양산업의 경제적 효율성을 추구하는 측면보다는 조직배양 농장의 운영주체가 될 생산자조직이나 개별농가의 입장에서 조직배양사업을 위한 자금동원 능력과 이용가능한 노동력, 조직배양사업의 수익성과 기대소득, 그리고 현재 운영되고 있는 조직배양농장의 시설규모 등을 종합적으로 감안하여 결정하였다.

이와 같이 결정된 농가보급형 조직배양농장의 시설규모는 배양동 50~60평, 순화·육성실 300~400평정도가 적정한 것으로 판단되었다. 본 과제연구에서는 이러한 기준에 입각하여 3가지 유형(T형, C형, AC형)의 표준조직배양시설을 설계하였으며, 이 중에서 본 연구에서는 터널순화형인 T형을 기준으로 수익성 및 경제성을 분석하였다(제4장 제1절 농가보급형 자가영양배양시설의 표준설계 참조). 표준조직배양시설 T형의 시설규모는 표 5.3.1.에서 보는 바와같이 배양동 194.4m²(58.8평), 순화실 259.2m²(78.4평), 육성실 907.2m²(274.4평)이며, 이들 전체 시설물 면적은 1,360.8m²(411.6평)이다. 배양동은 경양철골건물로 배양실을 비롯하여 작업 및 접종실과 서비스실로 구성되어 있고 순화실과 육성실은 PET온실로 설계되었다.

표 5.3.1. 조직배양농장의 시설규모

구 분	시설물 면적	시설물 구조
배 양 동 (작업·접종실) (배 양 실) (서 비 스 실)	194.4m ² (54.0m ²) (113.4m ²) (27.0m ²)	· 경양철골(58.8평)
순 화 실	259.2m ²	· PET온실(78.4평)
육 성 실	907.2m ²	· PET온실(274.4평)
계	1,360.8m ²	· 411.6평

2. 시설투자액

하나의 조직배양농장을 설치하는데에는 막대한 투자가 소요된다. 더욱이 한 번투자된 고정자본은 다른 용도로 전용하거나 타지역으로 이전하는 것이 현실적으로 매우 어렵고, 단기적으로는 시설규모의 조정이 거의 불가능하다. 따라서 새로운 조직배양농장을 설치하기 위한 최종적인 투자결정을 내리기 전에 투자사업의 수익성에 영향을 미치칠 수 있는 모든 요인들에 대한 세심한 검토가 필요하다. 여기서는 이러한 문제의식을 갖고 원예작물 조직배양농장을 새로 설치하고자 하는 농가의 투자결정에 도움을 주기 위하여 앞서 언급한 농가보급용 조직배양실을 대상으로 시설종류별 규모와 소요투자액을 추정하였다. 시설투자액은 배양동과 순화실 및 육성실로 구분하여 1997년 현재 표준요소가격을 적용하여 산출하였다.

본 과제연구진에 의해 설계된 조직배양농장을 설치하는데에는 모두 521백만원의 투자액

이 소요되는 것으로 추정되었으며, 이 중에서 배양동을 비롯하여 순화실과 육성실 등 시설물 투자액이 357백만원으로 전체 투자액의 69%에 달하였고 기계·장비구입비가 15%인 78백만원인 것으로 나타났다.

조직배양농장의 핵심시설인 배양동의 경우를 보면 표 5.3.3.에서와 같이 건물면적 194.4m³(58.8평)규모의 표준배양동을 설치하는 데에는 모두 294백만원의 자금이 소요되는 것으로 추정되었다. 이 중에서 배양동건물 공사비가 172백만원으로 전체 배양동 투자액의 59%를 차지하였고 무균작업대, 고압멸균기 등 배양에 필요한 기본적인 기계·장비를 갖추는 데에는 전체 투자액의 27%에 달하는 78백만원이, 그리고 배양병을 비롯한 초자기구류 구입에는 8%인 24백만원이 각각 소요되는 것으로 추정되었다.

그 다음 순화실과 육성실 투자액을 보면 표 5.3.4.에 제시되어 있는 바와 같이 모두 227백만원의 자금이 소요되는 것으로 추정되었다. 이 중에서 순화실 투자액은 72백만원으로 32%를 차지하였고 육성실 투자액은 155백만원으로 68%를 차지하였다.

표 5.3.2. 조직배양농장의 규모 및 투자액 (총괄)

구 분	규 모	투 자 액	
		금액(천원)	구성비(%)
토 지	1,691.2m ²	51,160	9.8
시 설 물	1,360.8m ²	356,635	68.5
(배 양 동)	(194.4m ²)	(172,189)	(33.1)
(순 화 실)	(259.2m ²)	(62,481)	(12.0)
(육 성 실)	(907.2m ²)	(121,965)	(23.4)
기 계 · 장 비	-	78,276	15.0
초 자 기 구	-	24,318	4.7
사 무 집 기	-	2,500	0.5
수 송 차 량	1대	8,000	1.5
계	-	520,889	100.0

표 5.3.3. 배양동의 규모 및 투자액

구 분	규 모	투 자 액 (천원)	비 고
대 지	291.6m ²	8,820	· 대지면적 : 88.2평 (건물면적의 150%)
배 양 동 건 물	194.4m ²	172,189	· 건물면적 : 58.8평
(건물신축)	(-)	(65,081)	
(내부설비)	(-)	(99,800)	
(전기시설)	(-)	(7,308)	

계속

구 분	규 모	투 자 액 (천원)	비 고
기 계 · 장 비	-	78,276	
(무균작업대)	(3조)	(11,550)	· 해부용 · 열풍건조기 · 중앙 및 벽면실험대 · 세척기 외 29종
(고압멸균기)	(2대)	(8,800)	
(현 미 경)	(1대)	(3,300)	
(PH 메타기)	(1대)	(1,320)	
(전 자 저 울)	(1대)	(1,650)	
(증류수제조기)	(1대)	(2,200)	
(냉 난 방 기)	(3대)	(12,826)	
(건 조 기)	(1대)	(2,750)	
(제 습 기)	(1대)	(2,750)	
(실 험 대)	(4조)	(4,070)	
(기 타)	(-)	(27,060)	
초 자 기 구	-	24,318	
(배 양 병)	(35,000개)	(19,250)	· 주문제작:550원 /개(400ml)
(기 타)	(-)	(5,068)	· 시험관스탠드 외 24종
사 무 집 기	-	2,500	· 용접세트 외 10종
수 송 차 량	1대	8,000	· 1톤 트럭(현대포타)
계	-	294,103	· 건물면적 평당 투자액 : 5,143천원

주 : 배양동 투자액의 산출내역은 부표 5.1 참조.

표 5.3.4. 순화실과 육성실의 규모 및 투자액

구 분	규 모	투 자 액 (천원)	비 고
순 화 실	토 지	311.0m ²	· 토지면적 : 94.1평 (온실면적의 120%)
	순 화 온 실 (온실신축)	259.2m ² (-)	· 온실면적 : 78.4평 (11,712)
	(내부설비)	(-)	(48,003)
	(전기시설)	(-)	(2,766)
소 계	-	71,891	· 온실면적 평당 투자액 : 917천원
육 성 실	토 지	1,088.6m ²	· 토지면적 : 329.3평 (온실면적의 120%)
	육 성 온 실 (온실신축)	907.2m ² (-)	· 온실면적 : 274.4평 (121,965)
	(내부설비)	(-)	(69,990)
	(전기시설)	(-)	(9,892)
소 계	-	154,895	· 온실면적 평당 투자액 : 564천원
계	-	226,786	

주 : 순화실 및 육성실 투자액의 산출내역은 부표 5.1 참조.

제 4 절 조직배양사업의 수익과 비용 추정

1. 작목과 품종 선정

조직배양농가가 경영의 효율성을 극대화하기 위해서는 먼저 배양할 작목과 품종을 잘 선정하는 일이 무엇보다 중요하다. 그런데 농가단위에서 조직배양을 위해 동원할 수 있는 인적·물적 자원이 제한되어 있고 배양기술수준이 한계성을 지니고 있는데다 조직배양묘에 대한 국내시장구조가 취약하기 때문에 개별 농가가 독자적으로 수익성이 높은 유망한 작목을 선정하고 좋은 품종을 선택하는 데에는 현실적인 한계가 있을 수 밖에 없다. 특히 조직배양은 그 특성상 주문생산을 원칙으로 한다. 간혹 폭넓은 시장수요가 형성되어 있는 일부 품목의 경우는 주문을 받지 않고 생산·판매할 수도 있으나 대부분의 경우는 특정 배양묘를 선호하는 수요자가 한정되어 있는데다 배양묘는 생산 즉시 출하되어야 하는 특성 때문에 수요자와의 계약에 의한 주문생산체제를 갖추는 것이 바람직하다. 이러한 주문생산체제 또한 조직배양농가가 작목과 품종을 자율적으로 선정하는 것을 어렵게 만드는 주요 원인이 되고 있다.

현재 원예작물 조직배양은 난과식물을 비롯한 일부 숙근초화류에 한정되어 있고 채소류에 대한 조직배양은 시작단계에 불과한 실정이다. 조사대상 농가중에는 대부분이 난과식물의 배양단계에 머물러 있고 일부 선진농가에 한해서 난과식물과 병행하여 숙근초화류 배양에 참여하고 있으며, 또한 이들 농가중에는 단일작목만을 배양하는 농가에서부터 여러 가지 다양한 작목을 결합하여 배양하는 농가에 이르기 까지 작목구성이 농가에 따라 큰 차이가 있는 것으로 조사되었다. 이들 조직배양농가가 선호하고 있는 주요 작목을 보면 난과식물중에는 호접란을 비롯하여 대엽풍란, 소엽풍란, 심비디움, 한란, 옥화 등이고 숙근초화류중에는 스타티스를 비롯하여 거베라, 안개초, 카네이션 등인 것으로 나타났다. 그리고 조사농가중에는 채소류 조직배양에 참여한 농가는 없었으며, 다만 두 농가가 과거에 딸기를 대상으로 조직배양을 시도한 경험이 있는 것으로 조사되었다.

이러한 점을 감안하여 본 연구에서는 조직배양농가의 선호도가 비교적 높은 작목중에서 앞으로 원예작물 재배농가의 수요가 크게 증가할 것으로 예상되는 작목을 류별로 각각 1개씩 대표작목으로 선정하여 경제성 분석을 실시하였다. 선정된 작목은 호접란(난과식물류), 스타티스(숙근초화류), 그리고 딸기(채소류) 등이다. 이들 작목들은 실험결과에서도 자가영양배양조건하에서 배양할 경우 관행에 비해 배양기간이 단축되고 성묘획득률이 향상되어 농가보급시 생산성 향상과 경영개선에 큰 도움이 될 수 있을것으로 구명되었다.

2. 묘 생산능력과 생산량

조직배양농장의 묘 생산능력은 배양실 규모와 배양실내에 설치되는 배양대 수에 의해서

결정될 수 있다. 본 과제연구에서 설계된 배양실 면적은 표 5.4.1.에서 보는 바와 같이 113.4m²로서, 여기에는 배양대 50조(규격 : 117cm×68cm×4단)가 설치될 수 있다. 배양대 1조당 진열 가능한 배양병 수는 364개이며 번식체 수로는 9,100개 정도가 된다.

그리고 여기서는 앞서 언급한 류별 대표작목, 즉 호접란, 스타티스, 딸기 등 3가지 작목을 결합하여 동시에 배양하되, 배양대 50조중에서 자가영양배양에 이용될 수 있는 배양대 33조를 각 품목에 11조씩 동일하게 사용하는 것으로 가정하였다. 또한 현재의 기술수준하에서 호접란은 연간 2.5회, 스타티스와 딸기는 각각 3회 생산이 가능한 것으로 간주하여 작목별 묘 생산능력을 추정하였다. 이와 같이 추정된 연간 묘 생산능력을 보면 번식체 수로 계산하여 호접란이 250천주이고 스타티스와 딸기는 각각 300천주인 것으로 나타났다.

표 5.4.1. 조직배양농장의 묘 생산능력 추정

구 분	수 량	산 출 근 거
배양실 면적	113.4m ²	12.6m×9m (34.3평)
배양대 수 ¹⁾	33조	규격 : 117cm×68cm×4단
배양대 1조당		
- 배양병 수	364개	91개×4단 (규격:400mℓ)
- 번식체 수	9,100주	364개×25주 (25주/병)
연간 묘생산능력 (번식체 수)		
- 호 접 란	250,250주	배양대 11조 사용, 연간 생산회수 2.5회 9,100주×11조×2.5회
- 스타티스	300,300주	배양대 11조 사용, 연간 생산회수 3회 9,100주×11조×3회
- 딸 기	300,300주	배양대 11조 사용, 연간 생산회수 3회 9,100주×11조×3회

주 : 배양실내에 설치되는 배양대 수는 모두 50조이며, 이중에서 자가영양배양에 이용될 수 있는 배양대는 33조임.

한편 조직배양농장의 연간 묘 생산량은 번식체 중에서 배양 또는 순화과정에서 고사되거나 생육이 불량하여 상품가치가 없는 묘를 공제하여 산출하였으며, 그 결과가 표 5.4.2.에 제시되어 있다.

표 5.4.2. 조직배양농장의 연간 묘 생산량 추정

작 목	번식체수 (개)	배 양 과 정		순 화 과 정	
		성묘율 (%)	배양묘생산량 ¹⁾ (주)	성묘율 (%)	순화묘생산량 ²⁾ (주)
호 접 란	250,250	100.0	250,250	100.0	250,250
스타티스	300,300	90.6	272,072	98.0	266,631
딸 기	300,300	96.9	290,991	98.0	285,171
계	850,850	-	813,313	-	802,052

1) 배양묘 생산량 = 번식체수 × 배양과정의 성묘율

2) 순화묘 생산량 = 배양묘 생산량 × 순화과정의 성묘율

3. 매출액 추정

조직배양농장의 매출액은 묘 판매수입으로만 구성되어 있고, 연간 묘 판매수입은 생산량에 주당 가격을 곱하여 산출하였다. 현재 조직배양농가에서는 숙근초화류의 경우 배양묘를 일정기간 순화시킨 후에 출하하고 있으나 난과식물류는 순화과정을 거치지 않은 배양묘 상태에서 판매하는 것이 일반적인 관행으로 되어 있다. 그러나 여기서는 분석대상작목인 호접란, 스타티스, 딸기 등 3개 작목 모두에 대해서 배양묘를 포트에 이식하여 일정기간 순화·육성시킨 후에 출하하는 것을 전제로 하여 작목별 묘 판매수입을 추정하였다.

또한 주당 가격은 호접란과 스타티스의 경우 1997년 현재 조사농가의 평균판매가격, 즉 조직배양농가와 원예작물 재배농가간에 체결된 평균 계약가격을 적용하였고, 딸기는 조직배양묘에 대한 시장가격이 형성되지 못하고 있기 때문에 딸기 조직배양시 예상되는 수량과 생산비를 추정한 후 대체작목의 수익성과 비교하여 적정이윤이 실현될 수 있는 선에서 결정하였다.

이와 같이 추정된 조직배양농장의 연간 묘 판매수입은 표 5.4.3.에서와 같이 372백만원인 것으로 나타났다. 이중에서 호접란이 37.0%를 차지하였고 스타티스와 딸기는 32.3%와 30.7%를 각각 차지하였다.

표 5.4.3. 조직배양농장의 연간 묘 판매수입

작 목	생산량 ¹⁾ (주)	주당 가격 ²⁾ (원)	연간 판매수입	
			금액(천원)	구성비(%)
호 접 란	250,250	550	137,638	37.0
스타티스	266,631	450	119,984	32.3
딸 기	285,171	400	114,068	30.7
계	802,052	-	371,690	100.0

1) 순화·육성묘 생산량임.

2) 1997년 현재 조사농가의 평균 판매가격임(양질 묘 기준).

4. 생산비 추정

가. 연간 생산비

조직배양농장의 생산비는 묘 생산원가와 판매·관리비로 구분하여 추정하였다. 묘 생산원가는 인건비를 비롯하여 시설물에 대한 감가상각비, 투하자본에 대한 이자, 모주구입비, 시약비, 전력비, 포트·상토구입비 등 묘 생산을 위해 투입된 직접비로 구성되고 판매·관리비는 포장비, 운송비, 여비교통비, 시험연구개발비 등 일반 간접비로 구성된다. 이들 비용은 1997년 현재 표준요소가격을 적용하여 산출하였으며, 그 결과가 표 5.4.4. 및 부표 5.2에 제시되어 있다.

조직배양농장이 완전가동 될 경우 소요되는 연간 총생산비는 250백만원으로 추정되었고, 이 중에서 묘 생산원가가 229백만원으로 92%에 달하였으며 판매·관리비는 21백만원으로 8%를 차지하였다. 비목별 구성을 보면 인건비가 전체 생산비의 35.1%로 단일비용으로는 가장 큰 비중을 차지하였고, 이어서 자본용역비 18.6%, 감가상각비 12.8%, 포트·상토구입비 8.2%, 모주구입비 4.9% 순이며, 이들 비용이 전체 생산비중에서 차지하는 비중은 무려 79.6%에 이르고 있다. 주요 비목에 대한 특성과 비용산출방법을 살펴보면 다음과 같다.

1) 인건비

조직배양농장의 소요인력은 상시종사자와 임시종사자로 구분된다. 상시종사자는 고정인력으로서 관리책임자(1명)를 비롯하여 배양기술자(3명), 작업요원(2명), 온실관리자(1명) 등 모두 7명으로 구성되고 임시종사자는 주로 배양묘 이식작업에 소요되는 일용잡부(연인원 360명)들로 구성된다. 이들 종사자들에게 지급되는 연간 인건비는 1997년 가격으로 약 88백만원이며, 이 중에서 상시종사자들에게 지급되는 고정인건비가 전체 인건비의 무려 87.7%를 차지하였다.

2) 감가상각비

묘 생산과정에서 물리적 또는 기능적으로 자산의 가치와 효용이 감소되는 건물, 기계·설비, 수송차량, 사무집기 등 고정자산에 대해서 감가상각비를 계산하였다. 상각방법은 정액법을 사용하였고 내용년수는 소득세법시행규칙에 규정된 고정자산내용년수표를 참조하여 자산의 종류별로 설정하였다. 추정된 표준조직배양농장의 연간 감가상각비는 32백만원이며, 이 중에서 시설물 상각비가 68.6%로 큰 비중을 차지하였고, 그 다음이 기계·장비 상각비로 26.9%를 차지하였다.

3) 자본용역비

자본용역비는 조직배양농장을 설치·운영하는데 소요된 모든 투자자본에 대한 이자를 말하며 토지자본용역비, 고정자본용역비, 유동자본용역비로 구분 된다. 이들 자본용역비는 1997년 현재 시중은행 평균 여신금리인 연 12.5%를 적용하여 산출하였다. 토지용역비는 토지평가액에 이자율을 곱하여 산출하였고, 고정자본용역비는 시설물, 기계·장비, 수송차량, 사무집기 등 감가성 고정자산의 평균가액과 잔존가액을 합한 금액에 이자율을 곱하여 계산하였다. 그리고 유동자본용역비는 생산에 직접 투입된 유동자본재 비용과 인건비를 합한 금액에 산출계수(0.5)와 이자율을 적용하여 계산하였다. 고정자본용역비 계산에서 고정자산의 평균가액은 신조구입가액에서 감가상각비 적립액을 공제한 금액이며, 이는 계산상 신조구입가액의 약 1/2에 해당된다. 그리고 유동자본용역비 계산에서 산출계수를 곱하는 이유는 유동자본이 모두 일시에 투입되는 것이 아니고 생산기간 중 여러번에 걸쳐 투입되므로 생산기간의 평균투자액을 계산하기 위한 것이다. 이와 같은 방법에 의해 산출된 연간 자본용역비는 47백만원이며, 이 중에서 고정자본용역비가 63.3%로 가장 큰 비중을 차지하였고, 이어서 유동자본용역비 23.0%, 토지자본용역비 13.7% 순이었다.

4) 모주구입비

조직배양에 있어 우량한 모주를 저렴한 비용으로 확보하는 문제는 생산성을 높이고 경영

의 효율성을 향상시키는데 있어 필수적인 요건이다. 농가조사에 의하면 동양란의 경우 품종이 비교적 한정되어 있고 가격이 안정적이기 때문에 모주확보에 별다른 어려움이 없었으나 호접란, 심비디움 등 주요 양란과 일부 숙근초화류의 경우 신품종이 계속 개발되고 있는데다 가격이 고가이기 때문에 모주확보에 신중을 기할 필요가 있는 것으로 지적되었다. 분석대상 작목중에서 스타티스와 딸기는 모주가격이 본당 3천원 정도로 비교적 저렴한 편이었으나 호접란은 수입 신품종의 경우 본당 40만원 정도로 고가였으며, 이에 따라 조직배양농장의 연간 모주구입비 12백만원중에는 호접란이 98.0%로 대부분을 차지한 것으로 나타났다.

표 5.4.4. 조직배양농장의 연간 생산비

구 분	연간 총생산비		작목별 연간 생산비(천원)		
	금액(천원)	구성비(%)	호접란	스타티스	딸 기
○묘생산원가					
인 건 비	87,800	35.1	26,340	29,260	32,200
(상시종사자)	(77,000)	(30.8)	(23,090)	(25,660)	(28,250)
(임시종사자)	(10,800)	(4.3)	(3,250)	(3,600)	(3,950)
감가상각비	32,077	12.8	10,692	10,692	10,693
자본용역비	46,624	18.6	15,940	15,242	15,442
(토지자본용역비)	(6,395)	(2.5)	(2,132)	(2,132)	(2,131)
(고정자본용역비)	(29,499)	(11.8)	(9,833)	(9,833)	(9,833)
(유동자본용역비)	(10,730)	(4.3)	(3,975)	(3,277)	(3,478)
모주구입비	12,240	4.9	12,000	120	120
시 약 비	3,731	1.5	889	1,421	1,421
전 력 비	9,200	3.7	3,067	3,067	3,066
수동광열비	6,671	2.7	2,224	2,224	2,223
시설물유지비	5,349	2.1	1,783	1,783	1,783
기 자 재 비	4,034	1.6	1,308	1,363	1,363
풋트·상토비	20,556	8.2	8,168	5,986	6,402
소 모 품 비	803	0.3	268	268	267
소 계	229,085	91.5	82,679	71,426	74,980
○판매·관리비					
포 장 비	3,899	1.6	1,217	1,296	1,386
운 송 비	1,800	0.7	562	598	640
여비교통비	2,640	1.1	977	853	810
연구개발비	5,575	2.2	2,063	1,801	1,711
일반관리비 ¹⁾	7,380	2.9	2,731	2,384	2,265
소 계	21,294	8.5	7,550	6,932	6,812
계	250,379	100.0	90,229	78,358	81,792
	(100.0%)		(36.0%)	(31.3%)	(32.7%)

1) 사무용품비, 제세공과금, 통신비, 선전비, 접대비 등 포함.

5) 풋트·상토비

배양묘를 일정기간 순화시키기 위해서는 풋트에 이식하게 되는데, 이 과정에서 풋트와 상토비용이 소요된다. 일반적으로 조직배양농가에서는 난과식물류의 순화에는 연결풋트(트레이)와 이끼를 사용하고 숙근초화류와 채소류는 컵풋트와 상토를 사용하고 있다. 따라서 여기서는 호접란의 경우 연결풋트(72공)와 이끼를 사용하고 스타티스와 딸기는 컵풋트와 혼합상토를 사용하는 것으로 하여 비용을 산출하였다. 조직배양농장에서 풋트와 상토(또는 이끼) 구입에 지출한 연간 비용은 모두 21백만원이며, 이 중에서 호접란의 풋트·상토비가 39.7%에 달하였고, 스타티스와 딸기는 각각 29.1%와 31.1%를 차지하였다.

나. 묘 평균생산비

조직배양농장이 완전가동될 경우 묘 1주당 생산비는 표 5.4.5에서 보는 바와 같이 호접란 361원, 스타티스 294원, 딸기 287원으로 호접란이 상대적으로 높게 나타났고 스타티스와 딸기는 거의 비슷한 수준이었다. 그러나 조직배양농장의 완전가동은 현실적으로 실현되기 어렵다. 따라서 조직배양농장의 가동률이 낮아질 경우 이것이 묘 1주당 생산비 증가에 어느정도 영향을 미치는지를 작목별로 분석하였으며, 그 결과가 표 5.4.6에 제시되어 있다.

표 5.4.5. 작목별 묘 1주당 생산비

구 분	호 접 란		스타티스		딸 기	
	금액(원)	%	금액(원)	%	금액(원)	%
○묘 생산원가						
인 건 비	105.26	29.2	109.74	37.3	112.91	39.4
(상시종사자)	(92.27)	(25.6)	(96.24)	(32.7)	(99.06)	(34.6)
(임시종사자)	(12.99)	(3.6)	(13.50)	(4.6)	(13.85)	(4.8)
감가상각비	42.73	11.8	40.10	13.7	37.50	13.1
자본용역비	63.70	17.7	57.17	19.5	54.15	18.9
(토지자본용역비)	(8.52)	(2.4)	(8.00)	(2.7)	(7.47)	(2.6)
(고정자본용역비)	(39.29)	(10.9)	(36.88)	(12.6)	(34.48)	(12.0)
(유동자본용역비)	(15.89)	(4.4)	(12.29)	(4.2)	(12.20)	(4.3)
모주구입비	47.95	13.3	0.45	0.2	0.42	0.2
시 약 비	3.55	1.0	5.33	1.8	4.98	1.7
전 력 비	12.25	3.4	11.50	3.9	10.75	3.7
수동광열비	8.89	2.5	8.34	2.8	7.80	2.7
시설물유지비	7.12	2.0	6.69	2.3	6.25	2.2
기 자 채 비	5.23	1.4	5.11	1.7	4.78	1.7
풋트·상토비	32.64	9.0	22.45	7.6	22.45	7.8
소 모 품 비	1.07	0.3	1.00	0.3	0.94	0.3
소 계	330.39	91.6	267.88	91.1	262.93	91.7

계속

구 분	호 접 란		스타티스		딸 기	
	금액(원)	%	금액(원)	%	금액(원)	%
○ 판매·관리비						1.7
포 장 비	4.86	1.4	4.86	1.7	4.86	0.8
운 송 비	2.25	0.6	2.24	0.8	2.25	1.0
여비교통비	3.91	1.1	3.20	1.1	2.84	2.1
연구개발비	8.24	2.3	6.76	2.3	6.00	2.7
일반관리비 ¹⁾	10.91	3.0	8.94	3.0	7.94	8.3
소 계	30.17	8.4	26.00	8.9	23.89	
계	360.56	100.0	293.88	100.0	286.82	100.0

1) 사무용품비, 제세공과금, 통신비, 선전비, 접대비 등 포함

표 5.4.6. 배양실 가동률별 요 1주당 생산비

구 분	생산비 (원/주)	배양실 가동률별 생산비(원/주)				
		90%	80%	70%	60%	
호 접 란	인 건 비	105.26	115.51	128.32	144.80	166.77
	감 가 상 각 비	42.73	47.47	53.41	61.04	71.21
	자 본 용 역 비	63.70	69.81	77.47	87.31	100.43
	모 주 구 입 비	47.95	47.95	47.95	47.95	47.95
	포 트 · 이 끼 비	32.64	32.64	32.64	32.64	32.64
	기 타 직 접 비 ¹⁾	38.11	38.91	39.89	41.17	42.86
	판 매 · 관 리 비 ²⁾	30.17	32.07	34.44	37.48	41.55
계	360.56	384.36	414.12	452.39	503.41	
스타티스	인 건 비	109.74	120.43	133.80	150.98	173.90
	감 가 상 각 비	40.10	44.56	50.13	57.29	66.83
	자 본 용 역 비	57.17	63.20	70.21	79.54	91.97
	모 주 구 입 비	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
	포 트 · 상 토 비	22.45	22.45	22.45	22.45	22.45
	기 타 직 접 비 ¹⁾	37.97	38.71	39.64	40.84	42.44
	판 매 · 관 리 비 ²⁾	26.00	27.60	29.60	32.16	35.59
계	293.88	317.40	346.28	383.71	433.63	
딸 기	인 건 비	112.91	123.92	137.68	155.37	178.96
	감 가 상 각 비	37.50	41.66	46.87	53.57	62.49
	자 본 용 역 비	54.15	59.64	66.49	75.30	87.05
	모 주 구 입 비	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
	포 트 · 상 토 비	22.45	22.45	22.45	22.45	22.45
	기 타 직 접 비 ¹⁾	35.50	36.20	36.71	38.18	39.67
	판 매 · 관 리 비 ²⁾	23.89	25.33	27.50	29.47	32.57
계	286.82	309.62	338.12	374.76	423.61	

주 : 1) 시약비, 전력비, 수도광열비, 시설물유지비, 기자재비, 소모품비 포함.

2) 포장비, 운송비, 여비교통비, 연구개발비, 기타 일반관리비 포함.

조직배양농장이 완전가동될 경우 호접란 1주당 생산비는 361원이었으나 가동률이 낮아질 수록 증가하여 가동률이 80%수준일때는 414원으로 완전가동시에 비해 14.7%가 증가하였고, 가동률이 60%일때는 완전가동시에 비해 무려 39.3%가 증가한 503원이었다. 스타티스의 묘 1주당 생산비는 완전가동시 294원이었으나 가동률이 낮아짐에 따라 현저하게 증가하여 가동률이 80%수준일때는 346원으로 완전가동시에 비해 17.7%가 증가하였고, 가동률이 60%로 떨어질때는 완전가동시에 비해 무려 47.6%가 증가한 434원이었다. 그리고 딸기 묘 1주당 생산비는 완전가동시 287원이었으나 가동률이 80%수준일때는 338원, 60%수준일때는 424원으로 완전가동시에 비해 17.8%와 47.7%가 각각 증가하여 가동률이 낮아짐에 따라 묘 1주당 생산비가 큰 폭으로 증가하였음을 엿볼 수 있다.

이상의 분석결과는 조직배양농장의 가동률을 높임으로써 묘 1주당 생산비를 절감할 수 있는 가능성이 매우 크다는 것을 시사해 주고 있다. 특히 스타티스와 딸기의 경우 가동률을 높임으로써 평균생산비를 절감할 수 있는 여지는 상당히 큰 것으로 나타났다. 조직배양농장의 가동률이 높아짐에 따라 평균생산비가 감소한데에는 인건비를 비롯하여 고정시설의 이용에서 발생하는 감가상각비 및 자본용역비 등 고정비용의 절감효과가 크게 작용하였기 때문인 것으로 분석되었다. 스타티스의 경우 묘 1주당 생산비는 가동률이 60%일때의 434원에서 완전가동시에는 294원으로 무려 140원이 절감되었는데, 여기서 인건비, 감가상각비, 자본용역비 등 고정비용 절감액이 130원으로 생산비 절감액의 거의 대부분을 차지한 것으로 나타났다.

제 5 절 조직배양사업의 수익성 분석

1. 조직배양농장의 경영성과

조직배양농장을 경영하는 중요한 목적중의 하나는 이익의 극대화라고 할 수 있으므로 경영성과 분석의 초점은 수익성 분석에 맞추어 져야 할 것이다. 따라서 여기서는 조직배양농장의 연간 수익과 비용을 비교하여 사업의 수익성을 측정·평가하였으며, 그 결과가 표 5.5.1.에 제시되어 있다. 표에서 보는 바와 같이 조직배양농장이 완전가동될 경우 연간 순이익은 121백만원인 것으로 추정되었다. 그러나 앞서 언급한바와 같이 완전가동이란 현실적으로 실현되기 어려움으로 가동률이 낮아질 경우 수익과 비용이 어떻게 변하며, 이것이 사업의 수익성과 경영의 효율성에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하였다.

매출액과 생산비는 가동률이 낮아짐에 따라 모두 감소하였으나 매출액은 가동률과 비례하여 감소하였고 생산비는 고정비용으로 인해서 그 감소율이 매출액의 감소율에 미치지 못하였다. 그 결과 순이익은 가동률이 낮아짐에 따라 현저하게 줄어드는 경향을 나타내었다. 즉 조직배양농장이 완전가동될 경우 연간 순이익은 121백만원이 었으나 가동률이 낮아짐에 따라 감소하여 80%수준일때는 63백만원으로 절반정도로 줄어들었고, 60%수준일때는

5.6백만원으로 완전가동시에 비해 무려 95%가 줄어 들었다. 그리고 가동률이 60%수준 이하로 떨어지게 되면 생산비가 매출액을 초과하여 적자를 나타낸 것으로 분석되었다.

표 5.5.1. 조직배양농장의 경영성과 분석

구 분	금액 (천원)	배양실 가동률별 경영성과(천원)			
		90%	80%	70%	60%
총투자자본액	606,728	602,853	589,977	595,102	591,226
토 지 자 본	51,160	51,160	51,160	51,160	51,160
고 정 자 본	469,729	469,729	469,729	469,729	469,729
유 동 자 본	85,839	81,964	78,088	74,213	70,337
연간 매출액	371,690	334,521	297,352	260,183	223,014
묘 판매수입	371,690	334,521	297,352	260,183	223,014
(호 접 란)	(137,638)	(123,874)	(110,110)	(96,347)	(82,583)
(스타티스)	(119,984)	(107,986)	(95,987)	(83,989)	(71,990)
(딸 기)	(114,068)	(102,661)	(91,255)	(79,847)	(68,441)
기타 수입	-	-	-	-	-
연간 생산비	250,379	242,143	233,908	225,673	217,437
묘 생산원가	229,085	221,796	214,509	207,221	199,933
(인 건 비)	(87,800)	(86,720)	(85,640)	(84,560)	(83,480)
(감 가 상 각 비)	(32,077)	(32,077)	(32,077)	(32,077)	(32,077)
(자 본 용 역 비)	(46,624)	(46,139)	(45,655)	(45,171)	(44,686)
(모 주 구 입 비)	(12,240)	(11,016)	(9,792)	(8,568)	(7,344)
(포 트 · 상 토 비)	(20,556)	(18,500)	(16,445)	(14,389)	(12,334)
(기 타 비 용)	(29,788)	(27,344)	(24,900)	(22,456)	(20,012)
판매 · 관리비	21,294	20,347	19,399	18,452	17,504
연간 순이익	121,311	92,378	63,444	34,510	5,577
경영효율성 지표					
매출액이익률(%)	32.6	27.6	21.3	13.3	2.5
부가가치율(%)	56.3	53.5	50.1	45.8	39.9
총자본수익률(%)	27.7	23.0	18.2	13.4	8.5
총자본회전율(회)	0.61	0.55	0.50	0.44	0.38

한편 조직배양농장의 경영성과를 몇가지 주요 지표를 이용하여 분석해 보았다. 투자사업의 수익성과 경영의 효율성을 총괄적으로 나타내는 대표적인 지표로서 매출액이익률과 총자본수익률을 들 수 있다. 매출액이익률은 일정기간 동안의 매출액에서 생산, 판매 및 일반관리활동에서 발생한 비용을 차감하여 산출한 순이익을 매출액으로 나누어 구한 비율로서 경영의 효율성을 나타내는 지표이다. 조직배양농장의 매출액이익률은 완전가동시 32.6%로

높게 나타났으나 가동률이 낮아질 수록 크게 감소하여 가동률이 60%일 경우는 겨우 2.5%를 유지하였다. 그리고 총자본수익률은 조직배양사업에 투자된 총자본이 얼마나 효율적으로 운용되었는가를 나타내는 지표로서 순이익과 자본용역비를 합한 금액을 총투자자본액으로 나눈 비율이다. 표준조직배양농장의 총자본수익률을 측정한 결과 완전가동시에는 27.7%로 비교적 높은 수준을 유지하였으나 가동률이 낮아짐에 따라 현저하게 감소하여 가동률이 60%수준일때는 8.5%로 시중은행의 여신금리수준인 연 12.5%를 하회한 것으로 나타났다. 그 다음 조직배양사업에 투자된 총자본의 운용효율을 총괄적으로 나타내는 지표인 총자본회전율을 측정하였다. 이 비율은 매출액을 발생시키기 위해 1년동안에 총자본이 몇번 회전했는가를 나타내는 지표로서 연간 매출액을 총투자자본액으로 나눈 비율이다. 조직배양농장의 총자본회전율은 완전가동시 0.61회였으나 가동률이 떨어질수록 크게 감소하여 가동률이 60%일때는 겨우 0.38회로 매우 낮은 수준을 나타냈다. 이러한 비율은 완전가동을 전제로 할 경우에도 일반 제조업에 비해 상당히 낮은 것으로서 일정수준 이상의 사업수익을 달성하지 못할 경우 자산운용의 효율성이 떨어져 경영수지가 악화될 가능성이 매우 크다는 것을 시사해 주고 있다.

이러한 분석결과로 미루어 볼 때 조직배양사업은 수익성은 높으나 자본의 회전속도가 낮은 고수익-저매출형 업종에 해당되는 것으로 볼 수 있으며, 조직배양농장이 효율적으로 운영되기 위해서는 적어도 가동률이 70%이상 수준을 유지해야 할것으로 판단된다.

2. 자가영양배양기술의 경제적 효과

본 과제에 의한 시험연구결과 자가영양배양기술은 관행의 타가영양배양기술에 비해 조직배양사업의 수익성을 향상시키고 묘의 평균생산비를 절감하는데 크게 기여할 수 있는 것으로 분석되었다. 즉 자가영양배양기술과 타가영양배양기술간의 경영성과를 비교·분석한 결과 조직배양농장의 연간 순이익은 자가영양배양이 121백만원으로 타가영양배양의 60백만원에 비해 무려 2배가 높았고, 묘 1주당 생산비는 호접란의 경우는 두 기술간에 거의 비슷하였으나 스타티스와 딸기의 경우는 타가영양배양이 자가영양배양에 비해 각각 1.34배와 1.22배정도 더 높은 것으로 나타났다.

이와 같이 자가영양배양기술의 경제적 효과가 크게 나타난 것은 관행의 기술에 의존할 경우 배양 또는 순화과정에서 고사되거나 생육이 불량하여 상품가치가 없는 묘의 비율, 즉 결주율이 매우 높게 나타나고 있는데 비해 자가영양배양기술을 도입할 경우 이러한 결주율을 최소화하여 성묘율을 대폭 증가시킬 수 있었기 때문이다.

한편 투자 및 비용측면에서는 두 기술간의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 앞서 언급한 바와 같이 자가영양배양기술을 도입할 경우 이산화탄소 발생장치, 고풍도 유지를 위한 전기시설, 그리고 순화효율을 높일 수 있는 순화장치 등 일부 시설이 추가되고 기내환기조절을 위한 작업시간이 추가로 소요된다. 그러나 이 기술을 도입할 경우 배지에 당과 유기물을 사용하지 않기 때문에 시약비를 줄일 수 있다.

표 5.5.2. 자가영양배양기술과 타가영양배양기술간의 묘 생산량 비교

	자가영양배양		타가영양배양	
	배양과정	순화과정	배양과정	순화과정
성 묘 율 (%)				
호 접 란	100.0	100.0	96.9	98.0
스타티스	90.6	98.0	68.8	94.0
딸 기	96.9	98.0	78.1	98.0
묘 생산량(주)				
호 접 란	250,250	250,250	242,492	237,642
스타티스	272,072	266,631	206,606	194,210
딸 기	290,991	285,171	234,534	229,843
배양실 규모 시설면적 배양대수	113.4m ² (34.3평) 50조 [자가 33조] [타가 17조]		113.4m ² (34.3평) 50조(타가)	

표 5.5.3. 자가영양배양기술과 타가영양배양기술간의 경영성과 비교

구 분	자가영양배양 (A)	타가영양배양 (B)	B / A
투 자 액 (천원)	520,889	502,493	0.96
(배 양 동) ¹⁾	(294,103)	(281,118)	(0.96)
(순 화 실) ²⁾	(71,891)	(66,480)	(0.92)
(육 성 실)	(154,895)	(154,895)	(1.00)
연간 매출액(천원)	371,690	305,492	0.82
호 접 란	(137,638)	(128,036)	(0.93)
스타티스	(119,984)	(87,395)	(0.73)
딸 기	(114,068)	(90,061)	(0.79)
연간 생산비(천원)	250,379	245,262	0.98
묘 생산원가 ³⁾	(229,085)	(223,968)	(0.98)
판매·관리비	(21,294)	(21,294)	(1.00)
연간 순이익(천원)	121,311	60,230	0.50
매출액 이익률(%)	32.6	19.7	-
묘 1주당 생산비(원)			
호 접 란	360.56	372.20	1.03
스타티스	293.88	394.98	1.34
딸 기	286.82	348.69	1.22

- 주 : 1) 자가영양배양기술을 도입할 경우 생육선반(배양대)을 확충하고 CO₂공급장치를 새로 설치하는데 12,985천원(생육선반 10,534천원, CO₂공급장치 2,451천원)의 추가 자금이 소요됨.
- 2) 자가영양배양기술을 채택할 경우 순화장치를 새로 설치하는데 5,411천원의 추가 자금이 소요됨.
- 3) 자가영양배양기술을 채택할 경우 추가 시설물에 대한 감가상각비(1,101천원)와 자본 용역비(1,149천원), 그리고 전기료(1,895천원), 배양병 필터비(2,366천원), 현광 등 구입비(792천원) 등 모두 7,303천원의 추가비용이 소요되며, 반면에 시약비 186천원이 절감됨.

제 6 절 조직배양사업의 경제적 타당성 분석

1. 투자효율의 평가지표

투자사업에 대한 경제적 타당성 분석은 사경제적 관점에서가 아니라 국민경제적 관점에서 사업의 효율성을 측정하고 사업시행에 따른 효과가 전체 국민경제에 얼마만큼 기여하는가를 평가하는 하나의 분석기법이다. 여기서는 투자효율을 평가하는 대표적인 지표로 사용되고 있는 수익-비용비율과 내부투자수익률을 측정하여 조직배양사업의 경제적 타당성을 분석하였다. 이들 지표의 산식과 특징을 간추려 보면 다음과 같다.

가. 수익-비용비율(B/C율)

수익-비용비율(benefit-cost ratio)은 투자사업으로 인하여 발생하는 연차별 사업수익의 현재가치총액을 연차별 사업비용의 현재가치총액으로 나눈 비율을 말하며 그 산식은 다음과 같다.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Rt}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Ct}{(1+r)^t}}$$

여기서 B : 사업수익의 현재가치총액
 C : 사업비용의 현재가치총액
 Rt : t년도의 사업수익
 Ct : t년도의 사업비용
 r : 할인율(자본의 기회비용)
 n : 투자사업의 내용년수

위의 식에서 계산된 수익-비용비율의 크기는 사용하는 할인율에 따라 달라지는데, 일반적으로 할인율이 높을 수록 수익-비용비율은 낮아진다. 자본의 기회비용으로 할인한 수익-비용비율이 1보다 크면 수익성이 있다고 판정되며, 이 비율이 높을수록 사업효과가 크고 투자순위가 높은 것으로 판정된다.

나. 내부투자수익률(IRR)

내부투자수익률(internal rate of return)이란 사업기간중의 연차별 사업수익의 현재가치총액에 대한 연차별 사업비용의 현재가치총액의 비율을 1로 만드는 할인율, 또는 사업기간중의 연차별 사업순이익의 현재가치총액을 영(0)으로 만드는 할인율을 말한다. 즉 내부투자수익률은 조직배양농장의 설치와 운영·관리에 소요되는 모든 사업비용이 사업기간동안 몇 %의 수익성을 가져올 수 있느냐 하는 연 평균수익률을 의미한다. 내부투자수익률의 일반적 산식은 다음과 같다.

$$\sum_{t=1}^n \frac{Rt}{(1+r)^t} / \sum_{t=1}^n \frac{Ct}{(1+r)^t} = 1$$

$$\text{또는} \quad \sum_{t=1}^n \frac{Rt}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{Ct}{(1+r)^t} = 0$$

위의 식에서 산출된 「 r 」이 바로 내부투자수익률(IRR)이며, 이 수익률은 자본의 기회비용과 비교된다. 내부투자수익률이 자본의 기회비용보다 높으면 투자대상으로서의 가치가 있는 사업으로 판정될 수 있다. 자본의 기회비용을 1997년 현재 시중은행의 여신금리인 연 12.5%수준으로 본다면 내부투자수익률이 이보다 높을 때 투자할 만한 가치가 있는 사업으로 평가될 수 있다.

2. 사업수익과 비용의 식별

본 과제에서 설계된 표준조직배양농장의 투자사업이 경제적으로 타당한지의 여부를 평가하기 위하여 투자사업으로부터 발생할 것으로 예상되는 모든 수익과 비용을 1997년 불변가격을 적용하여 추정하였다. 여기서 불변가격을 적용한 것은 인플레이에 의한 가격상승률은 사업기간중 투입재나 생산물에 있어서 동일할 것이며, 따라서 이들 사이의 상대가격비율은 변동이 없을 것이라는 가정을 바탕으로 한 것이다.

조직배양농장의 투자사업은 2개년간에 걸쳐 실시되는 것으로 간주하여 투자비를 배분하였다. 첫년도에는 주로 대지매입과 기초공사가 부분적으로 수행되며, 두번째 연도에는 본격적인 시설물 건설공사가 착수되는 것으로 간주하였다. 그리고 투자사업 기간은 조직배양실 내용년수와 일치하는 25년으로 설정하였고 사업기간중에 경제적 수명이 끝나는 기계·설비 및 기타 시설에 대해서는 대체투자비를 계상하였다.

본 투자분석에서 감가상각비는 고정자산의 내용년수 경과에 따르는 일시적인 자본지출에 해당됨으로 사업비용으로 계상하지 아니하였고, 투자분에 대한 잔존가치는 사업기간 최종년도의 사업수익으로 처리하였다. 그리고 시설자재와 기계·설비 등을 조달·설치하는 과정에서 발생하는 각종 조세공과금과 중간이윤은 국민경제적 관점에서 볼 때 사회적 편익의 일부이므로 사업비용에서 제외하였다. 또한 자본용역비는 이자가 현실적으로 지출되든 안되든 전체 투자자본의 가득액이므로 사업비용으로 계상하지 아니하였다. 이는 투자분석의 목적이 투자사업에 사용된 모든 자본에 대한 수익성을 분석하는데 있기 때문에 자금조달방법이나 그 이율에 의해 수익성이 달라질 수 없다는 데에 기인한다.

그리고 사업기간중의 사업수익과 비용을 추정함에 있어 농가의 신기술수용과 이의 현장 적용문제, 그리고 묘의 판로확보문제 등을 감안하여 초년도에는 비교적 낮은 가동률을 적용하였고, 사업기간이 경과함에 따라 가동률을 점진적으로 높여 나가는 보수적인 추정방법을 취하였다. 즉, 사업운영이 시작되는 1차년도의 가동률은 60%로 설정하고 그 후 매년 10%씩 높여 나가되 5차년도부터는 가동률이 100%수준을 유지하는 것으로 가정하였다.

3. 경제적 타당성 평가

경제적 타당성 분석결과를 보면 표 5-6-1에서와 같이 수익·비용비율(B/C율)이 할인률 12.5%에서 1을 초과하였고, 내부투자수익률(IRR) 또한 자본의 기회비용인 12.5%를 크게

상회하고 있어 표준조직배양농장의 투자사업은 경제적으로 타당성이 있는 것으로 평가되었다.

표 5.6.1. 조직배양사업의 경제적 타당성 분석

(단위 : 천원)

회계년도 사업년도	1998 -1	1999 0	2000 1	2001 2	2002 3	2003 4	2004 5	2005~2024 6~25
○사업비용								
투자비	174,744	288,190	13,302	13,302	13,302	13,302	13,320	13,302
(대지매입)	(51,160)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
(건물신축)	(123,584)	(185,377)	(7,223)	(7,223)	(7,223)	(7,223)	(7,223)	(7,223)
(기계·장비)	(-)	(71,160)	(5,114)	(5,114)	(5,114)	(5,114)	(5,114)	(5,114)
(기타시설)1)	(-)	(31,653)	(965)	(965)	(965)	(965)	(956)	(965)
생산비	-	-	172,751	180,502	188,253	196,004	203,755	203,755
(묘생산원가)	(-)	(-)	(155,247)	(162,050)	(168,854)	(175,657)	(182,461)	(182,461)
(판매·관리비)	(-)	(-)	(17,504)	(18,452)	(19,399)	(20,347)	(21,294)	(21,294)
총비용	174,744	288,190	186,053	193,804	201,555	209,306	217,057	217,057
○사업수익								
묘판매수입	-	-	223,014	260,183	297,352	334,521	371,690	371,690
기타수입	-	-	-	-	-	-	-	(64,447) ²⁾
총수익	-	-	223,014	260,183	297,352	334,521	371,690	371,690 (64,447) ²⁾
○사업순이익	-174,744	-288,190	36,961	66,379	95,797	125,215	154,633	154,633 (64,447) ²⁾
B/C율(할인율12.5%)	1.2207							
내부투자수익률(IRR)	22.10							

주 : 1) 초자기구, 사무집기, 수송차량 등 포함.

2) 토지매입비와 건물, 기계·장비, 기타 시설에 대한 잔존가액이며, 마지막 연도인 2024년의 사업수익으로 계상함.

4. 불확실성과 감응도 분석

투자사업의 수익성은 투자비의 증가, 노임의 상승, 제품가격의 변동, 제품판로의 불안정 등 여러가지 요인에 의해서 직접적인 영향을 받게 된다. 여기서는 조직배양사업의 수익과 비용에 영향을 미칠 것으로 예상되는 묘 생산원가와 묘 판매가격이 앞서 투자사업의 경제적 타당성 분석에 적용된 기본수치와 다른 방향으로 변동하였을 경우, 이것이 투자사업의 수익성에 어느정도 영향을 미치는 지를 분석하였다.

조직배양사업의 수익률은 표 5.6.2.에서 보는 바와 같이 묘 생산원가와 묘 판매가격의 변동에 대해서는 매우 민감한 반응을 나타낸 것으로 분석되었다. 즉 묘 생산원가가 기본 원가에 비해 30%정도 증가할 경우 내부투자수익률은 14.01%로 기본 수익률에 비해 무려 8.09%포인트 감소하였으며, 묘 생산원가가 40% 증가하게 되면 B/C율은 할인율 12.5%에서 1보다 작아지고 내부투자수익률은 11.21%로 자본의 기회비용을 하회하게 되어 경제적 타당성을 상실하게 되는 것으로 나타났다.

표 5.6.2. 조직배양사업의 감응도 분석

구 분	B/C율(할인율 12.5%)	내부투자수익률(IRR)
묘 생산원가		
10% 증가	1.1470	19.37
20% 증가	1.0817	16.80
30% 증가	1.0235	14.01
40% 증가	0.9729	11.21
50% 증가	0.9255	8.32
묘 판매가격		
10% 하락	1.1099	17.67
20% 하락	1.0177	13.64
30% 하락	0.9394	9.68
40% 하락	0.8724	6.19
50% 하락	0.8144	2.13

그리고 묘 판매가격 변동에 대한 투자사업의 감응도는 묘 생산원가 변동에 대한 감응도보다 훨씬 높은 것으로 나타났다. 묘 판매가격이 기본가격보다 20% 하락하게 되면 내부투자수익률은 13.64%로 기본 수익률에 비해 8.46%포인트 감소하였으며, 묘 판매가격이 30%하락하게 되면 B/C율은 1보다 작아지고 내부투자수익률은 9.68%로 자본의 기회비용을 크게 하회하게 되어 경제적 타당성이 없는 것으로 분석되었다.

이러한 분석결과로 미루어 볼 때 조직배양묘의 내수시장이 불안정한데다 앞으로 농가간의 판매경쟁으로 인하여 조직배양묘의 가격하락이 예상되기 때문에 조직배양사업의 수익성은 점차 낮아질 것으로 전망된다.

제 7 절 맺 는 말

원예작물 조직배양사업이 경쟁력을 갖추면서 지속적으로 발전해 나가기 위해서는 양질의 묘를 급속·대량생산하여 보다 저렴한 가격으로 공급할 수 있는 체제가 갖추어 져야 한다. 이를 위해서는 무엇보다도 낙후된 조직배양기술을 향상시키고 미비된 배양 및 순화시설을 개선·확충하는 노력이 뒤받침 되어야 하고, 이러한 새로운 배양기술과 시설투자가 농가에 의해 효과적으로 받아들여 질 수 있기 위해서는 사업의 수익성과 경영의 효율성이

보장될 수 있어야 한다.

본 연구에서는 이러한 필요성에 입각하여 농가보급형 조직배양농장을 대상으로 배양실과 순화·육성실의 적정시설규모와 투자액을 결정하고 수익과 비용을 추정하여 조직배양사업의 수익성과 경제성을 분석하였다. 또한 자가영양배양기술의 개발과 이의 농가보급을 위한 실증시험결과에 대한 경제적 효율성을 평가하기 위해 관행의 타가영양배양기술과 비교·분석하였다.

본 연구결과 원예작물 조직배양사업은 배양시설이 완전가동될 경우 매출액이익률은 32.6%, 총자본수익률은 27.7%로 사업의 수익성이 비교적 높은 것으로 나타났으며, 내부투자 수익률은 22.10%로 조직배양사업은 경제적 타당성이 높은 유망한 업종인 것으로 평가되었다. 특히 자가영양배양기술은 배양과정에서의 성묘율 향상으로 타가영양배양기술에 비해 수익성을 높이고 묘의 평균생산비를 절감하는데 크게 기여할 수 있는 것으로 분석되었다. 그러나 배양시설 가동률이 70%수준 이상으로 유지되지 못할 경우 자산의 비효율적 운용으로 경영성과가 악화되고 묘의 평균생산비가 상승하는 결과가 초래될 수 있다.

조사결과에 의하면 조직배양농가의 배양실 가동률은 농가에 따라 큰 차이가 있었으나 평균 50~70%로 매우 낮은 수준이었고, 가동률의 연차별 계절별 기복이 매우 심한 것으로 나타났다. 특히 일부 농가에서는 배양묘의 판로가 막히면 생산을 중단하고 판로가 확보되면 다시 생산하는 불규칙적이고 단속적인 운영을 반복하고 있으며, 이것이 배양실 가동률을 저하시키고 경영수지를 악화시키는 주요 요인으로 작용하였다. 이와 같이 기존 조직배양농가의 가동률이 낮은 근본적인 이유는 생산기술이 아직 체계화되지 못한데다 조직배양묘에 대한 수요자의 인식부족과 가격불안정 등으로 국내시장이 아직 제대로 형성되지 못하고 있기 때문이다.

이러한 실정임을 감안할 때 원예작물 조직배양농장의 경영성과를 향상시키고 묘의 평균생산비를 절감하기 위해서는 우량한 묘를 저렴한 비용으로 대량생산·공급할 수 있는 기술체계확립과 더부러 적정수준의 가동률을 유지할 수 있도록 주문생산체계를 우선적으로 확립해 나가는 것이 무엇보다 중요하다.

부표 5.1. 조직배양시설 공사비 내역 (T형)

1. 비목별 총공사비

(단위 : 천원)

구분		건축공사	내부설비공사	전기공사	계	
순 공 사 비	재료비	직접재료비	41,000	148,704	10,908	200,612
		간접재료비	-	-	-	-
		소계	41,000	148,704	10,908	200,612
	노무비	직접노무비	34,666	16,601	3,583	54,850
		간접노무비	4,853	2,324	502	7,679
		소계	39,519	18,925	4,085	62,529
	경비	기계경비	549	6	-	555
		산재보험료	1,265	605	131	2,001
		안전관리비	1,876	4,100	359	6,335
		기타경비	4,026	8,382	749	13,157
소계		7,716	13,093	1,239	22,048	
일반관리비	5,294	10,843	974	17,111		
중요자재대	6,661	-	-	6,661		
총원가	100,190	191,565	17,206	308,961		
이윤	7,879	6,429	945	15,253		
부가가치세	10,807	19,799	1,815	32,421		
총공사비	118,876	217,793	19,966	356,635		
평당공사비 (411.6평 기준)	289	529	48	866		

주 : 내부설비 공사비중에서 배양동의 무균작업대, 고압멸균기, 현미경 등 기계·장비구입비 78,276천원(부가가치세 포함) 제외.

2. 배양동 공사비

(단위 : 천원)

구분		건축공사	내부설비공사	전기공사	계	
순 공 사 비	재료비	직접재료비	17,969	75,415	4,205	97,589
		간접재료비	-	-	-	-
		소계	17,969	75,415	4,205	97,589
노무비	직접노무비	21,583	2,107	1,151	24,841	
	간접노무비	3,022	295	161	3,478	
	소계	24,605	2,402	1,312	28,319	
경비	기계경비	347	-	-	347	
	산재보험료	787	77	42	906	
	안전관리비	981	1,923	133	3,037	
	기타경비	2,129	3,891	276	6,296	
	소계	4,244	5,891	451	10,586	
일반관리비	2,809	5,022	358	8,189		
중요자재대	4,789	-	-	4,789		
총원가	54,416	88,730	6,326	149,472		
이윤	4,749	1,997	318	7,064		
부가가치세	5,916	9,073	664	15,653		
총공사비	65,081	99,800	7,308	172,189		
평당공사비 (58.8평 기준)	1,107	1,697	124	2,928		

주 : 내부설비 공사비중에서 무균작업대, 고압멸균기, 현미경 등 기계·장비 구입비 78,276천원(부가가치세 포함) 제외.

3. 순화실 공사비

(단위 : 천원)

구분		건축공사	내부설비공사	전기공사	계	
순	재료비	직접재료비	4,527	30,351	2,167	37,045
		간접재료비	-	-	-	-
		소계	4,527	30,351	2,167	37,045
공	노무비	직접노무비	3,150	5,493	-	8,643
		간접노무비	441	769	-	1,210
		소계	3,591	6,262	-	9,853
사	비	기계경비	68	1	-	69
		산재보험료	115	200	-	315
		안전관리비	190	889	54	1,133
		기타경비	406	1,831	108	2,345
		소계	779	2,921	162	3,862
일반관리비		534	2,372	140	3,046	
중요자재대		481	-	-	481	
총원가		9,912	41,906	2,469	54,287	
이윤		735	1,733	46	2,514	
부가가치세		1,065	4,364	251	5,680	
총공사비		11,712	48,003	2,766	62,481	
평당공사비 (78.4평 기준)		150	612	35	797	

4. 육성실 공사비

(단위 : 천원)

구분		건축공사	내부설비공사	전기공사	계	
순	재료비	직접재료비	18,504	42,938	4,536	65,978
		간접재료비	-	-	-	-
		소계	18,504	42,938	4,536	65,978
공	노무비	직접노무비	9,933	9,001	2,432	21,366
		간접노무비	1,390	1,260	341	2,991
		소계	11,323	10,261	2,773	24,357
사	비	기계경비	134	5	-	139
		산재보험료	363	328	89	780
		안전관리비	705	1,288	172	2,165
		기타경비	1,491	2,660	365	4,516
		소계	2,693	4,281	626	7,600
일반관리비		1,951	3,449	476	5,876	
중요자재대		1,391	-	-	1,391	
총원가		35,862	60,929	8,411	105,202	
이윤		2,395	2,699	581	5,675	
부가가치세		3,826	6,362	900	11,088	
총공사비		42,083	69,990	9,892	121,965	
평당공사비 (274.4평 기준)		153	255	36	444	

부표 5.2. 조직배양농장의 연간 생산비 산출근거

구 분	연간 생산비 (천원)	산 출 근 거
인 건 비	87,800	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기본급 <ul style="list-style-type: none"> 관리책임자 1인×1,200천원×12개월=14,400천원 배양기술자 3인×600천원×12개월=21,600천원 작업요원 2인×600천원×12개월=14,400천원 온실관리자 1인×800천원×12개월=9,600천원 ○ 상여금 <ul style="list-style-type: none"> 60,000천원×2/12개월=10,000천원 ○ 퇴직급여충당금 <ul style="list-style-type: none"> (60,000천원+10,000천원)×0.1=7,000천원 ○ 일용잡부 <ul style="list-style-type: none"> 연인원 360인×30천원=10,800천원
감 가 삼 각 비	32,077	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시 설 물 : 21,992천원 <ul style="list-style-type: none"> - 배양동 <ul style="list-style-type: none"> 건물(65,081천원-6,508천원)/25년=2,343천원 설비 99,800천원/20년=4,990천원 전기 7,308천원/20년=365천원 - 순화실 <ul style="list-style-type: none"> 온실(11,712천원-586천원)/15년=742천원 설비 48,003천원/12년=4,000천원 전기 2,766천원/12년=230천원 - 육성실 <ul style="list-style-type: none"> 온실(42,083천원-2,104천원)/15년=2,665천원 설비 69,990천원/12년=5,833천원 전기 9,892천원/12년=824천원 ○ 기계·장비 : 8,635천원 <ul style="list-style-type: none"> 무균작업대 (11,550천원-1,155천원)/10년=1,040천원 고압멸균기 (8,800천원-880천원)/10년=792천원 현미경 (3,300천원-330천원)/10년=297천원 PH메타기 (1,320천원-132천원)/10년=119천원 전자저울 (1,650천원-165천원)/10년=149천원 증류수제조기(2,200천원-220천원)/10년=198천원 냉난방기 12,826천원/8년=1,603천원 건조기 2,750천원/8년=344천원 제습기 2,750천원/8년=344천원 실험대 (4,070천원-407천원)/10년=366천원 기 타 27,060천원/8년=3,383천원 ○ 사무집기 <ul style="list-style-type: none"> 2,500천원/10년=250천원 ○ 수송차량 <ul style="list-style-type: none"> (8,000천원-800천원)/6년=1,200천원

<계속>

구 분	연간 생산비 (천원)	산 출 근 거
자 본 용 역 비	46,624	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토지자본용역비 : 6,395천원 배양동 8,820천원×0.125=1,103천원 순화실 9,410천원×0.125=1,176천원 육성실 32,930천원×0.125=4,116천원 ○ 고정자본용역비 : 29,499천원 <ul style="list-style-type: none"> - 시설물 배양동 (172,189천원 /2+6,508천원)×0.125=11,575천원 순화실 (62,481천원 /2+586천원)×0.125=3,978천원 육성실 (121,965천원 /2+2,104)×0.125=7,886천원 - 기계·장비 무균작업대 (11,550천원 /2+1,155천원)×0.125=866천원 고압멸균기 (8,800천원 /2+880천원)×0.125=660천원 현 미 경 (3,300천원 /2+330천원)×0.125=248천원 PH메타기 (1,320천원 /2+132천원)×0.125=99천원 전 자 저 울 (1,650천원 /2+165천원)×0.125=124천원 증류수제조기(2,200천원 /2+220천원)×0.125=165천원 냉 난 방 기 12,826천원 /2×0.125=802천원 전 조 기 2,750천원 /2×0.125=172천원 제 습 기 2,750천원 /2×0.125=172천원 실 험 대 (4,070천원 /2+407천원)×0.125=305천원 기 타 27,060천원 /2×0.125=1,691천원 - 사무집기 2,500천원 /2×0.125=156천원 - 수송차량 (8,000천원 /2+800천원)×0.125=600천원 ○ 유동자본용역비 : 10,730천원 인건비 87,800천원×0.5×0.125=5,488천원 유동자본재비용 83,878천원×0.5×0.125=5,242천원
모 주 구 입 비	12,240	<ul style="list-style-type: none"> ○ 호 접 란 30본×400천원=12,000천원 ○ 스타티스 40본×3천원=120천원 ○ 딸 기 40본×3천원=120천원
시 약 비	3,731	<ul style="list-style-type: none"> ○ 호 접 란 : 889천원 Agar 7.81Kg×20천원=156천원 NH₄NO₃ 16.10Kg×15천원=242천원 KNO₃ 18.54Kg×14천원=260천원 Sucrose 29.27Kg×9천원×1/3=88천원(타가) 유기물 146.37Kg×2천원×1/3=98천원(타가) 기 타 (Inosite 외 20종) 45천원

<계속>

구 분	연간 생산비 (천원)	산 출 근 거
전 력 비	9,200	<ul style="list-style-type: none"> ○ 스타티스 : 1,421천원 <ul style="list-style-type: none"> Agar 12.49Kg×20천 원=250천 원 NH₄NO₃ 25.76Kg×15천 원=386천 원 KNO₃ 29.66Kg×14천 원=415천 원 Sucrose 46.84Kg×9천 원×1/3=141천 원 (타가) 유기물 234.19Kg×2천 원×1/3=156천 원 (타가) 기 타 (Lnosite 외 20종) 73천 원 ○ 딸 기 : 1,421천원 <ul style="list-style-type: none"> Agar 212.49Kg×20천 원=250천 원 NH₄NO₃ 25.76Kg×15천 원=386천 원 KNO₃ 29.66Kg×14천 원=415천 원 Sucrose 46.84Kg×9천 원×1/3=141천 원 (타가) 유기물 234.19Kg×2천 원×1/3=156천 원 (타가) 기 타 (Inosite 외 20종) 73천 원 ○ 배양실 <ul style="list-style-type: none"> - 소비전력 <ul style="list-style-type: none"> 45W×4단×5등×33조=29.70Kw(자가) 45W×4단×3등×17조=9.18Kw(타가) - 연간 기본요금 <ul style="list-style-type: none"> 38.88Kw×1,070원 /Kw×12개월=499천 원 - 연간 전력량요금 <ul style="list-style-type: none"> 38.88Kw×10Hr×30일=11,664Kwh 11,664Kwh×36.70원 /Kwh×12개월=5,137천 원 - 연간 전기료(부가가치세 포함) <ul style="list-style-type: none"> (499천 원×5,137천 원)×1.1=6,200천 원 ○ 일반전기료 <ul style="list-style-type: none"> 250천 원×12개월=3,000천 원
수도 광 열 비	9,200	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수도료 150천 원×12개월=1,800천 원 ○ 연료비 2,300원×353평×6개월=4,871천 원
시설물유지비	5,349	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배양동 시설물 투자액의 1.5% 적용 <ul style="list-style-type: none"> 172,189천 원×0.015=2,583천 원 ○ 순화온실 투자액의 1.5% 적용 <ul style="list-style-type: none"> 62,481천 원×0.015=937천 원 ○ 육성온실 투자액의 1.5% 적용 <ul style="list-style-type: none"> 121,965천 원×0.015=1,829천 원
기 자 재 비	4,034	<ul style="list-style-type: none"> ○ 형광등(수명 6개월) <ul style="list-style-type: none"> (20등×33조×1,500원)×2회=1,980천 원(자가) (12등×17조×1,500원)×2회=612천 원(타가)

〈계속〉

구 분	연간 생산비 (천원)	산 출 근 거
풋트·상토비	20,556	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배양병(연간 파손율 5%) <ul style="list-style-type: none"> 호 집 란 10,010개×0.05×550원=275천원 스타티스 12,012개×0.05×550원=330천원 딸 기 12,012개×0.05×650원=330천원 ○ 기타 기자재 5,068천원×0.1=507천원 ○ 호 집 란 : 8,168천원 <ul style="list-style-type: none"> 트레이 250,250주±72주 /트레이=3,476판 3,476판×550원=1,912천원 이 끼 250,250주×25원=6,256천원 ○ 스타티스 : 5,986천원 <ul style="list-style-type: none"> 컵 풋 트 272,072개×7원=1,905천원 상 토 272,072주×15원=4,081천원 ○ 딸 기 : 6,402천원 <ul style="list-style-type: none"> 컵풋트 290,991개×7원=2,037천원 상 토 290,991주×15원=4,365천원
소 모 품 비	803	○ 메스날, 여과지 외 20여종 803천원
포 장 비	3,899	<ul style="list-style-type: none"> ○ 호 집 란 <ul style="list-style-type: none"> 250,250주±72주 /상자=3,476개 3,476개×350원=1,217천원 ○ 스타티스 <ul style="list-style-type: none"> 266,631주±72주 /상자=3,703개 3,703개×350원=1,296천원 ○ 딸 기 <ul style="list-style-type: none"> 285,171주±72주 /상자=3,961개 3,961개×350원=1,386천원
운 송 비	1,800	○ 150천원×12개월=1,800천원
여 비 교 통 비	2,640	○ 220천원×12개월=2,640천원
연 구 개 발 비	5,575	○ 총판매수입의 1.5% 적용 371,690천원×0.015=5,575천원
일 반 관 리 비	7,380	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사무용품비 50천원×12개월=600천원 ○ 통 신 비 65천원×12개월=780천원 ○ 선 전 비 200천원×12개월=2,400천원 ○ 접 대 비 200천원×12개월=2,400천원 ○ 기 타 100천원×12개월=1,200천원
계	250,379	

참 고 문 헌

1. 김성모. 1995. 접지설비의 설계 및 시공기술, 전기기사, 공사기사 교육교재.
2. 민영봉, 정태상, 김성태. 1993. 그린하우스 온도제어 시뮬레이션. 경상대학교논문집 32:139-145.
3. 민영봉, 박중춘, 이상옥, 정태상. 1994. 온실의 복합환경제어시스템의 구성. 경상대학교 시설원예연구 창간호. pp 151-166.
4. 민영봉, 정태상, 박중춘, 김성태, 서원명, 문성동, 이상옥. 1995. 적응제어를 이용한 온실의 환기냉방시스템 제어. 경상대학교 시설원예연구 2:147-164.
5. 민영봉, 정태상, 박중춘, 서원명, 문성동, 이상옥. 1995. 온실의 난방제어를 위한 디지털제어기법 연구. 경상대학교 시설원예연구 2:165-192.
6. 박중춘, 민영봉, 서원명, 김영복, 이상옥, 강호중, 정병룡, 정태상. 1994. 시설원예 자동화를 위한 농가보급형 컴퓨터 환경조절 시스템 개발 및 농가실증 시험, 경상대학교 농어촌개발연구 12:1-119.
7. 박중춘, 민영봉, 정병룡, 양찬석, 손영걸, 이상옥. 1995. 조직배양을 위한 광독립 환경 및 생장조절장치 개발. 경상대학교 시설원예연구 2:301-315.
8. 박중춘, 민영봉, 1996. 광독립 식물조직배양실의 장치와 환경기술. '96 농림부현장으로 과제 중간발표. 경상대 시설원예연구소. 1-19.
9. 서원명, 민영봉, 윤용철. 1990. Microcomputer를 이용한 Green House의 온도制御 System. 농업기계학회지 15(2):134-142.
10. 손영걸, 김시론, 박중춘. 1997. 광독립영양배양이 딸기의 기내증식에 미치는 영향. 한국원예학회 영남지부 가을 논문발표 요약집 15.
11. 손영걸, 김시론, 박중춘. 1997. 광독립영양배양이 거베라 초기 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 영남지부 가을 논문발표 요약집 19.
12. 손영걸, 김시론, 박중춘. 1997. 광독립영양배양이 스타티스의 초기 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 영남지부 가을 논문발표 요약집 20.
13. 양찬석, 이은주, 정병룡, 박중춘. 1995. 배양기의 환기회수, 광합성유효광량자속 및 배지 내 유기물함량이 스타티스(*Limonium* spp.) 배양소식물체의 광독립 및 혼합영양 생장에 미치는 영향. 경상대학교 농자원이용연구소보 29:17-23.
14. 이상옥, 민영봉, 박중춘, 정태상, 문성동. 1995. 농가 보급형 온실의 복합환경 제어장치 개발. 경상대학교 시설원예연구 2:193-212.
15. 이은주. 1998. 스타티스 '미스티 블루'의 자가영양배양에 관한 연구. 석사학위 논문. 경상대학교.
16. 이은주, 임미영, 정병룡. 1997. 딸기 미세번식의 생력화를 위한 신배지의 도입 효과에 관한 연구. 한국원예학회 발표요지 15(2):118-119.

17. 이은주, 정병룡. 1997. 광독립배양에서 일장과 환기회수가 카네이션과 스타티스 소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 논문발표 요지 15(1): 445-446.
18. 이은주, 정병룡. 1998. 배지 내 인산의 초기농도가 스타티스 배양소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 원예과학기술지. (인쇄중).
19. 이은주, 정병룡, 김영희. 1998. 기내 배양환경과 기외 순화시의 차광정도가 스타티스 배양소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 원예과학기술지. (인쇄중).
20. 이은주, 정병룡, 임미영. 1998. 자가영양배양시 agar 대체 지지물로 사용된 원예용 상토가 스타티스 배양소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 원예과학기술지. (인쇄중).
21. 이은주, 진행경, 정병룡. 1996. 광독립영양배양에서 광도와 CO₂ 농도가 거베라와 스타티스 소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 추계논문발표요지 14(2): 412-413.
22. 정병룡. 1995. 원예작물조직배양묘의 급속대량증식 및 순화체계 개발과 실용화 시험. 농림수산부 현장애로기술 개발연구 제 1차년도 보고서. 97p.
23. 정병룡. 1996. 광독립배양을 이용한 채소작물의 기내대량번식. 한국원예학회 영남지방 창립총회 및 기념 심포지엄 초록문. p. 5.
24. 정병룡, 이은주, 김수정. 1996. 발근단계에서의 영양체계가 카네이션과 딸기 배양묘의 생육에 미치는 영향. 한국식물조직배양학회 추계학술발표요지 39-40.
25. 정병룡, 이은주, 김수정, 황승재. 1996. 발근단계에서의 기내 영양체계와 기외 순화방법이 카네이션과 딸기 배양묘의 생육에 미치는 영향. 한국식물조직배양학회 추계학술발표요지 37-38.
26. 정병룡, 이은주, 진행경. 1996. 광독립영양배양에서 광도, CO₂ 농도 및 환기회수가 딸기 소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국식물조직배양학회 추계학술발표요지 41-42.
27. 정병룡, 이은주, 진행경. 1996. 광독립영양배양에서 CO₂ 농도와 환기회수가 카네이션과 스타티스 소식물체의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회 추계논문발표요지 14(2): 414-415.
28. 정태상, 민영봉, 서원명. 1993. 그린하우스 온도제어제 파라미터 식별. 경상대학교 논문집 32(2):147-153.
29. 高橋安人. 1985. デジタル制御. 岩波書店. 東京.
30. 片山 徹. 1983. 應用カルマンフィルタ. 朝倉書店. 東京.
31. 橋本 康. 1987. 植物環境制御入門. オーム社. 東京.
32. 日本施設園藝協會. 1987. 施設園藝ハンドブック. 日本農民新聞社 : 178-203.
33. Aitken-Christie, J. 1988. Development of a semi-automated micropropagation systems. Acta Hort. 230, 81-86.
34. Aitken-Christie, J. 1991. Automation. pp. 363-388 In: P. Debergh and R. Zimmerman (eds.) Micropropagation: Technology and application. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands.
35. Aitken-Christie, J. and C. Jones. 1987. Towards automation: *Radiata* pine shoot

- hedges in vitro. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 8:185-196.
36. Ando, T. 1978. Gaseous environment in the airtight culture vessel containing orchids. *Ann. Autumn Meet. Japn. Soc. Hort. Sci.* 368-369.
 37. Appelgren, M. 1991. Effects of light quality on stem elongation of *Pelagonium* in vitro. *Scientia Hort.* 45:345-351.
 38. Attridge, T. H. 1990. *Light and plant responses.* Edward Arnold, London.
 39. Auboiron, E., M. -P. Carron and N. Michaux-Ferriere. 1990. Influence of atmospheric gases, particularly ethylene, on somatic embryogenesis of *Hevea brasiliensis*. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 21:31-37.
 40. Bidwell, R. G. S. and J. McLachlan. 1983. Effects of coloured light on the growth and metabolism of *Ficus* embryos and apexes in culture. *Can. J. Bot.* 61:1993-2003.
 41. Blanke, M. M. and A. R. Belcher. 1989. Stomata of apple leaves cultured in vitro. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 19:85-89.
 42. Blazkova, A., J. Ullmann, Z. Josefusova, I. Machackova and J. Krekule. 1989. The influence of gaseous phase on the growth of plants in vitro - The effect of different types of stoppers. *Acta Hort.* 251:209-214.
 43. Boxus, P. 1974. The production of strawberry plants by in vitro micropropagation. *J. Hort. Sci.* 49:209-210.
 44. Brainerd, K. E. and L. H. Fuchigami. 1981. Acclimatization of aseptically cultured apple plants to low relative humidity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:515-518.
 44. Brainerd, K. E., L. H. Fuchigami, S. Kwiatkowski and C. S. Clark. 1981. Leaf anatomy and water stress of aseptically cultured 'Pixy' plum grown under different environments. *HortScience* 16:173-175.
 45. Bressan, P. H., Y. J. Kim, S. S. Hyndman, P. M. Hasegawa and R. A. Bressan. 1982. Factors affecting in vitro propagation of rose. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:979-990.
 46. Brown, F. R. 1992. Robotics and image analysis applied to micropropagation. In: *Transplant production systems.* pp. 283-296. K. Kurata and T. Kozai (eds.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
 47. Bubenheim, D. L., B. Bugbee and F. B. Salisbury. 1988. Radiation in the controlled environments: Influence of lamp type and filter material. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:468-474.
 48. Bula, R. J., R. C. Morrow, T. W. Tibbitts, B. J. Barta, R. W. Ignatius and T. S. Martin. 1991. Light-emitting diode as a radiation source for plants. *HortScience* 26:203-205.

48. Capellades, M. Q. 1989. Histological and ecophysical study of the changes occurring during the acclimatization of in vitro cultures. Ph.D. Dissertation. Gent University, Belgium.
50. Capellades, M., R. Fontarnau, C. Carulla and P. Debergh. 1990. Environment influences anatomy of stomata and epidermal cells in tissue-cultured *Rosa multiflora*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115:141-145.
51. Capellades, M., R. Lemeur and P. Debergh. 1991. Effects of sucrose on starch accumulation and rate of photosynthesis in *Rosa* cultured in vitro. Plant Cell, Tissue Organ Cult. 25:21-26.
52. Chaumont, D. and C. Gudin. 1985. Transition from photomixotrophic to photoautotrophic growth of *Asparagus officinalis* in suspension culture. Biomass 8:41-58.
53. Chee, R. 1986. In vitro culture of *Vitis*: The effects of light spectrum, manganese sulfate, and potassium iodide on morphogenesis. Plant Cell, Tissue Organ Cult. 7:121-134.
54. Chee, R. and R. M. Pool. 1989. Morphogenic responses to propagule trimming, spectral irradiance, and photoperiod of grapevine shoots recultured in vitro. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114:350-354.
55. Chu, I. Y. E. 1992. Perspective of micropropagation industry. In: Transplant production systems. pp. 137-150. K. Kurata and T. Kozai (eds.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
56. Conner, A. J. and M. B. Thomas. 1982. Re-establishing plantlets from tissue culture: A review. Proc. Intl. Plant Prop. Soc. 31:342-357.
57. Cournac, L., B. Dimon, P. Carrier, A. Lohou and P. Chagvardieff. 1991. Growth and photosynthetic characteristics of *Solanum tuberosum* plantlets cultivated in vitro in different conditions of aeration, sucrose supply, and CO₂ enrichment. Plant Physiol. 97:112-117.
58. Cournac, L., I. Cirierand and P. Chagvardieff. 1992. Improvement of photoautotrophic *Solanum tuberosum* plantlet culture by light and CO₂: Differential development of photosynthetic characteristics and varietal constraints. Acta Hort. 319:53-58.
59. Cuello, J. L., P. N. Walker and C. W. Heuser. 1989. Effects of ventilated CO₂, light and sucrose levels on stage II micropropagation of *Buddleia alternifolia* (Butterfly Bush). Amer. Soc. Agric. Engr. Paper No.89-6091.
60. De Proft, M. P., L. J. Maene and P. C. Debergh. 1985. Carbon dioxide and ethylene evolution in the culture atmosphere of *Magnolia* cultured in vitro. Physiol. Plant. 65:375-379.
61. Debergh, P. C. 1983. Effects of agar brand and concentration on the tissue

- culture medium. *Physiol. Plant.* 59:270-276.
62. Debergh, P., J. Aitken-Christie, D. Cohen, B. Grout, S. von Arnold, R. Zimmerman and M. Ziv. 1992. Reconsideration of the term 'vitrification' as used in micropropagation. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 30:135-140.
 63. Debergh, P. and L. Maene. 1977. Rapid clonal propagation of pathogen-free *pelagonium* plants starting from shoot tips and apical meristem. *Acta Hort.* 78:449-454.
 64. Debergh, P. and L. Maene. 1984. Pathological and physiological problems related to the in vitro culture of plants. *Parasitica* 40:69-75.
 65. Debergh, P., Y. Harbaoui and R. Lemeur. 1981. Mass propagation of globe artichoke (*Cynara scolymus*): Evaluation of different hypotheses to overcome vitrification with special reference to water potential. *Physiol. Plant.* 53:181-187.
 66. Desjardins, Y., A. Gosselin and S. Yelle. 1987. Acclimatization of ex vitro strawberry plantlets in CO₂ enriched environments and supplementary lighting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:846-851.
 67. Desjardins, Y., F. Laforge, C. Lussier and A. Gosselin. 1988. Effect of CO₂ enrichment and high photosynthetic photon flux on the development of autotrophy and growth of tissue cultured strawberry, raspberry and asparagus plants. *Acta Hort.* 230:45-53.
 68. Dillen, W. and S. Buysens. 1989. A simple technique to overcome vitrification in *Gypsophila paniculata* L. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 19:181-188.
 69. Donnelly, D. J., F. E. Skelton and H. A. Daubeny. 1986. External leaf features of tissue-cultured 'Silvan' blackberry. *HortScience* 21:306-308.
 70. Donnelly, D. J., F. E. Skelton and J. E. Nelles. 1987. Hydathode anatomy and adaxial water loss in micropropagated 'Silvan' blackberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:566-569.
 71. Donnelly, D. J. and W. E. Vidaver. 1984. Leaf anatomy of red raspberry transferred from culture to soil. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:172-176.
 72. Donnelly, D. J. and W. E. Vidaver. 1984. Pigment content and gas exchange of red raspberry in vitro and ex vitro. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:177-181.
 73. Donnelly, D. J., W. E. Vidaver and K. Y. Lee. 1985. The anatomy of tissue cultured red raspberry prior to and after transfer to soil. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 4:43-50.
 74. Dooley, J. H. 1991. Influence of lighting spectra on plant tissue culture, ASAE Paper No. 917530. Amer. Soc. Agr. Eng., St. Joseph, MI. USA.
 75. Driver, J. A. and G. R. L. Suttle. 1987. Nursery Handling of propagules. In:

- Bonga, J. M., Duzan, D. J. (eds.) Cell and Tissue Culture in Forestry. 2:320-335. Martinus Nijhoff, Dordrecht.
76. Dunstan, D. I. and K. E. Turner. 1984. The acclimatization of micropropagated plants. In: Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants, 1:123-129. I. Vasil (ed.) Academic Press, New York.
 77. Economou, A. S. and P. A. Read. 1986. Influence of light duration and irradiance on micropropagation of a hardy deciduous azalea. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:146-149.
 78. Economou, A. S. and P. A. Read. 1987. Light treatments to improve efficiency of in vitro propagation systems. HortScience 22:751-754.
 79. Field, R. J. 1990. Influence of chilling stress on ethylene production. In: Wang, C. Y. (ed.) Chilling Injury of Horticultural Crops. Boca Raton, Fla. CRC Press, Chap. 15.
 80. Figueira, A., A. Whipkey and J. Janick. 1991. Increased CO₂ and light promote in vitro shoot growth and development of *Theobroma cacao*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116:585-589.
 81. Forney, C. F. and D. G. Brandl. 1992. Control of humidity in small controlled-environmental chambers using glycerol-water solutions. HortTechnology 2:52-54.
 82. Fuchigami, L. H., T. Y. Cheng and A. Soeldner. 1981. Abaxial transpiration and water loss in aseptically cultured plum. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106:519-522.
 83. Fujiwara, K., J. Aitken-Christie and T. Kozai. 1993. Water potential of *radiata* pine shoots cultured in vitro under different relative humidities. Plant Tissue Cult. Lett. 10:144-150.
 84. Fujiwara, K., S. Kira and T. Kozai. 1992. Time course of CO₂ exchange of potato cultures in vitro with different sucrose concentrations in the culture medium. J. Agric. Meteorol. 48:49-56.
 85. Fujiwara, K., T. Kozai and I. Watanabe. 1987. Measurements of carbon dioxide gas concentration in closed vessels containing tissue cultured plantlets and estimates of net photosynthetic rates of the plantlets. J. Agric. Meteorol. 43:21-30.
 86. Fujiwara, K., T. Kozai and I. Watanabe. 1988. Development of a photoautotrophic tissue culture system for shoots and/or plantlets at rooting and acclimatization stages. Acta Hort. 23:153-158.
 87. Fujiwara, K., T. Kozai, Y. Nakajyo and I. Watanabe. 1989. Effects of closures and vessels on light intensities in plant tissue culture vessels. J. Agric. Meteorol. 45:143-149.
 88. Galston, A. W., R. Kaur-Sawhney. 1987. Polyamine and senescence in plants. In:

- Thomson, W. W., E. A. Nothnagel, R. C. Huffaker (eds.) *Plant Senescence: Its Biochemistry and Physiology*. Rockville, Amer. Soc. Plant Physiol. pp. 167-181.
89. Gautz, L. D. and C. K. Wong. 1992. Automation of the handling and manipulation of vessels during micropropagation. *Acta Hort.* 319:573-578.
 90. Gavinlertvatana, P., P. E. Read, H. F. Wilkins and E. Heins. 1982. Ethylene levels in flask atmospheres of *Dahlia pinata* Cav. leaf segments and callus cultured in vitro. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:3-6.
 91. Gould, G. H. and T. Murashige. 1985. Morphogenic substances released by plant tissue cultures. I. Identification of berberine in *Nandina* culture medium, morphogenesis, and factors influencing accumulation. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 4:29-42.
 92. Griffis, J. L. Jr., G. Hennen and R. P. Oglesby. 1983. Establishing tissue cultured plants in soil. *Comb. Proc. Intl. Plant. Prop. Soc.* 33:618-622
 93. Grill, E., W. L. Winnacker and M. H. Zenk. 1987. Phytochelatins, a class of heavy-metal-binding peptides from plants, are functionally analogous to metallothioneins. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 84:439-443.
 94. Grodzinski, B., I. Boesel and K. Horton. 1981. Effect of light and carbon dioxide on the release of ethylene from leaves of *Xanthium strumarium*. *Plant Physiol.* 67:272-273.
 95. Grout, B. W. W. 1988. Photosynthesis of regenerated plantlets in vitro, and the stresses of transplanting. *Acta Hort.* 230:129-135.
 96. Grout, B. W. W. and F. Price. 1987. The establishment of photosynthetic independence in strawberry cultures prior to transplanting. In: *Symposium Florizel: Plant micropropagation in horticultural industries*. pp. 55-60. G. Ducate, M. Jacobs and A. Simeon (eds.) Arnon, Belgium.
 97. Grout, B. W. W. and M. E. Donkin. 1987. Photosynthetic activity of cauliflower meristem cultures in vitro and at transplanting into soil. *Acta Hort.* 212:323-327.
 98. Grout, B. W. W. and M. J. Aston. 1977. Transplanting of cauliflower plants regenerated from meristem culture. I. Water loss and water transfer related to changes in leaf wax and to xylem regeneration. *Hort. Res.* 17:1-7.
 99. Grout, B. W. W. and M. J. Aston. 1978. Transplanting of cauliflower plants regenerated from meristem culture. II. Carbon dioxide fixation and the development of photosynthetic ability. *Hort. Res.* 17:65-71.
 100. Grout, B. W. W. and P. Crisp. 1977. Practical aspects of the propagation of cauliflower by meristem culture. *Acta Hort.* 78:289-296.
 101. Grout, B. W. W. and S. Millam. 1985. Photosynthetic development of micro-

- propagated strawberry plantlets following transplanting. *Ann. Bot.* 55:129-131.
102. Hakkaart, F. A. and J. A. Versluijs. 1983. Some factors affecting glassiness in carnation meristem tip cultures. *Neth. J. Plant Pathol.* 89:47-53.
 103. Hayashi, M., N. Fujita, Y. Kitaya and T. Kozai. 1992. Effect of sideward lighting on the growth of potato plantlets in vitro. *Acta Hort.* 319:163-166.
 104. Heslop-Harrison, J. 1972. Sexuality in angiosperms. In: Stewart, F. C. (ed.) *Plant Physiology, a Treatise*. Academic Press, London, Vol. 6:133-289.
 105. Horm, M. E. and J. M. Widholm. 1984. Aspects of photosynthetic cell cultures. In: Collins, G. B., Petolia, J. G. (eds.) *Applications of genetic engineering to crop improvement*. pp. 113-161. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publs, Dordrecht.
 106. Hunter, S. A., M. J. Foxe and M. J. Hennerty. 1983. The influence of temperature and light intensity on the in vitro propagation of the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Cambridge Favourite. *Acta Hort.* 131:153-161.
 107. Ignatius, R. W., T. S. Martin, R. J. Bula, R. C. Morrow and T. W. Tibbitts. 1988. Method and apparatus for irradiation of plants using optoelectronic devices. U.S. Patent Application 07/283, 245.
 108. Infante, R., E. Magnanini and B. Righetti. 1989. The role of light and CO₂ in optimizing the conditions for shoot proliferation of *Actinidia deliciosa* in vitro. *Physiol. Plant.* 77:191-195.
 109. Iwanami, Y., T. Kozai, Y. Kitaya and S. Kino. 1992. Effects of supplemental red and far-red lighting using light emitting diodes on stem elongation and growth of potato plantlets in vitro. *Book of Abstracts for Intl. Symp. Transplant Production Systems*. July 1992. Yokohama, Japan. p. 183.
 110. Jackson, M. B., A. J. Abbott, A. R. Belcher, K. C. Hall, R. Butler and J. Cameron. 1991. Ventilation in plant tissue cultures and effects of poor aeration on ethylene and carbon dioxide accumulation, oxygen depletion and explant development. *Ann. Bot.* 67:229-237.
 111. Jeong, B. R. 1992. Automation in plant micropropagation. *GrowerTalks*. December p. 75, 77.
 112. Jeong, B. R., C. S. Yang and E. J. Lee. 1996. Photoautotrophic growth of *Dianthus caryophyllus* in vitro as affected by photosynthetic photon flux and CO₂ concentration. *Acta Horticulturae* 440:611-615.
 113. Jeong, B. R., C. S. Yang and J. C. Park. 1996. Growth of *Gerbera hybrida* in vitro as affected by CO₂ concentration and air exchange rate of the vessel. *Acta Horticulturae* 440:510-514.
 114. Jeong, B. R., C. S. Yang and J. C. Park. 1996. Photoautotrophic growth of

- Gerbera hybrida* in vitro as affected by CO₂ concentration and air exchange rate. Book of Abstracts, p. 53. International Symposium on Plant Production in Closed Ecosystems. August 26-29, 1996. Narita, Japan.
115. Jeong, B. R., C. S. Yang, J. C. Park and E. J. Lee. 1996. Photoautotrophic growth of *Dianthus caryophyllus* in vitro as affected by PPF and CO₂ concentration. Book of Abstracts, p. 153. International Symposium on Plant Production in Closed Ecosystems. August 26-29, 1996. Narita, Japan.
 116. Jeong, B. R., K. Fujiwara and T. Kozai. 1993. Autotrophic micropropagation: Methods and advantages. HortTechnology 3(3):332-334.
 117. Jeong, B. R., K. Fujiwara and T. Kozai. 1995. Environmental control and photoautotrophic micropropagation of quality plantlets. Horticultural Reviews. AVI. 17:123-170.
 118. Jeong, B. R., T. Kozai and K. Watanabe. 1996. Stem elongation and growth of *Mentha rotundifolia* in vitro as influenced by photoperiod, photosynthetic photon flux and difference between day and night temperatures. Acta Horticulturae 440:539-544.
 119. Johansson, L. and T. Eriksson. 1984. Effect of carbon dioxide in anther cultures. Physiol. Plant. 60:26-30.
 120. Johnson, B. J. 1989. Towards automation of crop plant tissue culture. Austr. J. Biotechnol. 3:278-280.
 121. Kimball, S. L., W. D. Beversdorf and E. T. Bingham. 1975. Influence of osmotic potential in the growth and development of soybean tissue cultures. Crop Sci. 15:750-752.
 122. Kimmerer, T. W. and T. T. Kozlowski. 1982. Ethylene, ethane, acetaldehyde and ethanol production by plants under stress. Plant Physiol. 69:840-847.
 123. Kirdmanee, C., C. Kubota, B. R. Jeong and T. Kozai. 1992. Photoautotrophic multiplication of *Cymbidium* protocorm-like bodies. Acta Horticulturae 319:243-248.
 124. Kozai, T. 1991. Acclimatization of micropropagated plants. In: Biotechnology in agriculture and forestry 17: High-Tech and Micropropagation I. pp. 127-141. Y. P. S. Bajaj (ed.) Springer-Verlag, New York.
 125. Kozai, T. 1991. Autotrophic micropropagation. In: Biotechnology in agriculture and forestry 17: High-Tech and Micropropagation I. pp. 313-343. Y. P. S. Bajaj (ed.) Springer-Verlag, New York.
 126. Kozai, T. 1991. Controlled Environments in conventional and automated micropropagation. 213-230. In: Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants. 8:213-230. I. Vasil (ed.) Academic Press, New York.

127. Kozai, T. 1991. Micropropagation under photoautotrophic conditions. In: Micropropagation: Technology and Application. pp. 447-469. P. Debergh and R. Zimmerman (eds.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
128. Kozai, T. 1991. Photoautotrophic micropropagation. In Vitro Cell. Dev. Biol. 27: 47-51.
129. Kozai, T., A. Takazawa, I. Watanabe and I. Sugi. 1990. Growth of tobacco seedlings and plantlets in vitro as affected by in vitro environment. Environ. Control in Biol. 28:31-39.
130. Kozai, T. and B. R. Jeong. 1993. Environmental control in plant tissue culture and its application for micropropagation. In: The computerized greenhouse: Automatic control application in plant production. pp. 95-116. Y. Hashimoto, G. P. A. Bot, W. Day, H. -J. Tantau and H. Nonami (eds.) Academic Press, New York.
131. Kozai, T., B. R. Jeong, C. Kubota and Y. Murai. 1995. Effects of volume and initial strength of medium on the growth, photosynthesis and ion uptake of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlet in vitro. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 64(1):63-71.
132. Kozai, T., C. Kubota and B. R. Jeong. 1998. Environmental control for the large-scale production of plants through in vitro techniques. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 51(1):49-56.
133. Kozai, T., C. Kubota and C. Watanabe. 1988. Effects of basal medium composition on the growth of carnation plantlets in auto- and mixotrophic tissue culture. Acta Hort. 230:159-166.
134. Kozai, T., C. Kubota and M. Nakayama. 1989. Net photosynthesis rate of plantlets in vitro under natural and forced ventilation conditions. J. Japn. Soc. Hort. Sci. 58:250-251.
135. Kozai, T., H. Oki and K. Fujiwara. 1987. Effects of CO₂ enrichment and sucrose concentration under high photosynthetic photon fluxes on growth of tissue-cultured Cymbidium plantlets during the preparation stage. In: Symposium Floriezel: Plant micropropagation in horticultural industries. pp. 135-141. G. Ducate, M. Jacob and A. Simeon (eds.) Arlon, Belgium.
136. Kozai, T., H. Oki and K. Fujiwara. 1990. Photosynthetic characteristics of *Cymbidium* plantlet in vitro. Plant Cell, Tissue Organ Cult. 22:205-211.
137. Kozai T., K. C. Ting and J. Aitken-Christie. 1991. Consideration for automation of micropropagation systems, Automated Agriculture for the 21st Century. Proceedings of the ASAE 1991 Symposium. Amer. Soc. Agr. Eng., St. Joseph, MI, USA. pp. 503-517.

138. Kozai, T., K. Fujiwara and I. Watanabe. 1986. Effects of stoppers and vessels on gas exchange rates between inside and outside of vessels closed with stoppers. *J. Agric. Meteorol.* 42:119-127.
139. Kozai, T., K. Fujiwara, M. Hayashi and J. Aitchen-Christie. 1992. The in vitro environment and its control in micropropagation. In: *Transplant Production Systems*. pp. 247-282. K. Kurata and T. Kozai (eds.) Kluwer Academic Publishers; Dordrecht, The Netherlands.
140. Kozai, T., K. Tanaka, B. R. Jeong, K. Fujiwara, K. Watanabe and S. Kira. 1993. Effect of relative humidity in the culture vessel on the growth and shoot elongation of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets in vitro. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 62(2):413-417.
141. Kozai, T., K. Watanabe and B. R. Jeong. 1995. Stem elongation and growth of *Solanum tuberosum* L. in vitro in response to photosynthetic photon flux, photoperiod and difference in photoperiod and dark period temperatures. *Scientia Horticulturae* 61:1-9.
142. Kozai, T. K. Iwabuchi, K., K. Watanabe and I. Watanabe. 1989. Effects of CO₂ enrichment and sugar-free medium on the growth and nutrient uptake of strawberry plantlets in vitro. *J. Japn. Soc. Hort. Sci.* 58:254-255.
143. Kozai T, K. Iwabuchi, K. Watanabe and I. Watanabe. 1991. Photoautotrophic and photomixotrophic growth of strawberry plantlets in vitro and changes in nutrient composition of the medium. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 25:107-115.
144. Kozai, T. and K. Sekimoto. 1988. Effects of the number of air changes per hour of the closed vessel and the photosynthetic photon flux on the carbon dioxide concentration inside the vessel and the growth of strawberry plantlets in vitro. *Environ. Control Biol.* 26:21-29.
145. Kozai, T., K. Watanabe and I. Watanabe. 1989. Relationship between dry matter increase of strawberry plantlets in vitro and nutrient uptake. *J. Japn. Soc. Hort. Sci.* 58:248-249.
146. Kozai, T., M. Hayashi and M. Ochiai. 1991. Effect of the sideways lighting on the growth and morphology of potato plantlets in vitro. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 60:228-229. (Abstr.)
147. Kozai, T., S. Kino, B. R. Jeong, M. Hayashi, M. Kinowaki, M. Ochiai and K. Mori. 1992. A sideward lighting system using diffusive optical fibers for production of vigorous micropropagated plantlets. *Acta Hort.* 319:237-242.
148. Kozai, T., S. Kushihashi, C. Kubota and K. Fujiwara. 1992. Effect of the difference between photoperiod and dark period temperatures, and photosynthetic

- photon flux density on the shoot length and growth of potato plantlets in vitro. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 61:93-98.
149. Kozai, T., Y. Hayashi, T. Kodama and I. Watanabe. 1987. Environmental control for acclimatization of in vitro-cultured plantlets. Development of the acclimatization unit for accelerating plantlet growth and the test cultivations. J. Agric. Meteorol. 42:349-358.
 150. Kozai, T. and Y. Iwanami. 1988. Effects of CO₂ enrichment and sucrose concentration under high photon fluxes on plantlet growth of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) in tissue culture during the preparation stage. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 57:279-288.
 151. Kozai, T., Y. Iwanami and K. Fujiwara. 1987. Effects of CO₂ enrichment on the plantlet growth during the multiplication stage. Plant Tissue Cult. Lett. 4:22-26.
 152. Kozai T. and Y. Kitaya. 1993. Environmental control for production of quality plantlets in vitro at low costs on a large scale. In: Soh, W. Y., J. R. Liu and J. R. Komamine (eds.) Advances in Developmental Biology and Biotechnology of Higher Plants. pp. 71-100. Proceedings of the First Asia-Pacific Conference on Plant Cell and Tissue Culture. Korean Society of Plant Tissue Culture.
 153. Kozai, T., Y. Koyama and I. Watanabe. 1988. Multiplication of potato plantlets in vitro with sugar free medium under high photosynthetic photon flux. Acta Hort. 230:121-127.
 154. Lakso, A. N., B. I. Reisch, J. Mortensen and M. H. Roberts. 1986. Carbon dioxide enrichment for stimulation of growth of in vitro-propagated grapevines after transfer from culture. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:634-638.
 155. Langford, P. J. and S. Wainwright. 1987. Effects of sucrose concentration on the photosynthetic ability of rose shoots in vitro. Ann. Bot. 60:633-640.
 156. Langford, P. J. and H. Wainwright. 1988. Influence of sucrose concentration on the photosynthetic ability of in vitro grown rose shoots. Acta Hort. 227:305-310.
 157. Langhans, R. W. 1978. A growth chamber manual. Environmental control for plants. Comstock Pub. Assoc., Ithaca, NY. 222p.
 158. Lee, N., H. Y. Wetzstein and H. E. Sommer. 1985. Effects of quantum flux density on photosynthesis and chloroplasts ultrastructure in tissue cultured plantlets and seedlings of *Liquidambar styraciflua* (Hamamelidaceae) during acclimatization. Amer. J. Bot. 69:1579-1586.
 159. Lee, N., H. Y. Wetzstein and H. E. Sommer. 1985. Effects of quantum flux density on photosynthesis and chloroplasts ultrastructure in tissue cultured plantlets and seedlings of *Liquidambar styraciflua* L. towards improved

- acclimatization and field survival. *Plant Physiol.* 78:637-641.
160. Lentini, Z., H. Mussell and E. Earle. 1987. Ethylene effects on in vitro development of *Brassica campestris*. *Plant Physiol.* 83(S):154.
 161. Lentini, Z., H. Mussell, M. A. Mutschler and E. D. Earle. 1988. Ethylene generation and reversal of ethylene effects during development in vitro of rapid-cycling *Brassica campestris* L. *Plant Sci.* 54:75-81.
 162. Leonhardt, W. and R. Kandeler. 1987. Ethylene accumulation in culture vessels - a reason for vitrification? *Acta Hort.* 212:223-229.
 163. Levin, R., V. Gaba, B. Tal, S. Hirsch and D. DeNola. 1988. Automated plant tissue culture for mass propagation. *Bio/Technology* 6:1035-1040.
 164. Lim, M. Y., E. J. Lee and B. R. Jeong. 1998. Introduction of growing media and plug cells for autotrophic micropropagation of statice and strawberry. XXV International Horticultural Congress, 2-7 August, 1998, Brussels, Belgium (In Press).
 165. Lumsden, P. J., S. Pryce and C. Leifert. 1990. Effects of mineral nutrition on the growth and multiplication of in vitro cultured plants. In: *Progress in Plant Cellular and Molecular Biology*. pp. 108-113. H. J. J. Nijkamp, L. H. W. Van Der Plas and J. Van Aartrijk (eds.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
 166. Majada, J. P., R. S. Tames, M. A. Fal, R. Ibarra and F. Mateos. 1992. Automatic control of physical parameters in "in vitro" liquid culture. *Acta Hort.* 319:101-106.
 167. Marin, J. A., R. Gella and M. Herrero. 1988. Stomatal structure and functioning as a response to environmental changes in acclimatized micropropagated *Prunus cerasus* L. *Ann. Bot.* 62:663-670.
 168. Matters, G. L. and J. G. Scandalios. 1987. Syntheses of isozymes of superoxide dismutase in maize leaves in response to O₂, SO₂ and elevated O₂. *J. Exp. Bot.* 38:842-852.
 169. McClelland, M. T. and M. A. L. Smith. 1990. Vessel type, closure, and explant orientation influence in vitro performance of five woody species. *HortScience* 25:797-800.
 170. McCown, D. D. 1986. Plug systems for micropropagules. In: Zimmerman R. H., Griesbach R. J., Jammerschlag, F. A. and Lawson, R. H. (eds.) *Tissue Culture as a Plant Production System for Horticultural Crops*. pp. 53-60.
 171. McHale, N. A., I. Zelitch and R. B. Peterson. 1987. Effect of CO₂ and O₂ on photosynthesis and growth of autotrophic tobacco callus. *Plant Physiol.* 84:1055-1058.

172. Mele, E., J. Messeguer and P. Camprubi. 1982. Effect of ethylene on carnation explants grown in sealed vessels. Proc. Intl. Congr. Plant Tissue and Cell Culture pp. 69-70.
173. Moe, R., R. D. Heins and J. Erwin. 1991. Stem elongation and flowering of the long-day plant *Campanula isophylla* Moretti in response to day and night temperature alternations and light quality. Scientia Hort. 48:141-151.
174. Mohammed, G. H. and W. E. Vidaver. 1990. Plantlet morphology and the regulation of net water loss in tissue-cultured Douglas-fir. Physiol. Plant. 83:117-121.
175. Mohammed, G. H. and W. E. Vidaver. 1991. The influence of acclimatization treatment and plantlet morphology on early greenhouse-performance of tissue-cultured Douglas-fir [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco]. Plant Cell, Tissue Organ Cult. 21:111-117.
176. Monette, P. L. 1983. Influence of size of culture vessel on in vitro proliferation of grape in a liquid medium. Plant Cell, Tissue Organ Cult. 2:327-332.
177. Morimoto, T., S. Takahashi, K. Matsubara and T. Matsuoka. 1992. Development of an automatic propagation system of seedling. Acta Hort. 319:547-550.
178. Morini S., M. Trinci and M. Zacchini. 1991. Effect of different photoperiods on in vitro growth of Mr. S. 2/5 plum rootstock. Plant Cell, Tissue Organ Cult. 25:141-145.
179. Morini, S., P. Fortuna, R. Sciutti and R. Muleo. 1990. Effect of different light-dark cycles on growth of fruit tree shoots cultured in vitro. Advances Hort. Sci. 4:163-166.
180. Mortensen, L. M. and E. Stromme. 1987. Effects of light quality on some greenhouse crops. Scientia Hort. 33:27-36.
181. Mousseau, M. 1986. CO₂ enrichment in vitro. Effect on autotrophic and heterotrophic cultures of *Nicotiana tabacum* (var. Samsun). Photosyn. Res. 8:187-191.
182. Murashige T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15:473-479.
183. Nakayama, M., T. Kozai and K. Watanabe. 1991. Effect of presence/absence of sugar in the medium and natural/forced ventilation on the net photosynthetic rates of potato explants in vitro. Plant Tissue Culture Lett. 8:105-109.
184. Okada, M., K. Ozawa and T. Hamasaki. 1992. A fog chamber for acclimatizing in vitro propagated plants to outdoor climate. Acta Hort. 319:159-162.
185. Owens, L. D. and C. A. Wozniak. 1991. Measurement and effects of gel matrix potential and expressability on production of morphogenic callus by cultured

- sugarbeet leaf discs. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 26:127-133.
186. Paques, M. and P. H. Boxus. 1987. Vitrification: Review of literature. *Acta Hort.* 212:155-166.
 187. Pasqualetto, P. -L., R. H. Zimmerman and I. Fordham. 1986. Gelling agent and growth regulator effects on shoot vitrification of 'Gala' apple in vitro. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:976-980.
 188. Pasqualetto, P. -L., R. H. Zimmerman and I. Fordham. 1988. The influence of cation and gelling agent concentrations on vitrification of apple cultivars in vitro. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 14:31-40.
 189. Philosoph-Hadas, S., S. Meir and N. Aharoni. 1985. Carbohydrates stimulate ethylene production in tobacco leaf discs. *Plant Physiol.* 78:139-143.
 190. Pierik, R. L. M. 1991. Commercial micropropagation in Western Europe and Israel. In: *Micropropagation: Technology and application.* pp. 155-165. P. C. Debergh and R. H. Zimmerman (eds.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
 191. Plevaya, V. S. 1967. Effect of light of various spectral compositions on the growth of isolated carrot tissue cultures. *Soviet Plant Physiol.* p. 41-48.
 192. Pospisilova, J., J. Catsky, J. Solarova and I. Richa. 1987. Photosynthesis of plant regenerants. Specificity of in vitro conditions and plantlets response. *Biologia Plantarum (Praha).* 29: 415-421.
 193. Pospisilova, J., J. Solarova, J. Catsky, M. Ondrej and Z. Opatrny. 1988. The photosynthetic characteristics during the micropropagation of tobacco and potato plants. *Photosynthetica* 22:205-213.
 194. Preece, J. E. and E. Sutter. 1991. Acclimatization of micropropagated plants to the greenhouse and field. In: *Micropropagation: Technology and Application.* pp. 71-94. P. Debergh and R. Zimmerman (eds.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
 195. Read, P. E. 1990. Environmental effects in micropropagation. In: *Handbook of Plant Cell Culture.* 5:95-125. P. V. Ammirato, D. A. Evans, W. R. Sharp and Y. P. S. Bajaj (eds.) McGraw-Hill Pub., New York.
 196. Rennenberg, H., G. L. Lamoureux. 1990. Physiological processes that modulate the concentration of glutathione in plant cells. In: *Rennenberg, H., C. Brunold, L. J. de Kok and I. Stulen. (eds.) Sulfur Nutrition and Assimilation in Higher Plants: Fundamental Environmental and Agricultural Aspects.* The Hague: SPB Academic Publ. pp. 53-65.
 197. Reuther, G. 1988. Comparative anatomical and physiological studies with orna-

- mental plants under in vitro and greenhouse conditions. *Acta Hort.* 226:91-98.
198. Righetti, B., E. Magananini, R. Infante and S. Predieri. 1990. Ethylene, ethanol, acetaldehyde and carbon dioxide released by *Prunus avium* shoot cultures. *Physiol. Plant.* 78:507-510.
 199. Robacker, C. D. and W. Simonton. 1992. Development of a computer-controlled apparatus for micropropagation studies. *Acta Hort.* 319:585-590.
 200. Roberts, A. V., S. Walker, I. Horan, E. F. Smith and J. Mottley. 1992. The effects of growth retardants, humidity and lighting at stage III on stage IV of micropropagation in chrysanthemum and rose. *Acta Hort.* 319:153-158.
 201. Sallanon, H. and A. Coudret. 1990. Water fluxes between in vitro plants and atmosphere in micropropagation. *C. R. Acad. Sci. Paris.* 310(III):607-613.
 202. Satter, R. L. and D. F. Wetherell. 1968. Photomorphogenesis in *Sinningia speciosa* cv. Queen Victoria. II. Stem elongation: interaction of a phytochrome-controlled process and a red-requiring, energy dependent reaction. *Plant Physiol.* 43:961-967.
 203. Schenk, R. U. and A. C. Hildebrandt. 1972. Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell cultures. *Can. J. Bot.* 50:199-204.
 204. Seabrook, J. E. A. 1987. Changing the growth and morphology of potato plantlets in vitro by varying the illumination source. *Acta Hort.* 212:401-410.
 205. Shackel, K. A., V. Movelli and E. G. Sutter. 1990. Stomatal function and cuticular conductance in whole tissue cultured apple plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:468-472.
 206. Sharma N. K. 1992. Automation in plant tissue culture: Problems and prospects. *Current Sci.* 62:507-512.
 207. Shimada, N., F. Tanaka and T. Kozai. 1988. Effects of low O₂ concentration on net photosynthesis of C₃ plantlets in vitro. *Acta Hort.* 230:171-175.
 208. Short, K. C., J. Warburton and A. V. Roberts. 1987. In vitro hardening of cauliflower and chrysanthemum plantlets to humidity. *Acta Hort.* 212:329-334.
 209. Siebert, M., P. J. Wetherbee and D. D. Job. 1975. The effects of light intensity and spectral quality on growth and shoot initiation in tobacco callus. *Plant Physiol.* 56:130-139.
 210. Singha, S. 1982. Influence of agar concentration on in vitro shoot proliferation of *Malus* sp. 'Almey' and *Pyrus communis* 'Seckel'. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:657-660.
 211. Skirvin, R. M., M. C. Chu, M. L. Mann, H. Young, J. Sullivan and T. Fermanian. 1986. Stability of tissue culture medium pH as a function of autoclaving.

- time, and cultured plant material. *Plant Cell Reports* 5:292-294.
212. Smith, E. F., A. V. Roberts and J. Mottley. 1990. The preparation in vitro of chrysanthemum for transplantation to soil. 2. Improved resistance to desiccation conferred by paclobutrazol. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 21:133-140.
 213. Smith, E. F., A. V. Roberts and J. Mottley. 1990. The preparation in vitro of chrysanthemum for transplantation to soil. 3. Improved resistance to desiccation conferred by reduced humidity. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 21:141-145.
 214. Smith, E. F., I. Gribaudo, A. V. Roberts and J. Mottley. 1992. Paclobutrazol and reduced humidity improve resistance to wilting of micropropagated grapevine. *HortScience* 27:111-113.
 215. Smith, M. A. L., J. P. Palta and B. H. McCown. 1986. Comparative anatomy and physiology of microcultured, seedling, and greenhouse-grown asian white birch. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:437-442.
 216. Stoddart, J. L. and E. J. Loyd. 1986. Modification by gibberellin of the growth-temperature relationship in normal and mutant genotypes of several cereals. *Planta* 167:364-368.
 217. Sutter, E. and R. W. Langhans. 1979. Epicuticular wax formation on carnation plantlets regenerated from shoot tip culture. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:493-496.
 218. Sutter, E. and R. W. Langhans. 1982. Formation of epicuticular wax and its effect on water loss in cabbage plants regenerated from shoot-tip culture. *Can. J. Bot.* 60:2896-2902.
 219. Sutter, E. G. and M. Hutzell. 1984. Use of humidity tents and antitranspirants in the acclimatization of tissue cultured plants to the greenhouse. *Scientia Hort.* 23:234-238.
 220. Sutter, E. G. and M. Hutzell. 1984. Use of humidity tents and antitranspirants in the acclimatization of tissue-cultured plantlets to the greenhouse. *Scientia Hort.* 23:303-312.
 221. Tanka, F., Y. Watanabe and N. Shimada. 1990. Concentrations on photorespiration in *Chrysanthemum morifolium* plantlets in plant tissue culture. *Plant Tissue Culture Letters* 7:85-91.
 222. Tanaka, K., K. Fujiwara and T. Kozai. 1992. Effects of relative humidity in the culture vessel on the transpiration and net photosynthetic rates of potato plantlets in vitro. *Acta Hort.* 319:59-64.
 223. Thomas, D. D. S. and T. Murashige. 1979. Volatile emission of plant tissue culture. I. Identification of the major components. *In Vitro* 15:654-658.
 224. Tisserat, B. and C. E. Vandercook. 1985. Development of an automated plant

- culture system. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 5:107-117.
225. Tseng, M.-J. and P. H. Li. 1987. Changes in nucleic acid and protein synthesis during induction of cold hardiness. In: Li, P. H. (ed.) *Plant Cold Hardiness*. New York: Alan R. Liss, pp. 1-28.
 226. Urban, L. and A. Jaffrin. 1990. Steady state thermal conditions inside plant tissue culture vessels submitted to a constant level of irradiation. *Biotronics* 19:71-81.
 227. Vanderschaeghe, A. and P. C. Debergh. 1987. Technological aspects of the control of the relative humidity in tissue culture containers. Proc. Symp. Florizel: *Plant Micropropagation in Horticultural Industries*. Arlon, Belgium. pp. 68-76.
 228. Vanderschaeghe, A. M. and P. C. Debergh. 1988. Automation of tissue culture manipulations in the final stages. *Acta Hort.* 227:399-404.
 229. Vasil, I. K. and A. C. Hildebrandt. 1966. Growth and chlorophyll production in plant callus tissues grown in vitro. *Planta* 68:69-82.
 230. Venketeswaren, S. 1965. Studies on the isolation of green pigmented callus tissue of tobacco and its continued maintenance in suspension cultures. *Physiol. Plant.* 18:776-789.
 231. von Arnold, S. and T. Eriksson. 1984. Effect of agar concentration on growth and anatomy of adventitious shoots of *Picea abies*. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 3:257-264.
 232. Waithaka, K., A. C. Hildebrandt and M. N. Dana. 1980. Hormonal control of strawberry axillary bud development in vitro. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:428-430.
 233. Walker, D. 1987. The use of the oxygen electrode and fluorescence probes in simple measurements of photosynthesis. Robert Hill Institute, Sheffield, UK.
 234. Walker, P. N., C. W. Heuser and P. H. Heinemann. 1988. Micropropagation: Studies of gaseous environments. *Acta Hort.* 230:145-151.
 235. Wardle, K., A. Quinlan and I. Simpkins. 1979. Abscisic acid and the regulation of water loss in plantlets of *Brassica oleracea* L. var. *botrytis* regenerated through apical meristem culture. *Ann. Bot.* 43:745-752.
 236. Wardle, K., E. B. Dobbs and K. C. Short. 1983. In vitro acclimatization of aseptically cultured plantlets to humidity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:386-389.
 237. Wardle, K. and K. C. Short. 1983. Stomatal responses of in vitro cultured plantlets. I. Responses in epidermal strips of *Chrysanthemum* to environmental factors and growth regulators. *Biochem. Physiol Pflanzen.* 178:619-624.
 238. Watanabe, K., B. R. Jeong, Y. Kitaya and T. Kozai. 1992. Control of plant height in vitro by photoperiod/dark period. Book of Abstracts for Intl. Symp. Transplant

- production Systems. July, 1992. Yokohama, Japan. p. 182.
239. Welch, H. J. 1970 Mist Propagation and Automatic Watering. Faber and Faber, London.
240. Whish, J. P. M., R. R. Williams and A. M. Taji. 1992. Acclimatization - Effects of reduced humidity in vitro. *Acta Hort.* 319:231-236.
241. Wilkins, H. F. and B. T. Swanson. 1975. The relationship of ethylene to senescence. *Acta Hort.* 41:133-137.
242. Woltering, E. J. 1990. Beneficial effects of carbon dioxide on development of gerbera and rose plantlets grown in vitro. *Scientia Hort.* 44:341-345.
243. Yae, B. W., R. H. Zimmerman and I. Fordham. 1987. Influence of photoperiod, apical meristem, and explant orientation on axillary shoot proliferation of apple cultivars in vitro. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:588-592.
244. Yang, C. S., T. Kozai and B. R. Jeong. 1993. Growth of *Solanum tuberosum* L. in vitro with addition and omission of organic materials at 3 initial sucrose levels in the medium. 1st Asia-Pacific Conference on Plant Cell & Tissue Culture, Sept. 5-9, 1993, Taejon, Korea.
245. Yang, C. S., T. Kozai and B. R. Jeong. 1995. Ionic composition and strength of culture medium affect photoautotrophic growth, transpiration and net photosynthetic rates of strawberry plantlets *in vitro*. *Acta Horticulturae* 393:219-226.
246. Yoshida, S. and M. Uemura. 1986. Lipid composition of plasma membranes and tonoplasts from etiolated seedlings of mung bean (*Vigna radiata* L.). *Plant Physiol.* 82:807-812.
247. Young, M. J. and J. S. Cameron. 1985. Effect of light on blueberry shoot and callus cultures. *The Plant Propagator* 31:14-16.
248. Young, R. E., A. Hale, N. D. Camper, R. J. Keese and J. W. Adelberg. 1991. Approaching mechanization of plant micropropagation. *Transactions of the Amer. Soc. Agric. Engr.* 34:328-333.
249. Zandvoort, E. A. and D. P. Holdgate. 1991. Mechanization in tissue culture systems. *Acta Hort.* 289:203-212.
250. Zelitch, I. 1971. Photosynthesis, photorespiration and plant productivity. Academic Press, pp. 347.
251. Zelitch, I. 1975. Improving the efficiency of photosynthesis. *Science* 188:626-633.
252. Ziv, M. 1986. In vitro hardening and acclimatization of tissue culture plants. In: *Plant tissue culture and its agricultural applications*. pp. 187-196. L. A. Withers and P. G. Alderson (eds.) Butterworths, London.

253. Ziv, M. 1991. Vitrification: Morphological and physiological disorders of *in vitro* plants. In: Micropropagation: Technology and Application. pp. 45-70. P. Debergh and R. Zimmerman (eds.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
254. Ziv, M., G. Meir and A. H. Halevy. 1983. Factors influencing the production of hardened glaucous carnation plantlets *in vitro*. *Plant Cell Tissue Organ Culture* 2:55-60.