

최 중
연구보고서

삼방변 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방 겸용
토양소독시스템 기술개발

Soil Sterilization System Technology Development
Combined with underground heat for Green
House Horticulture Using 3way Valve

연구기관

(주)신안그린테크

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “삼방면 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방 겸용
토양소독시스템 기술개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006년 5월 26일

주관연구기관명 : (주)신안그린테크

총괄연구책임자 : 장 승 호

세부연구책임자 : 조 정 우

연 구 원 : 권 연 회

연 구 원 : 임 재 환

연 구 원 : 이 은 진

협동연구기관명 : 원예연구소 시설원예시험장

협동연구책임자 : 강 경 희

연 구 원 : 권 국 준

요 약 문

I. 제 목

삼방면 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방 겸용 토양소독시스템 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1) 연구개발의 개요

토양 병해의 발생은 대부분의 경우, 연작 장애에 의한 토양 열화, 지력 저하가 요인으로 보여진다. 지금까지, 토양 병해충이 발생했을 경우, 농약등 약제에 의한 방제가 반복해 행해져 왔다. 그 때문에 농약 내성균, 농약 저항성 해충이 발생하므로 방제를 위해 더욱 강력한 농약을 사용하게 되므로 토양은 본래의 힘을 잃어, 오랜 세월의 방제의 노력에도 불구하고 그 피해의 해소가 어려워지고 있다.

2) 기술개발 목표

본 개발과제의 목표는 2005년부터 세계적으로 사용이 금지되는 메틸 브로마이드 등 화학약품의 대체기술로 기존의 지중난방기에 토양소독에 용이한 설비를 연구 장착하여 토양 소독과 지중가온을 동시에 수행하고 시설원예의 작물재배 환경 개선으로 고품질, 고생산량의 소득을 가능케 하는 것이다.

시설농가로서는 토양소독과 지중난방의 두 가지 기능의 기계를 구입해야 하는 부담을 줄일 수 있는 경제적 제품을 개발하여 부가가치를 창출하고 타사와의 경쟁력을 확보하여 수출을 활성화하는 등 국제경쟁력을 확보하는데 있다.

3) 연구개발의 필요성

고정형 시설재배 면적의 증가는 연작에 의한 많은 생리장애를 일으켜 수량 감소는 물론 품질 저하를 가져오고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 토양전염병 방제를 위해 토양소독이 이루어져야 하는데 농약 등 약제 소독은 환경오염은 물론 인체에도 많은 영향을 준다. 따라서 친환경적인 소독방법이 필요하게 되어 본 연구는 친환경적인 토양소독 방법을 개발하기 위해 근권 난방을 위해 사용되고 있는 지중 난방기에 토양소독을 할 수 있는 기능을 부가시킴으로써 지중가온기의 효율성을 한층 증대 시키고자 한다.

(1) 개발 제품용도

- 유리온실, 비닐하우스 등의 작물재배용 지중가온 및 토양 소독장치
- 염가의 개량 지중난방기를 토양 소독기로 활용가능

(2) 개발 제품 기능

- 삼방면 지중난방 토출구 개선과 보조탱크 시스템 개선으로 에너지 절감
- 분배구 재배치로 이동식 기능
- 토양소독으로 인한 연작 피해 감소 기능
- 토양 환경오염원 제거
- 지중난방 기능
- 태양열 이용으로 친환경 및 경제적 효율성 증가

(3) 제품 성격

- 개량 지중가온 장치를 이용한 지중난방 기능과 토양소독 기능
- 식물의 최적의 생육환경을 제공하기 위한 알맞은 토양환경 설정
- 최소 부피와 다양한 기능으로 작업환경 개선 및 폭 넓은 시장 확보
- 우수 기술 확보 및 산업화를 통한 경쟁력확보
- 다 기능으로(토양소독, 지중가온) 인한 친환경 및 경제성 향상

III. 연구개발 내용 및 범위

구 분	개발목표	주요 개발 내용 및 범위
1차년도 (설계, 제작 응용 기술 개발)	<제1세부과제> 1. 지중 난방기의 시스템 개선 및 연구 2. 개량형 지중 가온기의 토양소독 접목효과	○ 신 개념 지중난방기 설계, 제작 - 보조탱크 개선, 이동식 분배구 - 압축탱크의 팽창관 설계, 열절감율 검토 - 분배구의 재질과 구조 검토 ○ 지중 난방기를 이용한 토양소독법 개발 ○ 지중 난방기를 이용한 토양 소독 효과분석
	<협동과제> 1. 개량 지중 가온 난방 기의 토양소독 효과검토	○ 온수순환조절 발열능력 검토 및 토양 소 독 시험 및 효과 분석 ○ 부동액 이용성 및 발열의 작동 검토
	<위탁과제> 1. 태양열 토양소독연구 데이터 수집 및 분석	○ 태양열 소독 연구 및 효과분석 ○ 태양열 소독의 데이터 수집 및 분석
2차년도 (시작품제작 상품화)	<제1세부과제> 1. 개량형 지중난방기 의 농가 테스트 및 적용 2. 시작품제작 및 상품화	○ 시작품 제작 ○ 제품 농가 시험 ○ 상품화 - 광고, 카탈로그 제작 전시회 참전, 에이전트 홍보
	<협동과제> 1. 태양열소독과 지중소독 의 데이터 분석	○ 태양열소독과 개량 지중난방기 토양소독의 효율적 연계기술 연구 ○ 토양소독 데이터 분석
	<위탁과제> 1. 난방에너지 절감연구	○ 에너지 절감 소독법 연구 및 활용

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

삼방변 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방 겸용 토양소독시스템은 2년간의 연구와 실증 실험을 통해서 연작피해를 없애고 병충해를 예방하며 작물의 생육성장에 도움이 되는 제품으로 거듭나게 되었습니다. 무엇보다도 무공해 농업을 선도하는 제품으로서 거듭나게 되었습니다.

- 여름철 : 토양소독
- 겨울철 : 지중난방

2004년부터 2006년 까지 2년에 걸쳐서 연구 개발되어 완성되어진 삼방변 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방 겸용 토양소독시스템은 주관기관인 (주)신안그린테크와 원예연구소 시설 원예 시험장, 경북대학교 농업과학기술연구소, 경남 하동군 농업기술연구소 등의 기관과 공동 연구하여 좋은 결과를 얻었지만 토양소독의 경우는 태양열의 도움을 받아야하는 여름철의 한 때에만 가능하다는 미해결 문제점도 안고 있다.

하지만 전국에 버려진 채 널려있는 지중난방기에 삼방변 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방 겸용 토양소독시스템을 접목 시키면 버려진 지중난방기의 재활용은 물론이고 적은 비용으로 토양소독이 가능해지고 이로 인해 연작 피해 예방, 토양병충해 감소, 무공해 농업까지 실현되는 삼중의 효과를 얻을 수 있다.

기존의 열수소독이나 증기소독의 경우는 효과는 확실하지만 기존의 이로운 토양 미생물까지 완전 박멸해버리는 난점을 안고 있었는데 태양열과 50~60℃ 정도의 열을 2일 정도 유지함으로써 토양에 필요한 미생물들은 유지하면서 유해균의 90%이상 박멸시키는 점은 본 연구개발의 백미라 할 수 있다.

또한 삼방변 밸브 시스템을 이용하여 양액재배를 실시하였을 때는 에너지 절감 및 뛰어난 보온 효과를 얻는다는 결과 까지 도출 되어 더욱 연구의 필요성이 느껴지는 부분이다.

SUMMARY

(영문 요약문)

I . Title

Soil Sterilization System Technology Development Combined with underground heat for Green House Horticulture Using 3way Valve

II. Purpose and Necessity of Research Development

1) Outline of Research Development

Most cases of soil blight seem to be caused by soil deterioration and lowered fertility due to repeated cultivation. So far, whenever a soil blight occurred, prevention using agricultural chemicals has been repeatedly carried out. Meanwhile, resistant bacteria against agricultural chemicals and agricultural chemical-resistant insects are produced and much stronger agricultural products are used for prevention. Therefore, soil loses its original power and it becomes difficult to relieve the damage in spite of the efforts of long time.

2) Objectives of Technology Development

The objectives of this development project is to make a research and install facilities for easy soil sterilization in the existing under ground heater as an alternative technology of chemicals such as methyl bromide whose use has been prohibited worldwide since 2005. Therefore, soil sterilization and heat under ground can be carried out at the same time, which enables to produce high quality green house horticulture guarantee income through high productivity.

It aims to generate added value by developing an economical product which reduces the burden of farmhouses to buy a machine with two functions soil disinfection sterilization and heat under ground and soil disinfection eventually to secure global competitiveness by securing the competitiveness with other companies and promoting export.

3) Necessity of Research Development

The increase in the area of fixed type green house cultivation cause many physiological impediment due to repeated cultivation and result in lowered quality as well as reduced harvest. In order to solve these problems, soil sterilization has to be done in order to prevent the contagious disease in soil but the sterilization using a medicine such as chemicals causes environment pollution and does harm to a human body. Therefore, it is necessary to develop

an environment-friendly sterilizing method and, in an effort to develop an environment-friendly soil sterilization method, this study aims to increase the efficiency of underground heater by adding the function of soil sterilization to underground heater which is used for heating the inside of green house.

(1) Use of developed products

- Underground heat and soil sterilization equipment for crop cultivation such as glass greenhouses and vinyl houses
- Improved low-price underground heater can be utilized as soil sterilizer.

(2) Function of developed products

- Energy saving through the improved 3way v/v of underground heater's output and supplementary tank system
- Moving function by relocating underground heater's output
- Decrease the damage by repeated cultivation through soil sterilization
- Eliminate the soil environmental pollutant
- Underground heat function
- Increased environment-friendliness and economic efficiency by using solar heat

(3) Product features

- Underground heat and soil sterilization functions using improved underground heat equipment
- Set up the suitable soil environment to provide the optimum environment for plant growth
- Improve work environment and secure wide range of markets through minimum volume with various functions.
- Secure excellent technology and competitiveness through industrialization
- Improve environment-friendliness and economicality based on multi-functionality (soil sterilization, underground heat)

III. Contents and Scope of Research Development

Division	Development Objective	Major Development Contents and Scope
1st year (Design, manufacture, applied technology development)	<p><Detailed task I></p> <p>1. Improvement and study on underground heater system</p> <p>2. Effect of improved underground heater on combined soil sterilization</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Design and manufacture of a new concept underground heater <ul style="list-style-type: none"> - Improved supplementary tank, moving underground heater of out line - Design the compression tank of apparent expansion line, review energy-saving rate - Review the material and structure of underground heater of out line ○ Develop soil sterilization method using underground heater ○ Analyze the effect of soil sterilization using underground heater
	<p><Collaborative task></p> <p>1. Review on the effect of improved underground heater on soil sterilization</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Review heat generating capacity controlling hot water circulation and analyze soil sterilization test and its effect ○ Review the application of antifreezing solution and heat-generating operation
	<p><Consigned task></p> <p>1. Collection and analysis of the data on studies on soil sterilization with solar heat</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Examine solar heat sterilization and analyze its effect ○ Collect and analyze the data on solar heat sterilization
2nd year (Experimental manufacture, commercialization)	<p><Detailed task I></p> <p>1. Farmhouse test and application of improved underground heater</p> <p>2. Experimental manufacture and commercialization</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Experimental manufacture ○ Product test at farmhouses ○ Commercialization - PR, participation in catalogue making exhibition, agent PR
	<p><Collaborative task></p> <p>1. Data analysis on solar heat sterilization and soil disinfection</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Examine efficient technology connecting solar heat sterilization and improved soil sterilization using underground heater ○ Analyze the data on soil sterilization
	<p><Consigned task></p> <p>1. A study on saving heating energy</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Examine and apply energy-saving sterilization method

IV. Result of Research Development and Suggestions for Application

Soil sterilization system combined with underground heat for greenhouse horticulture using 3way valve was reborn as a product to remove the harm caused by repeated cultivation, prevent harmful insects and help crop growth through 2 years of research and corroborative

experiments. In particular, it was reborn as a leading product for pollution-free agriculture.

- Summer season : soil sterilization
- Winter season : underground heat

Soil sterilization system combined with a underground heat for green house horticulture using 3way valve was developed after two years of research from 2004 to 2006. It was jointly developed by Shinan Green Tech as a organizer, Horticulture Experiment Field of Horticulture Research Center, Agricultural Science Technology Research Center of Kyungpook National University, Agricultural Technology Research Center of Hadong-gun, Gyeongsangnam-do. In general, the result was successful but there remains an unsolved problem that solar heat is required in case of soil sterilization.

However, if we apply a underground heater which is abandoned and scattered around the nation with soil sterilization system combined with underground heat for green house horticulture using 3way valve, we can not only recycle underground heater but also sterilize the soil at small expense. In addition, we can get triple effects of preventing the damaged by repeated cultivation, reducing the harmful insects in soil and realizing pollution-free agriculture.

In case of the existing hot water soil disinfection or steam sterilization, they are very effective but have the problem of completely exterminating the useful soil bacteria. The essence of this study is to exterminate the harmful insects over 90% while maintaining the solar heat and the heat of 50~60°C for two days and keeping the bacteria necessary for the soil.

In addition, it was found out that when 3way valve system was used for water culture resulting in energy saving effect and excellent thermal insulation, which encourages the need for further research in the future.

CONTENTS

(영 문 목 차)

CONTENTS

Chapter 1. A summary of R&D program

Paragraph 1 A summary of R&D program(object, necessity)

Paragraph 2 A spectrum of R&D program

Chapter 2. The present condition of R&D program in korea and overseas

Paragraph 1 The present condition of R&D program in korea and overseas

Chapter 3. The contents of R&D program and result

Paragraph 1 The way to theory and practice and contents of R&D program

Paragraph 2 The result product

Chapter 4. achieve R&D program's aim and contribution of allied industries

Paragraph 1 achieve R&D program's aim

Paragraph 2 contribution of allied industries

Chapter 5. The plan of practical use to R&D program's result product

Paragraph 1 The necessity of addendum researches and application of another researches

Paragraph 2 The way of propulsion to mass-produce

Chapter 6. Information of overseas R&D

Chapter 7. References

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	11
1 절	연구개발의 개요(목적, 필요성)	11
2 절	연구개발의 범위	14
제 2 장	국내외 기술개발 현황	22
1 절	국내·외 관련분야에 대한 기술개발현황	22
제 3 장	연구개발 수행 내용 및 결과	37
1 절	이론적, 실험적 접근방법 및 연구내용	37
2 절	결과물	86
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	88
1 절	연도별 연구목표 및 평가착안점에 입각한 연구개발목표의 달성도	88
2 절	관련분야의 기술발전예의 기여도 등을 기술	93
제 5 장	연구개발결과의 활용계획	95
1 절	추가연구의 필요성, 타 연구관련 응용	95
2 절	기업화 추진방안을 기술	95
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	98
1 절	일본 후지산 야채시험장의 토양 소독법	98
2 절	일본 동경 라디안트 사의 태양열 소독법	101
제 7 장	도면	106
1 절	지중난방기 도면	106
2 절	삼방변 시스템 도면	115
제 8 장	참고문헌	117

제 1 장 연구개발과제의 개요

1절 개발 대상기술(또는 제품)의 개요

1. 연구개발의 개요

시설현대화는 재배작물의 생육환경을 최적으로 만들기 위해 많은 노력을 해 왔으며, 최적의 시설환경을 통해 우수한 품질 및 생산성 향상의 여건을 만들어 가고 있다. 최근 우리나라 농업은 W.T.O의 여파로 인해 많은 어려움을 겪고 있다. 친환경, 무농약 재배 등 여러 가지 대책을 마련하고 있으나, 시설투자의 효율성이 떨어져 어려움은 날로 더해지고 있다. 또한, 재배작물은 토양의 온도·수분관리가 제대로 되지 않아 생육장애 및 병충해에 노출되어 농가의 적지 않은 피해가 보고 되고 있다.

특히, 토양 병해의 발생은 대부분의 경우, 연작 장애에 의한 토양 열화, 지력 저하가 요인으로 보여 진다. 지금까지, 토양 병해충이 발생했을 경우, 농약등 약제에 의한 방제가 반복해 행해져 왔다. 그 때문에 농약 내성균, 농약 저항성 해충이 발생하므로 방제를 위해 더욱 강력한 농약을 사용하게 되므로 토양은 본래의 힘을 잃어, 오랜 세월의 방제의 노력에도 불구하고 그 피해의 해소가 어려워지고 있다.

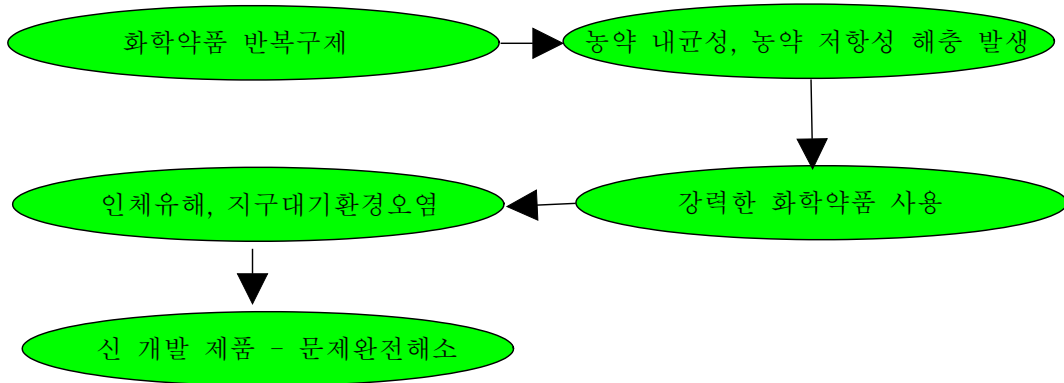
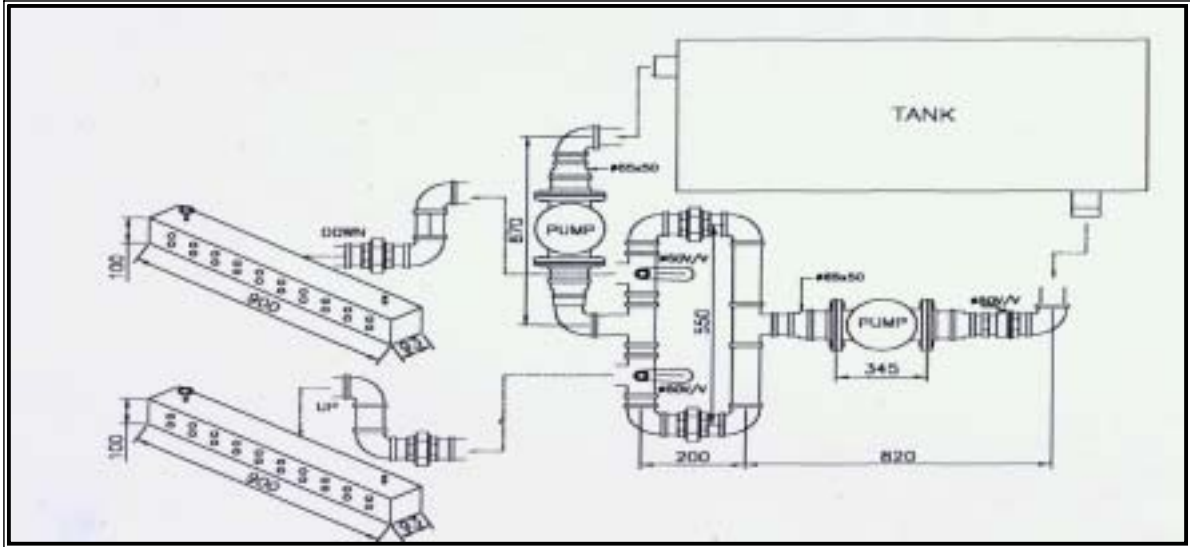


그림1. 화학약품의 폐해 및 반복 구제 해결 제시도

2. 연구개발의 필요성

고정형 시설재배 면적의 증가는 연작에 의한 많은 생리장애를 일으켜 수량 감소는 물론 품질 저하를 가져오고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 토양전염병 방제를 위해 토양소독이 이루어져야 하는데 농약 등 약제 소독은 환경오염은 물론 인체에도 많은 영향을 준다. 따라서 친환경적인 소독방법이 필요하게 되어 본 연구는 친환경적인 토양소독 방법을 개발하기위해 근권 난방을 위해 사용되고 있는 지중 난방기에 토양소독을 할 수 있는 기능을 부가시킴으로써 지중가온기의 효율성을 한층 증대 시키고자 한다.

특히, 개량형 지중난방기는 기존의 지중난방기에서 온수의 입출력이 한 방향으로 고정되어 있는 일자 밸브를 사용하였으나 이를 개선하여 입출력이 정방향과 역방향의 두 가지 형식이 모두 가능하게 하는 삼방변 시스템을 기술 개발하여 적용할 것이며, 온수가 파이프를 따라 흐르는 동안 손실되는 열의 양을 감소시키는 역할을 할 것이다. 이는 (주)신안그린테크의 지중난방기에서만 볼 수 있는 신개발 제품의 독창적인 시스템이라고 할 수 있겠다.



도면1. 삼방변 시스템 예상도

친환경적 소독방법인 태양열 토양소독은 한 여름철에 한정되어 있고 기상여건에 따라 지속적인 온도 유지가 어려우며 땅속 깊은 곳까지의 소독은 한계가 있어 이에 착안하여 (주)신안그린테크의 개발목표는 필요한 시기에 땅 속 깊은 곳까지 소독을 가능하게 하는 토양소독용 지중난방기를 연구 개발하는 것이다.

표1. 화학약품 비 사용 토양소독기와 신개발 제품 예상 가격비교 (단위:천원)

토양소독기	일본	국내	비고
증기소독기	50,000-80,000	30,000	
열수소독기	50,000-120,000	30,000	
기술개발제품	없음	약 6,000	

세계적으로 산업의 고도화와 아울러 환경오염에 대한 규제가 날로 강화되고 있는 이때 친환경에 있어서 토양소독이라는 분야는 작물재배의 환경제어 인자로 매우 중요한 위치를 차지하리라 생각됩니다.

표2. 토양 소독용 화학약품(메틸브로마이드) 국가 별 사용금지 년도

국가	화학약품 사용금지 제정 년도	금지년도	비고
미국	1999년	2001년	
일본	2001년	2005년	
몬트리올 협약(175개국)	1999년	2005년	
스위스 협약	2000년	2005년	

가. 개발 제품용도

- 유리온실, 비닐하우스 등의 작물재배용 지중가온 및 토양 소독장치
- 염가의 개량 지중난방기를 토양 소독기로 활용가능

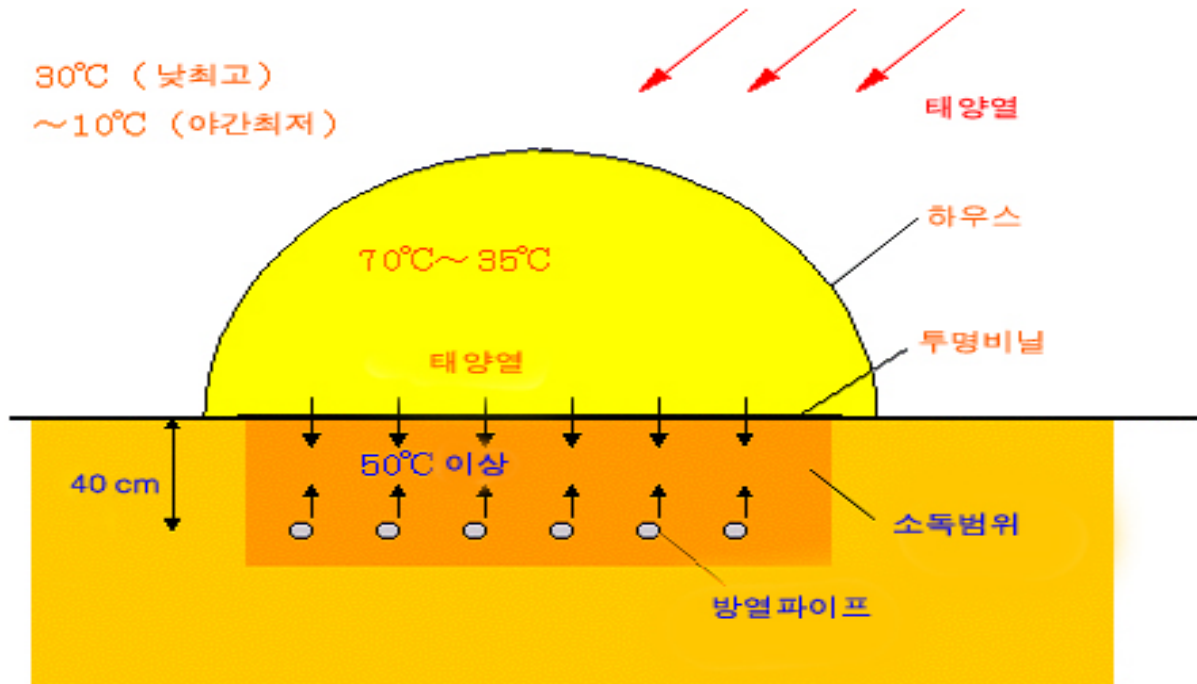


그림2. 태양열 소독 및 지중난방기를 이용한 토양소독의 예시도

나. 개발 제품 기능

- 삼방면 지중난방 토출구 개선과 보조탱크 시스템 개선으로 에너지 절감
- 분배구 재배치로 이동식 기능
- 토양소독으로 인한 연작 피해 감소 기능
- 토양 환경오염원 제거
- 지중난방 기능
- 태양열 이용으로 친환경 및 경제적 효율성 증가

다. 제품 성격

- 개량 지중가온 장치를 이용한 지중난방 기능과 토양소독 기능
- 식물의 최적의 생육환경을 제공하기 위한 알맞은 토양환경 설정
- 최소 부피와 다양한 기능으로 작업환경 개선 및 폭 넓은 시장 확보
- 우수 기술 확보 및 산업화를 통한 경쟁력 확보
- 다 기능으로(토양소독, 지중가온) 인한 친환경 및 경제성 향상

3. 연구개발의 목적

본 개발과제의 목표는 2005년부터 세계적으로 사용이 금지되는 메틸 브로마이드 등 화학약품의 대체기술로 기존의 지중난방기에 토양소독에 용이한 설비를 연구 장착하여 토양 소독과 지중가온을 동시에 수행하고 시설원예의 작물재배 환경 개선으로 고품질, 고생산량의 소득을 가능케 하는 것이다.

시설농가로서는 토양소독과 지중난방의 두 가지 기능의 기계를 구입해야 하는 부담을 줄일 수 있는 경제적 제품을 개발하여 부가가치를 창출하고 타사와의 경쟁력을 확보하여 수출을 활성화하는 등 국제경쟁력을 확보하는데 있다.

2절 연구개발의 범위

1. 연도별 주요개발 내용

표3 . 연도별 주요개발 내용

구 분	개발목표	주요 개발 내용 및 범위
1차년도 (설계, 제작 응용 기술 개발)	<제1세부과제> 1. 지중 난방기의 시스템 개선 및 연구 2. 개량형 지중 가온기의 토양소독 접목효과	○ 신 개념 지중난방기 설계, 제작 - 보조탱크 개선, 이동식 분배구 - 압축탱크의 팽창관 설계, 열절감율 검토 - 분배구의 재질과 구조 검토 ○ 지중 난방기를 이용한 토양소독법 개발 ○ 지중 난방기를 이용한 토양 소독 효과분석
	<협동과제> 1. 개량 지중 가온 난방 기의 토양소독 효과검토	○ 온수순환조절 발열능력 검토 및 토양 소독 시험 및 효 과 분석 ○ 부동액 이용성 및 발열의 작동 검토
	<위탁과제> 1. 태양열 토양소독연구 데이터 수집 및 분석	○ 태양열 소독 연구 및 효과분석 ○ 태양열 소독의 데이터 수집 및 분석
2차년도 (시작품제작 상품화)	<제1세부과제> 1. 개량형 지중난방기 의 농가 테스트 및 적용 2. 시작품제작 및 상품화	○ 시작품 제작 ○ 제품 농가 시험 ○ 상품화 - 광고, 카탈로그 제작 전시회 참진, 에이전트 홍보
	<협동과제> 1. 태양열소독과 지중소독 의 데이터 분석	○ 태양열소독과 개량 지중난방기 토양소독의 효율적 연계기술 연구 ○ 토양소독 데이터 분석
	<위탁과제> 1. 난방에너지 절감연구	○ 에너지 절감 소독법 연구 및 활용

2. 1단계(기초연구) 개발내용 및 개발범위

가. 1차년도(2004) 개발목표

- 개발 목표
 - 토양소독 겸용 개량형 지중난방기 개발과 토양소독 효과 구명
 - 태양열 토양소독과 지중난방 토양소독 기술 접목
- 용도 : 유리온실, 비닐하우스 등의 에너지 절감형 지중가온시설 및 토양소독
 - 부동액 이용 장치 : 토양소독 열전도를 제고와 지중난방 활용가능
 - 개량형 지중난방기(삼방변V/V, 이동식 분배구, 개량 보조탱크) :
지중난방 및 토양소독 기능 부가로 환경오염원 제거

○ 기능

- 시설하우스 작물의 생육환경을 고려한 지중가온 기능
- 보조탱크의 압력 팽창관 장치 개선으로 손실 열 방지 및 에너지 절감
- 지중난방기의 분배구 설치로 단독 토양소독 가능
- 열매체 물 대신 열전도율이 높은 부동액을 사용으로 고온 발열효과 제고

나. 1차년도(2004) 개발내용 및 범위

표4. 1차년도(2004) 개발내용 및 범위

구 분	개발목표	주요 개발 내용 및 범위
1차년도 (설계, 제작, 응용기술 개발)	<제1세부과제> 1. 개량 지중 난방기의 시스템 개발 2. 개량 지중 가온기의 토양소독 접목효과	○ 경량의 밸브장치 설계 - 보조탱크 개선, 이동식 분배구 - 압축탱크의 팽창관 설계, 열절감을 검토 - 분배구의 재질과 구조 검토 ○ 지중 난방기를 이용한 토양 소독 효과
	<협동과제> 1. 개량 지중 가온 난방 기의 토양소독 시험	○ 지중난방기의 온수순환 조절 발열능력 검토 및 토양 소 독 효과의 데이터 작성 ○ 부동액 이용성 및 발열의 작동 검토
	<위탁과제> 1. 태양열 토양소독연구	○ 태양열 토양소독 방법의 연구 및 해외 분석 자료에 의 거한 효과 분석 ○ 태양열 소독의 데이터 수집 및 분석

다. 1차년도(2004) 개발기술의 평가방법 및 평가항목

표5. 평가 방법 및 평가 항목

평가항목	평가방법	적용기준	개발사양
지중난방기	고온 노출 동작시험	+85 ℃	정상유무
	보조탱크 압력시험	이전과 비교	정상유무
	이동식분배구 작동 시험	누수상태	정상유무
토양소독기	부동액 투입 작동시험	물과 비교	정상유무
	토양소독 효과 시험	소독이전과 비교분석	정상유무
태양열 토양소독	태양열 소독법 시험	소독이전과 비교분석	정상유무

라. 협동기술개발의 목표 및 내용

1) 세부과제명

개량형 지중 가온 난방기의 토양소독 효과 규명 및 지중 난방 시 효율적인 열매체(부동액)사용 기술에 대한 시험 및 연구

2) 협동기술의 목표와 내용

가) 기술개발 목표

본 개발과제의 목표는 기존의 지중난방기를 개량하여 토양 소독과 지중가온을 동시에 수행하는 개량 지중 난방기의 토양소독 효과를 규명하고 지중난방 시 효율적인 열매체(부동액) 관리 기술을 연구하여 이를 태양열 토양소독과 접목시켜 이상적인 토양소독 기술을 개발하여 친환경 및 부가가치를 창출하고 시설원에 농가에 대한 국제경쟁력을 확보하는데 있다.

- 지중난방기의 토양소독의 효과 규명
 - 지중난방기의 토양소독 효과 시험 및 데이터의 확보
 - 기능별 하우스에 맞는 각각 토양소독법의 연구 개발

나) 평가방법 및 평가항목

본 기술 개발 제품의 평가는 각 개발 제품의 현장 적용 시험에 의하여 실시되며, 평가항목에 대한 평가 방법, 적용기준, 개발사양은 표6와 같다.

표6 . 평가방법 및 평가항목

평가항목	평가방법	적용기준	개발사양
개량 지중난방기 테스트	개량 지중난방기 작동여부		정상유무
	토양소독 효과	소독이전과 비교	정상유무
	토양소독 후 작물생육	소독이전과 비교	정상유무
	부동액의 열효율 효과 분석	물과 비교	조사

3) 1단계(기초연구) 개발내용 및 개발범위

- 개발 목표 : 한국 현실에 적합한 지중난방용 토양소독기 시험 및 분석
- 사양 : 지중가온의 토양소독의 테스트 및 데이터 분석
- 기능
 - 시설하우스 작물의 생육환경을 고려한 토양소독효과 기능
 - 지중난방기의 토양소독 능력 시험 및 현장 시험
 - 에너지 절감 효과 및 지중난방 토양소독의 데이터 분석
 - 열매체 물 대신 열전도율이 높은 부동액을 사용으로 고온 발열효과 제고

3. 연차평가 결과 보완요구사항 이행계획 내용

가. 지중난방 시 발열능력과 토양소독에 대한 중간 결과가 미흡함 :

1년차 연구과제의 대부분은 기계장치의 설계, 제작, 시제품 제작에 주안점을 두고 있었습니다. 2차년도도 초반에는 시제품의 테스트를 통해서 기계의 보완점 등을 보완 수정하고 좀더 나은 능력치의 기계개발에 힘쓰고 동시에 기계적인 측면위주의 1차년도 보다는 2차 년도부터는 좀더 지중난방기의 발열 능력과 토양소독에 대한 결과에 주안점을 맞추어 원예연구소와 힘을 모아 더욱 열심히

히 연구개발에 박차를 가하겠습니다.

나. 토양 살균을 위해서는 배관 처음과 순환의 최종 시점의 온도 비교 요망 :

배관의 시작점과 끝점에 대한 온도 비교는 경북대학교 박 경규 교수님 팀에 실험의뢰로 결과를 과학적으로 측정하여 보다 효과적인 온수순환의 방법 등에 대한 연구를 병행 할 예정입니다.

다. 부동산을 이용한 후에 재설치를 목적으로 이동할 때 농가에서 농경지에 버리지 않고 회수 방법을 친환경 측면에서 고려할 것 :

지중난방기가 한번 설치 된 이후에는 부동산을 물과 같이 사용하고 하우스를 이동하기 전까지는 그대로 사용이 가능하며 만약 하우스를 이동하고 지중난방기를 이동한다고 하여도 분배구 부분에서 적당히 메꾸라를 이용하여 배관 입구를 봉쇄하면 배관 자체를 그대로 놔두어도 다음에 재사용이 가능합니다. 그러나 좀더 친환경적이고 과학적인 처리 방법에 대해서도 연구해보겠습니다.

라. 배관의 균일한 온도분포를 위한 과학적 배관 방법을 제시하고, 입증자료 제시가 필요함 :

배관의 균일한 온도 분포를 위해서 경북대학교 박 경규 교수님 팀에 이에 대한 실험의뢰를 하였고 05년 6월 말 정도에 약 4주일에 걸쳐서 연구하여 과학적인 측정을 통하여 방향을 제시하게 될 것입니다.

4. 2차년도(2005) 개발목표

표7. 2차년도(2005) 개발목표 및 내용

구 분	연구 개발 목표	연구 개발 내용
2차년도 (2005)	* 시제품 테스트 및 수정작업	1차시제품 테스트 및 수정작업 후 2차 시제품 설계, 제작에 착수한다.
	* 3A전동 V/V의 적용	기존의 수동 밸브를 전동 밸브로 교체하여 수동식 순환 시스템을 완전 자동화 시킨다.
	* 염가형 자동제어시스템구축	전체 시스템을 완전히 제어 가능한 자동제어시스템을 구축한다.
	* 시제품제작 및 농가 테스트	최종 시제품 성능 테스트 및 농가시범 사업을 실시한다.
	* 제품 염가화 작업	제품의 상태를 최종 점검하고 금형 등을 제작하여 염가화 작업에 돌입한다.
	* 홍보 및 판매	각종 전시회 및 광고매체 등을 통한 홍보활동 및 각종 특허, 인증을 획득한다.
	* 토양소독효과 검토	시제품 설치 후 토양소독에 효과에 대해 검토 및 구명한다.
	* 지중배관의 시작점과 끝점의 균일한 온도측정 및 과학적인 배관법의 실험	시제품 설치 후 배관의 효과적인 설치 및 균일한 온도유지를 위한 실증 실험 실시.

가. 2차년도(2005) 개발목표 및 내용

- 시작품 테스트 및 수정작업 : 각 부분의 단품 테스트 및 데이터 작성 후 수정
- 염가형 자동 제어 시스템 구축 : 토양소독 데이터 수집 및 분석하고 전체 시스템을 자동 제어하는 제어기 시스템을 구축한다.
- 시작품제작 및 농가 테스트 : 수정 시작품 설계 제작 및 농가 작물 테스트 실시하여 작물의 작황 상태나 전체적 데이터를 작성하고 결점을 보완한다.
- 제품의 염가화 작업 : 각 부분 별 금형을 제작하고 양산 라인을 구축한다.
- 홍보 및 판매 : 각급 농업관련 신문, 잡지, 방송에 홍보 및 해외 인증을 취득하고 기존의 대리점망을 이용 판매망을 구축하고 해외 전시회 및 수출활성화 시스템을 구성하여 해외 판매도 적극 추진한다.
- 지중배관 실증실험 : 효과적인 배관라인의 설정 및 균일한 배관 내의 온도설정을 위해 경북대학교 박 경규 교수팀에 배관의 온도측정 및 효율적인 배관 방법을 찾는 실증 실험을 의뢰 실시한다.
- 전동 3A V/V 의 적용 : 기존의 수동식 3A 밸브를 전동식 밸브로 교체하여 배관의 시작점에서 끝점까지의 물(부동액)의 순환 시 열 효율 저하를 자동식으로 변환하여 막고 열효율을 진작시킨다. 이로서 좀 더 효율적인 기계사용 및 편리한 기계작동의 성능을 향상시킨다.
- 제어시스템의 개선 : 기존의 제어 시스템에 전동식 순환 시스템을 부가 하여 기존의 수동식 전환법을 완전 자동식으로 개선하여 노동력 불필요한 절감에 일조한다.

나. 연구 평가시 착안점

표8. 평가항목

평가항목	평가방법	적용기준	개발사양
시작품 테스트	수압테스트, 작동여부	ISO9001의 보일러관련법	작동, 정상 여부
염가형 제어기	정상가동 제어시스템완성	ISO9001 전기관련법	정상유무
전동3A V/V의 적용	자동 순환유무	ISO9001 보일러관련법	작동유무
농가테스트	사용/비사용 실증테스트	작물성장 및 효과	정상유무
제품 염가화	개발금형의 제작여부	염가화 및 단기제작	금형 제작 여부
홍보 및 판매	전시회, 홍보, 광고 실시	광고, 홍보, 전시회 참전	실시 여부
지중 난방형 토양소독효과 시험	토양소독 효과	소독이전과 비교	정상유무
	토양소독 후 작물생육	소독이전과 비교	정상유무
	열효율효과분석	효율성	조사
효율적인 배관법의 실증 실험	배관 온도측정 및 기존 배관법과의 비교실험	최적의 지중깊이 등을 고려한 배관법 제시	경북대 실증 실험

다. 경북대학교 실증 실험 내용

1) 목적

- 지중난방에 따른 온실 내 토양의 깊이별, 위치별 온도분포 분석
- 토양 살균용 배관의 시발점과 순환의 최종 시점의 온도 비교
- 지중배관의 시작점과 끝점의 균일한 온도측정 및 과학적인 배관법의 실험 및 연구

2) 재료 및 방법

가) 시험장치

- Data logger(HP34970A), Data Processor, Thermocouple(T-type) 등을 이용하여 온실의 토양 내부에 온도 측정 장치를 구성

나) 시험방법

(1) 지중 난방관 내 온수 투입 전·후 토양의 깊이별, 위치별 온도변화 측정 및 시작점과 끝점의 온도 변화를 측정하고 최적의 배관방법을 찾아낸다.

항목	온도센서 장착개소	장착개수	비고
토양깊이별	o 수직방향 : 토양표면, 5cm, 10cm, 20cm o 수평방향 : 중앙, 30cm, 60cm	12점	현장파악 및 협의 후 재조정
토양위치별	o 지중난방관의 시작점, 중간점, 종착점	3점	"
기 타	o 온수관 내 수온 o 온실 내 대기온 o 토양 내부 (지하 1m 정도)	3점	"
계		총 42점	

(2) 수치해석 프로그램을 이용한 지중난방 전·후의 토양온도분포 분석

다) 연구체계 및 추진일정

연구내용	연구추진일정(주)				비고	
	1주	2주	3주	4주	인원	출장
시험협의 및 시험설계 (농업기술원)	■				2인	1회
시험장치 설치 및 시험		■■■■■			4인	2회
시험분석 및 보고서		■■■■■			2인	1회

라) 소요경비

비목	내용	금액	비고
1	인건비 - 시험 : 400,000원 - 분석 및 보고서 : 1,000,000원 - 일용직 : 3인×50,000원×7일	2,400,000원	시험 및 분석
2	재료비 - 20ch Multiplexer : 700,000원 - 온도센서 : 20,000원/ea × 40ea - 익스텐션 : 1,500원/m × 100m - 기타설비 및 시험장비사용료	1,800,000원	
3	여비 - 2인×50,000원(1일)×2회 - 3인×250,000원(3박4일)×2회	1,700,000원	
4	기타 - 제잡비, 자료복사, 인쇄비 등	100,000원	
5	총계 - 1)+2)+3)+4)	6,000,000원	

마) 참여연구원

구분	성명	주민등록번호	소속기관 (부서)	직위	연구참여 직급	전공 및 학위				참여율 (%)
						학위	년도	전공	학교	
1	박경규		경북대 (생물산업기계공학부)	교수	책임급	공학 박사	1982	농업 기계	미국 켄사스주립대	10
2	하유신		경북대 (생물산업기계공학부)	박사	연구원급	공학 석사	2000	농업 기계	경북 대학교	20
3	홍동혁		경북대 (생물산업기계공학부)	박사	연구원급	공학 석사	1999	농업 기계	경북 대학교	20
										* 일용직 인원 제외

라. 2차년도 협동기술개발의 목표 및 내용

1) 협동기술개발의 목표 및 내용

신개발 토양소독시스템의 이용한 토양소독이 작물 생육에 미치는 영향

- 약제 토양 소독과 삼방면 밸브를 이용한 토양시스템에 대한 소독효과 분석
- 토양 소독과 작물 생육 관계 구명
- 경제성 분석
- 토양 소독과 작물 생육 관계 구명
- 약제 토양 소독과 삼방면 밸브를 이용한 토양시스템에 대한 소독효과 분석
- 작물재배 농가실증시험 - 경제성 분석

2) 연구추진계획

세부연구분야	월 단 위 추 진 계 획												소요연구비
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
삼방변V/V를 이용한 토양소독시스템의 토양소독 효과 구명	<div style="text-align: center;"> </div>												10,000천원

3) 연구평가지 착안점

개발된 토양소독기의 효과와 경제성 분석

마. 하동 농가 작물실험

농림개발과제 하동 농가 시범 사업 건

1) 과제명: 삼방변 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방 겸용 토양소독 시스템 개발(농가 시범사업)

2) 농가

- * 주소 : 경남 하동군 화개면 팡리 641번지
- * 성명 : 정 병주
- * 연락처 : 055)883-0899 H.P :
- * 참관인 : 경남 하동군 농업기술센터 여 극호 주사

3) 일정

- * 설치 협의 : 2005년 7월 26일 설치 협의 및 현장 검사(김 강이 연구원)
- * 설치 : 2005년 8월 8일 납품 및 현장 설치(김 강이 연구원)
- * 테스트 : 2005년 8월 12일 ~ 19일 8일간 토양소독 실시

4) 사업목적

현재 경남 하동지역의 토질 상황의 악화로 많은 병충해의 피해를 입고 있는 실정으로 04년 연작 피해가 극심한 농가를 하동군 농업 기술센터의 도움을 받아 현장에서 통양소독을 실시한 뒤 그 효과를 분석하고 농림기술 개발 과제의 연구에 귀중한 자료로 사용하며 농가의 피해를 최소화하기 위해서 가장 적절한 토양소독의 방법을 연구한다.

5) 설치 방법

경남 하동군 화개면에 위치한 정 병주씨 하우스에(800평) 삼방변 밸브를 설치하고 기존의 타업체의 지중난방기를 이용하여 토양소독을 실시한다.

기존의 타사 지중난방기에 삼방변 밸브 및 제어기를 설치하여 난방기의 온도를 60도 이상으로 설정하여 계속 토양소독을 실시하며 최소 60도 이상의 온도를 20분 이상 유지하기 위해서 일주일간 최고온도로 토양소독을 실시한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1절 국내·외 관련분야에 대한 기술개발현황

1. 제품개발의 중요성

토양소독이란 식물에 병해를 일으키는 흙 속의 박테리아나 곰팡이류, 해충의 제거 방법으로 약제 주입, 태우기, 열·증기 소독, 태양열 살균 등이 있다.

약제로 클로로피크린, 메틸브로마이드, 칼슘시아나마이드, PCNB, DD제 등이 사용되지만 발암성 및 인체에 유해성이 매우 높고 메틸브로마이드의 경우는 오존을 파괴하기도 한다. 약제 토양소독제는 처리 후 휘발하여 땅속에서 완전히 없어질 때까지 상당한 시간이 걸린다. 그러나 일반농가에서는 약제 성분이 완전히 없어지기 전에 작물을 정식을 하여 피해를 보게 되는 경우가 많았다.

메틸브로마이드는 무색, 무취의 기체로 토마토와 딸기 등 기타 타 작 물들을 키우기 전에 농지에 존재하는 해충과 잡초를 죽이기 위해서 사용하는 토양 훈증제(soil fumigant)이다. 이 기체 가운데 상당량이 확산에 의해 대기 중으로 방출되는 것으로 알려져 있다.

메틸브로마이드의 경우는 토양처리 시 농부와 주위 거주민의 건강을 해칠 수 있다. 또한 과학자들은 메틸브로마이드의 대기 중 방출이 오존층(ozone layer)을 약화시킬 것으로 예상하고 있다. 왜냐하면, 브롬 원자가 성층권에 있는 오존을 급격하게 파괴시키기 때문이다. 이런 이유 때문에 EPA(U.S. Environmental Protection Agency ; EPA)미국 환경보호청에서는 2001년 1월 1일에 메틸 브로마이드의 생산과 수입을 금지시켰다. 현재 전 세계 산업 국가에서는 이에 대한 사용 규제를 오는 2005년부터 시작하기로 합의한 상태다.(스위스 제네바 협의 2000년)

위와 같은 규제에 따라 외국에서는 메틸브로마이드와 같은 소독효과를 내면서 환경오염을 적게 하는 대체 약제 개발에 박차를 가하고 있다.

이러한 시기에 시설토양의 토양병충해를 방제 할 수 있는 친환경적인 토양 소독방법의 개발은 시급하다고 할 수 있으며 본 연구를 통하여 신제품이 개발된다면 이러한 목적에 부합되는 필요한 연구라 생각된다.

2. 관련기술

토양소독방법 특징비교	
방 식	특 징
토양소독약품 (브롬화메틸 클로로피클린)	<ul style="list-style-type: none"> *. 설비비가 거의 없음. *. 비교적으로 작업이 쉬움. *. 인체등에 해로움(유독) *. 밀폐한 하우스에서는 작업불가 *. 가스배출에 3~4일정도 걸림. *. 우천시엔 소독작업불가 *. 한랭시엔 소독작업시간이 더 걸림 *. 약품은 장기간 보존 불가
소토식토양소독	<ul style="list-style-type: none"> *. 설비비는 비교적 염가인 제품도 있음. *. 토양에 유익한 미생물도 사멸. *. 토양이 건조한 상태에서 사용할 수 없음. *. 냉각, 물공급등에 시간과 인력이 필요. *. 연료/(전기)가 필요. *. 연료=등유 40L/m³ 정도 필요, 에너지효율 나쁨. *. 환경에 영향 연기/열/CO₂/(SO_x)/(NO_x) *. 화염/소음등으로 야간 사용은 불가
증기식토양소독	<ul style="list-style-type: none"> *. 미생물을 살리는 저온소독도 가능 *. 비용은 비교적 저렴. *. 구조가 복잡하고 설비비용이 비교적 고가. *. 토양을 과습시키고, 배수/건조등이 필요. 또, 건조에 시간이 걸림. *. 저온소독의 경우, 압력조정에 5m정도의 수주(水柱)가 필요. *. 토양에 증기로 만들 수 있어, 마무리를 다시 할 필요가 있음. *. 전기/연료/수도등이 필요. *. 연료관리/수질관리가 필요. *. 압력조정/스트레이너/점화플러그등 점검청등의 관리필요. *. 굴뚝/보일러/세이로개방형 소독조등으로 에너지 효율 나쁨. *. 환경에 영향끼침 - 연기/열/CO₂/(SO_x)/(NO_x) *. 화염/소음등으로 야간사용은 불가.
열풍식토양소독	<ul style="list-style-type: none"> *. 열풍환류식이므로, 토양의 건조는 없고, 또 추가적인 수분은 가지지 않음. *. 연소Type과 달라, 위험성이 없고 야간사용에는 최적합. *. 흡을 투입하여 스위치를 ON하는 것만으로 온도등 모두 전자동. *. 흡의 투입출은 소형지게차로 작업가능 *. 독성/배연/누유등도 없어 가장 환경에 우수. *. 고단열/고내구성에 또한 환류식이므로 에너지절감. *. 한번으로 대용량3.7m³도 소독가능

토양 소독방법은 크게 물리적인 방법, 화학적인 방법이 있으며 그밖에 토양전염병방제를 억제할 수 있는 방법에는 유용미생물을 이용하거나 윤작(돌려짓기), 항충성 작물을 재배하는 방법이 이용된다. 태양열을 이용한 토양소독은 친환경적이며 경제적인 방법으로 가장 기대할 만한 소독법으로 주목 받고 있는데 현재 일본에서는 이미 태양열 소독에 대한 열기가 퍼져 나가고 있으며 세계적으로 약제 소독을 대체하는 기술로 각광 받고 있다.

표9. 토양소독 방법에 따른 장단점

관련기술	방법	비고
약제 이용	클로로피크린, 메틸브로마이드등	- 환경오염, 인체유해
소 토	밭의 표토(표면 흙)를 낙엽등과 같이 태움	- 대 면적 소독은 불가능
증기소독	보일러고압수증기를 파이프로 유도 분출	- 친환경적이나 기기가격이 고가임 - 소독 비용이 많이 듦
전기소독	전기히터의 용기에 흙을 넣어 70℃로 살균	
열수소독	보일러의 열수를 파이프로 유도 분출	
태양열소독	7,8월에 하우스 밀폐 후 태양열로 소독	- 기상조건에 효과가 다름 - 소독시기가 한정

3. 국내·외 개발 현황 및 연구동향

현재 국내에서는 토양소독 관련해서는 거의 90%이상 약제에 의한 토양소독에 의존하고 있으며 현재 약제를 사용하지 않는 토양소독기를 전문적으로 제조하고 있는 회사는 미미한 형편이다. 일본에서는 이미 메틸브로마이드의 사용을 2005년부터 금지하는 법률을 제정 선포하였고, 미국에서도 2001년에 사용 금지 하였고, 세계적으로도 2005년까지 이 화학제품의 사용금지가 결정되었으며, 세계 환경협약인 몬트리올 협약에서도 175개국의 동의 하에 결정되었다.

표10. 일본의 토양소독기 제작 현황

기업	참여기업	정부지원유무	비고
태양열 토양소독	(주)라디안트	무	
열수 토양소독	(주)마루분 제작소, (주)야마다	유	
증기 토양소독	(주)마루분 제작소, (주)마쓰시마 공작소	유	

표10. 에서 보는 바와 같이 각 회사들은 토양소독기를 이미 출시 및 판매하고 있는 실정이고 이러한 소독기는 약제의 대체 기술로 일본에서는 정부차원에서 연구 개발한 증기 토양소독 방법과 열수 토양 소독 방법 및 민간 연구로 태양열 소독 방법이 연구 발전 진행 중이고 이미 제품으로 개발되어 준비하고 있다.

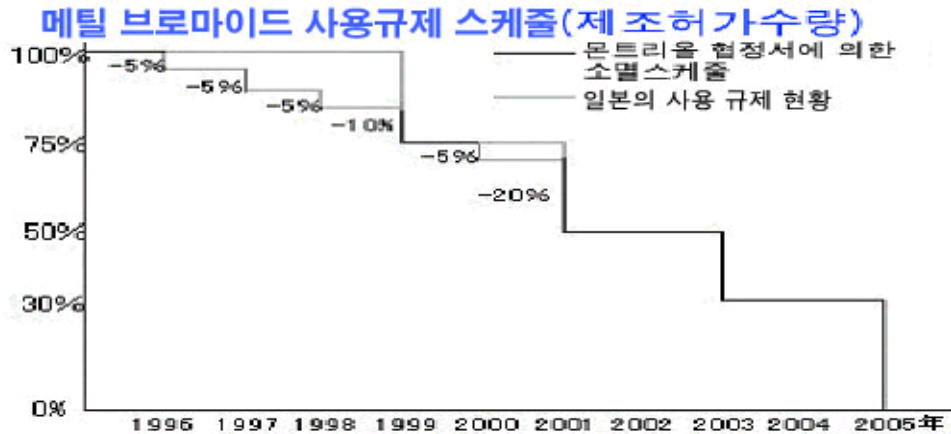


그림3. 일본의 메틸 브로마이드 사용 제한 스케줄

4. 토양가열소독 및 약제 토양 소독 방법

가. 소독 예비지식

- 1) 토양 소독으로 병균, 해충, 선충, 잡초 등 나무의 자람에 해를 끼치는 요인을 어느 정도 제거할 수 있다.
- 2) 실생묘 양성을 위한 과종상에는 병원균에 의하여 특히 모잘록병이 잘 발생한다.
- 3) 부엽이나 두엄이 많이 섞여 있는 흙을 가열 소독하면 유기 물질이 더욱 빨리 썩어서 식물의 생육에 유해한 화합물이 생기게 되므로, 가열 소독한 유기질 상토는 3~6주간 기다렸다가 쓰거나 물로 해로운 물질을 추출한 뒤에 사용하도록 한다.
- 4) 약제 소독의 효과를 얻으려면 토양 온도가 20~25℃에 달해야 하고, 건조한 상태에서는 효과가 적기 때문에 습기가 있어야 한다.

나. 소독 재료

포르말린, 클로로피크린, 메틸브로마이드, 마스크, 고무 장갑, 비닐, 물통, 거적, 주사기, 온도계, 가마솥 등

다. 소독 방법 및 순서

1) 토양의 가열 소독

가) 토양이 다량인 경우

- (1) 어느 정도의 습기를 지니게 하여 흙을 가마솥에 채운다.
- (2) 가마솥 아래쪽에 구멍이 뚫린 파이프를 넣는다.
- (3) 이 파이프를 통해 85℃의 증기를 30분 정도 보내 가열 소독한다.

나) 토양이 소량인 경우

- (1) 조그만 솥에 약간의 물기가 있는 흙을 넣는다.
- (2) 흙의 위층에 온도계를 꽂아 두고 덮는다.
- (3) 버너나 난로 등을 이용하여 85℃로 30분정도 가열한다.

2) 토양의 약제 소독

가) 포르말린 처리(살균 및 제초의 효과)

- (1) 농도 40%의 포르말린을 50배의 물에 탄다.
- (2) 이 희석액을 걸흙이 약 15~20cm 가량 젖도록 1㎡ 에 10ℓ 정도 뿌린다.

(3) 비닐이나 젖은 거적으로 흠위를 덮어 24시간 가량 그대로 두었다가 벗겨서 약 2주간 건조시켜 포르말린 가스가 발산되도록 한다.

나) 클로로피크린 처리(살균, 살충, 살선충, 제초의 효과)

(1) 사방 약 60cm의 간격으로 깊이 15~18cm의 구멍을 뚫는다.

(2) 구멍안에 클로로피크린 5~10ml 정도를 주사기로 주입한다.

(3) 땅 표면에 물을 약간 뿌린 후 비닐이나 거적으로 약 3일간 덮어 둔다.(비닐을 걷은 후 7~10일 기다린 후 파종한다.)

다) 메틸브로마이드 처리(살균, 살충, 살선충, 제초의 효과)

(1) 땅에 구멍을 뚫고 10㎡당 약 2kg의 메틸브로마이드를 주입한다.

(2) 구멍을 막고 약 48시간 정도 그대로 둔다.

5. 구미 원예수출공사의 스팀토양소독법

토양살균은 물리적인 방법과 화학적인 방법이 있으며 대규모 시설온실에서는 물리적인 스팀살균 소독이 비교적 안정적입니다.



배지내 선충류, 벌레, 잡초 및 병원체 제거, 연작장애 방지 효과, 토양공극 증대로 작물성장 효과 증진, 약제 소독에 의한 잔류독성 피해방지, 소독구역 주변의 재배작물(국화)은 피해가 없다.

유럽등 선진국에서 실시하고 있는 소독방식

네덜란드의 경우 작물 수확후 년1회 실시 1회 실시함

가. 스팀 살균 소독 방법

살균조건은 약 35cm 깊이 기준으로 온도가 70℃에 도달후 약 60분간 증기 살균시키며, 토양내의 살균온도가 일정시간 유지될 수 있도록 토양 온·습도계 압력측정기등이 부착되어 원하는 온도 도달시 증기 차단 공급기능이 가능하고 온도계는 온도가 가장 낮은 지점에 설치 하고, 토양소독 증기 보일러를 설치 고온, 고압증기 방출 연결구의 이탈 및 주변 누출사고를 방지하며 안전, 신속, 효과적으로 전면적 고르게 배분가능케하고 공급에 필요한 장치와 살균작업 소요인력을 최소화해야한다.

증기커버는 100℃의 고열에 내열성 및 토양접착이 안되는 표면성을 갖추고 구김이 없어야 하며, 약 200회 이상 사용가능한 재질을 사용해야한다.

커버안의 증기가 새지 않도록 사면에 체인 및 물주머니 호스를 설치한다.

소독시스템에 필요한 관련 설비 및 유지 보수공구 일체를 포함 제작해야하며 이동, 설치 및 보관의 효율적인 기능이 보장되어야 한다.

6. 경남 농업기술원의 태양열 및 균강 토양소독법

태양열 토양소독=하우스 100평 면적을 기준으로 왕겨와 우드칩·풀·볏짚 등 탄소질재료 1.5t을 준비한다. 풀과 볏짚은 잘게 잘라야 발효가 잘 된다.

닭똥·돼지똥·쇠똥·사람똥 등 질소질재료는 탄소질재료의 절반쯤 (750kg) 준비한다. 이런 똥오줌은 4.5t 트럭 한 대를 1t으로 보면 된다. 준비를 마친 다음 물 30ℓ에 미생물발효제 (바실러스균 등) 1kg을 넣고 잘 섞어 쌀겨 100kg에 부어 균강을 만든다.

하우스 안에 탄소질재료와 질소질재료를 차례로 고루 깔고 균강을 균일하게 뿌려준다. 깊게 로터리를 쳐 흙과 퇴비재료 균강이 골고루 섞이도록 하고 분수호스 등을 이용해 물을 듬뿍 준다. 균테균데 물이 고여 작은 웅덩이가 생길 때 까지 충분히 물을 주고 한 비닐로 바닥을 완전히 덮는다. 하우스 외부 비닐도 빈틈없이 씌워 완전히 밀폐한다.

이상대로 일주일 정도 지나면 땅바닥의 온도가 60~70℃까지 올라가 서리가얕은 것처럼 곰팡이가 하얗게 뒤덮는다.

토양소독과 발효가 끝나면 하우스를 덮었던 비닐을 걷어서 환기를 시켜야 하는데, 이 때 하우스 안의 뜨거운 공기에 화상을 입지 않도록 주의한다.

다시 석회와 제오라이트 등을 고루 뿌리고 로터리를 친 다음 물을 주고 작물을 심는다. 각종 병원균과 해충 알, 잡초씨앗·뿌리가 완전히 제거되고 염류 집적도 해소된다.

요즘과 같은 장마철에는 태양열을 이용하는 것이 어려우므로 보일러가 있는 경우 지중난방용 보일러를 90℃로 설정한 뒤 베드 표면을 비닐로 덮고, 위창과 옆창을 모두 닫아 2~3일간 고온 상태로 유지해 소독해야 한다.

경상남도농업기술원 윤 덕한, 백 연선

7. 경기도 농업기술원의 하우스 토양의 태양열 소독법

가. 서론

저투입·환경보존형으로 비교적 안전한 태양열을 이용하여 토양을 소독하는 태양열토양소독법이 오래 전부터 알려져 왔으나 국내에서는 실용화되지 않았고, 비닐하우스의 급격한 보급에 따른 연작장해형 토양전염병의 발생이 심한 이웃 일본에서는 토양병해에 대한 경종적 방제법의 중요한 수단으로 되고 있다. 이 소독법은 처음에는 하우스 토양만을 대상으로 실시되어 왔으나 최근에는 노지 토양을 대상으로도 실시되고 있다. 이 방법은 여름철 작물을 재배하지 않는 휴한기에 고온을 이용하여 토양소독과 토양 만들기를 동시에 행할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또 부차적인 효과로서 토양미생물의 생태균형유지를 위한 방법으로서 그 가능성이 크게 입증되고 있다.

나. 작업순서

이 소독법의 효과는 태양의 열에너지를 어떻게 토양 중에 축적시키고, 축적된 열을 어떻게 병원균에 대해 유효하게 작용시키느냐에 달려 있다. 이러한 문제의 해결을 위하여 여러 가지 연구와 노력이 이루어져 왔으며, 표준작업순서는 다음과 같다.

1) 경운

수확이 끝난 작물이나 자재 등을 제거하고 토양 깊은 곳까지(20cm 이상), 하우스 구석구석까지 충분한 열 전달을 위하여 깊게 경운하여 공극율을 높이고, 하우스 측면에는 열이 상승하기 어렵기 때문에 가능하면 토양을 하우스 안쪽으로 물리게 한다.

2) 유기물과 석회시용

유기물과 석회 시용방법은 경기도농업기술원에서 추천하는 방법과 유기농업협회에서 추천하는 방법이 있다.

가) 경기도원 추천방법

볏짚, 옥수수짚 등 벼과작물의 잎줄기를 잘게 썬 유기물(건물중으로 2톤/10a)과 고정량의 석회(100Kg/10a정도), 해당작물 기비량의 질소비료를 고루 살포하고 로타리해서 토양 중에 잘 혼합 시킨다.

나) 유기농업협회 추천방법

하우스 100평당 탄소원 유기자재(왕겨, 톱밥, 볏짚, 풀 등) 1,500kg과 계분, 돈분, 우분 등 질소원 자재 700kg을 하우스 토양에 고루 뿌린 후 미생물제제를 싸겨 100kg과 혼합 후 잘 섞어서 균강을 만들어 고루 뿌리며, 이 때 생석회도 2포정도 토양전면적에 고루 뿌린 후 로타리 작업을 하여 고루 섞이도록 한다.

3) 작은 이랑 만들기

뒤에 작업될 일시 담수시의 수로를 만들고 지표면적을 넓혀 열전도율을 높일 목적으로 작은 이랑(폭60~70cm)을 만들지만 이랑작성기가 부착된 기계의 경우 동시작업도 가능하고, 없는 경우에는 다목적 관리기를 이용한다.

4) 지표면 피복

작은 이랑을 만든 뒤 표면을 현비니루 등으로 피복 한다. 이때 보온성을 높이기 위하여 비닐이 파손된 부분은 보수해서 사용하고, 하우스 구석구석 틈이 없도록 밀봉한다.

5) 일시 담수

고랑사이에 물을 대고 일시 담수상태로 한다. 이때 공급된 물은 열의 전달을 양호하게 하고, 유기물의 급격한 분해를 촉진시켜 토양중의 산소를 소비하여 혐기상태를 만들어 병균을 질식하여 죽게 만든다. 일시담수는 1회에 한하고 자연히 심토로 스며들게 한다.

6) 하우스 밀폐

이상의 작업이 끝나면 하우스를 밀폐한다. 밀폐 상태의 양부(良否)가 하우스 내 기온상승을 좌우하고 따라서 지온의 상승도 결정지어 지기 때문에 하우스의 비닐이 파손된 부분은 보수하고 천창이나 측창의 출입구를 완전 밀폐하는 등 하우스의 기밀성(氣密性)을 높이는 노력이 필요하다.

하우스밀폐처리는 장마1개월 전인 5월 하순부터, 또는 장마직후인 7월 하순부터 연중 기온이 높고 맑은 날이 많은 시기를 선택해서 실시하고 맑은 날이 많은 경우에는 4주 이상, 적은 경우에는 4~5주 이상 처리기간이 필요하다.

7) 하우스 개방·피복 제거

밀폐처리가 종료되면 하우스를 개방하고 지표면의 피복을 제거해서 토양을 자연 상태로 건조시켜 작물재배준비를 한다. 그 기간중 쓸모없는 출입을 삼가서 토양의 오염을 방지한다.

다. 하우스 밀폐에 의한 태양열 토양소독의 원리와 문제점

본 방법은 여름철 고온 다조기(多照期)에 하우스를 밀폐해서 하우스내 공간의 기온을 상승시키고 그 열을 멀칭내부로 전도 복사 시켜 지온을 상승시키는 것이다. 지온은 표면에 가까울수록 높고 13 ~ 15시경에는 60℃이상에 달한다. 이 열은 서서히 지표층에 전달되지만 야간의 방사열보다도 한낮의 가열온도가 많기 때문에 서서히 축열되고 소독효과가 나타나게 된다.

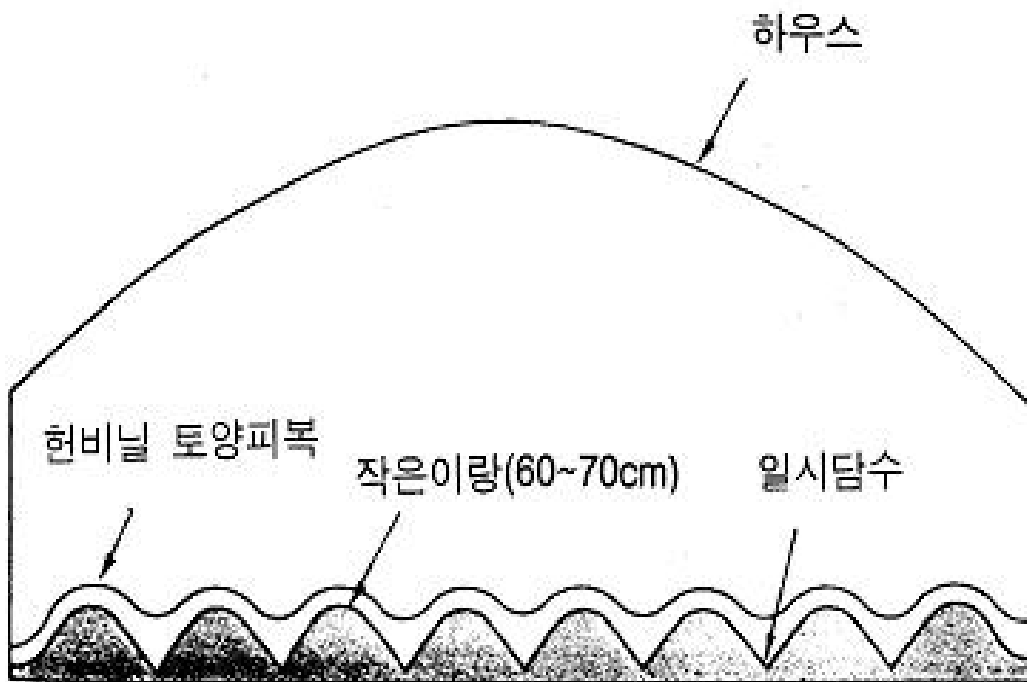


그림 4. 하우스 밀폐에 의한 태양열 토양소독 모식도

처리하우스 지온의 하루 중 변화 폭은 지표에 가까운 곳일수록 높고 깊은 곳에서는 적으며 지하 20~30cm에서도 40~50℃에 달하고 상당히 장기간 유지되지만 온도는 심층일수록 낮고 각 해에 따라 연차간 변동이 크다. 일반적으로 토양병원균은 60℃이상의 고온 토양 중에서는 아주 짧은 시간에 사멸하지만 이 온도는 지표 하의 극히 일부분에서 기대 되고 10~30cm의 부근에서는 40~50℃가 유지되어진다고 생각된다. 온도가 낮아지면 병원균의 사멸시간은 기하급수적으로 길게 되고 태양열만으로 심층까지 소독하기에는 무리가 있다. 따라서 본 소독법에 있어서 유기물 시용과 일시담수는 기온과 상승적으로 작용하여 효과를 높이는 중요한 처리라고 할 수 있다. 최근에는 호스를 묻어 지중 난방시설을 한 하우스도 있으므로 태양열 소독과 겸하여 지중 난방에 의한 가온을 실시하면 심토의 병원균 및 기생선충 등으로 효과적으로 줄일 수도 있다.

표 11. 태양열 토양소독기간 중 지중 10cm 온도변화('99, 경기농기원)

시 기	하우스외부 평균기온	태양열토양소독 표준구				하우스외부 지중10cm 평균기온
		평균지온	최고지온	최저지온	41℃이상 지속시간	
7월 5반순	26.2	32.3	35.5	29.8		26.5
6반순	25.6	33.5	35.7	32.0		26.1
8월 1반순	23.5	29.8	32.3	27.9		24.9
2반순	27.8	38.3	42.5	34.9		31.9
3반순	29.8	41.0	45.2	37.2	331	32.8
7월 4반순	28.0	39.2	42.6	36.3		29.7

※ 소독기간 : '99.7.21~8.20, 시험장소 : 하남시 망월동

고온 조건 하에서 다량의 미분해 유기물은 일시담수에 의해 급격하게 분해되고 토양중의 산소를 소비하여 토양을 혐기 상태로 만든다. 토양병원균의 거의 모두는 호기성 균이기 때문에 고온 산소 결핍상태에서는 장기간의 생존이 불가능하다. 게다가 혐기(嫌氣) 조건 하에서 유기물 분해는 과정 중에 종종 여러 가지 유기산을 비롯하여 각종 유해물질이 생성하고 이것이 병원균의 생존에 악영향을 미치는 것으로 생각되어진다. 이와 같이 하우스 밀폐에 의한 토양소독은 물리적 방제와 동시에 생물적 방제로서의 요소로도 크다고 할 수 있다. 본 소독법의 실시에 있어서 이점의 이해가 충분하여야만 한다. 본 소독법의 특징을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 폐비닐, 볏짚 등 자원재활용이 가능하다
- 2) 증기소독, 화학적 방제에 비해서 토양생태계에 대한 교란정도가 적다.
- 3) 자연에너지를 활용한 소독법으로 작업이 단순하고, 특정한 기구 등이 필요하지 않으며 업자와 작물에 대하여 안전하고 비용이 거의 들지 않는다.
- 4) 작물에 해가 없는 내열성 미생물은 거의 살아남게 되므로 토양미생물상을 질적으로 좋게 만들고, 파괴하는 경우는 적다.
- 5) 유기질자재의 시용과 토양소독을 동시에 행하게 되므로 미숙 유기물, 작물잔사 등에 존재하는 병원균을 사멸하여 병원균의 증식을 억제할 수 있다.
- 6) 염류집적이 많은 시설에서는 담수를 하여 토양에 집적된 염류를 제거함으로써 작물이 안전하게 생육할 수가 있다.
- 7) 부차적인 효과로서 잡초의 방제효과도 크게 나타나서 제초노력이 절감된다. 그러나 토양소독 효과는 하우스 밀폐기간 동안의 기상에 좌우된다. 그 효과는 기상에 따라, 지역에 따라, 해에 따라 큰 차이가 있을 수 있다. 위와 같은 결점을 보완하기 위해서 유기물, 석회 등을 시용하고 일시 담수 하지만 일시담수가 곤란한 밭에서는 문제가 있다. 또 오히려 배수불량의 습지대에서는 지온의 상승이 어렵고 게다가 소독 후에 비가 많이 와 주위의 밭으로부터 병원균에 오염된 토양이 흘러 들어와 효과를 망치는 경

우도 있다. 이와 같은 사실로부터 하계하우스 밀폐에 의한 태양열 소독법은 비교적 배수가 양호한 지역에만 주로 권장 될 수 있다.

8. 국내 증기토양 소독기

가. 특징

1) 최대의 열효율 -증기발생연소로와 전열면적의 극대화로 연소 GAS의 분위기가 안정되어 연소 효율 및 전열효율이 높습니다.



(삼보 증기토양소독기)

- 2) 최적의 건도 증기의 발생 - 증기 발생실과 증기실이 별도로 장치되어 있으므로 수명이 길며 수위가 안정되므로 최적의 건도 증기발생으로 포화수의 토출이 없습니다.
- 3) 내구성 특수설계제작으로 관류의 개별조립 구조로서 압력이 내구성이 강하며 고온에 의한 급속의 신축현상을 방지하므로 내구성이 강하고 수명이 깁니다.
- 4) 외형이 미려하여 바퀴의 장착으로 이동이 간편합니다.
- 5) 전자동운전, 고도의 안전성관류형 구조로써 위험성이 없으며 전자동제어장치에 의한 급수 및 연소가 모두 자동화되어 있으며 이상이 발생시에 각종의 안전장치가 작동하여 소독기의 안전을 확보합니다. 이 증기토양소독기는 소형구조와 규격으로 공공기관의 검증합격품으로써 전기중 무면허로 사용됩니다.
- 6) 경제성으로 본 증기토양소독기는 온수보일러, 스팀보일러를 겸하여 사용할 수 있어 경제적입니다.

9. DS 테크의 전자식 토양소독기

가. 제품특징

(환경면)



- *.인체에 영향을 끼치는 유독가스를 발생시키지 않음
- *.굴뚝의 배연/누유 등이 제로, CO2/NOx/SOx 문제도 없이 환경에 우수.
- *.등유등과 같은 연소Type과 달라, 위험성/버너소림등이 없어 야간무인운전도 안심.
- *.밀폐환류식이므로, 수증기가 밖으로 다량으로 배출하지 않고, 또 유익한 성분의 손실도 적음.

(경제성)



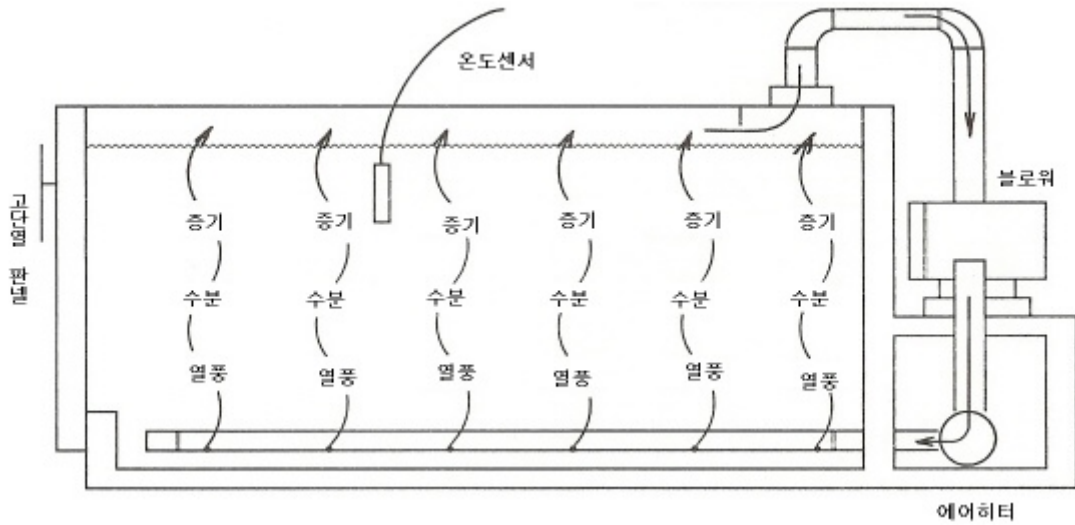
- *.고내구/고단열/고밀폐성 소독조(마치 보온병처럼)로, 에너지손실 철저 배제.
- *.가스배기/수분배수/건조/물공급 등이 필요없어 맨파워+시간 효율증가
- *.사용하는 에너지는 가장 안정되고 공급되고 있는 전기만으로 사용되어 유류비와 수도료는 지불할 필요 없음.
- *.심야전기 사용으로 운전비용 절감가능.
- *.다른 방식에 비해서 고장 없고 고내구성설계.

(편리성)



- *.증기식과 같은 수분이 남는 현상이 없으므로, 서둘러서 소독조로부터 토양을 꺼내는 수고가 필요 없음.
- *.토양의 과열얼룩짐이 적은 고밀폐형 소독조+열풍 환류다공멀티파이프 방식 채용.
- *.흙을 집어넣고 스위치ON, 온도관리등 모두 전자동으로 운전 잠자고 있는 동안 소독완료.
- *.흙의 투입/배출은 소형 스키드로다차로 작업이 손쉬움.
- *.압력조정/스트레이너, 노즐, 플러그, 굴뚝청소/기름, 수질관리 등이 필요 없음.

나. 열풍환류식 구조



토양온도를 60~70℃로 가열!! 토양균&잡초종자를 박멸

10. 충남 논산의 딸기 시험장의 태양열이용 토양소독

작물의 연작장애를 일으키는 요인은 토양전염성 병해충, 염류집적, 특수한 미량요소 결핍, 타감작용, 토양물리화확성의 악화등을 꼽을 수 있는데 딸기 연작시 토양전염성 병해등의 발생은 큰 문제요인이 된다. 우리나라 딸기재배는 벼수확후 논에 정식하여 재배하는 답리작형태의 반축성재배가 주류를 이루고 있다. 이러한 작부체계하에서는 벼농사 기간중 장기간 담수상태가 되기 때문에 토양전염 딸기병균 및 해충이 사멸 또는 발생이 억제되어 연작에 따른 병해충발생이 크게 문제시되지 않았다.

그러나 최근에는 딸기와의 작부조합 작물이 소득이 낮은 벼 대신에 멜론, 수박, 방울토마토, 고추, 상추 등 고소득 작물로 대체되고 있고, 정식시기가 빠른 축성재배가 늘어나는 추세이다. 이렇게 밭상태에서 다른 채소류 작물이 연계재배 되거나 딸기 단일 작목만의 재배기간이 길어지면 토양전염성 병해충이 많이 잠복되고 염류가 집적된 상태에서의 딸기재배가 불가피하게 되므로 연작장애가 딸기생산에 큰 장애요인이 된다.

따라서 이에대한 대책은 모주상, 가식상 및 정식포 등을 토양소독이나 토양개량 등을 적극적으로 실시할 필요가 있다. 토양소독 방법에는 약제처리법, 증기소독법, 태양열이용법등이 있다. 증기소독법은 시설비 관계로 고가품의 과채류나 화훼류의 토양소독법으로 이용되고 있으나 딸기재배 포장 같은 대규모 경지에서는 부적합하다.

미국과 일본등에서 메칠브로마이드와 클로로피크린 계통의 토양소독용 가스 훈증제가 널리 실용화되고 있는데 효과가 직효적으로 위황병, 탄저병, 선충 및 잡초예방에 효과적인 것으로 알려져 있다. 그러나 가스제는 인체에 유해하여 사용상에 많은 위험성이 있고 유익균이나 천적도 비선택적으로 사멸시킨다는 단점이 있다.

따라서 본절에서는 약제처리보다 토양소독효과가 떨어지지만 우리 여건에서도 용이하게 실시할 수 있고 지력 증진면에서도 유리성이 있는 태양열을 이용한 하우스내 토양소독 방법을 중심으로 소개하도록 한다.

이 처리법의 핵심은 어떻게 태양열을 토양속에 유효하게 전도시켜 축열할 것인가에 있다. 따라서

하우스 밀폐처리에 의한 지온을 상승시키고 야간의 방사량을 최소한도로 하는 것이 중요하다. 한편 토양전염성 병해충은 건열보다는 습열에 약하여 단시간에 사멸하기 때문에 담수 처리를 해주어 병해충의 생존에 부적절한 조건을 부여하는 것이 효과적이다.

가. 경운과 두둑만들기

5월말이나 6월초에 딸기 포장의 멀칭비닐등을 제거하고 딸기포기는 뽑아 말려서 태운다. 충분히 심경을 한 후 작은 두둑(15~20cm)을 만드는데 심경은 토양중의 조공극을 많게 하며 작은 두둑은 열의 전도를 좋게하고 처리시에 담수나 배수를 용이하도록 하는데 효과가 있다. 이때 유의할 점은 하우스내의 양옆쪽과 출입구쪽은 외부의 영향으로 지온상승이 어렵기 때문에 이러한 부분의 토양은 열처리전에 하우스안쪽으로 파#46508;기고 두둑만들기를 끝내 놓는다. 또한 물을 대기 쉽도록 미리 수로를 만들어 놓는다.

지력배양의 효과도 같이 내주려면 벧짚이나 녹비 등 미부숙유기물을 10a당 1~2톤과 석회질소 100kg을 사용하고 경운과 로타리 작업을 해준다. 부숙되지 않은 유기물을 넣어주면 부숙기간중 부숙열이 발생하여 지온이 수℃ 상승되므로 온도부족을 보완해 주고 병원균의 종류에 따라서 소독효과를 안정화 시킬 수 있다. 이러한 유기물 대신에 옥수수나 쏘감등 청예작물을 50~60일간 재배하여 토양속에 갈아 넣어 주는 경우도 있다.

나. 비닐멀칭과 담수처리

작은 두둑을 만든 다음에는 그 위에 투명한 비닐이나 폴리에틸렌 필름을 전면에 펴고 하우스 가장자리 구석구석까지 잘 펼친다. 또한 찢어진 부위가 있으면 비닐이 겹치도록 하거나 파손부위를 접착제등을 이용 보수하여 공기유통이 되지 않도록 해준다.

두둑사이에 담수를 해서 토양의 큰 공극을 물로 포화시킨다. 물은 열의 매체로써 온도의 상승과 보존에 유효하며 고온담수에 의해 토양병원균, 선충류는 비교적 저온도 범위에서 사멸한다. 그러나 너무 깊게 물을대면 오히려 지온상승을 방해하기 때문에 일시적일 담수처리를 해서 자연낙수되게 하든지 두둑사이에 약간 고여 있는 정도의 물관리가 적당하다. 누수가 심한 논에서는 관수호스를 멀칭비닐 아래에 설치하여 중간에 물을 보충해 주는 것도 좋다.

다. 하우스의 밀폐

상기의 작업이 완료했으면 비닐하우스의 비닐을 주야간 계속 밀폐상태로 유지한다. 비닐의 파손부분이나 환기구등은 보수하여 하우스의 보온성을 높인다.

처리기간 지온의 일변화를 보면 지표면의 일중 최고기온은 13~14시경으로 60~70℃까지 상승되며 최저기온은 아침 5~6시경이다. 한편 토양심도가 깊은 곳일수록 지온의 상승시간이 늦어져 토양속 20cm에서는 하루중 고지온이 19~20시경으로 지연되었다.

라. 처리시기 및 기간

처리효과를 높이기 위해서는 여름철의 고온기인 7~8월에 하우스 밀폐가 되도록 해야만 지온상승을 최대한 높일 수 있으나 이때는 장마기와 겹치는 경우가 있으므로 장기 기상예보에 따라 시기조절을 한다. 처리기간은 방제를 목적으로 하는 병해충별로 사멸온도 및 기간이 다르고 처리기간중의 날씨에 따라 다르므로 일률적으로 말할 수 없다. 제 16도에는 베이커가 조사한 각종 토양미생물이 사멸에 필요한 유효한 지온을 나타낸 것이며 제 17표에는 딸기의 주요 토양병해충의 사멸지온과 기간을 정리하였다.

딸기의 주요 토양전염 병해충은 40℃ 지온 조건하에서 2주간이내에 사멸하는 것으로 밝혀졌다.

그러나 하우스 밀폐처리시의 지온은 토양의 깊이나 하우스내의 위치에 따라 변동이 심하다. 따라서 균일하게 하우스 전 토양의 소독효과를 내기 위해서는 밀폐 처리기간도 대상 병원균의 사멸 기간보다 길게 해주는 것이 필요한데 하우스밀폐 처리기간은 무더운 날씨가 계속되는 여름인 경우는 약 3주간 정도를 예년보다 온도가 낮은 여름철인 경우는 한달정도를 해주면 된다.

적 용 병 해 충	병원균사멸 임계온도와 기간		비 고
	최 저 지 온 (지표하 20cm)	기 간	
위 황 병	40 (℃)	8~14일	자 연 병토 균사 및 균핵
아 고 병	40	4일	
탄 저 병	50	-	
뿌리썩이선충	35	5일	담수조건하 담수조건하 (발 상 태)
뿌리혹선충	40	2시간	
뿌리혹선충	40	(12시간)	

표12. 적용병해충과 병원균 사멸지온과 기간

처리기간이 끝나면 빨리 하우스피복 및 토양 멀칭비닐을 제거한다. 처리기간중은 고온담수로 크고 거칠은 유기물의 분해가 잘 이루어지지 않지만 처리후 호기적 조건으로 돌아오면 분해가 촉진된다. 또한 처리후에는 침관수나 농기구 등에 의해 병해충이 침입되지 않도록 주의하여 작업하며 배수로를 만들어 놓는다. 토양이 건조된후 병해충이 없는 완전 부숙퇴비나 시판되는 발효퇴비 등 유기물을 사용해주면 토양 미생물상의 회복과 번식을 빠르게 하여 소독효과를 안정시킨다. 그러나 딸기나 기타 채소 잔재물이 혼입되지 않도록 주의가 필요하다.

구 분	처 리 기 간											
	15분	30분	1간	3간	6시	12시	1일	2일	3일	4일	5일	6일
45℃	1	○	○	○	○	○	●					
	2	○	○	○	○	○	○	○	●			
	3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
50℃	1	○	○	○	○	●						
	2	○	○	○	○	○	●					
	3	○	○	○	○	○	○	○	●			
55℃	1	○	○	●								
	2	○	○	●								
	3	○	○	○	○	○	●					
60℃	1	○	●									
	2	○	○	●								
	3	○	○	○	○	○	●					

※ 1 : 액체배양균 2 : 병주 3 : 병도 ○ : 생존 ● : 사멸

표13. 딸기 위황병의 사멸에 필요한 처리온도와 기간과의 관계

11. 일본 농업 신문 2004년3월17일(토)

2005년에 사용이 전면적으로 금지되는 토양훈증제, 취화메탈의 대체용으로 채소, 화예, 시설원에 분야에서는, 약제를 사용하지 않는 토양소독 기술이 주목받고 있다.

열수, 증기로 토양소독을 하는 것으로 작업성이나 비싼 가격 등의 문제는 있지만 연작의 피해가 감소하는 등 생육, 품질의 향상과 연결되는 사례도 있다.

각지에서 보급을 위한 노력이 진행되고 있다.

취화메탈은 토양병이 있는 메론, 오이 등의 시설야채나 시설화예 등에서 많이 사용되어져 왔다. 그러나 지구의 오존층을 파괴하는 물질이기 때문에 1997년9월 몬트리올 의정서의 제약국 회의에서 사용금지 시기가 2005년으로 결정되었다.

더욱이 현재 사용량은 91년의 절반으로 급감되어 왔고, 취화메탈을 사용하고 있는 작물이나 산지에서는 대체기술의 개발이 시급해졌다.

주요한 대체기술은

가. 증기소독 나. 열수토양소독 다. 태양열과 지중난방의 조합 등의 세 가지가 있다.

증기소독은 100이하의 증기를 피복한 시트안의 토양 중에 방출해서 병해충을 사멸시킨다.

열수토양소독은 80-90도의 열수를 토양표면에 분무하고 피복한 필름아래에 주입한다.

태양열과 지중난방의 조합은 깊이 40-60cm의 지중에 파이프를 배관, 파이프 안으로 가열한 물이나 액체를 방출하는 방법이다.

증기소독, 열수소독은 가격이나 작업시간이 오래 걸리는 것이 난점이다.

토양조건에 따라 다르지만 어느 것도 시간당의 소독면적은 20-50평방미터에 머문다.

가격은 표준타입으로 3000-4000만원 정도이다.

태양열과 지중난방의 조합은 소독기간이 3주간 정도 걸리고 기온이 높은 7-9월 이외의 시기의 소독은 어려운 상태이다. 도입비용은 3.3평방미터에 5-7만원 정도이다.

기계의 가격이 비싼 것과 현이나 산지 단위에서의 실증실험이 충분하지 않은 점이 있다.

그래서 일부 산지에서는 토양소독기계를 공동으로 구입하고, 이용하는 조직을 만들거나 메이커나 제삼섹터에서 토양소독의 보급을 행하는 등의 조직이 있다.

기술, 작물, 토질, 재배체계에 적응 가능한 토양소독 방법이 산지에 보급되기를 바란다.

	방법	시기	소독면적	가격	장소와 난점
증기소독	100도이상의 증기를 피복한 시트안 토양 중에 방출	주년	1시간당 20-50평	3000-4000만	토양 건조가 빠름 품목에 의해 생육장해가 있음.
열수 토양 소독	80-90도 열수를 토양표면에 분무. 피복한 필름안에 주입	주년	1시간당 20-50평	3000-4000만	제온효과가 있음 대량의 물이필요
태양열+ 지중난방	깊이40-60cm 지중에 파이프 매설. 파이프 중에 가열한 물이나 액체를 흘린다	7-9월	파이프를 배관한 면적(3주정도 소요)	3.3평방미터당 5만-7만원	지하 깊이까지 열전달이 쉬움 여름철 이외의 토양소독이 어려움

표14. 각 소독법에 대한 비교

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

1절 이론적, 실험적 접근방법 및 연구내용

1. 지중난방기의 활용

가. 지상 및 지중 난방장치

본 기술개발을 위해 준비된 (주)신안그린테크의 그린지중난방기는 외주연에 물이 내장되어 순환되게 공간부가 형성된 물통몸체 내부에 연소구와 외주연에 별도로 구획된 다수의 송풍로가 형성된 송풍기 연소구 내부로 불을 뿜어주는 버너모터의 구동에 의해 송풍로 내부로 외부의 공기를 공급하는 팬 송풍로와 연결되어 하우스 내부로 온풍을 공급하는 송풍구 연소로와 상호 연통되어 폐열인 연소가스를 외부로 배출하는 연통 지상 및 지중 난방장치를 제어하는 마이컴 제어부 상기 물통몸체의 적소에는 공간부로 물을 공급하는 물급수구 및 지중에 묻힌 관으로 온수를 공급하여 순환시키는 물배수구가 구비되어 구성된다.

상기와 같이 구성된 그린지중난방기는 최대한의 열판면적과 열효율을 원활히 하기 위해 송풍기를 S자형으로 구비함은 물론 대기중으로 빠져나가는 폐열을 최소화 할 수 있도록 한 것이고, 지상난방기와 지중보일러, 폐열회수 및 지중예냉시설을 하나의 기체로 결합시켜 난방기의 생산원가를 대폭 절감시킴과 동시에 작물이 최적으로 재배될 수 있는 환경조건을 제어함으로써 난방기의 효율성을 극대화 할 수 있도록 한 것이다.

나. 지중난방기의 기술 및 그 분야의 종래기술

그린지중난방기는 농업용 하우스 난방에서 각종 작물재배에 필수적으로 사용되어지는 지상 및 지중 난방장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 최대한의 열판면적과 열효율을 원활히 하기 위해 송풍기를 S자형으로 구비함은 물론 대기중으로 빠져나가는 폐열을 최소화 할 수 있도록 한 것이고, 지상난방기와 지중보일러, 폐열회수 및 지중예냉시설을 하나의 기체로 결합시켜 난방기의 생산원가를 대폭 절감시킴과 동시에 작물이 최적으로 재배될 수 있는 환경조건을 제어함으로써 난방기의 효율성을 극대화 할 수 있도록 한 것이다.

주지하다시피 종래의 비닐하우스내 지상과 지중난방을 위하여 각각 독립적으로 유류난방기를 적용함으로써 2대의 보일러를 설치함에 따른 고비용 문제가 발생되었으며, 난방기의 기계적인 구조결함으로 인하여 열효율이 저하되는 문제를 갖고 있었다.

또한 종래의 난방기는 작물이 성장하는데 필요한 환경조건을 시간대 별로 온·습도를 제어하는 장치가 없기 때문에 최적상태로 하우스 작물을 재배할 수 없다는 문제점이 발생되었다.

더 나아가서 종래에는 시설외부의 환경이 동적으로 계속 변하기 때문에 작물생육에 적합한 시설 내부의 환경을 조성하기 위해서 자동화의 도입이 불가피하였으나 그러하지 못하였으며 또한 시설의 자동화는 생산비 절감, 품질의 향상, 작업환경의 개선 등을 도모할 수 있으나, 종래에는 상기와 같은 자동화의 기술적 구성이 없다는 문제점 또한 발생되었다.

특히 종래 송풍기에 사용되는 파이프는 일직선으로 이루어져 열판면적이 적다는 문제점이 있음은 물론 그에 따라 열이 직선으로 밖에 전달되지 않아 열효율이 저하되고 또한 난방기가 2차 3차 연소 구조라서 연통으로 폐열이 많이 발생하는 문제점이 발생되었다.

다. 기술적 내용과 목적

그린지중난방기는 상기와 같은 종래 기술의 제반 문제점을 해소하기 위하여 안출한 것으로, 최대한의 열판면적과 열흐름을 원활히 하기 위해 송풍기를 S자형으로 구비함을 제1목적으로 하는 것이고,

제2목적은 대기중으로 빠져나가는 폐열을 최소화 할 수 있도록 한 것이며,

제3목적은 지상난방기와 지중보일러, 폐열회수 및 지중예냉시설을 하나의 기체로 결합시켜 난방기의 생산원가를 대폭 절감시킬 수 있도록 한 것이고,

제4목적은 마이컴을 이용하여 작물이 성장하는데 필요한 환경조건을 시간대 별로 온·습도를 제어와 기계 오동작시 알람경보를 함으로써 최적상태로 하우스작물을 재배할 수 있도록 한 것이며,

제5목적은 지상 및 지중 난방기를 자동화 하여 생산비 절감과 작업환경을 개선할 수 있도록 한 것이고, 제6목적은 이로 인해 제품의 품질과 신뢰성을 대폭 향상시킬 수 있도록 한 지상 및 지중 난방장치를 제공한다.

이러한 목적 달성을 위하여 그린지중난방기는 농업용 하우스 난방에서 각종 작물재배에 필수적으로 사용되어지고 있는 지상난방기와 지중보일러에 있어서

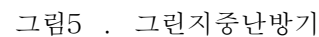
- 내부 중앙에 연소로가 구비되며
- 외주연에 물이 내장되어 순환되게 공간부가 형성된 물통몸체
- 상기 연소로의 내부에 설치되며
- 내부에 연소구와 외주연에 별도로 구획된 다수의 송풍로가 형성된 송풍기
- 상기 송풍기의 타측 적소에 구비되며
- 연소구 내부 로 불을 뿜어주는 버너
- 상기 송풍기와 물통몸체의 일측에 설치되며,
- 모터의 구동에 의해 송풍로 내부로 외부의 공기를 공급하는 팬
- 상기 송풍기의 타측에 설치되며,
- 송풍로와 연결되어 하우스 내부로 온풍을 공급하는 송풍구
- 상기 물통몸체의 적소에 구비되며,
- 연소로와 상호 연통되어 폐열인 연소가스를 외부로 배출하는 연통
- 상기 송풍구의 적소에 구비되며, 지상 및 지중 난방장치를 제어하는 마이컴 제어부
- 상기 물통몸체의 적소에는 공간부로 물을 공급하는 물급수구 및 지중에 묻힌 관으로 온수를 공급하여 순환시키는 물배수구가 구비됨을 특징으로 하는 지상 및 지중 난방장치를 제공한다.

라. 그린지중난방기의 구성 및 작용

그린지중난방기에 적용된 지상 및 지중 난방장치와 하기와 같이 구성되는 것이다.

먼저, 그린지중난방기는 농업용 하우스 난방에서 각종 작물재배에 필수적으로 사용 되어지고 있는 지상난방기와 지중보일러, 폐열회수 및 지중예냉시설을 일체로 구비함에 그 특징이 있는 것이다.

즉, 본 제품은 내부 중앙에 연소로가 형성된 물통몸체가 구비되는 것으로, 이 물통몸체의 외주연에는 물이 내장되어 순환되게 공간부가 형성된다.

또한 상기 연소로의 내부에는 내부에 연소구와 외주연에 별도로 구획된 다수의 송풍로가 형성된 송풍기가 구비되는 것으로, 상기 송풍기의 형상은 S  그림5 . 그린지중난방기

자형상으로 이루어짐이 바람직하다.

이때 본 그린지중난방기는 상기 물통몸체 및 송풍기는 열효율의 전달을 원활히 하기 위해 원통형으로 구성함이 바람직하고 또한 상기 송풍기의 각 송풍로의 사이에는 열이 연소로를 S자 형으로



순환되도록 와류로가 구비됨에 특징이 있다.

그린지중난방기는 또한 상기 송풍기의 타측 적소에 연소구 내부로 불을 뿜어주는 버너가 구비되고, 상기 송풍기와 물통몸체의 일측에는 모터의 구동에 의해 송풍로 내부로 외부의 공기를 공급하는 펜이 구비되는 동시에 상기 송풍기의 타측에는 송풍로와 연결되어 하우스 내부로 온풍을 공급하는 송풍구가 구비된다.

한편 본 제품은 상기 물통몸체의 적소에 공간부의 물이 부족할 경우 물을 보충하는 보조물탱크가 구

비된다.

또한 상기 물통몸체의 적소에는 연소로와 상호 연통되어 폐열인 연소가스를 외부로 배출하는 연통이 구비되고, 상기 송풍구의 적소에는 지상 및 지중 난방장치를 제어하는 마이컴 제어부가 구비되는 동시에 상기 물통몸체의 적소에는 공간부로 물을 공급하는 물급수구 및 지중에 묻힌 관으로 온수를 공급하여 순환시키는 물배수구가 구비되어 구성되는 것이다. 이때 상기 물급수구 및 물배수구에는 지중예냉시설과 지중난방 그리고 근권난방에 연통되는 파이프가 설치된다.

상기 본 제품에 적용된 상기 마이컴 제어부의 마이컴은 실내온도감지센서와 수온감지센서, 습도감지센서와 유량감지센서 그리고 기계오동작감지센서의 감지에 의해 버너와 순환모터 그리고 송풍기와 경보장치를 제어함을 특징으로 구성되는 것으로, 8bit 마이크로 컴퓨터 원칩이 사용되고, TTL 신호처리를 수행하게 된다. 그리고 상기 마이컴 제어부는 전압을 측정하는 전압계와 전류를 측정하는 전류계, 온도를 측정하는 온도계와 습도를 측정하는 습도계, 온도를 측정하는 지중온도계와 온도를 측정하는 순환모터 온도 그리고 자동·수동·정지 버튼 및 온, 오프 스위치로 구비되어 구성된다.

한편 그린지중난방기는 상기의 구성부를 적용함에 있어 다양하게 변형될 수 있고 여러 가지 형태를 취할 수 있음은 물론이다.

그리고 본 발명은 상기의 상세한 설명에서 언급되는 특별한 형태로 한정되는 것이 아닌 것으로 이해되어야 하며, 오히려 첨부된 청구범위에 의해 정의되는 본 발명의 정신과 범위 내에 있는 모든 변형물과 균등물 및 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

상기와 같이 구성된 본 발명 지상 및 지중 난방장치의 작용을 설명하면 다음 과 같다.

본 발명에 적용된 지상 및 지중 난방장치를 작동시키기 위해서는 우선 작업자는 마이컴 제어부의 온, 오프 스위치를 작동시켜 난방장치를 구동시키게 되는 것으로, 이때 난방장치의 구동에 의해서는 마이컴 제어부의 전압계와 전류계, 온도계와 습도계, 지중온도계와 순환모터온도가 작동되는 것이며, 작업자는 선택적으로 자동, 수동, 정지 버튼을 눌러 작동을 제어하게 된다.

상기와 같이 지상 및 지중 난방장치가 작동하는 과정에서 버너의 작동에 의해서는 연소구로 불을 뿜어 고열을 발생시키는 동시에 모터의 구동에 의해서는 펜이 회전하여 송풍기의 각 송풍로로 외부의 공기를 공급하게 된다.

상기와 같이 송풍로를 통과하는 공기는 연소구가 버너에서 발생된 열에 의해 뜨거워진 상태이므로 공기가 화살표 방향과 같이 일측에서 타측으로 이동하는 과정에서 고온으로 바뀌고, 이 고온의 열은 송풍로를 따라 최종 송풍로와 연결된 송풍구로 빠져나가 하우스 내부로 유입되어 하우스 내부의 온도를 상승시키게 되는 것이다.

한편 상기 1차적으로 송풍기에 접촉된 고온의 열은 각각의 송풍로사이에 S자형으로 형성된 와류로를 화살표 방향과 같이 통과하게 되는 것으로, 이 와류로를 통과한 고온의 열은 와류로에 의해

연소로의 내측면을 따라 회전하면서 물통몸체의 내부 공간부에 저장된 물을 데워주게 되는 것이며, 이후 상기 폐열은 화살표 방향과 같이 연소로와 연통된 연통을 통해 외부로 배출되는 것이다.

상기와 같이 그린지중난방기는 앞쪽으로 연통을 설치하여 버너에서 열을 가하면 뒤쪽으로 열이 이동하여 S자형으로 불꽃이 한바퀴 돌아 나와 다시 앞쪽으로 연소하는 형태이며 이로써 최대한의 열판면적과 S자형이므로 열흐름도 원활하도록 한 것임은 물론 이로 인해 연통으로 배출되는 폐열을 최소화 하여 환경오염을 줄일 수 있도록 한 것이다.

덧붙여 설명하면, 본 개발품의 열흐름구조는 직결식으로 1차로 가열하여 S자형으로 송풍하므로 열량이 많고 폐열이 많으나 연소로 외면에 물통을 채워 폐열을 최소화 하는 것이다. 또한 기존의 난방기는 2차 3차 연소 구조라서 연통에 나가는 폐열이 많아서인데 기존의 방법과는 달리 1차 연소는 송풍하는 방법으로 하여 폐열을 방지하기 위하여 연통쪽에 물을 순환시키는 것이다.

본 개발품에서는 물통몸체의 적소에 형성된 물급수구를 통해 공간부 내부로 물을 유입시키는 것이고, 상기에서와 같이 더워진 물은 물배수구를 통해 지중에 매설된 관으로 흘러보내 지중의 온도를 상승시키게 되는 것으로, 상기 물급수구 및 물배수구에는 지중예냉시설(지중난방시설 파이프관을 통하여 기존에 설치되어 있는 지하의 지중 파이프관을 통하여 사용하는 것)과 지중난방 그리고 근권난방(하우스 사이 또는 사이드쪽에 설치하여 사용하는 것)에 연통되는 파이프가 설치되어 사용된다.

상기와 같이 그린지중난방기는 버너에서 발생된 열이 하우스 내부의 지상 온도를 상승시키는 동시에 지중 온도도 상승시킬 수 있게 되어 하나의 난방장치로 지중난방기와 지상난방기 그리고 폐열회수기 및 지중예냉시설을 모두 만족할 수 있도록 한 것이다.

본 개발품은 또한 공간부에 저장된 물이 부족할 경우 물통몸체의 적소에 형성된 보조물탱크의 물을 필요한만큼 공간부로 유입시켜 사용할 수 있도록 한 것이다.

또한 본 개발품은 마이컴을 이용하여 작물이 성장하는데 필요한 환경조건을 시간대 별로 온·습도를 제어와 기계 오동작시 알람경보를 함으로써 최적상태로 하우스작물을 재배할 수 있도록 한 것으로, 마이컴 제어부의 마이컴이 실내온도감지센서와 수온감지센서, 습도감지센서와 유량감지센서 그리고 기계오동작감지센서의 감지에 의해 버너와 순환모터 그리고 송풍기와 경보장치를 제어함으로 본 발명의 지상 및 지중 난방장치를 자동으로 제어하여 편리하게 사용할 수 있도록 한 것이다.

마. 그린지중난방기의 효과

상기에서 상세히 살펴본 바와 같이 그린지중난방기는 최대한의 열판면적과 열흐름을 원활히 하기 위해 송풍기를 S자형으로 구비함은 물론 대기중으로 빠져나가는 폐열을 최소화 할 수 있도록 한 것이다. 또한 지상난방기와 지중보일러, 폐열회수 및 지중예냉시설을 하나의 기체로 결합시켜 난방기의 생산원가를 대폭 절감시킬 수 있도록 한 것이고, 마이컴을 이용하여 작물이 성장하는데 필요한 환경조건을 시간대 별로 온·습도를 제어와 기계 오동작시 알람경보를 함으로써 최적상태로 하우스작물을 재배할 수 있도록 한 것이며, 지상 및 지중 난방기를 자동화 하여 생산비 절감과 작업환경을 개선할 수 있도록 한 것이고, 이로 인해 제품의 품질과 신뢰성을 대폭 향상시킬 수 있도록 한 매우 유용한 제품인 것이다.

지중난방기(농용유류보일러)는 겨울철 시설하우스 작물 재배 시 지중(40cm)에 온수파이프를 매설하여 흑한기의 지중 저온(10℃)상태를 성장시기별로 적정 온도(18℃~22℃)로 유지시켜, 저온의 스

트레스를 해소시키고 작물의 발육 및 양, 수분 흡수력을 원활히 하여 양질의 농산물 생산이 가능하게 함으로 축성재배, 조기수확 등으로 소득증대를 얻을 수 있으며, 토양 및 양액베드 가온 재배에 매우 효과적이다.

바. 그린 지중난방기의 제원

구분	형식	단위(UNIT)	SGB-120	SGB-180	비고
일반능력 GENERAL CAPACITY	난방능력	kcal/hr	120,000	180,000	
	난방면적	(이중커튼)평	700 - 800이하	800 - 1200이하	
	온도상승	℃	15 - 20		
	효율	%	92.5		
	토출구 온도		+10℃ - 90℃		
외형 OUTSIDE SIZE	SIZE	mm	1650×1000×1600	1950×1150×1800	
	난방 접속구	mm(∅)	50×2	50/65×2	
	연통	∅	210	225	
	색		STAINLESS색	STAINLESS색	
	저 탕 량	ℓ	380	550	
	중량	kg	280	370	
	재질		ALL STAINLESS		
	분배변 출구	EA	20	20	
	분배변 입구	EA	20	20	
순환 모터 CIRCLE MOTOR	형식	온수순환용	순환용	순환용	
	전력	W	200	200-400	
	마력수	HP	1/4	1/4-1/2	
	전동기	AC	220 - 380 - 60		
	물량	ℓ/H	13,000		
버너 OIL BURNER	형식		컨 타 입		
	분사각도		45-60°		
	사용연료		주문 사양 (등유, 경유, 병커유 등)		
	전동기		100 - 150 - 60 - 220 - 60		
		HP			
	노즐	HGALL/ON	1/6	1/3	
	연료소비량	HGALLON/HR	3	4 - 5	
분사압	kg/cm ²	7 - 10	9 - 11		
자동장치 AUTOMATIC DIVICE	안전장치	완전자동 장치, 2중 가열방지 장치			
	점화장치	아그네손플러그 방법			
	화염 감지 방법	CDS에 의한 감지장치			

1) 형 식 명 : SG-180, SG-120

2) 형 식 : 농용유류보일러

3) 기체의 규격사양 및 능력

구 분 \ 형 식	SG-180	SG-120	비 고
길 이(mm)	1,680mm	1,270mm	연통연결구에서 버너전면까지
폭(mm)	950mm	750mm	온수통 좌측면에서 본체우측면까지
높 이(mm)	1,630mm	1,430mm	수위 조절스위치 상단에서받침대까지
중 량(kg)	370(kg)	230(kg)	
일반능력(kcal/h)	180,000kcal/h	120,000kcal/h	

4) 수순환모타

구 분 \ 형 식	SG-180	SG-120	비 고
전 압	220V	220V	
소비 전력	400W×2	200W×2	
사용 온도	95℃ 이하	95℃ 이하	
흡입토출관	65	50	

5) 버너

구 분 \ 형 식	SG-180	SG-120	비 고
T Y P E	GUN TYPE BURNER		
분사 압력	9~11kg,f/cm ² (±0.5kg,f/cm ²)		
분사 각도	45~60		
노즐용량(G/h)	4~5(방카주문)	3~4(방카주문)	
사용연료	보일러용 등유, 경유		

6) 도조절장치

가) 도조절방식 : 써머스타, ON-OFF자동제어

나) 도설정장치 :

(1) 수 량 : 3EA 1SET

(2) 설정단수 : 0.5℃

(3) 설정방식 : 가변 저항조절 디지털표시

- 다) 시퀀시 온도제어장치
 - (1) 온도제어방식 : 비례제어
 - (2) 제어단계수 : 3단
- 라) 온도조절범위(최저-최고) (°C) : 0°C ~ 95°C
- 마) 경보장치유무 : 有

7) 연소실

- 가) 재 질 : 스테인리스(STS 304)
- 나) 두께(mm) : SG-180(3mm), SG-120(2mm)
- 다) 개 수 : 1개
- 라) 방열면적(m²) : SG-180(0.097m²), SG-120(0.067m²)

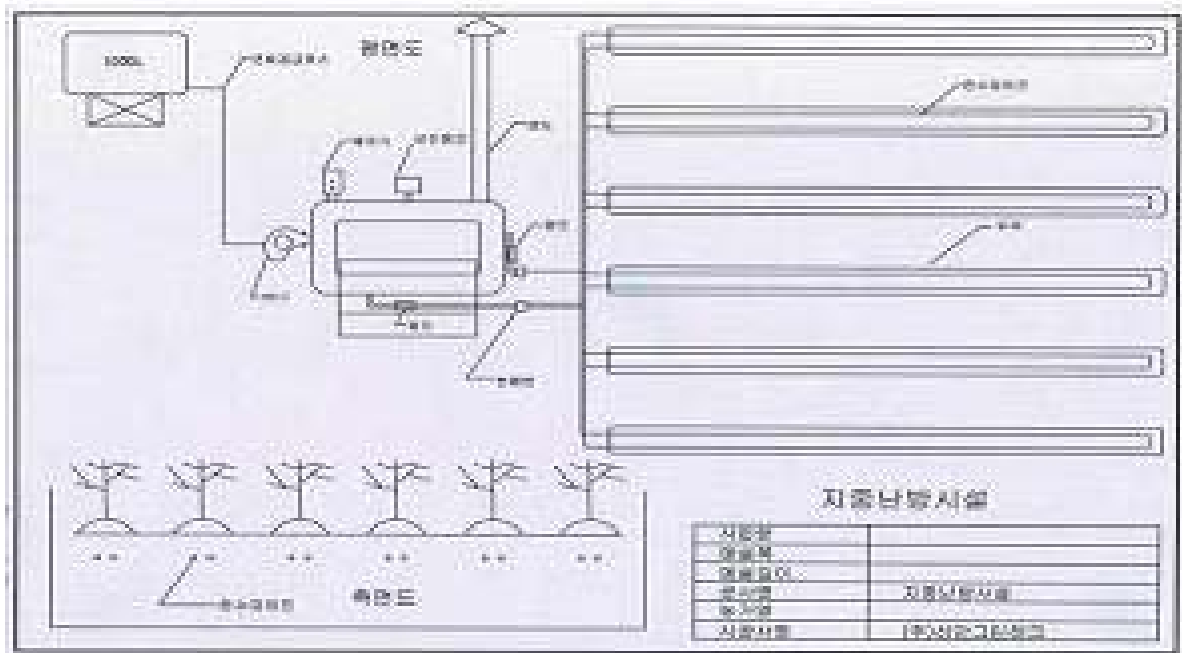
8) 열교환기

- 가) 재 질 : 스테인리스(STS 304)
- 나) 두께(mm) : SG-180(3mm), SG-120(2mm)
- 다) 개 수 : 22개
- 라) 방열면적(m²) : SG-180(0.103m²), SG-120(0.93m²)

9) 부대장치

- 가) 연통
 - (1) 스테인리스(STS 304)
 - (2) 종류 : L자, T자, I자
 - (3) 크기(직경) (mm) : 200~250mm

사. 그린지중난방기의 설치도



2. 시작품 제작과정

가. 시스템 설계 : 설계도면을 연구 보완하여 시제품을 제작하면서 수정 및 실험을 통해서 최종도면을 도출하였다.

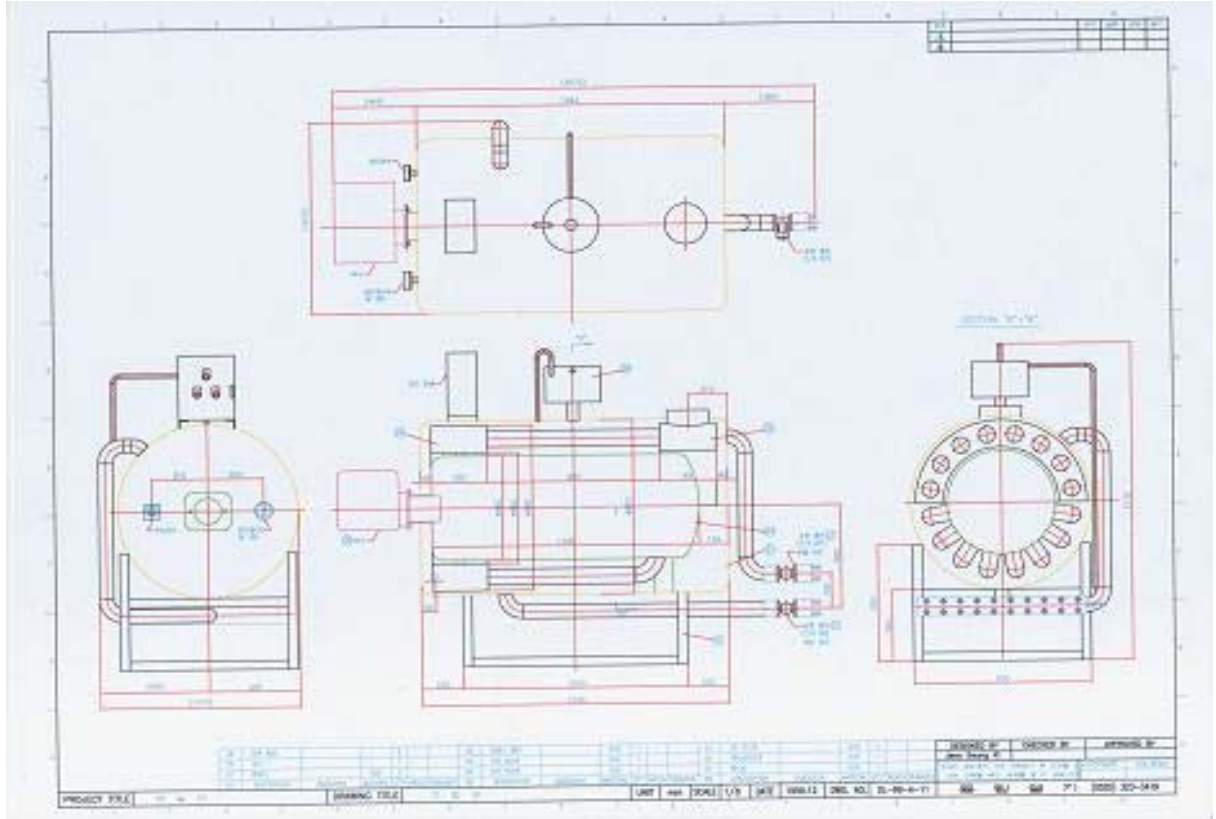


그림6. 시스템 설계도면 (삼각도)

나. 삼방변 밸브 : 기존의 밸브 라인은 전부 65A 배관을 사용하였으나 국내 생산의 삼방변 밸브는 오직 50A 배관만이 있기 때문에 전체 배관 라인을 50A로 수정 제작하고 다른 사이즈의 배관을 찾아 적용했다.

다. 보조탱크 개선 : 기존의 보조 탱크를 개량하여 없었던 뚜껑을 설치하고 파이프 배관을 설치 부착하여 증기열의 손실을 예방한다.



그림7. 보조탱크 제작 과정 사진

라. 이동식 분배구 개발 : 기존의 분배구에 이동식 바퀴 및 고정 대를 설치하여 지중난방기가 자유로이 이동되어 많은 다른 하우스에도 토양소독이 가능하게 한다.

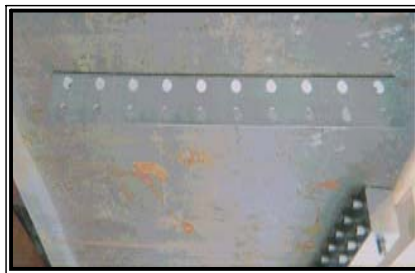
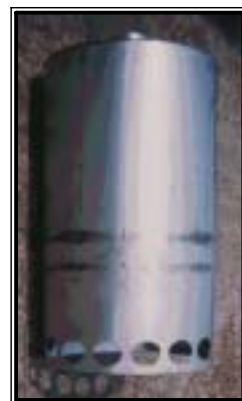
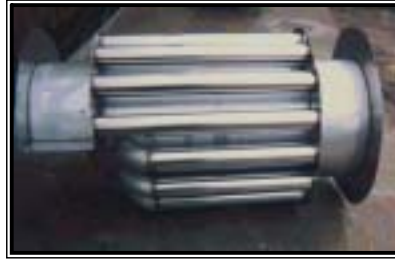


그림8. 분배구 제작 과정 사진

마. 시제품 제작 : 지중보일러의 시제품 제작





보일러 내부 원통 제작



시제품 1차 완성



수압테스트 장면

3. 삼방변 밸브의 도입

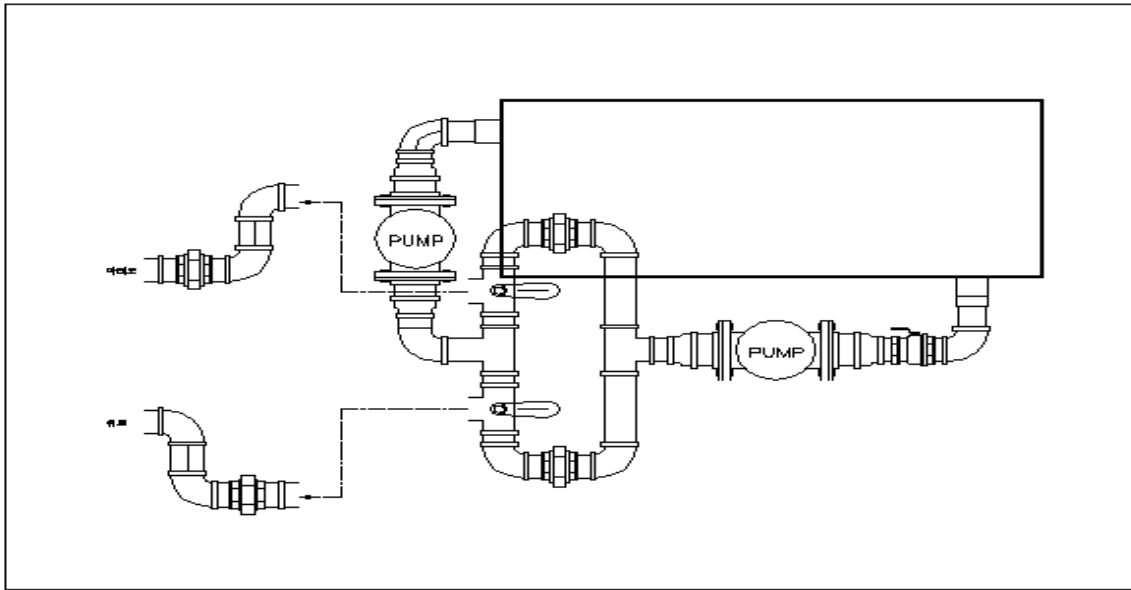


그림9 . 삼방변 밸브의 초기 설계도

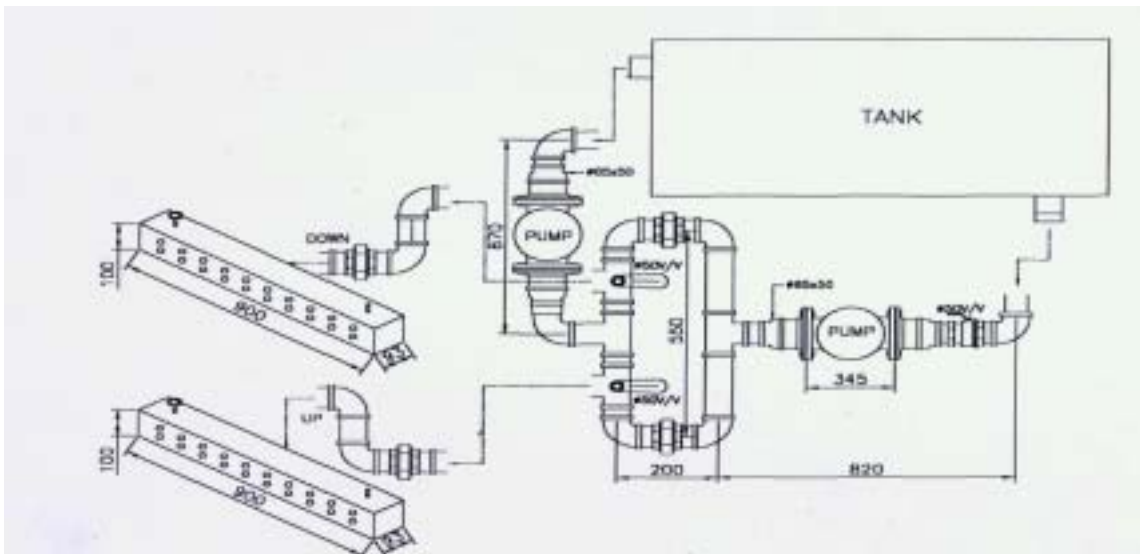


그림10 . 삼방변 밸브의 초기 설계도

개량형 지중난방기는 기존의 지중난방기에서 온수의 입출력이 한 방향으로 고정되어 있는 일자 밸브를 사용하였으나 이를 개선하여 입출력이 정방향과 역방향의 두 가지 형식이 모두 가능하게 하는 삼방변 시스템을 기술 개발하여 적용할 것이며, 온수가 파이프를 따라 흐르는 동안 손실되는 열의 양을 감소시키는 역할을 할 것이다. 이는 (주)신안그린테크의 지중난방기에서만 볼 수 있는 신개발 제품의 독창적인 시스템이라고 할 수 있겠다.

가. 수동식 삼방변 밸브
 1) 수동 삼방변 밸브의 사양

DIMENSION S PATS NAME	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"
ød	12.7	16	20	25	32	38.1
L	75	85	100	115	125	148
H	59	64	80	90	96	106
W	126	126	145	145	204	204
W1	22.4	22.4	22.4	25.4	25.4	25.4
W2	35	35	35	38	38	38
B	37.5	42.5	51.5	57.5	63	73
C	71	81.5	102	108.5	121	138.5
Cv	6	12	14	24	30	50



그림11 . 수동식 3 way V/V

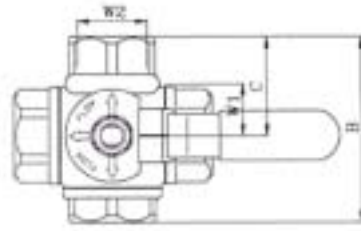


그림12 . 수동식 3 way V/V 도면

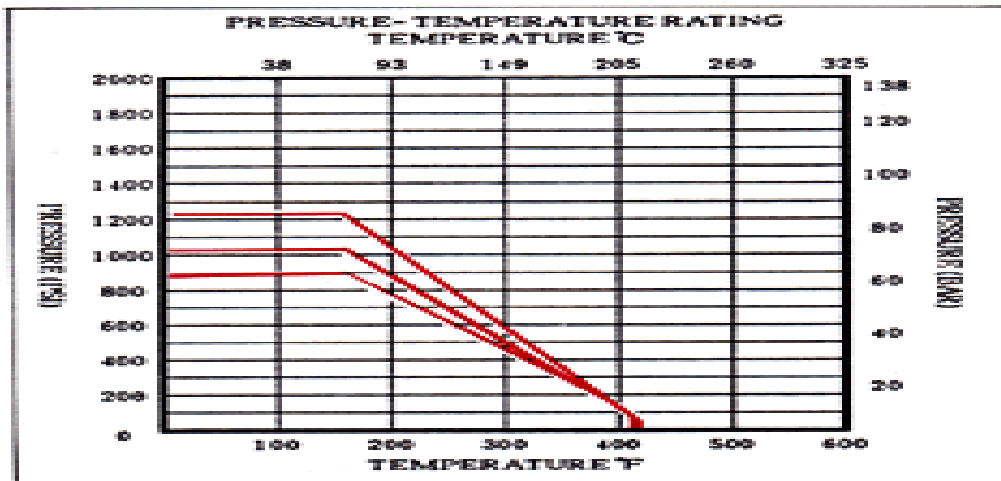


그림13 수동식 3 way V/V 의 테스트 내역

2) 수동식 삼방변 밸브의 문제점

수동식 삼방변 밸브를 사용함으로써 100m 내외의 길이의 하우스에서도 에너지를 절감시키는 물론이고 작물 성장에도 많은 도움을 주고 다수확의 효능은 있지만 농민이 일일이 시간에 맞추어 밸브의 방향을 바꾸어 주어야 하는 불편함을 감수 해야만 했다.

3) 자동식 삼방변 밸브의 도입

상기와 같은 문제로 인하여 국내에는 많이 보급되지 않았지만 자동 오토 삼방변 밸브를 도입하여 노동력을 절감 시키고 이를 실제적으로 시간에 맞춰서 정회전과 역회전이 자유롭게 조절 할 수 있는 제품으로 대체하게 되었다.



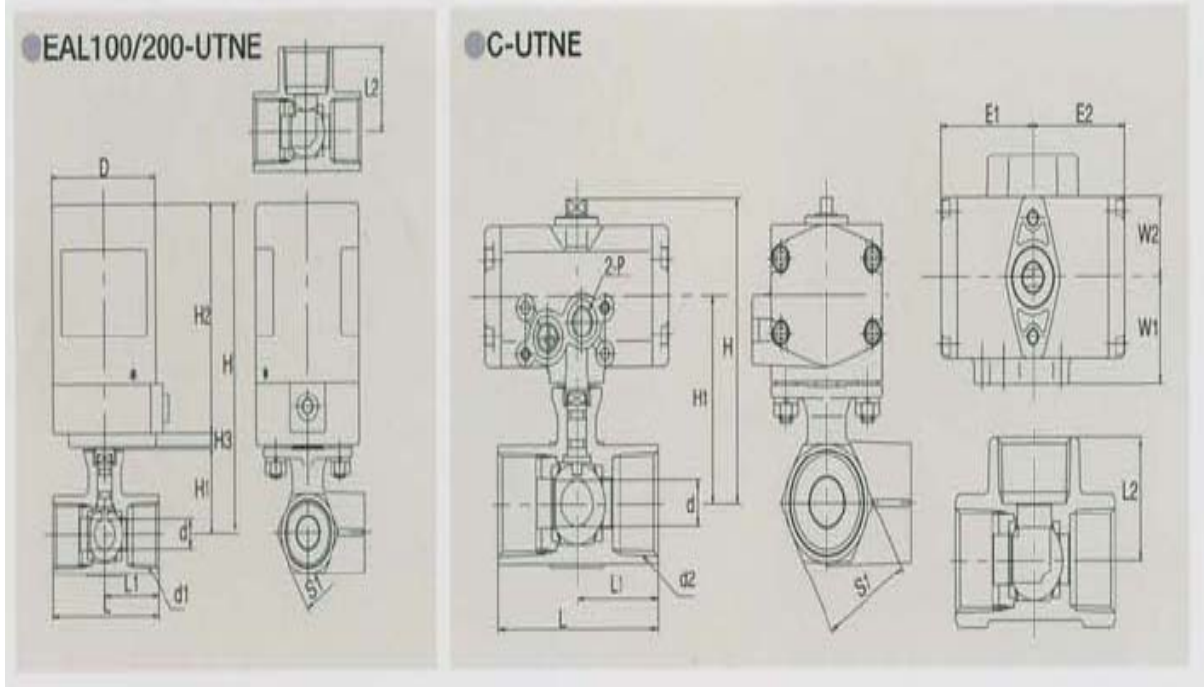
■バルブ仕様	
部品名	材料
ボデー	SUS14A
ボール	SUS316+Crめっき
ステム	SUS316
ボールシート	カーボンファイバー入PTFE
Oリング	FKM
方式	フローティング...1/4 ^B ~11/2 ^B トラニオンマウンテッド...2 ^B
構造	三方二面シート

●圧力・温度基準
 80℃以下の水・油・空気(凍結なきこと)・・・0.98MPa
 100℃以下の水・油・空気(凍結なきこと)・・・0.49MPa

그림14. 자동 3 way v/v

アクチュエータ	製品記号	呼び径	1/4 ^B	3/8 ^B	1/2 ^B	3/4 ^B	1 ^B	1 1/4 ^B	1 1/2 ^B	2 ^B
電動(90°正逆回転)	EA100/200-UTNE		●	●	●	●	●	●	●	●
電動(90°正逆回転・端子箱付)	EAB100/200-UTNE		●	●	●	●	●	●	●	●
電動(リレー内蔵・90°正逆回転)	EAL100/200-UTNE		●	●	●	●	●	●	●	●
電動(リレー内蔵・90°正逆回転・端子箱付)	EALB100/200-UTNE		●	●	●	●	●	●	●	●
空圧(複作動)	C-UTNE		●	●	●	●	●	●	●	●
空圧(スプリングリターン)	CS-UTNE		●	●	●	●	●			
空圧(スプリングリターン)	FBS-UTNE							●	●	●

寸法表



도면2. 자동 삼방변 밸브

4. 부동액

가. 부동액의 원리

부동액이라면 얼지 않는 물이라는 뜻이 됩니다. 흔히 겨울철에 자동차의 냉각수가 얼지 않도록 관리해야 되기 때문에 부동액을 채워주게 됩니다.

일반적으로 용액의 어는점은 용매의 어는점보다 낮습니다. 예를 들면 소금물이 물보다 더 낮은 온도에서 얼게 됩니다.

그러므로 어는점만으로 본다면 소금물을 부동액으로 사용해도 된다는 이야기가 됩니다. 그러나 소금물은 자동차의 재질인 철을 부식시킵니다. 따라서 소금물은 자동차의 부동액으로 사용할 수 없습니다. 설탕물은 어떨까요? 설탕물은 용액이기 때문에 어는점은 내려가고 철을 부식시키지 않으니 부동액으로 사용해도 되지 않을까요? 맞습니다. 설탕물을 사용해도 무방합니다.

그런데 실제로 사용하는 것은 에틸렌글리콜이라고 하는 유기약품입니다.

에틸렌글리콜은 알코올의 일종으로 물에 잘 녹고 어떤 비율로도 섞입니다. 그러므로 수용액으로 만들기가 용이합니다.

에틸렌글리콜은 독성이 없는 유기약품으로 철과 같은 자동차의 재질과 반응하지 않습니다. 그러므로 안전합니다.

마지막으로 에틸렌글리콜은 분자량이 작습니다. 분자량이 작다는 이야기는 같은 질량을 녹여도 녹아들어간 물수(알맹이 수)는 많다는 말이 됩니다.

일반적으로 용액의 어는점 내림은 용액 속에 녹은 용질의 몰수(알맹이 수)에 비례합니다. 그러므

로 설탕과 에틸렌글리콜의 같은 질량을 물에 녹였을 때 에틸렌글리콜이 약 5.5배의 효과를 내게 됩니다.

자동차의 냉각수는 겨울철 한랭지(寒冷地)에 방치해 두면 얼어서 팽창하여 라디에이터나 기관블록을 파괴한다. 그래서 겨울철에는 부동액을 냉각수에 섞어서 넣는다. 전에는 부동액이 과열의 원인이 되었기 때문에 여름철에는 빼내야 했지만, 4계절용이 개발되어 그대로 사용할 수 있게 되었다. 부동액으로는 [염화칼슘](#) · [염화마그네슘](#) · [에틸렌글리콜](#) · [에틸알코올](#) 등이 사용된다.

부동액을 주입한 경우 약간 단맛이 나는데 독성이 있어서 먹으면 안됩니다.

기존 부동액의 주원료인 에틸렌글리콜(EG)은 독성물질로서 인체에 흡입시 두통, 기침, 폐질환, 마비, 신장질환 등이 나타날 수 있으며 이러한 이유로 해외 각국에서는 사용을 규제하고 있는 유해한 물질입니다.

부동액 농도(%)	10	20	30	40	50	60
어는점(℃)	-4.4	-8.8	-12.7	-21.0	-32.5	-48.8

나. 부동액의 문제점

혼합 비율표 (어는점)	60%부피수용액	-48.8℃
	50%부피수용액	-32.4℃
	40%부피수용액	-21.0℃
	30%부피수용액	-12.7℃
PH℃	30%부피수용액	9.0
비중(20/20℃)	원액	1.04
끓는점	원액	161℃
거품성(ml)	30%부피수용액	1
수분(%)	원액	4.23%
부식성 실험	알미늄주물	-0.07
	주철	-0.03

부동액은 끓기 시작하는 점이 높고 오래동안 식지 않아서 지중난방기의 물의 대체품으로 상당히 적당한 제품이다. 하지만 부동액은 지중난방기의 물을 대체할 수 있는 좋은 재료이나 다음과 같은 문제점이 있다.

- 1) 새어나갔을 시에 토양오염의 위염성이 있다.
- 2) 물에 비하여 가격면에서 월등히 비싸다.
- 3) 끓는 점이 높아서 연료소모량이 많다.

상기와 같은 이유로 다방면으로 부동액 사용을 검토 해보았으나 스테인리스 주름관으로 파이프를 대체하여 사용해 보았으나 토양에서의 열전도율이 기존의 엑셀 파이프보다 뛰어나지 않고 토양오염의 위험성이 너무 높아 물의 대체품으로 사용하기에는 너무 위험한 물질로 되어 사용을 포기하였습니다.

5. 태양열소독 및 병해연구(원예연구소)

가. 서 언

시설원예에서 작물의 재배에 가장 제약요인이 되는 것은 겨울철 시설 내 난방과 연작재배에 의한 토양의 전염성병 발생일 것이다. 시설 내 난방은 주로 온풍난방과 온수난방을 이용하는데 온풍난방에 비해 온수난방이 난방효율과 작물의 재배에 유리하나 시설비가 많이 들어가는 것이 단점이다. 또한 온수난방의 방법에는 시설내의 지상에서 난방을 하는 방법과 지중에 온수공급 배관을 묻어 온수를 흘려 난방하는 지중난방 방법이 있다. 시설원예에서 병 발생문제는 생산량을 줄이고 재배의욕을 떨어뜨리는 큰 제한요인이 되고 있다. 시설원예에서 토양전염병은 고추, 토마토, 파프리카 등의 가지과 작물에서는 시들음병, 역병, 풋마름병 등, 그리고 무, 배추, 양배추 등의 배추과 작물에서는 무사마귀병, 무름병 등의 토양전염성 병해가 있다. 이러한 시설토양의 병해를 줄이기 위하여 경종적, 물리적, 생물적, 화학적 방법을 동원한다. 일반적으로 토양소독에는 농약, 훈증제 등을 이용하는 화학소독법이 있으나 환경친화적인 측면에서 줄이는 실정에 있다. 반면 경종적인 방법과 담수, 스팀열처리, 태양열 소독 같은 물리적인 토양소독법을 많이 이용하고 있다. 스팀열수소독은 별도의 소독기를 구입해야하므로 이에 대한 경제적인 부담이 크고 태양열소독의 경우 해에 따라 기후 조건이 다르기 때문에 효과를 확신할 수 없는 단점을 가지고 있다 보다 효과적으로 토양을 소독하기위해서 토양에 균이 사멸할 수 있는 열을 주어야 하는데 본 연구에서는 온실에 설치되어있는 지중난방 시설을 이용하여 토양소독을 하는 방법으로 별도의 기기를 구입하지 않아도 되기 때문에 소독비용을 줄 일수 있어 농가에 부담을 줄일 수 있는 경제적인 방법이 될 것이다. 이런 이유에서 착안된 것이 시설원예용 지중난방을 겸한 토양소독방법이다.

본 연구에서는 개량형 삼방변 밸브를 부착한 지중난방기를 이용하여 겨울철 난방기간에는 근권난방을 하고 농한기의 토양소독기간에는 난방배관을 이용하여 토양을 소독코자 시험을 수행하였다. 가지과 작물에 많이 발생하는 세균인 청고병(*Rastonia solanacearum*)과 배추과 작물에 많은 무름병(*Erwinia carotovora*)을 열수온도와 시간에 따른 사멸 정도를 검토하고 또한 토양소독에 따른 작물의 생육 반응과 토양의 미생물상 및 효소 활성과 무기양분의 함량변화 등을 조사하여 지중난방기에 의한 토양소독 시스템의 기초 자료를 얻고자 시험을 수행하였다.

나. 재료 및 방법

1) 토양전염성병해의 생장과 살균온도에 따른 사멸 및 토양소독 효과 검토

가) 수집균주의 생장 곡선 작성

현재 시설재배시 토마토와 가지에 가장 영향을 많이 주고 있는 세균인 청고병(*Rastonia solanacearum*)과 배추과 작물과 작물에 영양을 주는 무름병(*Erwinia carotovora*)에 대한 생리적 특성을 검토하기 위하여 청고병은 TTC medium(ℓ 당 Peptone 10g, Glucose 5g, TTC 2,3,5-triphenyl tetrazolin cholid : 1% stock 5ml)에 무름병은 YDC medium (ℓ 당 Yeast extract 5g, Glucose 5g)로 조성된 배지를 이용하여 30℃에서 150rpm으로 shaking하면서 30시간 동안 시간 별로 2ml씩 균액을 sampling하여 600nm에서 optical dencity를 측정하였다.

나) 생육온도에 따른 액체배지내 균주의 생육반응

토양소독을 효과적으로 하기 위해서는 토양전염성 병원균의 사멸 온도에 대한 검토가 필요하기 때문에 현재 국내에서 수집된 균주(세균 2균)를 대상으로 시험을 하였다. seed 배지는 TTC medium을 이용하여 균수가 ml당 *R. solanacearum*는 2.0×10^7 , *E. carotovora*는 1.56×10^7 의 농도로 배양한 후 100ml의 액체배지에 배양액 1ml씩을 접종하여 상온에서 1시간 정치한 후, 각 각 처리 온도별로 배양을 하였다. 처리온도는 45°C에서 60°C까지 5°C간격으로 4처리를 하였으며, 처음 1시간은 10분 간격으로 6회, 다음 1시간은 30분 간격으로 4회 그 이후는 1시간 간격으로 3회에 걸쳐 sampling하여 600nm에서 흡광도 측정과 배지에서의 생균 균락수를 조사하였다.

다) 토양소독에 따른 토양 내 미생물상 및 무기성분의 변화

토양소독을 함으로써 나타나는 토양 내의 미생물상 및 무기성분의 변화를 조사하기 위하여 토양소독 전 후의 미생물은 세균은 Yeast glucose medium에서 곰팡이는 Rose bengal medium, 방선균은 Starch casein medium을 사용하여 일정농도로 희석하여 plating하였으며, 60°C에서 20시간 토양을 소독하고 토양 무기성분은 농촌진흥청 분석법을 기준으로 조사하였다.

라) 토양소독에 따른 토마토 청고병 발병 억제 효과

청고병균인 *Ralstonia solanacearum* 표준 균주를 TTC(Tri-Tetrazolium Chloride) 고체 배지에 접종하여 32°C 배양기에서 두 번 계대 배양한 후, TTC 100ml액체 배지에 접종하여 진탕배양기에서 32°C, 180rpm의 속도로 24시간 Seed 배양한 다음, 1ℓ 삼각플라스크 8개에 TTC 액체 배지 각 500ml를 넣어 멸균 후 seed 배양액 1ml를 접종하여 32°C에서 180rpm의 속도로 48시간 진탕 배양을 하여 접종균액으로 사용하였다. 배양균액의 균수가 ml당 10^8 개의 청고병균이 되게 조절한 다음 부직포 포트(직경 20cm, 높이 20cm)당 30ml씩 접종하였다.

청고병균을 접종 전에 시험 사용할 토양을 부직포 포트(직경 20cm, 높이 20cm)에 넣어 고압 스팀 멸균기로 소독을 하였다. 토양멸균을 한 후 파종한 지 40일이 된 토마토(서건)를 뿌리에 상처를 내고 부직포 포트(직경 20cm, 높이 20cm)에 이식한 후, 청고병균을 10^8 /ml로 맞추어 접종하였다. 토양 소독에 이용할 토양은 균 접종을 한 다음 약 15일이 경과 후 병징이 발생한 포트의 토양만을 이용하여 각 처리별 토양소독에 이용하였다.

청고병 이병토양의 소독은 각 온도별 처리, 다조메(입제) 처리, 밀기울 처리, 쌀겨 처리 4가지 방법으로 수행하였다. 온도별 토양 소독처리는 드라이 오븐을 이용하여 포트(12cm 높이 10.5cm)의 가운데에 온도계를 3cm의 깊이로 넣어 측정하면서 처리온도는 45°C, 50°C, 55°C, 60°C로 지속 시간은 각각 10분, 20분, 30분, 60분, 120분간 처리하였다. 다조메(입제)는 농약사용지침서의 약량을 환산하여 사용하였으며, 밀기울과 쌀겨는 부피비로 각각 5%와 10%를 혼합하여 소독처리하였다.

소독처리한 토양을 사용하여 포트에 파종 40일이 경과한 토마토(서건)를 뿌리에 상처를 내어 이식하여 15일이 경과한 후 청고병 발생을 조사하였다.

2) 토양소독에 따른 딸기의 생육 반응

본 실험은 지중난방관을 이용한 온실 내 토양소독 의한 딸기작물의 생육의 효과를 조사하기 위하여 2005년 10월부터 2006년 3월까지 부산 시설원예시험장의 온실에 지중난방배관을 설치하여 수행되었다. 500m² 면적의 비닐하우스에서 토양의 두둑성형기를 이용하여 폭 45cm, 높이 45cm, 길이 50m의 두둑을 성형하고, 지중난방관의 배관방식은 Direct return 방식으로 설계하고 고온수

를 공급할 수 있도록 난방기(신안그린테크)를 설치하고, 소독처리 및 무처리 모두 토양표면에는 폴리에틸렌 필름을 피복하였다. 소독처리는 정식 전에 배관내 온도를 80℃ 정도에서 20시간 실시하고 토양의 지온이 무처리의 온도와 같았을 때 식물체를 정식하였다. 딸기는 시설원예시험장에서 육성한 “선홍” 품종을 공시하여 2005년 10월 15일에 직경 8cm 개별 포트에서 육묘한 묘를 정식하여 축성재배에 준하였다. 재식거리는 55X20cm(2조식)로 하였으며, 하우스내 반분은 토양 소독처리구를 두고 그리고 반분은 무처리구를 두어 단구제로 실험을 수행하였다. 딸기의 엽장 등 생육조사는 농촌진흥청 조사기준법에 준하였으며 식물체의 생체중은 처리마다 10주씩 채취하여 지상부중과 지하부중을 조사하고 각 처리 시료를 80℃ 이상의 건조기에 2일정도 말려 건물중을 조사하고 그 시료를 무기양분 분석용으로 이용하였다.

엽록소 함량은 SPAD meter(SPAD502, Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 값은 SPAD unit로 상대값을 산정하였다. 측정은 가장 큰 잎을 이용하였고 처리당 10주씩 3반복의 평균값을 나타냈다.

무기양분분석은 건조된 식물시료를 각 부위별로 분리하여 마쇄기로 마쇄한 다음, 1g씩 칭량하여 질소는 Kjeldahl법(1030 analyzer, Kjeltex Auto)으로, 그리고 인산은 Vanadate법으로 분해하여 비색계(UV/VIS spectrophotometer, Lambda 18, Perkin Elmer)를 이용하여 측정하였다. 그리고 K, Ca 및 Mg는 tenery solution으로 분해한 후 원자 흡광 분광 광도계(atomic absorption spectrophotometer 3300, Perkin Elmer)로 분석하였다.

3) 결과 및 고찰

가) 수집균주의 생장 곡선

수집 균주의 생장곡선은 그림 1과 같았는데 *E. carotovora*의 경우 접종 후 9시간에 정체기에 도달하였나, *R. solanacearum*는 27시간이 되어야 정체기에 도달하였다.

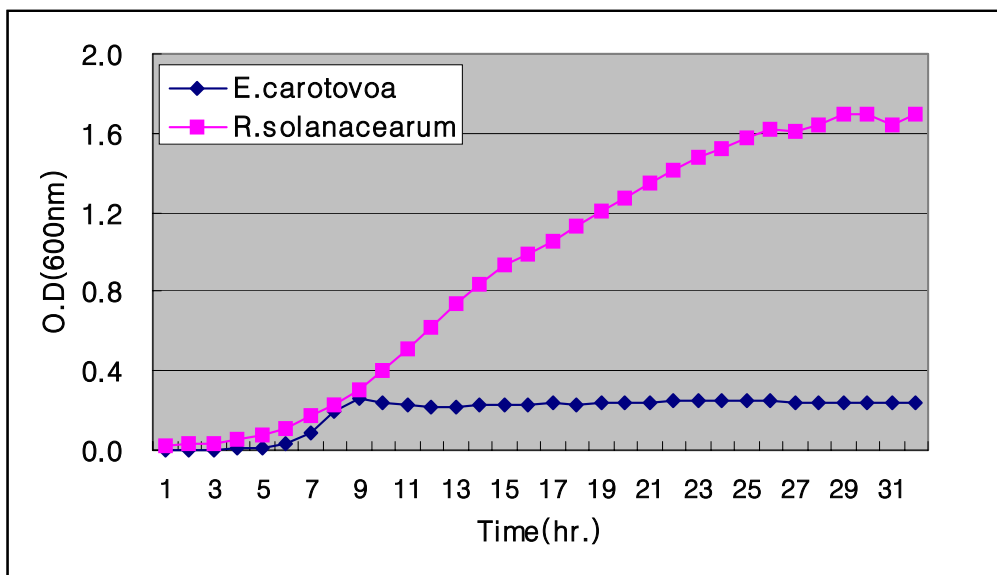


그림 15. *R. solanacearum*와 *E. carotovora*의 생장 곡선

생장곡선에 사용된 배지는 TTC 배지로써 두 균의 생육의 모두 충족 할 수는 없었지만 가지과 작물에 많이 나타나는 토양전염병인 *R. solanacearum*는 배추과에서 많이 나타나는 *E. carotovora*에 비해 비교적 생육이 왕성함을 알 수 있었다.

나) 온도와 처리 시간에 따른 균주의 생육 반응

시험균주의 온도와 처리시간에 따른 생육은 표 1과 같았는데 *R. solanacearum*의 경우 45°C에서 처리하였을 때 생육은 초기 30분까지는 생육의 별 차이를 보이지 않았으나 40분부터 1시간까지는 잘 자랐으며, 1시간 30분부터 4시간까지는 감소하다가 처리 후 5시간 이후에는 생육이 되지 않았다. 따라서 *R. solanacearum*는 토양소독시 온도가 45°C로 5시간 이내로 처리 된다면 오히려 균의 밀도를 증가 시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

표 15. *R. solanacearum*와 *E. carotovora*의 온도와 처리시간에 따른 생육

병원균	온도 (°C)	처리시간(분)											
		20	30	40	50	60	90	120	150	180	240	300	360
<i>R. solanacearum</i>	45°C	+++	+++	++++	++++	++++	+++	+++	+++	++	++	-	-
	50°C	+++	+++	++++	++++	++++	++	+	-	-	-	-	-
	55°C	+++	+++	+++	+++	++	-	-	-	-	-	-	-
	60°C	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. carotovora</i>	45°C	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	+++	+++
	50°C	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	+++	+	-	-	-
	55°C	++++	++++	++++	++++	++++	-	-	-	-	-	-	-
	60°C	++++	++++	++++	+++	-	-	-	-	-	-	-	-

* ++++(생육이 왕성) ~ - (사멸)

한편 처리 온도에 따른 균 생육 정지 시간을 보면 50°C에서는 2시간, 55°C에서는 1시간, 60°C에서는 20분 이상의 온도로 처리되어야만 균을 사멸 할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 반면에 *E. carotovora*의 경우 45°C에서는 접종 10분부터 4시간까지는 왕성하게 잘 자랐으며, 5시간이후에는 약간 감소하였으나, 6시간까지도 생육이 진행되었으며, 50°C에서는 60분까지는 잘 자라다가 90분부터는 감소하여, 240분부터는 전혀 생육이 되지 않았다. 55°C에서는 60분 처리, 60°C에서는 30분 이후에는 전혀 자라지 않았다. 생육정도의 경향은 그림 2의 흡광도 측정치에서도 거의 같은 경향을 보였는데 이와 같은 결과로 추정하면 청고병 혹은 무름병이 발생한 토양은 온도가 45°C로는 소독효과가 거의 없었으며, 토양소독 온도가 50°C 경우는 최소한 3시간 이상 지속이 되어야 가능하며, 토양온도가 55°C로는 60분 이상은 지속이 되어야 소독 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

Baker와 Roistacher(1957)는 토양 멸균을 위해 토양온도를 82°C에서 30분간 유지시켜야 한다고 주장하고 있다. 대부분의 병원균은 70°C의 온도 범위에서 멸균이 가능하다. 그러나 멸균을 위해서는 토양온도를 올리는 것도 중요하지만 지속시간도 매우 중요하다. 본 연구에서 *E. carotovora*의 경우 50°C에서는 1시간을 지속하면 생장이 지속되는 것이 이를 뒷받침한다.

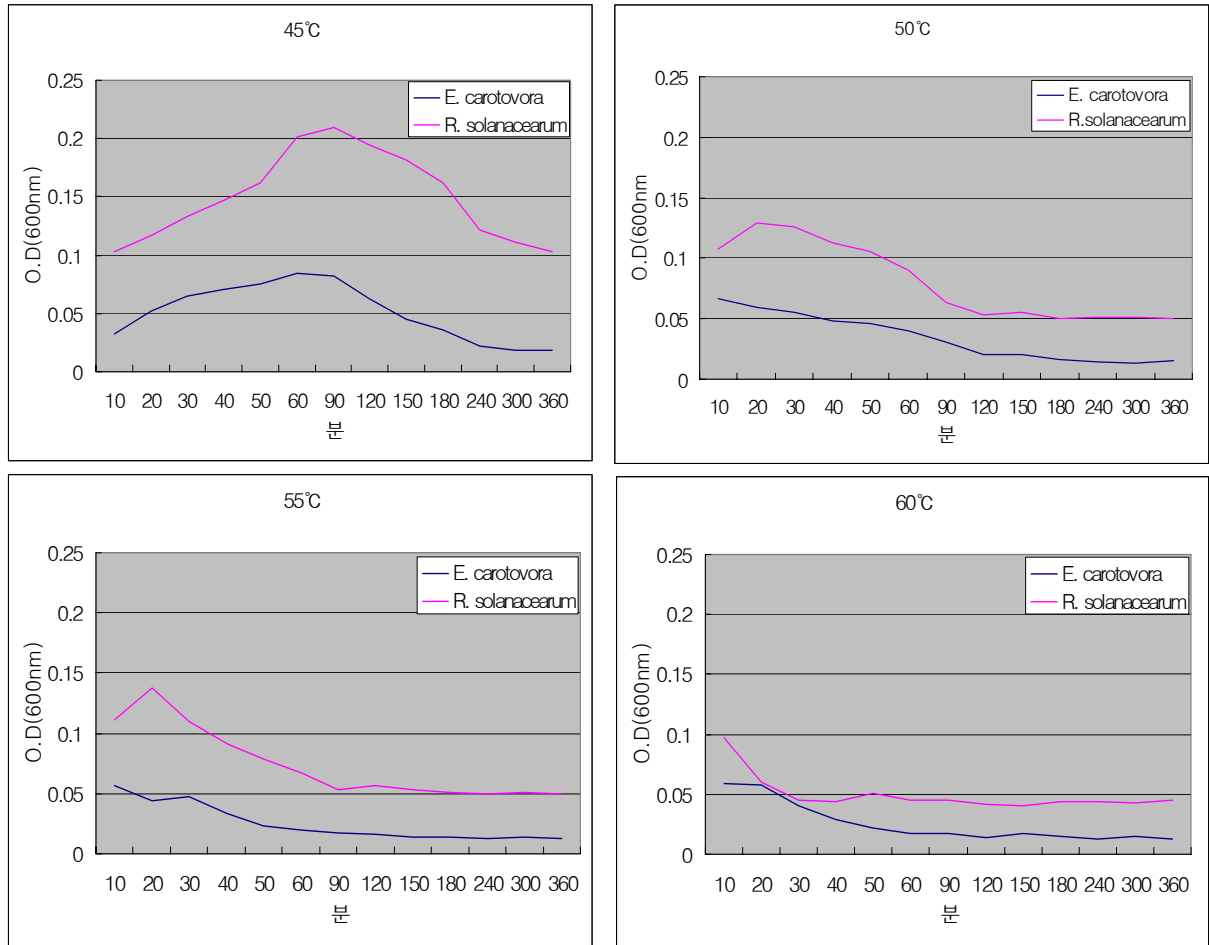


그림 16. *R. solanacearum*와 *E. carotovora*의 온도별 처리시간에 따른 흡광도

그러나 토양균의 멸균을 위해서는 낮은 온도에서 장시간 지속하는 것보다 높은 온도에서 짧은 시간 지속하는 것이 효과적이며 높은 온도에 장시간은 그 효과가 배가적이다. 각종 병원균들의 불활성온도가 다름을 알 수 있다(Bollen, 1969). *Pythium* spp.와 *F. oxysporum* 균주들은 다른 균들보다 온도에 대해 더 Zms 내성을 지니고 있다고(Bollen, 1969) 한다.

본 연구의 세부과제 1(그림14~21 참조)에서 지중난방관으로 열수를 흘리면 XL-관의 경우는 1시간 후 관 주위의 토양온도가 55°C에 이르며 열전과거리는 약 80mm, 60°C는 약 53mm로 나타났으며, 20시간 후에는 55°C는 약 122mm, 60°C는 약 91mm, 40시간 후에는 55°C는 약 166mm, 60°C는 약 119mm, 60시간 후에는 55°C는 약 185mm, 60°C는 약 131mm로 나타났다. XL-관의 경우에서 한쪽 배관과 다른쪽 배관 주위의 온도는 거의 균일한 분포를 보이고 있다. 반면 스테인레스-주름관의 경우는 1시간 후 관 주위토양의 55°C에 이르고 열전과거리는 약 67mm, 60°C는 약 36mm로 나타났으며, 20시간 후에는 55°C는 약 100mm, 60°C는 약 81mm, 40시간 후에는 55°C는 약 136mm, 60°C는 약 102mm, 60시간 후에는 55°C는 약 147mm, 60°C는 약 110mm로 나타났다. 따라서 본 실험에서의 지중난방관으로 20시간 정도 열수를 흘리면 *E. carotovora*와 *R. solanacearum* 균을 멸균할 수 있음을 확인할 수 있었고 스테인레스-주름관보다 XL-관이 더 효과적인 것을 관찰할 수 있었다.

태양열을 이용한 토양소독은 이스라엘이나 일본에서 보편적으로 사용하고 있는데 최근에는 우리나라에서도 많이 이용되고 있다. 주로 한 여름철에 토양을 이중비닐로 덮어 비닐안의 온도를 높

여름으로써 병원균의 사멸을 유도하는 방법이다. 이 방법은 토양내 미생물의 공백 상태없이 병원균만을 선택적으로 사멸케 한다는 데에 큰 이점이 있으므로 열수처리와 태양열을 이용한 소독을 동시에 실시한다면 토양소독에 배가적인 효과가 있을 것이다.

표 16. 토양소독에 따른 토양 중 무기성분

처 리	조사시기	pH (1:5)	E.C (dS/m)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations(cmol/kg)			NH ₄ -N (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)
					Ca	Mg	K		
무처리	30일 후	6.90	2.25	508	3.84	2.14	0.78	4.5	146.5
	60일 후	6.64	1.67	507	5.92	2.11	0.92	2.0	125.5
토양소독	30일 후	7.01	2.75	546	4.36	2.35	0.87	25.5	154.0
	60일 후	6.94	2.20	511	6.22	2.12	1.12	8.3	87.9

표 16는 토양소독에 따른 토양 내의 무기성분 함량인데 토양 소독을 함으로써 무처리에 비해 토양 내 무기성분이 증가하는 것을 알 수 있었는데 이는 토양소독을 하게 되면 토양 중의 미생물을 비롯한 생물 등이 죽게 됨으로 이의 사체는 쉽게 무기화하여 토양 중 무기성분이 증가하게 된다. 성분 중에 특히 암모니아태 질소 함량이 높아지는데 이는 세균 중에 질산화균의 밀도가 낮아져 일시적으로 암모니아태질소가 증가하는 것으로 이로 인해 다른 성분인 칼슘이나 마그네슘의 흡수가 저해되기도 한다.

표 17. 토양소독에 따른 토양 미생물상

(단위 : CFU/g 생토)

구 분	조사시기	세균 (×10 ⁶)	방선균 (×10 ⁴)	곰팡이 (×10 ³)	<i>Fusarium</i> sp. (×10 ³)
무 소 독	정식30일 후	14.4	8.3	11.2	3.8
	수 확 시	12.8	14.0	3.5	2.0
토양소독	정식30일 후	15.4	3.5	2.7	0.8
	수 확 시	7.5	6.0	3.5	1.0

표 17은 토양 소독에 따른 토양 내 미생물상 인데 토양소독을 하게 되면 병원성이든 비병원성이든 간에 토양 미생물의 밀도 감소가 일어나는데 전반적으로 모든 미생물이 50~60%이상 밀도가 낮아지는 것을 알 수 있었으며 특히 *Fusarium* sp.의 밀도가 두드러지게 감소하였다.

표 18는 토양소독에 따른 토마토 청고병 발병억제 효과를 나타낸 것이다. 열을 이용한 토양소독은 토양 깊이 3cm의 온도가 50℃에서 60분 이상이 경과되어야 소독 효과를

볼 수가 있으며, 토양 온도 45℃로 120분을 처리하여도 청고병이 발생되어 소독효과는 볼 수가 없었다. 50℃처리에서도 60분까지 처리한 토양에서 병 발생이 되었으며, 최소 120분 이상은 처리를 하여야 만 토양 소독효과를 볼 수가 있었다. 55℃와 60℃ 처리시에는 10분 처리한 토양에서도 병 발생이 되지 않았다. 싹겨와 밀기울을 각각 부피비로 5%와 10%로 첨가하였을 시에는 청고병이 75%나 발생되어 소독효과를 볼 수가 없었다. 다조메(입제)를 처리한 토양에서는 청고병이 발생 되지 않았다.

이상의 결과로 토양소독 효과는 토양온도는 50℃에서 120분 이상 혹은 55℃ 이상의 고온으로 처리시 소독효과를 볼 수가 있었으며, 또한 다조메 입제를 이용한 토양소독도 같은 소독 효과를 보였다.

표 18. 토양소독에 따른 토마토 청고병 발병억제 효과

소독 처리온도 및 처리시간		병 발생율 (%)
45℃	10분	100.0(4/4)
	20분	75.0(3/4)
	30분	75.0(3/4)
	60분	50.0(2/4)
	120분	50.0(2/4)
50℃	10분	75.0(3/4)
	20분	50.0(2/4)
	30분	25.0(1/4)
	60분	25.0(1/4)
	120분	0.0(0/4)
55℃	10분	0.0(0/4)
	20분	0.0(0/4)
	30분	0.0(0/4)
	60분	0.0(0/4)
	120분	0.0(0/4)
60℃	10분	0.0(0/4)
	20분	0.0(0/4)
	30분	0.0(0/4)
	60분	0.0(0/4)
	120분	0.0(0/4)
밀기울	5%	75.0(3/4)
	10%	75.0(3/4)
싹겨	5%	75.0(3/4)
	10%	100.0(4/4)
다조메(입제)		0.0(0/4)
무처리(이병 토양)		85.7(6/7)

다) 토양소독에 따른 딸기의 생육 반응

지중난방관을 이용한 온실 내 토양소독에 의한 딸기작물의 생육의 효과를 조사한 결과 표 5와 같다. 2005년 10월 15일 정식 150일 후 2006년 3월 15일에 생육을 조하하였다.

표 19. 토양소독에 따른 딸기의 생육

처리	초장 (cm)	엽수 (개/주)	측아수 (개/주)	1화방개화수 (개/주)	최대엽장 (cm)	최대엽폭 (cm)
무처리	16.8 b	10.10 b	1.70 b	22.4 b	9.2 a	6.6 a
토양소독	18.4 a	16.40 a	2.30 a	27.0 a	9.9 a	7.4 a

²Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

초장은 토양소독처리가 18.4cm로 무처리 16.8cm에 비해 1.6cm 길었으며 엽수는 16.4개로 6잎이 많았다. 토양을 소독함으로써 초장은 큰 생육차이를 보이지 않지만 엽수의 분화에는 상당한 영향을 미침을 알 수 있었다. 측아수와 제1화방 개화수도 토양을 소독함으로써 증가되었고 최대엽장 및 엽폭도 증가되는 경향을 보였다.

토양의 소독에 따른 식물체의 생체 및 건물중의 변화량을 표 6에 나타냈다. 생체중에 있어서 경영의 지상부중은 토양소독처리가 주당 109.6g으로 무처리 69.3g에 비해 중인 40.3g 무거웠으며 뿌리무게인 지하부 중도 22.3g으로 9.1g 정도 무거웠다. 또한 건물중의 지상부와 지하부에 있어서도 토양소독처리가 각각 48.6g, 4.0g으로 무처리에 비해 각각 9.4g, 1.5g 무거웠다.

표 20. 토양소독에 따른 딸기의 생체중 및 건물 중

(생육조사 : 2006. 3. 18)

처리내용	생체중(g/주)		건물중(g/주)	
	지상부	지하부	지상부	지하부
무처리	69.3 b	13.4 b	9.5 b	2.5 b
토양소독	109.6 a	22.3 a	18.6 a	4.0 a

²Mean separation within columns by DMRT at 5% level. J

토양을 소독함으로써 작물의 생육이 좋은 것(표 5와 표 6)은 작물이 병해를 입지 않아 생육이 좋은 것은 당연할 것이고 본 연구에서 무처리에서 병이 걸리지 않은 것을 미루어 짐작하여 이병에 의한 생육차이보다 병원균에 의한 생육억제에 의한 생육차이가 큰 것으로 추측된다. 또한 그 결과 토양소독처리에서 과실의 평균과중도 높고 착과수가 많아 딸기의 초기수량이 증가한 것으로 판단된다. 이러한 결과는 토마토 양액재배시 급탕관소독처리가 무처리에 비해 생육이 좋고 수량이 많았다는 보고(이성재 등, 1999)와 소독처리효과는 다르지만 밧사미드 약제에 의한 토양소독(표 10과 표 11)에서 고추의 생육이 좋고 수량이 많은 결과가 이를 뒷받침한다. 한편 토양소독처리가 무처리에 비해 토양내 무기양분의 증가에 의한 생육 촉진효과도 배제 할 수 없으며 상가적인 효과가 나타났을 것으로 기대된다.

그림 17은 토양소독에 따른 딸기 잎의 엽록소 함량변화를 경시적으로 나타낸 것이다. 소독처리를 함으로써 무처리에 비해 식물체내 엽록소 함량도 다소 증가하는 경향을 보이고 있었으나 시간의 경과에 따른 차이는 없었다. 이러한 결과는 토양을 소독함으로써 식물체를 이병이 적고 건강하여 엽록소의 함량이 증가한 것으로 생각된다.

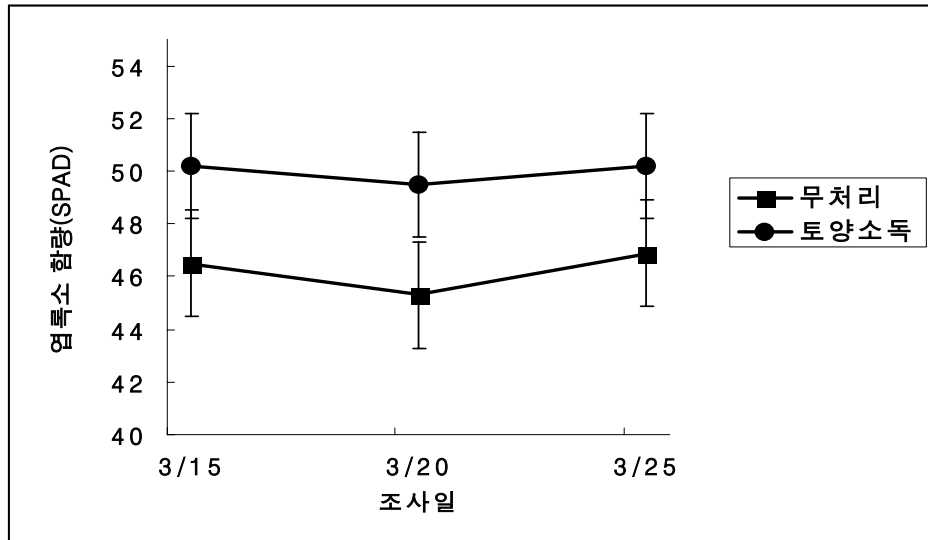


그림 17. 토양소독에 따른 딸기의 엽록소 함량 변화

토양의 소독에 따른 딸기의 수량구성요소 및 초기수량을 표 21에 나타냈다. 첫 수확일은 두 처리 모두 2월 15일로 처리간에 차이가 없었으며 평균과중도 12.25내외로 처리간에 차이가 없었다. 그러나 주당 과실중은 토양소독처리가 150.9g으로 무처리의 116.6g에 비해 34.3g이나 무거웠다. 10주당 과실 초기수량은 토양소독처리가 1,509g으로 무처리의 비해 무거웠으며 특히 15g이상의 대과에서도 큰 차이를 보였다.

표 21. 토양소독에 따른 딸기의 수량구성요소 및 초기수량

처리내용	첫수확일 (월/일)	평균과중 (g)	주당무게 (g)	수량(g/10주) ²⁾				
				특과 ¹⁾	대과	중과	소과	계
무처리	2/15	12.2 a	76.6 b	386.0	363.0	262.0	155.0	1,166 b
토양소독	2/15	12.3 a	150.9 a	426.0	452.0	333.0	298.0	1,509 a

¹⁾ 딸기과중분류 : 특과, 20g 이상; 대과, 15~19g; 중과, 14~10g; 소과, 9g 이하

²⁾ 초기수량 : 2006. 2. 15 ~ 3. 10

³⁾ Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

그림 18는 토양소독에 따른 딸기과실의 당도와 산도를 나타낸 것으로서 딸기의 당도가 7.6°Brix 정도로 토양소독처리와 무처리간에 차이가 없었으며 과실의 산도도 같은 경향을 보였다.

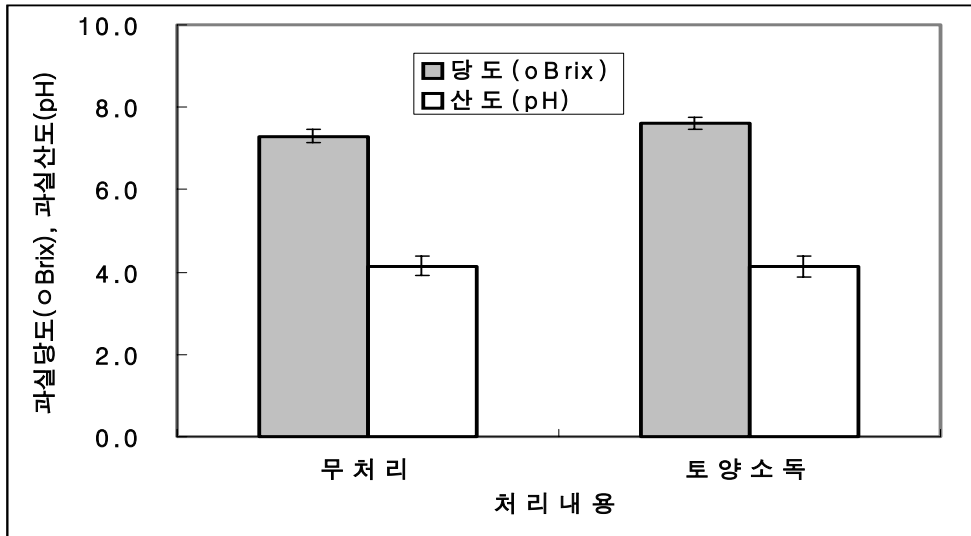


그림 18. 토양소독에 따른 딸기의 품질(조사일: '06. 3. 15)

표 22은 토양소독에 따른 딸기의 수확기에 식물체의 경엽과 뿌리의 무기성분 함량을 나타낸 것으로서 잎의 T-N, 인산 및 칼륨 함량은 토양소독처리가 무처리에 비해 높았으나 칼슘과 마그네슘 함량은 처리간에 차이가 없었다. 뿌리에서는 모든 무기성분이 처리간에 차이가 없었다. 토양소독처리에서 무처리보다 T-N, 인산 및 칼륨 함량이 높은 것은 1가 이온이라 비교적 이동이 잘된 것에 기인되고 그 결과로 또한 생육이 좋았을 것으로 생각된다.

표 22. 토양소독에 따른 딸기의 경엽과 뿌리의 무기성분 함량(조사일 : '06. 3. 15)

처리내용	분석부위	T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)
무처리	잎	2.54	1.2	1.82	0.92	2.84	0.05
	뿌리	1.01	0.52	1.67	1.81	1.41	0.25
토양소독	잎	2.82	2.2	1.88	0.84	3.18	0.04
	뿌리	1.05	0.67	1.43	1.82	1.79	0.21

표 23는 토양소독에 따른 딸기의 수확기의 토양 무기성분 함량을 나타낸 것이다. 토양의 산도 및 염도(EC)는 두처리 모두 pH 7.13~7.23, 2.6~2.7dS/m 정도로 처리간에 차이가 없었다.

표 23. 토양소독에 따른 딸기의 수확기 토양 무기성분 함량(조사일 : '06. 3. 15)

처리내용	pH (1:5)	EC (dS/m)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.Cations(cmol/kg)			NH ₄ -N (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	Na (cmol/kg)
				Ca	Mg	K			
무처리	7.23	2.7	625	10.57	3.05	1.43	8.13	110.6	1.11
토양소독	7.13	2.6	586	10.42	2.79	1.29	12.67	114.7	1.09

Ca, Mg 및 K 함량도 처리간에 차이가 없었으나 질소(암모니아태 및 질산태)함량은 토양소독처리가 무처리에 비해 다소 높았다. 이는 상기에 언급한 파와 같이 토양소독을 하게 되면 토양 중의 미생물을 비롯한 생물 등이 죽게 되므로 이의 사체는 쉽게 무기화하여 토양 중 무기성분이 증가하게 되고, 성분 중에 특히 암모니아태 질소 함량이 높아지는데 크게 기여한 것으로 추측된다.

표 24. 토양소독에 따른 고추의 생육효과 (생육조사 : '05. 11. 18)

처리내용	품종	초장 (cm)	엽수 (개)	엽면적 (cm ²)	마디수 (개)	경경 (mm)	생체중(g/주)	
							잎	뿌리
무처리	녹광	110.4	328.2	4652.1	17.0	8.4	114.5	21.0
	맛פות고추	67.5	104.5	1635.8	11.8	7.2	40.3	10.1
약제소독 (밧사미드)	녹광	112.6	399.7	5637.9	16.8	9.2	134.3	23.4
	맛פות고추	70.8	140.5	1962.1	13.2	7.5	54.8	13.2

¹정식일 : 녹광, '05년 9월 20일; 맛פות고추, '05년 10월 11일

표 25. 토양소독에 따른 고추의 평균과중과 주당수량 (수량조사:'05.10.31~12.26)

처리내용	품종	과장 (cm)	과폭 (cm)	평균과중 (g)	과수 (개/주)	주당과중 (g/주)
무처리	녹광	9.3	1.34	8.33 a	19.59 b	163.2 b
	맛פות고추	10.4	1.38	8.39 a	8.23 b	69.1 b
약제소독 (밧사미드)	녹광	12.2	1.61	8.60 a	24.09 a	207.1 a
	맛פות고추	10.5	1.35	8.18 a	14.16 a	115.8 a

¹정식일 : 녹광, '05년 9월 20일; 맛פות고추, '05년 10월 11일

²Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

표 24과 25은 본 연구에서 밧사미드 약제에 의한 토양소독이 고추의 생육효과를 검토한 것으로 토양소독이 무처리보다 생육이 좋고 수량이 많았다. 이러한 결과는 토양을 약제나 열수로 소독하면 토양 병원균을 사멸하거나 줄일 수 있으며 그로 인해 작물의 생육이 좋고 과실의 수량이 증가됨을 보이고 있다.

라) 결과요약

본 연구에서는 보다 친환경적이고 경제적인 개량형 삼방면 밸브를 부착한 지중난방기를 이용하여 토양을 소독코자 시험을 수행하였다. 가지과 작물에 많이 발생하는 세균인 청고병(*Rastonia solanacearum*)과 배추과 작물에 많은 무름병(*Erwinia carotovora*)을 열수온도와 시간에 따른 사멸 정도를 검토하고 또한 토양소독에 따른 작물의 생육 반응과 토양의 미생물상 및 효소 활성과 무기양분의 함량변화 등을 조사하여 지중난방기에 의한 토양소독 시스템의 기초 자료를 얻고자 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

- (1) TTC 배지에서 *E. carotovora* 균은 접종 후 9시간, *R. solanacearum* 균은 27시간에 생장이 정체되었다.
- (2) 청고병과 무름병이 발생한 토양은 온도가 45℃로는 소독효과가 거의 없었으며, 토양소독 온도가 50℃ 경우는 최소한 3시간 이상 지속이 되어야 가능하며, 토양온도가 55℃로는 60분 이상은 지속이 되어야 소독 효과가 있었다.
- (3) 토양소독은 토양 내 질소의 함량을 증가시키고 칼슘이나 마그네슘의 흡수를 억제시킨다.
- (4) 토양소독은 토양 미생물의 밀도 감소하여 모든 미생물이 50~60%이상 낮아지며, 특히 *Fusarium* sp.의 밀도가 크게 감소하였다.
- (5) 토마토 청고병의 토양소독 효과는 토양온도는 50℃에서 120분 이상 혹은 55℃ 이상의 고온에서 나타났으며, 또한 다조메 입제를 이용한 토양소독도 같은 소독 효과를 보였다.
- (6) 딸기의 초장, 엽수, 생체중 등의 생육이 토양소독이 무처리보다 좋았고 수량이 많았으나 과실 당도 및 산도의 품질에는 차이가 없었다.
- (7) 토양소독이 무처리에 비해 딸기 식물체의 질소, 인산, 칼리 등 무기양분 함량이 많았다.

마) 시험과정

(시험1) 개발 토양소독기 성능시험

- (1) 온도전달파이프 : 액셀, 스텐주름관
- (2) 파이프설치는 지하 50cm에 매설
- (3) 조사항목 : 토양소독기 가동에 따른 토양 내의 깊이 별 지온 변화, 연료 소요량

(시험2) 소독토양의 작물반응

- | | |
|-------------------------|---------------------------------|
| (1) 시험재료 : 고추(녹광, 맛푹고추) | (2) 처리내용 : 약제소독 (밧사미드 30kg/10a) |
| (3) 정식 : 9월12일 | (4) 조사항목 : 수량, 생육, 토양 내의 미생물상 |

(시험3) 토양전염병균의 소독방법에 따른 소독효과 구명

(1) 처리내용: 토양병원균(청고병, 무름병, 역병)배양 후 토양에 접종 완료

- 정식 : 토마토 8월18일, 병원성 감염여부 조사 중

- 쫓트 검정 : 8월30일

(2) 소독방법 : 약제, 열수, 미생물제제

(3) 조사항목 : 작물의 발병 미생물상 조사



(파이프매설 광경)



(파이프매설 광경)



(테이타로고이용 온도측정)



(토양깊이 별 온도측정)



(토양소독기 버너부위)



(토양소독기 컨트롤)



(설치사진)



(작업사진)

6. 경북대 실험

지중난방관을 이용한 토양내 온도분포 측정

가. 서론

토양병해의 발생은 대부분 연작장해에 의한 토양열화, 지력저하가 요인이다. 토양병원균의 내열성은 그다지 높지 않으며, 특히 습도가 높은 조건에서 가열에 약해 약 55~60℃ 이상으로 가열하면 비교적 단시간에 사멸한다.

토양소독법에는 물을 뿌려 가열하는 소토법, 훈증제를 이용한 화학소독법, 호스를 통해 증기를 공급 침투시키는 증기소독법, 70~95℃ 정도의 고온수를 관수 튜브를 통하여 지표아래 20cm 부근의 지온이 55~60℃에 상승할 때까지 주입하는 열수주입법, 토양에 유기물을 혼합한 후 충분히 담수하여 비닐피복에 의해 온도를 유지함으로써 병원균의 대다수를 사멸시키는 토양의 환원화에 의한 소독법, 잘 밀폐한 온실내의 토양을 벗짚이나 옥수수짚 등 유기물을 작게 썰어 석회와 혼합하여 로타리해서 이랑을 만든 다음 관수 후 비닐을 30~50일간 덮어두어 지표면 온도가 60~70℃까지 올라가게 하여 병발생을 억제하는 태양열소독법 등이 있다.

최근에는 태양열 소독과 결합하여 지중난방관에 의한 가온을 실시하면 시설비를 줄일 수 있기 때문에 그 겸용시스템이 도입되고 있다. 이 시스템은 온실 내 지중에 난방관을 지하 약 50~60cm 깊이에 매설하여 여름철에는 80~90℃, 겨울철에는 40~50℃ 정도의 온수를 순환시켜 겨울철에는 근권부 가온을 목적으로 이용하고 여름철에는 태양열과 병행하여 토양소독이 가능한 것으로 알려져 있다.

따라서 본 실험에서는 여름철 태양열과 병행하여 지중난방관으로 고온수를 순환시켰을 때 지중의 온도변화와 분포를 측정 분석하여 토양소독의 가능성을 살펴보고자 하였다.

나. 재료 및 방법

지중난방관을 이용한 온실 내 토양온도변화 특성을 알아보기 위하여 부산 시설원예시험장의 온실에 그림 1과 같이 시험 장치를 설치하였다. 시험기간은 2005. 9. 3 ~ 9. 12 사이에 실시하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이 약 100평의 온실 내에 두둑성형기를 이용하여 폭 450mm, 높이 450mm, 길이 50m의 두둑을 성형하고, 여름철 태양열 효과를 크게 하기 위하여 토양표면에는 폴리에틸렌 필름을 피복하였으며, 지중난방관의 배관방식은 Direct return 방식으로 설계하고 고온수를 공급할 수 있도록 난방기(신안그린테크)를 설치하였다.



그림 20. 시험장치 설치도

지중난방관은 그림 21와 표 26과 같이 재질이 다른 15A용 XL-관과 스테인레스-주름관(환상형) 2종류를 이용하였으며, 매설형태는 두둑 중앙에 400mm 간격으로 지표 100mm 아래에 2열 배관으로 배치하였다.

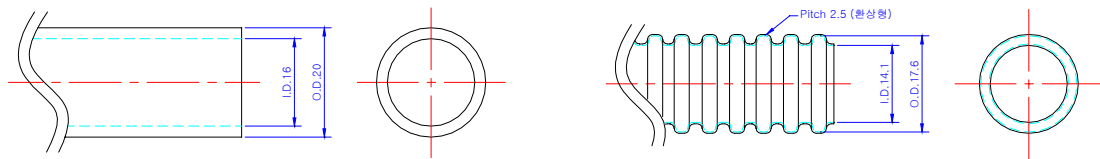


그림 21 지중난방관 형상 (좌: XL-관, 우: 스테인레스-주름관)

표 26. 지중난방관 비교

	치수(mm)			재질	열전도도 (Kcal/m,hr,℃)	비고
	바깥지름	안지름	두께			
XL-관	20.0	16.0	2.0	P.E.	0.325	
스테인레스-주름관	18.1	14.1	0.25	STS	14.01	

토양의 온도변화 측정은 Thermocouple(K Type)와 그림 3의 온도기록계(Yokogawa, DR230)를 이용하여 그림 4에서 보는 바와 같이 온실내 대기온 1점과 작물재배위치의 중앙지점에서 멀칭면 아래부터 지중 750mm 까지 ①XL-관, ②스테인레스-주름관, ③무처리의 두둑별로 2열 배관 중 한 쪽 배관에만 각각 12점씩 측정하였으며 반대쪽은 대칭으로 간주하였다. 그림 5는 온도센서의 설치도를 나타내고 있으며 온실입구에서 15m 지점의 두둑에 설치하였다.



그림 22. 온도변화 측정장치

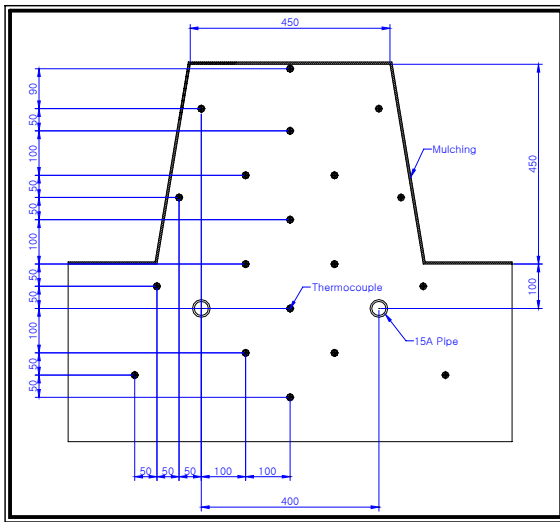


그림 23. 두둑단면도 및 온도계측점



그림 24. 온도센서 설치도

지중난방관의 방열특성을 측정하기 위하여 그림 6과 같이 XL-관과 스테인레스-주름관의 입구 및 출구에 온도센서를 각 1점씩을 설치하고 각각의 유량을 측정하였다. 또한, 난방기 경유사용량을 측정하기 위하여 적산식 유량계를 사용하였다.



그림 25. 관 입·출구온도 측정

다. 결과 및 고찰

1) 토양내 온도변화 특성

주간과 야간에 따라 24.8~61.3℃의 온도변화를 나타내고 있는 온실내 기온과 무처리구에는 고온수를 순환시키지 않고 XL-관과 스테인레스-주름관에 고온수를 순환시켜 각 두둑별 토양내 온도변화 특성을 살펴보았다. 그림 25는 ①무처리, ②XL-관, ③스테인레스-주름관의 두둑별로 토양내 온도변화를 나타낸 것이다.

그림 25의 무처리구의 토양내 온도변화를 나타낸 것으로서, 두둑아래 지중 10mm 위치에서는 28.4~46.6℃로서 18.2℃의 온도편차를 보였으며, 지중 150mm 위치에는 30.3~39.4℃로 온도편차가 9.1℃, 지중 350mm 위치에서는 31.2~34.6℃로 온도편차가 3.4℃, 지중 550mm 위치에서는 30.9~33.8℃로 온도편차가 2.9℃, 지중 750mm 위치에서는 30.2~32.7℃로 온도편차가 2.5℃로 나타났다. 따라서 두둑 중앙의 지중 150mm까지는 온도 강하가 급격히 이루어져 온실내 기온의 영향을 많이 받았으나, 지중 350mm이상에서는 온도 강하가 느려 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 또한, 온실내 온도가 최고온도 및 최저온도가 나타나는 시점에서 지표면에서 지중으로 들어갈수록 지온의 최저치와 최고치에 도달하는 시각이 점차 지연됨을 알 수 있는데, 이것은 지중 깊이가 들어갈수록 토양의 축열 및 방열과정에서 열전달이 지체되는 것으로 판단된다. 표 27에 무처리구의 온도변화특성을 정리하였다.

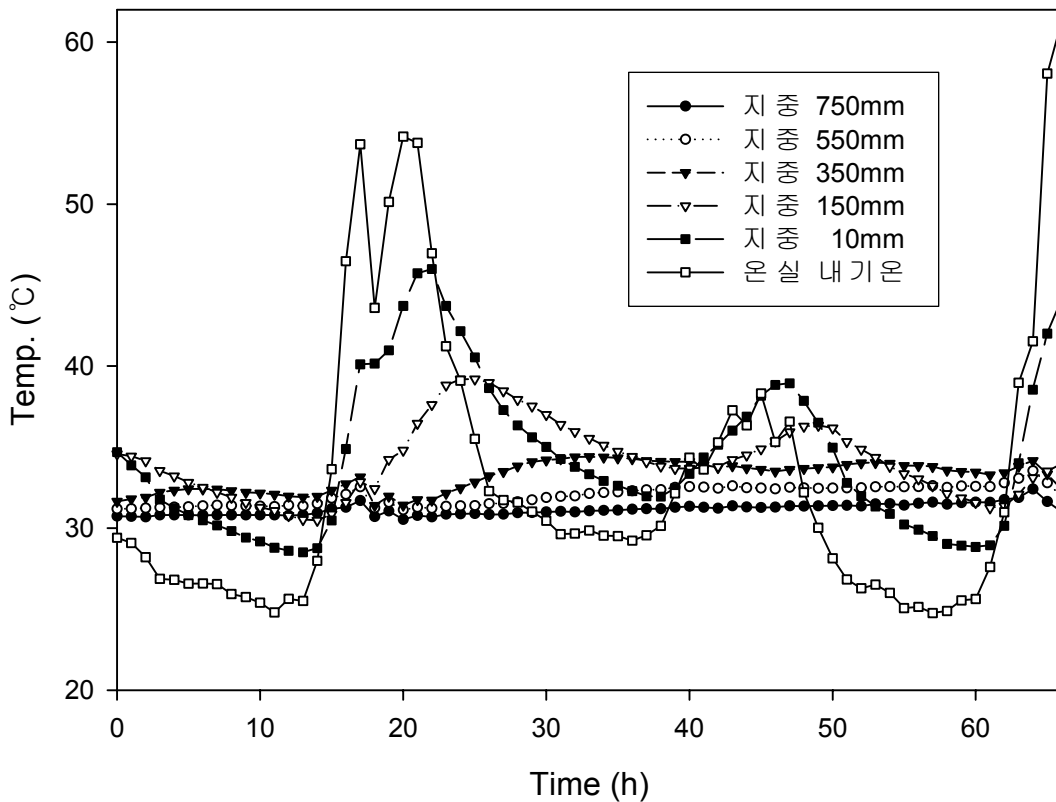


그림 26. 온실내 기온에 따른 지중온도 변화

표 27. 온실내 기온에 따른 무처리구의 토양내 온도변화 특성

	온실내기온(℃)	10mm(℃)	150mm(℃)	350mm(℃)	550mm(℃)	750mm(℃)
최고온도(A)	61.3	46.6	39.4	34.6	33.8	32.7
최저온도(B)	24.8	28.4	30.3	31.2	30.9	30.2
온도차(A-B)	36.5	18.2	9.1	3.4	2.9	2.5

그림 27은 XL-관 주위의 토양내 온도변화를 나타낸 것으로서, XL-관 내부의 물의 온도는 78.1~83.3℃로서 평균 81.7℃를 나타내었다. XL-관 주위 140mm 지점에서의 토양온도는 초기에 35.1℃를 나타내었으며, 10시간 후 44.0℃, 20시간 후 46.9℃, 30시간 후 50.3℃, 40시간 후 52.1℃, 50시간 후 52.6℃, 60시간 후 53.3℃를 나타내었으며 온도는 시간당 평균 0.32℃ 상승하였다. 200mm 지점에서의 토양온도는 초기에 35.9℃를 나타내었으며, 10시간 후 41.9℃, 20시간 후 45.0℃, 30시간 후 48.2℃, 40시간 후 50.2℃, 50시간 후 51.3℃, 60시간 후 52.3℃를 나타내었으며 온도는 시간당 평균 0.29℃ 상승하였다. 280mm 지점에서의 토양온도는 초기에 35.9℃를 나타내었으며, 10시간 후 37.5℃, 20시간 후 38.5℃, 30시간 후 41.6℃, 40시간 후 43.0℃, 50시간 후 44.4℃, 60시간 후 45.4℃를 나타내었으며 온도는 시간당 평균 0.24℃ 상승하였다.

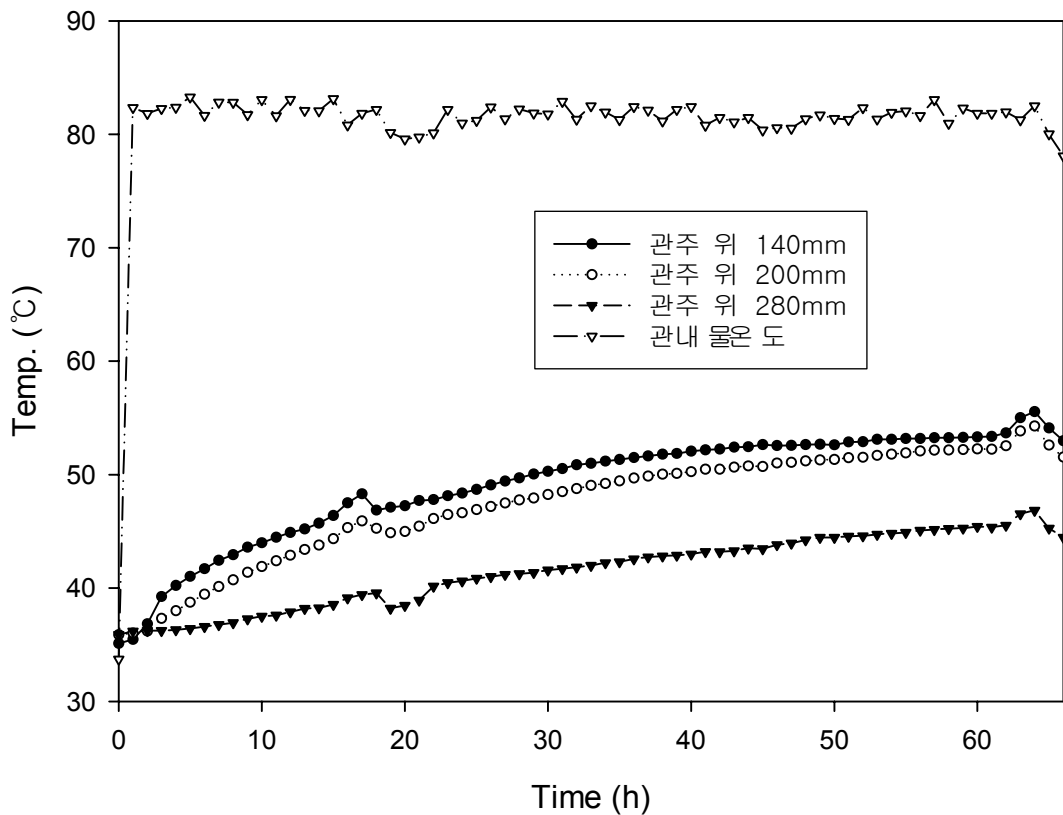


그림 27 XL-관 물온도에 따른 관주위 토양온도 변화

그림 28는 스테인레스-주름관 주위의 토양내 온도변화를 나타낸 것으로서, 스테인레스-주름관 내부의 물의 온도는 76.3~81.0℃로서 평균 79.4℃를 나타내었다. 스테인레스-주름관 주위 140mm 지점에서의 토양온도는 초기에 34.4℃를 나타내었으며, 10시간 후 41.4℃, 20시간 후 43.6℃, 30시간 후 46.8℃, 40시간 후 48.3℃, 50시간 후 48.9℃, 60시간 후 49.4℃를 나타내었으며 온도는 시간당 평균 0.26℃ 상승하였다. 200mm 지점에서의 토양온도는 초기에 34.3℃를 나타내었으며, 10시간 후 39.3℃, 20시간 후 42.3℃, 30시간 후 45.1℃, 40시간 후 47.2℃, 50시간 후 48.0℃, 60시간 후 48.9℃를 나타내었으며 온도는 시간당 평균 0.24℃ 상승하였다. 280mm 지점에서의 토양온도는 초기에 33.6℃를 나타내었으며, 10시간 후 35.4℃, 20시간 후 37.5℃, 30시간 후 39.9℃, 40시간 후 41.6℃, 50시간 후 42.7℃, 60시간 후 43.6℃를 나타내었으며 온도는 시간당 평균 0.18℃ 상승하였다.

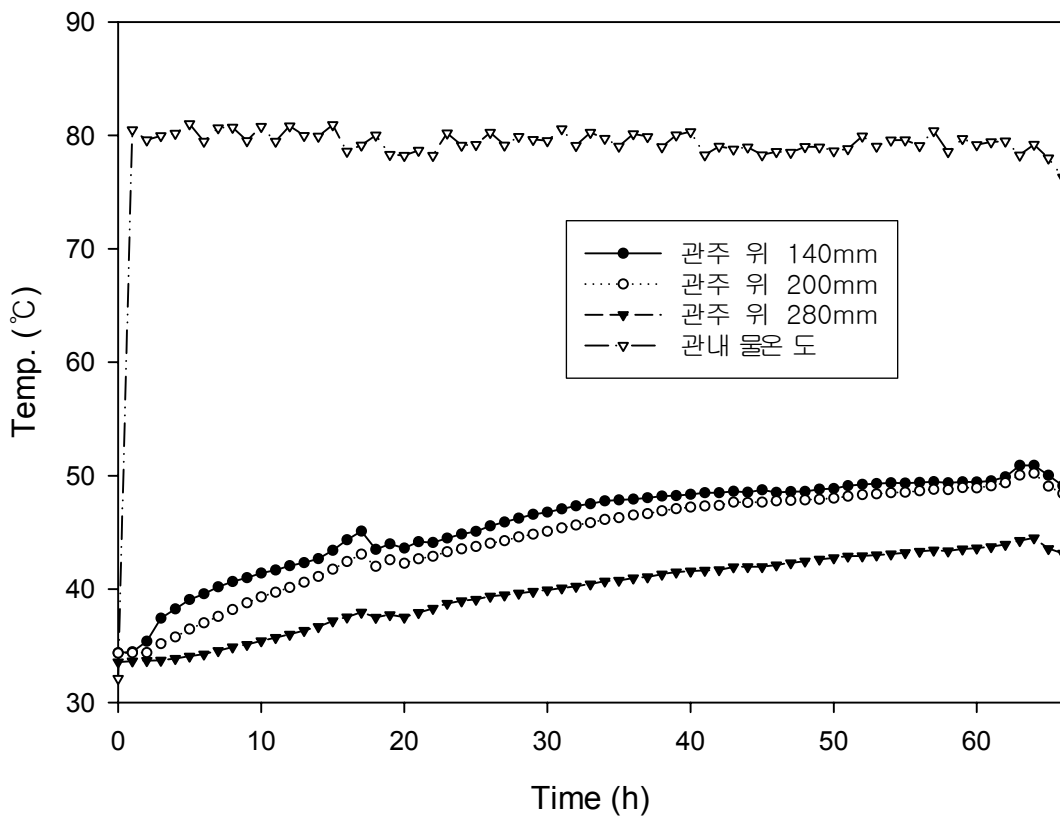


그림 28 STS-관 물온도에 따른 관주위 토양온도 변화

따라서, XL-관과 스테인레스-주름관의 경우 온도의 변화는 열전달시간에 따라 지중깊이 들어 갈수록 지연되어 나타났으며, 관 주위 토양온도 변화는 XL-관이 스테인레스-주름관 보다 지중온도가 더 빨리 상승됨을 볼 수 있었으며, 그 온도변화 특성을 표 28에 정리하였다.

표 28 관주위의 토양내 온도변화 특성

관	거리(mm)	시간별 관 주위 온도(°C)							평균온도 상승율(°C/h)
		0h	10h	20h	30h	40h	50h	60h	
XL	140	35.1	44.0	46.9	50.3	52.1	52.6	53.3	0.32
	200	35.9	41.9	45.0	48.2	50.2	51.3	52.3	0.29
	280	35.9	37.5	38.5	41.6	43.0	44.4	45.4	0.24
STS	140	34.4	41.4	43.6	46.8	48.3	48.9	49.4	0.26
	200	34.3	39.3	42.3	45.1	47.2	48.0	48.9	0.24
	280	33.6	35.4	37.5	39.9	41.6	42.7	43.6	0.18

2) 토양내 온도분포 특성

두둑별 토양내 온도분포 특성을 찾아내기 위하여 수치해석 프로그램을 이용하여 등온선을 나타내었다. 그림 29~32에서는 무처리, 그림 33~36은 XL-관, 그림 37~40은 스테인레스-주름관의 경우를 1, 20, 40, 60 시간 후의 지중온도분포를 나타내었다.

앞서 나타난 온도변화 특성에서 무처리구는 주야간에 따라 두둑 경계면의 온도가 24.8~61.3°C의 온도변화를 나타내고 있으며, 지중의 등온선의 분포도 주야간의 온실내 기온의 영향을 많이 받고 있는 것으로 나타났다. 그림 29와 30은 두둑 경계면의 온도상승에 따라서 지중온도가 상승 분포를 나타내고 있으며, 그림 31와 32은 두둑 경계면의 온도하강에 따라서 지중온도가 하강 분포를 나타내고 있다. 두둑 경계면과 인접한 위치에서는 온실내 기온의 영향을 많이 받고 있지만, 두둑 경계면으로부터 떨어져 있는 지중관 주위는 거의 31~32°C의 온도로 균일한 분포를 보이고 있는 것으로 나타났다.

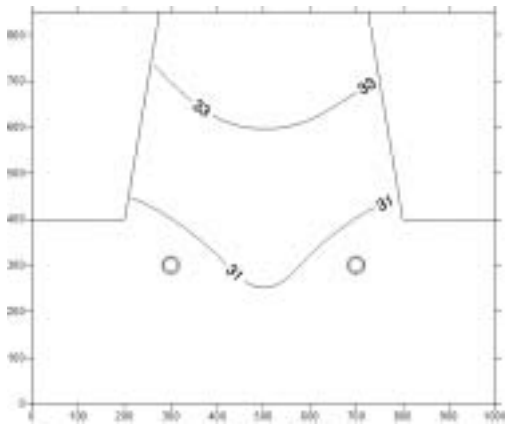


그림 29 토양내 온도분포 (무처리, 1시간 후)

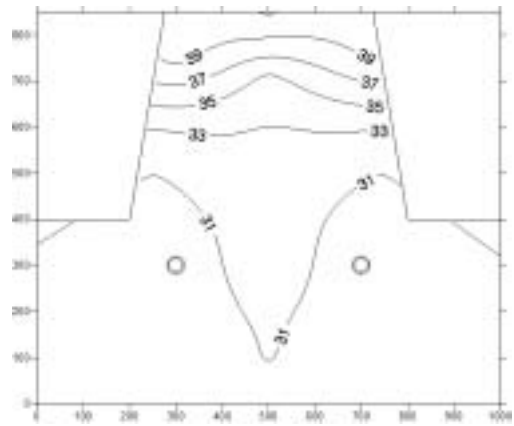


그림 30 토양내 온도분포 (무처리, 20시간 후)

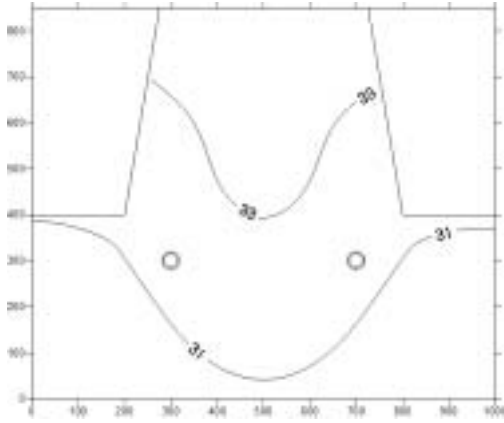


그림 31 토양내 온도분포
(무처리, 40시간 후)

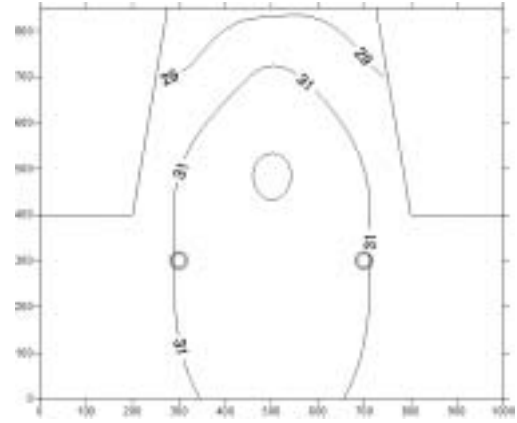


그림 32 토양내 온도분포
(무처리, 60시간 후)

XL-관의 경우 등온선의 흐름을 살펴보면, 1시간 후 관 주위의 55℃에 이르는 열전과거리는 약 80mm, 60℃는 약 53mm로 나타났으며, 20시간 후에는 55℃는 약 122mm, 60℃는 약 91mm, 40시간 후에는 55℃는 약 166mm, 60℃는 약 119mm, 60시간 후에는 55℃는 약 185mm, 60℃는 약 131mm로 나타났다. XL-관의 경우에서 한쪽 배관과 다른쪽 배관 주위의 온도는 거의 균일한 분포를 보이고 있다.

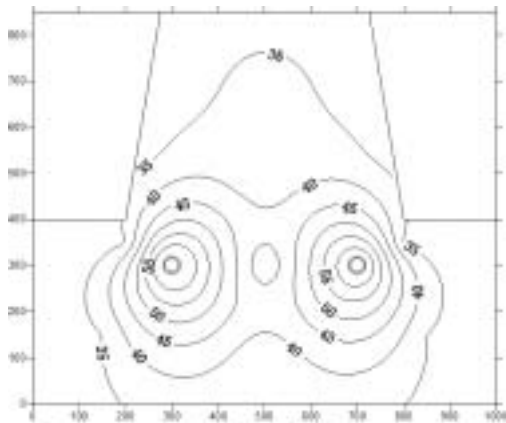


그림 33 토양내 온도분포
(XL-관, 1시간 후)

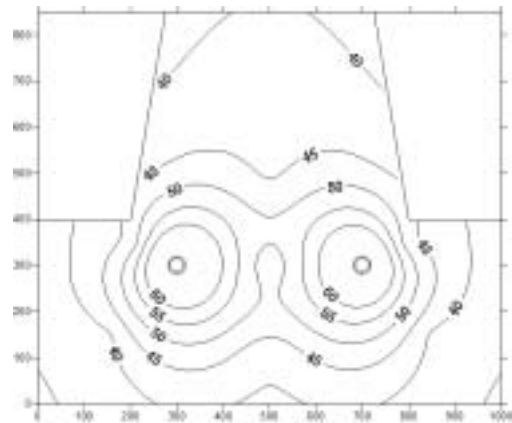


그림 34 토양내 온도분포
(XL-관, 20시간 후)

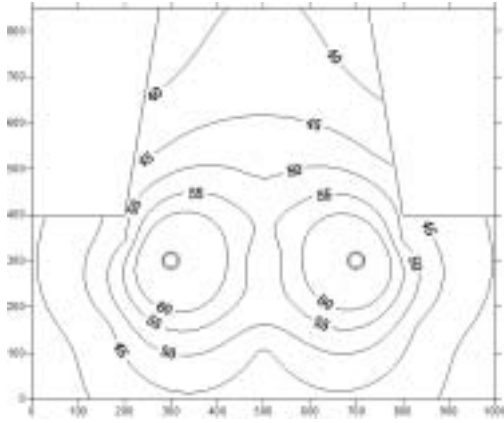


그림 35 토양내 온도분포
(XL-관, 40시간 후)

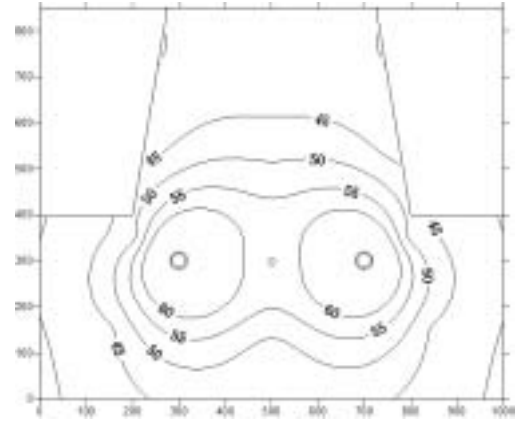


그림 36 토양내 온도분포
(XL-관, 60시간 후)

스테인레스-주름관의 경우 등온선의 흐름을 살펴보면, 1시간 후 관 주위의 55°C에 이르는 열전과거리는 약 67mm, 60°C는 약 36mm로 나타났으며, 20시간 후에는 55°C는 약 100mm, 60°C는 약 81mm, 40시간 후에는 55°C는 약 136mm, 60°C는 약 102mm, 60시간 후에는 55°C는 약 147mm, 60°C는 약 110mm로 나타났다. 그러나, 스테인레스-주름관의 경우 XL-관 보다 한쪽 배관과 다른 쪽 배관 주위의 온도가 불균일한 분포를 보이고 있는데 이것은 스테인레스-주름관의 열전도계수와 표면적이 커서 열전달율이 크기 때문에 2열배관의 입출구의 물의 온도차가 큰 것에 기인한 것으로 판단된다.

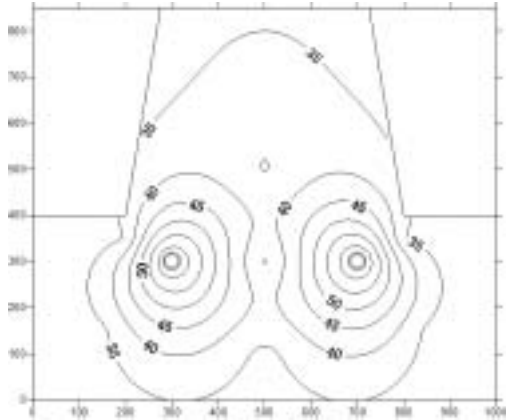


그림 37 토양내 온도분포
(스테인레스-주름관, 1시간 후)

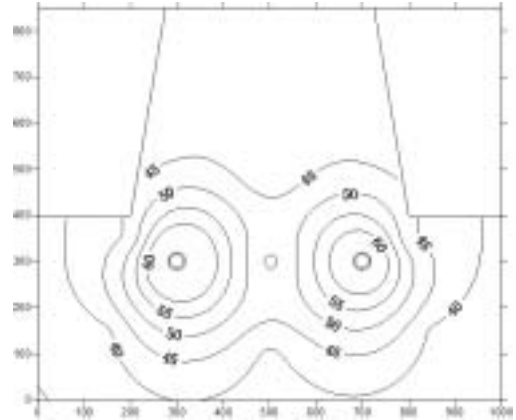


그림 38 토양내 온도분포
(스테인레스-주름관, 20시간 후)

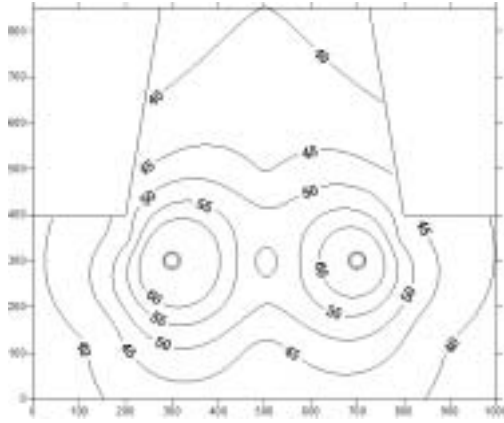


그림 39 토양내 온도분포
(스테인레스-주름관, 40시간 후)

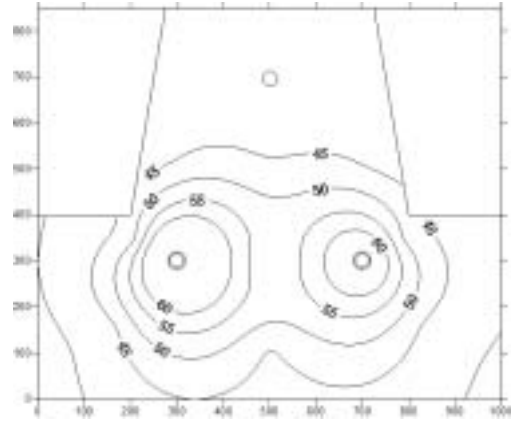


그림 40 토양내 온도분포
(스테인레스-주름관, 60시간 후)

따라서, XL-관과 스테인레스-주름관의 경우 온도분포의 특성은 열전달시간에 따라 열전과거리는 지연되어 나타났으며, 관 주위 열전과거리는 XL-관이 스테인레스-주름관 보다 지중온도가 더 빨리 확대되었고, 지중온도분포는 XL-관이 스테인레스-주름관 보다 더 균일한 분포를 나타냄을 볼 수 있었으며, 그 온도변화 특성을 표 29에 정리하였다.

표 29 관 종류별 열전과거리

관종류	지중온도	열전과거리(mm)			
		1h	20h	40h	60h
XL-관	55℃	80	122	166	185
	60℃	53	91	119	131
스테인레스-주름관	55℃	67	100	136	147
	60℃	36	81	102	110

3) 지중난방관의 방열특성

XL-관의 경우 지중난방관의 입구온도는 79.4~84.6℃로 평균 82.9℃, 출구온도는 72.2~77.0℃로 평균 74.4℃, 관 입·출구의 평균온도차는 8.5℃를 나타내었으며, XL-관의 유량은 15.3ℓ/min으로 나타났다. 측정된 값에 따른 XL-관내 입·출구 온도변화에 따른 토양 내 방열특성을 그림 41에 나타내었으며, 식(1)을 이용하여 총 66시간 동안 방열량(Q)를 계산한 결과 총방열량은 608.9kwh, 시간 당 평균방열량은 9.1kw로 나타났다.

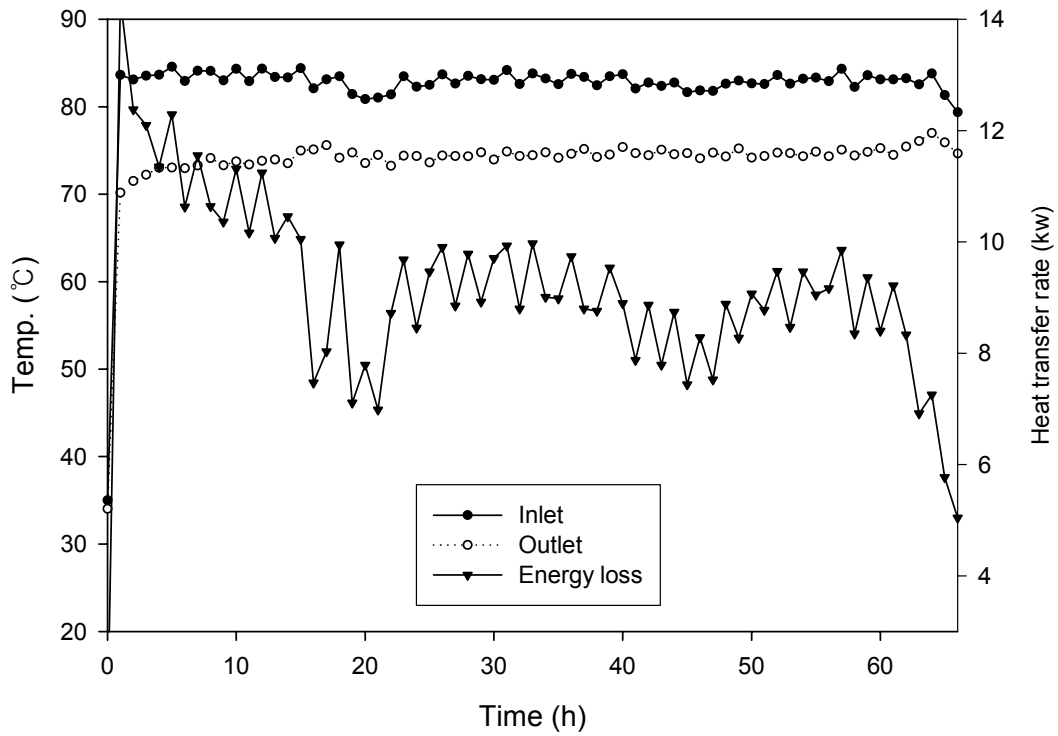


그림 41 관내 입·출구 온도변화 및 방열특성 (XL-관)

$$Q = \int \dot{m} c_p (T_{in} - T_{out}) \quad \text{----- (1)}$$

- 여기서, \dot{m} : 물 유량(kg/h)
- c_p : 물 비열(kJ/kg°C)
- T_{out} : 관출구 물온도(°C)
- T_{in} : 관입구 물온도(°C)

스테인레스-주름관의 경우 지중난방관의 입구온도는 78.3~83.0°C로 평균 81.4°C, 출구온도는 65.9~69.0°C로 평균 68.1°C, 관 입·출구의 평균온도차는 13.3°C를 나타내었으며, 스테인레스-주름관의 유량은 5.6 l/min으로 나타났다. 측정된 값에 따른 스테인레스-주름관내 입·출구 온도변화에 따른 토양 내 방열특성을 그림 42에 나타내었다. 식(1)을 이용하여 총 66시간 동안 방열량(Q)를 계산한 결과 총방열량은 345.9kwh, 시간 당 평균방열량은 4.1kw로 나타났다.

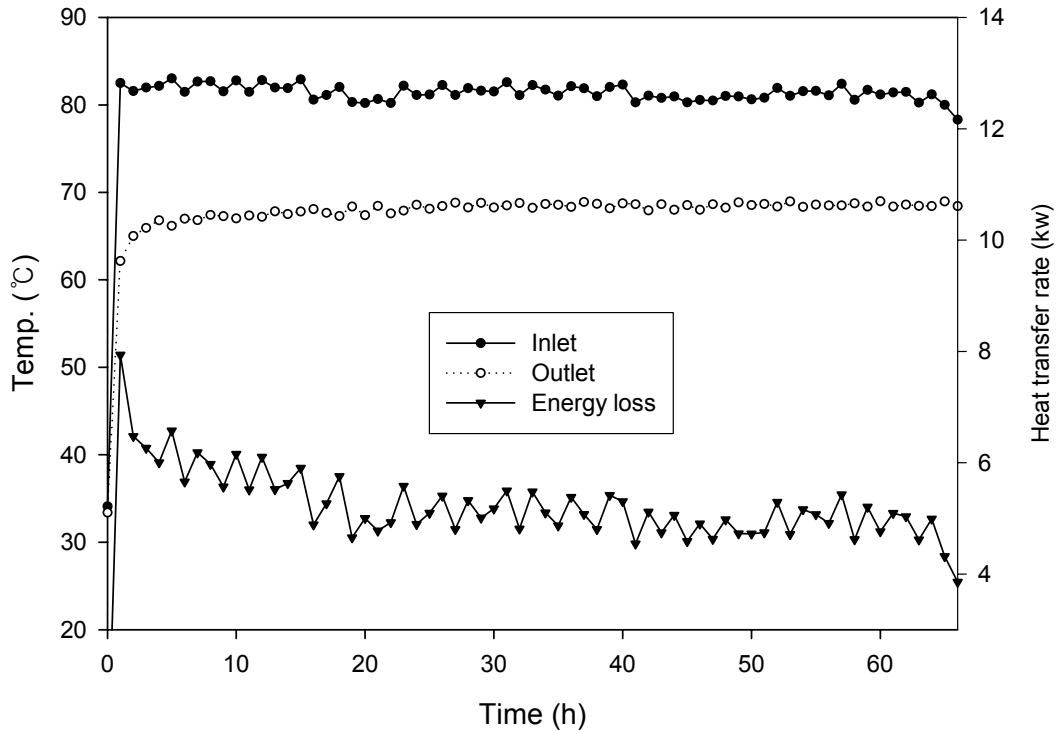


그림 42 관내 입·출구 온도변화 및 방열특성 (스테인레스-주름관)

따라서, 지중관에 의한 토양내 방열특성도 시간이 지남에 따라 표 6에 관 형태에 따른 토양내 방열특성을 정리하였다. 스테인레스-주름관이 XL-관보다 1.6배의 입출구 평균온도차를 나타내고 있으나, 평균유량은 XL-관이 스테인레스-주름관보다 2.7배의 유량을 나타내어 평균방열량이 1.75 배 정도로 XL-관이 더 큰 것으로 나타났다. 따라서, 스테인레스-주름관의 경우 재질과 주름관 형태의 특성상 열전도도는 매우 커지만 관내 주름의 영향으로 마찰이 많이 발생하여 물의 유동이 원활하지 못하기 때문에 XL-관 보다 방열성능이 저하되는 것으로 판단된다.

표 30 관 형태에 따른 토양내 방열특성

관 형태	입출구 평균온도차 (°C)	평균유량 (ℓ/min)	평균방열량 (kw)
XL-관	8.5	15.3	9.1
스테인레스-주름관	13.3	5.6	5.2

4) 토양내 온도상승 패턴

앞서 측정·분석된 온도변화 및 분포는 온실 입구에서 15m 지점의 두둑의 지중온도분포를 나타낸 것인데, 초기의 토양온도는 3가지 실험구의 두둑 단면별로 지중깊이별로 다르며, 또한 고온수의 유출입 온도는 50m의 두둑 길이별로 온도편차가 발생하여 온실입구의 앞단(0m)과 뒷단(50m)의 경우 그 편차가 제일 클 것으로 판단된다. 따라서, 지중관으로 유입되는 고온수의 온도(T_{∞})와 초기 토양온도(T_0)에 따른 시간(θ)에 따라 변화되는 토양온도(T)의 변화를 분석하는 것이 필요한데, 지중관 내의 고온수의 온도(T_{∞})를 일정하게 유지하였을 경우 위치에 따른 토양온도(T)의

변화는 그림 43에서와 같이 고온수의 온도(T_{∞})에 수렴된다.

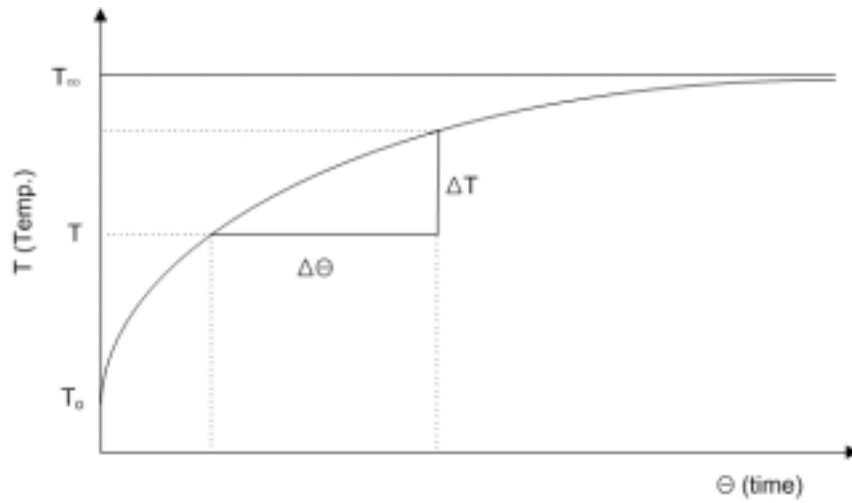


그림 43 고온수 유입에 따른 지중온도변화 추정곡선

$$\frac{\Delta T}{\Delta \theta} \approx T_{\infty} - T \text{ ----- (2)}$$

$$\ln \frac{T_{\infty} - T}{T_{\infty} - T_0} = a\theta + \ln b \text{ ----- (3)}$$

그림 43로부터 식 (2)의 근사해로 표현할 수 있으며 근사해로부터 미분방정식을 도출하고 그 미분방정식으로부터 아래의 식 (3)이 계산되어진다. 아래의 식 (3)은 반대수(semi-log) 눈금에서 직선의 방정식으로 나타낼 수 있다. 그림 44와 45에 위치별 온도상수 회귀곡선을 나타내었으며, 표 6에 관종류별 관주위거리에 따른 위치별 온도상수 a와 b 값을 나타내었다.

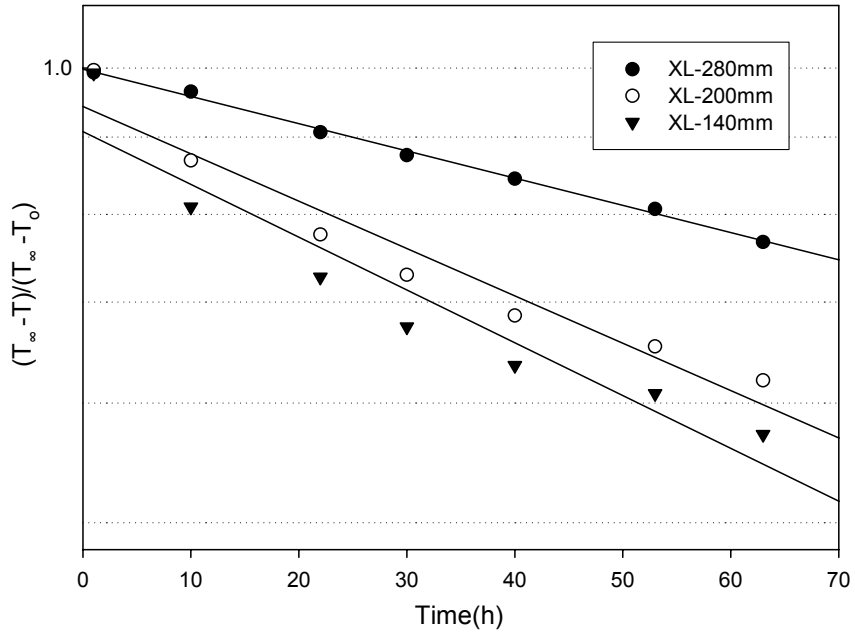


그림 44 XL-관의 위치별 온도상수 회귀곡선

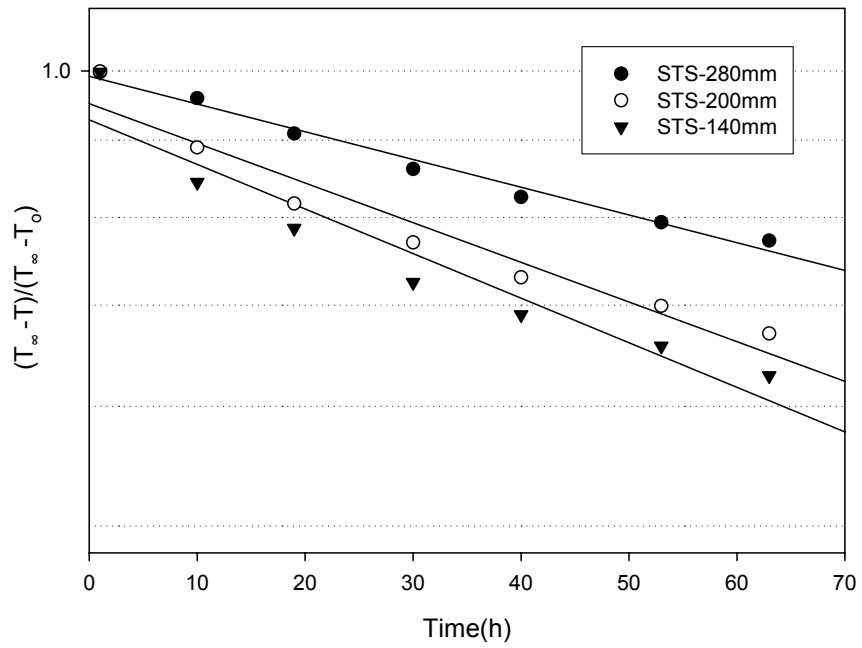


그림 45 STS-관의 위치별 온도상수 회귀곡선

표 31 관종류별 관주위거리에 따른 위치별 온도상수 a, b

관종류	관주위거리 (mm)	위치별온도상수 (a)	위치별온도상수 (b)	상관계수 (R ²)
XL-관	140	-0.0060	0.9039	0.9078
	200	-0.0056	0.9375	0.9430
	280	-0.0036	0.9936	0.9967
STS-관	140	-0.0053	0.9247	0.9182
	200	-0.0049	0.9476	0.9415
	280	-0.0037	0.9884	0.9835

$$T = T_{\infty} + (T_0 - T_{\infty}) be^{at} \quad (4)$$

- 여기서, T : t 시간 때의 토양온도(°C)
 T_∞ : 지중관 유입 물온도(°C)
 T₀ : 초기 토양온도(°C)
 a, b : 위치별 온도상수
 t : 가동시간(h)

표 31의 위치별 온도상수 a와 b값과 식 (4)로부터 관주위 거리에 따른 지중 온도변화(T)를 예측할 수 있다. 따라서 그림 27에 토양의 초기온도가 35°C일 경우의 50m 지점의 XL-관과 스테인레스-주름관의 주위거리에 따른 지중 온도변화 특성을 예측하였다.

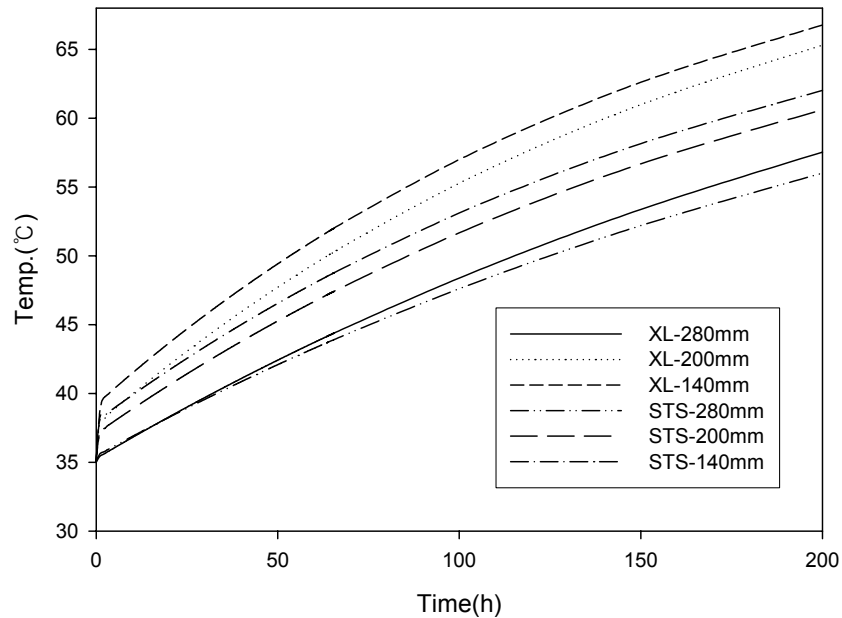


그림 46 두둑 50m 지점의 지중 온도변화 특성

또한, 앞서 시간에 따른 지중 온도변화를 이용하여 예상되는 지중온도(T)가 55°C와 60°C에 도달되는 데 걸리는 열전과시간(t)과 열전과거리(s)에 따른 비례상수(k)를 산출하여 그림 47과 표 32

에 나타내었다. 이 때, 초기의 토양 평균온도(T_0)는 35.0℃, 배관별 유출입 고온수 평균온도 (T_∞)는 80℃를 이용하였다.

표 32. 관종류별 열전파거리와 열전파시간의 회귀식

관종류	관주위거리 (mm)	비례상수 (k)	상관계수 (R^2)
XL-관	55	0.5454	0.9741
	60	0.7666	0.9763
STS-관	55	0.5714	0.9788
	60	0.8025	0.9728

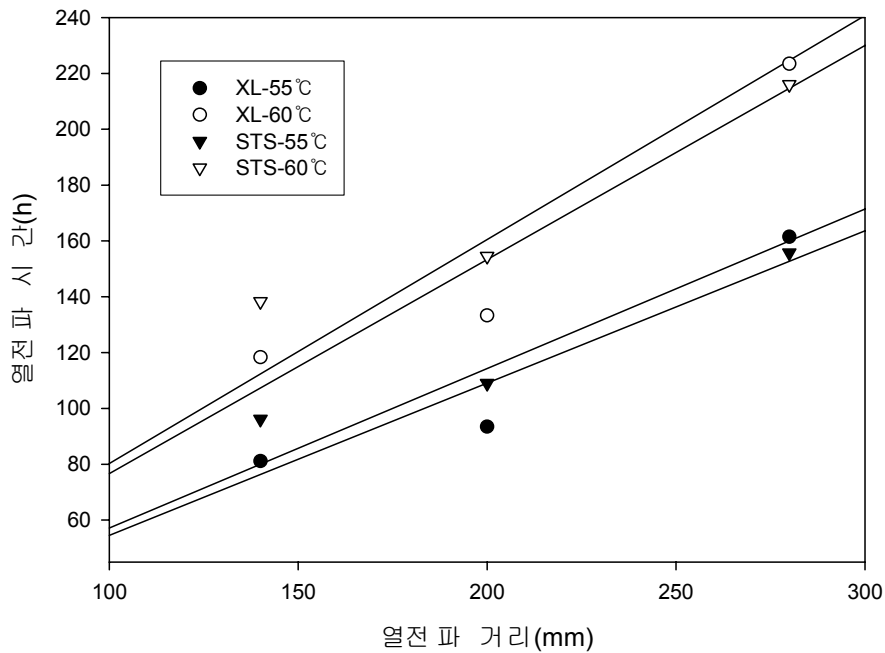


그림 47. 관종류별 열전파거리와 열전파시간의 회귀곡선

따라서, 표 33에 열전파거리에 따른 55℃와 60℃에 도달되는 시간을 나타내었는데, XL-관의 경우 열전파거리가 200mm일 때 약 109.1h, 153.3h로 나타났으며, 300mm일 경우는 163.6h, 230.0h로 나타났다. 스테인레스-주름관의 경우는 200mm일 경우 114.3h, 160.5h, 300mm일 경우 171.4h, 240.8h로 나타났다.

표 33. 열전과거리에 따른 온도도달시간

관종류	열전과거리(mm)	가동시간(h)	
		55℃	60℃
XL-관	100	54.5	76.7
	150	81.8	115.0
	200	109.1	153.3
	250	136.4	191.7
	300	163.6	230.0
스테인레스-주름관	100	57.1	80.3
	150	85.7	120.4
	200	114.3	160.5
	250	142.9	200.6
	300	171.4	240.8

5) 토양소독에 필요한 열량 산출

실험에 사용되어진 난방기의 경유사용량은 총 66시간 동안 281ℓ로 측정되었으며 100평의 온실에 사용된 시간당 경유사용량은 4.26ℓ/h로 나타났다. 경유발열량 8,700Kcal/ℓ를 기준으로 할 때, 난방기의 총발열량은 2843.2kwh, 토양내 총방열량은 총 2172.6kwh로서 난방기의 효율은 76.4%로 나타났다.

한편, 지중가온을 목적으로 농업공학연구소에서는 표 34와 같이 농가보급형 자동화온실 (1-2W형) 300평을 기준으로 지중관의 매설깊이가 300mm, 매설간격이 600mm로 비닐하우스용 온수보일러 지중배관 기준설정을 하였다.

표 34. 지중가온 기준설정

파이프 종류	파이프직경 (mm)	매설깊이 (mm)	매설간격 (mm)	온수보일러 용량(kcal/hr)	지중배관유입 온수온도(℃)
PE	내경 : 15 외경 : 19	300	600	34,000	45

* 자료 : 농업공학연구소(1996)

따라서, 표 34로부터 XL-관의 매설간격이 600mm이므로 열전과거리(s)가 300mm일 경우의 온수보일러 가동시간을 표 34로부터 찾을 수 있으며, 이때 100평의 온실에 지중온도가 55℃와 60℃에 도달되는데 필요한 열량은 약 5,382kw와 7,567kw가 되는 것으로 나타났다. XL-관의 경우 지

중온도가 60℃에 도달되는 열전과거리가 300mm일 때 평당 75.67kw의 열량이 필요한 것으로 나타났으며, 소요열량을 줄이기 위해서는 지중관을 둘러싸고 있는 토양의 열적 성질이 수분의 영향을 가장 크게 받으므로 토양소독 전에 토양의 수분을 높이기 위한 대책이 필요할 것으로 판단된다.

라. 요약 및 결론

본 실험에서는 여름철 태양열과 병행하여 지중난방관을 통한 가온을 실시하여 토양소독의 가능성을 파악할 목적으로 ①무처리, ②XL-관, ③스테인레스-주름관의 두둑별로 토양내 온도변화특성, 온도분포특성, 지중난방관의 방열특성을 분석하고, 토양내 온도상승 패턴, 토양소독에 필요한 열량을 산출하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 온도변화특성을 살펴보면, ①무처리구의 경우 지중깊이 들어갈수록 온도강하가 느리게 나타나 지중 350mm이상에서는 거의 영향을 받지 않았으며, 지온의 최고 및 최저치에 도달되는 시각이 점차 지연되는 것으로 나타났다. ②XL-관과 ③스테인레스-주름관의 경우 초기지중온도가 33.6~35.9℃에서 60시간 후 200mm 지점의 온도는 52.3, 48.9℃로 나타났다. 또한, 열전달시간과 열전과거리에 따라 지온상승이 지연되어 나타났으며, XL-관이 지중온도가 더 빨리 상승되는 것으로 나타났다.

2) 온도분포특성을 살펴보면, ①무처리의 경우 지중내 등온선의 흐름은 주야간의 온실내 기온에 따라 토양온도가 상승 및 하강 분포를 보였으며, ②XL-관 및 ③스테인레스-주름관의 경우 60시간 후 55℃의 등온선은 약 185mm 및 147mm, 60℃는 약 131mm 및 110mm 나타나 열전과거리가 XL-관이 더 빨리 확대되었으며, 2열배관의 지중온도분포도 XL-관이 더 균일한 분포를 나타내었다.

3) XL-관과 스테인레스-주름관의 방열특성을 살펴보면, 관 입·출구의 평균온도차는 8.5℃, 13.3℃, 유량은 15.3 l/min, 5.6 l/min, 시간당 평균방열량은 9.1kw, 4.1kw로 나타났으며, 재질과 형태의 특성상 열전도도는 스테인레스-주름관이 커지만 관내 주름의 영향으로 물의 유동이 원활하지 못하기 때문에 XL-관 보다 방열능력이 저하되어 XL-관의 사용이 더 효율적인 것으로 판단되었다.

4) 지중관의 고온수의 온도와 초기 토양온도에 따른 지중온도의 변화를 회기분석한 결과, 토양 평균온도(T_0)가 35.0℃, 배관별 유출입 고온수 평균온도(T_∞)가 80℃일 경우 XL-관의 열전과시간에 따른 60℃에 도달되는 열전과거리는 200mm일 때 153.3h, 300mm일 때 230.0h으로 나타났다.

5) 앞서 회기식으로부터 열전달 성능이 높은 XL-관의 경우 토양소독에 필요한 열량을 산출하여 보면, 지중온도가 60℃에 도달되는 열전과거리가 300mm일 때 평당 75.67kw의 열량이 필요한 것으로 나타났으며, 소요열량을 줄이기 위해서는 지중관을 둘러싸고 있는 토양의 열적 성질이 수분의 영향을 가장 크게 받으므로 토양소독 전에 토양의 수분을 높이기 위한 대책이 필요할 것으로 판단된다.

7. 하동군 농업기술센터 작물 테스트

농림개발과제 하동 농가 시범 사업 건

과제명 : 삼방변 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방 겸용
토양소독 시스템 개발(농가 시범사업)

가. 농가

- * 주소 : 경남 하동군 화개면 팡리 641번지
- * 성명 : 정 병주
- * 연락처 : 055)883-0899 H.P :
- * 참관인 : 경남 하동군 농업기술센터 여 극호 주사

나. 일정

- * 설치 협의 : 2005년 7월 26일 설치 협의 및 현장 검사(김 강이 연구원)
- * 설치 : 2005년 8월 8일 납품 및 현장 설치(김 강이 연구원)
- * 테스트 : 2005년 8월 12일 ~ 19일 8일간 토양소독 실시

다. 사업목적

현재 경남 하동지역의 토질 상황의 악화로 많은 병충해의 피해를 입고 있는 실정으로 04년 연작 피해가 극심한 농가를 하동군 농업 기술센터의 도움을 받아 현장에서 통양소독을 실시한 뒤 그 효과를 분석하고 농림기술 개발 과제의 연구에 귀중한 자료로 사용하며 농가의 피해를 최소화하기 위해서 가장 적절한 토양소독의 방법을 연구한다.

라. 설치 방법

경남 하동군 화개면에 위치한 정 병주씨 하우스에(800평) 삼방변 밸브를 설치하고 기존의 타업체의 지중난방기를 이용하여 토양소독을 실시한다.

기존의 타사 지중난방기에 삼방변 밸브 및 제어기를 설치하여 난방기의 온도를 60도 이상으로 설정하여 계속 토양소독을 실시하며 최소 60도 이상의 온도를 20분 이상 유지하기 위해서 일주일간 최고온도로 토양소독을 실시한다.

마. 삼방변 밸브 설치 사진



타사 제품의 컨트롤 사진



타사 제품 삼방변 밸브의 전자시스템이 연결된 장면



삼방변 전자밸브 시스템이 타사 제품에 연결된 모습



기타 설치 및 작물 사진들

바. 작황상태

표35. 토양소독 미처리 년도와 처리년도의 작황비교

구분	년도	작물	작황상태
미처리	'04년	가지	약간불량
처 리	'05년	가지	양호

표36. 토양소독 미처리 년도와 처리년도의 병해충 발생빈도 비교

구분	년도	작물	병해충 발생
미처리	'04년	가지	29%
처 리	'05년	가지	12%

표37. 토양소독 미처리년도와 처리년도의 주요 병해충 발생차이

구분	년도	작물	병해충 발생 현황(%)				
			계	청고병	시들음병	재빛곰팡이병	흰가루병
미처리	'04	가지	29	5	3	6	15
처 리	'05	가지	12	0	0	2	10

사. 결론

타사 제품인 지중난방기와 본 개발 제품인 삼방변 밸브를 결합하여 경남 하동군 화개면의 정 병 주씨 시설하우스에서 토양소독을 실시하였고 작물의 생육성장과 작황, 병충해 발생 정도를 체크 하였다. 작물의 작황이나 병해 발생빈도에서도 볼 수 있듯이 상당히 좋은 성과를 거둘 수 있었다. 이로서 삼방변 밸브 시스템은 지중난방기가 설치된 어느 지역의 농가라도 사용할 수 있을 뿐 만 아니라 그 성과와 효과가 탁월하다고 할 수 있으며 기 설치된 채 버려진 지중난방기의 재활용에 도 한 몫을 담당하는 개발품으로 거듭나게 되었다.

2절 결과물

(주)신안그린테크의 그린지중난방기의 개량형 제품과 삼방변 밸브의 도입으로 개발된 삼방변 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방 겸용 토양소독시스템은 (주)신안그린테크의 부설연구소인 신안그린연구소와 농촌진흥청의 원예연구소, 경북대학교의 농업연구소, 하동 농촌기술센터 등의 공동 연구 및 실험을 통해서 성공적인 연구 결과물을 내놓을 수 있게 되었다. 또한 각 종 실험 자료는 농업 발전을 위한 자료로서 그 가치를 더 할 것이다.

1. 개발 완성품 사진



2. (주)신안그린테크의 태양열을 이용한 지중난방겸용 토양소독법

①		②		③		④		⑤		⑥		⑦		⑧		⑨
경	→	유기	→	작은	→	지	→	일	→	하	→	지	→	하	→	경
운		물과		이		표		시		우		중		우		작
		석회		랑		면		담		스		난		스		
		사용		만		피		수		밀		방		개		
				들		복				폐				방		
				기		거								및		
														피		
														복		
														제		
														거		

본 토양소독법은 기존의 태양열 토양소독법(농촌진흥청 원예연구소 강 경희 박사)에 지중난방을 더한 소독법으로 가장 무난하고 농가에서 실시하기 쉬운 방법으로 저희 (주)신안그린테크가 추천하는 방법입니다.

가. 경운

수확이 끝난 작물이나 자재 등을 제거하고 토양 깊은 곳까지(20cm 이상), 하우스 구석구석까지 충분한 열 전달을 위하여 깊게 경운하여 공극율을 높이고, 하우스 측면에는 열이 상승하기 어렵기 때문에 가능하면 토양을 하우스 안쪽으로 몰리게 한다.

나. 유기물과 석회시용

하우스 100평당 탄소원 유기자재(왕겨, 톱밥, 볏짚, 풀 등) 1,500kg과 계분, 돈분, 우분 등 질소원 자재 700kg을 하우스 토양에 고루 뿌린 후 미생물제제를 짚겨 100kg과 혼합 후 잘 섞어서 균강을 만들어 고루 뿌리며, 이 때 생석회도 2포정도 토양 전면적에 고루 뿌린 후 로터리 작업을 하여 고루 섞이도록 한다.

다. 작은 이랑 만들기

뒤에 작업될 일시 담수시의 수로를 만들고 지표면적을 넓혀 열전도율을 높일 목적으로 작은 이랑(폭60~70cm)을 만들지만 이랑작성기가 부착된 기계의 경우 동시작업도 가능하고, 없는 경우에는 다목적 관리기를 이용한다.

라. 지표면 피복

작은 이랑을 만든 뒤 표면을 흰 비닐 등으로 피복 한다. 이때 보온성을 높이기 위하여 비닐의 파손된 부분은 보수해서 사용하고, 하우스 구석구석 틈이 없도록 밀봉한다.

마. 일시 담수

고랑사이에 물을 대고 일시 담수상태로 한다. 이때 공급된 물은 열의 전달을 양호하게 하고, 유기물의 급격한 분해를 촉진시켜 토양중의 산소를 소비하여 혐기상태를 만들어 병균을 질식하여 죽게 만든다. 일시담수는 1회에 한하고 자연히 심토로 스며들게 한다.

바. 하우스 밀폐

이상의 작업이 끝나면 하우스를 밀폐한다. 밀폐 상태의 양부(良否)가 하우스 내 기온상승을 좌우하고 따라서 지온의 상승도 결정지어 지기 때문에 하우스의 비닐이 파손된 부분은 보수하고 천창이나 측창의 출입구를 완전 밀폐하는 등 하우스의 기밀성(氣密性)을 높이는 노력이 필요하다.

사. 지중난방

미리 설치된 그린 지중난방기나 또는 다른 지중난방기에 삼방변 밸브 시스템을 부착하여 온도를 올린다. 이때 온도는 하우스 밀폐정도와 관련이 있지만 최고 온도로 하고(일반적인 지중난방기는 지중 온도 18℃~20℃ 정도를 유지하기 위해서 제작되어 60℃이상 올라가게 제작된 경우가 드물다. 하지만 그린지중난방기는 토양소독 겸용이므로 100℃까지 가능하다.)

그린 지중난방기를 기준으로 80℃정도의 온도를 유지해주면 3일 정도의 시간에 무난히 토양소독을 마칠 수 있다. 타사 제품을 이용해도 일주일정도면 무난하다.

지중난방은 13시에서 15시까지 두 시간 정도 유지하면 하우스 전체의 온도가 70℃이상의 한증막으로 변한다. 이 열은 서서히 지표층에 전달되지만 야간의 방사열보다도 한낮의 가열온도가 많기 때문에 서서히 축열되고 소독효과가 나타나게 된다.

아. 하우스 개방·피복 제거

밀폐처리가 종료되면 하우스를 개방하고 지표면의 피복을 제거해서 토양을 자연 상태로 건조시켜 작물재배준비를 한다. 그 기간중 쓸모없는 출입을 삼가서 토양의 오염을 방지한다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1절 연도별 연구목표 및 평가착안점에 입각한 연구개발목표의 달성도

1. 연도별 주요개발 내용

구 분	개발목표	주요 개발 내용 및 범위
1차년도 (설계, 제작 응용 기술 개발)	<제1세부과제> 1. 지중 난방기의 시스템 개선 및 연구 2. 개량형 지중 가온기의 토양소독 접목효과	○ 신 개념 지중난방기 설계, 제작 - 보조탱크 개선, 이동식 분배구 - 압축탱크의 팽창관 설계, 열절감을 검토 - 분배구의 재질과 구조 검토 ○ 지중 난방기를 이용한 토양소독법 개발 ○ 지중 난방기를 이용한 토양 소독 효과분석
	<협동과제> 1. 개량 지중 가온 난방기의 토양소독 효과검토	○ 온수순환조절 발열능력 검토 및 토양 소독 시험 및 효과 분석 ○ 부동액 이용성 및 발열의 작동 검토
	<위탁과제> 1. 태양열 토양소독연구 데이터 수집 및 분석	○ 태양열 소독 연구 및 효과분석 ○ 태양열 소독의 데이터 수집 및 분석
2차년도 (시작품제작 상품화)	<제1세부과제> 1. 개량형 지중난방기 의 농가 테스트 및 적용 2. 시작품제작 및 상품화	○ 시작품 제작 ○ 제품 농가 시험 ○ 상품화 - 광고, 카탈로그 제작 전시회 참전, 에이전트 홍보
	<협동과제> 1. 태양열소독과 지중소독의 데이터 분석	○ 태양열소독과 개량 지중난방기 토양소독의 효율적 연계기술 연구 ○ 토양소독 데이터 분석
	<위탁과제> 1. 난방에너지 절감연구	○ 에너지 절감 소독법 연구 및 활용

2. 1차년도 개발내용 및 개발범위

가. 당해연도 개발목표

○ 개발 목표

- 토양소독 겸용 개량형 지중난방기 개발과 토양소독 효과 구명
- 태양열 토양소독과 지중난방 토양소독 기술 접목

○ 용도 :유리온실, 비닐하우스 등의 에너지 절감형 지중가온시설 및 토양소독

- 부동액 이용 장치 : 토양소독 열전도율 제고와 지중난방 활용가능
- 개량형 지중난방기(삼방변V/V, 이동식 분배구, 개량 보조탱크) :

지중난방 및 토양소독 기능 추가로 환경오염원 제거

○ 기능

- 시설하우스 작물의 생육환경을 고려한 지중가온 기능
- 보조탱크의 압력 팽창관 장치 개선으로 손실 열 방지 및 에너지 절감
- 지중난방기의 분배구 설치로 단독 토양소독 가능
- 열매체 물 대신 열전도율이 높은 부동액을 사용으로 고온 발열효과 제고

나. 1차년도 개발내용 및 범위

표36. 1차년도 개발내용 및 범위

구 분	개발목표	주요 개발 내용 및 범위
1차년도 (설계, 제작, 응용기술 개발)	<제1세부과제> 1. 개량 지중 난방기의 시스템 개발 2. 개량 지중 가온기의 토양소독 접목효과	○ 경량의 밸브장치 설계 - 보조탱크 개선, 이동식 분배구 - 압축탱크의 팽창관 설계, 열절감을 검토 - 분배구의 재질과 구조 검토 ○ 지중 난방기를 이용한 토양 소독 효과
	<협동과제> 1. 개량 지중 가온 난방 기의 토양소독 시험	○ 지중난방기의 온수순환 조절 발열능력 검토 및 토양 소독 효과의 데이터 작성 ○ 부동액 이용성 및 발열의 작동 검토
	<위탁과제> 1. 태양열 토양소독연구	○ 태양열 토양소독 방법의 연구 및 해외 분석 자료에 의거한 효과 분석 ○ 태양열 소독의 데이터 수집 및 분석

다. 1차년도 개발기술의 평가방법 및 평가항목

표37. 평가 방법 및 평가 항목

평가항목	평가방법	적용기준	개발사양
지중난방기	고온 노출 동작시험	+85 ℃	정상유무
	보조탱크 압력시험	이전과 비교	정상유무
	이동식분배구 작동 시험	누수상태	정상유무
토양소독기	부동액 투입 작동시험	물과 비교	정상유무
	토양소독 효과 시험	소독이전과 비교분석	정상유무
태양열 토양소독	태양열 소독법 시험	소독이전과 비교분석	정상유무

3. 2차년도 연구개발 목표 및 내용

구 분	연구개발목표	연구개발내용
(2) 차년도	* 시작품 테스트 및 수정작업	1차시제품 테스트 및 수정작업 후 2차 시제품 설계, 제작에 착수한다.
	* 3A전동 V/V의 적용	기존의 수동 밸브를 전동 밸브로 교체하여 수동식 순환 시스템을 완전 자동화 시킨다.
	* 염가형 자동제어시스템구축	전체 시스템을 완전히 제어 가능한 자동제어시스템을 구축한다.
	* 시작품제작 및 농가 테스트	최종 시제품 성능 테스트 및 농가시범 사업을 실시한다.
	* 제품 염가화 작업	제품의 상태를 최종 점검하고 금형 등을 제작하여 염가화 작업에 돌입한다.
	* 홍보 및 판매	각종 전시회 및 광고매체 등을 통한 홍보활동 및 각종 특허, 인증을 획득한다.
	* 토양소독효과 검토	시제품 설치 후 토양소독에 효과에 대해 검토 및 구명한다.
	* 지중배관의 시작점과 끝점의 균일한 온도측정 및 과학적인 배관법의 실험	시제품 설치 후 배관의 효과적인 설치 및 균일한 온도유지를 위한 실증 실험 실시.

가. 연구개발 계획

1) 연구개발 목표 및 내용

- 시작품 테스트 및 수정작업 : 각 부분의 단품 테스트 및 데이터 작성 후 수정
- 염가형 자동 제어 시스템 구축 : 토양소독 데이터 수집 및 분석하고 전체 시스템을 자동 제어하는 제어기 시스템을 구축한다.
- 시작품제작 및 농가 테스트 : 수정 시작품 설계 제작 및 농가 작물 테스트 실시 작물의 작황 상태나 전체적 데이터를 작성하고 결점을 보완한다.
- 제품의 염가화 작업 : 각 부분 별 금형을 제작하고 양산 라인을 구축한다.
- 홍보 및 판매 : 각급 농업관련 신문, 잡지, 방송에 홍보 및 해외 인증을 취득하고 기존의 대리점 망을 이용 판매망을 구축하고 해외 전시회 및 수출활성화 시스템을 구성하여 해외 판매도 적극 추진한다.
- 지중배관 실증실험 : 효과적인 배관라인의 설정 및 균일한 배관 내의 온도설정을 위해 경북대학교 박 경규 교수팀에 배관의 온도측정 및 효율적인 배관 방법을 찾는 실증 실험을 의뢰 실시한다.

- 전동 3A V/V 의 적용 : 기존의 수동식 3A 밸브를 전동식 밸브로 교체하여 배관의 시작점에서 끝점까지의 물(부동액)의 순환 시 열 효율 저하를 자동식으로 변환하여 막고 열효율을 진작시킨다.
이로서 좀 더 효율적인 기계사용 및 편리한 기계작동의 성능을 향상시킨다.
- 제어시스템의 개선 : 기존의 제어 시스템에 전동식 순환 시스템을 부가 하여 기존의 수동식 전환법을 완전 자동식으로 개선하여 노동력 불필요한 절감에 일조한다.

2) 연구 평가시 착안점

평가항목	평가방법	적용기준	개발사양
시작품 테스트	수압테스트, 작동여부	ISO9001의 보일러관련법	작동, 정상 여부
염가형 제어기	정상가동 제어시스템완성	ISO9001 전기관련법	정상유무
전동3A V/V의 적용	자동 순환유무	ISO9001 보일러관련법	작동유무
농가테스트	사용/비사용 실증테스트	작물성장 및 효과	정상유무
제품 염가화	개발금형의 제작여부	염가화 및 단기제작	금형 제작 여부
홍보 및 판매	전시회, 홍보, 광고 실시	광고, 홍보, 전시회 참전	실시 여부
지중 난방형 토양소독효과 시험	토양소독 효과	소독이전과 비교	정상유무
	토양소독 후 작물생육	소독이전과 비교	정상유무
	열효율효과분석	효율성	조사
효율적인 배관법의 실증 실험	배관 온도측정 및 기존 배관법과의 비교실험	최적의 지중깊이 등을 고려한 배관법 제시	경북대 실증실험

4. 연도별 연구목표에 입각한 연구개발목표의 달성도

구 분	개발목표	주요 개발 내용 및 범위	달성도
1차년도 (설계, 제작 응용 기술 개발)	<제1세부과제> 1. 지중 난방기의 시스템 개선 및 연구	○ 신 개념 지중난방기 설계, 제작 - 보조탱크 개선, 이동식 분배구 - 압축탱크의 팽창관 설계, 열절감을 검토 - 분배구의 재질과 구조 검토	100%
	2. 개량형 지중 가온기의 토양소독 접목효과	○ 지중 난방기를 이용한 토양소독법 개발	100%
		○ 지중 난방기를 이용한 토양 소독 효과분석	100%
	<협동과제> 1. 개량 지중 가온 난방 기의 토양소독 효과검토	○ 온수순환조절 발열능력 검토 및 토양 소독 시 험 및 효과 분석	100%
	<위탁과제> 1. 태양열토양소독연구	○ 부동액 이용성 및 발열의 작동 검토	50%
		○ 태양열 소독 연구 및 효과분석	100%
데이터 수집 및 분석	○ 태양열 소독의 데이터 수집 및 분석	100%	
2차년도 (시작품 제작 상품화)	<제1세부과제> 1. 개량형 지중난방기 의 농가테스트 및 적용	○ 시작품 제작	100%
	2. 시작품제작 및 상품화	○ 제품 농가 시험	100%
		○ 상품화 - 광고, 카탈로그 제작 전시회 참진, 에이전트 홍보	100%
	<협동과제> 1. 태양열소독과 지중소 독의 데이터 분석	○ 태양열소독과 개량 지중난방기 토양소독의 효율적 연계기술 연구	100%
	<위탁과제> 1. 난방에너지절감연구	○ 토양소독 데이터 분석	100%
		○ 에너지 절감 소독법 연구 및 활용	100%

* 부동액 관련기술의 연구는 물의 대체용액으로 상당한 가능성을 보였지만
가. 새어나갔을 시에 토양오염의 위험성이 있다.
나. 물에 비하여 가격면에서 월등히 비싸다.
다. 끓는 점이 높아서 연료소모량이 많다.

상기와 같은 이유로 다방면으로 부동액 사용을 검토 해보았으나 스테인리스 주름관으로 파이프를
대체하여 사용해 보았으나 토양에서의 열전도율이 기존의 엑셀 파이프보다 뛰어나지 않고 토양오
염의 위험성이 너무 높아 물의 대체품으로 사용하기에는 너무 위험한 물질로 되어 사용을 포기하
였습니다.

5. 연도별 평가착안점에 입각한 연구개발목표의 달성도

평가항목	평가방법	적용기준	개발사양	달성도
지중난방기	고온 노출 동작시험	+85 ℃	정상유무	100%
	보조탱크 압력시험	이전과 비교	정상유무	100%
	이동식분배구 작동 시험	누수상태	정상유무	100%
토양소독기	부동액 투입 작동시험	물과 비교	정상유무	100%
	토양소독 효과 시험	소독이전과 비교분석	정상유무	100%
태양열 토양소독	태양열 소독법 시험	소독이전과 비교분석	정상유무	100%
시작품 테스트	수압테스트, 작동여부	ISO9001의 보일러관련법	작동, 정상 여부	100%
염가형 제어기	정상가동 제어시스템완성	ISO9001 전기관련법	정상유무	100%
전동3A V/V의 적용	자동 순환유무	ISO9001 보일러관련법	작동유무	100%
농가테스트	사용/비사용 실증테스트	작물성장 및 효과	정상유무	100%
지중 난방형 토양소독효과 시험	토양소독 효과	소독이전과 비교	정상유무	100%
	토양소독 후 작물생육	소독이전과 비교	정상유무	100%
	열효율효과분석	효율성	조사	100%
효율적인 배관법의 실증 실험	배관 온도측정 및 기존 배관법과의 비교실험	최적의 지중깊이 등을 고려한 배관법 제시	경북대 실증실험	100%

2 절 관련분야의 기술발전의 기여도

2004년 본 기술개발을 시작하기 이전에는 토양소독의 개념은 약제소독의 개념을 벗어나지 못하는 수준이었다.

하지만 본 기술개발 과제인 삼방면 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방 겸용 토양소독 시스템 기술개발을 진행하면서 연작피해를 입은 농가들과 각 시도의 농업연구소등을 통해 자료수집 및 교환하는 과정에서 많은 농가들과 농업인들에게 태양열을 이용한 토양소독의 필요성과 약제소독의 위험성을 전파하여 많은 수의 농민들과 농업연구소나 농업기술센터에서 태양열 토양소독을 알게 되었고 점차 실시하는 폭을 넓혀가게 되었다.

가까운 미래에 농가들을 위한 태양열을 이용한 지중난방 겸용 토양소독법이 널리 알려지게 될 것이고 하동군 농업기술센터에서는 센터 사업으로 2007년부터 실시할 예정이다.

또한 삼방변 밸브의 단독적인 사용으로 버려진 채 거의 사용안하고 있는 각종 지중난방기들의 재활용이 쉽게 이루어 질 것이며 적은 비용으로 쉽게 토양소독이 이루어짐으로 해서 많은 농가들의 사랑을 받는 기술이 될 것이며 전남 순천의 근교에서는 이미 이러한 방법으로 토양소독을 실시해서 많은 효과를 보고 있는 농가들이 늘어가는 실정이다.

- * 저비용으로 토양소독 실시하여 연작 피해의 감소
- * 삼방변 밸브 시스템의 사용으로 기존 지중난방기 활용 가능
- * 약제방제를 없애서 무공해 농업의 실현으로 국민건강 증진
- * 병원균 사멸 온도의 측정 등의 자료로 학문적 가치가 높음
- * 병해 연구의 자료로 이용 가능
- * 시설하우스 내 신개념 토양소독법의 도입
- * 지중온도 측정으로 인한 배관기술의 정리
- * 국제특허 및 해외인증 신청으로 인한 국가 경쟁력 상승 및 기업위상 상승

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1 절 추가연구의 필요성, 타연구에의 응용

1. 엑셀 파이프의 열 전도율 문제 연구

지중 테스트를 실시하는 도중 일반적인 15mm의 파이프를 이용하여 전반적인 열전도율을 테스트 하여 보았으나 동파이프는 열전도율은 제일 괜찮지만 가격적인 면에서 부담이 많고 스텐 주름관은 내구도는 좋은 편이나 열전도율이 떨어지고 다른 금속관 (아연도금관, 스텐 관)등은 가격과 열전도율이 일반 엑셀관에 비해 떨어진다.

엑셀 파이프는 일반적으로 가장 열전도율이 높고 가격도 괜찮은 편이지만 재질이 약해서 농가들이 로타리 칠 때 끊어질 위험이 있고 태양 빛에 노출되면 약해지는 단점이 있다.

또한 지중 가온 시 열전도율이 다른 파이프에 비해서 높긴 하지만 확실한 지중 소독을 위한 온도 (50℃)에 도달하는 시간이 비교적 긴 편이다. 100℃로 끓는 물이 파이프를 통해서 통과할 때 지중이기 때문에 많은 열을 전달하지 못하고 전도율 자체가 느리다.

이에 대한 열전도율이 높고 저렴한 가격의 대체 파이프나 좀 더 좋은 방법을 찾는 것도 남겨진 과제의 하나이다.

2. 부동액 대체 액체

부동액은 끓는 점이 160℃ 내외로 연료소모량이 많은 단점이 있다.

또한 토양오염의 위험성도 많다. 결국 물 이외의 대체 액체는 현재 없는 편이지만 물 보다 보온성이 높고 열전도율도 높은 대체품에 대한 연구도 필요하다고 본다.

3. 타 연구에의 응용

삼방변 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방용 토양소독 시스템 기술개발을 통해서 이용이 가능한 내용을 살펴보자면 다음과 같다.

- 삼방변 밸브 시스템을 양액재배 등의 시설에 이용 가능.
- 지중난방기의 개량기술을 난방기, 온풍기 등의 보일러류에 접목 가능.
- 태양열과 지중난방기를 이용한 토양소독법의 보급
- 일반 가정용 보일러 등에 이용 가능
- 이동용 삼방변 밸브 시스템으로 현대의 기계로 여러 지역 토양소독이 가능

2 절 기업화 추진방안을 기술

본 과제는 세계적으로 문제가 되고 있는 토양소독과 지중 난방을 위한 기술 개발절차(표)와 같이 기술개발을 통한 기술권 획득과 상품화를 목표로 년차별 기술개발이 완료된 후에는 상품화를 할 수 있도록 개발을 추진 하고자 한다.

표38. 개발 기술 활용 방안

구 분	개발 장치	핵심 기술	활용유형	비 고
삼방면 밸브를 이용한 시설원예용 지중난방겸용 토양소독 시스템	신 개념 지중난방기 개발	삼방면 시스템	특허출원 실용신안출원 의장등록 상표등록	양산, 증산 현장 활용
		보조탱크개선		
		이동식 분배구		
	응용 기술 개발	토양소독효과		양산
		태양열소독과접합		
	염가형 자동 제어 시스템 구축	토양소독 데이터 수집 및 분석		상품화
태양열토양소독법	신개념 지중난방형 토양소독법 완성	보급		

1. 광고 및 홍보

- 2006년 개발완료와 개발제품 관련 특허 신청
- 각 축산 및 농기계 관련 신문, 잡지로 광고 게재, 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 2006년부터 순차적으로 상품화를 위한 준비를 거쳐 시험 후 2007년부터 개발제품을 양산하여 판매할 계획이며 유리온실, 비닐하우스 등 현재농가에 필요한 제품으로 국내보급 및 수출을 위한 자동화 생산설비를 구축하여 대량으로 생산 저렴한 가격으로 경쟁력을 키워 대량 보급할 계획이다.

2. 판매계획

- 용자판매
 - 한국농기계공업협동조합 제품등록 용자대상품목 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 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

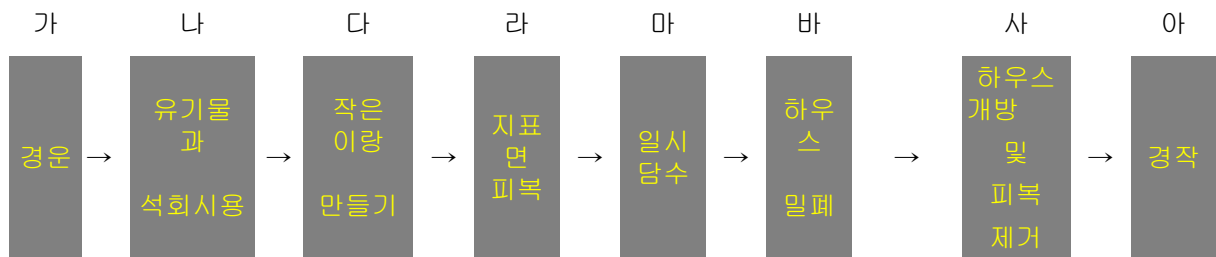
1 절. 일본 후지산 야채시험장의 토양소독법

1. 하우스 밀폐에 의한 토양소독

저 투입·환경보존형으로 비교적 안전한 태양열을 이용하여 토양을 소독하는 태양열 토양소독법이 오래 전부터 알려져 왔었으나 국내에서는 실용화되지 않았고, 비닐하우스의 급격한 보급에 따른 연작장해형 토양 전염병의 발생이 심한 이 곳 일본에서는 토양병해에 대한 경종적 방제법의 중요한 수단이 되고 있다. 이 소독법은 처음에는 하우스 토양만을 대상으로 실시되어 왔으나 최근에는 노지토양을 대상으로도 실시되고 있다.

2. 작업 순서

이 소독법의 효과는 태양의 열에너지를 어떻게 토양 중에 축적시키고, 축적된 열을 어떻게 병원균에 대해 유효하게 작용시키느냐에 달려 있다. 이러한 문제의 해결을 위하여 여러 가지 연구와 노력이 이루어져 왔으나 표준작업순서는 다음과 같다.



가. 경 운

토양 깊은 곳까지, 하우스 구석구석까지 충분한 열 전달을 위하여 깊게 경운하고, 하우스 측면에는 열이 상승하기 어렵기 때문에 가능하면 토양을 하우스 안쪽으로 몰리게 한다

나. 유기물과 석회 시용

볏짚, 옥수수짚 등 벼과 작물의 잘게 썬 유기물(건물중으로 2톤/10a)과 석회 중화량의 석회(100Kg/10a정도), 해당작물 기비량의 질소비료를 고루 살포하고 로타리 해서 토양 중에 잘 혼합시킨다.

다. 작은 이랑 만들기

뒤에 작업될 일시 담수시의 수로를 만들고 지표면적을 넓혀 열전도율을 높일 목적으로 작은 이랑(폭60~70cm)을 만들지만 이랑작성기가 부착된 기계의 경우 동시작업도 가능하고, 없는 경우에는 다목적 관리기를 이용한다.

라. 지표면 피복

작은 이랑을 만든 뒤 표면을 헨비니루 등으로 피복 한다. 이때 보온성을 높이기 위하여 비닐의 파손된 부분은 보수해서 사용하고, 하우스 구석구석 틈이 없도록 밀봉한다.

마. 일시 담수

고랑사이에 물을 대고 일시 담수상태로 한다. 이때 공급된 물은 열의 전달을 양호하게 하고, 유기물의 급격한 분해를 촉진시켜 토양 중의 산소를 소비하여 혐기상태를 만들어 병균을 질식하여 죽게 만든다. 일시담수는 1회에 한하고 자연히落水(낙수)되게 한다.

바. 하우스 밀폐

이상의 작업이 끝나면 하우스를 밀폐한다. 밀폐 상태의 양부(良否)가 하우스 내 기온상승을 좌우하고 따라서 지온의 상승도 결정지어 지기 때문에 하우스의 비닐이 파손된 부분은 보수하고 천창이나 측창의 출입구를 완전밀봉하는 등 하우스의 기밀성(氣密性)을 높이는 노력이 필요하다. 하우스밀폐처리는 장 마1개월 전인 5월 하순부터, 장마직후인 7월 하순부터 8월의 연중 기온이 높고 맑은 날이 많은 시기를 선택해서 실시하고 맑은 날이 많은 경우에는 2~3주 이상, 적은 경우에는 3~4주 이상 처리 기간이 필요하다.

사. 하우스 개방·피복제거

밀폐처리가 종료되면 하우스를 개방하고 지표면의 피복을 제거해서 토양을 자연상태로 건조시켜 작물재배준비를 한다.

그 기간 중 쓸모없는 출입을 삼가서 토양의 오염을 방지한다.

3. 하우스 밀폐에 의한 태양열 토양소독의 원리와 문제점

본 방법은 여름철 고온 다조기에 하우스를 밀폐해서 하우스내 공간의 기온을 상승시키고 그 열을 멀칭 내부로 전도 복사시켜 지온을 상승시키는 것이다. 지온은 표면에 가까울수록 높고 13~15시 경에는 60℃이상까지도 다다른다. 이 열은 서서히 지표층에 전달되지만 야간의 방사열보다도 한낮의 가열온도가 많기 때문에 서서히 축열되고 소독효과가 나타나게 된다.

처리하우스 지온의 하루중 변화 폭은 지표에 가까운 곳일수록 높고 깊은 곳에서는 적으며 지하 20~30cm에서도 40~50℃에 달하고 상당히 장기간 유지되지만 온도는 심층일수록 낮고 각 해에 따라 연차간 변동이 크다.

일반적으로 토양병원균은 60℃이상의 고온토양 중에서는 아주 짧은 시간에 사멸하지만 이 온도는 지표하의 극히 일부분에서 기대되고 10~30cm의 부근에서는 40~50℃가 유지되어진다고 생각된다. 온도가 낮아지면 병원균의 사멸시간은 기하급수적으로 길게 되고 태양열만으로 심층까지 소독하기에는 무리가 있다. 따라서 본 소독법에 있어서 유기물 시용과 일시담수는 기온과 상승적으로 작용하여 효과를 높이는 중요한 처리라고 할 수 있다.

고온조건하에서 다량의 미분해 유기물은 일시담수에 의해 급격하게 분해되고 토양중의 산소를 소비하여 토양을 혐기상태로 만든다. 토양병원균의 거의 모두는 호기성 균이기 때문에 고온 산소결핍상태에서는 장기간의 생존이 불가능하다.

게다가 혐기조건 하에서 유기물 분해는 과정 중에 종종 여러 가지 유기산을 비롯하여 각종 유해물질이 생성하고 이것이 병원균의 생존에 악영향을 미치는 것으로 생각되어진다. 이와 같이 하우스 밀폐에 의한 토양소독은 물리적 방제와 동시에 생물적 방제로서의 요소로도 크다고 할 수 있다. 본 소독법의 실시에 있어서 이점의 이해가 충분하여야만 한다.

본 소독법은 자원재활용, 노력절감, 안전성, 증기소독에 비해서 토양 생태계에 대한 교란정도가 적고 소독과 병행해서제초, 제염, 지력증강도 기대되는 등 많은 이점이 있다. 그러나 뭐니 뭐니해도 토양소독 효과는 하우스 밀폐기간중 기상에 좌우된다. 그 효과는 기상에 따라, 지역에 따라, 해에 따라 큰 차이가 있을 수 있다.

위와 같은 결점을 보완하기 위해서 유기물, 석회 등을 시용하고 일시 담수 하지만 일시담수가 곤란한 밭에서는 문제가 있다. 또 오히려 배수 불량인 습지대에서는 지온의 상승이 어렵고 게다가 소독 후에 비가 많이 와 주위의 밭으로부터 병원균에 오염된 토양이 흘러 들어와 효과를 망치는 경우도 있다.

이와 같은 사실로부터 하계하우스 밀폐에 의한 태양열 소독법은 비교적 배수가 양호한 지역에만 주로 권장 될 수 있다.

4. 하우스 밀폐에 의한 태양열 토양소독의 효과

무엇보다도 농업현장에서 이루어진 본 기술은 연작장애로 토양병해에 골치 아픈 산지에 보급 가능성이 크고 종종 채소 의 토양병 방제에 적용되어 왔다. 그 동안에 이루어진 시험연구 결과와 병원균의 생태적 특성들을 근거로 본 소독법에 의해 방제가 가능한 작물병은 다음과 같다.

- 가. 방제효과가 높은 병 : 상추시들음병, 오이류 덩굴쪼김병, 딸기위황병, 가지·토마토 반시들음병, 피망역병, 토마토 갈색뿌리썩음병, 균핵병, 흰비단병
- 나. 발병억제, 피해경감효과는 인정되지만 생육후기에 병이 발생하는 병 : 토마토시들음병
- 다. 방제효과가 불충분한 병 : 토마토, 가지, 피망의 청고병(꽃마름병), 토마토연부병
- 라. 방제효과가 없는 병 : 토마토 모자이크병(TMV)
- 마. 기타효과 : 연작장애지의 토양염류 경감효과, 잡초방제효과, 토양선충 방제효과

○ 상추시들음병 방제효과 ('98. 경기)

처 리 내 용	발병도(%)	방제효과(%)	수량(kg/10a)	수량지수
다조메 단용 ('98) 30kg/10a	30.1	69.9	1,535	100
다조메 연용 ('97+'98) 30kg/10a	34.8	65.2	1,414	92
하우스밀폐 태양열 토양소독*	15.5	84.5	1,860	121
토양개량 (벗짚2톤+석회200kg/10a)	99.6	0.3	6	0.3
무 처 리	99.9	-	2	0.1

* 태양열소독 : 벗짚2톤/10a + 석회100kg/10a + 비닐피복 + 일시담수 + 비닐밀봉 태양열소독

* 토양개량 : 벗짚2톤/10a + 석회100kg/10a

* 태양열소독 기간 : '98.5.26~6.29

가지·토마토의 반시들음병(Verticillium wilt)은 담수에 의해서도 쉽게 방제효과를 얻을 수 있지만 본 법의 방제효과가 더 높다고 생각된다. 피망역병균은 지표부근에서 활동하는 균이기 때문에 지표에 가까울수록 방제효과가 높다. 상추, 오이, 딸기는 비교적 친근성 작물로 소독효과가 높은 표층부분에 근권이 분포하기 때문에 방제효과가 높다고 할 수 있다. 이 두 병과 같은 후사리움(Fusarium)균에 의한 병해인 토마토시들음병의 방제 효과가 후기에 감소되는 것은 토마토뿌리가 오이, 딸기뿌리에 비하여 비교적 깊게 신장하기 때문에 열처리가 불충분한 심층에 살아남아 있는 병원균의 감염을 받는 것이라고 생각된다.

복리계산적으로 증가하는 병인 공기전염병에 대해서 토양병해는 단리 계산적 병이기 때문이지만 이것은 병원사상균에 의한 토양병에 해당되는 경우이고 연부병세균이나 청고병세균과 같이 조건에 따라 전염원으로부터 기하급수적으로 증식 전염하는 병인 경우에는 방제효과가 낮다. 그러나 이들 세균병에 대해서도 유효한 시험결과가 있고 특별한 방제수단이 없는 병해의 종합방제의 한 수단으로써 본 소독법은 사용될 수 있다.

○ 시금치 입고병에 대한 태양열토양소독과 메칠브로마이드 훈증소독 효과

토 양 소 독 법	입모율(%)	입고율(%)	엽폭(cm)	수량(g/m ²)
태양열 토양소독	75	0	22	1,345
>메칠브로마이드 훈증소독	73	0	24	1,329

(1993, 北田:富山野菜花卉試験場)

2 절 일본 동경 라디안트 사의 태양열 소독법

1. 라디안트 태양열 시스템 원문

夏には太陽熱と放熱パイプ併用による土壌の熱消毒

冬には放熱パイプによる地中暖房で収穫増大

◎ラジアントシステムはハウス栽培の地中深さ60cmに細い放熱パイプを埋設し、灯油ボイラーで温めた液(夏期は最高80℃、冬期は最高50℃)を循環させ、土壌を加温します。

◎夏には太陽熱と放熱パイプ併用による土壌消毒

◎夏にはハウスを閉め切り、太陽熱と放熱パイプの加温との併用により7~15日間で深さ80cmまでの土壌全体を45℃以上に加温し、土壌消毒を行います。(千葉県農業総合研究センターでの実験では5日間で50℃以上になり、ほとんどの病原菌が死滅しました。臭化メチルに対して勝るとも劣らない結果を得ることが出来ました。また線虫、雑草の種子、虫の卵も死滅し、除草剤、殺虫剤が不要となります。

◎連作障害などに比較的安全で効果も大きいとして広く使用されてきた臭化メチルがオゾン層破壊のため2005年には全廃になります。

◎臭化メチル代替技術として

- 1) 蒸気消毒、熱水消毒など-----費用がかかること、手間がかかること、消毒効果が十分ではないことなどの問題点が多くあります。
- 2) クロロピクリン（毒性が強い）などによる薬剤散布・くん蒸-----環境破壊、農作業者の健康阻害、臭化メチルほど効果が無いなどの欠点があります。
- 3) 従来の太陽熱消毒-----消毒できるのはせいぜい深さ20cmの土壌だけでそれより深い土壌では消毒が行われないため、消毒後に深く耕起して施肥したり畝立てすると消毒されていない土壌と混合され効果が無くなります。

ラジアントシステムの土壌消毒では夏に「太陽熱と深さ 60cmの放熱パイプの併用」で土壌を加温します。そのため深さ80cm以内の土壌はすべて45℃以上になり熱消毒されます。太陽熱+地中加温はラジアント独自の技術で、臭化メチルの代替技術として最も注目されています。一方消費者からは安全で、味が良く、栄養価も高い無農薬・無化学肥料の有機野菜の需要は大きくなってきています。2001年4月から執行の改正JAS法では「有機野菜とは3年間の無農薬・無化学肥料と認定者が認定したもの」と定義されました。

消毒後堆肥などの有機肥料を投入すれば微生物が増殖し有機栽培が可能です。また雑草の種子、虫の卵、線虫などが死滅しますので除草剤、殺虫剤の散布が必要ありません。

また寒冷地でも十分に太陽熱土壌消毒が出来ます。

ポスト臭化メチルの代替技術として安価で、手間がかからず（スイッチ一つで女性一人で運転可能）効果が大きい理想的な技術です。

土壌消毒の燃料費；約6万円（1,000m² 15日間加温 灯油40円/Lとして）

◎冬には放熱パイプによる地中暖房で収穫増大

◎冬には放熱パイプにより地中暖房を行います。温風暖房機のみでは地温を上げることは出来ませんが、地中暖房では気温とは別に地温を制御することにより微生物の活性化、根の生育の促進、栽培期間の延長で農作物の収穫が増大します。地中暖房は深さ60cmの「遠くから」、放熱パイプで「ゆっくり」と加温しますので根の近くの地中温度の位置的、時間的にむらが無く、農作物にとってマイルドな環境となります。

ハウス内室温とは独立して、地温を16～22℃（農作物によって異なる）に制御すると微生物が活性化し、根と幹がしっかりと成長しますので、病気に強い丈夫で品質の良い農作物となり、また寒い時期でも栽培が可能となり作型の延長となります。（またトルコギキョウでは収穫時期を約10日間早めることにも成功しました

増収は地域、作物の種類などによって異なりますが、宮城県農業・園芸総合研究所での「イチゴ栽培」では23～30%の増収となりました。

地中暖房の効果は作物、地域によって大きく異なります。

◎従来の地中暖房では直径20mm～30mmの放熱パイプを深さ15cmに埋設していましたが、放熱パイプと農作物の根が近い位置にあり放熱パイプに近い場所と遠い場所では温度が均一ではなく、また1日位の短時間で温めたため時間的な変化が大きく農作物にとって決して良い環境とは言えませんでした。

◎地中暖房は温風暖房機との併用でハウスの空気と土壌を温めるため室内温度が均一となり、全体として省エネルギーとなった例もあります。

◎地中加温は床暖房と同じで快適であり、作業性が向上します。

ラジアント太陽熱土壌消毒システムの管理

◎放熱パイプは深く埋設されますので、耕運機により放熱パイプが破損されることもなく、一旦埋設すれば掘り起こされることはありません。

◎深さ 60cmの土壌に蓄熱されますので、万が一ボイラーが一週間程度故障しても作物に被害はありません。

◎栽培する地域や作柄に適したお好みの地温を簡単に設定することができます。その操作は極めて簡単です。機器の管理をほとんど必要としません。

◎さらにオプションで、大きいハウスで畝ごとに異なる地温とすることや、プログラムタイマーによる細かい管理を行うこともできます。

2. 라디안트 주요내용 번역문

◎ 라디안트 태양열소독 방법은 하우스의 토양 깊이60cm에 가는 방열 파이프를 매설하고, 등유 보일러로 가온하여 (한여름 최고80℃, 겨울에는 최고50℃) 순환시키며 토양을 가온합니다.

◎ 여름에는 태양열과 방열파이프의 병용에 의해서 토양소독

◎ 여름에는 하우스를 밀폐하여 태양열과 방열파이프의 가온과 병용하여7~15일간 깊이80cm까지의 토양전체를 45℃이상으로 가온하고, 토양소독을 합니다 (지바현 농업총합연구실험에서는 5일간에 50℃ 이상이 됨. 대부분의 병원균이 사멸했습니다. 취화메칠의 보다 탁월한 성능을 보였습니다. 또한 선충, 잡초의 종자, 충의 알도 사멸했고, 제초제, 살충제가 불필요하게 되었습니다.)

◎ 연작 장애 등에 비교적 안전하고 효과도 크고 광범위하게 사용되어오던 취화메칠이 오존층 파괴 때문에 2005년부터 전폐되었습니다.

◎ 취화메칠의 대체기술로서

1) 증기소독, 열수소독 등-----고비용, 노동력, 소독효과가 충분하지 않은 등의 문제점이 많이 있음.

2) 크롤피크린 (독성이 강함) 등에 의한 약제 살포, 훈증-----환경파괴, 농작업자의 건강피해, 취화메칠 정도의 효과가 없는 결점이 있음.

3) 종래의 태양열소독-----소독가능 지역이 20cm 이내의 토양으로 그것보다 깊은 토양에서는 소독이 되지 않기 때문에, 소독후에 깊게 경기하거나 시비하거나 해야 한다.



(라디안트 지중난방기)



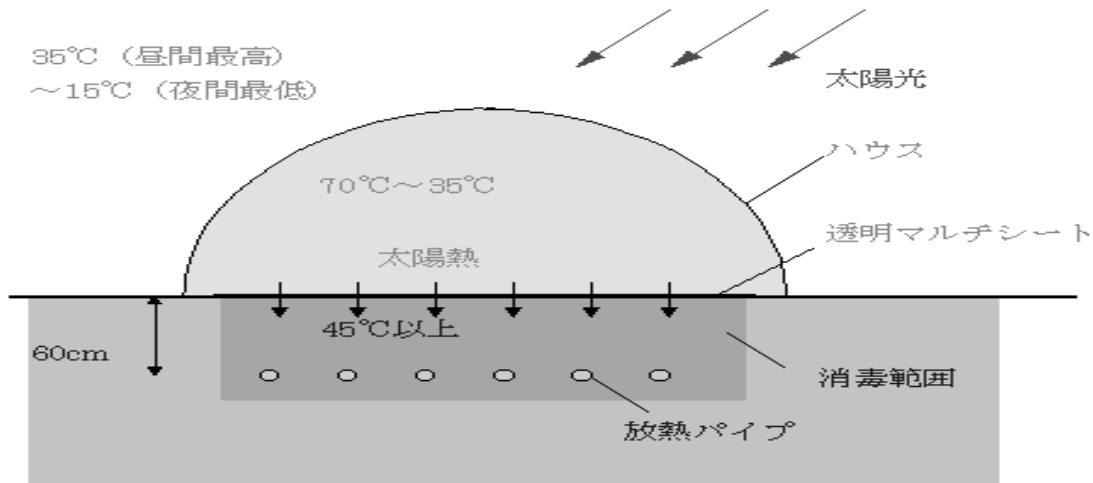
(라디안트 밸브시스템)



(라디안트 파이프 설치장면)

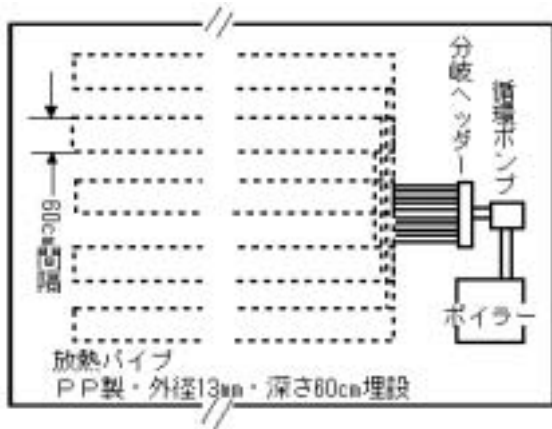
라디안트의 토양소독법에서는 「태양열과 깊이 60cm의 방열파이프의 병용」으로 토양을 가온합니다. 그러기 위해서는 깊이 80cm이내의 토양은 전부 45℃ 이상이 되어 열소독이 되어집니다. 태양열 + 지중가온은 라디안트만의 독자의 기술로서 취화매질의 대체기술로서 최고의 주목을 받고 있습니다. 한편 소비자로부터 안전하고 맛이 좋고 영양가 높은 무농약·무화학비료의 유기농야채의 수요는 점점 많아지고 있습니다. 2001년 4월로 집행개정된 JAS 법에서는 「유기농야채는 3년간의 무농약·무화학비료의 인정자가 인정한 것」이라고 정의했습니다.

소독 후 퇴비등의 유기비료를 투입하면 미생물이 증식하고 유기농재배가 가능합니다. 또 잡초의 종자, 충의 알, 선충 등이 사멸하기 때문에 제초제, 살충제의 살포가 불필요 합니다.



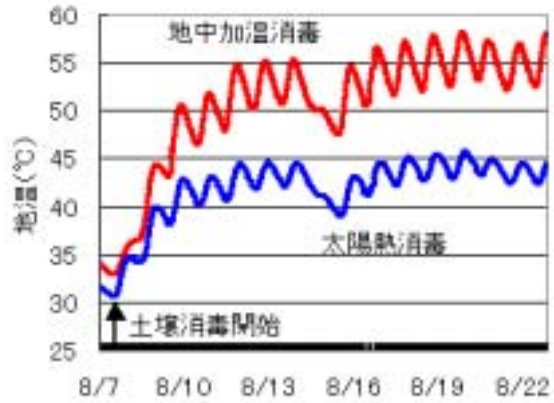
(라디안트 시스템)

- ◎ 겨울에는 방열파이프에 의한 지중난방으로 수확증대
 - ◎ 겨울에는 방열파이프에 의한 지중난방을 실시합니다. 온풍난방기만으로는 지온을 올릴 수는 없어도 지중난방기는 기온과는 별도로 지온을 제어하는 것으로서 미생물의 활성화, 뿌리의 생육촉진, 재배기간의 연장으로 농작물의 수확이 증대합니다.
- 지중난방은 깊이 60cm의 「깊이에서」, 방열파이프로 「천천히」 가온하기 때문에 뿌리 근처의 지중온도의 위치적, 시간적으로 문제가 없고 농작물환경에 좋습니다.
- 증수는 지역, 작물의 종류 등에 따라 차이가 있지만 미야자키현 농업원예종합연구소의 「딸기재배」에서는 23~30%의 증수가 확인 되었습니다.
- 지중난방의 효과는 작물, 지역에 따라 크게 차이가 납니다.



第1図 システムの簡略図

(ボイラー容量・標準45,000kcal/h/1000㎡)



第2図 土壌消毒時の地温(深さ30cm)

試験圃場31,000kcal/h/200㎡)

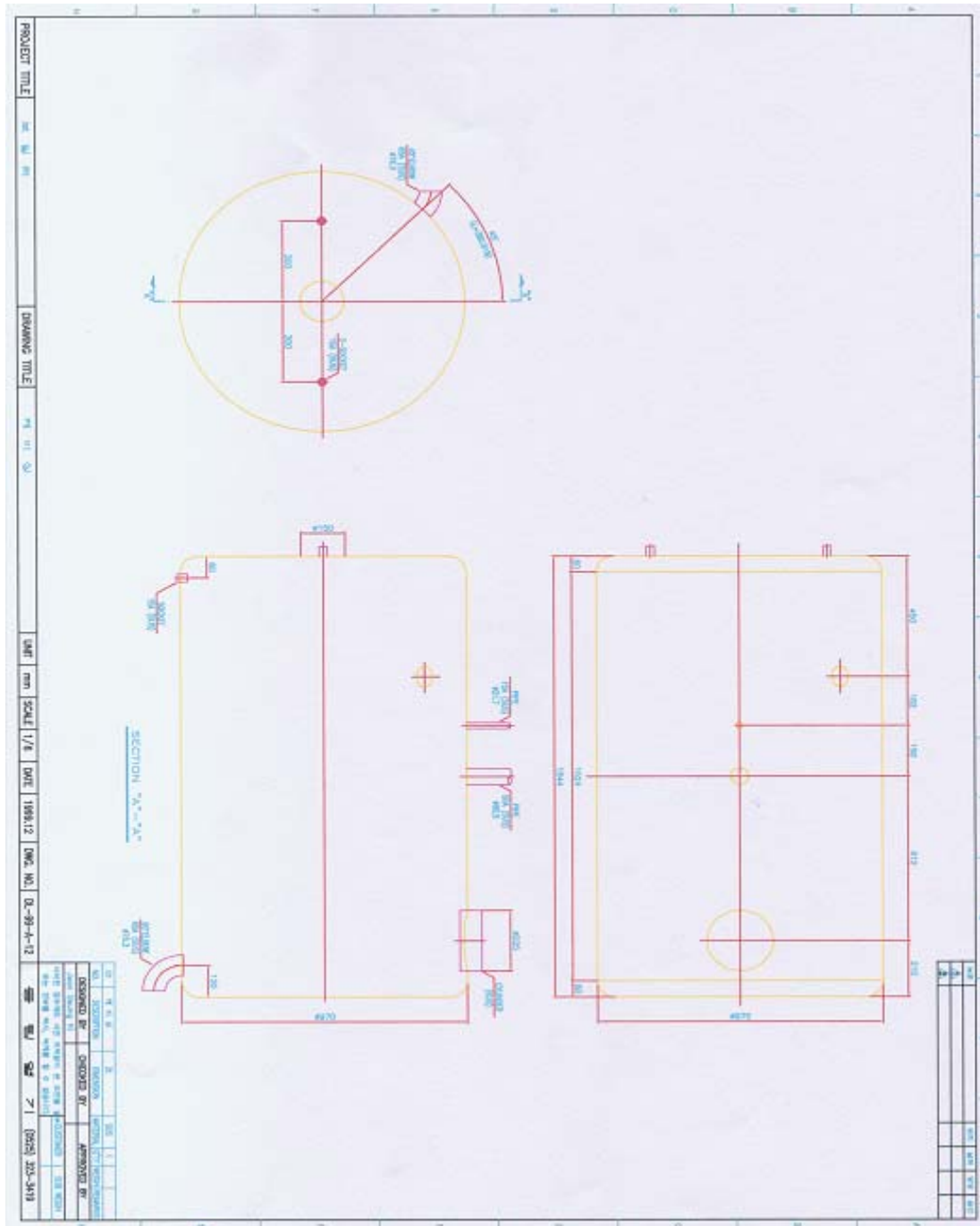
- ◎ 종래의 지중난방에서 직경 20mm~30mm의 방열파이프를 깊이 15cm에 매설했기 때문에 방열파이프의 농작물의 뿌리가 가까운 위치에 있는 방열파이프에 가까운 위치와 먼 위치에는 온도가 균일하지 않고 또한 1일 단위의 단시간의 가온 때문에 시간적인 변화가 큰 농작물에는 결코 좋은 환경이라고 할 수 없었습니다.
- ◎ 지중난방은 온풍난방기와의 병용으로 시설하우스의 공기와 토양을 높이기 위해서 실내온도가 균일하게 되고, 전체적으로 에너지 절감이 된 사례도 있습니다.

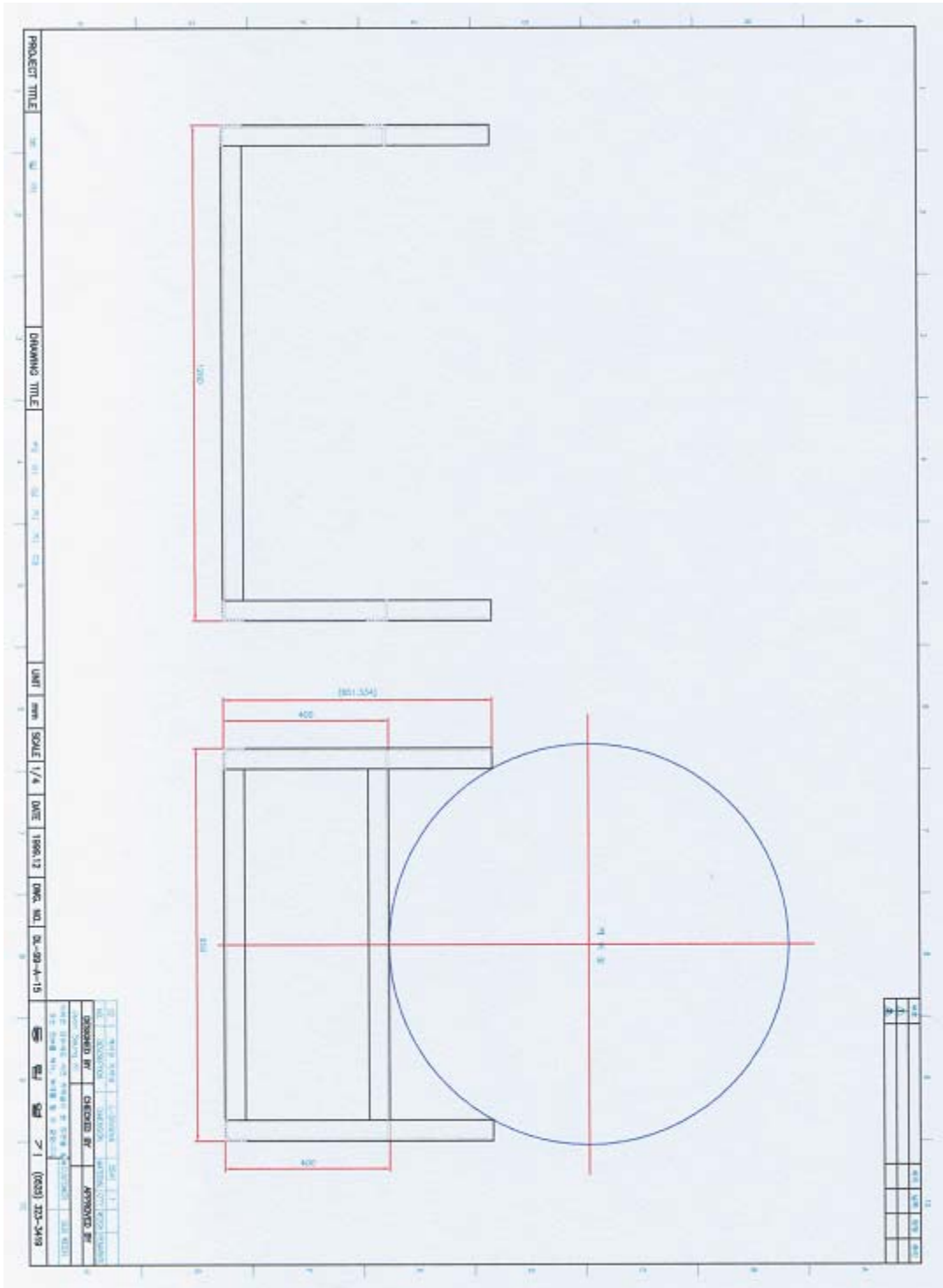
라디안트 태양열토양소독 시스템의 관리

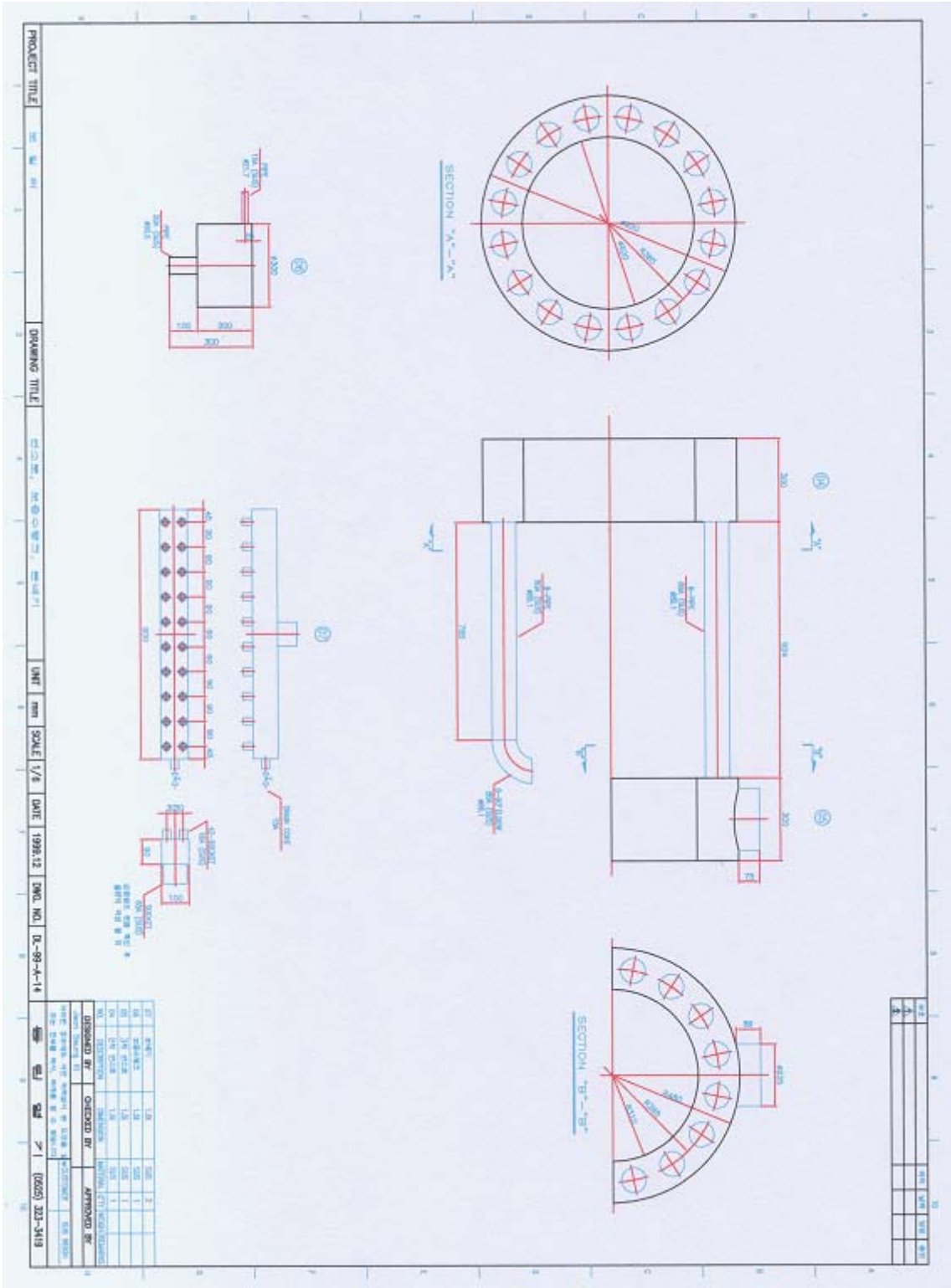
- ◎ 방열파이프는 깊게 매설하기 때문에 경운기에 방열파이프가 파손되는 일이 없고 일단 매설하면 밖으로 나오는 일은 없습니다.
- ◎ 깊이 60cm의 토양에 축열 된 열을 보유하고 있기 때문에 만일 보일러가 일주간 정도 고장이 나더라도 작물에 피해는 없습니다.
- ◎ 재배하는 지역과 작목에 맞게 적당히 지온을 간단하게 설정할 수 있습니다. 그 조작은 극히 간단합니다. 기기의 관리가 거의 필요치 않습니다.

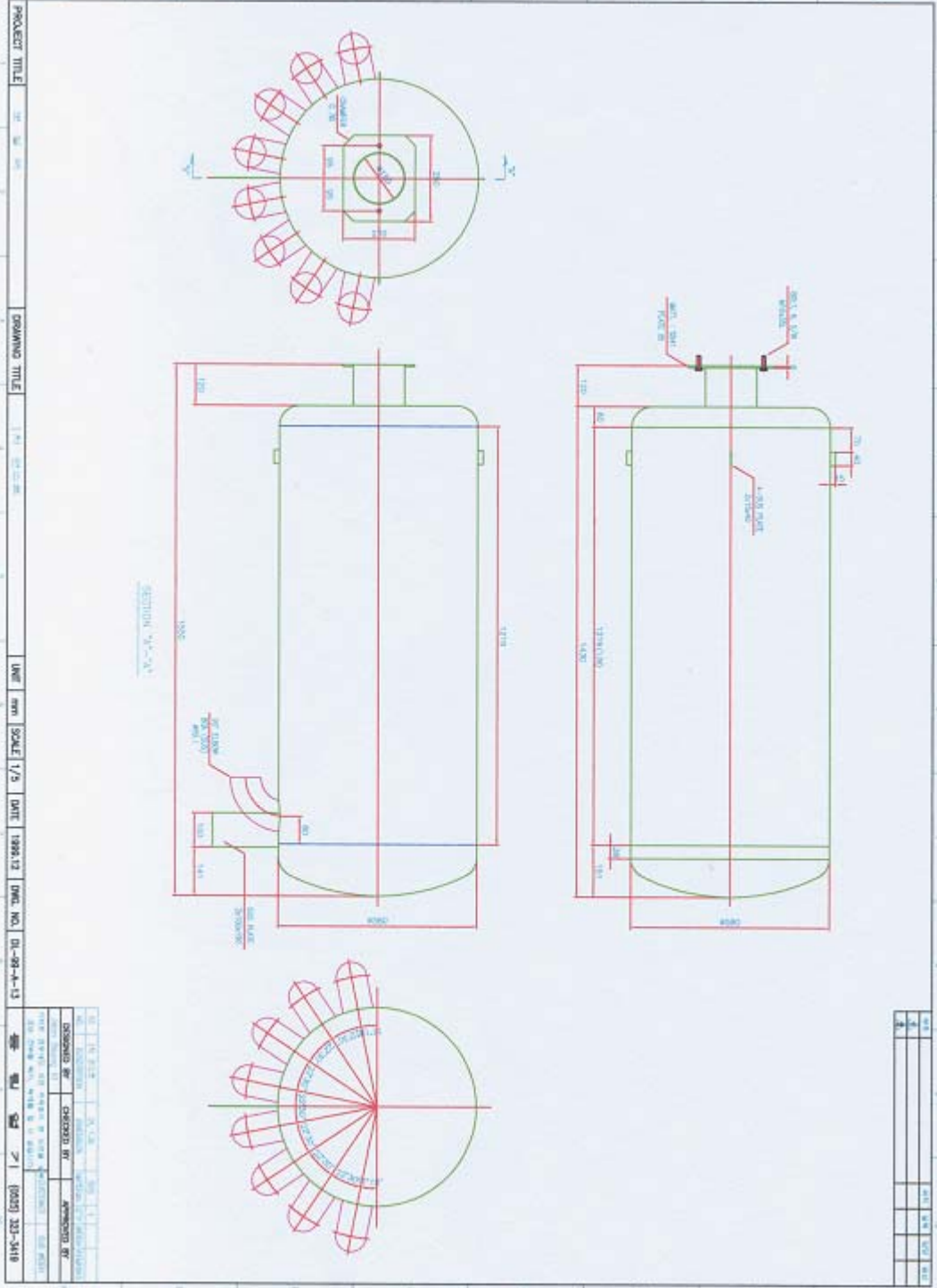
제 7 장 도면

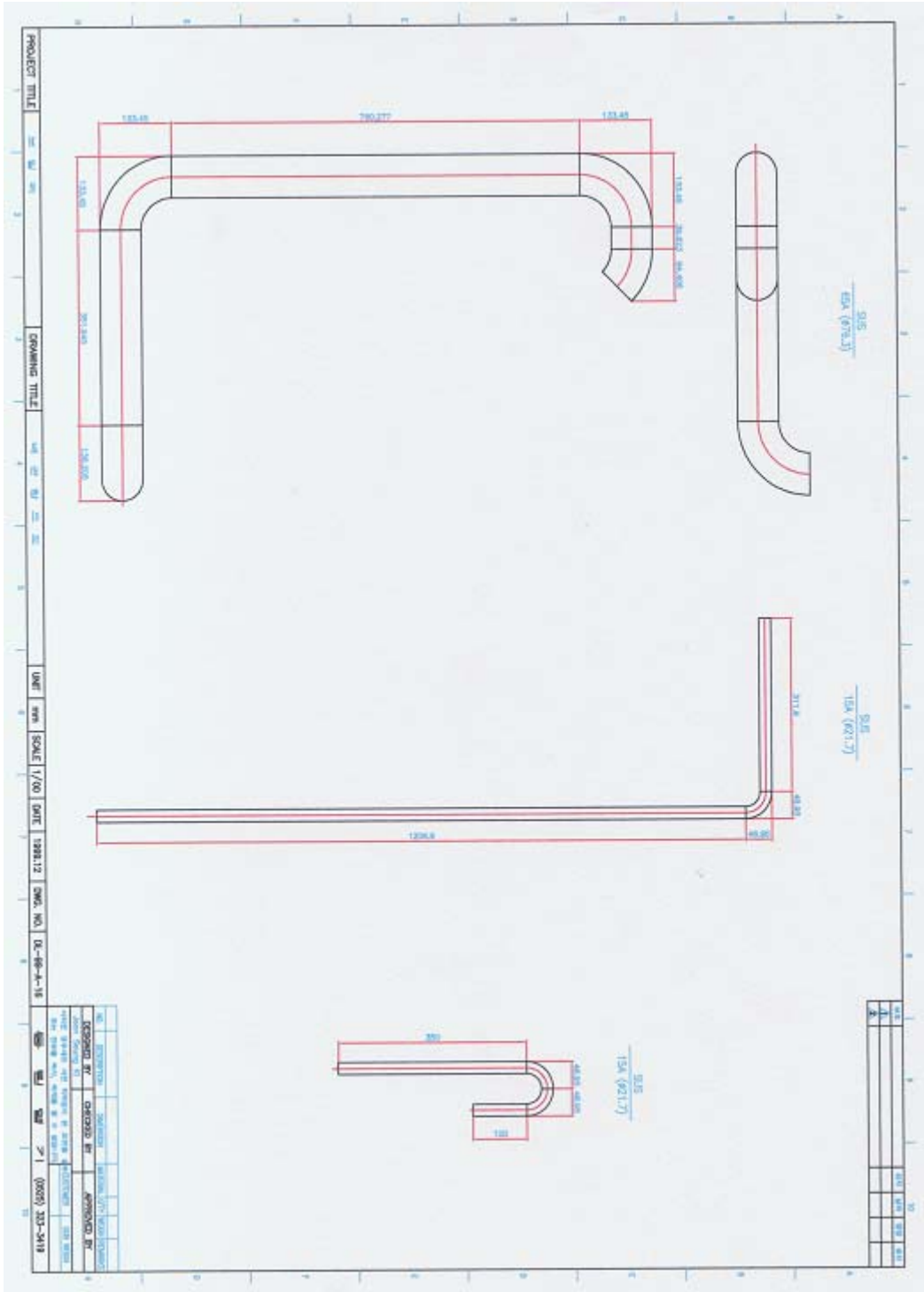
1 절 지중난기 도면

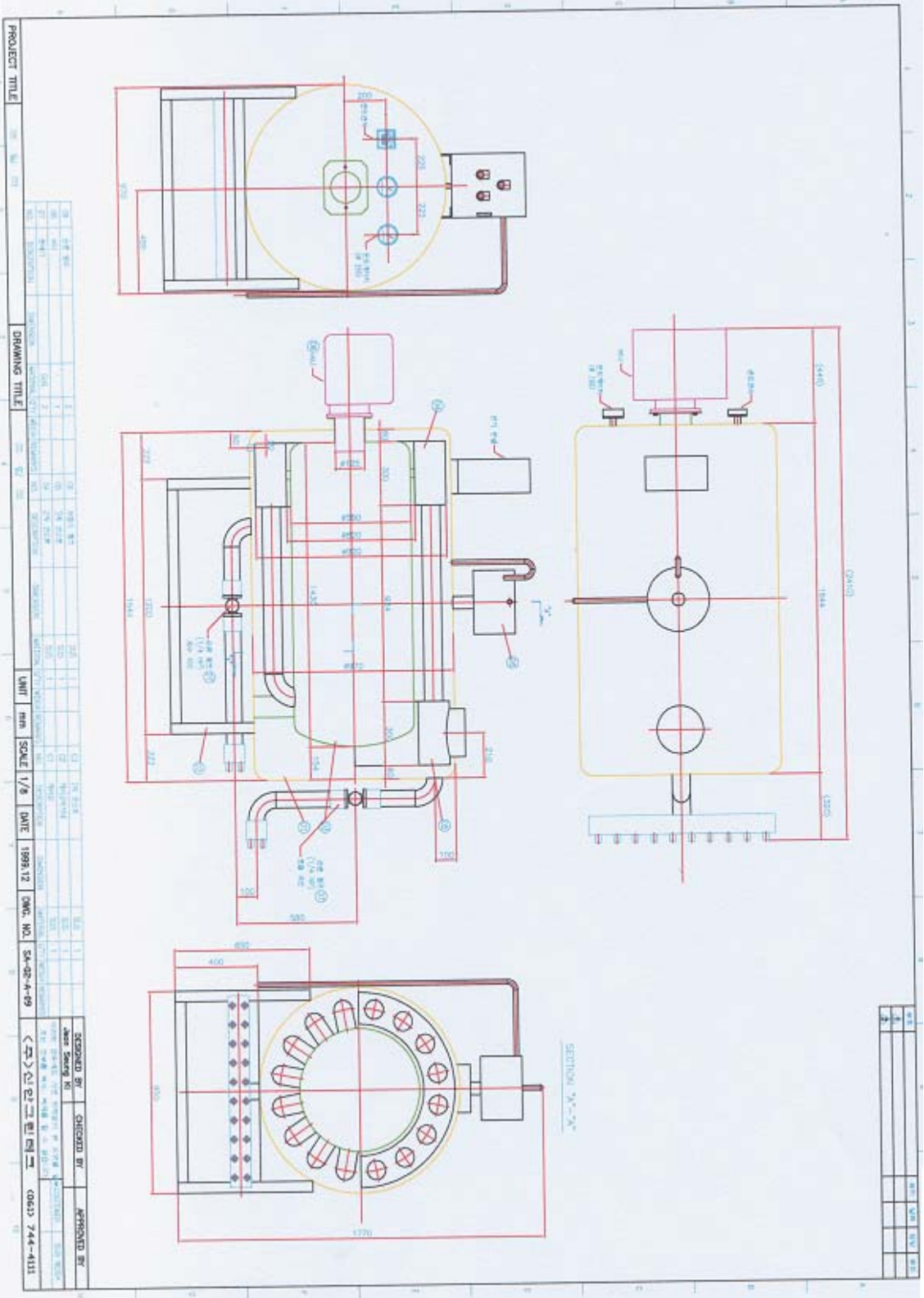


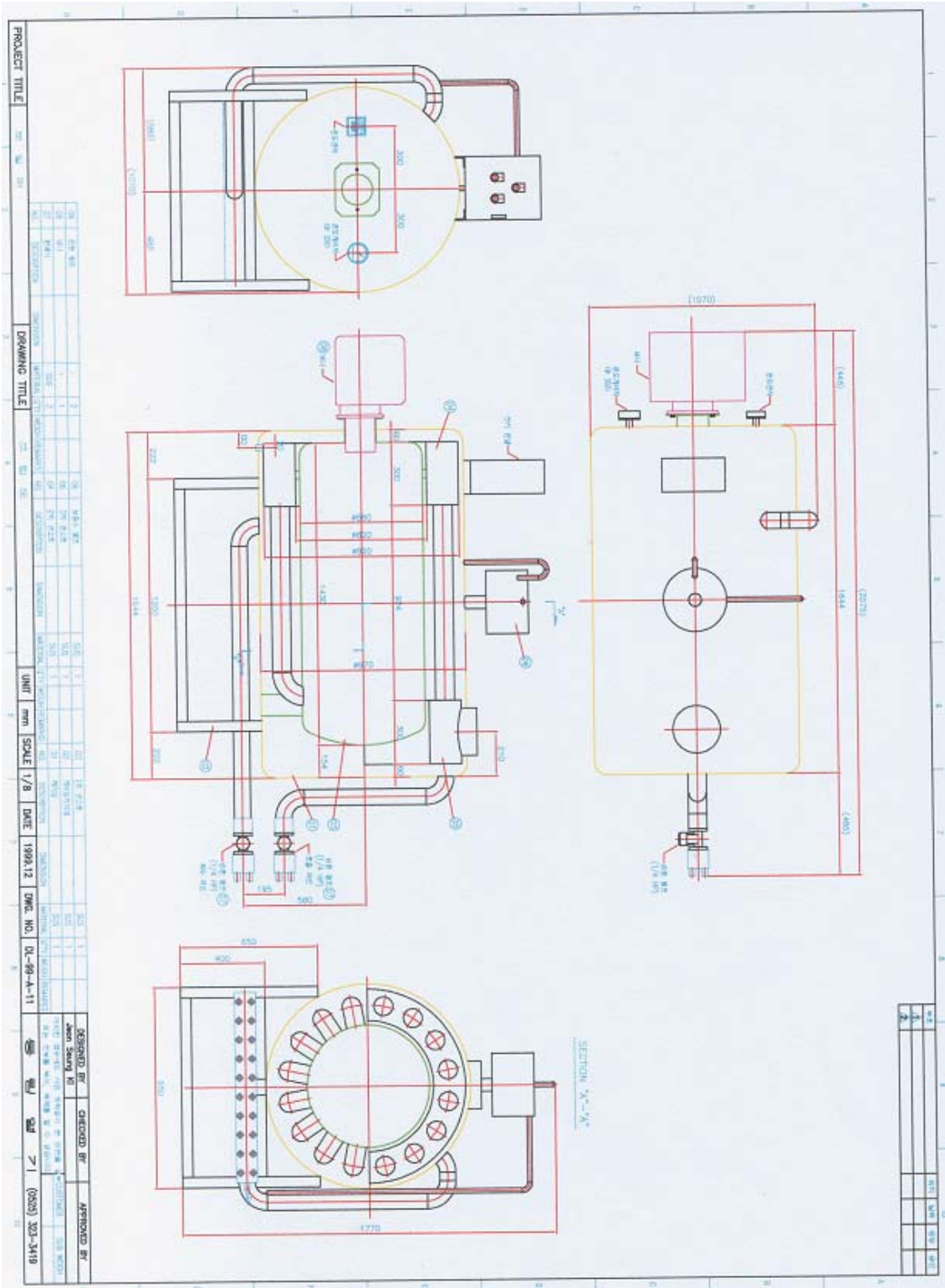


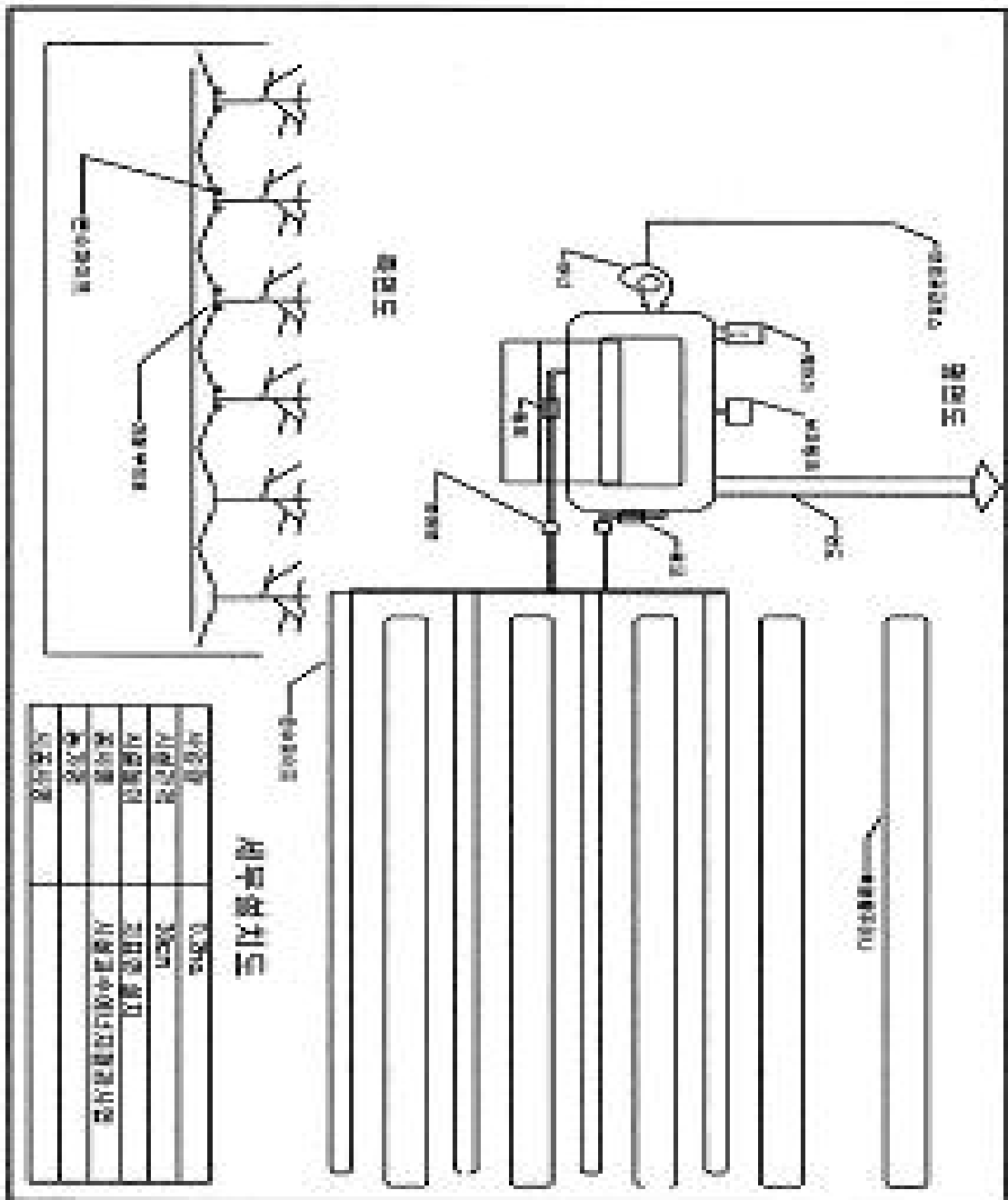


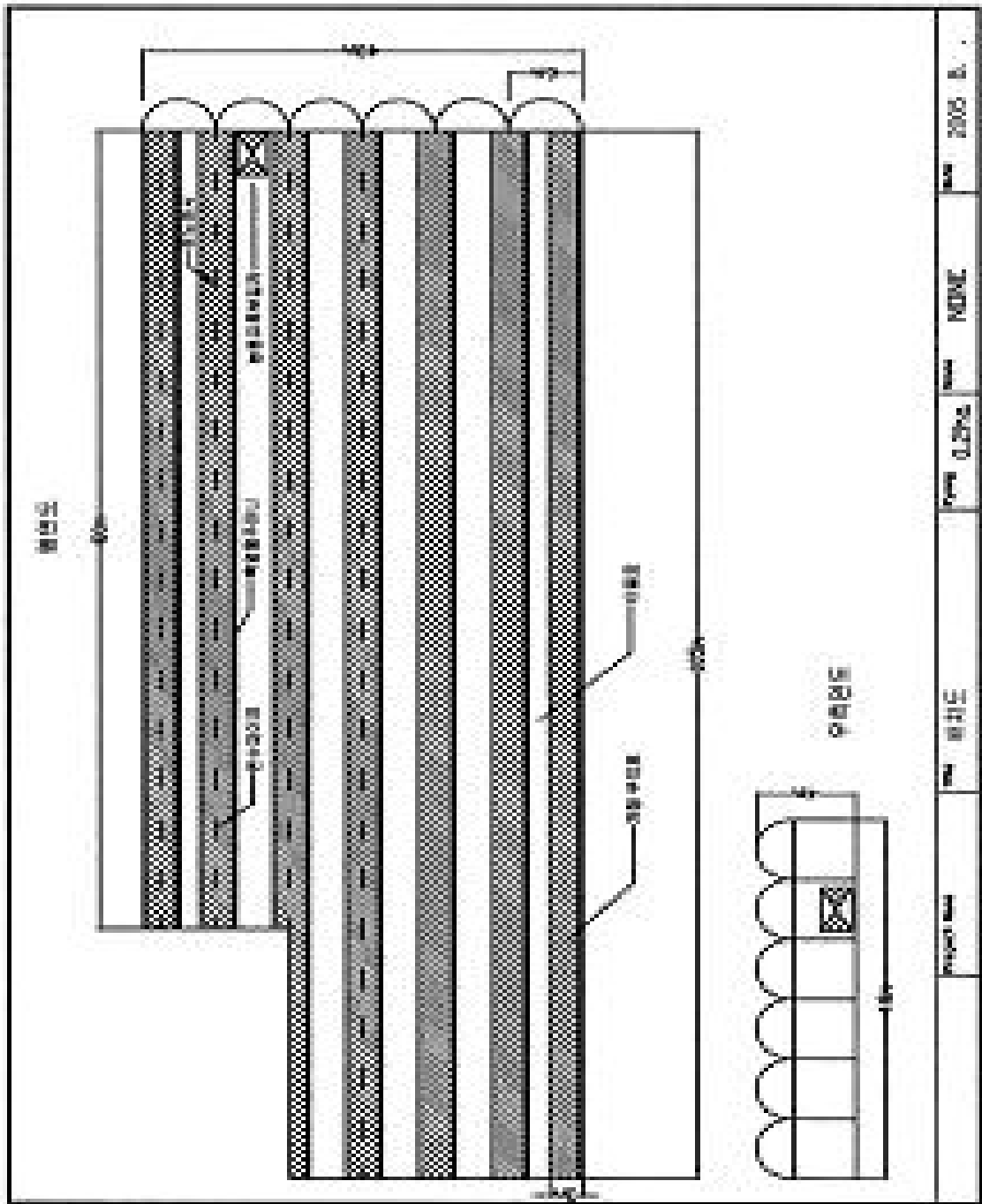






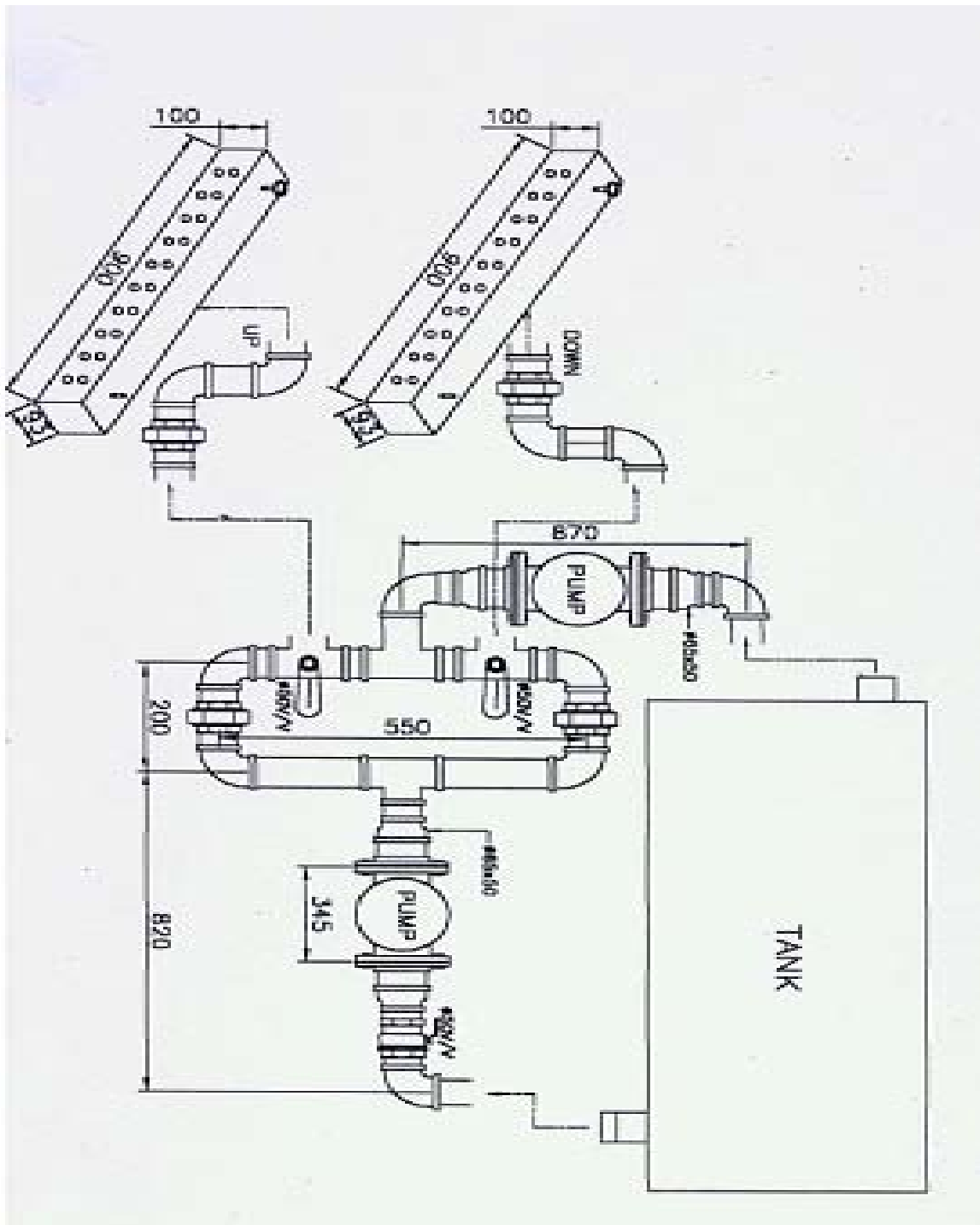




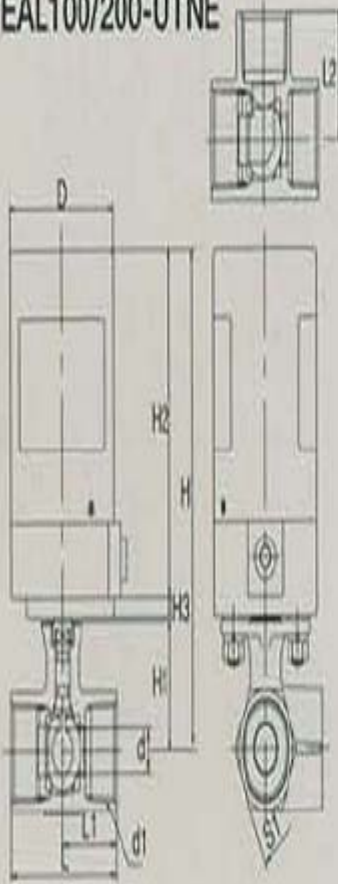


PROJ. NO.	REV.	DATE	BY	CHKD.	APP. BY	DATE

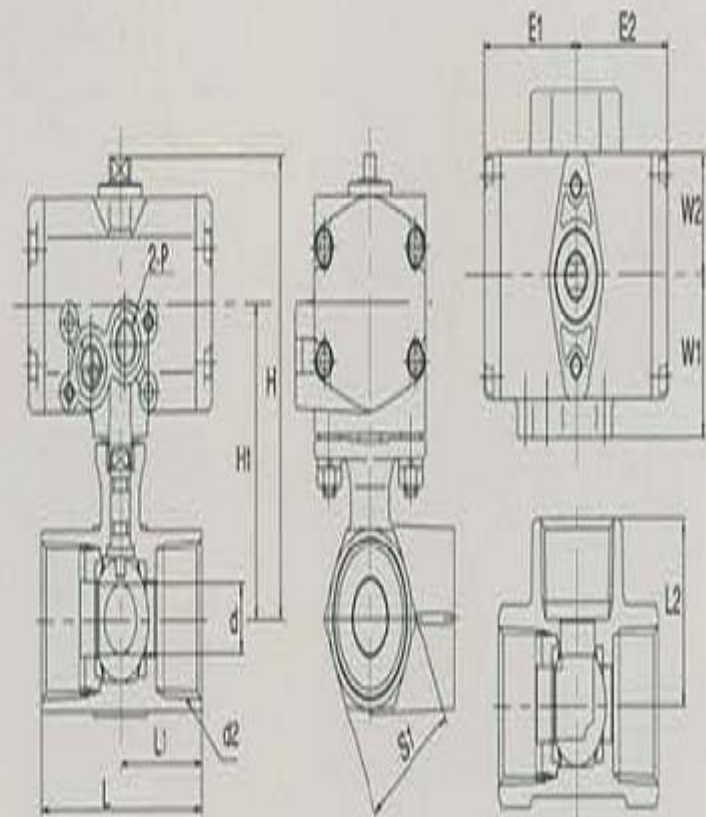
2 절 삼방변 시스템 도면



● EAL100/200-UTNE



● C-UTNE



제 8 장 참고문헌

1. C. Belec, N. Tremblay, J. Coulombe Liming and calcium cyanmide for clubroot control in cauliflower .ISHS Acta Horticulturae 635
2. Knott's handbook for Vegetable growers second edit 1973 " Temperatue required to destroy pests in compost soil" p38
3. Robert L. Wick, 1995 Root Diseases of Greenhouse Crops Univ. of Massachusetts Extention
4. R.Z. Eltez, Y.Tuze The effects of soil solarization on glasshouse tomato growing ISHS Acta Horticulture 366
5. Scott R.Yates, Dong Wang, Sharon K. Papiernik and Jay Gan, 2000 Contronlling agricultural emissions of methyl bromide IGActivities No.19 Jan
- 6.還元消毒 施設土壤病蟲害에 대한 防除 效果 와 下層消毒方法 2003. 1 北海道道立南農業試驗場 研究部病蟲科 園藝環境科
7. 토마토 土壤病蟲에 대한 土壤還元消毒效果 2003 제50회 關東東山病蟲害研究會發表
8. 채소병충해. 1987. 농진청
9. 植物防疫講座 -第2版- 病害編. 1990. 社團法人日本植物防疫協會
10. 土壤病害의發生生態と防除. 1995. 駒田 亓
11. Plant Pathology -4th ed. 1997. George N. Agrios.
12. '99 친환경농업기술교재. 1999. 경기도농업기술원
13. 박과작물 병의 진단과 방제이론. 1999 김기창
14. '99 농약사용지침서. 1999. 농약공업협회
15. 農業技術大系(1995), 土壤肥料編(7), 農山漁村文化協會
16. 류달영(1999), 有機農業事典, 사단법인 한국유기농업협회
17. 유기농업에 관한 연구(1993), 농업기술연구소, 농특과제 3년차 보고서
18. 농촌지도사업활용자료(1997), 농촌진흥청
19. 土壤病害의發生生態と防除 1995. タキイ種苗(株)
20. '98 시험연구보고서(상추시들음병 방제법 구명시험) 1998. 경기도농업기술원
21. 太陽熱とハウス密閉處理による土壤消毒法について. 1980. 小玉孝司奈良縣農業試驗場研究報告書 第 10p
22. C. Belec, N. Tremblay, J. Coulombe Liming and calcium cyanmide for clubroot control in cauliflower .ISHS Acta Horticulturae 635.
23. Baker, K. F., and Roistacher, C. N. 1957. Principles of heat treatment of soil. p. 138-161.
24. Knott's handbook for Vegetable growers second edit 1973 " Temperatue required to destroy pests in compost soil" p38.
25. Robert L. Wick, 1995. Root Diseases of Greenhouse Crops Univ. of Massachusetts Extention.
26. R.Z. Eltez, Y.Tuze The effects of soil solarization on glasshouse tomato growing ISHS Acta Horticulture 366.
27. Scott R.Yates, Dong Wang, Sharon K. Papiernik and Jay Gan, 2000 Contronlling agricultural emissions of methyl bromide IGActivities No.19 Jan.

28. 還元消毒 施設土壤病蟲害에 대한 防除 效果 와 下層消毒方法 2003. 1 北海道道立南農業試驗場 研究部病蟲科 園藝環境科.
29. 토마토 土壤病蟲에 대한 土壤還元消毒效果. 2003. 제50회 關東東山病蟲害研究會發表.
30. 이성재 외 2인. 1999. '99 농촌진흥청 대형공동연구보고서.
31. 김영복, 박중춘. 온실 토양가온 및 토양소독 시스템. 한국농업기계학회 2005 하계 학술대회 논문집. 10(2):414-417
32. 이기명, 박규식. 시설환경 기계·설비 자동제어. 1997. 일진사. pp31-37
33. 농업공학연구소. 1996. 비닐하우스용 온수 보일러 지중배관 기준설정
34. 농업공학연구소. 2005. 농업에너지 이용기술의 이해와 실제
35. J.P.Holman. 2005. Heat transfer 9th edition. McGrawHill

※ 보고서 겉표지 뒷면 하단에 다음 문구 삽입

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.