

## 제 출 문

한국해양연구소장 귀하

본 보고서를 "남극기지 동계 채소자급을 위한 수경법 모의실험에 관한 연구" 사업의 최종 보고서로 제출합니다.

1995. 6.

한국해양연구소

연구책임자: 정 호성

연 구 원: 오정환  
임상희

연구조원: 박수철

# 요 약 문

## I. 제 목

남극기지 동계 채소자급을 위한 수경법 모의실험

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

남극에 상주 과학기지를 설치·운영하고 있는 모든 국가들에서는 물자 보급에 따른 제반 지원 (logistics) 문제로 많은 어려움을 겪고 있다. 인근 대륙에서 남극기지를 잇는 보급 계통은 접근이 용이한 하계에는 주로 선박에 의하여 이루어지나 연안이 동결되는 동계에는 거의 항공편에 의존하고 있다. 따라서, 보급품의 운송 단가는 기하급수적으로 상승하게 되며, 물품의 선적 공간도 극히 일부로 제한될 수 밖에 없다. 특히 우리나라와 같이 남극으로부터 멀리 떨어진 국가들에서는 자국기를 이용한 자체 보급이 불가능함으로 인하여 보급량 또한 극히 제약을 받고 있는 실정이다. 이러한 가운데 가장 운송이 까다롭고 또한 많은 부피를 차지하는 필수품의 하나를 꼽는다면 단연 신선한 채소류를 들 수 있을 것이다. 또한, 이렇듯 어렵게 보급된 채소류마저도 오랜 운송기간중 상하고 변질되어 보급량의 대부분이 식탁에 오르지도 못하고 폐기처분되는 경우가 허다하다.

특히 채식 위주의 식단을 갖는 식생활 문화에 적응된 우리 월동대원들에게 냉동육 편중의 음식섭취는 영양의 불균형 뿐만 아니라 대원들의 심리와 사기에도 적지않은 영향을 끼친다는 점을 고려할때 신선한 채소의 부재는 적

어도 하루 세번은 겪어야 하는 커다란 고충이 아닐 수 없다. 이러한 점을 고려하여, 현재 각국의 남극기지에서는 온실의 이용에 대한 필요성을 공동 인식하고 있다.

남극에서의 온실 운영과 관련된 보고는 1962년 영국의 Haelly Station에서 비롯되고 있으며, 미국·폴란드·일본 등 몇몇 국가들에 의하여 꾸준히 시도되고 있다. 특히 1989년 이래 미국에서는 과학재단 (NSF)과 항공우주국 (NASA)이 합동으로 자국의 남극기지 (McMurdo St.과 Amundsen-Scott St.)에 온실을 설치하고, 자연광을 배제한 조건하에서의 수경법 (hydroponics)을 연구해 오고 있다.

우리나라 또한 1988년 세종기지 준공 당시 한 개의 콘테이너 (6.0 x 2.4 m<sup>2</sup>)를 온실용으로 설치한 바 있으며, 매년 단편적으로 월동대원들에 의하여 간단한 채소 재배를 시도해오고 있으나 15 명 내외의 월동대원들에게 조차 적당량의 채소도 공급치 못하고 있는 상태이다.

본 연구자는 지난 88~89년 제1차 월동연구대로 세종기지에서 근무하면서 연구실 실험대에 모형 수경재배틀을 제작하여 몇가지 채소를 실험적으로 재배해 본 경험을 갖고 있으며, 이를 통하여 기지 내에서 적당량의 채소를 충분히 자급할 수 있다는 확신을 갖게 되었다. 다만, 이 과정에서 고려해야 할 중요한 점은 어느 단계까지 자동화를 이루어 경험없는 대원들이 손쉽고 효율적으로 관리할 수 있는가 하는 점이다.

결론적으로, 이 실험을 통하여 본 연구자는 남극기지에서 행하여질 수 있는 가장 효율적인 수경법을 제시하고, 가능한 모든 분야에 자동화를 도입함으로써, 추후 세종기지 온실에 본 시스템을 설치하여 월동생활의 편의와 운송비 절감에 기여코자 한다.

### III. 연구개발의 내용 및 범위

- (1) 남극기지 온실 컨테이너에 적합한 수경재배법 선정 및 제시
- (2) 수경법과 관련된 온실 내부의 제어기능 자동화
- (3) 남극기지 온실 운영 지침서 초안 작성

(1) 온실 컨테이너에 효율적인 수경재배 모델의 적합성 여부 모의 실험

현재 알려지고 있는 다양한 수경법 가운데 남극기지 온실컨테이너에 적합할 것으로 판단되는 점적식, 근분무식, 잠적식등 세가지 방법을 동일 실험조건 하에서 실험하여 가장 적합한 재배법을 제시한다. 여기서, 동일조건이라 함은 온도, 빛, 투여 배양액 및 비료 등의 동일을 의미하며, 남극 동계 환경을 고려하여 재배사에는 외부 빛을 모두 차단하고 식물재배등만을 이용하며 온도조절은 세종기지의 난방방식인 오일방식 전기히터에 의한 자동조절식을 택한다.

(2) 기타 수경재배의 효율을 높이기 위한 자동화 방안 강구

수경재배법 가운데 사람의 손이 가야 하는 가능한 모든 변수를 자동화하여 효율적인 관리가 이루어질 수 있도록 한다.

- 온도조절: Oil radiator + Thermostat
- 배양액 공급: Pump + Timer
- 광조절: 식물재배등 + Timer

- 온실 내부 습도 조절: Spring-cooler + Humidistat
- 배양액 농도 조절: 배양액저장통 + 물농도 측정기 + 경보기
- CO<sub>2</sub> 공급: 공급기 + CO<sub>2</sub> sensor (본 sensor는 보급형의 제작이 불가능할 것으로 판단됨)
- 공기 대류: Ventilator + Timer
- 기타, 실험기간중 제시되는 가능한 모든 분야에 자동화를 도입할 계획임

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 관한 건의

##### (1) 온실 컨테이너

본 연구 결과는 남극 세종기지 온실에 적용되어 월동대원들에게 적당량의 채소를 지속적으로 공급할 수 있을 뿐만 아니라, 대원들의 정서적 안정, 운송비 절감 등 기지 운영 측면에서도 부가적인 효과가 기대됨

##### (2) 기타

UR 시대에 접어들어 어려워진 우리 농촌을 고려할때 수경재배 자동화의 보편화 작업에 기여할 수 있음

# **ABSTRACT**

## **I. Title**

Hydroponic Experiments for Self-supporting Fresh Vegetables  
in the Antarctic Station during Austral Winter

## **II. Significance and Objective**

Self-supporting of fresh vegetables and fruits in the Korean King Sejong  
Station during winter

## **III. Scope and Contents**

- (1) Design of useful hydroponic system for the King Sejong Station
- (2) Automation of hydroponic system

## **IV. Results and Discussion**

(1) Hydroponic system seems to comply the best with the Antarctic Treaty, environmental accords by limiting organic materials introduction.

(2) Hydroponic crop production has the greatest yields for a given amount of space.

## 목 차

요약문	2
표 목차	12
그림 목차	12
제 1 장 서 론	14
제 2 장 수경재배의 일반론	16
제 1 절 수경재배의 정의	16
제 2 절 수경재배의 장단점	16
2.1 수경재배의 장점	16
2.2 수경재배의 단점	17
제 3 절 수경재배의 검토요건	18
3.1 지역성	18
3.2 토지와 용수	18
3.3 시설비	19
3.4 작물의 선정	19
제 3 장 수경재배의 종류와 특징	20
제 1 절 고품배지경 재배	20
제 2 절 수경 재배	21
제 4 장 수경재배 시설의 예비실험	23
제 1 절 실험 재배사의 개요	23

1.1 재배사의 환경 -----	23
1.2 실험 배지의 선정 -----	23
1.3 양액의 선정 -----	24
제 2 절 실험 결과 -----	24
2.1 재배사 -----	24
2.2 배지 -----	30
2.3 양액 -----	31
<b>제 5 장 세종기지의 재배사 모델 -----</b>	<b>32</b>
제 1 절 재배사 -----	32
제 2 절 배지의 선택 -----	32
제 3 절 양액의 제조 -----	33
제 4 절 재배사의 자동화 시설 -----	33
4.1 빛 -----	34
4.2 온도 -----	34
4.3 양액의 순환 -----	34
4.4 양액의 상태 -----	35
4.5 기타 -----	36
적 요 -----	38
참고문헌 -----	39

# CONTENTS

<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>List of Tables</b> .....	12
<b>List of Figures</b> .....	12
<b>Chapter I INTRODUCTION</b> .....	14
<b>Chapter II GENERAL CONSIDERATION OF HYDROPONICS</b> .....	16
Section 1. Definition .....	16
Section 2. Strength and weakness .....	16
2.1 Strength .....	16
2.2 Weakness .....	17
Section 3. Check-list for the preparation .....	18
3.1 Locality .....	18
3.2 Soils and water .....	18
3.3 Cost .....	19
3.4 Selection of species .....	19
<b>Chapter III KINDS AND CHARACTERISTICS OF HYDROPONICS</b> .....	20

Section 1. Aggregated hydroponics-----	20
Section 2. Nonaggregated hydroponics -----	21
<b>Chapter IV A PRELIMINARY EXPERIMENT FOR THE SELECTION OF SUITABLE HYDROPONIC SYSYEM -----</b>	<b>23</b>
Section 1. Materials and methods -----	23
1.1 Greenhouse -----	23
1.2 Selection of culture beds -----	23
1.3 Selection of nutrient solution -----	24
Section 2. Results -----	24
2.1 Greenhouse -----	24
2.2 Culture beds -----	30
2.3 Nutrient solution -----	31
<b>Chapter V A GREENHOUSE MODEL FOR THE KING SEJONG STATION -----</b>	<b>32</b>
Section 1. Greenhouse -----	32
Section 2. Selection of culture beds -----	32
Section 3. Preparation of nutrient solution -----	33
Section 4. Automation of greenhouse -----	33
4.1 Light -----	34
4.2 Temperature -----	34
4.3 Circulation of nutrient solution -----	34

4.4 Preservation of nutrient solution -----	35
4.5 Others -----	36
<b>ABSTRACT (in Korean)</b> -----	38
<b>REFERENCES</b> -----	39

## List of Tables

표 1. 수경재배의 종류 .....	20
---------------------	----

## List of Figures

그림 1. 재배사의 전실에 설치된 타이머를 이용한 조명 및 양액공급 조절장치 .....	25
그림 2. 채소 재배용 양액 저장 및 공급장치. 자동모터와 솔레노이드 밸브를 이용하여 공급 주기와 시간을 조절하였으며, over-flow valve로 압력을 보정하였다. ....	25
그림 3. 상치 재배를 위한 퍼라이트 배지. 점적식 공급관을 통하여 양액을 방울 방울 공급해준다. ....	26
그림 4. 수확기에 들어선 상치. 형광등의 높이는 작물의 체장에 따라 높낮이를 조절할 수 있어야 한다. ....	26
그림 5. 과채류 재배를 위한 양액 공급장치 및 두 가지 유형의 배지. 좌측; 퍼라이트 배지, 우측; 담액수경 배지 .....	27
그림 6. 타이머에 의해 솔레노이드 밸브가 열리면 양액탱크의 양액은 자동모터 펌프를 통해 여과기를 거쳐 배지로 공급된다. ....	27
그림 7. 과채류의 뿌리 가까이 양액을 효과적으로 관수할 수 있는 다지식 점적관수 (Multi-outlet-dripper) .....	28

그림 8. 방울토마토와 같은 과채류는 절과를 한 후 줄기를 점차 낮춰 주어 조명으로부터의 거리를 일정케 하여준다. -----	28
그림 9. 숙과기에 접어든 퍼라이트 배지의 방울토마토 -----	29
그림 10. 방울토마토의 경우 광조건만 양호하다면 한 그루당 적어도 50 여 개의 열매가 항상 달려 있게 유지할 수 있어, 장기간 다량의 수확이 가능할 것으로 예상된다. -----	29

## 제 1 장 서 론

남극에 상주 과학기지를 설치·운영하고 있는 모든 국가들에서는 물자 보급에 따른 제반 지원 (logistics) 문제로 많은 어려움을 겪고 있다. 인근 대륙에서 남극기지를 잇는 보급 계통은 접근이 용이한 하계에는 주로 선박에 의하여 이루어지나 연안이 동결되는 동계에는 거의 항공편에 의존하고 있다. 따라서, 보급품의 운송 단가는 기하급수적으로 상승하게 되며, 물품의 선적 공간도 극히 일부로 제한될 수 밖에 없다. 특히 우리나라와 같이 남극으로부터 멀리 떨어진 국가들에서는 자국기를 이용한 자체 보급이 불가능함으로 인하여 보급량 또한 극히 제약을 받고 있는 실정이다. 이러한 가운데 가장 운송이 까다롭고 또한 많은 부피를 차지하는 필수품의 하나를 꼽는다면 단연 신선한 채소류를 들 수 있을 것이다. 또한, 이렇듯 어렵게 보급된 채소류마저도 오랜 운송기간중 상하고 변질되어 보급량의 대부분이 식탁에 오르지도 못하고 폐기처분되는 경우가 허다하다.

특히 채식 위주의 식단을 갖는 식생활 문화에 적응된 우리 월동대원들에게 냉동육 편중의 음식섭취는 영양의 불균형 뿐만 아니라 대원들의 심리와 사기에도 적지않은 영향을 끼친다는 점을 고려할때 신선한 채소의 부재는 적어도 하루 세번은 겪어야 하는 커다란 고통이 아닐 수 없다. 이러한 점을 고려하여, 현재 각국의 남극기지에서는 온실의 이용에 대한 필요성을 공동 인식하고 있다.

남극에서의 온실 운영과 관련된 보고는 1962년 영국의 Haelly Station에서 비롯되고 있으며, 미국·폴란드·일본 등 몇몇 국가들에 의하여 꾸준히 시도되고 있다. 특히 1989년 이래 미국에서는 과학재단 (NSF)과 항공우주국 (NASA)이 합동으로 자국의 남극기지 (McMurdo 기지와 Amundsen-Scott 기지)에 온실을 설치하고, 자연광을 배제한 조건하에서의 수경법 (hydroponics)을 연구해 오고 있다.

우리나라 또한 1988년 세종기지 준공 당시 한 개의 콘테이너 (6.0 x 2.4 m<sup>2</sup>)를 온실용으로 설치한 바 있으며, 매년 단편적으로 월동대원들에 의하여 간단한 채소 재배를 시도해오고 있으나 15 명 내외의 월동대원들에게 조차 적당량의 채소도 공급치 못하고 있는 상태이다.

본 연구자는 지난 88~89년 제1차 월동연구대로 세종기지에서 근무하면서 연구실 실험대에 모형 수경재배틀을 제작하여 몇가지 채소를 실험적으로 재배해 본 경험을 갖고 있으며, 이를 통하여 기지 내에서 적당량의 채소를 충분히 자급할 수 있다는 확신을 갖게 되었다. 다만, 이 과정에서 고려해야 할 중요한 점은 어느 단계까지 자동화를 이루어 경험없는 대원들이 손쉽고 효율적으로 관리할 수 있는가 하는 점이다.

결론적으로, 이 실험을 통하여 본 연구자는 남극기지에서 행하여질 수 있는 가장 효율적인 수경법을 제시하고, 가능한 모든 분야에 자동화를 도입함으로써, 추후 세종기지 온실에 본 시스템을 설치하여 월동생활의 편의와 운송비 절감에 기여코자 한다.

## 제 2 장 수경재배의 일반론

### 제 1 절 수경재배의 정의

수경재배(nutri-culture)는 토양을 배제한 무토양, 무지력 재배이다. 즉 작물의 생육에 필요한 물과 양분을 토양으로부터 공급받는 것이 아니고, 양분을 적당한 비율로 깨끗한 물에 용해시켜 배양액을 만든 후 이를 잘 흡수 이용할 수 있도록 지하부 및 지상부의 환경을 인위적으로 조절하면서 재배하는 방법인 것이다(박과김, 1994).

이 방법은 토양재배에서와 같이 물과 양분을 별도로 주지않고, 양액만으로 재배한다고 하여 양액재배(hydro-culture)라고도 한다. 그리고, 흙이 아닌 다른 물질, 즉 버미큘라이트, 펄라이트, 모래 및 자갈 등과 훈탄, 암면(rock wool) 그리고 스폰지 등과 같이 제조과정에서 무균상태로 된 인공배지에 영양액을 적시거나 뿌려주면서 그 속에 뿌리를 고정시켜 재배하는 경우도 많은데, 이런 경우에는 배지경(培地耕)이라고 한다.

### 제 2 절 수경재배의 장단점

#### 2.1. 수경재배의 장점

(1) 동일한 장소에서 장기간 걸친 연속 재배가 가능할 뿐만 아니라 품종의 차이없이 일정한 수확을 거둘 수 있다.

(2) 토양이 좋고 나쁨에 관계없이 지하부 환경을 동일한 조건으로 만들

어 줄 수 있다.

(3) 재배환경이 청결하여 작업환경이 좋고 주위에 미치는 영향도 좋아 악성노동을 피할 수 있다.

(4) 재배환경을 자동화시킬 수 있으며, 토지나 공간 이용률을 높여 신선하고 깨끗한 채소를 연중 대량 생산할 수 있다.

이상의 장점 중에서 연작 장애 피해와 지력유지를 위한 내용은 수경재배 시설의 감가상각비와 대비해 볼 필요가 있다. 수경재배를 처음 하는 사람은 단지 생육속도가 빠르고 재배할 때마다 수확량이 비약적으로 증가한다는 단순한 생각이나 재배 노동력의 절감 효과를 과대 평가하기 쉽고, 또 비료와 농약의 소요량 계산에서 착오가 일어나기 쉬우므로 판단이 신중하여야 하며, 재배기술 및 지식의 습득이 먼저 이루어져야 한다.

## 2.2. 수경재배의 단점

(1) 초기 시설투자비가 많이 든다.

(2) 양액의 조성 및 관리, 특히 농도 보정과 병해로부터의 오염방지에 대한 상당한 지식이 필요하다.

(3) 주위환경 (일장, 광도, 용존산소량, 액온, 병균 등)의 변화에 민감하게 영향을 받는다.

(4) 재배작물의 종류가 어느 정도 한정될 뿐만 아니라, 작물의 종류와 생육단계에 따라 배양액의 조성 and 농도가 달라지게 된다.

이상의 장단점 이외에도 재배 외적 조건에 의해 경영상 문제점이 나타날 수 있으므로, 지역적 특성, 토지와 용수, 시설비, 시설규모, 작물 선택 및 유통판매 등의 조건을 사전에 잘 살펴서 안정적인 재배 계획을 세울 필요가

있다.

### 제 3 절 수경재배의 검토요건

효율적인 수경재배를 위하여서는 다음과 같은 몇 가지 요건의 검토가 필요하다.

#### 3.1. 지역성

수경재배의 목표는 연중생산에 있으므로, 일반적으로 기상요건 (온도, 일조, 기상재해 빈도)이 좋은 지역에서는 일반 시설 재배에 비하여 단연 불리하다고 볼 수 있다. 반면에, 노지에서의 일반재배가 불가능한 혹한의 남극기에서의 수경재배는 가장 적절한 방법이라 할 수 있다.

#### 3.2. 토지와 용수

토양에서 직접 재배하지 않으므로 토양 비옥도와는 전혀 상관이 없고 차라리 시설공사와 관련이 있는 조건을 고려해야 한다. 용수의 질은 작물의 뿌리에 직접 영향을 미치므로 세밀한 검토가 있어야 한다. 특히 배지보다 수경재배가 용수의 영향을 많이 받는다.

지역이 특수하여 나트륨 (Na)이나 염소 (Cl), 마그네슘 (Mg), 산화철 등 기타 염류가 다량 함유되어 있을 경우에는 배양액의 삼투압 및 영양성분 등의 평형이 깨져 산소 부족과 배양액의 수소이온 농도의 유지 및 교정에 어려움을 당할 때가 많아진다.

용수는 반드시 사전 검토가 필요하며, 양도 충분히 확보되어야 한다. 수경재배에서 물의 양은 작물 재배에만 필요한 것이 아니라, 재배시설의 청소

및 소독에도 다량 필요하므로 이점도 감안해야 한다.

### 3.3. 시설비

수경재배를 위한 시설비는 많이 소요되는 것이 사실인데, 시설에 투입된 비용이 많으면 많을수록 자동화 비율을 높여서 경제적인 재배를 할 수가 있다.

### 3.4. 작물의 선정

원칙적으로 무, 당근과 같은 뿌리채소를 제외한 우리나라의 거의 모든 채소작물은 수경재배가 가능하다. 그러나, 재배작물을 선정할 경우에는 다음과 같은 조건에 합당한가를 잘 검토하여야 한다.

(1) 토양재배에 비해 생산성이 높고, 생리적 적응력이 높은 것.

(2) 뿌리의 생리적 특성으로 보아 양액의 성분평형, 농도, 온도 및 용존 산소 등의 지하부 환경에 대한 적용 범위가 넓고, 양액에 의해 전염되는 각종 병해에 치명적인 타격을 받지 않는 작물일 것.

이런 조건에 부합되는 대표적 작물로는 토마토, 오이, 딸기, 상추, 미나리 및 잎파 등이 있다.

### 제 3 장 수경재배의 종류와 특징

수경재배는 재배상을 설치하고 배양액을 공급하여 재배한다는 공통점은 있지만, 작물체의 지지방법이나 공급 방법에 따라 몇 가지로 분류할 수 있다. 그리고 이에 따라 시설의 설치방법도 달라진다.

현재 사용되고 있는 수경재배의 종류는 표 1과 같다.

표 1. 수경재배의 종류

수경재배	수경재배	액면상하법, 환류법, 통기법 분무순환법, 질충법, NFT법
	고형배지경재배	역경, 사경, 훈탄경 스폰지경, 암면경

#### 제 1 절 고형배지경 재배

고형배지경은 작물의 뿌리를 지탱시킬 수 있는 고형물질을 재배상에 채우고, 그곳에 배양액을 공급하여 재배하는 방법이다.

최초의 고형배지경은 자갈을 이용한 역경재배라고 할 수 있으며 다른 고형배지경들도 여기에서부터 변형, 발전되어 왔다고 할 수 있다. 그러나 최근에는 가정의 원예와 가습을 위한 목적으로 역경이 더러 사용되고 있을뿐, 사경, 톱밥재배와 함께 거의 사용되지 않고 있다.

한편, 여러가지 신소재를 이용한 배지의 개발에 따라 암면(rock wool)을 이용한 암면경이나 피트모스, 버미큐라이트, 퍼라이트, 경석, 목탄 등을 필요에 따라 적절히 섞어 사용하는 혼합배지경과 같은 방법이 보편화되고 있다.

암면(rock wool) 재배는 점적식 양액공급을 주로 이용하는데, 이 방법은 토양재배와 거의 유사한 반면 병해의 확산을 극소화할 수 있어 앞으로 더욱 많이 이용될 것으로 보인다. 그러나 한번 사용한 암면은 재사용이 거의 불가능하기 때문에, 특히 남극에서는 쓰레기의 처리가 문제가 될 수 있다.

## 제2절 수경 재배

고형배지경은 작물 뿌리의 지지가 배지에 의하여 이루어지므로 시설도 간단한 편이지만 (담액)수경재배의 경우에 다음과 같은 사항을 염두에 두고 시설하지 않으면 안된다.

- 작물의 지탱
- 양액 및 산소의 적절한 공급
- 양액 온도의 조절
- 청소와 소독작업의 능률화

이상의 조건을 충족시킬 만한 시설 자재나 방식은 앞으로도 계속 개량 되겠지만 최근 급속히 발전한 플라스틱 자재의 생산기술에 의하여 가볍고 정밀도도 매우 높아서 손쉽게 시설을 설치할 수 있게 되었다.

그리고 급배액 시설과 각종 제어장치도 대부분 국산화가 이루어져 시설 설치가 더욱 쉬워졌다고 할 수 있다. 그러나 아직도 시설비가 많이 소요된다는 문제는 해결하지 못하고 있는 실정이며, 더군다나 남극 세종기지의 경우 설치 예상되는 규모가 워낙 소형이라 이에 적합하고 효율적인 모델을 선정하

는 데에는 시설비의 합리성에 많은 문제점이 발생할 수 있다.

실제로 최근 가장 많이 사용되고 있는 수경재배 시설은 아래와 같은 세 가지 유형으로 대별된다.

먼저, 수기경 재배는 재배조의 면적이 넓어 작물의 선택의 폭이 넓고, 분무식 재배는 포트를 이용함으로써 배지의 양이 적게 들고 용존산소량이 많아지기 때문에 과채류의 재배에 적합하다. 이러한 두가지 방식은 뿌리의 환경이 안정되어 있어 정전상태에서도 피해가 적고 배양액 탱크의 용량이 적어도 된다는 이점이 있다.

한편, 공기흡입장치를 이용한 수경재배는 베드 내의 배양액을 강제로 순환시키는 방식인데, 이 방식은 양액 탱크 없이도 재배가 가능할 뿐만 아니라 고품배지가 없는 배양액 상태 하에서 뿌리가 발육하므로 경제적인 방법이라 할 수 있다.

이와같은 방법과는 달리 최근에는 NFT식 (간이수경재배시설) 방식이라 하여 그림 5에서 보는 바와 같이 재배상을 대신하여 필름 또는 피막을 이용해서 작물의 뿌리를 싸는 듯하게 하여 2 mm - 2 cm 깊이의 양액을 흘러내리면서 재배하는 방법으로 시설의 설치가 쉽고 자재비가 적게 들 뿐만 아니라 필름의 소독과 갱신이 쉽기 때문에 경제적이기도 하다. 반면 양액을 자주 보정해주거나 액온관리를 철저히 해야 하는 단점이 있다.

## 제 4장 수경재배 시설의 예비실험

### 제 1절 실험 재배사의 개요

#### 1.1 재배사의 환경

남극의 긴 겨울동안에는 식물의 광합성에 필요한 절대조건인 빛이 부족하다. 또한 세종기지에 온실용으로 할당된 공간은 스티로폼이 부착된 컨테이너동으로서 자연광의 유입이 불가능하다. 따라서 본 실험의 재배사는 조립식 판넬을 이용하여 외부를 모두 차단함으로써 자연광을 배제한 상태에서 실험을하기로 결정하였다.

아울러, 시설의 효율적인 관리를 위하여 재배사는 경기도 용인군 양지에 자리한 차단막이 설치된 비닐하우스 안에 설치하였다.

#### 1.2 실험 배지의 선정

남극에는 일반 토양의 반입이 금지되어 있기에, 무토양 재배를 위하여 토양을 대신할 수 있는 기질을 선택하는 것이 최상의 방법이라 하겠다.

이러한 점을 감안하여 앞장에서 살펴본 수경재배의 여러가지 방법의 장단점을 검토한 끝에 펄라이트를 이용한 고품배지경과 양액 강제순환식 담액수경의 두가지 배지를 설치하고 파종에서 수확기에 이르기까지 예비실험을 실시하였다.

### 1.3 양액의 선정

무토양 재배의 환경에서는 식물에 양분을 공급할 양액의 적절한 제조가 매우 중요하다.

본 실험은 재배시설의 점검에 주안점을 두었으므로 양액은 달리 제조하지 않았으며, 최근 널리 보급되어 사용하고 있는 농축액 양액을 희석하여 사용하였다. 기타 실험에 필요한 원예학적 도움말은 박과 김(1993), 박과 김(1994), 오(1994), 이(1994a, b), 최(1993) 등을 참고하였다.

본 실험을 통하여 파생되는 문제점들을 집중 분석하여, 추후 남극 세종기지에서 월동하는 15명 내외의 대원들이 채소를 자급할 수 있는 가장 효율적인 수경재배 시설을 제시하고자 하였다.

## 제 2절 실험 결과

예비실험을 통하여 본 개략적인 시험 재배사의 시스템과 과채류의 생육 과정은 그림 1-10에서 볼 수 있다. 본 실험의 목적이 재배사의 적합 모델을 선정하는데 있는 관계로 씨앗의 발아나 작물별 생육에 관련된 기술에 대한 부분은 세종기지에서 실시될 후속 연구에서 구체적으로 기술기로 한다.

### 2.1 재배사

본 실험기간중 발생한 가장 커다란 문제점은 재배사 내의 적정 온도 유지에 있었다.

실제 남극에서는 외부의 온도가 매우 낮은 관계로 온도가 높아졌을 때에는 외부 공기의 유입으로 간단히 온도조절이 가능하겠으나, 본 실험 재배

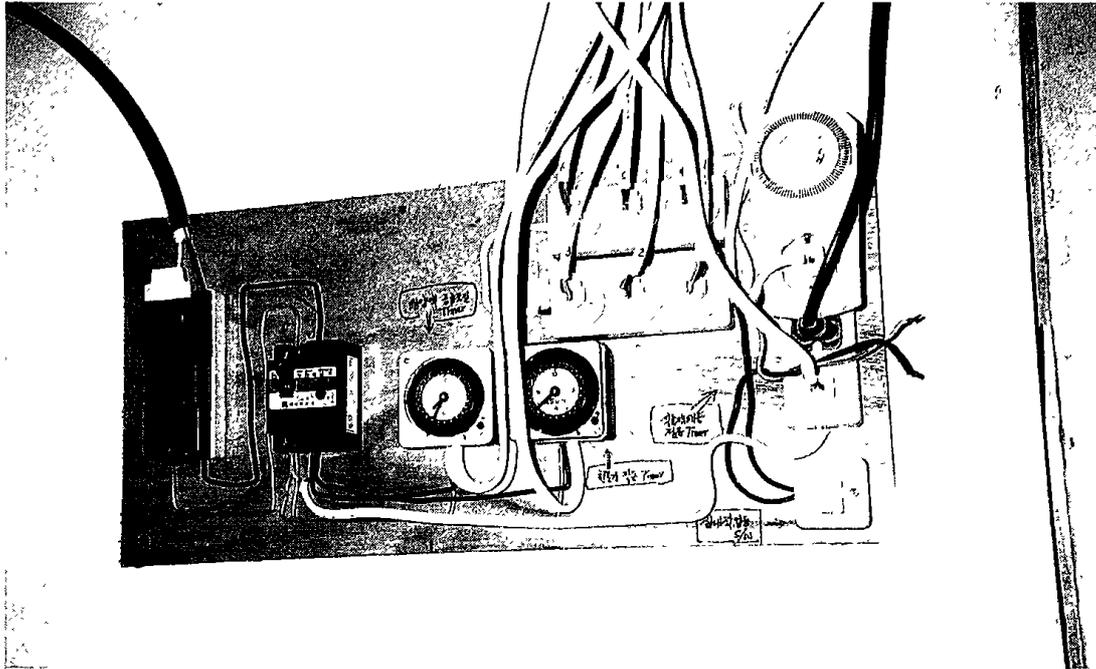


그림 1. 재배사의 전실에 설치된 타이머를 이용한 조명 및 양액공급 조절장치

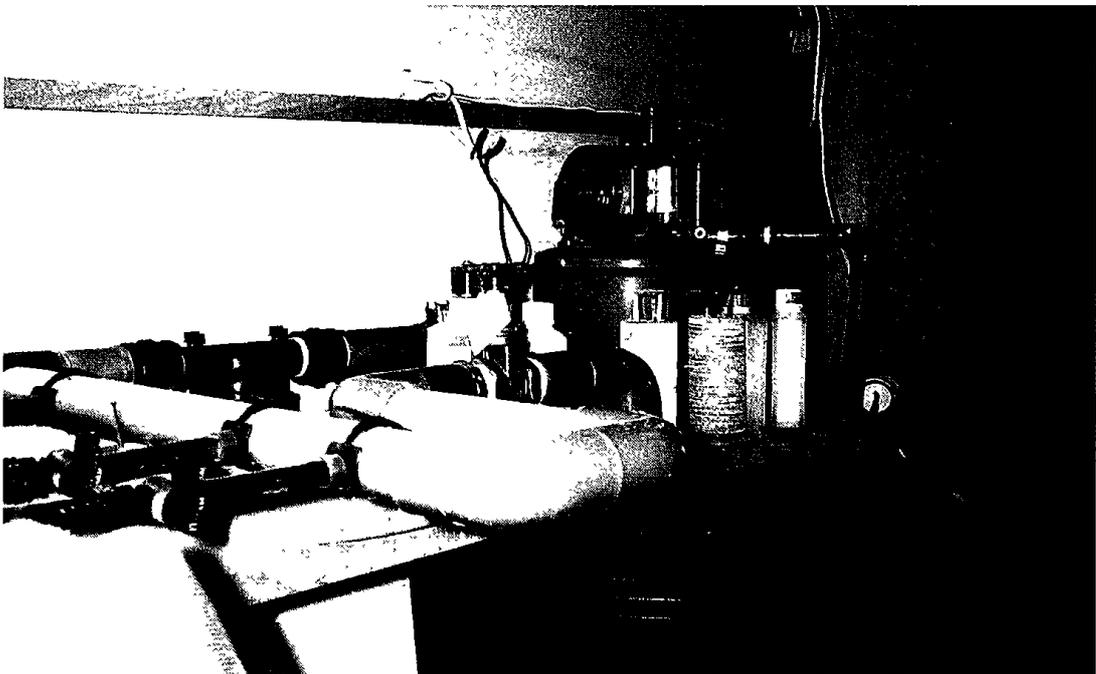


그림 2. 채소 재배용 양액 저장 및 공급장치. 자동모터와 솔레노이드 밸브를 이용하여 공급주기와 시간을 조절하였으며, over-flow valve로 압력을 보정하였다.

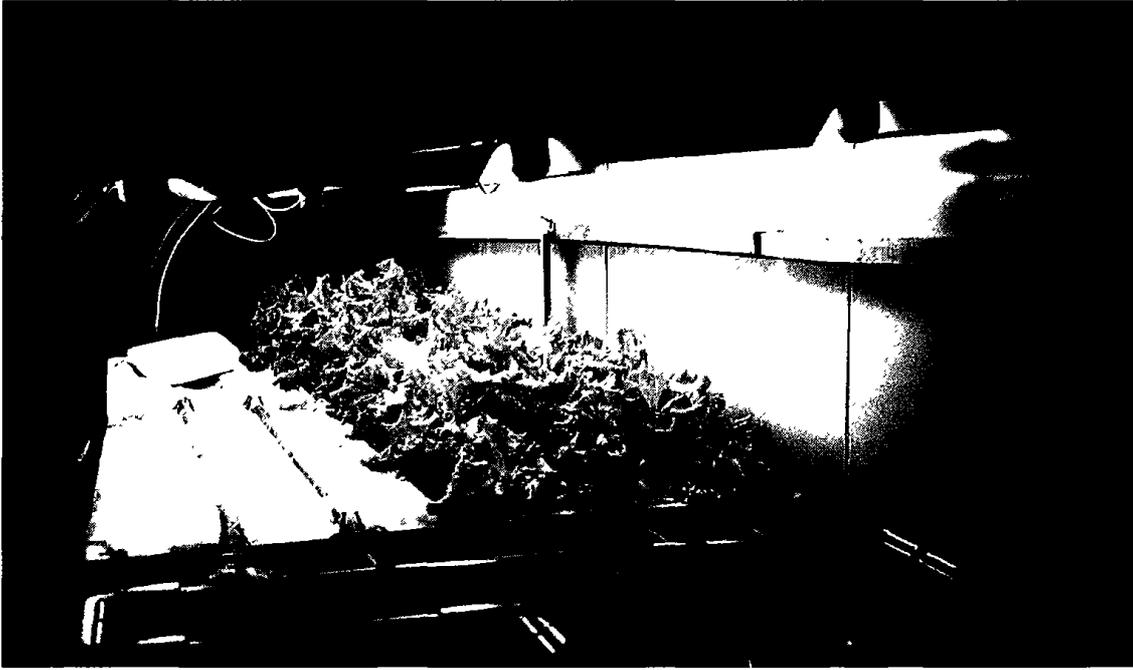


그림 3. 상치 재배를 위한 퍼라이트 배지. 점적식 공급관을 통하여 양액을 방울 방울 공급해준다.



그림 4. 수확기에 들어선 상치. 형광등의 높이는 작물의 체장에 따라 높낮이를 조절할 수 있어야 한다.

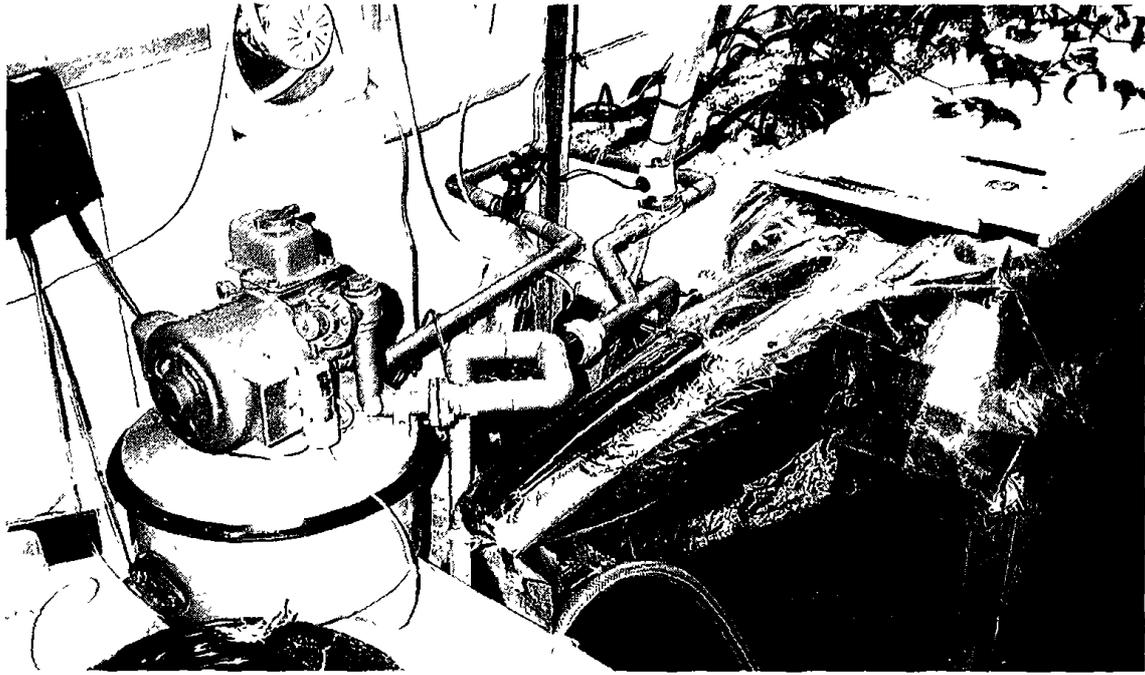


그림 5. 과채류 재배를 위한 양액 공급장치 및 두 가지 유형의 배지. 좌측; 퍼라이트 배지, 우측; 담액수경 배지

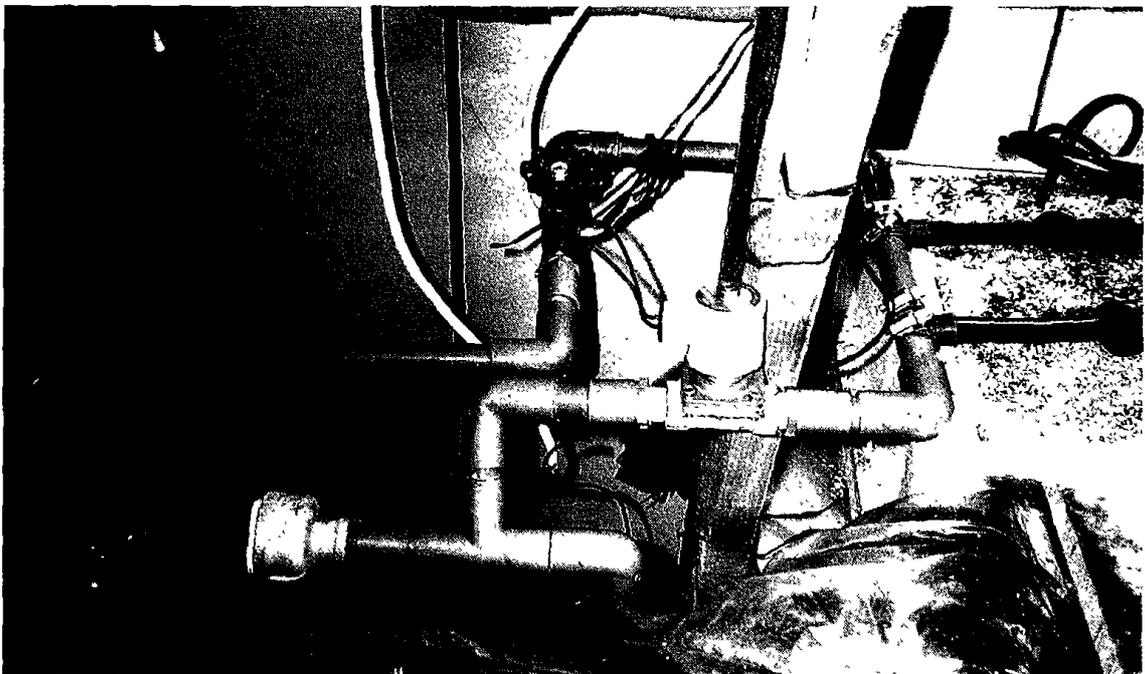


그림 6. 타이머에 의해 솔레노이드 밸브가 열리면 양액탱크의 양액은 자동모터 펌프를 통해 여과기를 거쳐 배지로 공급된다.

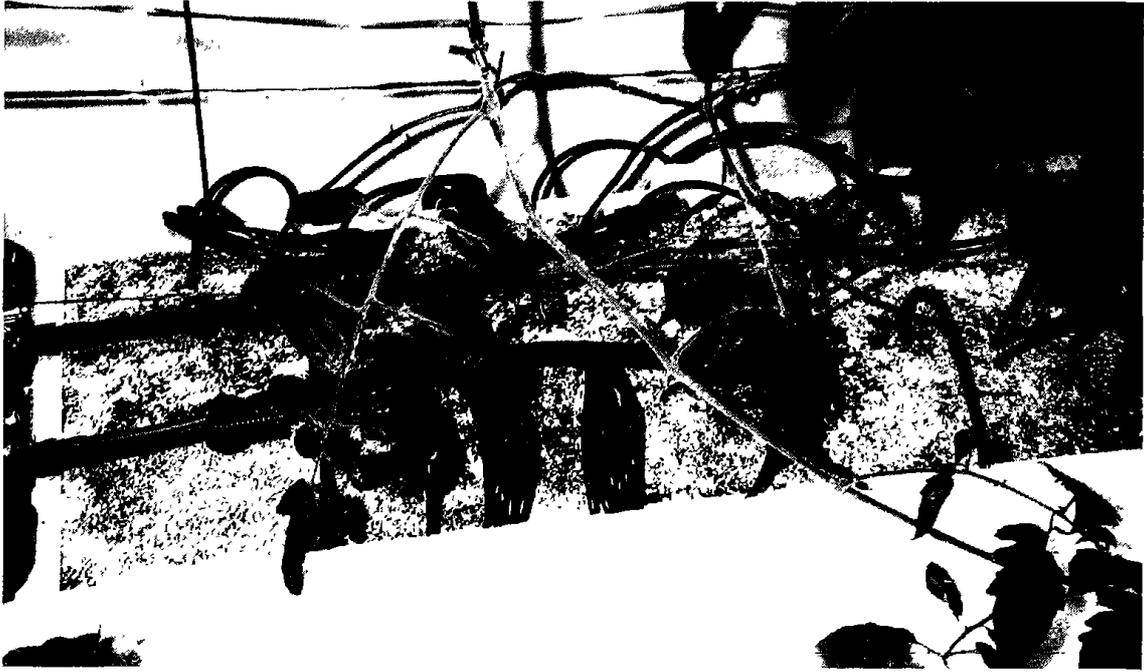


그림 7. 과채류의 뿌리 가까이 양액을 효과적으로 관수할 수 있는 다지식 점적관수 (Multi-outlet-dropper)



그림 8. 방울토마토와 같은 과채류는 절과를 한 후 줄기를 점차 낮춰주어 조명으로부터의 거리를 일정케 하여준다.



그림 9. 숙과기에 접어든 퍼라이트 배지의 방울토마토

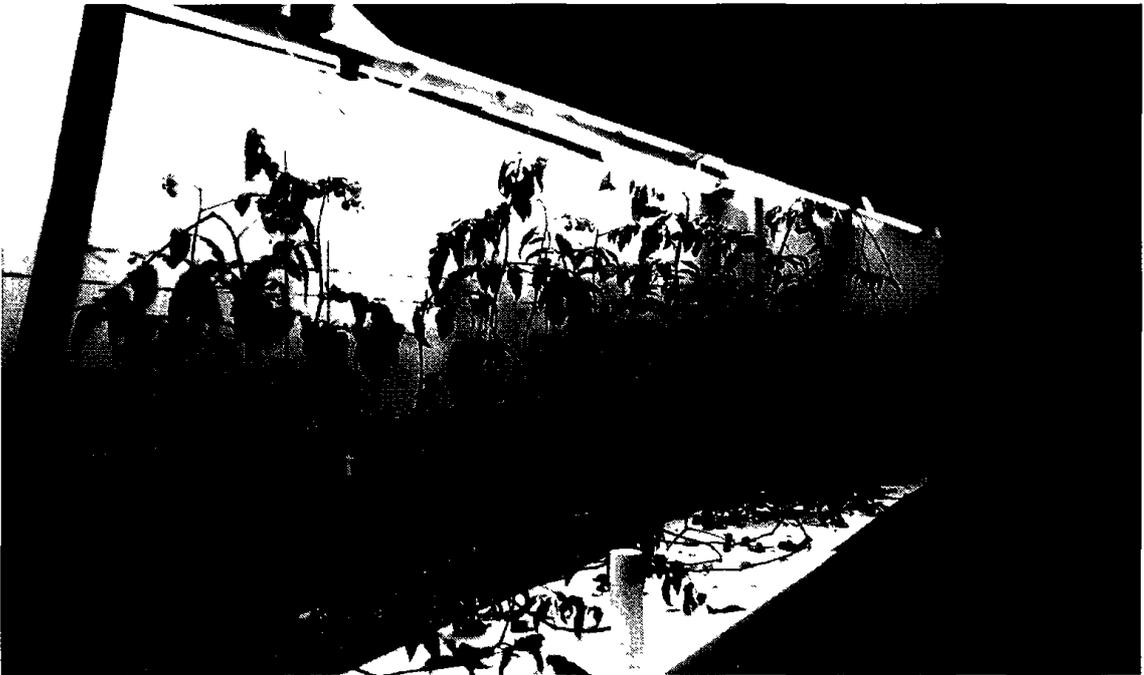


그림 10. 방울토마토의 경우 광조건만 양호하다면 한 그루당 적어도 50여 개의 열매가 항상 달려 있게 유지할 수 있어, 장기간 다량의 수확이 가능할 것으로 예상된다.

사에는 기본 연구과제의 예산상의 어려움으로 에어컨을 설치하지 못하였기에 하계의 외부 온도상승과 함께 식물재배등에 의한 열의 방출로 인한 온도상승을 억제할 방법이 없었다. 반면 야간의 저온시에는 온도절기를 부착한 히터를 이용하여 적정온도를 유지하는데 별 어려움이 없었다.

본 실험에서 사용된 식물재배등은 매우 적합하였으나 광량이 절대적으로 부족하였다.

재배사의 면적은 남극 세종기지의 공간과 같은 면적으로 설치되었으나 관리적인 측면에서 다소 좁은 것으로 평가되었다.

## 2.2 배지

본 실험을 통하여 살펴본 바에 의하면, 양액 강제순환식의 순수 담액수경 재배는 관리자의 지속적인 관찰을 요하기에 프론티어(frontier)에 의하여 관리되어야 하는 세종기지의 시설로는 적합치 않은 것으로 판정되었다.

실제 본 연구자가 일주일 정도의 출장으로 자리를 비운 사이 양액의 산도가 높아지고 펌핑라인의 필터가 막혀 양액의 순환 속도가 늦어짐으로 인해 잔뿌리가 녹는 현상이 수차례 관찰되었다. 이는 수경재배에서 돌이킬 수 없는 실패의 요인으로서, 씨앗의 발아에서 최초 수확기에 이르는 최소 2-3 개월의 시간을 다시 공을 들여야 하기 때문에 관리자의 잦은 관찰과 프론티어의 극진한 정성이 없이는 관리가 불가능하다 하겠다. 더우기 세종기지의 온실의 경우 재배사의 규모가 매우 작기 때문에 순환 양액의 양이 극히 적은 관계로 양액의 농도 및 산도조절 시기 또한 매우 빨리 돌아온다는 점 또한 감안하여야 하겠다.

퍼라이트를 이용한 배지는 점적식 호스를 이용하여 양액을 주기적으로

공급하였기에 양액의 순환라인에 순간적인 사고가 발생하여도 퍼라이트의 특성상 수분과 양분을 장기간 유지하므로 급작스런 뿌리 녹음이나 건조현상은 눈에 띄지 않았다.

### 2.3 양액

본 실험에 사용한 농축액의 양액은 보존과정에서 적지 않은 양분의 손실과 변질이 있는 것으로 평가되었다. 실험기간중 생육이 불량하여 실험실 옛 크롭스 배양액을 제조하여 공급한 결과 훨씬 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

## 제 5장 세종기지의 재배사 모델

본 실험을 통하여 검토한 결과 세종기지의 온실로서 가장 적합한 모델은 아래와 같이 제시할 수 있겠다.

### 제 1절 재배사

현재 온실용으로 할당된 컨테이너동은 방한시설은 잘 되어 있는 편이나 배지의 설치공간과 참고시설 등을 고려할때 다소 협소한 공간으로 평가된다.

아울러, 식물재배의 첫째요인인 광조건을 고려할때 아무리 많은 식물재배등을 활용한다고 하여도 약하고 적은 양의 자연광이 오히려 효율적임은 누구도 부인할 수 없으리라 생각되며, 장기적인 관점에서도 절전의 효과를 무시할 수 없을 것이다.

그러므로, 세종기지에 새로운 재배사를 설치할 수 있다면 최상이겠으나, 그렇지 못하다면 기존시설의 지붕재를 절단해내고 양면 유리 사이공간이 진공처리된 페어 글래스를 바둑판 모양으로 설치할 것을 권장한다. 실제 세종기지 온실동의 지붕에는 많은 눈이 쌓이지 않으며, 지붕을 서편으로 다소 경사를 주어 설치하면 눈에 의한 시설의 피해는 없으리라 확신한다.

### 제 2절 배지의 선택

양액 강제순환식의 담액수경은 순환라인의 고장시에 양액내의 용존산

소량이 부족하여져 뿌리가 녹아 유실되기 쉬우므로 프론티어에 의하여 관리 되어질 세종기지의 온실에는 적합치 않은 것으로 평가된다. 다만 항시 양액에 담겨져 있는 것이 아니라 양액의 공급시에만 뿌리가 양액에 잠기는 간헐 담액식은 배지의 경사도만 잘 맞추어준다면 관리가 가능할 것이다.

무토양배지, 즉 본 실험을 통하여 사용한 단일 펄라이트를 사용한 배지는 작물에 따라 피트와 버미큐라이트를 적절히 혼합하여 사용할 것을 권장한다.

### **제 3절 양액의 제조**

일반적으로 양액은 최근에 제조되어 나오는 농축액을 희석하여 사용할 수도 있겠으나, 비용이나 장기보관을 고려할때 적절치 않은 것으로 평가된다.

양액은 작물에 따라 적합한 조성을 고려하여 필수원소와 미량원소가 적절히 혼합하여 직접 제조할 것을 권장한다. 다만 세종기지의 온실은 그 규모가 매우 작기 때문에 일회용의 적은 양액을 제조할때 미량원소의 양을 적절히 조절하는데 주의하여야 한다. 매번 양액을 제조하기가 번거로우므로 분말 상태의 각종 원소를 배합 순서에 따라 일회용의 포장용기로 나누어 담아 놓았다가 물에 희석하여 쓰면 효율적이라 하겠다.

### **제 4절 재배사의 자동화 시설**

프론티어에 의해 운영될 세종기지 온실은 자동화의 정도에 그 성패가 달려 있다 하여도 무방하다. 여기서 가장 중요한 점은 가능한 많은 항목을 자동화하되 고장시의 작물피해가 가장 적은 방법을 택해야 한다는 점이다.

항목별로 자동화 설비를 검토해보면 다음과 같다.

#### 4.1 빛

식물재배등을 활용한 일주기 조절은 타이머의 설치로 간단하게 해결될 수 있다. 등의 종류는 자연광의 과장을 내는 재배등 외에 나트륨등이나 할로겐등을 달아 적색광을 보충하도록 한다. 이와는 별도로 저광도의 붉은 빛 작업등을 설치하여 야간 작업시 재배등을 켜지 않도록 조치한다.

#### 4.2 온도

일반적으로 온도조절의 어려움은 온도를 강하시키는데 있다. 그러나 남극의 대기온도는 항상 식물재배 적정온도보다 낮은 상태에 있으므로 외부 공기를 유입함으로써 이 문제를 간단히 해결할 수 있다. 여기서 한가지 고려할 점은 일반적으로 폐쇄형 온실에서는 재배등의 열기로 인한 온도 상승요인이 존재한다는 것이다. 그러므로 주간에는 보온을 위하여 히터의 작동이 거의 필요없으나, 재배등이 소등되는 야간에는 히터가 자주 작동되어야 할 것이다.

궁극적으로 식물재배 적정온도의 유지는 온도조절기 (thermostat)를 이용하면 간단히 해결된다. 온도조절기는 저온시에는 히터를 가동시키고, 고온시에는 환풍기로 외부의 찬 공기를 유입시키게 결선하면 된다. 또한 순환 환풍기 또는 선풍기(작은 공간이므로)를 설치하여 재배사 내에 온도가 일정하도록 하여준다.

#### 4.3 양액의 순환

식물의 각기 생육시기별로 필요로 하는 양액의 요소와 양이 달라진다. 필요 양분의 조절은 양액의 제조시 고려하면 될 사항이고, 양액의 공급은 타이머와 솔레노이드(solenoid) 밸브로서 조절 가능하다. 양액의 공급시간에 타이머가 작동하여 솔레노이드 밸브가 열리면 자동모터 펌프가 작동하여 양액이 공급되는 시스템을 말한다.

양액의 공급시간은 배지의 종류, 생육시기에 따라 다르나 일반적으로 하루 2-6 회 사이에서 결정된다. 단 타이머의 선택시 가능한 적은 눈금의 것을 선택하여 양액 공급시간의 선택을 용이하게 한다. 보통 양액의 공급은 배지가 충분히 젖을 정도로 하는데 배지에 따라 그 정도는 다르겠으나 때론 일반적인 타이머 최소눈금 (15분) 보다 적은 시간을 요할 수도 있다는 것을 염두에 두자. 그러므로 별도의 디지털 시스템으로 공급시기와 시간을 자유롭게 조절할 수 있다면 최상이라 할 수 있다.

아울러 혼합배지를 사용할 때에는 점적식 호스를 이용하여 가능한 식물의 뿌리 가까이에 방울 방울 양액을 공급하는 것이 좋은데, 이를 위하여서는 점적호스에 일정량 이상의 압력이 걸리는 것을 막기 위하여 오버플로우 (over-flow) 밸브를 달아 여기서 양액 탱크로 흘리는 물의 양으로 점적호스의 적정압을 유지토록 하여준다.

#### 4.4 양액의 상태

수경재배는 그 특성상 토양의 양분을 이용하지 않고, 무토양 상태에서 양액에만 의지하여 식물이 생육하게 하는 것이다. 그러므로 양액을 항상 최상의 상태로 유지하여야만 최대의 효과를 거둘 수 있는 것이다.

이를 위하여서는 농도 및 pH의 조절이 필수적인데, 농도의 조절은 EC

meter로, pH의 조절은 pH meter로 가능하다. 이러한 센서들은 양액탱크에 설치하여 자동으로 감지되어 상태가 불량해지면 부저가 울게 하여 재배사가 아닌 곳에서도 상태를 알 수 있게 하면 최상이겠으나, 이들 센서들은 감지부가 매우 예민하여 이물질이 끼면 제대로 작동되지 않기 때문에 일정기간에 한번씩 수동식으로 검침을 해도 무방하다 하겠다. 그러나 검침기간은 적어도 일 주일을 넘지는 말아야 할 것이다.

공급되는 양액의 온도조절 또한 무시되어서는 안될 부분이다. 양액탱크가 재배사 내부에 설치되므로 온도가 일정히 유지되기에 큰 문제는 없으나, 특히 양액을 새로히 조제할때 희석수의 온도가 낮음에 유의하여야 한다. 이를 위하여서는 희석수를 하루전쯤에 재배사 내부로 옮겨놓아 수온이 내부 온도와 동일하게 하면 되겠다.

또한, 양액탱크 내부에 어항용 기폭기를 설치하여 양액에 지속적으로 산소를 공급하여 용존산소량을 높이고 양액의 변질을 막아주도록 한다.

#### 4.5 기타

재배사 내의 습도조절 또한 중요한 사항이다. 이는 습도계 (humidistat)를 설치하여 건조시에는 분말식 스프링쿨러가 작동하게 하면 가능하다. 분말식 스프링쿨러는 최근 플라스틱으로 제작된 소형의 값싼 제품이 출시되어 있다. 그러나, 대체로 양액탱크와 배지로 구성된 수경재배사 내에서는 습도는 커다란 문제가 되지 않는다.

또한, 광합성 효율의 극대화를 위하여서는 이산화탄소 공급기도 설치되면 좋다. 그러나 시중에 공급되는 이산화탄소 공급기는 모두 대형이라 세종기에는 적합치 않다. 단 시중의 이산화탄소 공급기 또한 모두 LPG 가스를

태우는 방식이므로 온실내의 히터를 개스식으로 대체하면 이산화탄소 공급 효과를 볼 수도 있다. 이산화탄소량을 측정하는 장치는 불행하게도 현재까지 엄청난 고가의 장비들 밖에 없어 수경재배사에서도 경험적으로 그 양을 조절하고 있다.

이러한 모든 자동화시설은 가능한 하나의 조절판 (control panel)에 설치하여 한 눈에 재배사의 환경을 파악할 수 있도록 하여야 할 것이며, 가능하다면 경보기를 설치하여 재배사 관리자나 다른 대원들이 외부에서도 이상 유무를 감지할 수 있도록 시스템을 구축하도록 하면 좋다.

그러나, 궁극적으로 식물의 생육은 이러한 자동화 시스템 이외에 재배사를 관리하는 프론티어의 각별한 관심과 정성 하에서만 최상의 효과를 볼 수 있다는 점을 망각해서는 안될 것이다.

이와 같은 자동화 설비를 갖춘 재배사를 설치하고 한 해 정도의 시험기간을 거친다면, 적어도 월동대원들만의 채소자급 문제는 해결할 수 있을 것으로 판단되며, 재배사의 주변환경을 깔끔히 조성한다면 또 하나의 세종기지 명물로 자리할 것으로 생각된다. 아무쪼록 세종기지 재배사의 성공적인 설치로 대원들의 육체적, 심리적 건강에 적으나마 보탬이 될 것을 기대해 본다.

## 적 요

남극 세종기지의 동계 채소자급을 위한 수경법의 효율적인 활용을 목적으로, 그 적합한 재배사를 찾는 예비실험이 수행되었다.

세종기지의 온실은 궁극적으로 한 사람의 전문가가 아닌 1년 단위의 볼런티어에 의하여 관리될 수밖에 없는 관계로, 본 보고서에서 언급한 것과 같은 자동화 시설을 가능한 한 갖추고, 순수 담액수경이 아닌 혼합배지경을 택할 것을 권고한다.

또한, 최근 SCALOP 회의에서도 제의된 바와 같이 가능한 자연채광을 활용할 수 있도록 지붕을 페어글래스를 이용한 격실 유리창으로 개조하고, 초기 설비를 위해 조금만 집중적으로 투자를 한다면 적어도 15명 내외의 월동대원들에게는 적지 않은 양의 과채류를 제공할 수 있을 것으로 평가된다.

이러한 세종기지 온실의 양성화는 겨울철 채소 구입과 운송에 따른 비용 및 행정력을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 월동대원들의 건강 균형 또한 심리적인 측면에서의 좋은 영향을 끼칠 것으로 기대되므로, 보다 장기적인 측면에서 초기 설비투자를 아끼지 않을 것을 권고한다.

## 참 고 문 헌

- 박권우, 김용식. 1993. 수경재배의 이론과 실제. 학술연구총서 37. 고려대학교 출판부. 301 pp.
- 박상근, 김광용. 1994. 수경재배 - 기초이론부터 산업화까지. 21세기에 도전하는 영농기술 지침서 30. 오성출판사. 482 pp.
- 오승건. 1994. 소비생활 기행/ 충남 부여군 세도면 방울 토마토 재배단지. 월간 소비자시대 4월호 (통원 76호). 동아출판사. pp. 6-10.
- 이강희. 1994a. 비닐하우스 새기술 (재소, 원예, 작물 일절). 내외출판사. 306pp.
- 이강희. 1994b. 새로운 토마토, 오이, 딸기 재배기술. 내외출판사. 305 pp.
- 최관순. 1993. 고추, 토마토 다수확 재배의 이론과 실제. 21세기에 도전하는 영농기술 지침서 6. 오성출판사. 410 pp.
- Sadler, P. D. 1992. The establishment of greenhouse at the United States McMurdo and South Pole Stations. pp. 246-252. In, Melander, O. and R. Fontana (eds.). Proceed. 5th Symposium on Antarct. Logist. Operat. 365 pp.
- Sadler, P.D. 1995. A guide to implementing an Antarctic greenhouse effort. SCALOP Notice No. 100. 10 pp.