

GOVP1200613115

T0013381

최 종  
연구보고서

묘삼 재배용 경량-다공성 인공토양과 묘삼 재배  
시설 및 기술 개발에 관한 연구

Development of light weight porous minerals and field  
growth facility for young ginseng root production

충 남 대 학 교

농 립 부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “묘삼 재배용 경량-다공성 인공토양과 묘삼 재배 시설 및 기술 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003 년 12 월 19 일

주관연구기관명 : 충남대학교

총괄연구책임자 : 정 덕 영

세부연구책임자 : 정 덕 영

연 구 원 : 김 동 표

연 구 원 : 이 경 민

연 구 원 : 이 교 석

연 구 원 : 이 상 화

협동연구기관명 : 대구대학교

협동연구책임자 : 정 병 룡

## 요 약 문

### I. 제 목

묘삼 재배용 경량-다공성 인공토양과 묘삼 재배 시설 및 기술 개발

### II. 연구개발의 목적 및 필요성

우량 청정 홍삼은 외국 시장에서 경쟁력이 높은 경제성 작물이며, 우리나라 인삼 총생산량의 20% 정도가 수출되고 있다. 그러나 세계 시장에서 시장 점유율이 5%미만으로 경쟁력 제고가 요구되고 있다. 과학 영농이 요구되는 현실에 반하여 거의 진보가 없는 재배 방식을 답습하고 있기 때문에 재배 의욕 증진 재배방법의 개발이 절실히 요구되는 있는 실정이어서 본 연구는 우량 묘삼을 재배하기 위한 경량-다공성 인공 토양과 묘삼 재배 시설기술 개발에 관한 연구이다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

국내의 중요 인삼 산지에서 초작지의 절대부족으로 예정지 선정시 제작지의 재활용이나 초작지의 이동 문제로 인하여 연작장해의 해결은 시급한 과제로서 연구내용은 묘삼을 시설재배하기 위하여 용 인공토양과 관리 기술이며 이를 위하여 세부 연구내용은 1)인공 토양 개발에 사용되는 인공토양 소재 검정 및 인공토양 기준 검토 평가하고, 2) 인공토양 성형 기술 및 제품화 기술 개발을 위하여 소재별 혼합비율, 처리온도 및 압력, 가수수분함량을 조사하여 3)소재별 인공토양 개발 처리 조건 및 제조하기 위하여 선정된 소재의 혼합비율과 처리조건을 달리하여 인공토양을 제조하여 4) 성형 조건별 광물 결정 구조 및 형태적 특성에 따른 성형 점토광물의 이화학 특성 검정 및 평가, 5) 인공묘상 적정 조성 비율에 따른 묘삼재배를 실시하여 6) 묘포 근권 및 재배 환경 관리 기술개발을 시도하였다.

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발의 결과
2. 활용에 대한 건의

## SUMMARY

(영문 요약문)

### Chapter 1 Title

Development of light weight porous minerals and field growth facility for young ginseng root production

### Chapter 2 Objectives and Importance

To increase of the competition capability is to increase the quality of the young ginseng roots which can be transplanted to the ginseng field which requires pre-treatment to protect indigenous disease and nutrient deficiency. By considering these problems occurring in growth of ginseng root, we tried to investigate the many minerals which are using and used before to develop the light weight porous minerals and field growth facility for young ginseng root production

### Chapter 3 Contents and scope

To do achieve the goal mentioned above, we investigated the following categories.

- Selection of media to develop the light weight porous minerals which by investigating physical and chemical properties of natural minerals, their water holding capacity, and available water
- Determination of mixing conditions among the selected natural minerals to formulate the light weight porous minerals with various amount of vaporizer under different temperature with pressure. On the other hand initial water content were adjusted with mixing conditions.
- Investigation of germination and growth of the young ginseng roots according to growth media conditions based on the mixing ratios among the selected materials as investigated above.

- Find the best management practice to utilize the he light weight porous minerals and others amended.

## Chapter 4. Results and proposal for practical use

- Selection of media to develop the light weight porous minerals

To improve the water holding capacity for mixed mineral, it needs to select the smaller particles while the amount should be increased but not exceed 50 % for the selected smallest particle size.

- To develop the proper the light weight porous minerals, it required the at 800 °C temperature and slightly increased pressure just above atmospheric pressure. But we found that the development of potential internal pore was influenced by the amount of vaporizer added as Alumina powder. Also the surface changes in addition to the internal pore may influenced water holding capacity. For example the amount of water was increased with low formulation temperature. It could can be attributed by decreasing surface charges.

- The mixing ratios of germination and growth of the young ginseng roots showed that the water holding capacity was increased with increasing amount of smaller particles less than 1 mm. And the results of the capillary rise from the various mixture showed that the water content decreased with increasing depth from the top of the column, which was similar to the proper water distribution recommended for the ginseng growth. Therefore, it can be desirable to utilize the bottom irrigation method to grow the young ginseng root.

- Finally, it can be concluded that the growth media, by properly mixed materials, could be shortened the growth period as well as quality of the young ginseng root. However, there were not enough to time to finalize the methods of formulation, selection of the proper materials to be mixed, as well as to convince the best management methods to grow the young ginseng root. It needs further investigation to be practically used in ginseng field.

## CONTENTS

Chapter 1. Introduction .....	7
Section 1. Purpose of Research .....	7
Chapter 2. Present status of Research and Technology .....	10
Section 1 Present status and pending subjects related to research .....	10
Section 2. Future prospects .....	12
Chapter 3. Contents and Results.....	14
Section 1. Contents of research .....	14
Section 2. Theoretical background of research .....	25
Section 3. Results and discussion .....	31
Chapter 4. Goal of Research.....	70
Chapter 5. Utilization Plan of Research and Development.....	71
Chapter 6. State-of-Art information of related topics.....	72
Chapter 7. Reference .....	73

## 목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요.....	7
제 1절	연구개발의 목적 및 필요성 .....	7
제 2 장	국내외 기술개발 현황 .....	10
제 1절	국내·외 관련기술의 현황과 문제점.....	10
제 2절	앞으로 전망 .....	12
제 3 장	연구 개발수행 내용 및 결과.....	14
제 1절	연구 개발수행 내용 .....	14
제 2절	연구의 이론적 배경 .....	25
제 3절	연구 개발수행 결과 .....	31
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도.....	70
제 5 장	연구개발결과의 활용계획.....	71
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보.....	72
제 7 장	참고문헌.....	73



## 제 1 장 연구개발과제의 개요

### 제 1절 연구개발의 목적 및 필요성

홍삼은 외국 시장에서 경쟁력이 높은 경제성 작물로서 2002년 기준 우리나라 인삼 총생산량의 20% 정도가 수출되고 있으나 세계 시장에서 시장 점유율이 5% 미만으로 안정적 생산 공급 뿐만 아니라 WTO가 출범되면서 국제간 경쟁도 더욱 치열해지므로 이에 대처하기 위하여 경제성이 제고된 친환경묘삼 재배기술 개발 필요한 작목이다. 그러므로 우량 묘삼은 인삼의 가치를 높일 수 있는 원천이기 때문에 묘포에 관한 과학적이며 체계적인 재배기술이 요구되는 현실에 반하여 거의 진보가 없는 토직 묘삼포, 반양직묘포, 양직묘포 등 예전 방식을 답습하고 있어 과학 영농에 기초한 새로운 재배방법 개발하여 환경적응력이 크고, 생산력도 높은 양질 청정인삼을 재배기술개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

현 묘삼재배와 관련한 기술상태의 문제점을 살펴보면 우리나라의 묘삼재배방식은 기계화되지 못한 방법이며 현실적으로 30cm 정도의 두둑을 만들기가 불가능하기 때문에 실제로는 약 10~15cm의 두둑을 만들고 종자를 파종함으로써 우량 묘삼 생산이 어렵다. 그리고 10월 하순에 묘포작업을 시작하여 땅이 얼기 전에 작업을 끝내야 하기 때문에 작업시간상 문제가 발생할 수 있고 작업 특성상 일정한 시기에 많은 인력의 동원이 필요하나 농촌인구의 감소와 고령화로 인력의 동원이 어려운 현실이다.

한편 우량 묘삼 재배를 위한 양질의 묘삼 소재 개발 미흡하며 묘삼재배 시 노동력 및 경비 절감 기술 개발이 필요하며 일부 묘삼 포에서 병해충의 발생이 격증하여 우량 묘삼 재배 제한 요인으로 작용하고 있다. 이와 같이 묘삼 재배 중앙 종합관리 기술 전무하며 농약 등 사용에 따른 품질 및 제품 안정성 저하가 극히 우려된다. 현재 조사된 묘삼재배와 관련한 기술적 측면에서 개선하여야 할 점은 묘삼 생산에 가장 큰 문제점인 수분관리와 토양오염 등을 해결하기 위하여 재배기간에 따른 위험부담을 줄일 수 있는 안정적 재배기술, 양질묘포불량화 및 양직묘포 설치기피에 의한 묘삼 소질 저하 방지 재배법, 연작장해 원인인 근부병에 대한 종합적인 방제법이 개발이 요구된다.

경제·산업적 측면은 양질의 홍삼 원료 및 백삼을 생산하기 위해 우량 묘삼의

생산이 필요하며 홍삼포의 경우 토양병해충 등 경작지의 영향에 의해 중도 폐지율이 최근 40~50% 정도에 달하기 때문에 이를 개선할 경우 절대적인 수익 증대효과를 얻을 수 있으므로 새로운 재배기술의 개발이 절대적으로 요구되고 있다. 그리고 생산과정의 위험부담을 줄임으로서 경작자의 경작 의욕을 고취하기 위하여 홍삼 원료 및 백삼을 생산하기 위해 우량 묘삼의 생산이 필요하다.

사회·문화적 측면은 국내의 중요 인삼 산지에서 초작지의 절대부족으로 예정지 선정 시 재작지의 재활용이나 초작지의 이동 문제로 인하여 연작장해가 발생하고 있으므로 기존의 재배방법을 대체하는 기술을 개발하여 기존의 재배방식에 의해 발생하는 부작용을 최소화 할 뿐만 아니라 최근 날로 관심이 높아가는 친환경적인 방법으로 청정인삼을 생산하여 농가소득 증대에 기여하여야 한다.

그러므로 묘삼재배와 관련한 전망을 살펴보면 농촌 인구의 감소와 노령화, 부녀화로 농촌의 노동력 부족과 임금의 상승으로 인하여 노동경합이 적고 노동력의 수요가 적으며 효율적 재배와 방제 기술, 제초제 등 농약 사용 감소 및 안전 묘삼 재배 기술, 묘삼 재배 적지 문제 해결 기술, 효율적 중앙 종합 관리 재배 소재 기술이 필요하다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1절 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

묘삼은 6년생 홍삼을 생산하기 위해 인삼종자를 파종하여 1년 6개월을 집약적으로 관리하여 키운 것으로 우량한 묘 생산은 형태와 품질이 우수한 홍삼을 재배하기 위한 가장 중요한 전제조건이다. 묘삼재배는 인삼 종자의 채종 및 파종, 묘포설치, 예정지관리, 파종상 설치, 관수 및 병충해 관리로 구분하며 묘삼과 관련한 국내와 연구동향은 묘삼생육을 위한 육묘상토개발, 묘포, 관리와 방제를 위한 생산비 절감 육묘기술, 공정육묘 생산기술개발로 대별할 수 있으나 인삼연구와 비교시 연구는 매우 미미한 것으로 조사되었다.

#### 1. 국내동향

국내에서는 Allelopathic기작을 이용한 생태학적측면의 잡초 및 병해충방제 연구가 화학연구소, 농업과학기술원 등을 중심으로 수행되고 있으나, 인삼 등 고품질 청정농산물 생산과 관련한 묘삼 재배 자재 및 시설 재배 기술 개발은 아주 미미하며 주로 초작지, 개작지 등 노지 재배 기술과 관련한 연구가 주를 이루고 있다. 현재 관행적으로 원야토로 사용되고 있는 일부 소재는 일부지역에 한정된 것으로 원거리 인삼육묘농가에는 확보에 큰 부담이 되고 있어 이를 효과적으로 대체할 수 있는 상토개발 연구가 활발히 진행되고 있으며 그리고 북부농업시험장에서는 묘삼 생산의 어려움과 낮은 특묘율, 생산 고비용의 문제점을 해결하고자 '98년부터 묘삼생산 기술개발 연구를 수행하고 있다.

그리고 묘삼재배는 알려진 바와 같이 많은 생산비가 소요되어 자재 및 노동력을 절감하여 생산비를 최대한 절감시키기 위한 일복자재와 연관한 피복자재의 활용 및 피복노력 절감을 위한 육묘상 동계피복방법 개선 연구, 일복가설의 생력화 및 일복자재의 비용 절감을 위한 일복가설방법 개선 연구, 병해방제 노력절감으로 생산비를 줄이고 저농약 고품질 우량묘삼을 생산하기 위한 묘포 병해방제 노력절감 기술개발 등이 추진되고 있다.

묘삼생산은 넓은 면적과 비용이 소요되며 생산방법이 복잡하고 생산기간이 길며 성묘율도 낮다. 따라서 북부시험장의 경우 플러그(Plug)육묘를 통하여 규격묘 생

산율은 높이기 위한 연구와 같은 저비용 규격묘삼 대량생산을 위한 공정육묘기술 개발이 시도되고 있다.

이와 관련한 주요 연구 결과를 살펴보면 번종후 말면 비닐피복이 묘삼생산에 미치는 영향(1985), 묘삼의 소질이 본포에서의 생육에 미치는 영향(1980), 양식묘단 토양의 물리성이 묘삼생육 및 수량에 미치는 영향(1995), 묘삼 수량에 미치는 부초와 피트효과(1983), 산지 반양직묘포에서 육묘방법 및-묘삼 생산실태(1988), 묘포의 광도및 토양함수량이 인삼의 생육에 미치는 영향(1984)이 있다.

## 2. 국외 연구동향

묘삼과 관련된 연구는 거의 행해지지 않고 있으며 캐나다의 인삼재배시설은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 차광시설이 국내 재배방법과 차이가 있어 야생형태 목재 재배나 경작재배(Wild-simulated woods-grown ginseng)의 상태하에 시설재배기술 개발이 시도되고 있다.



Figure 1. 캐나다(좌)와 한국(우)의 인삼 재배시 차광시설 그림

현재 중국의 주요 인삼 재배 지역은 중국의 동북부에 위치하고 있는 길림성을 위시하여 요녕성 및 흑룡강성의 3개 지역으로 1980년대부터 관행재배법 개발을 시작으로 연구가 한창 진행 중에 있다. 미국의 경우 일반재배법 보다는 야생에서 채취한 인삼 등을 대상으로 하여 Allelopathic 식물을 이용한 토양보호, 작부체계개선 및 잡초방제 연구가 수행되고 있으며 한편 미국(Arkansas주 농림부 중심)에서는 유전자 탐색 기술 등 중점적으로 연구·추진하고 있으며 화학적 측면에서는 천연제조제로서의 이용을 위한 제조활성물질 분리·동정 연구가 활발히 진행되고 있다.

## 제 2절 앞으로 전망

현재 우리나라의 인삼재배방식은 미국이나 캐나다와 같이 (Fig. 1) 기계화되지 못한 방법으로 현실적으로 30cm 정도의 두둑을 만들기가 불가능하기 때문에 실제로는 약 10~15cm의 두둑을 만들고 종자를 파종함으로써 (Fig. 2) 우량 묘삼생산에 어려움이 있다. 일부 묘삼포에서 병해충의 발생이 격증하여 우량 묘삼 재배 제한 요인으로 작용하고 있을 뿐만 아니라 농약 등 사용에 따른 품질 및 제품 안정성 저하가 우려된다. 한편 반드시 10월 하순에 묘포작업을 시작하여 땅이 얼기 전에 작업을 끝내야 하기 때문에 작업시간상의 문제가 발생할 수 있으며 작업 특성상 일정한 시기에 많은 인력의 동원이 필요하나 농촌인구의 감소와 고령화로 인력의 동원이 어려운 현실이다.



Figure 2. Photos showing the process of cultivating and planting the ginseng root crop at the fields

한편 우량 묘삼 재배를 위한 양질의 묘삼 소재 개발, 묘삼재배 시 노동력 및 경비 절감 기술 미흡하며 개발, 묘삼 재배 중앙 종합 관리 기술이 매우 미흡하다. 한편 현재 우리나라의 농촌 인구감소와 노령화, 부녀화로 농촌의 노동력 부족과 임금의 상승으로 인하여 노동경합이 적고 노동력의 수요가 적으며 효율적 재배와 방제 기술 개발 필요하다.



Fig 3. Photos showing the present status of establishing the cultivating plot of the ginseng root crop at the fields

그리고 친환경농업을 실천하기 위하여 제초제 등 농약 사용 감소 및 안전 묘삼 재배 기술, 묘삼 재배 적지 문제 해결 기술, 그리고 효율적 중앙 종합 관리 재배 소재 기술을 개발하여 대외 경쟁력 강화 경제성 제고를 위한 인삼 재배방식이 절대적으로 필요하다.

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1절 연구 개발수행 내용

양질의 규격화된 묘삼 생산을 목표로 잡초 및 토양전염성병해를 감소시킬 수 있는 묘삼재배용 인공토양과 묘포베드 개발, 초작지가 필요 없는 묘삼 시설재배 모형 개발, 인삼재배용 인공토양을 이용한 시설재배 환경 관리 모델 개발, 묘포 근권 토양 및 영양관리 기술을 조사하여 저비용 규격묘삼 대량생산을 위한 공정육묘기술 개발을 목표로 하여 다음과 같은 내용에 대하여 연구를 실시하였다.

- ▶ 초작지 관리가 필요 없는 시설재배를 통한 양질 규격 묘삼생산기술 개발
- ▶ 묘삼재배용 인공토양 개발과 관리 기술 개발
- ▶ 인공 시설상내 묘삼 재배기술 개발

#### 1. 묘삼 시설재배용 인공토양과 관리 기술 개발

인삼은 고소득 작목이나 재배에 필요한 묘삼생산이 어렵고 경비가 많이 소요되어 생산비를 줄이기 위한 대체상토, 상토량 및 혼합기술 개발과 관련한 연구가 많이 진행되고 있으며 상토 조제시 활성탄 등 각종 토양개량자재의 활용방안도 대두되고 있다.

본 연구에서 개발하고자 하는 상기와 같은 현상을 고려하여 토양물리성에 따른 수분보유능과 통기성 개선이 가능하며 토양에 투입시 토양산도를 보정하는 등 토양의 이화학성을 조절할 수 있는 경량 다공성입자상태의 묘삼재배소재개발을 목표로 하였다.

#### 가. 인공 토양 개발

##### 1) 인공토양 소재 검정 및 인공토양 기준 검토 평가

###### 가) 소재별 이화학 특성 조사

본 연구에 사용한 인공토양 성형용 소재는 Si와 Al이 주 구성요소로 돼 있는 점토광물로서 소재광물의 결합 엔탈피와 반응간 상변화에 따른 엔탈피 변화를 가정

한 열적변화를 기준하여 2:1 광물에 속하는 Perlite, Vermiculite, Zeolite, Bentonite, Talc ( $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ ), 미분 등이며 화학구성식은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical properties of clay minerals and materials which can be used for developing the multifunctional media.

Sample	Chemical Components	pH	EC (ds/m)	CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
Perlite	Si, Al, K, Na, Fe, Ca, Mg, O ...	7.66	0.38	1.65
Vermiculite	$(Mg,Ca,K,Fe II)_3(Si,Al,Fe III)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$	7.51	0.21	37.2
Zeolite	Analcime( $Na Al \cdot Si_2O_6 \cdot H_2O - SiO_2$ 54.5%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 23.2%, Na <sub>2</sub> O 14.1%, H <sub>2</sub> O 8.2%) Clinoptilolite( $(Na_2, K_2, Ca)O, Al_2O_3 \cdot 10SiO_2 \cdot 7H_2O$ ) Mordenite ( $(Na_2, K_2, Ca)O, Al_2O_3 \cdot 9SiO_2 \cdot 6H_2O$ )	6.52	0.59	85.1
Bentonite	$(Na, Ca)_x(Ai, Mg)_8(Si_4O_{10})_3(OH)_{10} \cdot 6H_2O$	9.20	1.78	53.2
Talc	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ MgO : SiO <sub>2</sub> : H <sub>2</sub> O = 31.9% : 63.3% : 4.8%	9.14	0.39	0.45
<sup>d</sup> H <sub>2</sub> O		5.83	0.01	-

나) 인공토양 성형 기술 및 제품화 기술 개발

인공토양을 제조하기 위하여 Table 1에 제시된 소재를 혼합한 후 Fig. 4의 장치를 이용하여 성형된 소재의 용도는 Table 4와 같다.

Table 2. Uses of materials used in this experiment

Sample	Uses
Perlite	Utilization of layered structure for moisture holding capacity
Vermiculite	Utilization of high cation exchange capacity
Zeolite	Utilization of high cation exchange capacity
Bentonite	Utilization of high cation exchange capacity
Talc	Utilization of high pH to correct the condition of soil
Stone Power	Addition of basal bulk increase

한편 이러한 소재를 결정성형화하기 위하여 압력, 습도, 온도조절이 가능한 Hot Pressure Chamber와 Hot thermal furnace를 사용하여 성형하였다 (Fig. 4). 이는 기존의 1000℃의 회화로를 이용시 수분보유력과 CEC가 낮아지는 단점을 보완하기 위해, 고온 고압의 autoclave (187℃-12bar)를 이용하여 수분보유력 및 CEC를 보완



하고 강도 조건을 충족하여 인공토양을 제조하였다.



Figure 4. Pictures of Hot Pressure Chamber and Hot thermal furnace.

(1) 소재별 혼합비율별, 처리온도 및 압력, 가수 수분함량별

각각의 소재를 100 %를 기준하여 혼합하여 처리온도와 압력을 달리하여 인공토양을 제조하였다.

Table 3. Typical materials and their mixing conditions for developing the artificially crystallized materials for ginseng culture.

Materials	Perlite	Vermiculite	Zeolite	Bentonite	Talc	Stone Power	Others
Perlite		○	○	○	○	○	○
Vermiculite	○		○	○	○	○	○
Zeolite	○	○		○	○	○	○
Bentonite	○	○	○		○	○	○
Talc	○	○	○	○		○	○
Stone Power	○	○	○	○	○		○
Others	○	○	○	○	○	○	

○ Mixing but mixing ratios were varies with the materials selected  
 Temperature treated were 500 and 800 °C, respectively

배합시험은 부피비에 따른 질량비로 수용성기포제(5ml)와 처리 소재를 교반기에 넣어 교반 후 Dry oven에서 60°C - 6시간 1차 양생한 후 1차 양생물질 회화로에서 500°C와 800°C로 각각 4시간 동안 2차 양생하여 성형하였다. 다른 인공토양 배합은 Perlite : Zeolite : Na-Bentonite 의 부피비를 4 : 4 : 2 로 배합하여 여 105°C oven에 약 5시간동안 1차 가열 후 800°C 회화로에서 2시간이상 가열하여 처리하였

다.

실험 예 1. 첨가제로 사용된 접착제 A와 CaO의 함량 변화로 인한 1차 건조시간 및 강도 조건에 미치는 영향 확인을 위한 처리와 배합조건은 Table 4와 같다.

Table 4. Example of mixing materials and their mixing ratios used for producing the artificially crystallized aggregate.

Sample	Silicate	Stone Powder	CaO	Bonding Agent	Lime	Bubbler
A	50~60%	0	15%	20~30%	2~5%	0.05~0.1%
B	0	52.67%	24.19%	18.14%	5.0%	0.05~0.1%

(2) Additive 함량, 성형조건과 성형 형태별 인공토양 광물 결정 구조 및 형태적 특성

발포분말함량을 전체 시료의 0.05~0.1% 첨가하여 기포를 형성하는데 사용하였다. 상기 조건하에서 성형된 인공토양을 파쇄기를 이용하여 파쇄한 다음 ASTM 체를(Table 5) 이용하여 입경별로 분리한 다음 ESEM을 이용하여 결정구조를 조사하였다



Photo of ESEM S-2350

Table 5. Mesh size of sieve depending on the US ASTM standard

Mesh No	Mesh Size ( $\mu\text{m}$ )	Mesh No.	Mesh Size ( $\mu\text{m}$ )
10	2000	200	75
25	710	325	45
50	300	400	38
100	150	500	25

(3) 성형 광물의 파쇄 조건별 입경 분포 및 광물구조와 특성 검정

제조된 소재를 토양분쇄기 (Hamilton soil grinder)를 이용하여 분쇄한 시료를 1 mm 이하, 1~2 mm, 2~3.35mm size로 분리하여 조사하였다.



Figure 5. ESEM (Electronic scanning electron microscope) photograph showing artificial minerals (left) and crushed mineral grain (right).

(4) 인공토양의 화학적 특성 - pH, EC, CEC

1 mm 이하, 1~2 mm, 2~3.35 mm 크기로 분리한 시료에 대하여 pH, EC, CEC, 수분보유력 등을 조사하였다. pH와 EC는 5g 시료를 50ml 삼각플라스크에 넣고 25ml 증류수 넣은 다음 30분 동안 혼합한 다음 1시간 정치 후에 pH (Accumet 250)/Electrical Conductivity Meter로 측정하였다. CEC는 각 sample 2g에 1N-NH<sub>4</sub>OAc 50ml를 250ml 삼각플라스크에 넣은 다음 2시간 동안 흔들면서 혼합한 다음 토주에 기포가 생기지 않도록 하면서 80% ethanol로 column내 남아있는 과잉의 NH<sub>4</sub>OAc 이온제거, 다음 500ml Kheldal flask 옮기고, MgO 분말 5g + 증류수 300ml, 증류, 250ml flask에 4% Boric acid 50 ml 넣고 증류관에 연결, 수기에 증류액이 200ml 되면 증류를 종료한 다음 혼합지시약 10방울과 bromocresol green 2방울을 가한 후, 0.1N-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 로 적정하면서 조사하였다.

(5) 수분보유력

수분보유력은 시료를 500ml beaker에 넣고 증류수로 3일 동안 충분히 포화시킨 시료를 아크릴토주에 충전시킨 후 Pressure chamber에 넣고 0.1, 0.3bar의 압력하에서 48시간 동안 정치한 후 무게를 측정한 후 동 시료를 건조기에서 105℃에서 48시간 건조 후 다시 무게를 측정하여 수분함량을 조사하였다. 이와 동일한 방법으로 1 bar, 3 bar, 5 bar 압력에서 각각의 수분 보유력을 무게비로 조사하였다.

수분함량 = 각각의 압력의 평형상태 하에서의 습윤시료무게-건조 후 시료무게

Table 6. Typical materials and their mixing conditions for developing the artificially crystallized materials for ginseng culture.

Materials		Top soil	Perlite	Vermiculite	Zeolite	Bentonite	Talc	Stone Power	Organic Matter
Size(mm)	%								
MFM	1	10	○	○	○	○	○	○	○
		20	○	○	○	○	○	○	○
		30	○	○	○	○	○	○	○
	1-2	10	○	○	○	○	○	○	○
		20	○	○	○	○	○	○	○
		30	○	○	○	○	○	○	○
	2-3.5	10	○	○	○	○	○	○	○
		20	○	○	○	○	○	○	○
		30	○	○	○	○	○	○	○

○ Mixing but mixing ratios were varies with the materials selected

(6)소재 혼합별 모세관 상승

토양구조특성에 모세관 수분상승을 조사하기 위하여 직경 5 cm 아크릴칼럼에 혼합 조건을 달리하여 30 cm 높이로 충전한 후 직경 40 cm, 높이 5 cm인 원형접시위에 물을 4 cm로 채운 다음 모세관 수분상승을 조사하였다.

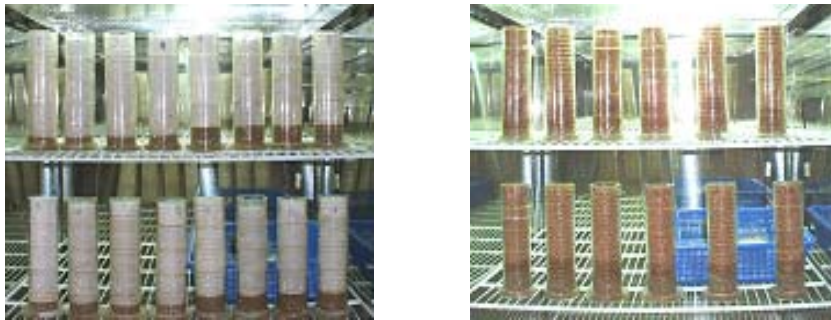


Figure 6. Apparatus to measure capillary rise using acryl column packed with different mixtures of minerals.

그리고 아크릴칼럼에 충전한 각 소재광물의 배합비는 부피를 기준하여 vermiculite

의 경우  $\phi 3.75 \sim 2.0\text{mm}$ ,  $\phi 2.0 \sim 1.0\text{mm}$ 와  $\phi 1.0\text{mm}$  이하를 1:1, 2.5:1.5:1, 3:1:1, 4.5:4.5:1, 5:4:1, 6:3:1의 조건 등 다양한 혼합비율별로 모세관 상승 높이와 높이별 수분함량을 조사하였다.

#### 나. 묘상 시설재배용 인공토양과 관리 기술 개발

개발한 인공토양 소재와 혼용 소재별 인삼종자의 발아특성 및 묘상생육특성을 조사하였다.

##### 1) 재배소재별 발아특성

나) (2)에서 조사한 결과를 기준하여 인삼종자발아특성을 조사하였다. 파종종자는 금산 인삼재배조합에서 채종한 1년차 종자로 후숙처리된 종자로 파종직전 종자 15ℓ 당 200g의 리조렉스 수화제 50%로 분의 소독하여 사용하였다.

파종에 사용된 용기는 높이 5 cm, 직경 5 cm의 아크릴토주에 각각의 혼합비로 처리한 소재를 용적밀도 1.18 g/cm<sup>3</sup> 내지 1.32 g/cm<sup>3</sup>로 충전한 후 표면으로 담수 관개하여 안정화시킨 후 개갑 처리된 인삼종자 3립을 지표면으로 종자의 약 2배 깊이로 파종한 생육특성을 생육상 (25 ℃, 습도 68 %)에서 조사하였다.

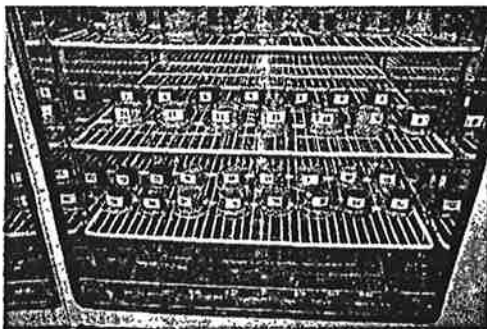


Figure 7. Growth Chamber

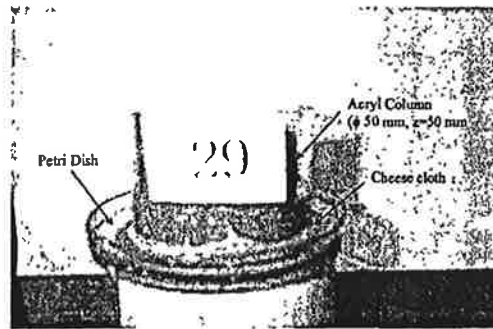


Figure 8. Acryl germination Pot

시설 재배상에서 묘상 생육특성을 조사하기 위하여 Fig. 9와 같은 원형 플라스틱 통 (직경 23 cm, 높이 25 cm)을 이용하여 조사하였다.

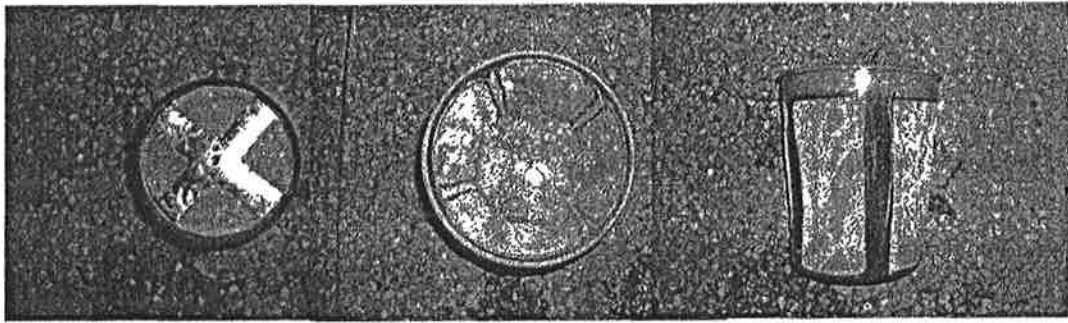


Figure 9. Picture of a picture pot (From left to right Botton, Top, Profile)

플라스틱용기의 측면과 바닥면을 잘라낸 후 40 mesh의 망사를 처리한 후 여기에 가에서 제조한 인공토양과 Perlite, 유기물, 분쇄 표층(Ground top soil), Vermiculite, Zeolite, 등을 일정비로 혼합하여 Fig.10~13과 같이 제작한 재배상자에 충전한 후 파종하였다.

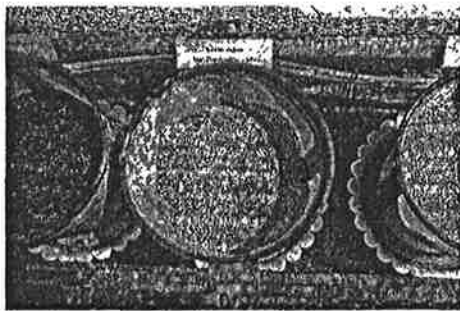


Figure 10. MFM + Vermiculite + others

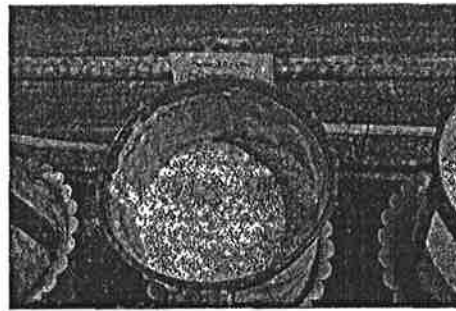


Figure 11. MFM + Zeolite + Others

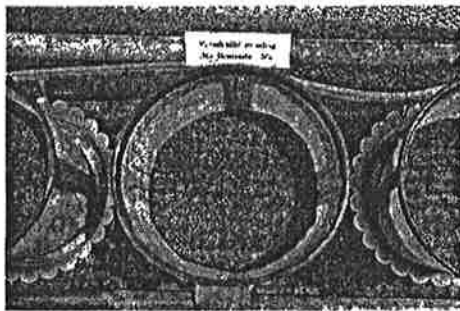


Figure 12. MFM + bentonite + Others

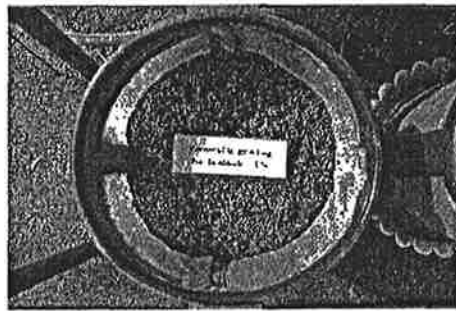


Figure 13. MFM + Top soil + Others

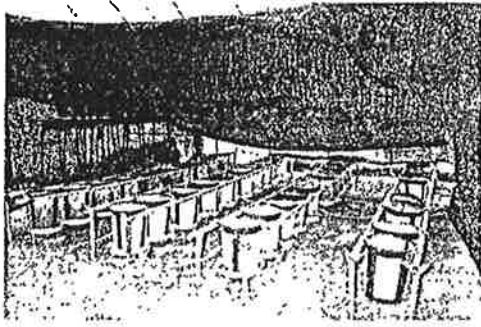


Figure 14. Front view of ginseng culture system

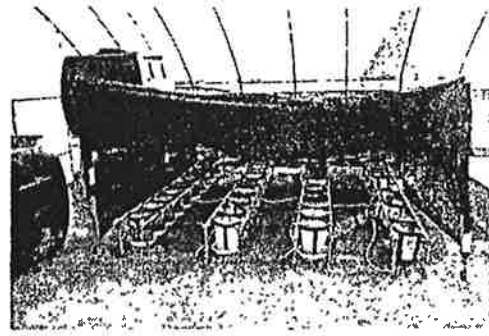


Figure 15. Front view of ginseng culture system

시설 재배 상에서의 재배시스템은 Fig. 16에서와 같이 플라스틱재배용기를 관수반 위에 설치하고 관개는 관수반을 담수시켜 모세관수분이동 의해 수분을 공급하였다.

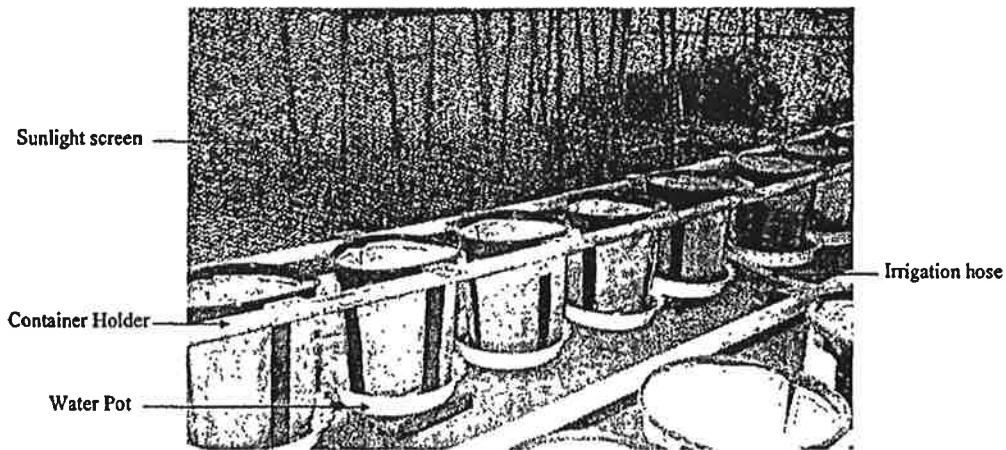


Figure 16. Details of ginseng culture system including irrigation

## 2) 묘포 재배 환경 관리 기술 개발

12월 15일경 파종을 한 후 지상부온도, 파종용기내 온도와 조도변화 등을 지속적으로 조사하였으며 모세관상승에 따른 묘삼재배 배지내 수분함량분포를 2.5 cm 간격으로 조사하였다. 그리고 지상부 온도변화에 따른 배지의 온도변화를 조사하였다.

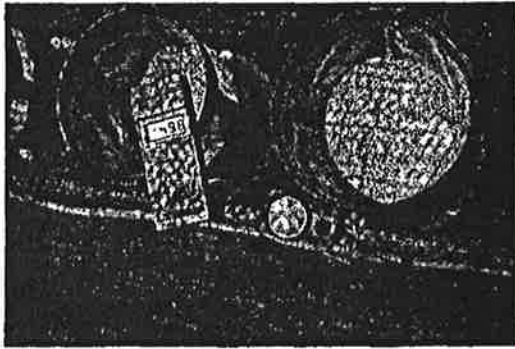


Figure 17. Lux meter to measure light strength

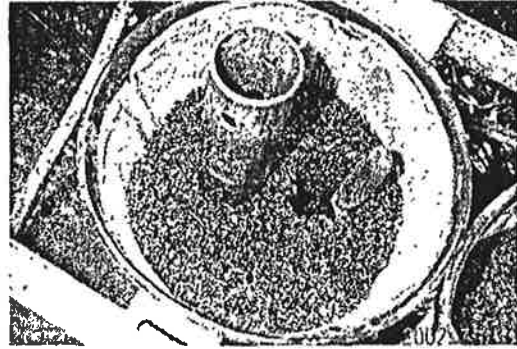
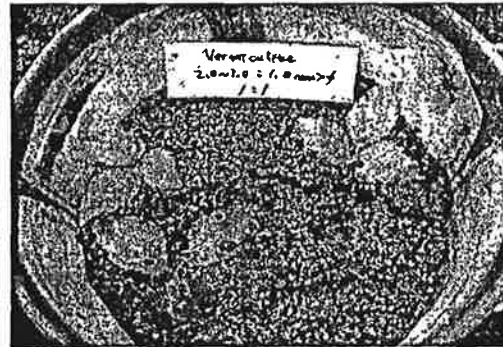
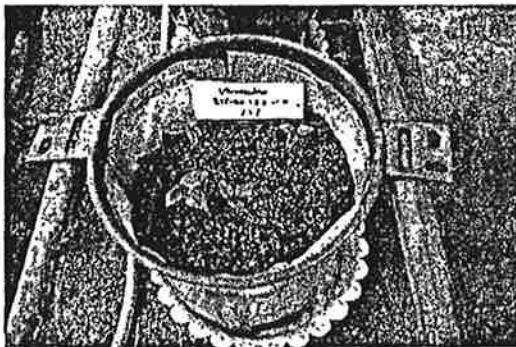
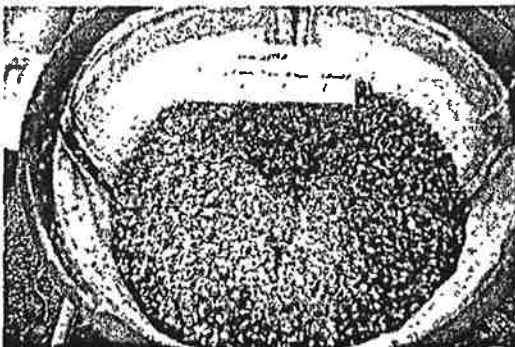


Figure 18. Investigation of culture media temperature.

## 2. 묘삼 생육 및 성분 특성 조사

12월 파종 후 익년 4월부터 생육상태별로 처리별 배지에서 발아된 시료를 채취하여 근장, 생체중 및 건물중을 조사하고 채취된 시료에 대해 성분을 조사하였다.





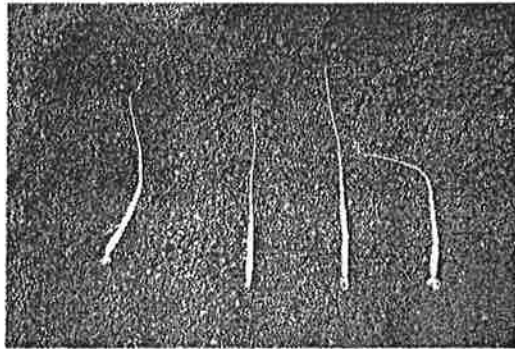


Figure 19. Young ginseng root sampled at month 16.

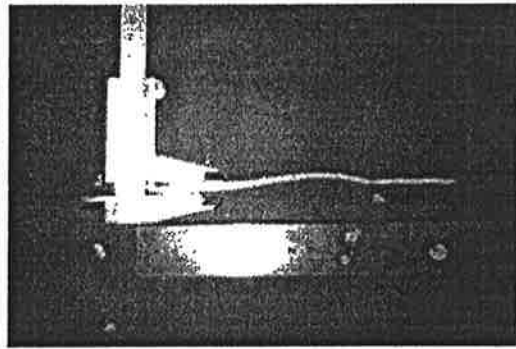


Figure 20. Measurement of young ginseng root

## 제 2절 연구의 이론적 배경

묘삼의 성장환경은 특히 기후와 토양수분에 좌우되는 정도가 크다. 토양수분은 인삼종자의 발아를 위시하여 발아 후 지상부 경엽의 생육은 물론 뿌리의 신장과 비대성장 나아가서는 묘삼근의 체형형성에 지대한 영향을 미친다. 묘삼의 생장은 재배지의 기후와 토양의 물리화학적 성질 그리고 재배기술에 따라 상당한 차이를 나타내게 되나 그 중에서도 특히 기후와 토양수분에 좌우되는 정도가 크다. 토양수분은 인삼종자의 발아를 위시하여 발아 후 지상부 경엽의 생육은 물론 뿌리의 신장과 비대성장 나아가서는 묘삼근의 체형형성에 지대한 영향을 미친다. 따라서 묘포의 적절한 수분관리는 우량묘삼을 생산하는데 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 재배환경조절이 어려운 묘삼을 재배환경조절이 가능한 시설재배에서 일반 토양대신 사용할 인공토양을 제조하였다. 제조하고자 인공토양의 물리적 특성은 미세공극을 가지고 있고 이러한 공극이 서로 연결되는 다공성을 목표로 하고 있다.

이러한 미세공극 또는 중간공극광물개발은 현재 많이 행해지고 있으며 예로 Virginia Polytechnic의 Mark Davis는 Aluminophosphates( $AlO_4$  and  $PO_4$  tetrahedra) 구조의 VPI-5라는 미세공극 광물을 개발하였다.

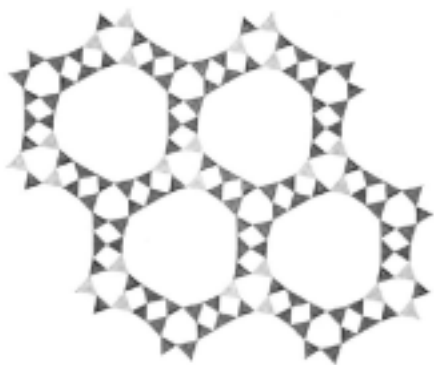


Figure 21. A plan view of VPI-5

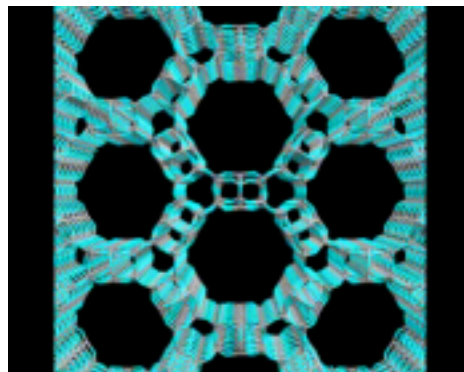


Figure 22. The structure of VPI-5

이외에 현재 개발된 공극성 광물의 구조는 Fig. 21, 22와 같이 기본 octahedral 과 tetrahedral 구조의 연결구조이다.



Figure 23. An example of the a mesoporous material

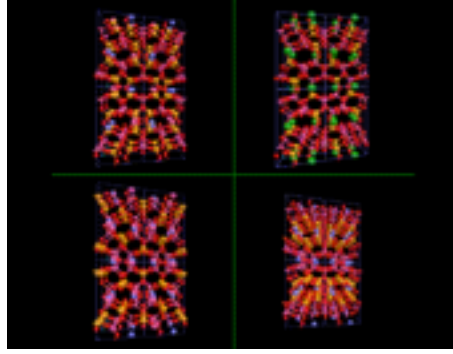


Figure 24. The structures of the zeolites ZSM-5 (left) and mordenite (right).

결정화 광물은 1, 2, 3차원 공극구조로 이온간 공극(Interionic void)은 매우 미세하며 지속적으로 연결된 상태로 존재하며 이러한 광물은 각각의 소재별로 온도 (50-250°C)와 압력(30-910bar) 상태에서 생성된다.

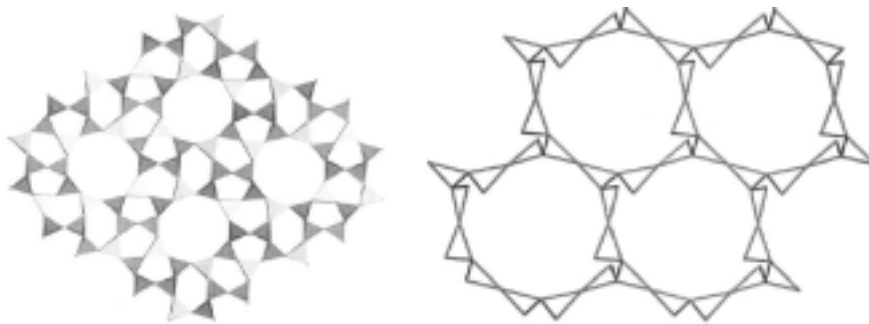


Figure 25. The plan views of synthetically crystallized minerals

지오라이트(Zeolite)광물을 이용한 열적수화 결정발달(Hydrothermal Crystal Growth)은 single-step self-organized, self-regulated 과정에서 시작되며  $AlO_4$  and  $SiO_4$  tetrahedral 원자가 3차원골격(3D)을 이룬다. 이와 같이 3차원적 공극을 가진 결정광물을 발달시키기 위해서는 Si-Al 또는 Si-Si, Al-Al의 산화 연결고리를 가져야 할 것으로 판단된다.

본 연구에 선정된 광물은 Si-O 기본 구조로 구성되어 있으며 Table 7에서 보여주는 Si-O의 단결합의 엔탈피는 몰당 451 KJ이다. 따라서 이러한 결합에너지를 가진 연구 대상 광물의 결합구조를 변환하기 위한 에너지 값을 추정할 수 있다.

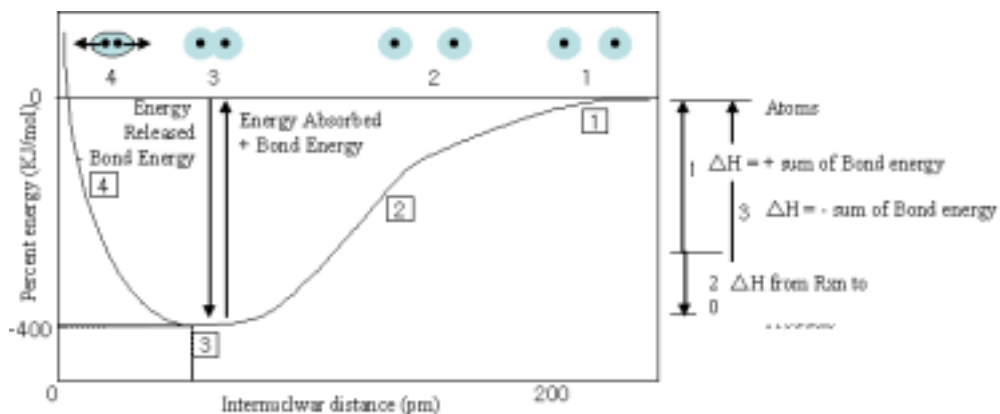


Figure 26. Diagram of potential energy depending on internuclear distance.

이중 소재광물의 물리화학적 측면의 이온간 결합력 (Table 7)에 근거한 소재 광물의 결합 엔탈피와 반응간 상변화에 따른 엔탈피 변화를 가정한 열적변화를 기준 하였다.

Table 7. Internuclear bonding energy

Ion	Br	C	Cl	F	H	I	N	O	P	S	Si
<b>Br</b>	193	285	219	249	366	178	.	234	264	218	325
<b>C</b>	285	348	339	489	413	218	305	358	264	272	285
<b>Cl</b>	219	339	242	253	431	211	192	208	322	271	397
<b>F</b>	249	489	253	159	567	280	278	193	503	327	586
<b>H</b>	366	413	431	567	436	298	391	463	322	367	318
<b>I</b>	178	218	211	280	298	151	.	234	184	234	.
<b>N</b>	.	305	192	278	391	.	163	201	.	.	.
<b>O</b>	234	358	208	193	463	234	201	146	335	451	.
<b>P</b>	264	264	322	503	322	184	.	335	172	.	.
<b>S</b>	218	272	271	327	367	.	.	.	.	255	293
<b>Si</b>	325	285	397	586	318	234	.	451	.	293	176

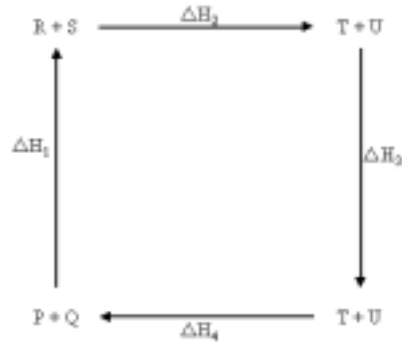


Figure 27. Diagram of enthalpy change during phase change

따라서 본 연구는 각각의 소재가 가지고 있는 결정구조와 이온별 결합에너지에 따른 열요구도를 산정하여 질량비로 기포제, 광물 등의 소재를 비율을 달리 혼합한 후교반 후 Dry oven에서 1차 양생하고 furnace를 이용하여 2차 양생을 실시하였다 (Fig. 28).

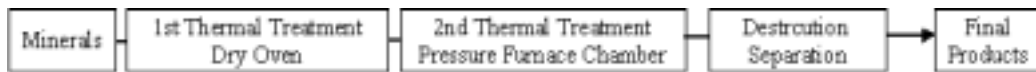


Figure 28. Process scheme for development of a composite soil

상기 공정에서 1차 광물의 혼합은 혼합비율에 따른 용적밀도 변화 및 수분보유력 변화를 기준하여 소재간 배합비율을 결정하였다. 특히 배합시 각각의 소재의 입경을 특정크기로 분류하여 사용하였다.

### 1. 묘포의 수분관리 방법

토양수분은 인삼종자의 발아를 위시하여 발아후 지상부 경엽의 생육은 물론 뿌리의 신장과 비대생장 나아가서는 묘삼근의 체형형성에 영향을 미친다. 토양이 건조할 경우에는 대체로 발아가 늦어지는 한편 발아 상태도 균일하지 못하나 폭설 등으로 인하여 토양이 과습하게 되고 특히 이른 봄의 해빙기에 기온의 변동이 심할 때에는 잣빛무름병 등이 유발되어 큰 피해를 입을 수 있다. 따라서 묘포의 적절한 수분관리는 우량묘삼의 생산에 극히 중요하며 묘삼생육과 수분함량과의 관계는 Table

8과 같다.

Table 8. Growth of young ginseng root and soil moisture content

생육기	현상	비고
뿌리신장기 (4, 5, 6월)	수분부족일 경우 발아불량 및 유지근의 발생이 억제되어 양분을 흡수할 수 있는 근권의 분포가 적어 뿌리의 신장 발육을 저해. 수분관리 철저히 뿌리의 신장발육촉진	적정토양 함수량 60%정도
뿌리비대기 (7, 8, 9월)	토양수분 과다일 경우 ① 통기성 불량으로 뿌리 호흡작용 억제하고 양분흡수 저해 (어린뿌리 탈락) ② 지상부고사, ③ 병해발생유인, ④ 근비대발육억제	

묘삼의 생육최적 토양수분은 포장용수량의 50-60%로서 양직 및 반양직묘포에서는 주기적인 관수작업으로 수분을 유지 관리하는 데 기상조건과 토양 수분상태를 고려하여 관수횟수와 량을 조절한다. 묘삼의 생육에 가장 적합한 토양수분은 포장용수량의 50-60%로서 상면의 상층토양과 하층토양 간에 토양수분 함량의 차이가 큰 것이 좋다. 묘상토양의 심도별 최적 수분함량은 포장용수량을 기준으로 상면하 5cm는 35-45%, 10cm는 45-55% 그리고 15cm에는 55-60%의 범위로서 상층은 약간 건조하고 하층은 약간 수분함량이 많은 것이 이상적이다.

양직묘포는 5-7일 간격으로 전체 생육기간 동안 20-30회, 반양직 묘포는 10-15일 간격으로 10-15회 관수한다. 생육초기와 후 기에는 매회 간당 6-10리터, 한여름 생육중기에는 간당 15-18리터의 물을 하층까지 스며들도록 2-3회로 나누어 상면에 관수한다. 특히 뿌리의 신장기에 해당하는 4-6월은 토양의 수분관리를 철저히 하여 수분부족을 방지하고 뿌리가 충분한 신장생장을 유지할 수 있도록 하여야 한다. 그리고 7월 하순과 9월 중순에는 매일 2회 아침과 저녁에 관수하며 9월과 10월 중순에는 1일 1회 관수하고 10월 중순 이후부터는 2-3 일에 1회 정도 관수한다. 강우 중에는 관수할 필요가 없으며 종자와 혼합한 모래의 굵기에 따라 관수의 회수를 가감한다.

그러나 토양내 수분은 토성에 따라 수분을 간직할 수 있는 수분 보유력은 달라진다. 토양수분함량과 토양 수분 압력 퍼텐셜과의 관계를 나타낸 토양수분곡선은 토양수분보유곡선 (Soil water Characteristic Curve)이라고도 표현하며 이는 주로 토양내 입경분포에 따라 많이 달라진다. Fig. 29에서 보여주는 바와 같이 주어진 매트릭 퍼텐셜하에서의 수분보유함량은 사토보다 식양토가 높으며 반면 주어진 수분함량에서의 매트릭 퍼텐셜은 식양토보다 매트릭퍼텐셜이 사토가 낮음을 알 수 있다. 따

라서 토양내 매트릭포텐셜은 점토함량이 증가함에 따라 낮아짐을 알 수 있다.

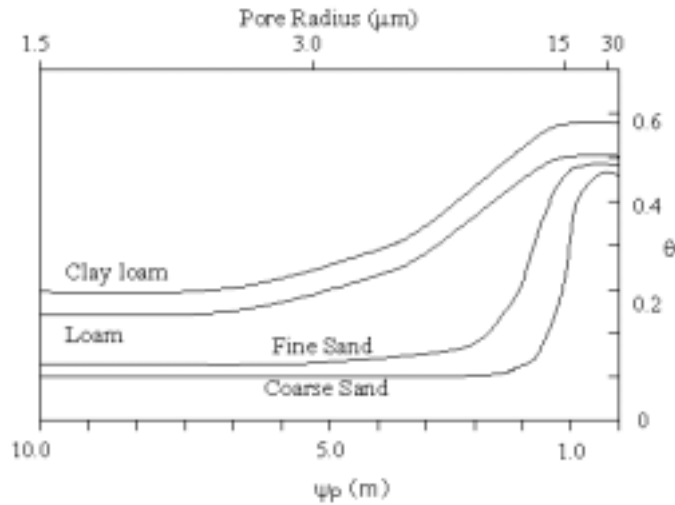


Figure 29. Soil moisture curve vs. matric potential for soil textures.

그러나 표준 묘삼재배법에서 권장하는 수분량은 지표면 5cm는 35-45%, 10cm는 45-55% 그리고 15cm에는 55-60%의 수분을 유지하도록 하나 실제 이러한 수분을 유지하기가 쉽지 않다.

일반적 토양의 공극은 Table 9와 같이 분류하고 있으며 공극크기에 따른 모세관수분 상승은 공극의 크기가 감소할수록 증가한다. 따라서 이러한 모세관 수분상승 원리를 이용하여 묘표의 수분관리를 실시하게 되면 표준수분관리 기준에 부합하는 토양수분관리가 가능하다고 판단한다.

Table 9. Pore size classification (after Brewer, 1964)

Class	Subclass	Class limits (μm)	Capillary Rise (cm)
Macropore	Coarse	> 5000	00.75-0.3
	Medium	2000-5000	1.5-0.75
	Fine	1000-2000	2.0-1.5
	Very Fine	75-1000	5-2
Mesopore		30-75	30-5
Micropore		5-30	150-30
Unlrmicropore		1-5	1500-150
Cryptopores		<0.1	1500

그러므로 본 연구에서는 인공토양과 분쇄 표층토의 수분보유력과 모세관 수분 상승원리를 이용한 관수반 관개기법을 도입하였다.

한편 묘삼재배에 있어 토양 중에 잠복하며 전염되는 토양전염병과 토양 중에 서식하면서 묘삼을 가해하는 토양해충은 묘삼에 치명적인 경우가 많은 반면 묘삼의 재배기간 중에는 효과적인 방제가 극히 어렵다. 따라서 예정지 관리시 토양전염병과 해충의 철저한 방제는 매우 중요하다. 그러나 이와 같은 처리된 인공토양과 농자재를 사용하게 되면 토양병 방제가 가능하다.



## 제 3절 연구 개발수행 결과

### 1. 묘삼 시설재배용 인공토양과 관리 기술 개발

인공토양을 개발하는데 사용된 소재는 점토광물로서 1:1과 2:1광물을 선정하였다. 예로 2:1광물 중 팽창형인 벤토나이트는 스멕타이트(Smectite)는 규산염 광물의 골격구조인 사면체와 팔면체 구조 단위들이 2:1로 결합되어 층상구조 (layer structure)를 이루는 점토광물이다. 사면체 구조 단위들 간의 층간 결합은 매우 약해서 양이온과 H<sub>2</sub>O는 물론 유기 이온이나 분자들도 쉽게 개재될 수 있는 층상 구조적 특징을 지닌다. 이와 같은 구조적 및 층간 화학적 특징들은 스멕타이트 특유의 층상 격자상의 팽창성수화 정도에 따라 팽창특성이 달라지며 이러한 팽창성은 토양에서 공극의 크기를 결정하며 이러한 공극의 크기는 수분보유력과 수리전도도에 영향을 주게 된다.

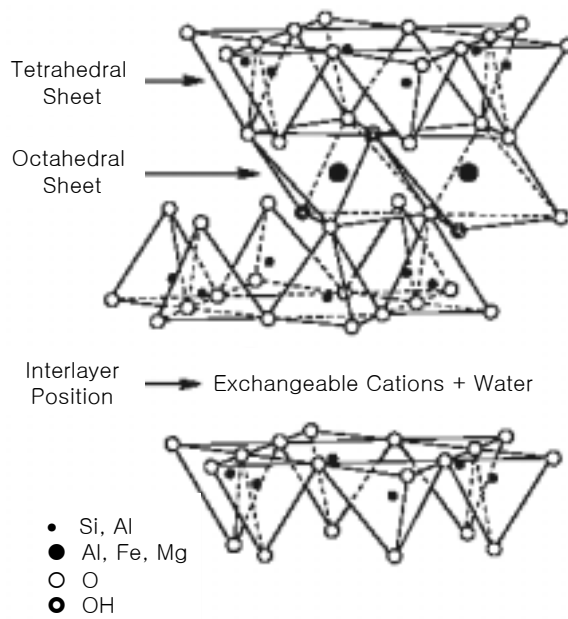


Figure 30. Crystalline structure of bentonite

광물학적 측면에서 화학식은  $\text{Na}_{0.2}\text{Ca}_{0.1}\text{Al}_{1.5}\text{Mg}_{0.5}\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$ 로서 영구전하는 tetrahedral에서는 전무하며 octahedral이 unit cell당 약 -0.33 정도의 음전하를 보유하고 있으며 구조적 전하는 약  $92 \text{ cmol}_{(-)} \text{ kg}^{-1}$  이었다 (Table 10).

Table 10. Chemical compositions and charge characteristics of representative montmorillonite

Mineral	Chemical Formula	Charge per half unit cell		Structural charge
		Tetrahedral	Octahedral	$\text{cmol}_{(-)}/\text{kg}$
Montmorillonite	$\text{Na}_{0.2}\text{Ca}_{0.1}\text{Al}_{1.5}\text{Mg}_{0.5}\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$	0	-0.33	92

그리고 분쇄기를 이용하여 분쇄 후 0.25 mm 체를 통과한 입자를 대상으로 하여 ESEM으로 결정구조 특성을 조사한 결과 (Fig.31) 박편이 중첩돼 있는 것처럼 보였으며 반면 일부는 Mass 구조로 조사되었는데 이는 unit cell간의 결합의 형태에 따라 차이를 보이는 것으로 조사되었다.

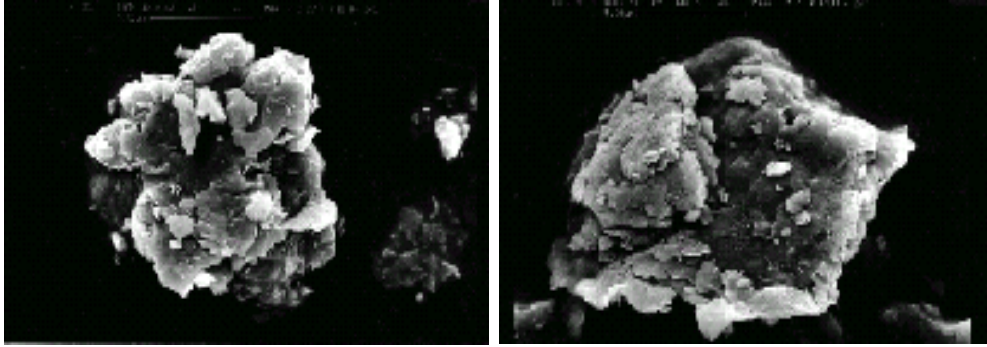


Figure 31. Picture of a crushed montmorillonite passed through 0.25 mm sieve (ESEM x 100,000)

본 연구에 사용된 광물의 이화학적 특성(Table 9, 10, 11, 12)은 다음과 같다. Perlite는 현재 경량소재로 수경재배, 상토 등에 사용되고 있는 소재로 수분보유력이 높은 것으로 알려져 있다.

Table 11. Typical physical properties and element analysis of perlite

Element	wt %	Color	White
Silicon	33.8		
Aluminum	7.2	Refractive Index	1.5
Potassium	3.5	Free Moisture, Maximum	0.5%
Sodium	3.4	pH (of water slurry)	6.5 - 8.0
Iron	0.6	Specific Gravity	2.2 - 2.4
Calcium	0.6	Bulk Density	32-400 kg/m <sup>3</sup>
Magnesium	0.2	Mesh Size Available	4-8 mesh and finer
Trace	0.2	Softening Point	871-1093
Oxygen	47.5	Fusion Point	1260-1343
Net Total	97.0	Specific Heat	387 J/kg
Bound Water	3.0	Thermal Conductivity	0.27-0.41 at 24 °C

Solubility: Soluble in hot concentrated alkali; HF Moderately soluble (<10%) in 1N NaOH  
Slightly soluble (<3%) in mineral acids (1N); Very slightly soluble (<1%) in water(weak acids)

Vermiculite의 이화학적 특성 (Table 12)을 살펴보면 팽창형 2:1 광물인 Perlite와 비교시 Fe와 Mg의 함량이 높아 광물변형에 소요되는 에너지 값은 작아 공극형성에 소요되는 에너지 측면에서 경제성이 높다.

Table 12 Typical physical properties and element analysis of vermiculite

Element	% by Weight	Color:	Light to dark brown
SiO <sub>2</sub>	38-46	Shape:	granule
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-16	Bulk density (a):	64-160 kg/cu m <sup>-3</sup>
MgO	16-35	Moisture loss	4-10%
CaO	1-5	MOH Hardness:	1-2
K <sub>2</sub> O	1-6	Sintering temperature:	1150-1250
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6-13	Fusion point:	1200-1320
TiO <sub>2</sub>	1-3	Cation exchange capacity	50-150 me/100g
H <sub>2</sub> O	8-16	Specific heat:	0.84-1.08 kJ/kgK
Other	0.2-1.2	Waterholding capacity (a):	220-325% by wt

Talc(Mg<sub>3</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>) 는 Mg와 Si가 주를 이루고 있으나 OH Functional group에 의한 표면전하 변형에 기여할 것으로 추정되었다 (Table 13).

Table 13. Typical physical properties and elemental analysis of talc

Chemical Formula	Mg <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>			
Composition	Molecular Weight = 379.27 gm			
	Mg	19.23 %	Mg	31.88 % MgO
	Si	29.62 %	Si	63.37 % SiO <sub>2</sub>
	H	0.53 %	H	4.75 % H <sub>2</sub> O
	O	50.62 %	O	

한편 미분(Stone Powder)은 인공세사시 발생하는 산업폐기물로 성분조사 결과 수용성과 치환성상태의 K, Ca, Mg 등이 포함돼 영양성분으로 사용될 수 있을 뿐 아니라 미세공극형성에 주요 역할을 하는 TiO<sub>2</sub>이 있다 (Table 14).

Table 14. Typical physical properties and elemental analysis of stone powder

Composition	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Ig.loss
Content(%)	4.03	1.87	6.94	4.17	7.42	17.2	0.88	46.3	0.02	8.14
Soluble Cation (cmolc/kg)					Exchangeable Cation (cmolc/kg)					
K	Ca	Mg	Na		K	Ca	Mg	Na		
0.38	0.18	0.39	0.30		0.69	10.71	3.23	0.51		

이상과 같이 본 연구에 사용된 광물은 분쇄기를 이용하여 분쇄한 후 입경크기 별로 (Fig. 32) ASTM 체를 이용하여 분리 후 각각의 입경별 이화학특성을 조사하

였다.

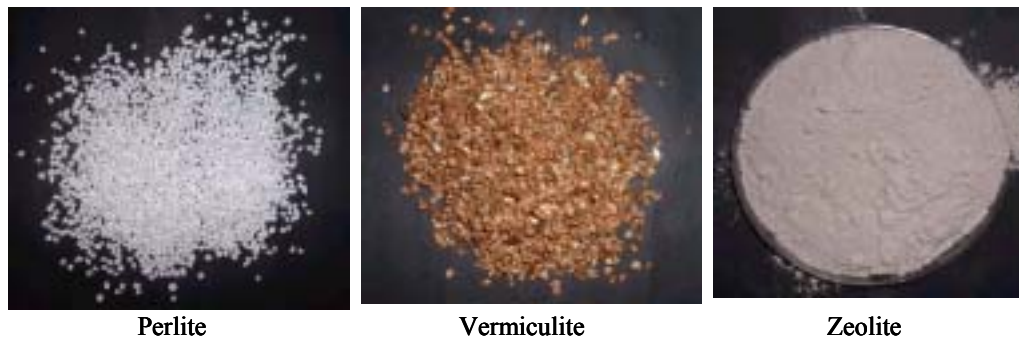


Figure 32. Examples of minerals used in developing the multi-functional media.

그리고 이들 광물의 결정구조특성을 ESEM 사진을 통하여 조사한 결과 Perlite와 Vermiculite는 광물편이 중첩된 형태로 보이나 Zeolite는 판상구조가 아닌 Mass 상태의 구조로 존재함을 알 수 있었다.



Figure 33. Pictures taken by ESEM for the minerals particles passed through 0.25 mm sieve.

본 연구에서 묘삼재배용으로 개발하고자 하는 인공광물은 묘삼재배에 요구되는 수분보유력을 수분보유력을 유지하는 매우 중요하다. 일반적으로 토양의 수분보유력은 토양입자가 가지는 전하에 따른 결합수분과 물이 가지는 응집력, 그리고 토양입자 배열에 따른 공극크기에 따른 표면장력에 의해 결정된다.

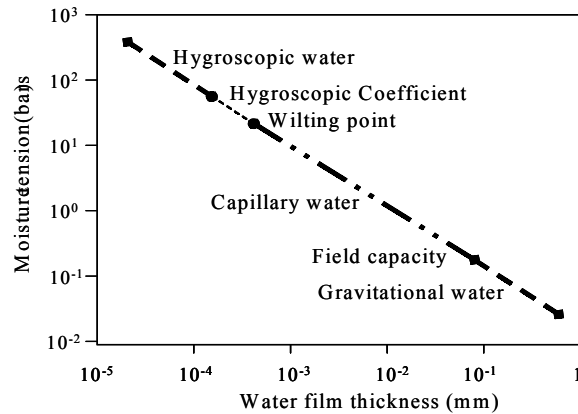


Figure 34. Relationship between soil water film thickness and moisture tension.

Fig 34.에서 보는바와 같이 포장용수량에 해당하는 수분의 두께는 0.1 mm이하이고 모세관 수분에 해당하는 수분은 0.0001 mm 내지 0.1 mm 정도로 수분의 함량이 매우 낮다. 따라서 본 연구에서 개발하고자 하는 묘삼배지는 최소 0.0001 mm 이상의 수분을 보유할 수 있는 수분을 보유하는 능력을 가져야 할 것으로 판단한다.

따라서 본 연구에서 사용한 광물소재를 이용한 인공토양은 이러한 특성을 가져야 한다고 판단되었다. 그래서 이러한 조건을 충족시키기 위한 방법으로 수분 보유력이 높은 벤토나이트(Bentonite)의 특성을 조사하였다. 현재 국내에서 생산되는 벤토나이트는 Ca-Bentonite ( $[(0.3Ca)_{0.7}(Al,Mg,Fe)_4(Si,Al)_8O_{20}(OH)_{47n}H_2O]$ )로 30% 미만의 Ca 벤토나이트를 포함하고 있으며 Fig 34 에서 보여주는 바와 같이 quartz가 상당량이 포함돼 있는 것으로 조사되었다.

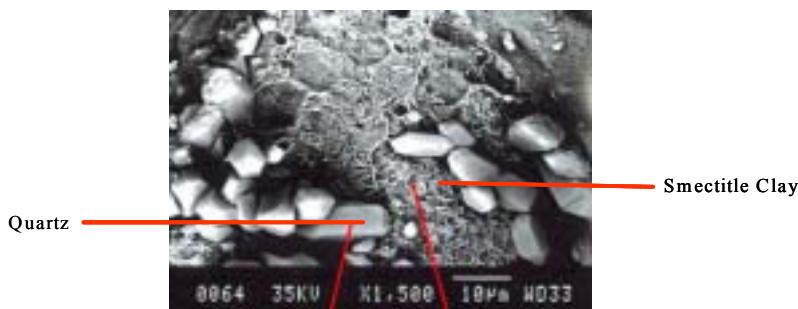


Figure 35. Crystalline structure of Ca-bentonite

한편 Ca-bentonite를 건처리 조건을 달리하여 처리한 후 건조한 상태와 증류

수에 침지한 상태 하에서의 결정구조를 조사하였다 (Fig 36~40).

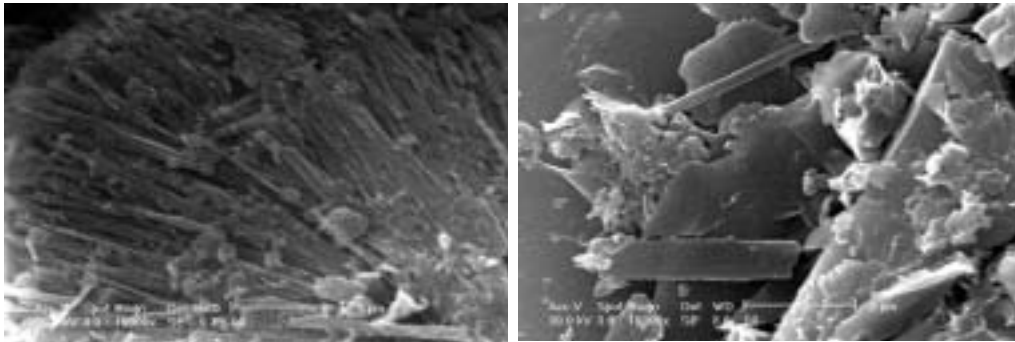


Figure 36. Scanning electron micrographs of dry bentonite and swelling after activated bentonite.

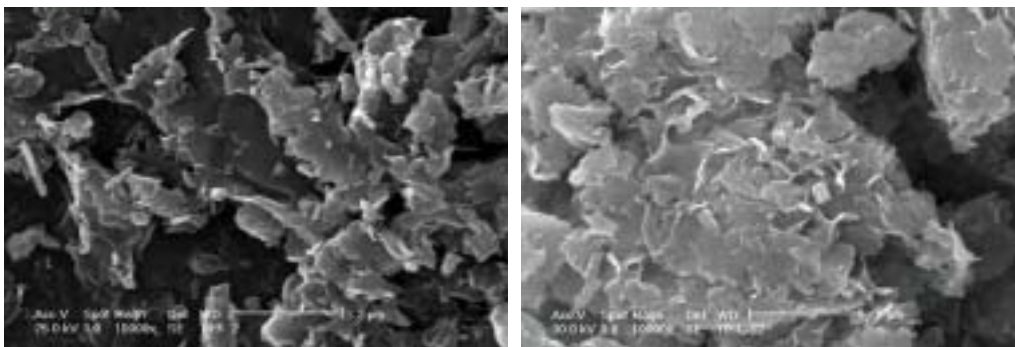


Figure 37. Scanning electron micrographs of dry bentonite and swelling after activated bentonite.

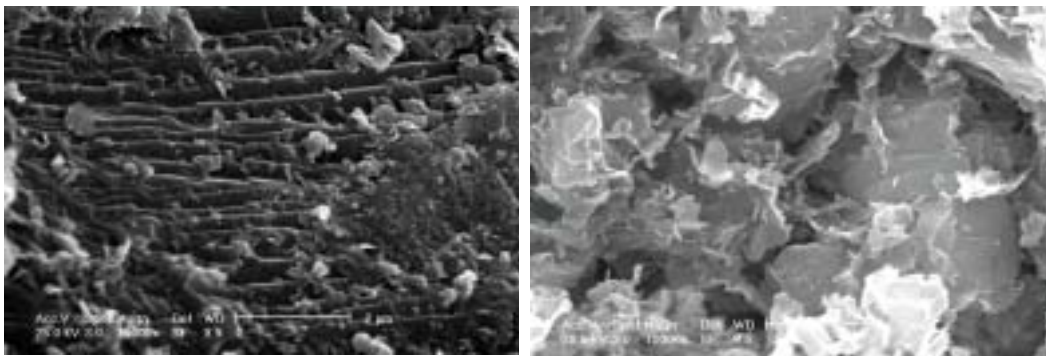


Figure 38. Scanning electron micrographs of dry bentonite and swelling after activated bentonite.

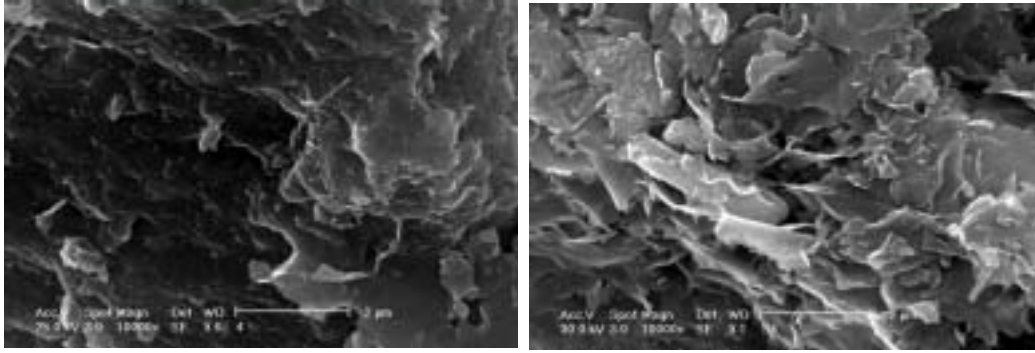


Figure 39. Scanning electron micrographs of dry bentonite and swelling after activated bentonite.

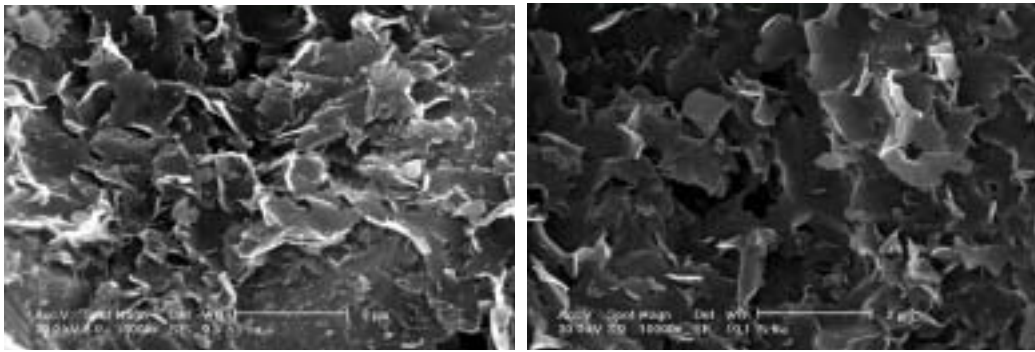


Figure 40. Scanning electron micrographs of dry bentonite and swelling after activated bentonite.

상기 Fig 36~40.에서 보는 바와 같이 건조한 상태에서의 층구조는 조밀하나 습윤 상태로 전환됨에 따라 층간구조가 확대됨을 알 수 있다. 따라서 인공토양제조 후 수분보유능 증대 검증에 적용하였다.

#### 가. 인공 토양 개발

##### 1) 인공토양 소재 검정 및 인공토양 기준 검토 평가

본 연구에서 목표로 하는 인공토양의 특성은 기존의 토양광물과 달리 광물 내에 미세공극을 가지고 있어 점토광물입자배열에 따른 수분보유능과 비교시 수분보유량이 높아야 한다. 경작지 토양내 수분분포특성을 살펴보면 관개 후 지표면을 통하



여 토양내로 유입된 수분은 지표면으로 포화되어 토양내로 진행됨에 따라 불포화상태로 전환되고 지하수면과 인접한 토양은 모세관상승에 따른 모세관점면이 형성되어 포화상태로 존재한다. 그리고 토양의 물리적 특성에 따라 수분분포 특성이 달라지는데 입단화 토양보다는 압밀토양의 수분함량은 적을 뿐만 아니라 상대적 가용수분함량도 감소한다. 그러므로 묘포 수분관리 측면에서 이러한 문제점을 해결하는 묘포체계가 도입되어야 한다.

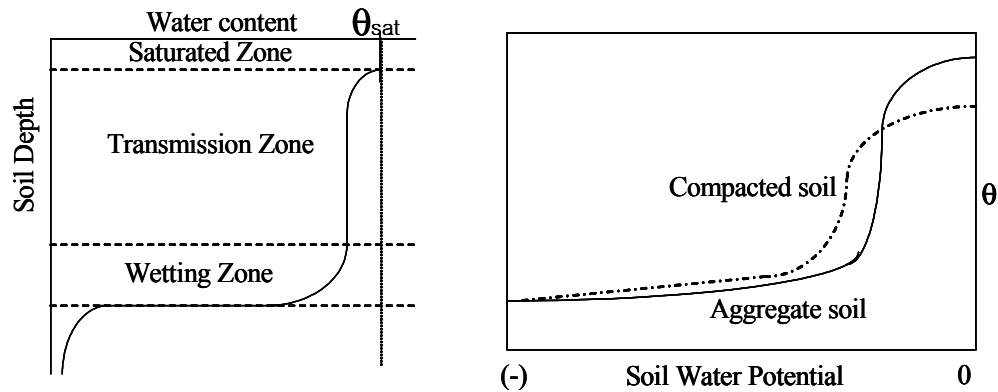


Figure 41. Water distribution (left) and water content variation (right) depending on the soil physical properties.

가) 소재별 이화학 특성 조사

본 연구에 사용한 인공토양 성형용 광물소재를 선정하기 위하여 본연구가 목표로 하는 기준을 정하기 2:1 광물에 속하는 Perlite, Vermiculite, Zeolite, Bentonite, Talc ( $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ ), 미분, 노지 표층토를 이용하였다. 이들 소재의 구성요소와 화학적 특성을 살펴보면 일반 토양과 같이 Si와 Al이 주 구성요소로 돼 있다 (Table 15).

Table 15. Chemical compositions of minerals used in this experiment

Elements	Perlite	Vermiculite	Bentonite	Talc
	wt %			
O	47.5	35.62	42.22	50.62
Si	33.8	18.23	27.23	29.62
Al	7.2	6.35	7.55	
Fe	0.6	5.60	3.45	
Ca	0.6	15.72	1.48	
Na	3.4		1.67	
K	3.5	2.91	1	
Mg	0.2	13.27	2.18	19.23
Ti		1.20	0.22	
H		0.11		0.53
P			0.08	
S			0.14	
other	3.2	1	12.79	
Total	100	100	100	100

토양개선택제로 사용되는 펄라이트의 화학적 특성을 조사한 결과 pH와 EC는 평균 7.67 범위였고 EC는 평균 0.2dS/m를 나타내었다. 따라서 본연구가 목표로 하는 염류집적지 개선 소재로 사용시 염류 집적에 영향을 주는 요인은 조사되지 않았다. 그리고 수용성 양이온의 함량을 조사한 결과 Na<sup>+</sup>이 가장 많았고 K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>의 순으로 조사되었다(Table 16).

Table 16. Chemical properties of perlite separated into three different particle sizes

Size (mm)	pH (1:5)	EC (dS/m)	CEC (cmolc/kg)	Soluble cation(mg/kg)			
				Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
0.00-1.70	7.41	0.23	51.6	1.60	7.00	0.58	1.67
1.70-3.35	7.79	0.17	50.4	0.71	4.50	0.31	0.90
3.35-4.75	7.82	0.20	41.2	0.60	5.40	0.36	1.20

양이온치환용량은 지오라이트가 가장 높으며 벤토나이트, 버미큘라이트 순이며 지오라이트의 경우 함유된 성분에 따라 각각의 명명이 달라지는데 주 구성요소는 Na와 K가 주를 이루며 벤토나이트, 탈크, 미분의 pH는 9 이상이였으며 나머지 광물 소재의 pH는 6.5 내지 7.6 정도였다. 한편 각각의 대상 광물에 수분보유력은 지오라이트의 경우 벤토나이트에 비해 1/10 이하로 조사되었다.

Table 17. General characteristics of artificial soil and water holding capacities

Sample	pH (1:5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Water content (wt % bar <sup>-1</sup> )				
				0.3	1.0	3.0	5.0	10.0
Perlite	7.65	0.38	1.60	-	-	-	-	-
Vermiculite	7.51	0.22	37.2	-	-	-	-	-
Zeolite	6.52	0.59	85.1	38.20	24.84	22.93	20.73	19.49
Bentonite	9.20	1.78	53.2	422.86	316.12	272.99	256.78	243.12
Talc	9.14	0.39	0.45	57.86	45.69	45.46	43.67	39.94
Clay loam	4.76	0.16	-	54.06	47.42	43.77	42.26	38.90
Stone Powder	9.10	0.75	5.5	26.02	6.02	4.443	2.12	1.63

경주지역에서 생산되는 지오라이트를 입경별로 분리하여 이화확성을 조사한 결과 채취된 시료간 양이온치환용량에 차이가 있음을 확인하였다.

Table 18. Chemical properties of different particle sizes regarding to zeolite.

Sample	pH	EC (ds/m)	CEC(cmol(+)/kg)				
			Particle size(mm)				
			< 0.25	0.25~0.5	0.5~1	1~2	2~3.35
A	8.7	1.553	0.2010	0.1997	0.1998	0.1974	0.1993
B	8.4	0.925	0.4943	0.4857	0.4822	0.4931	0.4898
C	7.5	0.689	0.4841	0.4983	0.4904	0.4988	0.4955

미분과 1차 점토광물인 카오리나이트의 화학성을 조사한 결과 (Table 19) 미분의 미분의 pH가 강알카리 특성을 보이고 있어 미분을 석회를 대치할 인공토양 대체재로 활용할 수 있음을 알았다

Table 19. Chemical properties of stone powder and kaolinite

Sample	pH	EC(dS/m)	CEC(cmol(+)/kg)
Stone powder	9.10	0.0746	5.5
Kaolinite	6.091	0.266	8.25(±0.25)

그리고 각각의 광물을 20 °C부터 800 °C까지 5단계로 온도를 달리하여 처리한

후 각각의 광물의 pH를 조사한 실험 결과는 Table 20과 같다. (단 Bentonite 25℃, 100℃, 250℃는 1:10 으로 측정, 측정시 온도 24.7℃)

Table 20. pH of individual minerals measured with different temperature treated

Samples	pH				
	25℃	100℃	250℃	500℃	800℃
Bentonite	9.2	9.364	9.286	8.642	9.111
Vermiculite	7.51	8.089	7.620	7.810	9.687
Talc	9.14	9.442	9.169	10.384	11.715
Ziolite	6.52	7.132	6.663	7.346	8.567
Perlite	7.65	9.153	7.794	8.320	9.880
Stone Powder	9.10	9.095	8.655	7.891	11.924

단 Bentonite 25℃, 100℃, 250℃는 1:10 으로 측정

그리고 각각의 광물을 20 ℃부터 800 ℃까지 5단계로 온도를 달리하여 처리한 후 각각의 광물의 EC를 조사한 실험 결과는 Table 21과 같다

Table 21. EC of individual minerals measured with different temperatures treated

	EC (ds/m)				
	25℃	100℃	250℃	500℃	800℃
Bentonite	1.775	9.08	9.65	17.39	2.375
Vermiculite	0.214	0.312	0.262	0.224	0.6305
Talc	0.3935	0.4525	0.506	2.025	6.655
Ziolite	0.597	0.636	0.6325	0.1145	0.573
Perlite	0.38	0.4415	0.288	0.2145	0.4035
Stone Powder	0.373	0.438	0.8795	3.82	8.1

그리고 각각의 광물을 20 ℃부터 800 ℃까지 5단계로 온도를 달리하여 처리한 후 각각의 광물의 CEC를 조사한 실험 결과는 Table 22와 같다.

Table 22 of individual minerals measured with different temperature treated

Samples	25°C		100°C		250°C		500°C		800°C	
	CEC (cmol/kg)	CEC (cmol/kg)	Std.D	CEC (cmol/kg)	Std.D	CEC (cmol/kg)	Std.D	CEC (cmol/kg)	Std.D	
Vermiculite	37.2	33.5	9.6	33.25	0.25	5.5	0.24	2	0.24	
Perlite	1.6	2	0	1.16	0.62	1.5	2.16	1.5	0.24	
Ziolite	85.1	55.75	1.87	48.25	3.25	43	2.05	7	0.41	
Bentonite	53.2	51	2.59	55.25	0.62	55	0.24	2.5	0	
Stone Powder	5.5	5.5	0.47	5.25	0.62	6	0.47			
Talc	0.45	1	0	1.5	1.17	0.5	0	1.5	0.24	

가) 소재 배합

소재 배합실험은 각각의 소재가 가지고 있는 이온의 분포 특성과 이온별 결합 에너지에 따른 열요구도를 산정하여 질량비로 기포제, 광물 등의 소재를 교반 후 Dry oven에서 1차 양생하고 furnace를 이용하여 2차 양생을 실시하였다. 상기 공정에서 1차 광물의 혼합은 혼합비율에 따른 용적밀도 변화 및 수분보유력 변화를 기준하여 소재간 배합비율을 결정하였다. 특히 배합시 각각의 소재의 입경을 특정크기로 분류하여 사용하였다.

인공토양을 제조하기 위하여 설계 제작한 가압-온도조절 챔버를 사용하였으며 챔버내의 압력은 최대 5 기압까지 조절이 가능하고 한편 온도는 1500 °C까지 조절이 가능하였으며 조절온도는 조절온도 기준  $\pm 5$  °C로 조절하면서 인공토양을 성형하였다. 한편 입경대비 온도 조절에 따른 인공토양을 제작하여 각각의 압력에서 수분보유력을 측정하고 실제 가용성 수분의 비율은 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 본 연구가 목표로 하는 연속 다공성 소재 개발을 위해서는 특정온도로 이온간 결합을 유도하기 위하여 온도조건에 대한 반복실험을 실시하였다.

Table 23은 인공토양제조를 적용된 소재광물의 혼합조건을 나타낸 것이다. 혼합조건은 미세공극발달특성, pH, EC, CEC 정도를 고려하였으며 동일 특성을 가지는 소재광물의 혼합비는 100:0, 50:50, 0:100으로 구분하여 처리하였다. 그리고 혼합 후 증류수를 가하여 발열특성을 T=0, 1분, 5분, 10분으로 분리하여 혼합온도를 조사하여 이에 따른 양생조건을 결정하였다 (Table 23).

Table 23. Index of Multi-functional minerals

No.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	53.2g		33g	58.5g	11g	33.5g		172.7g	92.82g	77.35g	0.45g		5	800
2	53.2g		33g	58.5g	11g	33.5g		172.7g	92.82g	77.35g	0.45g			800
3	53.2g		33g	58.5g	11g	33.5g		172.7g	92.82g	77.35g	0.6g		5	800
4	53.2g		33g	58.5g	11g	33.5g		86.35g			0.6g		5	600
5		106.5g					244g				0.75g	1.125g	5	200
6		106.5g					244g				0.75g	1.125g	5	200
7		106.5g					244g				1.0g	1.5g	5	200
8		106.5g					244g				1.0g	1.5g	5	200
9		106.5g					244g				1.0g	1.5g		200
10		106.5g					244g				1.0g	1.5g		200
11	53.2g	53.2g	33g	58.5g	11g	33.5g					2.0g	3.0g		350
12	53.2g	53.2g	33g	58.5g	11g	33.5g					1.9g	2.85g		350
13	53.2g	53.2g	33g	58.5g	11g	33.5g					1.8g	2.7g		350
14	53.2g	53.2g	33g	58.5g	11g	33.5g					1.7g	2.55g		350
15	53.2g	53.2g	33g	58.5g	11g	33.5g					1.6g	2.4g		350
16	53.2g	53.2g	33g	58.5g	11g	33.5g					1.5g	2.25g		350
17	53.2g	53.2g	33g	58.5g	11g	33.5g					1.4g	2.1g		350
18	53.2g	53.2g	33g	58.5g	11g	33.5g					1.3g	1.95g		350
19	30.5g	30.5g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					0.65g	0.975g		300
20	30.5g	30.5g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					0.65g	0.975g		300
21	30.5g	30.5g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					0.5g	0.75g		300
22	26.6g	76.4g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					1.25g	1.725g		400
23	26.6g	76.4g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					0.6g	0.9g		350
24	26.6g	76.4g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					0.6g	0.9g		350
25	53.2g	53.2g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					1.25g	1.725g		400
26		106.5g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					0.6g	0.9g		250
27		106.5g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					1.25g	1.725g		250
28		106.5g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					0.15g	0.225g		200
29		106.5g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					0.24g	0.36g		200
30		106.5g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					0.28g	0.42g		200
31		106.5g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					0.35g	0.525g		200
32		106.5g	16.5g	58.5g	11g	33.5g					0.45g	0.625g		200

Remark : Units of Water and vaporizor are ml

A	B	C	D	E	F	G
Bentonite	Kaolinite	Vermiculite	Zeolite	Perlite	Talc	Stone Powder
H	I	J	K	L	M	N
SiO <sub>2</sub>	Cemente	CaO	Al powder	Ca(OH) <sub>2</sub>	Vaporizor	H <sub>2</sub> O

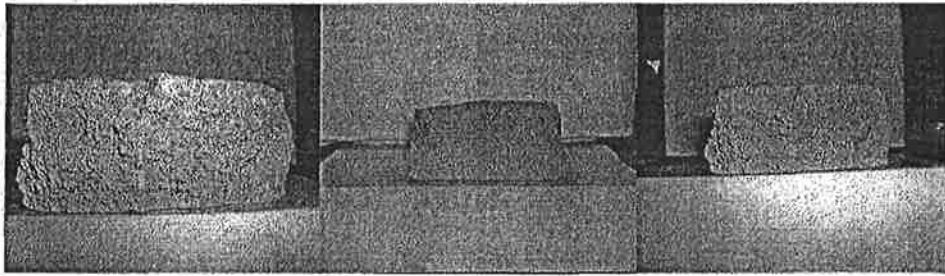


Figure 42.

Figure 43.

Figure 44.

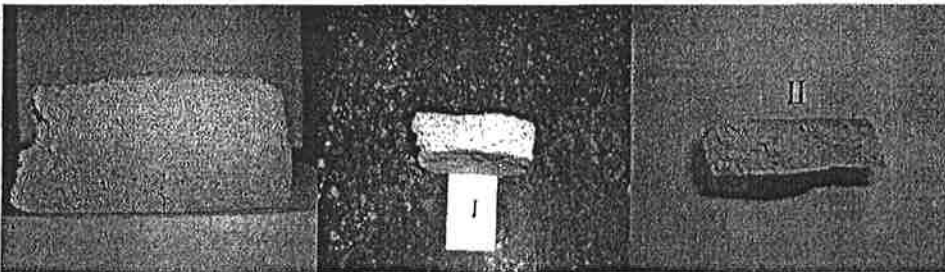


Figure 45.

Figure 46.

Figure 47.

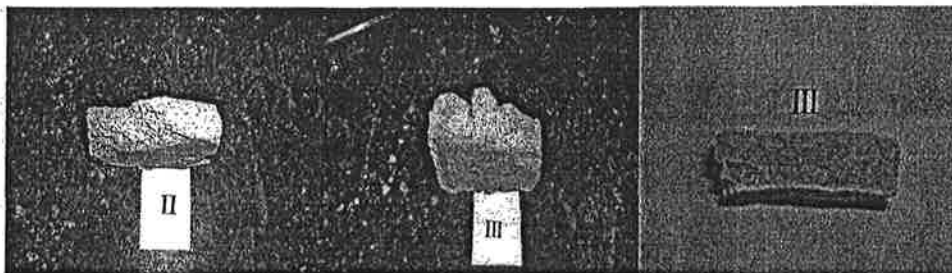


Figure 48.

Figure 49.

Figure 50.

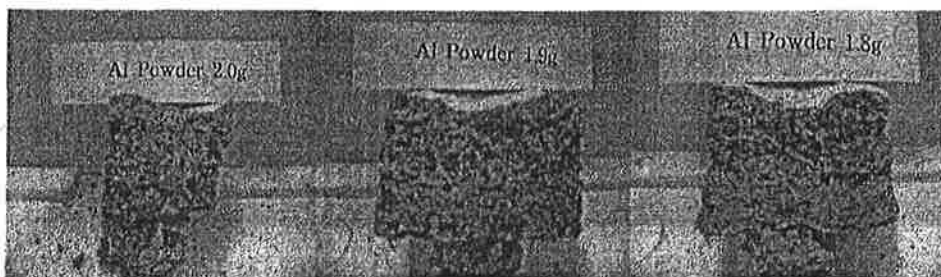


Figure 51.

Figure 52.

Figure 53.

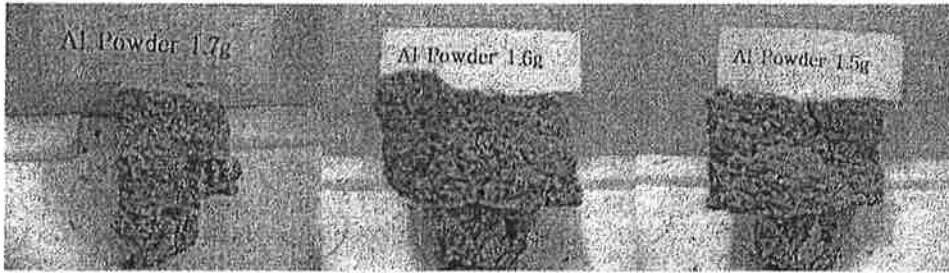


Figure 54.

Figure 55.

Figure 56.

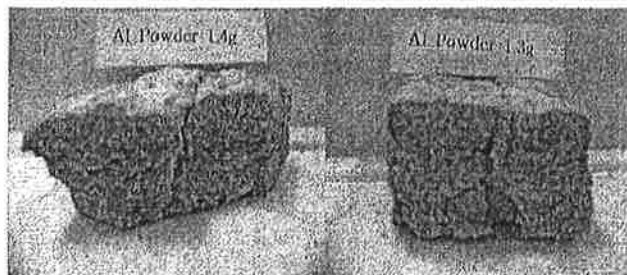


Figure 57.

Figure 58.



Figure 59.

Figure 60.

Figure 61.



Figure 62.

Figure 63.

Figure 64.





Figure 65.

Figure 66.

Figure 67.

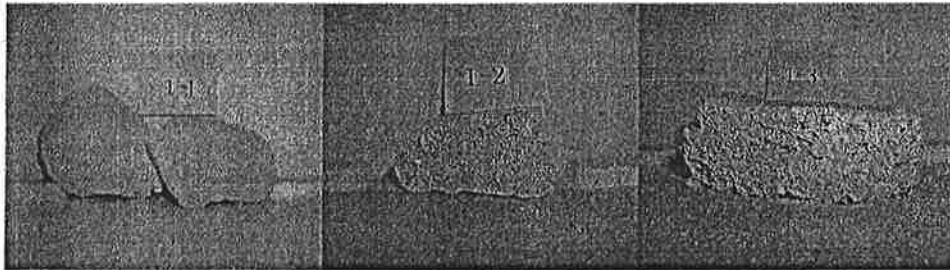


Figure 68.

Figure 69.

Figure 70.

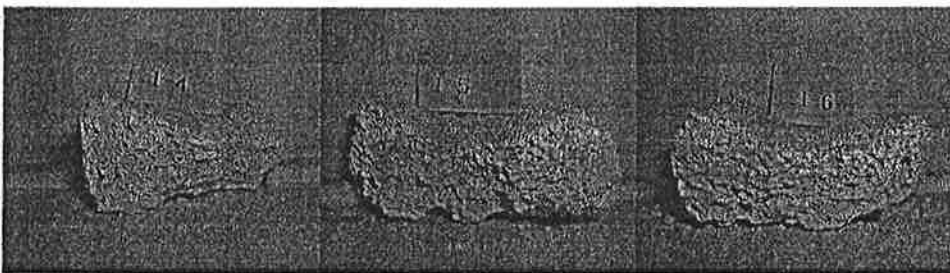


Figure 71.

Figure 72.

Figure 73.

Table 24는 Table 23의 조건에 따라 성형된 인공토양을 확대경을 이용하여 공극특성을 조사한 후 공극이 가장 많이 발달한 혼합조건을 선정한 성형조건이다.

Table 24. Selected mixing conditions of the multi-functional culture minerals

Sample	Vermiculite	Perlite	Zeolite	Talc	Bentonite	Vaporizer	H <sub>2</sub> O
1	33g	22g	117g	67g	71g	0	350ml
4	33g	22g	117g	67g	71g	30ml	230ml
6	33g	22g	117g	67g	106.5g	30ml	570ml

♠ 시료 1

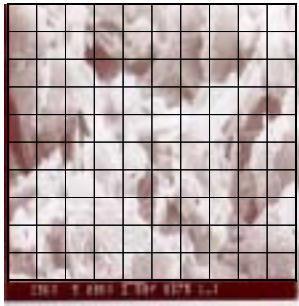


Figure 74. 2.8mm(×5000)  
grid 간격 2µm

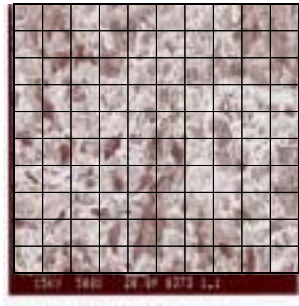


Figure 75. > 2.8mm(×500)  
grid 간격 20µm

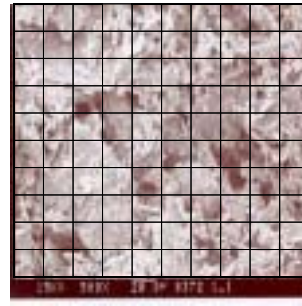


Figure 76. > 2.8mm(×500)  
grid 간격 20µm

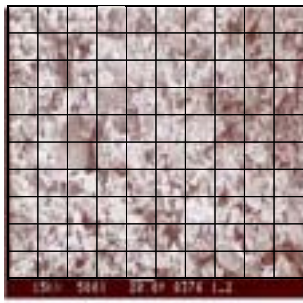


Figure 77. > 2.8mm(×500)  
grid 간격 20µm

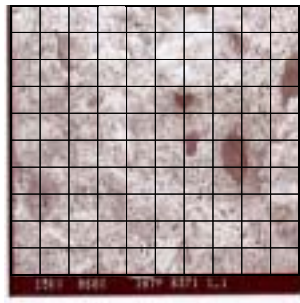


Figure 78. > 2.8mm(×60)  
grid 간격 16.7µm

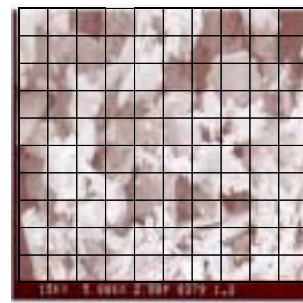


Figure 79. 2.8~2.0mm  
(×5000) grid 간격 2µm

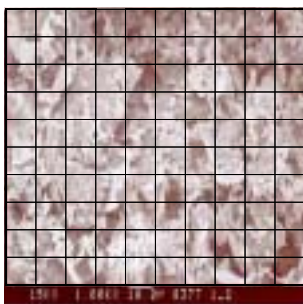


Figure 80. 2.8~2.0mm  
(×1000) grid 간격 10µm

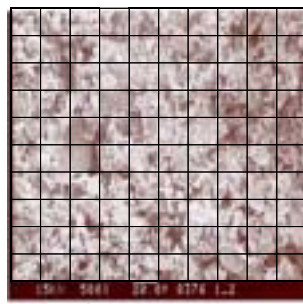


Figure 81. 2.8~2.0mm  
(×500) grid 간격 20µm

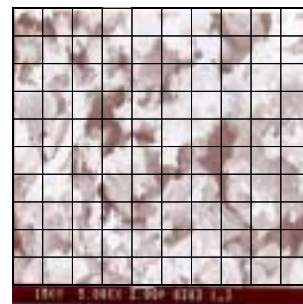


Figure 82. 2.0~0.5mm  
(×5000) grid 간격 2µm

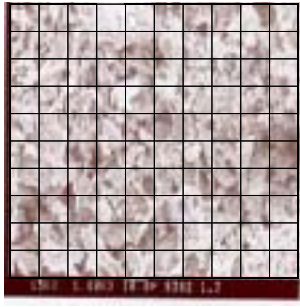


Figure 83. 2.0~0.5mm  
(×1000) grid 간격 10 $\mu$ m

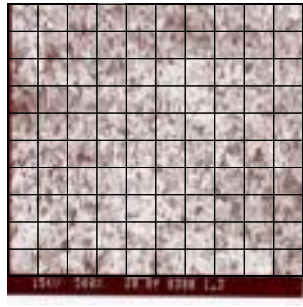


Figure 84. 2.0~0.5mm  
(×500) grid 간격 20 $\mu$ m

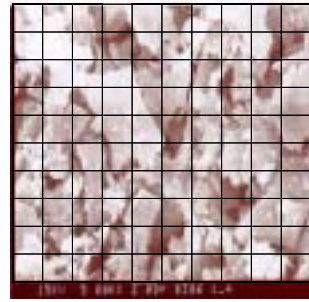


Figure 85. 0.5~0.25mm  
(×5000) grid 간격 2 $\mu$ m

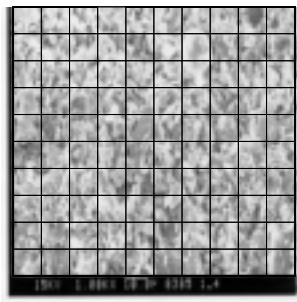


Figure 86. 0.5~0.25mm  
(×1000) grid 간격 10 $\mu$ m

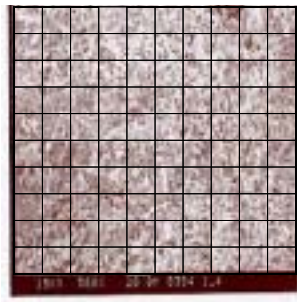


Figure 87. 0.5~0.25mm  
(×500) grid 간격 20 $\mu$ m

♠ 시료 4

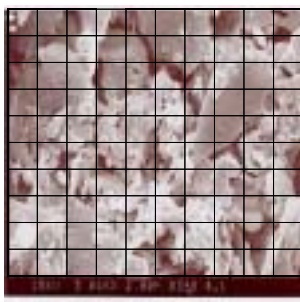


Figure 88. > 2.8mm(×5000)  
grid 간격 2 $\mu$ m

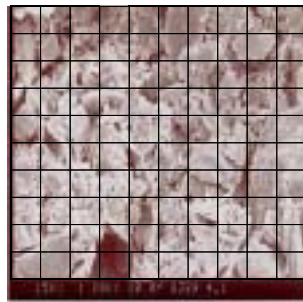


Figure 89. > 2.8mm(×1000)  
grid 간격 10 $\mu$ m

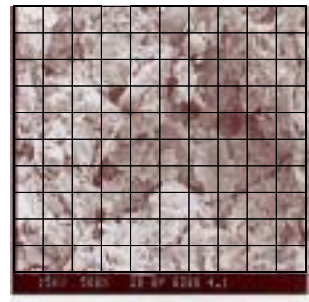


Figure 90. > 2.8mm(×500)  
grid 간격 20 $\mu$ m

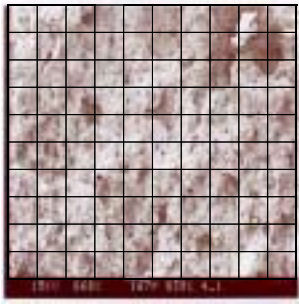


Figure 91.  $> 2.8\text{mm}(\times 60)$   
grid 간격  $16.7\mu\text{m}$

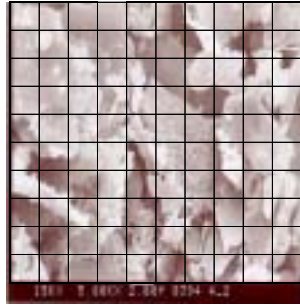


Figure 92.  $2.8\sim 2.0\text{mm}$   
 $(\times 5000)$  grid 간격  $2\mu\text{m}$

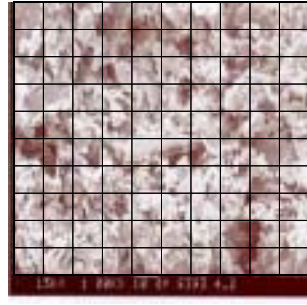


Figure 93.  $2.8\sim 2.0\text{mm}$   
 $(\times 1000)$  grid 간격  $10\mu\text{m}$

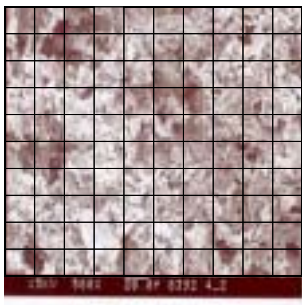


Figure 94.  $2.8\sim 2.0\text{mm}$   
 $(\times 500)$  grid 간격  $20\mu\text{m}$

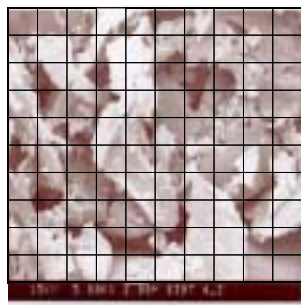


Figure 95.  $2.0\sim 0.5\text{mm}$   
 $(\times 5000)$  grid 간격  $2\mu\text{m}$

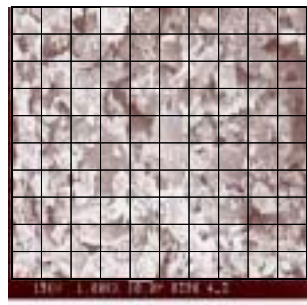


Figure 96.  $2.0\sim 0.5\text{mm}$   
 $(\times 1000)$  grid 간격  $10\mu\text{m}$

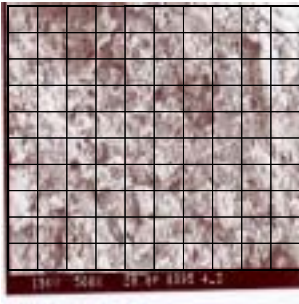


Figure 97.  $2.0\sim 0.5\text{mm}$   
 $(\times 500)$  grid 간격  $20\mu\text{m}$

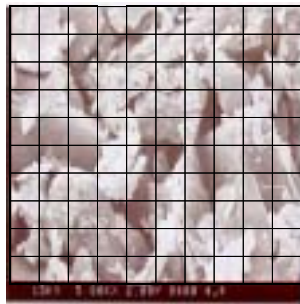


Figure 98.  $0.5\sim 0.25\text{mm}$   
 $(\times 5000)$  grid 간격  $2\mu\text{m}$

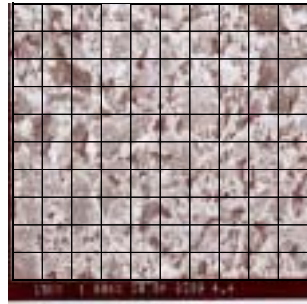


Figure 99.  $0.5\sim 0.25\text{mm}$   
 $(\times 1000)$  grid 간격  $10\mu\text{m}$

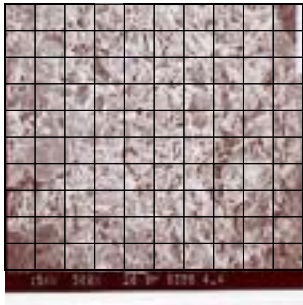


Figure 100. 0.5~0.25mm  
(×500) grid 간격 20 $\mu$ m



Figure 101. 0.25~0.125mm  
(×5000) grid 간격 2 $\mu$ m



Figure 102. 0.5~0.125mm  
(×1000) grid 간격 10 $\mu$ m

♠ 시료 6

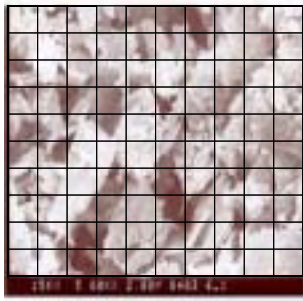


Figure 103. 2.0~0.5mm  
(×5000) grid 간격 2 $\mu$ m

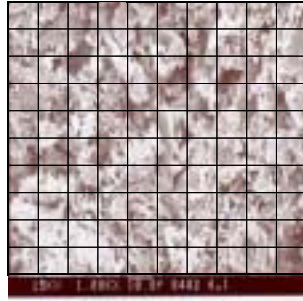


Figure 104. 2.0~0.5mm  
(×1000) grid 간격 10 $\mu$ m

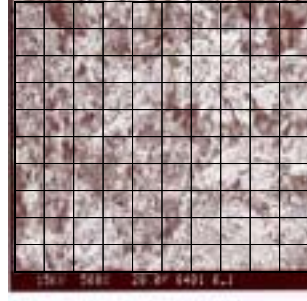


Figure 105. 2.0~0.5mm  
(×500) grid 간격 20 $\mu$ m

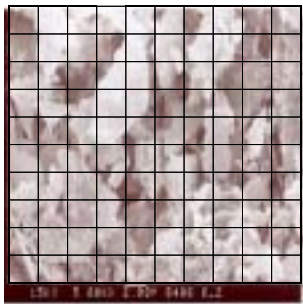


Figure 106. 0.5~0.25mm  
(×5000) grid 간격 2 $\mu$ m

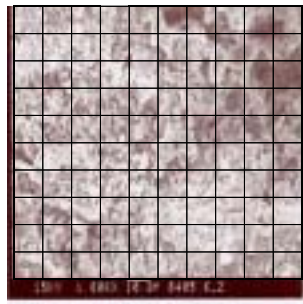


Figure 107. 0.5~0.25mm  
(×1000) grid 간격 1 $\mu$ m

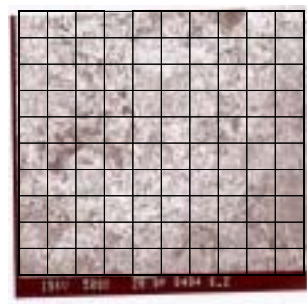


Figure 108. 0.5~0.25mm  
(×500) grid 간격 20 $\mu$ m

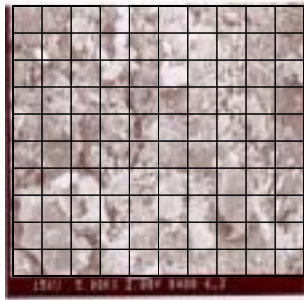


Figure 109. <0.25mm  
(×5000) grid 간격 2 $\mu$ m

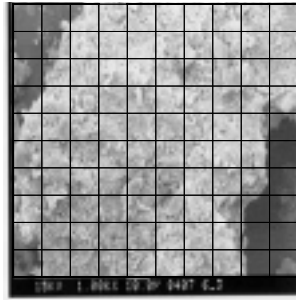


Figure 110. <0.25mm  
(×1000) grid 간격 10 $\mu$ m

### 점토광물 SEM Bentonite

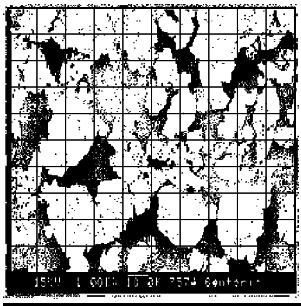


Figure 111. Bentonite  
(×1000) grid간격10 $\mu$ m

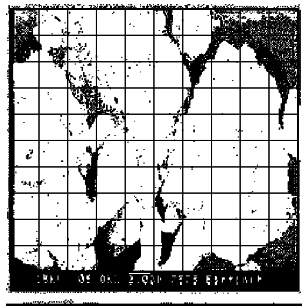


Figure 112. Bentonite  
(×5000) grid 간격 2 $\mu$ m

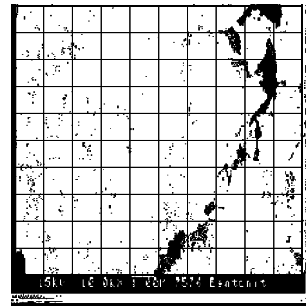


Figure 113. Bentonite  
(×10000) grid 간격1 $\mu$ m

### Perlite

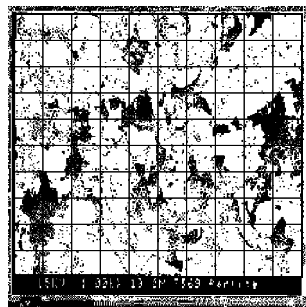


Figure 114. Perlite(×1000)  
grid 간격 : 10 $\mu$ m

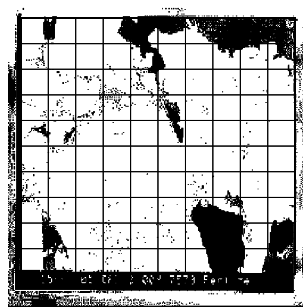


Figure 115. Perlite  
(×5000)grid 간격 : 2 $\mu$ m

## Talc

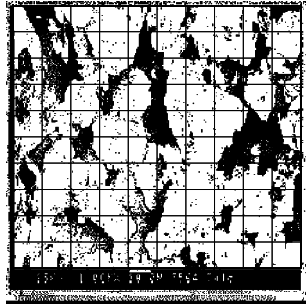


Figure 116. Talc( $\times 1000$ )  
grid 간격 :  $10\mu\text{m}$

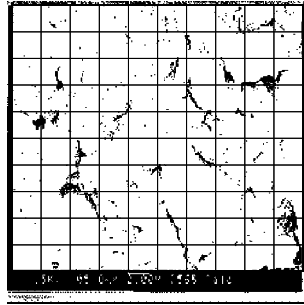


Figure 117. Talc( $\times 5000$ )  
grid 간격 :  $2\mu\text{m}$

## Vermiculite

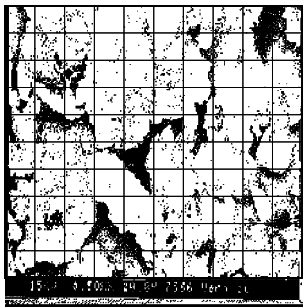


Figure 118. Vermiculite  
( $\times 500$ ) grid 간격: $20\mu\text{m}$

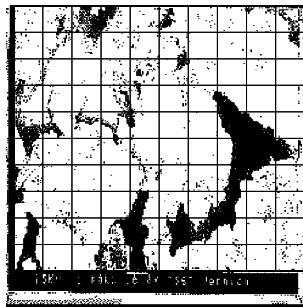


Figure 119. Vermiculite  
( $\times 1000$ )grid 간격: $10\mu\text{m}$

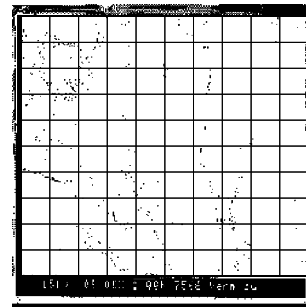


Figure 120. Vermiculite  
( $\times 5000$ ) grid 간격: $2\mu\text{m}$

## Zeolite

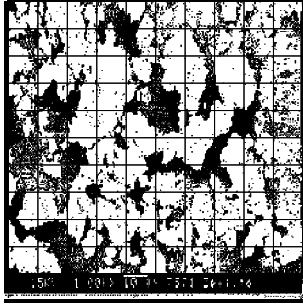


Figure 121. Zeolite( $\times 1000$ )  
grid 간격:10µm

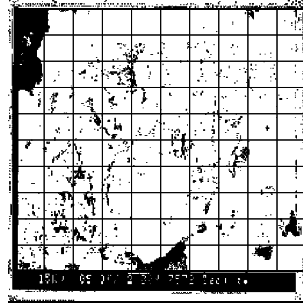


Figure 122. Zeolite( $\times 5000$ )  
grid 간격 : 2µm

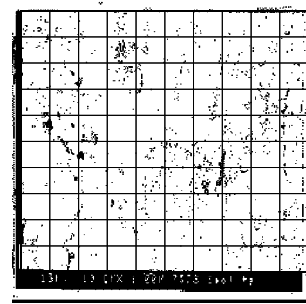


Figure 123. Zeolite( $\times 10000$ )  
grid 간격 : 1µm

### SiO<sub>2</sub>

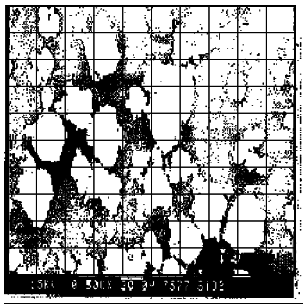


Figure 124. SiO<sub>2</sub>( $\times 500$ ) grid  
간격 : 20µm

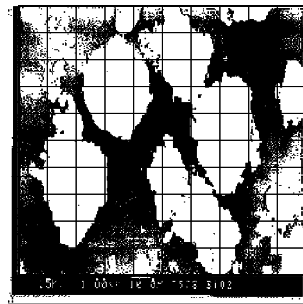


Figure 125. SiO<sub>2</sub>( $\times 1000$ )  
grid 간격 : 10µm

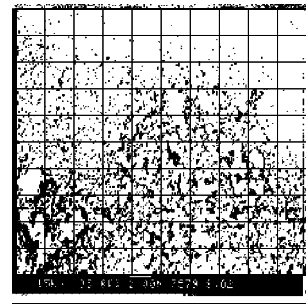


Figure 126. SiO<sub>2</sub>( $\times 5000$ )  
grid 간격 : 2µm

#### 나) 배합비 및 성형방법에 따른 인공토양구조 변화 특성

상기 공정에서 1차 광물을 다른 온도에서 처리 시 원래 소재가 가지는 pH, EC, CEC의 변화됨을 알 수 있었다. 예로 500°C에서 조사한 2.00~0.5mm 크기의 소재 A의 pH는 약 7.61이나, 800°C의 경우는 9.12로 pH는 약 1.5 unit 정도 증가되었고 반면 EC는 0.43에서 0.25 약 0.18 dS m<sup>-1</sup> 정도 감소됨을 알 수 있다. 따라서 성형 과정에서 이러한 온도변화에 따른 성형된 광물의 화학적 특성이 달라진다는 것을 고려하여 성형 조건을 조절해야 될 것으로 판단한다. 특히 CEC의 경우 0.5mm 이하의



입경의 소재는 온도가 500℃에서 800℃로 증가됨에 따라 24 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>에서 4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>로 급격히 감소하여 CEC를 고려한 인공토양 제조 시 특히 유념해야 될 것으로 판단한다.

다) 소재광물 혼합별 인공토양 성형방법 I

혼합은 혼합비율에 따른 용적밀도 변화 및 수분 보유력 변화를 기준하여 소재 간 배합비율을 결정하였다. 특히 배합 시 각각의 소재의 입경을 특정크기로 분류하여 사용하였다. 본 광물을 성형하기 위해서 Bentonite (53.25g), Vermiculite (16.5g), Zeolite (58.5g), Perlite (11g), Talc (33.5g), SiO<sub>2</sub> (172.7g), CaO 7(7.35g), Al powder (0.45g), Cement (92.82g), 기포제 (5ml)에 H<sub>2</sub>O 800ml를 가하여 혼합하여 교반기에 넣어 교반 후 Dry oven에서 60℃에서 6시간 동안 1차 양생을 한 후 1차로 양생된 물질을 자체 제작한 양생 회화로에서 500℃와 800℃에서 각각 4시간 동안 4차례에 걸쳐 양생을 하였다. 양생한 인공토양괴를 분쇄한 후 ASTM 기준에 준한 체를 이용하여 2.0~0.5mm, 0.5 mm> 이하로 분리하여 pH, EC, CEC를 조사하였다(Table26 ).

Table 26. Chemical properties of porous soil formulated by mixed minerals

Category	500℃ (2.0~0.5mm)	500℃ (0.5mm ↓)	800℃ (2.0~0.5mm)	800℃ (0.5mm ↓)
pH	7.61	7.62	9.12	9.31
EC(dS/m)	0.43	0.40	0.25	0.29
CEC(cmol+/kg)	27.25(±2.56)	24.00(±0.71)	15.00(±2.83)	4.00(±0)

Table.26에서 보는 바와 같이 양생온도가 증가함에 따라 pH는 증가하나 EC와 CEC는 감소하는 경향을 보여주고 있으며 특히 800℃-0.5 mm의 인공토양은 1차 광물과 유사한 양이온치환용량을 보이고 있어 이러한 특성을 가진 소재를 묘삼재배배지로 사용할 경우 양분관리 측면을 개선해야 할 것으로 판단된다.

묘삼의 생장은 재배지의 기후와 토양의 물리화학적 성질 그리고 재배기술에 따라 상당한 차이를 나타내게 되나 그 중에서도 특히 기후와 토양수분에 좌우되는 정도가 크다. 토양수분은 인삼종자의 발아를 위시하여 발아 후 지상부 경엽의 생육은 물론 뿌리의 신장과 비대생장 나아가서는 묘삼근의 체형형성에 지대한 영향을 미친다.

본 실험은 Column에 각각의 시료를 충전하여 포화시킨 후 시료를 온도와 습도를 일정 (20℃, 72%)하게 유지한 Growth Chamber에서 매 12시간마다 수분함량의 변화를 질량수분비로 조사한 결과 perlite의 수분보유력이 조사기간 중 가장 높았으며 반면 조사된 시료 중 식양토의 수분보유력은 가장 낮았다. 그리고 인공토양은 조사된 입경 모두에서 낮은 수분 보유력을 보였다.

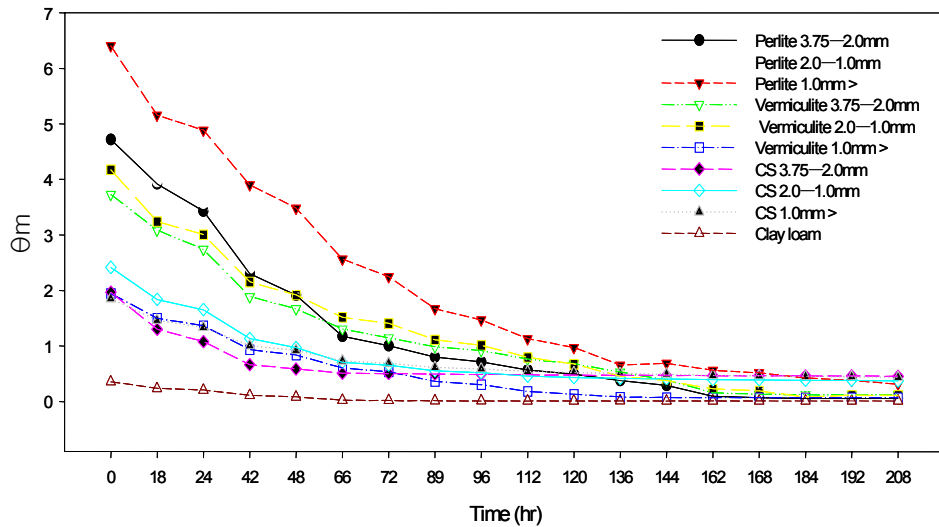


Figure 127. Changes in mass water content with time for the minerals at 20℃

30 ℃에서의 수분 변이도 20℃에서의 수분 변이 실험과 같이 온도와 습도를 일정하게(30 ℃, 72%) 고정시킨 후 매 12시간마다 수분함량의 변화를 확인하였다. 조사 결과 20℃와 마찬가지로 perlite의 수분 보유력이 조사된 타 소재보다 높았으나 20℃와 비교 시 초기부터 208 시간 후 질량 수분 보유력은 낮았다. 그러나 인공토양의 경우 20℃와 비교 시 질량 수분 보유력의 차이가 거의 없음을 알 수 있었다. 이와 같이 인공토양은 온도변화에 따른 입자내 수분함량의 변화가 작음을 알 수 있었다.

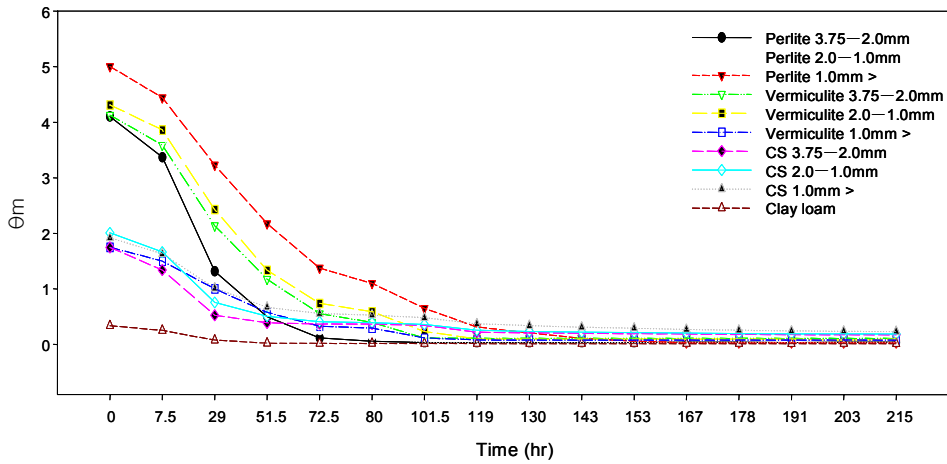


Figure 128. Changes in mass water content with time for the minerals at 30°C

400 mesh를 통과한 유사한 크기의 입자를 대상으로 하여 수분보유함량을 압력별로 측정된 결과 조사된 범위인 0.3 bar부터 10bar까지 압력이 변화됨에 따라 토양내 수분함량은 급격히 감소하는 경향을 보여주고 있다. 그러나 동일 압력하에서 수분보유력은 벤토나이트, 펄라이트 순이었다.

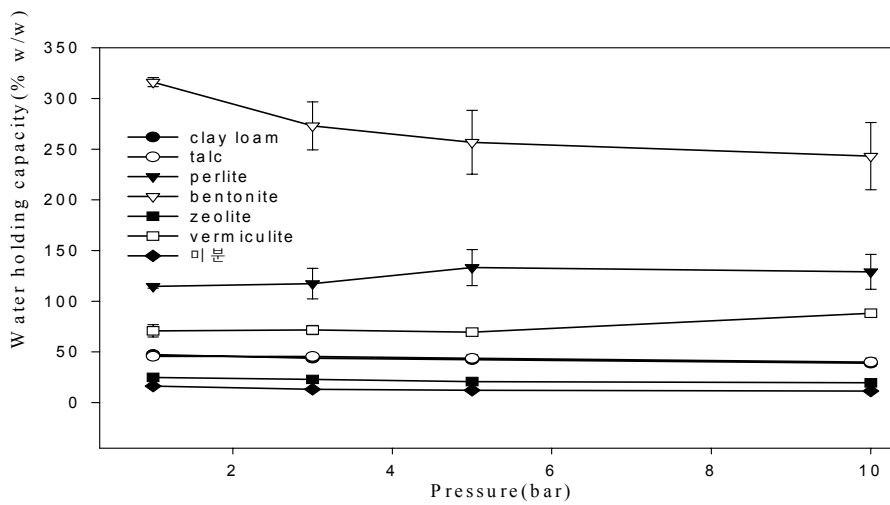


Figure 129. Water contents for the minerals in given pressure.

Fig. 127과 Fig. 128은 Perlite, Vermiculite와 인공토양의 매트릭 포텐셜별 수분함량

Fig. 127과 Fig. 128은 Perlite, Vermiculite와 인공토양의 매트릭 포텐셜별 수분함량을 시간경과별로 여름철 평균기온인 30℃와 봄 가을철의 평균기온인 20℃ 그리고 평균습도 82%에 맞추어 수분증발량 및 수분함량을 비교한 그림이다. 초기에는 perlite와 vermiculite의 수분함량은 인공토양보다 높으나 3일째 이후의 인공토양의 수분함량은 초기값과 유사하게 조사되었다. 그리고 vermiculite는 시간이 지날수록 포화시에 부피보다 수분이 감소되어 감에 따라 부피가 감소함을 확인 할 수 있었다.

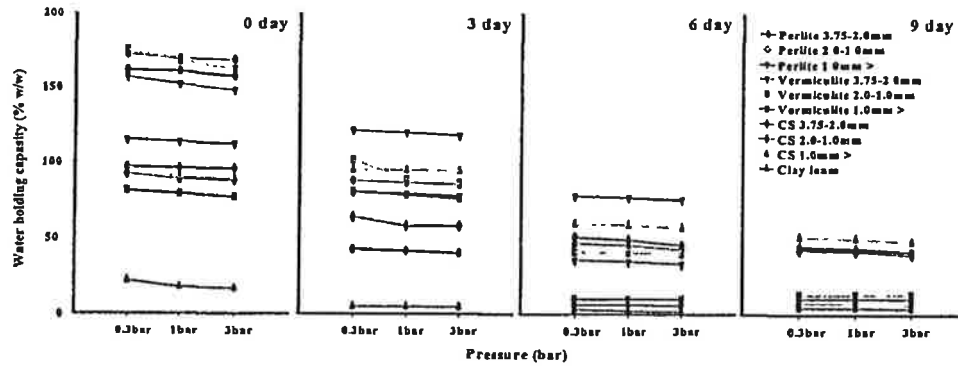


Fig 130. Changes of Water contents for the porous minerals, perlite, and vermiculite under matric potentials at 20℃ for 9 days.

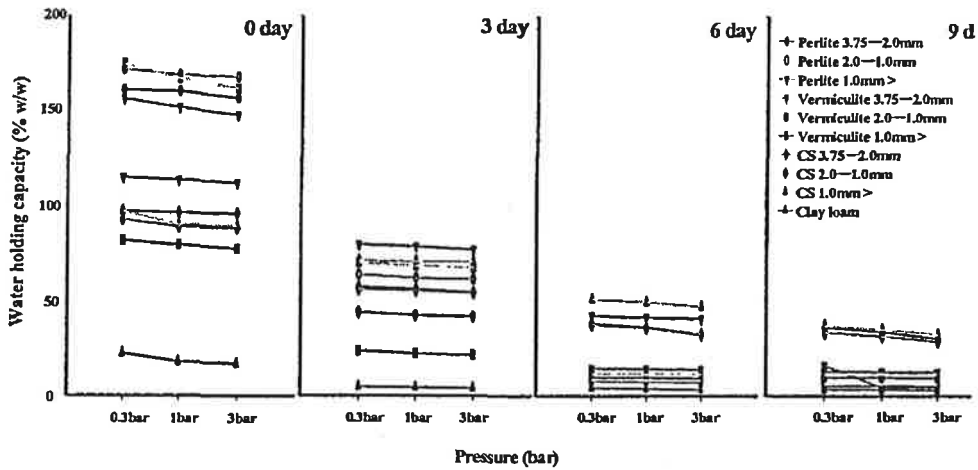


Fig 131. Changes of Water contents for the porous minerals, perlite, and vermiculite under matric potentials at 20℃ for 9 days.

1:1 광물인 Kaolinite를 첨가한 후 공극을 형성하기 위하여 Al 분말을 1.3g과 2.0g을 처리한 인공토양을 제조하여 2.8mm 이상, 2.8~2.0mm, 2.0mm이하의 크기로 파쇄 분리한 인공토양의 수분보유력을 조사한 결과 Al 처리 함량이 증가할수록 수분보유력이 증가함을 알 수 있었으며 한편 분쇄 입경 크기가 증가할수록 수분보유력이 증가하였다.

처리한 인공토양을 제조하여 2.8mm 이상, 2.8~2.0mm, 2.0mm이하의 크기로 파쇄 분리한 인공토양의 수분보유력을 조사한 결과 Al 처리 함량이 증가할수록 수분보유력이 증가함을 알 수 있었으며 한편 분쇄 입경 크기가 증가할수록 수분보유력이 증가하였다.

Table 277. Water contents with different Al powder measured at three different pressures

Particle size(mm)	Al Powder(g)	Pressure (bar, % w/w)		
		0.3	1	3
2.8mm이상	1.3g	45.30571	44.00191	42.54331
	2.0g	49.06277	51.05084	48.89946
2.8~2.0mm	1.3g	49.37641	47.8126	41.03393
	2.0g	117.6348	113.0495	70.97673
2.0mm이하	1.3g	44.27822	39.06156	34.22507
	2.0g	46.66129	41.81998	38.63886

한편 입경대비 온도 조절에 따른 인공토양을 제작하여 각각의 압력에서 수분보유력을 측정한 결과 실제 가용성 수분의 비율은 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 본 연구가 목표로 하는 연속 다공성 소재 개발을 위해서는 특정온도로 이온간 결합을 유도해야 한다는 결론을 얻었다. 동일한 소재처리 조건에서 성형온도를 500℃와 800℃로 달리하여 성형된 인공토양을 파쇄한 후 1 mm 이하, 1-2 mm, 2-3.75 mm로 분리한 후 화학성과 수분보유력을 조사하였다.



인공토양 (1 mm>)

인공토양 (2~1 mm)

인공토양 (3.75~2 mm)

· Figure 132. Types of porous minerals crushed and separated into respective size

인공토양의 입경크기별 pH, EC, 그리고 CEC를 조사한 결과 입경크기간 pH와 EC의 변이는 없었으나 CEC는 입경이 증가됨에 따라 증가하는 경향을 보였다 (Table.28).

Table 28. Chemical properties of porous minerals developed with 400 °C and 3 bars.

Mesh Size	pH	EC(dS/m)	CEC(cmol+/kg)
2.8mm ↑	10.450	0.218	13.0(±5.56)
2.8~2.0mm	10.452	0.206	9.75(±0.35)
2.0mm ↓	10.477	0.277	7.5(±0.5)

1-2 mm 크기의 인공토양 입자의 결정상태에 따른 공극특성을 ESEM을 이용하여 조사한 결과 직경이 약 3 $\mu$ m의 대공극이 형성되었음을 확인하였고 이를 전체 입자크기에 대한 비로 환산한 결과 약 4 %의 범위에 해당되기에 이러한 공극구조 특성 차이가 수분보유력과 CEC에 영향을 미친다는 것으로 판단되었다 (Fig 133).

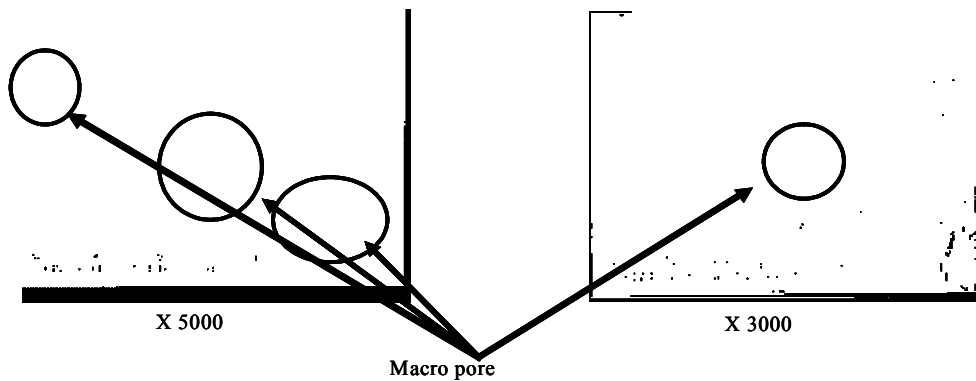


Fig 133. Pore structure identified by ESEM analysis for porous minerals developed at 800 °C and 2.0 g Al powder

치환효율이 불규칙하게 변화되었으나 표면적은 지속적으로 증가함을 알 수 있었다. 한편 이 결과를 근거로 초기 표면적과 최종 표면적의 변화는 정의 상관관계로 증가함을 알 수 있었다. 그러므로 본 연구에 사용되는 혼합제중 하나인 벤토나이트 시료의 최대 치환율과 표면적을 증가시키기 위한 조건을 설정할 수 있었다.

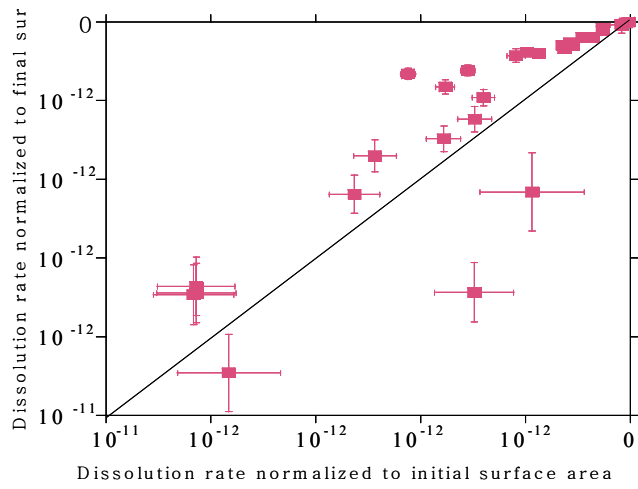


Figure 134. Comparison between the dissolution rate obtained by normalizing the rate to the final surface area to that obtained using the initial surface area

Fig 135에서 보는 바와 같이 처리 온도간 수분함량변이는 크지 않으나 파쇄입경이 클수록 수분보유력도 증가함을 알 수 있었다.

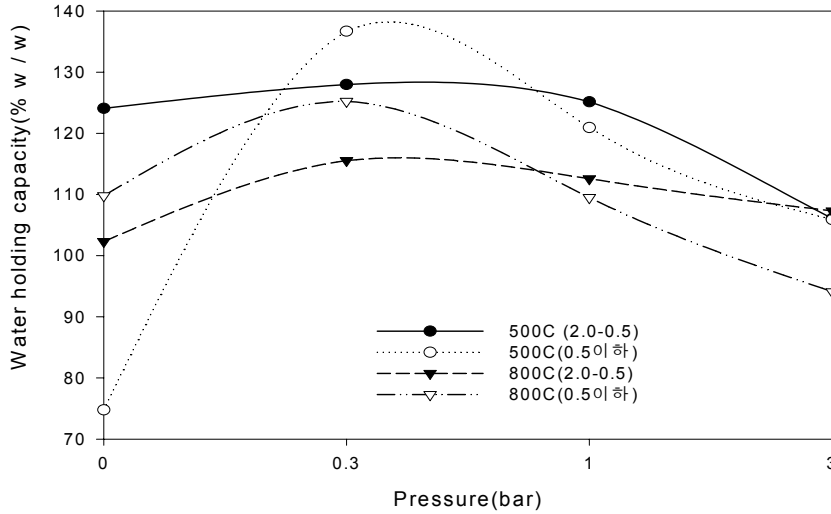


Figure 135. Water contents of porous minerals developed with 500 °C and 800 °C

인공토양의 강도와 공극특성을 조절하기 위하여 동일 혼합조건에서 성형 온도를 400 °C 낮추고 압력을 3 bar로 증가시킨 결과 인자강도에 따른 입단경도는 500 °C에서 성형된 입자보다 800 °C에서 성형된 입자의 강도가 약 1.45배 정도 높았다. 처리온도 조건하에서 인공토양의 결정구조를 XRD를 이용하여 d-spacing의 변화를 조사한 결과 처리 온도가 낮을수록 d-spacing이 소멸되는 온도는 증가된 반면 처리 온도가 75°C 이상이며 이때의 d-spacing은 10.7 Å 정도로 조사되었다.

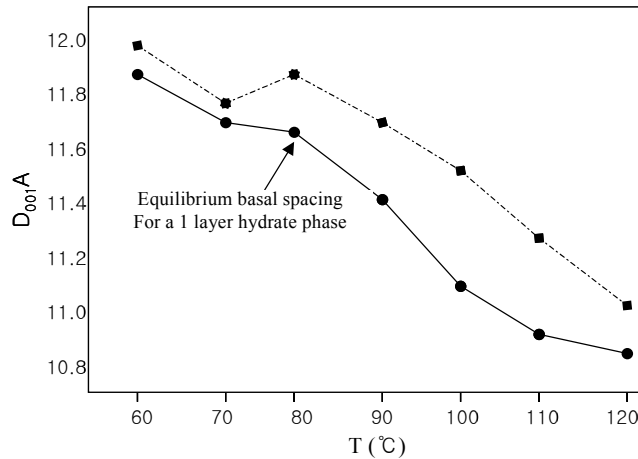


Figure 136. Experimental and calculated d-spacing after long isothermal heating runs compared with those calculated at infinite time, as a function of temperature.

제조한 인공토양을 2 mm 이하, 2.0-2.8 mm, 2.8 mm 이상의 3가지 입경으로 구분한 후 식양토 무게 대비 0% 부터 10%까지 6단계로 분리하여 혼합하여 포화수리전도도를 조사한 결과 적용된 입경의 크기와 혼합비율이 증가됨에 따라 수리전도도는 급격히 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 이러한 특성을 보여주는 인공토양을 토양과 혼합하여 묘삼재배토로 사용하고 할 경우 혼합되는 인공토양의 입경은 크기가 작은 것이 수분이용도에서 유리함을 알 수 있다.



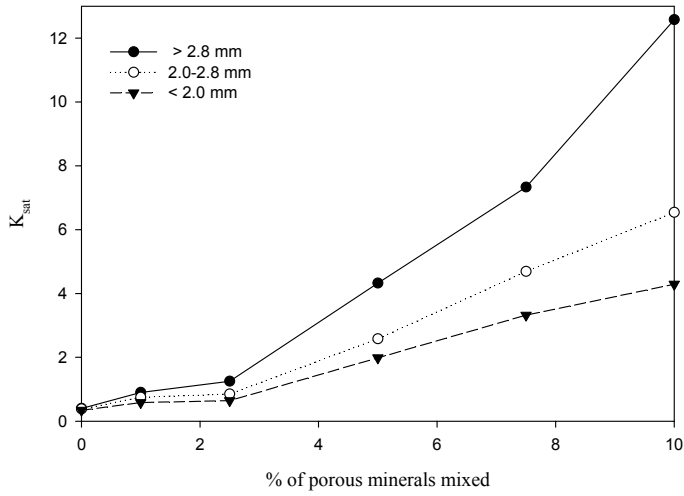


Figure 137 Saturated hydraulic conductivity regarding to mixing ratios with clay loam and particle size.

한편 인공토양, 펄라이트, 유기물을 혼합하여 묘삼토로 사용하고자 할 시 관개량별 포화수리전도를 조사한 결과 동일 비율의 인공토양하에서 펄라이트와 유기물 함량이 수리전도도에 영향요인으로 작용함을 알 수 있었다. 특히 동일 함량의 펄라이트 혼합시 유기물 함량이 수리전도도에 직접적인 영향요인으로 작용함을 알 수 있었다.

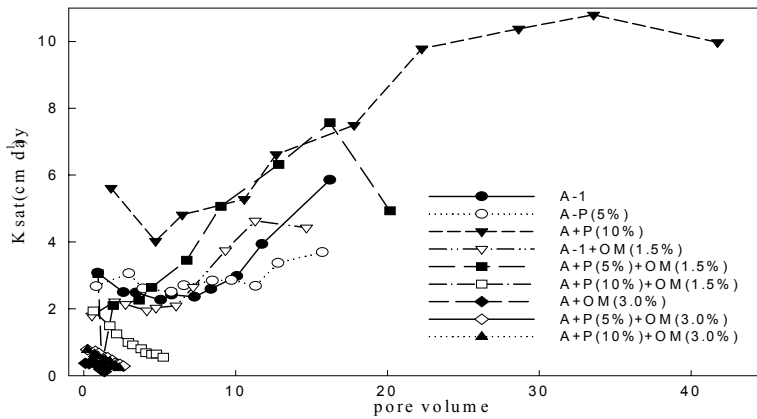


Figure 138. Saturated hydraulic conductivity for mixing conditions

라) 인공토양을 이용한 묘삼재배기술 개발

시설재배시설내에서 묘삼재배에 있어 묘삼의 성장환경은 특히 기후와 토양수분에 좌우되는 정도가 크다. 토양수분은 인삼종자의 발아를 위시하여 발아후 지상부 경엽의 생육은 물론 뿌리의 신장과 비대생장 나아가서는 묘삼근의 체형형성에 지대한 영향을 미친다. 따라서 묘포의 적절한 수분관리는 우량묘삼의 생산에 극히 중요하다.

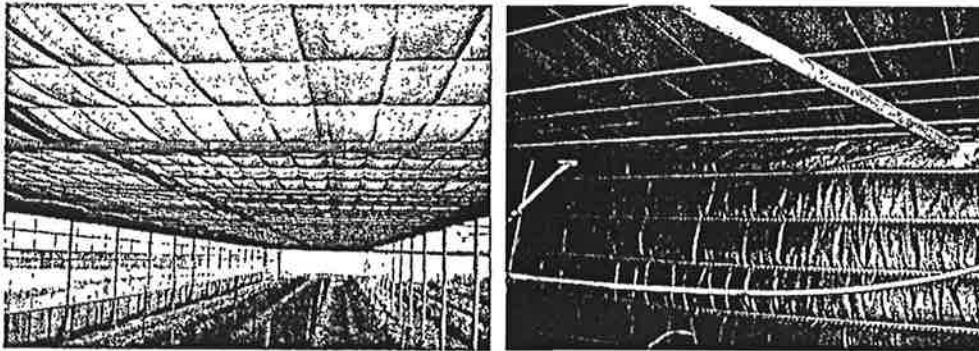


Figure 139. Picture of greenhouse for young ginseng culture.

발아 후 4-6월은 유근의 신장기로서 유지근이 발생하며 토양수분이 적당하면 6월 하순경에는 주근의 신장이 거의 완료된다. 이 시기에 토양수분이 부족한 상태가 되면 유주근의 신장이 억제되는 물론 유지근의 발생도 적어 전체적인 근계형성이 위축되는 한편 양분과 수분의 흡수가 감소되므로 전체적인 생육부진이 초래되어 우량묘삼의 생산을 기대하기 어렵다. 따라서 뿌리의 신장기에 해당하는 4-6월은 토양의 수분관리를 철저히 하여 수분부족을 방지하고 뿌리가 충분한 신장생장을 유지할 수 있도록 하여야 한다. 7-9월은 뿌리의 비대생장이 진행되는 시기로서 7월 이후에는 뿌리의 신장생장이 아주 완만해 지는 반면 뿌리의 비대가 시작된다. 대체로 7-8월은 장마가 오는 계절로서 토양이 과습하기 쉬울 뿐 아니라 때로는 집중호우가 내리게 되면 인삼이 직접적인 피해를 입기도 한다. 이 시기에 묘포의 상면토양이 과습하게 되면 근모의 발달이 정지되고 뿌리의 호흡이 억제되어 무기양분의 흡수가 원활하지 못하게 되며 뿌리의 비대생장이 저해되는 물론 지상부의 생육도 저조하게 되어 조기낙엽이 유발되고 근부병을 위 시한 각종 토양전염병의 발생이 심하게 된다. 따라서 뿌리의 비대생장기인 7-9월은 토양의 배수를 철저히 하여 상면토양의 과습을 방지하여야 한다.

묘삼의 생육에 가장 적합한 토양수분은 포장용수량의 50-60%로서 상면의 상층토양과 하층토양 간에 토양수분 함량의 차이가 큰 것이 좋다. 묘상토양의 심도별 최적 수분함량은 포장용수량을 기준으로 상면하 5cm는 35-45%, 10cm는 45-55% 그리고 15cm에는 55-60%의 범위로서 상층은 약간 건조하고 하층은 약간 수분함량이 많은 것이 묘삼 성장에 있어서 비교적 안정적이며 또한 적절한 수분관리를 통한 적습의 유지는 우량묘삼의 생산에 필수적인 요소가 된다.

따라서 본 묘삼시설재배시 시설의 관점은 하절기 실내 온도조절과 광도조절이 주를 이룬다.

따라서 하절기 통기를 통한 사내온도 조절은 Fig. 140의 좌와 같이 실시하며 상부 광차단은 유와 같이 검은 계통의 비닐을 사용하여 실시하거나 시설재배사내에 2중 차광막을 설치 후 통기 및 차광을 실시한다.

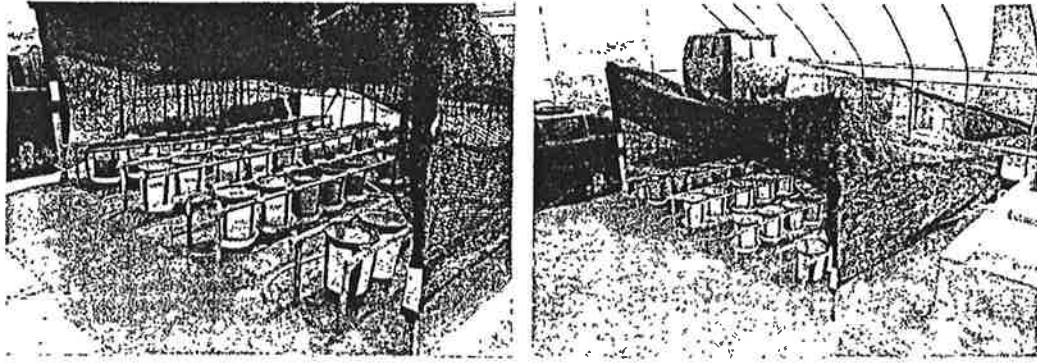


Figure 140. Pictures showing young ginseng culture system in a greenhouse

마) 모세관 수분상승 특성

본 연구 목표중 하나가 관행적인 관개방법보다는 모세관 표면장력에 의한 수분상승을 관개 방식으로 활용하는 것이다. 본 실험은 2.0~3.75 mm, 1.0~2.0 mm, 그리고 1.0 mm 이하로 분리한 입자를 혼합하여 혼합별 평균공극크기를 계산한 결과 1.0~2.0 mm와 1.0 mm 크기의 입자를 50:50으로 혼합시 평균 공극의 직경은 0.41 mm였으며 이때 모세관 상승 높이는 3.66 cm로 조사되었으며 2.0~3.75 mm, 1.0~2.0 mm, 그리고 1.0 mm를 1:1:1로 혼합시 평균 공극크기는 0.67 mm이며 이때의 수분상승 높이는 2.24 mm이다.

Table 29. Calculated mean pore size of the mixed materials

Mixing Ratio			Mean Pore size (mm)	Mean Capillary Rise(cm)	Vermiculite		Perlite	
Particle size (mm)					BD*	Porosity	BD*	Porosity
2.0~3.75	1.0~2.0	< 1.0						
1	1	0	0.91	1.65	0.42	0.75	0.13	0.81
1	0	1	0.70	2.14	0.44	0.74	0.17	0.75
0	1	1	0.41	3.66	0.54	0.68	0.17	0.75
1	1	1	0.67	2.24	0.50	0.71	0.17	0.75
2	2	1	0.77	1.95	0.46	0.73	0.15	0.78
2.5	1.5	1	0.83	1.81	0.38	0.78	0.15	0.78
3	1	1	0.88	1.70	0.36	0.79	0.14	0.79
4.5	4.5	1	0.84	1.79	0.42	0.75	0.14	0.79
5	4	1	0.87	1.72	0.39	0.77	0.13	0.80
6	3	1	0.93	1.61	0.38	0.78	0.13	0.80

그러나 실제 모세관수분상승 실험을 한 결과 바닥면 10 cm 정도까지는 공극이 수분으로 포화돼 있으며 이 이상의 높이로 묘포토양의 깊이가 증가됨에 따라 수분분포는 불포화 상태로 전환됨을 알 수 있었다.

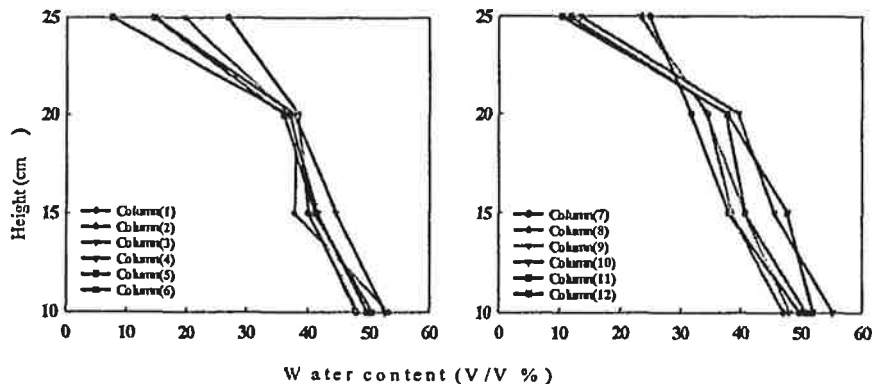


Figure 141. Capillary rises of the various mixtures among vermiculite.

따라서 이와 같은 모세관수분상승에 수분분포현상은 묘삼재배에 적합한 수분공극능력을 가지므로 기존의 지표면관개보다는 묘삼재배에 적합한 수분 관리 형태라고 결론지을 수 있다 그러나 혼합소재의 입경이 2.0~3.75 mm 이상의 소재가 60 % 이상 혼합될 경우 바닥면부

터 수분상승이 제대로 형성되지 않아 묘삼재배에 적합한 수분공급을 할 수 없었다.

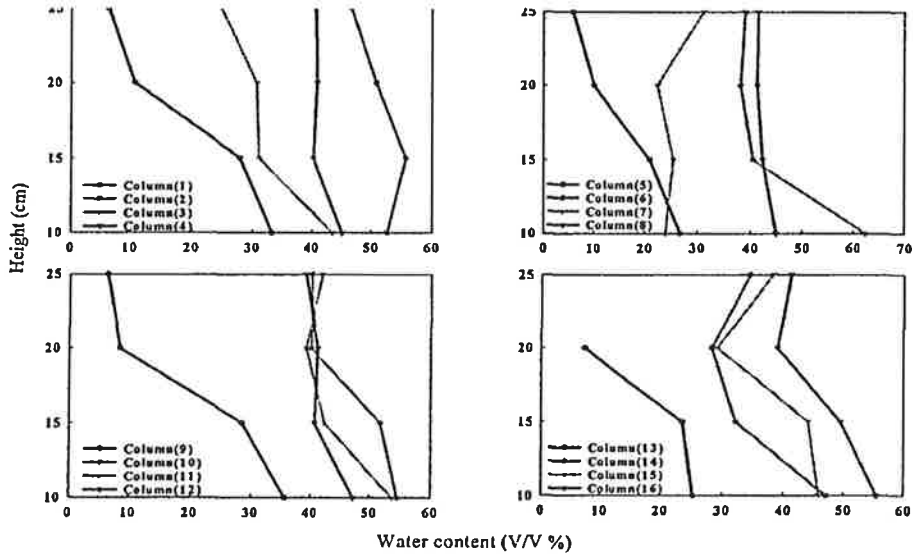


Figure 142. Capillary rises of various mixing ratio for Vermiculite

파종 묘포토 온도와 광조사도를 측정 한 결과시설하우스외부 광도와 비교시 하우스내의 광도는 동절기인 2002년 12월부터 2003년 2월까지의 외부 광도의 1/10 이하로 감소하였으나 3월 이후에는 차단효과가 크지 않았다. 그러나 차광막을 설치한 시설 하우스 내 묘포상 광도는  $800 \pm 125$  lux 정도로 일정하게 유지되었으며 이는 관행묘삼재배포의 광도와 유사함을 알 수 있었다.

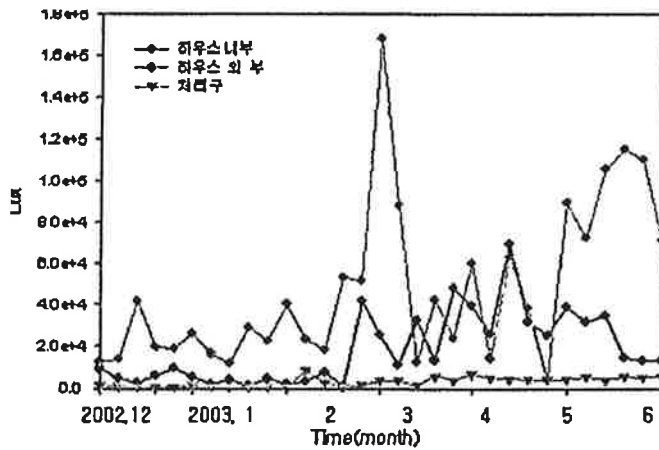


Figure 143. Changes in light intensity of the young ginseng culture system

한편 온도변화 조사 결과를 살펴보면 조사기간 모두 시설재배사의외부와 내부 온도보다 낮았으며 특히 동절기의 묘포의 온도가 0 ℃ 이하로 조사되었으나 결빙은 발생하지 않았다. 이는 묘포내의 수분함량에 의해 영향을 받은 것으로 추정되며 이에 대한 보완이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

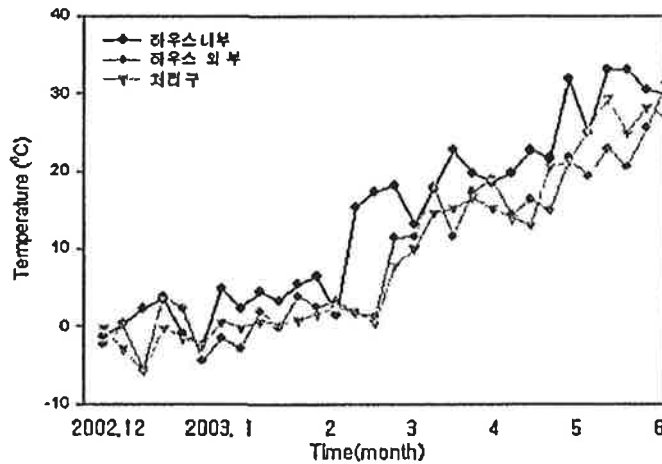


Figure 144. Changes in temperature of the young ginseng culture system

#### 나. 혼합소재별 인삼종자 발아시험

한편 묘삼종자 휴면타파 및 묘삼 재배 환경에 적합한 묘포토 조건을 선정하기 위하여 인큐베이터를 이용하여 발아시험을 한 결과 사용된 혼합소재의 입경이 감소할수록 그리고 수분 보유력이 높은 혼합비율의 종자배지 발아율이 높음을 알 수 있었다



Figure 145. Mixed Media 2    Figure 146. Mixed media 13    Figure 147. Mixed media 26

그리고 인공토양소재를 이용한 인삼종자 발아에 적합한 수분특성을 조사하기 위하여 포장용 수량으로 환산하여 수분함량을 조사한 결과 포화수분함량은 53 %, 0.3 bar의 수분함량은 32%, 그리고 15 bar에서의 수분함량은 약 14.5 %로 가용수분함량이 약 18%를 유지할 때 가장 발아가 잘되는 것으로 조사되었으며 한편 종자발아에 소요되는 최소 23일 소요되는

것으로 조사되었다.

다. 시설 재배지 묘삼재배실험

묘삼재배는 10월 중순경에 파종을 시작하여 다음해 4월 정도까지 휴면타파 기간을 거쳐야 정상적인 생육이 가능하지만 본 연구는 2003년 1월 이후 동절기 기간에 종자를 보육기에서 파종하여 각각의 소재로 처리된 pot로 이식하여 재배한 것으로 실제 생육기간이 아닌 기간에 인위적 재배에 가능하도록 실시한 결과를 기초로 종자를 각각의 계절별로 처리하여 생육 특성을 조사하였으며 처리간 반복간 시료채취가 어려워 통계처리를 하지 못하였다. 한편 시설재배사에서 묘삼을 재배하기 위하여 조제한 묘토의 물리적 특성을 살펴보면 용적 밀도가 1 g/cm<sup>3</sup> 이하로 관행 묘토토양의 용적밀도 1.2-1.32g/cm<sup>3</sup> 보다 낮아 운반 이동 등 관리적인 측면에서 용이하다고 판단된다 (Table 30).

Table 30. Physical properties of mixed materials to grow ginseng

Category		Material I			Material II			MFM		
unit : mm		A	B	C	A	B	C	A	B	C
B · D* (g/cm <sup>3</sup> )	Natural	0.12	0.15	0.27	0.28	0.51	0.39	0.3	0.33	0.42
	Tapping :5	0.13	0.17	0.32	0.31	0.36	0.47	0.38	0.40	0.48
Porosity	Natural	0.95	0.94	0.90	0.89	0.88	0.85	0.89	0.87	0.84
	Tapping :5	0.95	0.94	0.87	0.88	0.86	0.82	0.86	0.85	0.82
Total Porosity	Natural	477.36	471.70	449.06	447.17	441.17	426.41	443.40	437.74	420.75
	Tapping :5	451.70	420.20	364.89	401.77	375.91	345.51	389.75	369.34	343.92
H · C** (cm/min)	Tapping :5	·	·	0.0539	·	0.3413	3.423			

A: 3.75~2.0mm, B:2.0~1.0mm C:1.0 mm>

시설묘삼재배연구는 금산 인삼시장에서 개갑·소독된 인삼 종자를 구입하여 2002년 12월 20일 각각의 혼합비율로 처리된 묘포에 표면으로부터 약 2 cm 깊이에 5립을 파종한 후 표면 피복은 하지 않고 묘삼생육조사를 실시하였다.

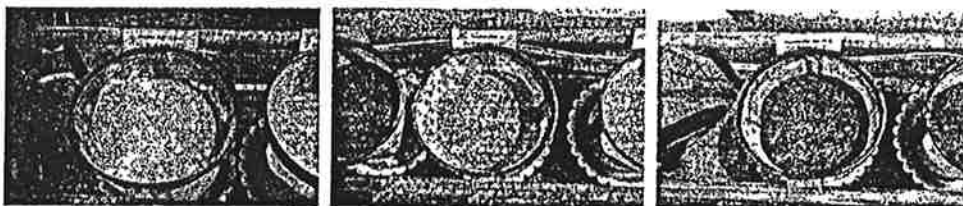


Figure 148. Pictures of culture media after seeding ginseng seeds on Dec. 2002

종자 파종 후 관개는 관수반 담수를 통하여 모세관 수분상승을 활용하여 2002년 12월부터

2003년 3월 15일까지는 1주일 간격으로 관수를 시행하였으며 이 이후 지속담수를 하면서 묘삼생육을 조사하였다.

시설재배사에서 발아는 최초 파종 후 약 75일 후부터 Ca-벤토나이트와 Cao가 혼합된 인공토에서 조사된 시작하였으며 각각의 처리구별 발아율은 입경이 2.0-3.75 mm의 입자비율이 높은 처리구에서는 낮은 반면 혼합소재의 입경이 작을수록 발아시기와 발아율이 높았다.

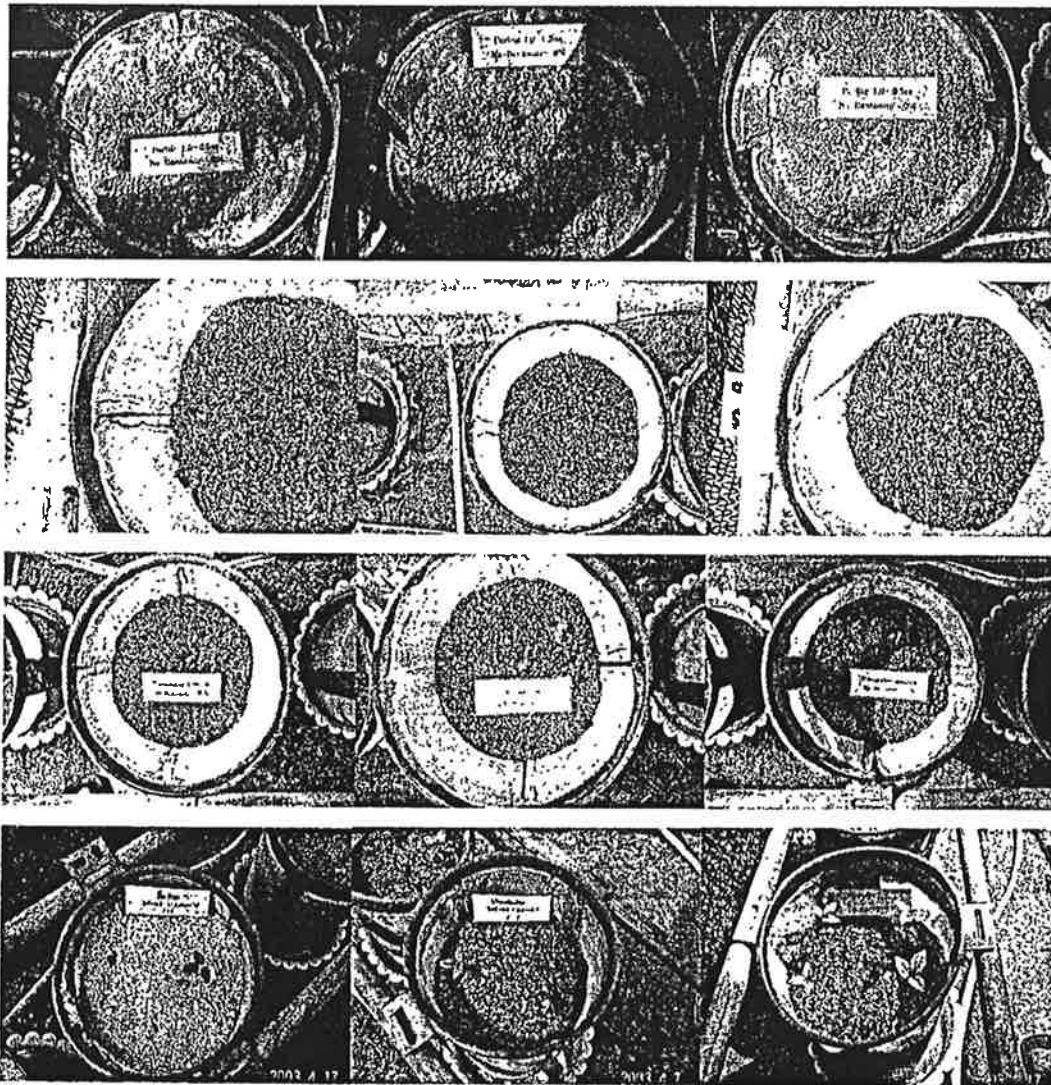


Figure 149. Pictures of geminated ginseng

토양수분은 발아에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며 뿌리발달은 토양수분이 적정하면 4월 6월 중 어린 지근이 발생할 뿐 아니라 뿌리 신장이 거의 이루어진다.



묘삼의 시기별 생장과정을 살펴보면 파종후 4월 중순까지는 발근발아기에 해당하며 4월 중순부터 7월 초순까지는 신장기이며 이 이후 비대기에 해당한다. 이러한 생장특성을 가지고 있는 묘삼에 대한 각각의 처리구별 묘삼생육 특성을 조사한 결과 발아와 마찬가지로 수분보유력이 높은 처리구에서의 생육이 높았다.



Culture 1. Culture 17 Conventional culture

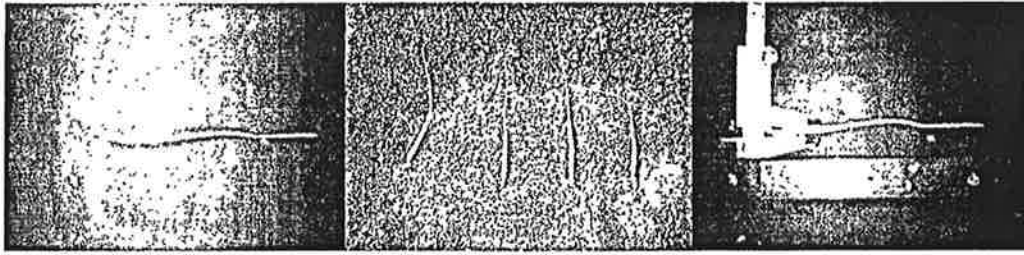
Figure 150. Pictures of ginseng taken on April 17, 2003

인삼생육에 있어서 가장 적합한 토양수분은 약 50-60% 정도이며 상층과 하층의 수분차가 크면 클수록 생육이 양호하다고 알려져 있다. Table 31은 수분상승높이를 기준으로 묘삼의 생육특성을 조사한 결과이다. 조사 결과 입경이 큰 소재 혼합비율이 높은 묘삼배지에서 자란 묘삼의 생육이 입경이 작으며 벤토나이트 함량이 높은 토양에서 자란 묘삼에 비해 최초 발아일도 늦어짐을 알 수 있었으며 그러나 발아기는 파종수가 작아 상대적 비교가 어려웠다.

한편 묘삼길이와 근경을 조사한 결과 발아와 마찬가지로 입경이 작을수록 생육이 양호함을 알 수 있었다 (Table.31).

Table 31. Comparison of young ginseng root growth for various mixture of materials

Mixing Ratio			Germination Date	Length mm	Thickness	Remark
3.75~20mm	2.0~1.0mm	1.0 mm>φ				
1	1		March. 23	14.6	0.94	Averages were varies due lack of samples
1		1	April 4	13.6	1.05	
	1	1	March. 16	15.9	1.14	
1	1	1	March. 27	14.2	0.89	
2	2	1	April, 11	13.8	0.81	
2.5	1.5	1	April, 14	13.3	0.92	
3	1	1	April, 5	13.2	0.88	
4.5	4.5	1	April, 9	12.6	0.92	
5	4	1	April, 10	12.9	0.80	
6	3	1	April, 19	13.1	0.82	



1) 묘삼 생육, 병해 발생 특성 조사

묘포에서 병해 종류별 발생정도는 발아된 종자의 58.5%가 생육기간중에 고사하며 총 병 발생량을 100으로 할 때 그 중에서도 탄저병이 차지하는 비율이 87%로 탄저병에 의한 피해가 가장 크다는 것을 알 수 있다.

인삼과 관련한 병해로는 모조리병, 번대병, 입고병, 요절병 등이 있으나 5월 이후 일부 처리구의 묘삼엽이 충해를 받았으나 병해 증상은 조사되지 않았다.



Treatment 12-1 Treatment 19-2  
Figure 151. Picture showing ginseng leaves affected by insects

2) 묘삼 성분 특성 조사

일반적으로 알려진 인삼성분은 사포닌, 합질소화합물, 지용성 성분, 비타민, 탄수화물 등으로 구분할 수 있다. 본 연구에서 재배된 묘삼중 가장 생육이 좋은 처리구 13의 경우 성분 특성은 Table 32와 같다. 그리고 이외에 처리구에서 채취한 묘삼도 이와 유사한 성분특성을 보이고 있으나 기존의 묘삼성분 분석자료가 미미하여 2003년도 판매되는 묘삼과 비교시 기존 관행방식에서 재배한 묘삼과 큰 차이가 없었다.

Table 32. Analysis of components for young ginseng roots for the cultivated and the purchased

구 분	T-N	조단백질	조사포닌	조섬유	전당	Crude Fat
	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(%)
처리 13	0.15	0.94	10.50	5.20	1604.4	1.44
관행	0.14	0.89	10.33	5.33	1678.2	1.63

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

본 연구는 첫째 기존의 관행재배에서 발생하는 재배 및 관리상에서 발생하는 수분관리와 병해를 저감하기 위하여 초작지 관리가 필요 없는 시설재배를 통한 양질의 규격 묘삼 생산 기술 개발, 둘째로 이러한 시설묘삼재배에 필요한 묘삼재배용 인공토양 개발과 관리 기술 개발, 그리고 이러한 농자재와 사용하여 묘삼재배를 하고자 할 때 인공 시설상내 묘삼 재배기술 개발을 목표로 하였다.

먼저 첫번째 초작지가 필요 없는 시설재배와 관련한 기술은 기존에 사용하고 있는 소재와 수분공급보유능과 공급능을 증가시킨 인공토양 제조방법이 완성됨에 따라 해결됐으나 본 연구에서 적용한 소재와의 혼합비, 특히 입경과 충전 방법에 따른 수분보유력에 대한 보완이 일부 필요하다.

그리고 시설묘삼배법 중 인공토양혼합비율에 대한 묘삼재배연구가 매우 미진하였다. 이는 인공토양제조와 관련한 소재혼합간 방법이 다양하고 현재 인공토양 제조에 사용하고 있는 기기의 용량이 작아 묘삼재배에 필요한 충분한 인공토양을 생산하지 못하였으나 인공토양제조와 관련한 성형기법은 완성하였다.

한편 시설재배사 내에서 재배기술은 보완시험이 요구된다. 특히 파종 후 동절기 기간 동안 파종의 묘토의 온도가 외부 온도보다 낮아 발아 및 생육에 영향을 미칠 것으로 추정되어 이에 대한 보완 시험이 필요하다.

전체적인 본 연구의 달성도는 인공토양에 의한 시설재배가 가능하며 공극이 개선된 인공토양 개발기법이 개발이 관련 분야에 기여도라 할 수 있다.

## 제5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구기간이 2년에 한정되어 있어 실제 묘삼재배에 필요한 반복 등의 연구가 매우 미진하며 특히 인공토양소재 생산량이 실제 소요량보다 매우 부족하여 재배기법, 소요 적용에 따른 반응 특성에 대한 연구가 더 필요하다. 그리고 묘삼재배에 사용된 개발에 소요된 시간이 약 1.5년 정도 소요되어 실제 보완연구 등이 실시되지 않았다. 따라서 본 인공토양을 이용한 연구는 최소 묘삼의 2기작 기간에 해당되는 재배를 추가 실시하여 재배법 및 관리에 관한 체계를 확립하여야 한다고 생각된다. 그리고 본 연구에서 개발한 인공토양과 소재는 식물공장과 같은 시설에서 고가의 환금작목의 청정재배법에 적용될 수 있으며 인공토양은 기술이전이 필요하다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구와 관련하여 수집된 해외과학기술정보로는 Molecular Sieve 개발과 관련한 광물 성형기법, 구조 탐색 및 조사법, 개발된 소재의 활용 등에 관한 정보를 수집하였으며 Molecular sieve는 극미세공극 형태이나 본 연구에서 개발한 mesopore에 기본 원리로 적용하였다. 대표적인 기술개발과 관련한 정보를 분류하면 다음과 같다.

광물 구조 Simulation : Microporous solid structure, channel and voids simulation

에너지 : Bond Lengths and Energies

광물성형 : Framework stability and framework structure of microporous minerals

광물구조 검색 및 평가 : Soft X-ray absorption spectroscopy of microporous materials

## 제 7 장   참고문헌

1. 권영삼, 1994. "시설원예 자동화에 의한 생력화 방안". 지역농업 발전을 위한 심포지엄 '경기지역 농업생산비 절감방안' 발표문. 경기도농촌진흥원.
2. 권영삼, 1997. "난방 에너지 절감 기술과 대응 방안". '시설원예 난방 에너지 절감 기술에 관한 세미나' 발표문. 한국시설원예연구회.
3. 류관희, 1986. "농업기계 자동화의 발전과 전망". '86 농업과학 심포지엄 '첨단과학기술과 농업혁신' 발표문. PP 114-123. 한국농업과학협회.
4. 류관희, 1990. "농업생산시스템의 자동화와 발전 방향". 심포지엄 '농업생산시스템의 자동화와 첨단기술' 발표문. PP 3-22. 한국농업기계학회.
5. 류관희, 1991. "식물공장의 현황과 전망". 세미나 '농축산물 생산 가공의 시설화 및 자동화' 발표문, PP111-143. 한국농업기계학회.
6. 류관희, 이기명, 1992. "기술집약형 원예시설을 위한 생육환경의 자동제어". '92국내외 한국과학기술자학술회의 심포지엄 발표논문집. PP 394-402. 한국과학기술단체총연합회.
7. 류관희, 1993. "생력화와 경쟁력 제고를 위한 시설원예의 자동화 방향". 심포지엄 '국내 시설원예산업 발전' 발표문. PP 95-122. 서울대학교 농업생명과학대학 부속 농업 개발연구소.
8. 류관희, 1994. "첨단과학기술과 미래의 한국농업-자동화와 정보화 기술". 제3회 전

- 국 농학계대학 교수 심포지엄 '한국농업의 미래상과 대학교육의 혁신 방안'의 발표문. PP 37-52. 전국농학계대학장협의회.
9. 류관희, 1995. "시설농업의 자동화 현황과 방향". 심포지엄 '농업생명자원의 신기술 응용' 발표문. pp 90-100. 성균관대학교 생명자원연구소.
  10. 이기명, 1994. "전작 시설원예의 기계화 자동화 발전전략". 세미나 '개방화에 대비한 전작 축산 기계화 촉진전략' 발표문. PP 21-36. 농축임업신문.
  11. 조대휘. 1996. 인삼 근부병균 *Cylindrocarpon destructans*(Zinssm.) Scholten의 생육 특성. 경희대학교 대학원 박사학위 논문집 pp. 90
  12. 조대휘. 박규진, 유연현, 오승환, 이호자. 1995. *Cylindrocarpon destructans*(Zinssm.) Scholten에 의한 연작지 2년근 인삼의 근부병 발생특성. 고려인삼학회지 19(2):175-180.
  13. 조대휘, 안일평, 유연현, 오승환, 이호자. 1995. 배양기간, 온도, pH가 인삼근부병균 *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.) Scholten의 균사생육에 미치는 영향. 고려인삼학회지 19(2):181-187.
  14. 조대휘, 유연현, 오승환, 이호자. 1996. 인삼 근부병균 *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.) Scholten의 포자형성에 미치는 배양기간, 온도, pH의 영향. 고려인삼학회지 20(1):88-95.
  15. 조대휘, 유연현, 오승환, 이호자. 1997. 인삼뿌리썩음병균 *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.)의 균사생육과 포자형성에 미치는 탄소원과 질소원의 영향. 한국식물병리학회지 13(1):30-36).
  16. 목성균, 반유선, 천성기, 이태수 : 인삼의 생산비 절감 재배 기술 연구, 인삼연구 보고서,  
한국인삼연초연구원(1995)
  17. 목성균, 반유선, 천성기, 이태수 : 인삼의 생산비 절감 재배 기술 연구, 인삼연구 보고서, 한국인삼연초연구원(1996)
  18. 인삼 경작교재, 금산인삼협동조합, 1995.
  19. 인삼경작기술교육교재, 부여인삼협동조합, 1998.
  20. 조재성, 목성균, 원준연 : 최신인삼재배, 선진문화사, 1998.
  21. 최신고려인삼, 한국인삼연초연구원, 1996
  22. 최광태, 양덕춘, 양덕조, 1985. 묘삼경의 근형성에 미치는 식물생장조절물질의 영향. 고려인삼학회지 vol 9. p 42 - 53
  23. 조재성, 목성균, 원준연. 1998. 최신인삼재배. p 469

24. 김종만, 이성식, 김요태. 1981. 종자의 크기가 묘삼의 생육에 미치는 영향. 고려인삼학회지 vol 5. p 85 - 91
25. 김종만, 이성식, 김요태. 1981. 묘삼의 소질이 본포에서의 생육에 미치는 영향. 고려인삼학회지 vol 5. p 92 - 98
26. 김종만, 천성룡, 김요태, 이종화, 배효원. 1980. 묘삼의 소질이 본포에서의 생육에 미치는 영향. 고려인삼학회지. vol 4. p 65 - 71
27. 박훈, 이종철, 이명구, 변정수. 1983. 묘삼수량에 미치는 부초와 피트효과. 고려인삼학회지 vol 7. p 163 -168
28. 박훈. 1980. 인삼의 온도에 대한 생리반응(엽의 생리, 지온, 기온, 병균의 생육). 고려인삼학회지 vol 4. p 104 - 120
29. 박훈. 1980. 인삼의 수분생리. 고려인삼학회지 vol 4. p 197 - 221
- 이종철, 안대진, 변정수. 1985. 파종 후 상면 비닐 피복이 묘삼생산에 미치는 영향. 고려인삼학회지 vol 9. p 146 -153
30. 이성식, 천성룡, 김요태, 이종화. 1984. 묘삼의 소질이 본포에서의 생육에 미치는 영향. 고려인삼학회지 vol 8. p 57 - 74
31. 이성식, 이종화, 박훈. 1984. 묘포의 광도 및 토양함수량이 인삼의 생육에 미치는 영향. 고려인삼학회지 vol 8. p 65-74
32. 김용태, 이성식, 박훈. 1988. 인삼연구보고서(생력재배시험)
33. 한국연초연구원. 1997. 인삼연구보고서(재배분야).
34. 한국연초연구원. 1996. 최신고려인삼(재배편). p 355
35. Ju, H. Y., Asiedu, S. K., Hong, S. C., Gray, B., Sampson, G and LeBlanc, P. 1998. Ginseng Cultural Management and Research Update in Atlantic Canada. Advances in Ginseng Research. p103-108
36. Ju, H. Y and C. N. Thompson. 1991. American ginseng culture. ACC Publication 1460. Agdex No 250
37. Robitaille, D. 1998. Woods simulated ginseng in maple forests of Quebec. Proceedings of the 1998. annual General Meeting and Conference, The Associated Ginseng Growers of British Columbia, Vernon, BC. February 27-28, 1998, p 29-33
38. Wang, Z. H., Li, C. H., Zhang, C. G., Wang, X. D. 1998. Study on the wild Ginseng and Cultured Ginseng in Northeast of China. Advances in Ginseng Research. p109 - 114



39. Peter Atkins. 2002. The Elements of Physical Chemistry. OXFORD. 57~92
40. Baver, L. D., and Gardner, Walter H., and Gardner, Wilford R. 1972. Soil Physics. Wiley. 4:284~315
41. Sparks, Donald L. 1995. Environmental Soil Chemistry. Academic Press. 175~176
42. Kim, P. J., Lee, D. K., and Chung, D.Y. 1997. Vertical Distribution of Bulk Density and Salts in a Plastic Film House Soil. J.Korean Soc. Soil Sci. Fert. Vol. 30. No. 3:8~14
43. Chung, H. S. 1975. Studies of *Cylindrocarpon destructans* causing root rot of ginseng. Rept. Tottori Mycol. Inst. 12: 127-138.
44. Critchley, B. R. 1972. Effects of three soil fumigants on Carabidae. Plant Pathology 21:188-194.

## 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.