

최 종
연구보고서

633.883687
L2937

150

고품질 묘삼 생산을 위한 시설재배법 개발

Development on the Method of Nutrition Culture for
Production of High Quality Ginseng Seedling

연구기관
한국인삼연초연구원

농림부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “ 고품질 묘삼생산을 위한 시설재배법 개발” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2000. 10. 1.

주관연구기관명 : 한국인삼연초연구원

총괄연구책임자 : 윤 종 혁

연 구 원 : 이 미 자

연 구 원 : 조 병 구

연 구 원 : 천 성 기

연 구 원 : 이 종 룰

연 구 원 : 박 훈

연 구 원 : 이 미 경

연 구 원 : Bladmir A. Bobrov

여 백

요 약 문

I. 제 목

고품질 묘삼생산을 위한 시설재배법 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

세계최대 인삼시장인 홍콩시장의 약 50%를 점유하며 인삼종주국으로 군림하던 우리인삼이 최근에는 3% 미만으로 국제시장에서 밀려났다. 그 동안 북미에서 생산되는 화기삼은 고려인삼과 성가 면에서 차별화를 홍보하며 인삼시장을 잠식하였고, 아직도 저임금 국가인 중국은 생산비 절감에 의한 가격경쟁으로 우리인삼을 밀어내어 고려인삼은 이제 고급홍삼만이 일부 점유하며 명맥을 유지하는 실정이다.

상품의 경쟁력은 가격과 품질에 의해 결정된다. 다행히 우리의 고급홍삼은 국제시장에서 최고의 가격을 받으면서도 상품이 없어서 수출을 못하고 있다. 그러나 중저급 상품은 수출이 안되어 재고가 늘어나고 있다. 이는 고려홍삼의 성가가 아직은 인정받고 있으나 품질에 문제가 있다고 볼 수 있다. 즉 품질만 고급화시킨다면 충분히 경쟁력을 높일 수 있어 우리 인삼산업도 희망적이며 우리의 재배여건과도 상통한다고 보인다.

고려인삼의 체형(뿌리 모양)은 고려인삼만의 고유소질로 우량 묘삼을 이식 재배할 때 좋은 체형이 많이 나온다. 우량 묘삼은 주근이 직립으로 15cm 이상 되며 병이나 적변 증상에 오염되지 않은 묘삼을 말한다. 현행의 생산방법으로는 양직묘포

로 생산해도 이식가능 묘삼 생출율이 50%도 안되며 우량묘삼 생산율은 훨씬 떨어진다. 우리의 농업여건상 약토 생산이나 마사원야토 구입 등이 어려워 양직묘포를 기피하므로 관행의 묘삼생산 방법으로는 우량묘삼 생산이 어렵다. 고품질 묘삼을 생산하려면 획기적이고 합리적인 생산방법이 개발되어야 한다고 본다.

최근 채소원예나 화훼에서 고품질상품 생산을 위하여 양액시설재배가 확산되고 있다. 묘삼은 뿌리의 형태를 중시하므로 관행의 양직묘포를 설치할 때에도 화학성보다 물리성 개량을 중요시하고 있다. 묘삼은 단위 면적당 생산효율이 낮아 대량생산이 안되므로 묘삼의 양액재배는 일반농가 수준에서 활용되어야 할 것이다. 순수 수경재배는 작물의 지지, 양액의 에어레이션, 산도조절 등 관리가 까다로우므로 상토 중심형 재배법으로 기술을 개발하여야 할 것이다.

본 연구는 고려인삼의 국제경쟁력은 품질 고급화뿐이고 품질 고급화는 고품질 묘삼생산 없이는 불가능하므로 묘삼을 보다 우량묘삼을 균질하고 안전하게 생산할 수 있는 양액시설재배법을 개발하고자 수행하였다. 인삼의 양액시설재배는 상토나 양액 모두 기초단계부터 시작하여야 하고 묘삼은 1작기가 18개월로 길어 오랜 연구기간이 필요하나 2년 내에 종결하여야하기 때문에 인삼재배용 양액개발과 이에 따른 상토 관련 재배방법을 간단히 조사하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 연구개발의 내용

가. 인삼육묘의 시설재배관리법 연구

- 1) 인삼의 시설육묘용 상토재료 연구
- 2) 상토와 발아율관계

3) 상토와 묘삼 생육조사

나. 인삼 육묘용 양액개발

- 1) 양액 선발용 상토선발
- 2) 양액 조성방법 및 제조
- 3) Biotop을 이용한 적정양액 산출

2. 연구개발의 범위

가. 인삼육묘의 시설재배관리법 연구분야

시설재배 관리법은 일반적인 양액 공급에서 온습도 조절 등 전반적으로 관여된다. 그러나 여기서 관리법은 아직 인삼 육묘용 시설재배는 상토부터 양액까지 기존의 연구실적이 거의 없어 기초적인 인삼 육묘용 상토재료 특성과 양액 수분관리와 양분공급에서의 문제점만 다루었다. 특히 묘삼은 시설재배로 바뀌더라도 다른 작물처럼 많은 양액을 자주 공급할 필요가 없을 것으로 보이므로 양액 시설재배용 상토정보보다 일반작물의 육묘용 상토 쪽을 다루었다.

나. 인삼 육묘용 양액개발

인삼 육묘용 양액은 단기간에 정확한 조성을 밝히기 위하여 조성부터 수리적인 해석이 가능하도록 Triangle Gibbs를 도입하여 설정하였다. 이런 설정하에서 얻어진 결과는 단순 농도 구멍이 아니고 생육에 많은 영향을 주는 다량요소들 간의 조성비를 입체적으로 해석할 수 있는 방법인 Biozone 구멍방법을 다루었다. 특히 다량요소의 함량이나 조성과의 생육관계를 수학적으로 만들어 모델

“Biotop”을 만들어 놓고, 실제 시험에서 얻어진 결과와 대조하여 적정치를 찾아내는 방법을 사용하였다. 가 항의 상토 선발과 별도로 안정적이며 정밀한 양액 조성을 구명하기 위하여 사경재배와 이온교환 수지로 만든 인조토양 재배 시험을 수행하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발의 결과

가. 시설재배 관리방법 연구

- 1) 공시상토 중 공극에 의한 보수력은 피트모스 질석 퍼라이트 모래 순으로 높았으나 피트모스와 모래배합구의 물리성이 좋을 것으로 보였다.
- 2) 발아율은 질석과 피트모스 모두 양호하였으나 질석은 양액의 누적공급에 따른 양액의 산도 상승으로 생육장애를 일으켰으며 피트모스 및 피트모스와 모래 배합구가 양호하였다.
- 3) 피트모스 및 피모스와 모래 배합구의 근중과 근직경은 관행 약토상토구에 비하여 다소 작으나 근장과 등체장은 월등 길어 우량 인삼 육묘용 상토로 제일 적합한 것으로 나타났다.

가. 인삼육묘용 양액개발 연구

- 1) 이온교환수지로 만든 인조토양에서 재배한 묘삼은 관행의 토양상토에서 재배한 묘삼보다 생육도 좋았고 오랫동안 정상 생육을 보여 양액선발용 상토로 사경재배와 함께 적합한 것으로 보였다.

- 2) 대량요소의 이온별 조성비는 K^+ 는 0.375, Ca^{++} 은 0.291, Mg^{++} 은 0.339, 음이온의 NO_3^- 는 0.411, $H_2PO_4^-$ 은 0.235, SO_4^{--} 은 0.354 이었다,
- 3) 양이온과 음이온을 합하여 전체 농도를 30 meq/l 로 정했을 때 K^+ 는 5.625, Ca^{++} 은 0.4.365, Mg^{++} 은 5.085, NO_3^- 는 6.165, $H_2PO_4^-$ 은 3.525, SO_4^{--} 은 5.310 이었다.
- 4) 농도로 표시하면 K 219, Ca 87, Mg 61, N 86, P 109, S 85 mg/l(ppm) 이었다.

2. 활용에 대한 건의

- 가. 본 연구에서 개발한 영양액은 인삼육묘 전용 양액으로 보호받을 만하며 고품질 묘삼생산 농가에 보급하여 보다 청정하고 균질한 묘삼생산에 기여할 수 있도록 권장함이 좋을 것으로 사료됨.
- 나. 본 연구에서 활용한 작물의 BIOZONE 구멍을 통한 양액 선발방법은 타 작물의 양액개발에도 적용 가능하므로 현재 수입에 의존하고 있는 고급양액의 국산화에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료됨.

여 백

SUMMARY

I. Title

Development on the Method of Nutrition Culture for Production of High Quality Ginseng Seedling

II. Objectives and Importance

To increase of the competition capability is to increase the quality of the ginseng. We cannot product high quality of ginseng without high quality ginseng seedling. The Body type in Korean ginseng is important to determine the ginseng quality. We must transplant the high quality ginseng seedling to make a good type. We cannot produce the ginseng seedling of high quality by traditional method as soil bed.

The objective of our studies is to development the method of nutrition culture to produce of ginseng seedling of high quality.

III. Contents and scope

1. Selection of medium for nutrition culture of ginseng seedling.
 - a. Physical and chemical properties of artificial medium.
 - b. Germination rate of the ginseng seedling upon medium.
 - c. Growth of the ginseng seedling upon growing medium.

2. Development of nutrition solution to product of ginseng seedling.
 - a. Selection of the medium to test for nutrition solution.
 - b. Composition of macroelements
 - c. Calculate the optimum composition of macroelements by BIOTOP

IV. Results and proposal for practical use

1. Selection of medium for nutrition culture of ginseng seedling.
 - a. Peatmoss and peatmoss + sand medium have reach porosity to keep the soil water.
 - b. Germination rate of the peatmoss and vermiculite is high more than the rate of traditional bed. But the survival rate in vermiculite is high late stage, so we can expect the peatmoss is optimum medium ginseng seedling.
 - c. The growth of ginseng seedling in peatmoss is same as in soil bed, but the root length and main root length in the peatmoss are more long than in soil bed.
2. Development of nutrition solution to product of ginseng seedling.
 - a. The growing medium(Artificial soil) on the basis of cation exchange and anion exchange are suitable for cultivation ginseng seedling.
 - b. The optimum composition of macroelements to product of ginseng seedling by nutrition culture are belows
 - for the relative contents of macroelements : $X_{opt}(K)=0.375$,

$X_{opt}(Ca)=0.291$, $X_{opt}(Mg)=0.339$, $X_{opt}(NO_3)=0.411$, $X_{opt}(H_2PO_4)=0.235$

$X_{opt}(SO_4)=0.354$

- if $\text{sum}(\text{cation}+\text{anion}) = 30\text{meq/l}$ then concentration are : $[K^+]=5.625$

$[Mg^{++}]=5.085$, $[NO_3^-]=6.165$, $[H_2PO_4^-]=3.525$, $[SO_4^{--}]=5.310$

- concentration in $\text{mg/l}(\text{ppm})$: K(219), Ca(87), Mg(61), N(86)

P(109), S(85)

여 백

CONTENTS

I. Introduction	17
1. Objectives and scope	17
II. Studies on the medium management for nutrition culture of the ginseng seedling	23
1. Preface	23
2. Physical and chemical properties of artificial medium.	24
3. Germination rate of the ginseng seedling upon growing medium. ...	31
4. Growth of the ginseng seedling upon growing medium.	33
5. summary	36
III. Development of the nutrition solution to product of the ginseng seedling.	39
1. Preface	39
2. The medium to test of nutrition solution.	40
3. Composition of nutrition solution of macroelements	43
4. Optimum composition of macroelements by BIOTOP	48
5. summary	72
IV. Conclusion	73
Literature cited	75

여 백

목 차

제 1 장 서 론	17
제 1절 연구개발의 목적과 범위	17
제 2 장 시설재배 관리방법 연구	23
제 1절 서 설	23
제 2절 인삼의 시설육묘용 상토재료 연구	24
제 3절 상토와 발아율관계	31
제 4절 상토와 묘삼 생육조사	33
제 5절 결과요약	36
제 3 장 인삼육묘용 양액개발	39
제 1절 서 설	39
제 2절 양액선발용 상토선발	40
제 3절 양액조성방법 및 제조	43
제 4절 Biotop을 이용한 적정양액조성 산출	48
제 5절 결과요약	72
제 4 장 결 론	73
참고문헌	75

여 백

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

1. 연구개발의 목적

인삼은 장수와 건강에 효과 있는 자연식품으로 수 백년동안 인정되어왔다. 인류는 풍요로워질수록 장수와 건강에 대한 욕구가 늘어나므로 인삼의 수요는 더욱 늘어날 것이다. 1980년대까지 만해도 인삼은 우리나라를 대표하는 작물이고 단일 작물로는 수출 1위의 효자 상품이었다. 그러나 북미의 화기삼과 중국의 저가인삼에 밀려 백삼은 완전히 국제경쟁력을 잃었고 홍삼도 고급홍삼만 경쟁력을 가질 뿐 중저가제품은 수출이 둔화되고 있다. 이는 그동안 홍삼은 높은 가격을 유지하면서도 품질을 고수하였기 때문에 고급상품은 아직까지 최고의 가격을 유지하지만 백삼은 가격에 대응하는 품질을 유지시키지 못하여 경쟁력을 잃고 말았다. 한동안 우리 인삼산업은 내수의 활기로 다소 명맥을 유지해왔지만 최근에는 밀수입과 쿼터제로 반입되는 중저가의 중국삼이 가격구조를 흔들어 놓고 있다. 더구나 곧 WTO에 의거 중저가의 중국삼이 정식으로 들어오기 시작하면 국내시장에서도 고려인삼은 대혼란과 인삼산업의 침체를 우려 안 할 수 없게 될 것이다.

고품질 홍삼이 국제시장에서 최고의 가격을 받고 있다는 것은 고려인삼의 성가가 아직까지 인정되고 있다는 것이며 품질 면에서는 경쟁력이 있다고 볼 수 있다. 일각에서는 우리의 인삼산업을 살리려면 원가절감과 고가정책 철폐를 주장하며 가격으로 경쟁하려고 있다. 우리의 농업여건상 낮은 임금체제의 중국이나 대단위 면적과 기계화로 생력재배 기술이 발달된 북미와의 가격경쟁은 승산

이 없다. 하지만 고품질 홍삼 생산기술은 그동안 쌓아온 우리의 재배기술과 노하우가 쌓여 아직은 기술이 앞서있기 때문이다.

국제인삼시장에서 가장 경쟁력이 높은 상품은 고급 뿌리홍삼이다. 뿌리삼은 원료삼의 품질을 변조시키지 않고 상품화하여 소비자가 품질을 직접 확인할 수 있기 때문일 것이다. 뿌리삼의 품질은 우선 크기와 체형(모양)이 중요하고 다음은 내공, 내백, 백피, 균열 등의 유무나 양이 결정한다. 과일이나 농산물에서도 모양이나 크기가 등급에 많은 영향을 미치듯 체형(모양)은 크기와 함께 품질의 중요요소로 작용하고 있다.

그 동안 고려인삼에서 1등 체형은 천삼의 요건인 뇌두가 크고 몸통길이가 지름의 2.5배 이상이며 건실한 지근이 몸통길이의 80%이상인 2, 3개인 뿌리가 있는 모양을 말한다. 인삼공사의 6년근 원료수매삼중 이런 체형을 지닌 1, 2등 삼율은 전체의 20%미만으로 매우 낮다. 이는 적변이나 무질서한 지근 발달도 있지만 대부분 동체(몸통)의 길이가 짧아 규격에 미달되기 때문이다. 이렇게 좋은 체형의 인삼은 생산하기 어렵고 체형의 과학적 근거 불충분으로 일부 농가나 일각에서는 체형규격을 완화시키자는 의견도 적지 않다. 그러나 이런 체형은 고려인삼의 특유형태며 우리의 재배법으로 생산할 때 나오는 특성이기에 오히려 체형을 고수하며 외국 삼과 차별시키는 것이 고려인삼의 성가를 유지시키는 길이라 생각된다.

원료삼의 체형발달은 본포 토양의 물리성 특히 삼상과 상고에 의하여 많은 영향을 받고있지만 이식시 묘삼의 길이가 짧으면 뚜렷하게 제한을 받는다. 묘삼품질은 상토의 공극과 수분관리에 따라 크게 좌우되지만 적절한 영양관리도 많은 영향을 미치고있다. 이런 환경조건을 만들기 위하여 우리조상들은 약토와 마사 원야토를 배합하여 만든 상토만으로 양직묘포(묘상)를 만들어 묘삼을 생산하였다. 여기서 약토는 산에서 채취한 목초를 부식시켜만든 거친 퇴비로 토양의 물리성 개선효과가 주 역할이고 영양공급도 하고있다. 풀이나 나뭇잎은 쉽게 부

속되지만 나뭇가지 등은 완전 부속되지 않은 상태이기 때문에 토양공극을 오랜 동안 유지시킬 수 있고 영양도 서서히 부속이 진행되며 공급하기 때문에 지속적으로 소량씩 공급하는 역할을 하고 있다.

그러나 이런 약토가 최근엔 자원도 적어졌고 인건비 상승으로 점점 제조가 어려워 수피 벗짚 등으로 만든 제조상토나 일반 퇴구비로 대체하는 농가가 많아졌다. 이런 대체상토나 퇴구비는 원료배합 차이에서 생기는 상품의 불안정, 오염 또는 미부속 가축분뇨에서 발생하는 유해가스 등에 의해 생리장애나 이병을 증가로 적지 않은 피해를 주고 있다. 마사 원야토도 일부지역에서는 용이하나 많은 지역에서는 구하기가 어려워 양직묘포를 하고싶어도 할 수 없는 실정이다. 이렇게 약토에 의존하는 관행의 묘삼 생산법은 이제 현실적으로 설치가 어렵고 보다 고품질의 균질한 상품을 얻기 위하여 보다 균일한 환경조건을 제공하며 인삼생리에 맞는 새로운 생산방법을 도입하지 않으면 안 된다고 본다.

최근 채소나 화훼작물에서는 고품질 상품을 생산목적으로 양액시설재배를 많이 이용하고있다. 이는 최근 공극이 많아 보수성이나 배수성이 양호한 인공상토가 많이 개발되었으며, 토양대신 인공상토를 사용하면 균질한 환경조절과 관리로 생육조절이 용이하고, 상토 재활용이 가능하여 경제성이 높으며, 소비자가 점점 고품질 상품을 원하기 때문일 것이다. 이들은 묘삼생산이나 약토의 문제점을 가장 적절하게 해결할 수 있는 방법이라고 보인다.

묘삼생산을 양액재배로 하려면 먼저 묘삼생산에 적합한 상토를 선별하여야 할 것이다. 최근 채소나 화훼류 재배에는 펄라이트나 락올 등이 상토로 많이 사용되고 있다. 그러나 묘삼은 뿌리생육이 길고 끈게 뺏어야하며 이식하여 다시 수년간 재배하여야하기 때문에 상처나 오염이 없이 건전해야하기 때문에 기존의 상토를 쉽게 적용할 수는 없다. 또 양액도 인삼은 생육속도가 느려 양분이용도 적기 때문에 기존 양액농도의 1/2 수준을 사용하거나 질소 농도를 낮추고 있지만, 인삼의 영양생리면에서 양분조성이나 농도를 체계적으로 다룬 연구는 보기

드물다. 또 인삼은 생리적으로 화학비료나 근권 환경에 대한 생리반응이 예민하여 일반작물의 양액재배방법을 곧바로 적용하기에는 위험성이 클 것이다.

본 연구에서는 지금까지 우량묘삼 생산방법으로는 양직묘포가 가장 좋다고 알려져 있지만 현실적으로 약토제조나 묘포 설치가 까다로워 대부분의 농가가 외면하고 있으므로 이에 버금가는 새로운 고품질 묘삼생산방법을 개발하기 위하여 최근 채소원예나 화훼에서 고품질 상품 생산용으로 널리 파급되는 양액시설재배법을 적용하기 위하여 묘삼재배에 적합한 상토연구와 인삼재배용 양액개발에 목적을 두었다.

2. 연구개발의 내용

본 연구에서는 묘삼생산에 적합한 양액시설재배법을 개발하기 위하여 먼저 인삼재배용 양액개발 연구에 역점을 두었다. 왜냐하면 기존의 시설재배에 사용되고있는 상토는 어느 정도 비슷한 특성을 지녔기 때문에 상토 종류나 관리방법에 따른 생육의 차이는 크지 않을 것이다. 그러나 인삼에서 생리적으로 예민하여 양액의 농도나 조성은 생육을 크게 좌우하므로 양액개발을 먼저 해놓고 보다 좋은 생육을 위한 상토나 관리법을 확립하고자 수행하였다.

3. 연구개발의 범위

양액을 이용한 시설재배를 하려면 작물생육에 적합한 영양을 고루 갖춘 안정한 양액개발이 필요하다. 또 묘삼의 양액재배에 적합한 상토가 선발되어야 상토나 양액관리가 이루어질 것이다. 인삼은 뿌리형태가 중요하고 일반 농민들의 관리면에서 상토를 이용한 양액재배로 이루어져야 할 것이다. 인삼은 계절과

무관하게 온실 등에서 정상적인 시험을 연속적으로 수행하기가 어려워 반복시험이나 확인시험을 하려면 연구기간이 최소한 4년은 소요된다. 양액과 상토는 서로 무관하지 않으나 2년 내에 사업을 종료하기 위하여 양액 개발에 중점을 두었고 상토나 관리방법 등은 기본적인 특성과 조사로 종결하였다.

먼저 시설재배관리법에는 최근 양액이나 묘포용 상토로 많이 이용되며 수급이 용이한 상토를 중심으로 상토의 기본요건인 물리화학성을 살펴보고 양액과 수분공급에 영향을 미칠 특성들을 살펴보았다.

인삼용 양액개발 시험에서는 실제 농가에서 활용하기는 어렵더라도 정상적인 영양시험을 할 수 있는 배지를 선발하였다. 인삼생육에 적합한 다량요소의 Biozone을 찾기 위하여 양이온과 음이온의 농도를 Triangle gibbs 에 적용시켜 13개 조성을 2수준으로 나누어 총 26개 양액을 공시하였다. 이 결과는 Triangle gibbs 에서 최적의 생육조건을 계산할 수 있도록 만든 전산 모델 Biotop을 활용하여 적정농도를 계산하였다.

여 백

제 2장 시설재배 관리방법 연구분야

제 1 절. 서 설

시설재배는 관리가 용이하고 정확한 환경조절이 가능하여 생력효과나 품질향상이 뒷받침 되어야할 것이다. 상토형 양액재배보다 순수 수경재배는 뿌리가 영양액에 담겨있기 때문에 계속 에어레이션과 산도교정을 해주어야하므로 노동력과 경비가 많이 소요된다. 인삼은 양분요구도가 낮아 양액은 다른 작물처럼 많은 양을 계속해서 공급할 필요는 없을 것이다. 그러나 묘삼은 육묘기간이 길고 생산된 묘의 품질이 후기생육에 큰 영향을 주기 때문에 양액의 농도나 조성관리는 철저하여야 할 것이다. 양분은 공급 않고 수분만 공급하면 양분이 용출되어 양액농도가 달라질 것이고 양액으로 계속 수분공급을 계속하면 양분의 손실이 클 것이기 때문이다. 그러므로 보다 철저한 양액과 관수의 시기 및 횟수가 결정되어 묘삼시설재배시 주요관리대상이 될 것이다.

일반적으로 양액시설재배에 사용되는 인공상토는 펄라이트와 암면이며 일반 육묘용 상토로는 질석과 피트모스를 많이 사용하고 있다. 펄라이트는 가격도 싸서 채소류나 일반 양액재배용 상토로 많이 쓰이며 암면은 물리성이 좋아 최근에 고급배지로 각광받고 있다고 볼 수 있다. 그러나 일반작물의 육묘용 상토로는 양이온 치환능력이 높고 미세공극이 많아 영양이나 물관리가 용이한 질석이나 피트모스 등을 많이 사용한다.

묘삼재배용 상토는 순수 양액전용 상토보다 일반 육묘용 상토의 특성에 가까운 형태가 유리할 것 같다. 왜냐하면 일반 엽채류나 식물처럼 고품복합비료나 액비로 한번에 줄 수는 없어 양액재배용 상토처럼 양액집적이 적어야 하지만 양액공급 횟수보다 수분공급 횟수가 많아야하므로 수분관리가 용이한 것이 좋기 때문이다.

제 2 절. 상토재료 수집 및 특성조사

1. 상토재료 수집

상토재료는 시설양액재배용 인공상토와 묘포용 유기질 상토가 시중에 많지만 본 연구에서는 묘삼을 생산할 때 농가에 보급할 실용적인 상토와 인삼재배용 양액개발을 위한 시험용 상토를 분리하여 조사하였다. 시설재배용 상토는 앞으로 농가에서 많은 량을 필요로 하기 때문에 시중에서 구하기도 쉽고 제품의 규격인증도 가능한 큰 회사 제품이나 수입 재료 중에서 뿌리발달에 적합할 재료만 공시하였다.

가. 약토상토 : 양질의 묘삼을 생산하기 위하여 오랜 동안 농가에서 만들어 사용해온 관행의 묘삼재배용 상토이다. 특히 홍삼원료용 묘삼을 생산하는 경기 지역이나 강원지역에서 사용하는 상토로 마사원야토 : 약토 : 모래를 220 : 70-80 : 22 L로 혼합하여 연구원에서 제조하였다.

여기서 약토는 산야초(1,2년생 관목가지와 생엽)를 옥외에서 약 2년간 부숙시키거나 부엽토 98L에 첨가제로 쌀겨 1L, 캣묵 0.5L, 골분 0.5L를 혼합시켜 약 6개월 부숙시켜 제조한 거친 퇴비를 말한다.

나. 하천모래 : 사경재배시 배지로 사용하기 위하여 자갈을 골라낸 강사를 물로 수회 씻어 점토와 미사를 제거한 순수모래로 양액선발시에 염산으로 2회 더 씻은 후 사용하였다.

다. 펄라이트 : 원예용으로 생산되는 입자크기가 약 2mm~3mm정도의 중립으로 삼순회사 제품 “파라트”를 사용하였다. 제품제조시 암석을 튀기기 위하여 섞었던 기름이 남아있어 수분흡수에 장애를 주거나 기름이 뿌리에 묻어 생리장애를 초래할 수 있으므로 물로 수회 씻어 낸 후 사용하였다.

라. 질 석 : 펄라이트처럼 중립크기의 원예용 제품으로 충청산업에서 생

산되는 성호질석과 보령산 광물에서 생산한 온양 질석을 사용하였다.

마. 피트모스 : 피트모스는 자연식물에서 유래된 유기물이기 때문에 광물질에서 만들어낸 펄라이트나 질석 등은 보다 소량이지만 영양분이 함유되어 있어 일반 육묘용 상토재료로 많이 쓰이는 캐나다산 Sunshine을 사용하였다.

바. 락울소일 : 가격은 비싸지만 양액배지로 최근 각광받는 암면제품으로 원예작물의 양액 시설재배시는 매트형을 주로 사용하고 있으나 본시험에서는 뿌리를 직근으로 유도하고 상처 없이 수확이 가능한 soil 타입의 암면을 사용하였다.

2. 상토재료의 이화학성

최근 양액시설재배에서 많이 사용되고있는 상토는 펄라이트가 약 50%를 차지하고 다음이 암면으로 약 30%를 차지하고 다음으로 왕겨 혼탄이나 코코넛 등이 쓰이고있으며 육묘용 상토로는 피트모스 질석 펄라이트 수피 등이 많이 쓰이고 있다. 상토는 지상부 식물체를 지지해주고 뿌리에 적당한 수분과 공기를 저장해 놓았다가 공급할 수 있는 물리성이 중요하다. 수분과 공기를 함유할 수 있는 능력인 상토의 공극은 수분 및 양액관리와 직결되므로 적합한 공극을 가진 상토를 선별하여야한다. 공극은 근권의 액상과 기상의 용량으로 수분과 산소를 함유할 수 있는 능력을 나타내므로 영양액 및 수분공급 시기 결정에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 매우 중요하다.

표 1은 일반육묘용 및 시설재배에 많이 사용되고 있는 상토의 흡수율을 조사성적이다. 흡수율은 피트모스가 가장 높고 질석 펄라이트 락울 모래 순으로 낮았다. 피트모스는 수분함량에 따라 부피가 많이 달라지기 때문에 용적밀도나 공극을 값이 다소 달라질 수 있다. 본 시험에서는 포화량의 물을 함유하였을 때의 부피를 표준부피로 계산하였기 때문에 다소 공극이 적고 용적밀도가 높게 나

타났다.

양액시설재배에서는 양액을 계속 공급하여야하기 때문에 배수성이 좋고 양분의 흡착도가 낮은 상토가 좋을 것이다. 공극이 많으면 보수성과 배수성이 좋아 수분관리는 용이하지만 아울러 건조피해도 쉽게 받을 수 있다. 더구나 인삼은 양액을 자주 공급할 필요가 적으므로 락울이나 피트모스가 좋을 것으로 보인다. 피트모스에는 미세공극이 많아 흡수력은 좋으나 배수성이 나빠 과습피해가 우려되지만 관수 횟수만 적당히 줄이면 오히려 관리가 편리할 수 있어 유리하다. 피트모스는 캐나다산 수입자재로 가격이 좀 비싸고 초기 흡습시킬 때 물이 잘 스며들지 않아 취급하기가 어려운 점은 있지만 재료의 균질성은 좋

표 1. 상토의 재료별 물리성

재 료 명	규 격	용적밀도	흡수율(%)
펄라이트	삼손산 파라트	1.09	52.1
질 석	충청산업산 성호질석	0.96	77.1
피트모스	캐나다산 Sunshine	0.96	86.6
락울소일	덴막산 그로단	1.08	26.3
모 래	건축용 하천모래	2.26	15.2

은 편이라 활용할만하다. 락울은 공극도 중간정도며 양액 흡착성이 낮아 시설재배용 상토로 최근 들어 사용량이 증가하고 있지만 대부분 매트형이 많이 사용하고 있다. 인삼은 뿌리를 곧게 길러야하기 때문에 매트형은 부적당하고 soil 타입도 묘삼 수확시 표피가 상처를 입으면 본포 이식 후 이병 되기 쉬우므로 충분한 겹토가 있어야 할 것으로 보인다.

상토의 물리성은 시설재배용 상토로써만이 아니라 인삼재배에서 중요한 역할

을 하듯 영양 또한 매우 민감하며 양액 결정에 영향을 미칠 것이다. 표 2 는 상토재료의 화학성이다.

표 2. 상토재료의 화학성

재 료 명	pH	K	Ca	Mg	Na	Mn	Fe	Zn
약토상토(관행상토)	4.7	154.5	11.3	10.5	762.5	0.85	12.1	0.33
펄라이트	6.6	1.3	7.2	1.1	30.7	0.09	0.16	0.06
질 석(성호)	6.7	1.6	1.5	0.3	74.2	0.03	0.37	0.05
질 석(온양)	6.6	10.4	4.4	0.8	14.6	0.10	0.52	0.07
모 래	6.4	4.9	15.0	1.1	16.2	0.04	3.10	0.05
피트모스	4.3	21.5	17.9	5.4	20.7	0.70	0.80	0.14
펄라이트(1)+피트모스(1)	4.4	11.0	18.0	5.0	26.6	0.59	0.36	0.10
펄라이트(1)+질석(1)	6.8	5.6	1.6	0.4	82.8	0.04	1.00	0.06
펄라이트(1)+질석(3)	6.6	1.3	2.0	0.3	53.1	0.03	0.27	0.05
피트모스(1)+질석(1)	6.0	6.4	10.9	0.9	71.7	0.19	1.43	0.08
피트모스(1)+모래(1)	4.4	7.2	16.8	4.9	31.3	1.27	3.00	0.21

* 단위 : ppm

상토의 화학성은 함량의 수준과 흡착상태에 따라 영향은 다르겠지만 양액의 공급방법에 직접적으로 관련된다고 볼 수 있다. 물론 관수 횟수에 따라 함량은 떨어지겠지만 일반적으로 어느 정도의 양분으로 시작되는지 알지 않으면 안되기에 일반 무기성분을 조사하였다. 관행으로 사용하는 약토 상토에 비하면 K, Na, Fe함량이 인공상토에서 월등 낮았고 Ca, Mg, Mn 및 Zn는 약 10%내외였다. 관행의 약토를 표준으로 한다면 K, Na, Fe는 절대량이 부족하므로 양액으로

대량 공급하여야 할 것으로 나타났다. 그러나 관행 약토에 월등 높은 이 성분들이 인삼생육에 직접적으로 필요한 양분인지는 검토된바가 없기 때문에 양액에서 특별히 이 성분들만 대량 공급해야 할지는 좀더 검토가 필요하다고 본다. 그리고 피트모스는 다른 상토에 비하면 다소 양분함량이 높아 펄라이트나 질석을 이용한 상토로 재배시보다 양분공급을 달리하여야 할 것으로 나타났다. 일반 농작물에서 피트모스는 묘상용 상토로 산도와 양분을 교정하여 사용하고 있다. 인삼 육묘에서도 적정 양액만 밝혀진다면 양액으로 화학성을 간단히 보정하여 일반 육묘용 상토처럼 활용할 수도 있다고 본다. 그러나 피트모스는 다른 상토보다 pH가 낮아 상토로 사용시 pH 교정이나 양액의 pH 관리에 주의를 요하여야 좋을 것으로 나타났다.

표 3 은 각 상토의 보수력을 보기 위하여 포화수분 상태에서 시기별 탈수율을 나타낸 성적이다. 상토가 흡수한 수분을 유지하는 힘은 관수시기와량을 결정하는 지표로 활용할 수 있다. 근권의 토양수분이나 상토의 수분함량은 무게대비의 함량 비보다 흡인력으로 조사되어야 뿌리생육과 연계하여 활용하기가 좋다. 그러나 각 상토재료는 공극이 너무 커서 흡인력으로 측정하는 텐쇼메타로는 측정할 수 없어 증량 백분율로 조사하였다. 관수 10일 후의 보수율을 피트모스는 최대 함수량의 86%가 남아있고 질석과 펄라이트가 75에서 68%정도 남아있으며 모래는 24%이었다. 흡수율이 높은 피트모스는 2주 후부터 급격히 탈수율이 높아졌고 37일 후에도 약 15 %가 남아있었다. 반면 모래는 5일 이내에 반 이상이 이탈되어 관수를 자주하여야 할 것으로 보였다. 피트모스와 모래를 1:1로 배합한 상토는 약 50% 수분 함유가 약 2주일로 나타나 피트모스와 모래의 특성을 조합하면 과습이나 건조피해를 막을 수 있을 것으로 보였다.

3. 상토재료의 수분 및 양분 흡수능력

표 3. 상토재료별 보수력

재 료 명	구분	경 과 일 수								
		0	1	2	4	10	15	22	27	37
펄라이트	무 계 ¹⁾	100	91.4	88.6	83.4	73.1	69.1	61.7	57.1	53.7
	수 분 ²⁾	53.3	48.9	47.2	44.0	36.1	32.4	24.3	18.2	13.0
질 석(성호)	무 계	100	95.4	91.7	85.5	67.6	61.4	52.3	46.5	42.3
	수 분	62.2	60.3	58.5	55.7	44.1	38.4	27.6	18.6	10.6
질 석(온양)	무 계	100	92.7	89.1	83.2	66.0	57.6	42.9	40.8	35.7
	수 분	67.5	65.0	63.5	61.0	50.8	43.6	32.2	20.3	9.1
모 래	무 계	100	98.1	93.5	90.9	86.1	85.4	84.9	84.9	84.9
	수 분	17.5	15.9	12.5	9.2	4.2	3.5	2.9	2.9	2.9
피트모스	무 계	100	94.6	90.1	83.5	61.2	43.4	30.5	24.0	21.1
	수 분	82.1	81.1	80.2	78.6	70.8	58.9	41.6	25.5	15.3
펄라이트1+ 피트모스1	무 계	100	95.6	90.8	84.3	60.7	48.0	37.6	31.4	28.8
	수 분	74.3	73.1	71.7	69.5	57.6	46.4	31.5	18.2	9.8
펄라이트(1)+ 질석(1)	무 계	100	94.0	93.1	87.6	74.8	70.6	63.8	58.3	55.0
	수 분	50.8	47.7	47.2	43.9	34.3	30.4	22.9	15.6	10.7
펄라이트(1)+ 질석(3)	무 계	100	94.3	91.4	78.9	68.4	61.7	52.2	45.5	42.6
	수 분	62.2	59.9	58.7	52.1	44.8	38.8	27.6	16.9	11.3
피트모스(1)+ 질석(1)	무 계	100	96.0	86.9	81.8	63.9	51.1	38.7	32.5	28.8
	수 분	74.7	73.6	70.9	69.1	60.4	50.5	34.6	22.1	12.3
피트모스(1)+ 모래(1)	무 계	100	97.4	92.3	89.3	77.4	69.9	65.0	62.5	62.2
	수 분	42.4	40.9	37.6	35.5	25.5	17.6	11.4	7.8	7.4

* ¹⁾ : 초기무계를 100으로 보았을 때 시기별 감소율

* ²⁾ : 각 시기별 중량대비 수분함량 백분율

일반 양액 시설재배시는 양액만을 계속하기 때문에 식물이 흡수하고 남은 양액을 회수하여 pH와 양분을 보정하여 다시 공급하고있다. 그러나 인삼은 많은 양분을 필요로 하지 않으므로 양액을 자주 공급하는 것은 경비와 관리상의 번거로움만 증대될 것으로 보인다. 그러나 양액은 공급하지 않아도 수분은 계속 조

절하지 않으면 안되고 또 인삼은 여름철 근권 온도의 상승이 생육에 큰 장애가 되므로 시원 물을 적당히 관수하면 지하부 온도를 내릴 수 있으므로 관수는 계속 이루어져야 한다. 이렇게 영양액이 아닌 물만 여러 번 주면 영양소가 녹아나가 양액의 농도가 달라질 것이다. 이때 양분의 흡착도는 상토 재료에 따라 달라지고 용출되는 량도 달라질 수 있을 것이다.

표 4. 관수량에 따른 양분 용출량 변화

재 료 명	K				Ca				Mg			
	0	200	300	500	0	100	300	500	0	200	300	500
펠라이트	51.6	35.5	7.9	3.4	73.8	65.8	41.9	35.0	7.9	7.0	5.1	4.0
질 석(성호)	27.2	5.6	3.9	3.8	11.6	2.1	1.2	1.1	2.8	0.3	0.1	0.1
질 석(온양)	33.6	34.7	25.5	13.1	53.2	66.3	33.8	16.8	7.0	7.5	5.6	3.4
모 래	3.7	9.9	5.3	4.9	10.1	70.4	21.4	33.1	2.1	8.4	4.4	2.4
피트모스	3.9	31.7	17.8	10.5	14.0	75.2	18.9	4.6	3.6	8.1	4.5	3.4
펠라이트+피트모스1	8.0	23.2	38.3	11.6	61.7	62.4	11.1	8.4	7.6	7.3	2.8	3.4
펠라이트(1)+질석(1)	18.2	5.0	3.6	3.1	7.2	2.2	1.2	1.2	2.0	0.3	0.2	0.1
펠라이트(1)+질석(3)	6.5	6.2	4.3	3.4	26.0	3.7	1.8	1.0	4.8	0.7	0.3	0.2
피트모스(1)+질석(1)	13.7	25.5	6.0	5.5	24.8	47.7	12.4	8.4	2.2	3.0	1.0	0.8
피트모스(1)+모래(1)	3.0	4.9	5.7	4.3	34.9	72.5	36.7	12.6	2.4	6.3	2.7	2.6

* 약토상토는 관수를 하지 않기 때문에 조사하지 않았음

* 양분 용출량은 종이 컵(밑지름 6.1cm 윗지름 8.3cm, 높이 15.5cm)에 각 상토를 600ml 씩 넣고 물로 수회 씻어낸 후 3일간 방치하였다가 배양액 50ml를 위에서 부어 상토에 흡수되고 밑으로 흘러내리는 양액을 0-T시료로 받았고 200, 300, 500은 물을 50ml씩 4회 6회 10회 닦아낸 후 채취하여 분석함.

표 4 는 관수량에 따른 대량요소 K Ca Mg의 농도변화를 조사한 성적이다. 성분에 따른 용출 속도에서 큰 차이는 없으나 상토에 따른 용출속도는 약간의 차이를 보였다. 성호질석은 관수량이 늘어나며 양분이 쉽게 용출되어 양분농도가 낮아졌고, 피트모스와 모래는 오히려 상토 600ml에 50ml 물로 4회 췍어 냈을 때 용출량이 많았다. 그러나 모든 상토가 50ml의 물로 10회 이상 췍어 냈을 때 농도가 1/2이상 줄어드는 경향을 보였다. 이 결과는 질석이나 펄라이트는 양분 용탈이 잘되므로 양액을 자주 공급하여야하고 피트모스 같은 상토는 쉽게 영양분이 용탈되지 않으므로 양액공급 횟수는 줄어도 될 것으로 해석된다.

제 3 절. 상토재료에 따른 발아율 조사

1. 묘포설치

묘포시설은 먼저 중형비닐 하우스(6m x 14m)를 짓고 지붕은 먼저 비닐을 씌운 다음 흰색 카시미론 보온매트를 덮고 비닐을 다시 씌운 다음 그 위에 2중 직 P.E 차광망을 한번 더 덮었다. 측면은 1.6m까지 감아 올리면 전면 창이될 수 있도록 하였고 출입구도 양쪽을 넓게 만들어 가급적 외기와 실내공기가 환기되기 쉽게 만들었다. 묘상틀은 배수가 잘되도록 완만한 경사지 위에 수입송판으로 90cm x 120cm 크기로 틀(테)만 만들고 상토를 약 18cm 두께로 채웠다.

2. 종자처리

인삼 종자는 7월 말 완숙종자를 채취하여도 배가 미숙상태라 당년에 파종하면 발아를 못한다. 그래서 인삼종자는 종자를 채취한 뒤 과육을 완전히 벗긴 뒤 약 3개월 동안 풍건시킨 뒤 4mm체로 종자를 쳐서 건실한 중대립 종자를 분리

시켜 모래와 1 : 2로 배합하여 개갑장에 넣고 3개월 간 관수하며 개갑시킨다. 10중순에 모래와 섞인 종자를 꺼내어 종자만을 분리하여 물로 씻은 뒤 음건시킨다.

관행의 인삼종자는 10월 중순에서 11월 초순에 파종하여 포장에서 월동하며 자연적으로 저온처리가 되어 다음해 봄에 발아하게 된다. 본 연구에서는 작기 단축으로 시설관리기간을 줄이고자 개갑종자를 가을에 묘상에 즉시 파종하지 않고 따로 저온처리를 한 다음 파종하였다. 인삼종자의 저온처리는 개갑이 잘된 종자를 망사자루에 담아 4℃ 냉장실에 3개월 간 넣어 저온처리를 하였다.

3. 종자파종

파종은 개갑된 종자를 냉장실에서 3개월 이상 저온처리를 끝낸 다음 종자를 꺼내어 소량의 흐르는 물로 공기와 함께 흡습시킨 뒤 약 2mm 정도 발아된 종자만 골라 파종상에 파종하였다. 파종간격은 대립 종의 표준 파종량인 칸(90cmx180cm)당 1,450립(3.0cm x 3.6cm간격)을 점파용 장척을 이용하여 점파하였다.

4. 발아율 조사

표 5 는 각 상토에서의 발아율 조사성적이다. 출아율은 출아 초부터 출아 묘수를 3일 간격으로 조사하였다. 표층이 쉽게 말라 복토를 두껍게 하여 출아에 약간의 장애가 있어 발아가 약간 늦어진 것 같다. 대조구인 약토상토로 만든 관행 상토구는 출아가 약 75%로 관행의 묘포에서의 성적보다는 저조하였다. 그러나 인공상토의 출아율은 75%에서 90%까지 상토에 따라 차이를 보였으며 대조구 관행으로 많이 사용하는 약토 상토구 보다 높았다. 관행 약토상토의 발아율이 낮은 것은 양직묘포보다 다소 휴면처리나 파종시기 등의 종자나 환경스트레스를 받았다고 해석할 수 있으나 인공상토 중 발아율이 90%에 이른다는 것은 큰 문제

표 5. 상토재료 및 조합별 상토별 발아율

상토재료 및 조성	생묘수 주/ 30x30cm	발아율(%)
약토상토(관행상토)	63.0	75.6
펄라이트	74.7	89.7
질 석(성호)	76.7	92.1
질 석(온양)	70.5	84.6
모 래	64.0	76.8
피트모스	71.0	85.2
펄라이트(1)+피트모스(1)	77.0	92.4
펄라이트(1)+질석(1)	69.3	83.2
펄라이트(1)+질석(3)	72.5	87.0
피트모스(1)+질석(1)	75.5	90.6
피트모스(1)+모래(1)	75.7	90.9

는 아닐 것으로 해석해도 될 것이다. 모래나 피트모스는 단독 상토에서는 출아율이 저조하였으나 오히려 혼합하여 상토를 제조할 때 개선되는 경향을 보였다. 겨울동안 인위적으로 저온처리를 하여야하기 때문에 약간의 위험성은 내포하고 있지만 작기를 단축하고자 봄에 파종하여도 큰 문제는 없는 것으로 나타났다.

제 4 절 상토재료에 따른 묘삼생육

1. 묘포 시설관리

가. 양액제조 및 공급

양액은 제 3장의 양액조성 및 제조방법으로 제조하여 2K/2 와 2A/2양액을 사용하였다.

나. 묘포관리

파종전과 직후는 상토에 남아있을 미세한 물질들이 밑으로 물이 흘러나오도록 충분한 량을 관수하고 1개월 동안은 표면상토의 건조를 막기 위하여 1주일 2회씩 상면에 관수하였다. 발아 후 1개월 후부터는 관수는 일주일에 1회씩 양액은 3주에 한번씩 상면에 1L/0.54m² 씩 주었다.

하우스는 온도 및 습도의 상승을 방지하고 가급적 외기와 같은 조건을 만들어주기 위하여 측면의 비닐은 모두 걷어 올려 통풍을 좋게 하였다. 아침이나 저녁 측면으로 들어오는 직사광선을 막기 위하여 차광망으로 폭 1.2m 차양을 만들어 직사광선을 차단하고 광 환경의 불균형을 방지하였다.

2. 묘삼의 생육조사

표. 6 상토재료별 묘삼 지상부 생육

	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽중 (gdw)	경중 (gdw)
약토상토	6.70	2.50	1.90	0.10	0.06
질석(성호)	6.61	2.65	1.69	0.08	0.06
펄라이트	3.81	2.06	1.40	0.06	0.04
피트모스	7.60	3.57	1.93	0.15	0.09
모래	3.45	2.56	1.26	0.06	0.04
피트모스+펄라이트	4.61	2.54	1.87	0.14	0.08
피트모스+모래	7.04	3.24	1.89	0.12	0.08
피트모스+질석	7.26	2.86	1.84	0.09	0.08

각 상토에서 재배한 묘삼의 지상부 생육을 표 6에서 보면 관행의 묘삼생산방법으로 생산한 생육보다 다소 떨어진다. 특히 현재의 묘삼생산 방법중 가장 좋은 방법으로 알려진 대조구 약토 상토구의 생육이 만족할만한 생육을 못 얻었다. 지상부 생육에서 보면 피트모스구만 좋은 편이고 펄라이트와 모래에서 생육이 부진하였다. 모래에서 생육이 부진한 것은 피트모스보다 양액을 흡수 보유하는 능력이 적어 영양부족이 유발되고 펄라이트는 공극이 커서 표층의 건조가 용이하므로 유묘나 유근이 수분스트레스를 받았던 것으로 해석된다. 펄라이트나 질석 등은 수분관리나 양액관리 방법을 개선하면 좀더 좋은 결과를 기대할 수도 있겠지만 현재의 관리방법으로 받아올과 지상부 생육에서 보면 피트모스가 가장 안정적이며 인삼 육묘용 상토로 적합할 것으로 나타났다. 피트모스는 단독도 좋지만 모래와 섞어서 처리할 때도 생주율이나 지상부 생육이 좋은 것으로 나타났다. 이는 물리성 조사에서도 피트모스와 모래는 배합하면 서로 보수력이 개선되는 결과와 일치하였다.

표 7. 상토재료 및 상토조합별 지하부 생육

	동체장 (mm)	근장 (mm)	근중 (g. dw/본)	근직경 (mm)
약토상토	8.3	15.4	0.63	6.3
질석(성호)	6.3	10.2	0.35	5.0
펄라이트	5.5	9.3	0.27	4.4
피트모스	16.0	18.6	0.73	5.7
모래	3.8	8.5	0.35	3.8
피트모스+펄라이트	13.8	16.3	0.45	6.5
피트모스+모래	17.5	19.4	0.64	5.4
피트모스+질석	7.8	9.8	0.35	4.4

표 7은 묘삼의 지하부 생육 즉 묘삼 소질을 나타낸 것이다. 지하부 생육도 관행 약토에 비하여 피트모스구는 양호하였고 모래와 펄라이트는 부진한 경향이였다. 인

삼은 지하부를 대상으로 재배하는 작물이고 특히 묘삼은 생육량보다 소질이 중요하며 특히 길이가 품질의 주요인자라 할 수 있다. 우량 묘삼의 소질은 주근이 약 15cm 이상 뻗어야 하므로 피트모스 단독구나 피트모스와 모래를 배합한 상토에서 근장이 약토구보다 좋았다. 본 성적은 생육의 평균이기 때문에 관행묘 소질의 수치보다는 떨어질 수 있다. 왜냐하면 관행의 갑삼이나 을삼등의 소질표시는 생산된 묘삼중에서 좋은 묘삼만 선별하여 그들의 소질을 표시하기 때문이다. 피트모스나 피트모스와 모래의 배합상토의 묘삼 생육이 제일 좋으나 관행의 갑삼보다는 부진한 경향이다. 그러나 묘삼소질에서 제일 문제시되는 근장이나 등체장이 15cm 이상으로 좋은 결과를 얻었다. 피트모스나 피트모스의 배합구의 물리성이 수분관리 면에서 유리할 것으로 밝혀졌지만 피트모스가 들어간 상토 모두가 근장을 늘렸으므로 물리성외에도 근장을 증대시키는 요인이 더 있는지는 계속 검토하여야 할 것으로 보인다. 한편 재료의 물리성이나 화학성 모두 문제가 없고 발아시에도 전혀 문제가 안 되던 질 석은 약 2개월 뒤부터 생주율이 급격히 떨어지고 생육도 장애를 입어 후기 생육이 좋지 않았다. 양분용출 속도도 빨랐던 결과와는 달리 pH 가 급격히 상승하여 양액관리에 문제점으로 예기되고 있다. 질석은 물리성은 펄라이트와 비슷하나 생육장애가 심하며 제품간에도 다른 양상을 보이고 있다. 고로 질석을 이용하려면 물리성 뿐만 아니라 계속 양분공급시의 양액이나 상토의 이화학성변화를 좀 더 깊이 관찰하여야 할 것으로 보인다.

제 5 절 결과요약

고품질 묘삼생산을 위한 양액시설재배시 묘상용 상토를 조사한 결과

가. 공극에 의한 함수능력은 피트모스, 질석, 펄라이트, 락올소일, 모래순으로

높아 수분관리는 피트모스가 좋을 것으로 보이나 과습피해를 줄이려면 모래와 배합하여 사용하는 것이 좋을 것으로 보였다.

나. 인공상토 중에 피트모스에 K Ca 등의 함량이 다소 높아 양액제조시 보정이 필요할 것으로 보였다.

다. 양분흡수능력과 함수능력조사에서 수분은 1주일에 1번 양분은 3주에 한번정도 공급하면 적당할 것으로 보였다.

라. 상토에 따른 발아율은 질석과 피트모스 및 피트모스와 배합구가 양호하였으나 질석은 2개월 후부터 생육장해를 보였다. 발아 측면에서 보면 피트모스나 피트모스를 배합사용하는 것이 좋을 것으로 보였다.

마. 피트모스나 피트모스와 모래의 배합구 묘삼이 근장 및 등체장이 길어 묘삼재 배용 상토로 가장 좋을것으로 보였다.

여 백

제 3 장 인삼재배용 양액개발 연구분야

제 1 절. 서 설

인삼은 생육속도가 느리기 때문에 많은 양분을 필요로 하지 않아 소비성 작물로 알려져 있다. 우량 인삼포의 토양화학성은 유효인산(P_2O_5) 168ppm, K Ca Mg은 0.55, 2.9, 1.6me/100g 였으나 해마다 증가한다고 보고하였다(송들 1987). 고로 일반토양에서는 인삼재배를 위하여 양분을 더 공급할 필요가 없고 과량의 염류 때문에 생리장해를 일으키거나 병발생을 증가시킨다고 보고하였다(김들 1985, 목들 1981). 특히 인산과 질소는 오히려 함량이 높으면 생육이 좋지 않아 황토 등을 객토하여 이들 성분함량을 줄이기 위한 방법을 추천하고 있다. 각 성분함량을 조절할 수 있는 수경재배 시험에서는 일반적으로 기존의 양액농도를 1/2로 줄이거나 질소와 인삼 함량만 농도를 낮추어 재배하고 있다. 그러나 대부분의 시험에서 보면 생육이 포장에서만 정상생육을 볼 수 없는 경우가 많다. 이는 수경액의 문제만이 아닌 영양적 요소 외의 요인에서 기인될 수도 있다. 여하튼 인삼에 적정양액을 개발하려면 생육이 가장 좋은 양액선발이 아니라 인삼생육이 정상적으로 이루어지는 조건에서 찾아야 할 것이다.

일반적으로 적정 양액을 선발하려면 필수영양소의 농도를 달리하여 시험한 뒤 가장 생육이 좋았던 조성이나 농도를 추천할 수 있다. 그러나 양액에서는 전체 농도와 양이온과 음이온의 균형도 각 요인들의 농도만큼 생육에 큰 영향을 미칠 수 있다. 그리고 각 성분의 농도설정도 대량요소만 6 개 성분이나 되므로 이들의 성분간에 합리적인 조성을 다 밝히려면 어마어마한 시험규모가 요구된다. 인삼처럼 일상재배가 어려운 작물을 대상으로 수행하려면 연구기간도 많이 소요되어야 한다.

본 양액개발 연구분야에서는 묘삼생산용 양액을 짧은 기간에 개발하기 위하여 우선 대량요소들의 적정농도를 밝히는데 중점을 두었다. 적정농도 규명은 각 성분의 농도를 별개로 처리하지 않고 모든 성분의 농도가 수리적으로 연관되게 설정하였다. 그리고 이 결과들은 이들의 상호관계를 수리적으로 해석할 수 있게 개발해 놓은 전산모델 "BIOTOP"으로 최대생육(전체 생산량만이 아니고 묘삼의 품질관련 생육) 조건을 밝히고자 하였다.

제 2 절 인삼육묘용 양액배지 선발분야

양액선발은 순수 수경액으로 재배하면서 양액의 조성과 농도를 선발하는 것이 제일 좋을 것이다. 그러나 수경재배는 에어레이션이나 식물체 지지방법 등 관리상의 문제점 때문에 초기에는 사경재배를 많이 이용하였다. 최근에는 공극도 많고 보습성도 좋은 상토들이 많이 개발되어 고경재배가 농업에 실용화 할 수 있게 되었다. 그러나 인삼 육묘용 양액을 개발하려면 각 성분의 정확한 함량을 알 수 있고 농도조절 등이 용이한 상토를 이용하여야 할 것이다. 1차시험에서 양이온 치환능력이 높고 공극도 많은 질석을 상토로 개갑종자를 파종하였다. 발아율도 좋았고 초기생육은 매우 정상적이었으나 2개월 후부터 pH 가 상승하며 생리장애로 고사하였다. 수경재배에서 양액의 pH 상승은 당연한 결과지만 양액을 자주 공급하거나 양액을 순환시키지 않는 묘삼재배법에서는 산도조절이 간단한 작업이 아니었다.

Soldatov 등(Soldatov et. al., 1978)은 양액시험으로 이온교환 수지로 인조 토양을 만들어 재배하는데 성공하였다. 이온교환수지는 이온치환능력이 높기 때문에 실제 토양처럼 초기에 영양소를 수지에 흡착시킨 후 토양재배처럼 재배하

면 된다. 수분관리만 하면 되고 양액의 변화가 적어 보다 정밀하고 용이하게 시험을 수행할 수 있는 이점이 있다. 이온교환수지를 이용한 인조토양제조는 먼저 치환능력이 적절한 양이온 교환수지와 음이온 교환수지를 택하여야한다. 본 시험에서 사용한 교환수지는 우리나라 삼양사 제품중 양이온교환수지로는 SK1B를 음이온교환수지로는 SA10AP와 SA20AP를 사용하였다. 양이온 교환수지인 SK1B는 이온치환능력이 2.0meq/ml이고 밀도는 825g/l인 Na-form이었으며, 음이온 교환수지인 SA10AP는 이온치환능력은 1.3meq/ml이고 밀도는 685g/l인 Cl-form을 사용하였다. 이온교환수지는 먼저 양이온교환수지는 H⁺-form으로 음이온교환수지는 OH⁻-form 으로 바꾼 후 소요양액을 강제 흡착시킨 후 사용하였다. 본 시험에서는 양액배지의 기본인 사경과 인조토양을 관행의 토양(약토)상토 함께 배지로 사용하여 생육반응을 보았다.

인삼은 포트 재배시 기온 특히 근권 온도의 상승이 치명적인 생육장해를 보여 온실 등에서는 정상생육을 유지하기가 매우 어렵고 약간의 스트레스만 받아도 지상부가 고사하여 수확기까지 건전엽을 지탱하기가 용이하지 않다. 본 시험은 안정적이고 정밀한 결과를 도출하기 위하여 Conviron 내에서 묘삼을 재배하였다. Conviron 내의 환경조건은 온도는 16-19℃, 습도는 50-70%, 광도는 3,000-5,000 lux 일조는 낮14시간 밤 10시간으로 조절하였다. 토양수분은 포트내에 유리관을 꽂아놓고 무게를 달아가며 영양성분이 없는 증류수를 공급하여 최대용수량의 60-70%를 유지시켜 주었다.

표 8 은 배지에 따른 파종 5개월 후의 지상부 생육이다. 사경재배에서 생육한 묘삼의 경장 엽장이 관행의 약토구나 인조토양에서 생육한 것보다 다소 작았다. 5개월 후(수확시)까지 엽이 고사하지 않은 건전엽율은 인조토양이 가장 높았고 사경재배도 관행보다 높았으며 엽의 황변율도 같은 경향이었다. 즉 사경재배와 인조토양에서 재배한 묘삼이 생육량은 많지 않으나 수확기까지 안정적인 생육이 지속되어 재배법으로 무난할 것으로 확인되었다.

표 8. 묘삼 재배방법에 따른 묘삼의 지상부 생육(5개월 후)

재배법		경장 mm	엽장 mm	엽폭 mm	장x폭/2 mm ²	엽중 g	경중 g	건엽율 %	황엽율 %
약토재배	평균	8.30	3.02	1.80	2.72	0.09	0.08	40	80
	편차	0.60	0.37	0.19	0.46	0.02	0.045		
사경재배	평균	7.79	2.72	1.55	2.11	0.129	0.046	60	65
	편차	1.02	0.26	0.17	0.36	0.220	0.019		
인조토양	평균	8.10	3.36	1.66	2.80	0.11	0.07	93	29
	편차	0.55	0.38	0.13	0.46	0.02	0.01		

표 9. 묘삼 재배방법에 따른 묘삼의 지하부 생육(5개월 후)

재배법		동체장 mm	근 장 mm	지근수 개/본	동체중 g/본	지근중 g/본	총근중 g/본	동직경 mm
약토재배	평균	4.07	11.27	3.78	0.330	0.060	0.389	4.44
	편차	3.02	2.89	1.86	0.200	0.050	0.220	0.97
사경재배	평균	6.25	11.76	3.47	0.326	0.030	0.352	3.52
	편차	2.04	3.35	1.25	0.177	0.030	0.188	0.54
인조토양	평균	4.53	6.95	5.88	0.390	0.110	0.484	4.72
	편차	1.92	0.82	2.90	0.110	0.090	0.186	0.49

한편 재배방법에 따른 지하부 생육은 표 9와 같다. 두 재배법 모두 전체적인 생육은 관행묘포의 생육보다는 다소 못하지만 지상부 생육처럼 근중이나 동직경은 다소 약토 재배구가 좋았으나 동체장은 사경재배구에서 좋았다. 인조토양은 근장은 짧았으나 지근수가 많아 근중은 다소 높은 것으로 나타났다. 묘삼의 소질로 보면 근장과 동체장이 길어야하므로 인삼육묘용 양액으로 문제는 없는 것으로 나타났다.

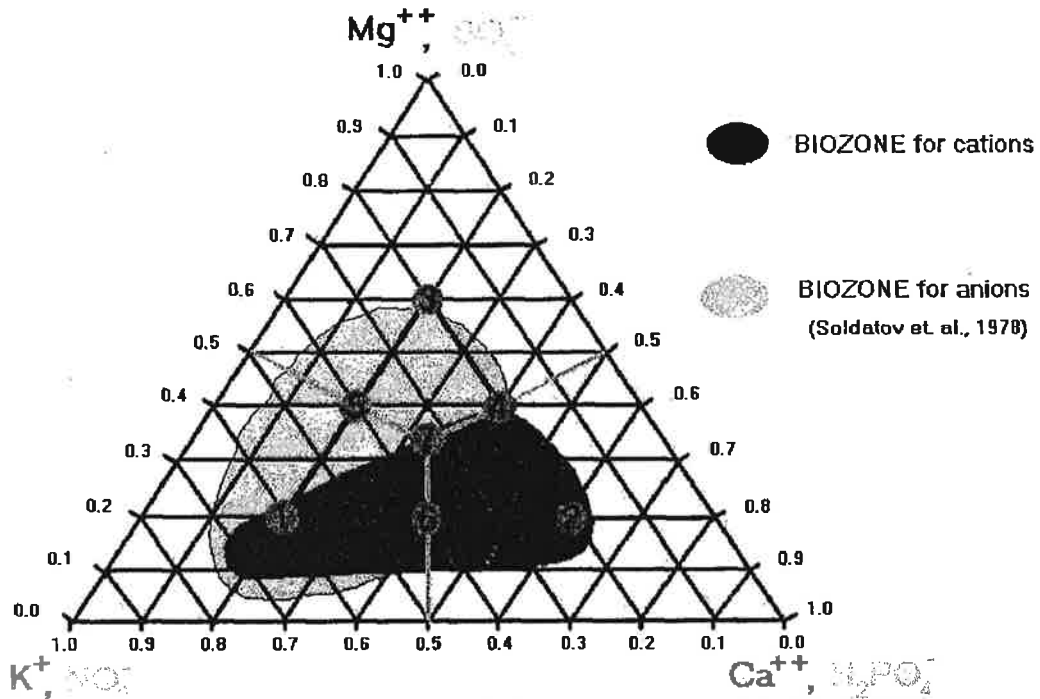
제 3 절 인삼 육묘용 양액조성 연구분야

1. 인삼의 Biozone 구명과 양액조성

어떤 작물의 재배시험을 보다 정밀하고 빠르게 수행하려면 양액을 이용한 수경 재배법이 수립되어야한다. 지금까지 Knopp, Gelrigel, Crone, Belousov, Prjanishnikov, Cincandze, Xjuit, Chesnokov, Guminskaja, Gudelskij, Bazirina, Knopp2, Hogland, Arnon, Robbins, Rotamstads Station, Shaiv, Richiter, Saks, Chirikov 등에 의해 많은 양액이 개발되었지만 작물이나 재배방법에 따라 작물의 영양요구도가 다르므로 양액재배를 할 때는 그 작물에 적합한 양액을 선택하여야 한다. 그러나 적정양액을 선택하려면 많은 성분의 농도와 조성을 달리한 시험이 수행되어야만 된다. 더구나 인삼의 적정양액을 구명하는데는 적지 않은 문제점이 제기되고 있다. 왜냐하면 인삼은 기본적으로 수행되었어야할 영양시험이 전혀 안 되어 있고 화학비료나 고온에 대한 반응이 예민하여 포트재배법도 확립이 안된 상황이기 때문이다. 또 인삼은 다른 작물보다 생육이 느리고 양분에 대한 요구도나 반응이 둔감하여 시험을 수행하여도 조기에 만족할만한 결과를 얻기가 매우 힘들기 때문이다.

양액은 각 영양성분을 함유한 화합물들이 물에서 용해되어 양이온과 음이온으로 분리되어 녹아있는 용액이지만 식물체의 흡수나 환경변화에 따라 양액의 평형은 깨지기가 쉽다. 특히 식물체는 양분을 선택적으로 흡수하기 때문에 각 성분의 농도와 조성이 바뀌면 화학적으로 불안정하게 되어 산도가 변하거나 불용물질로 바뀌며 침전되기도 한다. 그러므로 양액은 설정단계부터 보다 안정한 조성을 만들어야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 양액의 전체농도를 30meq/l로 설정하고 이것은 다시 양이온과 음이온으로 나누어 양이온과 음이온 전체농도를 15 meq/l로 맞추었다. 양이온과



Diagr.1 The distribution of cations and anions of saturating solution is presented in triangles Gibbs.

- 1K, 1k/2, 1A, 1A/2
- 2K, 2K/2, 2A, 2A/2
- 3K, 3K/2, 3A, 3A/2
- 4K, 4K/2, 4A, 4A/2
- 5K, 5K/2, 5A, 5A/2
- 6K, 6K/2, 6A, 6A/2
- 7K, 7K/2

음이온은 각각 3개의 주요 대량요소를 가지고 전체의 합을 15 meq/l로 맞추었다. 다시 말하면 양이온은 K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} 이온농도 합을 음이온은 NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{--} 염으로 N, P, S농도의 합을 15 meq/l로 만들었다. 양이온과 음이온내의 농도는 각각의 성분 농도 차이를 두면서 서로는 일정한 비례식으로 연결되게 설정하였다. 이들의 관계를 알기 쉽게 Triangle Gibbs 에 의거 세 성분의 양이나 비를 표시한 것이 Diagram 1 이다. 도식내의 한 점은 양이온 K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} 의 농도와 음이온 NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{--} 의 농도를 나타낸 점을 말한다. 예를 들어 3 이란 지점의 농도는 K^+ 이온이 0.8, Ca^{++} 이온이 0.8, Mg^{++} 이온이 0.4이며 음이온은 NO_3^- 이온이 0.8,

$H_2PO_4^-$ 이온이 0.8, SO_4^{--} 이온이 0.4로 구성되었으며, 지점 6은 K^+ 와 NO_3^- 이온이 0.6, Ca^{++} 과 $H_2PO_4^-$ 이온이 0.6, Mg^{++} 와 SO_4^{--} 이온이 0.8비율로 구성된 조성을 말한다. 이렇게 양이온과 음이온의 전체량 중 각각의 요소의 구성비를 나타낸 지점의 생육을 Triangle Gibbs 에 표시하면 그 작물의 생육할 수 있는 구역이 결정될 수 있다. 즉 Diagram 1 에서처럼 어떤 작물이 살아갈 수 있는 구역을 양이온은 주홍색 구역이고 음이온은 청색구역으로 나타낼 수 있다. 이렇게 어떤 작물의 적정 양액조성을 선발할 때 생육이 좋은 한 지점을 택하는 것보다 먼저 그 작물이 살아갈 수 있는 Biozone을 찾아내고 그 구역 내에서 최적의 위치를 찾아내면 보다 안정적이며 정확한 각 성분의 농도를 택할 수 있을 것이다.

이렇게 어떤 작물의 Biozone을 찾으려면 각 영양요소들의 농도가 일정한 배합을 가진 몇 개의 지점에서의 생육을 측정하지 않으면 안된다. 각 성분의 농도를 달리하며 조성한 농도를 Diagram 1 에 표시하였다. 양이온과 음이온 내에서 각 원소의 농도를 달리하며 일정한 비를 갖게 6개 지점씩 설정하였고 7번은 3개의 성분이 동일한 구성비를 갖는 조성을 말한다. 이들의 조성을 표로 나타내면 표 10 과 같다. 1K부터 7K까지 양이온의 농도를 달리한 양액은 음이온을 3개 이온은 모두 0.5씩 동일한 비로 구성되었으며, 반대로 1A에서 6A까지의 음이온 농도를 달리 할 때는 양이온의 3개 이온농도를 비를 갖게 만들었다. 그리고 1K/2부터 6A/2 까지는 위 1K부터 6A까지와 조성비는 같으나 전체 농도를 1/2 로 희석한 차이이다.

표 10. 공시양액의 이온농도와 구성

양액	농도 meq/l			Σ	양이온 비율			농도 meq/l			Σ	음이온비율		
	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		K, Ca, Mg	x K ⁺	xCa ⁺⁺	xMg ⁺⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻		SO ₄ ⁻	N, P, S	xNO ₃ ⁻
1K	9.0	3.0	3.0	15.0	0.60	0.60	0.20	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33
2K	3.0	9.0	3.0	15.0	0.20	0.20	0.20	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33
3K	3.0	3.0	9.0	15.0	0.20	0.20	0.60	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33
4K	3.0	6.0	6.0	15.0	0.20	0.20	0.40	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33
5K	6.0	3.0	6.0	15.0	0.40	0.40	0.40	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33
6K	6.0	6.0	3.0	15.0	0.40	0.40	0.20	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33
7K	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33
1A	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33	9.0	3.0	3.0	15.0	0.60	0.20	0.20
2A	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33	3.0	9.0	3.0	15.0	0.20	0.60	0.20
3A	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33	3.0	3.0	9.0	15.0	0.20	0.20	0.60
4A	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33	3.0	6.0	6.0	15.0	0.20	0.40	0.40
5A	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33	6.0	3.0	6.0	15.0	0.40	0.20	0.40
6A	5.0	5.0	5.0	15.0	0.33	0.33	0.33	6.0	6.0	3.0	15.0	0.40	0.40	0.20
1K/2	4.5	1.5	1.5	7.5	0.60	0.60	0.20	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33
2K/2	1.5	4.5	1.5	7.5	0.20	0.20	0.20	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33
3K/2	1.5	1.5	4.5	7.5	0.20	0.20	0.60	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33
4K/2	1.5	3.0	3.0	7.5	0.20	0.20	0.40	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33
5K/2	3.0	1.5	3.0	7.5	0.40	0.40	0.40	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33
6K/2	3.0	3.0	1.5	7.5	0.40	0.40	0.20	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33
7K/2	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33
1A/2	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33	4.5	1.5	1.5	7.5	0.60	0.20	0.20
2A/2	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33	1.5	4.5	1.5	7.5	0.20	0.60	0.20
3A/2	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33	1.5	1.5	4.5	7.5	0.20	0.20	0.60
4A/2	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33	1.5	3.0	3.0	7.5	0.20	0.40	0.40
5A/2	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33	3.0	1.5	3.0	7.5	0.40	0.20	0.40
6A/2	2.5	2.5	2.5	7.5	0.33	0.33	0.33	3.0	3.0	1.5	7.5	0.40	0.40	0.20
27	9.0	6.0	2.0	17.0	0.33	0.53	0.12	13.0	2.0	2.0	17.0	0.76	0.12	0.12
27/2	4.5	3.0	1.0	8.5	0.33	0.53	0.12	6.5	1.0	1.0	8.5	0.76	0.12	0.12

2. 양액제조 방법

일반적으로 양액은 고농도의 저장액을 만들어 놓았다가 공급시 희석시켜 주고 있다. 그러나 양액농도가 높을 때는 Ca이 sulfate와 결합하여 침전을 이루기 때문에 Ca 화합물은 별도로 분리하여 저장하고 있다.

표 3-2는 다양한 조성을 만들기 위하여 Ca 염만 아니라 다량요소는 9개 화합물과 미량요소 복합액 및 철 화합물로 나누어 만들어 저장하였다가 실제사용시 각 양액을 만들 때 희석하는 량을 나타낸 표다.

표 11. 공시 양액 제조시 원액의 소요량(ml/l)

	N농도	1K	2K	3K	4K	5K	6K	7KA	1A	2A	3A	4A	5A	6A
KH ₂ PO ₄	1	5	3	3	3	5	5	5	3	5	3	5	3	5
Ca(NO ₃) ₂	1	3	5	1	3	3	5	5	5	1	3	2	5	4
MgSO ₄	1	3	3	5	4	5	3	5	1	3	5	4	4	3
KNO ₃	1	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ SO ₄	1	2	-	-	-	-	1	-	2	-	2	-	2	-
Mg(NO ₃) ₂	1	-	-	4	2	1	-	-	4	2	-	1	1	2
Ca(OH) ₂ x 50	0.02	-	4	2	3	-	1	-	-	4	2	3	-	1
H ₃ PO ₄	1	-	2	2	2	-	-	-	-	4	-	1	-	1
H ₂ SO ₄	1	-	2	-	1	-	1	-	-	-	2	2	-	-

미량요소는 MnCl₂·4H₂O 1.9mg, CuSO₄·5H₂O 0.26mg, ZnSO₄·7H₂O 0.26mg, (NH₄)₂MoO₄ 0.04mg, CoSO₄·7H₂O 0.03mg, Na₂B₄O₇·7H₂O 2.0mg을 함께 녹여 복합액으로 만들었고, 철 용액은 FeCl₃로 Fe 로 1 mg/ml 농도를 별도로 만들어 사용하였다. pH는 0.1N KOH 용액으로 보정하였다.

제 4 절 양액재배를 이용한 묘삼재배 연구분야

1. 생육과정에 대량요소의 영향을 추정하는 수학적 모델 "BIOTOP"

근래들어 재배배지의 영양소들의 생산성 관계를 복합요인 실험으로 해석하고 있다(Kan N.A., 1989, Viljams M.V. 등 1986) DEWitt K.G. 등, 1986). 이러한 이론 들은 Homes 등 (Homes영 M.V., Van Schoor G.F., 1982)이 영양배지내의 대량원소들과 생태 또는 생화학적 요인에 미치는 기본 역할을 해석 정리한 것이다. 즉 영양배지의 대량요소들에 의하여 작물의 생태 및 생화학적 요인들에 영향을 주어 생육을 증가시키는 관계를 수리적으로 풀어놓은 것이다. 인삼에서는 전체 생육량보다 뿌리의 동체중이나 근중을 목표로 이들을 최대생산할 수 있는 조건과의 관계를 수리학적 해석한 모델 "BIOTOP"을 활용하였다. BIOTOP은 제 2절의 양액조성에서 언급한 Triangle Gibbs 에 의거한 3 원소의 다차원적 설명한 차트로 다중 요인검정용 실험에 의거 처리한 영향시험 결과로만이 해석이 가능하다.

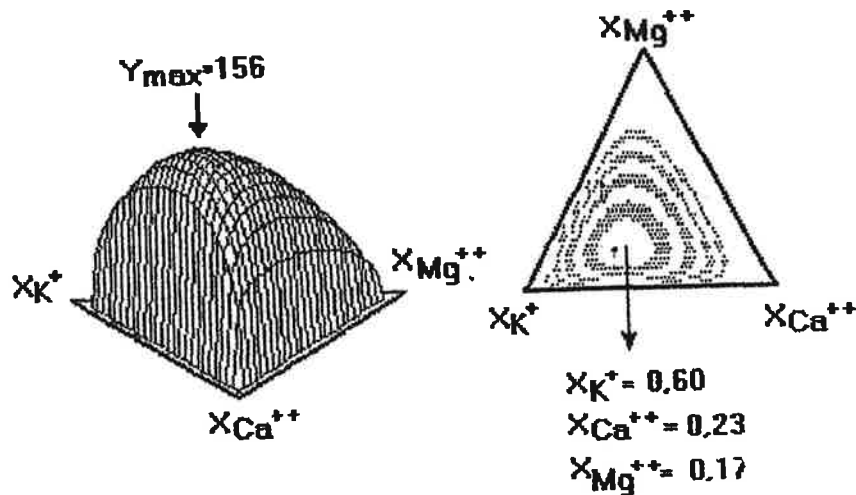


도표 1. Triangle Gibbs 상에 3원소의 복합작용을 나타낸 지도

도표 2 는 Triangle Gibbs에 의거한 3원소의 결과를 입체적으로 그린 도표이다. 한 원소의 단순 농도가 아니라 대표적인 세 성분간의 비에 따른 생육성적을 Triangle Gibbs 상에 입체적으로 그려 최대생육지점을 찾을 수 있는 프로그램이다. 즉 전체 농도에서 양이온 K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 와 음이온 NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-} 의 구성비와 농도를 달리하여 시험한 결과로 최대생육에 필요한 각 성분의 적정 비율을 역으로 추정할 수 있는 프로그램이다. 이렇게 어떤 작물의 영양소의 적정농도나 비율 등을 결정할 때 각 성분과의 조성이나 농도 등을 밝히려면 수 백조합의 처리와 시험수행이 필요하다. 그러나 설계부터 3성분의 상호관계나 영향을 해석할 수 있게 처리하고, 얻어진 결과는 Biotop 같은 최대생육을 추적할 수 있는 전산모델을 활용하면 합리적이고 안전한 조건(조성과 농도)을 얻을 수 있는 것이다.

2. 양액재배 묘삼생육

1차 시험에서 정상생육을 보였던 토양, 사경 및 인조토양에 26개 양액을 모두 처리하여 4개월후의 묘삼생육을 조사하였다. 묘삼의 생육은 지상부 생육으로 경장, 엽장, 엽폭, 엽장x엽폭/2, 엽중, 경중을 조사하였고 지하부 생육은 동체장, 지근장, 지근수, 동체중, 지근중, 동체직경, 총근중과 지상부 지하부 모두의 총 건물중을 조사하였다.

사경재배 4개월 후의 묘삼 생육은 표 12, 13, 14, 15와 같다. 시험종료시기가 작기와 달라 수확기 생육을 못 얻었고 4개월 후의 생육이라 관행의 일반묘삼 생육에는 못미쳤다. 지상부의 생육은 4개월정도면 거의 고정되었다고 볼 수 있지만 지하부 생육은 훨씬 증가될 것으로 보아야 할 것이다. 그러나 절대량은 적어도 4개월 후의 생육에서 경향에 큰 변화는 없을 것으로 추정된다.

표 12. 사경제배 4개월 묘삼의 지상부 생육-1

양액		경 장	엽 장	엽 폭	장x폭/2	엽 중	경 중
1A/2	평균	8.78	3.73	6.15	11.62	0.09	0.06
	편차	1.261	0.543	0.683	2.873	0.019	0.018
2A/2	평균	9.48	3.47	6.52	11.33	0.09	0.07
	편차	1.473	0.437	0.801	2.198	0.042	0.032
3A/2	평균	9.27	3.39	6.10	10.37	0.09	0.06
	편차	0.671	0.722	0.436	2.568	0.013	0.011
4A/2	평균	8.88	3.24	6.21	10.24	0.09	0.06
	편차	1.449	1.064	0.706	4.275	0.023	0.018
5A/2	평균	9.09	3.66	6.50	11.94	0.11	0.08
	편차	1.029	0.443	0.365	1.978	0.013	0.016
6A/2	평균	10.03	3.77	6.63	12.49	0.11	0.09
	편차	0.764	0.252	0.153	0.815	0.012	0.010
1A	평균	9.16	2.42	7.02	8.33	0.11	0.06
	편차	1.176	1.521	0.277	5.078	0.008	0.016
2A	평균	7.97	3.68	6.78	12.58	0.10	0.05
	편차	0.753	0.691	0.627	3.143	0.041	0.017
3K	평균	9.30	2.97	6.87	10.21	0.09	0.06
	편차	0.742	1.118	0.706	4.029	0.024	0.011
4A	평균	9.77	3.83	5.98	11.49	0.09	0.05
	편차	0.314	0.197	0.741	1.698	0.012	0.010
5A	평균	7.95	3.98	6.62	13.43	0.12	0.06
	편차	1.080	0.483	1.376	3.939	0.034	0.020
6A	평균	8.88	3.57	6.60	11.81	0.10	0.06
	편차	1.351	1.109	0.533	3.748	0.023	0.020
1K/2	평균	10.13	2.93	6.88	10.01	0.10	0.08
	편차	1.344	1.414	0.588	4.911	0.037	0.012

표 13. 사경제배 4개월 묘삼의 지상부 생육-2

양액		경 장	엽 장	엽 폭	장x폭/2	엽 중	경 중
2K/2	평균	8.53	3.43	6.28	10.81	0.09	0.05
	편차	0.737	0.327	0.519	1,646	0.015	0.015
3K/2	평균	8.90	2.85	5.93	8.22	0.08	0.06
	편차	1,255	1,160	0.786	3,410	0.017	0.016
4K/2	평균	9.46	3.90	6.18	12.21	0.09	0.07
	편차	1,146	0.515	0.820	3,223	0.031	0.022
5K/2	평균	8.62	3.63	6.27	11.44	0.09	0.08
	편차	0.989	0.301	0.898	2,293	0.018	0.015
6K/2	평균	9.92	3.28	6.12	10.00	0.09	0.05
	편차	0.665	0.417	0.454	1,174	0.024	0.010
7K/2	평균	9.20	3.73	6.33	11,864	0.10	0.07
	편차	0.639	0.275	0.673	2,014	0.015	0.018
1K	평균	9.82	3.88	7.03	13.68	0.10	0.06
	편차	1,289	0.455	0.390	2,126	0.044	0.027
2K	평균	7.97	3.68	6.78	12.58	0.10	0.05
	편차	0.753	0.691	0.627	3,143	0.041	0.017
3K	평균	8.15	3.73	6.23	11.63	0.10	0.04
	편차	0.695	0.236	0.377	1,382	0.021	0.005
4K	평균	9.63	3.68	6.75	12.48	0.11	0.06
	편차	1,008	0.597	0.526	2,694	0.033	0.010
5K	평균	9.37	3.25	7.07	11.70	0.12	0.05
	편차	0.728	1,228	0.857	4,671	0.023	0.008
6K	평균	9.48	3.65	6.95	12.99	0.11	0.06
	편차	1,588	1,933	1,380	8,070	0.033	0.013
7K	평균	8.71	3.40	6.53	11.12	0.10	0.05
	편차	1,027	0.993	0.919	3,903	0.031	0.014

표 14. 사경제배 4개월 묘삼의 지하부 생육-1

양액		동체장	지근장	지근수	동체중	지근중	근직경	총근중
1A/2	평균	3.07	25.17	7.50	0.15	0.04	3.05	0.19
	편차	0.829	6.080	3.271	0.044	0.019	0.640	0.050
2A/2	평균	3.05	17.43	10.00	0.17	0.04	2.89	0.21
	편차	0.817	5.725	2.098	0.051	0.012	0.259	0.052
3A/2	평균	3.41	20.22	5.11	0.13	0.04	2.87	0.16
	편차	0.759	14.007	3.822	0.023	0.025	0.258	0.036
4A/2	평균	3.74	23.00	3.88	0.14	0.04	2.73	0.18
	편차	0.719	11.662	1.126	0.050	0.021	0.320	0.060
5A/2	평균	3.80	18.00	8.14	0.18	0.05	4.78	0.23
	편차	0.764	8.042	3.532	0.031	0.035	0.470	0.047
6A/2	평균	3.37	18.33	5.67	0.17	0.07	3.27	0.24
	편차	1.172	7.767	2.082	0.035	0.027	0.342	0.050
1A	평균	3.80	42.40	6.00	0.38	0.12	4.29	0.50
	편차	0.894	8.081	1.414	0.090	0.037	0.290	0.086
2A	평균	3.08	30.17	6.33	0.24	0.07	3.73	0.30
	편차	0.688	15.993	3.615	0.081	0.040	0.646	0.117
3K	평균	3.77	33.00	7.43	0.34	0.11	4.43	0.44
	편차	0.814	4.397	2.573	0.108	0.032	0.428	0.133
4A	평균	4.37	30.50	6.33	0.31	0.09	3.77	0.40
	편차	0.975	14.639	1.366	0.107	0.061	0.451	0.163
5A	평균	3.73	36.83	10.50	0.034	0.14	4.24	0.47
	편차	0.356	10.759	3.937	0.133	0.069	1.089	0.197
6A	평균	3.73	29.56	6.50	0.27	0.07	3.99	0.34
	편차	1.028	11.806	2.449	0.050	0.049	0.601	0.079
1K/2	평균	2.85	16.50	3.33	0.15	0.04	2.99	0.20
	편차	0.367	3.391	1.033	0.017	0.020	0.255	0.025

표 15. 사경제배 4개월 묘삼의 지하부 생육-2

양액		동체장	지근장	지근수	동체중	지근중	근직경	총근중
2K/2	평균	2.82	18.33	3.17	0.11	0.04	2.98	0.15
	편차	1,590	4,844	0.983	0.010	0.008	0.734	0.010
3K/2	평균	3.01	19.68	4.18	0.11	0.03	2.69	0.13
	편차	0.639	6,672	1,250	0.034	0.011	0.430	0.042
4K/2	평균	3.78	20.80	4.20	0.18	0.04	2.96	0.22
	편차	0.482	6,419	0.447	0.064	0.013	0.540	0.076
5K/2	평균	3.78	18.67	5.17	0.17	0.05	2.82	0.21
	편차	1.007	8,524	1,472	0.060	0.032	0.237	0.079
6K/2	평균	2.95	18.83	4.33	0.14	0.05	3.14	0.19
	편차	0.666	3,125	1,366	0.013	0.018	0.206	0.014
7K/2	평균	3.36	19.14	4.29	0.14	0.04	2.82	0.18
	편차	0.772	7,010	1,496	0.054	0.022	0.185	0.058
1K	평균	3.38	31.80	5.00	0.36	0.11	4.64	0.47
	편차	0.876	10,849	0.707	0.147	0.064	1,032	0.204
2K	평균	3.08	30.17	6.33	0.24	0.07	3.73	0.30
	편차	0.688	15,993	3,615	0.081	0.040	0.646	0.117
3K	평균	3.55	29.50	7.75	0.30	0.08	4.11	0.37
	편차	0.443	6,351	4,272	0.045	0.013	0.664	0.053
4K	평균	4.00	33.25	9.50	0.35	0.09	4.24	0.44
	편차	1,117	19,346	3,109	0.080	0.012	1,240	0.091
5K	평균	3.88	29.50	8.50	0.24	0.08	3.67	0.32
	편차	1,493	10,877	3,937	0.078	0.033	0.654	0.110
6K	평균	3.18	28.00	11.25	0.27	0.10	4.31	0.37
	편차	0.866	6,880	5,737	0.088	0.045	0.621	0.132
7K	평균	3.83	28.00	7.50	0.29	0.08	4.19	0.37
	편차	0.468	8,264	2,070	0.066	0.025	0.881	0.088

표 16. 사경재배에서 4개월 생육묘삼의 건물생산량(gr/본)

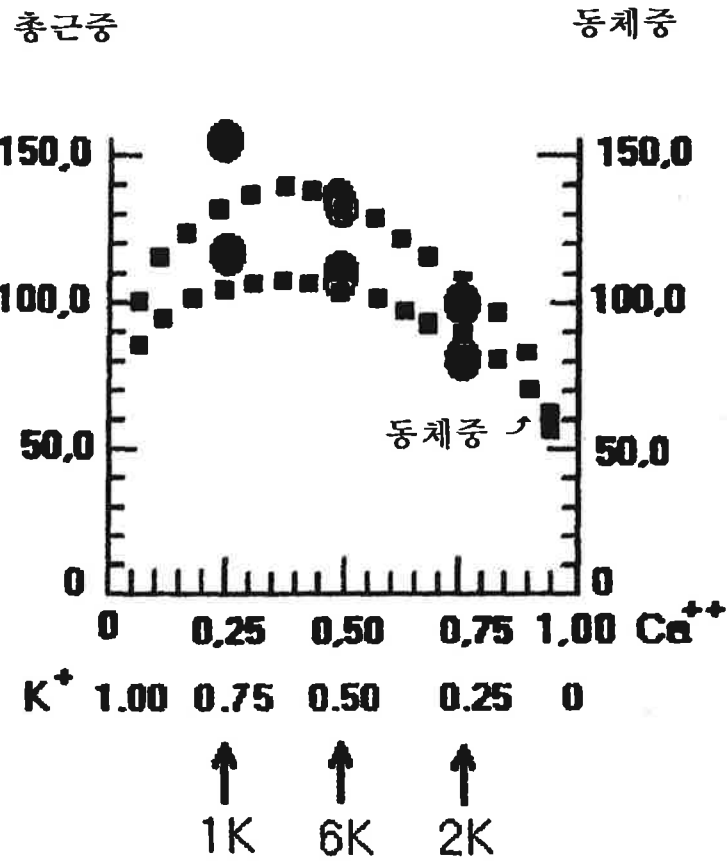
양액	동체중	지근중	총근중	엽 중	경 중
1A/2	0.073	0.016	0.089	0.015	0.007
2A/2	0.043	0.013	0.055	0.012	0.007
3A/2	0.042	0.019	0.051	0.013	0.006
4A/2	0.041	0.016	0.057	0.014	0.007
5A/2	0.049	0.017	0.066	0.016	0.008
6A/2	0.041	0.014	0.055	0.017	0.006
1A	0.139	0.023	0.162	0.018	0.009
2A	0.100	0.037	0.137	0.018	0.008
3A	0.122	0.029	0.151	0.018	0.007
4A	0.115	0.030	0.145	0.016	0.007
5A	0.118	0.035	0.135	0.020	0.007
6A	0.088	0.018	0.106	0.017	0.008
1K/2	0.042	0.013	0.055	0.016	0.006
2K/2	0.035	0.019	0.054	0.015	0.006
3K/2	0.030	0.009	0.039	0.014	0.007
4K/2	0.054	0.010	0.064	0.017	0.007
5K/2	0.048	0.018	0.066	0.016	0.007
6K/2	0.044	0.019	0.063	0.014	0.006
7K/2	0.042	0.011	0.053	0.015	0.008
1K	0.118	0.026	0.144	0.021	0.009
2K	0.082	0.017	0.099	0.018	0.007
3K	0.113	0.025	0.138	0.018	0.006
4K	0.120	0.020	0.140	0.019	0.008
5K	0.093	0.026	0.119	0.018	0.008
6K	0.098	0.034	0.132	0.015	0.008
7K	0.101	0.022	0.123	0.017	0.008

표 15, 16은 양액조성별 사경재배 묘삼의 건물 생육량이다. 인삼은 지상부 생육보다 뿌리 생육이 중요하다. 생육량은 건물중으로 표시되었으나 건물울 때문에 다소 차이는 있겠지만 경향은 같다.

3. BIOTOP 프로그램을 이용한 최적 조성비 추정

많은 생육요인을 조사하였지만 묘삼은 총근중(Whole root dry weight)과 동체중(Main root dry weight)이 품질과 관련이 깊으므로 양이온의 조성비에 따른 생육발현을 실측치와 추정치를 나타낸 그림이다(그림 1, 2, 3). 갈색은 실제 얻은 시험성적이고 Biotop program을 이용하여 추정한 값은 청색으로 나타냈다. 양이온은 K^+ 와 Ca^{++} , Ca^{++} 과 Mg^{++} , Mg^{++} 와 K^+ 와의 조성 비율에 따른 총근중과 동체중의 적정치를 알 수 있다. 다음 음이온의 대표적인 요소 NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{--} 조성간 생육차이도 그림 4, 5, 6 에서 볼 수 있다. 표 17에서 알 수 있는 것처럼 두 성분의 비율을 달리할 때는 3대 이온중 나머지 이온을 0.2로 고정시켰을 때의 성적이다. 이렇게 얻은 세 그림을 합쳐 Triangle Gibbs에 대입시키면 양이온과 음이온의 최적조성을 입체적으로 나타낼 수 있다.

표 18은 인조토양에서 재배한 묘삼의 건물 생육량이다. 생육량은 사경재배로 재배한 묘삼보다 생육이 좋은 경향이였다. 다음 Biotop 프로그램에 의한 양이온과 음이온의 최적조성비를 추정한 결과는 그림 7, 8, 9 10, 11, 12와 같다. 생육차이로 생산량은 다르지만 두 이온간의 조성차이에 따른 생육반응은 두 재배법간 큰 차이가 없었다.



$$X_K + X_{Ca} = 0,8$$

$$X_{Mg} = \text{const} = 0,2$$

그림 1. K^d와 Ca⁺⁺ 비에 따른 사경제배 묘삼생육과 Biotop에 의한 추정치
(●, ●; 실측치, ■, ■; 추정치)

총근중

동체중

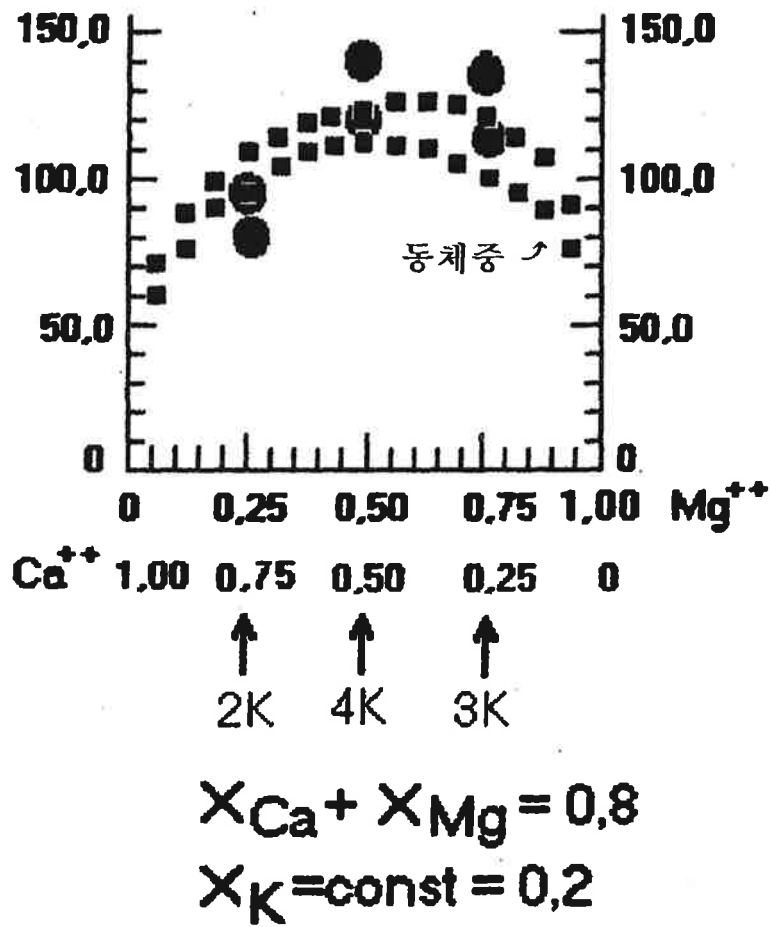
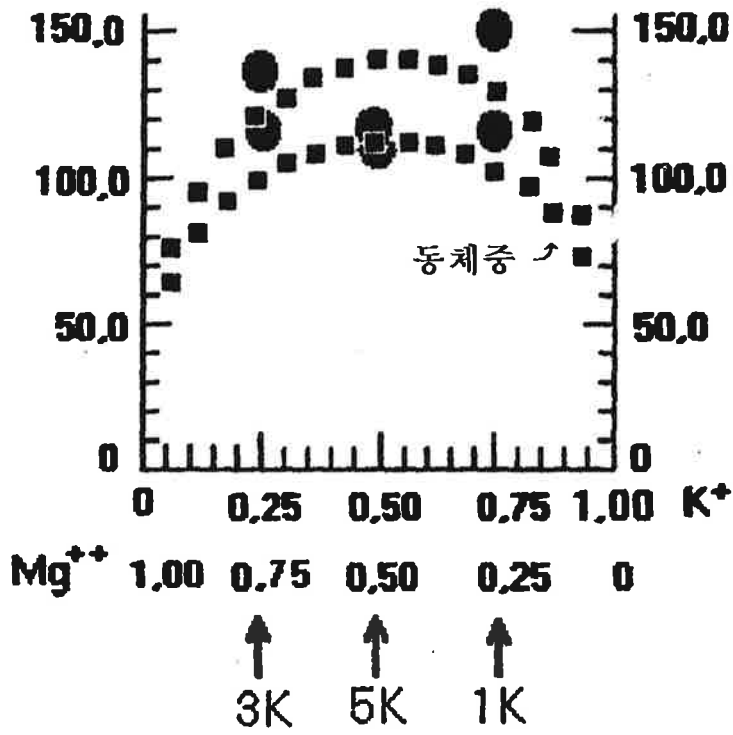


그림 2. Ca⁺⁺과 Mg⁺⁺ 비에 따른 사경재배 묘삼생육과 Biotop에 의한 추정치
 (●, ● ; 실측치, ■, ■ ; 추정치)

총근중

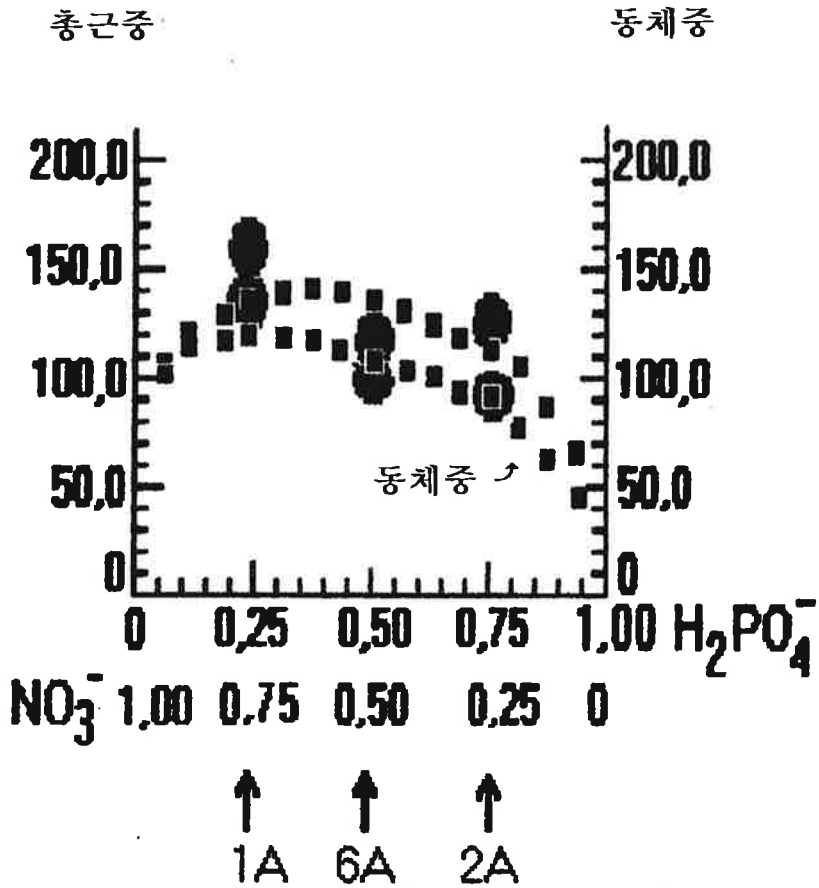
동체중



$$X_{Mg} + X_K = 0,8$$

$$X_{Ca} = \text{const} = 0,2$$

그림 3. Mg⁺⁺와 K⁺ 비에 따른 사경제배 묘삼생육과 Biotop에 의한 추정치
(●, ● : 실측치, ■, ■ : 추정치)



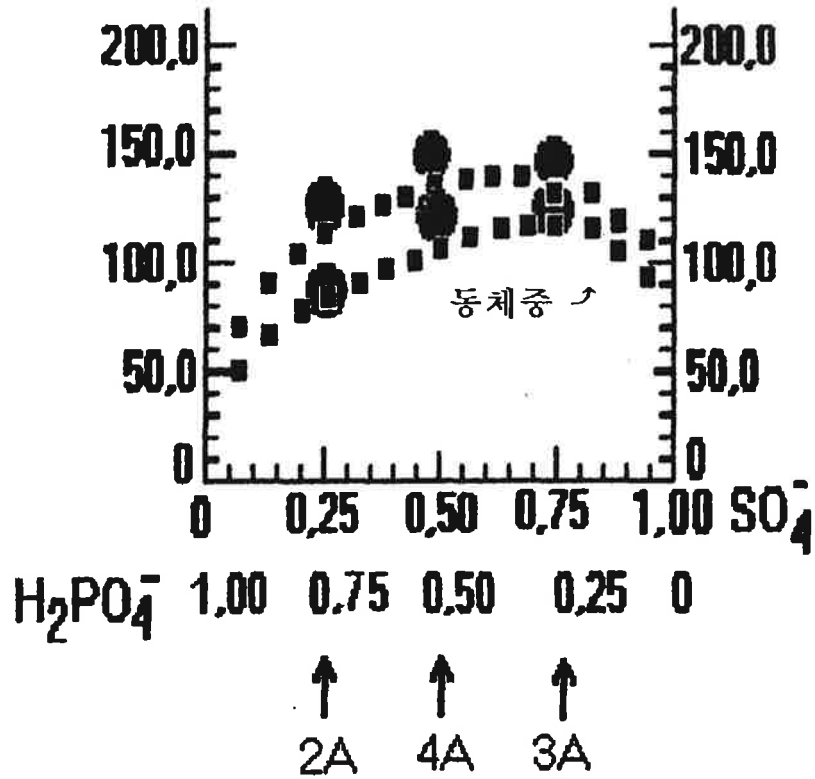
$$X_{NO_3^-} + X_{H_2PO_4^-} = 0.8$$

$$X_{SO_4} = \text{const} = 0.2$$

그림 4. NO_3^- 와 $H_2PO_4^-$ 비에 따른 사경제배 묘삼생육과 Biotop에 의한 추정치 (●, ●; 실측치, ■, ■; 추정치)

총근중

동체중



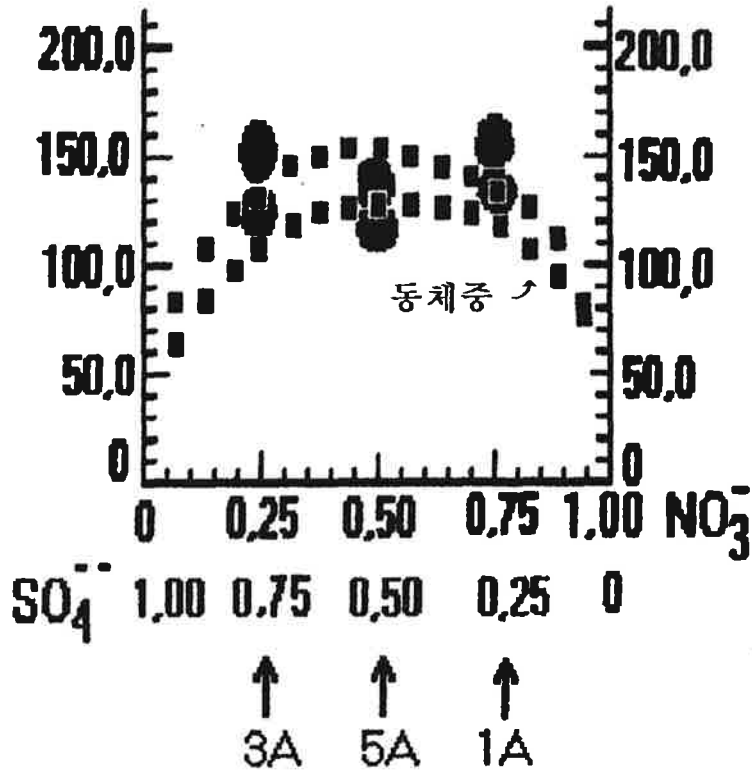
$$X_{H_2PO_4} + X_{SO_4} = 0.8$$

$$X_{NO_3} = \text{const} = 0.2$$

그림 5. $H_2PO_4^-$ 와 SO_4^{2-} 비에 따른 사경재배 묘삼생육과 Biotop에 의한 추정치
(●, ● : 실측치, ■, ■ : 추정치)

총근중

동체중



$$X_{SO_4} + X_{NO_3} = 0.8$$

$$X_{H_2PO_4} = \text{const} = 0.2$$

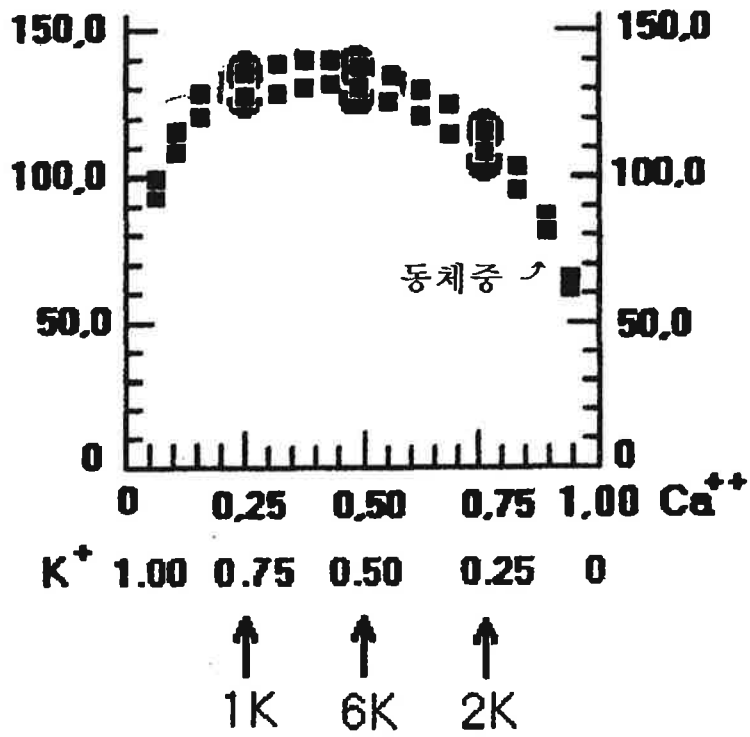
그림 6. SO₄²⁻와 NO₃⁻ 비에 따른 사경제배 묘삼생육과 Biotop에 의한 추정치
(●, ● : 실측치, ■, ■ : 추정치)

표 17. 인조토양재배에서 4개월 생육묘삼의 건물생산량(gr/본)

양액	동계중	지근중	총근중	엽 중	경 중
1A/2	0.096	0.024	0.120	0.0345	0.0061
2A/2	0.057	0.018	0.075	0.0216	0.0071
3A/2	0.063	0.015	0.078	0.0225	0.0065
4A/2	0.052	0.033	0.085	0.0245	0.0079
5A/2	0.093	0.022	0.115	0.0330	0.0068
6A/2	0.087	0.017	0.104	0.0300	0.0067
1A	0.132	0.0094	0.1410	0.044	0.0103
2A	0.090	0.0064	0.0964	0.036	0.0085
3A	0.120	0.0086	0.1286	0.043	0.0100
4A	0.118	0.0084	0.1264	0.044	0.0101
5A	0.143	0.0102	0.1532	0.046	0.0120
6A	0.129	0.0092	0.1382	0.045	0.0103
1K/2	0.0697	0.0238	0.0935	0.0269	0.0063
2K/2	0.0630	0.0237	0.0867	0.0249	0.0068
3K/2	0.0610	0.0138	0.0748	0.0190	0.0060
4K/2	0.0714	0.0221	0.0935	0.0228	0.0064
5K/2	0.765	0.0221	0.0986	0.0240	0.0067
6K/2	0.0782	0.0298	0.1080	0.0310	0.0073
7K/2	0.0816	0.0234	0.1050	0.0320	0.0071
1K	0.127	0.0091	0.136	0.034	0.0094
2K	0.106	0.0075	0.113	0.028	0.0078
3K	0.120	0.0085	0.128	0.032	0.0089
4K	0.125	0.0095	0.134	0.034	0.0093
5K	0.130	0.0101	0.141	0.036	0.0099
6K	0.127	0.0091	0.136	0.037	0.0094
7K	0.132	0.0090	0.141	0.047	0.0110

총근중

동체중



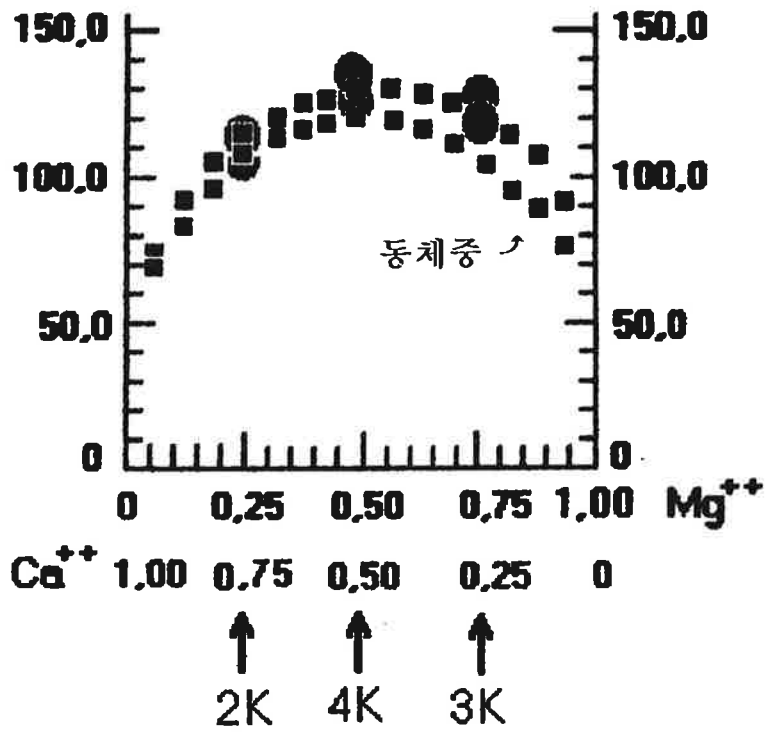
$$X_K + X_{Ca} = 0,8$$

$$X_{Mg} = \text{const} = 0,2$$

그림 7. K^d와 Ca⁺⁺ 비에 따른 인조토양재배 묘삼생육과 Biotop에 의한 추정치 (●, ○; 실측치, ■, □; 추정치)

총근중

동체중



$$X_{Ca^{++}} + X_{Mg^{++}} = 0,8$$

$$X_K = \text{const} = 0,2$$

그림 8. Ca⁺⁺과 Mg⁺⁺ 비에 따른 인조토양재배 묘삼생육과 Biotop에 의한 추정치
(●, ● : 실측치, ■, ■ : 추정치)

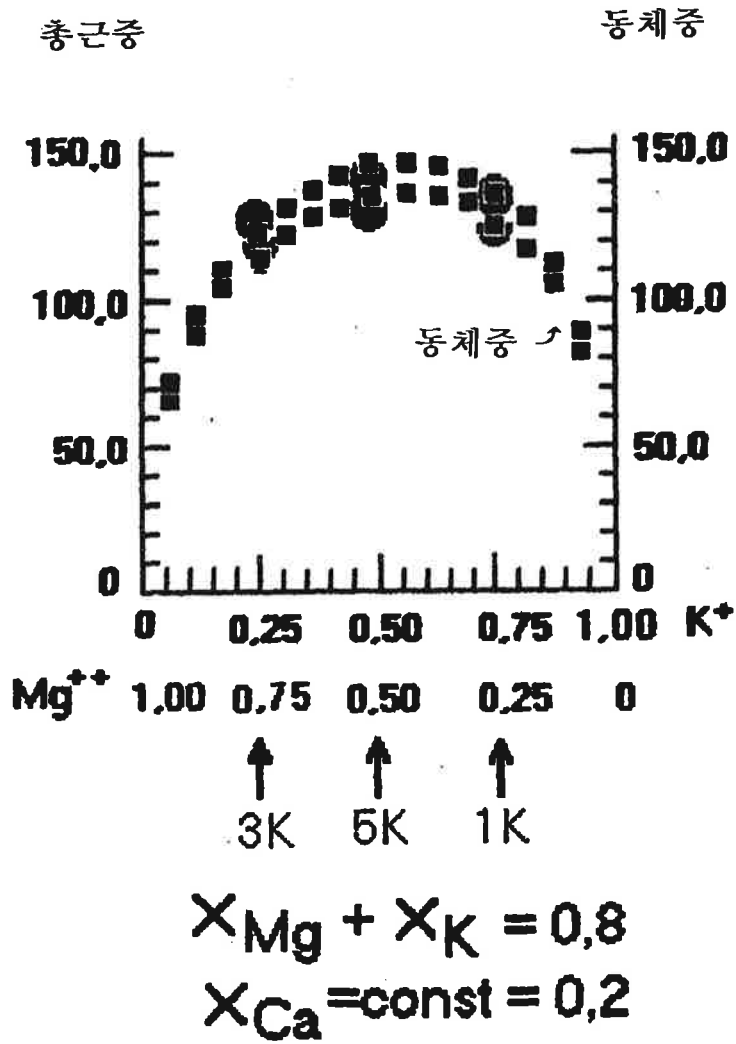
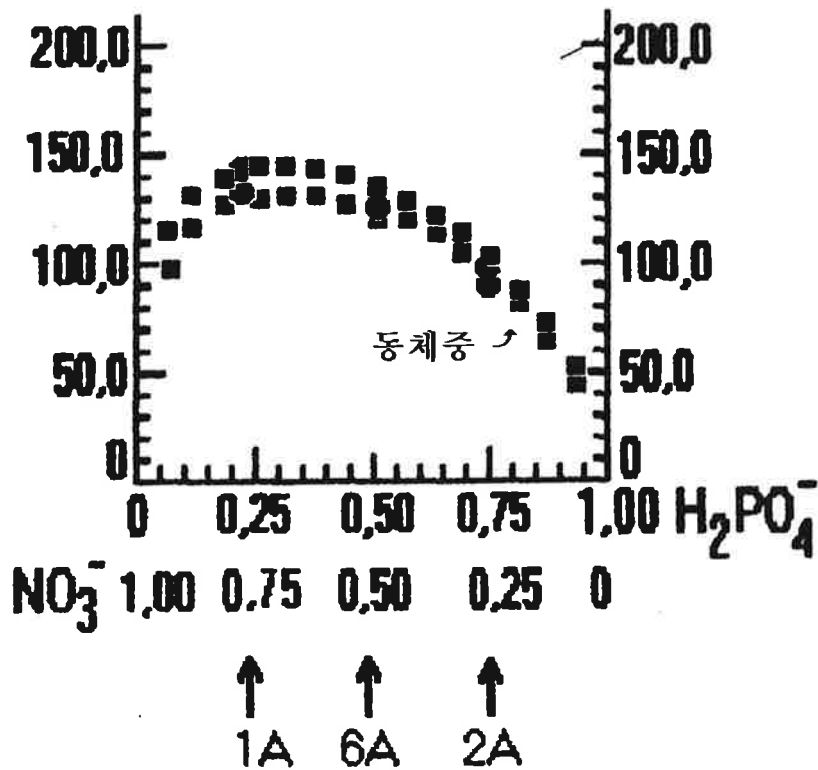


그림 9. Mg⁺⁺와 K^d 비에 따른 인조토양재배 묘삼생육과 Biotop에 의한 추정치
 (●, ○ : 실측치, ■, □ : 추정치)

총근중

동체중



$$X_{NO_3} + X_{H_2PO_4} = 0.8$$

$$X_{SO_4} = \text{const} = 0.2$$

그림 10. NO₃⁻와 H₂PO₄⁻ 비에 따른 인조토양재배 묘삼생육과 Biotop에 의한 추정치
(●, ● : 실측치, ■, ■ : 추정치)

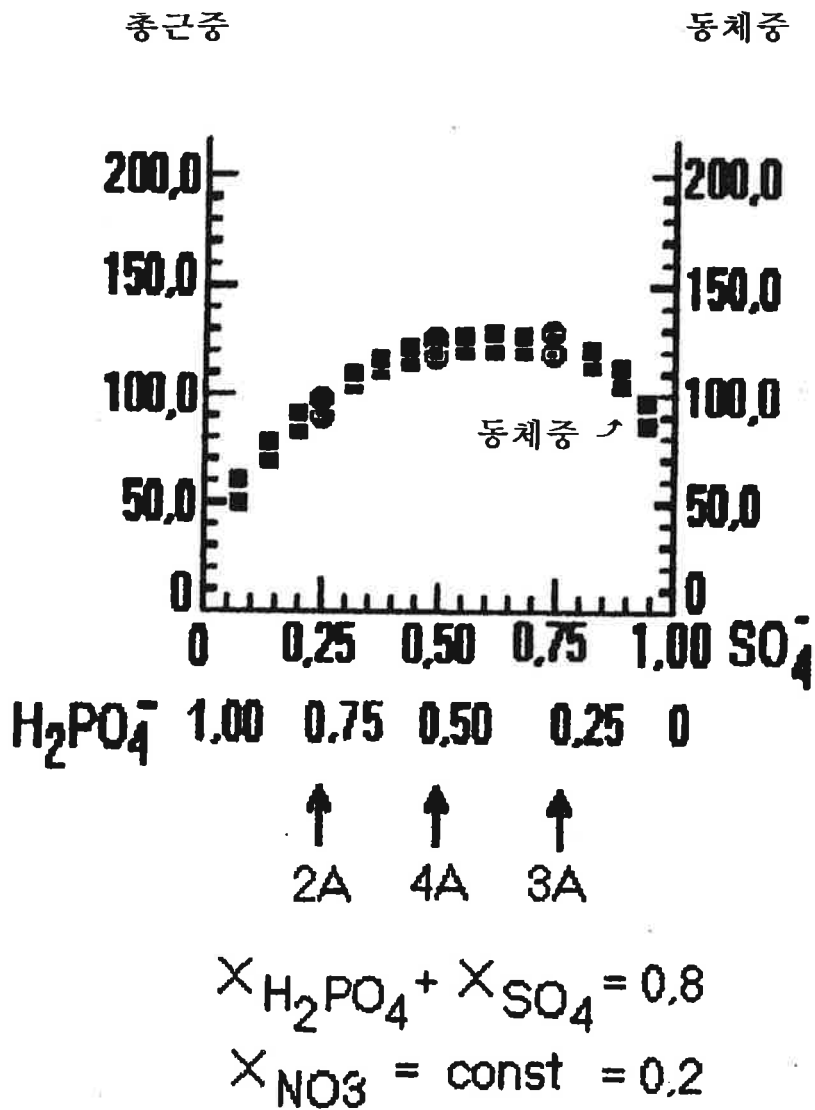
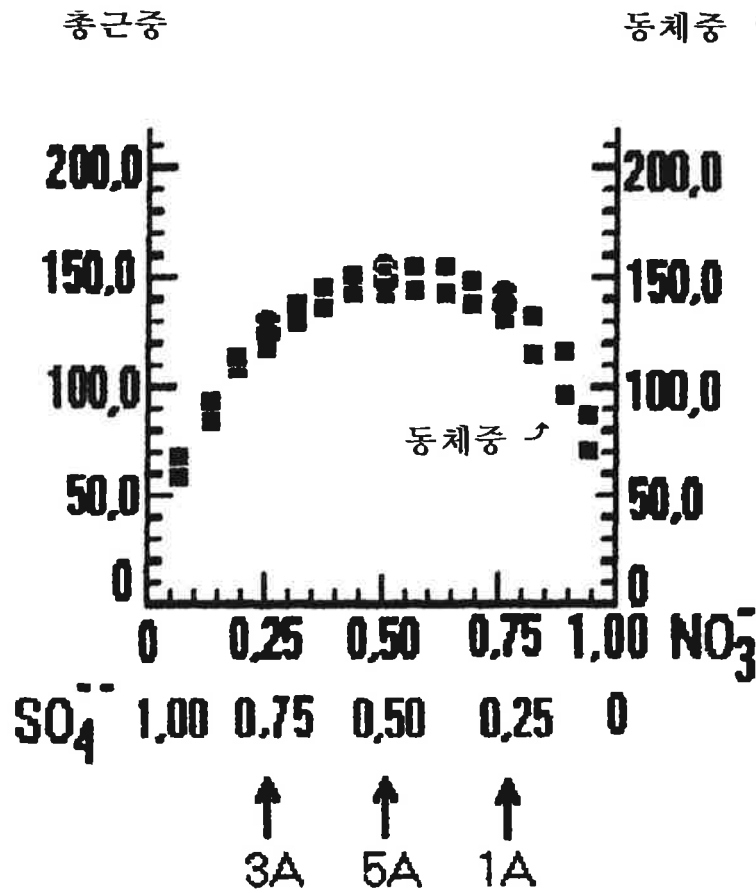


그림 11. $H_2PO_4^-$ 와 SO_4^{2-} 비에 따른 인조토양재배 묘상생육과 Biotop에 의한 추정치
 (●, ○ ; 실측치, ■, □ ; 추정치)



$$X_{SO_4} + X_{NO_3} = 0,8$$

$$X_{H_2PO_4} = \text{const} = 0,2$$

그림 12. SO₄²⁻와 NO₃⁻ 비에 따른 인조토양재배 묘삼생육과 Biotop에 의한 추정치
(●, ● : 실측치, ■, ■ : 추정치)

4. 최적 묘삼생산을 위한 적정 다량요소 조성비

4. 최적모삼생산을 위한 적 다량요소 조성비

표 17. 사경제배 실험에서 계산된 대량요소의 적정함량

구분	전체농도	Xopt (K)	Xopt (Ca)	Xopt (Mg)	Xopt (NO ₃)	Xopt (H ₂ PO ₄)	Xopt (SO ₄)	P(1)	P(2)	P(3)	P(4)	P(5)	P(6)	P(7)	Y _{max} , mg/분	SD
등체중	30meq/l	0.343	0.284	0.373	0.400	0.218	0.382	0.546	0.452	0.593	0.536	0.293	0.512	2,996	126,099	3,340
총근중	30meq/l	0.365	0.278	0.357	0.344	0.277	0.378	0.585	0.446	0.573	0.455	0.366	0.499	3,649	150,300	4,125
총건중	30meq/l	0.367	0.281	0.352	0.348	0.282	0.370	0.582	0.447	0.559	0.472	0.382	0.501	4,449	178,870	462
등체중	15meq/l	0.373	0.321	0.306	0.527	0.207	0.266	0.566	0.487	0.465	0.667	0.263	0.337	1,056	55,320	1,520
총근중	15meq/l	0.381	0.350	0.269	0.506	0.225	0.169	0.609	0.560	0.430	0.727	0.323	0.387	1,836	72,900	1,706
총건중	15meq/l	0.371	0.342	0.287	0.469	0.146	0.285	0.640	0.563	0.472	0.658	0.346	0.400	2,561	96,100	185

$$\text{수량 } Y = P(7) \times X_K^{P(1)} \times X_{Ca}^{P(2)} \times X_{Mg}^{P(3)} \times X_{NO_3}^{P(4)} \times X_{H_2PO_4}^{P(5)} \times X_{SO_4}^{P(6)}$$

$$X_{opt}(K) = P(1) / (P(1) + P(2) + P(3))$$

$$X_{opt}(Ca) = P(2) / (P(1) + P(2) + P(3))$$

$$X_{opt}(Mg) = P(3) / (P(1) + P(2) + P(3))$$

$$X_{opt}(NO_3) = P(4) / (P(1) + P(2) + P(3))$$

$$X_{opt}(H_2PO_4) = P(5) / (P(1) + P(2) + P(3))$$

$$X_{opt}(SO_4) = P(6) / (P(1) + P(2) + P(3))$$

$$SD = (1/n) * (\sum_{i=1}^n (Y(i)_{exp} - Y(i)_{apr})^2)^{1/2}, \text{ where } Y(i)_{exp} - \text{experimental points, } Y(i)_{apr} - \text{approximation points}$$

표 18. 인조토양 실험에서 계산된 대량요소의 적정함량

구분	전체농도	X _{opt} (K)	X _{opt} (Ca)	X _{opt} (Mg)	X _{opt} (NO ₃)	X _{opt} (H ₂ PO ₄)	X _{opt} (SO ₄)	P(1)	P(2)	P(3)	P(4)	P(5)	P(6)	P(7)	Y _{max} mg/본	SD
등체중	30meq/1	0.370	0.291	0.339	0.411	0.235	0.354	0.609	0.480	0.559	0.736	0.422	0.422	0.422	148,73	1,205
충근중	30meq/1	0.371	0.289	0.340	0.410	0.236	0.354	0.620	0.482	0.569	0.743	0.428	0.642	0.642	159,57	1,296
충근중	30meq/1	0.366	0.296	0.338	0.339	0.246	0.354	0.702	0.567	0.649	0.702	0.433	0.623	11,890	218,13	0.345
등체중	15meq/1	0.375	0.320	0.305	0.510	0.216	0.238	0.681	0.581	0.553	0.993	0.421	0.332	5,268	97,60	0.867
충근중	15meq/1	0.383	0.347	0.270	0.474	0.245	0.281	0.688	0.622	0.484	0.865	0.448	0.513	5,863	121,13	0.769
충근중	15meq/1	0.383	0.349	0.269	0.463	0.247	0.290	0.742	0.676	0.518	0.862	0.459	0.539	9,695	163,98	112

$$\text{수량 } Y = P(7) \times XK^{p(1)} * X_{Ca}^{p(2)} * X_{Mg}^{p(3)} * X_{NO_3}^{p(4)} * X_{H_2PO_4}^{p(5)} * X_{SO_4}^{p(6)}$$

$$X_{opt}(K) = P(1)/(P(1)+P(2)+P(3))$$

$$X_{opt}(Ca) = P(2)/(P(1)+P(2)+P(3))$$

$$X_{opt}(Mg) = P(3)/(P(1)+P(2)+P(3))$$

$$X_{opt}(NO_3) = P(4)/(P(1)+P(2)+P(3))$$

$$X_{opt}(H_2PO_4) = P(5)/(P(1)+P(2)+P(3))$$

$$X_{opt}(SO_4) = P(6)/(P(1)+P(2)+P(3))$$

$$SD = (1/n) * (\sum_{i=1}^n (Y(i)exp - Y(i)apr)^2)^{1/2}, \text{ where } Y(i)exp - \text{experimental points, } Y(i)apr - \text{approximation points}$$

이상의 결과는 표 17과 표 18로 요약될 수 있다. 표 17은 사경재배에서 유도된 적정비율이고, 표 18은 인조토양을 활용한 재배결과로 추정된 조성비이다. 이 두 결과를 종합하면 묘삼재배를 위한 수경액의 최적 대량요소의 요소별 조성은 K^+ 는 0.375, Ca^{++} 은 0.291, Mg^{++} 은 0.339, 음이온의 NO_3^- 는 0.411, $H_2PO_4^-$ 은 0.235, SO_4^{--} 은 0.354로 결론 내릴 수 있었다. 다시 말해 양이온과 음이온을 합하여 전체 농도를 30 meq/l로 정했을 때 K^+ 는 5.625, Ca^{++} 은 0.4.365, Mg^{++} 은 5.085, NO_3^- 는 6.165, $H_2PO_4^-$ 은 3.525, SO_4^{--} 은 5.310로 말할 수 있으며, 농도로 표시하면 K 219, Ca 87, Mg 61, N 86, P 109, S 85 mg/l(ppm)로

제 5 절 결과요약

4절에서 종합한 것처럼 여러 재배법과 조성을 가지고 묘삼용 양액을 선발하였다. 묘삼 재배를 위한 수경액의 최적 대량요소의

1. 요소별조성비는 K^+ 는 0.375, Ca^{++} 은 0.291, Mg^{++} 은 0.339, 음이온의 NO_3^- 는 0.411, $H_2PO_4^-$ 은 0.235, SO_4^{--} 은 0.354이고,
2. 양이온과 음이온을 합하여 전체 농도를 30 meq/l 로 정했을 때 K^+ 는 5.625, Ca^{++} 은 0.4.365, Mg^{++} 은 5.085, NO_3^- 는 6.165, $H_2PO_4^-$ 은 3.525, SO_4^{--} 은 5.310로 말할 수 있으며,
3. 농도로 표시하면 K 219, Ca 87, Mg 61, N 86, P 109, S 85 mg/l(ppm) 로 나타낼 수 있다.

제 4 장 결 론

인삼은 재배기간이 길고 재배요인에 의한 생리반응이 예민하여 예기치 못한 결과를 얻기가 쉽고 한 결과를 얻어도 복합요인이 작용되어 해석이 용이하지 않다. 인삼재배용 양액도 화학비료에 예민하고 양분요구도가 낮아 농도나 조성차이에 의한 생육차이나 성적을 얻기란 매우 힘들다. 그러나 본 연구에서는 한 두개의 처리비교가 아니고 종합적인 농도를 고려한 체계적이고 수리적인 설정으로 종합적으로 검토하고 결론을 내릴 수 있었던 것으로 생각된다.

묘삼재배용 시설재배용으로 선발한 피트모스는 수입품이지만 대량 수입되어 수급에 큰 문제는 없을 것으로 보이며 일반 묘상용상토로 많이 쓰이기 때문에 문제는 없을 것으로 보인다. 더구나 모래와 배합함으로 물리성도 개량시키며 생육도 좋았으므로 조성방법도 훨씬 용이할 것으로 보인다. 다만 피트모스에는 다른 인공 상토보다는 많은 성분이 함유되어 있어 양액을 약간 보정하여야 할 필요가 있다고 본다.

그러나 이번에 개발한 양액은 단순 농도나 상품이 아닌 각 성분의 조성비를 밝히는 쪽으로 수행하였기 때문에 보정에 따른 추가 시험이나 문제는 없어도 될 것으로 보인다. 인삼의 양액은 수경재배용 영양원 만이 아니라 인삼재배생리의 기본인 적정 양분요구량 산출이나 시비법 추천 등에도 널리 활용될 수 있으며 최근 문제시되는 과염류 토양에서의 염류장해 해석 등에도 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

다만 선발된 배지에 최적의 양액을 사용하여 묘삼을 생산하지 못하고 분야별로 결론을 내리게 되어 아쉬울 뿐이다. 인삼은 다른 작물보다 작기가 길어 단기에 마무리하기가 어려운 작물이라 2년에 마치느라 다소 무리한 결론이 되지않을까 염려된다.

여 백

참 고 문 헌

1. Hogland D.R., et al.(1950), "Water culture method for growing Plant without soil. Calif. Agri.Ezp.Stn. CIRC. 347:39.
2. Schwarz M.(1968), "Soiless Cuture Management. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 197
3. Schwarz M, and Y. Vaadia(1968), "Limestone gravel as growth medium in hydroponics, Plant & soil 31:1.
4. 목성균 외(1981), "황병의 원인과 대책에 관한 연구", 인삼연구보고서, 한국인삼연초연구소.
5. 송기준 외(1985), "인삼토양의 이화학적 개량연구", 인삼연구보고서, 한국인삼연초연구소.
6. 김명수 외(1985), "인삼이 생리장애 방지에 관한연구", 인삼연구보고서, 한국인삼연초연구소.
7. 김명수 외(1986), "인삼이 생리장애 방지에 관한연구", 인삼연구보고서, 한국인삼연초연구소.
8. 송기준 외(1987), "인삼토양의 이화학적 개량연구", 인삼연구보고서, 한국인삼연초연구소.