발 간 등 록 번 호
11-1541000-000754-01

단과제(O)

과제번호 20080455

수출지향형 가습 및 제습 복합 제어 공기교반 시스템 개발

Development of Air Mixer System of Complex Control Humidification and Dehumidification

시설하우스내의 온/습도 변화 분석 및 시스템 성능시험

(Green Houses in temperature and humidity changes, and system performance analysis, testing)

주관기관 : (주)신안그린테크

세부기관 : 전북대학교

농림수산식품자료실

0020433

농 림 수 산 식 품 부

0.7
239ㅅ
011-110

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “수출지향형 가습 및 제습 복합제어 공기교반 시스템 개발” 과제 (세부과제 “시설하우스내의 온/습도 변화 분석 및 시스템 성능시험”)의 보고서로 제출합니다.

2011년 2월 1일

주관연구기관명 : (주)신안그린테크
주관연구책임자 : 장 승 호
세부연구기관명 : 전북대학교
세부연구책임자 : 김 용 현
연 구 원 : 강 보 원
연 구 원 : 이 영 재
연 구 원 : 김 강 이
연 구 원 : 배 정 진
연 구 원 : 정 경 남
연 구 원 : 주 재 헌
연 구 원 : 주 재 훈
연 구 원 : 박 종 헌
연 구 원 : 이 재 수

요 약 문

I. 제 목

수출지향형 가습 및 제습 복합제어 공기교반 시스템 개발

II. 연구개발 목적 및 필요성

세계적으로 산업의 고도화와 아울러 환경오염에 대한 규제가 날로 강화되고 있는 이때 친환경에 있어서 제습이라는 분야는 전기, 전자, 생명 등 각 분야와 아울러 가장 중요한 위치를 차지하리라 생각된다. 물론 각각의 분야에 적용하는 범위는 다르겠지만, 현재 적용하려고 하는 분야는 기존의 대용량으로 활용해왔던 기존의 방식을 타파하고 경량화, 염가화, 소형화 하여 생육생장의 원활한 활용을 위해 개선하려고 한다.

본 연구에서 반도체를 이용한 반도체 냉각방식은 N형과 P형의 반도체로 구성된 열전식 열펌프를 이용하여 열을 발생시키고 흡수시킬 수 있도록 고안되어야 하며, 이를 통한 온·습도제어는 필수적으로 되어야 한다. 그러나 현재 국내에 보급되고 있는 반도체는 수입품으로 품질, 성능이 우수하나 고비용으로 많은 부담을 줌으로 적용정도가 미묘한 실정이었다.

또한 초음파 가습기를 추가하여 가습과 제습을 동시 가능하게 함으로써 시설 하우스 내 온습도 변화에 민감하게 대처 할 수 있도록 제작할 필요성이 있다

따라서 본 연구는 국내 생산된 반도체를 적용하는데 있어서, 우수한 품질 및 성능을 갖춘 반도체를 기술개발에 적용하는 것과 온·습도제어 및 에너지절감 등 하우스 환경 개선을 통한 식물의 생육생장에 직접적인 영향을 줄 수 있는 기술을 개발 하는 것과, 연구와 기술력을 바탕으로 얼마나 작고, 염가화 시켜, 큰 효과를 얻을 수 있느냐 라는 부분에 목적을 두고 있다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 제습을 통한 환경개선과 식물의 신진대사 촉진을 위해 공기순환기에 제습장치, 가습 장치를 접목시켜 가습-제습 복합기를 설계, 제작하였다. 제작된 에어제습장치는 오이시험장에 설치하여 현장적용실험을 한 결과 기대 이상의 결과를 얻었다. 특히, 제습장치의 구성은 국내에서 생산되는 반도체(열전소자)를 적용한 것과 중요한 부분의 기술개발을 통해 경량화, 염가화 소형화하는데 있으며 또한 가습-제습 복합기의 실용화 기술을 개발하는데 중점을 두어 연구하였다. 본 연구의 개발 내용을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

1. 가습-제습 복합기

가. 가습-제습 복합기의 크기는 ø440×0.4×0.67(m)×17㎏로 하여 설계 제작하였으며, 제어기를 통해 제어가 가능하도록 하였다. 제품이 가볍고 시설 및 사용이 간단하여 시설농가에서는 재배환경 및 상태에 따라 위치를 자유자재로 조절할 수 있도록 하였다.

나. 가습-제습 복합기는 공기순환-팬과 제습시스템, 가습시스템을 결합한 제품으로 각각의 장점을 이용하여 기술개발 하였다. 공기순환-팬은 모터의 전류 및 R.P.M을 통한제어이며, 제습시스템은 방열부, 히팅부, 반도체(열전소자), 냉각부, 전원공급부, 초음파 가습부의 새로운 기술개발로써, 본 연구는 앞서 언급한 새로운 기술의 통합제어로 최대의 효과를 얻고자 하였다.

다. 제습방식은 크게 냉동코일에 공기를 통과시켜 제습효과를 유도하는 기계식방식과 고체 또는 공기중의 수증기가 흡습물질에 흡수 또는 흡착되는 화학적 방식과 최근에 그 방식이 소개되고 있는 반도체 냉각방식으로 나눌수 있다. 이에 본 연구에서는 최근에 그 방식이 소개된 반도체 냉각방식을 적용하였다.

라. 반도체 냉각방식은 N형과 P형의 반도체로 구성된 열전식 열전소자를 이용하여 열을 발생시키고 흡수시킬 수 있도록 고안되었다.

마. 방열부는 상대적 대기 온도, 습도, 풍량 등의 변수가 있으나, 히트파이프적용은 효과적인 열발산을 위한 차세대 방열 시스템으로 내부의 작동유체가 연속적으로 기-액간의 상변화 과정을 통하여 매우 큰 열전달 성능을 발휘하며, 방열 코일판을 통해 최대의

방열면적을 확보함으로 제습능력을 향상시키도록 구성하였다.

바. 냉각부의 냉각팬 대체설계는 단면적에 중량을 곱한 뒤 비열을 구하여 온도를 내리는 데 필요한 열량을 구하는 것을 기본으로 하며 냉각시스템의 경우 제습에 가장 적절한 이슬점 온도에 접근하여 on-off 가 지속적으로 이루어지는 구조로 축열 방식의 치구를 개발 및 제작하여 부착하였다.

사. 초음파 가습되기 전에 열전소자 히팅부를 거치면서 수온이 80도까지 상승하여 살균 소독을 먼저 거칠 수 있도록 구성하였다.

아. 자동제어를 위해 제어기의 프로그램을 온·습도 및 시간이 동시에 제어될 수 있도록 하였다. 또한, 센서를 장착하여 입력 값을 얻었으며, 얻어진 값을 통해 재배환경 및 상태의 범위 내에서 자동제어 할 수 있도록 하였다.

자. 공기순환기능은 실내의 밀폐된 공기를 상하좌우로 순환시켜 탄소동화작용 촉진 및 온도균일에 따른 에너지절감과 제습기능은 다습으로 인해 오는 병충해를 예방할 수 있도록 하였다.

차. 실용화기술은 국내·외 시장조사, 수요조사, 특허출원, 인증 획득, 신문·TV·잡지광고, 국가정책사업추진, 국내전시회 및 해외전시회에 출품에 출품하였다.

Ⅳ. 연구개발결과

1차년도

본 연구의 1차년도는 선행되었던 전북대학교와의 컨소시엄을 바탕으로 연구결과에 대한 재검토와 성능향상을 위해 각 부분별 성능 테스트 및 평가를 통해 “하우징, 모터, 날개, 방열부, 히트파이프, 히팅부, 반도체(열전소자), 냉각부, 초음파 가습부, 전원공급부”각 부분을 기술개발하여 제습제어를 위한 새로운 개념의 제품으로 도출하였으며, 제어기는 온·습도의 부분제어 및 통합제어시스템 구성으로 재설계 하였다.

2차년도

본 연구의 2차년도는 1차년도에서 도출된 제품을 검토 제작하여 적용분석 및 수정 보안하였으며, 동시에 챔버 및 현장 테스트를 거쳐 소형화, 경량화하여 시제품을 제작하였다. 또한, 제어기는 실내 작물재배의 적정 온·습도에 따라 자동제어가 가능하게 하였다. 특히, 한대의 제어기로 여러 대의 가습제습 복합기를 동시에 제어할 수 있게 개발하여, 효과적인 운용을 할 수 있게 하였다.

가습제습 복합기는 챔버를 이용하여 시간, 온도, 습도에 따른 제습량을 분석하였으며, 오이시험장에 설치하여 현장적용실험을 거쳐 제습능력, 적용면적, 운용방법, 병해경감 등 미치는 영향을 분석하였다. 마지막으로 실용화 기술로는 국내·외 특허, 인증 획득, 신문·TV·잡지광고, 국가정책사업, 국내전시회 및 해외전시회에 출품 등 마케팅 전략 수립 및 시장·수요분석을 통해 국내·외 시장 진출 할 것이다.

V. 연구개발 결과 및 성과활용 계획

1. 연구개발 결과

본 연구에서는 가습-제습 복합기 설계 및 실용화 기술을 개발하였다. 가습-제습 복합기는 현장 적용을 통해 기대 이상의 결과를 얻었으며, 유동성, 소형화, 경량화, 염가화하여 기술개발제품의 부가가치를 창출하고 타사와의 경쟁력을 확보할 것이다, 또한 여러 분야에 적용하여 다양한 연구의 기초가 될 것이며, 특히, 실용화 기술은 국내·외 특허, 인증 획득, 신문·TV·잡지광고, 국가정책사업, 국내전시회 및 해외전시회에 출품 등 마케팅 전략 수립 및 시장·수요를 분석하고, 시작은 농업부터 적용 범위를 넓혀, 관련기술의 기술력을 국내·외로 인정받아 국내내수 및 수출을 활성화하는 등 국내·외 진출의 교두보를 확보하리라 판단된다.

SUMMARY

I. Title

Development of Air Mixer System of Complex Control Humidification and Dehumidification

II. Purpose and necessity of Research and Development

Usually, environmental pollution problem is happened and joins by Godohwa of industry. Dehumidification is occupying important position with field of electricity, electron, life etc. in environment field.

Application field of dehumidification is that improve the a light weight, a low-cost andto miniaturization for the growth of crop.

Semi-conductor cooling method to use semi-conductor of this research was invented to generate heat and can be assimilated using heat electrolytic corrosion heat pumps that is consisted of N type and P type's semi-conductor. It can control temperature and humidity remove a grave to another place. But, domestic semi-conductor is importation present, and quality and performance is superior but becomes many burdens by climax. Therefore, application is difficult.

In addition, by adding ultrasonic humidifier humidification and dehumidification green House by allowing the simultaneous changes in temperature and humidity can be sensitive to the need to creating.

In this research, it is appliedhe semi-conductor, which has superior quality and performance.This research develops technology that can cause direct effect in growth of plant using temperature, humidity control and energy curtailment.Also, it is small size, a low-cost and high effect using developed research and technique.

Ⅲ. Contents and sphere of Research and Development

This research improves surrounding using dehumidification, which designed and manufactured Unit that have the function of air circulation and dehumidification for metabolism promotion of plant.The designed unit experimented in the cucumber examination institute. As a result, it confirmed that the unit have performance of unit superior.

Specially, the air Humidification-Dehumidification Multifunction unit deigned a miniaturization, a low-cost and low weight using the biographies

semiconductor.The contents of research is as following concretely.

1. air Humidification-Dehumidification Multifunction

(1) The size of device is ø440×0.4×0.67 (m) and it is 17㎏, which controls dehumidification and temperature using contoller. In farmhouse, it can regulate position according to bowing twice surrounding and situation freely.

(2) The air Humidification-Dehumidification Multifunction include with the fan for air circulation and dehumidification - Humidification Multifunction. The speed of fan motor by current. It Is composed at protection gainst heat department, heating unit, semi-conductor (thermoelement), cooling unit and power supply, Ultrasonic Humidifier

(3) Dehumidification method aremechanical method using freezing coil, chemical way using absob on the air and semi-conductor cooling method. This research applied semi-conductor cooling method that is the latest technology.

(4) Semi-conductor cooling method is consisted of N type and P type's semi-conductor.And semiconductor designed to generate heat and can be assimilated using heat electrolytic corrosion heat pumps.

(5) Protection unit gainst heat department is variable of relative air temperature, humidity, Pungryang etc. Heat pipe was applied for effective heat emissions. The protection coil place gainst heat improves dehumidification ability using maximum protection gainst heat area.

(6) Cooling fan is on-off imposed structure that is necessary in cooling, and it is approached in proper dew point temperature. This device has th charging of heat and cooling functions.

(7) Before Ultrasonic Humidifier, Thermoelectric the call goes through the heating temperature is 80 degrees, rising to undergo sterilization was constructed first.

(8) The designed unit is controlled the temperature and humidity at the same time,. It is measured the environment state using temperature sensor and moisture sensor, and Is controlled automatically to satisfy established temperature and humidity.

(9) Air in the field is cycled indoor air to top, bottom, right and left using the

designed unit that are a superior energy curtailment and a good dehumidification. Therefore, The unit can prevent damages by blight and harmful insects in the condition of much moisture environment.

(10) This research result exhibited market research, demand investigation, patent application, certification acquisition, inquisition, advertisement of TV and magazine , country policy business propulsion, domestic exhibition and foreign countries exhibition.

IV. Research Result

1st year

This research of 1st year reappraised the research of ChonBuk national university. It is developed the housing, motor, wing, protection gainst heat department, heat pipe, Heating part, semiconductor (thermoelement), cooling department, power supply, Ultrasonic Humidifier department for the performance improvement of device. Also, It is designed product of new concept for dehumidification control. Controller is consisted of temperature and synthetic control system of humidity.

2nd year

Research of 2nd research manufactured the prototype that is designed in the result of 1st year. Manufactured prototype analysised the performance and corrected again. Also, it is achieved spot test in Chamber. And controller can contolled the proper temperature and humidity automatically. Specially, one controller can control several dehumidification unit at the same time. Therefore, it can do effective use.

Designed device analyzed time, temperature, the dehumidification amount by humidity using Chamber, which is executed a spot experiment in cucumber examination institute. The device analyzed the effect that reach such as dehumidification ability, application area, operation and blight reduction.

The product exhibited in special permission, certification acquisition, advertisement, country policy business, domestic exhibition and foreign countries exhibition.

Product of research result plans to sell finally.

V.Proposal for result of R&D and practical use addition

1. Result of research and development

In this research, it is developed the technology of air Humidification-Dehumidification Multifunction and practical use technology, and got result more than expectation through the field application of Humidification dehumidification Multifunction.

The designed unot improved Performance of product by the miniaturization, light weight and low cost. Also, it may become draft of various research applying in several fields.

Specially, development technology exhibited in inside and outside of the country special permission, certification acquisition, advertisement, country policy business, domestic exhibition and foreign countries exhibition. The developed goods may be applied in agriculture field.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction ····· **1**
1-1. The importance of development ····· 1
1-1-1. Purpose of Research and Development, necessity ····· 1
1-1-2. Extent of Research and Development ····· 2
1-2. Object and contents of research ····· 2
1-2-1. Target of Research and Development ····· 2
1-2-2. Contents of Research and Development ····· 3
1-2-3. Point aimed at Research and Development ····· 4

Chapter 2. Inside and outside of the country technical development present condition ····· **9**
2-1. Technical development present condition about inside and outside of the country connection field ····· 9
2-1-1. Related Technology ····· 9
2-1-2. Research Trends ····· 11
2-1-3. Domestic. overseas destination Technology Ownership ····· 12
2-2. Position that study finding occupies in Domestic. overseas technical develo-pment present condition ····· 12

Chapter 3. Contents and Result of reserch ····· **13**
3-1. Approch of Theoretical and experimental method ····· 13
3-1-1. Theoretical approaches ····· 13
3-1-2. Experimental approach ····· 15
3-2. Research information and research result ····· 32
1. Design, Fabrication ····· 32
2. Humidification / dehumidification equipment improvements for each department ····· 33
3. Applied Research ····· 42
4. Field Applied Research ····· 51

Chapter 4. Contribution to the related field and the Goal attainment ··92
4-1. Goal attainment ····· 92
4-2. Contribution to the related field ····· 93

Chapter 5. Plans for Reaserch result ····· 94
Chapter 6. References ····· 95
(Supplement) Drawing do air dehumidification ····· 100

목 차

제 1 장. 서론 ····· 1
제 1 절. 개발기술의 중요성 ····· 1
1. 연구개발의 목적, 필요성 ····· 1
2. 연구개발의 범위 ····· 2
제 2 절. 연구개발과제의 목표와 내용 ····· 2
1. 연구개발의 목표 ····· 2
2. 연구개발의 내용 ····· 3
3. 연차별 연구개발의 착안점 ····· 4

제 2 장. 국내·외 기술개발 현황 ····· 9
제 1 절. 국내·외 관련분야에 대한 기술개발 현황 ····· 9
1. 관련기술 ····· 9
2. 연구동향 ····· 11
3. 국내·외 대상기술 보유 현황 ····· 12
제 2 절. 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치 ····· 12

제 3 장. 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 13
제 1 절. 이론적, 실험적 접근방법 ····· 13
1. 이론적 접근방법 ····· 13
2. 실험적 접근방법 ····· 15
제 2 절. 연구내용 및 연구결과 ····· 32
1. 설계, 제작 ····· 32
2. 가습/제습 복합기 각 부의 기능 향상 ····· 33
3. 응용연구 ····· 42
4. 현장적용연구 ····· 51

제 4 장. 목표달성도 및 관련분야 기여도 ····· 92
제 1 절. 목표달성도 ····· 92
제 2 절. 관련분야 기여도 ····· 93

제 5 장. 연구개발결과의 활용계획 ····· 94
제 6 장. 참고 문헌 ····· 95
부 록. 관련 도면 및 사진 자료 ····· 100

제 1 장. 서론

제 1 절 연구개발과제의 개요

1. 연구개발의 목적 및 필요성

현재 농업에서는 식물의 생육환경을 최적으로 만들기 위해 많은 노력을 해 왔으며, 최근에는 최적의 시설환경을 통해 고품질 및 생산성 향상의 단계에 와 있다. 그러나 아직까지도 온도·습도제어가 제대로 되지 않아 성장장해 및 병충해에 노출되어 농가의 적지 않은 피해가 보고 되고 있으며, 최근 증가하고 있는 공기순환-팬 등 여러가지 제품을 통해 대책을 마련해 보고 있지만, 기대에 미치지 못하여 습도 조절의 필요성이 더욱 부각되고 있다.

세계적으로 산업의 고도화와 아울러 환경오염에 대한 규제가 날로 강화되고 있는 이때 친환경에 있어서 습도 조절이라는 분야는 전기, 전자, 생명 등 각 분야와 아울러 가장 중요한 위치를 차지한다. 물론 각 분야에서 적용하는 부분에 따른 범위는 다르겠지만, 현재 적용하려고하는 분야는 기존의 대용량으로 활용해왔던 것을 경량화, 염가화, 소형화하여 활용에 따른 적용의 범위를 넓히며 운용에 따른 효율성을 높이는데 목적을 두고 있다.

따라서 본 연구의 핵심인 반도체를 이용한 반도체 냉각방식은 N형과 P형의 반도체로 구성된 열전소자를 이용하여 열을 발생시키고 흡수시킬 수 있도록 고안되어야 하며, 이를 통한 온·습도제어는 필수적으로 되어야 한다. 그러나 현재 국내에서 보급되는 반도체는 수입품으로 품질과 성능이 우수하나, 고비용으로 많은 부담을 줌으로 적용정도가 미묘한 실정이었다. 이에 본 연구는 국내 생산된 반도체를 적용하는데 있어서, 우수한 품질 및 성능을 갖춘 반도체를 확보하여 기술개발에 적용함으로써 온·습도제어 및 에너지절감 등 하우스 환경 개선을 통해 식물의 생육생장에 직접적인 영향을 줄 수 있는 제품을 기술개발 하는 것과, 연구와 기술력을 바탕으로 얼마나 작고, 염가화 하느냐가 핵심 관건이 될 것이다.

2. 연구개발의 범위

본 연구는 제습을 통한 환경개선과 식물의 신진대사 촉진을 위해 공기순환 및 열전소자 제습장치 및 초음파 가습 장치를 개발 적용하여 가습-제습 복합기를 설계, 제작하였다. 제작된 가습-제습 복합기는 오이시험장에 설치하여 현장적용실험을 한 결과 기대의 결과를 얻었다.

또한 초음파 가습 단계 전에 열전소자 히팅부와 냉각부를 전환하여 사전에 가습에 추가되는 가습 수의 수온이 80°C까지 상승하여 초음파에 의한 가습이 되기 전에 열에 의한 살균 소독을 추가함으로써 그 안전성을 더욱 향상 시켰다.

특히, 제습장치의 구성은 국내에서 생산되는 반도체(열전소자)를 적용한 것과 중요한 부분의 기술개발을 통해 경량화, 염가화 소형화하여 실용화 기술을 개발하는데 중점을 두어 연구하였다.

제 2 절 연구개발과제의 목표와 내용

1. 연구개발의 목표

본 연구의 목표는 공기순환-팬에 열전소자에 의한 제습장치와 초음파 가습기에 의한 가습 장치를 부착하여 공기순환 및 제습과 가습을 동시에 복합적으로 적용시킴으로 식물의 생육생장 촉진, 환경 개선, 고품질, 고소득을 가능케 할 뿐 만 아니라, 온도를 균일하게 유지시켜 열효율을 향상시킴으로서 에너지절감 효과를 얻을 수 있는 가습-제습 복합기를 개발하는데 그 목표가 있다. 또한, 반도체를 이용한 시스템의 구성으로 경량화, 염가화, 소형화하여 개발된 제품은 시설농가에 경제적인 부담을 줄일 수 있으며, 제품의 부가가치를 창출하고, 타사와의 경쟁력 확보 및 수출을 활성화하는 등 실용화 기술을 확보하는데 그 또 하나의 목표가 있다.

2. 연구개발의 내용

가. 공기순환팬 개발

- 용량에 따른 모터, 날개 설계 및 제작
- 다량의 송풍량이 열전소자의 발열을 분산시킬 수 있는 방향으로 개선 설계
- 풍량 제어를 통한 최적 풍량 분석(냉각-팬 기능) 디플렉터 설계 및 제작
- 전원공급장치 구성 및 접목 설계

나. 열전소자 실용화 기술개발

- 냉각, 가열, 항온, 내 전기쇼크 분석 적용
- N형과 P형 반도체 구성으로 열 발생, 열 흡수 구명

다. 가열, 방열부 구조 설계

- 효과적인 열 발산을 위해 Heat Sink 적용 설계
- 방열면적의 확보를 위한 Heat Sink 코일판 설계

라. 냉각부 구조 설계

- 냉각-팬 대체기술 개발
- 축열 방식의 치구 설계 및 제작
- Cold Sink 방열판 설계 및 제작

마. 전원공급장치 구조설계

- 직류전원 공급장치는 SMPS 적용 분석
- 트랜스 제어방식 적용 개발

바. 초음파 가습 시스템 접목

- 열전소자의 Cold Sink 와 Heat Sink의 전환 방식 응용
- 가습통으로 가습수가 전달되기 전에 열전소자의 히팅열을 이용

- 가습수 수온 증가로 열 살균 소독 및 가습 량 증대

사. 가습-제습 자동제어시스템 개발

- 온·습도에 따른 자동제어 시스템개발
- 가습-제습 복합기의 종합제어를 위한 소프트웨어 개발
- 자동제어장치의 종합 설계 및 제작
- 가습-제습 복합기의 최종 분석 및 평가

아. 실용화 기술개발

- 특허출원, 인증 획득
- 신문·TV·잡지광고,
- 국내·외 시장조사, 수요조사, 국내전시회 및 해외전시회에 출품
- 국가정책사업추진, 융자사업추진

3. 연차별 연구개발의 착안점

<표 1. 1차년 연구개발 착안점>

구 분	개발목표	주요 개발 내용 및 범위	
1차년도 (설계, 제작)	열전소자 보안, 성능 비교 분석	냉각 및 발열능력 검토, 설계	
		성능 향상 검토(비교분석)	
	방열판 구조설계	방열재질선정 및 구조설계	
		구조별 발열능력 검토	
		금형설계	
	가습 시스템 구조 설계	가습 원리 및 구조 검토 (초음파 가습 접목)	
		가습수 청정화 기술 접목 (가열식, 필터식)	
		열전소자에 의한 가열 방식 접목	
	냉각·가열유닛 적용 검토 설계	냉각 및 발열의 작동 검토(용량 검토)	
		적정형태 및 조립 설계	
		송풍팬 구조조정 및 설계	
	공기교반-팬 설계 및 제습-팬 적용검토	팬과 모터의 규격(형태)	
		풍압, 풍량 적정적용시험	
		제습 능력에 적합한 모터 설계	
	직류전원공급장치 구축 및 성능검토	전원공급장치 규격설계(소형)	
		전원공급장치 용량확대 시험연구	
		제어기에 전원공급장치 부착설계	
	시작·시제품제작	제습-팬 조립 구조, 디자인 설계 적용시험(작물)	공기교반-팬 조립
			가습 -제습시스템 조립

구 분	개발목표	주요 개발 내용 및 범위
응용 연구	습도 센서 운용 시험 구조 설계	적정 습도센서 검토, 시험
		습도센서 운용 설계
		PCB기판 설계
	온/습도 변화 분석	시설 하우스 내의 온/습도 변화 분석
		시설 하우스 내의 가습량 / 제습량 분석
		챔버 내의 온/습도 제어 시스템 제작
		챔버 내의 온/습도 제어 특성 분석

<표 2. 2차년 연구개발 착안점>

구 분	개발목표	주요 개발 내용 및 범위
2차년도 (설계, 제작 및 실용화)	시제품 보안, 검토	가습-제습 복합기의 조립 공정 분석 및 공정 설계
		열전 소자 성능 분석
		초음파 가습기 접목 방식 재설계
	항온·습 챔버 적용	제습-팬의 작동 상태 검토
		풍량, 흡입구 조절 및 최적의 조건 검토
		다양한 여건에 따른 가습-제습량 분석
	적정습도 자동제어 시스템 적용 및 시스템 설계	시제품 통합 제어 구조 설계 및 형태 보완
		PCB기판 설계 및 제작
		신호 처리 응용기술 및 리모컨 운영 시스템 접목
		통합형 자동 적정 습도 제어기 설계 및 제작
	도면, 디자인	가습-제습 복합기의 최종 도면 설계, 디자인 구축
	금형	염가화, 경량화 분석
		양산, 증상 등 실용화 분석
	실용화	특허출원, 경제성분석, 시장조사
		카다로그, 인터넷, 잡지, 신문, TV, 전시회 홍보
	적용시험	위치, 설치, 형태 분석(재배면적에 따른 가습 제습 복합기의 용량 설계)
		처리구 제습측정(시간별 습도의 조건 및 미치는 영향)
		공기교반 및 가습-제습의 제어기의 통합 분석
		대상작물 적용분석(온·습도, 생장생육, 병충해)

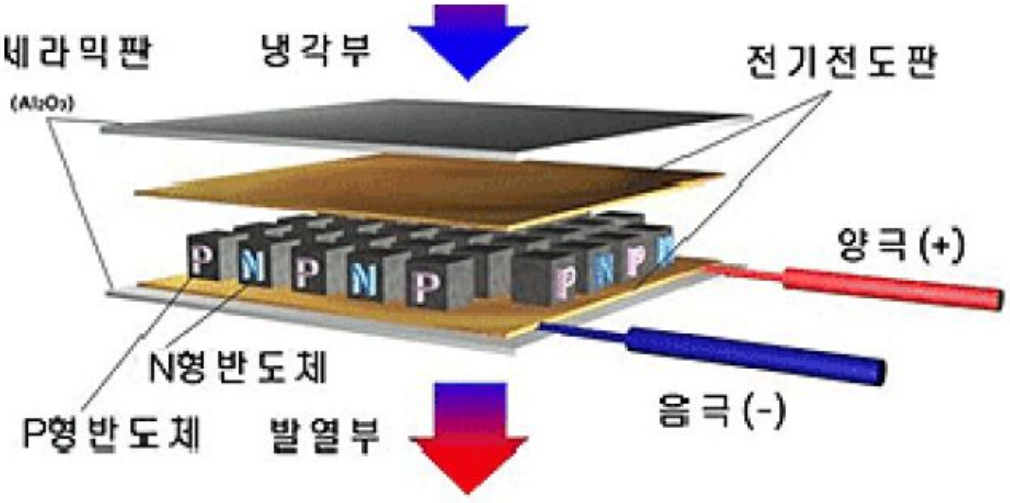
구 분	개발목표	주요 개발 내용 및 범위
2차년도 응용 연구	적정 습도 자동 제어 시스템	습도 센서 운영 설계 (적정 습도의 효율적 유지)
		습도센서 현장 적용
		통합형 자동 온/습도 제어 시스템 구축
	온/습도 변화 분석	시제품 설치 위치, 시설 형태 적용 방안 조사
		대상 작물 생육 특성 및 재배 환경 조사
		챔버 적용 시제품 가습/제습 성능 분석

제 2 장. 국내·외 기술개발 현황

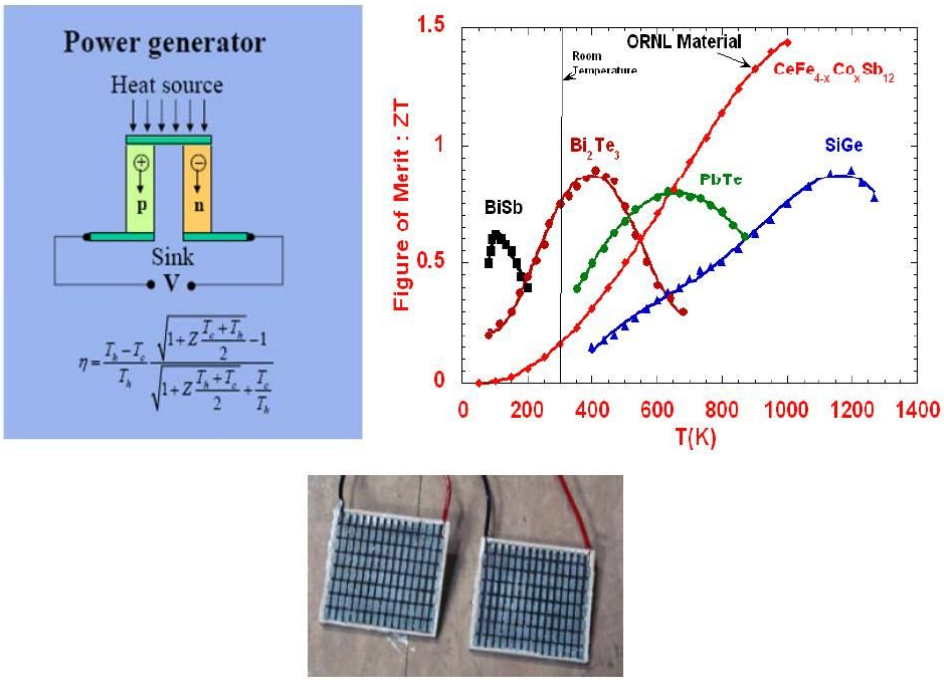
제 1 절. 국내·외 관련분야에 대한 기술개발 현황

1. 관련기술

제습의 방식은 크게 냉동코일에 공기를 통과시켜 제습효과를 유도하는 기계식방식과 고체 또는 공기중의 수증기가 흡습물질에 흡수 또는 흡착되는 화학적 방식과 최근에 그 방식이 소개되고 있는 반도체 냉각방식으로 나눌 수 있다. 특히 반도체를 이용한 반도체 냉각방식은 N형과 P형의 반도체로 구성된 열전식 열펌프를 이용하여 열을 발생시키고 흡수시킬수 있도록 고안되었다.



<그림 1. 열전냉각 모듈의 구조>



<그림 2. 열전냉각 온도 관계>

그림 1과 같이 열전 냉각 모듈은 전기적으로는 직렬, 열적으로는 병렬구조를 가지고 있다. N형 반도체의 여분의 전자와 P형 반도체에 있는 정공들을 'Carrier'라고 부르고 이 Carrier가 냉각부에서 발열부로 열에너지를 이동하게 하는 작용제(냉매) 역할을 한다. 냉각부에서 열흡수는 회로에 결합된 전자수를 통해 흐르는 캐리어 전류에 비례한 발열부 온도상승에 기인한다.

양질의 열전 반도체 재료는 방열부에서 냉각부로 급격히 전이되는 열 전이를 예방하고 보다 높은 열발생 캐리어를 전송 성능을 가질 뿐 아니라 캐리어에 대해 쉽게 흐를 수 있게 하는 재료인 Bismuth Tellurice와 같은 열전 반도체를 사용한다.

그림 2는 열전시스템에서 이루어지는 전형적인 온도 단면도로서 각 부위의 온도 관계를 보인다. 열전냉각모듈을 선정함에 가장 중요한 변수는 C. O. P.(Coefficient of Performance)이며 C. O. P.는 입력전력으로 나누어진 흡열면에서의 열흡수로 정의된다.

최상의 열전 냉각의 능력을 발휘하기 위하여 방열판의 역할이 중요하다. 이러한 열전식 열펌프는 열효율이 비교적 낮아 실용화되지 않다가 반도체 재료의 개발과 더불어 1950년경부터 실용화되기 시작하였다. 최근 이러한 열전식 펌프를 이용한

냉각방식은 냉온수기를 비롯하여 유아용 냉온용 젖병, 가정용 제습기, 자판기, 차량용 냉장고, 기능성 화장품 보관함, 혈액보관기, 항온조등 또한 소형 냉각장치 등에 널리 이용되기 시작하고 있다.

2. 연구동향

두 개의 다른 종류의 재료를 접합할 경우 각각의 열기전력이 다르기 때문에 전위차가 발생하여 전류가 흐른다는 실험결과를 1821년 Seebeck이 발표한 이후 1833년 Peltier는 Seebeck이 발표한 이 효과와 반대로 다른 두 개의 접합체에 전류를 흘리면 접합부에 열의 발생 또는 흡수가 일어난다는 것을 발견하였다.

1911년 Altenkirch가 열전식 열펌프를 이용하여 열효율이 미미한 냉장고를 제작하였다. 이후 반도체 재료의 급격한 발전으로 실용화에 박차를 가하게 되었다. 1950년 R. S. Lackey등은 유아용 냉온 젖병에 열전소자를 이용하였으며, 1960년 D. W. Scofield등은 기계적인 냉동시스템과 열전 냉동 시스템을 비교하여 열전냉동시스템의 장점을 부각시켜주었으며, 열전식 제습기 개발을 위한 연구에서 방열판의 규격과 제습장치의 구조와 열전식 열펌프에 대하여 연구하여 효과적인 설계규격을 제시하였다.

또한 냉장고의 제습장치에 열전소자를 채용, 반도체 설비용 항온항습 공기공급방법 및 장치에 반도체 소자를 이용, 열전소자를 이용한 제습장치를 제시하고 있고, 고속도로 통행료 징수시스템과 같은 전자기기의 냉온제습장치와 방법에 열전반도체를 이용하고 있는 등 많은 이용이 제습장치에 적용되고 있다.

특히, 열전식 제습장치는 제습판과 방열판, 열전식 열펌프, 팬과 모터, 직류전원공급장치등으로 구성된다. 따라서 현재 널리 보급되고 있는 (주) 신안그린테크의 에어믹서를 이용하여 기존의 팬과 모터를 이용한 공기 순환기능에 유리온실 및 비닐 하우스에서 문제가 되고 있는 과습으로 인한 피해를 줄이기 위하여 제습기능을 부가시켜줌으로서, 기존의 에어믹서의 팬과 모터를 공용으로 사용하고 공기순환과 제습기능을 겸비하여 에어믹서의 경쟁력을 강화할 수 있으며, 시설원예 농가로서는 두 가지 기능의 기계를 구입해야하는 부담을 줄이고 제습으로 인한 품질향상 및 생산성향상을 도모할 수 있다.

3. 국내·외 대상기술 보유 현황

<표3. 국내·외 대상기술 보유 회사 현황>

구 분	회 사	대 상 기 술
국 내	(주)청호 인터내셔널	열전소자방식의 가전제품
	(주)동지 하이테크	열전소자 응용기술, 자동화시스템
	C.H.I-seoul	열전소자 응용기술
	(주)한맥	열전소자 응용기술, 자동화시스템
국 외	LORDAN POWER	열전소자방식의 졸음방지장치
	About FST	열전소자방식의 제조공정용 냉각기기

제 2 절. 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치

본 연구의 열전소자는 특허자료 및 논문자료 검토를 통하여 볼 때 이미 이용하고 있는 제습장치는 특허 및 실용신안이 많았다. 그러나 본 과제와 같은 특정실내의 제습장치는 없었으며, 특히 공기교반 팬을 이용한 제습장치는 어느 문헌에도 제안된 적이 없는 독창적인 것이라 할 수 있다.

본 연구는 산, 학 컨소시엄 “제습기능을 부가한 공기교반기 개발”에 참여하여 얻어진 기술을 바탕으로 기술의 보안 및 성능을 향상시켜 기존의 제습-팬을 염가의 제습장치로 재구성하여 공기순환 및 습도센서를 통한 제습 능력을 향상시킴으로 최적의 환경을 구축하여 동·식물의 경영, 품질, 생산성 향상을 이루어 시설농가의 경제 및 국력향상의 초석이 될 것이라 생각된다.

또한, 기존의 제습장비는 고가의 장비로서, 용량이 적고, 활용이 용이하지 않아, 농용으로 이용되기에 적합하지 않았으나 개발제품은 독창적인 제품으로 경량화, 염가화 소형화하여 양상, 증산 등 다각화를 통해 국내농가의 빠른 보급 및 기존 자사 제품인 에어믹서의 수출을 토대로 계속적으로 수출을 확대해 나갈 것이며, 세계 최고의 경쟁력을 갖출 수 있을 것이라 예상된다.

제 3 장. 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절. 이론적, 실험적 접근방법

1. 이론적 접근방법

현대 농업은 대량생산보다는 고품질생산에 초점을 맞추고 있다. 그러나 다양한 국가간의 FTA협상으로 인해 무역 장벽이 없어진 지금 고가 및 저가의 상품들이 물밀 듯이 수입되어 들어오고 있어, 국내 농업은 많은 난관에 부딪쳐 있는 실정이다. 반면 수출이라는 크나큰 시장을 보존 확대시키기 위해서는 고품질 대량생산은 필수적이라 할 수 있다.

그러므로 현대 농업은 이러한 여건을 충족시킬 친환경시스템이 요구되고 있다. 따라서 본 연구는 기존의 공기순환-팬에 경량화, 염가형의 반도체 제습 기능을 부가하고, 초음파 가습기를 추가하여 공기순환 및 습도센서를 통한 가습-제습을 동시에 적용시킴으로 얻어지는 혁신적인 기술로서 본 연구개발제품의 개발을 위해 전북대학교가 공동의 참여로 학문적이고 학제간의 체계적인 연구를 수행함으로서 성공의 가능성을 높이고 실용화 보급도 촉진할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구개발 제품인 가습-제습 복합기는 식물의 생육환경에 있어 온·습도제어 및 공기순환은 필수적이라 할 수 있다. 왜냐하면 온실 내 작물재배는 재배 특성상 물주기 및 방제작업의 횟수가 많아 밀폐도가 높은 겨울 뿐만 아니라 밤낮의 온도변화가 심한 봄과 가을 그리고 장마기인 여름을 포함하여 연중 온실 내 야간의 상대습도가 90%이상인 다습한 날이 거의 대부분이다. 따라서 온실 내 공기 중의 수분이 많아지고 공기온도가 노점온도에 도달하게 되면 공기 중의 수분은 작물표면에 물방울 형태로 응결하여 곰팡이 등의 병해 발생을 일으키는 원인이 된다. 그러므로 에어제습장치를 시설하여 적정한 습도관리로 병해 발생을 억제하여 농약사용을 줄이고 생산성과 품질을 높일 수 있다.

또한, 안정성과 사용용도에 대한 폭 넓은 범위 및 효율적인 운용으로 많은 기대효과를 얻을 수 있는 제품으로 한대의 자동제어기에 여러 대의 가습-제습 복합기를

동시에 자동으로 제어 할 수 있도록 설계하여 독창적인 제어시스템 구축으로 친환경 기술개발에 크게 기여할 것이라 판단된다. 또한, 농업환경개선으로 농산물 수입대체 및 수출을 극대화 할 수 있는 세계적인 신제품이 될 것이다.

가. 온실 내 작물재배에 있어서 온도관리는 작물의 생육과 수량을 좌우하기 때문에 가장 중요한 환경요인중 하나이며, 온도관리 뿐만 아니라 습도관리 또한 과습 또는 저습으로 인한 재배작물의 병해 발생을 억제시켜 고품질의 농산물을 생산할 수 있기 때문에 작물재배 관리상 매우 중요한 기술이다.

나. 온실 내 습도관리는 대부분이 자연환기에 의존하고 있으나 겨울에는 열손실 때문에 환기를 할 수 없을 뿐만 아니라 온실재배 특성상 물주기 및 방제작업이 많아 온실 내 야간의 상대습도가 90% 이상인 날이 많아짐에 따라 공기 중의 수분이 작물표면에 물방울 형태로 응결하여 곰팡이 등의 병해가 발생되고 있다.

(1) 과　　습 : 노균병, 잎곰팡이병, 잿빛곰팡이병 등의 발생을 증가시키며 품질을 저하시키는 원인이 된다.

(2) 저　　습 : 광합성 저해, 생육부진, 수량감소, 흰가루병 등을 증가시키는 원인이 된다.

※ 내부의 습도를 작물생육에 적합하도록 유지하는 기술이 필요하다.

(3) 상대습도 : 생육생장을 촉진시키지만 병 발생과 밀접한 관계가 있어 동절기 보온위주의 재배에서는 야간온도가 낮아질수록 상대습도가 포화상태에 도달하게 되어 병 발생이 증가하고 상품성을 저하시키며 봄과 가을에는 주간의 상대습도가 낮아서 생육부진, 과실비대가 불량하게 되고, 특히 3월 이후에는 건조로 인한 스트레스 및 흰가루병 등이 발생한다.

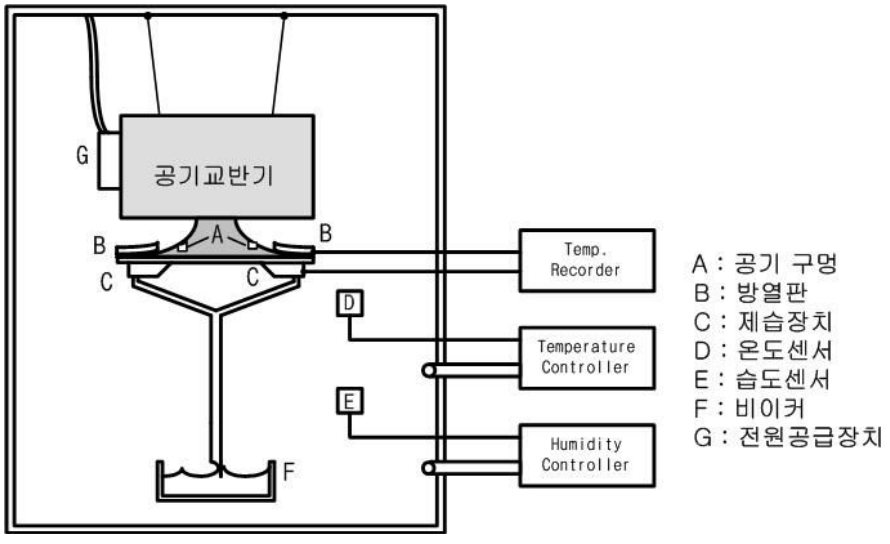
2. 실험적 접근방법

가. 자체 실험을 통한 열전식 제습 장치에 대한 접근 방법

열전식 제습장치는 제습판과 방열판, 열전식 열펌프, 팬과 모터, 직류전원 공급장치등으로 구성된다. 따라서 연구의 내용은 아래와 같이 요약할 수 있다.

* 열전식 열펌프의 냉각 및 발열능력 검토 및 적정한 열전식 열펌프 선정.
* 방열판의 방열 능력 검토 및 방열판 재질 선정, 부착 위치 선정.
* 기존의 에어믹서의 팬과 모터를 이용한 제습장치 구조 설계.
* 직류전원 공급장치 선정 및 부착 방법 선정.
* 시작품 제작 및 제습성능 실험.

위의 내용을 검토하고 적절한 시작품을 조립한 뒤에 제습성능을 실험하기 위하여 그림3과 같은 제습장치 실험시스템을 제작하였다. 온도제어와 습도제어가 가능하도록 가습기와 히터를 부착하였으며 온도기록계를 통하여 주위온도, 방열판 온도, 냉각판 온도를 측정하였으며, 설정 습도와 설정 온도를 기록하였고 일정 시간후에 제습량을 비이커를 이용하여 측정하였다.

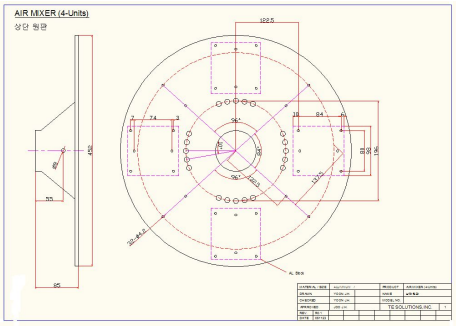


<그림 3. 제습장치 실험시스템>

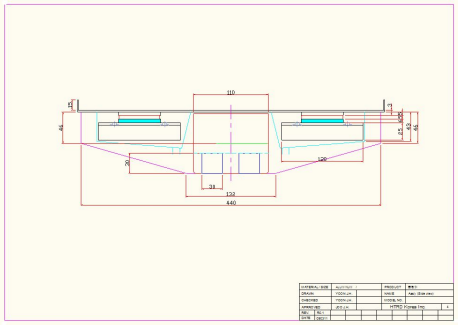
실험 방법은 우선 하우스 온도와 습도를 예상하여 80%의 상대습도와 20도, 30도

온도조건에 따른 제습능력을 비교 실험하였다. 또한 공기교반기의 기존의 팬과 모터를 사용하기 위하여 설치한 공기 유인 구멍의 크기에 따른 제습능력을 비교하였다.

제습장치의 시작품 조립도를 그림4와 그림5에 보였다. 그림과 같이 기존의 팬과 모터를 사용하기 위하여 바람을 균일하게 모든 방향으로 멀리 보내주는 가이드판 위에 마주보는 두 개의 공기 유인 구멍을 뚫어서 팬의 회전에 의하여 습기를 머금은 공기를 계속하여 공급하여 주도록 하였다. 또한 기존의 팬에 의하여 가이드판 위에 방열판을 부착하여 냉각효율이 높도록 핀프레스 방식의 방열판을 조립하였다. 또한 가이드판의 하부면에는 냉각유니트를 부착하고 냉각판을 조립하고 제습시 발생하는 이슬을 모으기 위한 가이드를 두고 대지로 끌어 내리기 위한 드레인 홀과 드레인 호스를 부착하였다. 이렇게 조립된 시작품을 그림3의 제습장치 실험시스템을 이용하여 제습성능을 실험하였으며 그 결과를 표4과 표5에 보였다.



<그림 4. 1차 시제품 조립 상세도>



<그림 5. 2차 시제품 조립 상세도>

표4은 주위온도, 습도에 따른 제습량 변화를 보여준다. 80% 습도에서 20도와 30도를 비교해보면 제습량은 30도일 때 제습량이 많아지며, 동일 온도 즉 30도에서 습도 80%와 90%를 비교하면 90%일 때 제습량이 많아짐을 알 수 있다.

<표 4. 주위 온도, 습도에 따른 제습량 변화>

NO.	검사조건				냉각판온도 (℃)	방열판온도 (℃)	제습량(㎖)
	온도(℃)	습도(%)	풍량 (㎥/h)	풍속 (m/s)			
1	22.2	80	7.04	3.89	8	36.1	30
2	31.4	89.9	7.04	3.89	16.3	42.5	47.5
3	31.8	80	7.04	3.89	19.6	41.8	42

<표 5. 풍량에 따른 제습량 변화>

NO.	검사조건				냉각판온도 (℃)	방열판온도 (℃)	제습량 (㎖)
	온도(℃)	습도(%)	풍량(㎥/h)	풍속(m/s)			
1	20	70	7.04	3.89	7.4	36.2	26
2	20	80	7.04	3.89	9.2	37.3	34
3	20	90	7.04	3.89	10.7	37.4	46
4	20	70	27.35	3.89	12.5	37.3	1
5	20	80	27.35	3.89	12.8	36	13
6	20	90	27.35	3.89	14	39.3	41

표5는 풍량에 따른 제습량 변화를 보여주고 있다. 풍량은 크게 두가지로 구분하여 실험하였다. 풍량 7.04 m^3/h 와 풍량 27.35 m^3/h는 가이드판에 설치한 공기 유입구멍을 닫았을 때(풍량 7.04 m^3/h)와 열었을 때 풍량이다. 20도 온도에 습도 70%에서 풍량에 따른 제습량을 비교하여 보면 풍량이 많다고 제습량이 많아지는 것은 아님을 알 수 있다. 표5에서 보듯이 풍량은 가이드판을 닫았을 때 즉 7.04 m^3/h일 때 제습량이 적적함을 알 수 있다. 또한 동일 풍량, 동일 풍속에서는 습도가 높아질수록 제습량이 많아짐을 알 수 있다. 또한 동일 온도 동일 습도에서는 풍량이 많아진다고 제습량이 많아지는 것은 아님을 알 수 있으며, 적절한 풍량을 제공하는 것이 필요함을 알 수가 있었다.

(주) 신안그린테크에서 주력 상품으로 판매되고 있는 하우스의 온도 분포를 균일하게 만들어 주며 에너지 효율을 높여주는 공기교반기(상품명 에어믹서)에 열전소자를 이용한 냉각유니트를 부착하여 제습기능을 부가한 공기교반기를 개발하였다. 냉각유니트를 부착하고, 기존의 팬과 모터를 이용하여 별도의 냉각팬을 추가하지 않는 경쟁력 있는 제습장치를 개발하여 시작품을 제작하여 별도의 제습장치 시험시스템을 이용하여 제습능력을 실험하여 결론을 도출하였다.

* 열전소자를 이용한 제습장치의 실용성이 확인되었다.
* 풍량을 키운다고 제습성능이 커지는 것은 아니며, 적절한 풍량을 설계해야 한다.
* 동일 온도, 풍량에서는 습도가 높아지면 제습능력이 높아진다.
* 온도와 습도에 따른 통합 온습도 및 풍량 제어장치가 필요하다.

나. 오이 시설 재비시 가습-제습 복합기 작동효과 구명

오이의 재배는 대부분 시설 내에서 이루어지는데, 시설내 습도의 높고 낮음은 오이의 생육과 수량성은 물론 병해충의 발생 등과 매우 밀접하게 관련이 있으므로 시설 내 습도환경의 특성을 잘 이해하고 오이의 생육상황에 적합한 습도관리가 매우 중요하다.

오이는 습도가 다소 높은 곳에서 생육이 왕성하지만 장기간 습한 상태에서 재배하게 되면 병 발생이 많아지고 증산량의 감소에 따른 양분흡수가 영향을 받아 양분의 이동, 특히 칼슘의 이동이 억제되어 생장점 부근에서 칼슘결핍증이 발생하는 등 생리장해가 나타난다. 반대로 습도가 너무 낮으면 측지발생이 나쁘고 줄기와 과실자람이 지연되어 수량이 현저하게 저하하며, 흰가루병이 심하게 발생한다.

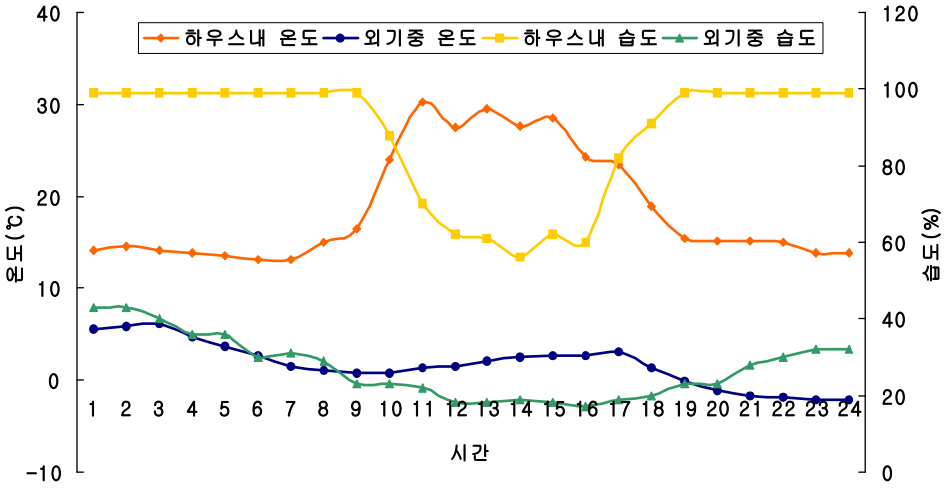
또한, 시설내부는 외계와 단절되어 있기 때문에 비는 내리지 않지만 습기가 잠겨 오히려 다습하기 쉽다. 겨울철 저온기에는 더더욱 다습하기 쉬워 잿빛곰팡이병, 균핵병, 노균병, 세균성점무늬병, 검은별무늬병 등 여러 가지 병들이 발생한다. 이러한 병해의 발생을 줄이기 위해서는 환경적인 요인에서 시설내 공중습도를 제어해 주는 방법이 있다. 지금까지는 공증습도를 낮추기 위해서 시설내 이랑에 볏짚이나 왕겨 등 을 깔아 습도를 제어하였으나 이러한 방법들은 재료를 수시로 교환해주어야 하는 번거로움과 재료의 제한에 의해 사용상 많은 문제를 수반하고 있어 실용화되지 못하고 있다. 따라서 최근에는 첨단 기기를 이용한 습도제어 장치들이 개발되고 있는데 열전소자를 이용한 제습-팬의 실용화 연구가 필요하다.

다. 오이재배 시설내 습도 환경 측정결과

오이재배시설 내 공기중의 수증기량이 많고 적음은 토양중의 수분함량, 비닐 멀칭의 유무, 식물체의 증산량(대사 기능의 대소, 식물체의 크기), 환기 정도 등에 따라 크게 달라진다.

하우스내 습도는 낮에는 40~60%, 밤에는 90~100%가 된다. 하우스내 오이 생육에 알맞은 공기습도는 다른 요인과 관련이 깊으므로 한마디로 표현하기가 어렵다. 구례지방의 광폭형 3중 비닐 하우스에서 맑은 날 하우스 내 온·습도 변화를 보면 (그림 1), 1월 하순경 10시 30분 경부터 환기를 함에 따라 낮의 습도는 1월 하순 46~55%, 2월 하순 56~62%, 3월 하순 49~59%로 낮아지며, 야간습도는 1~3월 모

두 거의 포화상태인 98~99%이다. 즉 낮동안은 오이자람에 다소 낮고, 야간에는 병발생에 적합한 습도조건에서 12시간이상 노출되어 병발생에 좋은 조건을 이루고 있다.



<그림 6. 하우스내외 온·습도 변화 >

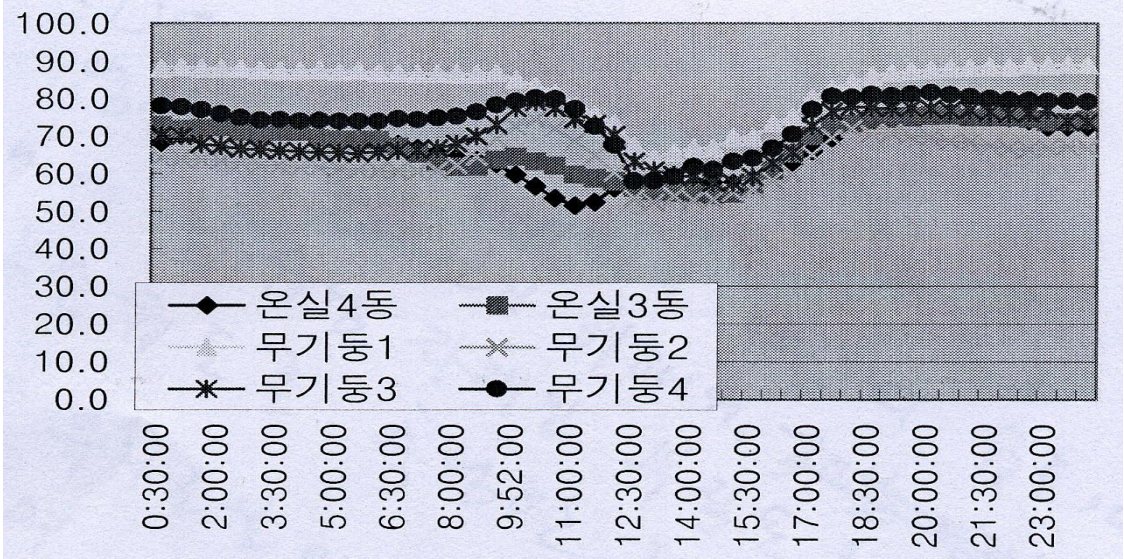
하우스내 습도조절 대책으로는 관수량 제한과 플라스틱 필름으로 멀칭하여 토양으로 부터의 증발을 억제시키며, 짚 멀칭으로 공기 중의 수증기를 흡습시켜 습도를 낮추거나 부직포, 볏짚, 왕겨 등 흡습성 자재를 피복하여 안개발생을 억제하는 등의 방법이 있다. 난방기를 이용하여 실온을 높이면 상대습도가 저하되어 작물 잎 위에 물방울이 생기는 것을 방지할 수 있고, 또한 한밤중에 난방기의 송풍기를 이용한 강제공기 순환으로 잎에 생기는 물방울을 방지하는 경우, 다습에 의한 병 발생을 크게 경감할 수 있다. 그러나 이 경우 비용이 증가하고 작물의 생육에 적합한 온도관리가 어려운 문제점이 있다.

오이에 발생되는 병원균과 습도와 관계는 일반적으로 시설재배지에서 발생하는 노균병, 덩굴마름병, 잿빛곰팡이병, 검은별무늬병, 흰가루병 등의 곰팡이성 병해와 세균성 병해는 95%이상의 습도조건에서 7시간 이상 경과되면 분생포자가 발아하여 이병이 활발히 이루어지고 있는 것으로 알려져 있다. 시설재배포장 내에서 병의 발생은 주로 야간에 이루어지고 있으므로 병 발생에 관여하는 온도조건은 시설채소작물의 생육온도 범위인 15~25℃내에 있으므로 병의 발생을 줄이기 위해서는 온도관리보다는 병에의 확산에 직접적인 영향을 하는 습도의 제어가 필요하다. 하지만 저온기의 습도 제어는 연료비등 비용의 증가가 수반되므로 효율적인 제습을 위한 제

습-팬의 실용화 기술개발이 필요하다.

<표 6. 흡습성 자재의 피복에 의한 야간습도제어>

측정시각 (시간)	피 복 자 재 별			
	유리온실	무기둥 1	무기둥 2	무기둥 3
1	71.9	88.3	64.0	69.9
2	72.3	88.0	63.3	67.1
3	70.1	87.4	62.1	66.3
4	71.0	87.3	61.6	65.7
5	69.0	87.1	61.3	65.4
6	68.9	86.9	60.7	65.7
7	65.1	86.6	60.4	66.1
8	61.7	86.4	62.0	67.9
18	73.5	84.4	72.0	78.0
19	74.8	86.9	70.9	77.4
20	75.5	87.8	69.5	77.3
21	75.0	88.4	68.4	77.0
22	75.0	88.4	66.6	75.9
23	73.8	88.8	66.8	76.9
24	74.4	89.0	66.6	73.6



<그림 7. 습성 자재 피복에 의한 야간습도제어>

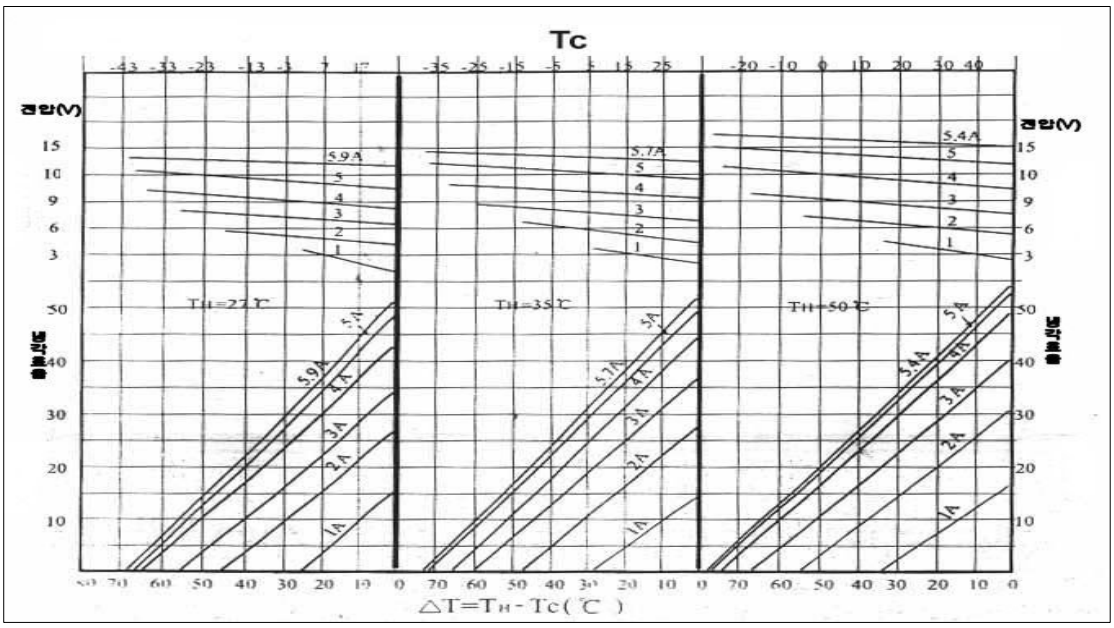
<표 6>과 <그림 7>은 오이 시설재배시 야간의 습도가 병해에 미치는 영향을 알아보기 위해서 시설내에 흡습성 자잿인 부직포를 설치하고 30분 단위로 야간습도를 측정한 것이다.

전체적으로 보면 유리온실의 습도가 무기둥 비닐하우스 보다 낮게 나타났으며 부직포를 설치한 무기둥 2가 흡습성 자재를 설치하지 안은 무기둥 1보다 20%정도 낮게 나타났다.

또한 저녁시간과 아침시간 등 피복종류와 시간대별 습도차이는 저녁에는 10%정도의 차이가 있지만 아침(1:00~8:00)시간대는 20%정도로 차이가 벌어져서 병해발생의 우려가 컸다. 피복종류별로는 무처리, 유리온실, 부직포 순으로 야간습도율이 높게 나타났는데 바림직한 야간습도로는 부적합하였다.

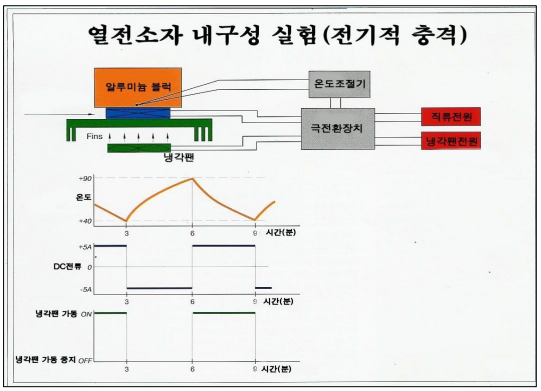
따라서 오이 작물 생육단계에 따라 작물의 자람촉진과 병해발생 억제 등 목적에 따른 습도제어를 자유스럽게 조절할 수 있는 자동장치의 설치 필요성이 인정되었다.

라. 열전소자 성능 비교 분석

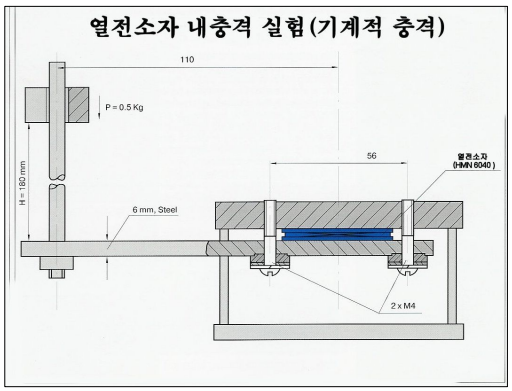


<그림 8. 열전소자 분석>

마. 소자의 테스트 방법



<그림 9. 전기적 충격>



<그림 10. 기계적 충격>

(1) 전기적 충격

열전소자를 이용하여 시스템을 만들 경우 on-off 제어방식을 쓸 경우 열전소자의 수명에 치명적인 타격을 준다. 따라서 열전소자의 내구성이 가장 뛰어난 조건은 지속적으로 냉각만 한

다든지 아니면 지속적 가열을 이용한 시스템을 만드는 것이 가장 바람직합니다.

그러나 실제 시스템을 구현하실 경우 냉각, 혹은 가열을 선택적으로 하나의 기능만을 사용한다는 것은 어렵기 때문에 금번 채택된 열전소자는 특별한 "GM 부착 기술"이라는 신기술을 적용하여 그 내구성을 획기적으로 개선한 제품으로 40/90 test(열전소자의 냉각부 온도를 40도로 내렸다가 전극을 치환하면서 전기적인 충격을 가한 상태에서 90 도로 상승 시키는 작업을 반복하는 검사공정)에서 "GM 부착기술"이 적용된 제품의 성능향상 결과는 그림과 같다.

(2) 기계적 충격

열전소자는 그 재질이 세라믹으로 되어 있어서 냉각 유닛의 조립시 과한 조임력이나 네모서리의 불 균일한 조임력으로 자주 깨어집니다.

그래서 열전소자의 조립 시에는 많은 주의가 필요하나 사용중 얇은 세라믹을 사용한 제품은 외부의 충격에 쉬 파괴될 수도 잇습니다.

이러한 문제는 당사의 " 아울러 제품 조립이 외부의 충격으로도 깨어질 수가 잇습니다.

가장 널리 알려진 열전소자의 기계적 파괴는 냉각유닛을 조립할 때 일어납니다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 당사는 열전재료에 "GM 부착기술"을 접목하여 획기적으로 소재의 강도를 개선하였습니다.

<표 7. 시험테스트 결과>

열전소자 사양 (HMN 6040 기준)	전기 충격 내구성 시험 (40/90 TEST)		기계적 충격 시험
	소자 파괴 소요 시간 (시간)	소자 파괴 실험횟수 (싸이클)	충격횟수(파괴직전)
개선전	49.2	649	352
GM 부착기술 적용	3795	45002	7756

바. 방열판 구조설계

(1) 방열기의 구분 및 특성

방열기는 말 그대로 뜨겁거나 찬 열의 이동을 보다 빠르게 하기 위하여 만들어진 도구입니다.

이는 뛰어난 열전도를 가진 금속재료에 열을 전도 시킨후 바람을 불어 넣어서 열을 날려 버리는 방식으로 열전도도는 은-구리-알루미늄 순으로 우수하게 나타납니다..

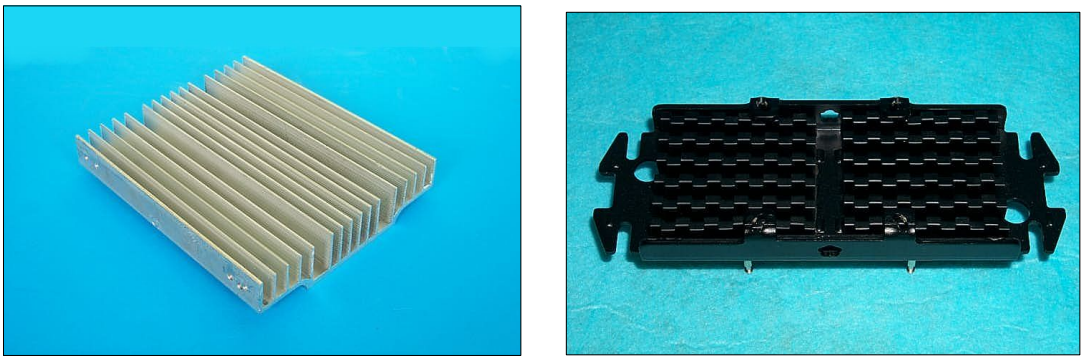
은과 구리는 경제성의 이유 및 부식성 그리고 낮은 기계적 강도를 이유로 대부분의 방열기의 소재는 특별한 경우를 제외하고는 알루미늄을 소재로 해서 많이 사용합니다.

(2) 방열기의 종류

① 사출식 방열기 : 알루미늄을 반용해 상태에서 주어진 형틀로 고압을 가하여 밀어냄으로서 형틀의 모양과 같이 일정하게 성형하는 방법으로 조직의 치밀도가 우수하고 가격이 저렴하나 복잡한 모양 및 긴 핀을 가져야하는 방열기의 제작에는 어려워서 잘 사용하지 않습니다.

그래서 주로 간단한 모양과 저효율의 열적 발산이 필요한 간략한 구조에 널리 사용되고 있습니다.

그러나 사출을 위한 금형 제작 비용이 투자 되어야 하는 단점이 있습니다.



<그림 11. 공랭식 사출 방열기>

② 전기용접식 : 이 방식의 방열기는 모재의 알루미늄판에 얇은 알루미늄 판재를 요철 모양으로 가공하여 부착함으로서 단면적을 최대화 시킨 장점도 있고 가격도 저렴하나

외부의 충격에 약한 단점이 있습니다.

③ 알루미늄 핀 접착식 : 아마 여러분은 열전소자와 관련한 여러 사이트에서 긴 알루미늄판이 촘촘하게 알루미늄 모재위에 심어져 있는 방식과 같이 되어 있는 방열기의 사진을 많이 보셨을 겁니다.
이 알루미늄의 방열기는 사출이나 주조의 방식으로 이루어진 것이 아니고 일정한 넓이의 얇은(이론적 1 mm 가 적당) 알루미늄판을 적정 길이 및 높이로 절단하여 알루미늄 모재의 가공을 통해 얻어진 접착부위에 심는 구조로 되어 있습니다..물론 가공비가 많이 드는 관계로 가격이 조금 비싸겠지요. 그러나 실제 열 발산의 효율은 뛰어납니다.

④ 스크러빙 타입 : 스크러빙 타입은 사진에서 보시는 바와 같이 알루미늄판을 칼로 오려서 회를 뜨듯이 올려 놓은 타입입니다. 가격적인 면에서 장점은 있으나 열 발산 효과면에서는 그리 뛰어나지를 못하고 또한 냉각팬의 부착에 어려움이 있습니다.

(3) 수냉식 냉각장치.

수냉식 냉각장치는 조금 특이하고 전문화된 냉각장치 이지만 그 냉각효과는 공랭식의 1.5 - 2 배에 달합니다. 그러나 그 구성은 냉각킷트와 물순환펌프 ,온도방열기,냉각팬이 들어가며 사양이 복잡한 것은 흠이나 탁월한 냉각 성능을 보실수 있습니다.

(4) 히트파이프

히트파이프는 밀폐용기 내부의 작동유체가 연속적으로 기-액간의 상변화 과정을 통하여 용기 양단 사이에 열을 전달하는 장치로 잠열(latent heat)을 이용하여 열을 이동시킴으로써, 단일상(phase)의 작동유체를 이용하는 통상적인 열 전달 기기에 비해 매우 큰 열 전달 성능을 발휘 합니다. 히트파이프의 기본적인 구조는 밀폐용기, 작동유체와 용기내부의 모세관(wick)으로 이루어지며, 외벽의 재료 및 작동유체의 종류, 모세관 구조물의 종류, 액체의 귀환(return) 방법, 내부의 기하학적 형태, 작동온도 등에 따라 다양하게 분류 된다. 액체의 귀환이 윅에 의하여 이루어지는 경우를 '히트파이프'라 부르나 중력, 원심력등 여러 가지 방법에 의하여 이루어지기도 하며 통칭하여 '히트파이프'라 부르기도 합니다.

<표 8. 작동유체의 귀환방법에 의한 히트파이프의 구분>

Methods of condensate return	T y p e
중 력	열사이펀
모 세 관 력	표준형 히트파이프
구 심 력	Rotating heat pipe
정 전 기 력	Electrohydrodynamic heat pipe
자 력	Magnetohydrodynamic heat pipe
삼 투 압 력	Osmotic heat pipe
기 포 력	Inverse thermosyphon

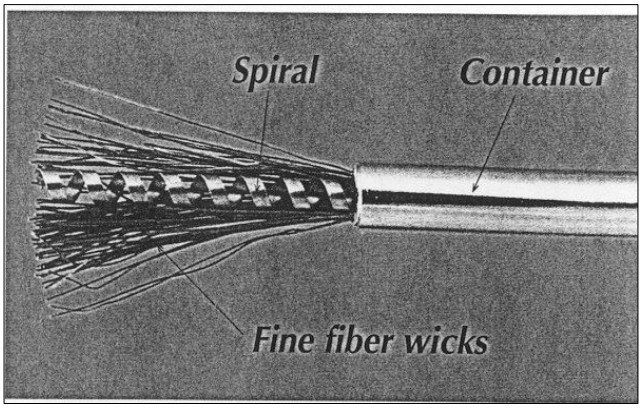
히트파이프는 작동하는데 별도의 동력원을 필요로 하지 않으며 그 자체가 어느 정도의 하중을 견딜 수 있는 구조물로서의 역할을 할 수 있으므로, 재래의 열 전달 기기에 필요했던 부가적 중량과 부피를 감소할 수 있습니다. 히트파이프의 작동온도는 봉입되어 있는 작동유체의 종류에 따라 정해지고, 그 액상과 기상이 공존하는 범위 이내여야 합니다.

작동유체의 온도범위는 고체와 액체 그리고, 기체가 공존하는 3중점(triple point)부터 임계점(critical point)사이이며 작동유체는 항상 그림의 기-액 상변화 선도의 포화 곡선을 따르기 때문에 작동온도에 따라 내부의 압력이 결정됩니다.

작동유체에 따라서는 임계점 근처에서 매우 높은 증기압이 되는 경우가 있습니다 이와 같은 때에는 용기의 강도를 고려하여 경계온도보다 낮은 온도로 제한됩니다. 또, 3중점 부근에서 증기 밀도는 매우 작아 그만큼 큰 열 수송량이 얻어지지 않기 때문에 이보다 어느 정도 높은 온도로 제한되는 일도 있습니다.

표 7와 그림 7는 작동유체에 따른 히트파이프의 분류와 대표적인 작동유체들이 함께 제시되어 있습니다. 히트파이프 외벽 또는 용기(container)의 내면에는 작동유체(working fluid)의 모세관 현상을 일으킬 수 있는 구조물이 있습니다. 모세관 구조는 윅(wick) 또는 그루브(groove)를 사용합니다. 윅은 심지의 역할을 할 수 있는 다공성 구조물로서, 용기와는 다른 물질로 만들어져 내벽에 부착되며, 그루브는 용기의 내벽을 적당한 형태로 가공하여 만듭니다.

<그림 12. 히트파이프 내부 그림>



<표 9. 작동온도에 따른 히트파이프의 분류와 대표적인 작동유체>

분 류	온도범위	작 동 유 체
극저온용	0 ~ 150 K	Helium, Argon, Nitrogen
저 온 용	150 ~ 750 K	Water, Ethanol, Methanol, Acetone, Ammonia, Freon
고 온 용	750 ~ 3000 K	Caesium, Sodium, Lithium

사. 제습판 구조 설계

제습판은 단면적에 중량을 곱한 뒤 비열을 구하여 온도를 내리는 데 필요한 열량을 구하는 것을 기본으로 하며 당 시스템의 경우 제습에 가장 적절한 이슬점 온도에 접근하여 on-off 가 지속적으로 이루어지는 구조로 제작 되었습니다.

아. 습도 센서 선정

(1) 정전용량형 습도센서 제품 Data Sheet

모델명	형식	사진	가격
HS 1100/1101	정전용량형 습도센서		3,500원
HTF 3223	주파수 출력형 습도 센서 모듈 (온도 서미스터 포함)		7,000원

<표 10. 정전용량형 습도센서 기본특성>

작동습도범위	0~100%RH
측정범위	0~100%RH
선형성	±2%RH
응답시간	10초이내
온도계수	0.1%RH/℃
안정성	0.5%RH/yr
100%RH회복성	우수
작동전압	5 Vdc
작동온도	-40~100℃

(2) 정전용량형 습도센서 제품 특징 (HS1100/HS1101)

① 동작온도 : -40~100℃

② 습도측정범위 : 0~100%RH,

③ 동작전압 : 5~10Vdc

엘리먼트(Element) 형태로 CMOS 555 timer IC를 astable mode로 회로를 구성하여 습도에 따른 엘리먼트의 정전용량(C값) 변화를 주파수로 출력되게 하여 사용한다. HS1100/HS1101은 55%RH에서 180±3pF으로 관리되어 생산되며 ±3pF의 편차는 약±8%RH의 습도편차를 발생시킨다. 여기에 반도체 IC 및 저항의 편차가 더해져서 최종 출력신호는 ±10%RH 정도의 습도편차가 발생하기 때문에 별도의 습도보정이 필요하다.

④ 온도 계수

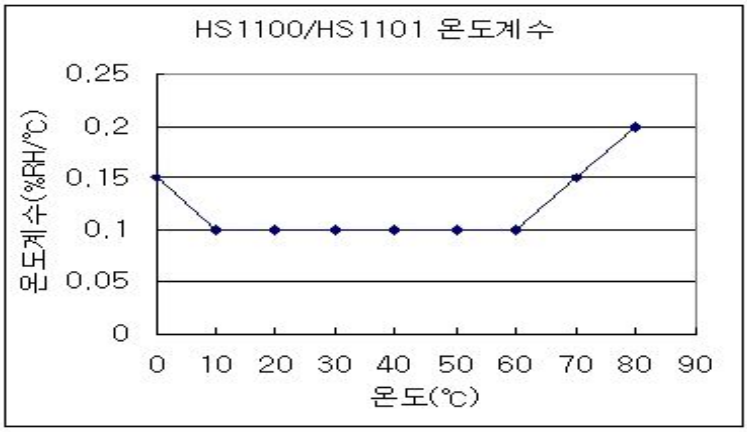
일반적으로 상온에서 사용하는 경우는 별도의 온도보상이 필요치 않으나 온도 23℃를 기준으로 10℃마다 약 1%RH의 습도오차가 발생하므로 정밀급 장비에 사용되는 경우는 별도의 온도보상이 필요하다.

⑤ 습도 온도보상 예

40℃인 경우 : 55%RH+(0.1*(-(40-23))=55%RH-1.7%RH=53.3%RH@40℃

10℃인 경우 : 55%RH+(0.1*(-(10-23))=55%RH+1.3%RH=56.3%RH@10℃

23℃에서 55%RH와 같은출력주파수인경우, 40℃에서는 53.3%RH가되고 10℃에서는 56.3%RH가된다.



<그림 13. HS1100/1101 온도계수 도표>

⑥ HS1100/HS1101 센서 엘리먼트 사용 시 주의사항

a. 센서 엘리먼트 극성 : 엘리먼트 밑면 금속판과 분리된 리드선이 (+)이고 금속판과 연결된 리드선이 (-)이므로 (-)리드선을 접지(GND)시킨다.

b. 반도체 제조업체별로 CMOS 555 timer IC 연결핀의 부유(Stray) 정전용량의 차이가 있고 이 부유정전용량이 주파수 출력변화에 영향을 준다.

c. 온도와 습도변화에 따라 부유정전용량이 변화되므로 CMOS 555 timer IC 5번 핀에 온도계수 보상용 저항을 연결하고(TLC555인 경우 : 909㏀(1%), LMC555인 경우 : 1238㏀(1%) 연결), CMOS 555 timer IC 및 전자부품 전체를 환경오염 문제가 없는 습도방지 varnish로 coating한다.

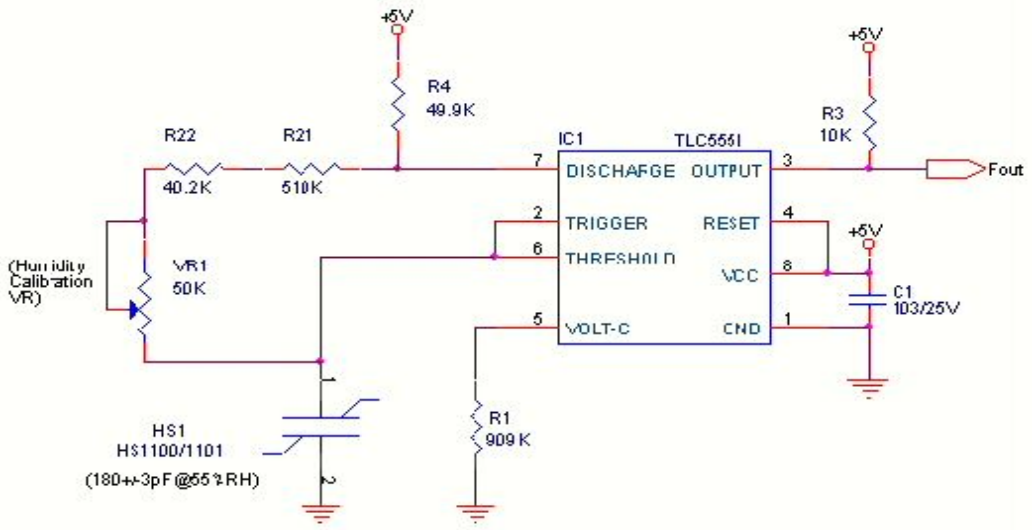
d. 납땜 시 250℃에서 5초 이내에 한다.(과열 납땜 시 고장 발생)

e. HS1101의 리드선길이가길면 정전용량의 차이가 있으므로 리드선은 짧게하여 사용하여야 함

f. 습도 측정용 계측기는 응답성이 빠르고 측정 accuracy가 높은 정전용량형 습도센서를 사용한 계측기를 선택한다.(VAISALA 계측기가 널리 사용되고 있다.

<표 11. HS1101/HS1100 주파수 출력 Table(Vsupply : 5Vdc, 25℃기준>

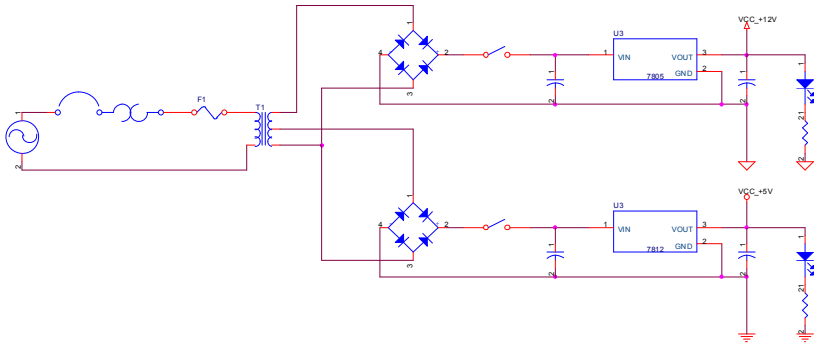
%RH	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
출력주파수(Hz)	7351	7224	7100	6976	6853	6728	6600	6468	6330	6186	6033



<그림 14. HS1100/HS1101 + CMOS 555 timer 회로>

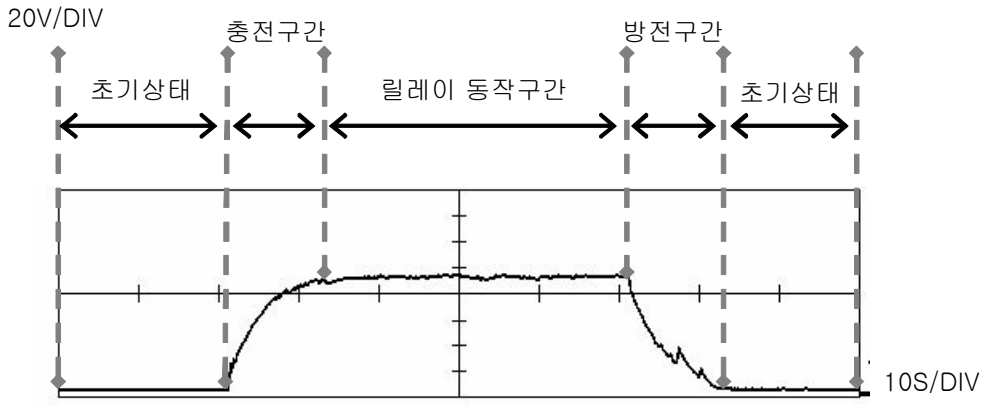
자. 전원 공급 장치

마이컴을 이용한 과습방지 제어기의 마이컴, 습도표시장치 및 동작상태 표시장치에 제공할 정전압 공급장치를 아래와 같이 제작하였다.



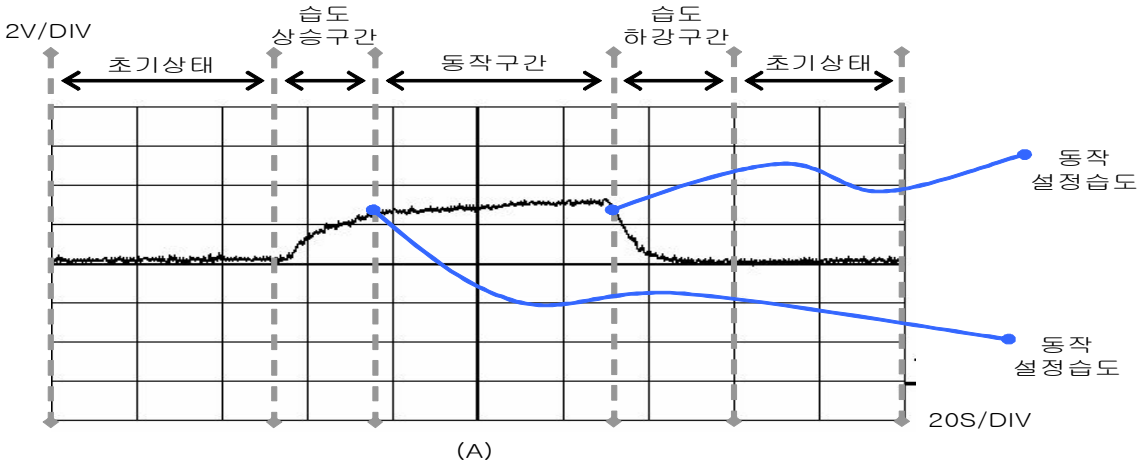
<그림 15. 정전압 공급장치>

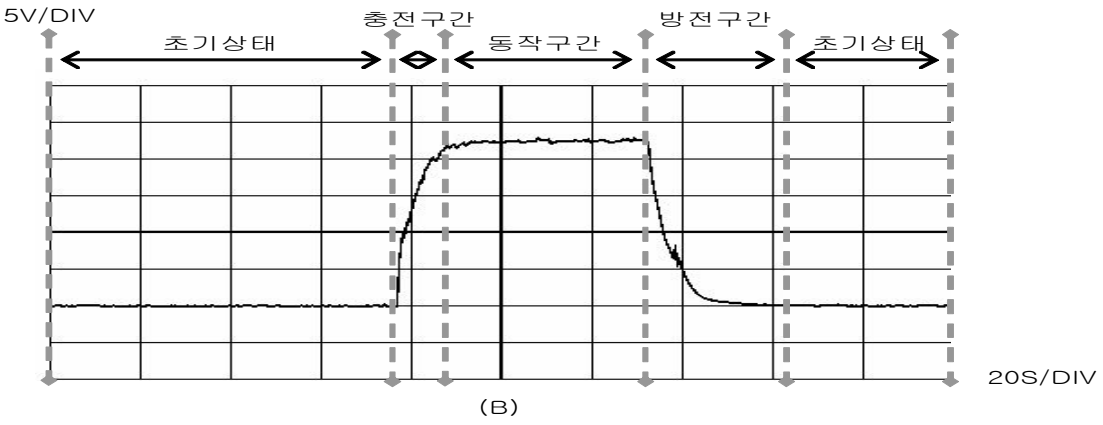
상기 그림에서 트랜스를 거쳐나온 교류전원은 전파정류장치를 거쳐 평활회로를 통하여 리플을 제거하고 정전압 회로를 거쳐 직류전압을 공급하고 LED를 통하여 전원공급의 이상 유무를 확인할 수 있도록 하였다.



<그림 16. 열전소자 구동부측 파형>

그림 16은 가습-제습 복합 제어기의 열전소자 구동부측 파형을 나타낸다. 습도센서의 채터링에 의하여 열전소자의 구동부측의 온, 오프 반복 동작을 방지하기 위하여 채터링방지 회로를 구성하였다. 그림에서 충전구간 및 방전구간은 채터링 방지회로의 동작에 의한 동작지연시간을 나타낸다.





<그림 17. 습도센서 출력측(A)과 열전소자 구동부측(B) 파형>

그림 17. 에서 습도센서 출력측을 변경시킴으로서 열전소자 구동부측을 온, 오프 시킬수 있음을 보여 주고 있다. 여기서 시험제작한 과습방지 장치는 원하는 과습방지 동작습도를 설정하면 이에 따라 열전소자에 동작전원을 공급하도록 제작하였다. 동작 설정습도에 도달하면 정상적으로 동작하고 있음을 잘 보여 주고 있다.

제 2 절. 연구내용 및 연구결과

1. 설계, 제작

(1) 제습원리

일반적으로 제습기는 콤프레스 방식일 경우 증발기가 냉각되면 온도차에 의하여 공기중의 수분이 증발기 표면에 응축되고 이것을 모아서 배수함으로 공기중의 수분을 흡수하는 방식이다. 열전반도체도 이와 같은 원리로 흡열반응을 일으키는 Cold 측에 냉각씽크를 설치 이 냉각씽크가 냉각되면 공기중의 수분이 이 냉각씽크에 응축되어 공기중의 수분을 흡수하는 것이다. 이렇게 공기가 순환하면서 이 냉각부를 지나면서 수분은 응축되어 배수되고 공기는 건조해 지게 되는 원리이다.

(2) System 작동원리

가. 공기조화기의 Fan이 공기를 흡입하여 갓모양의 알미늄판에 부딪쳐서 공기가 석이게 되고, 사방으로 흩어지는 구조이다. 이때 갓 모양의 판을 Heat Sink로 활용하여 열전소장의 발열을 방열시키는 역할을 하게 고안하였다.

나. 제습판에 부딪치는 공기는 아주 습한 공기인데 이 공기의 일부를 이 원판의 하부에 위치한 흡열부의 Cold sink측으로 통과시킴으로서 습기를 응축하여 배수하고, 통과한 공기는 건조해 지도록 한 구조인데, 이러한 과정을 계속 반복함으로서 일정한 범위내의 공기는 습도가 점점 내려가 건조한 공기로 되는 것이다. 또한 이 제습범위를 통제함으로서 적정수준의 습도를 유지할 수 있는 장치를 구현할 수 있는 것이다.

2. 가습/제습 복합기 각 부의 기능 향상

(1) 열전소자 (Thermoelectric Module)

BiTe3, Sb2Te3, Se2Te3 등의 합금소재를 이용하여 n,p Type에 직류전류를 인가해 주면 (-)로 대전된 열에너지를 흡수한 전자가 열전반도체 내부로 이동하여 흡열이 일어나며, (+)로 대전된 접점에서는 전자의 열에너지 방출에 의하여 발열이 일어나는 열역학적 전자냉각원리를 이용한 냉배를 사용하지 않는 자연친화적인 전자냉각 반도체소자를 말한다.

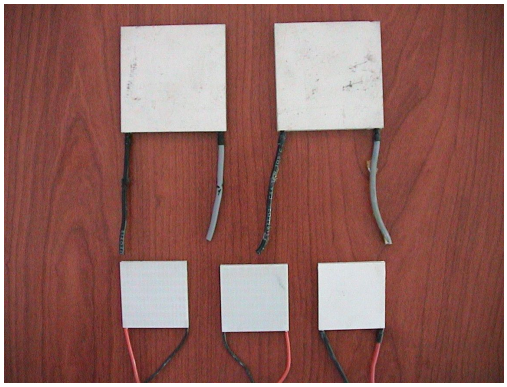
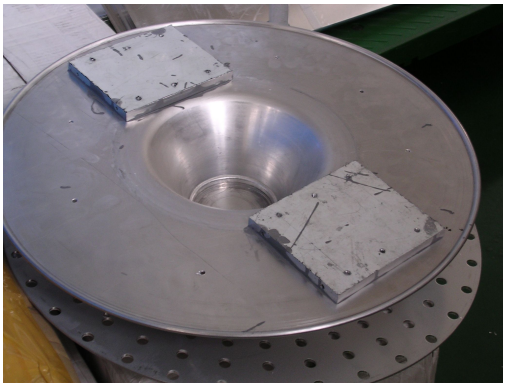
열전모듈은 n, p Type의 열전반도체(Thermoelectric semi-conductor)를 전기적으로는 직렬로, 열적으로는 병렬이 되도록 연결한 모듈의 형태로 사용된다. 이 Module는 직류전류를 흘렸을 때 열전효과에 의하여 Module의 양면에 온도차가 발생, 즉 한쪽은 흡열이 한쪽은 발열이 발생하며, 동시에 이 온도차에 의하여 발전현상이 일어나게 된다.

즉 1834년 프랑스인 Peltier가 서로 다른 두 개의 전기적 양도체에 전기회로를 만들어 직류전류를 흐르게 할 때 상하의 접점이 흡열과 발열이 되는 현상을 발견하였는데 이것을 Peltier효과라고 한다.

열전소자는 이 현상의 의하여 나타나는 냉각효과를 이용하는 고체식 히트펌프(Solid state heat pump)를 말한다.

본 System에서는 미국의 HTRD연구소와 TES가 공동 설계한 제품이 표면적이 넓고, 냉각능력이 우수하다고 판단되어 이를 사용하였다.

1) Model : HT -17-21
2) Size : 62 x 62 x 5.9mm
3) Imax= 8.3A
4) Vmax= 15.4V
5) Qmax= 72W
6) 열전소자 및 구성

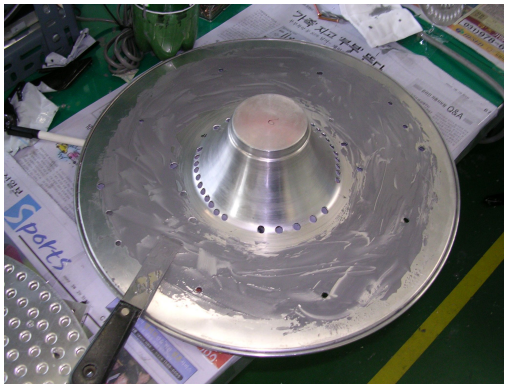
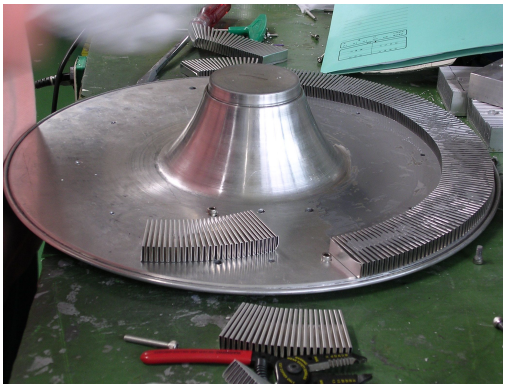
<그림 18. 열전소자와 하판 접착 부>

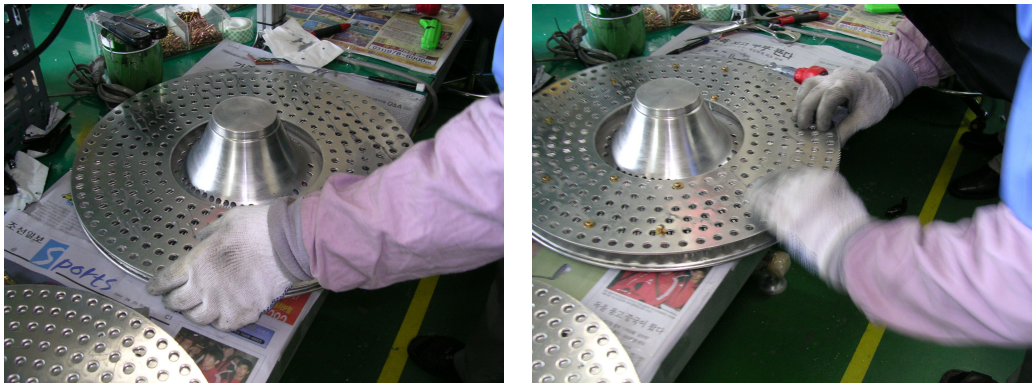
(2) Heat Sink (방열판)

열전소자를 사용하는 냉각장치에서는 Heat sink의 성능에 따라서 냉각효율의 현격한 차이를 가져온다 .

발열부의 신속한 방열은 흡열부의 능력을 그만큼 향상시키는 것 임으로 열전소자를 사용 공기를 냉각, 공기중의 수분을 응측 시키는 제습기능의 극대화를 위해서는 발열부의 열을 효과적으로 방열 시킬 수 있는 Heat sink(방열판)의 역할이 중요한 것이다.

공기조화기의 제습장치 구성을 위해서는 이 Heat sink를 효과적으로 구성하는 것인데, 공기조화기의 특성상 Heat sink의 부착이 용이하지 안을 뿐만 아니라, 외관상의 문제를 고려하여 기존의 갓 모양의 알미늄 판을 그대로 활용 열전도성이 좋은 Bond와 자동차 라디에터용의 알미늄 Fin을 이용하여 원형의 보기 좋고, 성능이 우수한 갓 모양의 Heat sink 구성하였다. 이 Heat sink의 열저항계수는 0.6 - 0.7 ℃/W로서 통상 열전소자를 사용하는 냉각장치에 이용하는 Heat sink의 열저항계수인 0.2 - 0.9℃/W 의 기준에 합당한 조건을 얻었다.



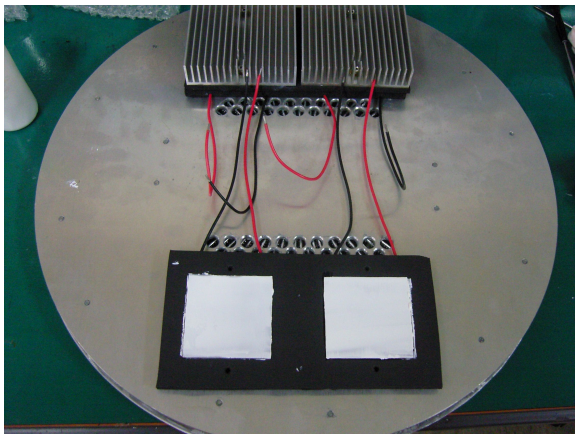
<그림 19. 방열판 구성 사진>

(3) Cold sink (응축 씽크)

열전소자를 이용한 제습기의 Cold Sink 즉 응축부는 통상 알미늄압출형의 적당한 sink를 사용한다. 이때 Cold Sink 의 Size는 열전소자의 냉각능력과 이 씽크를 통과하는 습한 공기의 양 등을 고려하여 적정냉각온도가 유지되도록 Size를 결정해야 한다.

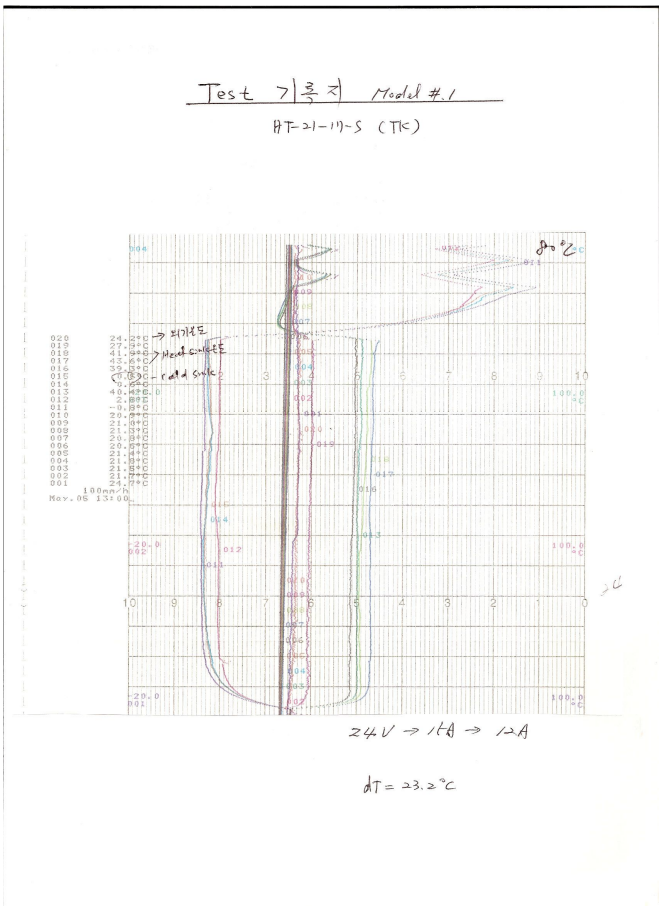
이러한 요소를 고려하여 구성한 결과 사진과 같은 Size를 결정하여 본 제습장치를 구성하였다.

제품의 기본인 제습기로의 성능을 발휘하기 위해 열전소자를 이용하여 여기서 발생하는 응축열을 최대화하기 위해 방열판을 부착함으로써 단면적을 넓히고 제습능력의 향상시킨다. 기존 제품의 제습능력이 부족하다고 판단하였기 때문에 기존 제품보다 보다 고성능 고효율의 열전소자를 개발하여 400W급의 열전소자를 채택하여 제습능력을 향상 시켰다.



<그림20. Coldsink의 조립 장면 400W급의 열전소자>

Coldsink를 조립한 후 제품의 제습력을 측정하기위한 테스트를 진행하였으며 테스트 기록지를 작성하였다.



<그림 21. 테스트 기록지>

위 그림 21 의 테스트 기록지는 본사에 보관되어 있으며 위 테스트를 바탕으로 한 산출 결과는 다음 표와 같다.

	외기온도		Heatsink		Coldsink			비고
5월 5일 13:00	24.2°C	27.9°C	41.9°C	43.6°C	0.5°C	0.6°C	0.8°C	
5월 5일 15:00	25.6°C	27.6°C	43.9°C	44.2°C	2.0°C	3.7°C	3.0°C	

<표 12. Coldsink 제습능력>

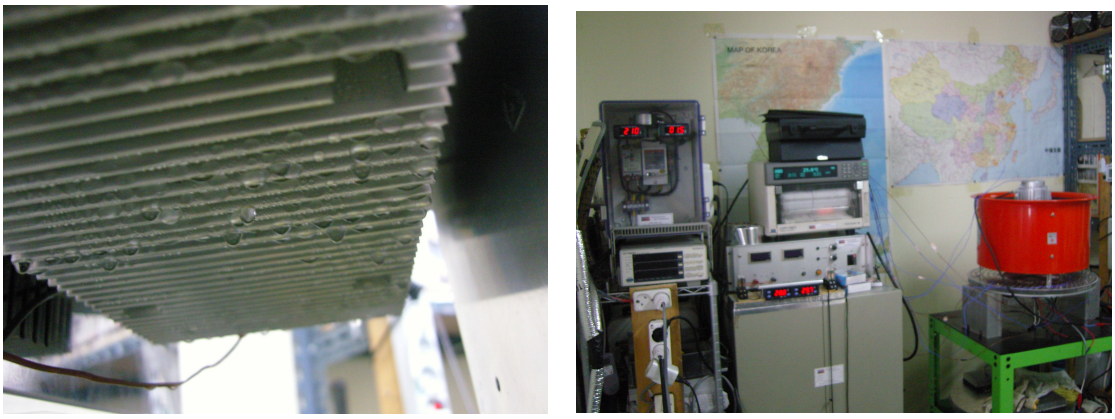
위 표는 외기온도와 Coldsink 온도와의 차이를 비교한 것이며 둘의 온도차이 dT

는 22.6°C이다. 이 의미는 열전소자의 능력이 충분히 이상없이 작동되고 있으며 Coldsink의 온도가 너무 낮을 경우 빙결 현상이 발생하기 때문에 제어가 필요하다. 제습량 공기유입구와 유출구의 면적을 계산하여 제작 하여 내부 습도 85%일때 시간당 360cc/HR으로 기존제품에 비해 1.5배를 넘는 제습능력을 확인하였다.

	외기온도		Heatsink		Coldsink			비고
5월 5일 13:00	24.2°C	27.9°C	12°C	12°C	76°C	77°C	79°C	
5월 5일 15:00	25.6°C	27.6°C	8°C	16°C	75°C	79°C	76°C	

<표 13. 가습 상태 테스트>

위 표는 가습상태에서의 실험데이터를 작성한 것이며 제습상태에서 공기 중의 수분을 응결시키던 Coldsink부분을 반대로 전력을 가하여 열전소자를 역이용하는 모습을 의미하는 것이다. 개발의 목표치였단 80°C의 온도로 가습용수를 가열하여 살균처리가 가능하다는 것을 의미한다.



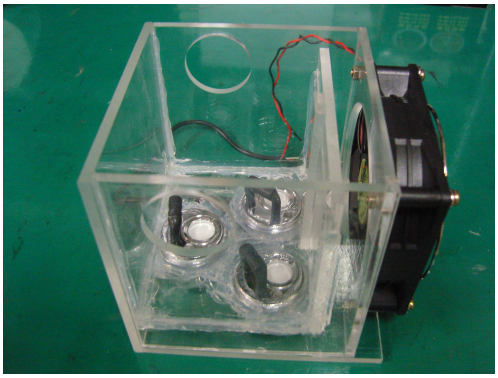
<그림 22. Coldsink의 제습능력 테스트 장면>

(4) 가습 기능 추가를 위한 기술 조사 및 접목 방식 개발 (초음파 발진기 접목)

국내 보급되어 있는 가습 방식은 두가지로 초음파 발진 방식과 가열식이 있음을

기술조사를 통하여 파악 식물과 하우스 실내온도의 증가를 발생시키는 가열식의 가습 방식보다 초음파를 이용하여 물을 안개처럼 발생시키고 모터를 이용하여 습기를 밀어주는 방식의 초음파 발진 방식이 본 연구 개발 과제의 제품과 접목하기 용이하다고 판단하여 초음파 발진 방식을 채택하였다.

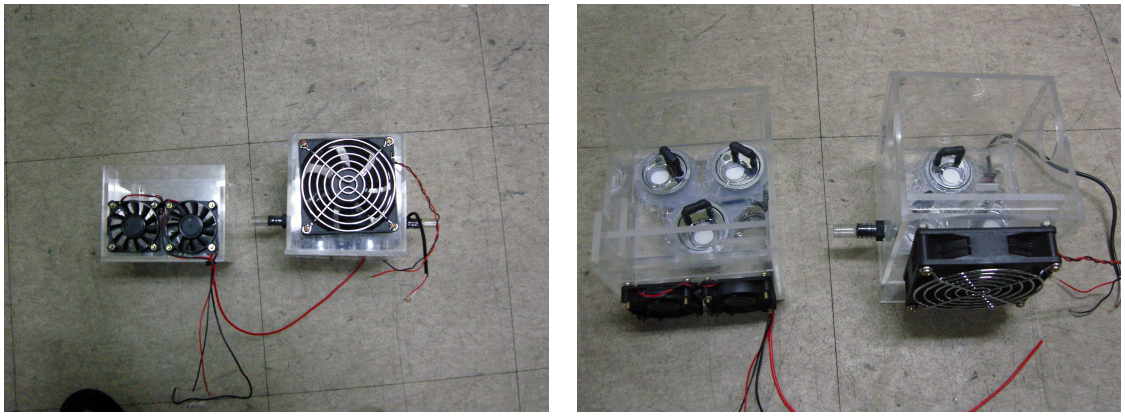
하지만 초음파 발진 방식은 물속에 들어있는 세균까지 한꺼번에 분출되는 단점이 있기 때문에 살균처리가 필요하다. 그렇기 때문에 Heatsink에서 발생하는 80°C의 열을 역이용하여 살균처리를 거치도록 한 것이 특징이다.



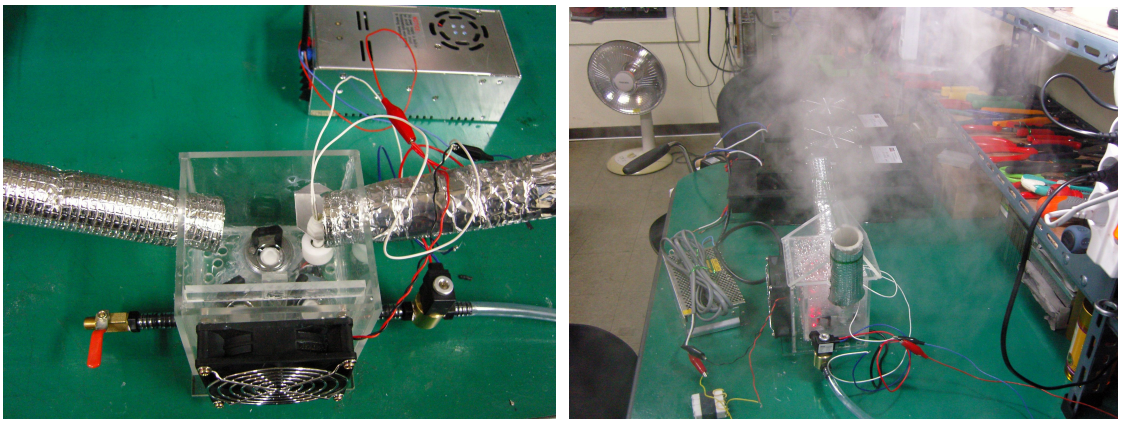
<그림 23. 초음파 발진기 시제품>

그림 23은 투명케이스로 제작하여 초음파 발진장치의 내부를 확인하여 제품의 구동 방식과 테스트를 위하여 제작한 것이다. 그림과 같이 케이스 내부는 3개의 초음파 발진장치가 장착되어 있으며 이 발진 장치를 통해 물을 분무 형태로 만들고 팬을 통해 밀어내는 방식이다.

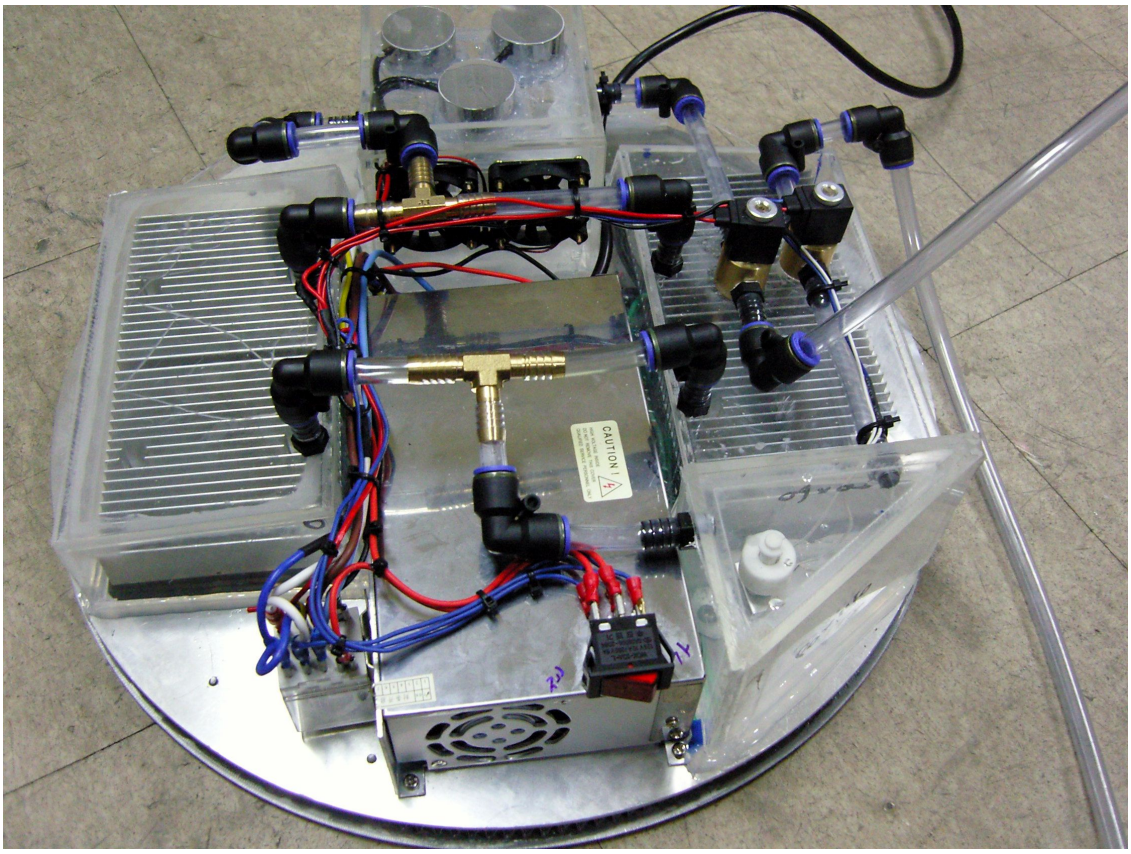
다음은 초음파 가습량 향상 및 관로 수정변경사항에 의한 2차 시제품 사진이다.



<그림 24. 1차/2차 시제품 가습 Part 비교사진>



<그림 25. 2차 시제품 가습 Part 가습량 테스트 장면>



<그림 26. 2차 시제품 가습-제습 복합기 사진>

<그림 27. 2차 시제품 완성 및 테스트 사진>

(5) System의 전원 공급장치

①교류 220V를 직류 12V, 6A의 안정된 출력을 수행하는 직류전원 공급장치이다.

② 환경조건

동작온도는 : -10℃ - 50℃

동작습도 범위는 : 15% - 90% RH

상온, 상습: 상온 25℃, 60%

③ 냉각방식 : 공냉식

④ 전기적 사양

정격입력전압, 전류 : AC 220V, 0.7A Max

입력가변전압 : AC 180V - 240V

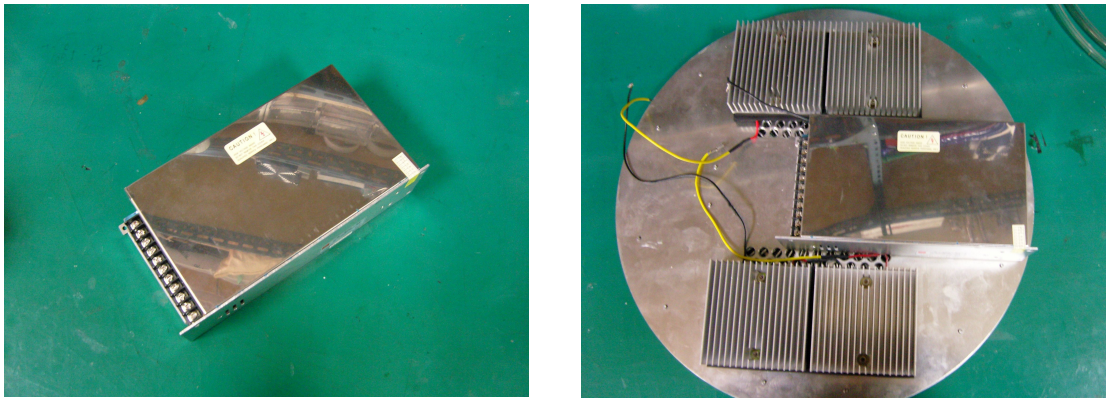
주파수 : 47HZ - 63HZ

변환효율 : 70% 이상

출력전압 : DC 12V (11.95 - 12.7V)

Ripple & Noise : 250 (mvp - p)

절연내압 : AC 2500V / 2초 통상검사



<그림 28. 전원공급장치와 제품 연결 모습>

.

3. 응용연구

(1) 제습-가습 복합제어 시스템의 자동 제어기 개발 및 설계

가. 선 언

에어믹서는 (주)신안그린테크의 주요 생산품 중 하나로 하우스 내 밀폐되어 있는 공기를 상하 좌우로 순환시켜 작물의 신진대사 및 탄소동화작용을 촉진시켜 고품질, 고수확을 가능케 할 뿐 아니라 온도차를 없게 하여 난방효율을 향상시킴으로서 에너지를 절감할 수 있으며 온도차에 의한 습도발생을 억제하는 다기능 공기교반기이다. 최근의 시설농업은 온도제어만으로는 고품질, 고 수확 경쟁이 불가능하며 재배생물의 습도 영향력이 갈수록 부각되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 에너지 절감형 공기 교반기에 경량이며 염가형의 반도체를 이용한 제습기능을 부가함에 있어 고효율이며 염가형의 과습 방지 시스템을 개발함으로서 에어믹서의 부가가치를 창출하고 타사와의 경쟁에서 비교우위를 유지하며 매출을 더욱 신장하고 국제경쟁력을 확보하게 하는데 있다.

나. 연구 개발사업 내용

① 연구목적 및 필요성

제습은 공기 중에 수분을 목표치까지 감소시키는 공기조화의 한 분야로 일반적으로 냉동코일에 공기를 통과시켜 제습효과를 유도하는 기계식방식과 고체 또는 공기중의 수증기가 흡습물질에 흡수 또는 흡착되는 화학적 방식과 최근에 소개되고 있는 반도체 냉각방식으로 나눌 수 있다. 반도체 냉각방식은 N형과 P형의 반도체로 구성된 열전식 열펌프를 이용하여 열을 발생시키고 흡수시킬 수 있도록 고안되었으며, 이를 이용한 열전식 제습장치는 제습판과 방열판, 열전식 열펌프, 팬과 모터, 직류전원 공급장치 등으로 구성된다.

제습은 문명의 발달에 따라 그 용도 및 중요성이 날로 증가하고 있으며, 품질의 향상 및 유지를 위하여 필수적이라 할 수 있다. 특히 최근에 전남지방의 시설농업의 발달로 유리온실 및 비닐하우스의 증가는 온도 및 가습제어에 의하여 생산성 및 품질의 향상을 가져오게 되었다. 그러나 이러한 유리온실 및 비닐하우스는 외기온도와의 기온차이에 의하여 과습을 유발할 수 있으며 이로 인하여 병충해의 발생

과 작물의 성장저하를 유발하게 함으로서 심각한 피해가 증가하고 있어 제습의 필요성이 더욱 부각되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 현재 널리 보급되고 있는 (주) 신안그린테크의 에어믹서를 이용하여 기존의 팬과 모터를 이용한 공기 순환기능에 유리온실 및 비닐하우스에서 문제가 되고 있는 과습으로 인한 피해를 줄이기 위하여 고효율의 과습 방지 기능을 부가시켜줌으로서, 에어믹서의 국제경쟁력을 강화할 수 있으며 시설원예 농가로서는 두 가지 기능의 기계를 구입해야하는 부담을 줄이고 제습으로 인한 품질향상 및 생산성향상을 도모할 수 있도록 하는데 있다.

② 연구내용 및 방법

전술한 바와 같이 열전식 고효율 과습 방지 시스템은 제습판과 방열판, 열전식 열펌프, 팬과 모터, 습도센서와 과습방지 제어기, 직류전원 공급장치 등으로 구성된다. 2년차로 연구되는 고효율 과습 방지 시스템의 2차년도 개발은 과습 방지 동시 제어시스템으로 메인 제어반에서 다수의 과습 방지 제어기를 구동 시키고 하우스 내의 제어기들의 상태 및 습도 상태를 한눈에 확인 할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다. 과습방지 동시제어 시스템의 2차년도 개발은 아래와 같이 요약할 수 있다.

2차년도 가습-제습 복합 제어 시스템 개발

a. 가습-제습 복합 제어 시스템 개발
   - 사용자가 한눈에 하우스 내부의 전체 상황을 확인 할 수 있는 메인 제어반 판넬 설계 및 제작.
   - 모듈화된 가습-제습 복합 제어기 설계 및 가습-제습 복합 제어기 동시 방법 설정.

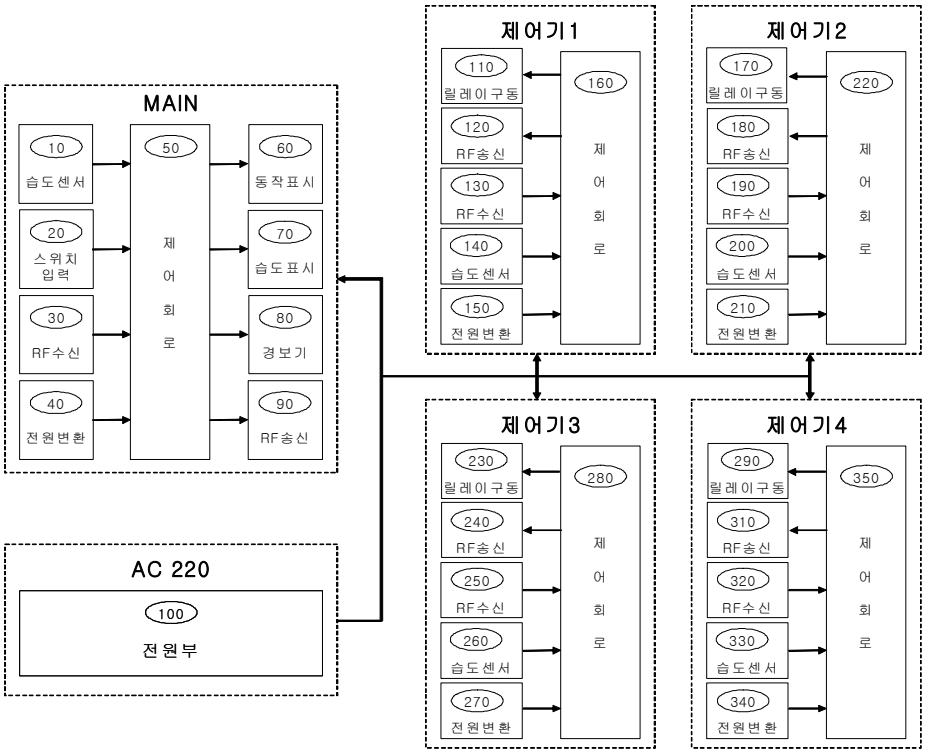
b. 메인 제어반과 습도 제어기간의 통신 방법 설정.
   - 메인 제어반과 습도 제어기들의 IP 할당 방법 설정.
   - 메인 제어반과 습도 제어기간의 데이터 송수신 프로토콜 설정.
   - 유선 통신의 장단점 및 무선통신의 장단점 검토.
   - 통신방법 확정 후 통신 방법에 맞는 시스템 구성.

③ 연구결과

2차년도 연구인 고효율 염가형 가습-제습 복합 장치 개발은 가습-제습 복합 제어 시스템 개발, 메인 제어반과 습도 제어기간의 통신방법 설정, 메인 제어반과 습도 제어기간의 통신 방법 설정으로 구성되고 그 결과는 다음과 같다.

1) 가습-제습 복합 제어 시스템 개발

가습-제습 복합 시스템의 동시제어를 위하여 우선 동시제어 시스템의 구성과 제어항목 설정 및 동시 제어 방법과 제어기 패널의 구성에 관하여 검토하였다.



<그림 29. 가습-제습 복합 제어 시스템 전체 블럭도>

그림 29는 고효율 가습-제습 복합 제어시스템의 전체 블록도로서 AC220의 전원이 MAIN과 제어기1~제거기4로 공급되고, MAIN은 습도센서(10)에서 입력된 습도를 습도표시(70)으로 표시하고 스위치 입력(20)에 따라 자동, 수동, 동작, 정지, 습도 UP, 습도 DOWN 등의 설정을 하고 RF송신(90)회로를 통하여 제어기1에 습도 요청

데이터를 전송한다. 제어기1에서는 RF송신(120)회로를 통하여 입력된 습도 요청 데이터를 분석하여 자신에 맞는 IP가 들어왔는지 확인한 후 자신의 IP와 입력된 IP가 동일시 습도센서(140)에서 입력된 현재습도를 RF수신(130)회로를 통하여 MAIN에 전송한다. MAIN에서는 RF수신(30)회로를 통하여 입력된 제어기1의 송신 데이터를 제어회로(50)에서 분석하여 제어기의 현재 습도를 습도표시(70)회로에 표시하고, 습도UP, DOWN 스위치를 통하여 설정된 설정습도와 제어기의 습도를 비교하여 제어기의 습도가 설정습도보다 높을 때에는 제어기에 열전소자 동작 신호를 RF송신회로(90)를 통하여 송신한다.

제어기1 에서는 상기와 같은 방법으로 데이터를 수신하고 열전소자 동작신호가 수신되면 릴레이구동(110)회로를 동작 시키고 동작 여부를 MAIN에 송신한다. MAIN에서는 수신된 데이터를 분석하여 동작표시(60)부에 제어기 동작 상황을 표시한다. 상기와 같은 방식으로 제어기2, 제어기3, 제어기4를 동작 시키고 동작 상황을 MAIN의 동작표시(60)부와 습도표시(70)에 표시한다. 특히 본 과습 방지 동시 제어 시스템은 외부전원 AC220V 이외의 케이블은 일체 사용하지 않음으로서 케이블 설치 시 발생하는 번거로움과 유선 신호선을 사용 하였을 때 발생 될 수 있는 신호 감쇄현상 및 신호 차단문제를 해결하고, 시공 시 수 킬로미터에 이르는 신호 케이블의 가격과 공사비를 줄임으로서 염가의 과습 방지 시스템을 개발 할 수 있도록 무선 제어기를 도입하였다. 또한 제어기 주소 지정 방식을 사용하여 제어기들을 동시 제어함으로서 제어기를 개별로 제어할 때 제어기의 이상 발생 시 하우스 내부의 일부 구간에 습도 제어가 불가능 했던 문제점을 해결 하였으며 습도 제어기 구동 여부 및 현재 습도를 한눈에 알아 볼 수 있는 제어반을 구성 하였다.

입력부는 자동 · 수동, 동작 · 정지, 습도UP · DOWN 스위치로 구성되어 시스템 동작시 필요한 기본 사항을 설정하고, 습도센서로 현재 습도를 표시, RF수신부로 제어기에서 송신한 데이터를 수신하도록 설계되었다. 출력부는 동작 표시부, 습도표시부, 출력확장부, 신호 증폭부, 알람부, 신호 보상부, RF 송신부, 신호 증폭부로 구성되며 동작 표시부는 제어기의 현재 상태를 표시하고, 습도 표시부는 제어기의 습도 및 메인 제어반의 현재 습도와 설정 습도를 표시한다.

RF송신부에서는 제어기에 데이터 요청 신호를 송신 하도록 설계되었다. 전원부는 상용전원 AC220V를 안정화된 직류전원으로 변환하여 마이컴제어부가 원활한 동작

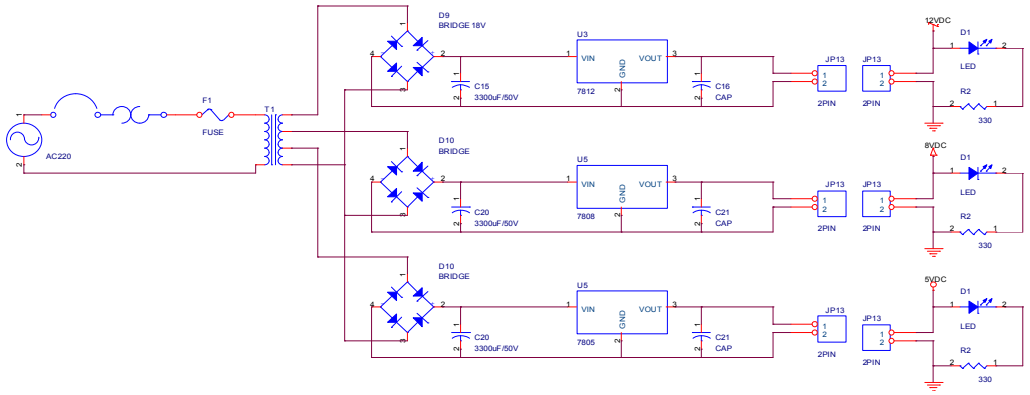
을 할 수 있도록 설계되었다.

본 동시제어 시스템은 컨트롤러 원가 상승의 주요 원인이 되었던 고가의 습도센서를 사용하지 않고 시중에서 손쉽게 구할 수 있는 저가의 습도센서를 사용하였으며 그에 따라 발생되는 리플전압의 문제를 리플제거회로를 별도로 구성하여 해결하였다. 또한 상용전원 (AC220)을 사용함으로서 발생하는 전원 노이즈로 컨트롤러의 동작이 원활하지 못 했던 점을 커페시터로 구성된 노이즈 제거 회로를 부착함으로서 해결하였다.

일반 푸시버튼 스위치와 ON/OFF 스위치가 기계적으로 동작함으로서 발생하였던 체터링 현상을 하드웨어에서 처리함으로서 프로그램을 보다 간결하게 처리 할 수 있었다. 저가형의 프로세서를 사용하여 수많은 IO 포트를 제어하는데 발생하는 포트 부족현상 및 제어기를 추가로 설치 시 발생 할 수 있는 확장성 문제를 출력 확장부를 사용하여 해결 할 수 있었다.

그리고 자동·수동 선택 스위치의 설정 여부에 따라 자동일 경우에는 제어기로 데이터 요청 신호를 보내고, 제어기의 습도와 메인 제어반의 습도를 비교하여 제어기로 운전·정지 데이터를 송신한다.

수동으로 설정 되었을 때는 제어반에 부착되어 있는 운전·정지 스위치의 설정 여부에 따라 제어기로 운전·정지 신호를 송신한다. 이때 제어기로부터 데이터가 수신 되지 않았을 때나 제어기로부터 수신된 에러 검출 데이터 정보를 분석하여 제어기의 이상 유무를 판별하여 문제 발생 시 에는 경보를 발생하여 사용자가 재빨리 조치를 취할 수 있도록 설계하였다.

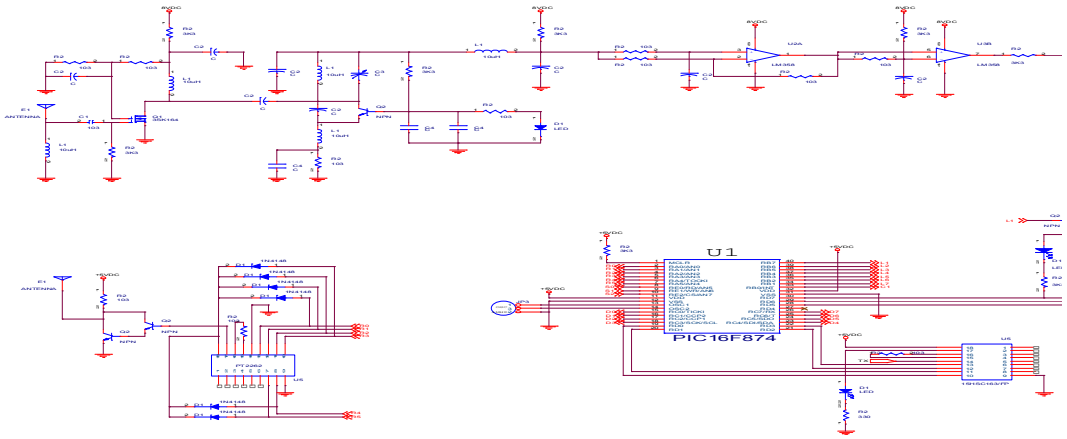


<그림 30. 가습-제습 복합 제어 시스템 전원부 회로도면>

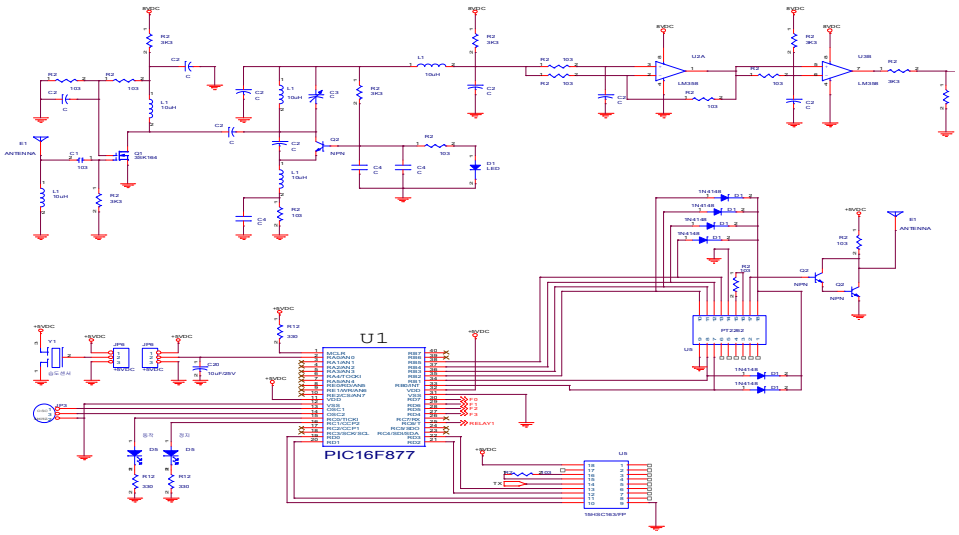
그림 30은 가습-제습 복합 제어 시스템의 전원부 회로도면 으로서 트랜스를 거쳐

나온 교류 전원은 전파 정류 장치를 거쳐 평활 회로를 통하여 리플을 제거하고 정전압 회로를 거쳐 각각 DC5V, DC8V, DC12V를 공급하고 LED를 통하여 전원공급의 이상 유무를 확인 할 수 있도록 하였다.

그림 31은 가습-제습 복합 제어 시스템의 메인 제어반의 회로도면으로서 전원 변환장치 및 RF송수신회로, 표시회로 등 실질적으로 농가에서 필요로 하는 기능은 최대한 사용을 할 수 있도록 하고, 표시회로를 다이내믹 구동 하고, 염가형의 프로세서를 사용, 염가형의 습도센서를 사용하여 컨트롤로의 원가를 저렴하게 구성한 반면, 이로 인해 발생되는 신뢰성 문제를 리플 제거회로, 노이즈 제거회로, 신호보상 회로 등을 내장하여 해결하였다.



<그림 31. 가습-제습 복합 제어 시스템 메인 제어반 회로도면>

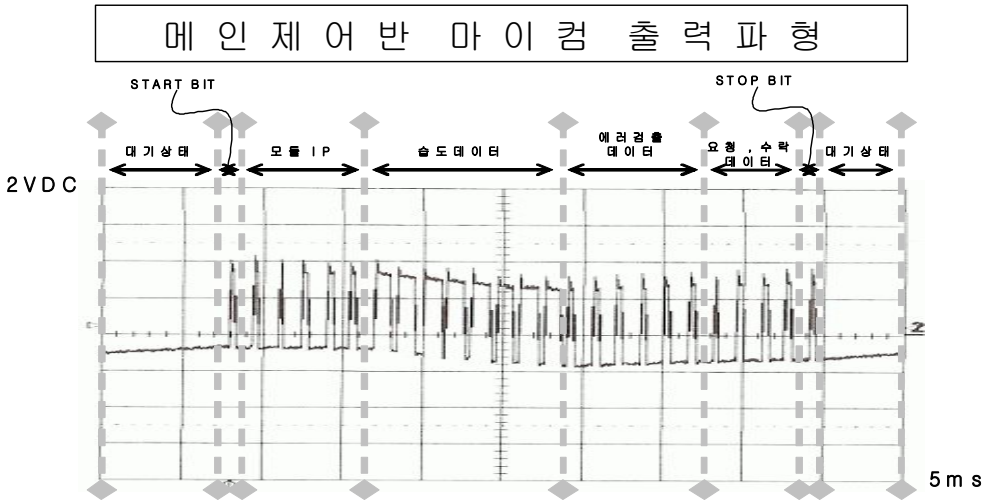


<그림 32. 가습-제습 복합 제어 시스템 제어기 회로도면>

그림 32는 하우스 내에 설치되는 제어기의 회로도면으로 RF 송수신 회로와 릴레이 구동회로, 전원 공급회로, 노이즈 제거회로 등을 내장하여 메인 제어반에서 송신하는 데이터를 정확히 수신하고 현재 제어기의 습도 및 이상 유무를 메인 제어반에 정확히 송신 하도록 설계되었다.

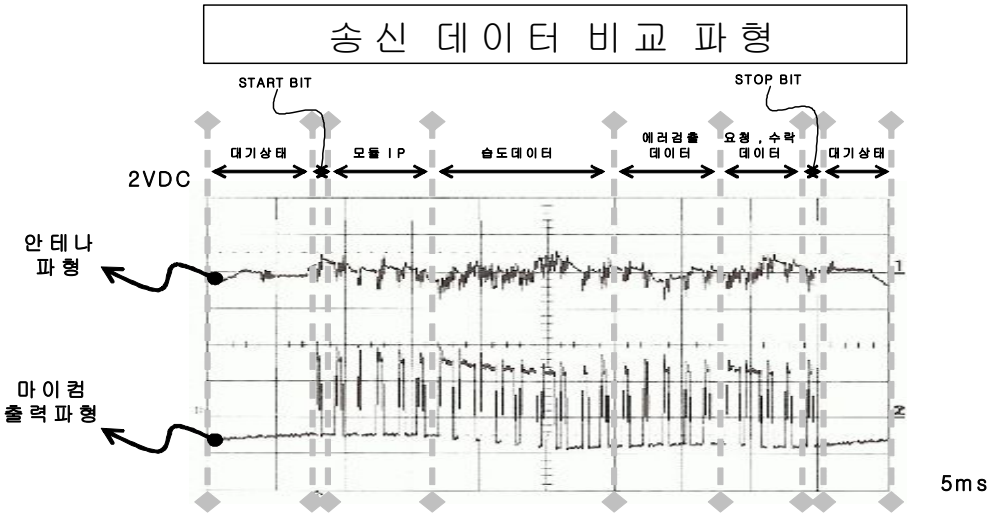
2) 메인 제어반과 습도 제어기간의 통신 방법 설정.

메인 제어반과 습도 제어기간의 통신 방식을 설정하기 위하여 하우스 내에 사용할 통신 방식중 유선통신 및 무선 통신의 장단점을 검토하였고, 하우스에 사용할 최적합 통신 방식을 무선 RF통신으로 채택하였다. 제어기 주소 할당 및 데이터 송수신 방법을 설정하기 위하여 메인 제어반과 습도제어기들에게 각기 다른 고유의 IP를 16비트로 할당 하였고, 제어기 IP, 습도데이터, 요청■수락 데이터, 에러 검출 데이터를 72비트로 송수신 하도록 설정하였다.



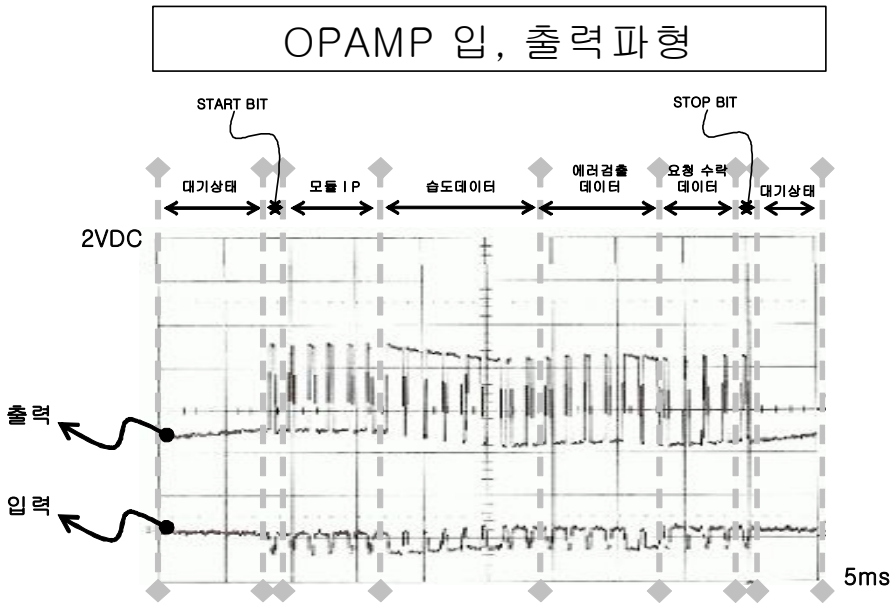
<그림 33. 메인 제어반 마이컴 출력 파형>

그림 33은 메인제어반의 마이컴 PIC16F877에서 출력하는 송신 파형을 측정한 것으로 송신 데이터는 START BIT(1bit), 모듈 IP(16bit), 습도데이터(24bit), 에러검출 데이터(16bit), 요청・수락데이터(14bit), STOP BIT(1bit)로 총 72비트로 구성 되며, 데이터 전송 속도는 36.5ms가 소요된다. 차후 기능 및 제어기의 추가로 발생하는 확장성 문제를 감안하여 데이터 송수신 프로토콜을 설정하였다.



<그림 34. 송신 데이터 비교 파형>

그림 34는 마이컴에서 출력된 데이터가 안테나에 실리는 파형을 비교 측정한 것으로 마이컴 출력파형이 반전되어 안테나에 실리는 모습을 볼 수 있다.



<그림 35. 제어기 OP AMP 입·출력 파형>

그림 35는 제어기 수신단의 OP AMP의 입·출력 파형을 비교 측정한 것으로 그림 34에서 반전되어 송신된 신호가 제어기 수신단의 비 반전 증폭기를 거쳐 메인 제어반의 마이컴에서 출력된 파형과 동일한 파형이 제어기의 마이컴에 수신된 모습을 확인 할 수 있다. 이와 같은 방식으로 제어기 에서도 72비트의 데이터를 메인제어반으로 송신 할 수 있다.

라. 결 론

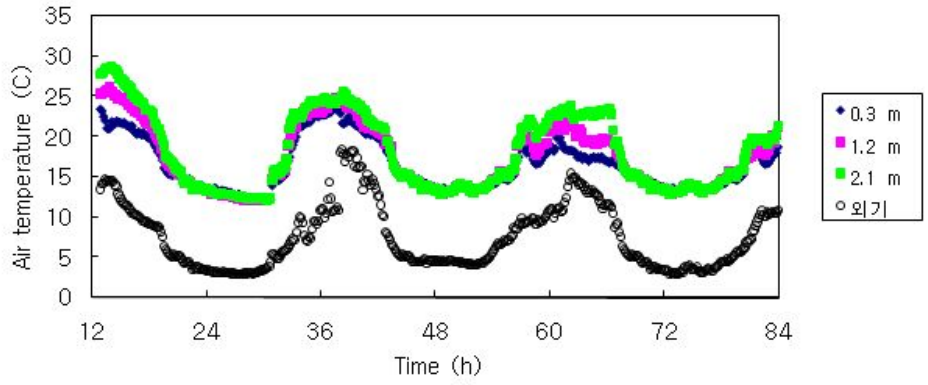
2년 연구기간 중 2년차에 해당한 이번 연구에서는 신안그린테크(주)에서 공급하는 공기교반기에 열전소자를 이용한 제습장치를 부착하고, 초음파 가습기를 접목한 상태에서 제어 컨트롤러를 사용하여 원거리에 설치되어 있는 제어기들의 동작상태 및 이상 유무를 메인 판넬에서 한눈에 확인하고, 가습-제습 복합기가 동작을 하지 않을 때 주변의 가습-제습 복합기들을 가동 할 수 있는 가습-제습 복합 동시 제어기를 설계하였다.

특히 본 동시 제어기는 상용 전원선을 제외한 일체의 케이블을 사용 하지 않고 RF 무선통신을 이용함으로서 기존 유선 통신 방법을 사용할 때의 신호 감쇄현상 및 신호 차단문제를 해결 하였고, 시공 시 수 킬로미터에 이르는 신호 케이블의 가격과 공사비를 절감 할 수 있어, 염가의 과습 방지 동시제어 시스템을 개발 할 수 있었다. 또한 가습-제습 복합기의 동시제어 시스템을 설계함으로서 제어기의 부분적인 이상 발생 시 시스템 자체적인 오류 진단 및 이상 발생에 대한 대처를 할 수 있었으며 그 효과가 기대된다.

4. 현장적용연구

(1) 시설 하우스 내의 온/습도 변화 분석

시설 하우스 내의 온/습도 변화를 분석하고자 전북대학교 실험농장에 설치된 단동 플라스틱하우스 내의 중앙부에서 지면으로부터 수직방향으로 각각 0.3 m, 1.2 m, 2.1 m 떨어진 지점에 온도와 습도 센서를 설치하였다. 온도 센서로서 Copper-constantan 열전대를 사용하였고, 습도센서로는 고분자박막식 센서(CHS-UPS, TDK)를 사용하였다. 각 센서로부터의 출력은 데이터로거(23X, Campbell Scientific Inc.)에 의해서 10분 간격으로 저장되었다.



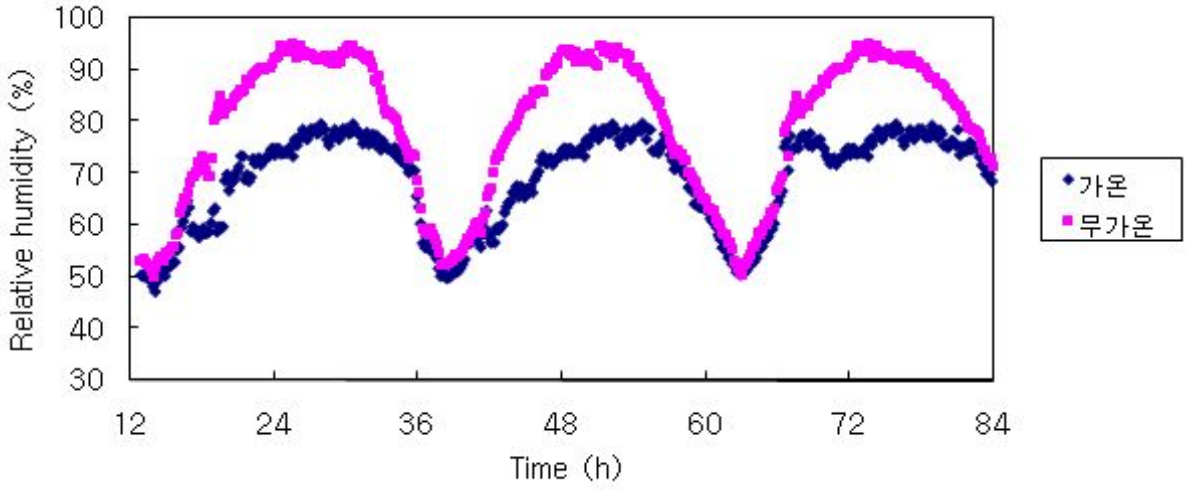
<그림 36. 플라스틱 하우스 내에서의 기온 변화 (2009. 3. 12 - 3.15)>

지면으로부터 수직방향으로 각각 0.3 m, 1.2 m, 2.1 m 떨어진 지점에서 측정된 실내 기온의 최고치는 각각 21.1~23.5℃, 21.6~26.2℃, 23.9~28.4℃로서 높이에 따라 다르게 나타났다(그림 21). 한편 같은 기간에 측정된 실내 기온의 최저치는 각각 12.~13.2℃, 12.1~13.2℃, 12.1~13.1℃로 거의 같게 나타났다.

지면으로부터 수직방향으로 1.2 m, 2.1 m 떨어진 지점에서 측정된 실내 상대습도를 가온과 무가온으로 구분하여 비교하였다. 주간에 상대습도는 47~65%이나, 무가온의 경우 일몰과 함께 상대습도가 올라가기 시작하였고 밤 10시 이후부터 익일 일출 무렵까지에는 90% 이상의 고습도가 나타났다(그림 2).

습도가 높게 유지될 경우 잿빛곰팡이를 비롯한 각종 곰팡이류가 번식할 가능성이 높으므로 적절한 제습 대책이 마련되어야 한다. 한편 가온을 실시할 경우 상대습도

는 58~78%로서 비교적 일정한 수준을 유지하였다. 단, 가온 초기에 상대습도가 내려가면서 54~58%로서 다소 낮게 나타나, 가온 과정에서의 적정 습도 유지에 유의할 필요가 있다.



<그림 37. 플라스틱 하우스 내에서의 상대습도 변화 (2009. 3. 12 - 3.15)>

(2) 작물의 생장에 미치는 습도 영향 분석

시설 내의 작물 생장에 미치는 상대습도의 영향은 여러 연구자들에 의해서 수행되었다. 본 연구에서는 온실 내에 적용 가능한 제습 및 가습 시스템 개발의 필요성을 제시하고자 플라스틱하우스 내에서 재배되는 과채류(오이, 수박) 작물의 생육에 미치는 상대습도의 영향을 조사하였다. 또한 주요 과채류의 시설재배에 발생하는 병해를 조사하였으며, 다습 및 저습 상태에서 작물에 발생하는 병해를 분석하였다.

① 시설 내 습도와 생육관계

오이의 잎은 커서 수확기에 도달하면 1주에 50~60매의 잎이 달리며 증산을 활발하게 한다. 노지재배의 경우는 습도를 제어하기에 불가능하지만 시설재배에서는 적절한 습도의 유지가 토양수분 관리 측면을 포함하여 오이의 생육에 중요한 환경 조건이 된다.

오이의 생육에 미치는 상대습도의 영향은 습도가 높을 경우 초장의 신장속도가 매우 빨라진다. 본 연구에서도 시설내의 습도환경은 주간에 50~60%를 나타내어 다

소 생육이 지연되었고 야간에는 포화상태에 노출되어 병 발생이 높은 조건을 이루었다. 또한 오이의 광합성 속도는 온도가 32℃ 이상이고 습도가 높을 경우 상승되며 온도가 25℃일 경우에는 습도가 약 70%까지 최대로 이루어지고 그보다 습도가 낮거나 높을 경우는 억제되었다.

광합성에 미치는 온도의 영향은 28~33℃에서 최대를 이루며 광합성속도를 높게 하기 위해서는 온도관리를 포함하여 습도를 70%이상으로 유지시켜 주는 것이 효과적일 것이다.

상대습도가 낮으면 체내수분이 부족해지고 광합성 기능이 저하된다. 이러한 환경요인은 잎의 노화가 빠르게 진행될 뿐만 아니라 곡과의 발생이 많아지고 수량이 저하된다. 더구나 오전중의 광합성이 왕성한 시간대에 시설 내 환경을 습도가 높게 유지될 경우에는 잎이 노화되지 않도록 관리를 행할 필요가 있다.

② 시설의 종류와 습도환경

유리온실은 오이재배에 있어서 매우 불리할 수 있다. 이는 유리온실에서 광투과가 양호하여 기온이 상승되면서 환기회수가 늘어나고 이로 인하여 온실 내 습도가 저하될 수 있기 때문이다.

계절적으로 보면 겨울에서 봄까지의 시설재배 작형은 온도제어를 중심으로 재배관리를 하다가 환기를 실시해야 하나 외기의 습도가 낮기 때문에 시설 내에서도 습도가 낮아지게 된다.

최근 플라스틱 필름의 수명이 길고 생력적인 MMA(아크릴판)이나 경질필름(폴리에스테르 수지)을 피복한 시설이 증가하고 있는데 광투과가 양호한 피복재를 이용할 경우에는 습도관리에 특별히 주의해야 한다.

③ 시설내 습도의 관리

시설 내에서의 습도는 기온과 정반대의 일변화를 보인다. 즉, 야간부터 익일 일출까지 습도가 높게 유지되고, 반대로 정오부터 오후 2시경에 최저수준으로 떨어진다. 오이 생육에 적당한 습도를 유지하는 방법은다음과 같다.

첫째, 통로에 살수를 한다. 시설 내에서 하루 중 증발산량은 여름에 4~5 mm, 겨울에 1 mm이다. 이것을 10a의 포장면적으로 시설에 환산하면 동계에서는 1,000 L

의 물을 수증기로 발산시키는 결과가 된다. 그러므로 오이 식물체에 대한 관수이외에 시설내의 살수가 필요해진다. 관수튜브를 통로나 두둑간에 설치하여 오전 중 시설 내 온도가 높게 유지될 때에 살수 해 준다.

둘째, 습도를 적정 수준으로 유지하고자 환경을 제어한다. 시설의 환경제어는 오이 생육을 포함하여 우선적으로 온도를 제어하지만 이때 시설내의 온도가 32℃에 이를 때까지 습도를 70~90%로 관리하고 32℃ 이상으로 올라가면 천창을 열어 환기시킨다. 겨울철에도 습도를 80~85%로 유지해 주어야 한다(千葉農試 1982). 12~2월의 외기온도가 낮아지는 시기에는 온도관리를 높게 하기위해 환기회수를 최소화하고, 오전 중에 밀폐하는 것이 습도유지에 효과적이다.

셋째, 세무장치를 이동하여 가습을 실시한다. 고정 또는 이동식의 세무노즐을 시설내에 설치하고 맑은 날 낮 동안에 적극적으로 가습을 행한다. 습도가 낮은 유리온실에서 세무가습을 실시한 효과를 살펴보면 분무개시 온도를 26℃, 천창개방온도를 28℃로 설정하면 습도는 약 30% 이상으로 높아지고 수량이 30%정도 증수되었다. 세무를 통한 가습은 식물체의 생장에 유익함과 동시에 습도를 상승시키는데 유리하다. 노즐을 5~10 ㎛로 가압하여 엽면까지의 거리를 60 cm이상으로 간격을 유지하므로서 장시간 분무시 입자가 상호 접촉될 수 있도록 한다. 본 연구에 사용된 열전소자를 이용한 제습-팬은 99 m2당 1개 설치시 충분한 제습효과를 확보할 수 있으므로 적당한 습도유지에 효과적일 것으로 판단된다.

넷째, 적절한 습도 유지로 시설 내의 병해를 관리한다. 습도가 높은 환경조건은 오이의 생육에 적합한 환경임과 동시에 병해의 발생조건이기도 하며 병원균에도 적합한 환경이 된다. 노균병, 반점세균병 등 다습성 병해는 잎에 물방울이 있어 포자가 발아할 때 침입 발병한다. 엽면에서 머무르는 시간대는 노균병이 2~3시간, 반점세균병은 5~6시간을 필요로 한다. 열전소자를 이용한 제습팬을 시설내에 설치하고 야간동안에 작동시켰을 때 제습효과가 탁월하여 노균병의 발병율을 최소화 하는데도 성공하였으나 건조로 인한 흰가루병의 발병이 많았다. 다습조건하에서 병해의 발생을 억제시키는 습도관리방안을 구체적으로 기술하자면 먼저 환기를 통한 습도관리와 난방기의 이용, 흡습성 자재의 이용, 제습기를 통한 습도조절 방법이 있다.

전반적으로 오이재배 습도 관리 기술은 생육 촉진과 병해 발생이라는 장점과 단점을 모두 지니고 있다. 그러므로 시설 내 오이의 수량과 관련하여 재배관리 측면

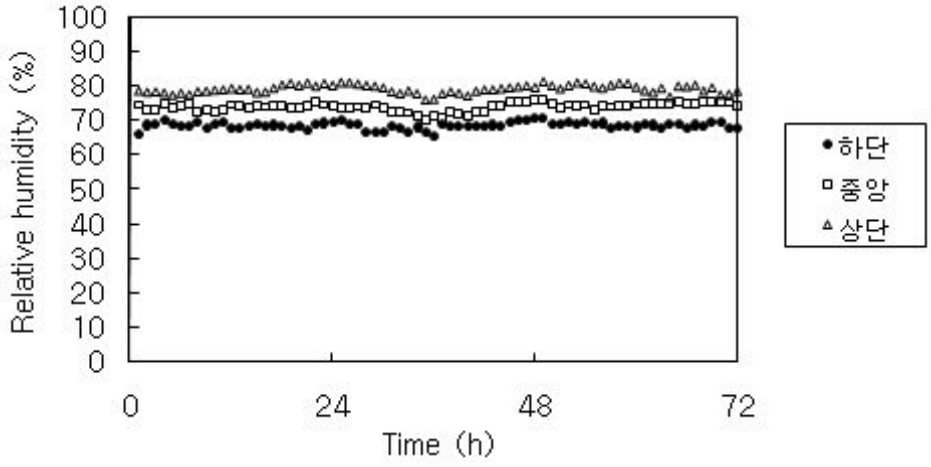
에서 습도의 영향을 검토하고 실제 환경에 적합한 관리 방식을 행해야 할 것이다.

④ 온실 내의 가습 및 제습량 분석

폭과 길이가 각각 6.6 m, 50 m인 플라스틱하우스(동고 2.5 m, 측고 1.4 m)의 체적은 약 643 m3이다. 야간의 기온과 상대습도를 각각 12.1℃, 95%로 가정하고 습공기선도를 이용할 경우 하우스 내의 비체적과 절대습도는 각각 0.813 m3/kg 0.008344 kg/kg'이다.

이 경우 하우스 내 공기의 질량 = 체적/비체적 = 643/0.813 ≒790.9 kg이다. 기온을 12.1℃로 유지하고, 습도를 70%로 낮출 경우 절대습도는 0.006126 kg/kg'이다. 그러므로 제습장치에 의해서 제습될 수증기는 790.9(0.008344-0.006126) = 1.75kg이다.

한편 가온에 의해서 하우스내의 습도가 많이 저하될 경우 가습을 필요로 한다. 난방을 개시할 무렵의 기온과 상대습도를 각각 14℃, 72%라고 가정할 때 비체적과 절대습도는 각각 0.820 m3/kg 0.006946 kg/kg'이다. 이 경우 하우스 내의 공기 질량은 643/0.820 = 784.1 kg이다. 가온으로 인하여 습도가 54%로 저하될 경우 절대습도가 0.005345 kg/kg'이므로 70%의 습도 유지에 필요한 가습량은 784.1(0.006946-0.005345) = 1.26 kg이다.



<그림 38. Walk-in 챔버 내의 상대습도 분포>

상단, 중앙 및 하단에서의 평균 상대습도는 각각 79.1%, 74.2%, 68.8%로 나타났다. 중앙부에서의 습도는 목표치와 거의 유사하게 나타났으나, 상단부와 하단부에서의

습도는 설정값에 비해서 각각 4.1%, 6.2%의 차이가 나타났다. 향후 가습 및 제습 시스템의 성능을 평가하기 위해서 현재 수준보다 정확도가 높은 습도제어 시스템의 보완이 필요할 것으로 판단된다.

⑤ 시제품에 대한 전북대 가습/제습 성능 검사

가. 가습 성능 시험 조건

1) 항온항습챔버 환경설정
   - 온도 : 35℃
   - 습도 : 50%
   - 예비운전 : 12시간 운전
   - 온습도 허용범위 유지 확인 (35℃ ±0.5℃, 50% ±3%)
2) 가습 및 제습기 설치/설정
   - 가습모드 설정/물통(20L)설치
   - 예비운전 : 가습기의 내부에 물이 들어가 가습이 되는 것을 확인 후 물통의 수위를 20L에 맞춤
3) 성능 검사
   - 운용 시간 : 14시간
   - 운용시간 후 물통의 남은 잔량을 검사 운용 시간 중 사용량 검사

나. 제습 성능 시험 조건

1) 항온항습챔버 환경설정
   - 온도 : 35℃
   - 습도 : 90%
   - 예비 운전 : 12시간 운전
   - 온습도 허용범위 유지 확인 (35℃ ±0.5℃, 90% ±3%)
2) 가습 및 제습기 설치/설정
   - 제습모드 설정/비이커(2L) 설치
3) 성능 검사
   - 운용시간 : 6시간
   - 운용시간 후 물통의 물량을 측정 운용 시간 중 제습량 검사/주요부분 온도측정

다. 가습 성능 결과

- 실 운용 환경 : 온도(35℃ ±0.5℃), 습도(50%~60%) ±3%
- 성능 실험 시간 : 14H

- 총 소요 물량 : 6400㎖
- 가습량 : 7.62㎖/min

라. 제습 성능 결과

- 실 운용 환경 : 온도(35℃ ±0.5℃), 습도(90% ±3%)
- 성능 실험 시간 : 6H
- 비이커 물량 : 80㎖
- 제습량 : 0.22㎖/min

마. 제습모드 설정 시 주요부분 온도 측정 결과

<표 14. 제습 모드 설정 시 온도 측정 결과>

항목	측정 온도(℃)			평균온도
	1	2	3	
챔버내 (송풍기상단)	34.3	35	34.9	34.73
출구측 (냉각핀 앞)	29.8	31.1	30.9	30.60
방열판온도 (IC쿨러위)	44.2	44.4	44.8	44.47
냉각핀온도	24.5	24.7	24.1	24.43

* 상기 측정은 온도35℃, 습도90%인 챔버 환경에서 6시간 후 진행함.

- 송풍기 상단의 공기 온도와 냉각핀 토출구 측의 습공기 온도차가 약4도 정도로 나타남. (습공기선도 상에서 보면 35℃에서 90%에서 30℃로 변할 경우, Moisture Contents kg/Dry Air kg를 볼 때, 약0.016kg/kg을 이론적으로 제습할 수 있음.)
- 냉각핀의 온도는 24.43으로 송풍기 윗측의 습공기온도보다 약 10도차를 보임.
- 상기 데이터를 볼 때 제습량을 늘리려면, 일차적으로 현냉각핀 접촉면적을 많이 늘려야 하므로, 냉각핀의 수를 늘리고(핀 간격 조정 필요) 이에 따른 풍속 및 풍량을 증가 시켜제습량을 늘려야 할 것을 판담됨.

- 전체 시스템을 볼 때 구조적으로 단순화 하고 가습 및 제습의 물통이 원형으로 사방으로 공기가 나갈수 있는 것이 유리 할 것으로 판단되며, 토출구 바로 전단 위치에 초음파 진동자를 원형으로 위치 시키는 것이 보다 많은 가습량을 가져올 수 있으며, 공기가 물통의 물을 통과하는 단면적을 넓히는 것 또한 가습량에 증대에 도움이 될 것으로 판단됨.

⑥ 시제품에 대한 2차 전북대 가습/제습 성능 검사

1. 가습 성능 실험 방법

가. 가습 성능

- 항온 항습 챔버를 이용
- 3수준(35℃, 24℃, 10℃)의 온도, 습도 50%에 대하여 14시간 가습 성능을 측정

나. 실험 절차

- 항온 항습 챔버를 각 수준에 맞게 12시간 전에 가동 (준비운전)
- 제어오차 범위 (±0.5℃, ±3%) 확인
- 가습기 가동 14h 후 가습된 물의 양을 확인
  (단, 가습된 물의 양 = 공급된 물의 양 - 가습기에 남은 물의 양)

2. 제습 성능 실험 방법

가. 제습 성능

- 항온 항습 챔버를 이용
- 3수준(35℃, 24℃, 10℃)의 온도, 습도 90%에 대하여 6시간 제습 성능을 측정

나. 실험 절차

- 항온 항습 챔버를 각 수준에 맞게 12시간 전에 가동(준비운전)
- 제어오차 범위 (±0.5℃, ±3%) 확인
- 제습기 가동 6h 후 제습된 물의 양을 확인

3. 가습·제습 성능 실험 결과

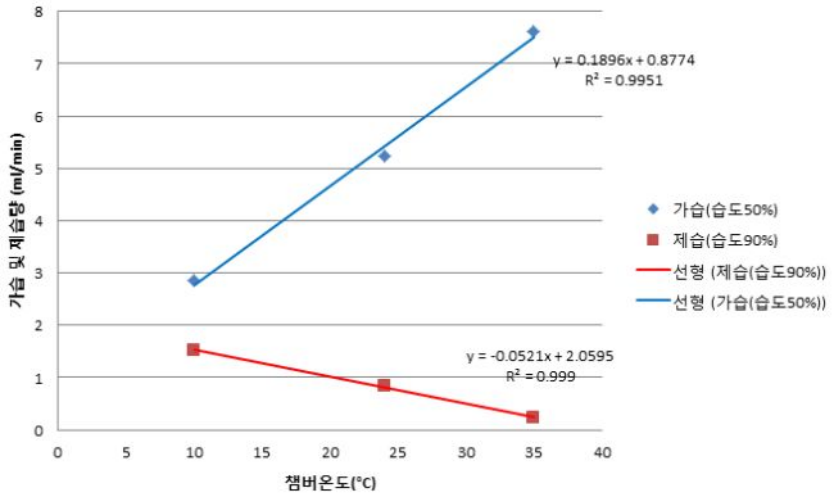
가. 실험 결과

표 21. 온도에 따른 가습 및 제습량 (단위: $ml \cdot min^{-1}$)

챔버온도	35℃	24℃	10℃
가습량 (습도 50%)	7.62	5.24	2.86
제습량 (습도 90%)	0.22	0.83	1.53

나. 결과 분석

- 가습량은 동일 상대습도(50%)에서 온도가 올라갈수록 증가했음.
- 제습량은 동일 상대습도(90%)에서 온도가 올라갈수록 감소했음.
- 증가 및 감소 추세는 아래 그림의 추세식과 같은 선형성을 지님.
  (표 1.과 그림 1. 참조)



< 그림 온도에 따른 가습 및 제습량 변화 >

다. 향후 필요 사항

- 외기 습도에 따른 추가 실험을 통한 평가가 필요(예 30%, 50%, 70%)
- 가습을 위한 물의 공급을 개폐하는 솔레노이드 벨브의 압력사양을 다소 올릴 필요가 있음(개폐에 오류가 있었음).
- 초음파 가습이므로 초음파 진동자위의 적정 수위 유지 필요.

(3) 오이 작물 적용 시험

가. 서 언

오이는 우리의 식탁을 풍성하게 하는 주요 작물로 국내 재배되고 있는 과채류 중 제일 수출경쟁력이 높고 국민 1인당 채소권장 섭취량의 10%인 9.8Kg를 차지할 정도로 소비량이 많은데 주로 생식, 소박이김치, 초절임, 냉면, 셀러드 등으로 쓰여지며 피부미용제로서도 소비량이 많고 특히 등산시에 필수품으로 자리를 잡아가고 있다. 오이는 채소류 중 고소득 작물로 인식되어 오고 있으며 그 재배면적은 2003년 현재 6,969ha이고 이중 시설재배면적은 5,494ha로 전체 재배면적의 80% 이상의 시

설에서 재배되고 있는 실정이다. 더구나 시설재배가 보편화됨에 따라 재배기술 및 재배형태도 다양화되어 촉성재배에서부터 억제재배에 이르기까지 연중재배가 이루어지고 있으며 가격형성이 유리하면 연장재배도 하고 있는 실정이다.

그러나 시설재배가 특성상 연작재배가 불가피하고 물리적으로 시설내에 필요 이상의 고온이 되거나 다습한 환경들이 조장이 되고 이슬이 맺혀 있는 기간이 길어 여러 가지 병들이 발생하기 쉬운 환경을 만든다. 기존에 노지재배에서는 문제되지 않았던 병들인 잿빛곰팡이병, 균핵병, 흰가루병, 덩굴마름병 등 17종이상의 병이 발생되고 있으며 최근에는 신종 병인 오이갈색무늬병이 시설내에서 많이 발생하여 큰 피해를 가져오게 되었다.

따라서 고품질의 오이를 생산하기 위해서는 시설환경 요인과 관련하여 오이의 생육 특성을 잘 알고, 앞으로 어떻게 자랄지 예측해야 한다. 특히 시설재배에서는 일조부족, 저온, 수분조건 등의 급격한 변화가 나타나기 쉽기 때문에 이 같은 환경조건의 제어를 통한 관리가 중요한 관건이라고 생각된다. 오이재배시 온도환경은 원산지가 히말라야 산기슭으로 비교적 시원한 온도조건을 좋아하지만 온도교차에는 매우 민감한 반응을 보인다. 특히 겨울에는 저온, 여름에는 고온에 대한 적극적인 대처가 필요하다. 생육적온은 낮 22~28℃, 밤 15~18℃이며 밤과 낮의 온도차이는 7~10℃ 내외가 적당하다. 35℃이상에서는 고온장해가 일어나고, 7~8℃ 이하가 되면 생육이 정지된다. 수광 환경의 경우 광 포화점은 40~50klux 정도이며, 광 보상점은 1klux 정도로 비교적 약한 광선에서도 생육은 잘 되는 편이나, 시설재배시에는 광량이 문제가 된다. 특히 저온기 시설재배시 햇빛량 너무 약하면 과실 자람이 늦고 곁가지의 발생이 감소하며, 기형과의 발생이 증가하기 때문에 햇빛이 부족은 수량과 품질에 영향을 끼친다. 그러므로 시설재배시 품질과 수량을 높이기 위해서는 광 환경 개선에 노력해야 한다. 특히 하루 중 광합성에 의한 동화 건물량의 60~70%가 오전 중에 생산되므로 오전에 햇빛이 잘 들어오도록 하는 것이 매우 중요하다. 또한 파장은 광합성과 생장, 형태형성, 꽃의 분화 등에 연관이 있기 때문에 일장과 묘령에 주의를 기울일 필요가 있다. 오이는 자웅동주식물로서 다다기성이 아닌 품종의 경우 저온단일조건에서 암꽃의 착생비율이 높아지고, 고온장일에서는 수꽃 맺히는 비율이 높아진다.

대기환경 중 상대습도는 증산작용을 통해 오이의 생리에 영향을 미치는데 일반적

으로 상대습도가 너무 낮으면 잎, 줄기, 과실의 생장이 억제되고 흰가루병이 많이 발생한다. 반대로 너무 높으면 덩굴이 웃자라고 병해의 발생이 많다.

본 연구는 환경제어가 가장 어려운 공중습도를 조절하기 위한 노력으로 - 수출지향형 농업용 가습-제습 복합제어 시스템 개발 - 을 위해 실시하였다.

나. 연구사

오이 재배는 대부분 시설 내에서 이루어지는데, 시설내 습도의 높고 낮음은 오이의 생육과 수량성은 물론 병해충의 발생 등과 매우 밀접하게 관련이 있으므로 시설내 습도환경의 특성을 잘 이해하고 오이의 생육상황에 적합한 습도관리가 매우 중요하다. 오이는 습도가 다소 높은 곳에서 생육이 왕성하지만 장기간 습한 상태에서 재배하게 되면 병 발생이 많아지고 증산량의 감소에 따른 양분흡수가 영향을 받아 양분의 이동, 특히 칼슘의 이동이 억제되어 생장점 부근에서 칼슘결핍증이 발생하는 등 생리장해가 나타난다. 반대로 습도가 너무 낮으면 측지발생이 나쁘고 줄기와 과실 자람이 지연되어 수량이 현저하게 저하하며, 흰가루병이 심하게 발생한다.

오이재배시설내 습도환경은 공기중 수증기량의 많고 적음은 토양속의 수분함량, 비닐 멀칭의 유무, 식물체의 증산량(대사 기능의 대소, 식물체의 크기), 환기 정도 등에 따라 크게 달라진다. 하우스내 습도는 낮에는 40~60%, 밤에는 90~100%가 된다. 하우스내 오이 생육에 알맞은 공기습도는 다른 요인과 관련이 깊으므로 한마디로 표현하기가 어렵다. 구례지방의 광폭형 3중 비닐 하우스에서 맑은 날 하우스 내 온 · 습도 변화는 1월 하순경 10시 30분 경부터 환기를 함에 따라 낮의 습도는 1월 하순 46~55%, 2월 하순 56~62%, 3월 하순 49~59%로 낮아지며, 야간습도는 1~3월 모두 거의 포화상태인 98~99%이다. 즉 낮동안은 습도가 오이자람에 20%정도

낮고, 야간에는 병 발생에 적합한 습도조건에서 12시간이상 노출되어 병발생에 좋은 조건을 이루고 있는 실정이다.

하우스내 습도조절 대책으로는 관수량 제한과 플라스틱 필름으로 멀칭하여 토양으로 부터의 증발을 억제시키며, 짚 멀칭으로 공기 중의 수증기를 흡습시켜 습도를 낮추거나 부직포, 볏짚, 왕겨 등 흡습성 자재를 피복하여 안개발생을 억제하는 등의 방법이 있다. 난방기를 이용하여 실온을 높이면 상대습도가 저하되어 작물 잎 위에 물방울이 생기는 것을 방지할 수 있고, 또한 한밤중에 난방기의 송풍기를 이용한 강제공기 순환으로 잎에 생기는 물방울을 방지하는 경우, 다습에 의한 병 발생을 크게 경감할 수 있다. 그러나 이 경우 비용이 증가하고 작물의 생육에 적합한 온도관리가 어려운 문제점이 있다. 오이에 발생되는 병원균과 습도와의 관계는 대체적으로 시설재배지에서 발생하는 노균병, 덩굴마름병, 잿빛곰팡이병, 검은별무늬병, 흰가루병 등의 곰팡이성 병해와 세균성 병해는 95%이상의 습도조건에서 7시간 이상 경과되면 분생포자각 발아하여 이병이 활발히 이루어지고 있는 것으로 알려져 있다. 시설재배포장 내에서 병의 발생은 주로 야간에 이루어지고 병 발생에 관여하는 온도조건은 대체적으로 시설채소작물의 생육온도 범위인 15~25℃내에 있으므로 병의 발생을 줄이기 위해서는 온도관리보다는 병에의 확산에 직접적인 영향을 하는 습도의 제어가 필요하다. 하지만 저온기의 습도 제어는 연로비등 비용의 증가가 수반되므로 효율적인 제습을 위한 기술개발이 필요하다. 주요 병원균의 형성과 발병환경관련 연구 수행 내용은 다음과 같다.

첫째, 노균병은 포자형성과정에 미치는 외적요인으로는 습도, 온도, 광선등이 보고 되고 있다. 분생포자가 발아하는데는 반드시 물방울이 있어야 한다 비록 공중습도가 100%라해도 응결수가 없으면 전혀 발아하지 못한다. 발아적온은 21~24℃이고 (Doran, 1932 ; Iwata, 1952) 분생포자의 생존기간은 물방울속에서는 5~17℃에서 20~30일 간이고 27℃에서는 5~10일간으로 짧아진다. 그러나 공중습도가 100%라해도 물방울이 없으면 72시간경과후 죽어버린다.

노균병은 고습도하에서 발생하는 병으로 잎 표면에 이슬방울이 머무는 시간이 병발생의 결정적인 요인이다. 비록 병원균이 있고 온도가 적당하다 할지라도 최소한 5~6

시간의 결로 기간이 주어지지 않는 한 병이 발생하지 않는다. 따라서 시설내의 습도를 낮추는 것이 병 방제에 있어서 가장 중요하다. 최근의 시설재배는 한겨울에도 이루어지고 있으며 특히 연료비 때문에 2중, 3중의 필름을 피복 밀폐시키게 된다. 이 경우 낮 동안에 온도가 올라가기 때문에 공중습도가 낮아지지만 밤사이에는 외부저온에 의해 이슬이 맺히고, 실온이 낮아짐에 따라 상대적으로 공중습도가 낮아지기 때문에 결로 현상이 더욱 증가되어 병발생에 좋은 조건이 된다.

둘째, 흰가루병은 분생포자의 형성을 보면 병반상의 포복균사에서 분지한 분생자경이 8~10시간에 거쳐 신장한 후 2~4시간마다 분생자경 또는 그 바로 위의 세포에 격막 형성이 되풀이되어 연쇄상으로 형성된다. 일반적으로 24시간이 경과하면 분생자경 상에는 5~7개의 포자를 상쇄하게 된다. 분생포자 형성과 온도와 관계는 20~30℃에서 형성이 많다. 습도와의 관계는 대체로 80%이상의 높은곳에서 포자의 형성이 양호하다.

셋째, 덩굴마름병은 20~28℃에서 발생이 가장 빨리 일어난다. 그러나 감염에 영향하는 가장 중요한 인자는 식물표면이 젖어있는 시간의 길이이다. 덩굴마름병은 잎을 습도 65%에 보존하면 거의 감염되지 않으나 95%에서는 좀더 많이 감염되고 95잎 표

면이 항상 젖어 있을 때 가장 심하게 감염된다.

넷째, 검은별무늬병의 병원균은 13~28℃에 걸쳐 72시간이 지나야 발아율이 높아지지만 발아관의 신장이 좋지 않다. 공중습도와의 관계를 보면 오이 착즙액에는 포자의 발아를 촉진시키는 효소가 있으며, 공중습도가 100%라 해도 물방울이 없으면 발아율이 낮아서, 90%의 공중습도에서도 겨우 0.4% 밖에 발아하지 않는다. 또 포자발아에 있어서 공중습도의 한계는 85~90%라 보고 있다. 따라서 병원균의 포자가 발아하여 오이에 침입할려면 물방울이나 수막이 있어야 하고 85~90%의 공중습도에서는 병원균이 오이에 침입하지 못한다고 볼 수 있다.

<표 15. 오이 검은별무의병 분생포자의 발아와 습도와의 관계>

부유액의 종 류	공중습도에 따른 발아율(%)							포자분무액을 분무한 후 건조시키지 않음	포자부유액을 떨어뜨린다음 100%에 처리
	60	70	80	85	90	95	100		
증류수	0.0	0.0	0.0	1.5	0.4	0.6	1.0	5.6	14.0
오이잎의 착즙액	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.1	2.0	42.9	99.5

다섯째, 잿빛곰팡이병은 분생포자의 형성 최적온도는 15~20℃이다. 그러나 이병의

발생에는 온도보다 습도의 영향이 크다. 특히 난방시설이 없고 보온을 위해 밀폐시킨 12월부터 이듬해 4월까지의 다습하우스에서 피해가 크다. 시설 재배시 발생되는 병해의 방제 착안점으로 시설내부는 외계와 단절되어 있기 때문에 비는 내리지 않지만 습기에 잠겨 오히려 다습하기 쉽다. 겨울철 저온기에는 더더욱 다습하기 쉬워 잿빛곰팡이병, 균핵병, 노균병, 세균성점무늬병, 검은별무늬병 등 여러 가지 병들이 발생한다. 이런한 병해의 발생을 줄이기 위해서는 환경적인 요인에서 시설내 공중습도를 제어해 주는 방법이 있다. 지금까지는 공중습도를 낮추기 위해서 시설내 이랑에 볏짚이나 왕겨등을 깔아 습도를 제어하였으나 이러한 방법들은 재료를 수시로 교환해주어야 하는 번거로움과 재료의 제한에 의해 사용상 많은 문제를 수반하고 있어 실용화되지 못하고 있다. 따라서 최근에는 첨단 기기를 이용한 습도제어 장치들이 개발되고 있으므로 이의 실용화 연구가 필요하다.

오이는 비가 오는 시기에도 생육하는 원산지의 습성에서도 알 수 있듯이 공중습도는 중요한 생육환경 조건의 하나이다. 특히 건조에 민감하고, 공중습도가 너무 낮으면 잎과 줄기의 생육이나 과실의 비대가 현저히 억제된다. 오이의 경우 유리온실보다 비닐하우스에서 재배한 것이 품질이 더 좋은 것은 오이에 있어서 광이나 온도 이외에 습도환경의 중요성을 잘 말해주고 있다.

시설내에서 야간동안은 환기가 극히 제한적으로 이루어지기 때문에 환기불량으로 인한 습도의 증가는 식물의 생장과 발달 및 병의 다발과 수확량에 영향을 미치게 되며 대기의 습도와 기공 저하 공극간의 vapor density gradient의 감소로 인한 증산의 저하와 이에 따른 수분 흡수의 제한이이루어 진다. 수분 흡수의 저하는 증산류(transpiration stream)에 의해서 흡수되는 원소, 특히 Ca의 흡수에 영향을 줄 가

능성이 있다.

다양한 공중습도 조건에서 식물체내 Ca의 흡수와 이동은 식물체의 기능유지에 아주 필수적이다. Ca은 식물체내에서 이동이 어려운 원소이고 토양내의 함량보다는 환경의 문제 즉 다습, 건조, 토양의 산도 및 물리성 등에 의해서 흡수가 조절되므로 결핍 증상이 쉽게 초래된다. Ca은 특히 식물막의 단백질과 lipidrks의 physical strength를 유지토록 하는 원소이며 따라서 Ca이 결핍되면 식물막의 흡수 기능이 저하되고 결국은 생장하고 있는 부근의 세포들이 심각하게 결핍증상을 나타내게 된다. 전형적인 Ca 결핍 증상으로는 상추와 딸기의 'tip-burn' 현상, 토마토와 고추의 '배꼽석음병', cauliflower와 celery 등의 '심부병'과 사과의 경우 열매의 표면 전체에 걸쳐 작고 갈색인 괴사반점이 점점 퍼지는 '고두병' 등이 있다.

토마토에 있어서 지속적인 다습조건일 경우 Ca의 결핍과 부차적으로 엽면적이 감소하였으며 초기 수확량은 다습조건에서 증가하였으나 마지막 수확량은 오히려 감소하였으며 과실 무게와 저장 기간도 다습조건에서 감소하였다. 벼와 green panic에서는 습도를 4주 동안 처리하였던 바, 상대습도 35% 보다 85%에서 엽면적과 총 건물중이 높다고 하였고, 10여종의 화훼류에 습도처리를 저·중·고로 나누어 처리한 결과 대부분 다습조건에서 신선중, 엽수, 경장이 증가하였으나 건물중은 영향을 받지 않았다. 또한 무기양분에 있어서도 토마토에 여러 가지 습도처리를 한 결과 야간 과습 처리는 엽내의 N의 함량은 영향을 받지 않은 반면 Ca, Mg, P 및 k의 함량이 낮았으며, 주·야간 지속적인 다습처리는 Ca와 K의 함량이 낮았다. 베고니아와 세인트포리아는 다습조건에서 K와 Ca의 함량이 낮았으며 야간습도 처리구에서 과실내의 Ca 함량이 높았다.

일본의 경우 시설내 습도환경에 따른 오이 생육정도와의 관련성은 재배시설 하우스안의 습도를 일시적으로 조사한 결과에 따르면 상대습도는 80~90%이지만 식물체는 70~85%까지 적당하였고 극단적인 건조나 과습상태는 생육에 부적당하다는 보고(五島 1981)가 있으며 반면에 90% 이상의 고습도는 증산의 억제로 생육저해와 관련한 요인 등 복잡하다.

습도는 중요한 시설환경요인이라는 보고가 많았으나 습도제어에 관한 연구는 최근에 까지 환경설정에 대한 어려움이나 제현성의 문제에 수반하여 미해결의 분야로 남아있다.

주간의 경우 작물의 생육은 특히 광합성 속도에 있어서 오이는 상대습도 90%정도이며 토마토는 오이보다 약간 낮은 80% 정도가 최적이다(葉木 等 1985, 藤井 等 1995). 습도가 높은 조건은 증산이 억제되었으나 오히려 광합성은 약간 촉진되었고 생육도 증진되었다. 오이, 멜론 등의 과채류의 수량도 습도가 높은 환경하에서 증수되었고 품질도 양호하였다. 또한 접목묘나 배양묘의 생육 활착에 있어서도 높은 습도조건에서 양호하였다. 습도와 병해발생과의 관련성은 오이, 토마토등의 흰가루병은 건조상태에서 피해가 크게 나타나는 경향이 인정되었고 회색곰팡이병, 노균병, 반점세균병등의 잎곰팡이 등 병해는 습도가 높을때 결로시간이 길수록 습윤상태에서 발생이 잘 이루어져 병해 회피 측면에서 습도환경의 조절이 중요시 되었다.

과습 장해대책으로서 직접적인 제습방법이 검토되었는데 즉, 환기팬, 건조제, 에어콘이나 히트펌프등의 제습 기기를 이용한 방식이 시도되고 있다. 습윤과 건조를 혼합하여 실시된 시험에서는 잎의 기공이 열리는 정도나 광합성 속도가 연동하는 현상은 인정되었지만 생육과의 관련성에 있어서는 금후 세밀한 시험이 이루어져야 한다.

(1) 억제재배시 시설내 습도환경과 병해발생

2차 석유파동후 생에너지 대책 기술의 개발에 따라 시설의 보온성은 비약적으로 향상되었지만 시설내의 습도환경은 오히려 악화되어 병해가 다 발생하고 방제를 위한 약제사용도 증가되고 있는 실정이다.

작물의 생산성을 향상기키기 위해서는 병해 발생을 방지하는 것이 매우 중요하며, 그 때문에 시설 내 습도환경을 개선하는 것이 중요하다.

습도환경의 개선에는 제습(除濕)과 가습(加濕)의 양면성이 있으며, 제습에 대해서는 제습기의 이용이 있지만 초기비용 · 운영비(running cost)에 문제가 있어 고수익성 작물의 도입에 한정되며 채소 등에서는 거의 도입되고 있지 않는 실정이다. 제습의 필요성을 인식하고 있는 농가에서는 습도상승을 억제시키기 위해 일찍 보온커튼을 열거나 천창 등의 환기를 이용하여 시설내 습도를 낮추는 조작을 행하고 있다. 그러나 이들 대부분은 많은 노력이 소요되므로 생력 관점에서 문제가 많다. 또한 가습에 대해서는 관수, 살수, 분무 등의 수단에 대하여 어느 정도 확립되어 있기는 하지만, 최적으로 제어하려면 방법, 장치 등이 충분히 확립되어 있지 않아 역시 매

우 많은 노력이 소요된다. 21세기 시설원예에 있어서도 습도제어는 작물의 생육, 병해 발생 등과 관련하여 중요한 요소라고 생각된다.

오이재배시설내 공기중의 수증기량이 많고 적음은 토양중의 수분함량, 비닐멀칭의 유무, 야간의 식물체의 호흡률, 환기정도에 따라 달라진다. 맑은 날 24시간 온습도의 변화를 측정한 결과(그림 1), 일몰후 오후 5시부터 시설내 야간습도가 서서히 증가하다가 17시부터 다음날 오전 09시까지 98~99%로 거의 포화상태에 가깝게 유지된다. 또한 10시경부터 환기를 실시함에 따라 습도는 50~60%로 낮아지지만 결국 낮동안은 오이자람이 다소 지연되고 야간에는 병 발생에 적합한 습도조건에서 10시간이상 노출되어 발병에 아주 좋은 조건이 된다.

농촌진흥청 농업과학기술대전에 따르면 오이시설재배에서 방제하기 어려워서 문제가 되는 주요 병해로는 노균병, 흰가루병, 잿빛곰팡이병, 검은별무늬병 등이다.

첫째, 노균병의 발생환경은 잎이 젖어 있던가 또는 95%이상의 고습도에서만 발병이 가능하며 습도가 85%이하일 경우는 전연 발병하지 않는다. 겨울철 동안 시설재배의 경우는 2~3중의 비닐피복에 의하여 실내습도가 높아질 뿐만 아니라 투광량이 부족하여 식물체가 연약하게 자라므로 노균병에 대한 저항력이 떨어져 병 발생이 상대적으로 많아진다. 특히 무가온 재배에서 유도되기 쉬운 고습도 상태에서는 발생이 심해진다.

노균병은 15~28℃ 온도범위에서 습도가 95%이상 되지 않도록 관리하는 것이 방제의 지름길이라 할 수 있다.

노균병은 새로 나온 잎이나 상위엽은 중위엽에 비하여 발병이 없거나 적으며 노화되어 경화된 하위잎에서의 발병도 적다. 이것은 잎의 질소량이나 탄수화물(당)함

량의 차이에서 비롯된 것으로 상위엽에서는 광합성이 활발하여 질소나 당함량이 그만큼 높기 때문에 노균병의 발생이 억제된다. 노균병의 예방을 위해서는 충분한 시비가 필수적이고 식물체의 왕성한 생육을 유도하는 것이 바람직하다.

따라서 방제방법은 강한 품종을 골라 심는 것과 식물체에 충분히 시비하여 생육후기까지 왕성한 생육을 유도하는 것이 대단히 중요하다. 생육중기에 비료기가 떨어질 경우는 추비를 하든가 질소와 그루코스(당)를 혼합하여 엽면시용하는 것이 바람직하다.

이병성 품종을 심으면 노균병의 진전이 급격해져 병원균의 증식이 빠르며 그만큼 병발생도 많고 수량에도 큰 영향을 준다. 또한 견딤성이 약한 품종일수록 농약살포의 효과가 낮아지므로 충분한 방제효과를 올릴 수 없는 경우가 많다.

발생 환경관리의 측면에서 무엇보다도 온도, 습도 관리가 중요하다. 노균병은 저온다습의 환경에서 많이 발생하므로 노균병 생육의 최적환경을 피하는 방향으로 관리를 해야 한다. 즉, 통풍을 좋게 하고 밀식하지 않도록하며 포장의 배수를 좋게 해야 한다.

노균병은 20~24℃의 범위에서 가장 잘 발병하므로 이러한 온도범위에서 잎이 젖어있는 시간을 최대한 짧게 관리하는 방법이 노균병균의 식물체 침입을 막을 수 있는 지름길이다. 병원균 관리의 측면에서는 수확후 포장위생에 유의하여 병든 잎을 모두 모아 태우든가, 토양에 매몰하든가 등의 대책이 강구되어야 다음해 전염원의 밀도를 줄일 수 있다.

발병초기에 이병잎을 일찍 제거하는 것이 특히 시설재배의 겨우 제1차 전염원의 양을 줄인다는 측면에서 중요하다. 약제방제는 병원균의 증식이 빠르므로 초기방제에 중점을 두어야 하며 발병의 정도에 따라 약제 살포간격을 조절하여 신축적으로 대처하여야 한다.

둘째, 오이흰가루병은 습도 99%에서 최고로 많이 발아하는데 연중재배되고 있는 시설재배지역에서는 흔히 분생포자 세대의 생활사를 볼 수 있다. 바람에 의해 공기중으로 비산된 분생포자는 기주의 잎에 부착하면 적당한 환경조건에서 발아하여 발아관을 낸다. 발아조건은 기온 15~30℃사이에서 발아하고, 35℃이상에서는 발아하지 않고 발아적온은 25℃이다. 기온이 25℃일때, 습도99%에서 최고로 발아하지만 습도가 35~95%에서는 발아율은 떨어진다.

일반적으로 약간 건조한 조건하에서 다 발생하기 쉽고, 시설재배에서 연중재배되는 경우에는 일조부족, 고온, 환기불량, 밀식재배, 연작재배, 질소비료과용 등으로 격발되어 포장전체로 만연된다. 노지재배에서는 억제재배가 발생이 심하다.

자낭포자가 발아하여 침입균사를 형성하고 표피조직에 흡기를 형성한 후 균사가 신장되어서 균총이 형성되면 접종 6~8일후에는 분생포자를 볼 수 있다. 이병잎에서 분생포자는 주로 야간에 15~35℃에서 형성되고 28℃에서 가장 많이 형성된다. 또한 95~99%의 고습도는 분생포자형성을 저해하지만 45~85%에서 왕성히 형성된다.

그러므로 흰가루병 예방을 위해 습도조건을 높일 경우는 다른 곰팡이성 병해를 발생시킬 우려가 높기 때문에 주의를 요한다.

셋째, 잿빛곰팡이병은 대개 저온 다습한 조건에서 발병하기 쉬우므로 12월부터 다음해 4월까지 하우스 재배에서 발병이 많다. 특히 무가온 재배나 야간 보온의 불충분으로 하우스를 밀폐된 상태로 방치하면 환기가 부족하고 다습한 조건이 되면서 병 발생이 심하게 된다. 또한 빈번한 강우와 심한 일교차는 발생을 조장하며, 밀식이나 질소비료의 과용으로 덩굴과 잎 등이 너무 무성해지면 발생이 심해진다. 시설재배에서는 하우스에 따라 발병정도가 매우 다양하게 나타나지만 대개 하우스 관리와 방제가 소홀하여 병 발생에 양호한 기상환경이 되었을 경우에 많이 발생한다.

방제요령은 하우스 내 환기를 철저히 하여 과습하지 않도록 한다. 하우스 바닥은 멀칭하여 실내가 다습하지 않도록 하며, 토양으로부터 병원균의 전염을 막는다. 무가온 하우스재배에서 발병이 심하므로 저온이 되지 않도록 관리해야한다.

넷째, 오이검은별무늬병은 오이와 호박에서 피해가 큰 병해로 시설재배지의 저온다습한 환경에서 많이 발생하며 특히 성숙한 과실에 발생한다.

저온성 곰팡이의 일종으로 병원균의 발육적온 21℃, 최고 35℃이다. 발병은 17℃ 내외의 다습한 환경에서 가장 적합하다. 발병하기 좋은환경은 17℃ 내외의 저온 다습한 시설재배지에서 밀식하여 시설내 통풍이 나쁠때 이거나 표 5과 그림2는 시설내 야간습도를 제어하기 위해 알미늄시트를 피복한 유리온실과 대조로 비닐하우스에 흡습성 자재인 부직포를 피복하여 30분 간격으로 야간습도를 측정한 것이다.

알미늄시트를 피복한 유리온실의 습도는 전반적으로 부직포를 피복하지 않고 3중 비닐로만 피복한 무기둥1보다 10~15%정도 낮게 나타났으며 특히 이른아침의 차가

큰 (20%)것으로 파악되었고 2중 비닐피복에 부직포를 피복하면(무기둥 2,3)3중 비닐피복(무기둥1)한 것보다 아침 20%, 야간 10~15% 정도의 낮은 습도를 유지하는 것으로 조사되어 병해발생과 생육부진의 우려가 컸다. 피복종류별로는 무처리, 부직포, 유리온실 처리순으로 야간 습도율이 낮게 나타났는데 바람직한 야간습도 관리기준으로는 부적합하였다.

<표. 17 흡습성 자재의 피복에 의한 야간습도제어>

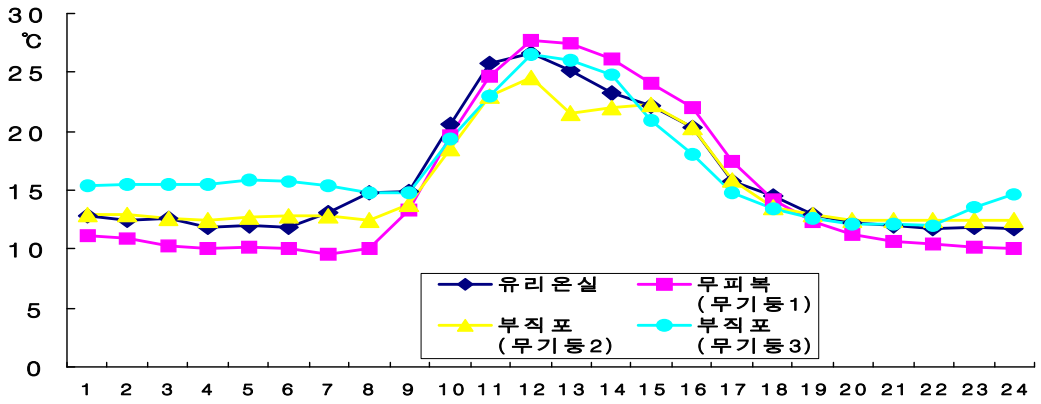
측정시각 (시간)	피 복 자 재 별 (%)			
	유리온실	무피복(무기둥 1)	부직포(무기둥 2)	부직포(무기둥 3)
01:00	71.9	88.3	64.0	69.9
02:00	72.3	88.0	63.3	67.1
03:00	70.1	87.4	62.1	66.3
04:00	71.0	87.3	61.6	65.7
05:00	69.0	87.1	61.3	65.4
06:00	68.9	86.9	60.7	65.7
07:00	65.1	86.6	60.4	66.1
08:00	61.7	86.4	62.0	67.9
18:00	73.5	84.4	72.0	78.0
19:00	74.8	86.9	70.9	77.4
20:00	75.5	87.8	79.5	77.3
21:00	75.0	88.4	78.4	77.0
22:00	75.0	88.4	76.6	75.9
23:00	73.8	88.8	76.8	76.9
24:00	74.4	89.0	76.6	73.6

다음은 하루중 시설내 온도를 측정한 것이다. 3중비닐피복구가 유리온실이나 부직포 피복구보다 시설내 온도가 야간에 1~2℃정도 낮게 나타났으며 주간에는 3중피복구의 기온이 2~3℃ 높았고 흡습성 자재를 피복한 무기둥 2,3 하우스와는 거의 유사한 시설내 온도를 나타내었다. 이는 야간의 시설 보온력의 차이에 따라 흡습성 자재가 보온효과와 겸할수 있어서 똑 같은 규모의 공기용량을 가진 무기둥 하우스의 보온력이 증명된 결과로 보여진다.

또한 주간의 기상은 해가 뜨면서 시설내 온도가 오르기 시작하고 온도가 오르면 상단부의 천창과 측면의 측창이 열리면서 환기가 이루어지며 피복자재의 중첩에 의한 일조량의 감소를 다중피복을 제거(말아올려)하므로써 극복한 결과로 설명할 수 있다.

<표 18. 시설형태별 일중 평균온도 (11. 4)>

시간대	유리온실	무피복(무기둥1)	부직포(무기둥2)	부직포(무기둥3)
01:00	12.8	11.1	13.0	15.4
02:00	12.4	10.9	12.9	15.5
03:00	12.6	10.3	12.6	15.5
04:00	11.9	10.1	12.4	15.5
05:00	12.0	10.2	12.7	15.8
06:00	11.9	10.1	12.8	15.7
07:00	13.1	9.6	12.8	15.4
08:00	14.7	10.1	12.5	14.7
09:00	14.9	13.3	13.8	14.7
10:00	20.6	19.6	18.5	19.3
11:00	25.8	24.7	23.0	23.0
12:00	26.6	27.7	24.6	26.5
13:00	25.2	27.5	21.5	26.0
14:00	23.2	26.1	22.0	24.8
15:00	22.1	24.1	22.3	20.9
16:00	20.3	22.0	20.3	18.0
17:00	15.7	17.4	15.8	14.7
18:00	14.5	14.1	13.6	13.4
19:00	13.0	12.3	13.0	12.6
20:00	12.2	11.3	12.5	12.1
21:00	12.0	10.6	12.5	12.1
22:00	11.7	10.4	12.4	12.0
23:00	11.8	10.2	12.4	13.5
0:00	11.7	10.0	12.4	14.6



<그림 39. 시설형태별 일중 평균 온도 분포>

시설형태별로 오이를 정식하고 생육상황을 조사한 결과 〈표 7〉 유리온실보다 무기둥 광폭형단동하우스에서 자란 20절까지의 오이의 초장과 총 덩굴길이(만장), 절수, 경경 등 일반생육이 컷고 최대엽의 신장도 자람의 차이가 보였다.

<표 19. 시설형태별 시설억제재배 오이의 생육>

구 분	초 장 (0~20절,㎝)	만장	절수 (개)	경경 (㎜)	최대엽(㎝)	
					폭	장
무피복(무기둥 1)	181	939	98	8.3	35	29
부직포(무기둥 2)	189	965	104	8.3	34	29
부직포(무기둥 3)	192	938	102	8.1	36	29
유리온실 3	179	738	79	8.2	34	27
유리온실 4	178	782	81	8.1	33	28

<표 20. 시설형태별 시설억제배 오이의 수량>

구 분	수확과수 (개/주)	상품과율 (%)	상품수량 (kg/10a)	지 수
무기둥 1	39.9	78.5	17,328	100
무기둥 2	44.5	80.3	19,179	111
무기둥 3	43.6	78.4	18,476	107
유리온실 3	31.2	72.3	15,169	88
유리온실 4	33.4	73.0	16,447	95

특히 피복자재로 부직포피복한 무기둥 하우스는 습도조건에 따라 유리온실 보다는 자람세가 양호하다. 즉, 초장의 경우 시설형태간에는 비교적 균일하지만 만장(덩굴의 길이)에서는 무려 200cm나 자람의 차이가 있어서 주간 온·습도의 차이는 생육에 대하여 크게 영향을 끼친다는 사실이 주목되었다. 수확과수와 관련지어 실제적으로 수량을 예측할 수 있는 절수에 있어서도 20~30개의 차이로 벌어져 시설형태의 차이에 따른 시설 환경요인과 2중 무기둥 광폭형단동하우스의 온·습도와 관련하여 중요한 요인으로 판단되었다. 또한 줄기의 두께(경경)는 시설형태간에 별 차이가 인정되지 않았으나 경태가 8.0mm정도라면 지상부의 생체중을 지탱할 수 있는 최소한의 두께(골격)인지 아니면 그이상의 두께가 필요한 것인지는 더욱 자세한 실험이 수행되어야 하겠지만 본 연구의 주안점이 생리생태적인 측면을 검토하는 것이 아니며 시험포장에서는 프라스틱 끈에 의해서 덩굴을 유인하므로 지탱한다고 표현하기 보다는 매달린다고 할때에 하중은 분산되기 때문에 두께의 중요성은 간과되어도 무방하다고 생각된다.

오이의 광합성에 의하여 탄수화물을 생성하는 잎의 면적은 원예작물의 생산성과 관련하여 매우 중요한 기관으로 여겨져 왔으며 잎의 면적을 확보하기 위한 농업기술의 발전이 눈부시게 향상되어 왔다.

시설환경관리에서 고온기에는 차광을 하므로써 강한 일사로부터 잎을 보호하고 엽면적을 최대화 하는데 목표를 두었으며 저온기에는 뿌리부위의 근권난방을 하여 최소한의 엽면적을 확보하기 위한 연구들이 수행되었다.

표 19에서처럼 무기둥 비닐하우스내에 피복자재를 설치하든 안하든간에 최대엽폭과 엽장은 비슷한 반면 유리온실은 상대적으로 낮은 것으로 조사되었다. 이는 유리온실이 주간에 생육하기 불량한 습도조건을 갖추고 있기 때문에 자람세가 좋지 못한 결과로 생각되었다.

수량에 있어서는 전반적으로 무기둥 비닐하우스가 유리온실보다 주당 수확과수가 많고 상품과율이 높아 상품수량이 12%정도 높다는 것을 말해주고 있다.

수확과수가 무피복구인 무기둥1이 40개인 반면 흡습성 자재로 피복한 무기둥2, 3은 45개, 44개로 주당 4~5개가 많고 유리온실과 대비할때는 반대로 7~11개 정도의 차이가 있음을 알수 있었고 상품과율에서도 무기둥 비닐하우스가 최소한 78%를 넘고 있음을 볼때 시설환경요인 특히 주야간 습도환경의 중요성은 입증이 되었다고

판단되며 상품수량에서는 흡습성 자재를 피복하지 않은 3중비닐하우스의 수량을 100으로 할때 흡습성 부직포 피복하우스에서 7~11% 증수하였고 반면에 비교적 건조한 유리온실에서는 9~12% 감수되었다(표 20).

작물생육에 미치는 습도의 영향은 다습구에서는 생육이 왕성하여 좋지만 장기간 습한 상태에서 재배하면 병의 발생이 많아지고 증산량의 감소에 따른 양분흡수가 영향을 받아 칼슘의 이동이 억제되어 생장점 부근에서 칼슘 결핍증이 발생하는 등 생리장해가 나타난다. 결국 건조구와 마찬가지로 수량이 저하하게 되므로 시설내 습도환경의 조절은 중요한 의미를 갖는다.

하우스 오이의 생육에 알맞은 공기 습도는 다른 요인과의 관련이 깊으므로 한 마디로 표시하기는 어렵지만 하우스내 습도가 맑은 날의 주간은 55~65%, 야간은 85~90%, 흐린 날의 주간에는 70~85%, 야간은 90~95%, 비오는 날은 주·야간에 거의 100%로 조사되었다.

시설내가 건조하게 되면 흰가루병이 만연되고 한번 발생하면 방제가 어렵다. 또한 진딧물과 같은 충해도 많이 나타난다. 이런 현상은 플라스틱 하우스보다 유리온실의 내부가 건조하기 쉽기 때문에 이러한 병충해가 나타나기 쉽다. 시설내가 다습하면서 저온이 되면 발생하기 쉬운 병은 노균병, 회색곰팡이병, 균핵병, 흑성병, 만고병, 등이며 잎에 물방울이 맺히면 반점세균병, 역병 등이 발생한다. 이처럼 저온다습한 조건에서 줄기나 잎에 물방울이 장시간 맺혀 있으면 병이 만연하게 된다. 시설 내 피복면에 맺혔던 물방울이 작물에 떨어지지 않도록 시설구조, 지붕기울기, 피복보온 자재의 유적성, 피복방법, 멀칭 등을 고려할 필요가 있다. 그러나 가장 효과적인 방법은 난방이다. 무가온 시설에서는 토양이 건조하지 않는 한 야간 상대습도가 100%에 달하여 물방울이 피복자재에 부착되는데, 특히 논 토양을 이용한 시설재배시는 더욱 심하므로 난방을 시도하여 상대습도를 낮추는 것이 고려되어야 한다.

일부 병해에 대해서는 저항성 품종이 육성되어 있지만 이것만으로 해결되는 문제가 아니기 때문에 가능한 환경조절에 의한 병해발생을 줄이는 것이 중요한다.

겨울에 맑은 날의 오전 중에는 고온 다습하게 주는 것이 바람직한테 하우스내 습도 관리는 첫째, 정식에서 활착까지 둘째, 어미줄기의 과실 비대가 빠를 때 셋째, 신장옆이 적을 때 넷째, 수확량이 많은 맑은날 다섯째, 통로가 건조하기 쉬운때 여

섯째, 야간 난방기가 장시간 가동될때 일곱째, 갑자기 날씨가 맑아지고 지온이 낮을 때는 높게 해주고 초세가 강한 경우와 눈비가 계속되고 병이 심할 경우는 온풍 난방기를 가끔씩 가동시켜 습도를 낮게 해주는 것이 좋다.

현재 하우스내 습도조절 대책으로는 관수량의 제한과 PE멀칭으로 토양의 증발량을 억제시키며, 짚멀칭으로 공기 중의 수증기를 흡착시켜 습도를 낮추거나 흡습성 자재의 피복에 의해 안개발생을 억제하는 등의 방법이다. 난방기를 이용하여 실온을 높이면 상대습도가 저하되어 작물 잎 위의 결로를 방지할수 있고 또한, 난방기의 송풍기를 이용한 기류의 순환으로 잎에서의 결로를 방지하는 것도 시도되고 있다. 이상의 대책은 단독으로 혹은 병용으로 실시되고 있으며 이것은 동계 다습으로 인한 병발생 억제를 중심으로 한 습도조절 대책이다. 현 단계에서 실용적인 측면으로는 최근 개발되어 있는 흡습성이 좋은 커튼피복 자재(부직포)를 이용하는 방법 등이 높은 습도환경의 효과적인 개선 방법이라고 본다.

오이 정식후 주야간 습도유지는 관수량의 제한과 플라스틱 필름으로 멀칭하여 토양으로부터의 증발을 억제시키며, 짚 멀칭으로 공기중의 수증기를 흡습시켜 습도를 낮추거나 부직포 등 흡습성 자재를 피복하여 안개발생을 억제하는 등의 방법이 있다. 난방기를 이용하여 실온을 높이면 상대습도가 저하되어 작물 잎 위에 물방울이 생기는 것을 방지할수 있고, 또한 한밤중에 난방기의 송풍기를 이용한 강제공기 순환으로 잎에 생기는 물방울을 방지하는 경우, 다습에 의한 병 발생을 크게 경감할 수 있다.

정식후에는 오전에는 80% 전후를 표준으로 하여 건조하면 통로등에 살수하여 습도를 유지하며, 야간에는 80~90% 전후로 관리한다.

정식 후부터 활착까지, 원줄기의 과실대비대가 빠를 때, 새로 자라는 잎이 적을 때, 수확량이 많은 맑고 갠 날, 측지 발생을 촉진시킬 때, 통로가 건조할 때, 통로나 이랑에 짚으로 멀칭 했을 때, 갑자기 날씨가 맑아지고 지온이 낮아 뿌리의 흡수량이 적어 건조할 때, 맑고 갠날 오전 중(습도 80% 목표)에는 습도를 높여야 한다.

습도를 낮게 해야할 때는 초세가 너무 강할 경우, 흐리고 비가 계속 내려 병해가 우려될 때에는 습도를 낮게 해야하는데, 이때에는 물주는 량을 줄이고, 가급적 환기를 충분히 하며, 낮에도 난방기를 운전하여 제습하고 짚 등으로 멀칭한다.

착과 후 온도 · 습도관리는 안전한 착과위해 실시하고 환기는 가급적 창문개도를

천천히 행한다. 오후는20~25℃가 되도록 환기를 한다(전류촉진).

<표 21. 시설형태별 노균병 발생정도>

구 분	발 병 도 (%)			평 균 (%)
	A	B	C	
무피복(무기둥 1)	55.9	59.1	56.8	57.2
부직포(무기둥 2)	24.0	26.0	32.5	27.5
유리온실 1	8.6	10.8	9.0	9.4
유리온실 2	6.1	10.7	7.5	8.1

표 20, 21은 무기둥 비닐하우스 와 유리온실간의 병해발생 정도를 나타낸 것이다. 노균병과 흰가루병은 발병 유인이 서로 다르므로 시설형태별 습도조건에 따라 크게 다른 방향으로 발생되었음을 알수 있다.

노균병은 야간 습도가 낮게 나타난 유리온실에서 10%미만 발생되었으나 무기둥 비닐하우스 에서는 야간 습도가 높은 3중 비닐 피복하우스에서 절반이상 감염되었고 흡습성 자재로 피복한 무기둥하우스 에서는 평균 28% 이병되었다.

<표 21. 시설형태별 흰가루병 발생정도>

구 분	발 병 도 (%)			평 균 (%)
	A	B	C	
무피복(무기둥 1)	13.6	10.3	10.0	11.3
부직포(무기둥 2)	12.3	9.6	12.3	11.4
부직포(무기둥 3)	15.3	15.6	6.6	12.5
유리온실 1	44.0	40.0	42.5	42.2
유리온실 2	58.6	69.0	56.0	61.2

이는 노균병의 발생유인이 저온 다습조건인 점을 감안하면 야간 습도의 영향이 어느 정도인지 중요한 요인으로 판단되었고 야간의 습도를 제어할수만 있다면 노균병의 발생을 최소한으로 줄이수 있다는 가능성을 보여주는 것이라고 생각되어 야간 제습방안을 적극적으로 검토할 필요성이 인정되었다.

흰가루병은 노균병과 정반대의 결과를 보여주는데 (표 21) 무기둥 비닐하우스는 평균 11% 내외로 감염되는 반면에 보다 건조한 유리온실에서는 평균 42~61% 로 감염되는 것으로 보아 주간의 습도문제를 제어할수 있다면 흰가루병의 발생을 조절할 수 있다는 가능성을 보여준다.

<표 22. 야간 환기팬 작동에 의한 노균병 발생억제>

구 분	환기팬 설치	미설치
발 병 도(%)	25.7%	79.5 %
초 발 생(일수)	5일 지연	-

따라서 병해 발생을 줄이고 있는 기술대책으로써 오이의 생리에 관여하는 요소로 광, 온도, CO2, 토양수분, 공중습도 등을 들수 있다. 이 가운데 광합성을 최대로 할 수 있는 광포화점은 55~60Klux(보상점 : 2.0~3.0Klux)이다. 광합성이 잘 이뤄지도록 하기 위해서는 시설안 온도를 오전에는 28℃ 내외로 관리하고 오후에는 24℃ 정도로 유지해 해가 질 무렵에는 광합성산물의 전류가 잘 이뤄지는 18℃ 내외가 될 수 있도록 점진적인 온도 하강을 유도하는 환기 관리를 해야한다. 그러나 오이 재배농가들은 대다수가 해가 지기 직전에 하우스 창을 닫는 경향이어서 하우스 내 온도가 20℃ 이상으로 상승할 때가 많다. 따라서 광합성산물이 원활하게 전류되지 못해 웃자라거나, 식물체의 노화 촉진으로 생산성이 저하되고 있다. 특히 야간에는 공기의 유동이 잘 되지 않고 습도만 상승해 병해의 발생이 심하므로 공기교반기나 환풍기, 유동팬 등을 설치해 활용하면 병해의 발생을 어느 정도 줄일 수 있다.

오이는 영양생장과 생식생장을 병행한다. 따라서 오전 중에는 영양생장을 조장해 주고 오후부터는 동화산물의 전류가 잘 이뤄지도록 환경관리를 해주는 것이 생산성을 높일 수 있는 주요한 관리 요건이다. 영양생장을 조정할 수 있도록 하우스 고랑이나 잎에 물을 뿌려 공중습도를 오전에는 70~80% 유지하고 오후부터는 60% 이하로 유지해주는 것이 좋다. 그러나 야간에는 시설 내 대기습도가 99% 이상 지속되는 시간이 10시간 정도 되기 때문에 노균병, 흰가루병, 검은별무늬병 등 곰팡이성 병해가 발생하기 좋은 조건이 돼 시설오이 재배농가를 어렵게 하고 있다.

오이 재배지에 노균병이 가장 많이 발생하는 시기는 전국적으로 5월 상· 중순이다. 이런 현상은 시설내의 습도와 밀접한 관계가있으므로 야간에 과습하지 않도록 환풍기를 작동하거나 제습팬, 유동팬 등을 작동시켜주면 어느 정도 습도를 낮출 수 있다.

오이노균병은 기온이 20℃ 전후, 특히 공중습도가 높을때 발생이 심하다. 이 병은 잎에서만 발생하는데 흔히 지면에 가까운 하엽에서부터 발생하기 시작하여 위쪽으로 올라간다. 노균병의 분생포자가 발아하기 위해서는 반드시 물방울이 있어야 한

다. 비록 공중습도가 100%라고 해도 물방울이 없으면 전혀 발아하지 못한다. 따라서 결로가 없도록 관리하는 것이 바람직하다.

야간에만 하우스 내 환기팬을 작동했을 경우와 그렇지 않을 경우 노균병의 발병도와 방제가를 보면 환기팬을 설치한 곳의 노균병 발병도는 5.0%였으나 환기팬을 설치하지 않은 곳의 발병도는 33.3%로 노균병 발병도가 6배 정도 높았다. 특히 노균병 방제약제를 살포했을 때 환기팬 설치구는 80% 이상의 방제가를 보여 설치하지 않은 곳보다 방제가가 높게 나타났다. 환기팬을 설치할 경우 노균병의 초발생이 5일 정도 늦어졌으며, 병 진전도 현저히 낮았다(표 22참조).

흰가루병은 15~28℃에서 많이 발생하며, 32℃ 이상의 고온에서는 발병이 억제된다. 약간 건조한 조건에서 발생하기 쉽고, 시설재배에서 발생이 심하며, 과비로 식물이 무성하게 자라 통풍이 불량할 때 많이 발생한다. 특히 일조가 부족하고, 밤낮의 온도차가 심하며, 질소질 비료의 과용으로 지나치게 웃자랄 때 많이 발생한다.

따라서 온실이나 비닐하우스의 유리, 필름이 더럽혀진 시설은 세척을 하여 광선투과가 잘 되도록 해주고, 균형 시비로 초세가 건전하게 유지될 수 있도록 비배관리에 신경을 써야 한다. 낮과 밤의 온도차가 큰 경우에 많이 발생하므로 주간에 고온으로 올라가지 않도록 환기 관리를 철저히 해야한다. 시설 내의 공중습도가 높으면 분생포자의 형성과 발아에 유리한 조건이 되므로 습도 관리에 힘쓴다.

그러나 잎에 맺힌 물방울이나 극단적으로 높은 습도는 오히려 흰가루병 발병을 억제시켰다는 보고가 있다. 오전 중에 오이 잎과 줄기에 물을 뿌려주어 잎이 젖어 있는 시간을 길게 하면 흰가루병 발생이 적다는 것이다. 시설오이 재배하우스에서 오전 중 잎과 줄기를 하루는 습한 조건을 만들어주고 하루는 관행관리를 하는 방법을 적극 활용하면 좋을 것으로 생각된다. 한편 노균병은 이와 반대로 높은 습도에서 발생이 격심해짐을 감안해 건조 조건과 습한 조건이 교대되도록 적절히 관리해야 할 것이다.

(2) 오이 반촉성 재배시 제습팬 설치 적정 면적 구명

재배시설에서 과습으로 인한 병해와 생리장해 발생을 효과적으로 제어하기 위한 알맞은 제습장치 설치 면적파악과 제습정도에 따른 오이 식물체의 착과 생리 생태에 미치는 영향을 구명하고 연구결과의 상업적 적용시 적정 제습율을 구하는 등 실

용화 기술을 개발하고자 제습장치 설치면적을 2개로 구분하였고 각각 무제습($99m^2$) 대비 제습 시설인 $99m^2$, $165m^2$ 규모의 1중 비닐하우스를 설치하여 수행하였다.

열전소자를 이용한 제습팬은 70±10%로 조절하도록 조작되어 있으며 당초의 에어믹스를 이용하여 송풍된 습윤공기를 응축하여 수분은 호스를 통하여 밑으로 흐르도록 되어 있는데 제습팬이 설치된 2개의 비닐하우스 야간 습도는 제습팬이 설치되지 않는 대조구와 평균 습도를 비교해 보면 무제습구는 5일 평균 밤 11시부터 95%에 도달하고 03:00부터 06:00까지 포화습도인 98%를 초과하다가 여명이 밝아오는 07:00부터 85%로 13%정도 낮아진 반면 $99m^2$에 1개의 제습팬을 설치한 제습구는 야간습도가 90%를 넘지 않았고 82~87%의 범위인 것으로 조사되어 비교적 제습팬의 설치시 제습효과가 있었다.

반면에 $165m^2$에 제습-팬을 한개 설치한 제습Ⅱ구는 무제습에 비하여 약 3% 정도의 제습이 되었지만 상대습도가 90%를 초과하고 있어 야간비닐 하우스의 온도에 따라 3% 정도의 습도는 쉽게 포화상태로 변화될 수 있으므로 안전성이 떨어질 것으로 생각되어 효과적이지 못하였다. 또는 바람이 많이 불었던 3월 21일의 무처리구의 시설 내 습도가 다소 낮게 측정이 되었으나 제습구는 제습팬이 부착된 에어믹서의 송풍작용으로 외부의 건풍 효과가 상쇄 되었을 가능성이 엿보였다.

야간온도에 따른 탄수화물의 전류는 호흡량에 의존한다. 식물의 호흡은 호흡기질의 다소에 영향 받는다. glucose나 sugar 또는 전분함량이 높을 때는 호흡량이 많고 이들의 함량이 낮을 때는 호흡이 낮은 것으로 알려져 있다. 따라서 오이의 호흡은 일몰 후 탄수화물의 전류에 필요한 온도와 습도의 의존성이 크다고 볼 수 있다. 또한 엽중 glucose 함량은 밤 시간이 지속될수록 큰 차이가 없거나 오히려 증가하는 반면 엽의 전분함량은 시간의 흐름에 따라 감소하는 경향을 보인다.

한편 시설 내 제습을 위해 여러 가지 방식의 제습을 환기 장치들이 제안되고 있는데 열전소자를 이용한 제습-팬과의 성능비교를 위해 소개하자면 다음과 같다.

<표 23. 시설규모별 야간습도 조사결과>

(3.20~24%)

처 리	시간대	3.20	3.21	3.22	3.23	3.24	평균
무제습 ($99m^2$)	22:00	99	87	93	99	83	92.2
	23:00	99	85	99	99	91	94.6
	24:00	99	99	89	95	95	95.4
	01:00	99	99	91	98	98	97.0
	02:00	99	99	95	99	99	98.2
	03:00	99	99	97	99	99	98.6
	04:00	99	99	99	99	99	99.0
	05:00	99	99	99	99	99	99.0
	06:00	99	99	97	99	97	98.2
	07:00	91	93	73	84	84	85.0
제습 I ($99m^2$)	22:00	84	85	84	85	89	85.4
	23:00	81	77	79	88	84	81.8
	24:00	86	85	82	91	84	85.6
	01:00	88	86	85	84	79	84.4
	02:00	93	91	85	88	80	87.4
	03:00	93	84	96	83	79	87.0
	04:00	96	83	87	91	78	87.0
	05:00	97	84	81	81	84	85.4
	06:00	94	86	86	80	85	86.2
	07:00	74	71	73	76	79	74.6
제습 II ($165m^2$)	22:00	88	87	93	95	85	89.6
	23:00	89	89	97	98	91	92.8
	24:00	96	95	80	99	95	93.0
	01:00	95	96	93	99	86	93.8
	02:00	96	99	91	95	88	93.8
	03:00	98	99	92	99	95	96.6
	04:00	99	81	95	89	96	92.0
	05:00	99	94	92	85	96	93.2
	06:00	99	95	88	87	91	92.0
	07:00	91	92	83	81	84	86.2

겨울철 해가 지면 무가온 하우스의 경우 실내기온 저하로 포화수증기압이 낮은 기온에서는 상대습도가 높아져 95% 이상의 포화상태에 달한다. 특히 절대습도가 높은 하우스는 낮은 외기온 때문에 환기를 할 수 없어 낮에 일시적으로 상대습도가 낮아지지만 계속적으로 높은 상대습도가 유지된다. 이 때문에 과실이나 줄기에 결로현상이 생기는데, 특히 해가 뜰 무렵부터 공기는 쉽게 온도가 상승되나 상대적으로 비열이 큰 식물체는 체온이 낮으므로 직물체에 결로가 생겨 각종 병해를 유발하

는 원인이 되고 있다.

가습-제습 복합기는 위와 같은 현상에 착안하여 겨울철에 환기를 할 경우 하우스내 기온하강이 되지 않고도 다습한 조건을 완화시켜 주면서 환기를 하는 방법이라 하겠다.

제습과 전열교환의 원리는 Miharam Hayashi(1971)등이 시험제작한 열교환기를 겸한 이 환기장치는 다층의 포리에틸렌 필름을 격막으로 하여 흡기와 배기를 서로 만나도록 하고 열교환을 시키는 것이다. 이때 하우스내의 고온다습한 공기는 외기의 저온저습한 흡입공기와 필름면을 사이에 두고 맞부딪칠 때 현열은 현열로서 열교환이 되나 하우스의 잠열은 열이 필름면에서 흡입공기에 빼앗기면서 응축되어 결로된다.

따라서 흡입되는 외부공기는 현열형태로 에너지를 교환받기 때문에 고온저습한 공기로 바뀌어져 하우스내로 유입되며 배출되는 하우스내 공기는 전열을 유입 공기에 전달해 주므로서 환기로 인한 열손실을 줄이면서 하우스 밖으로 배출되게 된다.

위의 전열교환기는 흡기용과 배기용의 환기팬을 붙여 설치한다. 이때 습윤한 공기와 더불어 하우스내의 유해가스도 배출되고, 부족한 탄산가스도 외기로부터 공급받게 된다.

일반적으로 실용화되고 있는 제습제어의 종류는 우선 보온커튼 제어(앞에서 실험한 결과 참조)를 살펴보면 보온커튼을 어느 정도 열어 시설피복재 내면에서 결로(結露)를 촉진시킴으로써 고습도를 억제한다. 시설의 보온성을 희생으로 하기 때문에 생에너지에는 위배되며, 시설내외의 기온차가 어느 정도 없으면 효과가 나타나지 않는다.

둘째, 환기제어는 천창, 측창 등을 어느 정도 열어 시설내 공기를 외기와 교환하여 수분을 제거하는 방법이다. 보온커튼제어와 마찬가지로 보온성을 희생으로 한다. 또한, 시설내 외의 습도·온도에 어느 정도 차이가 없으면 효과를 볼 수 없다.

셋째, 강제공기유동은 순환팬이나 온풍난방기의 송풍기 등에 의해 공기를 유동시켜 작물체의 습기를 제거한다. 그러나, 증·발산을 활발하게 하여 오히려 실내습도를 증가시키는 경우도 있다.

넷째, 난방제어는 난방 중에는 습도가 비교적 낮은 것으로 알려져 있는데 이것은 실온상승에 수반하여 상대습도가 저하되기 때문이며, 실온 상승 1℃당 약 5% 정도

상대습도가 저하된다. 내외 기온차가 어느 정도 없으면 실온상승에 수반하여 작물체의 증발산이 촉진되어 오히려 절대습도가 높아져 버린다.

다섯째, 냉각제습(제습기)은 냉방기 내에서 실내수증기를 결로시킨 다음 시설외부로 배출시켜 제습하는 방법이며, 절대습도, 상대습도 모두 저하시키지만 작물체의 증발산에 대응한 제습을 한다고는 하더라도 대폭적으로 습도를 저하시키는 것은 아니다. 이 방법은 내외 기온차나 습도차에 좌우되지 않으므로 계절적인 제약은 없지만 시설비와 전기료가 많이 든다.

그 외에도 여러 가지 제습방법이 있지만 실용성, 경제성 면에서 충분히 만족할 만한 방법은 없다.

위에서 기술한 보온커튼제어에서 난방제어까지의 방법은 시설내 설비로서 각각의 목적에 맞게 도입된 정도이며 특별히 제습을 위해 준비된 것은 없다. 더구나 그 방제효과는 내외 기온차나 습도차에 좌우된다. 즉, 계절에 따라 사용이 가능하거나 불가능한 경우로 구분된다. 그러므로, 사용이 가능한 계절에 있어서 효과를 거두려면 제습기와의 병용으로 사계절 제습제어가 가능하며, 연중 제습기를 사용하는 것에 비해 운영비가 대폭적으로 삭감된다.

<표 24. 제습시설 규모별 오이 생육상황>

처 리	초장(cm)	민장(cm)	절수(개)	최대엽(cm)		엽면적 지 수
				폭	장	
무처리	178	429	70	18.3	24.2	1.0
99m^2	189	447	77	19.6	25.1	1.1
165m^2	182	437	73	18.6	24.5	1.0

※ 초장 : 20절까지 신장량

<표 25. 제습시설 규모별 수량성>

처 리	수확과수 (개/주)	상품과율 (%)	상품수량 (kg/10a)	지수 (%)
무처리	32.6	78.0	15,500	100
99m^2	34.3	80.3	15,900	103
165m^2	33.3	78.7	15,700	101

<표 26. 제습시설 규모별 병해발생 정도>

처 리	노균병	흰가루병	반점세균병	기타 (중복이병)
무처리	36.3	23.3	13.6	14.3
99m^2	12.0	25.6	10.6	13.0
165m^2	30.6	24.0	12.3	8.6

시설규모(크기)별 가습-제습 복합기 설치 작동효과를 측정하기 위하여 가습-제습 복합기를 설치하지 않은 비닐하우스를 대조구로 하고 99m^2 크기의 비닐하우스에 가습-제습 복합기 1대, 165m^{2}크기의 비닐하우스에 같은 종류의 가습-제습 복합기를 천장부에 설치하였다.

오이 모종을 4월 20일 정식하고 활착되어 절간이 20절까지 도달하였을 때 농촌진흥청 표준조사기준에 따라 생육조사를 실시하였다.(표 23) 초장은 무처리 대비 제습팬 설치구가 4~9cm정도 더 컸고 덩굴의 자람세는 8~18cm 차가 있었으며 절수로 3~7개 더 많았다.

한편 광합성 효율을 최대화시킬 수 있는 엽면적은 99m^{2}가 무처리 보다 10% 넓었으나 165m^{2}는 무처리와 비슷하게 나타나 넓은 면적의 시설에서는 제습효과와 공기의 대류에 의한 환기의 효과가 동시에 나타난 것으로 판단된다.

시설규모(크기)별 제습팬 설치시 수량성비교 결과(표 24), 무처리 대비 99m^{2}하우스는 수확과수와 상품과율이 약간 많았고 165m^2 하우스는 무처리와 비슷하거나 약간 높게 나타나 종합적으로 수량은 무처리 대비 99m^{2}하우스가 5%정도 증수되었다. 농가입장에서 보면 제습팬을 설치하는 비용과 결부하여 수량증수로 연결되었을 때의 효과가 있는 것으로 분석되었다. 또한 병해 발생정도와의 비교를 보면(표 25) 전반적으로 99m^2 하우스에서는 노균병과 반점세균병의 발생이 적은 반면 흰가루병의 발병이 10%를 상회하였고 165m^2 하우스에서는 노균병, 흰가루병, 반점세균병의 발생정도가 무처리 하우스와 유사한 경향이었다.

따라서 대체로 노균병의 발생정도로 볼 때 무처리의 30% 정도여서 병해 방제의 횟수를 획기적으로 줄일 수 있다고 판단되며 시설재배 환경 관리를 보다 보완해 나간다면 흰가루병 등 건조로 인한 병해방제 또는 예방차원에서 유망할 것이다.

3) 야간습도 제어를 위한 효율적인 제습팬 설치효과 구명

<표 26. 정식시 묘 소질>

초장(cm)	엽수(매)	엽장(cm)	엽폭(cm)	경경(mm)	근장(cm)	T/R율
21.9	3.0	8.0	8.6	3.4	16.6	7.9

보통재배 작형의 오이 정식시 묘 소질은 파종 후 23일간 육묘상에서 자란 묘로서 초장 21.9cm, 엽수 3.0매, 엽장 8.0cm, 경경 3.4mm를 나타냈다. 보통재배시 정식묘는 육묘시기가 고온기로서 육묘시에 30%정도의 차광을 하였고 진딧물과 잎굴파리 등의 병충해 방제를 하였으며 육묘기간은 짧았지만 비교적 고른 편이었다.

<표 27. 제습처리에 따른 측지발생>

구 분	제1차줄기		제2차줄기	
	발생수(개/주)	발생율(%)	발생수(개/주)	발생율(%)
무처리	12.5	25	3.3	11
제습구	14.5	29	3.6	12

※ 제1차줄기 조사절수 50, 2차줄기 30

제1차줄기와 2차줄기의 측지발생수를 비교하면 제습구는 제1차줄기의 발생이 12.5개로 조사절수의 25%였으며 무처리 대비 2.0개 4%가 더 발생되었고, 2차줄기에서도 무처리 보다 0.3개가 많이 발생하였다.

생육상황에서는 정식 20일과 40일에 조사되었는데 무처리 대비 제습구가 초장, 엽수, 절수에서 각각 약간씩 생육이 차이가 있었으며 경경은 비슷하게 나타났다.

수량성은 전반적으로 제습구가 우수하였는데 주당 수확과수가 2,3개 많고 과중이 커서 상품수량은 4,234㎏으로 대조구 보다 9% 증수되었다.

따라서 99㎡(30평)에 대한 제습팬 2개의 설치는 제1차줄기의 측지발생을 돕고 야간 제습을 통해 수량성을 확보하는데 유리하였다.

<표. 28 제1차줄기 생육특성>

처 리	정식후 20일				정식후 40일			
	초장 (cm)	엽수 (매)	절수 (절)	경경 (mm)	만장 (cm)	경경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
무처리	55.2	7.2	6.2	8.8	128.3	8.8	18.1	24.4
제습구	59.7	7.5	6.5	8.9	129.2	8.9	19.9	27.1

<표 29. 제습 처리에 따른 수량성>

처 리	수확과수 (개/주)	과 중 (g)	상품과율 (%)	상품수량 (kg/10a)	지 수
무처리	19.7	113	84.6	3,957	100
제습구 (99㎡, 2개)	21.9	116	86.3	4,234	107

L.S.D. (5%)…… 277kg

C.V.(%)…… 6.0

공중습도를 조절해줌으로써 병해 발생양상에 처리간 차이를 살펴보면, 노균병은 무처리구가 제습구보다 다습한 조건으로 인하여 발생율이 높았고 흰가루병은 제습구와 무처리구가 비슷하게 나타났으며, 진딧물은 각 처리 공히 극소 발생하였으나 응애는 관행구에서만 발생하였는데, 이는 공중습도가 너무 낮으면, 잎과 줄기 등 생장이 억제되고 흰가루병의 발생이 많아지며, 반대로 너무 높으면 덩굴이 웃자라고 병해의 발생이 많아진다것을 볼 수 있다.

<표 30. 제습시설의 병해 발생정도>

처 리	노균병	흰가루병	진딧물(마리/엽)	응애(마리/엽)
무처리	3	2	1.3	0.4
제습구	1	2	0.5	0

습도조절은 고온, 일조부족 조건에서 연약하게 웃자라고 병해가 발생하기 쉽다. 습도

가 지나치게 낮으면 잎이 똑바로 전개하지 않고, 측지 발생이 불량해진다. 한편 꽃눈의 분화는 영양생장 기간동안의 적당한 습도에서 개화결식과 과실 발육도 양호하다. 다습조건은 Ca의 흡수를 방해하는데 그 영향이 주간과 야간중 어느때에 크게 미치는지 알아보기 위해 7일동안 습도처리 4시간과 8시간으로하여 APA 조사하였다.

<표 31. 주야간 습도차에 APA에 미치는 영향>

시 간 대	대 조 구	제습구 I (4시간)	제습구 II (8시간)
활 성 도 (㎛ np/g.wt./h)	0.51~0.40	1.98~0.97	2.11~0.53

습도 처리 4시간 처리구에서 APA가 0.97 이상이었고, 처리 8시간 처리구에서는 월등히 높은 것이 특이할 만한 사실이다. 호박 다량원소를 각각 결핍시키고 APA를 측정하여 본 결과, Ca결핍구에서 6일 전후에 가장 높았다가 그 후에는 떨어지는 것은 이미 보고된바 있다.

주간에 처리 7일 후에 습도 처리 4시간의 경우 표준구보다 3배 정도나 높았다. Holder와 Cockshull(1990)에 의하면 다습은 비록 토마토의 과실에서 결핍증상이 나오지 않았지만 Ca결핍으로 엽면적이 감소하였고 그에 따라 수량도 감소하였다고 보고하였고, Adams(1991)는 야간보다는 주간의 다습조건이 더욱 함량을 낮춘다고 하였으며, Bakker등(1987)도 다습은 엽에서 Ca결핍을 유도한다고 보고하였듯이 본 실험에서도 다습조건이 Ca의 흡수를 방해하여 아주 APA가 높았으며, 또 주간의 과습조건 보다는 야간의 과습조건에서 더 민감하게 반응하였다. 그러므로 오이가 동계의 시설재배의 경우 야간의 다습조건에 처하지 않도록 하여야 할 것이다.

농촌진흥청 공학연구소에서 시설하우스용 제습기를 개발 기술이전 하였는데 그 특성을 소개하면 다음과 같다. 습기가 다량 포함된 온실내 공기를 냉각부에서 습기를 제거하여 절대습도를 감소시켜 대습도를 감소시켜 혼합한 후 습기가 제거된 공기를 온풍으로 온실내로 배출하는 시스템으로 온실내 상대습도를 작물생육 적정습도인 70~80%로 자동제어 된다.

제습성능은 15~25℃일때 시간당 응축수는 5~7ℓ이며, 호접란 온실에서 제습시 잿빛곰팡이병 억제효과가 있었고 온풍배출에 의한 난방에너지가 10% 절감되었다.

이 기술은 온실 내 공기중의 상대습도가 미리 설정된 습도보다 높으면, 제습기가 자습한 공기가 흡입되고, 냉각 및 가열 열교환기를 통과하면서 냉각부에서 제습되어 절전기와 가열부에서 가열되어 상대습도가 낮아진 공기를 혼합한 후 습기가 제거된 온실 내로 공급하여 제습할 수 있는 기술이다.

온실 내 습도관리는 대부분이 자연환기에 의존하고 있으며 겨울에는 열 손실 때문에 야간의 상대습도가 90% 이상인 날이 많아짐에 따라 공기중의 수분이 작물표면으로 모야져 곰팡이 등의 병해가 발생되고 있다. 따라서 시설 화훼류 중 호접란, 장미, 연부병, 엽고병, 근부병, 잿빛곰팡이병, 노균병 등이 발생하여 꽃의 품질이 떨어진다.

기술 이전된 "시설하우스용 제습기"는 10a 이하 온실에서 사용이 가능하고 전기를 운전에는 약 3㎾h의 전기가 소요되며, 제습성은 공기온도 15~10℃, 상대습도 70%, 기간당 5~7ℓ의 응축수(순수한 물)를 제거할 수 있다. 또한 수질이 불량한 지역에서는 응축수(전기전도도 EC : 0.3mS/cm 이하)를 모아 엽면시비 등에도 활용이 가능하다고 한다.

본 시험에 있어서도 가습-제습 복합기는 비록 99㎡당 2개를 설치하여야 효과를 나타낼 수 있어 비용면에서 유리하다고는 볼 수 없으나 보다 성능을 강화하거나 보완해 나간다면 수량증수, 병해발생 경감 등 시험결과와 결부하여 활용성이 크다고 판단된다.

마. 종합고찰

(1) 시설 내 공중습도와 생육관계

오이의 잎은 커서 수확기에 도달하면 1주에 50~60매의 잎이 달리며 증산을 활발하게 한다. 노지재배의 경우는 습도를 제어하기에 불가능하지만 시설재배에서는 공중습도의 유지는 토양수분 관리에서도 오이의 생육에 중요한 환경 조건이 된다.

오이의 생육에 미치는 공중습도의 영향은 습도가 높을 경우 초장의 신장속도가 매우 빨라진다. 본 연구에서도 시설내의 습도환경은 주간에 50~60%를 나타내어 다소 생육이 지연되었고 야간에는 포화상태에 노출되어 병 발생에 대한 호 조건을 이루었다. 또한 오이의 광합성 속도는 온도가 32℃ 이상이고 습도가 높을 경우 상승

되며 온도가 25℃일 경우에는 습도가 약 70%까지 최대로 이루어지고 그보다 습도가 낮거나 높을 경우는 억제되었다.

광합성에 미치는 온도의 영향은 28~33℃에서 최대를 이루며 광합성 속도를 높게 하기 위해서는 온도관리를 포함하여 습도를 70%이상으로 유지시켜 주는 것이 효과적이라고 생각된다.

공중습도가 낮으면 체내수분이 부족해지고 광합성 기능이 저하된다. 이러한 환경요인은 잎의 노화가 빠르게 진행될 뿐만 아니라 곡과나 어깨빠진과의 발생이 많아지고 수량이 약화된다. 거기다가 오전중의 광합성이 왕성한 시간대에 시설 내 환경을 습도가 높게 유지될 경우에는 잎이 노화되지 않도록 관리를 행할 필요가 있다.

(2) 시설의 종류와 습도환경

유리온실은 오이재배에 있어서 매우 불리하다. 이는 유리온실이 관선투과가 양호하여 기온이 상승되면 환기외수가 많아지고 하루중 유리온실내 습도가 저하될 수 있다.

계절적으로 보면 겨울에서 봄까지의 시설재배 작형은 온도제어를 중심으로 재배관리를 하다가 환기를 행하여야 되지만 야외의 공중습도가 낮아서 시설내에도 습도가 낮아지게 된다.

최근 비닐의 수명이 길고 생력적인 MMA(아크릴판)이나 결질필름(폴리에스테르수지)을 피복한 시설이 증가하고 있는데 광선투과가 양호한 피복자재를 이용할 경우에는 습도관리에 주의를 필요로 한다. 본 연구에서는 유리온실과 무기둥 단동비닐하우스를 비교해 본 결과 유리온실에서 주야간 습도환경이 악화되어 생육지연과 수량저하로 이어졌다고 판단된다.

(3) 시설내 습도의 관리

시설내에서의 습도는 기온과 정반대의 일변화를 보인다. 즉, 이른 아침에 최고로 높고 정오에는 최저수준으로 떨어지지만 하루 중 오이에 적당한 습도를 유지할 수 있도록 해야 한다. 습도를 유지하는 방법은 아래와 같다.

첫째, 통로에 살수

시설 내에서 하루 중 증발산량은 여름에 4~5mm, 겨울에 1mm이다. 이것을 10a의 포장면적으로 시설에 환산하면 동계에서는 1000L의 물을 수증기로 발산시키는 결과가 된다. 그러므로 오이 식물체에 대한 관수이외에 시설내의 살수가 필요해진다. 관수튜브를 통로나 두둑간에 설치하여 오전중 시설 내 온도가 높게 유지될 때에 살수해 준다.

둘째, 습도관리 중심의 환경제어

시설의 환경제어는 오이생육을 포함하여 통상온도를 우선적으로 제어하지만 이때 시설내의 온도가 32℃에 다다를 때까지 습도는 우선적으로 70~90%로 관리하고 32℃가 되면 천창을 열어 환기시킨다. 겨울철에도 습도를 80~85%로 유지해 주어야 한다. 12~2월의 외기온도가 낮아지는 시기에는 온도관리를 높게 하기위해 환기회수를 최소화 하여 오전중에 밀폐하는 것이 습도유지에 효과적이다.

셋째, 세무장치는 이동한 가습

고정 또는 이동식의 세무노즐을 시설내에 설치하고 맑은 날 낮 동안의 고온건조시에 적극적으로 가습을 행한다. 습도가 낮은 유리온실에서 세무가습을 실시한 효과를 살펴보면 분무개시 온도를 26℃, 천창개방온도를 28℃로 설정하면 습도는 약 30% 이상으로 높아지고 수량이 30%정도 증수되었다. 세무를 통한 가습은 식물체를 안전하게 합과 동시에 습도를 상승시키는데 유리하다. 노즐을 5~10㎛로 가압하여 엽면까지의 거리를 60cm이상으로 간격을 유지하므로서 장시간 분무시 입자가 상호 접촉될 수 있도록 한다. 본 연구에 사용된 열전소자를 이용한 제습-팬은 99m^2당 1개 설치시 충분한 제습효과를 확보할 수 있었으나 2개 설치하면 제습효과가 탁월하고 수량도 증수 되었다.

넷째, 공중습도와 병해관리

습도가 높은 환경조건은 오이의 생육에 적합한 환경임과 동시에 병해의 발생조건이기도 하며 병원균에도 적합한 환경이 된다. 노균병, 반점세균병 등 다습성 병해는 잎에 물방울이 있어 포자가 발아할 때 침입 발병한다.

엽면에서 머무르는 시간대는 노균병이 2~3시간, 반점세균병은 5~6시간을 필요로 한다. 가습-제습 복합기를 시설 내에 설치하고 야간동안에 작동시켰을때 제습효과가 탁월하여 노균병의 발병율을 최소화 하는데도 성공하였으나 건조로 인한 흰가루병의 발병이 있었다. 그러나 다습조건하에서 병해의 발생을 억제시키는 습도관리방안

을 구체적으로 기술하자면 먼저 환기를 통한 습도관리와 난방기의 이용, 흡습성 자재의 이용, 제습기를 통한 습도조절 방법이 있다.

전반적으로 오이재배 습도관리기술은 생육 촉진과 병해발생이라는 관점에서 위험한 줄타기를 보는 것과 같다. 적정수준의 유지를 위한 자동화 프로그램의 개발을 기대해 본다.

따라서 시설 내 오이의 수량과 관련하여 재배관리는 다양한 공중습도의 영향을 검토하고 실정에 적합한 관리 방식을 행해야 할 것이다.

바. 적요

본 연구는 오이시설재배에 있어서 주야간 습도환경이 생육, 수량 및 병해발생에 미치는 영향을 조사하고 습도환경의 조절이 기계적으로 제어가 가능한지, 그리고 실용화 가능성에 대한 실증과정의 일환으로 수행하게 되었다. 또한 선행연구에서 개발된 열전소자를 이용한 시설 내 제습-팬의 작동 효과를 억제재배, 반촉성재배 및 보통재배 등 시설하우스에서 설치 작동을 통하여 제습장치의 무처리 대비 제습-팬의 성능(제습상황)과 생육, 수량 및 병해 발생정도를 구명하고자 수행한 결과 소기의 성과를 거두었기에 그 결과 보고하는 바이다.

(1) 시설내의 맑은날 습도환경은 오후 17시부터 야간동안의 습도가 서서히 증가하다가 다음날 오전 09시시까지 98~99%로 거의 포화상태를 유지하고 09시 이후 천창과 측창의 환기가 시작되면 실내의 상대습도가 50~60%로 낮아져서 주간에는 오이의 생육이 지연되고 야간에는 다습환경에 발생되기 쉬운 각종 병해발생에 적합한 습도조건이 되었다.

(2) 야간습도의 제어를 위해 흡습성 보온자재인 부직포(2중 비닐+부직포)를 무기둥광폭형 단동하우스의 내부에 피복했을때 3중으로 비닐만 피복한 대조구보다 평균 10%의 상대습도를 낮출 수 있었고 알루미늄시트를 온실 내부에 피복한 유리온실은 3중으로 비닐만 피복한 대조구보다 상대습도가 15%정도 낮았다. 야간 습도율도 대조구, 부직포, 유리온실 순으로 나타났다.

(3) 시설형태(무기둥 비닐하우스, 유리온실)별 야간습도에 따라 오이의 생육, 수량 및 병해발생 정도를 조사하였는데 습도가 비교적 높은 무기둥 광폭형 단동하우스의

생육이 3중으로 비닐만 피복한 대조구와 알루미늄 시트로 피복한 유리온실보다 양호하였고 수량성도 7~11% 증수된 반면 유리온실은 5~12% 감수되었다. 한편 노균병은 대조구에서 57%가 이병되고 부직포로 흡습시킨 하우스는 28%인 반면 유리온실에서는 10% 이하였다.

(4) 시설규모에 따른 야간습도 제어효과는 1개/99m^2 설치시 상대습도가 90%를 상회하지 않았고 1개/165m^2와 가습-제습 복합기를 미설치(대조구)는 90%를 상회하였으나 아이디얼한 야간습도 제어, 즉 70±10%를 유지하지 못하여 제습-팬의 성능보강이 필요하였다.

(5) 가습-제습 복합기를 설치면적이 클수록 제습효과는 약화되었고 생육과 수량성도 대차가 없었으나 99m^2당 제습팬 1개 설치시는 노균병의 발생이 적고 수확과수와 상품과율이 높아 5% 증수하였다.

(6) 가습-제습 복합기의 효과를 알아보기 위해 무처리 대비 99m^2에 가습-제습 복합기 2개를 설치하였을때 80%이상 상대습도에 노출되는 시간을 획기적으로 줄여 병해발생을 억제시켰으며 생육이 촉진되고 상품과율이 높아서 수량이 9% 증수되었다.

이상의 결과로 보아 가습-제습 복합기은 99m^2당 1~2개 설치하였으나 제습 효과를 더 높게 하기 위해 보완해 나간다면 효과면에서 성능이 훨씬 향상되고 경영적 측면에서는 농가의 설치 비용도 줄이면서 시설오이가 처한 시설내 기상환경중 가장 취약한 야간습도로 부터의 안전을 도모하여 노균병, 세균성모무늬병 등 병해경감과 생육지연 억제를 통한 상품 수량 증대로 다수확을 기대할 수 있어 바람직하고 아이디얼한 야간습도 제어장치가 될 것으로 사료된다.

제 4 장. 목표달성도 및 관련분야 기여도

제 1 절. 목표달성도

<table>
<tr><th colspan="4">개발목표 및 내용</th></tr>
<tr><th>항 목</th><th colspan="2">계 획</th><th>실 적</th><th>달성도 (%)</th></tr>
<tr><td>개발목표</td><td colspan="3">수출 지향형 농업용 가습-제습 복합 제어 시스템 개발</td><td>100%</td></tr>
<tr><td rowspan="9">세부 개발내용 및 목표치</td><td colspan="2">○ 가습 원리 및 구조 검토 (초음파가습접목)</td><td>초음파 가습기를 이용한 가습시스템 접목</td><td rowspan="9">100%</td></tr>
<tr><td colspan="2">○ 가열 시스템 개발 (Heat sink 이용)</td><td>공급용수의 청정화에 이용 (2차 공급용수 유입 부분에서 80°C 살균처리)</td></tr>
<tr><td colspan="2">○ 공급용수 청정화 기술 접목 (가열식, 필터식)</td><td>공급 용수의 살균, 정화 기술 개발 (1차 필터 사용, 2차 80°C 살균)</td></tr>
<tr><td colspan="2">○ 전원공급장치 용량 향상</td><td>열전소자 능력향상을 위한 전원공급장치 용량 업그레이드</td></tr>
<tr><td colspan="2">○ 풍량 조건에 따른 가습 및 제습 효과 분석</td><td>공기흡입구, 토출구, 팬의 속도와 크기에 따른 제습 효과 분석</td></tr>
<tr><td colspan="2">○ 방열판 및 각 Sink 구조 개선</td><td>응축 능력 향상을 위한 방열판 구조개선, 금형제작</td></tr>
<tr><td colspan="2">○ 열전소자 역 이용 기술 연구</td><td>Heat sink에서 발생하는 80°C 정도의 열을 이용한 살균 및 가습구조 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">○ 제습 시스템 구조 설계 및 시제품 제작</td><td>제습 시스템의 구조 도면 제작 완료</td></tr>
<tr><td>기타성과</td><td colspan="4">지적재산권(특허, 실용신안 등) : 1 건수(특허출원 1건)
사업화 1건 : 농업용 에어 가습-제습 복합기</td></tr>
<tr><td>적용분야</td><td colspan="4">- 농업용 시설 하우스 에어 가습-제습 복합기
- 염가의 양산형 가습-제습 복합기를 이용한 실내 습도 제어 시스템 구축
- 능동적 실내 습도 제어 시스템으로 병충해 예방</td></tr>
</table>

제 2 절. 관련분야 기여도

제습의 방식은 크게 냉동코일에 공기를 통과시켜 제습효과를 유도하는 기계식방식과 고체 또는 공기중의 수증기가 흡습물질에 흡수 또는 흡착되는 화학적 방식과 최근에 그 방식이 소개되고 있는 반도체 냉각방식으로 나눌 수 있다.

1911년 Altenkirch가 열전식 열펌프를 이용하여 열효율이 미미한 냉장고를 제작하였다. 이후 반도체 재료의 급격한 발전으로 실용화에 박차를 가하게 되었다. 1950년 R. S. Lackey등은 유아용 냉온 젖병에 열전소자를 이용하였으며, 1960년 D. W. Scofield등은 기계적인 냉동시스템과 열전 냉동 시스템을 비교하여 열전냉동시스템의 장점을 부각시켜주었으며, 열전식 제습기 개발을 위한 연구에서 방열판의 규격과 제습장치의 구조와 열전식 열펌프에 대하여 연구하여 효과적인 설계규격을 제시하였다.

또한 냉장고의 제습장치에 열전소자를 채용, 반도체 설비용 항온항습 공기공급방법 및 장치에 반도체 소자를 이용, 열전소자를 이용한 제습장치를 제시하고 있고, 고속도로 통행료 징수시스템과 같은 전자기기의 냉온제습장치와 방법에 열전반도체를 이용하고 있는 등 많은 이용이 제습장치에 적용되고 있다.

최상의 열전냉각의 능력을 발휘하기 위하여 방열판의 역할이 중요하다. 이러한 열전식 열펌프는 열효율이 비교적 낮아 실용화되지 않다가 반도체 재료의 개발과 더불어 1950년경부터 실용화되기 시작하였다. 최근 이러한 열전식 펌프를 이용한 냉각방식은 냉온수기를 비롯하여 유아용 냉온용 젖병, 가정용 제습기, 자판기, 차량용 냉장고, 기능성 화장품 보관함, 혈액보관기, 항온조등 또한 소형 냉각장치 등에 널리 이용되기 시작되었다.

본 연구는 위의 내용들과 더불어 제습에 대한 새로운 혁명을 일으켰다라고 보며, 히트파이프를 활용한 방열능력을 최대, 냉각팬의 구조개선, 전원공급장치의 구조개선등 학계, 연구소의 관련연구에 대한 자료 및 농업과 공업의 적용 등등 많은 부분에 기술적 파장을 불러 오리라 생각된다.

제 5 장. 연구개발결과의 활용계획

1. 광고 및 홍보

- 2010년 개발완료와 개발제품 관련 특허 신청 완료
- 각 축산 및 농기계 관련 신문, 잡지로 광고 계제, 방송 매체 홍보
- 제품 홍보 광고, 마케팅 시장성 분석
- 공기교반기 시장 확보로 시장 진출용이
- 기존 대리점 판매 및 신규 대리점 모집과 양산·증산 및 출시

→ 개발제품은 2010년부터 순차적으로 상품화를 위한 준비를 거쳐 시험 후 2011년 초반부터 개발제품을 양산하여 판매할 계획이며 유리온실, 비닐하우스 등 현재 농가에 필요한 제품으로 국내보급 및 수출을 위한 자동화 생산설비를 구축하여 대량으로 생산 저렴한 가격으로 경쟁력을 키워 대량 보급할 계획이다.

2. 판매계획

· 융자판매
  - 한국농기계공업협동조합 제품등록 융자대상품목 설정 및 시범사업실시
· 농기계 선두 기업 전략적 판매제휴 통한 판매 구축
  - 축산 및 농기계 관련업체 통한 위탁판매
  - 국내 최초의 공기교반기 생산업체로서 농진청, 원예연구소 및 도, 시, 군 보조사업 선정
· 국내외 농기계 박람회 전시 참가 수출 모색 영업망 구축 전시회 참가
· 직판영업
  - 법인 영농 조합 및 개인농가 방문 영업
  - 관공서 영업 : 농림부, 농촌진흥청, 농업기술원, 농업기술센터, 각 도, 시, 군 담당계 영업망 구축(각 지역 정부 정책 보조사업 참여 및 영업)
  - 전국 지역 별 시범포 설치 홍보 및 보조사업 판매
  - 일본 정부 보조사업 추진 및 전국 대리점 망 개설하여 영업망 구축

3. 국내시장

· 시설원예 현지방문을 통한 소비자 상담 판매와 대리점 망 구축
· 농림부 정책의 친환경 설정제품으로 선정 판매
· 인터넷 망을 이용한 개발제품 홍보 및 판매
· 전문 국내 전시회 및 박람회 참가로 홍보 및 고객 확보
· 기존 에이전트 및 대리점 홍보 판매

4. 국외시장

· 기존 일본, 네덜란드 대리점 및 각국 에이전트를 통한 수출
· 국제 원예 및 농기자재 전시회 년3회 이상 참가로 전시출품 판매
· 인터넷을 활용 해외 홍보 마케팅 및 해외 바이어 발굴
· 전문 해외 농기자재 설명회에 출품 바이어 발굴
· 개발 제품 관련 카탈로그 및 CD제작 배포 및 판매
· 코트라 등 국내 전문 해외 수출 지원 기관의 지원사업을 이용 판매

제 6 장. 참고 문헌

1. R. S. Lackey, J. D. Meess, E.V. Somers, "Applications of Thermoelectric Cooling and Heating", Refrigerating engineering, December, pp. 31-36, 1958

2. D. W. Scofield, P. F. Taylor, L. A. Staebler,"A comparative study of the manufacturing costs of thermoelectric and mechanical refrigerating systems', ASHRAE Journal, July, pp. 37-41, 1960

3. 주해호외3인, "열전식 제습기 개발", 한국정밀공학회 '96년도 춘계학술대회논문집, pp. 753-757

4. 주해호, "열전식 제습기", 특허 한국 제3537호, 1993, 한국특허청

5. 이재희, "냉장고의 제습장치", 공개특허공보 특1999-0053009

6. 오희범, "반도체 설비용 항온항습 에어공급장치", 공개특허공보 특1999-075916

7. 김순일, "열전소자를 사용한 제습장치", 공개실용신안공보 실2000-0011018

8. 최남용, "전자기기의 냉온제습장치와 그 방법", 공개특허공보 특2000-0002343

9. Abad, Z. G. and Wehner, T. C. 1992. Development of a screening test for resistance to gummy stem blight in cucumber. *CGC*, 15:23-27.

10. Adams. P. 1991. Effect of diurnal fluctuations in humidity on the accumulation of nutrients in the leaes of tomato. *J. Hort. Sci.* 66:545-550.

11. Adams. P. and Rachel holder. 1992. Effects of humidity, Ca and salinity on the accumulation of dry matter and Ca by the leaves and fruit of tomato. *J. Hort. Sci.* 67:137-142.

12. Amand, P. C. and Wehner, T. C. 1995. Eight isolates of D*idymella bryoniae* from geographically diverse areas exihibit variation in virulence but no isolate by cultivar interaction on *Cucumis sativus*. *Plant Dis.* 79:1136-1139.

13. Bakker. J. C. 1989. The effects of air humidity on growth and fruit production of sweet pepper. *J. Hort. Sci.* 64:41-46.

14. Bakker. J. C. 1990. Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 65:323-331.

15. Bakker. J. C., Welles. G. W. H. and Van Uffele. J. A. M. 1987. The effects of day and night humidity on yield and quality of glasshouse cucumbers. *J. Hort. Sci.* 62:363-370.

16. Bradfield. E. G. and Guttridge. C. G. 1979. The dependence of calcium transport and leaf tipburn in strawberry on relative humidity and nutrient solution concentration. *Ann. Bot.* 43:363-372.

17. Bradfield. E. G. and Guttridge. C. G. 1984. Effects of night-time humidity and nutrient solution concentration on the calcium content of tomato fruit. *J. Sci. Hort.* 22:207-217.

18. Brown, M. E., Howard, E. M. and Knight, B. C. 1970. Seed-borne *Mycosphaerella melonis* on cucumber. *Plant Pathology.* 19:19.

19. Den Nijs, A. P. M. and van der Giessen, A. C. 1981. Pathogenicity of isolates of Didymella bryoniae and resistance of the fungus out of symptomless plants. *CGC* 4:17-19

20. Gislerod. H. R., Selmer-01sen. A. R. and Mortensen. L. M. 1987. The effect of air humidity on nutrient uptake of some greenhouse plants. *Plant and Soil.* 102:193-196.

21. Grange. R. I. and Hand. D. W. 1987. A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. *J. Hort. Sci.* 62:125-134.

22. Honda, Y. and Yunoki, T. 1977a. Control of Sclerotinia Disease of greenhouse eggplant and cucumber by inhibition of development of apothetica. *Plant Dis. Reptr.* 61:1036-1040.

23. Honda, Y. and Yunoki, T. 1977b. Control of gray mold of greenhouse cucumber and tomato by inhibiting sporulation. *Plant Dis. Reptr.* 61:1041-1044.

24. Janqueira, N. T. A., Gasparotto, L., Morae, V. H. F., Silv, H. M. and Lim, T. M. 1985. New diseases caused by virus, fungi and also bacterium rubber from Brazil and their impact on International Quarantine support for Agricultural Development, Kuala Lumpur 10-12 Dec. 1985. *ASEAN Plant Quarantine Center and Training Institute.* 253-260.

26. Kang, S. W., Kwon, J. H. Chung, B. K., Cho, J. H., Lee, H. S. and Kim, H. G. 1993. Identification and etiological of new disease, corynespora leaf spot of cucumber caused by Corynespora melonis(Cook) Lindaw greenhouse cultivation in Korea. *RDA. J. Agri. Sci.* 35(1):332-336.

27. Kawamitsu Y., Yoda. S. and Agata. W. 1993. Humidity pretreatment affects th responses of stomata and CO_2 assimilation to vapor pressere difference in C_3 and C_4 plants. *Plant Cell Physiol.* 34:113-119.

28. Keinath, A. P., Farnham, M. W. and Zitter, T. A. 1995. Morphological, pathological and genetic differentiation of Didymella bryoniae and Phoma spp. isolated from cucurbits. *Phytoathology.* 85:364-369.

29. Kim, W. S., Kim, J. H., Kim, M. S., Shin, K. C. and Kim, S. B. 1991. Studies on the causal factors control of calyx and necrosis in apple. Research Reports of the Rural Development Administration, Horticulture. 33:16-26. *Horticultural Experiment Station, Suwon* 440-310, Korea.

30. Matsumoto. H. and Yamaya. T. 1981. Increase in alkaline phosphatase activity in cucumber roots during calcium starvation. *Plant Cell Physiol.* 22:1137-1140.

31. McGrath, D. J., Vawdrey, L. and Walker, I. O. 1993. Resistance to gummy stem blight in muskmelon. *HortScience* 28:930-931.

32. Mortensen. L. M. 1986. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. *J.Sci. Hort.* 29:301-307.

33. Moore-Landecker, E. 1990. Sporulation, In: Fundamentals of the Fungi (3rd eds.) 333-355. *Prentice Hall, New Jersey.*

34. Nicot, P. C., Mermier, M., Vaissiere, B. E. and Lagier, J. 1996. Differential spore production by Botritys cinerea on ager medium and plant tissue under near-ultraviolet light-absorbing polyethylene film. *Plant Dis.* 80:555-558.

35. Norton, J. D. 1979. Inheritance of resistance to gummy stem blight in watermelon. *HortScience.* 14:630-632.

36. Parry. M. L., Carter. T. R. and Konjin. N. T. 1980. The impact of climatic variations on agriculture, Kluwer Acad. Pub. by the international institute for

applied systems analysis/United Nations Environment Program.(Vol. 1. pp 876. Vol. 2. pp. 764)

37. Pierce, L. K. and Wehner, T. C. 1990. Review of genes and linkage groups in cucumber. *HortScience*. 25:605-615.

38. Wasilwa, L. A., Correll, J. C., Morelock, T. F. and McNew, R. F. 1993. Reexamination of races of the cucurbit anthracnose pathogen Colletotrichum orbiculare. *Phytopathology*. 83:1190-1198.

39. Zhang, Y., Kyle, M., Anagnostou, K. and Zitter, T. A. 1997. Screening melon(Cucumis melo) for resistance to gummy stem blight caused by Didymella bryoniae in the greenhouse and field. *HortScience*. 32:117-121.

40. Zitter, T. A. and Kyle, M. M. 1992. Impact of powdery mildew and gummy stem blight on collapse of pumpkins *(Cucurbita pepo L.)*. *CGC*. 15:93-96.

41. 鄭甲彩, 河淳鎬, 李聖熙. 1992. 生化學的 方法, 迅速簡易 營養測定法 및 木符液分析을 이용한 오이의 健康診斷에 관한 硏究. 1. 特定 要素의 缺乏에 따른 分析致의 比較. 韓國園藝學會誌 33:365-371.

42. 挾問 涉. 1990. キュウリ褐斑病の發生動向及び硏究の現狀と防除對策. 植物防疫 44(5):224-228.

43. 挾問 涉. 1991. ベンズイミダゾール系藥劑耐性キュウリ褐斑病菌の傍生とその特性. 日植病報 57:312-318.

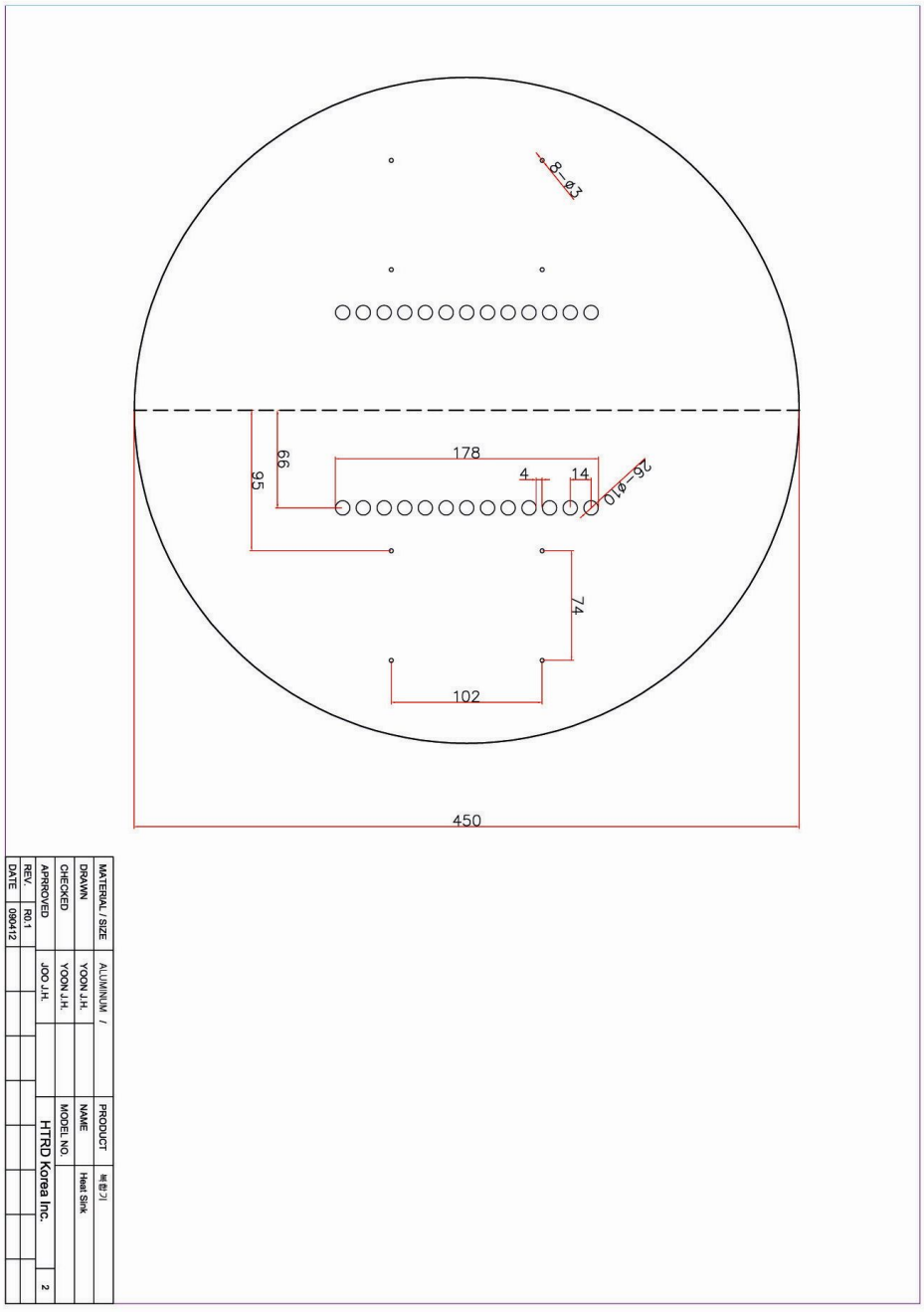
44. 挾問 涉. 加藤德弘 森田鈴美. 1993. キュウリ褐斑病菌の 種字傳染. 日植病報 59:175-179.

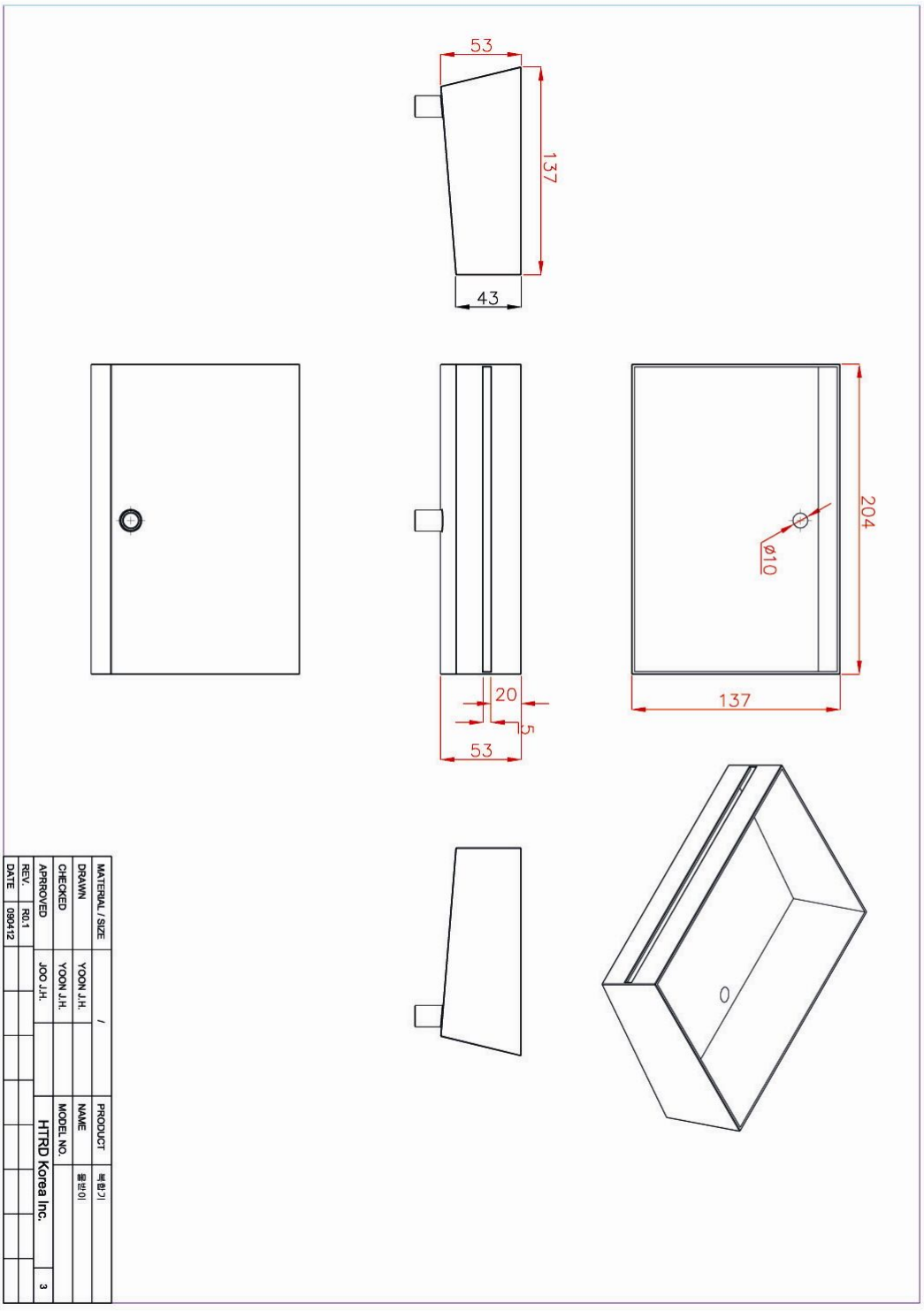
45. 崎出 一 壇 和弘 今田 成雄(千葉農試・野菜茶試) 2000.

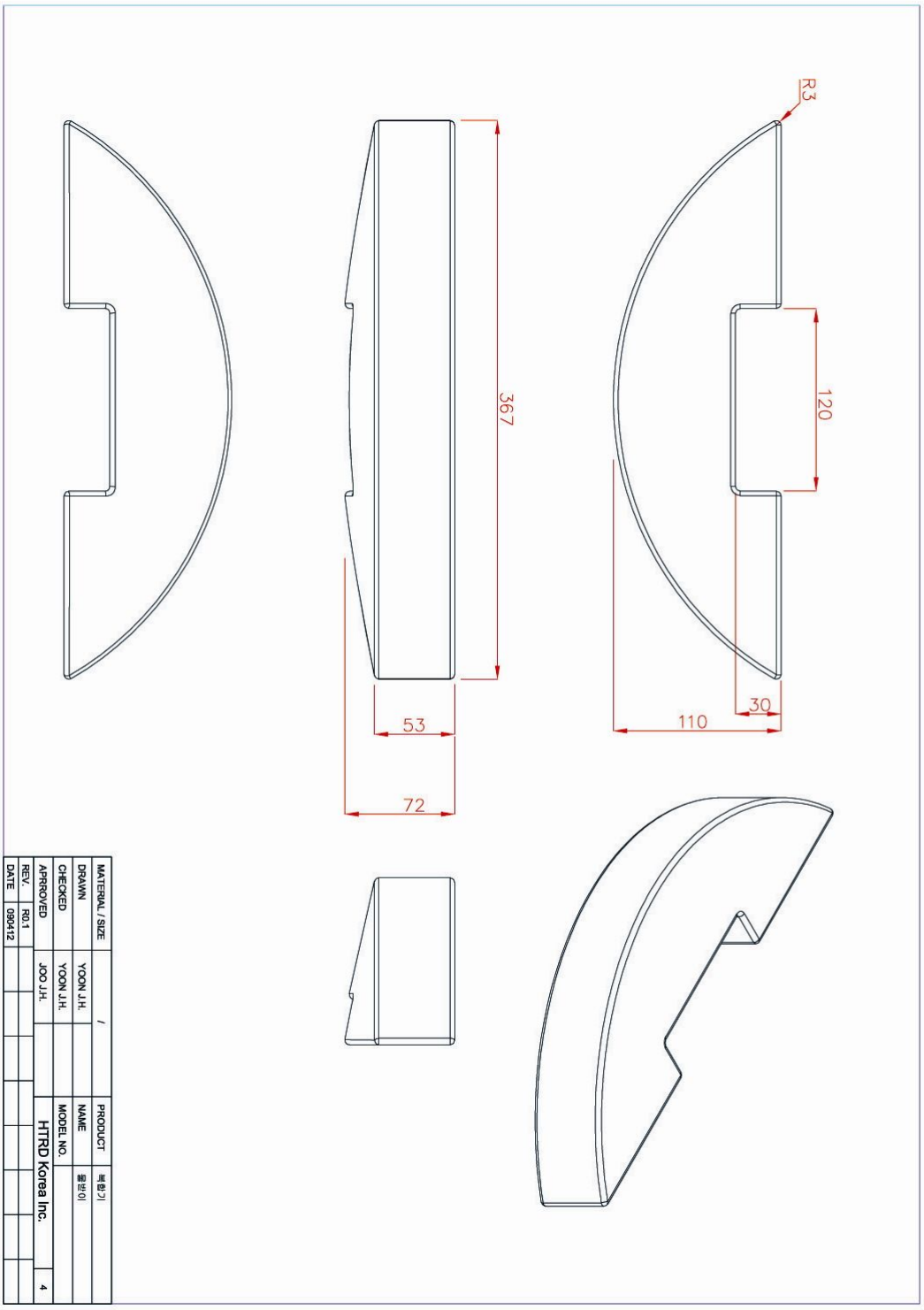
46. 高溫條件下の空氣濕度がキュウリの生育, 蒸散, 養分吸收, 乾物生産に及ほす影響.

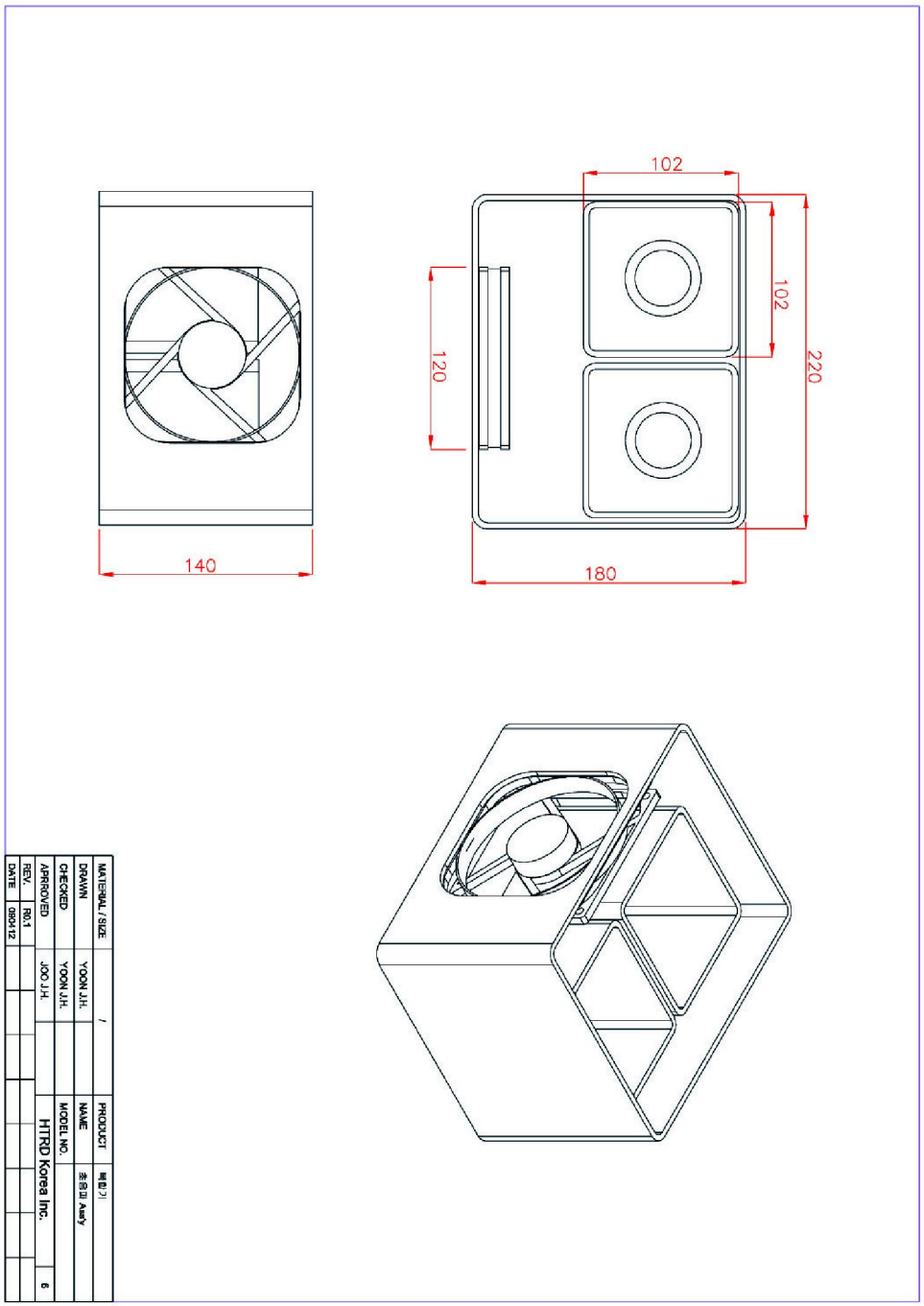
부　록. 관련 도면 및 사진 자료

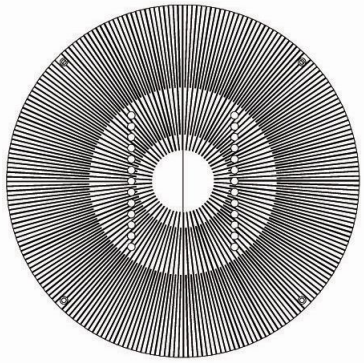
< 가습-제습 복합기 2D 도면 >

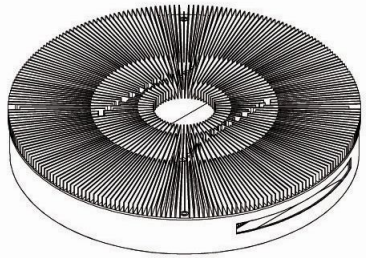


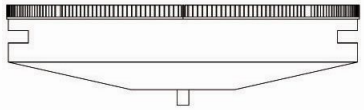

53
137
43
204
ø10
137
20
5
53
0
MATERIAL / SIZE
/
PRODUCT
복합기
DRAWN
YOON J.H.
NAME
몰딩(이
CHECKED
YOON J.H.
MODEL NO.
APPROVED
JOO J.H.
HTRD Korea Inc.
3
REV.
R0.1
DATE
090412

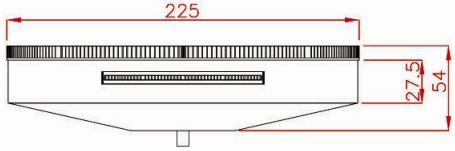

R3
367
120
53
72
30
110
MATERIAL / SIZE
/
PRODUCT
복합기
DRAWN
YOON J.H.
NAME
몰딩(이
CHECKED
YOON J.H.
MODEL NO.
APPROVED
JOO J.H.
HTRD Korea Inc.
4
REV.
R0.1
DATE
090412

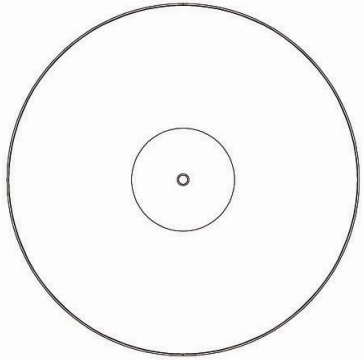

102
102
220
120
140
180
MATERIAL / SIZE
/
DRAWN
YOON J.H.
CHECKED
YOON J.H.
APPROVED
JOO J.H.
PRODUCT
NAME
MODEL NO.
HITRD Korea Inc.
REV.
R0.1
DATE
080412
6



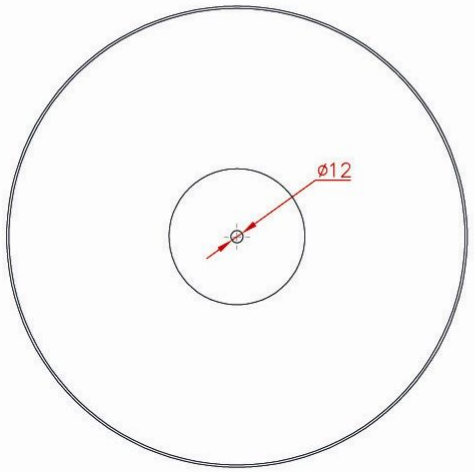


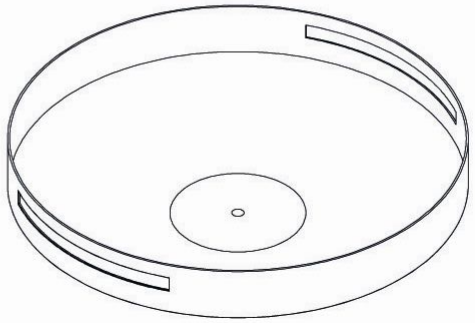


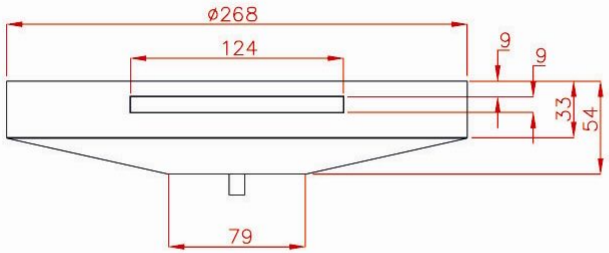


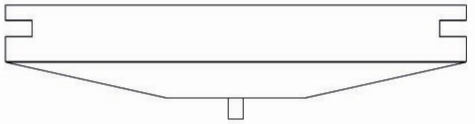


MATERIAL / SIZE		/			PRODUCT	복합기					
DRAWN		YOON J.H.			NAME	복합기					
CHECKED		YOON J.H.			MODEL NO.						
APRROVED		JOO J.H.			HTRD Korea Inc.						2
REV.	R0.1										
DATE	090412										

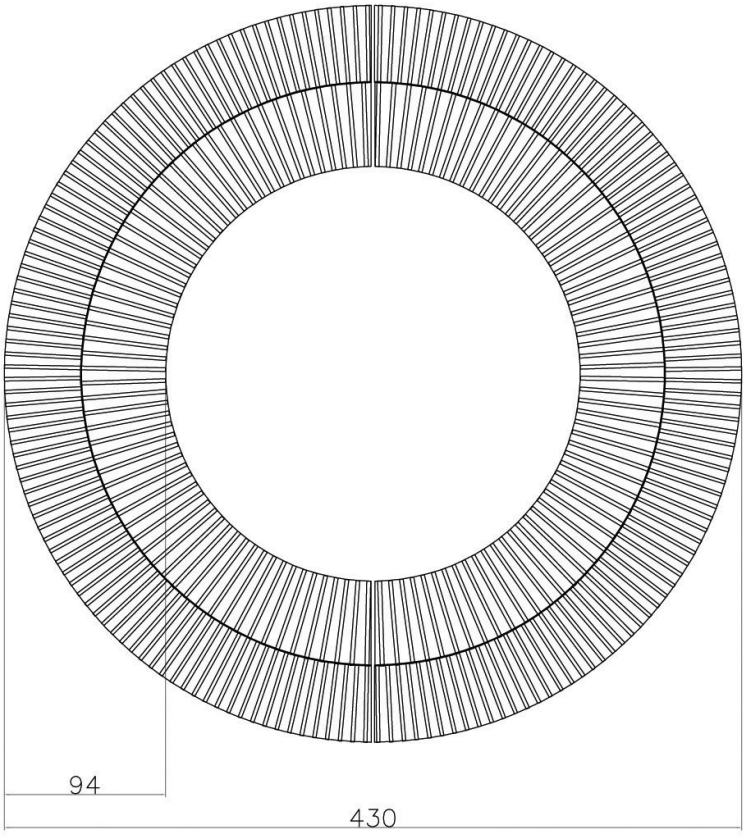




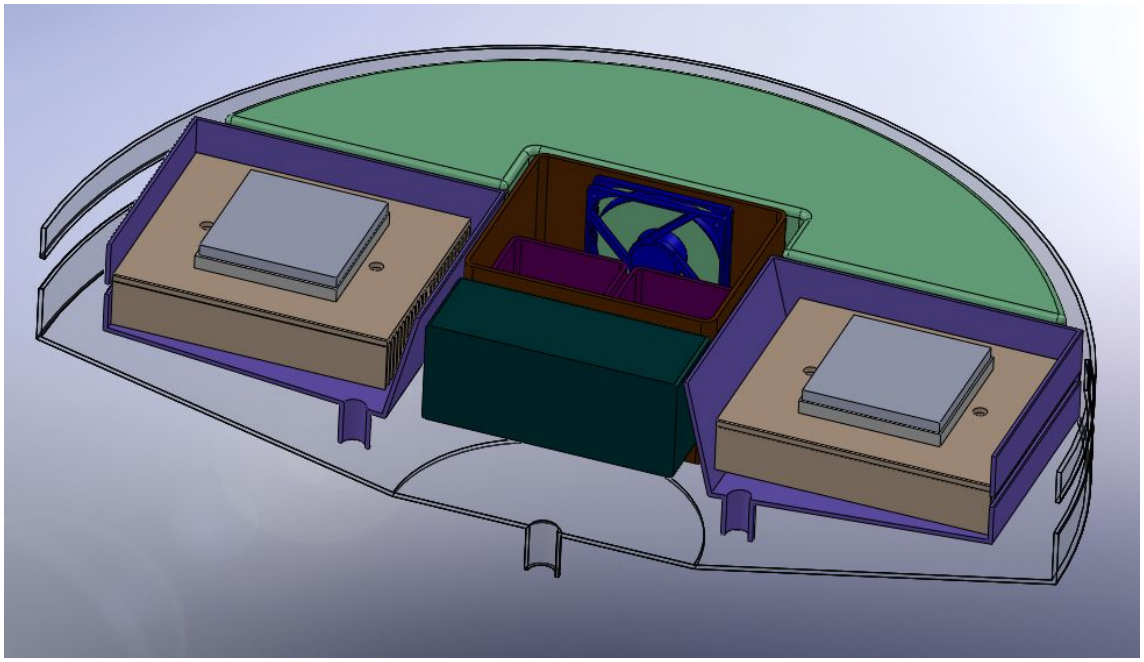


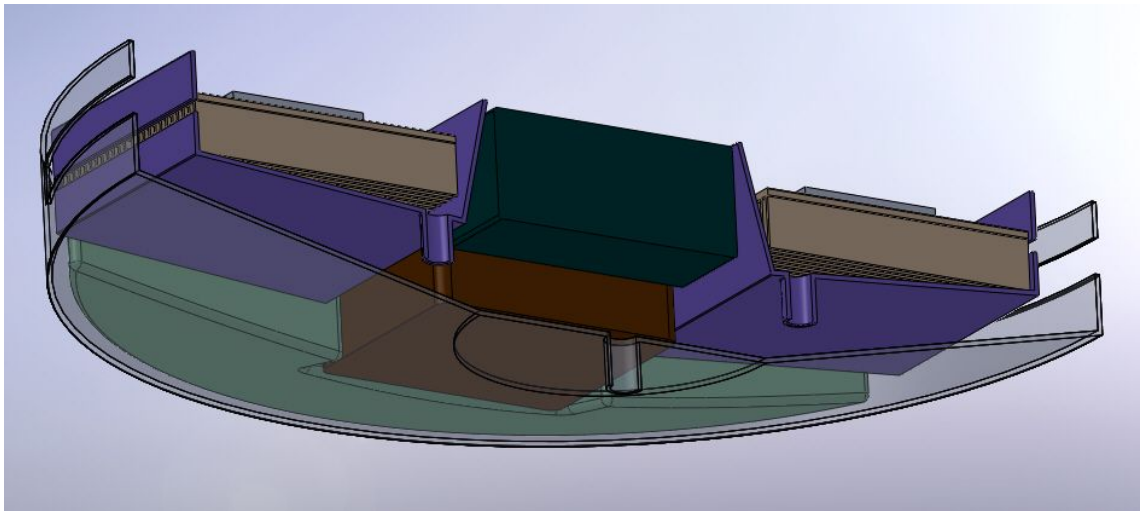


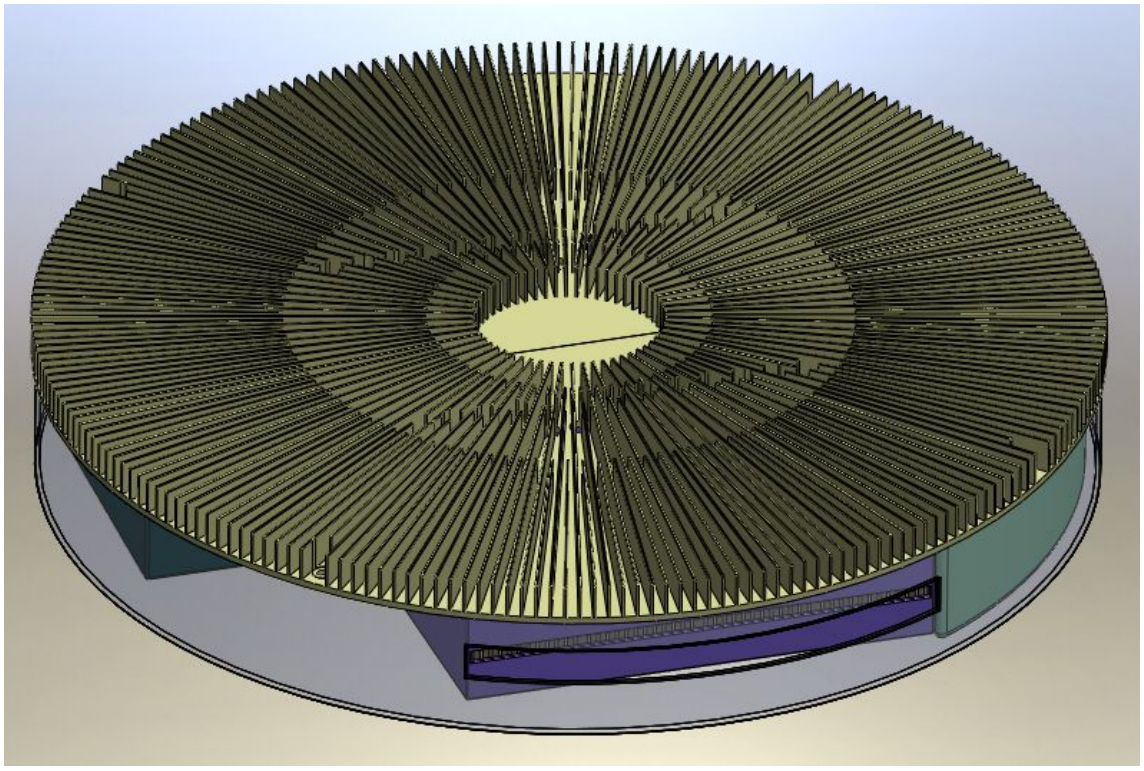
MATERIAL / SIZE		/			PRODUCT	복합기				
DRAWN		YOON J.H.			NAME	Cover				
CHECKED		YOON J.H.			MODEL NO.					
APRROVED		JOO J.H.			HTRD Korea Inc.					5
REV.	R0.1									
DATE	090412									

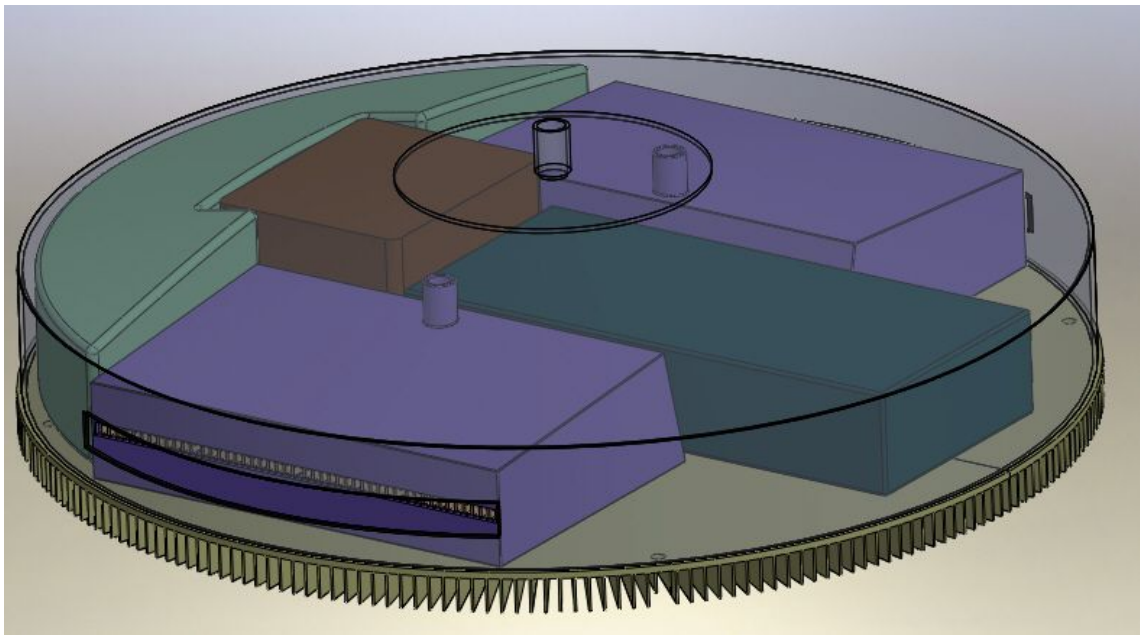

94
430

< 가습-제습 복합기 3D 도면 >









<Power Supply 승인원>

A-500-24
AC input range selectable by switch
Protections: Short circuit, Over load
Over voltage,
Forced air cooling by build-in DC fan
100% full load burn-in test
Fixed switching frequency at 60 KHz
2 years warrant

A-500-24 Switch Power Supply

1、Input parameter
1.1 AC input voltage range: 100~132VAC/176~264VAC selectable by switch
1.2 AC input voltage frequency: 47~63Hz
1.3 AC input current: 8.5A/115VAC 4.5A/230VAC
1.4 AC inrush current: Cold start, 25A/115VAC, 50A/230VAC
1.5 Efficiency: 85%
1.6 Leakage current: <3.5mA/240VAC
2、Output parameter
2.1 DC output voltage: 24VDC
2.2 DC output rated current: 21A
2.3 DC output current range: 0~21A
2.4 DC output rated power: 500W
2.5 Ripple & Noise (max): 200mVp-p(Measured at 20MHz of bandwidth by using a 12mm twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor)
2.6 DC output voltage adjustment range (min): 21.6~26.4V
2.7 DC output voltage tolerance: ±1%

SPECIFICATION FOR APPRDIVA

NO:CL2009032602

CUSRTOMER: _____

DESCRIPTION: Switch Power Supply

FOR MODEL: _____

FOR STOCK NO: _____

Our Model : A-500-24

Date : 2009.03.26

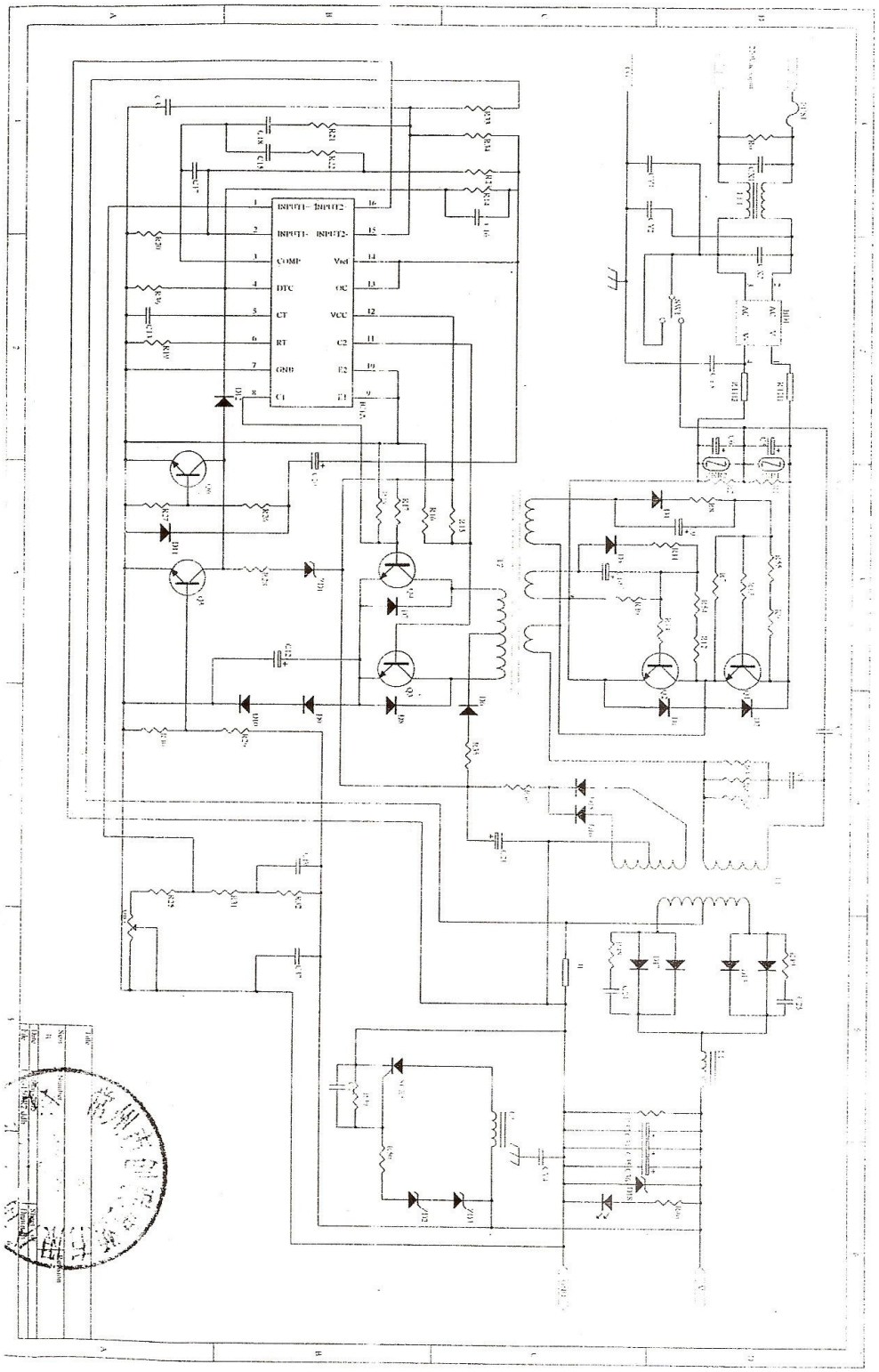
APPRDIVA SIGN

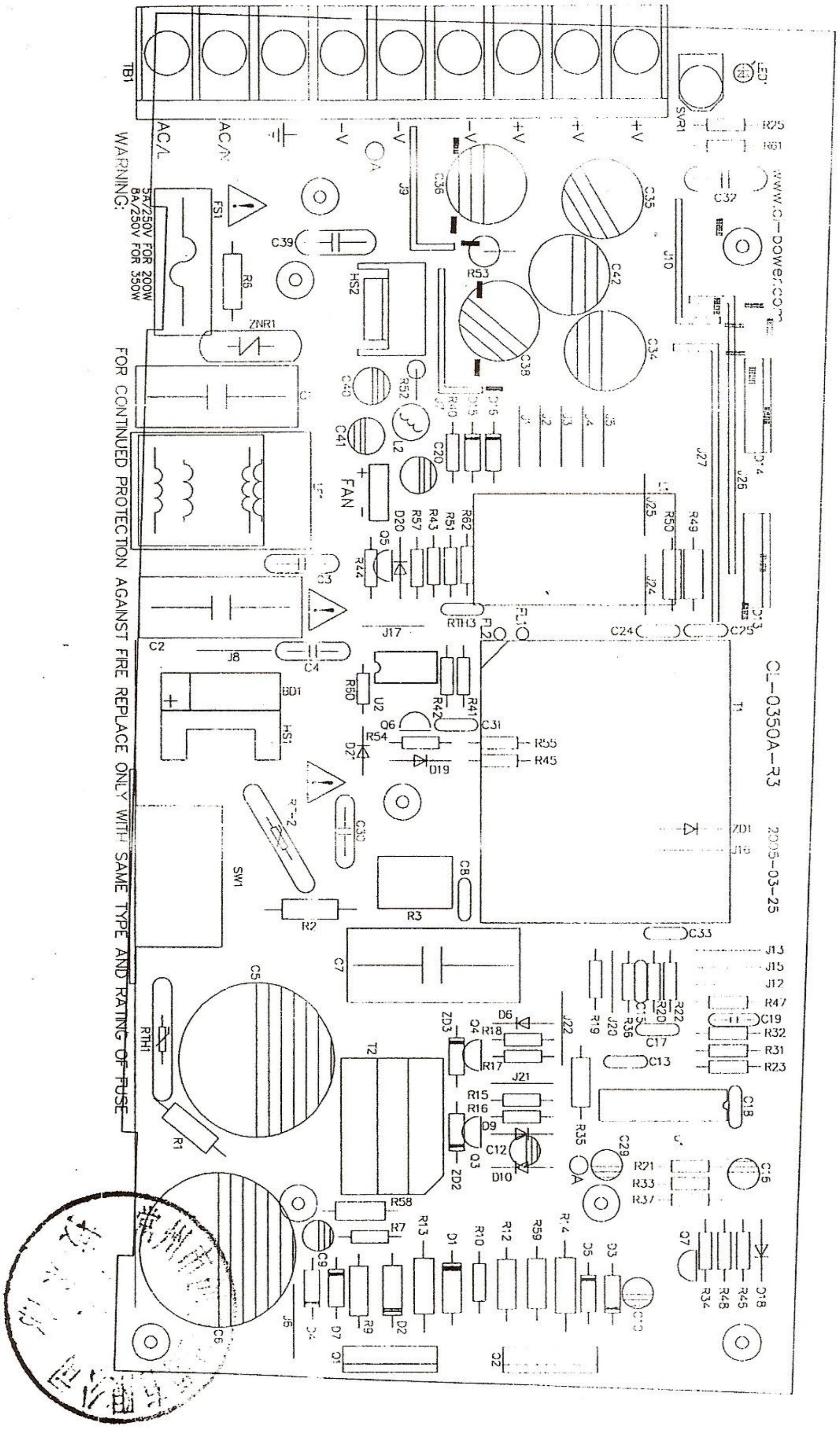
CHANGZHOU CHUANGLIAN POWER SUPPLY CO., LTD.
Building E Jiajing Industry Zone,Wailma Road,Chuangzhou,Jiangsu,China
P.C.:213022
Tel:86-519-5215050 5210006 Fax:86-519-5215252
Http://www.cl-power.com
E-mail:tjx@cl-power.com

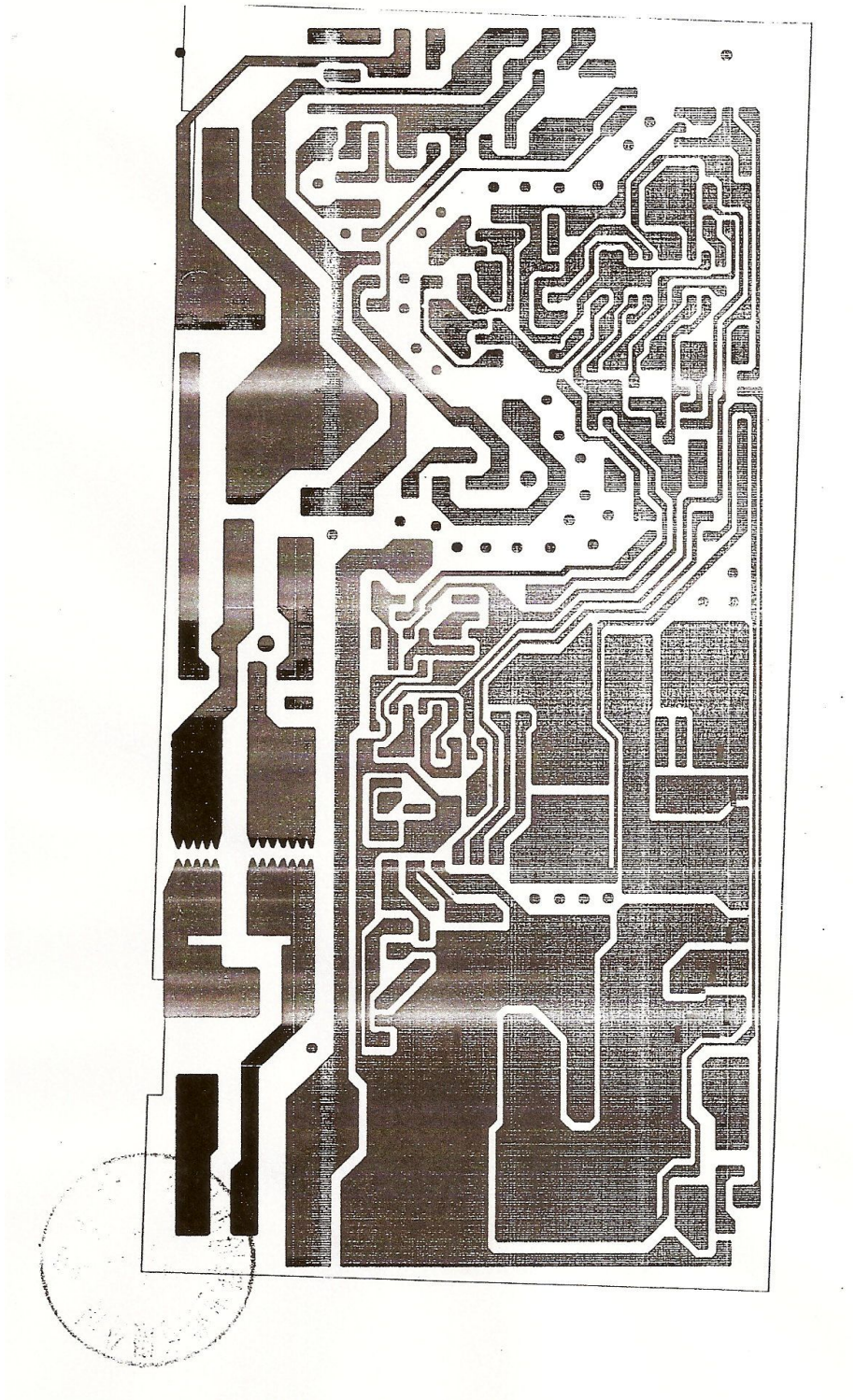
2.8 DC output line regulation：±0.5%
2.9 DC output load regulation：±1%
2.10 Power setup time：500mS/ at full load
2.11 Power rise time：50mS/ at full load
2.12 Power hold time：15mS/ at full load
2.13 Power respond time：500uS
3、Protection
3.1 Over load： 110~150% shut off, AC recycle to re-start
3.2 Short circuit：shut off ,AC recycle to re-start
3.3 Over Voltage: 28V～32V, shut off, AC recycle to re-start
4、Working entironment
4.1 Working temperature range：-10℃～+50℃@100%, 60℃@60% load
4.2 Working humidity range： 20~90%RH non-condensing
4.3 Storage temperature range： -20℃～+85℃
4.4 Storage humidity range： 10~95%RH
4.5 Temperature coefficient： ±0.03%/℃（0～50℃）
4.6 Vibration：10~500Hz，2G，10min/cycle，60min, each along X, Y, Z axes
5、Safety & EMC
5.1 Safety standards：design refer to GB4943-2001，UL1012
5.2 Withstand voltage：I/P-O/P、I/P-FG：1.5KVAC O/P-FG：0.5KVAC
5.3 Isolation resistance：I/P-O/P、I/P-FG、O/P-FG：100MΩ/500VDC
5.4 EMC standards：design refer to EN55022，Class A

6、Others
6.1 MTBF：100，000 hours min, MIL-HDBK-217F(25℃)
6.2 Dimension：291*132*68（L*W*H）
6.3 Weight：2.7Kg/PCS
6.4 Packing：6PCS/CUFT，17Kg

名称	A-500-24	拟制		审核	吴忠兵	批准	
编号	CL-JS-0408-500-24	日期	4/16	日期		日期	




WARNING:
5A/250V FOR 200W
8A/250V FOR 350W
FOR CONTINUED PROTECTION AGAINST FIRE REPLACE ONLY WITH SAME TYPE AND RATING OF FUSE
www.cl-power.com
CL-0350A-R3
2005-03-25



< 특허 출원 내용 개요 >

[요약]

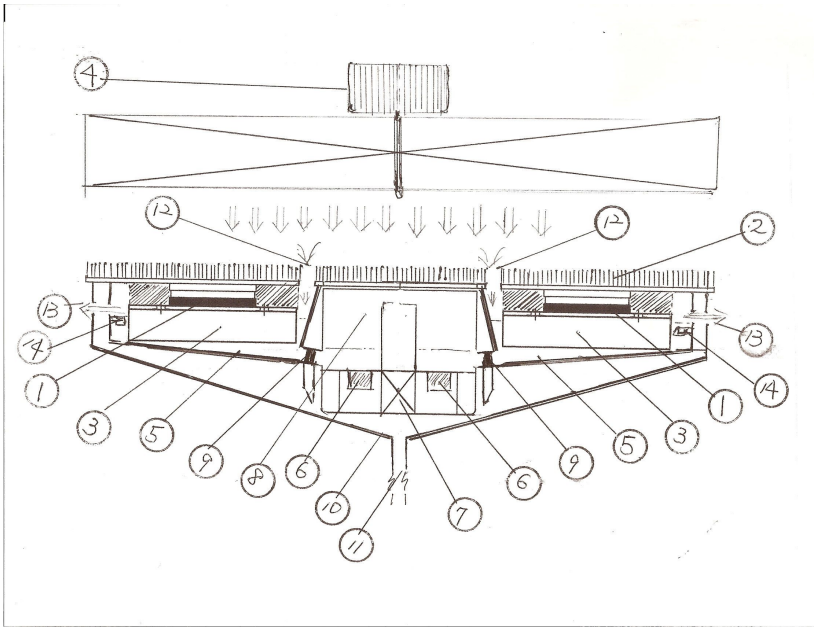
본 발명은 하우스 내부의 습도를 자동 조절, 일정한 범위의 습도를 유지하게 하여 채소나 화훼 등의 농작물을 병해충 피해 방지와 성장을 촉진시켜 더 많은 고품질의 수확을 얻도록 하기위한 자동 습도조절과 강제 공기순환기의 기능을 결합한 복합기이다. 로

현재 시설 하우스에서는 습도가 높으면 제습기를 가동하고, 습도가 낮으면 가습기를 설치 사용하는 경우가 많다. 이럴 경우 기습기 따로 제습기 따로 공기교반기 따로 사용하고 있는데 설치장소적인 문제와 제어문제 유지보수에 많은 어려움과 불편함이 따른다.

본 발명은 이러한 문제점을 해소하고 기존의 공기교반기에 제습기능과 기습기능을 부가하고, 단순 가습기에서 나타나는 오염으로 인한 세균문제를 해결 하여 살균된 가습공기를 공기교반기를 통하여 하우스내부에 고르게 순환시킬 수 있다.

또한 적정의 습도를 유지함으로서 작물의 성장을 촉진시키고, 병충해 발생을 줄임으로서 고품질의 농작물을 수확할 수 있을 것이다.

[대표도]



[색인어]

가습, 제습, 공기교반, 복합기

[명세서]

[발명의 명칭]

제습 가습 복합제어 공기교반기

[발명의 상세한 설명]

[기술분야]

본 발명은 하우스 내부의 습도를 일정범위로 유지하기 위한 자동습도 유지 장치에 관한 것으로, 습도가 낮으면 가습을 하고, 습도가 높으면 제습을 하며, 하우스 내부의 공기를 상하 또는 좌우로 강제로 순환 교반시켜 온도와 습도분포를 고르게 하는 복합장치에 관한 것이다.

[배경기술]

대한민국특허0483172호의 제습기능을 가진 공기교반기를 상용화하여 적용하면서 높은 습도에 의한 농작물의 피해방지는 해결하였으나, 저습에 의한 문제점을 해결해야 적정한 습도를 유지하고, 고품질의 농작물을 수확할 수 있는 것에 착안은 두고 본 발명을 하게 되었다.

[발명의 내용]

[해결하고자 하는 과제]

시설하우스에 높은 습도도 문제이지만 너무 낮은 습도로 인한 식물의 저성장과 잎마름병 등으로 작물의 생육이 어려워지는 문제를 해결하고자 하는데, 독립된 가습기를 사용하면 되지만, 이 경우 제습기 따로, 가습기 따로 사용해야 함으로 불편한 점이 많으므로 이를 일체화 하므로 하나의 기계로 작물의 성장에 적정한 습도를 유지해 주는 장치를 얻고자 한다.

[과제 해결 수단]

기존의 제습기능을 가진 공기교반기에 초음파진동자를 이용한 가습기능을 부가함으로 가습기능을 가지게 하고, 단순 가습기에서 나타나는 세균문제를 해결하기 위하여 열전소자의 특성을 이용하여 전기 극성을 전환하여 물을 가열하여 살균하도록 함으로서 문제를 해결하고자 한다.

[효과]

제습 가습의 복합기능을 가진 공기교반기를 구현함으로서 하우스내의 강제순환을 통한 고른 온도와 습도 분포를 가지므로 인하여 농작물의 성장을 촉진하고 병출해로부터 피해를 방지하며 고품질의 생산을 가능하게 할 수 있다.

편집순서 8

※ 보고서 겉표지 뒷면 하단에 다음 문구 삽입

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.