

최 종
연구보고서

GOVP1200103749

634 95
L 293 R

시설양묘를 이용한 묘목의 대량생산 시업기술 개발

Development of seedlings mass production method by
containerized seedling production system

주 관 연 구 기 관

임업연구원

농 립 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “시설양묘를 이용한 묘목대량생산 시업기술 개발” 과제 (생육환경관리기술 개발, 시설양묘용 소요자재 및 최적 시비법 개발, 경화촉진처리방법 개발, 임목종자 품질향상법, 시설 온실 관리방법 표준화)의 최종 보고서를 제출합니다.

2000년 12월 일

주관연구기관명 : 임업연구원

총괄연구책임자 : 홍 한 표

세부연구책임자 : 이 명 보

세부연구책임자 : 윤 중 규

연 구 원 : 이 정 주

연 구 원 : 윤 택 승

연 구 원 : 김 원 극

협동연구기관명 : 건국대학교

협동연구책임자 : 홍 성 각

연 구 원 : 김 종 진

연 구 원 : 이 지 현

협동연구기관명 : 서울시립대학교

협동연구책임자 : 이 정 식

연 구 원 : 정 순 진

연 구 원 : 김 귀 순

요 약 문

I. 제 목

시설양묘를 이용한 묘목대량생산 시업기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구개발의 목적

가. 연구개발의 필요성

현재 원예분야에서 사용하고 있는 현대적인 대규모 첨단온실의 시설과 기술은 단기간 내에 재배하여 산물을 산출하는 단기적인 생산 방법이나 임업에서는 온실에서 재배한 후 생육환경에 적응하기가 어려운 묘목을 다시 산에 조림하는 지속적인 생산체계가므로 임업에 적합한 생산관리체계가 필요하며 시설양묘를 많이 하고 있는 한랭한 북구지역 양묘방법을 직도입 할 경우 우리 나라 실정에 적합하지 않고 시설 및 기술 수준에도 결함이 있어 우리 실정에 적합한 자체 기술을 개발하여 생산관리체계의 확립이 필요하다. 이의 체계가 확립되어 시설양묘법을 적용하면 노지양묘 방법보다 기상의 재해를 덜

받아 경제적 손실도 줄이고 묘목품질의 고급화와 함께 기계의 자동화에 의하여 묘목의 생산과 관리에 소요되는 노동력 절감으로 생산비를 줄일 수 있으며 또한 집약적인 노동보다는 쾌적한 작업환경조건으로 작업의 능률을 올릴 수 있고 통일을 대비하여 북한지역에서 문제시되고 있는 황폐한 북한 산림을 조속히 복구하기 위하여는 현재와 같이 자연력과 인력에 의존한 양묘시업 방법으로는 북쪽의 한랭한 지역에서 적기에 묘목을 생산하여 조기 복구 할 수 없으므로 다량의 묘목을 생산 할 수 있는 새로운 양묘방법이 필요한 것이다.

나. 연구개발의 목적

본 연구에서는 각 분야에서 첨단시스템을 이용한 경영 및 생산의 혁신을 도모하고 있으며 특히 농업분야에서 최근 선진국의 자동화된 첨단시설을 이용하여 노동력 감소에 대비한 생력화된 전천후생산체계를 갖추고 있다. 임업에서는 파종부터 산지 식재까지 연속적인 작업체계로 장기간이 소요되어 인력을 절감할 수 있는 기계의 자동화에 의한 시설양묘방법을 개발하여 고품질 묘목을 대량생산 할 수 있는 시업체계를 확립하기 위하여는 우량한 종자의 생산과 종자의 품질이 높아야 한다. 임목종자는 농업용 작목종자와는 달리 효율이 낮아 시설양묘시 기계화 작업이 불가능하여 첫 번째 종자의 효율성을 높일 수 있는 방법 개선이 급선무이며 두 번째로는 시설양묘장의 생육환경제어가 중요한 요소 중 하나이며 세 번째로는 묘목을 키울 수 있는 적정 용기의 종류와 규격, 용토종류, 시비체계를 네 번째로는 시설온실에서 키운 묘목은 조절된 환경 속에서 생육되었기 때문에 연약하므로 산지 식재의 경우 환경조건에 쉽게 적응을 못하고 고사

될 위험이 많으므로 산지 활착율을 높이기 위한 적정 경화 방법 등 이와 같은 조건들을 구명하여 합리적인 생산체계를 수립함으로써 시설양묘의 장점인 단기간 내에 생산성 향상이 최대한 이루어지고 작업의 생력화에 의한 인력절감 등에 그 목적이 있다.

이를 위한 세부연구과제별 최종연구목표는 다음과 같다.

1) 생육환경관리기술 개발

- 적정 광도 및 광주기 구명
- 시설양묘시 여름철 주간 최고온도 구명
- 시설양묘시 겨울철 야간 최저온도 구명
- 건조처리에 의한 세균발생촉진방법 개발
- 여름철 양묘시 적정 차광률 구명

2) 시설양묘용 소요자재 및 최적시비법 개발

- 시설양묘용 소형 포트용 용토 개발
- 입엽 소형 포트용 복토자재 개발
- 입엽용 소형 포트 개발
- 급수방법 및 급수량 개발
- 시설양묘용 비료 및 농도 개발
- 시설양묘 지상관수용 양액 개발
- 용토 혼합비율별 표준시비법 개발

3) 경화촉진처리

- 경화를 위한 최적 광도 및 일장 조건 구명
- 경화를 위한 광도 및 수분 조건 구명

- 시기별 경화 환경 및 특성 비교
 - 시비처리에 의한 경화촉진
 - 경화촉진을 위한 복합 환경 및 계량화
- 4) 종자품질향상법 개발
- 종자정선법 개선 및 검토
 - 발아촉진방법 개발
- 5) 관리방법 표준화 체계확립
- 적정환경표준화

Ⅲ. 연구개발 내용

1. 생육환경기술 개발

시설내 식물생육에 필수적인 환경요소 중 빛, 온도 및 수분에 대한 적절한 관리기술개발을 연구의 목적으로 하여 연구를 수행하였다.

가. 적정 광환경 구명

시설양묘에서 계절에 관계없이 양묘를 하기 위하여 일장이 짧은

시기에는 광주기를 연장시켜 묘목의 생장을 지속시켜야 한다. 그러므로 시설양묘시 장일처리에 따른 보조광에 대한 광도 500lux 및 광주기 16시간을 구명하였다.

나. 겨울철 시설양묘시 야간 최저온도 및 여름철 주간 적정 최고 온도 구명

적정 생육온도 구명 실험에서 처리 온도에 대한 공시 수종간의 생장 반응 차이가 있으나 건전한 묘목을 생산하기 위하여는 겨울철 야간 최저온도는 15℃ 이상으로 유지하고 광주기는 16시간이 적당한 것으로 조사되었으며 여름철 주간 최고온도는 35℃ 이하로 유지시키는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

다. 건조처리에 의한 세근발생촉진방법 개발

세근 발달을 촉진시키기 위한 건조 처리는 상수리나무의 경우 생육 2개월후가 적당한 것으로 나타났으며 낙엽송에 대한 건조 처리는 큰 효과가 나타나지 않았다.

라. 여름철 시설양묘시 적정 차광률 구명

여름철 적정 차광률 구명 시험에서 차광률이 높을수록(상대 광도가 낮을수록)소나무의 수고생장은 높게 나타났으나 근원경생장, 건중량, T/R율을 고려할 때 자연광의 75%를 유지시켜주는 것이 바람직한 것으로 분석되었다.

마. 여름철 활엽수(양수·음수) 적정 차광률 구명

자작나무의 경우에는 시설내 차광이 크게 문제가 되지 않는 것으로 나타났으나 대조구에서 고광도와 여름철 고온에 의하여 잎 주변에 건조현상이 일부 관찰된 바 25%(상대광도 75%)의 차광이 무난하리라 판단된다. 내음성과 중용수로 알려진 층층나무와 말채나무의 경우에는 50%~75%의 차광이 적당한 것으로 나타났다. 상대광도 25%에서의 자작나무에서 흰가루병이 많이 발생하였고 층층나무의 상부 앞에서도 일부 관찰되었으나 말채나무에서는 나타나지 않았다.

2. 시설양묘용 소요자재 및 최적시비법 개발

우리 나라 실정에 맞는 시설양묘 관리체계를 확립하기 위하여 시설온실 내에서 포트양묘시 가장 좋은 용토를 개발하였고, 알맞은 관수방법과 적정양액농도를 구명하여 종합적으로는 능률적이고 경제적인 시설양묘방법을 수립하였다.

가. 육묘 용토 개발

육묘용 용토는 작물에 따라 다른 데 그 동안 생산농가가 스스로 만들어 사용하였다. 주로 이용되는 산흙, 밭흙 또는 공사장 흙을 기본 용토로 하여 부엽, 모래, 훈탄, 연탄재, 톱밥, 왕겨, 수피, 토탄 등 용토와 기존 원예용 상토로 생산되는 피트모스, 펄라이트, 질석을 사용하여 용토 혼합을 별로 실험을 실시하였다.

나. 육묘 용기 개발

현재 원예작물의 육묘에서는 플러그판이 보편화되어 있고 지피포트 등 다양한 용기가 개발되어 있지만 용기의 높이가 낮다. 플러그판은 3.5~6.5cm 밖에 안되어 뿌리의 길이가 길게 자라는 임목류는 적당하지 않았다. 따라서 새 용기의 개발이 요구되어 국내에서 개발된 용기를 수종별로 비교 시험하여 적정용기를 개발하였다.

다. 자동급수방법 및 양액개발

시설양묘를 이용한 묘목의 대량생산 시업기술 개발을 위하여 자동관수방법과 비료 및 양액개발은 생력을 위하여 매우 중요하다. 관수법으로는 일반적으로 노지양묘에서는 호수관수나 지상미니스프링 클러관수 등을 사용하고 있으나 최근에 개발된 자주식관수나 저면담배수관수를 많이 이용하고 있다. 관수와 시비를 겸하는 관비시스템이나 양액재배인 Ebb & Flow 관수방법을 임업양묘의 생력화 관수방법으로써 적용시험을 실시하였다.

라. 최적 시비방법 연구

국내에서 그 동안 사용하고 있는 여러 종류의 비료를 보면 임업양묘에서는 질산암모늄, 인산 그리고 황산가리를 혼합하여 사용하였는데 최근에는 여러 종류의 복합비료와 하이포넥스 등 4종 복합비료가 생산되고 있다. 이러한 비료 중에서 최적시비법을 개발하는 것은 무엇보다도 중요하여 시험한 결과 양액과 함께 관수하는 Ebb &

Flow 관수방법이 그 효과가 좋았다. 그리고 양액에서는 Sonneveld액이 좋았으며 적정농도를 비교 시험하여 분석하였다.

다. 용토 혼합비율별 표준시비법 개발

국내 산림녹화에 필요한 대량의 묘목 수요를 충족시키기 위하여 우리 나라 실정에 적합하고 경제적인 시설양묘 관리체계를 확립하기 위하여 용토 종류별로 표준시비법을 구명하고자 용토로 피트모스와 펄라이트 두 가지를 이용할 경우와 여기에 질석을 첨가할 경우 시비 효과를 구명하고 적정양액농도와 표준시비법을 개발하고자 시험 분석하였다.

3. 경화촉진방법 개발

가. 경화를 위한 최적광도 및 일장 조건 구명

용기묘 경화시 광도와 광원의 차이에 의한 경화도의 차이는 크게 나타나지 않아 일장조건을 처리한 결과 침엽수는 8시간의 단일조건에서 경화가 완료되는 것으로 밝혀져 광도보다는 일장조절이 더욱 효과적인 것으로 분석되었다.

나. 경화를 위한 광도 및 수분 조건 구명

일장을 단일 처리를 할 경우 효과적인 것으로 나타났으며 경화를

위하여는 묘목을 건조 처리와 단일 처리를 병행할 경우 경화 기간을 단축시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

다. 시기별 경화 환경 및 특성 비교

야외에서 경화 처리시 자작나무나 침엽수의 경우는 안토시아닌의 증가로 인하여 잎이 적색으로 변하므로 색소의 함량에 의한 경화도를 추정할 수 있는 것으로 분석되었으나 상수리나무의 경우는 변화가 없어 다른 방법으로 분석되어야 할 것이다

라. 시비처리에 의한 경화 촉진

낙엽송은 경화 처리시 광의 강도와 시비의 농도를 낮추면서 관수량을 조절하는 것이 필요하며 자작나무는 경화 처리시 광량과 시비 조건에 따라 크게 영향을 받는 것으로 분석되었으며 소나무의 경우에는 비음 및 시비를 하지 않고 경화를 시키는 것이 효과적인 것으로 구명되었다.

마. 경화 촉진을 위한 복합 환경 및 계량화

노지 경화 처리시 경화 기간은 최소 3주 이상 이어야하며 관수는 주2회 정도가 경화 효과가 좋은 것으로 구명되어 산지식재 결과 활착율이 높은 것으로 분석되었다.

4. 종자품질향상법 개발

현재 우리 나라는 일반 노지에서 묘목생산을 하고 있으므로 양묘작업이 대부분 인력에 의존하므로 노동력 부족 등 여러 가지 문제점에 부딪치고 있어 노동력 투입을 최소화하고 단기간에 우량건묘를 생산할 수 있는 기계 자동화에 의한 시설양묘방법 개발에 직면하고 있다. 임목 종자는 다른 농업용 종자와는 달리 발아율이 낮고 비효율적이므로 우선 종자를 취급하는 일부더 기계화가 이루어져야 하므로 현재의 종자 정선방법 및 발아촉진법을 개선하여 종자의 효율성이 90%까지 향상시킬 수 있는 방법을 모색하기 위하여 본 시험을 실시하였다.

가. 종자정선방법 개선

1) 대립종자(복자기, 상수리나무, 산수유)

종자품질을 향상시키기 위하여 정선방법별로 실시한 결과 복자기(흡입풍선+수선법), 상수리나무, 산수유종자는(수선법)이 효과적인 것으로 분석되었다.

2) 중립종자(잣나무, 자귀나무, 옷나무)

중립종자의 현재 사용하고 있는 정선 방법으로는 종자의 충실율을 높일 수 없으므로 충실율을 높이기 위하여는 사선+흡입풍선+수선을 병행하면 종자의 품질이 향상되는 것으로 분석되었다.

3) 소립종자(전나무, 층층나무, 말채나무, 회양목, 낙엽송)

소립종자의 종자품질을 향상시키기 위한 정선방법으로는 사선 및 수직풍선법으로 정선하면 충실율이 향상되는 것으로 분석되었으며 특히 층층나무의 경우 회전식 분리기에 의한 종자정선 방법이 매우 효과적이었다.

4) 세립종자(자작나무, 두릅나무)

세립종자의 품질을 향상시키기 위한 정선 방법으로는 자작나무의 경우는 사선+흡입풍선법을 두릅나무의 경우는 수직풍선법으로 정선하는 것이 효과적이었다.

나. 종자발아촉진법 개발

휴면성이 강한 종자나 종피에 밀납층이 있어 발아에 지장을 초래하는 수종을 선정하여 발아촉진 방법을 구명하고자 실험을 하여 다음과 같은 결과를 얻었다

1) 헛개나무

헛개나무는 밀납층이 종피에 두텁게 싸고 있으므로 종피휴면에 해당하는 종자로서 발아촉진을 위하여는 종피가상 후 KNO_3 시약처리가 좋은 것으로 조사되었다.

2) 소나무

소나무는 발아율이 좋고 휴면성이 약한 종자로 본 시험을 수행한 것은 발아촉진을 시키는 것보다 임목 수종의 발아촉진 시약을 구

명하고자 실시한 바 KNO_3 시약에 농도 0.02mol 이 적정한 것으로 분석되었다.

3) 옷나무

옷나무 종자도 휴면성이 강한 종자로 휴면을 타파하기 위하여는 황산(98%)에 2시간 침적 후 60일간 저온처리($2\sim 3^\circ\text{C}$)를 실시하면 발아가 촉진되는 것으로 조사되었다.

4) 팔배나무

팔배나무도 휴면성이 강한 종자로서 휴면 타파를 하기 위하여는 저온처리($2\sim 3^\circ\text{C}$) 60일 후 MgSO_4 0.1 mol 에 24시간 침적하면 발아가 촉진되는 것으로 조사되었다.

5. 시설양묘 관리방법 표준화

온실 형태의 표준형은 농촌진흥청 표준온실(I-W)을 기준으로 하여 실험하였으며, 온실 내에 인위적인 환경 조절을 할 수 있는 제어장치 및 작업의 기계화를 도모하기 위한 장치 등을 설치하여 복합환경을 만들어주고 수종에 알맞은 용토 및 용기를 개발한 결과로 시설 내에서 용기묘를 육성하였으며 또한 육묘과정 중 일반관리에 필요한 적정환경과 최적 양액 시비 등을 구명하였다.

산지활착율을 높이기 위하여 환경에 적응시킬 수 있는 순화 과정의 조건 등을 분석 종합하여 시설양묘의 전반적인 표준화 체계를 수립하였다.

가. 환경 표준화

시설양묘시 여름철 주간온도는 35℃이하 겨울철 야간최적온도는 15℃이상을 유지하여야 하며, 세균발생촉진을 위하여는 상수리나무의 경우 발아하고 2개월 육묘 후에 건조처리하는 것이 적당하며, 여름철 광도는 75%의 비음 설치가 묘목 생육에 적정한 것으로 조사되었다.

나. 관리 방법 표준화

시설양묘의 적정 용토는 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)으로 조사되었으며 용기는 침엽수 50ml, 활엽수 160ml 용기가 적정하며 최적시비조건은 Sonneveld 표준액 2~3배가 생육에 좋은 것으로 조사되었다.

다. 경화 촉진 방법 표준화

용기묘의 경화 촉진 방법은 야외에서 일장 조건의 단일처리가 효과적인 것으로 조사되었으며, 수분 조절에서는 주 2회 관수가 용기묘의 생장을 둔화시키고 경화기간이 단축되는 것으로 분석되었으나 수종별로는 침엽수 야외에서 4주간, 활엽수의 경우는 온실(1주)+야외(3주) 경화시키는 것이 효과적인 것으로 조사되었다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

현재 우리 나라는 고도산업사회를 지향하고 있어 각 분야에서 첨단시스템을 이용한 경영 및 생산의 혁신을 도모하고 있으며 농업분야에서도 최근에 외국의 자동화된 첨단시설을 도입하여 노동력 감소에 대비한 생력화된 전천후 생산체계를 갖추고 있으나 임업 특히 양묘분야는 사업의 특성상 많은 노동력을 필요로 하는 노동집약적인 분야로서 1년간 재배하는 단속적인 농업과는 달리 생산된 묘목을 산지나 노지에서 계속 재배하여야 하는 지속적인 작업체계와는 상이하며, 또한 노지양묘시 묘목의 생장은 기상의 영향을 크게 받으므로 이상 기후가 발생하면 기상의 피해를 받기 쉬워 경제적 손실도 크므로 시설양묘시에는 노동집약적인 산업으로서 경쟁력 제고를 위하여 묘목의 생산과 관리에 소요되는 노동력 절감에 의하여 생산비를 낮추어 대량의 묘목생산성을 획기적으로 향상시킬 수 있다.

현재 외국에서 사용하고 있는 새로운 제품과 기술을 직도입 할 경우 국내자본이 기술도입을 위하여 외국으로 유출될 것이므로 국내 실정에 적합한 전천후 묘목생산 시스템 및 자동화 시스템 개발로 묘목의 계획생산 및 국내 온실산업을 보호 육성하여 국가경쟁력을 배양시킬 수 있다.

농산촌의 인력난 및 가용 노동력의 여성화, 고령화로 인하여 현재와 같은 노동집약적인 작업의 경우 노동의 질이 저하되고 있으므로 이들을 이용하여 쉽게 양묘를 하고 또한 이농현상을 억제하기 위해서는 현재와 같은 열악한 작업조건 에서 집약적인 노동보다 작업의 자동화에 의하여 쾌적한 작업의 환경 및 조건으로 작업의 능률이 향상될 수 있다.

예상되는 활용분야로서는 남북통일이 될 경우 황폐한 북한의 산림을 복구하기 위하여 현재와 같이 자연에 의존한 양묘방법으로는 필요로 하는 묘목의 계획생산에 차질이 발생할 우려가 많으므로 대량으로 묘목을 생산할 수 있는 시설양묘방법을 활용하면 계획생산에 맞는 저렴하고 생산성이 높은 기업화가 가능할 것이다. 시설양묘에 의한 묘목대량생산 시업기술 개발은 앞으로 인력난에 따라 생력화할 수 있는 자동화 시스템이 요구될 경우 인력을 절감시킬 수 있는 묘목대량생산시스템이 보급되어야 하므로 시장의 규모는 환경정화수종, 조경수도 대상수종이므로 기업화에 충분한 규모로 전망되며 양묘 생산자 및 중소기업에서도 제품화 할 경우에 생산성을 높일 수 있으며 시설양묘의 표준화 체계를 정립시키므로 묘목 품질의 향상과 대량생산체계를 구축하여 산업화를 도모할 수 있을 것으로 판단된다.

SUMMARY

I. Subject

A development project of mass production of seedlings by containerized equipment

II. Object and importance of research

Nursing of seedling trees has depended on laborious work and has mainly been affected by environmental conditions. Abnormal weather makes nursing of seedling trees to be difficult, therefore the main objective of this research is to establish mechanical nursing system of seedling trees for the purpose of mass-producing and solving above problems.

III. Results

1. Developing techniques for controlling of growing conditions
 - The proper growing temperature range is from 15°C to 35°C for greenhouse nursing.
 - The lower limit of growing temperature is 15°C for containerized seedlings and long day effect.
 - *Cornus controversa* is not affected by photoperiod and

Pinus densiflora needs 16 hour-long day treatment.

- The optimum percentage of shading treatment is 25% for shade intolerant trees and 75% for shade tolerant trees in greenhouses.
2. Developing optimum fertilization and proper materials for greenhouse nursing
- The optimum nursing soil is a mixture of peatmoss, perlite, and vermiculite (1:1:1, v/v/v).
 - The optimum container volume is 50ml for broad-leaved trees and 170ml for needle-leaf trees.
 - Two or three times concentrated Sonneveld solution is proper to the nutrient solution for use in above-ground water supply.
 - In the case of under-ground water supply a mixture of nutrient solution and water is proper to the growing of containerized seedlings.
3. Developing methods for hardening induction
- 8 hour-short day treatment is the most effective method for hardening in summer season. Day length is more effective on hardening than light intensity.
 - A short day treatment is effective on a light and moisture hardening with weekly water supply.
 - Under intensive light fertilization is not proper for

betula trees.

- It is most effective to harden betula trees for one week in greenhouse and for three weeks in field. In the case of pine trees a four-week hardening is most effective in field.

4. Developing methods for improvement of tree seed quality

- The quality of macro-seed is improved by water floating method and the seed fullness of *Acer triflorum* is increased to 88.3% by water floating method after adsorption cleaning methods
- In the case of medium-seed(*Abies holophyla*), the seed fullness is increased from 13.3% to 58.2% by water floating method with cleaning.
- The seed fullness of small seed(*Larix leptolepis*) is increased from 40% to 97.7% by screening and vertical wind cleaning methods.
- In the case of micro-seed(*Betula latifolia*), the seed fullness is increased from 1.2% to 63.2% by screening and adsorption cleaning methods.
- KNO_3 treatment is effective to induce germination of dormant seeds. A H_2SO_4 and low temperature treatment increases the germination of *Rhus verniciflua* from 7.5% to 85%.
- In the case of *Sorbus alnifolia*, a low temperature and

MgSO₄ treatment increases the germination from 6.0% to 30.0%.

5. Standardization greenhouse nursing of seedling trees

- Based on the growing conditions, proper materials, optimum hardening and fertilization, the producing system of containerized seedlings is standardized and mass-producing system is established.

6. Field application and acclimation

- Based on the optimum conditions, containerized seedlings are successfully applied to reforesting of Kosung area.

Actual results

- From 1997 to 1998 2 million containerized seedlings of pine were successfully used to reforest Kosung area(410ha) with above 90% survival.

Application plan

- It is planned to produce 1,385,000 containerized seedlings of pine for four years (2001~2004) for the purpose of reforesting wild-fire damaged mountains in East sea coast area.

CONTENTS

I. Introduc -----	38
II. Control of growing environment -----	40
i .Introduce -----	43
ii.Meterial and Methods -----	45
iii. Results -----	51
1. Optimum light intensity -----	51
2. Optimum photoperiod -----	58
3. High temperature at summer and low temperture at winter -----	64
4. Optimum growing temperature and effect of long daylength at winter -----	75
5. Optimum shading of leaf tree species at summer -	87
iv. conclusion -----	93
III. Meterial for containerized seedling and fertilizing method -----	97
i . Introduce -----	100
ii. Meterial and Methods -----	104
iii. Results -----	115
1. Artificial soil for containerized seedling -----	115

2. Optimum container size -----	135
3. Watering method and optimum fertilizer -----	150
4. Optimum fertilizing method -----	167
5. Stand fertilizing method for mixed soil -----	196
iv. Conclusion -----	220
IV. Hardening method for containerized seedling -----	228
i. Introduce -----	231
ii. Material and Methods -----	233
iii. Results -----	240
1. Optimum daylength -----	240
2. Optimum light source -----	241
3. Optimum light intensity -----	242
4. Water control -----	243
5. Effect of light-water treatment -----	252
6. Effect of fertilizer treatment -----	269
7. Effect of light-fertilizer treatment -----	292
8. Physiological change of Birch on hardening -----	299
iv. Conclusion -----	310
V. Seed quality improvement -----	312
i. Introduce -----	317
ii. Material and Methods -----	319

iii. Results -----	324
1. Improvement of seed cleaning -----	324
2. pretreatment for germination -----	350
iv. Conclusion -----	356
 VI. Standard method for containerized seedling -----	 360
i . Introduce -----	360
ii . Material and Methods -----	362
iii. Results -----	363
1. Standardization environment control for containerized seedling -----	363
2. Method for containerized seedling practice -----	363
iv Conclusion -----	365
 Reference -----	 366
 Appendix I.	
produce of containerized seedling and planting for restoration of forest burned area at Kosung province -	381

목 차

제 1 장 서 론 -----	38
제 2 장 생육환경 관리기술 개발 -----	40
제 1 절 서 설 -----	43
제 2 절 연구내용 및 방법 -----	45
제 3 절 연구개발 결과 -----	51
1. 묘목생육 적정 광도 구명 -----	51
2. 묘목생육 적정 광주기 구명 -----	58
3. 겨울철 시설양묘시 야간 최저온도 및 여름철 주간 적정 최고온도 구명 -----	64
4. 겨울철 생육적정 최저온도와 장일처리 효과 구명 -	75
5. 여름철 활엽수 적정(양수·음수)차광율 구명 -----	87
제 4 절 결 론 -----	93
제 3 장 시설양묘용 소요자재 및 최적시비법 개발 -----	97
제 1 절 서 설 -----	100
제 2 절 연구내용 및 방법 -----	104
제 3 절 연구개발 결과 -----	115
1. 최적 용토 및 복토자재 개발 -----	115
2. 최적 용기 개발 -----	135
3. 자동급수 방법 및 양액 개발 -----	150
4. 최적 시비방법 연구 -----	167
5. 용토 혼합비율별 표준시비법 개발 -----	196

제 4 절 결 론	220
제 4 장 경화촉진 처리 방법 개발	228
제 1 절 서 설	231
제 2 절 연구내용 및 방법	233
제 3 절 연구개발 결과	240
1. 적정 일장 조건	240
2. 적정 광원	241
3. 적정 광도	242
4. 적정 수분 조건	243
5. 광-수분 복합처리	252
6. 시비처리에 의한 경화처리	269
7. 광-시비 복합처리에 의한 경화촉진	292
8. 경화처리 기간별 자작나무의 생리특성	299
제 4 절 결 론	310
제 5 장 임목종자 품질 향상법 개발	312
제 1 절 서 설	317
제 2 절 연구내용 및 방법	319
제 3 절 연구개발 결과	324
1. 종자정선 방법 개선	324
2. 종자발아 촉진법 개발	350
제 4 절 결 론	356
제 6 장 시설온실 관리방법 표준화	360

제 1 절 서 설 -----	360
제 2 절 연구내용 및 방법 -----	362
제 3 절 연구개발 결과 -----	363
1. 시설양묘 관리체계 표준화 -----	363
2. 시설양묘에 의한 용기묘생산 실시요령 -----	363
제 4 절 결 론 -----	365
참 고 문 헌 -----	366
부 록 1. 고성산화지 복구용 용기묘 생산 및 조립 -----	381

표 목 차

표 2-1. 16시간 일장처리를 위한 보조광의 광도에 따른 근원경생장 ---	53
표 2-2. 16시간 일장처리를 위한 보조광의 광도에 따른 건중량 및 T/R율 ---	53
표 2-3. 일장시간별 근원경생장 -----	60
표 2-4. 일장시간별 건중량 및 T/R율 -----	62
표 2-5. 겨울철 야간 최저온도처리에 따른 소나무, 자작나무의 건중량과 T/R율 --	69
표 2-6. 여름철 주간 최고온도처리에 따른 소나무, 자작나무의 건중량과 T/R율 --	74
표 2-7. 여름철 주간 최고온도처리에 따른 낙엽송의 건중량과 T/R율 --	74
표 2-8. 최저온도처리 및 장일처리에 따른 소나무, 층층나무의 건중량과 T/R율 --	80
표 2-9. 여름철 차광에 의한 소나무의 건중량과 T/R율 -----	82
표 2-10. 건조처리에 따른 상수리나무 묘목의 성장반응 -----	85
표 2-11. 건조처리에 따른 낙엽송 묘목의 성장반응 -----	86
표 2-12. 자작나무, 층층나무 및 말채나무의 건중량과 T/R율 -----	91
표 2-13. 자작나무, 층층나무 및 말채나무의 엽록소 함량 -----	92
표 3-1. 임업소형 포트묘 용토 배합비율 -----	105
표 3-2. 임업소형 포트묘 적정 복토시험 배합비율 -----	106
표 3-3. 복토자재 -----	106
표 3-4. 공시 육묘용기 원예용 플러그판의 규격 -----	107
표 3-5. 공시 육묘용기 임업용 용기의 규격 -----	109
표 3-6. 공시종자 실내 발아율 -----	116
표 3-7. 임업 소형 포트묘의 파종용토 종류별 발아율 -----	116
표 3-8. 임업 소형 포트묘 파종용토 시험파종전 물리적 성질 -----	118
표 3-9. 임업 소형 포트묘 파종용토 시험파종전 화학적 성질 -----	119
표 3-10. 소나무 파종용토 종류별 소형 포트묘의 경시적 성장 변화 ---	121
표 3-11. 소나무 파종용토 종류별 소형 포트묘의 생체중 및 건물중 ----	122
표 3-12. 낙엽송 파종용토 종류별 소형 포트묘의 경시적 성장 변화 ---	124

표 3-13. 낙엽송 파종용토 종류별 소형 포트묘의 생체중 및 건물중 ---	125
표 3-14. 자작나무 파종용토 종류별 소형 포트묘의 경시적 변화 -----	127
표 3-15. 자작나무 파종용토 종류별 소형 포트묘의 생체중 및 건물중 -	128
표 3-16. 소나무 소형 포트묘 적정 복토 구명시험 경시적 변화 -----	130
표 3-17. 소나무 소형 포트묘 적정 복토 구명시험 생체중 및 건물중 --	131
표 3-18. 자작나무 소형 포트묘 적정 복토 구명시험 경시적 변화 -----	133
표 3-19. 자작나무 소형 포트묘 적정 복토 구명시험 생체중 및 건물중 --	134
표 3-20. 시설양묘용 플러그판 종류별 소나무의 성장량 -----	136
표 3-21. 시설양묘용 플러그판 종류별 소나무의 육묘생장 현황 -----	136
표 3-22. 시설양묘용 플러그판 종류별 낙엽송의 육묘생장 현황 -----	137
표 3-23. 시설양묘용 용기종류별 소나무의 성장량 -----	139
표 3-24. 시설양묘용 용기종류별 소나무의 육묘생장 현황 -----	139
표 3-25. 시설양묘 소나무의 6개월 육묘후 성장형질간 상관계수 -----	140
표 3-26. 시설양묘용 용기종류별 낙엽송의 성장량 -----	141
표 3-27. 시설양묘용 용기종류별 낙엽송의 육묘생장 현황 -----	142
표 3-28. 시설양묘 낙엽송의 6개월 육묘후 성장형질간 상관계수 -----	143
표 3-29. 시설양묘용 용기종류별 자작나무의 성장량 -----	144
표 3-30. 시설양묘용 용기종류별 자작나무의 엽록소와 엽수 변화량 ---	145
표 3-31. 시설양묘용 용기종류별 자작나무의 육묘생장 현황 -----	146
표 3-32. 시설양묘 자작나무의 6개월 육묘후 성장형질간 상관계수 ----	146
표 3-33. 시설양묘용 용기종류별 상수리나무의 성장량 -----	148
표 3-34. 시설양묘용 용기종류별 상수리나무의 육묘생장 현황 -----	148
표 3-35. 시설양묘용 상수리나무의 6개월 육묘후 성장형질간 상관계수 --	149
표 3-36. 소나무 126일 육묘후 관수방법에 따른 생육상황 -----	150
표 3-37. 소나무 126일 육묘후 관수방법에 따른 생체중 및 건물중 ----	150
표 3-38. 소나무 126일 육묘후 관수방법에 따른 육묘용토의 물리성과 PH, EC 비교 -----	151
표 3-39. 소나무 126일 육묘후 관수방법에 따른 육묘용토의 화학성 ---	151

표 3-40. 소나무 126일 육묘후 관수방법에 따른 식물체 분석 -----	152
표 3-41. 자작나무 126일 육묘후 관수방법에 따른 생육상황 -----	152
표 3-42. 자작나무 126일 육묘후 관수방법에 따른 생체중 및 건물중 --	153
표 3-43. 자작나무 126일 육묘후 관수방법에 따른 육묘용토의 물리성과 PH, EC 비교 -----	153
표 3-44. 자작나무 126일 육묘후 관수방법에 따른 육묘용토의 화학성 -	154
표 3-45. 자작나무 126일 육묘후 관수방법에 따른 식물체 분석 -----	154
표 3-46. 낙엽송 126일 육묘후 관수방법에 따른 생육상황 -----	155
표 3-47. 낙엽송 126일 육묘후 관수방법에 따른 생체중 및 건물중 ----	155
표 3-48. 낙엽송 126일 육묘후 관수방법에 따른 육묘용토의 물리성과 pH, EC 비교 -----	156
표 3-49. 낙엽송 126일 육묘후 관수방법에 따른 육묘용토의 화학성 ---	156
표 3-50. 낙엽송 126일 육묘후 관수방법에 따른 식물체 분석 -----	156
표 3-51. 소나무 126일 육묘후 저면관수 양액농도에 따른 생육상황 ---	157
표 3-52. 소나무 115일 육묘후 저면관수 양액농도에 따른 생체중 및 건물중 -	158
표 3-53. 소나무 126일 육묘후 저면관수 양액농도에 따른 육묘용토의 물리성과 pH, EC 비교 -----	158
표 3-54. 소나무 115일 육묘후 저면관수 양액농도에 따른 육묘용토의 화학성 -	159
표 3-55. 소나무 126일 육묘후 저면관수 양액농도에 따른 식물체 분석 -	159
표 3-56. 소나무 저면담배수 관수시 Sonneveld 양액농도별 야마자키 공식에 의한 6월 1일에서 6월 30일까지의 n/w값 -----	160
표 3-57. 소나무 저면담배수 관수시 Sonneveld 양액농도별 야마자키 공식에 의한 7월 1일에서 7월 30일까지의 n/w값 -----	161
표 3-58. 자작나무 126일 육묘후 저면관수 양액농도에 따른 생육상황 -	162
표 3-59. 자작나무 126일 육묘후 저면관수 양액농도에 따른 생체중 및 건물중 -	162
표 3-60. 자작나무 126일 육묘후 저면관수 양액농도에 따른 육묘용토의 물리성과 pH, EC 비교 -----	163
표 3-61. 자작나무 126일 육묘후 저면관수 양액농도에 따른 육묘용토의	

화학적 성질 -----	163
표 3-62. 자작나무 육묘 126일후 저면관수 양액농도에 따른 식물체 분석 -	164
표 3-63. 자작나무 저면담배수 관수시 Sonneveld 양액농도별 야마자키 공식에 의한 6월 1일에서 6월 30일까지의 n/w값 -----	165
표 3-64. 자작나무 저면담배수 관수시 Sonneveld 양액농도별 야마자키 공식에 의한 7월 1일에서 7월 30일까지의 n/w값 -----	166
표 3-65. 비료종류와 농도별 시설양묘 소나무의 초장 변화 -----	167
표 3-66. 비료종류와 농도별 시설양묘 소나무의 초폭 변화 -----	168
표 3-67. 비료종류와 농도별 시설양묘 소나무의 고사율 변화 -----	168
표 3-68. 비료종류와 농도별 소나무 4개월 시설양묘후 생체중 및 건물중 -	169
표 3-69. 비료종류와 농도별 시설양묘 소나무의 근장과 지제부직경 ---	170
표 3-70. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 소나무의 식물체 화학성분 분석 -----	170
표 3-71. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 소나무의 용토종류별 pH, EC 및 물리성 -----	171
표 3-72. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 소나무의 용토종류별 이화학적 -----	172
표 3-73. 비료종류와 농도별 시설양묘 낙엽송의 초장 변화 -----	172
표 3-74. 비료종류와 농도별 시설양묘 낙엽송의 초폭 변화 -----	173
표 3-75. 비료종류와 농도별 시설양묘 낙엽송의 고사율 변화 -----	174
표 3-76. 비료종류와 농도별 시설양묘 낙엽송의 생체중 및 건물중 ----	174
표 3-77. 비료종류와 농도별 시설양묘 낙엽송의 근장과 지제부직경 ---	175
표 3-78. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 낙엽송의 식물체 화학성분 분석 -----	175
표 3-79. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 낙엽송의 용토종류별 pH, EC 및 물리성 -----	176
표 3-80. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 낙엽송의 용토종류별 이화학적 -----	177

표 3-81. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무의 초장 변화 -----	177
표 3-82. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무의 초폭 변화 -----	178
표 3-83. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무의 엽수 변화 -----	178
표 3-84. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무의 고사율 변화 -----	179
표 3-85. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무의 생체중 및 건물중 --	179
표 3-86. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무의 근장과 지체부직경 -	180
표 3-87. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무의 엽면적과 엽록소 ---	180
표 3-88. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 자작나무의 식물체 화학성분 분석 -----	181
표 3-89. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 자작나무의 용토종류별 pH, EC 및 물리성 -----	181
표 3-90. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 자작나무의 용토종류별 이화학성 -----	182
표 3-91. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 소나무의 초장 변화 ---	182
표 3-92. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 소나무의 초폭 변화 ---	183
표 3-93. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 소나무의 고사율 변화 -	183
표 3-94. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 소나무의 생체중 및 건물중 -	184
표 3-95. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 소나무의 근장과 지체부직경 -	184
표 3-96. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 소나무의 식물체 화학성분 분석 -	185
표 3-97. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 소나무의 용토종류별 pH, EC 및 물리성 -----	185
표 3-98. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 소나무의 용토종류별 이화학성 -	186
표 3-99. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 낙엽송의 초장 변화 ---	186
표 3-100. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 낙엽송의 초폭 변화 --	187
표 3-101. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 낙엽송의 고사율 변화 -	187
표 3-102. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 낙엽송의 생체중과 건물중 -	188
표 3-103. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 낙엽송의 근장과 지체부직경 -	188
표 3-104. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 낙엽송 식물체 화학성분 분석 -	189

표 3-105. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 낙엽송의 용토종류별 ph, EC 및 물리성 -----	189
표 3-106. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 낙엽송의 용토종류별 이화학적 -	190
표 3-107. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무의 초장 변화 -	190
표 3-108. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무의 초폭 변화 -	191
표 3-109. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무의 고사율 변화 -	191
표 3-110. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무의 엽수 변화 -	192
표 3-111. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무의 생체중과 건물중 -	192
표 3-112. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무의 근장과 지제부직경 -	193
표 3-113. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무의 엽면적과 엽록소 함량 -----	193
표 3-114. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 자작나무의 식물체 화학성분 분석 -----	194
표 3-115. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 자작나무의 용토종류별 ph, EC 및 물리성 -----	194
표 3-116. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 자작나무의 용토종류별 화학성 -----	195
표 3-117. 공시작물의 용토종류별 발아율 -----	196
표 3-118. 172일 육묘 소나무의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 초장 변화 -----	197
표 3-119. 172일 육묘 소나무의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 초폭 변화 -----	198
표 3-120. 172일 육묘 소나무의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 엽장 변화 -----	199
표 3-121. 172일 육묘 소나무의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 생체중 및 건물중 -----	201
표 3-122. 172일 육묘 낙엽송의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 초장 변화 -----	202

표 3-123. 172일 육묘 낙엽송의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 초폭 변화 -----	203
표 3-124. 172일 육묘 낙엽송의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 엽장 변화 -----	204
표 3-125. 172일 육묘 낙엽송의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 생체중 및 건물중 -----	206
표 3-126. 172일 육묘 자작나무의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 초장 변화 -----	207
표 3-127. 172일 육묘 자작나무의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 초폭 변화 -----	208
표 3-128. 172일 육묘 자작나무의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 엽장 변화 -----	209
표 3-139. 172일 육묘 자작나무의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 엽폭 변화 -----	210
표 3-130. 172일 육묘 자작나무의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 엽수 변화 -----	211
표 3-131. 172일 육묘 자작나무의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 생체중 및 건물중 -----	213
표 3-132. 소나무 피트모스+펄라이트(1:1, v/v) 용토의 ph, EC 및 물리성 -	216
표 3-133. 소나무 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v) 용토의 ph, EC 및 물리성 -----	216
표 3-134. 낙엽송 피트모스+펄라이트(1:1, v/v) 용토의 ph, EC 및 물리성 -	217
표 3-135. 낙엽송 피트모스+ 펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v) 용토의 ph, EC 및 물리성 -----	218
표 3-136. 자작나무 피트모스+펄라이트(1:1, v/v) 용토의 ph, EC 및 물리성 -	219
표 3-137. 자작나무 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v) 용토의 ph, EC 및 물리성 -----	219
표 4-1. 일장조건별 동아형성을 -----	240

표 4-2. 광원별 동아형성을	242
표 4-3. 수분처리에 의한 생장을 변화	244
표 4-4. 수분처리별 침엽수의 시기별 함수율 변화	244
표 4-5. 수분처리별 활엽수의 시기별 함수율 변화	245
표 4-6. 수분처리별 수종별 삼투압	246
표 4-7. 광조건별 수종별 생장을	247
표 4-8. 광조건별 관수회수별 침엽수의 함수율 변화	249
표 4-9. 광조건별 관수회수별 활엽수의 함수율 변화	250
표 4-10. 광조건별 관수회수별 수종별 삼투압	251
표 4-11. 처리별 광 특성	253
표 4-12. 처리별 부위별 함수율 변화	255
표 4-13. 하절기 경화시 부위별 함수율	256
표 4-14. 처리별 기공항	261
표 4-15. 처리별 증산량 변화	262
표 4-16. 춘기 경화처리후의 처리별 삼투압	262
표 4-17. 하절기 경화처리후 삼투압	263
표 4-18. 춘기와 하기의 삼투압 변화	264
표 4-19. 처리별, 수종별 광합성 속도	265
표 4-20. 경화처리별 엽록소 함량 분석	266
표 4-21. 경화처리에 따른 칼슘이온과 카리이온의 함량 변화	268
표 4-22. 경화방법에 따른 경화기간중 소나무의 간장생장을	269
표 4-23. 경화방법에 따른 경화기간중 낙엽송의 간장생장을	273
표 4-24. 경화방법에 따른 경화기간중 자작나무의 간장생장을	276
표 4-25. 수종별 경화방법에 따른 경화기간중 고사율	279
표 4-26. 경화처리시 시비방법에 따른 자작나무의 최대광합성 속도 비교	281
표 4-27. 경화처리방법별 엽록소 및 카로티노이드 함량 변화	282
표 4-28. 경화처리시 시비방법에 따른 수종별 전 질소의 함량 비교	286
표 4-29. 경화처리시 시비방법에 따른 수종별 전 인산, 카리, 칼슘의	

합량 비교 -----	288
표 4-30. 경화 4주 처리시 관수, 시비방법에 따른 수종별 삼투압 비교 -	289
표 4-31. 수종별 경화방법에 따른 이식 후 고사율 -----	291
표 4-32. 시비에 의한 소나무 포트묘의 광조건별 간장생장을 -----	292
표 4-33. 복합경화처리에 의한 경화기간중 소나무 포트묘의 간장생장을 -	293
표 4-34. 시비에 의한 낙엽송 포트묘의 광조건별 간장생장을 -----	294
표 4-35. 복합경화처리에 의한 경화기간중 낙엽송 포트묘의 간장생장을 -	296
표 4-36. 시비에 의한 자작나무 포트묘의 광조건별 간장생장을 -----	297
표 4-37. 복합경화처리에 의한 경화기간중 자작나무 포트묘의 간장생장을 -	299
표 5-1. 수선에 의한 상수리나무 종자의 정선효과 -----	325
표 5-2. 복자기 종자의 정선방법별 정선 효과 -----	326
표 5-3. 산수유 종자의 정선방법별 정선 효과 -----	327
표 5-4. 평행 풍선기를 이용한 잣나무 종자의 정선 효과 -----	329
표 5-5. 흡입 풍선을 이용한 잣나무 종자의 정선 효과 -----	330
표 5-6. 사선+흡입풍선+수선에 의한 잣나무 종자의 정선 효과 -----	331
표 5-7. 자작나무 종자의 정선방법별 정선 효과 -----	332
표 5-8. 전나무 종자의 정선방법별 정선 효과 -----	333
표 5-9. 피나무 종자의 정선방법별 정선 효과 -----	334
표 5-10. 율나무 종자의 정선방법별 정선 효과 -----	335
표 5-11. 층층나무 종자의 정선방법별 정선 효과 -----	337
표 5-12. 50cm 흡입관을 이용한 흡입 정선 효과 -----	339
표 5-13. 30cm 흡입관을 이용한 흡입 정선 효과 -----	340
표 5-14. 수평 흡입에 의한 층층나무 종자의 정선 효과 -----	341
표 5-15. 층층나무 종자의 침수시간별 충실을 변화 -----	342
표 5-16. 말채나무 종자의 정선방법별 정선 효과 -----	343
표 5-17. 사선에 의한 회양목 종자의 정선 효과 -----	345
표 5-18. 낙엽송 종자의 정선방법별 정선 효과 -----	346
표 5-19. 두릅나무 종자의 정선방법별 정선 효과 -----	347

표 5-20. 자작나무 종자의 정선방법별 정선 효과 -----	342
표 5-21. 발아촉진처리에 의한 헛개나무 종자의 발아율 -----	350
표 5-22. 시약별 처리에 의한 소나무 종자의 발아율 -----	351
표 5-23. 시약별 0.02mol 침전시간별 처리에 의한 소나무 종자의 발아율 -	352
표 5-24. 발아촉진처리에 의한 옷나무 종자의 발아율 -----	354
표 5-25. 시약별 처리 후 저온처리 60일에 의한 옷나무 종자의 발아율 -	354
표 5-26. 발아촉진처리에 의한 팔배나무 종자의 발아율 -----	355
(부록) 표 1-1. 양묘 회차별 용기묘 생산계획 및 조림계획 -----	386
(부록) 표 1-2. 조림시기별 활착율 -----	395
(부록) 표 1-3. 조림시기별 잔존율 -----	396
(부록) 표 1-4. 소나무 용기묘 조림지 생육상황 비교 -----	397

그림 목 차

그림 2-1. 16시간 일장처리를 위한 보조광의 광도에 따른 수고생장 ---	52
그림 2-2. 일장시간별 수고생장 -----	59
그림 2-3. 겨울철 야간 최저온도처리에 따른 소나무와 자작나무의 수고생장 -	65
그림 2-4. 겨울철 야간 최저온도처리에 따른 소나무, 자작나무의 근원경생장 -	67
그림 2-5. 여름철 주간 최고온도처리에 따른 소나무, 낙엽송, 자작나무의 수고생장 -	71
그림 2-6. 여름철 주간 최고온도처리에 따른 소나무, 자작나무, 낙엽송의 근원경생장 -	72
그림 2-7. 겨울철 최저온도처리와 장일처리에 따른 소나무, 층층나무의 수고생장 -	76
그림 2-8. 겨울철 최저온도처리와 장일처리에 따른 소나무, 층층나무의 근원경생장 -	78
그림 2-9. 여름철 차광에 따른 소나무 수고생장 및 근원경생장 -----	81
그림 2-10. 차광처리에 의한 소나무 잎 엽록소 함량변화 -----	83
그림 2-11. 자작나무, 층층나무, 말채나무의 수고생장 -----	88
그림 2-12. 자작나무, 층층나무 및 말채나무의 근원경생장 -----	89
그림 3-1. 자작나무 피트모스+펠라이트(1:1, v/v) 용토의 비료 및 양액농도에 따른 엽록소 함량 -----	214
그림 3-2. 자작나무 피트모스+펠라이트+질석(1:1:1, v/v/v) 용토의 비료 및 양액농도에 따른 엽록소 함량 -----	214
그림 4-1. 처리별 광에너지 분포 -----	253
그림 4-2. 상수리나무의 하절기 경화시 경화기간에 따른 부위별 함수율 변화 -	257
그림 4-3. 자작나무의 하절기 경화시 경화기간에 따른 부위별 함수율 변화 -	258
그림 4-4. 소나무의 하절기 경화시 경화기간에 따른 부위별 함수율 변화 -	259
그림 4-5. 낙엽송의 하절기 경화시 경화기간에 따른 부위별 함수율 변화 -	260
그림 4-6. 경화처리 방법별 경화처리 기간중 소나무의 간장생장을 ----	271
그림 4-7. 경화처리 방법별 경화처리 기간중 낙엽송의 간장생장을 ----	274
그림 4-8. 경화처리 방법별 경화처리 기간중 자작나무의 간장생장을 --	277
그림 4-9. 경화처리 방법별 경화처리 기간중 자작나무의 SPAD값 변화 -	284

그림 4-10. 광조건 및 시비조건별 경화처리 기간중 소나무 포트묘의 간장생장을	293
그림 4-11. 광조건 및 시비조건별 경화처리 기간중 낙엽송 포트묘의 간장생장을	295
그림 4-12. 광조건 및 시비조건별 경화기간에 따른 자작나무 포트묘의 간장생장을	298
그림 4-13. 경화처리구별 광합성 속도 -----	300
그림 4-14. 수분스트레스에 의한 경화처리구별 최대 과합성 속도 -----	301
그림 4-15. 수분스트레스에 의한 경화처리구별 상대수분 통도성 -----	302
그림 4-16. 수분스트레스에 의한 경화처리구별 수분통도성의 상실율 --	303
그림 4-17. 수분스트레스에 의한 경화처리구의 흡광도 변화 -----	304
그림 4-18. 수분스트레스에 의한 경화처리구의 흡광도 변화 -----	305
그림 4-19. 수분스트레스에 의한 경화처리구별 형광반응 변화 -----	306
그림 4-20. 4주간 경화처리된 자작나무 포트묘의 포지식재후 근원부위 횡단면 -----	307
그림 6-1. 시설양묘 체계도 -----	363
(부록) 그림 1-1. 노지양묘와 용기육묘의 양묘방법 비교 -----	388
(부록) 그림 1-2. 연동형 비닐온실 -----	399
(부록) 그림 1-3. 상토혼합 -----	399
(부록) 그림 1-4. 기계파종 -----	399
(부록) 그림 1-5. 양묘작업 -----	399
(부록) 그림 1-6. 용기묘 발아상태 -----	399
(부록) 그림 1-7. 용기묘 뿌리발육 -----	399
(부록) 그림 1-8. 대운반 -----	400
(부록) 그림 1-9. 중운반-----	400
(부록) 그림 1-10. 소운반-----	400
(부록) 그림 1-11. 조림지 전경-----	400

제 1 장 서 론

본 연구의 목적은 선진 외국에서 사용하고 있는 시설양묘를 도입하여 우리 실정에 적합한 생력화된 전천후 양묘시업체계인 시설양묘시업체계를 확립하기 위하여 소요되는 자재를 국산화하고 묘목의 생육 단계별 환경조건, 시비조건, 종자품질향상을 위한 기술력을 확보하여 급후 필요한 양묘시업기술의 개발에 활용하고자 한다.

우리 나라의 임업은 농업으로부터 노동력을 공급받고 있으나 최근의 농업분야에서 사회 경제적인 여건의 변화로 농가인구는 1990년 6,661천명(전국민의 15.5%)에서 1997년 4,468천명(9.7%)으로 감소하였으며 2001년경에는 8.4% 수준인 3,955천명으로 감소될 전망이다. 임업분야 특히 양묘분야의 노동력을 확보하기 위하여는 묘목생산작업 자동화시스템을 통하여 노동생산성의 향상과 소요인력을 최소화하여야 한다. 21세기에는 고도의 산업사회에서 첨단시스템을 이용한 생산체제로 점차 전환될 것으로 추측되며 농업도 노동력 감소에 대비한 생력화된 전천후 생산체계의 도입이 필요하다. 따라서 농업분야에서도 첨단시설을 이용한 경영 및 생산의 혁신을 도모하고 있고 시설원예에서는 급속한 발전을 보이고 있다.

국토의 65%가 산림인 우리 나라는 최근 환경보호에 대한 관심이 높아져 묘목의 수요가 지속적으로 필요하나 양묘산업은 노동집약적인 분야로서 고가의 노동비가 양묘단가를 크게 높이고 있다. 따라서 현재 발전단계에 있는 시설원예기술을 활용하여 노동력을 감소시키고 저온, 한발 등 외부조건에 관계없이 묘목을 대량생산할 수 있는 새로운 양묘시업체계의 확립이 필요하다. 임업양묘는 현재 노지양묘에 전적으로 의존하고 있어 사업상의 특성상 많은 노동력을 필요로

하는 노동집약적인 분야로서 1년간 재배하는 단속적인 농업과는 달리 생산된 묘목을 산지나 노지에서 계속 재배하여야 하는 연속적인 작업체계로 일반 농업분야의 작업체계와는 다르다. 앞으로 통일될 경우 황폐한 북한의 산림을 조속히 복구하기 위하여 묘목을 대량 생산할 수 있는 생산력이 높은 자동화된 새로운 양묘사업체계의 확립이 요구되는 데 반하여 문제되는 점이 임목종자의 발아율이 50%를 넘기기가 어려워 파종작업의 자동화나 혹은 기계화가 우선 곤란한 실정이다.

이와 같은 여건에서 우리 나라 환경조건에 적합한 임업용 시설양묘를 위한 적정시설, 소요자재 및 작업체계를 표준화하여 과거의 경험 양묘에서 과학기술을 응용한 새로운 시설양묘 보급으로 양묘의 생력화를 이룩할 수 있도록 국내 기후조건에 적합한 콘테이너 양묘용 하우스의 모델을 선정하고 생육단계별로 최적의 생육조건을 구명하여 관리체계를 확립하고 이들 복합환경인자를 일괄 관리할 수 있는 종합제어시스템을 구축하며 콘테이너 양묘시 인력소모가 가장 많은 파종작업에서 인력을 최소화하기 위한 종자품질향상 및 자동화작업체계의 확립을 그 목적으로 하고 있다.

제 2 장 생육환경관리기술 개발

개발내용 요약

1. 1차년도 개발 내용

○ 발아단계 및 생육단계 최적 광도 구명

- 수 종 : 소나무, 낙엽송, 자작나무
- 용 토 : 피트모스+펄라이트+질석(2:1:1, v/v/v)
- 발아단계 최적 광도 : 광도, 광주기가 영향을 미치지 않음
- 생육단계 최적 광도 : 약 500Lux 광도

2. 2차년도 개발 내용

○ 생육단계별 적정 광주기 및 광처리 방법 구명

- 수 종 : 소나무, 낙엽송, 자작나무
- 용 토 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
- 적정 광주기 : 1시간 동안 광차단처리나 16시간의 일장
- 적정 광처리 방법 : 보조광원(500Lux)

3. 3차년도 개발 내용

○ 겨울철 시설양묘시 야간 적정 최저 온도 구명

- 수 종 : 소나무, 자작나무
- 용 토 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
- 야간 최저 생육 온도 : 15℃ 이상 유지

○ 여름철 시설양묘시 주간 적정 최고 온도 구명

- 수 종 : 소나무, 낙엽송, 자작나무
- 용 토 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
- 주간 최고 생육 온도 : 35℃ 이하 유지

4. 4차년도 개발 내용

○ 겨울철 생육 적정 최저 온도 및 장일처리 효과 구명

- 수 종 : 소나무, 층층나무
- 용 토 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
- 시설온실 야간 최저 온도
 - 소나무 : 15℃이상 16시간 장일조건
 - 자작나무 : 15℃이상

○ 여름철 시설양묘시 적정 차광율 구명

- 수 종 : 소나무
- 용 토 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
- 차광율 : 자연광의 75%

○ 건조처리에 의한 세근발달촉진방법 개발

- 수 종 : 낙엽송, 상수리나무
- 용 토 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
- 건조처리 기간
 - 낙엽송 : 7~10일
 - 상수리나무 : 약 4주간
- 최적 건조처리 시기
 - 낙엽송 : 건조처리 기간이 짧아 큰 효과 없음
 - 상수리나무 : 생육 2개월 후

5. 5차년도 개발 내용

○ 여름철 활엽수(양수·음수) 적정 차광율 구명

- 수 종 : 자작나무, 층층나무, 말채나무
- 용 토 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
- 차광율
 - 자작나무 : 자연광의 75%
 - 층층나무, 말채나무 : 자연광의 50~75%

제 1절 서 설

1. 연구의 필요성

시설양묘란 컨테이너 양묘라고도 하는데 온실내에서 용기에 종자를 파종한 후 묘목이 건전하게 생육할 수 있는 환경을 조절하여 단기간에 묘목을 생산하는 양묘방법으로서 식재시기에 크게 제한받지 않는 이점이 있다. 시설양묘는 주로 핀란드, 노르웨이, 스웨덴 등의 북유럽국가와 캐나다에서 시작하였는데 이들 고위도지역에서는 수목의 생육기간이 짧아 양묘기간이 길어지게 되어 이 기간을 단축하기 위하여 실시하게 되었다. 선진 입업국에서는 시설양묘생산이 일반화되어 있다. 현재 캐나다의 경우 시설양묘가 45%를 차지하고 있을 정도이다. 그러나 현재 우리 나라는 일반 노지에서 묘목을 생산하고 있는데 양묘과정 대부분의 작업을 인력에 의존하므로 노동력 부족 등 여러 가지 문제점이 있다. 따라서 노동력투입을 최소화하고 단기간에 우량 건전묘를 생산할 수 있는 시설양묘법의 개발·확립이 필요하다.

이와 같은 시설양묘는 노지양묘와는 달리 묘목의 생육환경제어가 가장 중요한 요소 중 하나이다. 따라서 소비자가 필요로 하는 묘목의 생산을 위해서는 용기의 종류, 토양의 선택, 파종방법 및 시비체계 등 합리적인 생산체계의 수립과 함께 수분, 광도, 광주기, 온도 조절 등의 재배환경의 조절을 필수로 한다.

2. 연구 목적

식물생육에 필요한 여러 환경요소 중 빛, 온도 및 수분은 가장 중요한 기본 요소들이다. 시설양묘시에서도 용기내에서 자라는 묘목의 성장촉진을 위해서는 이들 요소들의 적절한 제어가 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 효과적인 시설양묘체계 수립의 일환으로 이러한 요소들의 적정관리 기술 개발을 연구 목적으로 삼아 각각의 환경요소들에 대한 탐색을 연차적으로 수행하였다. 따라서 본 연구는 우리나라 실정에서 도입이 요망되고 있는 임업 시설양묘 분야에서 우리의 실정에 적합한 생육환경 관리기술 개발을 추구하고자 실시되었다.

제 2절 연구내용 및 방법

1. 묘목생육 적정 광도 구명

가. 공시수종

- 1) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)
- 2) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)
- 3) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

나. 처리내용 및 방법

1996년 3월 12일 피트모스와 펄라이트를 1:1(v:v) 비율로 혼합한 배양토를 담은 플라스틱 포트(25×25×120mm:소나무·낙엽송용, 40×40×150mm:자작나무용)에 파종하였다. 관수는 주 2~3회 충분한 양을 공급하였으며 유묘 발아 1개월후부터 하이포넥스 4000배액을 주 2회 시비하였다.

시설내 광주기는 16시간의 장일조건으로 조절하였으며 종자파종 일 이후 일장을 대조구로 하여 부족한 일장을 고압나트륨등을 보조 광원으로 하여 광원으로부터의 거리에 따라 2.4, 6.0, 59.7, 119.3, 238.6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (200, 500, 5000, 10000, 20000Lux)의 5처리구와 비닐차광에 의한 무처리구 등 6처리로 설정하였다. 추가 광처리는 해뜨기 전에 실시하였으며 처리시각은 매달 1일과 15일의 일출, 일몰시간을 기준으로 조정하였다.

2. 적정 광주기 구명

가. 공시수종

- 1) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)
- 2) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)
- 3) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

나. 처리내용 및 방법

1997년 4월 11일 1차년도와 같은 공시수종을 파종하였으며, 같은 방법으로 관리하였다. 시설내 광주기는 무처리(자연일장), 14시간, 16시간, 18시간 및 NI(night interruption) 1시간 등 5처리구로 설계하였다. 종자파종일 이후 자연일장을 대조구로 하여 부족한 일장을 장미전구 1개와 백열등 1개를 보조광원($6.0\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)으로 하여 처리하였다. 시설내 처리구사이의 광 간섭은 광차단 100% 비닐을 이용하여 차단하였으며 추가광 처리는 해뜨기 전에 실시하였고 처리 시각은 매달 1일과 15일의 일출, 일몰시간을 기준으로 조정하였다. NI처리는 오전 1~2시 사이에 실시하였으며, 14시간 처리구의 경우 초과되는 자연일장은 상기 광차단비닐을 이용 차단하여 늘 14시간의 일장이 유지되도록 하였다. 내부온도는 난방이 필요할 때까지 경유 온풍기를 이용하여 25°C로 유지하였다.

3. 겨울철 시설양묘시 야간 적정 최저온도 및 여름철 주간 적정 최고온도 구명

가. 공시수종

1) 겨울철 시설양묘시 야간 적정 최저온도 구명

가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

나) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

2) 여름철 시설양묘시 주간 적정 최고온도 구명

가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

나) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)

다) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara).

나. 처리내용 및 방법

1) 겨울철 시설양묘시 야간 적정 최저온도 구명

소나무 종자는 1월 20일, 2.5cm×2.5cm×12cm 크기의 포트에, 자작나무는 1월 26일, 4cm×4cm×15cm 포트에 파종하여 시설내 야간 최저온도가 5~8°C, 10~13°C, 15~18°C 되는 장소에 배치하였다. 각 장소의 주간온도는 동일하였으며 일장은 16시간으로, 장일처리시 추가 광도도 나트륨등을 이용 약 6.0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (1000Lux) 수준으로

동일하게 하였다.

2) 여름철 시설양묘시 주간 적정 최고온도 구명

소나무 종자는 5월 21일, 자작나무는 5월 14일, 낙엽송은 6월 18일 파종하여 시설내 주간최고온도가 30~35°C, 35~40°C 및 40°C 이상되는 장소에 배치하였다. 사용포트, 일장 및 장일처리시 추가광도는 위 실험과 동일하였다.

4. 겨울철 생육적정 최저온도와 장일처리 효과의 상호 작용 구명

가. 공시수종

1) 겨울철 생육적정 최저온도 구명 및 장일처리효과 구명

(가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

(나) 층층나무(*Cornus controversa* Hemsl)

2) 여름철 시설양묘시 적정 차광률 구명

(가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

3) 건조처리에 의한 세근발달촉진방법 개발

(가) 낙엽송(*Larix leptolepsis* Gord)

(나) 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth)

나. 처리내용 및 방법

1) 겨울철 생육적정 최저온도 구명 및 장일처리 효과

소나무 종자는 1월 14일, 층층나무는 1월 9일 파종하여 시설내 야간최저온도가 10°C와 15°C 되는 장소에 배치하였다. 각 장소의 주간온도는 동일하게 유지되었으며 일장은 각각의 온도처리구에 12시간과 16시간으로 설계하였다. 장일처리시 추가광도는 형광등과 백열등을 이용하여 약 $6.0\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (1000Lux) 수준으로 하였다.

2) 여름철 시설양묘시 적정 차광률 구명

소나무 종자는 4월 23일 파종하여 시설내 광도를 시설내 자연광의 100%, 75%, 50% 및 25%로 조절한 장소에 배치하였다.

3) 건조처리에 의한 세근발달촉진방법 개발

상수리나무 종자는 1월 26일, 4cm×4cm×10cm 크기의 플라스틱 포트에, 낙엽송은 6월 18일, 2.5cm×2.5cm×8cm 포트에 파종하였다. 생육과정중 건조처리가 세근발생을 촉진시키는지의 여부를 시험하기

위하여 상수리나무는 각각 생육 1개월째, 2개월째 및 3개월째 약 4 주간의 건조처리를 실시하였다. 생육 6개월후 묘목을 채집하여 각 부위별 생장을 조사하였으며 뿌리의 경우 직근과 세근을 분리하여 생장을 조사하였다. 낙엽송은 생육 1개월째, 2개월째, 및 3개월째 약 7~10일간의 건조처리를 실시하였다. 각각의 건조처리후에는 다시 충분한 관수처리를 계속적으로 실시하였다.

5. 여름철 활엽수(양수·음수) 적정 차광률 구명

가. 공시수종

- 1) 양수 활엽수 : 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)
- 2) 음수 활엽수 : 층층나무(*Cornus controversa* Hemsl.)
말채나무(*C. walteri* Wanger.)

나. 처리내용 및 방법

자작나무 종자는 4월 9일, 층층나무와 말채나무는 4월 16일 활엽 수용 plastic 포트(4cm × 4cm × 15cm)에 파종하여 시설내에 배치 하였다. 용토는 피트모스, 펄라이트 및 질석을 1:1:1(v/v)로 혼합하여 사용하였다. 적정 차광률 시험은 시설내 광도를 차광망을 이용하여 자연광의 100%, 75%, 50% 및 25%로 조절하여 실시하였다.

제3절 연구개발 결과

1. 묘목생육 적정 광도 구명

가. 발아율

공시 3수종의 발아율을 보면 첫째, 16시간의 장일처리와 대조구간의 발아율은 3수종 모두 차이가 없었으며 보조광의 광도차이에 따른 발아율 또한 차이가 없었다. 소나무와 낙엽송의 경우 파종 8일 후부터 발아가 시작되어 파종 10일째 발아최성기를 보였고 소나무는 90%이상의 발아율을, 낙엽송은 70%정도의 발아율을 기록하였다. 자작나무는 파종 7일후 발아가 시작되어 역시 10일경 발아가 가장 많이 되었으며 전체 발아율은 소나무, 낙엽송에 비해 낮아 10~15% 수준이었다. 공시 3수종 모두 파종 2주후 육안으로 건전하고 균일한 유묘를 포트당 1본씩 남기고 제거하였다.

나. 유묘생장

16시간의 장일조건을 유지하기 위하여 추가된 광도차이는 수고생장, 근원경생장 및 biomass생산 등 유묘의 초기생장에 영향을 미친 것으로 조사되었다(그림 2-1, 표 2-1, 표 2-2).

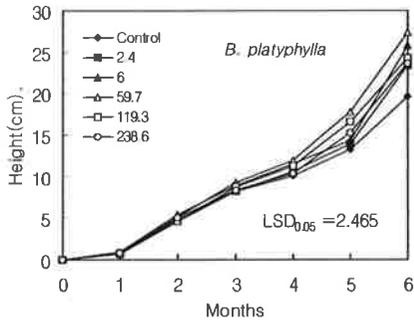
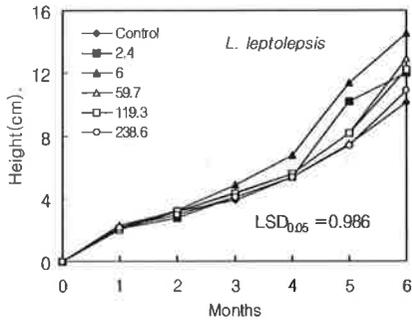
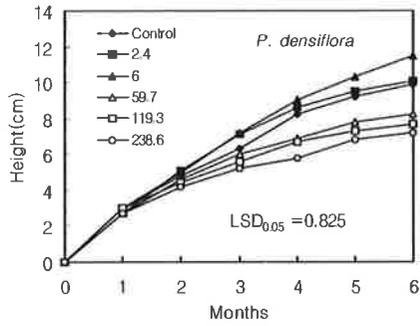


그림 2-1. 16시간 일장처리를 위한 보조광의 광도에 따른 수고생장
(LSD_{0.05}는 5개월째 평균에 대한 값임)

표 2-1. 16시간 일장처리를 위한 보조광의 광도에 따른 근원경생장* (단위:mm)

광 도 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	소 나 무	낙 엽 송	자 작 나 무
무 처 리	0.87	0.73	1.38
2.4	0.91	0.76	1.40
6.0	0.94	0.77	1.43
59.7	0.90	0.76	1.49
119.3	0.91	0.79	1.54
238.6	0.99	0.85	1.59

*근원경생장은 생육 3개월 후의 측정치임

표 2-2. 16시간 일장처리를 위한 보조광의 광도에 따른 건중량 및 T/R 율* (단위:g)

광 도 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	소 나 무			낙 엽 송			자 작 나 무		
	지상부	지하부	T/R율	지상부	지하부	T/R율	지상부	지하부	T/R율
무처리	0.075	0.023	3.26	0.044	0.015	2.93	0.127	0.051	2.49
2.4	0.081	0.030	2.70	0.047	0.019	2.47	0.128	0.064	2.00
6.0	0.084	0.035	2.40	0.044	0.019	2.32	0.142	0.067	2.12
59.7	0.087	0.035	2.49	0.042	0.022	1.91	0.168	0.081	2.07
119.3	0.104	0.053	1.96	0.044	0.023	1.91	0.166	0.089	1.87
238.6	0.117	0.064	1.83	0.050	0.025	2.00	0.173	0.109	1.59

*건중량은 생육 3개월 후의 측정치임

1) 소나무

수고생장은 6개월의 생육기간을 통하여 추가광 $6.0\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 처리구에서 상대적으로 좋은 생장을 나타내었으며, 그 이상의 높은 광처리구에서는 대조구보다 다소 낮은 생장을 보였다. 6개월후의 수고생장을 보면 $238.6\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 구에서는 7.2cm로 대조구의 9.9cm보다 낮았으며 $6.0\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 구에서는 11.5cm를 기록하였다. 반면에 수고생장과는 달리 근원경생장은 모든 처리구에서 대조구에 비해 높은 생장을 보여, 3개월의 생육후 $238.6\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 처리구에서는 0.99mm로 가장 높았으며 $6.0\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 구에서는 0.94mm로 그다음 순이었다. 한편 건중량은 광도가 높아질수록 지상부 및 지하부 모두 건중량이 뚜렷이 증가하였고 T/R율은 낮아졌다. 특히 $119.3\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, $238.6\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 등의 고광도 처리구에서는 지하부 건중량이 무처리 또는 $2.4\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 와 같은 저광도 처리구에 비해 2~3배 이상으로 높았다.

2) 낙엽송

낙엽송 역시 $6.0\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 구에서 가장 높은 수고생장을 보였으며 그 이상의 처리구에서는 광도가 높아질수록 수고생장이 감소하는 경향을 보였지만 대조구보다는 높은 생장을 나타내었다. 근원경생장은 처리광도가 높아질수록 생장이 좋은 것으로 나타나 $238.6\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 구에서는 0.85cm를 기록하였다. 지상부 건중량은 $238.6\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 구를 제외하고는 비슷한 결과를 보였지만 지하부의 경우는 처리광도가 높아질수록 뚜렷이 증가하여 뿌리발달이 활발하였음을 보여주

었다. 따라서 T/R율도 광도에 따라 큰 영향을 받아 무처리구의 경우는 2.93을, 238.6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 구에서는 2.0을 나타내었다.

3) 자작나무

자작나무의 수고생장은 소나무, 낙엽송과 달리 59.7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 구에서 가장 높은 생장을 하였으며, 다른 광처리구에서는 대조구와 비교하여서는 뚜렷한 차이를 보였으나 각 처리구사이에서는 그 차이가 크지 않았다. 근원경생장은 낙엽송과 마찬가지로 처리광도가 높아질수록 좋은 생장을 나타내었다. 지상부 건중량은 2.4 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 구는 대조구와 비슷한 결과를 보였지만 그 이상의 광처리구에서는 광도가 높아질수록 뚜렷이 증가하였고 지하부의 경우도 같은 경향을 보였다. 238.6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 구에서는 지하부 건중량이 무처리구에 비해 건중량이 2배 높았다. T/R율도 대체로 광도가 높아질수록 낮아지는 경향이였다.

소나무, 낙엽송, 자작나무 종자의 발아율은 본 실험의 결과를 볼 때 일장 및 장일처리를 위한 추가광의 광도차이에 영향을 받지 않았으며, 처리구별로 비슷한 발아율을 기록하였다. 이러한 결과는 공시종자의 높은 충실율과 수목종자의 발아에 광도 또는 광주기 차이가 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

6개월 동안의 소나무와 낙엽송 수고생장은 6.0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 구에서 가장 좋은 생장을 보였으며 자작나무의 경우는 59.7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 구에서 가장 좋은 생장을 보였다. 자작나무의 수고생장은 발아후 12개월의 생육초기에는 처리광도에 큰 영향을 받지 않은 것으로 나타났으

나 4개월 이후의 처리광도별 성장차이를 고려하면 초기의 광처리 효과가 조금 늦게 나타난 것으로 사료된다. 두 침엽수의 수고성장 양상을 보면 소나무는 초기 1~3개월 사이에 생장이 빠른 반면 4개월 이후 생장율이 다소 둔화되었고, 낙엽송은 반대로 초기생장은 소나무에 비해 느렸으나 실험 후반부의 생장이 빠른 것으로 나타났다. 이러한 성장양상은 광처리구에 크게 관계없이 개체 수종간의 성장양식 차이에 따른 결과로 보여진다. 한편 소나무의 경우 추가되는 광의 광도가 높아질수록 수고생장이 현저히 감소되었는데 이는 고광도에 의한 수고성장 억제효과에 의한 것으로 해석된다.

비록 상대적으로 낮은 광처리구인 $6.0\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 구에서 모든 수종의 수고생장은 높게 나타났으나 유묘의 근원경생장 및 지상부, 지하부 건중량은 더 높은 광처리구에서 높았다. 특히 소나무의 경우 광도가 높아질수록 건중량도 현저히 증가하였고 $238.6\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 구의 경우 지하부 건중량은 대조구에 비해 거의 3배에 이르렀다. 낙엽송의 경우도 약 1.7배, 자작나무는 2배를 기록하여 고광도 조건에서 뿌리발달이 촉진되었음을 보여주었다. 한편 공시 3수종의 T/R율이 처리광도가 높아질수록 낮아져서 건전한 묘목으로 성장하는 것을 알 수 있다. 그러나 높은 광도에서 건중량이 높고 T/R율이 낮은 건전한 묘목이 생산된다고 하더라도 본 실험에서와 같은 상대적으로 낮은 저광도 처리구의 성장과 비교해 볼 때 수고성장량이 현저히 작아 양묘기간 단축효과에는 다소 미흡한 것으로 사료된다. 따라서 장일처리에 따른 추가광의 필요시 $6.0\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ 정도의 저광도에서 양묘할 경우 본 실험의 결과와 같이 비록 고광도처리에서보다 T/R율은 높지만 2.0~2.5의 범위로 일반 노지에서 생산되는 우량묘목의 범위에 포함되므로 이 수준의 광도로도 일장처리효과가 충분하리라 사료

된다. 또한 고광도처리를 위한 여러 개의 고압나트륨등 설치, 유지와 같은 고비용의 관리가 필요하므로 경제적으로도 큰 부담이 될 수 있다.

2. 묘목생육 적정 광주기 구명

가. 수고생장

광주기는 5개월의 실험기간을 통하여 공시 3수종 모두의 수고생장에 영향을 미쳤는데 일장이 길어질수록 생장이 좋았으며 특히, 자작나무의 경우 다른 두 수종에 비해 그 효과가 뚜렷하였다(그림 2-2). 소나무와 자작나무를 보면 18시간 처리구에서 각각 7.9cm, 11.2cm로 가장 높은 생장을 보였고 16시간, NI순으로 생장이 양호하였다. 14시간의 처리구에서는 각각 5.6cm, 6.1cm의 생장을 보여 대조구의 6.1cm, 6.5cm 보다 다소 작은 수고생장을 기록하였다. 낙엽송의 수고생장은 소나무와 자작나무와는 달리 16시간의 처리구에서 8.7cm로 가장 좋은 생장을 보였고 18시간과 NI구에서는 16시간구에서 보다는 다소 낮은 생장을 보였지만 대조구와 14시간구에 비해서는 현저한 성장차이를 나타내었다.

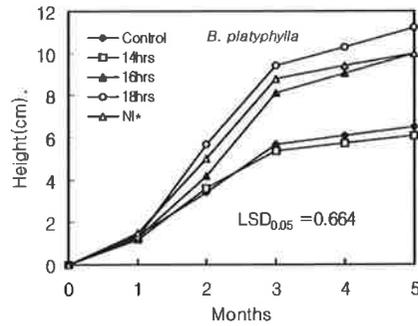
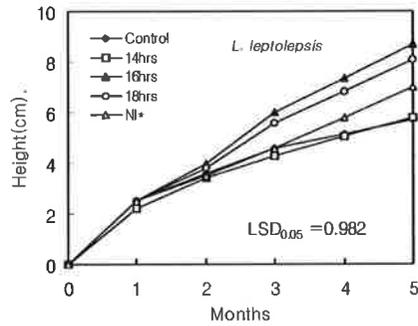
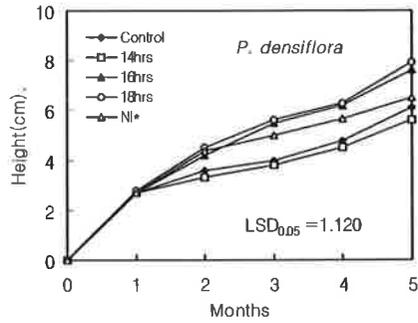


그림 2-2. 일장시간별 수고생장
(LSD_{0.05}는 5개월째 평균에 대한 값임)

나. 근원경생장

광주기 차이에 따른 유묘의 근원경생장은 수고생장과는 조금 다른 양상을 보였다(표 2-3). 생육 5개월 후의 근원경을 보면 소나무의 경우 수고생장과 마찬가지로 18시간의 처리구에서 1.26mm로 가장 좋은 생장이었고 16시간, NI 순으로 생장이 양호하였다. 14시간구에서는 1.13mm로 가장 낮은 생장이 관찰되었다. 낙엽송과 자작나무의 경우에는 일장에 따른 성장차이가 소나무보다 뚜렷하였는데 두 수종 모두 16시간 처리구에서 1.62mm, 2.7mm로 가장 높은 성장을 보였다. 낙엽송은 18시간, NI 순으로 생장이 좋았고 소나무와는 달리 14시간 처리구보다 대조구의 근원경생장이 1.04mm로 가장 낮았다. 자작나무의 경우는 18시간구에서의 생장이 NI구에서보다 작은 2.4mm로 대조구와 비슷한 결과를 나타내었다.

표 2-3. 일장시간별 근원경생장* (단위: mm)

시 간 (hrs)	소 나 무	낙 엽 송	자 작 나 무
무 처 리	1.18	1.04	2.40
14	1.13	1.17	2.30
16	1.19	1.62	2.70
18	1.26	1.44	2.40
NI**	1.20	1.34	2.60

*근원경생장은 생육 5개월 후의 측정치임

**NI: One hour of night interruption between 1 and 2 a.m.

다. 건중량 및 T/R율

유묘의 건중량에서도 수고생장, 근원경생장과 마찬가지로 장일처리효과가 관찰되었다(표 2-4). 공시 3수종 모두 장일처리에 의하여 유묘의 지상부 및 지하부 건중량이 증가한 것으로 나타났는데 소나무, 낙엽송의 경우 지상부, 지하부 모두 16시간처리구에서 가장 높은 건중량을 보였다. 특히, 낙엽송은 16시간구의 지하부 건중량이 대조구 또는 14시간 처리구에 비해 2배 이상의 생장을 보여 장일효과가 큰 것으로 나타났다. 한편 낙엽송 대조구와 14시간 처리구의 지상부, 지하부 건중량은 서로 비슷한 결과를 보였으며 소나무의 경우 14시간구보다 대조구에서 조금 높은 경향을 보였다. 자작나무에서는 소나무, 낙엽송과 달리 본 실험 처리중 가장 긴 18시간구에서 지상부 및 지하부 건중량이 다른 구에 비해 뚜렷이 높았다. 그다음은 NI, 16시간 순으로 건중량이 높았으며 대조구와 14시간 처리구는 서로 비슷한 결과를 기록하였다.

T/R율은 소나무는 18시간, 16시간구에서 각각 2.17, 2.19로, 낙엽송은 2.37, 2.28로 서로 비슷하였으며, 다른 처리구에서 소나무는 2.9~3.1 수준을, 낙엽송은 2.6~3.2 수준을 나타내었다. 자작나무는 다른 두 수종과는 다소 특이한 결과를 보였는데 전처리구를 통하여 비슷한 수준인 1.7~1.9를 기록하였다.

표 2-4. 일장시간별 건중량* 및 T/R율

(단위:g)

시 간 (hrs)	소 나 무			낙엽송			자 작 나 무		
	지상부	지하부	T/R율	지상부	지하부	T/R율	지상부	지하부	T/R율
무처리	0.126	0.042	3.00	0.081	0.028	2.89	0.226	0.123	1.84
14	0.114	0.037	3.08	0.083	0.026	3.19	0.232	0.128	1.81
16	0.160	0.073	2.19	0.137	0.060	2.28	0.276	0.156	1.77
18	0.154	0.071	2.17	0.116	0.049	2.37	0.369	0.188	1.96
NI**	0.131	0.045	2.91	0.093	0.035	2.66	0.309	0.164	1.88

* 건중량은 생육 5개월 후의 측정치임

** NI: One hour of night interruption between 1 and 2 a.m.

소나무, 낙엽송, 자작나무 유묘의 일장처리는 그들의 수고생장, 근원경생장 및 건중량에 영향을 미쳤다. 본 실험의 5가지 일장처리 중 16시간, 18시간, NI처리와 같은 장일처리는 대조구와 14시간 처리구에 비해 모든 생장 측정치에서 높게 나타났다. 한편 14시간 처리구에서는 때로 대조구보다 낮은 생장을 보였는데 이는 본 실험의 생육기간인 5~7월의 우리나라 일장이 14시간 이상되어 대조구가 오히려 더 많은 햇빛을 받은 결과로 보인다.

수고생장의 경우 장일효과가 3수종 모두에서 뚜렷이 나타났는데 소나무와 자작나무는 18시간 처리구에서, 낙엽송은 16시간구에서 그 효과가 높았다. 한편 생육단계별 수고생장 양상을 보면, 소나무와 자작나무는 장일처리효과가 생육기간 전반에 걸쳐 나타났고 낙엽송은 생육초 1~2개월에서는 장일처리효과가 소나무에 비해 적게 나타난 것으로 사료된다. 소나무에서의 근원경생장은 장일처리구에서 다

소 높았으나 각 처리구별로 큰 차이는 없었고 낙엽송의 경우는 보다 큰 차이가 나타났다. 반면 자작나무에서는 가장 높은 수고생장을 보인 18시간 처리구에서 대조구와 비슷한 낮은 생장을 보여 장일처리가 수고생장에 더 큰 영향을 미친 것으로 사료된다.

장일처리의 효과는 묘목의 건중량에서도 뚜렷하게 나타났는데 유묘의 지상부 및 지하부 모두에서 일정하게 건중량이 증가하였다. 이러한 결과는 긴 일장조건에서 빠르게 성장한 결과가 많은 건중량 생산으로 나타난 것으로 보인다. 소나무와 낙엽송의 경우 장일조건하에서 2.1~2.4 수준의 T/R율을 보여, 장일조건은 낮은 T/R율과 높은 수고 및 근원경생장을 가진 건전한 묘목을 생산하는 것으로 사료된다.

자연일장의 대조구에 추가된 NI처리는 대조구 및 14시간 처리구에 비해 유묘의 높은 생장 등 뚜렷한 장일효과를 보였으나 16시간 또는 18시간의 장일조건 보다는 전체적으로 다소 낮은 생장효과를 나타내었다.

3. 겨울철 시설양묘시 야간 최저온도 및 여름철 주간 적정 최고온도 구명

가. 겨울철 시설양묘시 야간 적정 최저온도 구명

1) 시설내 겨울철 야간 최저온도 변화

과종일(1월 20일) 이후 시설내 겨울철 최저온도변화를 보면, 1월~3월까지의 실험설계대로 최저온도체계(5~8°C, 10~13°C, 15~18°C)를 유지시켰고 4월 6일 이후에는 자연 야간최저온도의 상승으로 상기 온도체계가 유지되지 않았다. 따라서 발아최성기후 약 8주까지는 실험계획 온도에서 생육하였으며 4월 6일 이후에는 동일한 온도조건(야간최저온도 15°C 이상)에서 생육하였다.

2) 소나무, 자작나무의 수고생장

시설내 겨울철 야간최저온도에 따른 소나무의 생장을 보면, 야간 최저온도 15~18°C에서는 소나무 1차엽 발생이 5~8°C의 소나무보다 3~4일 정도 빨리 발생하였으며, 5~8°C와 10~13°C의 소나무 사이에서 발생하는 시기에 큰 차이가 없었다.

소나무의 수고생장 양상을 보면, 10~13°C와 15~18°C사이에서는 최저온도 처리시험 시기인 생육 8주(↓)까지, 또한 그후 12주까지 큰 차이가 나타나지 않았으나 생육 12주후부터 다소 생육차이가 관찰되었다(그림 2-3). 5~8°C의 소나무는 10~13°C와 15~18°C에서의 소나무보다 최저온도 처리시험 시기인 생육 8주까지 생육차이가 컸

으며, 그 차이가 실험기간 내내 유지되다가 생육 16주에 이르러 그 차이가 감소되었다.

한편, 자작나무의 수고생장을 보면, 8주까지의 생육초기에는 처리온도사이에 따른 수고생장 차이가 크지 않았으나 최저온도 처리시험 시기(↓) 이후부터 상대적으로 고온인 15~18°C에서 생육한 자작나무의 수고생장이 5~8°C와 10~13°C에서 생육한 자작나무보다 뚜렷하게 빠른 성장을 보였다.

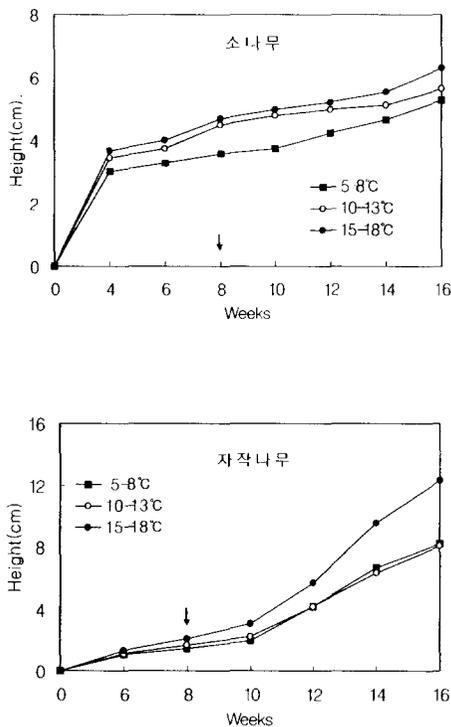


그림 2-3. 겨울철 야간 최저온도처리에 따른 소나무와 자작나무의 수고생장

* ↓는 최저온도처리가 끝난 시점을 가리킴(4월 6일)

3) 소나무, 자작나무의 근원경생장

겨울철 최저온도 처리기간인 8주까지의 근원경생장을 보면, 소나무는 15~18°C에서 다소 생장이 좋았으나 처리온도사이에 큰 차이는 없었고 자작나무에서는 15~18°C에서의 근원경이 1.31mm로 각각 1.13mm, 1.07mm를 기록한 10~13°C, 5~8°C보다 뚜렷한 성장차이가 있었다(그림 2-4).

최저온도 처리기간 이후 생육 16주의 근원경생장을 비교해 보면 소나무의 경우 15~18°C에서는 1.33mm, 10~13°C와 5~8°C에서는 각각 1.21mm와 1.10mm의 근원경생장을 보여 성장차이가 뚜렷하였다. 자작나무의 경우에는 5~8°C와 10~13°C에서는 비슷한 생장을 보였으며 15~18°C에서는 2.68mm로 8주간의 성장에서보다 더욱 뚜렷한 성장차이를 나타내었다.

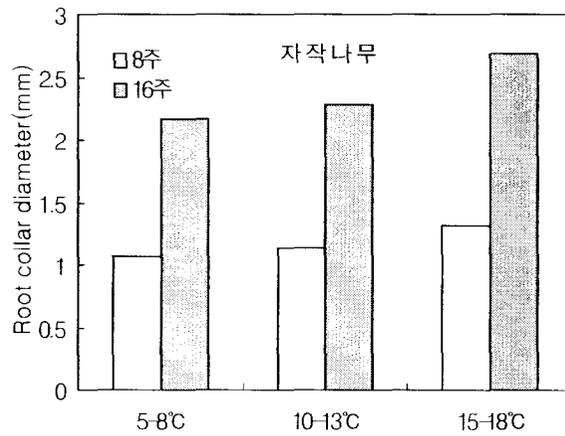
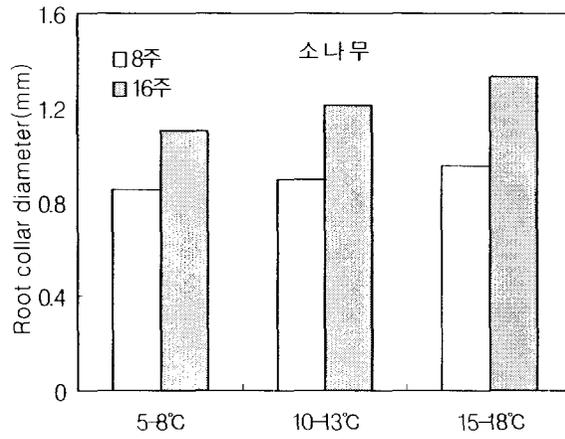


그림 2-4. 겨울철 야간 최저온도처리에 따른 소나무, 자작나무의 근원경생장

4) 소나무, 자작나무의 건중량과 T/R율

겨울철 최저온도 처리기간 8주 동안의 건중량을 보면 소나무와 자작나무 2수종 모두에서 야간 최저온도가 상대적으로 높았을 때 건중량이 증가하였다(표 2-5). 이러한 양상은 지하부 건중량에서보다 지상부 건중량에서 뚜렷하였으며 특히 소나무 지상부에서 그 차이가 뚜렷하게 컸다. 소나무의 경우 10~13°C와 5~8°C에서 지하부 건중량은 큰 차이가 없었으나 지상부 건중량은 10~13°C에서 5~8°C에서보다 약 2배 정도로 높았다. 자작나무는 같은 기간에서, 온도차이에 따른 수고와 근원경생장 차이가 크지 않았으나 건중량에서는 차이가 현저하였다.

16주후의 소나무의 건중량은 5~8°C와 10~13°C에서는 차이가 별로 없었으며 15~18°C에서는 낮은 야간최저 온도에서보다는 큰 차이를 보여 지상부와 지하부에서 높은 건중량을 보였다. 자작나무는 처리간에 수고, 근원경생장에서의 큰 차이만큼 건중량에서도 그 차이가 뚜렷하게 관찰되었다.

생육 8주후의 T/R율을 보면 5~8°C의 소나무, 자작나무의 경우 T/R율은 1.36과 1.77로 지하부 생장에 비해 지상부 생장이 적은 것으로 나타났으며, 10~13°C와 15~18°C에서 소나무는 각각 2.46과 2.39를, 자작나무는 2.09와 2.20을 나타내었다.

16주후의 T/R율은 10~13°C와 5~8°C에서의 소나무를 보면 1.73와 1.74로 비슷하였으며 야간최저 온도처리에 대해 지상부 생장이 지하부 생장보다 더 영향을 받은 것으로 보인다. 자작나무는 수고, 근원경생장, 건중량과는 달리 1.94~2.12의 비슷한 결과를 나타내었다.

표 2-5. 겨울철 야간 최저온도처리에 따른 소나무, 자작나무의
건중량과 T/R율

수종	야간 최저온도 (°C)	8주후의 건중량(g)			16주후의 건중량(g)		
		지상부	지하부	T/R율	지상부	지하부	T/R율
소나무	5~8	0.0565	0.0415	1.36	0.1302	0.0748	1.74
	10~13	0.1089	0.0442	2.46	0.1351	0.0784	1.73
	15~18	0.1439	0.0602	2.39	0.2023	0.0993	2.05
자작나무	5~8	0.0246	0.0139	1.77	0.2494	0.1305	1.94
	10~13	0.0347	0.0167	2.09	0.2912	0.1382	2.12
	15~18	0.0513	0.0233	2.20	0.4340	0.2205	2.00

나. 여름철 시설양묘시 주간 적정 최고온도 구명 실험

1) 소나무, 자작나무, 낙엽송의 수고생장

여름철 시설내 고온에 대한 수고생장반응은 시험 수종에 따라 그 양상이 다르게 나타났는데, 소나무의 경우 생육 8주까지는 처리 온도에 따른 생장차이가 크지 않았으나 그 이후부터는 생장차이가 나타나 최고온도 40°C 이상 처리구에서는 30~35°C와 35~40°C의 두 처리구에 비해 수고생장이 작았다(그림 2-5). 생육 16주후의 수고생장은 30~35°C > 35~40°C > 40°C 이상 순으로 나타나 고온에 의해 수고생장이 억제된 것으로 보인다.

자작나무는 소나무와 다른 양상을 보였는데 30~35°C 처리구에서

는 다른 두 처리구에 비해 상대적으로 빠른 성장을 보인 반면 35~40°C와 40°C 이상 처리구에서는 16주간의 생육기간을 통하여 비슷한 성장모습이 관찰되었다.

한편 낙엽송은 3 종류의 처리구간에 뚜렷한 수고성장 차이없이 비슷한 성장 결과를 나타내었다.

2) 소나무, 자작나무, 낙엽송의 근원경성장

생육 10주까지의 근원경생장을 보면 소나무의 경우 큰 차이는 없으나 35~40°C에서 다소 높은 성장을 기록하였고 40°C 이상에서 가장 낮은 성장을 보였다(그림 2-6). 반면 16주후에는 30~35°C에서 1.33mm를 35~40°C에서 1.22mm, 40°C 이상에서 1.1mm를 기록하여 수고생장과 마찬가지로 고온에서 근원경성장 억제 효과가 관찰되었다.

자작나무의 경우 생육 10주후의 근원경생장은 처리구간에 큰 차이가 없었으며 16주후에도 30~35°C에서 다소 높은 성장을 보였으나 소나무와 비교해 볼 때 처리구간의 성장 차이가 적었다.

낙엽송의 생육 12주를 보면 근원경생장은 35~40°C > 30~35°C > 40°C 이상 처리구 순으로 나타났으나 그 차이가 적었다.

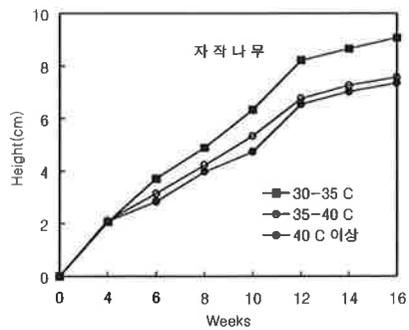
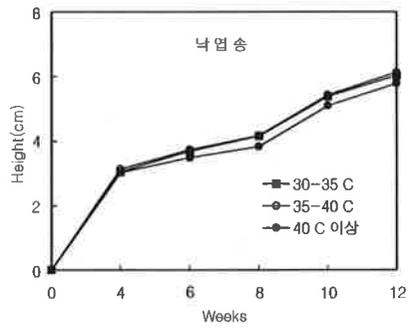
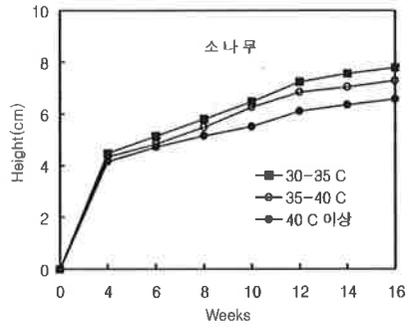


그림 2-5. 여름철 주간 최고온도처리에 따른 소나무, 낙엽송, 자작나무의 수고생장

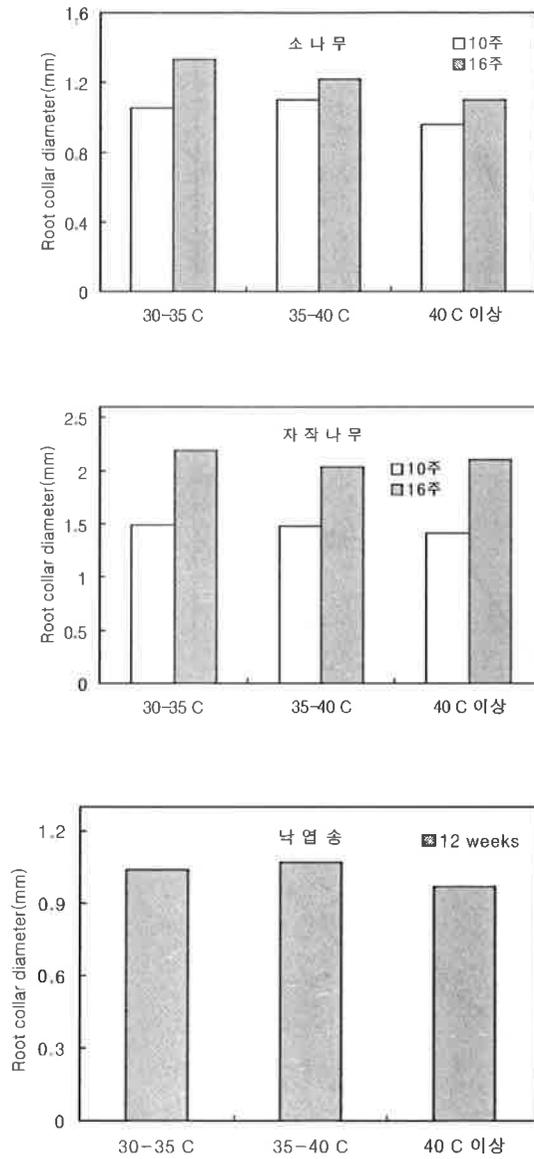


그림 2-6. 여름철 주간 최고온도처리에 따른 소나무, 자작나무, 낙엽송의 근원경생장

3) 소나무, 자작나무, 낙엽송의 건중량과 T/R율

여름철 시설내 최고온도 처리에 따른 시험 3수종의 건중량을 보면, 우선 생육 10주후의 소나무 지상부 건중량은 30~35°C 처리에서 가장 높은 건중량을 나타내었고 다른 2 처리사이에서는 건중량 차이가 없었다(표 2-6). 고온처리에 의해 지하부 건중량 차이가 지상부보다 크게 나타났다. 16주후의 건중량은 지상부, 지하부 모두 처리온도에 따른 차이가 10주후보다 현저하였다. 소나무의 T/R율은 처리온도가 높을수록 높았는데 고온에 의한 지하부의 성장감소가 지상부의 성장감소보다 더 컸기 때문으로 사료된다.

자작나무는 소나무의 건물생산은 다른 양상을 보였는데 생육 10주후의 지상부 건중량 차이는 처리구간에 나타났으나 지하부에서는 나타나지 않았다. 반면 생육 16주후에는 지하부에서도 건중량 차이가 관찰되었으나 지상부 또는 소나무의 경우보다는 그 차이가 적었다. 자작나무의 T/R율을 보면 생육 10주후에는 상대적 고온처리구에서 높게 나타났으며 16주후에는 35~40°C > 30~35°C > 40°C 이상 처리 순으로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 고온에 대한 자작나무의 성장반응은 지상부가 지하부보다 더 큰 영향을 받는 것으로 보인다.

한편 생육 12주후의 낙엽송 건중량은 지상부, 지하부 모두 40°C 이상 처리구에서 가장 낮은 건중량을 보였으나 그 차이는 크지 않았으며, T/R율도 처리구중 가장 높은 2.29를 기록하였다(표 2-7).

표 2-6. 여름철 주간 최고온도처리에 따른 소나무, 자작나무의
건증량과 T/R율

수종	주간 최고온도 (°C)	10주후의 건증량(g)			16주후의 건증량(g)		
		지상부	지하부	T/R율	지상부	지하부	T/R율
소나무	30~35	0.0938	0.0354	2.72	0.1987	0.0859	2.36
	35~40	0.0837	0.0287	3.01	0.1850	0.0740	2.55
	40 이상	0.0838	0.0266	3.17	0.1605	0.0584	2.81
자작나무	30~35	0.1460	0.0400	3.20	0.2606	0.1081	2.42
	35~40	0.1330	0.0408	3.26	0.2412	0.0918	2.64
	40 이상	0.1164	0.0400	2.98	0.2083	0.0886	2.36

표 2-7. 여름철 주간 최고온도처리에 따른 낙엽송의 건증량과 T/R율

주간최고온도 (°C)	12주후의 건증량(g)		
	지상부	지하부	T/R율
30~35	0.0751	0.0351	2.14
35~40	0.0728	0.0335	2.18
40 이상	0.0663	0.0293	2.29

4. 겨울철 생육적정 최저온도와 장일처리효과 구명

가. 시설내 겨울철 야간최저온도 변화

파종일(소나무 : 1월 14일, 층층나무 ; 1월 9일) 이후 겨울철 시설내 최저온도변화를 보면, 1월~3월까지의 실험설계대로 최저온도 체계 10°C와 15°C를 유지시켰고 4월 15일 이후에는 자연 야간최저온도의 상승으로 상기온도체계가 유지되지 않았다. 따라서 발아최성기 후 약 10주까지는 실험계획 온도에서 생육하였으며 4월 15일 이후에는 동일한 온도조건(야간최저온도 15°C 이상)과 자연 일장조건에서 생육하였다.

1) 소나무, 층층나무의 수고생장

겨울철 시설내 야간최저온도와 장일처리에 따른 소나무의 수고생장을 보면 15°C에서 일장 16시간 처리구에서 가장 좋은 생장을 보였으며 15°C에서 일장 12시간과 10°C의 일장 16시간에서는 서로 생장 차이가 나타나지 않았다(그림 2-7). 최저온도 처리시험 시기인 생육 10주(↓)까지, 또한 그후 16주까지 처리별 생장 양상은 비슷하였다.

한편, 층층나무의 수고생장을 보면 10주까지의 생육초기에는 처리온도와 일장 차이에 따른 수고생장 차이가 크지 않았으나 소나무와는 달리 최저온도 처리시험 시기(↓) 이후부터는 빠른 생장을 보였다. 처리구별 생장을 보면 상대적으로 고온인 15°C의 16시간 일장에서 자란 묘목이 다른 처리구에서 보다 빠른 생장을 보였으며 15°C에서 12시간, 10°C 16시간의 순으로 생장이 양호하였다.

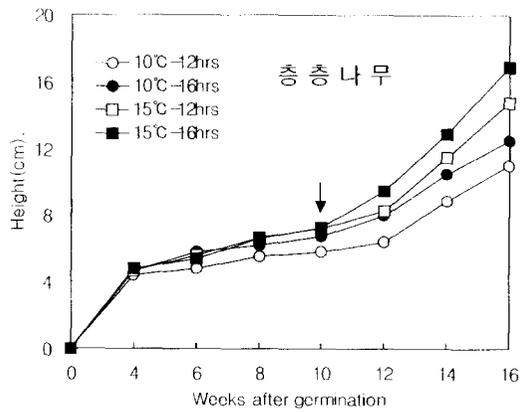
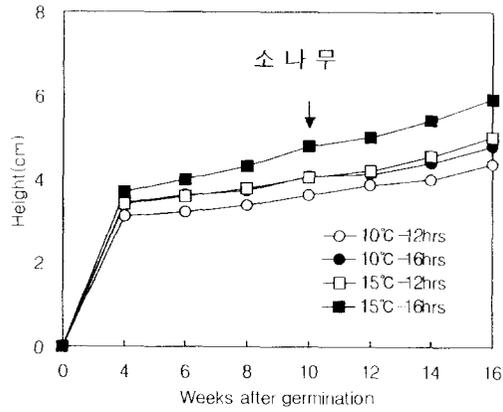


그림 2-7. 겨울철 최저온도처리와 장일처리에 따른 소나무
층층나무의 수고생장

* ↓는 최저온도처리가 끝난 시점을 가리킴(4월 15일)

2) 소나무, 층층나무의 근원경생장

겨울철 최저온도 처리기간 동안인 8주까지의 근원경생장을 보면, 소나무는 상대적 고온과 장일조건에서 다소 생장이 좋았으나 층층나무의 경우에는 낮은 생장을 보인 10°C의 12시간처리구를 제외하고는 처리구 사이에 비슷한 결과를 나타내었다(그림 2-8). 최저온도 처리기간 이후 생육 16주의 근원경생장을 비교해 보면 소나무의 경우에는 8주에서와 비슷한 양상이었으며, 층층나무의 경우에는 일장에 관계없이 10°C에서보다 15°C에서 다소 높은 생장을 보였다.

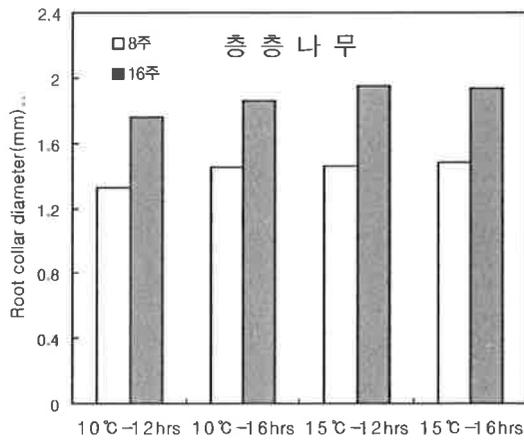
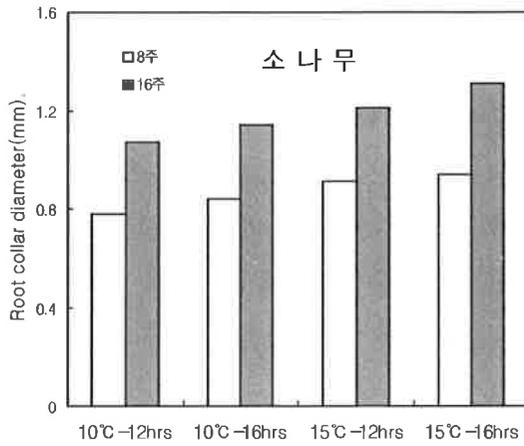


그림 2-8. 겨울철 최저온도처리와 장일처리에 따른 소나무, 층층나무의 근원경생장

3) 소나무, 층층나무의 건중량과 T/R율

소나무의 건중량은 생육 8주 후와 16주 후에서 모두 15°C의 16시간 일장에서 높은 건중량을 나타내었다(표 2-8). 한편 15°C 12시간 일장과 10°C 16시간 일장에서의 건중량을 비교해 보면 생육 8주 후와 16주 후에서 모두, 지상부의 경우에는 10°C 16시간에서, 지하부는 15°C 12시간에서 상대적으로 높은 생장을 보였다. T/R율의 경우 16주 생육 후 15°C 12시간 일장에서 2.05로 가장 낮은 값을 기록하였다.

층층나무의 경우에는 수고생장의 양상과 비슷하게 겨울철 최저온도 처리기간에서 보다 그 후의 생육기간의 건중량에서 차이가 많이 나타났다. 15°C 16시간 일장에서 가장 높은 건중량을 나타내었으며 10°C 12시간처리구에서 가장 낮은 값을 기록하였다. 15°C 12시간 일장과 10°C 16시간 일장에서의 건중량을 비교해 보면 지상부와 지하부 모두 측정시기에 관계없이 15°C 12시간 일장에서 높은 건중량을 기록하였으며 16주 후에는 보다 큰 차이로 15°C 12시간 일장에서 높은 건중량이 관찰되었다. T/R율의 경우 처리구 사이에 큰 차이없이 소나무에서 보다 낮은 값을 나타내어 8주 후에는 1.64~1.82를 16주 후에는 1.61~1.91의 값을 기록하였다.

표 2-8. 최저온도처리 및 장일처리에 따른 소나무, 층층나무의 건조량과 T/R율

수종	야간 최저온도 (°C)	일장 (hrs)	8주 후의 건조량(g)		16주 후의 건조량(g)			
			지상부	지하부	T/R율	지상부	지하부	T/R율
소나무	10	12	0.075	0.031	2.40	0.102	0.045	2.29
		16	0.131	0.047	2.72	0.169	0.067	2.54
	15	12	0.120	0.049	2.41	0.149	0.070	2.05
		16	0.143	0.052	2.68	0.205	0.089	2.24
층층나무	10	12	0.076	0.042	1.82	0.180	0.095	1.91
		16	0.099	0.058	1.70	0.244	0.144	1.67
	15	12	0.104	0.062	1.70	0.283	0.176	1.61
		16	0.107	0.065	1.64	0.360	0.202	1.79

나. 여름철 시설양묘시 적정 차광률 실험

1) 소나무의 수고생장과 근원경생장

여름철 맑은 날 시설내 자연광도는 $450 \sim 510 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (75,000 ~ 85,000Lux)로서 높은 광도와 고온에 의한 생장억제를 고려하여 생장에 지장을 주지 않는 효과적인 차광률을 탐구하고자 시설내 자연광을 대조구(100%), 75%, 50% 및 25%로 조절한 후 소나무의 수고생장과 근원경생장을 측정된 결과는 그림 2-9와 같다.

수고생장은 발아 6주 후부터 상대광도 25% 처리구(차광률 75%)에서 지속적으로 다른 처리구에 비해 높은 생장율을 기록하였으며, 대조구에서 가장 낮은 수고생장을 나타 내었는 데 이는 높은 광도에 의한 생장억제효과로 해석된다. 75%와 50% 처리구에서는 서로 비슷한 생장을 보였으나 75%구에서 다소 높은 생장을 보였다.

수고생장과는 반대로 생육 10주, 16주 후의 근원경생장은 대조구 >75%>50%>25% 순으로 높은 생장을 기록하였다.

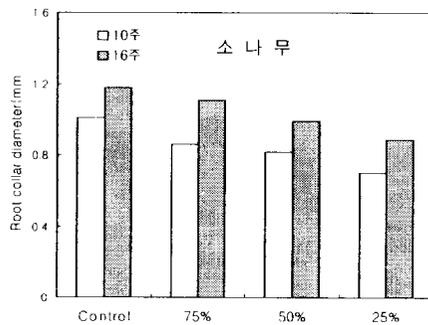
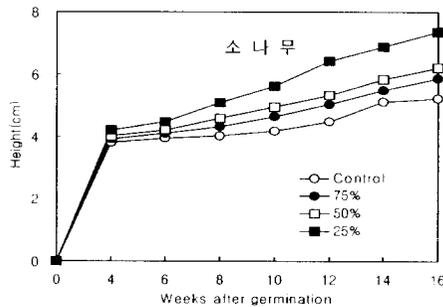


그림 2-9. 여름철 차광에 따른 소나무의 수고생장 및 근원경생장
(위 두 그래프에 표기된 %는 자연광에 대한 비율임)

2) 소나무의 건중량과 T/R율

여름철 차광처리 10주 후와 16주 후의 소나무 건중량을 보면 근원경생장과 마찬가지로 상대광도가 낮을수록(차광률이 높을수록) 건중량이 낮아졌다(표 2-9). 이러한 생장억제효과는 묘목의 지상부와 지하부 모두에서 관찰되었다. 생육 10주 후의 T/R율을 보면 대조구에서는 1.98, 상대광도 75%구(차광률 25%)에서는 2.39로 나타났으며 50%에서는 2.88, 25%에서는 4.88로 차광에 의한 생장억제가 지상부에서보다 지하부에서 더 크게 나타난 것으로 관찰되었다. 16주 후의 T/R율도 10주와 비슷한 결과를 보여, 차광률이 높을수록 수고생장은 좋았으나 낮은 근원경생장과 건중량을 고려할 때 소나무의 경우 자연광의 50%, 25%에서는 건실한 묘목으로 성장하지 못하는 것으로 사료된다.

표 2-9. 여름철 차광에 의한 소나무의 건중량과 T/R율

상대광도 (%)	10주 후의 건중량(g)			16주 후의 건중량(g)		
	지상부	지하부	T/R율	지상부	지하부	T/R율
100	0.134	0.068	1.98	0.192	0.1052	1.83
75	0.111	0.046	2.39	0.152	0.0759	2.03
50	0.094	0.033	2.88	0.134	0.0502	2.68
25	0.084	0.017	4.88	0.100	0.0250	4.10

3) 소나무 잎 엽록소 함량변화

차광에 의한 소나무 잎의 엽록소 함량은 상대광도가 낮아질수록 그 함량이 높아졌다(그림 2-10). 엽록소 a는 25%구에서 1.29mg/g fresh weight로 대조구 0.60mg/g fr. wt.에 비해 2배의 농도로 나타났으며 엽록소 b는 각각 0.31과 0.13으로 2.4배의 함량으로 나타났다. 전체 엽록소 함량도 상대광도가 낮아질수록 높게 나타났다.

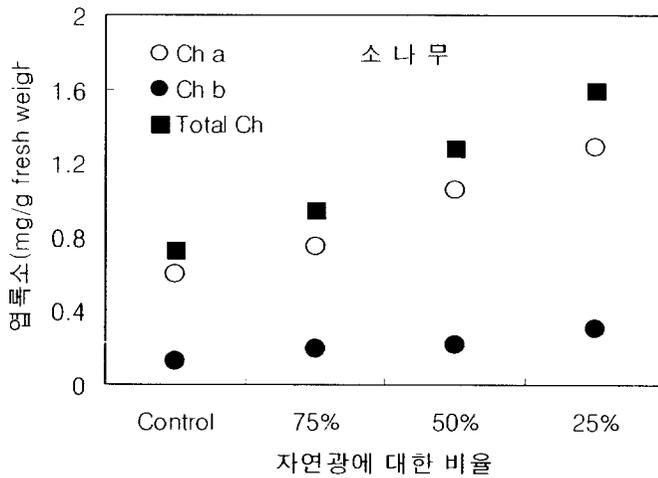


그림 2-10. 차광처리에 의한 소나무 잎 엽록소 함량변화

다. 건조처리에 의한 세근발생촉진방법 개발

1) 상수리나무

1월 26일 파종한 상수리종자는 2월 4일~2월 15일 사이에 대부분의 종자가 발아되었다. 세근발생촉진을 위한 상수리 묘목의 건조처리는 생육 1개월후, 2개월후 및 3개월후의 묘목을 대상으로 약 4주간의 건조처리를 실시하였는데, 건조처리 기간은 건조처리후 위조현상을 보이기 직전까지 주의깊게 관찰하면서 실시하였다. 시험초기에는 거의 4주 가까이 실시하였고, 자연적으로 온도가 높아져 가면서 건조처리 기간이 2~3일씩 앞당겨졌다. 건조처리가 끝난 묘목의 일부 앞에서 부분적인 갈변현상이 관찰되었다.

생육 6개월후의 수고생장을 보면, 생육 3개월후 건조처리구에서 높은 생장을 보였으나 처리구사이에 큰 차이는 없었다(표 2-10). 근원경생장은 대조구에 비해 건조처리구에서 높은 생장을 보였으며 생육 3개월후 처리구에서 4.14mm로 가장 높은 생장을 기록하였다.

묘목의 건중량은 건조처리에 의하여 증가하였는데 지상부의 경우를 살펴보면 건조처리를 늦게 할수록 잎과 줄기의 건중량이 높아져 생육 3개월후 처리구에서 가장 높게 나타났다. 지하부의 직근과 세근의 건중량은 생육 2개월후 건조처리구에서 가장 높게 나타났으며, 세근의 경우 생육 1개월후 건조처리구에서는 대조구와 비슷하였다. 건조처리 묘목의 T/R율은 생육 2개월후 건조처리구에서 0.61로 가장 낮은 값을 기록하였다.

한편 생육 6개월후의 삼투압을 보면 생육 1개월후 건조처리구와 생육 3개월후 건조처리구에서 각각 732.5mmol kg⁻¹과 734.8mmol kg⁻¹

을, 생육 2개월후 건조처리구에서는 대조구의 707mmol kg^{-1} 과 비슷한 710mmol kg^{-1} 을 나타내었다.

표 2-10. 건조처리에 따른 상수리나무 묘목의 성장반응

건조처리	수 고 (cm)	근원경 (mm)	건중량(g)				T/R율	삼투압 (mmol kg^{-1})
			지상부		지하부			
			잎	줄기	직근	세근		
Control	23.1	3.76	0.807	0.623	1.817	0.208	0.75	707.0
생육								
1개월후	22.7	3.98	0.889	0.649	2.194	0.197	0.66	732.5
생육								
2개월후	24.7	3.99	0.976	0.740	2.533	0.346	0.61	710.0
생육								
3개월후	25.2	4.14	1.214	0.806	2.444	0.343	0.75	734.8

2) 낙엽송

건조처리에 의한 수고생장은 생육 2개월후 건조처리구에서 다른 처리구에 비해 다소 높았으며 근원경생장은 생육 1개월후와 2개월후 처리구에서 다소 높았다(표 2-11). 건중량은 지상부는 생육 2개월후, 지하부는 생육 1개월후 처리에서 높게 나타났으나 그 차이가 높지 않았다. T/R율은 생육 1개월후 처리에서 가장 낮은 2.2를 기록하였다.

낙엽송의 경우 위에서의 결과로 볼 때 건조처리가 묘목의 뿌리발달에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

표 2-11. 건조처리에 따른 낙엽송 묘목의 성장반응

건조처리	수 고 (cm)	근원경 (mm)	건중량(g)		T/R율
			지상부	지하부	
Control	17.0	1.94	0.39	0.15	2.7
생육					
1개월후	16.6	2.15	0.40	0.18	2.2
생육					
2개월후	18.7	2.14	0.49	0.17	2.9
생육					
3개월후	17.2	2.07	0.40	0.16	2.4

5. 여름철 활엽수 적정 (양수·음수) 차광률 구명

가. 수고생장

5개월 동안의 실험을 통하여 불 때 자작나무의 수고생장은 상대광도 75%(차광률 25%)에서 가장 높은 생장을 보였으며 상대광도 25%에서 가장 낮은 생장을 나타내었다(그림 2-11). 5개월 후의 수고생장은 상대광도 75%, 50%, 대조구, 25% 순으로 높았다.

층층나무의 수고생장을 보면 전 기간을 통하여 상대광도 75%에서 가장 높았으며 25%에서 가장 낮은 수고생장을 보였고 대조구와 50%에서는 서로 비슷하였다.

말채나무는 상대광도 50%에서 가장 높은 수고생장을 보였는데 생육 5개월 후의 수고를 보면 27.3cm를 보였으며 상대광도 75%에서는 24.8cm, 대조구와 25%에서는 서로 비슷한 수고생장을 보였다.

나. 근원경생장

공시 3수종의 근원경 생장을 보면 3 수종 모두 대조구(상대광도 100%)에서의 근원경생장이 가장 높았으며 상대광도 25%에서 가장 낮은 생장을 보였다(그림 2-12). 자작나무의 경우는 상대광도가 낮아짐에 따라 근원경생장이 감소하였으나, 층층나무와 말채나무는 대조구와 상대광도 75%에서 비슷한 성장결과를 보였다.

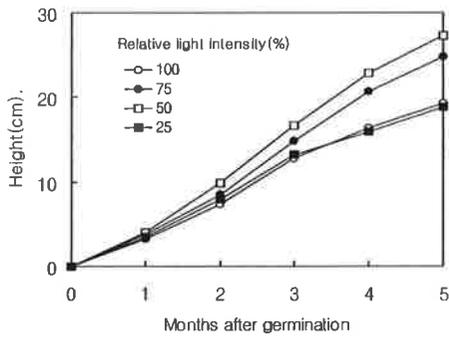
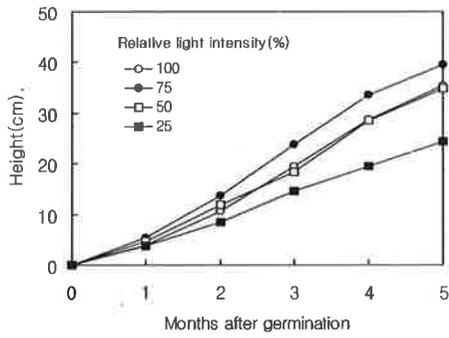
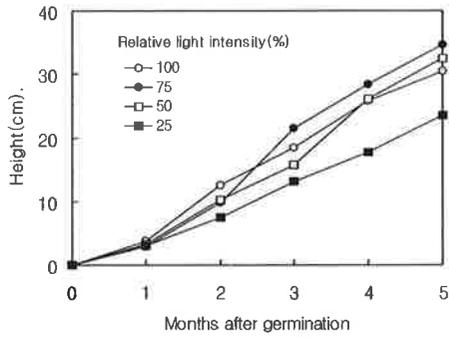


그림 2-11. 자작나무(상), 층층나무(중), 말채나무(하)의 수고생장

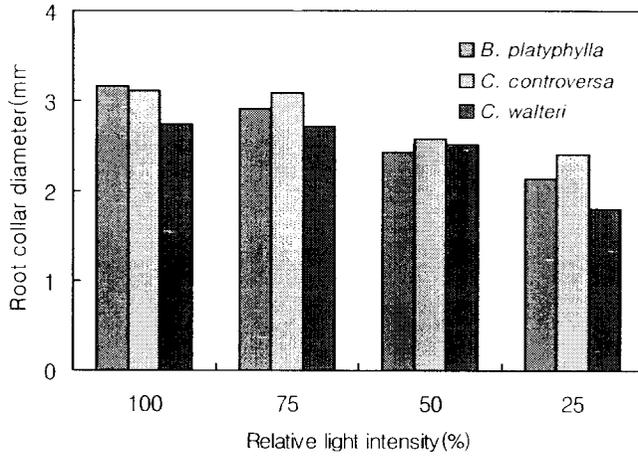


그림 2-12. 자작나무, 층층나무 및 말채나무의 근원경생장

다. 건중량 및 T/R율

시설내에서 상대광도를 달리하여 생육시킨 자작나무, 층층나무 및 말채나무의 건중량은 표 2-12와 같다. 자작나무 각 부위의 건중량은 상대광도가 낮아질수록 감소하였는데, 전체 건중량을 보면 대조구에서 2.05g으로 가장 많았으며 25%에서는 0.79g으로 가장 적은 생산량을 보였다. 한편 지상부보다 지하부의 생산량 감소가 크게 나타났으며 이러한 감소는 상대광도가 낮아짐에 따라 T/R율의 증가로 나타났으며 자작나무 T/R율의 경우 층층나무와 말채나무보다 증가율이 더 큰 것으로 관측되었다.

층층나무의 경우에는 상대광도 75%에서 잎, 줄기, 뿌리 및 전체 건중량이 가장 높게 나타났으며, 50% 이하로 내려갈수록 건중량이

감소하였는데, 상대광도 50%에서의 전체 건중량은 2.22g으로 나타나 대조구의 2.75g보다 낮은 생산량을 보였다.

말채나무의 건중량은 충충나무에서와 마찬가지로 75%에서 가장 높은 값을 보였으나 50%에서의 지상부 건중량은 대조구와 비슷한 생산량을 나타냈으며 지하부의 경우에는 대조구에 비해 뚜렷한 생산량 감소가 관측되었다. 충충나무와 말채나무의 T/R율은 상대광도가 낮아질수록 증가하였으나 그 증가율이 자작나무 보다 작았다.

표 2-12. 자작나무, 층층나무 및 말채나무의 건중량과 T/R을

Relative light intensities (%)	<i>Betula platyphylla</i>					
	Leaves	Shoot	L+S	Root	Total	T/R
100	0.84±0.05 ¹	0.54±0.02	1.37±0.08	0.68±0.06	2.05±0.13	2.03±0.10
75	0.79±0.08	0.48±0.04	1.27±0.12	0.47±0.02	1.74±0.14	2.69±0.14
50	0.65±0.04	0.37±0.06	1.02±0.09	0.24±0.04	1.27±0.12	4.32±0.37
25	0.48±0.03	0.18±0.03	0.66±0.05	0.13±0.03	0.79±0.07	5.47±0.75

Relative light intensities (%)	<i>Cornus controversa</i>					
	Leaves	Shoot	L+S	Root	Total	T/R
100	0.97±0.05	0.86±0.07	1.83±0.12	0.92±0.04	2.75±0.12	2.00±0.16
75	1.29±0.04	1.06±0.06	2.35±0.10	1.02±0.03	3.37±0.12	2.30±0.08
50	0.84±0.04	0.71±0.04	1.55±0.08	0.67±0.05	2.22±0.12	2.31±0.11
25	0.36±0.03	0.26±0.03	0.62±0.06	0.21±0.05	0.82±0.11	3.20±0.45

Relative light intensities (%)	<i>Cornus walteri</i>					
	Leaves	Shoot	L+S	Root	Total	T/R
100	1.03±0.14	0.50±0.03	1.53±0.18	0.74±0.05	2.27±0.14	2.13±0.39
75	1.16±0.13	0.67±0.06	1.83±0.19	0.70±0.04	2.53±0.19	2.62±0.30
50	1.03±0.05	0.55±0.03	1.58±0.08	0.44±0.06	2.02±0.13	3.64±0.29
25	0.55±0.09	0.22±0.04	0.77±0.08	0.21±0.03	0.99±0.10	3.67±0.34

¹ Means ± SE

라. 엽록소함량

시설내 상대광도가 낮아질수록 자작나무, 층층나무 및 말채나무의 전체 엽록소함량은 지속적으로 증가하였으나 상대광도25% 말채나무는 다소 감소하였다(표 2-13). 자작나무의 최고치는 1.44mg g^{-1} fr. wt.를 보여준 상대광도 25%에서 이었으며, 층층나무의 경우에도 상대광도 25%에서 1.55mg g^{-1} fr. wt.으로 가장 높은 값을 보였다. 말채나무는 상대광도 50%에서 1.93mg g^{-1} fr. wt.으로 가장 높은 값을 기록하였다. 엽록소 a, b의 변화도 전체 엽록소함량 변화와 같은 양상이었다.

표 2-13. 자작나무, 층층나무 및 말채나무의 엽록소함량

Relative light intensity(%)	Species	Chlorophyll(mg g^{-1} fresh weight)		
		a	b	total
100	<i>B. platyphylla</i>	0.52 ± 0.03^1	0.17 ± 0.01	0.69 ± 0.03
	<i>C. controversa</i>	0.68 ± 0.01	0.21 ± 0.01	0.89 ± 0.01
	<i>C. walteri</i>	0.71 ± 0.05	0.29 ± 0.01	1.00 ± 0.06
75	<i>B. platyphylla</i>	0.65 ± 0.04	0.20 ± 0.02	0.85 ± 0.06
	<i>C. controversa</i>	0.86 ± 0.08	0.29 ± 0.03	1.16 ± 0.11
	<i>C. walteri</i>	1.01 ± 0.04	0.38 ± 0.01	1.39 ± 0.05
50	<i>B. platyphylla</i>	0.77 ± 0.02	0.24 ± 0.01	1.01 ± 0.02
	<i>C. controversa</i>	1.13 ± 0.06	0.36 ± 0.03	1.50 ± 0.09
	<i>C. walteri</i>	1.40 ± 0.03	0.53 ± 0.04	1.93 ± 0.06
25	<i>B. platyphylla</i>	1.09 ± 0.04	0.34 ± 0.02	1.44 ± 0.05
	<i>C. controversa</i>	1.17 ± 0.06	0.38 ± 0.01	1.55 ± 0.06
	<i>C. walteri</i>	1.24 ± 0.09	0.40 ± 0.04	1.64 ± 0.13

¹ Means \pm SE are presented and were measured on August 30, 2000.

제 3절 결론

1. 묘목 생육 적정 광도 구명

장일처리 보조광의 적정 광도에 대해서는 현재 채소류나 화훼작물을 위한 윈에 시설양묘시 보조광의 광도를 $59.7\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (5000lux) 수준으로 실시하고 있지만 고풍도 처리를 위한 설치 유지비가 너무 비싸 임업 선진국의 시설양묘의 경우에도 고풍도 처리장치를 설치한 곳은 미약하다. 따라서 본 실험의 결과로 볼 때 장일처리에 따른 보조광의 필요시 $6.0\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (약 500lux) 수준의 광도가 적절하다.

2. 적정 광주기 구명

현재 미국, 캐나다, 북구 등지에서는 18시간 내지 19시간의 장일처리를 하고 있으나, 본 실험에서 16, 18시간 및 NI처리 등의 장일처리는 묘목의 묘고생장과 근원경생장을 좋게 하였으며, 한편 장일처리시간 사이에서는 큰 차이가 없었다. 따라서 본 실험의 결과와, 시설 설치 및 유지, 관리 등 경제적인 면을 고려할 때 수목의 시설양묘에는 1시간 동안의 광차단(NI) 처리나 16시간의 일장이 적당한 장일처리시간이라고 사료된다.

3. 시설양묘시 겨울철 야간 최저온도 및 여름철 주간 적정 최고온도 구명

본 실험을 통하여 볼 때 처리온도에 대한 공시 수종 소나무와 자작나무간의 생장반응 차이가 있으나 건전한 묘목을 생산하기 위하여는 겨울철 최저온도는 15°C 이상으로 유지하고 여름철 최고온도는 35°C 이하로 유지시키는 것이 유리하다.

4. 겨울철 생육 적정 최저온도와 장일처리 효과의 상호 작용 구명

시설내 겨울철 최저온도와 광주기 상호작용 시험을 통하여 볼 때, 처리온도 및 광주기에 대한 소나무와 층층나무의 생장반응 차이가 있으나 건전한 묘목을 생산하기 위하여는 겨울철 최저온도는 15°C 이상으로 유지시켜야 하며, 광주기의 경우에는 층층나무는 광주기에 크게 영향받지 않는 것으로 나타났으나 소나무는 장일조건(16시간)을 유지해 주는 것이 바람직하다고 사료된다.

5. 여름철 적정 차광률 구명

여름철 차광률은 높을수록 소나무의 수고생장은 좋게 나타났으나 근원경생장, 건중량, T/R율을 고려할 때 자연광의 75%를 유지시켜 주는 것이 바람직하다고 판단된다.

6. 세근발달촉진방법 개발

세근발달을 촉진시키기 위한 건조처리는 상수리나무의 경우 생육 2개월후가 적당하다고 사료되며 낙엽송에 대한 건조처리는 큰 효과가 나타나지 않았다. 이는 상수리나무의 경우 약 4주간의 건조처리가 가능하였으나 낙엽송의 경우에는 건조처리가 가능한 기간이 7~10일(이 기간보다 긴 경우 건조에 의한 위조가 일어남) 정도로 짧아 건조처리 효과를 기대하기 어려웠다.

7. 여름철 활엽수(음수·양수) 적정 차광률 구명

여름철 시설내 적정차광률 구명을 위하여 실시한 본 실험의 결과를 통하여 볼 때, 양수로 알려져 있는 자작나무의 수고생장은 상대광도 75%(차광률 25%)에서 대조구에 비하여 다소 증가하였으나 근원경생장과 건물생산량은 대조구에서 가장 높은 값을 보였으며 상대광도가 낮아질수록 감소하였다. 따라서 자작나무의 경우에는 시설내 차광이 크게 문제가 되지 않는다고 사료되나 대조구에서 고광도와 여름철 고온에 의하여 잎 주변부의 건조현상이 일부 관찰된 바 25%의 차광이 무난하리라 판단된다.

한편 내음성이 중용수로 알려진 층층나무와 말채나무의 성장반응을 보면, 층층나무의 수고생장은 상대광도 75%(차광률 25%), 대조구(상대광도 100%), 상대광도 50% 순으로, 말채나무는 상대광도 50%, 75%, 대조구 순으로 높았다. 근원경생장을 보면, 두 수종 모두 대조구와 상대광도 75%에서 가장 높았으며 그 값은 서로 비슷하였다. 이와 같은 결과를 고려할 때 층층나무와 말채나무의 경우에는 25%~

50%의 차광이 적당하다고 판단된다.

한편 공시 3 수종모두 상대광도가 낮아질수록 잎의 엽록소 함량이 증가하였으나, 말채나무만 예외적으로 상대광도 50%에서 최고값을 나타냈다.

상대광도 25%에서의 자작나무에서 흰가루병이 많이 발생하였고 층층나무의 상부 잎에서도 일부 관찰되었으나 말채나무에서는 나타나지 않았다.

제 3 장 시설양묘용 소요자재 및 최적시비법 개발

개발내용 요약

1. 1차년도 개발 내용

- 임업 소형 포트용 용토 개발
 - 수종 : 소나무, 낙엽송, 자작나무
 - 적정 용토 및 배합 비율
 - 소나무, 낙엽송 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
 - 자작나무 : 부엽+논흙+부숙수피(1:1:1, v/v/v)
- 임업 소형 포트용 복토자재 개발
 - 수종 : 소나무, 자작나무
 - 적정 복토자재 : 질석

2. 2차년도 개발 내용

- 국내 원예용 플러그판의 이용
 - 수종 : 소나무, 낙엽송
 - 적정 플러그판 용적량
 - 소나무 : 용적 80ml
 - 낙엽송 : 용적 38ml

- 국내외 시설양묘용 임업용기의 이용
 - 수종 : 소나무, 낙엽송, 자작나무, 상수리나무
 - 적정 용기 용적량
 - 소나무 : 용적 46.6ml(Styrofoam포트)
 - 낙엽송 : 용적 46.6ml(Styrofoam포트)
 - 자작나무 : 용적 170ml(Styrofoam포트)
 - 상수리나무 : 용적 170ml(Styrofoam포트)

3. 3차년도 개발 내용

- 자동 생력 급수방법
 - 수종 : 소나무, 낙엽송, 자작나무
 - 관수방법 : 저면관수
- 급수양액 개발
 - 수종 : 소나무, 자작나무
 - 양액 : Sonneveld 표준액
 - 급수양액 시비방법 : 저면급수시 양액과 혼합 시비

4. 4차년도 개발 내용

- 적정 비료 및 농도 구명
 - 수종 : 소나무, 낙엽송, 자작나무
 - 적정 비료 및 농도 : 4종복비(Hyponex) 2000배액 주 2회 시비

- 적정 지상관수용 적정 양액농도
 - 수종 : 소나무, 낙엽송, 자작나무
 - 양액농도 : Sonneveld 표준액의 2배액

5. 5차년도 개발 내용

- 용토 혼합비율별 표준 시비법 개발
 - 소나무
 - 적정 용토 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
 - 표준시비법 : Sonneveld액 2.5배액 주 1회 시비
 - 낙엽송
 - 적정 용토 : 피트모스+펄라이트(1:1, v/v)
 - 표준시비법 : Sonneveld액 3배액 주 1회 시비
 - 자작나무
 - 적정 용토 : 피트모스+펄라이트(1:1, v/v)
 - 표준시비법 : Sonneveld액 2.5배액 주 1회 시비

제 1절 서 설

1. 연구의 필요성

21세기에는 고도산업사회에서 첨단시스템을 이용한 생산체계로 전환될 것이다. 농업분야에서도 노동력 감소에 대비한 생력화된 전환후 생산체계의 도입이 필요하며 첨단시설을 이용한 경영 및 생산의 혁신을 도모하고 있으며 시설원예 쪽에서 급속한 발전을 보이고 있다.

국토의 65%가 산인 우리 나라는 최근 환경보호에 대한 관심이 높아져 묘목의 수요가 지속적으로 필요하나 양묘산업은 노동집약적인 분야로서 고가의 노동비가 양묘단가를 크게 높이고 있다. 현재 발전 단계에 있는 시설원예기술을 활용하여 노동력을 감소시키고 저온, 한발 등 외부조건에 관계없이 묘목을 대량생산 할 수 있는 새로운 양묘사업체계의 확립이 필요하다. 따라서 산림녹화에 필요한 대량의 임목수요를 충족시키고 우리 나라 실정에 맞는 시설양묘 관리체계를 확립하기 위하여 시설온실 내에서 자동화기계에 의한 생력화를 이룩할 수 있도록 소형 포트 및 용토 개발이 시급하여 본 실험을 실행하게 되었다. 그리고 시설양묘에 가장 알맞은 적정 관수방법과 적정 양액농도를 구명하는 일은 매우 중요한 일이다. 이에 알맞은 시비법을 구명하여 종합적으로는 능률적이고 경제적인 시설양묘 방법이 필요하다 하겠다.

2. 연구 목적

가. 최적 용토 및 복토자재 개발

육묘 용토는 작물에 따라 다른데 그 동안 생산농가가 스스로 만들어 사용하였다. 주로 산흙, 발흙 또는 공사장흙을 기본 용토로 하여 부엽, 모래, 훈탄, 연탄재, 톱밥, 왕겨, 수피, 토탄 등이 이용되어 왔다. 그러나 선진국에서는 일찍부터 육묘용토에 대한 연구가 그 나라에서 많이 생산되는 여러 종류의 원료에 대한 시험을 거쳐 이용되고 있다.

육묘 용토 구비조건으로는 물리성과 화학성이 우수하고, 가격이 싸며, 균질의 것이 대량구입이 가능하고, 이화학적성질의 경시적 변화가 적으며, 가벼워서 취급이 용이하고, 병충해와 잡초종자가 함유되어 있지 않는 용토여야 우수하다.

따라서 이와 같은 조건을 구비한 임업양묘용토를 개발하고자 한다.

나. 최적 용기 개발

원예작물의 육묘에서는 플러그판이 보편화되어 있고 지피포트 등 다양한 용기가 개발되어 있지만 용기의 높이가 낮다. 플러그판은 3.5~6.5cm밖에 안되어 뿌리길이가 길게 자라는 임목류는 그리 적당하지 않아 새로운 용기의 개발이 요구되고 있었다. 외국에서는 root trainer가 많이 이용되고 있고 기타 다양한 용기가 개발되어 있다.

따라서 현재 국내외 사용하고 있는 각종 용기를 모두 공시하여 평가하고 임업에 적합한 새로운 용기를 개발하고자 한다.

다. 자동급수방법 및 양액개발

시설양묘를 이용한 묘목의 대량생산 시업법개발을 위하여 자동관수방법과 관비 양액개발은 생력을 위하여 매우 중요하다. 관수법으로는 일반적으로 호수관수나 지상 미니스프링쿨러관수 등을 사용하고 있으나 최근에는 개발된 자주식관수나 저면담배수관수를 많이 이용하고 있다. 관수와 시비를 겸하는 관비시스템이나 양액재배인 Ebb & Flow관수는 생력양묘법으로 임업양묘에 이들을 개발하고자 한다.

라. 최적 시비방법 개발

국토녹화에 필요한 대량의 묘목수요를 충족시키기 위하여 우리나라 실정에 적합하고 경제적인 시설양묘 관리체계를 확립하기 위하여 육묘기술에 사용할 최적 시비법을 개발하여야 한다.

국내에서 그 동안 사용하고 있는 여러 종류의 비료를 보면 임업양묘에는 질산암모늄, 인산 그리고 황산가리를 섞어서 사용하였는데 최근에는 여러 종류의 복합비료와 하이포넥스 등 4종 복합비료가 생산되고 있다. 이러한 비료 중에서 최적시비법을 개발하는 것은 무엇보다 중요하다. 한편 저면관수시 양액과 함께 관수하는 Ebb & Flow 관수는 그 효과가 좋았는데 지상관수에서의 양액을 개발하는 것도 매우 중요하다. 그 동안 관비양액으로는 Sonneveld액이 좋았는데 이것의 적정농도를 구명하고자 한다.

다. 용토 혼합비율별 표준 시비법 개발

1998년도에 연구한 결과에 이어 보완연구로서 국내 녹화에 필요한 태양의 임목수요를 충족시키기 위하여 우리 나라 실정에 맞고 경제적인 시설양묘 관리체계를 확립하기 위하여 용토 혼합비율별 표준 시비법을 구명하고자 한다.

제 2절 연구내용 및 방법

1. 최적 용토 및 복토자재 개발

가. 입엽 소형 포트용 용토 개발

1) 공시수종

가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

나) 낙엽송(*Larix leptolepsis* Gord)

다) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

2) 처리내용 및 방법

시설온실 발아율 조사는 1996년 5월 4일 공시수종 종자를 14종의 용토원료를 가지고 배합비율(용적비)을 달리하여 제조한 19종의 배합토를 얇은 흑색 아크릴판으로 만든 소형포트(25×25×120mm, 용량:75ml)에 담아 파종하여 5월 15일에서 7월 1일까지 발아율을 조사하였다(표 3-1). 복토는 질석으로 한 후 매일 충분히 관수하였다.

실내 발아율 조사는 BOD incubator(온도 20℃)에 96년 5월 20일에 공시종자를 파종하고 조명시간을 오전 5시부터 오후 7시까지 14시간 전등조명을 하여 5월 27일에서 7월 6일까지 발아율을 조사하였다. 관수는 타이머에 의한 자동지상관수를 매일 충분히 하였다.

유묘가 발아된 후 한 포트당 1주씩만 생육시켰으며, 시비는 7월 3일부터 매주 2회씩 하이포넥스(20-20-20)를 3000배액으로, 7월 4주

부터는 2000백액으로 충분히 주었다. 생장조사는 파종 1개월부터 매월 조사하였고 공시수종 생체중과 건물중 등은 10월 4일에 조사하였다. 파종전 및 마지막 조사시의 배합토 분석은 농진청 토양화학분석법에 의하였다.

표 3-1. 입엽 소형 포트묘 용토 배합비율 (용적비)

용토 처리	피트 모스	펠라 이트	질 석	부 엽 토	훈 탄	논 흙	목재 짚(임 산폐 자재)	부속 수피(임산폐 자재)	왕 겨	소석 회10% 분무 왕겨	톱 밥	소석 회10% 분 톱밥	땅콩 껍질	스티 로폼 짚
T ₀	1	1												
T ₁	1	1	1											
T ₂	1				1	1								
T ₃	1								1		1			
T ₄	1									1	1			
T ₅				1	1	1	1					1		
T ₆				1	4	1					4			
T ₇				1		1	1					1		
T ₈				1		1			1		1			
T ₉				1		1		1						
T ₁₀				1								1	1	
T ₁₁				1		1				1			1	1
T ₁₂				1		1							1	
T ₁₃						1					1		1	
T ₁₄						1	1				1			
T ₁₅						1					1		1	
T ₁₆				1				1			1			
T ₁₇						1						1		1
T ₁₈									1		1			

나. 임업 소형 포트 복토자재 개발

1) 공시수종

가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

나) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

2) 처리내용 및 방법

양묘용기는 얇은 흑색아크릴판으로 만든 소형포트(소나무 : 25×25×120mm 용량 75ml, 자작나무 : 40×40×150mm 용량 240ml)를 사용하였다. 배합토는 6종의 용토를 사용하였고 복토는 질석, 펄라이트, 모래, 고운 마사흙을 사용하였다(표 3-2, 3-3). 관리방법은 용토개발 실험과 같은 방법으로 하였다.

표 3-2. 임업 소형 포트묘 적정 복토시험 배합비율 (용적비)

처 리	피트 모스	펄라 이트	질 석	부엽	훈 탄	논 흙	목재 칩	왕 겨	톱 밥
M0	1	1							
M1	1	1	1						
M2	1				1	1			
M3	1							1	1
M4				1	1	1	1	1	
M5				1	4	1			4

표 3-3. 복토자재

기 호	C1	C2	C3	C4
복토자재	질 석	모 래	펄라이트	고운 마사흙

2. 최적용기 개발

가. 국내 원예용 플러그판의 이용

1) 공시수종

가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

나) 낙엽송(*Larix leptolepsis* Gord)

2) 공시포트 : 원예용 플러그 판(8종)

사용한 용기는 국내 시판하고 있는 원예용 플러그(plug)판 8종을 비교 분석하였다(표 3-4).

표 3-4. 공시 육묘용기 원예용 플러그판의 규격

원예용 플러그판	가로(mm)		세로(mm)		높이 (cm)	1판당 cell수	Cell당 용적(ml)	모양
	위	아래	위	아래				
T1	57.0	37.0	-	-	65	40	80.0	사각
T2	38.0	20.0	-	-	42	72	55.5	"
T3	30.0	24.0	30.0	24.0	43	105	38.0	"
T4	27.3	14.5	26.5	13.7	45	162	24.7	"
T5	24.3	9.5	23.6	8.8	45	200	20.0	"
T6	19.5	10.5	19.5	9.6	45	228	13.9	"
T7	16.0	6.0	16.0	6.0	35	406	9.0	"
T8	상경 28.0		하경 18.0		42	128	26.0	원형

다) 처리내용 및 방법

공시수종은 1997년 4월 17일에 플러그판 별로 피트모스, 펄라이트 및 질석을 1:1:1(v/v/v) 비율로 혼합한 배양토에 파종하였다. 플러그판의 1cell 당 종자는 2립씩 파종하고 복토하였으며 발아 후에는 1주만 남겨 성장시켰다.

성장조사는 파종 1개월부터 매일 조사하였고 공시수종의 생체중 등은 5개월과 6개월 육묘한 후 조사하였다. 시설온실 관수방법은 저면 담배수 관수로 하였고 시비는 hyponex 2000배액을 주 1회 시비하였다.

나. 국내외 시설양묘용 임업용기의 이용

1) 공시수종

가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

나) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gord)

다) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

라) 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth.)

2) 공시포트 : 임업용 용기(13종)

자가 제조한 acryl pot를 포함하여 캐나다에서 임업 양묘에 사용하는 Roottrainer를 사용하였다. 상세한 규격은 표 3-5와 같다.

3) 처리내용 및 방법

피트모스, 펄라이트 및 질석을 1:1:1(v/v/v) 비율로 혼합한 배양토를 담은 임업용 용기(13종)에 소나무, 낙엽송, 상수리나무 종자는

1997년 4월 17일에, 자작나무 종자는 5월 20일에 파종하였다. 파종 방법은 한 포트당 소나무와 낙엽송은 2립, 상수리나무는 1립, 그리고 자작나무는 약 10립을 파종하였다. 시설온실 관수는 저면 담배수 관수로 하였고 주 1회 Hyponex 2000배액을 시비하였다.

표 3-5. 공시 육묘용기 입엽용 용기의 규격 (단위:mm)

처 리	용 기 종 류	규 격 (mm)	용 적(ml)
C0	자가제조 acryl pot	소:상경 25, 하경 25, 높이120 기둥형대:상경 40, 하경 40, 높이50	소: 75 대: 240
C1	Rootrainer	소: 상경25, 하경25, 높이130 기둥형대: 상경40, 하경40, 높이190	소: 82 대: 304
C2	Jiffy pot/사각	상경:30×30, 하경:18×18, 높이:50	29.4
C3	Styrofoam pot	소:상경20, 하경18, 높이120 대:상경48, 하경 30, 높이140	소: 46.6 대: 170
C4	딸기육묘 포트	상경 40, 하경 25, 높이 145	122.3
C5	아크릴팩 플러그판	상경 30, 하경 20, 높이90	57.0
C6	Jiffy 펠렛 Ø1.8cm	직경 18, 높이 18	4.6
C7	Jiffy 펠렛 Ø2.2cm	직경 22, 높이 18	6.2
C8	Jiffy 펠렛 Ø3cm	직경 30, 높이 55	38.9
C9	Jiffy 펠렛 Ø3.4cm	직경 34, 높이 55	50.0
C10	Jiffy 펠렛 Ø4.2cm	직경 42, 높이 35	76.0
C11	Jiffy 포트 Ø5.2cm	상경 52, 하경 35, 높이50	46.6
C12	Jiffy 포트 사각 Ø4.2cm	상경 42, 하경 20, 높이50	50.0

3. 자동급수방법 및 양액개발

가. 자동생력 급수방법

1) 공시수종

가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

나) 낙엽송(*Larix leptolepsis* Gord)

다) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

2) 처리내용 및 방법

1998년 4월 16일 공시수종을 피트모스, 펄라이트 및 질석을 1:1:1(v/v/v) 비율로 혼합한 배양토를 담은 Styrofoam 플러그판(소나무와 낙엽송 용량 75ml, 자작나무 용량 240ml) 용기에 파종하였다.

시설온실내 관수방법은 저면 담배수 관수로서 Ebb and Flow로 저면관수(T1)와 미니스프링쿨러에 의한 지상관수(T2) 두 방법을 비교하였다. 관수시간조절은 timer에 의해 조절하였고 시비는 Hyponex 2000배액을 주 2회 주었다. 조사는 파종 4개월후(8월 20일)에 실시하였고 조사 및 분석방법은 농촌 진흥청 원예작물 조사기준 및 토양, 식물체 분석법에 의하여 실시하였다.

나. 급수양액 개발

1) 공시수종

가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

나) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

2) 공시양액 및 농도

1998년 4월 16일 공시수종을 피트모스, 펄라이트 및 질석을 1:1:1(v/v/v) 비율로 혼합한 배양토(P)를 담은 용기에 파종하여 분엽이 발생한 후, 저면 담배수 관수인 Ebb & Flow방법으로 양액농도를 Hyponex 2000배(N0), Sonneveld액(N1), Sonneveld 1/2액(N2)로 구분하여 주 2회(수면깊이 3cm, 담수기간 15분) 공급하였다. 시설은 실 관수시간조절은 timer에 의해 조절하였고 pH조절은 3일마다 소나무는 pH 6.0으로 자작나무는 pH 5.5로 산 H₂SO₄, 알카리 NaOH를 사용하여 교정하였다. 양분흡수율 조사는 Yamazaki 공식을 사용하였고, 분석방법은 농촌진흥청 원예작물 조사기준 및 토양, 식물체 분석법에 의하여 실시하였다.

유럽분화표준양액인 Sonneveld액($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)은 아래와 같다.
(NO₃:148.51, NH₄:15.41, H₂PO₄:46.47, SO₄:32.06, K:215.05, Ca:10.24, Mg:18.23, Fe:1.117, Mn:0.249, Zn:0.196, B:0.216, Cu:0.032, Mo:0.048 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

4. 최적 시비방법 개발

가. 적정비료 및 농도구명

1) 공시수종

가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

나) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gord)

다) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

2) 처리내용 및 방법

1999년 4월 26일 공시수종을 피트모스, 펄라이트 및 질석을 1:1:1(v/v/v) 비율로 혼합한 배양토를 담은 용기(침엽수 46.6ml, 활엽수 170ml)에 파종하여 비료 종류와 농도 그리고 시비량별로 구분하여 시비하였다. 시설온실에서 시비공급은 5월 24일부터 실시하였고 관수는 지상관수를 하였으며 시간조절은 timer에 의해 조절하였다. 조사는 생체중과 건물중 등을 9월 1일에 조사하였으며 분석방법은 농촌진흥청 원예작물 조사기준 및 토양, 식물체 분석법에 의하여 실시하였다.

가) 비료 종류와 농도

(1) T0 : 무시비

(2) T1 : 복합비료(22,17,17) 주 1회시비(1.58g/160공 1판, 1.68g/50공 1판)

(3) T2 : 완효성비료(18,12,13)발아전 1회 시비(29.6g/160공 1판, 31.4g/50공 1판)

(4) T3 : 4중복비 Hyponex(N20, P20, K, 20)¹⁾ 2000배액 주2회 시비

(5) T4 : 질산암모늄215g/150L+인산(H₃PO₄)117.5g/150L+K₂SO₄89g/150L

¹⁾Hyponex = 전체 N:20%(알모니아태3%, 초산태4.6%), 수용성P:20%, 수용성K:20%, 수용성Mg:0.08%,

수용성Mn:0.03%, 수용성B:0.01% 포함

나) 지상관수 시비량

- (1) T1^z : 1.58g/주/판(소나무, 낙엽송)
- (2) T1 : 1.68g/주/판(자작나무)
- (3) T2^y : 29.6g/16주/판(소나무, 낙엽송)
- (4) T2 : 31.4g/16주/판(자작나무)

T1^z: (50ml×160공×2/3×0.2(가비중)×0.005/0.21)/16주=1.58g/week/tray: 소나무, 낙엽송

T1: (170ml×50공×2/3×0.2×0.005/0.21)/16주=1.68g/week/tray: 자작나무

T1에 사용한 복합비료는 동부한농화학(주)21-17 17을 사용하였다.

T2^y: (50ml×160공×2/3×0.2×0.005/0.18=29.6g/16주/tray, 29.6g/160공=0.185g/공당: 소나무, 낙엽송

T2: (170ml×50공×2/3×0.2×0.005/0.18=31.4g/16주/tray, 31.4g/50공=0.628g/공당: 자작나무

* T2는 파종시 cell 높이의 70%에 원효성비료를 혼합하여 넣고 30%는 무비료 용토에 파종
원효성비료는 (주) 조비 제조 수도용 '단한번' 18-12-13 원효성 복합비료(요소피복용) 사용

나. 적정 지상관수용 적정 양액 농도 개발

1) 공시수종

가) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)

나) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gord)

다) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

2) 처리내용 및 방법

1999년 4월 26일 공시수종을 피트모스, 펄라이트 및 질석을 1:1:1(v/v/v) 비율로 혼합한 배양토를 담은 용기(침엽수 46.6ml, 활엽수 170ml)에 파종하여 Sonneveld 농도별로 구분하여 시비하였다. 시설온실 관리 및 조사방법은 적정비료 및 농도구명 연구와 같은 방법으로 하였다.

가) Sonneveld 농도별 시비

(1) ST1 : Sonneveld 표준액의 1/2S액

(2) ST2 : Sonneveld 표준액 S액

(3) ST3 : Sonneveld 표준액의 2S액

5. 용토 혼합비율별 표준시비법 개발

가. 공시수종

- 1) 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)
- 2) 낙엽송(*Larix leptolepsis* Gord)
- 3) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

나. 처리내용 및 방법

공시수종을 용토를 달리한 Styrofoam 플러그판(소나무와 낙엽송 : 용적46.6mℓ, 자작나무 : 용적170mℓ)에 소나무는 2000년 3월 6일, 낙엽송 및 자작나무는 4월10일 파종하여 용토종류와 양액농도별로 구분하여 소나무는 5월 12일, 낙엽송과 자작나무는 6월 5일부터 시비를 실시하였다. 시설온실 급수방법은 지상관수를 하였고 관수시간 조절은 timer에 의해 조절하였다. 분석방법은 농촌 진흥청 원예작물 조사기준 및 토양, 식물체 분석법에 의하여 실시하였다.

1) 용토종류

- 가) M1 : 피트모스+펄라이트(1:1, v/v)
- 나) M2 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)

2) 양액농도

- 가) T0 : Hyponex(20,20,20) 2000배 주 2회 시비
- 나) T1 : Sonneveld액 2배액 주 1회 시비
- 다) T2 : Sonneveld액 2.5배액 주 1회 시비
- 라) T3 : Sonneveld액 3배액 주 1회 시비
- 마) T4 : Hyponex2000배+임업육묘양액(NH_4NO_3 : 215g/150L+ H_3PO_4 117.5g/150L+ K_2SO_4 89g /150L) 월 1회 시비
- 바) Cont : 무시비

제 3절 연구개발 결과

1. 최적 용토 및 복토 자재 개발

가. 임업 소형 포트용 용토 개발

가) 발아율

시설온실에 소형포트에 파종한 후 발아율을 조사한 결과, 역시 소나무가 가장 높았다(표3-6). 이는 한 포트당 소나무와 낙엽송은 2립, 자작나무는 10립을 파종한 후 발아율이기 때문에 자작나무는 실내발아율은 10%미만이었으나 온실포트에서는 80%이상의 발아를 보였다. 소나무는 19개 용토중 대부분이 90%이상으로 매우 높은 발아율을 보였으나, T4, T9는 80~90%사이였다. 한편, T3은 68%로서 가장 낮은 발아율을 보였다. 낙엽송은 T10을 제외하고는 전체가 90%이하로 낮았고 80~90%사이의 발아율을 보인 구는 T3~T6이었고 그 외에 T12, T13, T15~T17에서 나타났다. 가장 낮았던 구는 T14로서 55%밖에 발아되지 않았다. 대조구(68%)와 비슷한 발아율을 보인 구는 T1과 T9, T18로서 비교적 낮은 발아율을 보였다. 한 포트당 10립 파종한 자작나무 발아율은 T15(10%)를 제외하고는 높았다. 발아율에 차이가 많았으나 T2, T3, T5, T13, T14, T17은 95%이상으로 매우 높았다. 기타의 구도 70%이상의 높은 발아를 보였다.

시설양묘를 하기 위하여 기계파종은 필수적이기 때문에 한 포트당 1립이 파종되어야 하므로 자작나무와 낙엽송은 발아율 향상을 위하여 정선에 의한 순량률의 향상이 필요한 것으로 생각된다.

표 3-6. 공시종자 실내 발아율² (단위:%)

종 류	반		복		평 균
	1	2	3	4	
소 나 무	97	94	88	94	93
낙 엽 송	61	73	60	55	62
자 작 나 무	9	6	12	4	8

² 파종일자 : 1996. 5. 20, 조사기간 : 1996. 5. 27~7. 6

표 3-7. 임업 소형 포트묘의 파종용도 종류별² 발아율 (단위:%)

처 리 ¹	소 나 무	낙 엽 송	자 작 나 무
T0	94	68	82
T1	97	68	94
T2	97	61	97
T3	68	87	98
T4	81	80	73
T5	90	87	99
T6	93	89	79
T7	92	73	87
T8	88	74	92
T9	81	68	72
T10	92	91	91
T11	80	65	93
T12	98	86	81
T13	97	81	98
T14	94	55	98
T15	92	89	10
T16	95	81	54
T17	96	80	99
T18	90	70	76

² 파종일자 : 1996. 5. 20, 조사기간 : 1996. 5. 27~7. 6, ¹ 표 3-1 참조.

나. 파종용토 물리성 및 화학성

pH는 T7, T13에서 가장 높았고, T0에서 가장 낮은 값을 보였으며 처리간에 차이가 크게 나타났다. 피트모스가 들어간 T0~T4는 pH 7 이하로 낮았으나 다른 재료가 섞였던 것 중 국산 유기질원료를 소석회로 분무 처리한 것은 비교적 높았다. 상업적으로 시판되는 용토원료인 피트모스, 펄라이트, 질석을 제외하고는 전체적으로 논흙과 부엽토가 들어간 용토에서는 중성에서 약산성의 pH값을 보였다.

EC는 모두 0.5mS/m이하로 낮은 값을 보였고, 가장 낮은 값을 보인 구는 피트모스+펄라이트+질석을 동량으로 혼합한 T1이었고 왕겨와 톱밥을 같은 비율로 섞은 T18에서 가장 높았다.

진비중은 T3과 T4에서 가장 낮았고 관행 사용되는 피트모스와 펄라이트를 동량으로 혼합한 T0는 0.19로 매우 낮은 값을 보였다.

공극률은 전체적으로 매우 높은 값을 보였다.

보수력은 처리간에 매우 심한 차이를 보였는데 300%이상의 높은 값을 보인 구는 대조구(T0)를 포함한 T1, T3, T4구였고, 반대로 60% 이하의 아주 낮은 값을 보인 구는 T2, T8, T9였다.

N은 전체적으로 0.1~0.2% 범위이며 유기질원료가 들어간 용토에서 높았다. 특히 부엽이 많이 들어간 용토가 높은 경향을 보였다.

P는 처리간에 차가 컸는데 T10~T12와 T16은 700ppm이 넘는 높은 값을 보였다. 이것들은 공통적으로 부엽토가 들어간 재료들이었다. 전체적으로 유기질원료가 많이 들어간 재료에서 높은 값을 보였다.

K는 2~6me/100g의 범위였으나 왕겨와 톱밥만 사용한 T18의 경우는 최고 12me/100g까지 상승하였다. T17에서 가장 낮았고 대체로 대조구보다는 높은 값을 보였다.

Ca는 유기질원료인 소석회가 혼합된 용토에서 높았고, 광물질재

료를 섞은 것이 낮은 함량을 보였다. T13에서 가장 낮았고 T10에서 가장 높은 값을 보였다.

Mg는 처리간에 차이가 많았는데 T10에서 가장 높았다.

CEC는 7~25me/100g범위였는데 피트모스가 들어간 재료에서 높은 값을 보였고 유기질 원료가 들어간 여러 재료도 높은 값을 보였으며 대조구보다는 전처리 모두 낮은 값을 보였다.

표 3-8. 임업 소형 포트묘 파종용토 시험과종전 물리적 성질²⁾

처 리 ¹⁾	pH (1:10)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	보수력 (%)
T0	4.42	0.19	1.10	0.19	80.85	394.98
T1	5.48	0.06	1.00	0.21	79.57	310.74
T2	4.72	0.11	0.81	0.40	50.46	55.14
T3	4.43	0.20	0.98	0.14	85.66	448.73
T4	6.47	0.17	0.97	0.15	84.40	344.32
T5	7.62	0.28	1.21	0.43	64.49	176.24
T6	6.87	0.11	1.08	0.35	68.10	176.31
T7	7.98	0.17	1.22	0.58	52.39	73.78
T8	7.03	0.22	1.26	0.54	56.93	56.42
T9	6.09	0.23	1.12	0.75	32.56	35.18
T10	7.70	0.37	1.11	0.30	72.65	130.67
T11	7.70	0.37	1.11	0.30	72.65	13.67
T12	7.46	0.33	1.37	0.71	48.13	82.02
T13	7.95	0.16	1.18	0.47	59.93	73.88
T14	5.90	0.14	1.08	0.51	52.42	89.93
T15	7.58	0.19	1.03	0.46	55.90	83.98
T16	5.81	0.35	1.05	0.31	70.38	133.27
T17	7.70	0.17	0.88	0.47	46.21	80.49
T18	6.03	0.40	1.10	0.16	85.70	201.67

¹⁾ 시료채취 : 1996.5.3. ²⁾ 표 3-1 참조

표 3-9. 임업 소형 포트묘 파종용토 시험파종전 화학적 성질²⁾

처 리 ³⁾	N	P	K	Ca	Mg	CEC
	(%)	(ppm)				
T0	0.21	142.44	4.50	21.26	5.92	25.20
T1	0.08	123.66	3.07	13.77	7.40	16.80
T2	0.12	343.04	3.99	7.09	3.45	19.60
T3	0.18	148.85	8.64	6.39	8.55	12.60
T4	0.16	130.53	4.60	33.23	9.05	7.28
T5	0.22	287.17	2.81	31.94	5.92	11.20
T6	0.16	452.05	4.25	19.36	3.95	14.00
T7	0.17	294.95	2.35	35.53	5.59	11.76
T8	0.13	357.70	4.40	23.35	3.95	11.20
T9	0.22	391.59	4.45	23.15	5.59	8.68
T10	0.28	773.56	4.96	50.00	3.45	11.20
T11	0.18	733.26	3.48	32.63	4.11	11.48
T12	0.21	824.86	6.85	48.50	11.60	13.44
T13	0.12	289.00	2.92	5.19	5.43	16.52
T14	0.16	245.03	2.71	20.96	7.40	21.28
T15	0.12	258.77	2.81	26.15	3.29	9.80
T16	0.28	913.71	6.96	34.13	8.55	24.64
T17	0.10	250.7	2.10	29.24	3.78	8.40
T18	0.14	175.87	12.38	8.38	2.80	14.00

²⁾ 시료채취 : 1996. 5. 3. ³⁾ 표 3-1 참조

가) 소나무

파종 2개월인 7월 4일부터 1개월 간격으로 초장과 초폭을 조사한 결과, 7월 4일부터 처리간에 초장의 변화가 차이를 보였다. 대조구 보다 컸던 구는 T1밖에 없었고 다른 구는 모두 낮은 값을 보였다(표

3-10). 이러한 현상은 대조구 대신에 훈탄과 논흙을 피트모스와 혼합하거나 부엽과 인산폐자재인 목재칩과 부숙수피를 혼합하여 사용하여도 수입용토인 피트모스와 펄라이트 대응으로 쓸 수 있음을 보여주고 있다. 초폭은 소나무의 성장습성상 초장과는 달리 그 차이가 적었지만 전체적으로 비슷한 경향을 보였다. 파종 2개월 후인 7월 4일에는 1~2cm밖에 차가 나지 않았으나 5개월후인 10월 4일에는 3~4cm의 차이를 보였다. 대조구보다 차이가 없던지 컸던 구는 T1, T2, T6, T9, T10, T11에서 보였고 다른 구는 4cm정도의 범위에서 차이가 없었다.

파종 5개월후의 근장은 T14에서 가장 길었는데 T0과는 차이가 없었고 가장 짧았던 구는 T3로 왕겨와 톱밥을 원형 그대로를 피트모스와 섞은 구에서 보였다(표 3-11). 나머지 구에서는 13~14cm의 길이 범위 안에서 차이가 없었다. 지체부직경은 0.08~0.18cm사이로 1mm밖에 차이가 없었는데 T1과 T9에서 가장 컸고 대조구(T0)와는 T2, T4, T5, T7, T8, T13, T14에서 유의차가 없었다. 한편 생체중도 T1에서 가장 커서 대조구보다 큰 생장을 보였다. 대조구와 차이가 없었던 구는 T2, T9로서 비교적 성장량이 높았던 구였다. 가장 적었던 구는 T3, T4, T10, T12, T13, T15, T16, T17로서 이 중 T16이 가장 적어 0.35g밖에 되지 않았다. 지상부와 지하부도 전체생체중과 비슷하였다. 지상부도 T1에서 가장 커서 1.3g의 생체중을 보였다. 대조구와 통계적으로 차이가 없었던 구는 T2, T9에서, 지하부도 역시 T1에서 가장 컸고 대조구와는 T2, T9에서 차이가 없었다. 전체적으로 T1, T2, T3은 T0(대조구)과 비슷하거나 더욱 높은 성장량을 보였다.

표 3-10. 소나무 피종용토 종류별 소형 포트묘²의 경시적 변화 (단위:cm)

처 리 ¹	초 장				초 폭			
	7/4	8/4	9/4	10/4	7/4	8/4	9/4	10/4
T0	6.18b ^x	9.76a	12.12a	15.66a	4.77ab	4.75cd	4.75cd	6.43b
T1	7.24a	9.72a	10.74b	8.93d-h	4.97a	5.50a	5.06bc	8.26a
T2	4.98c	6.48c	7.42c	13.83a-c	4.31cd	4.64c-e	3.77e-h	5.90bc
T3	4.06hi	4.25h	4.49g	8.76d-h	4.51bc	4.44d-f	3.05h	4.70cd
T4	4.33e-h	4.94ef	4.97ef	6.86f-h	4.31cd	4.51de	3.51gh	4.33cd
T5	4.89cd	5.78d	6.37cd	13.66c-e	4.48bc	4.76cd	3.67f-h	4.63cd
T6	4.16gh	4.43h	5.88de	7.00f-h	3.99d	4.08f-h	3.94d-g	4.96b-d
T7	4.29e-h	5.44de	13.00a	10.66c-e	3.40f	4.85b-d	5.89a	4.53cd
T8	4.18f-h	4.76ef	6.44cd	8.46d-h	3.72ef	4.47d-f	5.39ab	4.73cd
T9	4.33e-h	8.51b	9.82b	14.16ab	3.42f	3.71h	5.37ab	5.70b-d
T10	4.46d-h	4.70f-h	7.56c	9.50d-g	3.96de	3.85gh	4.67cd	4.26bc
T11	3.52j	4.94ef	6.31cd	9.83d-f	3.59f	5.27ab	4.15d-g	5.00b-d
T12	3.37j	5.26d-f	7.54c	11.00b-d	3.41f	4.61de	4.45c-e	4.53cd
T13	4.38e-h	4.54gh	4.56fg	6.10f-h	4.43bc	4.66cd	4.16d-g	4.03d
T14	4.56c-g	5.19d-f	6.58cd	8.20d-h	4.69a-c	4.20e-g	4.16d-g	4.76cd
T15	3.68ij	4.50gh	4.51fg	6.80f-h	4.48bc	4.70cd	3.69f-h	4.43cd
T16	4.65c-e	4.73f-h	4.89ef	6.50f-h	4.83ab	5.07bc	3.70f-h	4.46cd
T17	4.63c-f	4.87e-f	5.25d-f	7.23e-h	4.69a-c	5.19ab	4.03d-g	4.33cd
T18	4.14gh	4.67f-h	4.70fg	5.83f-h	4.67a-c	4.86b-d	4.41c-f	4.26cd

¹ 파종일자 : 1996. 5. 4., ² 표 3 1 참조, ^x 같은 글자는 DMRT 5%에서 유의성이 없음.

표 3-11. 소나무 파종용토 종류별 소형 포트묘^z의 생체중 및 건물중

처 리 ^y	근 장 (cm)	지제부 직 경 (cm)	생 체 중 (g)			건 물 중 (g)		
			전체	지상부	지하부	전체	지상부	지하부
T0	19.83ab ^x	0.13b	1.54b	0.95b	0.59b	0.64ab	0.27b	0.37a
T1	18.76a-d	0.18a	2.27a	1.29a	0.98a	0.46a-c	0.31b	0.15b
T2	19.00a-c	0.10b-d	1.30b	0.85b	0.45b-d	0.85a	0.80a	0.05b
T3	6.76f	0.10cd	0.66d-h	0.32de	0.34d-f	0.16bc	0.10b	0.06b
T4	17.13a-e	0.11b-d	0.60d-h	0.27e	0.33d-f	0.17bc	0.11b	0.06b
T5	15.46a-c	0.10b-d	1.00c	0.65c	0.35c-f	0.28bc	0.20b	0.07b
T6	14.50b-d	0.09cd	0.37gh	0.27e	0.10g	0.10c	0.08b	0.01b
T7	13.46e	0.10b-d	0.75c-f	0.52cd	0.23e-g	0.17bc	0.13b	0.04b
T8	14.03c-e	0.10b-d	0.70c-g	0.30de	0.30de	0.16bc	0.10b	0.06b
T9	5.53a-e	0.16a	1.46b	0.96b	0.50bc	0.42a-c	0.31b	0.11b
T10	13.80de	0.09cd	0.53d-h	0.30e	0.23fg	0.14bc	0.09b	0.04b
T11	15.20b-e	0.09cd	0.80c-e	0.40de	0.39cd	0.20bc	0.14b	0.06b
T12	15.13b-e	0.08d	0.58d-h	0.36de	0.22fg	0.13c	0.09b	0.04b
T13	13.76de	0.10b-d	0.42f-h	0.28e	0.14g	0.11c	0.08b	0.03b
T14	20.36a	0.12bc	0.86cd	0.40de	0.46b-d	0.19bc	0.09b	0.07b
T15	15.26b-e	0.09cd	0.47e-h	0.23e	0.23e-g	0.16bc	0.09b	0.06b
T16	15.23b-e	0.09cd	0.35h	0.22e	0.13g	0.10c	0.07b	0.02b
T17	14.20c-e	0.09cd	0.63d-h	0.29e	0.34d-f	0.16bc	0.09b	0.06b
T18	15.20b-e	0.09cd	0.35h	0.23e	0.12g	0.08c	0.05b	0.03b

^y 파종일자 : 1996. 5. 4. ^y 표 3-1 참조. ^x 같은 글자는 DMRT 5%에서 유의성이 없음.

나) 낙엽송

파종 2개월후인 7월 4일 부터 5개월후인 10월까지 초장과 초폭의 경시적변화를 보면 전체적으로 T1이 높은 것을 볼 수 있다. 초장만 보면 T1이 대체로 높지만 경우에 따라서는 T0(대조구)와 통계적인 유의차를 보이지 않는 때도 있다. 따라서 일반적으로 피트모스+펠라이트+질석을 동량으로 혼합한 용토가 가장 양호하였으나 피트모스+펠라이트를 동량으로 혼합한 구도 좋았다. 그러나 다양한 종류의 여러 재료와 이들의 혼합비율을 달리한 여러 다른 처리들보다는 좋지 않았다. 이들 처리구 중 T9는 부엽과 논흙이 들어간 재료로 전체 처리중 비교적 높은 생장을 보였다. 따라서 초장과 초폭만을 보면 낙엽송 육묘에서도 T1이 가장 좋은 결과를 보였다(표 3-12).

5개월 육묘한 묘목의 근장은 모든 처리간에 큰 차이가 없이 11~13cm의 범위에 있었다. 19처리구 중 T7, T8, T12, T16, T18에서 다소 낮은 값을 보였다. 지체부직경에서도 T1, T2가 컸다. T2는 T1과는 유의차가 없었으나 T0보다는 더 컸다. T2는 피트모스+훈탄+논흙을 동량으로 혼합한 것으로 농가에서 사용 가능한 배합으로 생각되었다. 생체중은 T1에서 가장 컸고 T18에서 가장 낮았다. 그러나 T2는 대조구(T0)와는 유의차가 없었고 T9와 T1과도 유의차가 없었다.

표 3-12. 낙엽송 파종용토 종류별 소형 포트묘²의 경시적 변화 (단위:cm)

처 리 ^y	초 장				초 폭			
	7/4	8/4	9/4	10/4	7/4	8/4	9/4	10/4
T0	3.26b ^y	6.16a	8.71c	15.00b	3.34a	5.26a	5.88c	6.83bc
T1	3.79a	6.50a	10.80b	16.00ab	3.37a	4.64b	7.05a	6.33bc
T2	2.40f-h	3.73c	5.85de	7.93cd	2.42bc	2.97d	5.24d	8.60a
T3	2.90cd	3.29cd	3.21g	5.50d-f	2.57b	2.82de	2.51h	3.50ef
T4	2.70d-f	3.19cd	2.75g	3.96f	2.52bc	2.64d-f	2.26i	3.16ef
T5	2.82c-e	3.77c	4.82ef	9.00c	2.49bc	2.67d-f	4.06ef	6.03cd
T6	2.72d-f	2.74d-f	3.42g	4.20ef	2.294b-d	2.53ef	3.00gh	2.83ef
T7	2.51e-g	2.28f	6.23d	9.50c	1.88e	2.29f	4.49e	6.46bc
T8	2.78c-e	2.89de	3.70g	5.40d-f	2.36bc	2.63d-f	2.71hi	3.23ef
T9	2.85c-e	5.52b	11.89a	18.00a	2.36bc	4.02c	6.46b	7.36b
T10	2.01ij	2.57ef	3.83fg	4.30ef	1.98de	2.47ef	2.61hi	3.43ef
T11	1.78j	3.25cd	3.49g	7.26c-e	1.91e	2.48ef	2.76hi	5.06d
T12	2.13hi	3.71c	4.81ef	10.16c	1.80e	2.50ef	3.63f	6.76bc
T13	2.81c-e	2.97de	3.59g	5.03d-f	2.56b	2.65d-f	3.01gh	3.10ef
T14	2.35gh	3.24cd	3.60g	5.20d-f	2.21cd	2.59d-f	2.54hi	3.66e
T15	2.38f-h	3.06de	2.99g	3.73f	2.37bc	2.54d-f	2.54hi	3.00ef
T16	3.08bc	3.09de	3.54g	4.70ef	2.50bc	2.70d-f	3.48fg	3.70e
T17	2.80c-e	3.25cd	3.49g	3.83f	2.30bc	2.63d-f	2.92g-i	2.36f
T18	2.39f-h	2.85de	3.14g	3.26f	2.26b-d	2.44ef	2.65hi	2.50ef

^y 파종일자 : 1996.5.4. ^z 표 3 1 참조. ^x 같은 글자는 DMRT 5%에서 유의성이 없음.

지상부 생체중은 T9에서 가장 컸고 T0, T2, T1의 순이었으나 그 차이 0.1~0.2g의 차밖에 되지 않았다. T9는 부엽+논흙+부숙수피를 동물로 혼합한 것으로 높은 지상부 생체중을 보였다. 지하부도 T9가 가장 높았고 이어 T0, T1, T2로 비교적 좋은 결과를 보였다(표 3-13). 이러한 결과는 건물중에서도 비슷하여 T0, T1, T2에서 높은 값을 보였다. 이 처리구 중 T1은 지하부 건물중에서 모든 처리구 중

가장 높은 값을 보였다. 따라서 낙엽송 육묘에 알맞는 배합토는 T1이 가장 좋은 용토로 생각되었다.

표 3-13. 낙엽송 파종용토 종류별 소형 포트묘^z의 생체중 및 건물중

처 리 ^y	근 장 (cm)	지제부 직 경 (cm)	생 체 중 (g)			건 물 중 (g)		
			전체	지하부	지하부	전체	지상부	지하부
T0	12.63ab ^x	0.16b	1.78b	1.14bc	0.64b	0.32a	0.23a	0.08b
T1	13.16a	0.18ab	2.10a	1.03c	1.06a	0.39a	0.25a	0.14a
T2	12.46ab	0.19a	1.78b	1.23b	0.56b	0.33a	0.25a	0.07b
T3	11.16a-c	0.04fg	0.17fg	0.12g	0.05c	0.06b	0.02bc	0.03c
T4	11.16a-c	0.06e-g	0.14g	0.08g	0.05c	0.05c	0.05c	0.05c
T5	10.60a-c	0.07de	0.40df	0.32d-f	0.08c	0.08c	0.06bc	0.01c
T6	11.13a-c	0.09c-e	0.14fg	0.08g	0.06c	0.04b	0.02bc	0.01c
T7	7.16c	0.10cd	0.55cd	0.44de	0.11c	0.10b	0.07bc	0.02c
T8	6.83c	0.08c-e	0.23e-g	0.14fg	0.08c	0.06b	0.04bc	0.01c
T9	1.56a-c	0.17ab	2.15a	1.66a	0.48b	0.33a	0.25a	0.08b
T10	12.40ab	0.09c-e	0.19e-g	0.10g	0.09c	0.05b	0.03bc	0.02c
T11	13.40a	0.11c	0.44c-e	0.28e-g	0.16c	0.08b	0.06bc	0.02c
T12	8.50a-c	0.10cd	0.67c	0.50d	0.17c	0.13b	0.10b	0.03c
T13	13.16a	0.03g	0.16fg	0.10g	0.06c	0.05b	0.03bc	0.01c
T14	12.90a	0.08c-e	0.26e-g	0.15fg	0.10c	0.05b	0.04bc	0.01c
T15	13.16a	0.07de	0.18fg	0.11g	0.07c	0.05b	0.03bc	0.02c
T16	7.73bc	0.08c-e	0.23e-g	0.14fg	0.09c	0.05b	0.03bc	0.01c
T17	12.56ab	0.07d-f	0.17fg	0.10g	0.06c	0.04b	0.02bc	0.02c
T18	9.30a-c	0.09c-e	0.12g	0.07g	0.05c	0.03b	0.01c	0.02c

^z 파종일자 : 1996. 5. 4. ^y 표 3-1 참조. ^x 같은 글자는 DMRT 5%에서 유의성이 없음.

다) 자작나무

5월 4일 종자 파종 후 5개월의 경시적 성장변화를 보면 자작나무는 소나무나 낙엽송에 비하여 더 뚜렷한 차이를 보였다. 초장은 파종 2개월후인 7월 4일에는 T1에서 가장 컸고 다음이 T0, T2, T9 순이었다. 다른 처리구는 대체로 낮은 값을 보이고 있었다. 이러한 경향은 최종 조사일인 10월 4일까지 같은 경향이었는데 시간이 갈수록 초장 차이가 벌어졌다. 최종 조사일에 가장 큰 구는 T9로 75cm 까지 자라서 너무 도장하는 것으로 생각되었다. T0, T1, T2는 35~47cm로 비교적 건실한 것으로 보이며 초폭에서도 이와 비슷한 경향을 보이고 있었다. 엽장과 엽폭도 초장과 초폭처럼 T12나 T9는 너무 컸던데 비해 T0, T1, T2에서 건실한 생장을 보였다(표 3-14).

근장은 T0, T1, T2에서 길었는데 T9도 높은 값을 보여 주었다. 지제부 직경은 T9에서 가장 크게 나타났으나 T0, T1과 T12도 비교적 컸다. 가장 작았던 구는 T8이었고, T4, T15도 생장이 매우 저조하였다. 생체중은 T9에서 가장 높았고 그 다음이 T12이었으며 T0, T1과 T2도 높은 생체중을 보였다. 이러한 생체중의 값은 처리간에 차이가 심하여 가장 낮은 T8의 0.08g과는 매우 큰 차이를 보였으며, 지상부와 지하부 생체중 및 건물중에서도 같은 경향을 보였다. 이러한 경향은 생체중 및 건물중은 T9에서 가장 많았고 이것을 지상부와 지하부 모두 가장 많았고 이 둘을 합한 전체에서도 가장 높은 성장량을 보였다. 다음은 T12로 19처리중 두 번째로 높은 성장량을 보이고 있었다. 이어 T0와 T1으로 소나무와 낙엽송에서 가장 좋았던 배합토 보다는 부엽과 논흙이 들어간 것들이 더욱 좋았다.

따라서 자작나무에서는 T9이나 T12와 같은 부엽이나 논흙(땅콩껍

질) 등이 혼합된 무거운 흙들에서 생장이 좋았다.

표 3-14. 자작나무 피종용토 종류별 소형 포트묘^z의 경시적 변화 (단위:cm)

처리 ^y	초 장				초 폭				엽 장				엽 폭			
	7/4	8/4	9/4	10/4	7/4	8/4	9/4	10/4	7/4	8/4	9/4	10/4	7/4	8/4	9/4	10/4
T0	8.81b ^z	20.12c	38.37b	47.00c	9.45b	15.06a	18.75ab	17.66b	3.45b	6.14b	8.65b	8.00bc	3.01bc	4.74b	7.49a	5.40c
T1	12.92a	23.19b	35.07b	46.33c	46.33c	13.57b	15.44c	18.33b	4.98c	6.09c	6.94c	8.60bc	4.07a	4.39b	5.70b	5.96bc
T2	4.27c	12.89d	24.90c	35.66d	5.89d	10.14c	16.90bc	18.00b	1.39c	4.88c	5.57d	7.56bc	3.16b	2.98c	5.61b	5.33c
T3	0.85d	1.39fg	2.70e	5.93f-h	0.93f	1.61g	4.84e	7.20de	0.00e	0.00f	0.00e	3.16f	1.91d-f	0.00e	0.00d	2.43e-g
T4	0.72d	0.86g	1.03g	2.56gh	0.83f	0.97g	0.98h	2.43fg	0.00e	0.00f	0.00e	1.16f-h	0.00g	0.00e	0.00d	0.93i
T5	1.03d	2.48fg	10.16d	11.20ef	1.13f	2.85ef	10.57d	11.80c	0.00e	0.00f	0.00e	5.56d	4.51a	0.00e	0.00d	4.13d
T6	0.64d	0.88g	3.39e	8.00fg	0.78f	2.98g	3.90ef	6.23d-f	0.00e	0.00f	0.00e	3.06e-g	0.00g	0.00e	0.00d	2.90e
T7	1.03d	2.78fg	12.93d	15.33e	1.13f	2.84ef	10.65d	11.33c	0.00e	0.00f	0.20e	6.63cd	4.47a	0.00e	0.27d	5.16c
T8	0.78d	1.03g	4.15e	1.87h	0.92f	1.17g	15.14e	1.50g	0.00e	0.00f	0.00e	0.86h	2.14cd	0.00e	0.00d	0.76i
T9	5.04c	27.24a	48.00a	74.33a	6.87c	15.77a	19.80a	27.16a	2.41c	6.99a	9.60b	9.06b	2.11c-e	5.37a	7.40a	6.70b
T10	0.87d	1.04g	3.63호	3.63gh	1.16f	1.30g	2.40f-h	3.53e-g	0.00e	0.00f	0.11e	3.30e	1.14ef	0.00e	0.09d	1.43g-i
T11	0.99d	3.43f	35.16d	35.16d	1.32f	3.42e	10.50d	20.66b	0.00e	0.79e	4.72d	8.26bc	1.05fg	0.70d	3.61c	5.96bc
T12	1.51d	9.19e	63.00b	63.00b	2.97e	8.11d	19.80a	26.66a	0.50e	3.86d	10.95e	11.00a	0.17g	3.08c	8.19a	7.73a
T13	1.04d	1.44fg	4.90gh	4.90gh	1.44f	1.85fg	4.15ef	5.66d-f	0.00e	0.00f	0.23e	2.46e-h	1.71d-f	0.00e	0.20d	1.76f-i
T14	0.93d	1.19g	7.00f-h	7.00f-h	1.11f	1.27g	4.77e	5.73d-f	0.00e	0.00f	0.00e	3.23ef	0.00g	0.00e	0.00d	2.66ef
T15	0.65d	0.82g	3.13gh	3.13gh	0.64f	0.90g	1.71gh	3.46e-g	0.00e	0.00f	0.00e	1.43e-h	0.00g	0.00e	0.00d	1.20hi
T16	0.72d	0.94g	4.70gh	4.70gh	0.77f	1.03g	3.02e-h	5.90d-f	0.00e	0.00f	0.00e	2.66e-h	0.00g	0.00e	0.00d	2.23e-h
T17	0.87d	1.07g	2.46호	2.46gh	1.18f	1.31g	3.12e-g	2.73fg	0.00e	0.00f	0.00e	1.06gh	0.00g	0.00e	0.00d	1.30hi
T18	0.78d	0.85g	8.83cd	8.83cd	0.93f	0.84g	1.23gh	8.83cd	0.00e	0.00f	0.00e	3.32e	0.00g	0.00e	0.00d	3.26de

^z 파종일자 : 1996. 5. 4, ^y 표 3-1 참조, * 같은 글자는 DMRT 5%에서 유의성이 없음.

표 3-15. 자작나무 파종용토 종류별 소형 포트묘²의 생체중 및 건물중

처리 ^y	근 장 (cm)	지제부 직 경 (cm)	생 체 중 (g)			건 물 중 (g)		
			전체	지상부	지하부	전체	지상부	지하부
T0	30.23a ^x	0.41b	9.17c	5.65c	3.51d	2.98c	2.07c	0.91c
T1	25.66ab	0.34cd	10.82c	5.82c	5.00d	0.80c	1.85c	0.94c
T2	24.43ab	0.29e	6.62d	4.03ad	2.59de	1.70d	1.14d	0.55d
T3	9.10cd	0.13h	0.50e	0.27f	0.23f	0.12f	0.08f	0.04f
T4	5.40d	0.06j-1	0.13e	0.07f	0.06f	0.03f	0.01f	0.02f
T5	17.36bc	0.19f	1.41e	0.89ef	0.52f	0.35f	0.26ef	0.09f
T6	8.33cd	0.10h-k	0.35e	0.23f	0.11f	0.09f	0.06f	0.03f
T7	9.76cd	0.12hi	1.30e	1.03ef	0.27f	0.31f	0.26ef	0.05f
T8	3.53d	0.04l	0.08e	0.04f	0.04f	0.02f	0.01f	0.01f
T9	28.33a	0.52a	26.70a	17.42a	9.28a	8.26a	5.72a	2.54a
T10	10.86cd	0.10h-j	0.15e	0.09f	0.05f	0.03f	0.02f	0.01f
T11	17.40bc	0.31de	5.01d	2.99de	2.02e	1.09e	0.77de	0.32e
T12	25.30ab	0.38bc	20.07b	11.83b	8.23b	4.54b	3.12b	1.41b
T13	12.66cd	0.11hi	0.57e	0.25f	0.32f	0.14f	0.07f	0.07f
T14	8.96cd	0.11hi	0.51e	0.24f	0.27f	0.11f	0.06f	0.04f
T15	7.70d	0.08j-k	0.10e	0.07f	0.03f	0.02f	0.01f	0.01f
T16	11.70cd	0.14gh	0.50e	0.31f	0.19f	0.09f	0.06f	0.03f
T17	9.33cd	0.061kl	0.16e	0.08f	0.08f	0.02f	0.01f	0.01f
T18	8.93cd	0.17fg	0.95e	0.48f	0.46f	0.16f	0.09f	0.06f

^z 파종일자 : 1996.5.4, ^y 표 3-1 참조, ^x 같은 글자는 DMRT 5%에서 유의성이 없음.

나. 임업 소형 포트용 복토 자재 개발 연구

1) 소나무

초장이 가장 좋았던 용토는 앞에서와 마찬가지로 피트모스+질석+펄라이트를 동율로 혼합한 구가 가장 좋았다. 처리구 중 복토 자재 별 초장의 경시적 변화를 보면 파종 2개월후인 7월 4일에는 고운 마사흙이 좋았으나 육묘 5개월후인 10월 4일에는 모래, 펄라이트에서 가장 컸다. 이것을 배합토의 종류에 따라 차이를 보여 M0에서는 모래와 펄라이트로 복토하는 것이 약간 좋은 결과를 보였다. 소나무에서는 질석도 좋았지만 펄라이트가 조금 더 생장이 좋았다. 이러한 경향은 초목에서도 같은 결과를 보였는데 초기에는 질석보다는 다른 3재료가 좋았지만 최종 조사일은 질석과 펄라이트에서 초목이 컸다 (표 3-16).

5개월 육묘후의 성장량에서도 M1용토에서 가장 좋았다. 생체중에서 가장 컸던 구는 MIC1로 질석 복토가 좋았으나 MIC3, MIC4와는 유의차가 없어 펄라이트나 고운 마사흙도 복토 자재로 사용 가능할 것으로 보였다. 이러한 현상은 지상부 생체중과 지하부 생체중에서도 비슷한 경향을 보였다. 건물중도 생체중과 같이 M1용토에서 가장 좋았고 C1(질석)과 C3(펄라이트)에서 가장 컸으나 다른 두 처리와도 통계적인 유의차가 없었다. 지상부 건물중은 처리간에 차이가 뚜렷하였으나 지하부는 24처리 모두 유의차를 인정할 수가 없었다. 이러한 경향은 M0, M1 용토 외에 다른 용토에서도 비슷한 경향을 보였다. 근장은 M0, M2용토에서 가장 길었으며 질석과 모래 복토구에서 다소 긴 경향을 보였다. 지제부 직경은 M1에서 가장 컸고 C1과 C2에

서 비교적 높은 값을 보였다(표 3-17).

표 3-16. 소나무 소형 포트묘 적정복토^z 구멍시험 경시적 생장변화 (단위:cm)

처 리 ^y	초 장				초 폭			
	7/4	8/4	9/4	10/4	7/4	8/4	9/4	10/4
M0C1	5.87d-f ^x	8.04de	10.33e-g	9.96d-f	5.58a-c	6.05b-f	6.00c-f	5.56b-f
M0C2	5.73d-f	8.44cd	11.05d-f	15.26a-c	5.17b-f	5.48e-h	5.48e-h	5.56b-f
M0C3	6.55cd	8.94c	12.50cd	14.83bc	5.24a-f	6.31b-d	6.7bc	6.83b
M0C4	6.44cd	8.65cd	11.20d-f	12.46b-d	5.71ab	6.04b-f	6.58b-d	5.50b-f
M1C1	7.51bc	14.25a	16.75a	14.16b-d	5.18b-f	6.15b-e	6.95b	10.23a
M1C2	8.11b	14.65a	15.85ab	19.56a	5.54a-c	6.48bc	5.84d-g	7.16b
M1C3	8.21b	14.27a	15.30ab	19.36a	5.67a-c	7.25a	8.03a	9.63a
M1C4	10.39a	11.79b	14.60b	16.00ab	5.50a-d	6.67ab	6.05c-e	6.53b-d
M2C1	5.85d-f	8.20cd	11.89c-e	13.66b-d	5.46a-d	5.50e-h	4.47kl	5.50b-f
M2C2	5.90de	8.48cd	13.13c	15.50a-c	5.50a-d	5.80g	4.86h-k	9.16a
M2C3	5.26d-h	7.81c-e	11.82c-e	14.90bc	5.37a-e	5.27gh	4.59i-l	5.46b-f
M2C4	5.42d-g	8.04c-e	11.52hd-f	14.50b-d	5.46a-d	6.04b-f	4.01l	6.00b-e
M3C1	3.83h	4.27f	4.90h	4.26g	4.82d-f	4.52i	5.35e-j	4.00fg
M3C2	4.07gh	4.39f	4.90h	4.83g	5.13b-f	5.33f-h	5.34e-j	4.93c-f
M3C3	4.29gh	4.34f	4.45h	6.06fg	4.74ef	5.02hi	4.55j-l	4.76d-g
M3C4	4.07gh	4.51f	4.92h	5.33g	4.62f	5.03hi	5.02g-k	4.70d-g
M4C1	4.85e-h	7.74c-e	10.04fg	11.40b-e	5.53a-c	5.71d-h	5.41e-i	6.20b-d
M4C2	4.46f-h	7.47de	11.36d-f	11.26c-e	5.51a-d	5.15g-i	5.54e-h	6.73bc
M4C3	4.22gh	6.95e	9.27g	12.16b-d	5.18b-f	5.44e-h	5.09g-k	7.06b
M4C4	4.25gh	8.39cd	10.7e-g	12.93b-d	4.96c-f	5.05hi	5.66e-h	6.33b-d
M5C1	4.17gh	4.92f	4.93h	4.16g	5.64a-c	6.05b-f	4.93h-k	3.03g
M5C2	3.80h	4.40f	4.31h	7.20e-g	5.18b-f	5.68d-h	5.43e-h	4.16e-g
M5C3	4.15gh	4.59f	4.84h	5.63fg	5.88a	6.09b-f	5.19f-k	4.26e-g
M5C4	4.11gh	4.59f	4.91h	6.43fg	5.42a-e	5.59d-h	4.69i-l	4.10fg

^z 파종일자 : 1996.5.4, ^y 표 3-2, 3 참조, ^x 같은 글자는 DMRT 5%에서 유의성이 없음.

표 3-17. 소나무 소형 포트묘^z 적정복토 구명시험 생체중 및 건물중

처 리 ^y	근 장 (cm)	직 경 (cm)	생 체 중 (g)			건 물 중 (g)		
			전체	지상부	지하부	전체	지상부	지하부
M0C1	19.00a-d	0.12d-h	1.76c-f	0.83de	0.93cd	0.35d-g	0.21c-e	4.00a
M0C2	18.83a-d	0.15b-d	1.69c-f	1.11c-e	0.58d-h	0.36c-g	0.25c-e	4.33a
M0C3	17.00b-e	0.18a-c	2.11c	1.36c	0.75de	0.63a-c	0.31bc	5.00a
M0C4	19.86a-c	0.13d-g	1.55c-f	0.83de	0.72d-f	0.31d-g	0.18c-e	4.00a
M1C1	16.16b-f	0.22a	4.15a	2.24ab	1.91a	0.85a	0.59a	1.33a
M1C2	16.66b-e	0.21a	3.10b	2.08b	1.02cd	0.71ab	0.53a	4.66a
M1C3	17.43b-e	0.19ab	3.86a	2.26ab	1.59ab	0.81a	0.55a	3.33a
M1C4	18.33a-e	0.18a-c	3.91a	2.62a	1.29bc	0.71ab	0.49ab	3.00a
M2C1	20.73a-c	0.12d-h	2.05c-e	1.31cd	0.73d-f	0.40c-f	0.28b-d	3.00a
M2C2	24.00a	0.14c-f	2.05c-e	1.29c-e	0.76de	0.31d-g	0.19c-e	5.00a
M2C3	17.66b-e	0.15b-d	2.07cd	1.19c-e	0.88cd	0.41c-e	0.29b-d	2.33a
M2C4	21.33ab	0.15b-d	2.02c-e	1.35c	0.66d-g	0.46b-d	0.30bc	5.00a
M3C1	10.33f	0.09hi	0.20i	0.15f	0.05i	0.22d-g	0.21c-e	2.00a
M3C2	13.26d-f	0.09g-i	0.31i	0.23f	0.08i	0.10fg	0.07c-e	5.00a
M3C3	16.13b-f	0.10g-i	0.37i	0.20f	0.17hi	0.11e-g	0.06c-e	4.33a
M3C4	14.50c-f	0.10g-i	0.29i	0.19f	0.10i	0.08g	0.05de	2.66a
M4C1	16.33b-f	0.12d-h	1.18f-h	0.80e	0.38e-i	0.22d-g	0.18c-e	5.33a
M4C2	18.03a-e	0.13d-h	1.25d-g	0.89c-e	0.35e-i	0.29d-g	0.20c-e	4.66a
M4C3	17.33b-e	0.12d-h	1.24e-g	0.88c-e	0.36e-i	0.29d-g	0.20c-e	2.00a
M4C4	16.90b-e	0.15c-e	1.47c-f	1.07c-e	0.40e-i	0.35c-g	0.26c-e	4.33a
M5C1	11.13c-f	0.07i	0.21i	0.13f	0.08i	0.06g	0.04e	4.66a
M5C2	18.76a-d	0.11d-h	0.61g-i	0.33f	0.28f-i	0.18d-g	0.11c-e	5.66a
M5C3	17.66b-e	0.11e-i	0.46hi	0.25f	0.21g-i	0.14e-g	0.08c-e	2.33a
M5C4	12.00ef	0.10f-i	0.30i	0.22f	0.08i	0.10g	0.07c-e	4.33a

^z 파종일자 : 1996.5.4, ^y 표 3-2, 3 참조. * 같은 글자는 DMRT 5%에서 유의성이 없음.

2) 자작나무

M0, M1, M2, M4 용토에서 생장이 좋았고 M3, M5는 좋지 않았다.

초장의 경시적 변화에서 가장 컸던 구는 M4C1인 질석 복토구가 가장 컸고 다음이 M1C1으로 모두 질석 복토구가 컸다. 전체적으로 높은 초장을 보인 M1용토를 서로 비교하여 보면 초기에는 C3복토에서 가장 컸으나 최종 조사에서는 C21구에서 가장 컸다. 초폭도 M4C1에서 가장 컸는데 C1구에서 컸다. M1용토에서도 C4(고운 마사흙)을 제외한 C1, C2, C3구 모두 컸다. 이 중에서 C3구가 가장 높은 값을 보였다. 이러한 경향은 엽장과 엽폭에서도 비슷한 경향을 보여주고 있었다(표 3-18).

육묘 5개월 후 성장량을 조사한 결과, 생체중은 M1용토에서 전체적으로 높았고 C1에서 가장 높은 생체중을 보였다. 그러나 다른 3복토 자재간에는 유의차가 없었다. 따라서 어느 자재로 복토하여도 좋지만 질석 복토가 다소 나은 경향을 보여주고 있었다. M4용토에서도 질석 복토구가 가장 좋았는데 C4인 고운 마사흙도 높은 생체중을 보였다. 건물중에서도 생체중과 같은 경향으로 M4C1에서 가장 높았고 그 다음은 M1C1으로 질석 복토구가 대체로 전체 건물중량이 많았다. 이러한 경향은 지상부와 지하부의 건물중에서도 같은 경향을 보였다. 근장은 M0, M1, M4 용토에서 가장 길었다. 전체 처리중에는 M2C2가 가장 길었고 다음이 M1C1이었다. 생장이 좋았던 M4용토에서 C3과 C4가 C1, C2보다 더 길었다. 그러나 M1용토에서는 C12가 가장 길었다. 식물체의 견실함을 보여주는 지제부직경은 M1C1에서 가장 컸다. 다음은 C4와 C2로써 M1용토에서 높은 지제부직경을 보였다(표 3-19).

이상의 결과를 종합하여 보면 M1용토에서 C1(질석)으로 복토한 것이 가장 좋았으나 다른 복토자재를 사용하여도 통계적인 유의차를 보이지 않았다.

표 3-18. 자작나무 소형 포트묘² 적정복토 구명시험 경시적 생장변화 (단위:cm)

처리 ^y	초 장				초 폭				엽 장				엽 폭			
	7/4	8/4	9/4	10/4	7/4	8/4	9/4	10/4	7/4	8/4	9/4	10/4	7/4	8/4	9/4	10/4
M01	7.8 ^{ef}	17.7 ^{h-f}	32.3 ^{c-e}	45.0 ^{cd}	8.1 ^{5c}	12.9 ^{bc}	18.4 ^{ba-e}	23.5 ^{ab}	3.5 ^b	6.6 ^{b-e}	10.3 ^{ab}	10.3 ^{ab}	2.8 ^{0a}	4.5 ^{b-f}	7.7 ^{b-d}	7.1 ^{6a}
M02	4.2 ^{3ef}	14.6 ^{6e-g}	28.1 ^{0-f}	43.6 ^{cd}	4.3 ^{3fg}	11.1 ^{9cd}	17.1 ^{0c-f}	14.3 ^{0e}	1.9 ^{9cd}	5.4 ^{b-f}	6.6 ^h	7.0 ⁰	1.7 ^{3h}	4.4 ^{b-f}	4.9 ^{6g}	5.5 ^{5a}
M03	2.7 ^{c-i}	12.5 ^{1fg}	18.8 ^{6g}	37.0 ^{1b}	4.2 ^{6fg}	10.6 ^{cd}	14.0 ^{0f}	17.3 ^{b-c}	1.0 ^{0bc}	5.2 ^{3-f}	6.9 ^{gh}	8.0 ⁰	0.8 ^{0ef}	3.6 ^{8-f}	5.4 ^{0g}	5.7 ^{3a}
M04	2.7 ³⁻ⁱ	12.6 ^{3fg}	28.1 ^{0-f}	27.3 ^{3ef}	5.6 ^{2fg}	10.9 ^{cd}	18.4 ^{0a-e}	17.3 ^{b-e}	1.6 ^{8cd}	5.4 ^{0-f}	9.2 ^{5a-f}	8.0 ⁰	1.3 ^{0h-f}	3.9 ^{4-c}	6.6 ^{5-f}	5.9 ^{0a}
M1C1	9.4 ^{cd}	23.2 ^{5a-c}	38.5 ^{1bc}	58.6 ^{6b}	10.3 ^{5b}	16.0 ^{1a}	18.5 ^{0a-e}	22.5 ^{0b}	4.0 ^{0b}	10.4 ⁰	9.0 ^{0a-f}	10.2 ^{0a}	3.2 ^{1bc}	7.9 ^{0a}	6.3 ^{3-f}	7.3 ^{0a}
M1C2	10.4 ^{2c}	25.1 ^{0b}	42.1 ^{0b}	45.6 ^{6cd}	11.0 ^{5b}	15.0 ^{1b}	19.0 ^{5a-c}	17.5 ^{0c}	5.2 ^{1a}	6.3 ^{0b-f}	8.5 ^{3-g}	7.8 ^{0b}	4.0 ^{0h}	4.9 ^{0b-c}	6.2 ^{0-g}	5.7 ^{0a}
M1C3	13.3 ^{7a}	27.6 ^{1a}	52.1 ^{0a}	39.3 ^{3d}	14.4 ^{2a}	15.0 ^{1b}	20.9 ^{0b}	17.0 ^{0c-e}	5.6 ^{3a}	7.3 ^{1c}	10.7 ^{5a}	7.6 ^{0b}	4.4 ^{5a}	4.9 ^{0b-e}	8.4 ^{0a}	5.7 ^{0a}
M1C4	11.9 ^{3b}	19.9 ^{3e}	37.1 ^{1c}	45.5 ^{1cd}	12.4 ^{7ab}	9.9 ^{1d}	18.1 ^{0b-c}	16.6 ^{3c-e}	5.0 ^{5a}	4.7 ^{0f}	7.5 ^{0f-h}	9.6 ^{3ab}	3.9 ^{0b}	3.2 ^{5f}	5.3 ^{0g}	6.4 ^{0a}
M2C1	2.1 ^{9f-i}	10.7 ^{6g}	23.8 ^{0g}	28.3 ^{3f}	3.5 ^{5g-i}	9.9 ^{3cd}	17.1 ^{0c-f}	15.8 ^{3b}	0.9 ^{9bc}	4.5 ^{2f}	8.1 ^{7d-h}	7.6 ^{0b}	0.7 ^{7fg}	3.6 ^{0f}	5.3 ^{0g}	5.6 ^{0a}
M2C2	3.4 ^{4e-g}	11.2 ^{6g}	21.2 ^{5fg}	23.1 ^{6f}	5.0 ^{5fg}	9.5 ^{1d}	16.5 ^{3c-f}	16.6 ^{3c-e}	1.6 ^{0cd}	4.5 ^{7f}	7.5 ^{0f-h}	7.6 ^{0b}	1.3 ^{3-f}	3.5 ^{5ef}	5.4 ^{0g}	5.7 ^{0a}
M2C3	3.9 ^{4ef}	14.8 ^{1e-g}	25.8 ^{0g}	35.6 ^{1b}	5.9 ^{4d-f}	12.0 ^{3b-d}	17.5 ^{0b-f}	16.6 ^{3c-e}	1.9 ^{0cd}	5.5 ^{0b-f}	8.5 ^{3-g}	7.6 ^{0b}	1.6 ^{1cb}	4.2 ^{0b-f}	6.5 ^{0d-f}	5.7 ^{0a}
M2C4	4.6 ^{5c}	14.8 ^{1e-g}	25.7 ^{0g}	37.0 ^{1b}	6.5 ^{3cd}	10.9 ^{1cd}	15.3 ^{3cf}	17.5 ^{0c}	2.1 ^{5c}	5.3 ^{5c-f}	7.6 ^{5c-h}	11.4 ^{2a}	1.8 ^{0d}	4.0 ^{0-f}	5.7 ^{5c-g}	6.6 ^{0a}
M3C1	0.8 ^{8hi}	0.8 ^h	2.0 ³	4.6 ³	1.1 ^{5j}	0.8 ^{5e}	2.9 ^{4g}	5.7 ^{6f}	0.0 ^{0b}	0.0 ^{0g}	0.0 ⁰ⁱ	2.4 ⁰	0.0 ^{0g}	0.0 ^{0h}	0.0 ⁰	1.9 ^{0c}
M3C2	1.3 ⁸ⁱ	0.5 ^{3h}	2.3 ³	4.5 ³	1.1 ^{4j}	0.6 ^{0e}	2.4 ^{4g}	4.5 ^{6f}	0.0 ^{0b}	0.0 ^{0g}	0.0 ⁰ⁱ	3.2 ⁰	0.0 ^{0g}	0.0 ^{0h}	0.0 ⁰	2.0 ^{0c}
M3C3	0.8 ^{8hi}	0.8 ^h	2.5 ³	5.5 ³	0.9 ^{7j}	0.9 ^{5c}	3.3 ^{4g}	6.7 ^{6f}	0.0 ^{0b}	0.0 ^{0g}	0.0 ⁰ⁱ	3.3 ⁰	0.0 ^{0g}	0.0 ^{0h}	0.0 ⁰	3.0 ^{0b}
M3C4	0.6 ^{8hi}	0.8 ^h	5.8 ³	4.3 ³	0.8 ^{2j}	1.0 ^{5e}	5.1 ^{3g}	5.0 ^{6f}	0.0 ^{0b}	0.0 ^{0g}	0.1 ²ⁱ	2.5 ⁰	0.0 ^{0g}	0.0 ^{0h}	0.9 ⁰	2.6 ^{0c}
M4C1	3.0 ^{2b-h}	18.7 ^{2e}	32.4 ^{0e}	71.3 ^{1a}	5.9 ^{5b}	14.5 ^{1b}	20.2 ^{5a-c}	25.1 ^{0a}	2.0 ^{0cd}	7.1 ^{5b-d}	10.0 ^{2a-c}	9.6 ^{1ab}	1.7 ^{1d}	5.4 ^{0c}	7.8 ^{1b}	6.9 ^{0a}
M4C2	2.0 ^{0-f}	21.6 ^{3d}	35.5 ^{5d}	50.3 ^{3c}	3.5 ^{5f-i}	14.6 ^{1b}	21.9 ^{0a}	18.0 ^{0c}	0.9 ^{7bc}	7.1 ^{1b-d}	9.7 ^{5a-d}	9.0 ^{1ab}	0.7 ^{6fg}	5.2 ^{1b-d}	7.7 ^{0a-c}	6.0 ^{0a}
M4C3	2.2 ^{0-f}	21.4 ^{3d}	33.6 ^{5b-d}	39.3 ^{3d}	4.0 ^{0e-g}	14.7 ^{1b}	20.0 ^{0a-d}	19.9 ^{0b-d}	0.9 ^{5bc}	7.4 ^{0b}	9.3 ^{7a-e}	8.5 ^{1ab}	0.8 ^{0ef}	5.7 ^{0b}	6.9 ^{0b-e}	6.3 ^{0a}
M4C4	1.2 ^{2g-i}	15.5 ^{1e-g}	23.2 ^{7g}	57.3 ^{1b}	1.9 ^{4h-j}	12.3 ^{1b-d}	16.3 ^{3d-f}	20.5 ^{1c}	0.0 ^{0e}	5.7 ^{0b-f}	8.3 ^{2c-g}	9.0 ^{1ab}	0.0 ^{0g}	4.5 ^{0b-f}	6.2 ^{0-f}	7.2 ^{0a}
M5C1	0.5 ⁵ⁱ	0.9 ^{3h}	2.7 ³	6.7 ⁰	1.3 ^{1ij}	0.9 ^{2c}	3.7 ⁰	6.7 ^{0f}	0.0 ^{0b}	0.0 ^{0g}	0.0 ⁰ⁱ	2.6 ⁰	0.0 ^{0g}	0.0 ^{0h}	0.0 ⁰	2.2 ^{0c}
M5C2	0.5 ⁵ⁱ	0.8 ^{3h}	2.0 ³	3.0 ⁰	0.8 ^{1j}	1.0 ^{0c}	2.3 ⁰	4.5 ^{0f}	0.0 ^{0b}	0.0 ^{0g}	0.0 ⁰ⁱ	2.0 ⁰	0.0 ^{0g}	0.0 ^{0h}	0.0 ⁰	1.1 ^{0c}
M5C3	0.5 ⁵ⁱ	1.4 ³	2.7 ³	7.6 ⁰	0.7 ^{7j}	1.3 ⁰	3.9 ⁰	6.6 ^{0f}	0.0 ^{0b}	0.0 ^{0g}	0.0 ⁰ⁱ	3.8 ⁰	0.0 ^{0g}	0.0 ^{0h}	0.0 ⁰	3.0 ^{0b}
M5C4	0.5 ⁵ⁱ	0.8 ^{3h}	1.3 ³	2.9 ⁰	0.6 ^{2j}	0.6 ^{0c}	1.5 ⁰	3.3 ^{0f}	0.0 ^{0b}	0.0 ^{0g}	0.0 ⁰ⁱ	1.4 ⁰	0.0 ^{0g}	0.0 ^{0h}	0.0 ⁰	1.3 ^{0c}

^z 파종일자 : 1996. 5. 4, ^y 표 3-2, 3 참조, ^x 같은 글자는 DMRT 5%에서 유의성이 없음.

표 3-19. 자작나무 소형 포트묘^z 적정복토 구명시험 생체중 및 건물중

처 리 ^y	근 장 (cm)	직 경 (cm)	생 체 중 (g)			건 물 중 (g)		
			전체	지상부	지하부	전체	지상부	지하부
M0C1	21.66a-c ^x	0.36b-d	4.56ef	3.05e-h	1.51d	2.23c-f	1.50b-e	0.72c-g
M0C2	20.40bc	0.27c-c	4.97cf	3.78c-h	1.19c-g	1.35c-g	1.09c-f	0.26fg
M0C3	23.33a-c	0.27c-e	9.24b-e	5.05b-f	4.19b-f	2.27c-f	1.53b-e	0.74c-g
M0C4	17.76c	0.24d-f	3.85ef	2.22f-h	1.63d-g	0.83fg	0.56ef	0.27e-g
M1C1	26.33ab	0.56a	18.23a	10.28a	7.95ab	5.22a	3.30a	1.91a
M1C2	23.66a-c	0.40bc	12.66a-d	6.74a-e	5.92a-c	3.81a-c	2.32a-c	1.48a-c
M1C3	24.33a-c	0.35b-d	14.75ab	8.08ab	6.67a-c	4.29ab	2.76ab	1.53ab
M1C4	20.93bc	0.44b	13.57a-c	6.93a-d	6.64a-c	3.77a-d	2.32a-c	1.44a-c
M2C1	20.16bc	0.23d-g	15.92d-f	3.11d-h	2.81c-g	1.25e-g	0.84d-f	0.41e-g
M2C2	28.40a	0.24d-f	6.44d-f	2.95e-h	3.49c-g	1.56e-g	0.85d-f	0.70c-g
M2C3	21.70a-c	0.30b-d	7.99b-e	4.08c-g	3.91c-g	1.83d-g	1.19c-f	0.63d-g
M2C4	21.50a-c	0.29cd	7.06c-f	4.24c-f	2.81c-g	2.03c-g	1.33c-f	0.70c-g
M3C1	5.96d	0.12f-h	0.30f	0.19h	0.11g	0.04g	0.02f	0.01g
M3C2	7.90d	0.08h	0.35f	0.15h	0.20fg	0.15g	0.12f	0.03g
M3C3	5.06d	0.09h	0.48f	0.24gh	0.23fg	0.07g	0.04f	0.02g
M3C4	6.73d	0.09h	0.25f	0.13h	0.11g	0.05g	0.03f	0.02g
M4C1	23.00a-c	0.37b-d	18.48a	9.98a	8.50a	3.96a-c	2.73ab	1.22a-d
M4C2	23.23a-c	0.35b-d	9.94b-e	5.66b-f	4.28b-e	3.09b-e	2.03a-d	1.06b-e
M4C3	25.56ab	0.35b-d	9.53b-e	5.28b-f	4.25b-e	2.93b-e	1.56b-e	1.36a-d
M4C4	25.33ab	0.32b-d	12.74a-d	7.54a-c	5.19a-d	3.04b-e	2.14a-d	0.89b-fg
M5C1	9.03d	0.15e-h	0.59f	0.32gh	0.27fg	0.13g	0.08f	0.04g
M5C2	8.00d	0.09h	0.20f	0.12f	0.08g	0.04g	0.02f	0.02g
M5C3	7.46d	0.10g-h	0.69f	0.40gh	0.29fg	0.11g	0.07f	0.03g
M5C4	5.90d	0.05h	0.19f	0.22h	0.06g	0.03g	0.02f	0.01g

^z 파종일자 : 1996.5.4. ^y 표 3-2, 3 참조. ^x 같은 글자는 DMRT 5%에서 유의성이 없음.

2. 최적용기 개발

가. 국내 원예용 플러그판의 이용 연구

1) 소 나 무

소나무의 발아율은 T7, T8을 제외하고는 대부분 80% 이상으로 양호하였고, 용량이 13.9ml인 T6에서 가장 좋았다. 시기별 성장량을 보면 초장은 용기의 cell당 용량이 가장 큰 T1, T2에서 가장 높았고, 용량이 작은 T7에서 가장 낮았다. 그러나 초폭은 cell 당 용기의 용량이 큰 용기일수록 큰 경우도 있지만 작은 용기일수록 큰 경향도 나타냈다(표 3-20).

원예 플러그판에서 5개월(9월 22일)육묘한 후와 6개월(10월 14일)후의 생체중 및 건물중 및 매트형성을 보면 다음과 같다(표 3-21). 9월 22일 생체중에서 지상부는 한판에 가장 큰 cell을 가진 T1(40공으로 80.0ml의 용적)에서 가장 높은 값을 보였다. 그러나 cell의 용적이 작은 것일수록 가벼웠다.

이러한 현상은 지하부도 같은 경향을 보여 지상·하부 모두 cell의 용적에 비례하여 생체중에 차이를 보였다. 이러한 경향은 지상하·부의 합계인 전체 생체중에서도 마찬가지이었다. 한편 육묘 6개월후의 지상하부 생체중도 cell의 용적에 비례하여 변화를 보였고 10월 14일에서도 같았다. 한편 건물중도 생체중과 마찬가지로 플러그판의 cell의 용적의 크기와 건물중과는 비례하였다. 이는 두 조사 시기 공히 같은 경향을 보여주었다. 한편 5개월후와 6개월후를 비교해 보면, 5개월후에는 처리별로 유의차가 컸던 것이 6개월 후에는

처리별로 차이가 크지 않았으나, 뿌리가 엉킴정도인 매트형성은 모든 용기에서 잘 엉켜있어 모두 5를 보여주고 있었다.

표 3-20. 시설양묘용 플러그판 종류별 소나무의² 성장량

처리 ^y	용기cell 1당용량 (ml/cell)	발아율 (%)	초 장 (cm)				초 폭 (cm)			
			7/17	8/17	9/22	10/14	7/17	8/17	9/22	10/14
T1	80.0	87.0	10.7 ^x	15.0a	18.5a	21.5a	5.0bc	5.9a	7.7a-c	8.7c
T2	55.5	86.5	9.5ab	11.2b	17.1ab	20.5a	5.2de	5.0b	8.0ab	12.0b
T3	38.0	76.5	6.8cd	10.3b	14.2cd	17.0b-d	3.9e	5.1b	5.5b-d	10.2bc
T4	24.7	84.5	7.3c	11.4b	14.0dc	17.5bc	3.9e	5.7a	8.0ab	10.0bc
T5	20.0	86.5	7.4c	10.4b	13.2c-e	15.5c-e	3.9de	4.6bc	4.2d	6.0d
T6	13.9	94.5	8.2bc	9.7b	12.2de	15.0de	4.4de	4.1c	4.7cd	8.5cd
T7	9.0	61.0	5.6d	6.4c	11.5e	13.5e	5.5a	6.1a	7.0b-d	7.7cd
T8	26.0	60.0	7.6c	10.0b	15.2bc	17.7b	4.5cd	4.7b	10.0a	15.5a

² 파종일자 : 1997.4.17, 표 3-4 참조, ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성이 없음.

표 3-21. 시설양묘용 플러그판 종류별 소나무²의 육묘성장 현황

처리 ^y	생 체 중 (g)						건 물 중 (g)						매트형성 (1-5 좋음)	
	지상부		지하부		계		지상부		지하부		계			
	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14
T1	3.0a ^x	2.3ab	1.9a	2.8ab	4.9	5.1	0.8a	0.7a	0.3a	0.4ab	1.1	1.1	5.0a	5.0a
T2	1.6bc	3.2a	1.1b	3.4a	2.7	6.6	0.4bc	0.7a	0.2b	0.5a	0.6	1.2	5.0a	5.0a
T3	1.2b-d	2.3ab	0.8bc	1.9ab	2.0	4.1	0.3c	0.7a	0.1b	0.3ab	0.4	1.0	5.0a	5.0a
T4	1.3b-d	1.9ab	0.6c	1.9ab	1.9	3.8	0.3c	0.6ab	0.1b	0.3ab	0.4	0.9	5.0a	5.0a
T5	1.1b-d	1.5ab	0.6c	1.4ab	1.7	2.9	0.2c	0.4ab	0.1b	0.2ab	0.3	0.6	5.0a	5.0a
T6	0.8cd	1.7ab	0.5c	1.1ab	1.3	2.8	0.2c	0.5ab	0.2b	0.2ab	0.4	0.7	5.0a	5.0a
T7	0.6d	1.0b	0.4c	0.6b	1.0	1.6	0.2c	0.3b	0.2b	0.1b	0.4	0.4	5.0a	5.0a
T8	1.9b	2.3ab	1.1b	2.7ab	3.0	5.0	0.6ab	0.6ab	0.1b	0.3ab	0.7	0.9	5.0a	5.0a

² 파종일자 : 1997.4.17, 표 3-4 참조, ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성이 없음.

2) 낙엽송

원예용 플러그판 종류별로 5월(9월 22일) 육묘한 후와 6개월(10월 14일) 후의 생체중 및 건물중 그리고 매트형성을 보면 다음과 같다(표 3-26). 9월 22일 생체중에서 지상부는 T3(CELL당 38.0ml용적)에서 가장 높은 값을 보였다. 이러한 현상은 지하부도 같은 경향을 보였다. 한편 육묘 6개월 후의 지상·부의 생체중은 T5(CELL당 20.0 ml용적)에서 지하부는 T6(CELL당 13.9ml용적)에서 높은 값을 보였다. 플러그판 매트 형성율은 모든 용기에서 잘 엉키어 모두 5를 보여주고 있었다.

표 3-22. 시설양묘용 플러그판 종류별 낙엽송²의 육묘생장 현황

처리 ¹⁾	생체중 (g)				건물중 (g)				매트형성 (1→5종음)		고사율 (%)
	지상부		지하부		지상부		지하부		9/22	10/14	
	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14			
T1	0.8b [*]	0.2c	0.5b	0.5d	0.25b	0.1c	0.2b	0.1c	5.0a	5.0a	12.4
T2	0.3bc	0.9bc	0.1bc	0.8d	0.15bc	0.3bc	0.1bc	0.3bc	5.0a	5.0a	32.4
T3	1.9a	1.1bc	1.3a	1.1cd	0.45a	0.3bc	0.4a	0.1c	5.0a	5.0a	13.8
T4	0.4bc	2.8a	0.3bc	2.2b-d	0.15bc	0.8ab	0.1bc	0.3bc	5.0a	5.0a	54.7
T5	0.5bc	2.4a	0.4bc	2.7a-c	0.08c	1.0a	0.07c	0.4b	5.0a	5.0a	68.2
T6	0.2c	2.5a	0.2bc	4.1a	0.08c	0.6a-c	0.07c	0.6a	5.0a	5.0a	77.6
T7	0.2c	1.6ab	0.1c	1.2cd	0.05c	0.3bc	0.05c	0.2c	5.0a	5.0a	82.9
T8	0.2c	2.6a	0.2bc	3.8ab	0.10c	0.7ab	0.1c	0.3bc	5.0a	5.0a	0.0

² 파종일자 : 1997. 4. 17, ¹⁾ 표 3-4 참조, * 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성이 없음.

나. 국내외 시설양묘용 임업용기의 이용

1) 소나무

국내외 용기별 소나무의 성장량을 보면 Cell당 용적은 C4가 가장 컸고, C6이 가장 작았다. C6과 C7은 지피펠렛으로 아주 작는데 비하여 대부분이 50~80ml의 범위안에 들어갔다. 발아율은 C12가 100%로 가장 높았고, C8이 가장 낮았다. 전체적으로는 지피포트가 다소 낮은 발아율을 보였다. 파종후 경시적 초장과 초폭의 변화를 보면 3개월 후는 C4가 가장 크고 다음이 C5, C1, C3, C0 순이었으나 시간이 경과하면서 다소 차이를 보였다. 육묘 6개월후인 10월 14일에도 C4가 가장 컸으나 C5, C0, C1, C2 순으로 작아졌다. 이러한 경향은 초폭에서도 비슷하여 C4에서와 같이 용적이 큰 용기가 가장 컸다. 생체중도 C4에서 가장 컸고 다음이 C0이었으며 지피포트는 대체로 낮은 생체중을 보였다. 5개월과 6개월 육묘한 묘목의 생체중은 거의 비슷한 경향을 보이고 지상부와 지하부도 같은 경향을 보여주고 있었다(표 3-23).

건물중에서도 생체중과 같은 경향으로 C4에서 가장 많았고 다음이 C0, C5, C1, C3 순으로 높은 건물중을 보였다. 캐나다에서 수입한 roottrainer(C1)도 국내산 다른 용기와 차이가 없었다. 이들 건물중도 용기의 용토용량과 건물중과는 높은 상관성을 보이고 있었다. 이러한 현상은 5개월 육묘 또는 6개월 육묘 공히 비슷한 결과를 보여주고 있었다. 13종의 용기별로 성장량의 차이가 뚜렷하였으며 전체적으로 전술한 5용기에서 가장 좋은 성장을 보였다. 한편 매트형성은 최종조사일에 모두 최상의 매트형성인 5를 보여주었으나 5개월

육묘에서는 C3, C1, C5에서 4~4.5를 보여주었다(표 3-24).

표 3-23. 시설양묘용 용기종류별 소나무²의 생장량

처리 ^y	용기당 용량 (m ³ /cell)	발아율 (%)	초 장 (cm)				초 폭 (cm)			
			7/17	8/17	9/22	10/14	7/17	8/17	9/22	10/14
C0	75.0	74.0	10.2b ^x	16.6a	18.6ab	22.5ad	4.5b-d	5.4b-d	6.3c	9.0a-c
C1	82.0	92.3	11.4ab	13.7b	17.7bc	19.5cd	5.3ab	6.1ab	6.5bc	9.5a-c
C2	29.4	57.0	5.9cd	8.2cd	14.9cd	17.2d	4.1cd	4.5e	6.5bc	7.5bc
C3	46.6	93.6	10.5ab	14.0b	19.0cd	21.5bc	5.3ab	5.4b-d	7.6bc	14.0ab
C4	122.3	92.0	12.2a	14.6ad	22.0a	24.7a	5.6a	6.7a	13.5a	15.7a
C5	57.0	94.0	11.4ab	16.2a	20.2ad	23.0ab	4.5b-d	5.3c-e	7.1bc	9.0a-c
C6	4.6	18.0	4.3d	5.9e	11.7ed	14.5e	4.7bc	5.2c-e	4.5c	6.0c
C7	6.2	60.0	5.7cd	7.9c-e	10.0e	12.5ef	4.3cd	5.2c-e	4.0	7.5bc
C8	38.9	16.0	4.6d	7.8c-e	14.0d	17.2d	3.8d	4.7de	10.7ab	12.0a-c
C9	50.0	64.0	10.8ad	13.0b	15.1cd	12.8ef	5.2ad	6.0ab	7.0bc	10.8a-c
C10	76.0	63.0	5.9cd	7.1de	9.7e	10.7f	4.8bc	5.0c-e	4.5c	5.5c
C12	50.0	100.0	7.0c	10.0c	14.0d	18.0d	5.3ab	5.6bc	6.0c	13.7ab

² 파종일자 : 1997. 4. 17. 표 3-5 참조, * 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성이 없음.

표 3-24. 시설양묘용 용기종류별 소나무²의 육묘생장 현황

처리 ^y	생체중 (g)				건물중 (g)				매트형성 (1~5중음)	
	지상부		지하부		지상부		지하부		9/22	10/14
	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14		
C0	2.3b ¹	2.4bc	1.7b	2.4bc	0.6b	0.6a-c	0.3b	0.3b-d	5.0a	5.0a
C1	1.4de	1.8b-d	1.1b-d	2.0b-d	0.5bc	0.5b-d	0.1bc	0.3b-d	4.5a	5.0a
C2	1.1e-g	1.4de	0.8b-d	1.6c-e	0.2de	0.6a-c	0.1bc	0.2c-e	5.0a	5.0a
C3	1.9b-d	2.4bc	1.2b-d	2.2bc	0.5bc	0.7ab	0.2bc	0.4bc	4.0a	5.0a
C4	3.3a	3.3a	2.7a	3.8a	0.9a	0.9a	0.5a	0.7a	5.0a	5.0a
C5	2.1bc	2.6ab	1.3bc	2.8ab	0.6b	0.7ab	0.2bc	0.4b	4.5a	5.0a
C6	0.7fg	0.7ef	0.4d	0.8e	0.1e	0.2de	0.1bc	0.1ef	5.0a	5.0a
C7	0.5g	0.7ef	0.4d	0.9e	0.3c-e	0.2c-e	0.1b	0.1ef	5.0a	5.0a
C8	1.5c-e	1.7cd	0.6cd	1.5c-e	0.4cd	0.4b-d	0.2b	0.1ef	5.0a	5.0a
C9	1.2ef	0.1f	1.1b-d	0.6e	0.3c-e	0.01e	0.2c	0.01f	5.0a	5.0a
C10	0.5g	0.5f	0.4d	0.6e	0.1e	0.2de	0.1bc	0.1ef	5.0a	5.0a
C12	1.2ef	2.4bc	0.8b-d	1.6c-e	0.4cd	0.7ab	0.1c	0.2de	5.0a	5.0a

² 파종일자 : 1997. 4. 17. 표 3-5 참조, * 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성이 없음.

6가지 형질 상호간 상관관계를 보면 가장 중요한 것이 용기의 용적이었다. 용적과 통계적으로 유의하게 상관관계를 갖는 것은 초장, 근장, 생체중, 건물중에서 높은 상관을 가졌다(표 3-25). 식물생장을 좌우하는 생체중과 건물중은 용기용적과 정의 상관을 가져서 큰 묘를 얻을려면 큰 용기에 파종하여야 되었다. 한편 묘가 크면 같이 커지는 각종 형질(초장, 근장, 초폭 등)과는 높은 상관을 보였다. 따라서 7가지 형질과 처리간의 상관관계는 용기의 용량이 커질수록 초장, 근장, 생체중, 건물중이 높아지는 정의상관을 보였다.

표 3-25. 시설양묘 소나무²⁾의 6개월 육묘후 성장형질간 상관계수

	초 폭	근 장	생체중	건물중	매트형성 ³⁾	용 적
초 장	0.35	0.60 **	0.68 **	0.70 **	- 0.42	0.58 **
초 폭		0.73 **	0.38	0.39	- 0.34	0.29
근 장			0.70 **	0.66 **	- 0.24	0.54 *
생 체 중				0.75 **	- 0.17	0.53
건 물 중					- 0.11	0.52 *
매트형성						- 0.17

* 5%, ** 1%에서 유의성 있음(n=20). ²⁾ 정식일자 : 1997. 4. 17. ³⁾ 1997. 9. 22 자료

2) 낙엽송

초장은 파종 3개월후(7월 17일)에는 C5가 가장 컸으나 그후는 다소 변화가 있었다. 최종조사일인 10월 14일에는 C5에서 가장 컸다. 가장 작았던 구는 C6이었다. 초폭은 C3, C4, C5에 9월 22일까지는 컸으나 10월 14일에는 C2와 C0에서 가장 컸다(표 3-26).

표 3-26. 시설양묘 용기종류별 낙엽송²의 생장량

처리 ¹⁾	용기 cell 당용량 (m ³ /cell)	초 장 (cm)				초 폭 (cm)			
		7/17	8/17	9/22	10/14	7/17	8/17	9/22	10/14
C0	75.0	4.7b-d*	6.5cd	17.7b	22.2a	4.1a-c	5.4ab	8.0a	9.7ab
C1	82.0	5.7a-c	8.3bc	15.7b	19.0d	3.9a-b	4.8a-d	5.5c-e	7.2e
C2	29.4	3.8cd	5.2de	8.0c	14.0e	3.2c-e	4.3b-e	5.5c-e	10.2a
C3	46.6	7.6a	9.0bc	21.0a	22.2b	4.8a	5.3a-c	7.2ab	9.0bc
C4	122.3	7.1a	10.5ab	18.3b	19.5cd	4.8a	5.5ab	6.5a-c	7.7de
C5	57.0	7.9a	12.8a	15.7b	27.7a	4.4ab	5.8a	7.4ab	9.2a-c
C6	44.6	2.8d	4.1de	5.3de	3.7h	2.3e	3.7de	3.0g	3.0g
C7	6.2	3.5cd	3.7e	4.7de	5.2h	2.49de	3.5e	3.2fg	3.5g
C8	38.9	4.5b-d	5.3de	3.7e	4.1h	3.4b-e	3.2e	2.9g	3.9g
C9	50.0	6.3ab	6.7cd	8.6c	10.7f	3.7b-d	4.2c-e	5.8b-d	6.7e
C10	76.0	4.5b-d	5.3de	7.1cd	8.0g	3.4b-e	3.2e	4.7d-f	5.5f
C11	46.6	3.6cd	4.1de	18.0b	21.2bc	3.2c-e	4.3c-e	7.2ab	8.5cd
C12	50.0	3.2d	4.1de	4.8de	8.0g	3.2c-e	4.0de	4.2e-g	7.6de

¹⁾ 파종일자 : 1997.4.17. 표 3-5 참조. * 같은 글자는 던컨다중검정 5%에서 유의성이 없음.

낙엽송 육묘생장을 5개월후(9월 22일)와 6개월후(10월 14일)를 비교해 보면, 용기별로 다양해서 용기의 용적에 따라 큰 영향을 받지 않았고, 매트형성은 모두 5 이상으로 양호하였다(표 3-27). 그러나 소나무보다는 생육이 불량하여 용적이 작은 용기(C6, C7)에서 고사된 식물이 많았다. 생체중에서 지상부는 9월 22일 조사에서는 C3가 가장 컸으나 10월 14일에는 C4에서 가장 컸다. 따라서 용기 크기와는 생체중에 높은 상관을 보이지 않았다. 지하부는 5개월 육묘는 C3에서, 6개월후는 C6에서 가장 컸다. 따라서 큰 용기보다는 14~38ml 크기의 용기에서 생장이 좋았다. 전체적으로 보면 너무 큰 용기보다는 중소형의 cell을 가진 플러그판에서 높은 생체중을 보였다. 이러

한 경향은 건물중과 같은 경향을 보여주었다. 따라서 육묘기간에 따라 육묘용기 선택을 달리하여야할 것으로 보였다. 5개월 육묘에서는 C3가 좋으나 6개월 육묘에서는 좀더 작은 C6가 높은 건물중을 보였다. 그러나 C6는 높은 고사율을 보였다. 위의 결과를 종합하여 보면 원예용 플러그판에는 C3가 가장 좋은 결과를 보였다. 고사율은 용기 크기와 비례되게 클수록 고사율이 적었는데 C8, C1과 C3에서 가장 낮은 고사율을 보였다.

표 3-27. 시설양묘용 용기종류별 낙엽송^z의 육묘생장 현황

처 리 ^y	생 체 중 (g)				건 물 중 (g)				매트형성 (1-5등급)	
	지상부		지하부		지상부		지하부		9/22	10/14
C0	1.5b ^x	2.4b	1.3b	2.1ab	0.35bc	0.6bc	0.2a-c	0.4ab	5.0a	5.0a
C1	1.2b	1.4b-e	1.2b	0.9bc	0.35bc	0.3c-e	0.2ab	0.1b-d	5.0a	5.0a
C2	0.3c	1.6bc	0.2c	1.3bc	0.10d	0.5bc	0.1c	0.4a-c	5.0a	5.0a
C3	2.3a	2.5b	1.9a	3.4a	0.65a	0.7ab	0.3ab	0.5a	4.0a	5.0a
C4	1.6b	2.5b	1.2b	1.8a-c	0.40b	0.6a-c	0.3ab	0.4a-c	5.0a	5.0c
C5	1.4b	3.9a	1.5b	3.4a	0.35bc	0.9a	0.2a-c	0.5a	4.0b	5.0a
C6	0.2c	0.1e	0.2c	0.1c	0.06d	0.01e	0.1c	0.01d	5.0a	5.0a
C7	0.1c	0.1e	0.1c	0.2c	0.10d	0.1e	0.03c	0.01d	5.0a	5.0a
C8	0.2c	0.1e	0.1c	0.1c	0.09d	0.1e	0.01c	0.01d	5.0a	5.0a
C9	0.4c	1.0c-e	0.3c	0.8bc	0.20cd	0.3c-e	0.1bc	0.2b-d	5.0a	5.0a
C10	0.2c	0.2de	0.4c	0.3c	0.10d	0.1e	0.3a	0.1b-d	5.0a	5.0a
C11	2.8a	1.0c-d	1.3b	0.9bc	0.60a	0.5b-d	0.2a-c	0.2a-d	5.0a	5.0a
C12	0.2c	1.5b-d	0.2c	0.3c	0.08d	0.2de	0.1cd	0.1cd	5.0a	5.0a

^x 과종일차 : 1997. 4. 17. 표 3-5 참조, ^y 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성이 없음.

따라서 이상의 결과와 초장과 초폭 결과를 종합하여 보면 용기 종류별 styrofoam pot C3, 딸기육묘포트 C4, 아크릴팩판 C5에서 좋았고, 지피필렛 용기(C6~C10)에서 나쁜 경향이였다. (표 3-27) 생

체중은 9월 22일에 지상 하부 모두 C3에서 가장 컸으나 10월 14일에는 C5에서 가장 높았다. 전체적으로 jiffy pot묘는 생장이 불량하였다. 대조구인 C0보다는 C3, C4, C5에서 양호하거나 유의차가 없었다. 이러한 결과는 건물중에서 같은 경향을 보여 C3가 가장 좋았다.

매트형성은 모든 용기에서 5를 보였으나 9월 22일에 C4나 C5에서 4를 보였으나 10월 14일에는 모두 5를 보였다. 용기 종류별 낙엽송 육묘생장을 5개월후와 6개월후를 비교하여 종합하여보면, 지상부와 지하부의 생체중에서는 styrofoam pot C3, 딸기육묘포트 C4, 아크릴 팩판 C5에서 좋았고, 지피필렛 용기에서 나쁜 경향이였다. 그러나 매트형성은 용기별, 시기별 차이가 없었다.

이상의 6형질간 상관관계를 보면 원예용 플러그와는 달리 용기크기와는 생체중과 건물중에서는 높은 상관을 보였으나 초장, 초폭, 근장과는 통계적 유의한 상관관계가 인정되지 않았다. 한편 매트형성과는 건물중과 부의 상관관계를 보였다. 한편 식물체가 크면 같이 커지는 4가형질(초장, 초폭, 근장, 생체중, 건물중)사이에는 대부분 높은 상관관계를 보였다(표 3-28).

표 3-28. 시설양묘 낙엽송²의 6개월 육묘후 성장형질간 상관계수

	초 폭	근 장	생체중	건물중	매트형성 ³	용 적
초 장	0.65 ^{***}	0.56 ^{**}	0.61 ^{**}	0.72 ^{**}	-0.42	0.34
초 폭		0.54 [*]	0.29	0.34	-0.14	0.30
근 장			0.62 ^{**}	0.61 ^{**}	-0.003	0.06
생 체 중				0.88 ^{**}	-0.26	0.04 [*]
건 물 중					-0.48 [*]	0.01 [*]
매트형성						-0.09

^{*} 5%, ^{**} 1%에서 유의성 있음(n=20), ² 정식일자 : 1997. 4. 17, ³ 1997. 9. 22 자료

3) 자 작 나 무

자작나무는 너무 크게 자라는 활엽수로서 원예용 플러그판은 너무 적어서 사용이 불가능하고 용기 용량이 큰 임업용기만을 사용할 수 가 있어 시험하였다. 초장은 C0에서 4 조사시기 모두 가장 크며 C8에서 가장 작았다. 전체적으로 지피포트에서는 생장이 좋지 않았다. 한편 초폭은 C0, C1에서 가장 높았으며 대체로 초장과 비슷한 경향을 나타냈다. (표 3 -29)

표 3-29. 시설양묘용 용기종류별 자작나무^z의 성장량

처 리 ^y	용기cell 당용량 (ml/cell)	초 장 (cm)				초 폭 (cm)			
		8/11	9/11	9/22	10/14	8/11	9/11	9/22	10/14
C0	240.0	15.6a ^x	33.0a	42.0a	48.0a	14.3a	17.8a	21.5a	23.5a
C1	304.0	6.1b-d	16.3b-d	27.2b	42.5b	6.8b-d	12.3bc	18.2a	21.0ab
C3	170.0	8.6bc	20.33bc	15.7c	33.7c	8.3bc	16.6a	14.1b	17.5c-e
C4	122.3	10.6b	22.3b	32.5b	39.5b	10.0b	16.3a	18.0a	20.2a-c
C5	57.0	8.0b-d	14.6c-e	17.0c	28.0d	10.1b	13.8ab	13.5b	18.2b-d
C8	38.9	3.6d	33.0a	4.2e	8.2g	4.1d	5.0d	3.8e	12.7f
C9	50.0	4.0cd	8.1e	6.2de	9.2g	5.3cd	9.0c	7.7d	8.7g
C10	76.2	4.5cd	10.2de	13.0cd	15.7f	5.57cd	11.4bc	14.2b	16.0d-f
C11	46.6	4.2cd	7.5e	13.5cd	15.0f	4.9cd	8.3cd	9.7cd	13.7f
C12	50.0	7.0b-d	16.1b-d	17.5c	21.0e	7.0b-d	11.5bc	12.7bc	14.2ef

^z 파종일자 : 1997.5.20. 표 3 5 참조. ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성이 없음.

엽록소 함량은 8월 11일 조사에서는 전체 처리구간에 유의차이가 없었으나 10월 14일에는 C8에서 가장 낮은 값을 보였다. 그러나 전체적으로 엽록소 함량은 용기 종류에 따라 별 차이를 보이지 않았다. 한편 엽수는 C0에서 가장 많았으나 C1, C3, C4와는 통계적인 유

의 차이가 인정되지 않았다. 전체적으로 지피포트 용기에서는 엽수가 적었다(표 3-30).

자작나무의 생체중을 보면 9월 22일 조사에서 C0에서 지상, 하부 모두 가장 높은 값을 보였다. C0와 가장 유의차가 없이 높은 생체중을 보인 구는 지상부는 C1, C4, C5, C11이었고, 지하부도 C1, C4, C12에서 가장 높은 값을 보였다. 10월 14일 조사에서도 지상부는 C1, C3가 가장 컷고 C0, C5와는 유의차가 없었다. 지하부는 C3, C5가 가장 많았고 C0와도 유의차가 없었다. 이상의 결과를 종합하여 보면 C0를 포함하여 C1, C3, C4, C5는 자작나무 용기로서 알맞는 용기로 생각되었다. 건물중도 생체중과 마찬가지로 C1, C3, C4, C5용기에서 지상하부에서 높은 값을 보였다. 매트형성율은 뿌리영김을 나타내는 지표로서 대부분 모든 용기에서 5를 보였다(표 3-31).

표 3-30. 시설양묘용 용기종류별 자작나무²의 엽록소와 엽수 변화량

처 리 ^y	엽록소 (SPAD 502, %)			엽 수			
	8/11	9/11	10/14	8/11	9/11	9/22	10/14
C0	27.9a ^x	29.1a	27.4a	8.6a	14.0a	14.5a	16.5a
C1	26.4a	26.2ab	26.3a	5.0d	8.6bc	12.0a-c	14.5ab
C3	26.0a	23.0ab	26.9a	8.2ab	10.3a-c	8.5c-e	13.5b
C4	24.9a	25.0ab	19.2bc	6.3b-d	9.6b	13.0ab	14.5ab
C5	23.6a	24.6ab	25.2ab	6.0b-d	8.0b-d	9.5b-e	13.0b
C8	23.6a	19.7b	17.8c	5.3cd	4.3d	3.5f	5.5d
C9	28.4a	25.1ab	22.9a-c	7.3a-c	7.0b-d	7.5de	8.5c
C10	24.1a	22.9ab	24.6ab	7.0a-d	7.6b-d	7.5de	9.5c
C11	21.9a	25.5ab	23.0a-c	5.6cd	6.3cd	6.5ef	9.0c
C12	26.3a	28.1a	24.1ab	8.0ab	11.0ab	10.5b-d	12.5b

² 과종일자 : 1997. 5. 20. 표 3 5 참조, ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성이 없음.

표 3-31. 시설양묘용 용기종류별 자작나무²⁾의 육묘생장 현황

처 리	생 체 중 (g)				건 물 중 (g)				매트형성 (1→5종음)	
	지상부		지하부		지상부		지상부		9/22	10/14
	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14		
C0	5.8a [*]	4.6ab	5.8a	5.6ab	2.35a	1.1bc	0.01c	0.9a	4.5a	5.0a
C1	3.3ab	5.6a	3.3b	3.6bc	0.85c	1.7ab	0.04bc	0.7ab	5.0a	5.0a
C3	1.4ab	5.7a	1.2cd	9.1a	0.45de	1.8a	0.04bc	1.0a	5.0a	5.0a
C4	3.8ab	3.8b	3.5b	2.9bc	1.35b	1.3ab	0.15ab	0.7ab	5.0a	5.0a
C5	2.1ab	4.3ab	1.2cd	8.5a	0.60cd	1.3ab	0.01c	0.9ab	5.0a	5.0a
C8	0.1b	0.4c	0.2d	0.5c	0.09f	0.1d	0.01c	0.1c	5.0a	5.0a
C9	0.4b	0.4c	0.2d	0.5c	0.20ef	0.1d	0.05bc	0.05c	5.0a	5.0a
C10	1.1ab	1.3c	0.6d	1.6c	0.40d-f	0.3d	0.20a	0.4bc	5.0a	5.0a
C11	5.0ab	2.0c	0.6d	3.8bc	0.12f	0.6cd	0.02c	0.4bc	5.0a	5.0a
C12	1.4ab	1.9c	2.6bc	3.2bc	0.50de	0.6cd	0.01c	0.7ab	5.0a	5.0a

²⁾ 과종일자 : 1997. 5. 20. 표 3 5 참조, * 같은 글자는 Duncan검정 5%에서 유의성이 없음.

자작나무의 9가지 형질과 처리간의 상관관계를 보면, 용기의 용량이 커질수록 초장과 생체중, 염수가 높아지는 경향을 보였다. 초장, 초폭, 근장, 생체중, 건물중, 염수사이에는 높은 상관 관계를 보였다. 그러나 염록소 함량과 매트형성은 다른 형질과는 통계적인 상관관계가 인정되지 않았다.

표 3-32. 시설양묘 자작나무²⁾의 6개월 육묘후 성장형질간 상관계수

	초 폭	근 장	생체중	건물중	염 수	염록소	매트형성	용 적
초 장	0.88 ^{***}	0.58	0.96 ^{***}	0.85 ^{***}	0.93 ^{**}	0.26	-0.54	0.65 [†]
초 폭		0.48	0.87 ^{***}	0.68 [*]	0.71 [*]	0.12	-0.49	0.61
근 장			0.64 [*]	0.77 ^{***}	0.51	0.63	-0.14	0.50
생체중				0.94 ^{***}	0.87 ^{***}	0.37	-0.43	0.64 [*]
건물중					0.79 ^{***}	0.60	-0.39	0.53
염 수						0.29	-0.49	0.64 [†]
염록소							-0.28	0.04
매트형성								0.04

^{*} 5%, ^{**} 1%에서 유의성 있음(n=10), [†] 정식일자 : 1997. 5. 20., [‡] 1997. 9. 22 자료

4) 상수리나무

여러 용기 가운데 5용기에서만 높은 발아율과 생장을 보였다. 초장은 육묘 3개월부터 5개월까지는 C0을 포함한 C1, C3, C4, C11용기에서 유의차가 없었다. 그러나 6개월 육묘한 구에서는 C0, C1, C3에서 가장 크게 나타났다. 초폭은 이들 5처리 모두 조사시기에 관계없이 유의차이가 없었다. 그러나 평균치만은 C3에서 가장 크고 C2에서 가장 작았다. 한편 엽록소는 발아율이 100% 보이는 이들 5처리간에 유의차이가 없었다. 그러나 파종 6개월 후 조사에서는 C1이 가장 많았고, C11과 C0에서 가장 작았다(표 3-33).

생체중을 보면 지상부, 지하부 모두 9월 22일 조사에서는 C0, C1, C3, C4, C11모두 유의차가 없었다. 10월 14일 조사에서는 지상부는 유의차가 없었으나 C0, C11에서 가장 적었고 C1, C3에서 가장 컸다. 건물중도 생체중과 같은 경향을 보였는데 지상하부에서 이들 5처리 모두 유의차이가 없었다. 그러나 산술평균치를 보면 지상부는 C0에서, 지상부는 C1, C3에서 높았다. 건물중도 생체중과 같은 경향을 보였는데 지상하부에서 이들 5처리 모두 유의차이가 없었다. 그러나 산술평균치를 보면 지상부는 C0에서, 지하부는 C1, C3에서 높았다(표 3-34).

표3-33. 시설양묘용 용기종류별 상수리나무²의 생장량

처리 ¹⁾	용기별 당용량 (mℓ/cell)	발아율 (%)	초 장 (cm)				초 폭 (cm)				엽록소 (SPAD502,%)		
			7/17	8/17	9/22	10/14	7/17	8/17	9/22	10/14	7/17	8/17	10/14
			C0	240.0	100	27.4a	34.6a	36.5a	44.5a	18.4a	21.6a	21.2a	22.7a
C1	304.0	100	28.0a	33.2a	34.7a	42.2a	19.2a	19.8a	16.5a	18.7a	35.2a	33.4a	29.9a
C3	170.0	100	26.6a	32.4a	38.5a	42.2a	19.6a	22.2a	30.0a	32.7a	36.1a	35.6a	28.4b
C4	122.3	100	24.6a	32.0a	31.7a	36.2a	20.2a	20.6a	18.7a	21.7a	33.5a	32.6a	29.4ab
C11	46.6	100	25.2a	30.3a	36.5a	41.0ab	18.6a	19.2a	20.5a	24.0a	33.1a	32.3a	26.7c

¹⁾ 파종일자 : 1997.4.17, ²⁾ 표 3-5 참조, * 같은 글자는 Duncan검정 5%에서 유의성이 없음.

표 3-34. 시설양묘용 용기종류별 상수리나무²의 육묘생장 현황

처리 ¹⁾	생 체 중 (g)				건 물 중 (g)				매트형성 (1→5 좋음)	
	지상부		지하부		지상부		지하부		9/22	10/14
	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14	9/22	10/14
C0	5.7a	6.5a	25.5a	9.5b	3.4a	3.1a	8.1a	4.5a	3.5a	5.0
C1	5.0a	5.6a	16.3a	16.7a	2.4a	2.8a	5.2a	7.6a	4.5a	5.0
C3	5.3a	5.6a	18.8a	17.6a	2.5a	2.9a	5.0a	7.5a	5.0a	5.0
C4	3.8a	4.2a	12.8a	10.0b	1.8a	2.1a	4.0a	5.5a	5.0a	5.0
C11	5.2a	4.6a	12.1a	9.1b	2.8a	2.4a	3.8a	3.7a	5.0a	5.0

²⁾ 파종일자 : 1997.4.17, ¹⁾ 표 3-5 참조, * 같은 글자는 Duncan검정 5%에서 유의성이 없음.

6개월 육묘한 상수리나무에서 9개 형질간에 상관관계를 보면 용기 용적과는 유의성이 인정되지 않았으나 몇 가지 형질에서 유의성이 인정되었다. 건물중과 초폭, 그리고 매트형성과 초장 및 엽수와 엽록소는 부의상관을 보였고 근장과 엽록소, 근장과 매트형성은 정의상관을 보였다(표 3-35).

표 3-35. 시설양묘 상수리나무²의 6개월 육묘후 성장형질간 상관계수

	초	폭	근	장	생체중	건물중	엽	수	엽록소	매트형성	용	적
초 장	0.44	-0.44	0.84	0.36	0.50	-0.51	-0.74	0.43				
초 폭		0.66	0.56	-0.60	0.71	-0.52	-0.36	0.28				
근 장			0.09	-0.34	-0.21	0.80	0.57	0.19				
생체중				0.22	0.05	-0.14	-0.39	0.48				
건물중					-0.05	0.51	0.02	0.49				
엽 수						-0.66	-0.04	-0.44				
엽록소							0.54	0.49				
매트형성								-0.35				

² 정식일자 : 1997. 4. 17, ³ 1997. 9. 22 자료

3. 자동급수방법 및 양액개발

가. 자동생력급수방법

1) 소나무

4개월 육묘한 소나무의 관수방법간 생육상황은 큰 차이가 없었다. 초장과 경경은 유의차가 없었으나, 초폭과 근장 그리고 뿌리발달은 지상관수가 저면관수 보다 좋았다.

표 3-36. 소나무 126일 육묘후² 관수방법에 따른 생육상황

자동급수 방 법	초 장 (cm)	초 폭 (cm)	경 경 (cm)	근 장 (cm)	뿌리발달 (1→5 좋음)
지상관수	14.00 b ¹	6.28 b	0.20 b	15.50 a	4.60 a
저면관수	13.40 b	5.70 c	0.17 b	18.10 b	3.80 b

¹ 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자 : 1998. 8. 20. ² 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

생체중과 건물중은 지상관수와 저면관수 간에 유의차가 없었으며 이것은 지상하부 모두 마찬가지였다. 그러나 평균치만으로는 지상관수가 저면관수 보다 다소 높은 성장량을 보였다.

표 3-37. 소나무 126일 육묘후² 관수방법에 따른 생체중 및 건물중 (단위:g)

자동급수 방 법	생 체 중			건 물 중		
	전체	지상부	지하부	전체	지상부	지하부
지상관수	2.28 b ¹	1.50 b	0.78 b	0.50 b	0.36 b	0.14 b
저면관수	1.92 b	1.20 b	0.72 b	0.40 b	0.29 b	0.11 b

¹ 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자 : 1998. 8. 20. ² 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

관수방법에 따른 육묘용토의 pH, EC와 각종 물리성에는 큰 차이가 없었고 대체로 비슷하였다. pH는 지상관수가 다소 높았으며 EC는 저면관수가 높았으나 다른 물리성인 가비중, 진비중, 공극율, 수분함량, 고상, 액상, 기상은 비슷하였다.

표 3-38. 소나무 126일 육묘후² 관수방법에 따른 육묘용토의 물리성과 pH, EC 비교

자동급수 방 법	pH (1:5)	EC (ms/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	수분 함량 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
지상관수	6.47	0.19	0.16	0.75	78.59	83.4	21.30	13.34	65.36
저면관수	6.07	0.66	0.15	0.73	80.2	86.1	20.55	12.91	66.54

² 파종일자 : 1998. 4. 16, 조사일자 : 1998. 8. 20

육묘 용토의 화학적 성질도 관수방법에 따른 차이는 별로 없었다. P, Ca, Mg는 저면관수가 높았으나 다른 T-N 과 K는 비슷하였다. 한편 CEC는 지상관수가 높게 나타났다.

표 3-39. 소나무 126일 육묘후² 관수방법에 따른 육묘용토의 화학성

자동급수 방 법	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol/kg)	OM (%)
			K	Ca	Mg		
지상관수	0.24	102.6	0.243	0.217	0.071	62.3	-
저면관수	0.21	165.8	0.220	2.150	0.290	29.5	23.9

² 파종일자 : 1998. 4. 16, 조사일자 : 1998. 8. 20

식물체내 성분 분석에서 T-N은 지상관수가 다소 높았으나 1.03~

1.22 % 수준으로 비슷하였다. P, Ca는 비슷하였으나 K, Mg는 저면관수에서 더 많이 흡수된 것으로 보였다. 미량요소에서 Mn, Fe은 저면관수에서 흡수가 많았고 Zn, Cu는 지상관수에서 흡수가 많았다.

표 3-40. 소나무 126일 육묘후² 관수방법에 따른 식물체 분석

자동급수 방 법	T-N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Fe	Cu
	(%)					(mg · kg ⁻¹)			
지상관수	1.22	0.15	0.20	0.17	0.12	2,420	64.5	502.9	5.7
저면관수	1.03	0.16	0.83	0.12	0.21	2,080	87.4	831.7	3.8

² 과종일자 : 1998.4.16, 조사일자 : 1998.8.20

이상의 결과를 요약하면 소나무 육묘는 시비를 Hyponex 2,000배를 주 2회 지상관수와 저면관수 모두 좋았고 유의차가 없었으나 지상관수가 저면관수 보다 평균치에서 다소 높은 값을 보였다.

2) 자작나무

관수방법에 따른 생육상황 차이는 통계적인 유의성이 없었으나 산술적인 평균으로 보았을 때 저면급수가 지상관수 보다 초장, 초폭, 근원경, 근장의 성장량이 높았다.

표 3-41. 자작나무 126일 육묘후² 관수방법에 따른 생육상황

자동급수 방 법	초 장 (cm)	초 폭 (cm)	경 경 (cm)	근 장 (cm)	뿌리영킴 (1→5)
지상관수	30.40 a ^y	14.88 a	0.33 b	18.60 a	5.00 a
저면관수	38.60 a	16.40 a	0.35 a	24.24 a	4.80 a

² 과종일자 : 1998.4.16, 조사일자 : 1998.8.20, ^y 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

생체중과 건물중에서도 관수방법에 따른 유의차가 없었다. 이러한 현상은 지상하부 같은 경향을 보였다. 그러나 산술적인 평균에서는 저면관수가 지상관수 보다 좋은 경향치를 보였다.

표 3-42. 자작나무 126일 육묘후^z 관수방법에 따른 생체중 및 건물중 (단위:g)

자동급수 방 법	생 체 중			건 물 중		
	전체	지상부	지하부	전체	지상부	지하부
지상관수	5.40 a ^y	3.30 a	2.10 a	1.22 a	0.90 a	0.32 a
저면관수	6.16 a	4.20 a	1.88 a	1.70 a	1.26 a	0.44 a

^z 파종일자 : 1998. 4. 16, 조사일자 : 1998. 8. 20, ^y 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

126일 육묘후 육묘 용토의 pH, EC와 물리성 비교에서 관수방법에 따른 큰 차이는 없었다. 단 EC는 저면관수가, pH는 지상관수가 다소 높았다. 육묘 용토의 화학성도 관수방법간에 비슷하였으나, P, Ca, Mg, CEC는 저면관수가 지상관수 보다 더 많았다.

표 3-43. 자작나무 126일 육묘후^z 관수방법에 따른 육묘용토의 물리성과 PH, EC 비교

자동급수 방 법	pH	EC (Ms/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	수분 함량 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
지상관수	5.95	0.19	0.14	0.83	83.1	196.8	16.87	27.55	55.58
저면관수	5.71	0.57	0.13	0.82	84.2	170.8	15.85	22.20	61.95

^z 파종일자 : 1998. 4. 16, 조사일자 : 1998. 8. 20

식물체내 무기물 함량도 비슷하였지만 T-N, P, Mg, Fe 성분은 저면관수에서 높았고 K, Ca, Mn, Cu는 지상관수에서 다소 높았다.

표 3-44. 자작나무 126일 육묘후¹ 관수방법에 따른 육묘용토의 화학성

자동급수 방 법	T-N	Av. P ₂ O ₅	Exch. cations (cmol ⁺ /kg)			CEC	OM
	(%)	(mg/kg)	K	Ca	Mg	(cmol ⁺ /kg)	(%)
지상관수	0.18	33.9	0.298	0.256	0.058	26.0	-
저면관수	0.17	165.8	0.190	0.440	0.370	65.1	14.9

¹ 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자 : 1998. 8. 20

표 3-45. 자작나무 126일 육묘후² 관수방법에 따른 식물체 분석

자동급수 방 법	T-N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Fe	Cu
	(%)					(mg · kg ⁻¹)			
지상관수	1.06	0.18	1.431	0.592	0.165	2,660	261.5	213.6	7.30
저면관수	1.60	0.27	1.112	0.494	0.171	2,660	253.6	222.8	0.12

² 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자 : 1998. 8. 20

이상의 자작나무 결과를 요약해 보면 지상 및 저면관수 방법간에 유의차가 없었으나 저면관수에서 보다 생장량이 좋았고 양분흡수가 더 많았다.

3. 낙엽송

낙엽송은 소나무, 자작나무와는 달리 지상관수에서 근원경과 근장

에서 더 많은 생장을 보였다. 그러나 초장과 초폭 그리고 뿌리발달은 유의차가 없었다.

표 3-46. 낙엽송 126일 육묘후² 관수방법에 따른 생육상황

자동급수 방 법	초 장 (cm)	초 폭 (cm)	경 경 (cm)	근 장 (cm)	뿌리발달 (1→5)
지상관수	14.70 a ^y	6.88 a	0.23 a	12.84 a	4.40 a
저면관수	14.50 a	7.86 a	0.20 b	14.58 b	4.8 0a

² 파종일자 : 1998. 4. 16, 조사일자 : 1998. 8. 20, ^y 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

생체중과 건물중에서도 관수방법간에 유의차가 없었으나 생체중(지상하부 포함)에서는 지상관수가 저면관수 보다 더 좋았고 지상관수가 저면관수 보다 지하부 발달이 다소 좋은 것으로 보였다.

표 3-47. 낙엽송 126일 육묘후² 관수방법에 따른 생체중 및 건물중 (단위:g)

자동급수 방 법	생체중			건물중		
	전체	지상부	지하부	전체	지상부	지하부
지상관수	2.08 a ^y	1.12 a	0.96 a	0.40 a	0.27 a	0.13 a
저면관수	1.74 a	1.20 a	0.54 a	0.39 a	0.31 a	0.08 a

² 파종일자 : 1998. 4. 16, 조사일자 : 1998. 8. 20, ^y 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

pH와 EC는 지상 관수쪽에서 저면관수보다 더 높았고 수분함량도 높았다. 그러나 다른 물리성은 비슷하였다.

표 3-48. 낙엽송 126일 육묘후² 관수방법에 따른 육묘용토의 물리성과 pH, EC 비교

자동급수 방 법	pH (1:5)	EC (Ms/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	수분 함량 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
지상관수	6.03	0.40	0.13	0.83	85.0	191.0	18.07	28.65	53.28
저면관수	5.91	0.26	0.14	0.76	82.3	99.5	18.42	13.93	67.65

² 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자: 1998. 8. 20

T-N는 지상 관수쪽에서 높았으나 P는 저면관수에서 많은 함량을 보였다. 그러나 K, Ca, Mg는 비슷하였고 CEC는 저면관수에서 다소 높았다.

표 3-49. 낙엽송 126일 육묘후² 관수방법에 따른 육묘용토의 화학성

자동급수 방 법	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)
			K	Ca	Mg	
지상관수	0.17	87.9	0.272	0.449	0.270	23.5
저면관수	0.07	104.0	0.235	0.431	0.277	32.5

² 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자: 1998. 8. 20

식물체내 무기물 흡수량은 지상관수에서 높았던 성분은 T-N 이었으나 K, Ca, Zn은 저면관수에서 더 많았다.

표 3-50. 낙엽송 126일 육묘후² 관수방법에 따른 식물체 분석

자동급수 방 법	T-N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Fe	Cu
	(%)					(mg · kg ⁻¹)			
지상관수	1.49	0.29	0.209	0.150	0.160	2,220	81.4	553.3	2.4
저면관수	1.26	0.27	0.940	0.168	0.128	2,540	67.1	334.6	6.2

² 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자: 1998. 8. 20

이상을 요약해 보면 낙엽송에서도 관수방법간에 유의차이는 없었으나 지상관수에서 뿌리발달이 더 좋고 평균 생체중이 많았다. 각 성분도 지상관수에서 흡수량이 높았다.

나. 급수 양액 개발 시험

1) 소나무

피트모스와 펄라이트 그리고 질석을 1:1:1(v/v/v)로 혼합한 용토로 육묘과정중 급수양액개발시험 결과, 저면관수라도 양액을 같이 관수한 것과 저면급수하고 주 2회 Hyponex 2000배 지상관수한 것(PN0)과는 성장량에서 양액공급한 것이 거의 두 배 높은 차이를 보였다. 초장은 Sonneveld액 1/2S와 S(기준액)와는 차이가 없었으나 PN0와는 큰 차이를 보였고 초폭도 차가 컸으나 S구가 1/2S보다 훨씬 크게 나타났다.

표 3-51. 소나무 126일 육묘후^z 저면관수 양액농도에 따른 생육상황

양액종류	초장 (cm)	초폭 (cm)	근원경 (cm)	근장 (cm)	뿌리발달 (1→5)
P1/2S	22.20 a ^y	7.30 b	2.14 a	14.86 a	4.60 a
PS	23.00 a	9.00 a	0.23 b	19.10 a	4.20 a
PN0	13.40 b	5.70 c	0.17 b	18.10 a	3.80 a

^z 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자 : 1998. 8. 20. ^y 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

S액 양액구(1/2S, S)와 PN0구와는 생체중에서 2배 넘는 높은 생

장량을 보였다. 1/2S와 S구간에는 유의차가 없었으나 지상부는 S에서, 지하부는 1/2S구에서 더 많은 생체중을 보였다. 이러한 경향은 건물중에서도 마찬가지로였다.

표 3-52. 소나무 115일 육묘후² 저면관수 양액농도에 따른 생체중 및 건물중 (단위:g)

양액종류	생 체 중			건물중		
	전체	지상부	지하부	전체	지상부	지하부
P1/2S	3.60a ¹	2.84b	0.82a	0.70b	0.58b	0.12a
PS	4.14a	3.64a	0.48b	0.85a	0.78a	0.11a
PN0	1.96b	1.20c	0.72ab	0.40c	0.29c	0.07b

¹ 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자 : 1998. 8. 20. ² 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

육묘용토의 pH, EC 및 물리성에서 pH와 EC는 PN0가 더 높았다. P1/2S구가 수분함량에서 높았던 것을 제외하고는 다른 조사항목에서 큰 차이를 보이지 않았다.

표 3-53. 소나무 126일 육묘후² 저면관수 양액농도에 따른 육묘용토의 물리성과 pH, EC 비교

양액 종류	pH (1:5)	EC (ms/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	수분 함량 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
P1/2S	5.83	1.26	0.12	0.78	84.7	147.7	15.38	17.72	66.90
PS	5.46	1.77	0.18	0.75	76.6	65.3	24.00	11.75	64.25
PN0	6.07	0.66	0.15	0.73	80.2	86.1	20.55	12.92	66.53

² 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자 : 1998. 8. 20

육묘 용토의 화학성에서는 Sonneveld액 표준구에서 전체적으로 높은 함량을 보였다. 특히 T-N과 P 그리고 K, Ca, Mg에서 높았다. P1/2S와 PNO과는 T-N은 PNO가 높았으나 P, K는 전자가 높았으나 Ca는 후자가 더 많았다. CEC는 PS구가 높은 경향을 보였다. 따라서 양액농도가 높은 것이 미네랄 화학성분도 많았다.

표 3-54. 소나무 115일 육묘후² 저면관수 양액농도에 따른 육묘용토의 화학성

양 액 종 류	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)	OM (%)
			K	Ca	Mg		
P1/2S	0.17	412.2	0.39	0.28	0.09	46.3	18.9
PS	0.25	515.3	0.52	0.60	0.19	75.0	20.0
PNO	0.21	165.8	0.22	2.15	0.29	29.5	22.4

² 파종일자 : 1998. 4. 16, 조사일자: 1998. 8. 20

식물체 성분분석에서도 양액을 관수와 같이 양액을 공급한 P1/2S와 PS구에서 PNO구보다 전체적으로 높은 함량을 보였고 1/2농도로 희석한 것보다는 S액에서 모두 높은 함량을 보였다. 단, 여러 무기물 중에서 P는 전 처리간에 비슷한 수준을 보였다.

표 3-55. 소나무 126일 육묘후² 저면관수 양액농도에 따른 식물체 분석

양 액 종 류	T-N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Fe	Cu
	(%)					(mg · kg ⁻¹)			
P1/2S	1.62	0.15	1.049	0.240	0.051	2,350	115.2	160.9	5.5
PS	1.81	0.14	1.105	0.250	0.051	2,500	141.0	164.4	7.3
PNO	1.03	0.16	0.829	0.124	0.206	2,080	87.4	831.7	3.8

² 파종일자 : 1998. 4. 16, 조사일자: 1998. 8. 20

소나무에서는 Sonneveld의 S액에서 건물중이 더 높아 S액이 좋을 것으로 생각되었다. 6월중의 양분흡수율을 보면 N는 기준액과 비슷하였으나 P는 다소 줄어 주어도 될 것으로 보였다. 6월중의 양분흡수율은 me/L단위로 N 4, P 0.4, K 2.3, Ca 1.8, Mg 2.4로서 이 농도로 공급하는 것이 적당할 것으로 보였다.

표 3-56. 소나무 저면담배수 관수시 Sonneveld 양액농도별 야마자키 공식에 의한 6월 1일에서 6월 30일까지의² n/w 값

양액 농도 ^y	항목	양액량 (ℓ)	항목	N	P	K	Ca	Mg
P1/2S	a	160	y	3.545	0.351	1.190	3.110	1.950
	w	222.7	y ₁	3.559	1.534	1.620	4.600	2.410
	a/w	0.72	n/w ^x	3.535	-0.501	0.880	2.037	1.619
PS	a	160	y	4.470	0.864	2.310	4.890	2.710
	w	217.4	y ₁	4.634	1.535	2.260	9.030	3.160
	a/w	0.74	n/w	4.349	0.367	2.297	1.826	2.377

² 종자과종 : 1998. 4. 16

^y 배양액의 농도(Sonneveld 표준 분화물 농도).

^x 양액재배 기간동안 일정한 기간에 수분흡수와 다량원소의 양을 결정하기 위한 야마자키 공식

$$y > y_1, \quad n/w = a/w(y - y_1) + y_1$$

$$y < y_1, \quad n/w = y - a/w(y_1 - y) \text{에서}$$

n = 양액흡수량, a = 초기배양액양, w = 식물체가 흡수한 물의 양, y = 배양용액에서 다량원소의 초기농도($me \cdot L^{-1}$), y₁ = 배양용액에서 다량원소의 후기 농도($me \cdot L^{-1}$)

한편 7월중에는 생장량이 더 높아서 me/L단위로 N9, P2.7, K2.1, Ca4.6, Mg2.4로 전체적으로 다소 높은 농도의 양액을 공급하여야 될 것으로 보였다.

표 3-57. 소나무 저면담배수 관수시 Sonneveld 양액농도별 야마자키
공식에 의한 7월 1일에서 7월 30일까지의^z n/w 값

양액 농도 ^y	항목	양액량 (ℓ)	항목	me · L ⁻¹				
				N	P	K	Ca	Mg
P1/2S	a	160	y	5.614	3.153	1.650	2.960	1.580
	w	240.5	y ₁	5.436	1.656	1.620	4.020	2.340
	a/w	0.67	n/w ^x	5.555	2.659	1.640	2.250	1.071
PS	a	160	y	9.171	2.821	2.100	5.020	2.560
	w	259.5	y ₁	9.029	2.588	2.060	5.670	2.770
	a/w	0.62	n/w	9.117	2.732	2.085	4.617	2.430

^z 종자파종 : 1998. 4. 16

^y 배양액의 농도(Sonneveld 표준 분화물 농도).

^x 양액재배 기간동안 일정한 기간에 수분흡수와 다량원소의 양을 결정하기 위한 야마자키 공식

$$y > y_1, \quad n/w = a/w(y - y_1) + y_1$$

$$y < y_1, \quad n/w = y - a/w(y_1 - y) \text{에서}$$

n = 양액흡수량, a = 초기배양액양, w = 식물체가 흡수한 물의 양, y = 배양용액에서 다량원소의 초기농도(me · L⁻¹), y₁ = 배양용액에서 다량원소의 후기 농도(me · L⁻¹)

2) 자작나무

피트모스와 펄라이트 그리고 질석을 1:1:1(v/v/v)로 혼합한 용토로 육묘과정중 급수양액개발시험 결과, 자작나무 급수 초장도 저면 급수하고 Hyponex를 주 2회 지상관수한 것과 양액을 관수와 함께 저면공급한 것과는 2.4배나 후자가 더 크게 나타났다. 초폭과 근원경은 초장과 같은 차는 보이지 않았으나 역시 양액공급구인 B1/2S와 BS구

에서 높았다. 그러나 근장은 BN0가 더 길었다. 한편 뿌리발달은 전 처리간에 유의차가 보이지 않았다.

표 3-58. 자작나무 126일 육묘후² 저면관수 양액농도에 따른 생육상황

양액 종류	초장 (cm)	초폭 (cm)	근원경 (cm)	근장 (cm)	뿌리발달 (1→5)
B1/2S	92.30 ab ¹	22.00 ab	0.49 a	18.00 b	5.00 a
BS	84.80 a	27.60 a	0.54 a	17.24 b	5.00 a
BN0	38.60 b	16.40 b	0.35 b	24.24 a	4.80 a

¹ 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자 : 1998. 8. 20. ² 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

생체중은 저면관수시 양액공급된 두 구가 그렇지 않은 BN0구보다 3배가량 더 많은 성장량을 보였다. 양액급수구중에는 S농도구가 1/2S보다 더 많은 성장량을 보였으나 통계적인 유의차는 보이지 않았다. 그러나 평균치 비교에서는 한결같이 S액구에서 높았다. 이러한 현상은 건물중에서도 같았고 지상부 생체중과 건물중에서도 같은 결과를 보여주고 있었다.

표 3-59. 자작나무 126일 육묘후² 저면관수 양액농도에 따른 생체중 및 건물중 (단위:g)

양액 종류	생체중 (g)			건물중 (g)		
	전체	지상부	지하부	전체	지상부	지하부
B1/2S	15.66 a ¹	13.94 a	1.78 a	5.22 a	4.52 a	0.70 a
BS	18.34 a	16.36 a	1.98 a	5.64 a	4.84 a	0.80 a
BN ₀	6.16 b	4.20 b	1.88 a	1.70 b	1.26 b	0.44 b

¹ 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자 : 1998. 8. 20. ² 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

126일 육묘후 용토의 pH, EC, 물리성조사에서 pH는 BN0가 가장 높았으나 EC는 BS구가 가장 높았다. 그러나 가비중, 진비중, 공극율에서는 3처리간에 큰 차이가 없었다. 다른 물리성도 비슷하였다.

표 3-60. 자작나무 126일 육묘후² 저면관수 양액농도에 따른 육묘용토 물리성과 pH, EC 비교

양액 종류	pH (1:5)	EC (ms/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	수분 함량 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
B1/2S	5.38	1.77	0.13	0.85	84.8	166.7	15.29	21.67	63.04
BS	5.05	3.29	0.13	0.82	84.2	154.6	15.85	20.10	64.05
BN0	5.71	0.57	0.13	0.82	84.2	170.8	15.85	22.20	61.95

² 파종일자 : 1998. 4. 16, 조사일자: 1998. 8. 20

육묘용토의 126일 육묘후 화학적 성질에서 양액농도가 높은 BS구가 다른 양액 공급된 용토에 비해 화학성분도 높았다. T-N, P는 다른 두처리보다 매우 높은 함량이 분석되었다. 다른 K, Ca 등도 높았는데 이러한 결과가 생체중과 건물중이 월등히 높았던 결과로 보였다. Mg, CEC, OM은 3처리간에 대체로 비슷하였다.

표 3-61. 자작나무 126일 육묘후² 저면관수 양액농도에 따른 육묘용토의 화학적 성질

양액 종류	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)	OM (%)
			K	Ca	Mg		
B1/2S	0.17	416.8	0.23	0.38	0.16	59.5	16.5
BS	0.30	1587.4	0.37	0.53	0.19	58.0	18.3
BN ₀	0.17	165.8	0.19	0.44	0.37	65.1	14.9

² 파종일자 : 1998. 4. 16, 조사일자: 1998. 8. 20

126일 육묘후 식물체내 무기물 분석에서도 3처리구중 농도가 가장 높았던 BS구가 가장 높았다. 특히 T-N, P, K, Ca에서 체내 많은 함량이 검출되었다. 그러나 미량요소들은 3처리간에 대체로 비슷하였는데 Zn, Cu, Mn은 Hyponex구에서 다소 높았다.

표 3-62. 자작나무 126일 육묘후² 저면관수 양액농도에 따른 식물체 분석

양액 종류	T-N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Fe	Cu
	%					mg · kg ⁻¹			
B1/2S	1.80	0.17	0.431	0.406	0.134	2580.0	117.1	205.2	7.8
BS	2.18	0.24	2.097	0.704	0.105	2500.0	240.5	349.8	9.5
BN ₀	1.60	0.27	1.112	0.494	0.171	2600.0	253.6	222.8	12.1

¹ 파종일자 : 1998. 4. 16. 조사일자: 1998. 8. 20

자작나무의 저면 담배수 관수시 성장량, 건물중이 S구에서 가장 높았기 때문에 BS구가 적정 양액수준으로 볼 수 있었다. 이중 6월중 양분 흡수율을 보면 N는 기준액보다 더 흡수되어 다소 많이 주고 P는 오히려 줄여주고, K, Ca, Mg는 거의 비슷한 농도로 공급될 때 자작나무 생장이 좋을 것으로 보였다. 따라서 자작나무는 소나무에 비교하여 높은 양액농도를 요구하여 me/L 단위로 N 10.9, P 0.8, K 2.3, Ca 5.7, Mg 3.0으로 공급시키는 것이 좋았다.

표 3-63. 자작나무 저면담배수 관수시 Sonneveld 양액농도별 야마자
 기공식에 의한 6월 1일에서 6월 30일까지의^z n/w 값

양액 농도 ^y	항목	양액량 (ℓ)	항목	N	P	K	Ca	Mg
				me · L ⁻¹				
B1/2S	a	160	y	3.413	0.403	1.300	3.160	2.000
	w	110	y ₁	2.813	1.680	1.420	3.520	1.840
	a/w	1.45	n/w ^x	3.503	-1.449	1.126	2.638	2.072
BS	a	160	y	9.313	1.517	2.500	6.050	3.220
	w	117.2	y ₁	4.856	1.990	1.630	6.280	3.360
	a/w	1.37	n/w	10.962	0.869	2.322	5.735	3.028

^z 종자파종 : 1998. 4. 16

^y 배양액의 농도(Sonneveld 표준 분화물 농도).

^x 양액재배 기간동안 일정한 기간에 수분흡수와 다량원소의 양을 결정하기 위한 야마자 기공식

$$y > y_1, \quad n/w = a/w(y - y_1) + y_1$$

$$y < y_1, \quad n/w = y - a/w(y_1 - y) \text{에서}$$

n = 양액흡수량, a = 초기배양액량, w = 식물체가 흡수한 물의 양, y = 배양용액에서 다량원소의 초기농도(me · L⁻¹), y₁ = 배양용액에서 다량원소의 후기 농도(me · L⁻¹)

한편 7월중에는 6월보다 N와 K는 다소 낮추고 P는 높여주며 Ca와 Mg는 비슷한 수준으로 양분이 흡수되어 이에 맞게 me/L 단위로 N6.9, P2.2, K1.9, Mg2.9에 맞추어 양분을 공급하는 것이 적당할 것으로 생각되었다.

표 3-64. 자작나무 저면담배수 관수시 Sonneveld 양액농도별 야마자
 기공식에 의한 7월 1일에서 7월 30일까지의^z n/w 값

양액 농도	항 목	양액양 (ℓ)	항목	N	P	K	Ca	Mg
B1/2S	a	160	y	5.593	2.002	1.260	4.000	1.990
	w	198.7	y _i	6.843	1.612	1.440	3.610	1.900
	a/w	0.81	n/w	4.581	1.928	1.110	3.930	1.970
BS	a	160	y	8.376	2.700	2.110	5.690	2.970
	w	224.2	y _i	10.371	3.310	2.440	6.230	2.830
	a/w	0.71	n/w	6.950	2.267	1.870	5.310	2.930

^z 종자파종 : 1998. 4. 16

^y 배양액의 농도(Soneveld 표준 분화물 농도).

^x 양액재배 기간동안 일정한 기간에 수분흡수와 다량원소의 양을 결정하기 위한 야마자키 공식

$$y > y_i, n/w = a/w(y - y_i) + y_i$$

$$y < y_i, n/w = y - a/w(y_i - y) \text{에서}$$

n = 양액흡수량, a = 초기배양액양, w = 식물체가 흡수한 물의 양, y = 배양용액에
 서 다량원소의 초기농도(me · L⁻¹), y_i = 배양용액에서 다량원소의 후기 농도(me · L⁻¹)

4. 최적 시비방법 연구

가. 적정 비료 및 농도구명연구

1) 소나무

초장은 초기(6월 7일)에는 모든 처리간에 유의차이가 없었으나 7월 6일부터는 차이가 나기 시작하였다. T2는 7월 6일에 고사되었으며 T1도 생장이 부진하였다. T2를 제외한 모든 처리에서 T0에 비하여 모두 컷고 최종조사일인 9월 1일(파종 약4개월후)의 T4는 무시비(T0)구보다 2.9 배나 컷으며 T3와는 2.7배나 컷다. 파종 3개월후(8월 5일)부터 T4가 뚜렷하게 컷으며 다음이 T3와 T1이었다. 마지막 조사에서는 T4가 가장 컷으며 다음이 T3이었고 나머지 구는 이들 두 구보다는 낮았다. 육묘중 한번만 시비하는 완효성비료(T2)는 여러 가지 예비시험과 추가시험에서도 전부 고사되었다. 따라서 육묘중 한번만 시비하는 완효성비료는 파종상에서는 불가능한 것으로 판단되었다. 한편 복합비료의 주 1회 시비에서도 생장이 좋지 않아 소나무 육묘에는 양액으로 시비하는 것이 가장 이상적인 시비법으로 생각되었다.

표 3-65. 비료종류와 농도별 시설양묘 소나무²의 초장 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
T0	3.9 a ^x	4.4 c	4.4 c	6.8 d
T1	3.9 a	6.5 b	8.7 b	11.7 c
T2	3.0 b	0.0 d	0.0 d	0.0 e
T3	4.3 a	8.0 a	11.7 b	18.2 b
T4	4.1 a	8.0 a	13.8 a	19.7 a
평 균	3.84	5.38	7.72	11.28

² 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

초폭도 초기(6월 7일)에는 T2를 제외하고는 유의차이가 없었으나 7월 6일부터 T3과 T4에서 가장 컷다. 파종 약3개월후인 8월 5일에는 T4가 가장 컷으며 마지막 조사(파종 4개월후)에서는 T4가 가장 컷으나 T3과 T1과는 유의차이가 없었다. 파종 4개월후인 9월 1일에서 무시비(T0)구와 T4와는 후자가 1.6배나 컷다. 따라서 초폭은 초장보다는 차이가 크지 않았으나 T4가 가장 컷다.

표 3-66. 비료종류와 농도별 시설양묘 소나무²의 초폭 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
T0	3.7 a ^x	5.0 c	4.1 c	5.6 b
T1	4.3 a	5.4 c	7.0 b	8.7 a
T2	2.2 b	0.0 d	0.0 d	0.0 c
T3	3.8 a	5.7 a	6.2 b	8.0 a
T4	4.0 a	6.0 a	7.8 a	8.9 a
평 균	3.60	4.42	5.02	6.24

¹ 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. ^x 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

고사율은 T2에서 가장 컷으며 파종 약 1개월후인 7월 6일에는 모두 고사하였다. 그러나 양액을 이용한 T3와 T4에서는 비료를 주지 않은 T0와 통계적인 유의차이가 없었으며 고사율이 3%를 넘지 않았다. 이상의 결과를 종합하여 보면 가장 이상적인 시비방법은 T3과 T4이었다.

표 3-67. 비료종류와 농도별 시설양묘 소나무²의 고사율 변화 (단위:%)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
T0	0.6 c ^x	1.0 c	1.5 c	1.5 c
T1	45.2 a	84.6 b	83.8 d	83.8 d
T2	19.0 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a
T3	2.1 c	2.7 c	2.9 c	2.9 c
T4	2.5 c	2.7 c	3.1 c	3.1 c
평 균	13.88	38.20	38.26	38.26

² 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. ^x 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

종합적으로 4개월 육묘후 총생장량(생체중과 건물중)을 보면 표 3-67과 같았다. 전체 생체중은 T3에서 가장 많았고 다음이 T1과 T4이었다. 그러나 T1은 고사율이 높았기 때문에 T4가 실용적으로 높은 생장량을 보이는 것으로 생각되었다. 무비료구인 T1과의 비교에서 가장 높았던 T3와는 4배, T4와는 3배의 높은 생체중을 보였다. 지상부 생체중은 T3와 T4가 가장 높았으며 이들중에는 T3이 더 좋았다. 이러한 현상은 지하부생체중에서는 모든 처리중에서 T3이 가장 높은 값을 보였다. T4는 초장은 컷으나 생체중에서는 T4보다 못하였다. 이상의 결과를 종합하여 보면 T3과 T4가 가장 높은 생장량을 보였다.

표 3-68. 비료종류와 농도별 소나무² 4개월 시설양묘 후 생체중 및 건물중 (단위:g)

처 리	생 체 중			건 물 중		
	지상부	지하부	계	지상부	지하부	계
T0	0.4 c ^x	0.7 c	1.1	0.17 c	0.10 b	0.27
T1	2.5 b	1.4 b	3.9	0.51 b	0.20 a	0.71
T2	0.0 d	0.0 d	0.0	0.00 d	0.00 b	0.00
T3	3.0 a	1.8 a	4.8	0.51 b	0.20 a	0.71
T4	2.8 a	1.7 a	4.5	0.65 a	0.21 a	0.86
평 균	1.74	1.12		0.36	20.14	

¹ 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

근장은 T3가 가장 높았고 T1이 가장 적었다. T3와 T4와는 유의차이가 없었다. 지체부직경은 T3가 가장 컷고 T4와는 유의차이가 없었다. 이들 두구와 T0와는 두배 이상의 차를 보였다.

표 3-69. 비료종류와 농도별 시설양묘 소나무²의 근장과 지제부직경 (단위:cm)

처 리	근 장	지제부직경
T0	15.4 ab ^x	0.12 c
T1	14.7 b	0.25 b
T2	0.0 c	0.00 d
T3	18.6 a	0.29 a
T4	17.2 ab	0.27 ab
평 균	13.18	0.18

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

4개월 육묘후 식물체 분석에서 T-N은 T3에서 가장 높았고 T4는 가장 낮았다. 인산도 T3와 T4는 평균치 이상이였으나 T1보다는 낮았다. 생장이 좋았던 T3나 T4는 K나 다른 무기물에서 평균치 이상의 높은 값을 보였다.

표 3-70. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 소나무²의 식물체 화학성분 분석

처 리	T-N	Av. P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Mn	Fe
	(%)				(mg/kg)		
T0	2.08	0.07	1.81	0.26	0.14	70.80	85.94
T1	2.60	0.19	4.12	0.22	0.23	57.00	214.78
T2	-	-	-	-	-	-	-
T3	3.90	0.15	2.31	0.22	0.26	47.98	222.96
T4	1.30	0.16	2.82	0.30	0.20	65.02	163.84
평 균	1.97	0.11	2.21	0.20	0.16	48.16	137.50

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

pH는 T4가 가장 낮아 4이하의 값을 보였으며 T3은 약 5를 유지하였다. EC는 전체적으로 낮았고 T3이 가장 낮아서 T0과 비슷하였다. 가장 높은 구는 고사율이 가장 높았던 T2와 T1이었는데 약 0.7mS/cm이었다. 가비중과 진비중은 전체적으로 낮았으며 다른 물리성도 처리간에 큰 차이를 보이지 않았다.

표 3-71. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 소나무²의 용토종류별 pH, EC 및 물리성

처 리	pH (1:5)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	보수력 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
T0	5.47	0.18	0.14	0.51	283	27.4	39.6	33.0
T1	4.75	0.71	0.15	0.48	248	31.3	37.2	31.5
T2	5.56	0.77	0.15	0.38	333	39.5	49.9	10.6
T3	5.17	0.17	0.14	0.39	278	35.9	38.9	25.2
T4	3.91	0.28	0.15	0.40	285	37.5	42.7	19.8
평 균	4.97	0.42	0.14	0.43	285	34.2	41.7	24.0

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

최종조사일의 용토의 화학성을 보면 T-N은 T3와 T4에서 평균치이하 이었으나 완효성비료를 시비한 구와 T1에서는 높은 값을 보였다. 인산도 T1과 T2에서 높은 값을 보였고 T3에서 가장 낮은 값을 보였다. 한편 K Ca Mg와 CEC OM은 전처리간에 비슷하였으나 T4 가 다소 낮았다.

표 3-72. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 소나무⁴의 용도종류별 이화학성

처 리	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (me/100g)			CEC (cmol ⁺ /kg)	OM (%)
			K	Ca	Mg		
T0	1.56	0.00	31.93	26.27	8.34	37.0	3.17
T1	7.02	444.63	27.85	20.11	8.26	19.7	3.17
T2	14.30	541.08	20.08	24.60	8.32	17.3	3.38
T3	2.60	85.46	14.80	24.19	8.22	25.7	2.87
T4	3.64	191.44	14.93	19.10	6.78	19.7	3.04
평 균	5.82	252.52	21.92	22.85	7.98	23.9	3.12

⁴ 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자 : 1999. 9. 21

2) 낙엽송

초장은 파종 약 1개월후인 6월 7일에는 별 차이를 보이지 않다가 2개월후부터는 T4가 가장 컸다. 이러한 현상은 최종조사일인 9월 1일 까지 계속 유지하였다. 다음은 T3이었는데 T4와는 통계적으로도 차이를 보였다. 한편 무처리와는 2배 이상의 차이를 보였다. T2는 소나무에서와 같이 파종 2개월후에는 모두 고사되었다.

표 3-73. 비료종류와 농도별 시설양묘 낙엽송⁴의 초장 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
T0	2.3 b ^x	3.3 c	3.6 c	7.0 d
T1	2.5 ab	5.0 ab	7.4 b	10.1 c
T2	1.0 c	0.0 d	0.0 d	0.0 e
T3	2.5 ab	4.8 b	7.1 b	15.0 b
T4	2.9 a	5.4 a	9.8 a	16.8 a
평 균	2.24	3.70	5.58	9.78

⁴ 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

초폭도 초장과 같이 6월 7일에는 처리간에 별 차이를 보이지 않다가 7월 6일 부터는 T4에서 가장 컷다. 최종조사일인 파종 4개월후도 T3과 함께 가장 높은 값을 보였다.

표 3-74. 비료종류와 농도별 시설양묘 낙엽송²의 초폭 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
T0	1.6 a ^x	2.6 c	2.7 c	4.4 c
T1	1.9 a	4.7 ab	6.2 ab	7.2 b
T2	0.7 b	0.0 d	0.0 d	0.0 d
T3	1.7 a	4.3 b	5.6 b	8.0 a
T4	1.6 a	4.9 a	7.2 a	7.9 a
평 균	1.50	3.30	4.34	5.50

² 파종일자 : 1999.4.26, 비료공급시작 : 1999.5.24, ^x 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

낙엽송의 고사율은 T2와 T1에서 높았고 특히 T2는 파종 2개월후인 7월 6일에는 모두 고사하여 버렸다. 따라서 소나무에서와 같이 완효성비료를 한번 시비하는 것은 파종에서는 불가능하였다. 한편 복비를 지상부 시비하는 것도 인력도 많이 들고 고사율도 높아 사용 불가능 하였다. 가장 고사율이 낮았던 구는 T3와 T4구로 8월 5일까지는 T0보다도 더 낮은 값을 보였다. 최종조사에서는 T4가 가장 고사율이 낮았고 다음이 T3이었으나 무처리와는 유의차이가 없었다. 따라서 T3와 T4는 실용화하는데 문제가 없을 것으로 보였다.

표 3-75. 비료종류와 농도별 시설양묘 낙엽송^z의 고사율 변화 (단위:%)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
T0	7.5 c ^x	24.7 c	25.6 c	31.6 c
T1	11.5b	63.3 b	66.3 b	90.4 b
T2	98.1 a	100.0 a	100.0a	100.0 a
T3	9.2 c	11.7 c	17.3 d	33.5 c
T4	8.3 c	10.2 c	15.0 d	26.3 d
평 균	26.92	41.98	44.84	56.36

^z 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

생체중은 T3에서 가장 높았고 다음이 T4이었다. 무처리와는 6~7배나 더 높았다. 지상부 생체중은 T3에서 가장 높았는데 무처리와는 9배나 더 높았다. 한편 T4에서도 무처리와는 8.5배나 높았다. 따라서 이들 두 구에서 가장 높은 지상부 성장량을 보였다. 지하부 생체중에서도 비슷한 현상을 보였으나 지상부보다는 차가 적었다. T3에서 가장 컷고 T0과는 5배의 높은 값을 보였고 T4와는 4배나 높았다. 건물중도 T3과 T4에서 가장 컷고 무처리에 비하여 4배 컷다. 지상부도 T3과 T4가 가장 높았으며 무처리와는 5배나 더 많았다. 한편 지하부는 그 차이가 적어 3배밖에 차이가 나지 않았다.

표 3-76. 비료종류와 농도별 시설양묘 낙엽송^z의 생체중 및 건물중 (단위:g)

처 리	생 체 중			건 물 중		
	지상부	지하부	계	지상부	지하부	계
T0	0.2 c ^x	0.2 bc	0.4	0.07 c	0.04 c	0.11
T1	0.8 b	0.4 b	1.2	0.19 b	0.06 b	0.25
T2	0.0 c	0.0 c	0.0	0.00 d	0.00 d	0.00
T3	1.8 a	1.0 a	2.8	0.35 a	0.12 a	0.47
T4	1.7 a	0.8 a	2.5	0.34 a	0.11 a	0.45
평 균	0.90	0.48		0.19	0.06	

^z 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

근장에서는 처리간에 별 차이가 나지 않았다. T3와 T4에서는 약간 더 길었으나 T0와 T1사이에는 통계적인 유의차가 없었다. 지체부 직경도 T3가 가장 굵었고 무처리보다는 2.7배, T4와는 2.3배 더 컸다.

표 3-77. 비료종류와 농도별 시설양묘 낙엽송²의 근장과 지체부직경 (단위:cm)

처 리	근 장	지체부직경
T0	11.1 a ^x	0.10 d
T1	11.0 a	0.15 c
T2	0.0 b	0.00 e
T3	12.1 a	0.27 a
T4	12.6 a	0.23 b
평 균	9.36	0.15

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

낙엽송의 식물체분석에서 T-N은 T3에서 가장 많았으며 무처리 (T0)와는 약 2배나 많았다. 이러한 현상은 미량요소를 제외하고는 생체중과 건물중이 높았던 T3과 T4에서 보였다.

표 3-78. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 낙엽송²의 식물체의 화학성분 분석

처 리	T-N	Av. P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Mn	Fe
	(%)				(mg/kg)		
T0	2.23	0.12	1.50	0.06	0.18	43.02	244.00
T1	3.77	0.29	3.38	0.16	0.29	53.64	55.30
T2	-	-	-	-	-	-	-
T3	4.26	0.31	2.61	0.19	0.27	39.44	76.04
T4	3.01	0.28	2.66	0.21	0.32	79.62	60.86
평 균	2.65	0.20	2.03	0.12	0.21	43.14	87.24

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

pH는 T4에서 가장 낮았고 평균 5를 보였는데 생장이 좋았던 T3에서 5.03을 보였다. EC는 높은 생장을 보인 T3과 T4에서는 0.16~0.29를 보였으며 생장이 나빴던 T1과 T2는 비교적 높은 EC는 보였다. 기타 가비중 등 물리성은 처리간에 별 차이를 보이지 않았다.

표 3-79. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 낙엽송²의 용토종류별 pH, EC 및 물리성

처 리	pH (1:5)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	보수력 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
T0	5.20	0.16	0.14	0.39	312	35.9	43.6	20.5
T1	4.70	0.89	0.15	0.41	292	36.6	43.8	19.6
T2	5.98	0.70	0.15	0.43	335	34.8	50.2	15.0
T3	5.03	0.16	0.14	0.44	293	31.8	41.0	27.2
T4	4.18	0.29	0.15	0.42	291	35.7	43.6	20.7
평 균	5.01	0.44	0.14	0.41	304	40.0	44.4	20.6

² 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. 조사일자: 1999. 9. 21

용토의 이화학적성분 분석에서 생장이 좋았던 T3과 T4에서 T-N의 함량이 4.5~6%정도로 다른 처리구보다 많았으며, 인산은 150~300mg/kg, 가리는 73~81mg/kg에서 생장이 좋은 결과를 보였다. 나머지 대량요소인 Ca, Mg는 다른 처리구와 별 차이가 없었다. 한편 CEC와 OM도 처리간에 별 차이를 보이지 않았다.

표 3-80. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 낙엽송²의 용토종류별 이화학적성

처 리	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)	OM (%)
			K	Ca	Mg		
T0	3.90	39.39	16.06	26.88	8.36	30.4	3.41
T1	1.04	689.38	20.56	25.75	8.29	23.2	3.31
T2	-	-	-	-	-	-	-
T3	4.42	149.17	73.03	26.39	8.34	28.4	3.01
T4	5.98	284.69	81.77	18.84	5.82	35.3	2.30
평 균	3.06	232.52	38.28	19.57	6.16	23.46	2.40

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

3) 자작나무

파종초기에는 T2가 가장 컷으나 7월 6일에는 처리간에 차이를 보이지 않았다.

표 3-81. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무²의 초장 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
T1	1.2 b ^x	8.9 a	18.8 ab	36.4 a
T2	1.7 a	7.3 a	12.1 b	27.4 b
T3	1.1 bc	7.4 a	27.8 a	38.1 a
T4	0.9 c	7.2 a	30.4 a	38.4 a
평 균	1.22	7.70	22.27	35.07

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

초목은 6월 7일 에는 T2에서 가장 컷으나 마지막 조사(9월 1일) 에는 T1이 가장 컷다.

표 3-82. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무²의 초폭 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
T1	1.9 b ^x	12.2 a	14.5 ab	23.4 a
T2	2.9 a	8.5 b	9.3 b	17.5 b
T3	1.9 b	10.0 b	18.1 a	19.5 b
T4	1.9 b	9.9 b	19.5 a	19.5 b
평 균	2.15	10.15	15.35	19.97

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

엽수는 T1에서 가장 많았다. 초기에는 별 차이가 보이지 않다가 8월 5일 이후에는 가장 많았다. 다음은 T2 이었고 T3과 T4는 엽수가 적었다.

표 3-83. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무²의 엽수 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
T1	2.1 b ^x	12.7 a	24.9 a	30.9 a
T2	2.7 a	6.3 b	9.0 c	22.1 b
T3	2.0 b	11.1 a	10.2 bc	14.7 c
T4	2.3 b	11.4 a	11.9 b	15.7 c
평 균	2.27	10.37	14.00	20.85

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

고사율은 T2에서 가장 많았고 다음이 T1이었다. T2의 경우에는 마지막 조사(9월 1일)에서 대부분 고사하였다. 가장 낮았던 구는 T3 이었고 다음이 T4이었다.

표 3-84. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무²의 고사율 변화 (단위:%)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
T1	0.0 b ^x	54.7 b	79.0 b	82.7 b
T2	17.3 a	71.3 a	86.9 a	92.0 a
T3	1.3 b	6.7 d	9.5 d	10.7 d
T4	0.7 b	22.0 c	25.7 c	28.0 c
평 균	4.82	38.67	50.27	53.35

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

생체중은 T1이 가장 많았고 다음이 T3과 T4이었다. 지상부도 T1이 가장 많았고 나머지 3처리구와는 유의차이가 없었다. 지하부도 T1이 가장 많았고 다음이 T3 T4이었는데 이들 두 구와는 유의차이가 없었다. 이러한 현상은 건물중에서도 같은 경향이었다.

표 3-85. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무²의 생체중 및 건물중 (단위:g)

처 리	생체중			건물중		
	지상부	지하부	계	지상부	지하부	계
T1	10.7 a ^x	6.3 a	17.0	2.41 a	1.14 a	3.55
T2	4.7 b	2.0 c	6.7	1.83 ab	0.26 c	2.09
T3	4.9 b	4.2 b	9.1	1.33 b	0.83 b	2.16
T4	5.1 b	3.5 b	8.6	1.51 b	0.66 b	2.17
평 균	6.35	4.00		1.77	0.72	

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

근장은 T3이 가장 컷고 다음이 T1과 T4이었으며 T2가 가장 작았다. 또한 지체부직경도 T1이 가장 컷고 다음이 T3과 T4이었고 T2가 가장 작았다.

표 3-86. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무²의 근장과 지세부직경 (단위:cm)

처 리	근 장	지세부직경
T1	17.9 ab ^x	0.55 a
T2	13.9 c	0.39 c
T3	18.7 a	0.46 b
T4	16.2 b	0.43 bc
평 균	16.67	0.45

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

엽면적도 T1이 가장 많았고 나머지 3처리구와는 유의차이가 없었다. 고사율이 가장 적었던 T3 T4는 대체로 비슷한 엽면적으로 전체 처리중 중간정도의 값을 보여 주고 있었다. 엽록소 함량은 T2와 T4에서 많았고 T1과 T3에서 낮았다.

표 3-87. 비료종류와 농도별 시설양묘 자작나무²의 엽면적과 엽록소

처 리	엽면적(cm ²)	엽록소 함량(SPAD 502%)
T1	676.3 a ^x	31.1 b
T2	228.7 b	35.1 a
T3	279.7 b	31.3 b
T4	274.6 b	36.0 a
평 균	364.82	33.37

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

T-N은 T3, T4가 낮았고 T1 T2가 다소 높았다. P와 K는 T2 T3가 다른 두구보다 다소 낮았다. Ca Mg Mn은 T1이 다소 낮은 값을 보였고 나머지 구사이에는 비슷하였다.

표 3-88. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 자작나무²의 식물체 화학성분 분석

처 리	T-N	Av. P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Mn	Fe
	(%)				(mg/kg)		
T1	5.98	0.22	3.37	0.32	0.37	90.88	309.46
T2	5.72	0.16	2.04	0.46	0.39	173.56	199.92
T3	4.49	0.16	2.72	0.44	0.38	157.60	259.70
T4	4.68	0.20	3.38	0.41	0.38	134.32	363.14
평균	5.21	0.18	2.87	0.40	0.38	139.09	283.05

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

pH는 T1, T4 는 5이하의 산성을 보였으나 나머지 구와도 큰 차이는 없었다. EC는 T1이 가장 컷고 T3이 가장 적었다. 가비중 등 기타 물리성은 처리간에 뚜렷한 차이를 보이지 않고 있었다.

표 3-89. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 자작나무²의 용토종류별 pH, EC 및 물리성

처 리	pH (1:5)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	보수력 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
T1	4.60	1.37	0.14	0.42	282	33.3	39.4	27.3
T2	5.01	0.83	0.14	0.42	318	33.3	44.5	37.2
T3	5.20	0.33	0.15	0.43	253	34.8	37.9	27.3
T4	4.59	0.68	0.15	0.39	248	38.5	37.2	24.3
평균	4.85	0.80	0.14	0.41	275.25	34.97	39.75	29.02

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

T-N은 T1, T3가 가장 많았고 T2 T4가 비교적 적었다. 한편 P는 T1과 T4에서 높았고 K는 T1과 T2에서 높았다. 한편 Ca는 T1과 T4에서 다소 낮은 값을 보였다. CEC와 OM은 평균치를 중심으로 큰 변화가 없었다.

표 3-90. 비료종류와 농도별 시설양묘에 따른 최종조사일 자작나무^z의 용토종류별 이화학적성

처 리	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)	OM (%)
			K	Ca	Mg		
T1	4.29	579.83	11.02	18.52	8.02	16.9	2.84
T2	1.32	386.14	17.41	21.71	7.52	14.6	2.87
T3	4.39	166.78	9.72	21.80	8.27	14.0	2.68
T4	2.93	521.62	9.56	16.96	7.67	16.4	3.55
평 균	3.23	413.59	11.92	19.74	7.87	15.47	2.98

^z 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

나. 적정 지상관수용 적정 양액 농도 개발

1) 소나무

피트모스와 펄라이트 그리고 질석을 1:1:1(v/v/v)로 혼합한 용토로 하여 지상관수용 적정 양액농도 개발 결과, 소나무 초장은 초기에는 3처리간에 별 차이를 보이지 않았으나 후기에 갈수록 ST3구가 컸다. 이러한 현상은 파종 3개월부터 나타나기 시작하여 기준액의 2배구인 ST3에서 가장 높은 초장을 보였다. 다음은 ST2이었고 ST3에서 가장 낮았다.

표 3-91. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 소나무^z의 초장 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
ST1	4.0 a ^x	6.1 b	7.9 c	12.3 c
ST2	3.7 a	7.0 a	9.9 b	14.1 b
ST3	3.6 a	6.7 a	11.9 a	16.4 a
평 균	3.76	6.60	9.90	14.26

^z 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, ^x 같은 글자는 Duncan's multiple range test 5%에서 유의성 없음.

초폭은 육묘 초기에는 3처리간에 차이를 보이지 않다가 8월 5일 이후에는 ST3가 가장 컸다. 평균치로는 ST3, ST2, ST1순 이었다.

표 3-92. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 소나무²의 초폭 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
ST1	4.2 a ^x	5.2 a	4.9 c	6.6 b
ST2	4.4 a	5.7 a	5.6 b	7.0 b
ST3	4.4 a	5.2 a	6.6 a	7.6 a
평 균	4.33	5.36	5.70	7.06

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, ^x 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

전체적으로 고사율이 적었으며 조사한 4시기 모두 ST3이 가장 적었다. 전체적으로 ST1과 ST2와는 유의차가 거의 없었으며 Sonneveld 2구가 가장 양호하였다.

표 3-93. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 소나무²의 고사율 변화 (단위:%)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
ST1	2.1 a ^x	2.1 a	1.7 b	2.5 a
ST2	2.3 a	2.7 a	2.7 a	2.3 a
ST3	0.6 b	1.1 b	0.8 c	0.4 b
평 균	1.66	1.96	1.73	1.73

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, ^x 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

생체중은 전처리간에 큰 차이를 보이지 않고 있었으나 지상부와 지하부에서 모두 ST3가 가장 컷고 ST1에서 가장 낮았다. 이러한 경향은 건물중에서도 비슷한 경향을 보여주고 있었다. 전체적으로 ST3가 가장 높은 성장량을 보여주고 있었다.

표 3-94. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 소나무²의 생체중 및 건물중 (단위:g)

처 리	생체중			건물중		
	지상부	지하부	계	지상부	지하부	계
ST1	1.9 b ^x	1.6 c	3.5	0.37 b	0.18 b	0.55
ST2	2.2 b	1.9 b	4.1	0.42 ab	0.21 a	0.63
ST3	2.6 a	2.3 a	4.9	0.47 a	0.21 a	0.68
평 균	2.23	1.93		0.42	0.20	

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

근장은 ST1에서 가장 길었고 ST1과 ST3는 비슷하였다. 지제부 직경은 전처리간에 유의차이는 없었지만 ST3에서 다소 굵은 경향을 보여주고 있었다.

표 3-95. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 소나무²의 근장과 지제부직경 (단위:cm)

처 리	근 장	지제부직경
ST1	17.8 a ^x	0.25 a
ST2	14.9 b	0.24 a
ST3	13.8 b	0.26 a
평 균	15.50	0.25

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

대량요소와 미량요소 모두 전처리간에 뚜렷한 차이는 없었으나 ST3에서 다소 높은 함량을 보이고 있었다. 여러 무기물 중 Mn이 ST3에서 가장 높은 값을 보였다.

표 3-96. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 소나무²의 식물체 화학성분 분석

처 리	T-N	Av. P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Mn	Fe
	(%)					(mg/kg)	
ST1	2.08	0.11	2.16	0.21	0.18	67.58	229.58
ST2	1.89	0.14	2.58	0.18	0.26	69.62	228.72
ST3	2.34	0.14	2.53	0.23	0.25	102.50	270.84
평 균	2.10	0.13	2.42	0.20	0.23	79.90	243.04

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

pH EC는 전처리간에 큰 차이를 보이지 않고 있었다. 또한 가비중 등 물리성도 전체처리구간에 큰 차이를 보이지 않고 있었다. 따라서 비료농도 차이에 의한 물리성의 차이는 많지 않음을 알 수 있었다.

표 3-97. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 소나무²의 용토 종류별 pH, EC 및 물리성

처 리	pH (1:5)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	보수력 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
ST1	5.33	0.20	0.14	0.44	261	31.8	36.5	19.8
ST2	5.17	0.17	0.15	0.41	277	36.6	41.5	21.9
ST3	5.38	0.19	0.14	0.41	267	34.1	37.3	28.6
평 균	5.29	0.18	0.14	0.42	268.3	34.2	38.4	23.4

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

전체 무기물도 전체처리구간에 별 차이가 없었으나 K를 제외하고는 ST3구가 다소 많은 경향을 보여주고 있었다. 한편 CEC와 OM도 평균치를 중심으로 다소의 변화가 있었지만 큰 차이는 보이지 않았다.

표 3-98. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 소나무²⁾의 용토 종류별 이화학적

처 리	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol ⁺ /kg) (me/100g)			CEC (cmol ⁺ /kg)	OM (%)
			K	Ca	Mg		
ST1	2.08	66.14	9.51	30.22	8.34	18.9	3.28
ST2	2.08	64.44	40.68	22.50	8.09	15.1	3.03
ST3	2.34	57.25	12.70	35.25	8.19	18.9	2.81
평 균	2.16	62.61	20.96	29.32	8.20	17.63	3.04

²⁾ 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. 조사일자: 1999. 9. 21

2) 낙엽층

초장은 낙엽층도 소나무와 같이 4시기 조사에서 초기에는 별 차이를 보이지 않다가 8월 5일 이후에는 ST3가 가장 컷다. ST1과 ST2와는 유의차가 거의 없었다.

표 3-99. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 낙엽층²⁾의 초장 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
ST1	2.7 a [*]	4.5 a	7.3 b	10.5 b
ST2	2.7 a	3.8 b	5.7 c	10.2 b
ST3	2.7 a	4.6 a	8.9 a	13.5 a
평 균	2.70	4.30	7.30	11.40

²⁾ 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. * 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

초폭도 초기에는 별 차이를 보이지 않다가 최종조사일에는 ST3이 가장 컷다. 전체적으로 ST3이 가장 크고 다음이 ST1 이었고 ST2가 가장 적었다.

표 3-100. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 낙엽송²의 초폭 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
ST1	1.5 a ^x	3.8 a	5.5 ab	6.6 c
ST2	1.7 a	3.1 b	4.8 b	6.8 b
ST3	1.7 a	3.8 a	6.3 a	7.9 a
평 균	1.63	3.56	5.53	7.10

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, * 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

고사율은 전체적으로 ST3이 가장 적었으며 ST2에서 다소 많았다. 낙엽송에서는 소나무에 비하여 고사율이 매우 높았다. 초기에는 낮았으나 7월 6일부터 크게 증가되었는데 ST3에서는 가장 낮은 고사율을 보였다. 따라서 낙엽송의 고사율은 양분농도 부족이 그 원인으로 생각되었다.

표 3-101. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 낙엽송²의 고사율 변화 (단위:%)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
ST1	18.3 a ^x	28.4 b	30.2 b	30.2 b
ST2	18.5 a	32.7 a	35.2 a	35.2 a
ST3	6.5 b	18.1 c	18.1 c	18.1 c
평 균	14.43	26.40	27.83	27.83

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, * 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

생체중도 ST3에서 가장 컸다. 지상부도 ST3이 가장 컸는데 ST1과는 두배 더 높은 성장량을 보였다. 지하부는 지상부만큼 차이가 크지는 않았지만 ST3에서 가장 높았다. 이러한 경향은 건물중에서도 같은 경향을 보여주고 있었다. 전체적으로 생체중과 건물중에서 지상하부 모두 ST3이 가장 높은 성장량을 보였다.

표 3-102. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 낙엽송²의 생체중과 건물중 (단위:g)

처 리	생체중			건물중		
	지상	지하	계	지상	지하	계
ST1	0.7 b ^x	1.0 a	1.7	0.17 b	0.13 a	0.3
ST2	0.8 b	0.7 b	1.5	0.19 b	0.09 a	0.28
ST3	1.4 a	1.1 a	2.5	0.30 a	0.14 a	0.44
평 균	0.96	0.93		0.22	0.12	

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

근장은 처리간에 유의차이는 없었지만 평균치로는 ST1이 비교적 컸다. 한편 지체부직경은 ST1과 ST2에 비하여 ST3이 가장 컸다.

표 3-103. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 낙엽송²의 근장과 지체부직경 (단위:cm)

처 리	근 장	지체부직경
ST1	13.2 a ^x	0.19 b
ST2	12.8 a	0.20 b
ST3	11.7 a	0.25 a
평 균	12.56	0.21

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

T-N를 포함한 무기물에서 처리간에 큰 차이는 없었으나 모든 무기물에서 ST3이 다소 높은 성분량을 보이고 있었다. 특히 Mn과 Fe에서 높은 함량을 보였다. 한편 ST1과 ST2와는 별 차이를 보이지 않았다.

표 3-104. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 낙엽송²의 식물체 화학성분

처 리	T-N	Av. P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Mn	Fe
	(%)					(mg/kg)	
ST1	2.21	0.17	1.81	0.16	0.17	40.72	41.32
ST2	2.31	0.18	1.78	0.12	0.18	31.3	48.96
ST3	2.41	0.19	2.17	0.26	0.29	62.5	86.38
평균	2.31	0.18	1.92	0.18	0.21	44.84	58.88

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

pH 및 EC에서 3처리간에 큰 차이를 보이지 않고 있었다. 또한 가비중을 포함한 물리성도 많은 차이를 보이지 않고 있었다. 따라서 양액 농도의 차이가 물리성에는 큰 변화를 보이지 않았으나 기상은 ST3가 다소 낮은 값을 보였다.

표 3-105. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 낙엽송²의 용토 종류별 pH, EC 및 물리성

처 리	pH (1:5)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	보수력 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
ST1	5.24	0.20	0.13	0.43	279	30.2	36.2	33.6
ST2	5.34	0.21	0.15	0.42	324	35.7	48.6	15.7
ST3	5.03	0.24	0.16	0.42	299	38.1	47.8	14.1
평균	5.20	0.21	0.14	0.42	301	34.7	44.2	21.1

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

T-N은 ST1에서 가장 많았고 P는 ST3에서 가장 많았다. 기타 성분은 처리간에 별 차이를 보이지 않았다. CEC는 ST1에서 가장 적었으나 타 처리구와 큰 차이가 없었고 OM도 큰 차이가 없었으나 ST3에서 다소 높았다.

표 3-106. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 낙엽송² 용토
종류별 이화학성

처 리	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)	OM (%)
			K	Ca	Mg		
ST1	4.42	57.11	67.08	24.28	8.25	14.5	3.41
ST2	2.60	59.54	78.28	19.01	7.80	19.6	3.07
ST3	3.64	143.35	69.99	19.44	7.11	18.8	4.16
평 균	3.55	86.66	71.78	20.91	7.72	17.63	3.54

² 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. 조사일자: 1999. 9. 21

3) 자작나무

자작나무에서도 초기에는 초장변화가 별로 없다가 3개월후인 7월 6일부터 ST3에서 가장 신장량이 많았다. 최종조사일인 9월 1일 조사에서는 ST3이 36cm까지 신장량이 보여 다른 처리보다 6~8cm나 더 컸다.

표 3-107. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무의 초장 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
ST1	1.1 a ^x	5.3 a	17.4 b	28.1 b
ST2	1.0 a	2.2 b	21.1 ab	30.4 b
ST3	1.0 a	6.5 a	22.6 a	35.9 a
평 균	1.03	4.66	20.36	31.46

² 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

초폭은 초장처럼 뚜렷한 차이는 보이지 않았지만 ST2와 ST3에서 다소 컸다. 초기에는 ST1이 컸다가 후기에는 ST3가 다소 큰 경향을

보였다.

표 3-108. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무²의 초폭 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
ST1	1.9 a ^x	8.7 a	14.6 a	17.0 b
ST2	1.7 b	5.5 b	16.6 a	19.2 a
ST3	1.6 b	10.5 a	16.4 a	18.7 a
평 균	1.73	8.23	15.86	18.30

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

고사율은 전처리간에 큰 차이를 보이지 않았으며 최종조사일 에 서도 통계적인 유의차이는 보이지 않았다. 그러나 6월 7일 까지는 전혀 없었으나 7월 6일부터 평균 15%이 고사율을 보였고 최종조사일 인 9월 1일에는 20%의 높은 고사율을 보였다.

표 3-109. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무²의 고사율 변화 (단위:%)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
ST1	0.0 a ^x	16.0 a	15.3 b	18.0 a
ST2	0.0 a	12.7 a	15.6 b	20.0 a
ST3	0.0 a	16.7 a	22.0 a	22.0 a
평 균	0.00	15.13	17.63	20.00

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

엽수도 초기에는 차이가 없었다가 7월 6일부터는 ST3에서 가장 많았다.

표 3-110. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무²의 엽수 변화 (단위:cm)

처 리	6/7	7/6	8/5	9/1
ST1	2.5 a ^x	7.9 b	14.0 b	16.6 b
ST2	2.2 a	6.4 b	12.2 b	19.2 a
ST3	2.5 a	12.5 a	17.6 a	18.7 a
평 균	2.40	8.93	14.60	18.16

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, ^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

생체중은 ST3에서 높았다. 지상부생체중도 ST3이 가장 많았고 지하부에서도 이 구가 가장 많았다. 이러한 경향은 건물중에서도 같은 경향을 보여주고 있었다.

표 3-111. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무²의 생체중 및 건물중 (단위:g)

처 리	생체중			건물중		
	지상부	지하부	계	지상부	지하부	계
ST1	3.9 b ^x	4.1 ab	8.0	1.15 b	0.71 b	1.86
ST2	4.2 b	3.6 b	7.8	1.28 b	0.71 b	1.99
ST3	5.4 a	4.9 a	10.3	1.56 a	1.03 a	2.59
평 균	4.50	4.20		1.33	0.81	

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

근장은 ST3에서 가장 길었으나 다른 두 처리와 통계적인 유의차이는 보이지 않았다. 지체부직경은 ST3과 ST2에서 높았으며 ST1에서 가장 적었다.

표 3-112. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무²의 근장과 지체부직경 (단위: cm)

처 리	근 장	지체부직경
ST1	18.3 a ^x	0.36 b
ST2	17.9 a	0.40 a
ST3	28.1 a	0.41 a
평 균	21.43	0.39

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

엽면적도 ST3에서 가장 많았으며 ST1과 ST2와는 통계적인 유의 차이를 보이지 않았다.

엽록소 함량은 ST3에서 가장 많았고 ST1에서 가장 적었으나 ST2와는 유의차이가 인정되지 않았다.

표 3-113. Sonneveld 양액농도에 따른 시설양묘 자작나무²의 엽면적 과 엽록소 함량

처 리	엽면적 (cm ²)	엽록소 함량 (SPAD 502%)
ST1	235.4 b ^x	25.3b
ST2	248.2 b	27.2b
ST3	345.7 a	34.0a
평 균	276.43	28.83

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

^x 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

식물체의 화학적인 성질은 전체처리간에 별차이를 보이지 않았다. 그러나 Fe는 ST3에서 가장 많았다.

표 3-114. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 자작나무²의 식물체 화학성분 분석

처 리	T-N	Av. P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Mn	Fe
	(%)				(mg/kg)		
ST1	2.67	0.16	2.49	0.39	0.37	129.06	172.02
ST2	3.53	0.15	2.68	0.49	0.39	152.68	172.42
ST3	3.03	0.15	2.50	0.44	0.39	136.62	215.06
평균	3.07	0.15	2.55	0.44	0.38	139.45	186.50

² 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. 조사일자: 1999. 9. 21

pH EC 및 가비중등 물리적성질도 처리간에 별 차이를 보이지 않았다. 따라서 양액의 농도의 차이가 pH, EC 및 가비중을 포함한 물리성에는 별 변화를 보이지 않는 것으로 생각되었다.

표 3-115. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 자작나무²의 용토 종류별 pH, EC 및 물리성

처 리	pH	EC	가비중	진비중	보수력	고상	액상	기상
	(1:5)	(mS/cm)	(g/ml)	(g/ml)	(%)	(%)	(%)	(%)
ST1	5.17	0.37	0.15	0.40	264	37.5	39.6	22.9
ST2	5.17	0.38	0.15	0.40	264	37.5	39.6	22.9
ST3	5.17	0.39	0.15	0.40	263	37.5	39.4	23.1
평균	5.17	0.38	0.15	0.40	284	37.5	39.5	23.0

² 파종일자 : 1999. 4. 26. 비료공급시작 : 1999. 5. 24. 조사일자: 1999. 9. 21

처리별 화학성에서 T-N은 ST2가 가장 적었고 나머지 구는 별 차이를 보이지 않았다. P는 ST3이 가장 많았으며 기타 무기물은 처리간에 별 차이를 보이지 않고 있었다. 또한 CEC와 OM도 처리간에 차이가 거의 없었다.

표 3-116. Sonneveld 양액농도에 따른 최종조사일 자작나무²의 용토
종류별 화학성

처 리	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cations (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)	OM (%)
			K	Ca	Mg		
ST1	26.00	62.43	10.32	21.31	8.14	23.0	3.03
ST2	17.47	86.84	12.57	18.60	8.12	22.8	3.04
ST3	24.24	190.02	12.88	24.34	8.25	24.7	3.10
평 균	22.57	113.09	11.92	21.41	8.17	23.50	3.05

² 파종일자 : 1999. 4. 26, 비료공급시작 : 1999. 5. 24, 조사일자: 1999. 9. 21

5. 용토 혼합비율별 표준시비법 개발

가. 발아율 조사

각 공시수종의 발아율은 소나무가 가장 높았다. 소나무는 평균 47.5% 발아되었는데 용토별로는 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, V/V)의 용적비로 혼합한 것이 7% 더 높았다. 한편 낙엽송은 공시수종 중 가장 발아율이 낮아 평균 10.4%밖에 발아되지 않았다. 그리고 용토 종류에 따라 별 차이가 없었다. 자작나무는 평균 28.7% 발아율을 보였는데 3재료를 혼합한 용토에서 7% 더 높았다. 따라서 이 3수종에서 보면 3가지 용토를 혼합하여 파종한 것이 발아율이 더 높았다.

표 3-117. 공시작물의 용토종류별 발아율 (단위:%)

종 류	용 토	피트모스+펄라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펄라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
소 나 무		43.91	51.01
낙 엽 송		9.98	10.85
자작나무		25.0	32.33

나. 수종별 생장

1) 소나무

가) 생 장

172일 육묘한 소나무의 용토, 비료종류와 농도 그리고 이들 상호간에 통계적인 고도의 유의차이가 있었다. 전체 처리구중에서 최저

5cm에서 최고 20.4cm까지 15.4cm의 차이가 있었다. 비료간의 차이는 무처리가 가장 적었고 다음이 T4였다. 한편 그러나 T1과 T2는 거의 차이가 없었다. 가장 컷던 구는 T3구이었다. 용토종류간의 차이를 보면 M1(피트모스+펄라이트=1:1,V/V)이 M2(피트모스+펄라이트+질석=1:1:1,V/V/V)의 혼합용토에 비하여 초장이 4.46cm 더 길었다. 전체 구중에서 M1용토의 T3(M1T3)구가 가장 컷다.

즉 피트모스+펄라이트(1:1,V/V)의 용적비로 혼합한 용토에 Sonneveld 3배액을 주 1회 관수한 것이 가장 컷다. 한편 비료분이 없이 순수한 물만으로 관수한 것은 5cm밖에 신장되지 않아 최고초장을 보인 구와는 4배나 차이가 있었다. 따라서 소나무 양묘시 시비는 필수적이고 그 시비효과는 매우 컷다.

표 3-118. 172일 육묘 소나무²의 용토와 비료종류 및 양액농도에 따른 초장 변화 (단위:cm)

비료	용 토	피트모스+펄라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펄라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
		M1	M2
Hyponex 2000배	T0	18.2 b ^y	13.4 a
Sonneveld 2.0배	T1	19.4 ab	14.0 a
Sonneveld 2.5배	T2	19.2 ab	13.0 a
Sonneveld 3.0배	T3	20.4 a	14.6 a
Hyponex2000배 + 임업양묘양액	T4	13.2 c	9.6 b
무 처 리	Cont.	6.0 d	5.0 c
평 균		16.06	11.60
Significance			
용 토			*** ^x
비 료			***
용 토×비료			***

² 파종일자 : 1999. 3. 6, 조사일자 : 1999. 9. 25

^y 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

초폭에서 용토, 비료종류와 농도처리구 사이에는 고도의 유의차가 있었는데 두 요인중의 상호작용(용토×비료)은 유의성이 없었다. M1용토가 M2용토 보다 다소 컸다. 무처리에 비하여 시비구가 어느 구든지 2배 이상 컸는데 M1용토에서의 시비구인 5구사이에는 유의차이가 없었다. 가장 적었던 구는 M2의 무처리구(M2cont.)이었고 가장 컸던 구는 M1용토의 T1(MIT1)구 이었다. 한편 T4 구는 두 용토 모두 시비구중에서는 가장 작았다. 따라서 T4와 같이 농도를 높게 하여도 월 1회 시비는 주1회 또는 주2회 시비에 비하여 떨어졌다.

표 3-119. 172일 옥묘 소나무²⁾의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 초폭 변화 (단위:cm)

비료	배지	피트모스+펠라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펠라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
		M1	M2
Hyponex 2000배	T0	7.4 a ¹⁾	5.8 ab
Sonneveld 2.0배	T1	8.1 a	6.0 ab
Sonneveld 2.5배	T2	7.2 a	7.0 a
Sonneveld 3.0배	T3	7.4 a	5.8 ab
Hyponex2000배 + 임업양묘양액	T4	6.6 a	4.6 bc
무 처리	Cont.	3.5 b	3.3 c
평균		6.70	5.41
Significance			
배지		*** ³⁾	
비료		***	
용토×비료		NS	

²⁾ 파종일자 : 1999. 3. 6. 조사일자 : 199. 9. 25

³⁾ 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

⁴⁾ NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01, 0.001, respectively.

용토중에는 피트모스와 펄라이트(1:1, V/V)의 용토가 3가지 배합 토 보다 염장이 더 컸다. 가장 컷던 구는 Sonneveld 2배액을 주 1회 시비한 구 이었다. 가장 낮았던 구는 무처리의 3종류의 용토 혼합토 인 M2cont. 구이었다.

표 3-120. 172일 육묘 소나무^Z의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 염장 변화 (단위:cm)

비료	용 토	피트모스+펄라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펄라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
		M1	M2
Hyponex 2000배	T0	3.8 a ^y	2.9 ab
Sonneveld 2.0배	T1	4.1 a	3.0 a
Sonneveld 2.5배	T2	3.2 a	3.4 a
Sonneveld 3.0배	T3	3.7 a	2.6 ab
Hyponex2000배 + 임업양묘양액	T4	3.3 a	2.1 bc
무 처 리	Cont.	1.8 b	1.4 c
평 균		3.31	2.56
Significance			
용 토			*** ^x
비 료			***
용토×비료			NS

^Z 파종일자 : 1999.3.6, 조사일자 : 199.9.25

^y 같은 글자는 Duncan검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01, 0.001, respectively.

나) 생체중과 건물중

생체중은 용토 및 비료종류 및 이들 두 요인간의 상호작용에서 고도의 유의차이가 있었다. 지상하부 전체 생체중은 M1용토가 M2용 토보다 더 컷다. M2의 무처리(M2Cont.)에서 가장 낮았고 MIT2구에서

가장 높았다. 즉 피트모스와 펄라이트(1:1, V/V)로 혼합한 용토에 Sonneveld 2.5배액을 주 1회 시비한 구에서 가장 생체량이 많았다.

지상부 생체중도 MIT2구에서 가장 높았고 M2Cont. 구에서 가장 낮았다. 한편 지하부 생체중은 MIT0구가 가장 많았고 M2Cont. 구가 가장 적었다.

전체적으로 3재료 혼합용토인 M2구가 M1보다 낮은 경향을 보였고 Sonneveld 2.0~2.5배액 주 1회 시비 또는 Hyponex 2000배액 주 2회 시비구에서 높은 생체중을 보였다. 이들 구 사이에는 지상하부 모두 통계적인 유의성을 발견할 수가 없었다.

건물중은 생체중과 비슷한 경향을 보였다. 그러나 2개의 용토 사이에는 유의차가 없었고 지상부의 용토×비료에서 유의차가 없었다. 지상하부 전체무게도 M1이 M2보다 높은 생장량을 보였다. 가장 무거웠던 구는 MIT2구이었지만 MIT1, MIT3구와 M2T0구와는 유의차가 없었다. 가장 낮았던 구는 M2Cont. 구이었다. 한편 지하부 건물중도 MIT1, MIT2, MIT3에서 가장 높았으며 M2T0, M2T2, M2T3구와는 유의차가 없었다.

이상의 생체중과 건물중 조사에서 보면 소나무 육묘용토로는 피트모스와 펄라이트(1:1, V/V) 용토에서 육묘하는 것이 좋았고, Sonneveld 2.0~3.0배액을 사용하는 것이 가장 좋았다.

뿌리발달도 MIT0, MIT1, MIT2, MIT3, MIT4 용토에서 좋았다. M2 용토에서는 M2T0와 M2T2용토에서 좋았고 M2T1과 M2T3 그리고 M2Cont. 구에서는 좋지 않았다.

근장은 오히려 M1Cont. 구가 가장 길었고 MIT0와 M2Cont. 구에서 가장 짧았다. 용토중에는 M1용토가 M2용토보다 더 길었다.

표 3-121. 172일 육묘 소나무^z의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 생체중 및 건물중

용 토	비 료	생 체 중 (g)			건 물 중 (g)			뿌리발달 (1-5종음)	근장 (cm)
		지상부	지하부	계	지상부	지하부	계		
피트모스 + 펠라이트 (1:1,V/V)	Hyponex 2000배	4.00 a ^y	1.18 a	5.18	0.64 b	0.21 ab	0.85	5.0 a	14.4 b
	Sonneveld 2.0배	3.54 a	1.06 a-c	4.6	0.96 a	0.23 a	1.19	5.0 a	18.2 ab
	Sonneveld 2.5배	4.28 a	1.02 a-c	5.3	1.11 a	0.23 a	1.34	5.0 a	16.6 ab
	Sonneveld 3.0배	3.26 a	1.08 ab	4.34	1.10 a	0.23 ab	1.33	5.0 a	18.2 ab
	Hyponex2000배 + 임업양묘양액	1.54 b	0.76 c	2.3	0.42 bc	0.17 ab	0.59	5.0 a	18.2 ab
	무 처 리	0.38 c	0.80 c	1.18	0.15 c	0.16 b	0.31	3.0 b	21.6 a
	평 균	2.83	0.98	3.81	0.73	0.20	0.93	4.66	17.86
피트모스 + 펠라이트 + 질 석 (1:1,V/V)	Hyponex 2000배	2.44 a ^y	0.82 a	3.26	1.00 a	0.16 a	1.16	5.0 a	12.6 ab
	Sonneveld 2.0배	2.24 a	1.00 a	3.24	0.58 b	0.19 a	0.77	4.0 bc	12.6 ab
	Sonneveld 2.5배	1.88 a	0.86 a	2.74	0.49 b	0.16 a	0.65	5.0 a	15.2 a
	Sonneveld 3.0배	2.54 a	0.94 a	3.48	0.65 b	0.17 a	0.82	4.2 b	13.0 ab
	Hyponex2000배 + 임업양묘양액	1.02 b	0.40 b	1.42	0.29 c	0.11 b	0.4	3.4 c	13.4 ab
	무 처 리	0.36 c	0.48 b	0.84	0.12 c	0.09 b	0.21	4.0 bc	11.0 b
	평 균	2.83	0.98	2.49	0.73	0.20	0.66	4.66	17.86
Significance									
용 토		*** ^x	***		NS	NS		***	***
비 료		***	***		***	**		***	NS
용토×비료		***	NS		NS	*		***	NS

^z 파종일자 : 1999.3.6, 조사일자 : 1999.9.25

^y 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

2) 낙엽송

가) 생 장

초장은 용토, 비료, 용토×비료간의 유의성검정에서 고도의 유의성이 있었다. M1이 M2보다 더 컸고 MIT3구가 가장 컸고 M1Cont. 구가 가장 작았다. 이들 두 구간의 차이는 13.8cm나 되어 M1Cont. 구의 3.8배나 더 자랐다. M1용토 중에서는 MIT3와 MIT1인 두 구가 가장 컸는데 이들 두 구간에는 유의차가 없었다. M2용토 중에는 M2T2구가 가장 컸으나 M2T0, M2T1구와는 유의차이가 없었다.

표 3-122. 172일 육묘 낙엽송^Z의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 초장 변화 (단위: cm)

비 료	용 토	피트모스+펄라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펄라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
		M1	M2
Hyponex 2000배	T0	15.7 bc ^y	14.4 ab
Sonneveld 2.0배	T1	16.9 ab	14.6 ab
Sonneveld 2.5배	T2	16.0 bc	15.8 a
Sonneveld 3.0배	T3	18.7 a	13.8 b
Hyponex2000배 + 입엽양묘양액	T4	14.8 c	11.6 c
무 처 리	Cont.	4.9 d	5.4 d
평 균		14.50	12.60
Significance			
용 토			*** ^x
비 료			***
용토×비료			NS

^Z 파종일자 : 1999. 3. 6, 조사일자 : 199. 9. 25

^y 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

초폭은 M2용토에서는 M2T3구가 가장 높았고 다음이 M2T1, M2T0순이었다. T4와 Cont. 구는 M1과 M2용토에서 모두 가장 낮은 값을 보였다.

표 3-123. 172일 육묘 낙엽송^z의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 초폭 변화 (단위:cm)

비료	용 토	피트모스+펄라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펄라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
		M1	M2
Hyponex 2000배	T0	7.2 bc ^y	5.9 a-c
Sonneveld 2.0배	T1	8.3 ab	6.2 ab
Sonneveld 2.5배	T2	8.1 ab	5.2 bc
Sonneveld 3.0배	T3	8.8 a	7.0 a
Hyponex2000배 + 임업양묘양액	T4	6.4 c	5.0 c
무 처 리	Cont.	4.5 d	3.6 d
평 균		7.21	5.48
Significance			
용 토		*** ^x	
비 료		***	
용토×비료		NS	

^z 파종일자 : 1999.3.6, 조사일자 : 199.9.25

^y 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

엽장은 용토와 비료간에는 고도의 유의차가 있었으나 용토×비료 사이에는 유의성이 없었다. 엽장도 M1용토가 M2용토보다 길었고 비료중에서는 T3구가 가장 컸다.

전체처리구중에서 가장 컸던 구는 MIT3구이었으나 MIT0, MIT1,

MIT2구와는 유의차이가 없었다. M2용토에서도 M2T3구가 가장 길었으나 M2T0, M2T1구와는 유의차이가 없었다. 가장 짧았던 구는 M1과 M2용토의 Cont. 구이었다. 따라서 Sonneveld 3.0배액 시비구에서 가장 엽장이 길었다.

표 3-124. 172일 육묘 낙엽송²의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 엽장 변화 (단위:cm)

비 료	배 지	피트모스+펄라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펄라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
		M1	M2
Hyponex 2000배	T0	3.6 ab ^y	3.0 ab
Sonneveld 2.0배	T1	3.8 ab	3.0 ab
Sonneveld 2.5배	T2	3.9 ab	2.7 b
Sonneveld 3.0배	T3	4.1 a	3.5 a
Hyponex2000배 + 임엽양묘양액	T4	3.2 b	2.5 b
무 처 리	Cont.	2.4 c	1.7 c
평 균		3.50	2.73
Significance			
용 토			*** ^x
비 료			***
용토×비료			NS

² 과종일자 : 1999.3.6, 조사일자 : 199.9.25

^y 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01, 0.001, respectively.

(나) 생체중과 건물중

이상하부 생체중은 용토, 비료, 용토×비료간에 고도의 유의성이 있었다. 생체중은 M1이 M2보다 훨씬 높았다. 비료중에서는 T1구가

높았다. 지상부 생체중에서 가장 높았던 것은 MIT2, MIT3구이었지만 MIT0, MIT1구와는 유의차가 없었다. 이들 4구가 전체중에서 가장 높은 성장량을 보였다. M2용토는 M1용토보다 떨어졌으며 M2T2구가 가장 높았으나 M2T0, M2T1구와는 유의차이가 없었다. 가장 낮았던 구는 M1과 M2의 Cont. 구이었다. 지하부 생체중은 M1과 M2가 비슷하였다. 가장 컸던구는 MIT1구이었고 가장 낮았던 구는 M1, M2 두 용토의 Cont. 구이었다.

건물중도 생체중과 비슷한 경향으로 M1용토가 M2용토보다 높았다. 가장 무거웠던 구는 MIT1구이었고 다음이 MIT3, MIT0이었다. 가장 가벼웠던 구는 M1과 M2의 Cont. 구이었다. 지상부도 MIT1이 가장 컸으나 MIT0, MIT2, MIT3와는 유의차이가 없었다. M2용토의 각 처리구간에서는 M2T1, M2T2가 가장 컸으나 M1구의 높았던 구보다는 반이하로 낮았다. 지하부도 MIT1구가 전체처리구 중 가장 컸으며 Cont. 구가 가장 낮았다.

뿌리발달은 M2용토보다 M1용토에서 좋았는데 MIT0, MIT1, MIT3, MIT4에서 가장 좋은 뿌리발달을 보였다.

근장도 M1용토에서 더 길었고 M1용토의 6처리 모두 처리간 유의성이 없었다. M2용토에서는 M2T4에서 가장 길었다.

표 3-125. 172일 육묘 낙엽송^z의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 생체중 및 건물중

용 토	비 료	생체중(g)			건물중(g)			뿌리발달 (1-5등급)	근장 (cm)
		지상부	지하부	계	지상부	지하부	계		
피트모스 + 펠라이트 (1:1, V/V)	Hyponex 2000배	2.90 a ^y	1.64 b	4.54	0.98 a	0.29 b	1.27	5.0 a	12.4 a
	Sonneveld 2.0배	2.98 a	2.28 a	5.26	1.09 a	0.39 a	1.48	5.0 a	14.6 a
	Sonneveld 2.5배	3.08 a	1.22 b	4.3	0.98 a	0.26 b	1.24	4.4 b	16.6 a
	Sonneveld 3.0배	3.08 a	1.64 b	4.72	0.99 a	0.31 b	1.3	5.0 a	12.0 a
	Hyponex2000배 + 입엽양묘양액	1.80 b	1.40 b	3.2	0.54 b	0.15 c	0.69	5.0 a	14.6 a
	무 처 리	0.54 c	0.54 c	1.08	0.19 c	0.13 c	0.32	3.0 c	16.6 a
	평 균	2.39	1.45	3.85	0.79	0.25	1.05	4.56	14.46
피트모스 + 펠라이트 + 질 석 (1:1:1, V/V/V)	Hyponex 2000배	1.74 ab ^y	1.02 a	2.76	0.48 ab	0.18 a	0.66	4.0 a	11.6 b
	Sonneveld 2.0배	1.96 a	1.24 a	3.2	0.56 a	0.18 a	0.74	4.0 a	12.6 b
	Sonneveld 2.5배	2.04 a	1.16 a	3.2	0.53 a	0.18 a	0.71	4.0 a	12.4 b
	Sonneveld 3.0배	0.52 c	0.58 b	1.1	0.15 c	0.07 b	0.22	3.0 b	11.6 b
	Hyponex2000배 + 입엽양묘양액	1.28 b	1.26 a	2.54	0.35 b	0.18 a	0.53	4.2 a	16.2 a
	무 처 리	0.26 c	0.34 b	0.6	0.08 c	0.06 b	0.14	3.0 b	11.6 b
	평 균	2.39	1.45	2.23	0.79	0.25	0.50	4.56	14.46
Significance									
용 토		*** ^x	***		***	***		***	*
비 료		***	***		***	***		***	*
용토×비료		***	***		***	***		***	NS

^z 파종일자 : 1999. 3. 6, 조사일자 : 199. 9. 25

^y 같은 글자는 Duncan검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

3) 자작나무

(1) 생 장

초장은 용토, 비료, 용토×비료 사이에서 고도의 유의성이 있었다. M1용토가 M2보다 더 컸다. 가장 컸던 구는 MIT1이었고 가장 작았던 구는 M2Cont. 구이었다. 그러나 MIT1구와 MIT2구 사이에는 통계적인 유의차이가 없었다. M2구에서는 M2T0가 가장 컸고 M2Cont. 구가 가장 작았다.

표 3-126. 172일 육묘 자작나무^z의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 초장 변화 (단위:cm)

비 료	용 토	피트모스+펠라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펠라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
		M1	M2
Hyponex 2000배	T0	37.4 b ^y	46.0 a
Sonneveld 2.0배	T1	56.8 a	21.0 b
Sonneveld 2.5배	T2	52.4 a	16.9 c
Sonneveld 3.0배	T3	33.8 b	22.4 b
Hyponex2000배 + 입엽양묘양액	T4	33.7 b	19.8 bc
무 처 리	Cont.	23.2 c	15.4 c
평 균		39.55	21.35
Significance			
용 토		*** ^x	
비 료		***	
용토×비료		***	

^z 파종일자 : 1999.3.6, 조사일자 : 199.9.25

^y 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

초폭은 용토, 비료, 용토×비료에서 고도의 유의성이 인정되었다. M1용토가 M2용토보다 더 컸으며 전체구 중 MIT1구가 가장 컸다. 한편 M2T2가 가장 작았는데 이는 시험 수행상의 오차로 간주된다. 비교적 큰 초폭을 보인 구는 MIT0, MIT2, MIT3, MIT4와 M2T0이었다.

표 3-127. 172일 육묘 자작나무^Z의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 초폭 변화 (단위:cm)

비 료	용 토	피트모스+펄라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펄라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
		M1	M2
Hyponex 2000배	T0	18.8 b ^y	19.4 a
Sonneveld 2.0배	T1	20.6 ab	13.1 b
Sonneveld 2.5배	T2	19.0 b	7.7 c
Sonneveld 3.0배	T3	18.2 b	14.7 b
Hyponex2000배 + 임업양묘양액	T4	23.2 b	12.2 bc
무 처 리	Cont.	14.4 c	13.4 b
평 균		19.03	13.41
Significance			
용 토			*** ^x
비 료			***
용토×비료			***

^Z 파종일자 : 1999. 3. 6. 조사일자 : 199. 9. 25

^y 같은 글자는 Duncan검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, #, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

엽장은 용토와 비료간에는 고도의 유의성이 인정되었으나 용토×비료간에는 차이가 없었다. M1용토가 M2용토보다 더 컸는데 M1중에서는 MIT0가 가장 길었으며 M1Cont. 구가 가장 작았다. 두 용토 모두 Cont. 구에서는 작은 경향이였다.

표 3-128. 172일 옥묘 자작나무^z의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 엽장 변화 (단위:cm)

비 료	용 토	피트모스+펄라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펄라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
		M1	M2
Hyponex 2000배	T0	12.3 a ^y	9.3 a
Sonneveld 2.0배	T1	9.4 bc	9.1 a
Sonneveld 2.5배	T2	9.3 bc	3.8 b
Sonneveld 3.0배	T3	8.8 bc	6.8 ab
Hyponex2000배 + 입엽양묘양액	T4	10.4 ab	6.3 ab
무 처 리	Cont.	6.6 c	6.0 ab
평 균		9.46	6.88
Significance			
용 토		*** ^x	
비 료		***	
용토×비료		NS	

^z 파종일자 : 1999. 3. 6. 조사일자 : 199. 9. 25

^y 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

엽폭은 용토, 비료, 용토×비료간에는 통계적인 유의성이 인정되지 않았고 용토×비료사이에는 엽수에서 유의성이 보였다.

표 3-129. 172일 육묘 자작나무^Z의 용토와 비료종류 및 양액농도에 따른 엽폭 변화 (단위:cm)

비 료	용 토	피트모스+펄라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펄라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
		M1	M2
Hyponex 2000배	T0	6.9 a ^y	7.3 a
Sonneveld 2.0배	T1	6.8 ab	5.2 b
Sonneveld 2.5배	T2	6.1 ab	2.5 c
Sonneveld 3.0배	T3	6.1 ab	5.1 b
Hyponex2000배 + 임업양묘양액	T4	7.8 a	4.1 b
무 처 리	Cont.	4.9 b	4.4 b
평 균		6.43	4.76
Significance			
용 토		*** ^x	
비 료		***	
용토×비료		***	

^Z 파종일자 : 1999.3.6, 조사일자 : 199.9.25

^y 같은 글자는 Duncan중검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

엽수는 가장 많았던 구는 M1T1과 M2T1구로서 Sonneveld 2.0배액 1주 시비구에서 가장 많은 엽수를 보였다.

표 3-130. 172일 육묘 자작나무²의 용토종류와 비료 및 양액농도에 따른 엽수 변화 (단위:cm)

비 료	용 토	피트모스+펄라이트 (1:1, V/V)	피트모스+펄라이트+질석 (1:1:1, V/V/V)
		M1	M2
Hyponex 2000배	T0	11.4 ab ^y	9.8 ab
Sonneveld 2.0배	T1	15.0 a	13.2 a
Sonneveld 2.5배	T2	11.8 ab	4.6 b
Sonneveld 3.0배	T3	9.8 a-c	16.8 a
Hyponex2000배 + 입엽양묘양액	T4	7.6 bc	14.8 a
무 처 리	Cont.	5.8 c	11.0 ab
평 균		10.23	11.70
Significance			
용 토		NS ^x	
비 료		NS	
용토×비료		**	

² 파종일자 : 1999. 3. 6. 조사일자 : 199. 9. 25

^y 같은 글자는 던칸다중검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

다. 생체중과 건물중

생체중은 지상부와 지하부 모두 용토, 비료, 용토×비료간에 고도의 유의성이 있었다. 용토중에서는 M1용토가 M2용토보다 전체적으로 높은 성장량을 보였다. 가장 높은 생체중을 보인 구는 MIT1구로서 주당 16g인데 비해 가장 낮았던 M1Cont. 구는 주당 4g으로서 4배나 더 높았다. 즉 Sonneveld 2.0배액의 효과가 매우 큼을 보여 주었다. 다음은 MIT2구로서 소나무나 낙엽송이 Sonneveld 2.5~3.0배액에서 높은 효과를 보인데 비하여 자작나무는 다소 농도가 낮은 2배액에서 가장 높은 성장량을 보였다.

지상부 생체중에서 가장 높았던 구는 MIT1이었고 가장 낮았던 구는 M1Cont. 구이었다. 지하부에서도 MIT1구가 가장 컸고 M2Cont. 구에서 가장 작았다. 따라서 피트모스+펄라이트(1:1, v/v) 용토에서 Sonneveld 2.0배액을 주 1회 관수한 것이 가장 높은 성장량을 보였다.

건물중은 생체중과 마찬가지로 M1용토가 M2용토보다 더 많았다. 전체 처리중 MIT1구가 지상부와 지하부 모두 가장 컸고 M2Cont. 구에서 가장 적었다.

뿌리발달도 M1용토에서 M2용토보다 더 좋았고 M1용토의 전체 비료구와 M2T0, M2T1구에서 가장 좋았다.

근장은 MIT1, MIT2, M1Cont., M2T0, M2T4구에서 가장 길었으며 MIT3과 M2T2~3구에서 가장 짧았다.

표 3-131. 172일육묘 자작나무^z의 용토종류와 비료 및 양액 농도에 따른 생체중 및 건물중에 따른 생체중 및 건물중

용 토	비 료	생체중(g)			건물중(g)			뿌리발달 (1-5등급)	근장 (cm)
		지상부	지하부	계	지상부	지하부	계		
피트머스 + 펠라이트 (1:1,V/V)	Hyponex 2000배	3.80 bc ^y	4.36 bc	8.16	1.36 bc	0.99 bc	2.35	5.0 a	15.7 b
	Sonneveld 2.0배	8.58 a	7.70 a	16.28	3.94 a	1.90 a	5.84	5.0 a	21.2 a
	Sonneveld 2.5배	5.30 bc	5.04 b	10.34	2.19 b	1.11 b	3.3	5.0 a	21.0 a
	Sonneveld 3.0배	2.80 bc	1.52 d	4.32	1.02 bc	0.40 d	1.42	4.8 a	15.0 b
	Hyponex2000배 + 입업양묘양액	2.94 bc	1.84 d	4.78	1.19 bc	0.63 cd	1.82	5.0 a	18.9 ab
	무 처 리	1.42 c	2.78 cd	4.2	0.56 c	0.55 cd	1.11	4.6 a	21.2 a
	평균	4.14	3.87	8.01	1.71	0.93	2.64	4.90	18.83
피트머스 + 펠라이트 + 질 석 (1:1:1,V/V/V)	Hyponex 2000배	4.14 a ^y	4.10 a	8.24	2.08 a	0.93 a	3.01	5.0 a	21.2 ab
	Sonneveld 2.0배	2.06 c	3.44 ab	5.5	0.74 b	0.70 ab	1.44	5.0 a	18.6 bc
	Sonneveld 2.5배	0.78 d	0.30 c	1.08	0.12 c	0.04 d	0.16	2.0 c	10.3 d
	Sonneveld 3.0배	3.54 ab	4.72 a	8.26	1.17 b	0.82 a	1.99	3.8 b	13.4 cd
	Sonneveld 3.0배 + 입업양묘양액	2.86 bc	3.14 ab	6	0.79 b	0.49 bc	1.28	3.6 b	25.6 a
	무 처 리	2.50 bc	2.22 b	4.72	0.65 bc	0.36 c	1.01	3.8 b	15.8 b-d
	평균	4.14	3.87	5.63	1.71	0.93	1.48	4.90	18.83
Significance									
용 토		*** ^x	**		***	***		***	NS
비 료		***	***		***	***		***	**
용토×비료		***	***		***	***		***	**

^z 파종일자 : 1999. 3. 6, 조사일자 : 199. 9. 25

^y 같은 글자는 Duncan검정 5%에서 유의성 없음.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, 0.001$, respectively.

엽록소 함량은 M1용토가 M2용토보다 더 높은 함량을 보였고 M1용토중에서는 M1Cont. 구가 가장 적었으며 기타 5처리구는 비슷하였다. M2용토중에서도 T0, T1, T3, T4구가 높았고 T2와 Cont. 구가 비교적 낮았다.

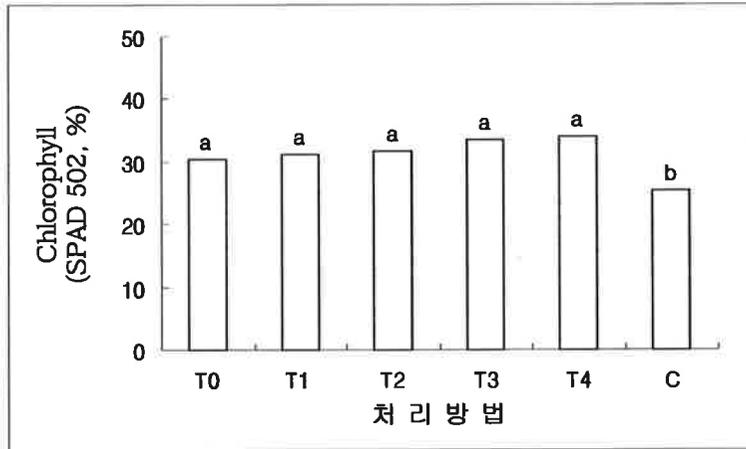


그림 3-1. 자작나무 피트모스+펄라이트(1:1, V/V) 용토의 비료 및 양액 농도에 따른 엽록소 함량

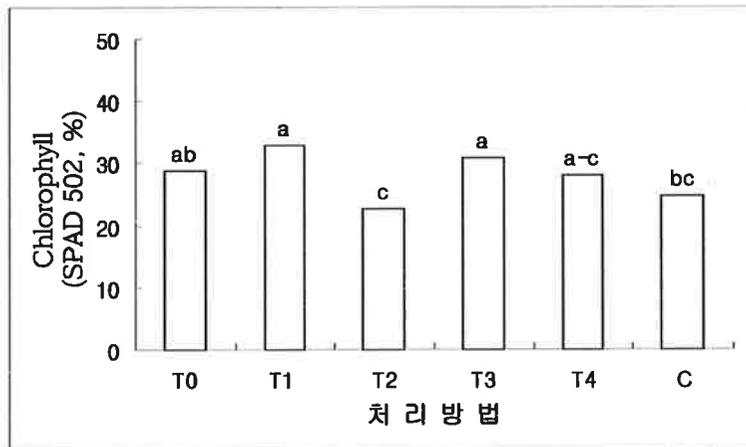


그림 3-2. 자작나무 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, V/V/V) 용토의 비료 및 양액 농도에 따른 엽록소 함량

라. 용토의 pH, EC 및 물리성

1) 소나무

가) pH : M1용토가 평균 5.5를 보여 M2용토의 7.0보다 낮았다. 따라서 질석이 들어간 M2용토는 6처리 모두 6.7이상으로 높았다. 한편 M1용토중에서는 MIT4구가 가장 낮았고 MIT1구가 가장 높았다.

나) EC : 두 용토와 비료농도사이에 별 차이 없이 0.24mS/cm이었고 Cont. (무처리)구를 제외하고는 비슷하였다.

다) 가비중과 진비중 : 가비중은 M1이 M2보다 가벼웠으며 평균 M1 0.13g/ml 이었고 M2가 0.18g/ml이었으나 처리간에는 거의 차이가 없었다. 진비중도 M1이 평균 0.39g/ml로서 M2의 0.55g/ml로서 더 가벼웠으며 처리간에는 별 차이가 없었다.

라) 공극율 : M1과 M2사이에 비슷하였으며 보수력은 M1용토에서 더 많았다. M1용토에서는 고상 35%, 액상 30%, 기상 35%로서 고상과 기상이 액상보다 다소 높았으나 M2용토는 액상이 36%로서 고상과 기상보다 높았다. 한편 유기물 함량은 전처리 모두 비슷하였다.

표 3-132. 소나무^c 피트모스+펄라이트(1:1, V/V) 용토의 pH, EC 및 물리성

처 리 ^b	pH (1:5)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	보수력 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)	OM (%)
Hyponex 2000배	-	0.24	0.14	0.40	65.07	198	34.94	27.61	37.45	2.58
Sonneveld 2.0배	6.01	0.21	0.14	0.41	66.70	204	33.30	27.88	38.82	2.66
Sonneveld 2.5배	5.88	0.27	0.14	0.41	66.98	211	33.02	28.92	38.06	2.95
Sonneveld 3.0배	5.31	0.40	0.14	0.42	66.17	226	33.38	32.17	34.00	2.69
Hyponex2000배 + 입엽양묘양액	4.98	0.22	0.13	0.34	61.52	236	38.48	30.86	30.66	3.34
무처리	5.41	0.15	0.13	0.36	63.76	243	36.24	31.76	32.00	2.88
평 균	5.51	0.24	0.13	0.39	65.03	219.66	34.89	29.86	35.16	2.85

^b 파종일자 : 1999. 3. 6. 조사일자 : 1999. 9. 25

표 3-133. 소나무^z 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, V/V/V) 용토의 pH, EC 및 물리성

처 리 ^b	pH (1:5)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	보수력 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)	OM (%)
Hyponex 2000배	6.99	0.25	0.19	0.51	62.98	194	37.02	36.80	26.18	2.67
Sonneveld 2.0배	6.99	0.28	0.19	0.58	66.45	182	33.55	35.49	30.95	2.98
Sonneveld 2.5배	6.89	0.25	0.14	0.46	68.72	182	31.28	26.12	42.60	2.83
Sonneveld 3.0배	6.70	0.24	0.19	0.52	63.45	188	36.55	35.68	27.77	2.89
Hyponex2000배 + 입엽양묘양액	6.99	0.25	0.19	0.64	70.68	214	29.32	40.03	30.64	2.83
무처리	7.37	0.20	0.19	0.64	70.83	218	29.17	40.83	30.01	2.85
평 균	6.98	0.24	0.18	0.55	67.18	196.33	32.81	35.82	31.35	2.84

^b 파종일자 : 1999. 3. 6. 조사일자 : 1999. 9. 25

2) 낙엽송

가) pH : M1용토는 평균 5.15이었으나 M2는 7.16으로 각 비료 처리간에는 별 차이가 없었다.

나) EC : M1용토는 0.2mS/cm, M2는 0.3mS/cm로서 낮았다.

다)가비중과 진비중 : 평균치로서 M1용토에서는 0.11g/ml, M2용토는 0.18g/ml로서 처리간에 별 차이가 없었다. 진비중도 M1(0.37)이 M2(0.58)보다 가벼웠으며 모두 0.6g/ml이하의 경량토이었다.

라) 보수력 : M1용토가 더 높아 평균 254%를 보였고 M2용토는 178%로 낮았다. 한편 M1용토는 기상 42%로 매우 높았고 M2는 기상이 36%로 다소 낮았다. 한편 유기물함량은 모든 처리간에 차이가 없었다.

표 3-134. 낙엽송^z 피트모스+펠라이트(1:1, V/V) 용토의 pH, EC 및 물리성

처 리	pH (1:5)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	보수력 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)	OM (%)
Hyponex 2000배	5.04	0.22	0.11	0.38	70.30	424	29.70	48.13	22.17	2.62
Sonneveld 2.0배	5.17	0.21	0.12	0.40	70.13	234	29.87	28.26	41.87	3.60
Sonneveld 2.5배	5.57	0.22	0.11	0.34	66.73	217	33.27	24.88	41.85	2.53
Sonneveld 3.0배	4.95	0.21	0.12	0.39	69.11	231	30.89	27.88	41.23	2.40
Hyponex2000배 + 입엽양묘양액	5.17	0.20	0.11	0.34	67.04	208	32.96	23.57	43.47	2.76
무처리	5.00	0.18	0.13	0.41	68.91	213	31.04	27.18	41.73	2.29
평 균	5.15	0.20	0.11	0.37	68.70	254.50	31.28	29.98	38.72	2.70

^z 파종일자 : 1999. 3. 6, 조사일자 : 1999. 9. 25

표 3-135. 낙엽송² 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, V/V/V) 용토의 pH, EC 및 물리성

처 리	pH (1:5)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	보수력 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)	OM (%)
Hyponex 2000배	6.85	0.24	0.20	0.56	64.09	106	35.91	21.52	42.57	2.71
Sameveld 2.0배	7.31	0.25	0.21	0.61	64.72	195	35.28	41.60	23.12	2.17
Sameveld 2.5배	7.23	0.48	0.19	0.57	66.43	184	33.57	34.86	31.58	2.86
Sameveld 3.0배	6.88	0.32	0.14	0.48	70.51	200	29.49	28.47	42.04	2.69
Hyponex2000배 + 입입양분양액	7.15	0.33	0.15	0.54	71.66	200	28.34	30.81	40.84	2.25
무처리	7.55	0.23	0.20	0.72	71.75	186	28.25	38.01	33.74	2.15
평 균	7.16	0.30	0.18	0.58	68.19	178.50	31.80	32.54	35.64	2.47

² 파종일자 : 1999. 3. 6. 조사일자 : 1999. 9. 25

3) 자작나무

가) pH : M1용토가 평균 pH 5.0이고 M2용토는 pH 7.1로 M1이 낮았다. 처리간의 차이는 크지 않았다.

나) EC : M1용토가 평균 0.25mS/cm, M2용토가 0.40mS/cm이었다.

다) 진비중과 가비중 : 가비중은 M1용토에서 0.12g/ml, M2용토에서 0.2g/ml로서 매우 가벼웠다. 진비중도 M1, M2에서 각각 0.42와 0.75g/ml로 가벼웠고 처리간에는 평균치와 비슷하였다.

라)공극율 : M1이 70%, M2가 73%로서 비슷하였고 보수력은 M1이 186%, M2가 172%로서 M1이 더 높았다. 한편 토양 3상에서는 기상이 높은 편으로 M1이 46%, M2가 37%를 보였다. 유기물함량은 2.5~2.6%로서 처리간에 비슷하였다.

표 3-136. 자작나무² 피트모스+펠라이트(1:1, V/V) 용토의 pH, EC 및 물리성

처 리 ^y	pH (1:5)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	보수력 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)	OM (%)
Hyponex 2000배	5.09	0.26	0.13	0.42	69.78	192	30.22	24.52	45.26	2.36
Sonneveld 2.0배	5.23	0.27	0.12	0.44	71.66	167	28.34	20.66	51.00	2.19
Sonneveld 2.5배	5.22	0.24	0.12	0.42	71.38	206	28.62	24.74	46.64	2.55
Sonneveld 3.0배	5.13	0.22	0.12	0.38	68.45	159	31.55	19.09	49.36	2.61
Hyponex2000배 + 입엽양묘양액	4.94	0.33	0.13	0.51	74.64	266	25.37	34.53	40.10	3.31
무처리	4.92	0.19	0.14	0.36	61.75	128	38.25	17.54	44.22	2.61
평 균	5.08	0.25	0.12	0.42	69.61	186.33	30.39	23.51	46.09	2.60

² 파종일자 : 1999. 3. 6, 조사일자 : 1999. 9. 25

표 3-137. 자작나무² 피트모스+펠라이트+질석(1:1:1, V/V/V) 용토의 pH, EC 및 물리성

처 리 ^y	pH (1:5)	EC (mS/cm)	가비중 (g/ml)	진비중 (g/ml)	공극률 (%)	보수력 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)	OM (%)
Hyponex 2000배	7.10	0.48	0.23	0.78	70.63	171	29.37	39.41	31.22	2.44
Sonneveld 2.0배	7.31	0.46	0.21	0.87	76.23	140	23.77	28.95	47.28	2.27
Sonneveld 2.5배	6.96	0.31	0.19	0.76	74.32	165	25.68	32.07	42.24	3.00
Sonneveld 3.0배	7.28	0.49	0.22	0.74	70.82	190	29.18	41.11	29.71	2.53
Hyponex2000배 + 입엽양묘양액	7.09	0.38	0.18	0.64	70.68	182	29.32	33.10	37.58	2.83
무처리	7.05	0.31	0.20	0.72	72.50	183	27.50	36.21	36.29	2.29
평 균	7.13	0.40	0.20	0.75	72.53	171.83	27.47	35.14	37.38	2.56

² 파종일자 : 1999. 3. 6, 조사일자 : 1999. 9. 25

제 4절 결 론

시설양묘를 이용한 대량 입엽양묘 시업방법 연구 중 육묘자재를 개발하기 위하여 5개년에 걸쳐 양묘에 필요한 용토, 복토자재, 비료, 관수방법, 영양공급 및 비료종류와 시비방법을 연구한 결과 요약하면 다음과 같았다(단 처리내용기호는 당해연도 처리내용을 참고 바람).

I. 최적 용토 및 복토자재 개발

가. 입엽 소형 포트묘 용토 개발

입엽 소형 포트묘의 용토를 개발하기 위하여 14종의 용토원료를 가지고 19종의 육묘용토에 소나무 등 3수종을 파종하여 알맞은 용토를 구명하고 중요 용토종류별 4가지 복토재료를 가지고 복토한 후 양묘한 결과는 다음과 같았다.

1) 소나무 : 생체중에서 T1이 가장 커서 대조구보다 큰 성장을 보였다. 대조구와 차이가 없었던 구는 T2, T9로 비교적 성장량이 높았던 구였다. 가장 적었던 구는 T3, T4, T10, T12, T13, T15, T16, T17로 이 중 T16이 가장 적어 0.35g밖에 되지 않았다. 전체적으로 T1, T2, T3은 T0(대조구)과 비슷하거나 매우 높은 성장량을 보였다.

2) 낙엽송 : 지상부 생체중은 T9에서 가장 컸고 T0, T2에 이어 T1의 순이었으나 그 차이는 0.1~0.2g밖에 되지 않았다. 건물중에서

도 비슷하여 T0, T1, T2에서 높은 값을 보였다. 이중 T1은 지하부 건물중에서 모든 처리구 중 가장 높은 값을 보였다. 따라서 낙엽송 육묘에 알맞은 배합토는 T1으로 생각되었다.

3) 자작나무 : 생체중은 T9에서 가장 높았고 다음이 T12이었으며 T0, T1과 T2도 높은 생체중을 보였다.

나. 임업 소형 포트묘 적정 복토자재 개발

1) 소나무 : 생체중에서 가장 컸던 구는 MIC1로 질석 복토가 좋았으나 MIC3, MIC4와는 유의차가 없어 펄라이트나 고운 마사흙도 복토자재로 사용 가능할 것으로 보였다. 건물중도 생체중과 같이 M1용토에서 가장 좋았고 C1(질석)과 C3(펄라이트)에서 가장 컸으나 다른 두 처리와도 통계적인 유의차가 없었다.

3) 자작나무 : 생체중은 M1용토에서 전체적으로 높았고, C1에서 가장 높은 생체중을 보였다. 그러나 다른 3복토 자재간에는 유의차가 없었다. 건물중에서도 생체중과 같은 경향으로 M4C1에서 가장 높았고 다음이 MIC1으로 질석 복토구가 대체로 전체 건물중량이 많았다. 식물체의 건실함을 보여주는 지제부직경은 MIC1에서 가장 컸다. 다음은 C4와 C2로 M1용토에서 높은 지제부직경생장을 보였다.

이상의 결과를 종합하여 보면 M1용토에서 C1(질석)으로 복토한 것이 가장 좋았으나 다른 복토자재를 사용하여도 통계적인 유의차를 보이지 않았다.

2. 최적용기 개발

임업용 양묘에 알맞은 최적용기를 개발하기 위하여 국내원예용 플러그판과 국내외에서 사용하고 있는 각종 양묘용 용기를 공시하여 여러 종류의 산림녹화용 유묘생장반응을 조사하여 최적의 용기를 개발하고자 연구한 결과는 다음과 같았다.

가. 소나무

1) 원예용 플러그판 : 생체중은 큰 cell을 가진 T1(40공으로 80 ml의 용적)에서 가장 높은 값을 보였고 용적이 작은 것일 수록 가벼웠다. 또한 건물중도 cell의 용적의 크기와 건물중과는 비례하였다. 결론적으로 원예용 플러그판도 소나무 양묘용으로 사용 가능한 것으로 생각되었다.

2) 임업용기 : Cell당 용적은 C4가 가장 컸고, C6이 가장 작았다. 생체중은 C4에서 가장 컸고 다음이 C0이었으며 지피포트는 대체로 낮은 생체중을 보였다. 건물중에서도 생체중과 같은 경향이었다. 캐나다에서 수입한 roottrainer(C1)도 국내산 다른 용기와 차이가 없었다. 6가지 형질 상호간 상관관계를 보면 가장 중요한 것이 용기의 용적이었다. 용적과 통계적으로 유의하게 상관관계를 갖는 것은 초장, 근장, 생체중, 건물중에서 높은 상관을 가졌다. 식물생장을 좌우하는 생체중과 건물중은 용기용적과 정의 상관을 가져서 큰 묘를 얻을려면 큰 용기에 파종하여야 될 것으로 사료된다.

나. 낙엽송

1) 플러그판 : 낙엽송은 소나무와는 달리 용기별로 다양해서 용기의 용적에 따라 큰 영향을 받지 않았다. 생체중에서 C3가 가장 컸으나 6개월 양묘에는 C4에서 가장 컸다. 따라서 용기 크기와는 생체중에 높은 상관을 보이지 않았다. 큰 용기보다는 14~38㎖크기의 용기에서 생장이 좋았다. 이러한 경향은 건물중도 같은 경향을 보여주었다.

2) 입엽용기 : 생체중은 지상하부 모두 C3에서 가장 컸으나 6개월 육묘에서는 C5에서 가장 높았다. 전체적으로 지피포트묘는 생장이 불량하였다. 이러한 결과는 건물중에서 같은 경향을 보여 C3가 가장 좋았다. 지상부와 지하부의 생체중에서는 styrofoam pot C3, 딸기육묘포트 C4, 아크릴팩판 C5에서 좋았고, 지피필렛 용기에서 나쁜 경향이였다. 7형질간 상관관계를 보면 원예용 플러그와는 달리 용기크기와는 생체중과 건물중에서는 높은 상관을 보였으나 초장, 초폭, 근장과는 통계적 유의한 상관관계가 인정되지 않았다.

다. 자작나무

1) 입엽용기 : 플러그판은 너무 적어서 용기용량이 큰 입엽용기만을 사용하여 시험하였다. 종합적으로 C0를 포함하여 C1, C3, C4, C5는 자작나무 용기로 알맞은 용기로 생각되었다. 건물중도 생체중과 마찬가지로 C1, C3, C4, C5용기에서 지상하부에서 높은 값을 보였다. 자작나무의 9가지 형질과 처리간의 상관관계를 보면, 용기의

용량이 커질 수록 초장과 생체중, 엽수가 높아지는 경향을 보였다.

라. 상수리나무

생체중은 C0, C1, C3, C4, C11 모두 유의차가 없었다, 건물중도 생체중과 같은 경향으로 지상하부에서 이들 5처리 모두 유의차이가 없었다.

3. 자동급수방법 및 양액개발

시설양묘에 알맞은 관수방법과 저면 담배수 관수시 적정 양액을 구명하기 위하여 약 4개월간 소나무, 자작나무, 낙엽송을 육묘하여 조사한 결과는 다음과 같았다.

가. 자동생력 급수방법

1) 소나무 : 육묘에서 지상관수와 저면관수간에는 생장량에 유의차가 없었으나 지상관수가 평균치에서 다소 높았다. 용토 및 식물체 분석에서는 저면관수쪽이 약간 높은 분석치를 보였다.

2) 자작나무 : 생장량은 지상 및 저면관수간에 통계적인 유의차는 없었으나 평균치는 저면관수쪽에서 많았고 양분 흡수도 많았다.

3) 낙엽송 : 생장량은 관수방법간에 유의차는 없었으나 지상관수가 뿌리발달이나 평균 생체중이 더 높고 양분 흡수도 많았다.

나. 급수 양액 개발

전체적으로 저면급수하면서 양액과 같이 급수한 것이 Hyponex 주 2회 지상관수한 것보다 소나무와 자작나무의 성장량이 2~3배 가량 월등히 높은 성장량 차이를 보였다.

1) 소나무 : Sonneveld 표준액 시비구가 1/2 Sonneveld 표준액 구가 Hyponex 시비보다 높은 성장량을 보였고, Hyponex 구보다 2배나 생체중이 더 많았다. 한편 용토의 화학성분과 식물체내 성분함량도 가장 많았다. 양분 흡수율로 계산된 적정 양액 농도는 6월은 me/L단위로 N 4, P 0.4, K 2.3, Ca 1.8, Mg 2.4가 좋았으나 7월에는 N 1, P 2.7, K 2.1, Ca 4.6, Mg 2.4 이었다.

3) 자작나무 : Sonneveld 표준액 시비구가 1/2S Sonneveld 표준액 구와 Hyponex 구보다 높았고, Hyponex 구보다는 3배 생체중이 더 많았다. 한편 용토의 화학성분과 체내 무기물 성분도 많았다. 양분 흡수율로 계산된 적정 양액 농도는 me/L 단위로 하여 6월은 N 10.9, P 0.8, K 2.3, Ca 5.7, Mg 3.0이었고 7월은 N 6.9, P 2.2, K 1.9, Ca 5.3, Mg 2.9이었다.

4. 최적 시비방법 개발

시설양묘 최적시비체계를 확립하고자 두가지 연구를 한 결과는 다음과 같았다.

가. 적정 비료 및 농도 구명

1) 소나무 : 생체중은 T3에서 가장 많았고 다음이 T1과 T4이었다. 그러나 T1은 고사율이 높았기 때문에 T4가 실용적으로 높은 성장량을 보이는 것으로 생각되었다. 종합적으로 T3과 T4가 가장 높은 성장량을 보였다.

2) 낙엽송 : 생체중은 T3에서 가장 높았고 다음이 T4이었다. 무처리와는 6~7배나 더 높았다. 건물중도 T3과 T4에서 가장 컸고 무처리에 비하여 4배 컸다.

3) 자작나무 : 생체중은 T1이 가장 많았고 다음이 T3과 T4이었다. 이러한 현상은 건물중에서도 같은 경향이었다.

나. 적정 지상관수용 적정 양액 농도 개발

1) 소나무 : 생체중은 전처리간에 큰 차이를 보이지 않고 있었으나 지상·하부에서는 ST3가 가장 컸고 ST1에서 가장 낮았다. 이러한 경향은 건물중에서도 비슷한 경향을 보여주고 있었다. 전체적으로 ST3가 가장 높은 성장량을 보여주고 있었다.

2) 낙엽송 : 생체중도 ST3에서 가장 컸다. 지상부도 ST3가 가장 컸는데 ST1과는 두배 더 높은 성장량을 보였다. 이러한 경향은 건물중에서도 같은 경향을 보여주고 있었다.

3) 자작나무 : ST3가 가장 높은 생체중을 보였으며 건물중에서도 같은 경향을 보여주고 있었다.

5. 용토종류별 표준시비법 개발

용토종류별 표준시비법을 구명하고자 소나무, 낙엽송, 자작나무를 공시하여 용토와 비료를 달리하여 시험한 결과 다음과 같았다.

가. 소나무 : 생체중은 M1용토가 M2용토보다 더 컸다. M2의 무처리(M2Cont.)에서 가장 낮았고 MIT2구에서 가장 높았다. 지상부 생체중도 MIT2구에서 가장 높았고 M2Cont. 구에서 가장 낮았다. 한편 지하부 생체중은 MIT0구가 가장 높았고 M2Cont.구가 가장 적었다. 건물중도 생체중과 비슷한 경향을 보였다.

나. 낙엽송 : 생체중은 M1이 M2보다 훨씬 높았다. 지상부 생체중에서 가장 높았던 것은 MIT2, MIT3구이었지만 MIT0, MIT1구와는 유의차가 없었다. 가장 낮았던 구는 M1과 M2의 Cont. 구이었다. 건물중도 생체중과 비슷한 경향으로 M1용토가 M2용토보다 높았다. 가장 무거웠던 구는 MIT1구이었고 다음이 MIT3, MIT0이었다.

다. 자작나무 : 생체중에서 가장 높은 생체중을 보인 구는 MIT1구로 주당 16g인데 비해 가장 낮았던 M1Cont. 구는 주당 4g으로 4배나 더 높았다. 다음은 MIT2구로 다소 농도가 낮은 Sonneveld 2배액에서 가장 높은 성장량을 보였다. 건물중도 생체중과 비슷하였는데 전체 처리중 MIT1구가 지상부와 지하부 모두 가장 컸다.

제 4 장 경화촉진처리방법 개발

개발내용 요약

1. 1차년도

- 경화를 위한 최적 광도 및 일장 조건 구명
 - 수 종 : 소나무, 낙엽송, 상수리나무, 자작나무
 - 용 도 : 피트모스+펄라이트+질석(2:1:1, v/v/v)
 - 경화를 위한 최적 광조건 : 광도보다는 일장 조건에 따라 경화가 영향을 받음
 - 경화를 위한 적정 일장조건 : 8시간의 단일조건이 효과적임

2. 2차년도

- 경화를 위한 광도 및 수분 조건 구명
 - 수 종 : 소나무, 낙엽송, 상수리나무, 자작나무
 - 용 도 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
 - 적정 광질 및 수분조건 : 일장 6시간의 단일 처리를 하면서 주 1회 관수와 광질처리와 병행하면 경화처리가 촉진됨

3. 3차년도

○ 시기별 경화 환경 및 특성비교

- 수 종 : 소나무, 낙엽송, 상수리나무, 자작나무, 물푸레나무
- 용 도 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
- 시기별 경화 환경
 - 여름철 경화시 봄철보다 수분요구도가 높음
 - 침엽수, 활엽수 모두 노지경화가 유리할 것으로 사료됨

4. 4차년도

○ 시비처리에 의한 경화 촉진

- 수 종 : 소나무, 낙엽송, 자작나무
- 용 도 : 피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
- 경화에 미치는 시비 및 광조건
 - 자작나무의 경우 경화 처리시 광량과 시비조건에 크게 영향을 받으며 질소질 비료의 시비를 피하여야 함
 - 소나무, 낙엽송 경화처리시 주2회 관수를 하여야 하며 비음 및 시비를 하지 않는 것이 경화를 촉진시킴
 - 광조건 별로는 야외에서 경화처리시 광합성속도 및 광량이 큰 것으로 나타남

5. 5차년도

○ 경화 촉진을 위한 복합 환경 및 계량화

- 수 종 : 소나무, 낙엽송, 자작나무
- 용 도 : 피트모스+펠라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
- 복합 환경 및 계량화
 - 소나무, 낙엽송, 자작나무의 야외 경화처리시 생장억제가 큰 경향을 보였음
 - 낙엽송의 경우는 경화처리 기간이 4주 이상 소요됨
 - 자작나무의 경우 온실에서 1주일 경화 처리를 실시한 후 야외에서 3주간 추가적으로 하면 야외에서 4주간 경화 처리를 하는 것 보다 오히려 생장 억제가 커 경화가 빨리 촉진 됨
 - 낙엽송을 제외한 공시 수종 전 수종의 경화 처리기간은 3주 이상이면 적합하나 식재 후 활착율 증진을 위하여 4주간 경화처리가 안전할 것으로 추정됨

제 1절 서 설

1. 연구의 필요성

우리 나라 농산촌의 노동력이 고령화되고 이에 따라 노동의 양과 질이 모두 저하되고 있어 노동집약적인 양묘산업은 점차 생산성이 저하되고 있다. 노지양묘는 자연환경의 지배를 받기 때문에 최근에는 기상이변에 의한 빈번한 한발, 홍수 등 각종 기상 재해가 많이 발생하고 있다.

선진국의 경우에는 1970년대 이전부터 각종 양묘작업의 기계화를 통한 생력화에 의해 노동의 양적 문제를 해결하였다. 최근에는 각종 기계 및 환경제어시스템을 이용하여 온실 내에서 연중 양묘를 할 수 있는 시설재배법이 개발되고 있다. 특히 원예분야에서는 이를 근간으로 하여 생산공장의 개념으로 묘목을 생산하는 등 괄목할 만한 성장을 하였다.

일반적으로 과일이나 꽃 등을 생산하는 일반 원예나 농업분야에서의 시설원예는 1년만에 생산물을 수확하고 다음해에 다시 파종하거나 혹은 계속 온실 내에서 육묘를 하면서 꽃을 채취하는 체계이다. 그러나 임업분야에서 시행하고 있는 시설양묘의 경우에는 이와는 달리 온실 내에서 키운 묘목을 산에 직접 조림을 하거나 혹은 밭에 이식을 하여 계속하여 큰 나무로 키우게 된다. 이러한 경우 최적의 환경조건에서 생육한 묘목이 열악한 자연환경에 옮겨지게 되면 적응하지 못하고 고사될 위험이 매우 높다.

자연상태에서 생육되고 있는 묘목은 주위환경으로부터 자극을 받아, 생장, 휴면 및 휴면타파 등의 생리적 반응을 한다. 따라서 온실 내에서 각 생육 단계에 적합한 여러 가지 요인들을 인위적으로 조절하여 묘목을 생산하는 것이 시설양묘이다. 이 방법은 생육에 필요한 최적의 생육조건을 조성할 수 있어 집약적인 관리가 가능하여 노지양묘 보다 단위면적당 생산량 증대 및 규격묘의 생산기간을 단축할 수 있다. 특히 조립시기의 분산을 도모할 수 있어 농번기로 인한 심한 인력난을 해소할 수 있는 장점을 지니고 있다.

2. 연구 목적

시설양묘는 조절된 환경 속에서 생육하기 때문에 산지식재의 경우, 주위 환경조건에 쉽사리 적응을 못하고 고사될 위험이 많다. 특히 우리 나라의 경우에는 봄의 한발, 여름의 고온, 가을에는 조상피해 등 각종 위해요소가 많기 때문에 식재 후 고사될 우려가 많다. 따라서 시설 양묘는 활착율을 높이기 위하여 경화처리라는 환경적응 단계가 필요하다. 외국에서는 단일처리 혹은 차광처리가 된 냉상에서 묘목을 경화시키고 있다.

특히 경화처리 중 단일조건에서는 동아형성을 촉진하게 되므로 현재 널리 사용되고 있다. 그러나 차광처리도 많이 활용은 되고 있지만 우리 나라의 기후 특성상 낮은 광도에서 길러 낸 활엽수 묘목을 여름철에 노지에 식재할 경우, 높은 온도와 광도조건하에서 식재묘가 쉽게 피해를 받게 된다. 그러므로 노지에 식재해서 활착율을 높이고, 또한 즉시 생장을 촉진시킬 수 있는 우리 나라의 환경조건에 적합한 경화방법 즉 순화(Acclimation)처리의 방법을 개발할 필

요성이 인정되고 있다.

제 2절 연구내용 및 방법

1. 적정 일장조건

가. 공시수종

- 1) 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc)
- 2) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)
- 3) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)
- 4) 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth)

나. 처리 내용 및 방법

4월 15일에 각 공시수종을 파종하여 4개월간 양묘를 한 후 8월 16일부터 4주간 일장처리를 하였다. 일장처리는 암막과 보조광을 이용하여 07:00부터 조사하여 각각 8, 12, 16시간으로 일장을 조절하였으며 8시간의 단일처리는 일몰 전에 암막으로 만든 상자를 씌워 단일처리를 하였다.

경화처리 효과는 아직 경화의 정도를 설명할 기준이 없으므로 동아(冬芽) 형성율로 추정하였으며 성장속도별 침·활엽수 시설양묘 적합성 여부를 같이 구명하였다.

2. 적정 광원

가. 공시수종

- 1) 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc)
- 2) 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth)

나. 처리방법

4월 15일에 각 공시수종을 파종하여 4개월간 양묘를 한 후 8월 16일부터 4주간 보조광원을 처리하였으며 보조광 조사시간은 매일 07:00부터 23:00까지 일장은 16시간으로 처리하였다. 보조광 원으로는 고압나트륨등, 청색형광등, 백열등, 형광등 및 형광등+백열등의 5가지 처리를 하였으며 경화처리 효과는 동아(冬芽) 형성율로 추정하였다.

3. 적정 광도

가. 공시수종

- 1) 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc)
- 2) 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth)
- 3) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)

4) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

나. 처리방법

4월 15일에 각 공시수종을 파종하여 4개월간 양묘를 한 후 경화를 촉진시키기 위하여 8월 16일부터 4주간 고압나트륨등으로 광도를 2, 20, 75 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 보조광원을 처리하였으며 보조광조사(照射)시간은 매일 07:00부터 23:00까지 일장은 16시간으로 처리하였다. 경화처리 효과는 동아(冬芽) 형성율로 추정하였다.

4. 광·수분 복합처리

가. 공시수종

- 1) 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc)
- 2) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)
- 3) 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth)
- 4) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

나. 처리 내용 및 방법

1) 광처리

- 가) 광질처리 : 9월 6일부터 적색광, 청색광 및 백색광의 장미전등을 15시부터 18시까지 매일 3시간 점등

나) 일장처리 : 9월 6일부터 일장을 6시간, 8시간으로 맞추어
암막용 비닐로 차광

2) 수분처리

가) 파종 후 4개월간 양묘를 한 후 8월 11일부터 주 1, 2, 3회
관수를 하였고 유묘 발아 1개월후부터 하이포넥스 4000배
액을 주 2회 시비하였으며 3개월 이후부터는 2000배로 시비
농도를 높였다

나) 묘목의 경화도를 측정하기 위하여 처리 시작후의 생장율,
부위별 함수율 및 삼투압을 측정하였다.

5. 경화시기별 경화처리

가. 공시수종

- 1) 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc)
- 2) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)
- 3) 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth)
- 4) 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla* Hance)

나. 처리 내용 및 방법

- 1) 1997년 12월 20일에 파종하여 4개월간 양묘를 한 후 1998년
4월 15일부터 경화처리를 하였다.
- 2) 경화처리 방법은 광처리(적색, 청색광), 단일처리(일장 8시),

광량처리(50%비음, 나지 및 온실내) 등을 하였으며 각각의 처리에 대하여 수분처리(주 1, 2회 관수)를 실시하였다.

- 3) 묘목의 경화도를 측정하기 위하여 처리 시작후의 처리별 광특성, 함수율, 기공저항, 증산량, 삼투압변화 및 색소와 무기양료의 변화를 측정하였다.

6. 시비처리에 의한 경화촉진

가. 공시수종

- 1) 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc)
- 2) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)
- 3) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

나. 처리 내용 및 방법

- 1) 질소, 인산, 카리 등의 시비조건을 N150, N80, BS, 무시비로 구분하여 광량처리별(온실, 비음 및 야외)로 수분처리(주 1, 2회 관수)를 복합적으로 4주간 실시하였다.
- 2) 묘목의 경화도를 측정하기 위하여 처리 시작후의 처리별·시기별 간장생장율, 고사율을 조사하고, 처리별 광합성, 색소, 무기양료 및 삼투압의 변화를 측정하였다. 또한 복합적인 경화처리가 완료된 후, 포지에 이식하여 활착율을 조사하였다.

7. 광·시비 복합처리에 의한 경화촉진

가. 공시수종

- 1) 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc)
- 2) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)
- 3) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

나. 처리 내용 및 방법

- 1) 광량처리별(온실, 비음 및 야외)로 관수와 시비처리를 복합적으로 4주간 실시하였다.
- 2) 묘목의 경화도를 측정하기 위하여 처리 시작후의 광조건과 관수, 시비조건별로 처리별·시기별 간장생장율을 측정하였다.

8. 경화처리기간별 자작나무의 생리특성

가. 공시수종

- 1) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

나. 처리 내용 및 방법

1) 경화처리법

시설온실묘를 무처리, 1주, 2주, 3주, 4주처리 등 5그룹으로 나누어 일반 노지에서 각 기간동안 경화처리하였다. 관수조건은 주 2회로 동일하게 수분을 공급하였다.

2) 수분스트레스 처리법

각 경화처리구 묘목을 이등분하여 control묘목은 격일로 관수하여 적정수분상태를 유지하고 나머지는 실험기간동안 수분공급을 중지하여 스트레스 5일, 7일경과 후에 광합성, 수분통도성, 잎의 분광반응과 형광반응 등의 생리적 특성을 측정하였다.

제 3절 연구개발 결과

1. 적정 일장조건

경화를 촉진하기 위한 적정 일장조건을 구명하기 위하여 일장조건별로 동아의 형성율을 조사한 바 8시간의 단일조건에서 가장 효과적이므로 나타났다.

표 4-1. 일장조건별 동아형성율 (단위:%)

수 종	일장시간(시간)		
	8	12	16
소 나 무	72.2	37.8	27.8
낙 엽 송	91.1	25.6	0.0
상수리나무	100.0	100.0	100.0
자작나무	100.0	100.0	100.0

그러나 자작나무의 경우에는 침엽수와는 달리 생장을 하면서 정아가 형성되고 다시 이것이 눈터서 잎이 형성되는 특성을 갖고 있기 때문에 동아의 형성에 의한 경화여부를 파악하기는 매우 어렵다. 또한 상수리나무의 경우에는 일단 발아가 되면 1개월 내에 이미 생장을 완료하고 그 이후에는 약간의 2차 생장만을 하기 때문에 이 역시 동아의 형성여부로 경화정도를 판단하기는 어려웠다. 따라서 침엽수의 경우에는 동아의 형성여부로 경화정도를 추정하기는 용이하나 활

엽수류의 경우에는 동아형성 여부 이외의 방법으로 경화정도를 추정하여야 할 것으로 판단된다.

2. 적정 광원

경화의 효율성을 높이기 위하여 보조광을 사용할 경우 이에 적합한 적정 광원을 선별하기 위하여 광원별로 동아의 형성율을 조사한 결과 소나무는 동아의 형성율이 노지에서는 100%인 반면 처리 광원 중에서는 청색광이 높았으나 60%에 불과하였다.

그러나 낙엽송의 경우 모든 광원에서 동아가 형성되지 않았는데 이는 자연조건하에서 낙엽송은 후기생장이 왕성하므로 묘포에서는 9월까지도 생장을 하는 수종으로 초상의 피해가 우려되는 대표적인 수종이다. 따라서 소나무보다 동아의 형성이 늦기 때문에 경화처리를 시작할 때 소나무에서는 이미 동아의 형성이 일부 시작되었으나 낙엽송의 경우에는 아직 동아형성이 되지 않았기 때문인 것으로 추정된다.

표 4-2. 광원별 동아형성율

(단위:%)

구 분	고 압 나트륨등	청색광	백열등	형광등	형광등+ 백열등	노 지
소 나 무	28.9	58.9	37.8	36.7	38.9	100.0
낙엽송	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
자작나무	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
상수리나무	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

이렇게 각 수종 모두 노지보다 광원 처리구에서 동아의 형성율이 낮은 것은 자연조건이 이미 단일조건으로 되었으나 광처리로 일장을 16시간으로 조절하였기 때문인 것으로 추정되며 또한 활엽수의 경우에는 앞에서도 언급한 바와 같이 생장특성상 동아가 형성된 것으로 추정된다.

그러나 동아의 형성은 경화과정이라는 생리적 반응의 최종 산물 이므로 생리적으로는 이미 경화가 진행중인 것으로 추정된다. 따라서 경화의 정도를 파악하기 위하여는 생리적으로 경화의 정도를 파악할 수 있는 방법의 적용이 필요하다.

3. 적정 광도

고압나트륨등으로 광도를 2, 20, 75 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 으로 하여 동아의 형성율을 조사한 결과 침엽수종 소나무의 경우 2 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 에

서만 28.9%의 동아가 형성되었으나 낙엽송에서는 동아가 형성되지 않았고 활엽수의 경우에는 모두 동아가 형성되었다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 경화처리의 시기가 8월 16일로 자연조건하에서는 이미 단일조건이 되어 가고 있어 동아가 일부 형성되기 시작하나 경화처리를 위한 광처리로 오히려 장일조건이 되었기 때문인 것으로 추정되며 이러한 점을 감안할 때 동아의 형성에는 광도보다는 일장이 크게 영향을 미치는 것으로 추정된다.

4. 적정 수분조건

가. 수분처리

1) 생장을

수분이 경화에 미치는 영향을 구명하기 위하여 주 1, 2, 3회 관수를 실시한 결과 관수 회수가 많을수록 생장율은 증가하는 경향을 보였으며 특히 각 수분처리 모두 간장보다는 근원경생장율이 높게 나타났다. 이것은 일반관리시 주 2-3회의 관수를 실시하게 되므로 관수량을 억제할 경우 소나무는 간장, 근원경 모두 비슷하게 생장억제가 되는 반면 낙엽송과 자작나무는 근원경생장이 더 촉진되는 것으로 나타난 바 수분처리에 의한 생장 제어효과는 큰 것으로 나타났다.

그러나 상수리나무의 경우에는 발아초기에 생장이 완료되어 더 이상의 생장이 없기 때문에 수분처리에 의한 간장과 근원경생장에 큰 차이가 나타나지 않았다.

표 4-3. 수분처리에 의한 생장을 변화

(단위:%)

수 분 처 리 방 법	간 장				근 원 경			
	소나무	낙엽송	상수리	자작	소나무	낙엽송	상수리	자작
주1회	3.8	6.2	2.3	5.7	3.4	32.6	5.0	28.7
주2회	10.6	13.4	6.6	7.1	10.5	32.5	8.3	28.5
주3회	18.0	13.7	1.1	11.8	13.8	19.6	4.8	25.1

2) 함수율

수분처리를 할 경우 묘목의 함수율 변화를 보면 다음 표 4-4와 같다.

표 4-4. 수분처리별 침엽수의 시기별 함수율 변화

(단위:%)

구 분	월일	소 나 무			낙 엽 송		
		9.13	9.28	10.6	9.13	9.29	10.6
주1회	지상부	89.7	70.1	69.8	75.8	73.3	73.6
	지하부	75.6	73.4	66.0	88.9	77.2	73.7
주2회	지상부	90.7	79.8	70.7	90.6	76.1	73.8
	지하부	80.8	78.2	75.9	76.4	88.7	73.1
주3회	지상부	95.6	73.7	76.9	97.8	85.5	78.2
	지하부	81.7	79.9	79.9	88.1	89.1	83.6

표 4-4에서와 같이 침엽수 두 수종 모두 함수율은 건조할수록 또한 시간이 지날수록 감소하는 경향을 보였다. 그러나 지상부와 지하부의 함수율 감소의 정도에 차이가 있는바 지하부 보다는 지상부에서의 함수율 감소가 크게 나타나 일정한 시점이 지나게 되면 지하부에서의 함수율이 오히려 증가하게 된다. 다만 낙엽송의 경우 주1회 관수처리구에서 지상부의 함수율 변화가 적게 나타났는데 이는 낙엽송의 경우 소나무 보다 수분에 민감하기 때문에 지상부의 함수율이 낮은 것으로 추정된다.

표 4-5. 수분처리별 활엽수의 시기별 함수율 변화 (단위:%)

구 분	상수리나무			자작나무			
	월일	9.13	9.29	10.6	9.13	9.29	10.6
주1회	엽	53.4	53.3	54.5	80.4	77.0	73.2
	줄기	42.4	42.8	40.7	65.1	68.4	55.2
	뿌리	48.8	47.7	47.0	68.7	73.1	74.2
주2회	엽	55.5	59.5	57.5	79.2	72.2	72.1
	줄기	63.4	48.4	46.2	65.9	55.2	53.4
	뿌리	59.0	60.1	54.6	70.1	73.8	72.0
주3회	엽	59.0	60.5	59.9	83.3	74.3	75.4
	줄기	63.5	60.2	48.6	62.0	59.3	62.2
	뿌리	59.2	62.3	54.4	73.6	74.9	73.5

따라서 이러한 경향치를 볼 때 함수율 자체도 물론 중요하겠으나 그보다는 지상부와 지하부 함수율의 차이도 중요한 요인으로 작용하는 것으로 추정된다. 이러한 지상부 지하부의 함수율 교차 시기가 경화가 완료되는 시기인지에 대하여는 구명할 필요가 있는 것으로 분석되었다.

활엽수의 경우도 침엽수와 유사한 경향을 보였으나 상수리나무의 경우 엽에서의 함수율 변화가 적게 나타난 바 이는 상수리 성장특성상 이미 생장이 완료되었기 때문인 것으로 추정된다.

3) 삼투압

수분처리에 따라 잎의 삼투압 변화를 조사한 결과는 다음 표 4-6과 같다.

표 4-6. 수분처리별 수종별 삼투압 (단위: mmol/kg)

구 분	소나무	낙엽송	상수리나무	자작나무
비음50% 주 1회	642	568	776	398
주 2회	625	538	642	349
주 3회	576	514	621	348
전광				
야 외 주 1회	671	641	834	400
온실내 주 2회	661	604	744	366

수분이 적을수록 삼투압이 낮아졌으며 소나무 등 4수종에서는 자작나무가 가장 높았고 상수리나무가 가장 낮았다. 특히 전광조건으로 온실 내에서 경화처리를 할 경우 야외에 놓고 경화처리를 한 것보다도 삼투압이 높은 것은 온실내의 환경조건이 외부와는 상이하다는 것을 의미하며 이것이 온실 내로 투과하는 광량과 광질의 차이거나 혹은 온실내의 온도와 습도영향으로 추정된다.

나. 광조건에 의한 경화

1) 생장율

광조건에 따른 묘목의 경화특성을 비교하기 위하여 광질과 단일조건을 처리한 결과는 다음과 같다.

표 4-7. 광조건별 수종별 생장율 (단위:%)

구 분	관 수 회 수	소나무		낙엽송		상수리나무		자작나무	
		간장	근원경	간장	근원경	간장	근원경	간장	근원경
적색광	주1회	7.4	6.0	8.9	14.0	1.2	7.9	5.7	14.4
	주2회	8.6	14.9	14.9	0.7	0.5	27.9	12.1	17.1
청색광	주1회	4.2	8.7	16.9	6.8	1.1	0.1	13.9	15.3
	주2회	5.6	14.7	23.1	14.7	1.5	0.4	17.8	21.4
백색광	주1회	5.0	8.8	13.7	9.8	0.0	2.0	10.0	16.9
	주2회	7.8	18.3	17.0	14.4	1.3	0.8	15.2	20.9
일 장 6시간	주1회	3.2	5.8	2.4	12.1	0.2	8.0	3.2	14.6
	주2회	6.8	7.0	9.6	13.9	2.9	1.2	8.9	13.7
일 장 8시간	주1회	4.0	10.3	12.2	15.3	6.8	0.4	11.1	16.6
	주2회	5.2	13.4	14.4	24.9	10.5	3.7	26.8	30.1

표 4-7에서 보는 바와 같이 광조건 보다는 관수회수에 따라 생장율에 차이를 보이고 있어 묘목의 생장을 조절하는데는 광보다는 수분이 중요한 역할을 하는 것을 알 수 있다.

광조건에 따른 생장 차이를 보면 침엽수의 경우에는 광질의 조건 보다는 단일조건하에서 생장의 제어효과가 큰 것으로 나타났다. 그러나 활엽수의 경우에는 단일조건하에서도 생장율의 저하는 보이지 않고 있으며 오히려 광질조건에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다. 광질 중에서는 청색광에서 생장율이 좋았으나 상수리나무 근원경의 경우에는 적색광이 오히려 생장이 좋은 결과를 보여 수종별로 광에 대한 요구도가 다른 것으로 추정된다.

2) 함수율

광조건별 함수율의 변화를 조사한 결과는 다음 표 4-8과 4-9와 같다.

광조건별로 관수처리를 달리할 경우에도 침·활 모두 앞의 수분처리결과와 유사한 경향을 보였다. 그러나 광처리를 병행할 경우 수분처리에서 보다 뿌리의 함수율이 높아지는 시기가 더 짧아져 수분처리 외에 광처리를 병행하는 것이 경화에는 더욱 효과적인 것으로 분석되었다.

표 4-8. 광조건별 관수회수별 침엽수의 함수율 변화 (단위:%)

구	분	소 나 무			낙 엽 송			
		9/22	9/29	10/6	9/22	9/29	10/6	
적색광	주1회	지상	79.5	74.1	74.4	84.7	78.5	74.9
		지하	77.5	72.4	71.8	81.4	83.4	75.0
	주2회	지상	78.5	76.8	74.9	82.9	82.2	82.2
		지하	76.4	77.1	74.6	87.8	84.1	73.9
청색광	주1회	지상	77.1	76.0	72.8	81.2	73.9	71.4
		지하	85.4	78.5	76.9	77.3	79.6	78.4
	주2회	지상	85.1	79.5	74.9	79.0	88.1	89.4
		지하	88.1	86.0	70.5	89.0	92.8	89.9
백색광	주1회	지상	77.9	74.9	75.1	78.5	80.5	76.6
		지하	83.4	76.6	77.6	87.1	84.0	80.6
	주2회	지상	88.3	76.5	77.6	85.7	87.7	79.7
		지하	82.3	86.6	78.4	88.3	96.5	83.1
일 장 6 시간	주1회	지상	81.3	76.3	76.0	85.9	81.9	74.8
		지하	87.8	76.8	74.0	85.5	84.0	72.9
	주2회	지상	77.5	76.7	76.4	78.7	79.0	76.0
		지하	78.0	78.1	75.2	80.5	84.2	75.0
일 장 8 시간	주1회	지상	79.2	75.0	74.1	77.7	78.3	78.7
		지하	82.9	80.6	77.4	68.3	79.4	70.2
	주2회	지상	89.5	74.1	73.9	87.2	85.1	79.4
		지하	76.3	82.5	76.6	90.6	84.4	87.2

표 4-9. 광조건별 관수회수별 활엽수의 함수율 변화 (단위:%)

구 분	상 수 리 나 무			자 작 나 무				
		9/22	9/29	10/6	9/22	9/29	10/6	
적색광	주1회	엽	57.3	53.5	59.3	73.5	72.7	72.9
		줄기	51.6	47.0	52.1	58.8	60.1	57.5
		뿌리	58.1	79.1	66.2	64.3	67.5	77.6
	주2회	엽	60.0	62.0	59.2	80.1	81.2	81.9
		줄기	54.5	52.3	51.3	66.8	73.9	77.9
		뿌리	65.5	62.4	63.3	74.7	76.9	84.3
청색광	주1회	엽	62.6	57.6	58.0	77.1	80.8	65.0
		줄기	46.4	47.0	46.1	69.6	62.8	60.9
		뿌리	54.4	51.8	53.0	71.4	73.9	72.8
	주2회	엽	43.4	60.9	57.7	78.2	81.0	82.4
		줄기	50.6	51.8	53.5	64.3	67.2	66.2
		뿌리	61.6	63.8	66.3	65.9	76.0	73.5
백색광	주1회	엽	54.7	54.1	61.4	81.6	73.7	78.4
		줄기	50.0	51.0	70.6	68.3	57.5	59.8
		뿌리	60.8	58.9	61.3	75.1	68.3	66.9
	주2회	엽	57.1	55.7	59.7	76.9	79.5	82.7
		줄기	49.7	46.6	54.8	68.1	66.5	63.4
		뿌리	51.6	52.8	64.0	76.6	74.3	73.9
일 장 6시간	주1회	엽	53.2	54.5	60.6	68.3	75.7	78.0
		줄기	45.8	43.7	50.4	50.8	55.3	56.5
		뿌리	52.7	45.9	63.4	62.9	72.6	75.9
	주2회	엽	60.0	56.0	56.3	77.9	78.4	81.5
		줄기	55.5	48.0	43.9	64.0	88.1	56.3
		뿌리	51.8	52.2	52.2	68.2	76.1	77.7
일 장 8시간	주1회	엽	59.0	57.9	60.7	69.3	74.6	80.7
		줄기	51.5	46.4	48.7	54.9	55.5	61.2
		뿌리	63.1	54.1	59.7	62.6	67.4	69.8
	주2회	엽	57.7	63.0	58.2	72.4	78.4	82.0
		줄기	58.4	51.7	51.0	61.8	62.8	64.5
		뿌리	60.6	61.1	61.2	69.3	71.3	74.2

3) 삼투압

각 수종별로 광조건과 관수회수별에 의한 4주간의 경화처리 후 삼투압의 변화를 살펴보면 다음 표 4-10과 같다.

표 4-10. 광조건별 관수회수별 수종별 삼투압 (단위:mmol/kg)

구 분	관수회수	소 나 무	낙엽송	상수리나무	자작나무
적색광	주1회	558	558	660	394
	주2회	525	467	641	364
청색광	주1회	574	467	709	351
	주2회	545	463	656	316
백색광	주1회	535	478	713	353
	주2회	532	433	615	301
일 장 6시간	주1회	607	535	758	366
	주2회	595	510	675	337
일 장 8시간	주1회	572	537	783	361
	주2회	548	405	698	342

각 수종 모두 광처리 및 수분처리에 의하여 삼투압의 차이가 크게 나타났으며 광질처리 보다는 단일조건에서 삼투압이 낮게 나타났다. 그러나 자작나무의 경우는 그 차이가 다른 수종에 비하여 비교적 적게 나타났으며 특히 다른 수종과 달리 단일 처리보다는 적색광

에서 삼투압이 낮게 나타났다. 이상의 결과로 미루어볼 때 경화처리 시 수분조절이 가장 중요한 요인으로 작용을 하며 광질 보다는 단일 조건이 경화를 촉진시킬 것으로 추정된다.

이외에 금번 조사에서 동아의 형성과정을 조사하기는 하였으나 이는 9~10월이므로 묘목이 어느 정도 월동준비를 시작하였기 때문에 온도 등 외부의 자연조건을 배제할 수 없었으며 동아의 발달정도를 계량화하기 어려워 금후 동아의 발달을 계량화 할 수 있는 방법의 개발이 필요한 것으로 사료된다.

5. 광·수분 복합처리

가. 처리별 광에너지 분포특성

각 처리별 광에너지 분포를 보면 다음 표 4-11, 그림 4-1에서와 같이 비음망의 경우에는 비음도가 약 55%이었으며 비닐에 의한 광 차단율은 약 40%였다. 반면에 경화촉진을 위한 청색이나 적색광을 처리할 경우에는 약 10%정도의 광에너지 증가효과가 있었다.

청색 및 적색의 형광등을 처리할 경우 적외선 파장대에서의 에너지 분포는 비슷하였다.

표 4-11. 처리별 광특성

구 분	노 지	온실내	청색광	적색광	비음망
lux	76,700	46,890	56,340	55,310	32,950
(%)	100	61.1	73.5	72.1	43.0
PPFD	1,356.0	826.5	998.5	975.7	584.3
(%)	100	61.0	73.6	72.0	43.1
W	279.52	175.40	215.20	211.11	122.60
(%)	100	62.8	77.0	75.5	43.9

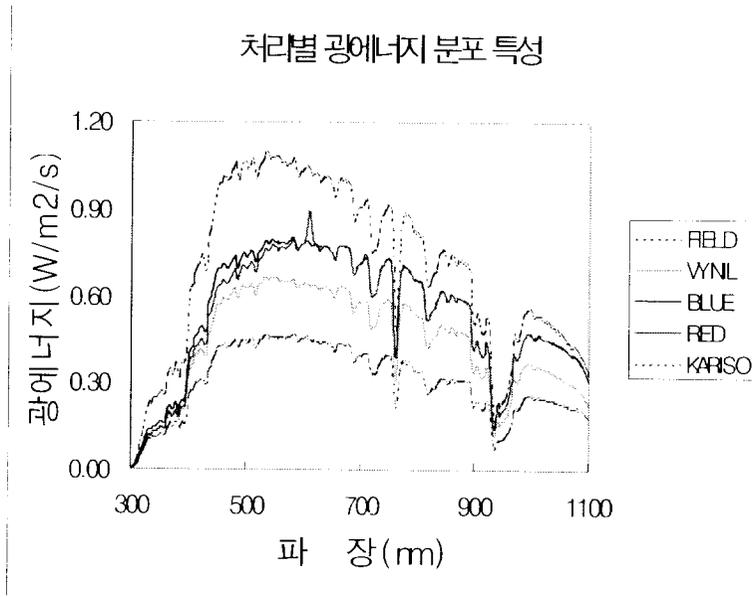


그림 4-1 처리별 광에너지 분포

나. 처리별 함수율 변화

1) 춘기경화

봄철에 경화처리 3주후의 부위별 함수율을 조사한 바 표 4-12에
서와 같이 각 처리 모두 관수회수가 적을수록 체내 함수율은 적어졌
으나 지상부와 지하부의 부위별 함수율의 차이는 주 2회 관수처리구
가 주 1회 관수처리구보다 적은 것으로 나타나 과도한 수분결핍시에
지상부보다는 지하부에서 더 크게 영향을 받는 것으로 나타났다
(표 4-12).

표 4-12 처리별 부위별 함수율 변화

(단위:%)

수	중	구분	Red	Blue	Short day	Green house	Field	Shade
< 1회 관수 함수율 >								
자작나무	엽		67.5	63.4	67.2	72.2	67.7	65.2
	뿌리		58.4	55.4	55.8	57.0	53.9	53.1
상수리	엽		53.3	52.0	51.8	56.8	52.5	52.6
	나	뿌리	53.0	52.7	53.2	53.6	49.3	53.5
소나무	엽		72.3	72.8	71.6	74.5	66.7	74.0
	뿌리		64.2	71.0	66.8	67.0	64.8	65.5
낙엽송	엽		69.7	70.9	64.1	74.4	71.0	73.2
	뿌리		54.0	51.2	46.8	59.3	68.1	51.8
물푸레	엽		67.8	61.2	68.5	60.0	70.7	65.3
	나	뿌리	50.3	44.1	53.9	50.0	62.8	50.9
< 2회 관수 함수율 >								
자작나무	엽		66.5	67.6	68.2	72.6	65.9	68.2
	뿌리		65.6	59.4	65.9	61.6	58.4	67.7
상수리	엽		53.2	53.1	53.0	55.5	54.7	55.5
	나	뿌리	55.9	55.1	54.5	52.3	54.4	57.9
소나무	엽		74.0	72.4	70.2	76.4	70.2	73.1
	뿌리		66.6	70.9	63.7	74.7	67.3	77.1
낙엽송	엽		74.0	75.1	71.9	72.9	69.6	77.4
	뿌리		72.1	72.7	66.3	50.6	71.3	74.3
물푸레	엽		71.8	72.2	71.2	70.3	73.7	71.8
	나	뿌리	64.0	62.9	63.8	58.8	63.1	75.4

2) 하기경화

하절기에 경화처리를 한 결과는 다음 표 4-13과 같다.

표 4-13. 하절기 경화시 부위별 함수율 (단위:%)

수 종	구분	Short day	Green house	Field	Shade
자작나무	엽	77.3	73.2	65.4	72.1
	줄기	62.2	63.4	57.1	59.8
	뿌리	72.2	75.3	73.3	73.5
상수리 나 무	엽	56.9	55.2	51.9	65.0
	줄기	51.3	51.7	50.8	55.1
	뿌리	64.9	59.4	61.1	64.9
소나무	엽	73.6	71.1	77.0	79.4
	뿌리	77.6	72.9	79.0	79.4
낙엽송	엽	78.6	78.6	79.1	79.3
	뿌리	76.6	76.9	79.0	80.7

상수리나무의 경우에는 하기경화시 엽의 함수율은 춘기와 비슷하였으나 기타 처리 및 부위에서는 하기경화시가 춘기경화시보다 함수율이 높았다.

이는 상수리나무 엽의 경우에는 경화처리에 따른 함수율의 변화가 적다는 것으로 이는 그림 4-2에서 보는 바와 같이 상수리나무 엽이나 줄기의 함수율은 처리 1주 후부터 이미 함수율에서는 큰 변화가 나타나지 않고 있으며 같은 활엽수라 하더라도 자작나무의 경우 그림 4-3에 함수율이 계속 감소하고 있다. 그러나 자작나무의 뿌리의 경우에도 상수리나무와 같이 처리 2주후부터 감소율이 둔화되었다.

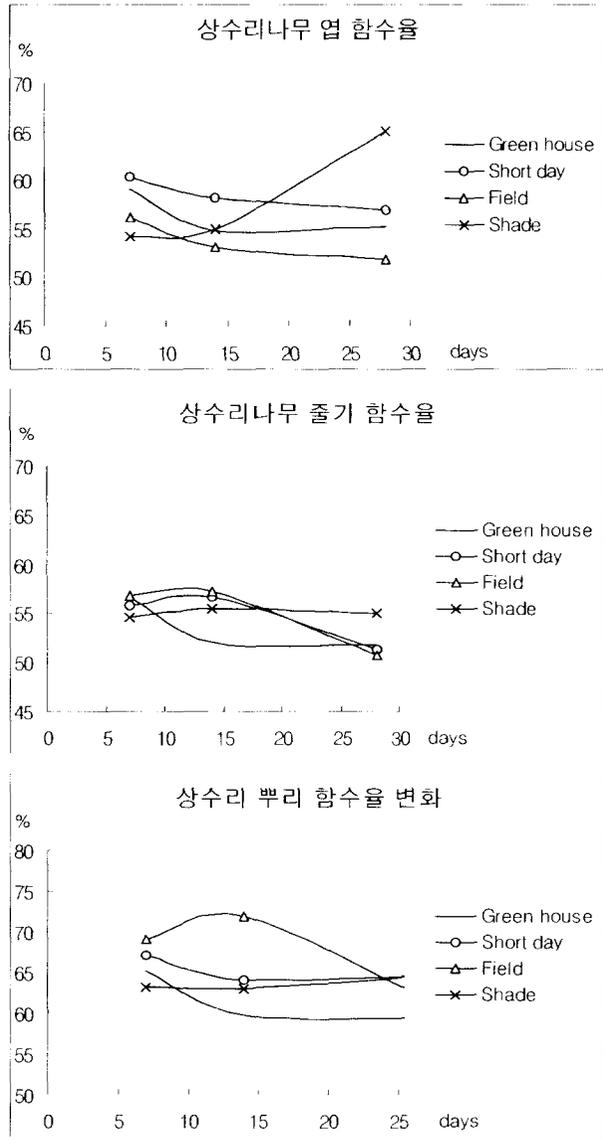


그림 4-2. 상수리나무의 하절기 경화시 경화기간에 따른 부위별 함수율 변화

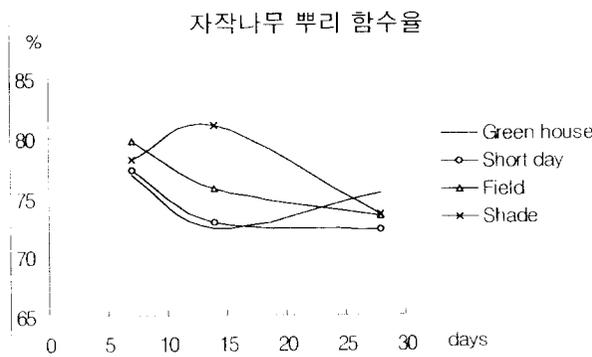
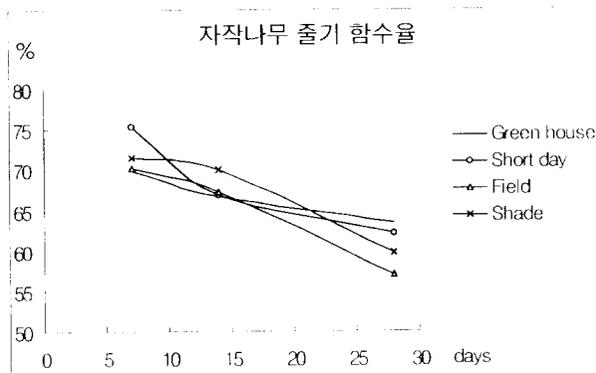
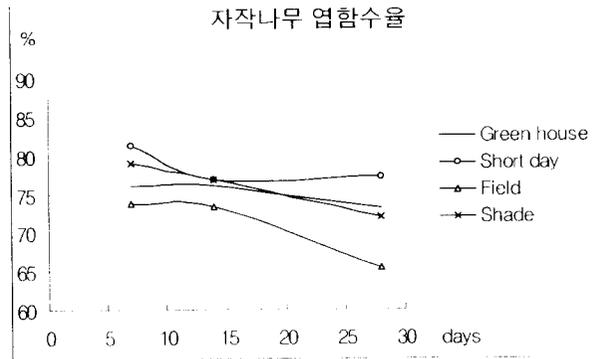


그림 4-3. 자작나무의 하절기 경화시 경화기간에 따른 부위별 함수율 변화

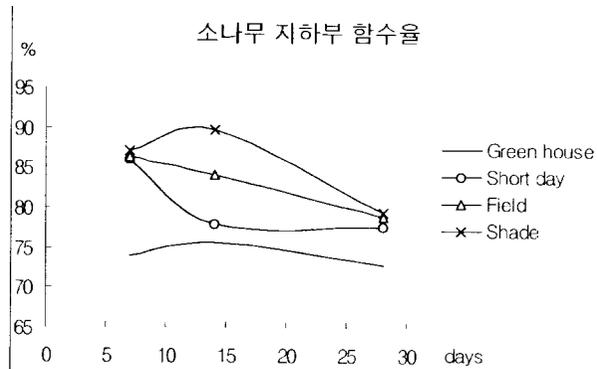
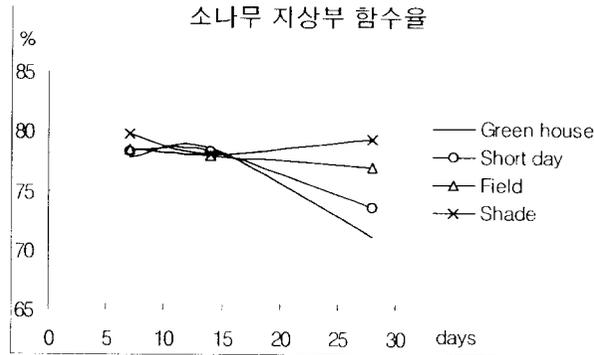


그림 4-4. 소나무의 하절기 경화시 경화기간에 따른 부위별 함수율 변화

경화처리에 의한 지상부의 함수율 적응은 자작나무는 계속 적응하는 과정이며 반면 상수리나무는 처리 2주후에는 엽에서는 적응이 끝나지만 줄기는 단일처리나 야외처리에서는 계속 감소하고 있으며 소나무는 비음처리와 야외처리에서는 처리 2주후 적응이 되나 온실내 처리와 단일처리에서는 감소하고 있으며(그림 4-4), 낙엽송은 2

주후 이미 적응이 된 것으로 나타났다(그림 4-5).

지하부의 경우에는 자작나무, 상수리나무, 낙엽송은 처리 2주후 적응이 되나 소나무의 경우에는 단일처리시 처리 2주후 이미 적응이 되나 기타 처리에서는 계속 감소하고 있는 것으로 나타났다.

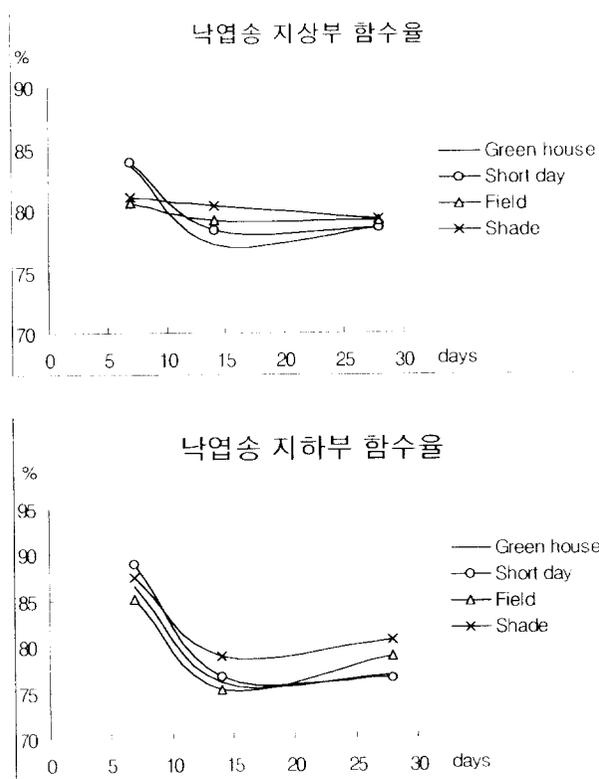


그림 4-5. 낙엽송의 하절기 경화시 경화기간에 따른 부위별 함수율 변화

이러한 결과로 볼 때 자작나무와 소나무가 각 처리에 대한 반응이 매우 민감한 수종이었으며 상수리나무는 타 수종에 비하여 처리의 효과가 가장 적은 것으로 추정된다.

나. 처리별 기공저항 및 증산량 변화

기공저항이나 증산량도 함수율과 비슷한 경향을 보이고 있다. 즉 함수율의 변화를 보면 관수회수가 많을수록 체내 함수율은 증가되나 반면 부위별 함수율의 차이는 주 1회 관수보다 주 2회 관수구에서 차이가 적었고 또한 삼투압도 이와 유사한 경향을 보이고 있어 이에 따라 주 2회구가 1회구보다도 기공저항이 크고 증산량이 적은 경향을 보이는지에 대한 결과는 표 4-14, 표 4-15와 같다.

표 4-14. 처리별 기공저항

(단위:cm/s)

수종	관수회수	적색	청색	대조	단일	야외	비음망
상수리 나 무	주 1 회	33.567	24.683	20.717	32.467	24.200	20.267
	주 2 회	34.667	20.100	32.300	28.400	33.367	27.500
자작 나 무	주 1 회	19.933	16.860	21.900	17.567	26.900	18.400
	주 2 회	14.667	20.000	21.300	21.700	25.900	21.267

표 4-15. 처리별 증산량 변화

(단위: $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{s}$)

수종	관수회수	적색	청색	대조	단일	야외	비음망
상수리	주1회	0.692	0.835	0.976	0.745	0.953	1.106
	주2회	0.555	1.076	0.731	0.852	0.761	0.886
자작나무	주1회	1.102	1.425	1.208	1.356	0.931	1.294
	주2회	1.382	1.051	1.029	1.074	0.912	1.053

다. 처리별 삼투압 변화

1) 춘기경화

춘기 경화처리후의 삼투압 변화를 보면 다음 표 4-16과 같다.

표 4-16. 춘기 경화처리후의 처리별 삼투압

(단위: mmol/kg)

수종	관수회수	적색	청색	대조	단일	야외	비음망
낙엽송	주1회	640	644	1265	824	583	666
	주2회	613	611	634	858	627	605
소나무	주1회	798	917	766	689	739	716
	주2회	681	799	891	687	709	655
물푸레나무	주1회	816	1042	620	582	594	630
	주2회	702	671	708	606	648	487
상수리	주1회	707	857	711	834	504	540
	주2회	620	654	644	620	412	541
자작나무	주1회	625	535	-	604	242	288
	주2회	533	515	487	434	356	321

2) 하기경화

주 2회관수로 경화처리를 한 처리구에 대하여 물을 최대한 포화시킨 후 삼투압을 측정한 결과는 다음 표 4-17과 같다.

표 4-17. 하절기 경화처리 후 삼투압 (단위:mmol/kg)

수 종	Field	Shade	Short day	Green house
자작나무	366	342	337	440
상수리나무	403	477	544	491
소 나 무	391	461	437	430
낙엽송	325	449	385	436

표 4-17 에서 보는 바와 같이 야간에 12시간 이상 물을 충분히 흡수시켜도 삼투압이 높다는 것은 수분의 흡수가 제대로 이루어지지 않은 것으로 추정된다. 따라서 자작나무는 온실 내에서 경화처리를 할 경우, 상수리나무는 단일조건에서, 소나무와 낙엽송은 비음조건에서 삼투압이 가장 높고 야외에서 낮은 것으로 나타나 침엽수의 경우에는 적정광도 이하에서는 수분통도에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

춘기 경화종료후의 건조한 상태와 하기 물을 충분히 포화시킨 상태와의 삼투압변화를 살펴보면 다음 표 4-18과 같다.

표 4-18. 춘기와 하기의 삼투압 변화

(단위:mmol/kg)

수 종	관수회수	대 조	단 일	야 외	비음망
낙엽송	춘 기	634	858	627	605
	하 기	436	385	325	449
	비율(%)	68.7	44.8	51.8	74.2
소나무	춘 기	891	687	709	655
	하 기	430	437	391	461
	비율(%)	48.2	63.6	55.1	70.3
상수리 나 무	춘 기	644	620	412	541
	하 기	491	544	403	477
	비율(%)	76.2	87.7	97.8	88.1
자 작 나 무	춘 기	487	434	356	321
	하 기	440	337	366	342
	비율(%)	90.3	77.6	102.8	106.5

표 4-18에서 보는 바와 같이 침엽수의 경우에는 비음망의 70% 정도인 것을 제외하면 다른 처리에서는 하기의 충분한 수분흡수상태에서는 춘기의 건조한 상태의 50%내외이나 활엽수의 경우에는 건조한 상태의 삼투압에 비하여 10~20%밖에 차이가 나타나지 않았다. 이렇게 활엽수의 경우 수분조건에 따른 삼투압의 차이가 작다는 것은 두 처리간에 세포액의 농도가 비슷하다는 것으로 이는 충분한 수분공급이 이루어져도 엽에서의 삼투압이 낮으므로 이에 따라 water potential도 낮아져 충분히 수분을 흡수하지 못한다는 것을 의미하는 반면 건조한 조건에서도 충분한 수분을 유지 할 수 있다는 의미

로도 해석할 수 있다. 이러한 근거로 삼투압에 의한 적정 경화처리 방법을 고려하면 침엽수의 경우에는 삼투압의 차이가 적은 비음처리를 하면서 경화를 하는 것이 유리하고 활엽수의 경우에는 약간의 차이는 있으나 야외에서 처리를 하는 것이 유리할 것으로 추정된다.

라. 처리별 광합성속도 변화

하절기 양묘시 4주간의 경화처리가 끝나고 광합성을 정확하게 측정할 수 있는 활엽수에 대하여 각 처리에 따른 광합성속도를 비교한 결과는 다음 표 4-19와 같다.

표 4-19. 처리별, 수종별 광합성 속도 (단위: $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

구 분	단일처리	비음처리	야외처리	온실처리
자작나무	5.180	4.507	6.503	5.835
상수리나무	7.326	8.150	6.925	3.895

표 4-19에서 보는 바와 같이 자작나무의 경우에는 비음처리에서 광합성의 속도가 가장 낮고 야외처리에서 가장 높았으며 상수리나무의 경우에는 오히려 비음처리에서 가장 높고 온실처리에서 가장 낮았다. 이는 양수인 자작나무와 중용수인 상수리나무의 특성인 것으로 보여지나 상수리나무의 경우 온실 내에서 광합성속도가 매우 낮은 것으로 조사되었다.

마. 처리별 색소의 변화

경화처리에 따른 엽록소 카로티노이드, 안토시아닌 등의 색소함량을 조사한 바 다음 표 4-20과 같다.

표 4-20. 경화처리별 엽록소 함량 분석 (단위: mg/ℓ)

구 분	상수리나무	자작나무	소나무	낙엽송
< 엽록소 >				
단일처리	27.050	8.602	6.986	7.359
비음처리	14.224	6.119	6.935	7.311
야외처리	20.013	8.278	2.116	3.062
온실처리	21.670	8.389	7.724	5.817
< Carotinoid >				
단일처리	15.581	3.310	1.920	1.889
비음처리	9.593	3.022	1.744	2.434
야외처리	7.936	3.513	1.332	1.853
온실처리	9.307	4.905	2.710	1.451
< Antochyanin >				
단일처리	0.034	0.100	0.015	0.041
비음처리	0.057	0.191	0.040	0.033
야외처리	0.040	0.956	0.323	0.100
온실처리	0.036	0.106	0.052	0.023

활엽수의 경우에는 비음처리에서 엽록소의 함량이 낮고 단일처리에서 높은 반면 침엽수의 경우에는 야외처리에서 가장 낮게 나타났다.

황색을 보이는 카로티노이드의 함량은 상수리나무의 경우 단일처리에서 높고 야외처리에서 낮은 반면 자작나무의 경우에는 비음처리가 낮고 온실내 처리구에서 높게 나타났다. 침엽수의 경우에는 소나무는 온실내 처리, 낙엽송은 비음처리에서 높았고 각각 야외처리, 온실내 처리에서 가장 적게 나타났다.

적색을 보이는 안토시아닌의 경우에는 상수리나무의 경우에는 비음처리에서 높았으나 기타 다른 수종은 야외에서 높게 나타났다.

이상의 결과를 보면 경화처리시 경화가 진행되면 엽색이 변화되는 바 그 정도는 색소의 함량으로 추정이 가능하며 이 경우 자작나무와 침엽수의 경우에는 야외처리에서 안토시아닌으로 인하여 상부의 엽이 적색으로 변색되는 것으로 추정되며 상수리나무는 단일처리에서는 카로티노이드에 의하여 황색으로 변화되나 다른 처리에서는 색소에서의 변화가 나타나지 않았다.

바. 처리별 무기양료의 변화

경화처리별 칼슘과 카리이온의 함량은 다음 표 4-21과 같다.

상수리나무의 경우에는 처리간에 세포벽을 구성하는 칼슘의 함량 변화는 적은 반면 생리적 활성을 나타내는 카리의 함량은 온실내 처리에서 많았으며 자작나무에서는 단일처리에서 칼슘과 카리의 함량이 많았다. 이는 단일처리시 대체로 활력이 감소되는 것에 비추어

보면 활력이 저하되므로 카리의 함량도 감소되어야 하나 단일조건에서 카리의 함량이 증가된 것은 좀더 검토가 필요하다.

표 4-21. 경화처리에 따른 칼슘이온과 카리이온의 함량변화 (단위:%)

구 분	Ca		K	
	자작나무	상수리나무	자작나무	상수리나무
단일처리	0.945	1.192	1.883	0.622
비음처리	0.654	1.191	1.058	0.790
야외처리	0.705	1.150	0.895	0.720
온실내처리	0.849	1.176	1.402	0.825

따라서 앞으로는 어떠한 원인으로 처리간에 이들의 함량에 차이가 생기며 또한 이들 원소의 함량과 생장과는 어떠한 관계가 있는지에 대한 구명이 필요하다.

6. 시비처리에 의한 경화촉진

가. 시비처리별 생장률

1) 소나무

경화조건에 따른 소나무 포트묘의 경화기간중 간장생장 특성을 보면 그림 4-6에서 보는 바와 같이 관수회수가 많고 질소질 비료의 함량이 많을수록 생장이 억제되는 효과는 적었다. 그러나 BS그린의 경우에는 시비를 하지 않는 경우와 생장의 억제 정도가 비슷하였다(표 4-22).

표 4-22. 경화방법에 따른 경화기간중 소나무의 간장생장률 (단위:%)

관수회수	경화장소	무시비	N150	N80	BS	대조구
주 1 회	온 실	114.1	119.3	120.5	120.3	147.2
	비 음	123.9	124.4	124.2	127.1	
	야 외	111.3	118.9	114.6	110.6	
주 2 회	온 실	116.7	124.1	128.4	142.1	
	비 음	122.9	124.4	132.8	122.0	
	야 외	114.4	130.9	118.5	113.4	

주) BS 그린 성분량 : 질소 7.0% ,수용성인산 6.0%

수용성가리 5.0% ,수용성고토 1.0% ,수용성아연 0.05%

이를 경화처리 방법 및 기간별로 나타낸 그림 4-6에서 보는 바와 같이 기존의 방법으로 계속 집약적으로 양묘를 하는 대조구의 경우 기간이 지남에 따라 생장율이 둔화되었다. 그러나 소나무에서 비록 생장율이 둔화는 되었다 하더라도 이는 침엽수의 경우 장마기 이후에는 간장생장이 거의 정지되는 것에 비하면 생장이 양호한 것으로 이는 집중적인 시비의 효과에 기인하는 것으로 추정된다.

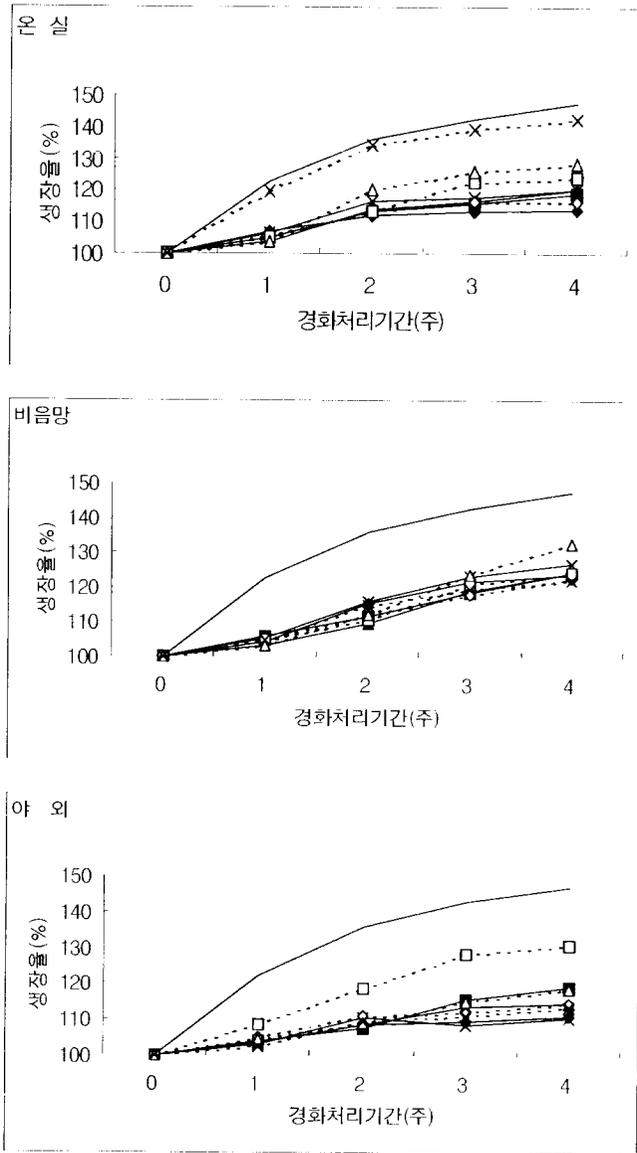


그림 4-6. 경화처리 방법별 경화처리 기간중 소나무의 간장생장을

—○— : 무시비, —□— : 질소 150ppm, —△— : 질소 80ppm, —×— : BS그린.
 — : 기존 양묘, 실선: 주 1회 관수구, 점선: 주 2회 관수구

광조건에 따른 처리별 생장의 억제효과는 야외에서 강광조건으로 경화처리를 하는 것이 가장 크게 나타났고 비음조건으로 경화처리를 하는 것이 생장이 완만하지만 지속적으로 생장을 하고 있어 생장의 억제가 가장 적었다. 반면 온실 내에서 경화처리를 하는 경우에는 처리 조건에 따른 생장의 억제 정도가 다른 광조건에 비하여 매우 크게 나타났다. 시비조건에 따른 경화처리 방법별 간장생장 억제효과는 온실 내에서 경화처리를 할 경우에는 주 2회 관수를 하면서 BS그린을 주 1회 시비하는 BS 처리구에서, 야외에서 경화처리를 하는 경우에는 주 2회 관수를 하면서 질소, 인산, 칼리를 각각 150, 80, 80ppm의 농도로 주 1회 시비하는 N150 처리구에서 생장의 억제효과가 가장 작았다. 그러나 비음망에서 경화처리를 하는 경우에는 경화처리 및 시비 조건에 따른 생장의 차이는 크게 나타나지 않았다. 경화기간별로는 온실 내에서 주 2회 관수를 하면서 주 1회 BS그린을 처리하는 경우에는 경화처리 기간에 따른 간장생장의 억제효과는 나타나지 않았으나 기타 다른 처리에서는 경화처리 직후부터 급격한 생장의 억제효과를 보였다. 그러나 이러한 초기생장의 억제 외에 경화기간중의 2차적 생장억제효과는 비음망 조건에서는 모든 처리구에서 야외 처리구에서는 N150 처리구에서 경화처리 3주후부터 나타나기 시작하였으며 기타 다른 처리에서는 대개 경화처리 2주후부터 나타나기 시작하였다.

2) 낙엽송

경화조건에 따른 낙엽송 포트묘의 경화기간중 간장생장 특성을 보면 표 4-23에서 보는 바와 같이 주 1회 관수 처리구에서 비음망을 제외하고는 고사율이 높았다. 이는 낙엽송은 여름철 경화처리시 소나무와는 달리 많은 수분을 요구한다는 것을 의미한다고 할 수 있으

며 또한 건조한 조건에서 시비를 할 경우 고사율은 더욱 높았다. 이처럼 온실과 야외의 조건에서 낙엽송 묘목이 고사한 원인은 온실은 건조한 조건에서 고온으로, 야외의 경우에는 직사광선에 의한 피해인 것으로 추정되었다.

표 4-23. 경화방법에 따른 경화기간중 낙엽송의 간장생장율 (단위:%)

관수회수	경화장소	무시비	N150	N80	BS	대조구
	온실	고사	119.3	118.5	고사	150.0
주 1 회	비음	116.8	127.3	125.8	120.1	
	야외	118.2	고사	고사	고사	
	온실	113.0	130.1	129.0	126.4	
주 2 회	비음	124.8	133.9	132.2	122.1	
	야외	121.1	123.3	123.6	132.5	

경화처리 기간중 주 1회 관수처리의 건조한 조건에서 경화처리 기간중 경화처리 방법 및 기간별로 생장율을 보면 그림 4-7과 같다.

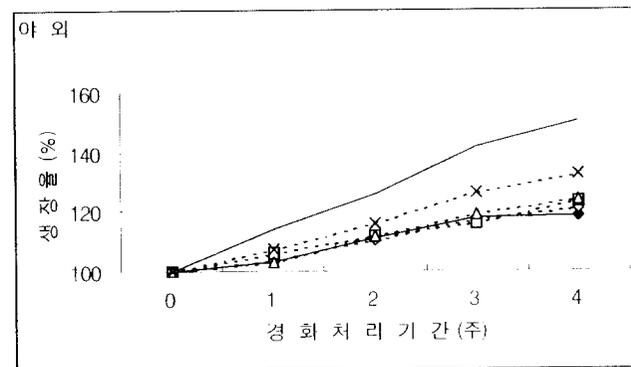
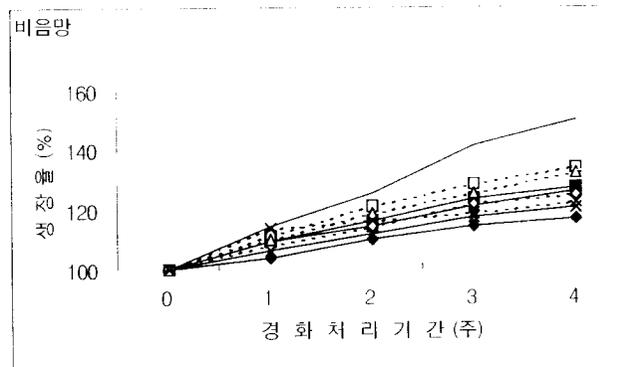
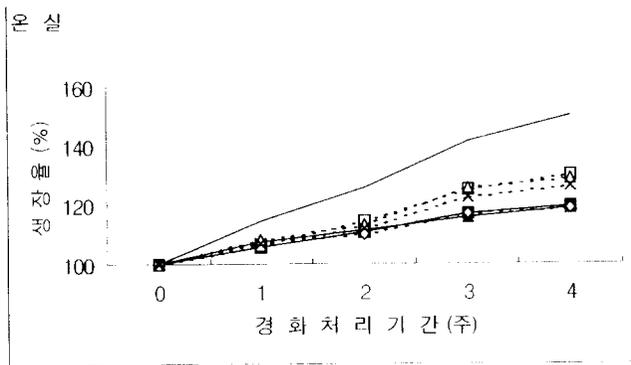


그림 4-7. 경화처리방법별 경화처리 기간중 낙엽송의 간장생장을

—○— : 무시비, —□— : 질소 150ppm, —●— : 질소 80ppm, —×— : BS그린.

—— : 기준양묘, 실선: 주 1회 관수구, 점선: 주 2회 관수구

그림 4-7에서와 같이 낙엽송을 기존의 방법으로 계속 집약적으로 양묘를 하는 경우 후기생장이 왕성하기 때문에 소나무에서와는 달리 생장의 둔화는 보이지 않고 완만하나 지속적인 간장생장을 보였다.

광조건에 따른 처리별 생장의 억제효과는 경화방법간에 차이가 나타나지 않았으며 처리간의 생장율의 차이는 비음망에서 가장 크게 나타났다. 시비조건에 따른 간장생장 억제효과는 야외에서의 경화처리구에서는 주 2회 관수를 하면서 BS그린을 주 1회 시비하는 BS 처리구에서, 온실 및 비음조건으로 경화처리를 하는 경우에는 주 2회 관수를 하면서 질소, 인산, 칼리 시비구인 N150, N80 처리구에서 생장의 억제효과가 가장 작았다. 경화기간별로는 비록 생장을 자체에는 처리방법간에 차이가 있었으나 각 처리 모두 완만한 생장을 보였으나 다만 야외처리 주 1회 관수 처리시 무시비구에서만 경화처리 3주 후에 생장이 둔화되는 2차 생장억제가 나타났다.

따라서 낙엽송과 같이 비교적 많은 양분을 요구하는 수종에서는 경화처리시 광의 강도와 시비의 농도를 낮추면서 관수량을 조절하는 것이 필요하다.

3) 자작나무

활엽수인 자작나무의 경화조건에 따른 자작나무 포트묘의 경화기간중 간장생장 특성을 보면 표 4-24와 같다.

표 4-24. 경화방법에 따른 경화기간중 자작나무의 간장생장을 (단위:%)

관수회수	경화장소	무시비	N150	N80	BS	대조구
주 1 회	온 실	114.3	고 사	고 사	139.6	172.5
	비 음	119.2	127.7	121.7	118.0	
	야 외	112.8	121.6	115.7	120.6	
주 2 회	온 실	117.6	147.8	142.3	134.7	
	비 음	124.0	156.9	151.1	161.7	
	야 외	115.4	137.6	149.8	129.8	

표 4-24에서 보는 바와 같이 관수조건에 관계없이 비음조건하에서 생장이 비교적 양호하여 생장의 억제효과가 적었으나 야외에서는 생장의 억제효과가 크게 나타났다. 특히 온실 내에서 질소질 비료 시비구에서 주 1회 관수의 건조한 조건으로 경화처리를 할 경우 고사현상이 나타난 바 이는 낙엽송에서와 같이 건조한 조건에서의 고온으로 인한 피해현상인 것으로 추정된다.

경화처리 기간중 주 1회의 건조한 조건에서 경화처리 기간중 경화처리 방법 및 기간별로 생장율을 보면 그림 4-8과 같다.

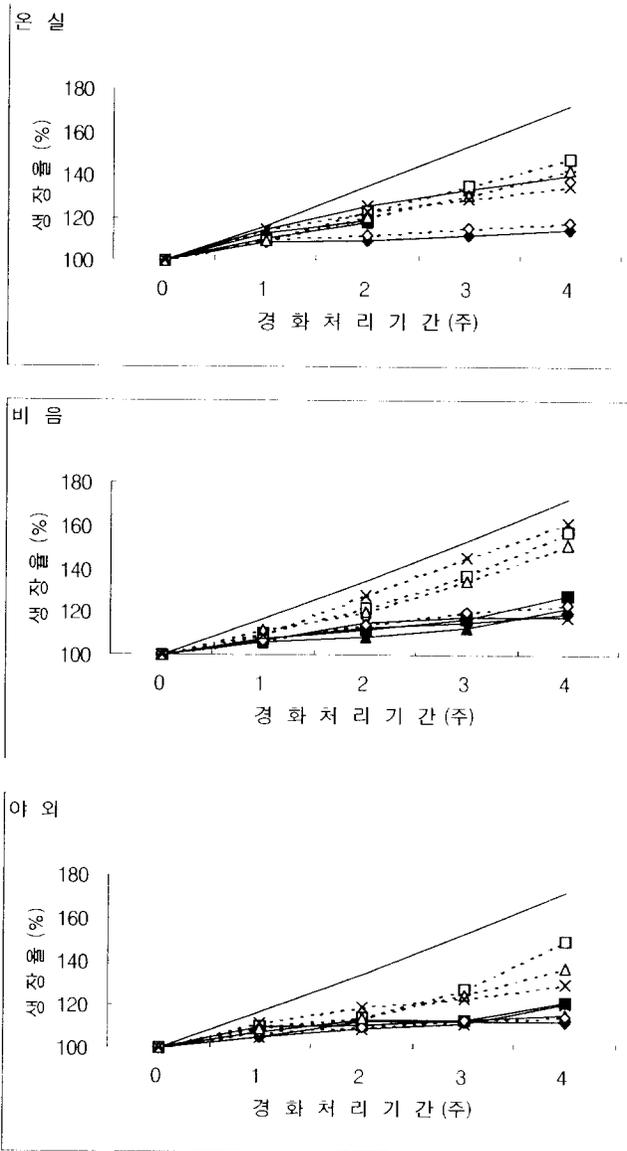


그림 4-8. 경화처리방법별 경화처리 기간중 자작나무의 간장생장을

—◇— : 무시비, —□— : 질소 150ppm, -△- : 질소 80ppm, -×- : BS그린,
 — : 기준양묘, 실선: 주 1회 관수구, 점선: 주 2회 관수구

자작나무는 가을의 생장 정지기가 될 때까지 계속하여 생장을 하는 수종이므로 대조구의 경우에도 소나무와는 달리 경화의 진행에 따라 지속적인 생장을 하고 있다. 광조건에 따른 처리별 생장의 억제효과는 비음처리의 주 2회 관수구에서 시비를 할 경우에는 생장율이 대조구에 비하여 적기는 하지만 생장율의 감소가 나타나지 않은 반면 무시비의 경우에는 경화처리 1주일 후부터 생장율의 감소가 나타나 주 1회 관수구의 시비처리와 동일한 생장형태를 보였다. 그러나 야외처리의 경우에는 비음처리와는 달리 주 2회 관수를 할 경우에도 경화처리 1주일 후부터 생장량과 생장율 모두 저하되었다. 따라서 이러한 결과로 볼 때 자작나무의 경화처리시 생장특성은 광량과 시비조건에 따라 크게 영향을 받는 것으로 추정된다.

나. 처리별 고사율

경화처리 방법별로 경화기간중의 고사율을 보면 표 4-25와 같다. 표 4-25에서 보는 바와 같이 소나무의 경우에는 온실내 및 비음조건 하에서 경화처리를 할 경우에는 4주간의 경화처리기간중에 고사현상은 나타나지 않았으나 야외 처리구에서 시비를 할 경우 경화처리 2주 후부터 고사현상이 나타났다. 따라서 소나무를 경화처리를 할 경우에는 수분조건보다는 시비조건이 고사율에 더 영향을 미치는 것으로 추정된다.

표 4-25. 수종별 경화방법에 따른 경화기간중 고사율 (단위:%)

경 화 경 화	장 소 기 간	주 1회 관수			주 2회 관수			대조구		
		무시비	N150	N80	BS	무시비	N150		N80	BS
<소나무>										
온실	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
비음	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
야외	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	0	70	0	0	0	70	70	0	
	3	0	80	0	30	0	70	70	0	
	4	0	80	0	50	0	70	70	0	
<낙엽송>										
온실	1	100	70	90	100	50	20	30	50	0
	2	-	70	90	-	50	20	30	50	
	3	-	80	90	-	50	20	30	50	
	4	-	80	90	-	50	20	50	50	
비음	1	0	10	0	10	0	0	10	0	
	2	0	0	0	20	0	0	10	0	
	3	0	0	0	60	0	0	30	10	
	4	0	0	0	70	10	0	30	10	
야외	1	50	100	100	100	40	70	50	40	
	2	50	-	-	-	40	70	50	60	
	3	80	-	-	-	40	80	60	70	
	4	80	-	-	-	40	80	60	70	
<자작나무>										
온실	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	100	100	0	0	0	0	0	
	4	0	-	-	0	0	0	0	0	
비음	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
야외	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	

그러나 낙엽송의 경우에는 건조할 경우 경화처리 1주일 후에 시비조건에 관계없이 주 1회 관수시 야외의 강광 조건에서 100%, 온실 내의 고온조건에서 70%이상의 고사율을 보이고 있다. 따라서 낙엽송을 경화처리 할 경우의 관리조건은 주 2회의 충분한 관수와 비음 및 시비를 하지 않는 조건으로 경화를 하여야 할 것으로 추정된다.

자작나무의 경우에는 대체로 시비나 수분조건에 크게 영향을 받지 않으나 다만 건조한 조건으로 경화를 하면서 질소질 비료를 시비할 경우에는 경화처리 3주일만에 모두 고사하는 것으로 조사되었다. 또한 표에는 나타나지 않았으나 주 1회의 건조한 조건으로 경화처리를 할 경우 경화처리를 시작한 후 약 10일 전후가 되면 대체로 시비 처리구에서 잎이 마르는 경향을 나타내고 있었다. 따라서 자작나무를 건조한 조건으로 경화를 할 경우에는 질소질 비료의 시비를 피하여야 할 것이다.

다. 처리별 광합성속도 변화

주 2회 관수를 하면서 4주간의 경화처리 후 각 시비처리별로 자작나무의 최대 광합성속도를 LI-6400으로 측정한 결과는 표 4-26와 같다.

표 4-26. 경화처리시 시비방법에 따른 자작나무의 최대광합성속도 비교
(단위 : $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

경화처리 장소	경화처리시 시비방법			
	무시비	BS	N150	N80
온실	4.8 ± 0.24	8.6 ± 0.26	17.6 ± 0.26	16.9 ± 0.41
야외	11.2 ± 0.16	15.4 ± 0.43	18.8 ± 0.10	14.2 ± 0.08
비음	8.7 ± 0.16	10.3 ± 0.27	12.5 ± 0.05	11.3 ± 0.10
관행			9.9 ± 0.23	

표 4-26에서 보는 바와 같이 최대광합성속도는 질소의 시비량이 많을수록 큰 것으로 나타났으며 광조건별로는 야외에서 경화처리를 하는 경우가 가장 큰 것으로 나타났고 시비를 하지 않을 경우와 BS 그린 처리구에서는 온실 내에서 경화처리를 하는 경우가 비음조건에서 경화처리를 하는 것보다 최대광합성속도가 적은 것으로 나타났다. 이는 온실 내에서는 경화처리시 고온으로 인한 장애가 나타난 것으로 추정된다. 따라서 여름철 경화처리시에는 온실내의 온도가 높아지지 않도록 적절한 비음을 필요로 하는 것으로 추정된다.

또한 동일한 시비 수준인 N150처리의 경우 관행의 방법으로 집약 관리를 하는 묘목에 비하여 경화처리를 한 묘목의 광합성속도가 큰 바 이는 경화처리 기간중 환경조건에 적응이 되었기 때문인 것으로 보인다.

라. 처리별 색소의 변화

주 2회 관수를 하면서 4주간의 경화처리 후 각 시비처리별로 자

작나무와 소나무의 경화처리 방법에 따른 엽록소와 카로티노이드의 함량을 비교한 결과는 표 4-27과 같다.

표 4-27. 경화처리방법별 엽록소 및 카로티노이드 함량 변화
(단위:mg/g F.W.)

수 종	경 화 장 소	엽록소				카로티노이드			
		무시비	BS	N150	N80	무시비	BS	N150	N80
자작나무	온 실	1.605	2.489	2.550	2.289	0.374	0.466	0.524	0.451
	야 외	1.611	2.084	2.835	1.891	0.340	0.438	0.559	0.453
	비 음	1.679	3.651	3.897	2.772	0.310	0.637	0.653	0.497
	대조구			1.743				0.300	
소 나무	온 실	1.168	1.378	1.877	1.674	0.229	0.223	0.321	0.279
	야 외	1.440	1.631	1.294	1.672	0.264	0.286	0.217	0.303
	비 음	1.642	1.773	2.181	2.295	0.254	0.281	0.327	0.347
	대조구			1.500				0.200	

표 4-27 에서 보는 바와 같이 자작나무에서는 시비를 함에 따라 엽록소의 함량은 높아졌다. 그러나 질소, 인산 및 카리만 시비하는 것보다는 여러 가지 미량원소도 함께 포함되어 있는 BS그린을 시비

하는 것이 엽록소의 함량은 더욱 높았다. 그러나 무시비의 경우에는 관행의 방법으로 계속 양묘를 하는 것보다 함량이 적은 경향을 보인 바 이는 광합성에서와 같이 고온의 피해인 것으로 추정된다. 카로티노이드의 경우에도 엽록소와 유사한 경향을 보이고 있으나 엽록소와는 달리 관행의 방법보다도 카로티노이드의 함량이 많았다.

광조건별에 있어서는 비음조건에서 엽록소와 카로티노이드의 함량이 모두 높았다. 이는 비음조건일 경우 양수인 자작나무의 경우에는 동일한 생중 1g을 채취하기 위하여는 비음조건에서 자란 잎은 경화 처리된 잎보다 더 많은 잎이 필요하기 때문인 것으로 추정된다. 이러한 경향은 침엽수인 소나무에서도 동일한 것으로 나타났다.

경화기간에 따른 이들 엽록소의 변화과정을 조사하기 위하여 제일 위의 1번 엽의 엽록소 함량을 엽록소측정기인 SPAD502를 이용하여 1주일 간격으로 조사한 결과는 그림 4-9와 같다.

무시비구는 광 및 수분조건에 관계없이 관행의 방법으로 양묘하는 것보다 엽록소의 함량이 저하되었다.

온실 내에서 경화처리를 하는 경우 시비구에서의 엽록소 함량은 경화처리 초기에는 건조할수록 많았으나 경화처리 3주 이후부터는 수분조건에 큰 영향을 보이지 않았다. 시기별로는 건조할 경우에는 경화처리 2주 후부터 엽록소의 함량은 감소한 반면 주 2회 관수구에서는 경화처리 3주 후부터 엽록소의 함량이 감소하여 건조할 경우 엽록소의 함량은 충분한 수분조건에 비하여 1주일정도 일찍 안정되는 경향을 보였다.

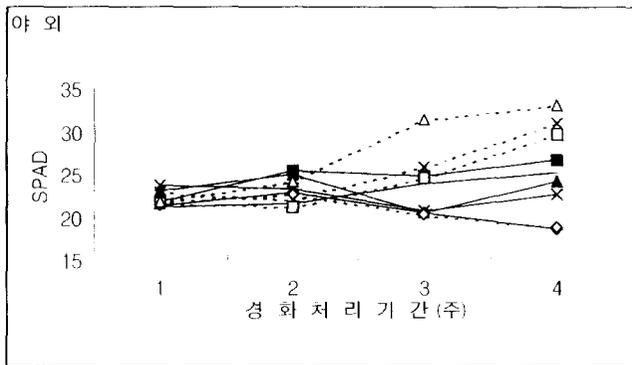
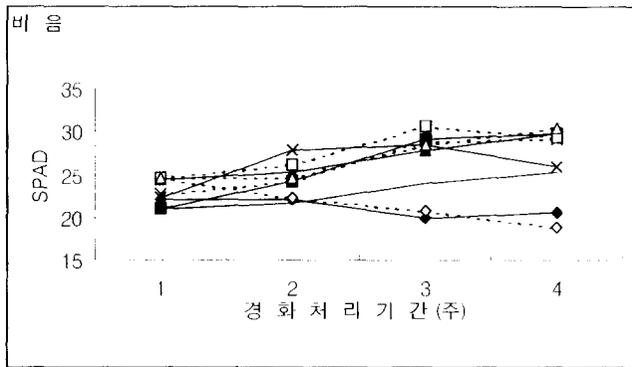
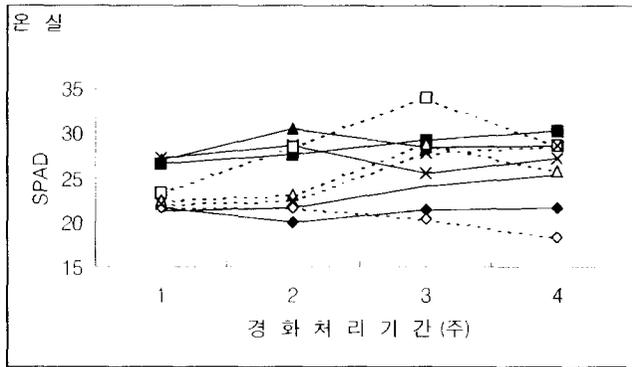


그림 4-9. 경화처리방법별 경화처리 기간중 자작나무의 SPAD값 변화

○: 무시비, □: 질소 150ppm, △: 질소 80ppm, ×: BS그린,
 —: 기존양묘, 실선: 주 1회 관수구, 점선: 주 2회 관수구

야외처리의 경우에도 경향은 유사하나 N80 및 BS그린 처리구는 관행 모둠보다 엽록소함량은 낮았고 기타 시비구는 관행보다 많았다. 경화기간에 따른 엽록소 함량의 변화는 온실 내에서 처리를 하는 것에 비하여 엽록소의 함량감소 없이 처음 2주간은 변화가 없었으나 그후부터 증가하는 경향을 보여 충분한 수분조건으로 시비를 할 경우 강한 광에서 엽록소의 함량이 일찍 증가하는 경향을 보인 반면 건조할 경우에는 경화가 진행되어도 엽록소의 함량은 변화가 없는 것으로 나타났다.

그러나 비음처리의 경우에는 야외처리와 비슷한 경향을 보이고는 있으나 경화처리 2주 후부터의 엽록소 함량의 증가가 야외처리에 비하여 완만하게 증가하고 있는 바 이는 약한 광의 조건에서 경화가 이루어지므로 엽록소의 생성이 원활하지 못하기 때문인 것으로 추정된다.

마. 처리별 무기양료의 변화

1) 질소함량

주 2회 관수처리구에 주 1회 시비를 하면서 4주간의 경화처리가 끝난 후 각 처리별 전 질소의 함량을 보면 다음 표 4-28과 같다. 낙엽송의 경우에는 경화기간중의 고사율이 높아 전 질소 함량은 조사하지 않았다.

표 4-28. 경화처리시 시비방법에 따른 수종별 전 질소의 함량 비교 (단위:%)

수 종	경화장소	경화처리시 시비방법			
		무시비	BS	N150	N80
자작나무	온 실	1.21	2.59	4.03	3.33
	야 외	1.53	2.53	3.76	2.78
	비 음	1.59	1.48	4.19	3.82
	관 행	-	-	2.32	-
소 나무	온 실	1.22	2.21	2.65	2.69
	야 외	1.27	2.20	2.68	2.75
	비 음	1.65	2.50	2.79	2.63
	관 행	-	-	2.01	-

경화처리시 시비를 할 경우 질소질 비료의 시비가 많을수록 전 질소의 함량이 많았으며 이에 따라 앞의 간장생장에서와 같이 간장생장의 억제효과도 적었다. 광조건별로는 야외에서 경화처리를 하는 것이나 혹은 비교적 광도가 높은 온실 내에서 경화처리를 하는 것에 비하여 비음처리에서 전 질소의 함량이 많았다. 그러므로 비음조건 하에서 경화처리를 하는 경우 질소의 함량도 많고 생장의 억제효과도 적으므로 생장이 상대적으로 억제되는 다른 광조건에서 처리하는 것에 비하여 도장(徒長)의 우려가 높다.

또한 두 수종 모두 기존의 방법으로 계속 집약적인 관리를 하면서 양묘한 경우보다도 경화처리를 하면서 질소질 비료를 시비하는 경우가 전 질소의 함량이 많은 것으로 나타났다.

2) 인산, 카리, 칼슘함량

주 2회 관수 처리구에 주 1회 시비를 하면서 4주간의 경화처리가 끝난 후 각 처리별 인산, 카리 및 칼슘의 함량을 보면 다음 표 4-29과 같다. 낙엽송의 경우에는 경화기간중의 고사율이 높아 이들 원소의 함량은 조사하지 않았다.

활엽수인 자작나무에서는 인산과 카리를 외부에서 시비하므로 질소에서와 같이 시비구에서의 함량이 많았다. 그러나 침엽수인 소나무에서 경화처리기간중의 시비에 따른 효과는 나타나지 않았다.

칼슘은 외부에서 공급이 없으므로 경화의 정도와 관계가 있을 것으로 추정되었으나 질소, 인산, 카리를 시비를 한 것에 비하여 시비를 하지 않은 무시비구에서의 칼슘함량이 많았다. 이는 시비구에 비하여 경화가 보다 빨리 이루어지기 때문인 것으로 추정된다. 그러나 기존의 집약적인 방법으로 양묘를 하는 관행의 방법이 경화처리를 한 묘목보다 칼슘의 농도가 높게 나타난 바 칼슘이 경화와 무관한지는 금후 구명이 필요하다.

표 4-29 . 경화처리시 시비방법에 따른 수종별 전 인산, 카리, 칼슘
의 함량 비교 (단위:%)

수 종	경화장소	경화처리시 시비방법			
		무시비	BS	N150	N80
< 인 >					
자작나무	온 실	0.18	0.31	0.49	0.54
	야 외	0.19	0.30	0.53	0.39
	비 음	0.19	0.37	0.56	0.37
	관 행	-	-	0.24	-
소 나 무	온 실	0.23	0.28	0.47	0.39
	야 외	0.23	0.32	0.44	0.48
	비 음	0.36	0.40	0.56	0.52
	관 행	-	-	0.45	-
< 카리 >					
자작나무	온 실	0.88	1.45	1.49	1.79
	야 외	0.94	1.12	1.64	2.01
	비 음	1.17	1.91	2.34	2.33
	관 행	-	-	1.15	-
소 나 무	온 실	0.90	1.00	0.98	0.88
	야 외	0.87	0.93	1.03	1.22
	비 음	1.26	1.12	1.26	1.39
	관 행	-	-	1.06	-
< 칼슘 >					
자작나무	온 실	1.47	1.10	0.98	0.92
	야 외	1.24	1.23	1.17	0.95
	비 음	1.44	0.85	0.74	0.89
	관 행	-	-	2.04	-
소 나 무	온 실	1.10	1.16	0.89	0.92
	야 외	1.21	1.31	0.92	0.98
	비 음	1.25	1.13	1.12	0.83
	관 행	-	-	2.48	-

바. 처리별 삼투압 변화

4주간의 경화처리 후 삼투압의 변화를 비교한 결과는 표 4-30과 같다.

표 4-30. 경화 4주 처리시 관수, 시비방법에 따른 수종별 삼투압 비교
(단위: mmol/kg)

수종	경화 장소	1 회 관수				2 회 관수			
		무시비	BS	N150	N80	무시비	BS	N150	N80
소나무	온실	600	600	642	640	569	550	582	585
	야외	556	553	572	601	570	539	576	577
	비음	466	448	420	445	437	417	438	425
낙엽송	온실	고사	고사	고사	고사	391	418	476	458
	야외	고사	고사	고사	고사	519	397	386	423
	비음	418	389	438	451	397	398	385	384
자작나무	온실	417	523	고사	고사	394	425	454	422
	야외	443	434	519	505	332	382	430	459
	비음	417	434	355	442	314	384	312	318

표 4-30에서 보는 바와 같이 4주간의 경화처리가 끝난 후의 삼투압은 각 수종 모두 관수회수가 많을수록 낮았으며 시비처리구가 무시비구보다 삼투압이 높은 경향을 보였다. 이처럼 경화처리를 하면서 시비를 할 경우 삼투압이 높아지는 이유는 묘목이 적응이 된 것이라기 보다는 질소, 인산 및 칼리 등의 함량이 높았기 때문인 것으로 추정된다

사. 이식후 활착율

포지에 이식후 활착율을 보면 다음 표 4-31과 같다.

표 4-31에서 보는 바와 같이 소나무와 자작나무에서는 경화기간에 따른 고사목이 나타나지 않았다. 이는 이식후 1개월간에 강우일수는 15일, 강우량은 334.3mm로 계속 습도가 높고 광을 차단하여 경화기간에 따른 활착율의 차이가 나타나지 않은 것으로 추정된다.

그러나 낙엽송의 경우 다른 수종에 비하여 고사율이 비교적 높은바 이는 낙엽송이 시설양묘시 밀식되어 연약한 도장묘로 자랐기 때문인 것으로 추정되는바 금후 묘목의 크기와 이에 따른 경화기간의 연장이 필요한 것으로 사료된다.

표 4-31. 수종별 경화방법에 따른 이식후 고사율 (단위:%)

경화 장소	경화 기간	주 1회 관수				주 2회 관수				대조구
		무사비	N150	N80	BS	무사비	N150	N80	BS	
<소나무>										
온실	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
비음	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
야외	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<낙엽송>										
온실	1	-	12.5	0	-	12.5	31.3	8.3	14.3	0
	2	-	12.5	0	-	12.5	31.3	8.3	14.3	0
	3	-	8.3	0	-	12.5	8.8	8.3	7.1	0
	4	-	0	0	-	12.5	8.3	8.3	7.1	0
비음	1	0	0	0	8.3	8.3	12.5	8.3	0	0
	2	0	0	0	8.3	8.3	12.5	8.3	0	0
	3	0	0	0	8.3	8.3	12.5	8.3	0	0
	4	0	0	0	8.3	8.3	12.5	0	0	0
야외	1	100	-	-	-	0	0	18.8	8.3	0
	2	100	-	-	-	0	0	18.8	8.3	0
	3	50	-	-	-	0	0	0	0	0
	4	0	-	-	-	0	0	0	0	0
<자작나무>										
온실	1	0	-	-	0	0	0	0	0	0
	2	0	-	-	0	0	0	0	0	0
	3	0	-	-	0	0	0	0	0	0
	4	0	-	-	0	0	0	0	0	0
비음	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
야외	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* '-' 는 경화처리기간중 고사율이 100%임.

7. 광·시비 복합처리에 의한 경화촉진

가. 소나무

1) 광조건별 경화처리

소나무 포트묘에서는 온실 내에서 경화처리를 하는 경우 다른 처리에 비하여 간장생장의 억제가 가장 적었으며 시비의 효과가 비교적 큰 것으로 나타났다. 야외에서나 비음망으로 경화처리를 하는 경우에는 시비에 의한 성장촉진의 효과는 크지 않은 경향을 보이고 있으며 각 처리 모두 온실 내에서 경화처리를 하는 것보다 생장이 더 억제되는 경향을 보이고 있었다.

표 4-32. 시비에 의한 소나무 포트묘의 광조건별 간장생장을

처 리	야 외		비 음 망		온 실 내	
	관 수	시 비	관 수	시 비	관 수	시 비
생장을(%)	111.8	116.4	115.0	119.1	120.7	130.7

경화처리기간중의 간장생장 특성을 보면 자작나무에서와 같이 온실 내에서 시비처리를 하는 경우 생장의 억제가 가장 적었고 야외처리구에서 간장생장의 억제가 큰 경향을 보였다(그림 4-10).

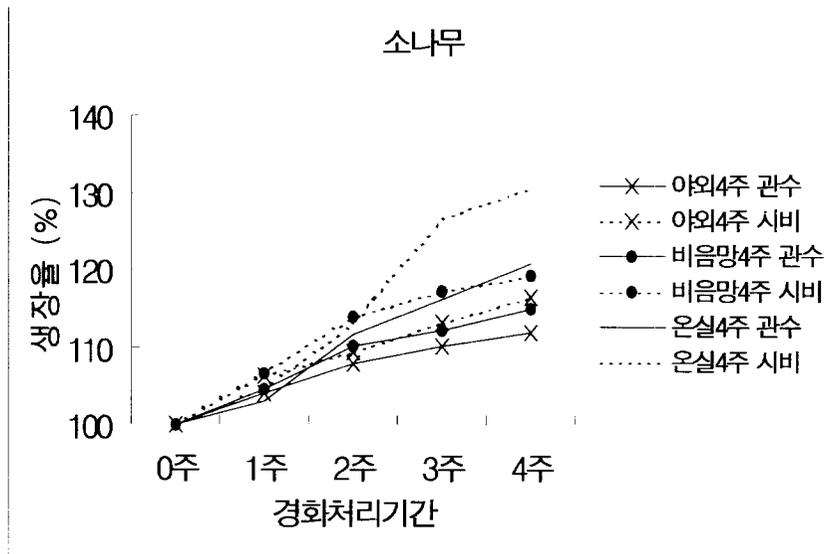


그림 4-10. 광조건 및 시비조건별 경화처리 기간중 소나무 포트묘의 간장생장을

2) 복합경화처리효과

경화처리의 효과를 높이기 위하여 소나무포트묘에 대하여 경화를 복합적으로 처리한 바 그 결과는 다음 표 4-33과 같다.

표 4-33. 복합경화처리에 의한 경화기간중 소나무 포트묘의 간장생장을

처 리	온실 + 야외				온실 + 비음망				온실
처리기간	(3)+1	(2)+2	(1)+3	(0)+4	(3)+1	(2)+2	(1)+3	(0)+4	(4)
성장율(%)	114.3	114.4	113.8	116.4	113.1	113.9	121.5	119.1	120.7

※ ()는 온실 내에서의 경화처리기간

복합처리로 소나무묘목을 경화처리를 할 경우에는 온실+야외처리의 경우에는 차이는 없었으나 온실에서의 경화기간이 짧고 야외에서의 처리기간이 길수록 생장이 억제되는 경향을 보이고 있으며 일차적으로 온실 내에서 경화처리를 받을 경우 야외에서 4주간 경화처리를 하는 것보다 오히려 생장이 억제되는 경향을 보였다. 반면에 온실+비음처리의 경우에는 이와는 반대로 비음처리의 기간이 길수록 오히려 생장이 증가되는 경향을 보이고 있었다.

나. 낙엽송

1) 광조건별 경화처리

낙엽송 포트묘에서는 자작나무나 소나무에서와는 달리 비음시설 내에서 경화처리를 하는 경우 다른 처리에 비하여 간장생장의 억제가 가장 적었으며 야외에서 경화처리를 하는 것이 간장생장의 억제에는 가장 좋은 것으로 나타났다. 특히 시비에 의한 생장의 촉진 문제는 비음시설과 온실 내에서 시비의 효과가 비교적 큰 것으로 나타났다.

표 4-34. 시비에 의한 낙엽송 포트묘의 광조건별 간장생장을

처 리	야 외		비 음 망		온 실 내	
	관 수	시 비	관 수	시 비	관 수	시 비
생장을(%)	117.9	119.0	129.1	143.7	121.9	141.4

경화처리기간중의 간장생장 특성을 보면 시비에 관계없이 야외처리구에서 간장생장의 억제가 가장 큰 경향을 보였고 반면 온실이나 비음처리에서는 생장의 억제 없이 지속적인 성장을 보이고 있었다. 그러나 낙엽송의 경우에는 다른 수종과는 관계없이 경화기간이 4주 이상 소요되는 것으로 나타나 앞으로 낙엽송에 대한 조사가 더 필요하다(그림 4-11).

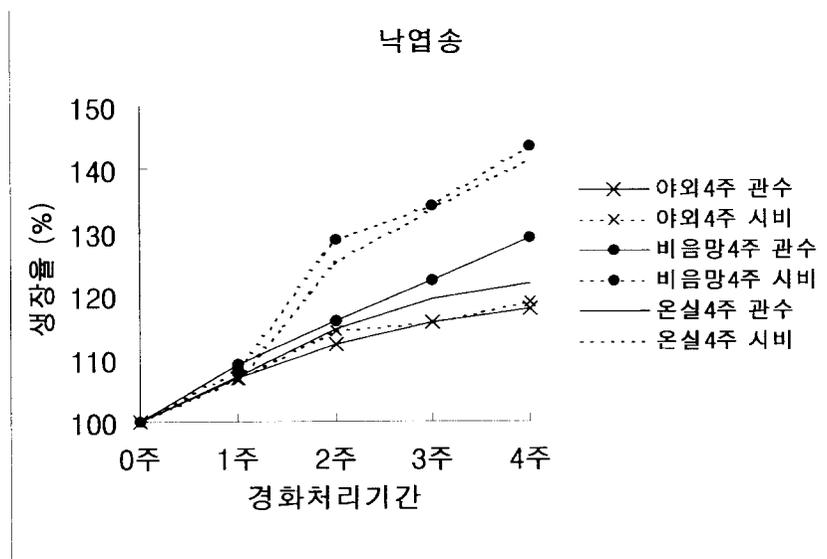


그림 4-11. 광조건 및 시비조건별 경화처리 기간중 낙엽송 포트묘의 간장생장을

2) 복합경화처리효과

경화처리의 효과를 높이기 위하여 낙엽송 포트묘에 대하여 경화를 복합적으로 처리한 바 그 결과는 다음 표 4-35와 같다.

표 4-35. 복합경화처리에 의한 경화기간중 낙엽송 포트묘의 간장생장을

처 리	온실 + 야외				온실 + 비움땅				온실
처리기간	(3)+1	(2)+2	(1)+3	(0)+4	(3)+1	(2)+2	(1)+3	(0)+4	(4)
생장율(%)	124.5	126.8	118.6	117.9	123.2	127.9	132.4	129.1	121.9

※()는 온실 내에서의 경화처리기간

복합처리로 낙엽송 포트묘를 경화처리 할 경우에는 온실에서의 경화기간이 짧고 야외에서의 처리기간이 길수록 생장이 억제되는 경향을 보이고 있으며 야외에서의 처리기간은 최소 2주 이상은 되어야 생장억제효과가 있는 것으로 추정된다. 그러나 소나무에서와는 달리 온실 내에서 경화처리를 받을 경우보다 야외에서 4주간 경화처리를 하는 것이 보다 생장이 억제되는 경향을 보였다. 반면에 온실+비움처리의 경우에는 이와는 반대로 비움처리의 기간이 길수록 오히려 생장이 증가되는 경향을 보이고 있어 낙엽송이 경화에서는 비움 처리가 부적합한 것으로 추정된다.

따라서 이러한 결과로 볼 때 침엽수의 경우 비움시설 내에서 경화처리를 할 경우 생장의 억제효과가 적은 경향을 보이고 있으며 특히 시비의 경우 생장의 억제효과가 상대적으로 적은 것으로 나타났다.

다. 자작나무

1) 광조건별 경화처리

자작나무를 4주간 경화처리 하면서 경화기간중의 간장생장을 보면 온실 내에서 시비를 하면서 경화처리를 하는 경우 간장생장율이 127.7%로 간장생장의 억제가 가장 적었으며 기타 다른 처리에서는 시비의 효과가 나타나지 않고 무시비 관수구와 비슷한 정도의 생장억제를 보였다(표 4-36).

표 4-36. 시비에 의한 자작나무 포트묘의 광조건별 간장생장을

처 리	야 외		비 음 망		온 실 내	
	관 수	시 비	관 수	시 비	관 수	시 비
생장율(%)	114.5	118.0	116.2	117.0	116.9	127.7

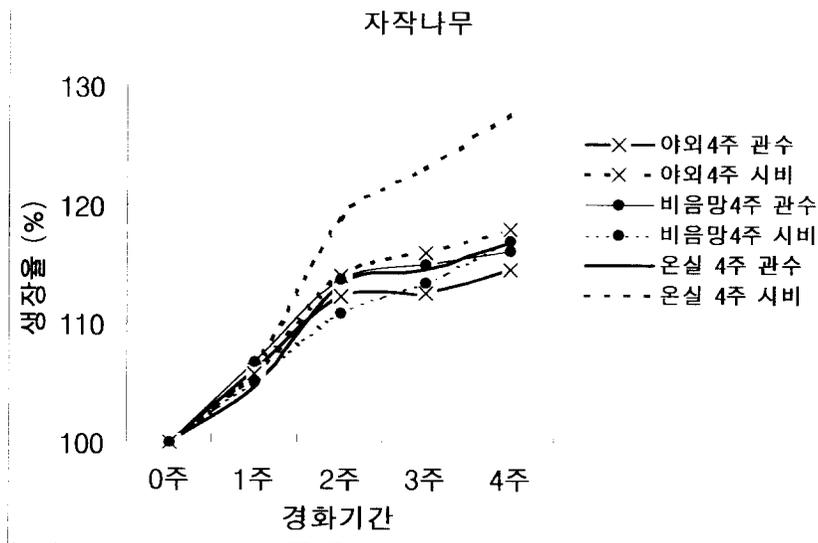


그림 4-12. 광조건 및 시비조건별 경화처리 기간중 자작나무 포트묘의 간장생장을

처리 방법별로는 온실 내에서 경화처리를 하면서 시비를 하는 경우와 비음시설의 시비구에서 지속적인 성장을 보이는 것을 제외하고는 각 처리 모두 처리 2주 후부터 비슷한 정도의 성장억제효과를 보였다(그림 4-12).

2) 복합경화처리효과

경화처리의 효과를 높이기 위하여 경화를 복합적으로 처리한 바 온실+야외처리구에서는 온실 내에서의 경화처리가 짧고 야외에서의 경화처리 기간이 길수록 생장의 억제효과가 큰 경향을 보였으며 온실에서 1주일 건조처리를 받고 그 후 야외에서 3주간 경화처리를 할 경우 간장생장율이 108.1%인데 비하여 야외에서 4주간 경화처리를

하는 경우에는 114.5%로 온실에서 1주일 경화처리를 받고 야외에서 추가적으로 경화처리를 하는 것이 오히려 생장의 억제효과가 큰 경향을 보였다. 반면 온실+비음의 복합처리구에서는 처리간에 생장억제의 경향을 보이지 않아 온실+비음처리의 효과는 없는 것으로 추정된다.

표 4-37. 복합경화처리에 의한 경화기간중 자작나무 포트묘의 간장생장을

처 리	온실 + 야외				온실 + 비음망				온실
처리기간	(3)+1	(2)+2	(1)+3	(0)+4	(3)+1	(2)+2	(1)+3	(0)+4	(4)
생장율(%)	114.7	110.2	108.1	114.5	112.6	116.6	112.6	116.2	116.9

※()는 온실내에서의 경화처리기간

8. 경화처리기간별 자작나무의 생리특성

가. 경화처리구별 광합성 특성

적정수분조건에서 생육한 각 경화처리구의 광도별 광합성 속도를 LI-6400으로 측정한 결과는 다음 그림 4-13과 같다.

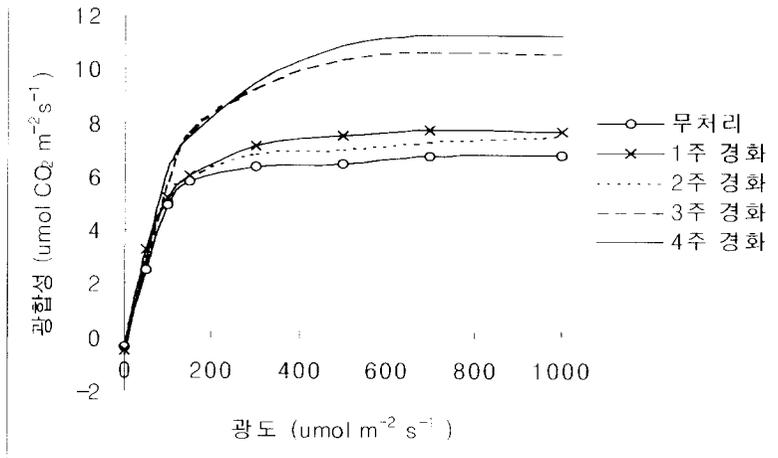


그림 4-13. 경화처리구별 광합성 속도

각 경화처리구의 광합성 속도는 무처리나 1, 2주처리구에 비하여 3, 4주처리구에서 높게 나타났다. 광도별 광합성 속도를 보면, 무처리, 1, 2주처리구는 370 μmol 의 광도에서 광포화점에 이르러 평균 7.12 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ 정도의 최대광합성속도를 나타내는 반면, 3, 4주처리구의 경우, 광포화점이 700 μmol 로 11 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ 이상의 광합성 속도를 나타냈다. 이러한 결과로 적정수분 조건의 일반 노지환경의 경화처리시, 처리기간이 최소 3주 이상은 되어야 효과적인 것으로 나타났다.

나. 경화처리구별 수분스트레스 처리에 대한 생리적 반응

적정 수분조건에서 성장한 각 경화처리구를 대상으로 수분 스트레스에 대한 광합성, 수분통도성, 잎의 분광반응 및 형광반응 등의

생리적 변화를 측정하였다.

1) 광합성

수분스트레스에 의한 경화처리구별 최대 광합성 속도의 변화를 LI-6400으로 측정한 결과는 그림 4-14와 같다.

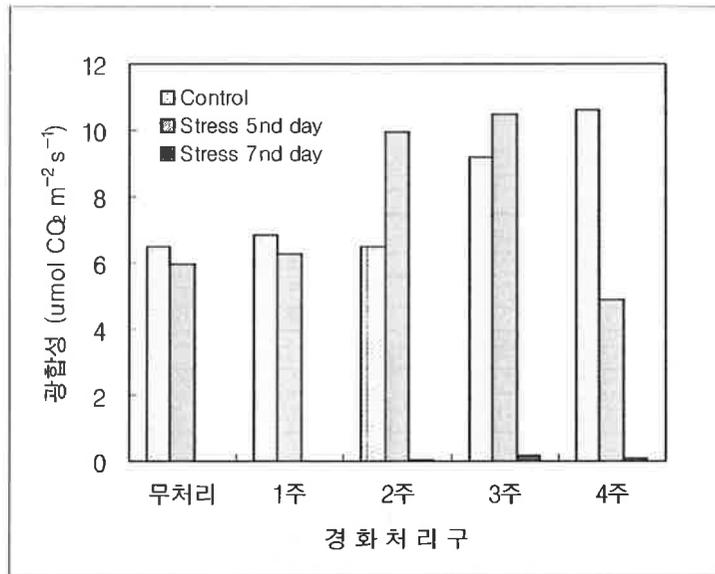


그림 4-14. 수분스트레스에 의한 경화처리구별 최대광합성속도

적정 수분조건에서 성장한 각 경화처리구의 최대 광합성 속도는 무처리구와 1, 2주처리구에 비하여 3, 4주처리구가 컸으나, 수분스트레스 조건에 있어서는 다른 반응을 나타냈다. 스트레스 5일째의 최대광합성 속도는 2, 3주처리구에서 control에 비하여 약간 증가하였고, 무처리구와 1, 4주처리구는 최대 광합성 속도가 감소하였다.

특히 4주처리구의 경우, 수분스트레스에 민감하게 반응하여 최대

광합성 속도가 급격하게 감소하였다. 스트레스 7일째는 모든 처리구가 최대 광합성 속도가 $0.2 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 미만이었다.

따라서 수분스트레스에 대한 최대 광합성능에 있어서는 4주처리구보다는 3주처리구가 좋은 것으로 나타났다.

2) 수분통도성

수분스트레스에 의한 경화처리구별 상대수분통도성의 변화를 측정하여 그림 4-15에 나타냈다.

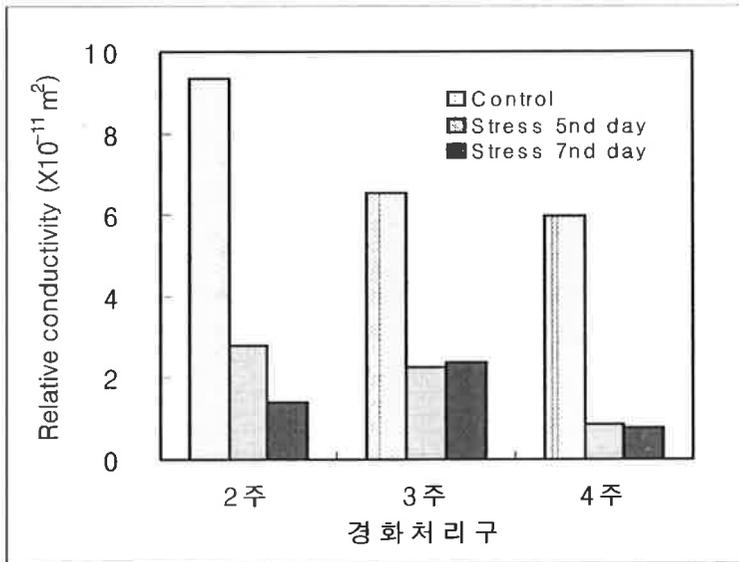


그림 4-15. 수분스트레스에 의한 경화처리구별 상대수분통도성

적정수분조건에 있어서 각 경화처리구의 수분통도성은 2주처리구가 $9.35 \times 10^{-11} \text{ m}^2$ 으로 높았고, 4주처리구가 $5.95 \times 10^{-11} \text{ m}^2$ 으로 가장 낮았다. 경화처리기간이 길수록 수분통도성 능력은 떨어졌다.

그림 4-16에서 보는 바와 같이 수분스트레스에 의한 수분통도성의 변화는 모든 처리구에서 스트레스 5일째 급격하게 감소하였으며, 3주처리구를 제외한 2, 4주처리구는 수분스트레스가 진행됨에 따라 수분통도성이 낮아졌다.

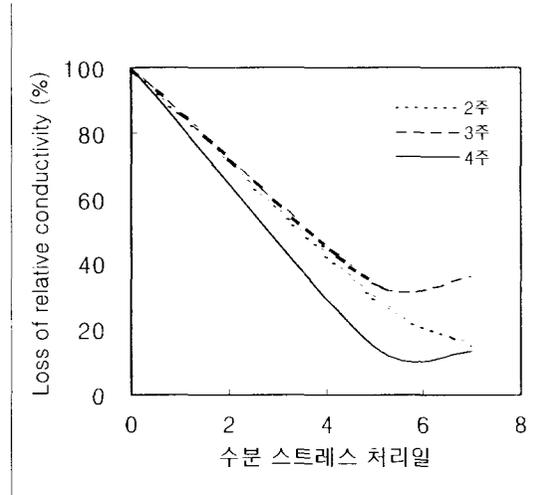


그림 4-16. 수분스트레스에 의한 경화처리구별 수분통도성의 상실을

수분스트레스에 의한 수분통도성의 상실율은 스트레스 2일까지 각 경화처리구간에 큰 차이가 없으나, 스트레스 3일 이후 그 차이가 두드러졌다. 특히 4주처리구가 수분스트레스에 가장 민감하게 반응하며 수분통도성을 잃었으며, 3주처리구의 경우, 수분스트레스에 의한 수분통도성의 상실율이 작았으며 스트레스 5일 이후 일정한 값을 유지하였다. 따라서 3주경화처리구가 다른 처리구에 비하여 수분스트레스에 대한 수분통도능이 좋은 것으로 나타났다.

3) 잎의 분광반응

수분 스트레스에 의한 자작나무 잎의 흡광도 변화를 LI-1800을 사용하여 측정된 결과는 다음 그림 4-17과 그림 4-18과 같다.

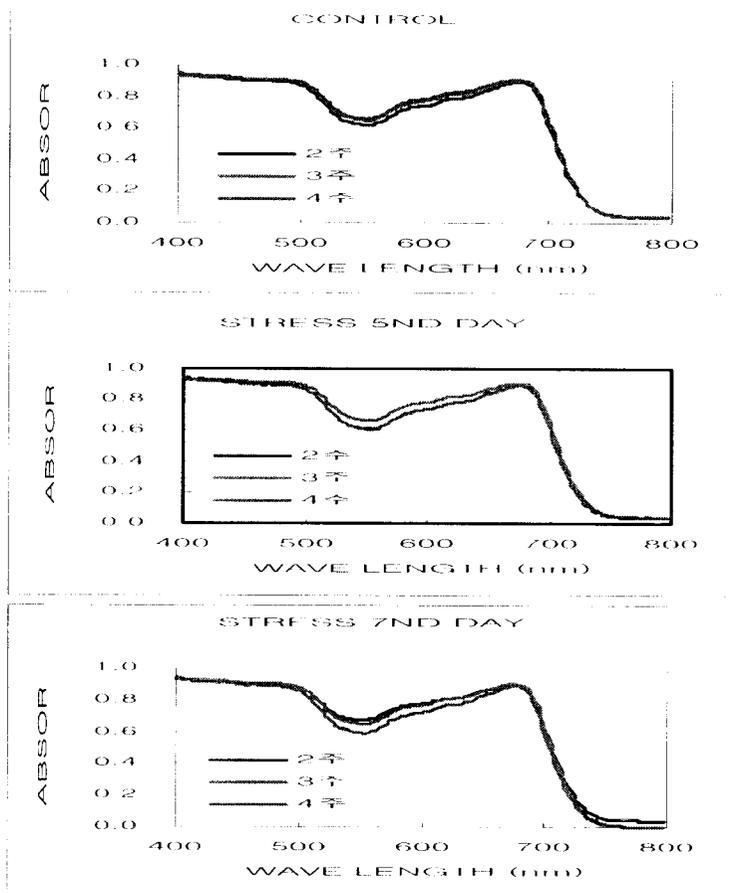


그림 4-17. 수분 스트레스에 의한 경화처리구의 흡광도 변화

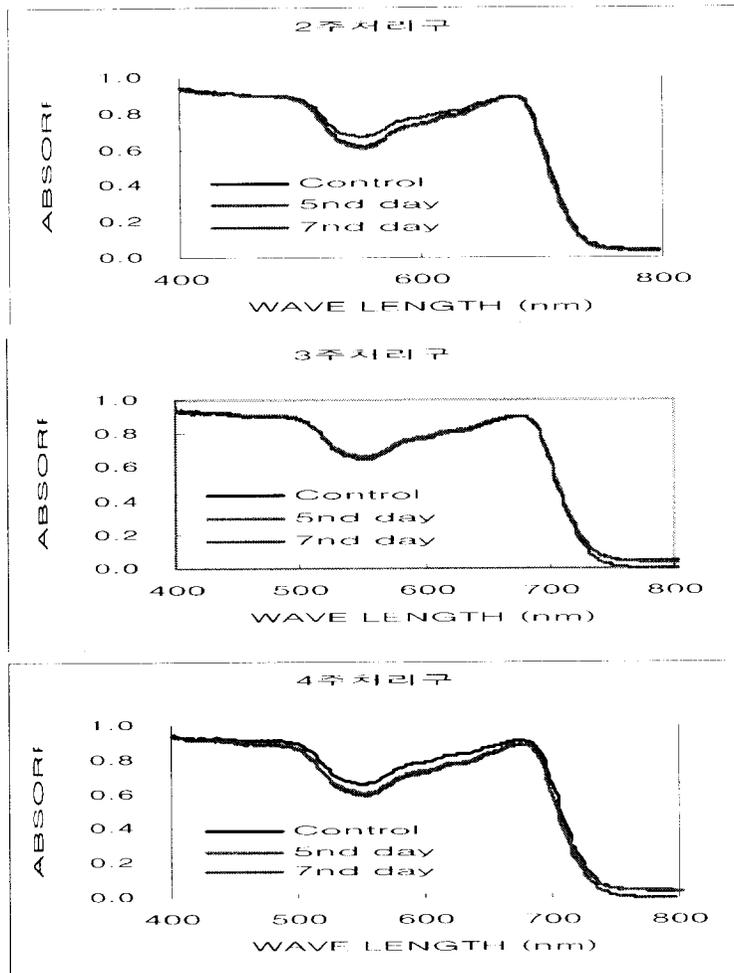


그림 4-18. 수분스트레스에 의한 경화처리구의 흡광도 변화

그림 4-17에서 보는 바와 같이 적정수분조건에서의 흡광은 4주처리구에서 가장 높았고 다음 3주, 2주처리구 순으로 나타났으나, 수분스트레스가 진행됨에 따라 스트레스 7일째의 흡광은 4주처리구에

서 가장 낮고 2주처리구에서 가장 높았다. 이는 4주처리구의 경우 수분스트레스를 받을수록 흡광이 점차적으로 떨어졌고, 2주처리구에서 스트레스 7일째 흡광의 증가에 의한 것이며, 3주처리구의 흡광반응은 수분스트레스에 영향이 거의 없는 것으로 나타났다(그림 4-18).

4) 잎의 형광반응

수분스트레스에 의한 경화처리구별 잎의 형광반응(암반응) 변화를 Chlorophyll flouorometer(OS1-FL)로 측정하여 그림 4-19에 나타냈다.

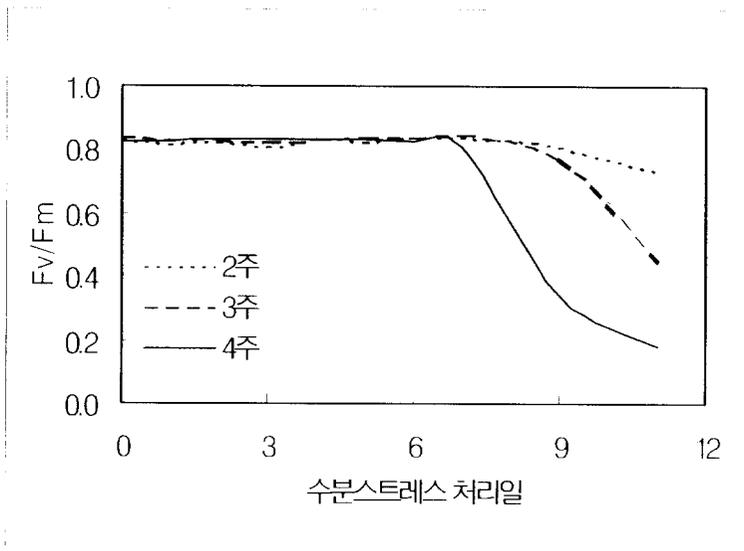


그림 4-19. 수분 스트레스에 의한 경화처리구별 형광반응 변화

수분 스트레스에 의한 자작나무 잎의 형광반응은 스트레스 7일까지는 모든 처리구가 일정한 값을 유지하다가, 그 이후 감소하기 시작하였다. 그 경향은 4주처리구가 스트레스 7일 이후, 3주처리구가 9일이

후 급격하게 감소하였으며, 2주처리구의 경우는 약간 감소하였다.

5) 포지식재후 근원경 횡단면 조직

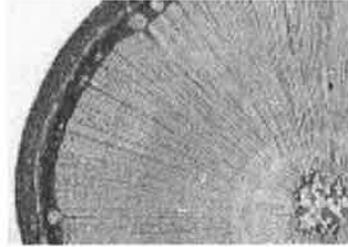
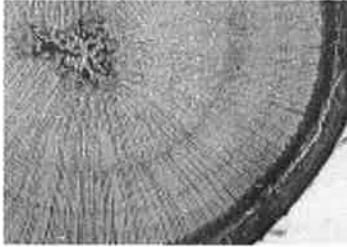
5월에 경화처리를 하여 묘포에 식재한 묘목의 근원경부위를 채취하여 엽조직의 발달을 조사한 결과는 다음 그림 4-20과 같다.

주 2회 관수처리를 한 경우에는 비음처리구에서 처리구에서 경화처리를 받는 기간중에 약간의 생장억제현상이 나타났으나 기타 다른 처리에서는 억제현상이 있었으며 주 1회 관수구의 경우에는 야외처리에서 심하게 생장의 억제현상이 보였으며 다음으로 온실내 처리에서 약간의 억제현상이 나타났으며 단일처리나 비음처리에서는 억제의 현상은 보이지 않았다. 이러한 결과로 볼 때 경화기간중 수분조건이 건조하더라도 단일이나 비음처리의 경우에는 근원경부위에서의 생장억제는 나타나지 않는 것으로 보인다.

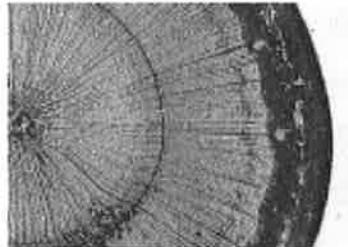
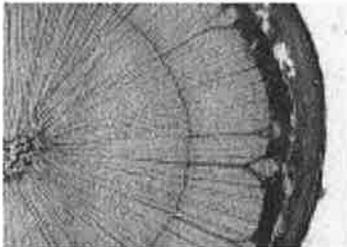
경화처리가 끝난 묘목을 묘포에 이식을 하여 생장억제현상을 관찰한 바 주 1회 관수를 하였을 경우 온실 내 처리를 한 경우에는 이식 후 약간의 스트레스를 받고 다시 생장을 시작하였으나 기타 다른 처리에서는 심한 생장억제의 현상이 보였다. 주 2회 관수의 경우에도 온실 내 경화의 경우에는 생장의 억제현상이 없었으나 단일처리에서 가장 심하게 생장억제가 나타났다. 야외처리와 비음처리의 경우에는 전체부위에서 억제현상이 나타나지 않고 일부분 부위에서 약간의 이식 스트레스를 받는 것으로 보인다.

그러나 온실 내에서 주 1회 관수구의 경우를 제외하고는 형성층에 비후된 유세포 조직이 있거나 방사조직이 이상비대 하여지는 등 근계의 손상이 없는 포트묘 식재라 하더라도 이식 후에는 심한 스트레스를 받은 것으로 추정된다.

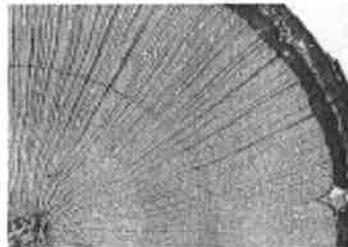
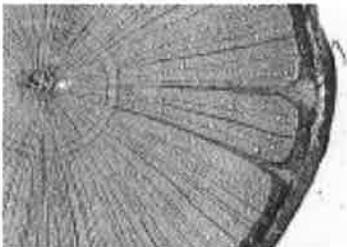
- 온실내처리



- 단일처리



- 야외처리



- 비음처리



< 주 1회 관수 >

< 주 2회 관수 >

그림 4-20. 4주간 경화처리된 자작나무 포트묘의 포지식재 후 근원부위 횡단면

이상의 근원경생장만으로 보면 경화처리시 건조한 조건으로 하여도 생장의 억제현상은 크게 나타나지 않고 있어 경화를 촉진하기 위하여는 건조한 조건으로 하는 것이 유리할 것으로 보여지며 경화처리 방법으로는 온실내 처리가 가장 생장의 억제가 적었으며 반면 단일처리가 생장의 억제가 많은 것으로 보아 단일처리는 가을철에 식재할 경우 동해방지를 위한 내한성의 발달을 위하여 처리하는 것이 적합할 것으로 보여지며 기타 비음처리의 경우에는 주 2회 관수시에도 약간의 생장억제현상이 보이고 있어 식재직후 생장을 도모하기 위하여는 온실내 처리나 야외에서 주 2회 관수하는 것 보다는 비효율적인 것으로 보여진다.

제 4 절 결 론

시설양묘는 조절된 환경 속에서 생육하기 때문에 산지식재의 경우 주위 환경조건에 쉽사리 적응을 못하고 고사될 위험이 많으므로 시설양묘의 산지활착율을 높이기 위한 적정 경화방법을 구명하였다.

경화를 위한 적정 광조건에 있어서는 광도보다는 일장조건이 더 크게 영향을 하였으며 8시간의 단일조건에서 가장 효과적인 것으로 나타났다. 광-수분 복합경화처리에 있어서는, 일반적으로 주 1회의 관수로 간장 생장은 억제, 근원경생장은 촉진되며 수분처리와 단일처리를 병행할 경우 보다 효과적인 것으로 나타났다. 따라서, 건조처리에만 의존할 경우 경화에는 많은 시간이 소요되므로 경화를 위하여는 1차적으로 묘목을 건조처리하면서 단일처리를 병행할 경우 시간을 더욱 단축할 수 있다.

시비에 의한 경화방법은, 비교적 많은 양료를 요구하는 수종인 낙엽송은 경화처리시 주 2회의 충분한 관수와 비음 및 시비를 하지 않는 조건으로 경화를 하여야 하고, 자작나무는 건조한 조건으로 경화를 할 경우 높은 광도에서 질소질 비료의 시비를 피하여야 한다.

포지 이식후 활착율을 보면 소나무와 자작나무에서는 경화기간에 따른 고사목이 나타나지 않았고, 낙엽송은 다른 수종에 비하여 고사율이 비교적 높은 바 이는 낙엽송이 시설양묘시 밀식되어 너무 크게 자랐기 때문에 묘목이 연약하여 켜기 때문인 것으로 추정되는 바 금후 묘목의 크기와 이에 따른 경화기간의 연장이 필요한 것으로 사료된다.

광-시비의 복합 경화처리시 침엽수의 경우 비음망 내에서 경화처리를 할 경우 생장의 억제효과가 적은 경향을 보이고 있으며, 자작

나무의 경우 온실에서 1주일 경화처리를 받고 야외에서 추가적으로 경화처리를 하는 것이 야외에서 4주간 경화처리를 하는 것보다 오히려 생장의 억제효과가 큰 경향을 보였다.

경화처리된 자작나무에 대하여 수분스트레스에 대한 생리적 특성을 경화처리구별로 측정한 결과, 적정수분 조건의 일반 노지환경에서 경화처리시, 처리기간이 최소 3주 이상은 되어야 생리적으로 적응되는 것으로 나타났다. 수분스트레스 조건에 있어서 4주처리구의 최대광합성속도와 수분통도성은 스트레스에 민감하게 반응하여 급격히 감소하므로 수분스트레스에 대한 광합성능과 수분통도성에 있어서는 4주처리구보다는 3주처리구가 좋은 것으로 나타났다.

따라서 적정 경화처리기간은 3주 이상이면 경화처리 효과가 나타나는 것으로 조사되었으나 이식 혹은 산지식재 후 활착율 증진을 위하여는 낙엽송을 제외하고는 4주간의 경화처리를 하는 것이 안전할 것으로 추정된다.

제 5 장 임목종자 품질향상법

개발내용 요약

1. 1차년도 개발 내용

- 소립종자 정선방법 개선에 의한 품질향상법 개발
 - 수 종 : 낙엽송
 - 정선방법 : 수직풍선법(송풍구 각도 80°)
 - 총 실 율 : 98.7%
- 경립종자 정선방법 개선에 의한 품질향상법 개발
 - 수 종 : 자귀나무
 - 정선방법 : 수선법(염분농도6%)
 - 총 실 율 : 93.7%
- 대립종자 정선방법 개선에 의한 품질향상법 개발
 - 수 종 : 상수리나무
 - 정선방법 : 수침 2일간
 - 총 실 율 : 86%
- 발아율 향상법
 - 수 종 : 헛개나무
 - 발아촉진방법 : 종피가상 후 KNO_3 시약처리
 - 발 아 율 : 0.0%에서 34.0%로 향상

2. 2차년도 개발 내용

○ 대립종자 정선방법 개선에 의한 품질향상법 개발

- 수 종 : 복자기, 자귀나무
- 정선방법
 - 복자기나무 : 흡입정선(정선높이 60cm)+수선(24시간)
 - 자귀나무 : 수직풍선(배출구 각도 130°)+비중선(염분 4%)
- 충실율
 - 복자기 : 90%
 - 자귀나무 : 83%

○ 중립종자 정선방법 개선에 의한 품질향상법 개발

- 수 종 : 층층나무, 잣나무
- 정선방법
 - 층층나무 : 사선(4mm)+흡입풍선+수선
흡입정선(정선높이 50cm)+사선(# 4.0mm)
 - 잣나무 : 사선(# 5.6mm)+흡입정선(흡입관 길이 40cm)+수선(17시간)
- 충실율 : 100.0%

○ 소립종자 정선방법 개선에 의한 품질향상법 개발

- 수 종 : 회양목
- 정선방법 : 흡입정선
- 충실율 : 98.9%

3. 3차년도 개발 내용

- 중립종자 정선방법 개선에 의한 품질향상법 개발
 - 수 종 : 피나무
 - 정선방법 : 사선(# 3.35mm)+수직풍선
 - 충 실 율 : 58.2%

- 소립종자 정선방법 개선에 의한 품질향상법 개발
 - 수 종 : 전나무, 두릅나무
 - 정선방법
 - 전 나 무 : 사선(# 3.35mm)+수직풍선
 - 두릅나무 : 수직풍선
 - 충실율
 - 전 나 무 : 58.2%
 - 두 름 나 무 : 50.0%

- 세립종자 정선방법 개선에 의한 품질향상법 개발
 - 수 종 : 자작나무
 - 정선방법 : 사선(# 0.17mm)+흡입풍선(각도 180°)
 - 충 실 율 : 63.2%

4. 4차년도 개발 내용

○ 소립종자 정선방법 개선에 의한 품질향상법 개발

- 수 종 : 층층나무, 말채나무
- 정선방법
 - 층층나무 : 사선(# 4.00mm)+수선(64시간)
 - 말채나무 : 수침 후 원심분리기(1,000회/분)
- 충 실 율
 - 층층나무 : 93.3%
 - 말채나무 : 97.5%

○ 발아촉진법 개발

- 수 종 : 소나무, 마가목
- 발아촉진방법
 - 소 나 무 : 시약(KNO_3 0.02mol) 72시간 침적처리
- 발 아 율
 - 소 나 무 : 82.7%에서 94.0%로 향상
- * 마가목 종자는 휴면성이 강한 종자로 시약처리 보다는 물리적 기계적 방법에 의한 발아촉진을 시키는 것이 바람직하므로 계속 검토 요망

5. 5차년도 개발 내용

○ 중립종자 정선방법 개선에 의한 품질향상법 개발

- 수 종 : 옷나무, 산수유

- 정선방법

· 옷 나 무 : 수침(24시간)

· 산 수 유 : 수침(3시간)

- 충 실 율

· 옷 나 무 : 80.0%

· 산 수 유 : 80.3%

○ 발아촉진법 개발

- 수 종 : 옷나무, 팔배나무

- 발아촉진방법

· 옷 나 무 : 황산 2시간 침적 후 60일 저온처리(2~3℃)

· 팔배나무 : 저온처리(2~3℃) 60일 후 $MgSO_4$ 0.1mol에 24시간 침적

- 발 아 율

· 옷 나 무 : 57.5에서 85.0%로 향상

· 팔배나무 : 6.0에서 30.0%로 향상

제 1절 서 설

1. 연구의 필요성

임업분야에서는 80년간 노지양묘에 전적으로 의존하고 있으며 현재와 같은 노동집약적인 작업의 경우 인력난으로 인한 고령화로 노동의 질이 저하되고 있으므로 이들을 이용하여 쉽게 양묘를 하고 또한 이농현상을 억제하기 위하여 현재와 같은 열악한 작업조건에서 집약적인 노동보다는 작업의 자동화에 의하여 쾌적한 작업의 환경 및 조건 조성이 필요하다. 현재 원예분야에서 사용하고 있는 현대적인 대규모 첨단온실의 자재와 기술 등은 1년간 재배하여 그 산물을 산출하는 단속적인 생산방법이나 임업에서는 온실에서 재배한 후 생산된 저항성이 약한 묘목을 다시 산에 조림하는 연속적인 생산체계이므로 임업에 적합한 생산관리체계의 개발이 필요하며 현재 기후가 한랭한 북구 지역에서 사용하고 있는 양묘방법을 직도입 할 경우 우리나라는 이 분야에서의 기술 수준이 낙후된 실정이므로 적합한 자체기술개발 및 생산관리 체계의 확립이 필요하다. 그러므로 시설양묘를 발전시키고 기계화하기 위하여는 시설여건에 맞는 재료 및 기술을 개발하여야 한다. 시설양묘에서 자동화 기계작업이 이루어지면 우선 종자의 효율성이 높아야 한다. 그러기 위한 수단으로 과거의 정선방법으로는 효율성이 낮아 기계화 작업이 불가능하여 종자 정선 방법을 개선하여 종자의 충실도를 높여 기계화가 이루어지도록 개선하는 것이 급선무인 것으로 본다.

2. 연구의 목적

컨테이너양묘의 장점인 인력절감으로 인한 생력화 작업을 하기 위하여 기계의 자동화가 이루어져야 하나 임목종자는 농업용 종자와는 달리 발아율이 낮아 비효율적이며 또한 이들 종자를 이용하여서는 파종시 자동화가 이루어지기 어렵고 대량생산체계를 확립하기 어렵다. 현재의 종자 정선방법을 보면 사선, 수선 및 풍선법 등 관행적으로 실시하여 임업용 종자의 효율성이 떨어져 일반 노지양묘에서는 종자의 충실율이 낮아 종자의 손실 및 묘목을 계획생산 하기가 무척 힘들었다. 그러므로 이들의 발아율을 90%까지 향상시킬 수 있는 가능성을 모색하기 위하여 1단계에서는 종자의 정선방법을 개량하였으며 또한 2단계에서는 발아를 촉진할 수 있는 방법을 개발하여 임업용 종자의 효율을 향상시켜 파종량 감소로 종자의 낭비와 파종시 기계의 자동화가 가능하게 하여 인력을 감소시켜 육묘 과정의 생력화와 대량생산체계 확립에 그 목적이 있다.

제 2절 연구내용 및 방법

1. 종자정선법 개발

본 시험에 사용된 공시용 종자는 종자의 충실율이 대체적으로 높지 않아 노지파종에서도 문제가 되어 종자의 손실율이 많고 또한 시설 양묘시 기계화 작업에 적용키가 어려운 수종을 우선 선정하였으며 사용된 공시용 종자는 광릉시험림에서 채취한 종자이며 종자의 크기 분류는 잣나무 종자를 기준으로 하여 대립종자, 중립종자, 소립종자, 세립종자로 구분하였다. 사용된 재료 중 사선에서는 표준체를 풍선법에서는 0.5Hp의 모터와 진공흡입기를 사용하여 실험하였다

가. 공시수종

1) 대립종자

- 가) 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth.)
- 나) 복자기(*Acer triflorum* Kom.)
- 다) 산수유(*Cornus officinalis* Sieb.et Zucc)

2) 중립종자

- 가) 잣나무(*Pinus koraiensis* Sieb.et Zuss)
- 나) 자귀나무(*Aibizzia julibrissin* Durazz.)
- 다) 전나무(*Abies holophylla* Maxim.)
- 라) 피나무(*Tilia amurensis* Rupr.)
- 마) 옷나무(*Rhus verniciflua* Stokes.)

3) 소립종자

- 가) 낙엽송(*Larix leptolepis* Gordon)
- 나) 층층나무(*Cornus controversa* Hemsl.)
- 다) 회양목(*Buxus microphylla* ver. *koreana* Nakai)
- 라) 말채나무(*Cornus walteri* Wanger.)

4) 세립종자

- 가) 두릅나무(*Aralia elata* Seem.)
- 나) 자작나무(*Betula platyphylla* ver. *japonica* Hara)
- 다) 마가목(*Sorbus commizta* Hedl.)

2. 처리 내용 및 방법

가. 풍선법

1) 송풍식

: 모터 0.5마력으로 1.7m³/분의 송풍기를 이용하여 바람의 배출구를 각도별로 조절하여 풍압에 의한 종자정선을 실시하여 종자 충실율을 조사하였다.

2) 흡입식

: 진공청소기를 이용 흡입관 길이 및 정선높이별로 종자정선을 실시하여 종자 충실율을 조사하였다.

3) 수직풍선

: 모터 0.5마력으로 1.7m³/분의 송풍기를 이용하여 정선관 맨 밑에 종자를 놓고 밑에서 수직으로 바람을 일으키면 바

람에 의하여 종자가 부유되어 정선높이별로 낙하된 범위 설정으로 종자 충실율을 조사하였다.

4) 수평풍선

: 모터 0.5마력으로 1.7m³/분의 송풍기를 이용하여 풍원을 수평으로 하여 종자를 정선하는 것으로 풍원에서의 거리별 설정으로 종자의 충실율을 조사하였다.

나. 사선법

종자의 크기에 따라 표준체 규격별로 정선하여 충실율을 조사하였다.

다. 수선법

주로 종자 실중이 무겁고 수침을 하여도 종자품질에 이상이 없고 또한 노천매장을 요하는 종자를 선정하여 수선에 의한 수침시간별로 정선하여 종자의 충실율을 조사하였다.

라. 사선법+수침법

종자의 크기에 따라 표준체 규격 별로 정선한 후 수선법을 병행하여 정선된 종자의 충실율을 조사하였다.

마. 회전분리법

회전분리기(1,000회/분)를 사용하여 종자 구과를 수침한 상태

에서 과피를 제거함과 동시에 회전에 의하여 정선된 종자의 충실율을 조사하였다.

바. 수침법+회전분리법

종자를 수침하여 정선한 후 회전분리와 병행하여 정선된 종자의 충실율을 조사하였다.

2. 종자발아촉진법 개발

발아촉진법에 사용한 공시종자는 종자의 생리적인 특성상 휴면성이 강하고 또한 종피에 왁스층이 있거나 종피가 두텁고 각질이고 후속 기간이 길어 발아억제물질이 많아 파종 후 발아가 어려워 발아세가 나쁜 종자를 선정하였으며 사용된 종자는 광릉시험림에서 당년 적기에 채취한 종자로 실험하였다.

가. 공시수종

- 1) 헛개나무(*Hovenia dulcis* Thuns.)
- 2) 마가목(*Sorbus commizta* Hedl.)
- 3) 옷나무(*Rhus verniciflua* Stokes.)
- 4) 소나무(*Pinus densiflora* Sibe, et Zucc.)
- 5) 팔배나무(*Sorbus alnifolia* K.Koch.)

나. 처리방법

가) 시약처리에 의한 발아촉진

임업용 종자에서는 일반 노천매장법으로 발아촉진을 시켜도 발아율이 낮아 발아세를 높이기 위하여 주로 농업용 종자 발아 촉진에 쓰이는 $MgSO_4$, KNO_3 , K_3PO_4 등의 시약을 처리하여 발아율을 높일 수 있는 방법을 구명하고자 하였다.

나) 기계적 처리 방법+시약처리에 의한 발아촉진법

특수한 수종으로 종피에 왁스층이 두터워 수분 흡수가 잘 안되어 발아가 어려운 종피 휴면 종자로 휴면타파를 위하여 종피가상(사포)을 한 후 시약(프라임)처리를 실시하여 종자 발아촉진법을 구명하고자 하였다.

제 3절 연구개발 결과

1. 종자정선방법 개선

가. 대립종자 정선방법 개선

대립종자 정선은 일반적으로 입선, 풍선, 수선법을 많이 사용하고 있으나, 이렇게 정선된 종자는 효율이 매우 낮아 시설양묘시 기계화가 매우 어려운 실정이며 또한 노지 파종시도 종자의 손실율이 많아진다. 그러므로 묘목의 대량 생산체계를 이루기 위하여는 기계화가 이루어져야 하므로 이를 실행하기 위하여 종자의 충실율을 향상시켜야 하므로 기존의 정선방법보다 개선된 여러 가지 정선방법을 실행하여 종자의 충실율을 향상시켰다.

1) 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth.)

상수리나무 종자를 채취하여 우선 수선법을 적용한 결과 30분 이상 수침을 실시하여도 종자의 충실율에는 차이가 없는 것으로 조사되었으나 표5-1과 같이 1~2일간 수침 정선하면 발아율이 86.1~86.0% 향상되고 또한 상수리나무 종자는 종실 해충이 심하므로 이의 방제를 위하여 수침 할 경우에는 수침 후 1일까지는 해충이 구제되지 않았으나 2일간 수침시 해충이 사멸한 바 2일간 수침하는 것이 적당하며 3일부터는 해충에 의한 피해 종자 등 불량한 종자도 수분을 충분히 흡수하여 가라앉기 때문에 충실율이 저하되는 경향을 보였다. 이와 같은 결과로 보아 상수리나무 종자 정선법은 2일간 수침

하여 정선하는 방법이 가장 효과적이며 종실 해충 구제에도 좋은 방법이다.

표 5-1. 수선에 의한 상수리나무 종자의 정선 효과 (단위:%)

구 분	공시종자	수 침 시 간			
		30분	1일	2일	3일
순량률	93.3	-	-	-	-
충실율	79.9	85.6	86.1	86.0	83.8

2) 복자기(*Acer triflorum* Kom.)

복자기 종자채취시 종자의 수분함량이 많아 수직풍선을 실시한 결과 종자가 무거워 1.7m³/분의 송풍기로는 정선을 할 수 없었고 흡입정선을 한 결과는 표 5-2와 같다. 대립종자의 경우 소립, 중립종자와는 달리 정선관의 높이에 따른 종자품질의 차이가 많이 나타나고 있다. 즉, 정선관의 높이가 낮을수록 종자의 충실율은 향상되는 경향을 보였으나 충실 종자 손실율이 많으므로 종자 이용율이 떨어진다.

표 5-2. 복자기 종자 정선방법별 정선 효과

(단위:%)

정선방법	정선관 높이	흡입차단 각도	충실율	순량률	충실종자 손실율
흡입정선	60cm	10°	93.3	100.0	33.9
		20°	90.0	100.0	23.8
		30°	86.7	99.9	21.9
	80cm	40°	86.7	100.0	3.5
		10°	76.7	100.0	9.0
		20°	76.7	100.0	2.7
		30°	76.7	99.9	0.0

정선방법	수선처리	충실율	공시종자	충실종자 손실율
흡입정선	부 유	52.4		
+			76.4	16.7
수 선	침 전	88.3		

복자기 종자는 휴면성이 강하고 노천매장을 요하는 종자로서 수선을 하여도 종자의 품질에 큰 문제가 없으므로 이를 흡입정선 후 24시간 수선한 결과, 충실율은 약 10%가 향상되었으나 반면에 부유종자중 충실종자가 혼합 되어있어 충실종자의 손실율은 16.7%조사되었다. 이와 같은 결과로 보아 복자기 종자의 경우에는 60cm 높이에서 흡입정선한 후 수선하는 것이 가장 효율적인 것으로 보이며 이 경우 충실율은 88.3%, 충실종자 손실율은 16.7% 정도였다.

3) 산수유(*Cornus officinalis* Sieb, et Zucc)

산수유 종자는 대립종자로 사선법으로 종자를 정선한 결과 충실

율을 향상시키지 못하였으며 풍선법의 일환인 흡입식으로 정선한 결과 밑바닥에 잔존된 종자의 충실율은 좋았으나 충실종자가 차지하는 분포비에서는 7.0%로 너무 낮아 적합하지 않았다. 표 5-3에서와 같이 수선법으로 3시간 이상 실시한 것이 62.3%에서 81.3%로 향상되었으며 충실종자 손실율은 10.0% 정도이나 작업이 간단하고 효과적인 정선방법으로 판단되었다.

표 5-3. 산수유종자의 정선방법별 정선 효과 (단위:%)

정선방법	체규격	순량률	충실율	종자분포비
공시종자		94.0	62.3	
	5.60mm	99.8	65.2	14.7
사 선 법	5.00mm	97.5	54.3	53.4
	4.00mm		54.7	31.9

정선방법	흡입각도	정선높이	순량률	충실율	종자분포비
		0cm	100.0	86.8	7.0
흡 입	무 각 도	20cm	99.4	52.0	78.2
풍선법		30cm	98.8	49.5	11.3
		40cm	88.5	32.0	3.5

정선방법	시 간	부 유		잔 존	
		순량률	충실율	순량률	충실율
	10분	98.2	24.3	99.4	78.7
	1시간	98.4	20.0	99.6	77.0
수선법	3시간	98.4	10.0	99.5	81.3
	5시간	98.5	9.7	99.7	80.3
	24시간	98.4	10.0	99.6	80.7

나. 중립종자 정선방법 개선

중립종자 정선방법은 일반적으로 풍선 및 수침법에 의한 방법을 실시하고 있었으나 표준 효율이 낮아 대립 종자 정선방법에서와 같이 시설양묘시 기계화 작업이 불가능하므로 정선 방법을 개선하여 종자의 충실율을 향상시켰다.

1) 잣나무(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zuss)

잣나무 종자는 채취하기가 어려운 수종으로 특히 설치류의 피해가 많고 채취 후 정선하기가 어렵다. 특히 기계적인 방법으로 탈곡하면 종자에 상처가 생겨 종자로서의 역할을 할 수 없는 불량한 종자가 많이 생기는 경향으로 현재까지는 정선방법을 일반적으로 수침법을 실시하였으나 수침시간이 길면 비립종자 또는 종자 인편도 침적되어 충실한 종자에 포함되는 경향이 있다. 이러한 결함으로 인하여 순량율이 낮기 때문에 자동화 기계작업을 할 수 없으므로 정선방법을 개선하여 충실율을 높일 수 있는 방법을 구명하고자 다음과 같은 실험을 실행하였다.

본 시험에서 채취한 종자를 1차 사선 (#15.9mm와 #5.6mm)을 한 종자로서 공시종자의 품질은 순량율 83.6%, 충실율 68.0%이었다. 이렇게 충실율이 높은 이유는 대형의 불순물과 소형의 불순물은 사선에서 1차 걸러지고 또한 잣의 실중이 무겁기 때문인 것으로 사료되며 이외 풍선법으로 실시한 결과 잣나무의 경우 실중이 무겁기 때문에 1.7m³/분의 송풍기로는 종자를 정선할 수 없어 수평풍선과 흡입풍선을 각각 실시하였다. 풍선기를 이용하여 수평방향으로 풍선을

한 결과는 다음 표 5-4와 같다.

풍원에서의 거리가 60cm 일 때가 종자의 낙하량이 가장 많았으며 0-60cm까지의 종자량은 전체 종자량의 82.4%이었고 충실종자의 분포비는 약 75%였다. 따라서 수평방향으로 풍선을 한 경우에는 60cm이후의 종자는 폐기하고 60cm이내의 종자만을 사용하여야 하는데 이 경우 약 25%의 충실종자를 소실하고 이때의 충실율은 91.1%이었다.

표 5-4. 평행 풍선기를 이용한 잣나무 종자의 정선 효과 (단위:%)

구	분	공 시 종 자	송풍구에서의 거리(cm)					
			30	60	90	120	150	180이상
종자분포비	-		19.5	62.9	12.2	3.3	0.8	1.3
충 실 율	68.0		91.5	91.1	48.3	34.7	16.7	0.0
충실종자분포비	-		17.8	57.3	5.9	1.1	0.1	-
순 량 른	83.6		92.6	96.5	83.6	57.0	31.3	18.6

앞에서 설명한 바와 같이 잣나무 종자가 무거우므로 1.7m³/분의 송풍기로는 수직풍선이 불가능할 것으로 생각되어 흡입식풍선(520w)을 이용하여 정선한 결과는 다음 표 5-5와 같다.

표 5-5. 흡입풍선을 이용한 잣나무 종자의 정선 효과 (단위:%)

흡입관 길이 (cm)	흡입차단 구분 각도 (°)	정 선 높 이(cm)							
		45	40	35	30	25	0		
50	충실율	20	-	-	-	25.0	25.0	86.7	
		30	0.0	-	0.0	0.0	25.0	90.0	
		40	-	-	-	-	33.3	86.7	
		60	-	-	-	0.0	0.0	83.3	
	분포비	20	-	-	-	0.8	2.3	97.0	
		30	-	-	-	0.0	1.1	98.9	
		40	-	-	-	0.0	0.8	99.2	
		60	-	-	-	0.0	0.0	100	
	40	충실율	20	-	0.0	0.0	50.0	86.7	93.3
			30	-	-	0.0	20.0	76.7	93.3
			40	-	-	0.0	33.3	76.7	90.0
			50	-	-	-	-	35.7	86.7
분포비		20	-	-	-	-	29.4	86.7	
		30	-	-	-	1.8	27.3	70.9	
		40	-	-	-	0.6	24.8	74.5	
		50	-	-	-	0.6	13.5	85.9	
60		50	-	-	-	0.0	4.8	95.2	
		60	-	-	-	0.0	3.5	96.5	

흡입풍선의 경우는 흡입압력에 많은 영향을 받고 있는 것으로 나타났다. 그러나 흡입관의 길이가 40cm로 정선한 경우 잔존종자에서 순량률이 100%를 보이고 있다. 그러나 흡입송풍각도가 50도 이상으로 조절 할 경우에는 흡입압력이 낮기 때문에 헝잡물이 바닥에 잔존되어 있으므로 30-40도의 각도 조절이 필요하다.

이와 같은 실험의 결과를 종합하여 볼 때 잣나무 종자도 복자기 종자와 같이 역시 노천매장을 요하는 종자로 수선방법에 의하여도

종자의 훼손에는 큰 영향이 없으므로 40cm에서 1차 흡입정선을 한 후 수선을 시간별로 실시하여 충실율을 조사한 결과 표 5-6과 같으며 정선방법의 효율을 높이기 위하여는 사선을 통하여 1차 인편 등 대립 불순물을 제거한 후 40cm에서 1차 흡입정선을 하고 2차 17시간 정도 수침 정선하면 충실율 100%의 종자를 얻을 수 있다.

표 5-6. 사선+흡입풍선+수선에 의한 잣나무 종자의 정선 효과 (단위:%)

구 분	침수시간	물			10%소금물		
		0시간	17시간	24시간	1시간	2시간	3시간
충 실 율	부 유	63.3	6.7	6.7	15.5	17.2	10.5
	침 수	100.0	100	97.8	80.5	78.1	72.4
충실종자 분 포 비	부 유	36.4	1.2	1.3	7.0	3.8	9.1
	침 수	63.6	98.8	98.7	93.0	96.2	90.9

2) 자귀나무(*Aibizzia julibrissin* Durazz.)

자귀나무 종자는 중립종자이며 또한 경립종자이다. 현재까지는 자귀나무 종자는 종실 해충이 많이 가해하는 종자로 주로 수선법에 의하여 실시하였으나 종자의 효율이 낮으므로 종자의 충실율을 높이기 위하여 종자 정선방법을 개선 하고자 우선 수직풍선방법을 적용한 결과 표 5-7 에서와 같이 송풍배출구의 각도가 130° 에서 충실율이 가장 좋았으나 충실종자 손실율이 큰 것으로 조사되었다.

이외에 충실종자 손실율이 적고 효과적인 방법을 구명하기 위하여 수직풍선과 흡입풍선을 병행하여 실시한 결과 표에서 보는 바와

같이 종자 충실율은 큰 차이가 나타나지 않았다.

표 5-7. 자귀나무 종자의 정선방법별 정선 효과 (단위:%)

정 선 방 법	구 분	공 시 종 자	송풍 배출구 open 각도				
			90°	100°	110°	120°	130°
수 직 풍 선	순량률	60.7	97.4	97.4	97.4	98.9	100.0
	충실율	72.0	50.0	66.0	82.1	90.8	100.0

정선방법	구 분	수직풍선	수직풍선+흡입정선	공시종자
수 직 + 흡입정선	순량률	97.9	99.4	76.1
	충실율	76.3	83.3	61.1

정 선 방 법	구 분	염분농도(%)					
		0	2	4	6	8	10
수 선 (염분농도)	충실율	80.7	88.3	93.1	93.7	90.6	90.9
	소실율	6.1	3.4	5.5	6.7	7.3	9.3

즉 1차 수직풍선을 한 후 잔여종자를 흡입정선하여도 충실율은 83.3%에 불과하였으며 다만 순량률만 99.4%로 향상되었을 뿐이었다. 이러한 원인은 앞에서 설명한 바와 같이 종실해충 피해율이 10-15% 정도이기 때문인 것으로 조사되었다.

따라서 종실해충 구제 및 정선효과를 향상시키기 위한 방법으로 염분 농도별 수선을 실시한 결과 표의 수선법(염분농도)에서와 같이 충실율이 93.7%로 까지 향상시켜 가장 효율적인 것으로 조사되었다.

3) 전나무(*Abies holophylla* Maxim.)

전나무 종자는 표준 발아율이 저조하고 저장성이 짧은 종자로서 과거에는 수침 및 풍선법에 의하여 종자정선을 실시한 결과 종자의 효율이 낮아 임목종자의 파종을 시설양묘시 기계화하기 위하여는 충실율이 절대적인 요건이므로 이를 해결하기 위한 종자정선법을 개선하기 위하여 다음과 같이 수행한 결과 표 5-8과 같이 우선 #3.35mm 체로 사선을 한 다음 풍선법 중 흡입정선을 실시하면 종자 충실율을 91.3%까지 향상시킬 수 있으므로 가장 효과적인 방법이다.

표 5-8. 전나무 종자의 정선방법별 정선 효과 (단위:%)

정선방법	체규격(mm)	순 량 른	총 실 율	종자분포비
공시종자		96.0	70.7	
사 선	5.60	98.9	100.0	1.0
	5.00	98.3	86.5	14.8
	4.00	99.3	78.7	52.3
	3.35	93.3	51.3	27.9
	이하	47.5	10.7	4.0

정선방법	높 이 (open각도)	부 유		잔 존		잔존종자 비 율
		순량률	충실율	순량률	충실율	
수직풍선	10cm	96.8	50.0	97.7	88.0	36.1
	15cm	95.4	58.0	95.9	78.0	68.5
사선#3.35mm + 흡입풍선	70cm 100°	94.4	46.0	99.3	91.3	65.6

4) 피나무(*Tilia amurensis* Rupr.)

피나무는 종자특성상 염성율이 매우 낮아 충실율이 낮은 종자로 세심한 정선을 하지 않으면 발아율이 저조한 수종으로 현재 문제점이 많아 이를 해결하기 위하여 여러 방법으로 구명한 결과 피나무의 경우에는 사선 #3.35mm체 만으로도 충실율을 30% 이상 향상시킬 수 있었으며 충실종자의 손실율은 약 14% 정도였다. 또한 # 3.35mm체로 사선한 후 수직풍선과 흡입풍선법을 실행한 결과 효과는 비슷한 것으로 조사되었다. 피나무의 정선방법은 사선과 수직풍선을 병행하면 표 5-9에서와 같이 종자의 충실율이 72.1%로 향상되어 효과적인 정선방법으로 조사되었다.

표 5-9. 피나무 종자의 정선방법별 정선 효과 (단위:%)

정선방법	체 규격 (mm)	순 량 률	충 실 율	충실종자 분포비율
공시종자		96.3	13.3	
사 선	5.60	99.8	55.6	7.1
	5.00	99.5	30.5	10.0
	4.75	99.2	30.1	11.4
	4.00	99.0	37.4	57.1
	3.35	97.7	5.3	14.3
	2.80	95.4	0.0	
정선방법	흡입관 (open각도)	순 량 률	충 실 율	충실종자 분포비율
사선 #3.35m + 수직풍선	0cm	100.0	58.2	72.1
	5cm	98.9	11.3	27.9
	5cm이상	-	0.0	0.0
사선 #3.35m + 흡입풍선	0~45cm (30°)	97.5	47.6	71.8

5) 옷나무(*Rhus verniciflua* Stokes.)

옷나무 종자는 종자취급이 어려운 종자이며 또한 표준발아율이 저조한 종자로서 현재까지는 풍선법으로 정선을 실시하여 파종시업을 실시하였으나 종자의 효율성이 낮아 종자의 손실율이 많으므로 정선방법을 개선하여 종자의 효율을 높일 수 있는 방법을 구명하고자 다음과 같이 실험을 실시하였다.

옷나무는 표 5-10 에서와 같이 사선 및 풍선법에서는 충실율이 각 처리마다 향상시키지 못하였으나 수침법에서는 24시간 이상 수침하면 충실율이 57.5%에서 80.0%로 향상되었으므로 효과적인 정선방법으로 조사되었다.

표 5-10. 옷나무 종자의 정선방법별 정선 효과 (단위:%)

정선방법	체규격(mm)	순량률	충실율	종자분포비
공시종자		97.0	57.5	
	4.00	97.3	58.0	12.6
사 선	3.35	99.8	57.0	87.4
	2.36	-	-	-

정선방법	각 도	높이(cm)	순량률	충실율	종자분포비
공시종자			97.0	57.5	
		0	99.8	71.7	60.0
풍 선 법	50°	40	99.9	26.7	29.0
		50	99.9	17.3	7.0
		60	99.9	18.7	4.0

정선 방법	시 간	부 유		잔 존	
		순량률	충실율	순량률	충실율
수 선 법	10분	98.5	7.0	99.5	60.5
	1시간	98.9	6.0	99.7	63.0
	3시간	98.7	5.0	99.4	68.0
	5시간	98.6	5.0	99.5	69.0
	24시간	99.3	4.0	99.6	80.0
	48시간	99.1	4.0	99.8	78.0

다. 소립종자 정선방법 개선

소립종자 정선방법은 일반적으로 풍선법(평행)으로 정선을 실시하였으나 종자 충실율이 낮아 효율성이 떨어져 파종 작업시 종자의 손실도 커 시설양묘시 기계화 작업에 적용하기가 곤란함으로 현재의 정선방법을 개선하기 위하여 수종특성에 맞는 방법을 개발하여 종자의 효율성을 높이고 기계화가 가능하기 위한 실험을 하였음.

1) 층층나무(*Cornus controversa* Hemsl.)

층층나무 종자는 휴면성이 강한 종자로 종자의 크기 변이가 큰 종자로 보통 종자의 크기보다 작은 종자는 충실율이 낮아 세심한 종자정선을 실시하지 않으면 안된다.

공시종자의 충실율은 평균 75%이었고 사선을 할 경우에는 충실율에는 큰 차이가 나타나지 않았으나 수직풍선을 할 경우 잔존종자의 경우 평균 84.3%로 향상되었다. 이 경우 사선을 적용하였을 경우 표

5-11에서와 같이 체규격 # 4.0mm이하 사선에서 제거된 종자의 충실율이 저조하였으므로 이를 사선+수직풍선을 병행하여 정선하였을 경우 충실율은 89.3%이며 이 때 충실종자의 11.7%가 손실된다.

또한 사선을 한 다음 흡입풍선을 이용하여 종자를 흡입관의 하부에 놓고 일정한 높이에서 공기를 빨아들이면서 종자를 정선하는 흡입방법을 시험적으로 적용한 결과는 다음과 같다.

표 5-11. 충충나무 종자의 정선방법별 정선 효과 (단위:%)

정선방법	구분	공시 종자	체 규 격(mm)			평균
			5.00	4.00	3.35	
사선법	충실율	75.0	74	79	66	75
	충실종자분포비	-	5.7	74.4	19.8	-

정선방법	구분		체 규 격(mm)			평균
			5.00	4.00	3.35	
사 선 + 수직풍선	부 유	충실율	-	11.7	6.0	-
		충실종자분포비	-	0.3	0.1	-
	잔 존	충실율	89.2	89.3	66.0	84.3
		충실종자분포비	5.3	76.3	17.9	99.5

정선방법	구분	체크기 (mm)	흡 인 관(cm)				
			80	70	60	50	0
사 선 + 흡입풍선	충실율	5.00	1.0	0.3	-	0.0	95.3
		4.00	11.1	12.5	34.1	45.6	93.0
		3.35	20.0	6.7	14.6	51.1	95.0
	분포비	5.00	0.1	0.0	-	0.0	7.8
		4.00	0.5	0.4	1.9	5.3	63.1
		3.35	0.4	0.1	0.5	5.4	14.4
	계		1.0	0.5	2.4	10.7	85.3

사선+흡입풍선 표에서 보는 바와 같이 80cm의 높이에서 Ø10cm의 흡입관을 통하여 흡입정선법을 적용한 경우 흡입관의 잔존종자의 충실율은 평균 94.4%이며 이 경우 충실종자의 분포비는 85.3%이다. 따라서 약 23.7%의 충실종자를 손실하고 89.3%의 충실율을 보인 체 규격 # 4mm로 사선 후 수직풍선으로 정선한 방법보다는 약 14.7%의 충실종자를 손실하고 충실율이 95.3%인 흡입풍선이 더 효과적이라 할 수 있다.

그러나 흡입관이 80cm로 너무 높아 이를 밸브를 이용하여 흡입압력을 낮추면서 흡입관의 높이를 50cm로 낮게 하여 정선한 결과는 다음 표 5-12와 같다.

흡입차단 각도가 클수록 즉, 흡입 압력이 적을수록 충실율은 저하되는 반면 충실종자의 분포비는 증가하는 경향을 보이고 있다. 한편 흡입관 높이를 더 낮게 30cm로 하였을 경우에는 다음 표5-13과 같으며 높이를 30cm로 낮추었을 경우에도 50cm와 동일한 경향을 보이고 있다. 그러나 종자의 충실율 변화나 충실종자의 분포비 등을 고려하면 정선의 높이에 따른 충실율과 충실종자의 분포비 변화는 크게 나타나지 않는 반면 흡입압력의 감소여부에 따라 충실율의 변화보다는 충실종자의 분포비에서 많은 차이를 보이고 있었다. 따라서 30cm나 50cm 모두 130도 정도로 흡입압력을 차단하였을 경우 약 95%정도로 내외의 충실율을 보였으며 이 경우 충실종자의 분포비는 85-90%로 약 10-15%의 충실종자 손실을 보였다. 그러나 충실율을 높이기 위하여 4mm의 체로 사선을 병행할 경우에는 충실율은 약 55% 향상은 되나 충실종자의 분포비는 약 70.2%정도로 약 30% 정도의 충실 종자의 손실을 가져오게 된다.

표 5-12. 50cm 흡입관을 이용한 층층나무 종자의 흡입정선 효과 (단위:%)

흡 입 차단각도 (°)	구 분	체규격 (mm)	정 선 높 이(cm)			
			15	10	5	0
100	층실울	5.00	33.3	16.7	75.9	100
		4.00	8.3	55.6	86.7	100
		3.35	9.5	65.0	72.2	93.3
	분포비	5.00	0.0	0.0	1.6	5.1
		4.00	0.0	1.3	53.6	21.6
		3.35	0.1	1.3	14.1	1.2
110	층실울	5.00	-	-	55.0	100
		4.00	-	22.2	71.1	98.9
		3.35	-	0.0	58.9	87.8
	분포비	5.00	-	0.0	0.6	5.0
		4.00	-	0.2	27.7	48.4
		3.35	-	0.0	12.1	5.8
120	층실울	5.00	-	-	53.3	100
		4.00	-	22.2	66.7	98.9
		3.35	-	16.7	41.1	91.9
	분포비	5.00	-	-	0.7	4.1
		4.00	-	0.2	19.6	59.9
		3.35	-	0.1	7.3	8.0
130	층실울	5.00	-	-	-	96.0
		4.00	-	16.7	51.6	94.4
		3.35	33.3	16.7	54.2	88.4
	분포비	5.00	-	0.0	0.0	5.4
		4.00	-	0.1	8.4	68.7
		3.35	0.1	0.1	7.0	10.1

표 5-13. 30cm 흡입관을 이용한 층층나무 종자의 흡입정선 효과 (단위:%)

흡 입 차단각도 (°)	구 분	체규격 (mm)	정 선 높 이(cm)			
			15	10	5	0
110	층실울	5.00	-	-	30.6	93.6
		4.00	-	33.3	61.1	98.9
		3.35	-	43.0	61.1	96.3
	분포비	5.00	-	-	0.8	7.2
		4.00	-	0.1	22.6	54.4
		3.35	-	0.4	9.0	4.8
120	층실울	5.00	-	-	33.3	97.9
		4.00	-	12.5	66.7	95.0
		3.35	-	100	66.7	89.1
	분포비	5.00	-	-	0.3	5.4
		4.00	-	0.1	25.4	50.7
		3.35	-	0.4	37.4	6.0
130	층실울	5.00	-	-	13.0	98.4
		4.00	-	-	46.3	92.2
		3.35	-	22.2	43.9	85.6
	분포비	5.00	-	-	0.2	4.6
		4.00	-	-	6.4	71.7
		3.35	-	0.2	4.1	12.7

적정 흡입방법의 구멍을 위하여 흡입구의 형태를 흡입구가 좁고
위가 넓은 앞의 ▽형 흡입관과는 달리 흡입구와 흡입관의 넓이를 동
일하게(=) 하여 흡입정선한 결과는 다음 표 5-14와 같다.

표 5-14. 수평흡입에 의한 층층나무 종자의 정선 효과 (단위:%)

흡입관 길이 (cm)	구분	체규격 (mm)	정선 높이(cm)					
			25	20	15	10	5	0
50	층실율 (%)	5.00	0.0	-	-	-	0.0	93.4
		4.00	0.0	-	0.0	-	0.0	87.8
		3.35	0.0	-	-	-	0.0	77.8
	분포비 (%)	5.00	0.0	-	-	-	0.0	4.7
		4.00	0.0	-	0.0	-	0.0	77.1
		3.35	0.0	-	-	-	0.0	18.2
40	층실율 (%)	5.00	-	-	-	-	0.0	91.1
		4.00	0.0	-	-	0.0	14.8	84.4
		3.35	-	-	-	-	3.3	72.2
	분포비 (%)	5.00	-	-	-	-	0.0	4.9
		4.00	0.0	-	-	0.0	0.4	72.7
		3.35	-	-	-	0.0	0.1	21.7
30	층실율 (%)	5.00	-	-	-	-	33.3	93.0
		4.00	0.0	-	-	0.0	2.8	80.0
		3.35	0.0	-	-	1.1	0.0	57.8
	분포비 (%)	5.00	-	-	-	-	0.1	7.2
		4.00	0.0	-	-	0.0	0.1	79.5
		3.35	0.0	-	-	0.1	0.0	12.9

표 5-14에서 보는 바와 같이 흡입관과 흡입구가 동일할 경우에는 흡입관의 길이가 길수록 정선효과가 큰 것으로 나타났고 50cm의 경우 층실율이 평균 86.3% 이었다.

그러나 50cm의 높이로 흡입 차단 각도 130° 에서 흡입 정선한 후

4mm의 체로 사선을 하였을 경우에는 평균 94.4%의 충실율을 보였으며 충실종자 소실율은 18% 정도이었다.

따라서 충충나무의 경우에는 90% 정도의 충실율을 요구할 경우에는 「=」의 형태로 흡입을 하는 정선방법을 적용하는 것이 좋을 것으로 추정되나 더욱 종자 충실율을 높이기 위하여 #4mm이상으로 1차로 사선을 다음 50cm 높이에서 흡입풍선으로 정선한 후 정선된 종자를 다시 수선하면 표 5-15에서와 같이 종자의 충실율을 균일하게 90% 정도로 향상시킬 수 있었다.

표 5-15에서 보는 바와 같이 침수시간이 길어질 수록 충실종자는 모두 침적되나 충실율은 점차 감소되는 반면 체규격 # 3.35-4mm 사이에서 정선된 작은 종자의 량이 점차 증가되는 경향을 보이고 있다.

표 5-15. 충충나무 종자의 침수시간별 충실율 변화 (단위:%)

구 분	체규격 (mm)	침수시간(시간)					
		3	16	24	48	64	72
부 유	5.00	26.7	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	4.00	26.0	6.7	14.1	0.0	0.0	0.0
	3.35	9.3	9.0	5.6	0.0	0.0	0.0
	평균	20.6	8.9	6.6	0.0	0.0	0.0
침 전	5.00	100	93.3	96.7	90.0	90.0	90.0
	4.00	97.8	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
	3.35	65.2	73.3	70.0	73.3	74.4	81.1
	평균	87.7	85.5	85.6	84.4	84.8	87.0
충실종자 분포비	부유	6.0	1.5	1.0	-	-	-
	침전	94.0	98.5	99.0	100.0	100.0	100.0

2) 말채나무 (*Cornus walteri* Wanger.)

말채나무 종자는 현재까지는 과육 제거시 수선 및 사선방법으로 정선을 실시하였으나 표5-16과 같이 충실율이 낮아 사선 및 사선+흡입정선, 과육제거시 수침 후 회전분리기에 의한 정선방법을 실시한 결과 다음과 같다.

말채나무 종자는 사선만으로는 종자의 품질을 향상시킬 수 없어 # 4mm 체로 사선한 후 흡입 풍선을 사용하여 정선을 하면 밑에 잔존하고 있는 종자의 경우 충실율이 90.0% 까지 달하고 있으나 좀 더 종자의 품질을 향상시키고 인력절감 및 기계화하기 위하여 과육제거시 수침한 후 회전분리기(1,000회전/분)를 사용하여 정선한 결과 표 5-16과 같이 종자의 품질을 향상시킬 수 있는 매우 효과적인 방법이 었다.

표 5-16. 말채나무 종자의 정선방법별 정선 효과 (단위:%)

정선방법	체규격(mm)	순량률	충실율	종자분포비
공시종자		99.5	70.4	
사선	5.00	99.7	69.5	1.2
	4.00	99.9	72.7	96.3
	3.35	99.4	62.4	2.5
	2.36	99.3	0.0	0.0

정선방법	높이 (open 각도)	순량률	충실율	충실종자비율
사선(4.00mm) + 흡입 풍선	0cm 0°	99.3	90.0	52.2

정선방법	회전분리 (회전수/분)	처리시간 (분)	순량률	충실율	충실분포비
회전분리	1,000회/분	30	97.9	93.5	97.9
수침 후 원심분리	1,000회/분	30	98.6	97.5	98.6

3) 회양목(*Buxus microphylla* ver. *koreana* Nakai)

회양목 종자는 현재까지의 정선방법은 풍선(키)법으로 정선을 실시한 결과 구과의 인편 등 불순물이 많이 섞여 순량율이 낮아 자동화에 의한 기계파종작업이 어려운 실정이므로 이와 같은 정선방법을 개선하기 위하여 다음과 같이 실험을 실시하였다. 소립종자인 회양목의 경우에는 8월 초순에 종자를 채취한 후 1차 키로 정선하는 과정에서 높은 충실율을 보였지만 앞에서 설명한 바와 같이 순량율이 낮아 순량율을 높일수 있는 정선방법을 개선하기 위하여 사선을 실시한 결과 # 2.8-2mm의 체만으로도 순량률을 높일 수 있었다. 표 5-17에서 나타난 바와 같이 #1mm 체로 사선하면 충실율은 100%로 높아지지만 순량율과 종자분포비가 낮아 부적당하다. # 2mm체로 사선한 결과 순량률은 96.7%, 충실율은 98.9%까지 향상시킬 수 있었다. 이러한 결과로 보아 회양목 종자의 효과적인 정선방법은 사선법으로 판단된다.

표 5-17. 사선에 의한 회양목 종자의 정선 효과 (단위:%)

체규격(mm)	충실율	순량률	충실종자 분포비
공시종자	96.7	92.0	
2.80	100.0	32.8	2.0
2.00	98.9	96.7	96.5
1.00	100.0	63.9	1.5

4) 낙엽송(*Larix leptolepis*(sieb.et Zucc.) Gordon)

낙엽송은 결실주기가 보통 5-6년으로 종자결실의 풍·흉이 가장 심한 수종으로 종자채취가 매우 어렵고 충실율도 비교적 낮은 종자로 취급이 어려운 수종이다. 현재까지는 낙엽송 종자의 정선방법은 수평풍선법으로 실시한 결과 표준품질이 40% 정도로 효율이 낮아 충실율을 90% 수준까지 올리기 위하여 기존의 정선방법을 개선하여 종자의 효율을 높여 기계화할 수 있도록 하기 위하여 사선 및 수평풍선과 수직풍선을 병행하여 실시한 결과는 다음과 같다.

이러한 수종을 대상으로 종자의 충실율을 향상시키기 위하여 사선 및 풍선법인 수직풍선으로 정선한 결과 표에서와 같이 체규격# 2.0mm로 사선한 결과 표 5-18에서와 같이 종자의 충실율을 68.7%로 향상시켰으나 더욱 충실율을 향상시키기 위하여 사선+수평풍선을 병행하여 실시하였으나 큰 효과가 없어 수직풍선법으로 실시한 결과 표5-18에서와 같이 충실율을 95%이상으로 향상시킬 수 있었으며 이때 송풍구의 배출각도를 80° 로 하여 수직풍선을 하면 전체 발아가 능 종자 입수 중 35%의 종자가 유실되어 종자의 손실율은 크지만 충

실율이 높기 때문에 종자의 효율성이 큰 것으로 조사되었다.

표 5-18. 낙엽송 종자의 정선방법별 정선 효과 (단위:%)

정선방법	구 분	체 규 격(mm)			
		2.36	2.0	1.7	1.4
사선법	순량을	78.7	96.8	90.8	31.3
	충실율	70	68.7	68.7	51.3

정 선 방 법	구 분	체규격 (mm)	송풍구에서의 거리(cm)						평 균
			20	40	60	80	100	120	
사 선 + 수 평 풍 선	순량 을	2.36	93.3	87.0	87.6	89.2	88.1	69.1	85.7
		2.00	97.8	97.1	97.1	96.8	94.2	79.1	93.7
		1.70	93.9	94.7	94.7	92.6	92.3	43.2	85.2
		1.40	32.8	56.3	42.6	20.7	18.4	8.0	29.8
	충실 율	2.36	76.0	86.0	72.0	76.0	58.8	0.0	61.5
		2.00	85.4	75.9	64.8	76.0	44.0	32.0	63.0
		1.70	52.0	67.8	67.4	28.0	44.0	20.0	46.5
		1.40	85.7	68.8	25.0	33.3	0.0	0.0	35.5

정 선 방 법	구 분	송풍배출구의 open 각도		
		70 °	80 °	90 °
사 선 + 수직풍선	순 량 을	96.1	95.9	94.9
	충 실 율	82.7	98.7	98.7
	발아립 잔존율	82.2	66.6	23.3

라. 세립종자 정선방법 개선

세립종자 정선방법은 일반적으로 사선을 한 다음 풍선법(수평)으로 정선을 실시하여 왔으나 종자의 충실율이 낮아 노지 파종시 종자의 손실율이 많고 또한 종자의 크기가 매우 작으므로 세심한 주의가 필요하며 노동력이 많이 소요된다. 이러한 종자일 수록 기계화를 적용시키면 작업의 능률을 향상시킬 수 있으므로 현재까지 적용된 정선방법보다 더 충실율을 높이기 위하여 다음과 같은 수종에 대하여 정선 방법을 개선하였음

1) 두릅나무(*Aralia elata* Seem.)

두릅나무 종자의 효율을 높여 기계화하기 위하여 현재까지 정선 방법으로 실시하는 수평풍선법을 개선하여야 하므로 다음과 같이 사선 및 수직풍선 그리고 사선을 병행한 흡입풍선법을 적용 실험하였다.

두릅나무 종자의 경우는 사선만으로도 표 5-19 에서와 같이 사선만으로도 약 10% 정도의 충실율을 향상시킬 수 있었으며 사선+흡입풍선을 실시한 결과 사선방법과 큰 차이가 없었다. 이와 같은 두가지 방법으로는 정선효과가 없어 수직풍선을 실시한 결과 충실율을 50% 향상시켰으나 미진하므로 다른 정선방법의 개발이 필요하다.

표 5-19. 두릅나무 종자의 정선방법별 정선 효과 (단위:%)

정선방법	체규격 (mm)	순량률	충실율	충실종자 분포비율
공시종자		78.1	23.0	
사 선	1.70	-	8.3	0.1
	1.40	23.2	31.0	0.4
	1.00	95.6	38.0	34.4
	710 μ m	96.3	34.0	65.1

정선방법	높 이 (open각도)	순량률	충실율	충실종자 분포비율
수직풍선	0cm	75.6	50	94.7
	45cm	85.3	2.5	5.2
	50cm	40.6	1.5	0.1
사선(1.7mm) + 흡입풍선	45cm 100°	97.4	40.7	70.6

2) 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara)

자작나무 종자는 세립종자로 종자결실시기에 완숙과정에서 기후 인자 특히 바람에 영향을 많이 받는 수종으로서 그 해 초가을에 태풍이 자주 불어오면 종자가 완숙되지 못하고 충실율이 낮은 종자를 채취하게 되므로 세밀한 종자정선이 요구되는 수종이다. 현재까지는 풍선법(키)에 의하여 정선되어 효율이 낮은 것으로 알고 있었으나 종자에 부착된 날개 때문에 정선 효과가 낮은 것으로 판단되어 날개

를 제거할 경우에는 사선만으로도 종자의 품질을 향상시킬 수 있으며 또한 사선을 한 후 흡입정선을 하면 바닥에 잔존하고 있는 종자의 경우 충실율은 63.2%에 달하였으나 순량률이 2.1%에 불과하였다. 이는 종자의 날개 등 협잡물이 많이 있었기 때문이다. 그러므로 순량률을 높일 수 있는 방법 개발 및 날개의 제거를 기계화 할 경우 자작나무종자의 품질향상에 매우 효과적인 방법이 될 것이다.

표 5-20. 자작나무 종자의 정선방법별 정선 효과 (단위:%)

정선방법	체규격 (mm)	순량률	충실율	충실종자 분포비율
공시종자		24.1	1.2	
사 선 날개제거	1.4	9.8	37.4	3.7
	1.0	59.8	5.3	33.0
	710 μ m	43.4	0.0	61.4
사 선 날개부착	3.35	19.4	3.4	13.4
	2.8	6.8	0.0	0.0
	1.7	21.3	1.0	0.0
	1.4	71.9	2.0	36.5
	1.0	74.0	0.0	50.0
정선방법	정선관높이 (open각도)	순량률	충실율	충실종자 비 율
사선(1.7mm) + 흡입풍선	0cm (180°)	2.1	63.2	71.8

2. 종자발아촉진법 개발

인건비 절감을 위하여 시설양묘를 할 경우 모든 작업의 기계화가 필수적인 요건이므로 현재 발아율이 낮은 일부 종자의 육묘판에 파종시업을 기계화하기 위하여는 종자의 품질 향상이 절대적으로 필요한 요건이므로 이를 해결하기 위한 종자의 발아촉진법 개선 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

가) 헛개나무(*Hovenia dulcis* Thuns.)

헛개나무 종자는 밀납에 의한 종피의 불투수성으로 발아에 2년이 소요되는 종자로 발아촉진을 실시하지 않으면 양묘시업의 목적을 달성할 수 없고 특히 기계화 작업을 적용하기 매우 어려운 수종으로 발아촉진방법을 실험한 결과 농황산에 45분간 처리한 후 KNO_3 0.5m ℓ 에 30분간 침지한 것이 발아율이 가장 좋았다.

그러나 황산을 사용할 경우 작업의 위험성 및 각종 공해문제로 일반 농가에서 사용하기가 어려우므로 황산처리가 비교적 효과적이더라도 이보다는 종피가상후 KNO_3 를 처리하는 것이 더욱 효과적일 것 보인다.

표 5-21. 발아촉진처리에 의한 헛개나무 종자의 발아율 (단위:%)

구 분	황 산 처 리				사 포 + KNO_3	대조구
	5분	15분	30분	45분		
발아율	17.6	16.3	49.4	55.6	34.0	0.0

나) 소나무(*Pinus densiflora* Sibe. et Zucc.)

소나무 종자는 충실율이 높은 종자로서 노지에 파종시 발아촉진을 생략하고 24시간 수침하여 파종하여도 발아율이 높은 수종이다. 본 실험에서 소나무 종자를 선정한 이유는 발아율을 촉진시키기 위한 것보다는 이외 다른 임목종자의 발아를 촉진시킬 수 있는 처리를 구명하고자 실시하였다.

실험을 실시한 결과 표 5-22에서와 같이 $MgSO_4$, KNO_3 , K_3PO_4 시약을 농도별 (0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5mol)로 임목종자를 24시간 침수하여 발아 촉진 처리를 한 후 항온기내 온도를 22~28℃로 유지시켜 발아율을 조사한 결과 각 시약 중 K_3PO_4 를 제외하고는 발아율이 0.01~0.02mol까지는 큰 차이가 없는 것으로 조사되었으나 KNO_3 에서는 0.02mol이 좋은 것으로 조사되었으므로 임목종자 발아 촉진 적정시약으로는 KNO_3 가 좋은 것으로 판단되었다.

표 5-22. 시약처리에 의한 소나무 종자의 발아율 (단위:%)

농도 (mol)	처 리 (시간)	대조구	시 약 종 류		
			$MgSO_4$	KNO_3	K_3PO_4
0.005	24	82.7	74.7	76.0	68.0
0.01	24	82.7	80.0	81.0	82.0
0.02	24	82.7	83.3	90.0	76.0
0.05	24	82.7	84.0	85.3	40.0
0.10	24	82.7	87.0	80.7	10.7
0.20	24	82.7	74.0	84.0	0.0
0.50	24	82.7	45.3	79.3	0.0
1.00	24	82.7	48.7	71.0	0.0

또한 시약별로 0.02mol에 대한 적정 침적 시간을 규명하기 위하여 조사한 결과 침적시간별에서는 큰 차이가 없는 것으로 조사되었다. 표5-23에서 나타난 바와 같이 72시간 처리의 대조구에서 발아율은 3일간 수침시 발아율이 90.0%로 높아지고 MgSO₄는 92.0%, KNO₃는 94.0%로 높아졌으나 대조구와 시약처리간에 발아율 차이는 큰 차이가 없는 것으로 조사되었다. 위의 결과로 보아 소나무 종자의 경우 시약처리에 의한 발아촉진을 시킬 경우 KNO₃시약에 3일간 처리하는 것이 효과적이지만 소나무 종자는 별도의 시약처리가 필요 없으며 단지 물에 3일간 수침처리하여도 충분한 효과를 얻을 수 있는 것으로 사료되므로 다른 임목종자도 이와 같은 방법으로 발아 촉진처리를 실시하면 가능할 것으로 추측되었다.

표 5-23. 시약별 0.02mol 침적시간별 처리에 의한 소나무 종자의 발아율 (단위:%)

농도 (mol)	처리 (시간)	대조구	시약종류		
			MgSO ₄	KNO ₃	K ₃ PO ₄
0.02	24	82.0%	87.3%	86.7%	78.0%
	48	84.7%	85.3%	84.7%	60.7%
	72	90.0%	92.0%	94.0%	52.7%

다) 마가목(*Sorbus commizta* Hedl.)

마가목 종자는 휴면성이 강한 종자로 발아율이 매우 저조하고 당년 발아가 어려운 수종으로 휴면을 타파하고 발아 촉진을 시키기 위하여 다음과 같은 처리를 하여 발아실험을 실시하였다.

우선 대조구로 4개월 노천매장을 실시하였으며 시약종류별로는 $MgSO_4$, KNO_3 , K_3PO_4 시약을 농도별(0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0mol)로 24시간 침수 처리한 종자와 또한 황산을 5분, 10분, 15분, 20분, 25분 처리한 것과, NaOH 0.5%를 1시간, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간 처리한 종자를 항온기내 온도를 22~28℃로 유지시켜 발아율을 조사한 결과 각 처리구에서 발아율은 0%이었으며, 마가목의 경우 종자 발아가 어려워 현재 황산 처리와 NaOH 처리를 병행하여도 발아율이 저조하여 휴면성이 강한 종자는 시약처리보다도 물리적 기계적 방법에 의한 발아 촉진을 시키는 것이 바람직하므로 계속 검토하여 휴면성을 타파하고 발아촉진을 시킬 수 있는 방법을 계속 연구하여야 할 것이다.

라) 옷나무(*Rhus verniciflua* Stokes.)

옷나무 종자도 종자 특성상 발아가기가 매우 어려운 종자로 표 5-24와 같이 처리한 결과 황산(98%)처리 2시간 후 저온처리 60일간 실시하는 것이 효과적인 방법으로 조사되었으며 시약처리에서는 표 5-25에서와 같이 각 시약별 농도간에는 황산처리 2시간 후 KNO_3 를 0.05~0.1mol 수준으로 24시간 수침하여 저온처리한 구가 발아율이 좋은 것으로 조사되었으나 황산처리 2시간 처리 후 60일간 저온 처리한 것과 발아율에서 큰 차이가 없는 것으로 나타났으므로 작업 형평상 간단히 황산 2시간 처리 후 저온처리 60일간 실시하여 파종하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

표 5-24. 발아촉진처리에 의한 옷나무 종자의 발아율 (단위:%)

처 리 방 법	저온처리(일)	
	30	60
대 조 구	0.0	0.0
황산처리 2시간	40.0	85.0
황산처리 3시간	25.0	35.0
미강기 처리	5.0	6.0

표 5-25. 시약별 처리 후 저온처리 60일에 의한 옷나무 종자의 발아율 (단위:%)

황산처리 (시간)	시약처리 (mol)	시 약 종 류		
		KNO ₃	K ₃ PO ₄	MgSO ₄
2	0.01	80.0	30.0	75.0
	0.05	86.0	40.0	55.0
	0.1	84.0	50.0	50.0
	0.5	60.0	50.0	45.0
	1.0	35.0	20.0	40.0
3	0.01	55.0	20.0	55.0
	0.05	50.0	30.0	60.0
	0.1	20.0	40.0	40.0
	0.5	20.0	60.0	35.0
	1.0	25.0	5.0	35.0

* 황산 2시간처리 후 저온처리 60일에 의한 발아율은 85.0%
 황산 3시간처리 후 저온처리 60일에 의한 발아율은 35.0%

마) 팔배나무(*Sorbus alnifolia* K. Koch.)

팔배나무 종자는 세립종자에 해당되며 발아세가 좋지 않아 발아 촉진처리를 요하는 수종이다. 발아촉진을 시키기 위하여 다음과 같이 발아촉진을 위하여 처리를 하였다. 팔배나무 종자를 실내 냉장고의 2~3℃에서 저온으로 60일간 처리한 후 시약처리를 요하는 수종 방법으로 표5-26와같이 저온처리 60일 후 MgSO₄ 0.1mol로 처리한 것이 30.0%로 가장 효과적이었고, 그 다음으로 KNO₃ 0.01mol이 28.0%로 좋은 것으로 조사되었다.

표 5-26. 발아촉진처리에 의한 팔배나무 종자의 발아율 (단위: %)

저온처리기간(일)	발아율		
0	0.0		
30	6.0		
60	15.3		
90	12.7		

시약처리 (mol)	시 약 종 류		
	KNO ₃	K ₃ PO ₄	MgSO ₄
0.01	28.0	12.0	4.0
0.05	10.0	2.0	10.0
0.1	4.0	2.0	30.0
0.5	2.0	2.0	6.0
1.0	0.0	0.0	4.0

제 4절 결 론

1. 종자 정선 및 방법 개선

가. 대립종자 정선 방법개선

일반적으로 대립종자의 정선방법은 입선법을 많이 사용하고 있었으나 특히 상수리나무 같은 경우는 수선법으로 1일간 수침하여 정선하였으나 이러한 정선 방법으로는 종자의 충실율을 높이기란 어려워 시설양묘시 기계화에 의한 파종작업에 적용하기 위하여는 종자의 충실율을 향상시켜야 할 것이다.

그러므로 본 실험에서 얻은 결과는 상수리나무 종자는 풍선정선법보다 역시 수선(2일간)하여 종자의 충실율을 86.0%까지 높였으며 복자기는 종자채취시 종자의 수분함량이 많아 풍선법으로는 곤란하여 흡입정선(60cm 정선높이) 한 후 수선하면 종자충실율을 88.3%까지 향상시킬 수 있고 산수유 종자는 3시간이상 수침하여 정선하면 62.3%에서 81.3%로 향상되므로 대립종자는 수선법에 의한 정선이 가장 효과적인 방법으로 구명되었다.

나. 중립종자 정선 방법개선

중립종자의 일반적인 정선방법은 수선 방법을 주로 많이 사용하고 있었으나 효율이 낮다 정선방법을 개선한 결과 잣나무 종자의 정선방법은 1차 흡입정선(40cm 정선높이)을 한 후 17시간 정도 수침 정선하면 100%의 충실 종자를 얻을 수 있으며 자귀나무의 경우에는

수선법(염분농도 6%)을 적용 할 경우 종자 충실율이 93.7%까지 향상시킬 수 있었다.

전나무 종자의 경우에는 체규격 # 3.35mm로 사선을 하고 흡입 풍선을 실시하면 91.3%의 충실율을 향상시킬 수 있으며 피나무 종자에서는 체규격 # 3.35mm 사선과 수직 풍선을 병행 실시하면 충실율을 13.3%에서 58.2%까지 향상시킬 수 있었다.

또한 옷나무 종자도 역시 수선법을 적용하면 충실율을 52.5%에서 80.0%로 향상시킬 수 있는 방법을 실험에서 구명하였다.

다. 소립 정선 방법 구명

일반적으로 풍선법(평행)으로 정선을 실시하였으나 이러한 방법으로는 종자 충실율이 낮아 효율성이 떨어지므로 종자의 손실율이 크다. 이러한 점을 개선한 결과 층층나무 종자의 정선 방법은 1차로 흡입풍선(50cm 정선높이)을 하고 72시간 수침하면 충실율을 75%에서 90% 향상시킬 수 있으며 말채나무의 경우는 회전분리기로 정선하면 충실율이 70.4%에서 97.5%로 향상되었다.

회양목 종자의 경우는 규격 # 2.00mm체 사선만으로도 96.7%에서 98.9%까지 향상시킬 수 있으나 일반적인 풍선법(키)와 큰 차이가 없었다.

낙엽송 종자에서는 수직풍선법으로 실시한 결과 송풍배출구의 각도 80° 에서 40%에서97.7%까지 종자의 충실율을 향상시킬 수 있는 방법을 실험을 통하여 구명하였다.

라. 세립종자 정선 방법 개선

세립종자의 정선 방법은 일반적으로 사선을 한 다음 풍선법(수평 풍선)으로 정선을 실시하여 왔으나 종자의 충실율이 낮아 노지 파종 시 종자의 손실율이 많고 또한 종자의 크기가 매우 작으므로 파종시 세심한 주의가 필요하며 노동력이 많이 소요되므로 이러한 종자일수록 기계화에 적용시키면 인력 절감이 되므로 현재까지 실시한 정선 방법보다 더 충실율을 높이기 위하여 정선방법을 개선한 결과 두릅나무 종자 정선은 수직풍선을 적용한 결과 충실율 23.0%에서 50%까지 향상시킬 수 있다.

자작나무의 경우는 날개를 제거한 후 사선+흡입풍선을 병행 할 경우 종자 충실율 1.2%에서 63.2%까지 향상시킬 수 있는 방법으로 효과가 큰 것으로 조사되었다.

2. 종자 발아 촉진 방법 개발

종자의 생리적인 특성상 휴면성이 있는 종자에 대하여 발아 촉진 방법을 구명하기 위하여 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

- 가. 헛개나무의 발아촉진 방법은 농황산에 45분간 처리한 후 0.5 mol의 KNO_3 에 30분간 침적한 것이 발아율이 가장 좋았으나 일반 농가에서는 취급하기가 어려우므로 종피에 상처를 낸 다음 KNO_3 를 처리하는 것이 안전상 좋은 것으로 사료된다.

나. 소나무는 발아가 잘 되는 수종으로 발아촉진 실험을 한 것은 발아촉진을 시키기 위한 것 보다는 발아촉진을 시킬 수 있는 시약 및 방법을 구명 하고자 실시한 결과 시약 종류로는 $MgSO_4$, KNO_3 와 방법으로는 농도 0.01~0.02mol로서 수종에 따라 다르지만 대체적으로 임목종자의 발아 촉진은 KNO_3 시약에서 농도 0.02mol이 좋은 것으로 판단되었다.

다. 옷나무 종자의 발아 촉진 방법은 황산처리 2시간 후 저온처리 ($2\sim 3^{\circ}C$) 60일간 실시하면 발아율을 85%까지 높일 수 있었다.

라. 팔배나무 종자의 발아 촉진 방법은 저온처리($2\sim 3^{\circ}C$) 60일 후 $MgSO_4$ 0.1mol로 처리하면 발아율 30.0%로 촉진되는 것으로 판단되었다.

제 6 장 시설온실 관리방법 표준화

개발내용 요약

○ 1차년도

시설온실 관리방법 표준화를 정립시키기 위하여 1995년 12월부터 2000년 12월까지 시설양묘시 온실형태부터 생육단계별 적정환경, 용기묘용 용토, 수종별 적정용기개발, 용기양묘용 최적양액 및 시비조건, 용기묘의 환경적응을 위한 묘목의 순화 등 연구결과를 토대로 시설양묘의 기준이 되는 표준화를 시켜 묘목 품질을 향상시키고 규격화하여 대량생산체계를 통한 산업화 도모로 국제경쟁력에 대응할 수 있을 것으로 판단된다.

제 1절 서 설

1. 연구의 필요성

서구에서는 일찍이 60~70년대부터 지피포트, 종이포트 등을 이용하여 새로운 양묘방법인 컨테이너를 이용한 용기묘에 대한 연구를 시작하여 현재는 상용화하여 많은 발전을 이루고 있다.

그러나 우리나라는 지난 80년 동안 관행적인 노지양묘에 의존하였다. 노지양묘는 노동력을 많이 필요로 하는 것으로 우리 나라 경

제의 산업화에 따라 인력이 부족하여 고임금화 되고 농촌인력의 노령화로 노동의 질이 저하되어 생산비가 높아져 국제경쟁력에 대응하기가 힘들어 졌다. 경쟁력을 갖추기 위하여 우리 나라의 원예분야에서 많이 사용하고 있는 시설원예를 도입하여 우리 나라에 맞는 새로운 양묘기술을 개발하여 용기묘 생산 관리방법을 체계화하고 표준화시키기 위하여 본 시험에서는 생육단계별 적정환경과 용기묘를 생산하기위한 적정 용토, 용기, 양액시비 조건 등 또한 산지활착율을 높이기 위한 묘목의 환경 적응 순화 및 작업의 생력화를 도모하기 위한 기계화작업이 가능하도록 임목종자의 품질을 향상시킬 수 있는 정선 및 발아촉진법을 개발하여 다음과 같이 관리체계의 표준화를 수립하였다.

2. 연구목적

컨테이너양묘의 장점은 육묘기간 단축과 인력절감으로 인한 작업의 생력화와 또한 인위적으로 조절된 환경에서 묘목을 대량생산할 수 있으며 조림시기를 분산시킬 수 있다는 것이다.

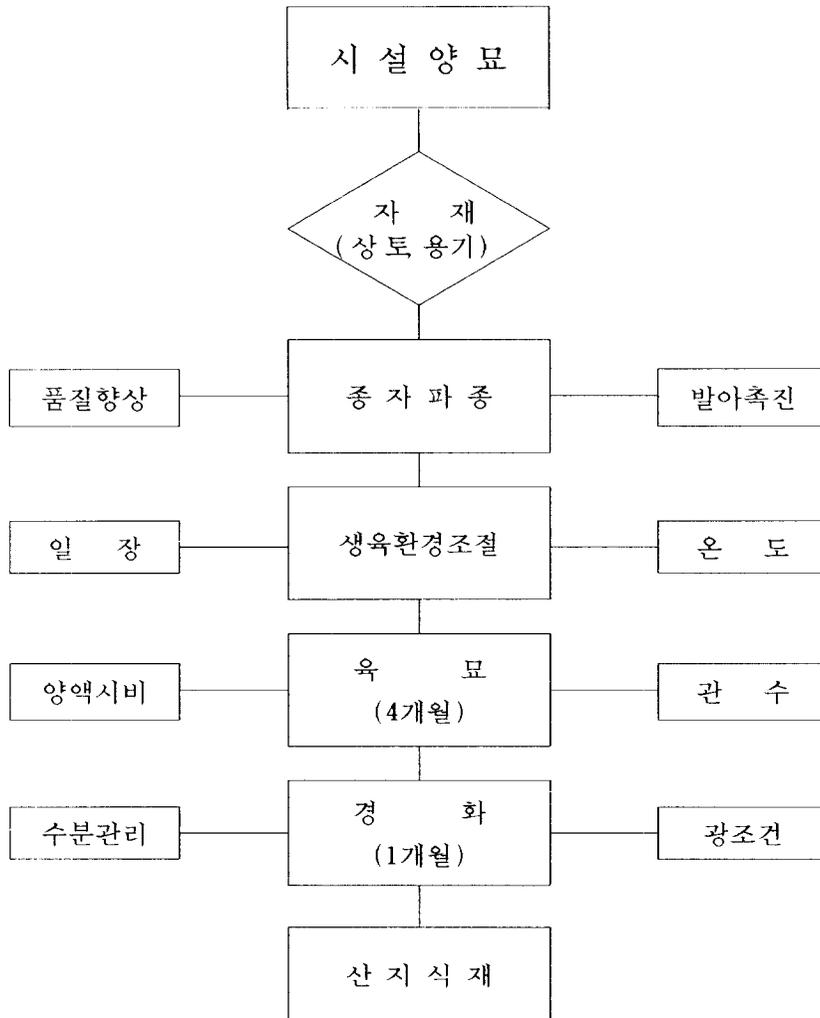
앞에서 설명한 바와 같이 국제경쟁력에 대응하기 위하여는 재래식 양묘방법(노지양묘)으로는 어려울 것으로 예측되므로 외국에서 상용화하고 있는 시설양묘의 관리체계를 정립함으로써 육묘과정의 생력화와 대량생산체계를 표준화시켜 묘목의 품질을 향상시키고 산업화를 도모할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

제 2절 연구내용 및 방법

본 시험은 1995년 12월부터 2000년 12월까지 임업연구원 중부임업시험장에서 주관하여 실험한 결과 중 건국대학교에서는 “용기묘의 생육단계별 적정환경” 과 서울시립대학교에서는 “용기묘 최적용토 및 용기개발”, “최적 시비조건” 그리고 중부임업시험장에서는 조림지 환경에 적응시켜 활착율을 높이기 위한 “용기묘의 경화 촉진방법”, “종자품질향상법” 등을 실험하여 얻은 결과를 집약적으로 종합하여 시설양묘 관리표준화를 시키기 위한 지침표를 작성하였다.

제 3절 연구개발 결과

1. 시설양묘 관리체계 표준화



2. 시설양묘에 의한 용기묘 생산 실시요령

항 목	적정 재료 및 방법	비 고
형 태	I-W 연동형(농진청 표준온실)	
난 방	온풍기 및 온수보일러	온풍기 80,000cal
환 풍	유동팬 및 고정팬	
온 환기창	측창 및 천창	수동식
관수장치	자주식 관수기	
전 등	메탈할라이트(200W)	
약제살포기	FOG	
피복재료	비닐 및 유리	
면 적	연동형으로 가감할 수 있음	
재 료	용기(콘테이너)	침엽수(프라스틱 50ml) 활엽수(프라스틱 160ml)
	용 토	피트모스+펄라이트+질석(1:1:1, v/v/v)
	복토자재	질석
일 반 관 리	광 도	발아단계: 자연조건 생육단계: 야간일장조절용 광도 500Lux
	광주기	일당 16시간
	온 도	겨울철 야간: 15℃이상 유지 여름철 주간: 35℃이하 유지
	차광율	자연광의 75%이상
	관 수	지상관수(주2회)
	시 비	Sonneveld 2~3배액 주 2회
	장소 및 기간	침엽수 : 야외 4주 활엽수 : 온실 1주+야외 3주
경 화	수분관리	주 2회 관수
	시 비	무시비
	광처리	자연광

※ 주의사항 : 여름철 경화시 온실내의 고온 및 야외의 온도 상승으로 인하여 고사율이 높은 영향으로 중간 1회 정도 약간씩(표면이 젖을 정도) 관수할 필요가 있음.

제 4절 결론

임업양묘는 이제까지 노지양묘에 의존하여 묘목을 생산하는 노동 집약적인 산업으로 생산비가 많이 투자되었으며 또한 기상재해에 무방비한 상태로 많은 피해를 입어 경제적으로도 많은 손실을 가져오므로 이와 같은 점을 개선하기 위하여 외국의 시설양묘방법을 도입하여 우리 실정에 맞는 기술을 개발하고자 최근 5년 동안 인위적으로 생육환경을 조절하고 조림지의 환경에 적응할 수 있는 조건을 주어 용기묘의 순화를 촉진시키는 연구결과를 종합한 결과 온실 형태 및 피복재료, 용기묘 발아에서부터 육묘과정 중의 광도, 광주기 등 생육단계별 적정환경과 용기묘 생산에 적정한 용토, 용기, 육묘과정 중의 최적 양액 및 시비조건 등을 개발하였으며 또한 묘목경화시 수분관리, 일장 등을 구명하여 시설양묘의 표준화 체계를 수립할 수 있는 관리방법의 지침표를 만들었다.

참고문헌

1. 김성필, 윤순강, 정광용. 1991. 원예용 상토개발에 관한 연구 - 관엽류 대체배지 개발. 농사시험연구보고서 46-50.
2. 김유섭, 황선웅, 박문희, 연병열, 박영대. 1991. 원예용 상토개발에 관한 연구 - 유통중인 상토보완연구. 농사시험연구보고서 167-171.
3. 김종진, 홍성각. 1998. 자작나무 컨테이너묘의 경화단계 생장에 미치는 UV-B와 수분스트레스의 효과. 한국임학회지 87(4) : 601-610.
4. 민고명, 이정식, 1992. 광조건의 변화가 벤자민고무나무(*Ficus benjaminia* 'WG-1')의 생장 및 순화에 미치는 영향. 한국원예학회지 33(1) : 48-53.
5. 오정수, 이명보, 홍성각. 1988. 단기건묘생산을 위한 컨테이너 양묘 시업법 개발. 임연연보 36 : 1-9.
6. 이정식, 홍영표, 최주건. 1982. 관상수 용기재배법 개발에 관한 연구. 한국원예학회지 23(3) : 241-251.
7. 이정식. 1998. 분화류의 관수와 양액관리기술. 한국화훼연구회 학술심포지움 논문집 19-30.
8. 황선웅, 박문희, 김유섭, 박영대, 김동수. 1991. 원예용 상토개발에 한 연구 - 분재용 인공배양토 개발 연구. 농사시험연구보고서 157-166.
9. 藤井智之, 志水一允, 山口彰. 1987. 日本産廣・針葉樹材の超薄切片における酵素糖化とUVスペクトル. Mokuzaï Gakkaishi 33(5) : 400-407.

10. 金坂基 (1993) 林内環境におけるポプラの光形態形成反應. 東京大學博士論文. pp 112
11. 丸山温, 森川靖, 井上敏雄. 1984. 光質, 光量, 間けつ照射條件をかえて育てたカンバ屬3種のメバエの成長. 日林誌 66 : 361-367.
12. 永田 洋. 1981. 樹木の休眠に関する研究(I), ポプラ冬芽の休眠の深さ(I). 日林誌 63(8) : 263-272.
13. 中村義司. 1965. スギの林木ならびに林分の水分經濟に関する研究. 九州大學農學部演習林報告 38號 : 161-237.
14. 荻本博. 1975. 花木の容器栽培. 新花卉 87號. 28-32.
15. 谷本丈夫. 1976. 林木の生長に及ぼす人工庇蔭の影響(II). 1 生長期間中のアカマツ苗木の庇蔭下での生長經過. 日林誌 58(5) : 155-160.
16. 吉村晴佳, 田中總太郎, 小橋澄治, 大手佳二, 妹尾俊夫, 國友優. 1991b. 單葉および重なり合った葉の近赤外域反射の季節的變化. 日本リモートセンシング學會誌. Vol. 11 No 4 : 5-17.
17. 斯波義宏. 1990. ポプラクローンの總乾物増加量と純同化率(NAR) 累計葉量葉積(LAD)葉の壽命の關係. 東大農學部演習林報告 82 : 1-10.
18. 吉村晴佳, 小橋澄治, 大手佳二, 妹尾俊夫. 1991a. 樹分光反射特性變化およびその色彩の數值的解析についての研究. 日本リモートセンシング學會誌. Vol. 11 No 2 : 5-17.
19. Adolph J., Laiche Jr. 1974. Effects of growing medium, fertiity and container-size on the rooting and subsequent growth of *Rhododendron indicum* 'formosa' and *Photinia glabra* cuttings. *Plant propagator* 23(3) : 4-13.

20. Alexander, L.A., and Havis, J.R. 1980. Root temperature effects on cold acclimation of an evergreen Azalea. Hort. Sci. 15 : 90-91
21. Arnon, Daniel I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology vol. 24. No. 1 : 1-15
22. Arnott, J.T. 1979. Effect of light intensity during extended photoperiod on growth of amabilis fir, mountain hemlock, and white and Engelmann spruce seedlings. Can. J. For. Res. 9 :19-35.
23. Arnott, J.T. and A. Mitchell. 1981. Influence of extended photoperiod on growth of white and engelmann spruce seedlings in coastal british columbia nurseries : 139-152.
24. Arnott, J.T. and A. Mitchell. 1982. Influence of extended photoperiod on growth of white and Engelmann spruce seedlings in coastal British Columbia nurseries. pp. 139-152 *in* Proceedings of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium. J.B. Scarratt, C. Glerum, C.A. Plexman (eds.). Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre, Ontario.
25. Arnott, J.T. and D.E. Macey. 1984. Effect supplemental light intensity on white spruce, Engelmann spruce, and mountain hemlock seedlings grown under an extended photoperiod. Can. J. For. Res. 15 : 295-300.
26. Biernbaum, J.A. 1992. Root-Zone management of greenhouse

- container grown crops to control water and fertilizer use.
Hort Technology 2 : 127-132
27. Bjerkestrand E. 1969. Liming and fertilizing of sphagnum peat for container plants. *Acta Horticulturae* 15 : 11-16.
 28. Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28 : 355-77.
 29. Bosley R.W. 1969. Ground bark - A container growing medium. *Acta Horticulturae* 15 : 17-20.
 30. Burton R.Ed. 1959. Bark as a Trickling-Filter Media, *Forest products Journal* vol lx. No.4 : 19-40.
 31. Calmé, Sophie, F.J. Bigras, H.A. Margolis and C. Hébert. 1994. Frost tolerance and bud dormancy of container-grown yellow birch, red oak and sugar maple seedlings. *Tree Physiology* 14 : 1313-1325.
 32. Cameron M.G., G.C. Fahey, JR., J.H. Clark, N.R. Merchen, and L.L. Berger. 1990. Effects of feeding alkaline hydrogen peroxide-treated wheat straw-based diets on digestion and production by dairy cows. *J. Dairy sci.* 73 : 3544-3554.
 33. Cameron M.G., J.D. Cremin, JR., G.C. Fahey, JR., J.H. Clark, L.L. Berger and N.R. Merchen. 1991. Chemically treated oat hulls in chets for dairy heibers and wethere : Effect on intake and digestion *J. Dairy sci.* 74 : 190-201
 34. Chapman, H.D., and G.F. Liebig. 1938. Adaption and use of automatically operated sandculture equipment. *j. Agr. Res.*

56 : 73-80

35. Colombo, S.J., D.P. Webb, and C. Glerum. 1981. Cold hardiness and bud development under short days in black spruce and white spruce seedlings: pp 171-176. ed. J.B. Scarratt, C. Glerim, C. A. Plexman, *In* Proceeding of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium. Toronto.
36. Cooper, A.j. 1973. Rapid crop turn-round is possible with experimental nutrient film technique. *Growel* 79 : 1048-1052.
37. Deriey M.S., G.C. Fahey, JR.L. L. Berger and N.R Merchen. 1987. Effects of treating wheat straw with pH-regulated solutions of alkaline hydrogen Glerim, C.A. Plexman, *In* Proceeding of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium. Toronto.
38. Duryea, M.L., and T.D. Landis. 1984. Forest Nursery manual : Production of bareroot seedlings. Forest Research Lab. Oregon State University : 165-181.
39. Eastham, A.M. 1990. Regulation of seedling height in container-grown spruce using photoperiod control : pp 247-254. ed. R. Rose, S.J. Campbell and T.D. Landis *In* Target seedling symposium: Proceedings, combined meeting of the western forest nursery associations. Oregon.
40. Eaton, F.M. 1936. Automatically operated sand-culture equipment. *J. Agr. Res* 53 : 433-444
41. Edwards, I.K. and R.F. Huber. 1981. Constrasting approaches

- to containerized seedling production. 2. The prairie provinces : pp 123-127. ed. J.B. Scarratt, C. Glerim, C.A. Plexman, *In Proceeding of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium*. Toronto.
42. Farnham, D.S., R.S. Ayers, and R.F. Hasek. 1977. Water quality affects ornamental plant production. Univ. of California Div. of Agr. Sci. leaflet 2995.
 43. Farver E. and R.R. Hind. 1959. Saw dust into fertilizer. *Forest products journal* October. 341-344.
 44. Funk, D.T., Paul L. Roth, and C.K. Celmer. 1980. The influence of container type and potting medium on growth of black walnut seedlings. Research note NC-253. North central forest experiment station. forest service - U.S.D.A .: 4.
 45. Gallagher, J.N. and P.V. Biscoe. 1978. Radiation absorption, growth and yield of cereals. *J. agric. Sci., Camb.* 91 : 47-60 Heit, C.E. 1968. Thirty-five years of testing tree and shrub seed. *J. For.* 66 : 632-634.
 46. Hallett, R.D. 1981. Contrasting approaches to containerized seedling production. 3. The maritime provinces: pp 129-138. ed. J.B. Scarratt, C. Glerim, C.A. Plexman, *In Proceeding of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium*. Toronto.
 47. Hiscox, J.D. and G.F. Israelstam. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without

- maceration. Can. J. Bot. 57 : 1332-1334.
48. Jalaludden Harun and Peter Labosky, Jr. 1985. Chemical constituents of five northeastern Barks wood & Fiber science 17(2) : 274-280.
 49. John J. McGuire and V.J. Bunce. 1970. Use of slow-release fertilizers in a propagating medium. The Plant Propagator 16(2) : 10-20.
 50. John P. Sparmann. 1973. Propagation and growing of container stock in northern florida. Plant Propagator 29 : 235-237.
 51. Jones, L, 1961. Effect of light on germination of forestry seeds. Proc. Int. Seed Test.
 52. Kemp A.W. and C.W. Dence. 1975. The reactions of hardwood lignin model compounds with alkaline hydrogen peroxide. Tappi 58(6) : 104-108.
 53. Kerley, M.S., JR. L.L. Berger and N.R. Merchen. 1987. Effects of treating wheat straw with pH-regulated solutions of alkaline hydrogen peroxide on nutrient digestion by sheep. J. Dailry Sci. 70 : 2078-2084.
 54. Kerley M.S., G.C. Fahey, Jr., L.L. Berger. 1985. Alkaline hydrogen peroxide treatment uniocks energy in agricultural by-products. Science 230-238.
 55. Kim, Y.T. and C. Glerum. 1988. Free amino acid concentrations in red pine needlies during three successive autumns. Can. J. For. Res. 18 : 1286-1290.

56. Kinghorn, J.M. 1974. Principles and concepts in container planting. pp. 8-18 *in* Proceedings of the North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium. R.W. Tinus, W.I. Stein, W .E. Balmer (eds.). Great Plains Agric. Council Publication No. 68.
57. Klougart A., O. Bagge Olsen. 1969. Substratum for container grown plants. *Acta Horticulturae* 15 : 21-26.
58. Koike, T. and Y. Sakagami. 1985. Comparison of the photosynthetic responses to temperature and light of *Betula maximowicziana* and *Betula platyphylla* var. *japonica*. *Can. J. For. Res.* 15 : 631-635.
59. Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, New York. 504-506, 632-645.
60. Krasowski, M.J.T. Letchford, and A.M. Eastham. 1993. Growth of short-day Treated Spruce Seedlings Planted Throughout British Columbia. B. C. Min. For., Victoria, B. C. FRDA Report 209 : 39.
61. Landis, T.D., R. W. Tinis, S.T. McDonald, and J.P. Barnett. 1995. *The container tree nursery manual vol. 1. Nursery planning, development, and management. agriculture handbook 674*. Forest Service. USDA. 188.
62. Landis, T.D., R.W. Tinis, S.T. McDonald, and J.P. Barnett. 1990. *The container tree nursery manual vol. 2. Containers and growing media. agriculture handbook 674*. Forest Service. USDA. 87.

63. Landis, T.D., R.W. Tinis, S.T. McDonald, and J.P. Barnett. 1992. The container tree nursery manual vol. 3. Atmospheric environment. agriculture handbook 674. Forest Service. USDA. 145.
64. Landis, T.D., R.W. Tinis, S.T. McDonald, and J.P. Barnett. 1993. The container tree nursery manual vol. 5. The biological component: nursery pests and mycorrhizae. agriculture handbook 674. Forest Service. USDA. 169.
65. Landis, T.D., R.W. Tinis, S.T. McDonald, and J.P. Barnett. 1994. The container tree nursery manual vol. 4. Seedling nutrition and irrigation. agriculture handbook 674. Forest Service. USDA. 119.
66. Landis, T.D., R.W. Tinus, S.E. McDonald, and J.P. Barnett. 1992. The Container Tree Nursery Manual. vol. 3. Atmospheric Environment. USDA Forest Service Agric. Handbook 674, Washington, DC. 74-85.
67. Lee, J.M., Y.J. Mun, K.B. Park and M.R. Heo. 1999. Growth effect of levels of nutrient solution using the ebb and flow system in 6 Herb. J. Kor. Soc. 40(3) : 399-402.
68. Lichtenthaler, H.K. 1987 Chlorophylls and carotinoids : Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods Enzymol. 148 : 350-382.
69. Lunt O.R. and B.Clark. 1959. Bark and wood fragments. Forest products journal. April 39-42.
70. Mancinelli, A.L. and O.M. Schwartz. 1984. The

- photoregulation of anthocyanin synthesis. I) The photosensitivity of the response in dark and light-grown tomato seedlings. *Plant & Cell Physiol.* 25(1) : 93-105.
71. Markhart III, A.H. and T. Lin. 1985. New hand-operated press for the extraction of tissue sap for the measurement of osmotic potential. *Agronomy Journal.* vol. 77 : 182-185.
 72. Maruyama Yutaka, T. Inoue and Y. Morikawa. 1986. Light-photosynthesis curves of leaves on birch seedlings grown under different light conditions. *J. Jpn. For. Soc.* 68(1) : 10-14.
 73. McCreary, D.M., T. Tanaka, and D.P. Lavender. 1978. Regulation of Douglas-fir seedling growth and hardiness by controlling photoperiod. *For. Sci.* 24 : 142-152.
 74. McKenzie, J.S., C.J. Weiswe and M.J. Burke. 1974. Effects of red and far red light on the initiation of cold acclimation in *Cornus stolonifera* Michx. *Plant Physiol.* 53 : 783-789.
 75. Michael Gould J. 1983. Alkaline peroxide delignification of agricultural residues to enhance enzymatic saccharification. *Biotechnology and bioengineering* 26 : 46-52.
 76. Mitsuro Ishihara, Kazumasa Shimizu and Tatsuo Ishihara. 1978. Hemicelluloses of Brown Rotting Fungus *Tyromyces palustris* III. *Mokuzai Gukkaishi* 24(2) : 108-115.
 77. Moliter, H. 1990. The European perspective with emphasis

- on subirrigation and recirculation of water and nutrients. Acta Hort. 272 : 165-170
78. Molitor, H. 1990. Irrigation, nutrition, and growth media: The European perspective with emphasis on subirrigation and recirculation of water and nutrients. Acta Hort. No. 272.
 79. Mosegard J. 1969. Background and development of container-grown plants in Denmark. Acta Horticulturae 15 : 5-7.
 80. Mosegard J. 1969. Types and materials for plant containers. Acta Horticulturae 15 : 8-10.
 81. Myung, K.H and J.J. Kennelly. 1989. Effect of alkaline hydrogen peroxide treatment of rice straw on in sacco ruminal digestibility. AJAS. 2(3) : 312-314
 82. Myung, K.H., J.J. Kennelly, K.C. Chung and Y.S. Kim. 1988. Alkaline hydrogen peroxide treated aspen as a luminant feed. AJAS 1(4) : 195-199
 83. Nagata and Hiroshi, 1968. Studies on the photoperiodism in the dormant bud of *Pinus densiflora* SIEB. et Zucc.(III). Photoperiodism in the terminal buds of second-year seedlings. J. Jpn. For. Soc. 50(6) : 174-180.
 84. Nagata and Hiroshi, 1969. Studies on the photoperiodism in the dormant bud of *Pinus densiflora* SIEB. et Zucc.(VI). Photoperiodism in the terminal buds in the stage of formation in second-year seedlings. J. Jpn. For. Soc.

- 51(4) : 85-90.
85. Penningsfeld, F. 1971. Symposium on peat in horticulture. Technical communications of ISHS 18 : 1-25.
 86. Phae C.G., S. Makatoa, N. kita. 1992. Biological of crown and root rot and bacterial wilt of tomato by *Bacillus subtilis* NB₂2. 日植病報 58 : 329-339
 87. Rabino, Isaac and A.L. Mancinelli. 1986. Light, temperature, and anthocyanin production. *Plant Physiol.* 81 : 922-924.
 88. Robert D. Wright and Alexander X. Niemiera. 1987. Nutrition of container-grown woody nursery crops. *Horticultural Reviews* 9 : 75-95.
 89. Rosvall-Åhnebrink and Gunnel. 1981. Practical application of dormancy induction techniques to greenhouse-grown conifers in sweden. *Proceeding of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium*. Ed. J. B.
 90. Räsänen, P.K. 1982. Containerized forest tree seedling production and development prospects in Finland and Scandinavia. pp. 9-17 *in* *Proceedings of the Canadian* Simak, M. 1975. Intermittent light treatment of forest plants in a plastic greenhouse produces better plant material.
 91. Shimizu K. and M. Ishihara. 1987. Immobilization of cellulolytic and hemicellulolytic enzymes inorganic supports. *Biotechnology and bioengineering* 29 : 236-241

92. Siemens, J. 1981. Greenhouse glazing materials a comparison : 111-114. ed. J.B. Scarratt, C. Glerim, C.A. Plexman, *In* Proceeding of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium. Toronto.
93. Skimina, C.A. 1986. Recycling irrigation runoff on container ornamental. *HortScience* 21(1) : 32-34.
94. Stein and W.E. Balmer. *In* Proceeding of the North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium. Denver.
95. Sudo, K. & K. Shimizu _____. Carbon fiber from lignin. *Forestry & Forest products Reserch*. P.O.Box 16 : 101-104.
96. Sudo, K., K. Shimizu and K. Sakurai. 1985. Characterization of Steam wood lignin from beech wood. *Holzforschung* 39 : 281-288.
97. Sudo, K., K. Shimizu, T. Ishii, T. Fujii and S. Nagasawa. 1986. Enzymatic Hydrolysis of wood. *Holzforschung* 40 : 339-345.
98. Tanaka, Yasuomi and R. Timmis. 1974. Effects of container density on growth and cold hardiness of douglas-fir seedlings: 181-186. ed. R.W. Tinus, W.I. Stein and W.E. Balmer. *In* Proceeding of the north american Containerized Forest Tree Seedling Symposium. Denver.
99. Thompson, S. 1981. Environmental control over the shootgrowth of pine seedlings: 177-178. ed. J.B. Scarratt, C. Glerim, C.A. Plexman, *In* Proceeding of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium. Toronto.

100. Thompson, S. 1982. Environmental control over the shoot growth of pine seedlings. pp. 177-181 *in* Proceedings of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium. J.B. Scarratt, C.
101. Timmis, R. and Y. Tanaka. 1976. Effects of container density and plant water stress on growth and cold hardiness of Douglas-fir seedlings. *Forest Sci.* 22 : 167-172.
102. Timmis, Roger. 1974. Effect of nutrient stress on growth, bud set, and hardiness in douglas-fir seedlings: 187-193. ed. R. W. Tinus, W. I.
103. Tinus, R.W. and S.E. McDonald. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouse. USDA Forest Service General Technical Report RM-60.
104. Tinus, R.W., 1971. A greenhouse nursery system for rapid production of container planting stock. 1971 Annu. Meet. Am. Soc. Agric. Eng. Pap. 71-166, 17p.(cited Tinus, 1981)
105. Tinus, R.W., 1981. Environmental control of seedling physiology: 75-82. ed. J.B. Scarratt, C. Glerim, C.A. Plexman, *In* Proceeding of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium. Toronto.
106. Turunen, M. and S. Huttunen. 1990. A review of the response of picuticular wax of conifer needles to air pollution. *J. Emvrión. Qual.* 19 : 35-45
107. Turunen, M., S. Huttunen., J. Bäck and J. Lamppu. 1995.

- Acid-rain-induced changes in cuticles and Ca distribution in scots pine and norway spruce seedlings. *Can. J. For. Res.* 25 : 1313-1325.
108. Umezaki, T. and T. Yoshida. 1992. Effects of shading on the internode elongation of late maturing soybean. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 36(3·4) : 267-272.
109. Wareing, P.F. 1951. Growth studies in woody species III. Further photoperiodic effects in pinus. *Physiologia Plantarum* vol. 4 : 41-56.
110. Wilcox, L.V. 1948. The quality of water for irrigation use. *USDA Tech. Bul.* 962.
111. Withrow, R.B. and J.B. Biebel. 1936. A sub-irrigation method of supplying nutrient solutions to plants growing under commercial and experimental conditions. *J. Agr. Res* 53 : 693-701.
112. Wright R.D. and A.X. Niemiera. 1987. Nutrition of container grown woody nursery crops. *Horticultural reviews* 9 : 75-95
113. Young, J.A. and C.G. Young. 1992. Seeds of Woody Plant in North America pp 407.

부 록 1. 고성 산화지 복구용 용기묘 생산 및 조립

부 록 1. 고성 산화지 복구용 용기묘 생산 및 조림

제 1절 서 설

우리 나라 전국토 면적의 65%가 산림이고 이를 녹화시키기 위하여 년 2억본 내외의 묘목을 생산하고 있다.

임업양묘는 주로 노지양묘에 의존하므로 인력이 많이 투입되어 묘목 생산을 하는 노동집약적인 산업으로서 국가 산업이 발전함에 따라 인력난으로 인하여 노령화되어 노동력의 질이 저하되고 있다.

이러한 문제점 해결 방안으로 외국에서 많이 사용하고 특히 우리나라의 원예 분야에서 급속도로 발전시키고 있는 시설원예를 우리나라 실정과 임업분야에 맞도록 도입하여 인력을 절감시키고 조림 시기를 분산하는 시설양묘 연구를 지금까지 임업연구원에서 연구하여 발전시켜 왔다.

이러한 연구 결과를 기초로 하여 현지 적응시험을 하기 위하여 1996년 4월 23일 국민의 주요 소득원인 송이 생산지인 강원도 고성군 간성읍 죽왕면과 토성면 일대의 산림 3,762ha를 태운 대형 산불 피해가 있어 송이군사 복원 및 산불 피해지 복구를 위한 용기묘를 연구결과에서 얻어진 생육단계별 적정 환경 요인과 최적 용토 및 용기 등을 실용화시키기 위하여 설정된 조건별로 파종부터 관리방법까지 최적 광도와 광주기 또한 최적 시비조건에 맞추어 용기묘를 육묘하였으며 조림시 환경에 적응키 위한 경화촉진 처리를 온실 및 노지 조건에 맞는 온도, 관수 등 처리를 하여 우량한 용기묘를 생산 조림하여 피해지 복구를 완료하는데 일익을 담당하였으며, 현재 용

기묘 활착율은 90% 정도이며 생육상황도 좋은 것으로 조사되었다.

제 2절 용기 육묘 현지 적용 시험 배경

산불로 인하여 송이균의 기주인 소나무가 죽게되면 송이균사도 산불발생 2년 후에는 고사되는 것으로 보고되어 있어 고성 산불 발생지역 중 송이 발생지역에 송이균사의 사멸을 막기 위하여 소나무 묘목을 조림하기로 결정하였다.

그러나 소나무 묘목의 경우에는 2년생이 되어야 조림이 가능하므로 양묘에만 2년이 소요되고 또한 일반 양묘시 묘목이 다른 균에 감염 될 우려가 있어 실제적으로 고성산불 임지에 식재하기가 어려운 것으로 판단되어 무균묘로 조기에 조림할 수 있는 방법을 모색한 바 무균토로 재배가 가능한 용기묘가 가장 적합한 것으로 결정되어 용기묘를 양묘할 계획을 수립하였다.

우리 나라에서 용기묘 식재를 시도한 경우는 영일 특수지역 사방사업시 지피포트를 이용한 조림을 하여 성공한 적이 있었으며 시험적으로 비닐, 니슬라 등을 용기재료로 시험하기도 하였다.

외국의 경우에는 이러한 지피포트 등을 이용하지 않고 플라스틱, 스티로폴, 종이 등을 이용한 새로운 육묘용 용기 즉 콘테이너(container)를 이용한 용기육묘에 대한 연구를 1960~70년대에 시작하여 1980년대에는 상용화 단계에 이르고 있었다. 그러나 우리나라의 경우에는 1988년에 임업연구원에서 처음으로 콘테이너 육묘가 시도되었고 최근에는 임업연구원 중부임업시험장 주관으로 1996년부터 비닐온실내에서 육묘를 하는 시설양묘에 대한 연구를 수행하고 있었

도되었고 최근에는 임업연구원 중부임업시험장 주관으로 1996년부터 비닐온실내에서 육묘를 하는 시설양묘에 대한 연구를 수행하고 있었다. 1차적으로 구명된 결과를 현지에서 검토할 수 있는 좋은 기회로 생각하고 응용하여 송이군사 복원 및 산불피해지 복원 사업에 일환으로 용기육묘를 실연한 결과 그 성과가 좋은 것으로 판명되었다.

제 3절 연구내용 및 방법

1. 용기양묘

본 현지 적응 시험에 사용된 소나무 용기묘 공시묘는 임업연구원 서부임업시험장 충주시시험림내 소나무 채종원에서 채취한 종자로 발아율 98%의 충실한 종자였다.

원래 용기묘를 육묘하게 된 배경은 고성산화 피해지 복구에 목적을 가지고 있지만 임업연구원 주관으로 실시하는 “시설양묘를 이용한 묘목대량생산 시업기술개발” 연구 결과를 응용하여 본 시험의 현장화를 적용할 수 있는지를 검토하기 위하여 용기묘 생산과 더불어 본 시험을 실시하였다.

처리내용으로는 중부임업시험장내에 산화피해지 복구용 용기양묘를 육묘하기 위한 연동형 비닐온실에서 수행하였으며 수종으로는 국가에서 지정한 소나무를 선정하여 용기(자체 개발한 프라스틱)를 사용하였다. 용토는 피트모스+펄라이트+질석(2:1:1, v/v/v)을 혼합하여 사용하였으며 육묘관리는 여름철에는 최고온도를 35℃이하 겨울철에는 최저온도를 15℃~18℃ 이상으로 조절하였고 관수에서는 지상관

에서 2주 야외에서 1주를 실시하여 경화시킨 다음 조립하였다

가. 공시재료

1) 수 종: 소나무

2) 공시재료

- 온실형태 : 연동형 비닐온실 2개동(400평)
- 용 토 : 피트모스+펄라이트+질석(2:1:1, v/v/v)
- 용 기 : 플라스틱용기(자체개발 104형)

3) 관리방법

- 온 도 : 여름철(35℃이하), 겨울철(15~28℃이상)
- 관 수 : 2~3회/주 충분한 관수
- 시 비 : 1회/주(질산암모늄, 인산, 황산가리)
- 광 도 : 겨울철(200Lux로 23시까지)
- 전 등 : 메탈할라이드

4) 경화처리

- 장 소 : 온실(15일), 야외(5일)
- 조 건 : 온실
 - 1단계(온도 10~15℃로 낮춘다) 10일간 경화
 - 2단계(온도 5~10℃로 낮춘다) 15일간 경화
- 야 외 : 5일간(관수 1회/주) 경화

2. 조 립

조림은 고성군에서 직접 하였으나 산화지에 소나무 용기묘의 조림은 처음이므로 주의를 요하는 것으로 심혈을 기울여 조림하였다. 용기묘의 산지활착율은 높은 것으로 조사되었으나 운반중 뿌리에 부착된 부분이 깨져 활착율이 저조할 경우 문제가 되므로 묘목생산지에서 대운반시 트럭에 용기에 맞게 선반을 만들어 부착시킨 다음 용기를 식재지 인근의 대로변까지 운반하였고 그곳에서부터 조림지까지 1톤 봉고트럭 및 경운기로 운반하였다

조림지 아래서 조림지까지는 인력으로 용기를 운반하였고 조림 장소에서는 개인이 용기를 들고 다니며 묘목을 한 본씩 뽑아 조림을 하였다. 조림시 건조한 날씨로 인하여 활착율이 저조한 것을 방지하기 위하여 식혈을 판 후 묘목을 넣고 보습제인 아쿠아퀵 입제를 (본당 약 0.2g정도) 흙과 잘 섞어 덮었다.

식재 본수는 ha당 5000본을 기준으로 조림하였다.

가. 공시재료

- 수 종 : 소나무 용기묘(5개월 육묘)
- 조림장소 : 강원도 고성군 토성면 인정리, 삼포리
- 공시재료 : 보습제(아쿠아퀵), 자체 제작한 조림용 깡이

제 4절 연구개발 결과

1. 용기묘 양묘

가. 양묘계획 수립

전체 산불피해 면적 3,762ha 중에서 국유림을 제외한 사유림내 송이 발생지역에 대하여는 소나무 용기묘를 식재하기로 한 바 식재 면적은 총 400ha이다. 송이군사의 조기감염을 유도하기 위하여 ha당 5,000본의 밀도로 소나무 용기묘를 조립하기로 한 바 총 생산계획 묘목본수는 200만본이었다.

그러나 많은 본수를 일시에 생산하기에는 양이 너무 많으므로 여러 가지 요인을 감안하여 3회에 나누어 양묘하기로 하였다. 양묘 회차별 묘목생산 계획 본수는 표 1-1과 같다.

표 1-1. 양묘 회차별 용기묘 생산계획 및 조립계획

구	분	계	1회	2회	3회
양	묘	기	'96.12~'97.4	'97.6~'97.10	'97.12~'97.4
생	산	본	750	750	500
조	립	시	'97.5	'97.11	'98.5
조	립	면	150	150	50
적	(ha)	400			

나. 양묘방법

1) 온실설치

송이균사 감염을 위한 조림가능시기가 1998년까지로 제한되어 있고 더욱이 조림시기가 빠르면 빠를수록 좋기 때문에 경제성은 없지만 겨울철 난방을 하면서 양묘를 하여 양묘기간을 단축하기로 하였다.

따라서 겨울철 양묘를 하기 위하여는 온실을 신축하여야 한다. 이 경우 유리 온실을 신축할 경우 평당 약 400만원의 시설비가 소요되기 때문에 예산 부족으로 인하여 온실의 형태는 철골비닐온실로 결정하였고 온실 규모는 400평(재배온실 360평, 관리실 및 창고 40평)으로 하였다(그림1-2).

2) 육묘판(컨테이너, container)의 제작

임업용으로 개발된 육묘판으로는 스티로폼을 이용한 스티로블록이 시판되고 있으나 스티로블록의 면적은 200㎡에 생립 본수 160본으로 단위면적당 생산본수가 적어 400평의 온실에서 계획본수를 생산할 수 없기 때문에 플라스틱(PP계열)으로 된 새로운 포트를 제작·구입하였다.

플라스틱 육묘판의 규격은 혈당 용기용적은 60ml이고 용기당 용적은 6.2ℓ로 용기당 생립본수는 104본(8×13본)이나 득묘율을 96%로 간주하여 용기당 100본으로 하였다.

그러나 본 용기의 무게가 빈 용기는 1.8kg, 상토와 묘목이 다 자란 후에 5.5kg으로 스티로블록의 0.6, 4.5kg보다 다소 무거워 작업이 약간 어렵기는 하지만 스티로블록보다 사용회수가 많고 또한 단

위면적당 생산본수가 많아 양묘에는 유리하였다.

3) 양묘방법

온실을 이용한 용기육묘의 방법을 일반 노지양묘와 비교하면 그림 1-1과 같다. 즉 침엽수의 경우 관행의 노지양묘의 경우 근계 발육이 부진하기 때문에 조림이 불가능하지만 용기묘의 경우에는 비록 간장이 작기는 하나 뿌리발달이 양호하기 때문에 5개월간의 양묘만으로도 소묘(과거의 성묘 개념)에 의한 조림이 가능하고 또한 인력 절감율이 크고 조림시기에 크게 구애를 받지 않는 등의 유리한 점이 있었다.

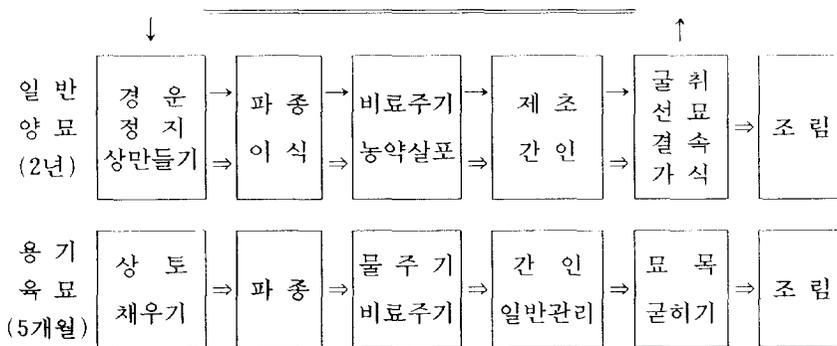


그림 1-1. 노지양묘와 용기육묘의 양묘방법 비교

가) 상토

본 사업에 사용한 상토는 농림수산 특정과제의 1차년도 시험에서 좋은 결과를 보였던 피트모스, 질석, 펄라이트를 각각 1:1:1(V/V/V)로 혼합하여야 하나 2:1:1(V/V/V)로 섞은 것을 사용하였고 파종이

끝난 후 펠라이트로 복토하였다(그림 1-3).

나) 파종

1차 파종시에는 인력으로 한 혈(穴)당 2립의 종자를 파종하여 혈당 1본 이상의 묘목이 발아될 수 있도록 하였다. 그러나 인력으로 파종시 인건비가 과다하게 소요되어 인건비 절감과 작업의 효율을 높이기 위하여 파종기를 구입하여 기계파종을 하였다. 파종과 복토가 끝난 후에는 용기를 벤치에 배열을 하고 살균제인 다지가렌 1,000배액을 뿌려주어 입고병의 방제에 주력하였다(그림 1-4).

다) 일반관리

일반 관리시 관수, 시비 등은 묘목의 생육에 큰 영향을 미치게 되므로 충분한 양의 관수와 비료를 주고 또한 적정생육시간을 유지하기 위하여 겨울철에는 밤에 전등을 켜주어 일장을 조절하였다(그림1-5).

(1) 종자의 발아

· 겨울철 양묘

12월에 파종한 후 발아가 될 때까지는 야간온도를 최저 15~18℃로 유지하여 발아를 촉진하였고 발아후에는 생육촉진을 위하여 20~28℃를 유지하였다(그림 1-6).

· 여름철 양묘

6월 하순에 파종을 하였기 때문에 별도의 발아촉진을 위한 온도조절은 필요 없었다. 그러나 한낮에는 외부의 온도가 30℃를 넘기 때문에 온실의 지붕을 열고 또한 실내 순환 팬, 환기 팬을 가동하여도 온실 내부의 온도가 40℃를 넘는다. 따라서 이러한 경우에는 미스트 혹은 FOG를 오전에 1번, 오후에 2~3회 30분씩 가동하여 최

대한 온도를 낮추었다.

(2) 본수조절

앞에서 언급한 바와 같이 포트의 구멍 하나에서 묘목이 한 그루만 자라도록 씨를 뿌렸다 하더라도 실제 발아가 끝난 뒤에 보면 한 구멍에서 여러 본이 발아되었거나 혹은 전혀 발아가 되지 않은 구멍(穴)등이 생기게 되어 이를 조절할 필요가 있다.

본수조절을 하는 시기가 너무 이르면 묘목 취급시 피해를 받을 우려가 크고 반면 너무 늦으면 뿌리에서 측근이 발생되어 옮겨심기가 힘들어 지므로 발아가 완료되어 종자의 껍질이 묘목에서 떨어진 직후에 실시하였다.

본수조절을 하는 방법은 포트 한 구멍에서 2본 이상이 나온 것은 한 본만 남기고 뽑아낸 다음에 하나도 발아가 되지 않은 곳에 옮겨심었다. 심을 때는 나무젓가락으로 구멍을 깊게 뚫은 다음 뽑아낸 묘목을 구멍에 넣고 주위의 흙으로 구멍을 메운 후 손으로 약간 눌러주었다. 일단 묘목의 옮겨심기가 끝나면 다시 한번 살균제인 다찌가렌 1,000배액을 충분히 뿌려주어 병의 발생을 막도록 하였다.

(3) 관수

· 겨울철 양묘

관수방법은 용기내 상토의 건조정도에 따라 차이가 있으나 보통 1주일에 2~3회 정도 물을 주었으며 물을 주는 양은 미스트를 이용하여 600㎡당 3,600ℓ를 주었다.

· 여름철 양묘

여름철에도 같은 양의 물을 주 2~3회 관수하였으나 이외에도 한낮의 높은 온도를 낮추기 위하여 미스트 또는 FOG를 이용한 관수를 하였기 때문에 겨울철 보다도 많은 양의 물이 관수되

었다. 그러나 밀폐된 온실 내에서 양묘하는 겨울철 양묘와는 달리 여름철이라 일사량이 많고, 온실이 외부와 통하여 있으며 또한 환기·순환 팬의 가동 등으로 인하여 온실 내부에서 증발산량이 증대되기 때문에 과습에 의한 피해는 발생하지 않았지만 입고병의 발생이 우려되어 주 1회씩 2개월간 살균제를 살포하였다.

(4) 비료주기

노지양묘는 식물에 필요한 여러 가지 종류의 양료를 땅에서 흡수하기 때문에 별도의 비료 주기는 크게 필요하지 않지만 용기 육묘의 경우는 용토내에 아무런 비료 성분도 없으므로 외부에서 각종 양료를 공급하여 주어야 하므로 발아후 15일 정도 지나서 비료를 주기 시작하였다. 성장을 촉진하기 위한 비료는 질소, 인산 및 칼리를 관수할 때 물과 섞어서 주 1회 주었으며 또한 부족한 무기질 미량 원소의 공급을 위하여 BS그린을 주 1회 1,000배로 희석하여 관수할 때 물과 섞어서 살포하였다. 이때 사용하는 비료의 종류는 질소질 비료로는 질산암모니움(NH_4NO_3), 인산(H_3PO_4), 황산카리(K_2SO_4)를 사용하였으며 사용 농도는 각각 150, 80, 80ppm으로 하였다. 이는 물 100ℓ에 질산암모니움, 인산, 황산카리를 각각 42.9g, 25.3g, 17.8g을 섞어주는 농도이다.

(5) 전등 켜주기

용기육묘를 특히 온실내에서 겨울철에 양묘를 하는 시설양묘의 경우에는 불과 5개월이라는 짧은 기간내에 묘목을 키우는 초단기 속성양묘이므로 양묘기간중에 최대한 성장을 시켜야 하였다. 따라서 전등의 밝기는 200Lux로 하여 일몰 직전부터 23시까지 메탈할라이드등을 이용하여 일장을 16시간으로 하였다. 그러나 여름철에는 일장

이 비교적 충분하므로 별도로 인공조명을 하지는 않았다.

라) 경화처리

· 겨울양묘

12월에 파종한 후 4개월 정도 양묘를 하면 묘목이 거의 다 자라게 되어 송이발생임지에 조림할 수 있게 된다. 그러나 온실을 떠난 묘목을 바로 조림이 되면 환경의 차이로 인해 거의 죽어 버리므로 활착을 증진을 위하여 경화 처리를 1개월간 하였다.

경화처리는 일반적으로 50~75%의 차광막을 씌운 냉상에서 실시하여야 하나 본 사업에서는 중부임업시험장의 묘포 사정과 기타 여러 가지 사정상 별도로 냉상을 설치하지 못하였기 때문에 재배온실 내에서 경화를 시도하였다.

우선 경화를 위하여 야간에 인공조명을 하지 않고 자연일장조건으로 하였으며 관수는 주 1회를 원칙으로 하여 매 관수시 충분한 양의 관수를 하였으나 일부 묘목에서 수분이 부족하면 추가로 소량씩 관수를 하였다.

경화에서 또 다른 중요한 요인인 온도조건은 3단계로 나누어 적용을 실시한 바 우선 1단계로 생육최저온도를 10~15℃로 낮추어 10일간 양묘하고 다시 5~10℃ 정도로 낮추어 15일간 경화하였다. 실제 조림은 5월 20일부터 시작된 바 묘목이 조림지로 운반되기 5일전에 야외로 용기묘를 이동하여 자연조건하에서 경화를 하였다. 중부임업시험장이 위치한 광릉지역의 최저온도가 4월하순 평균이 2.9℃, 5월상순 평균이 8.2℃로 비교적 낮아 야외에 내어놓아도 만상의 피해없이 경화에는 유리하였다.

· 여름양묘

여름철에 양묘한 묘목은 1997년 10월 21일부터 조립할 계획인 바 이에 맞추어 경화는 1997년 9월 18일부터 시작하였고 10월 20일부터 묘목을 운반하였다.

관수 및 시비는 겨울철 양묘와 동일하게 하였으며 다만 여름철 양묘시에는 별도로 인공광처리를 하지 않았기 때문에 온실내에서 자연일장 및 자연온도조건으로 경화하였다(그림 1-7).

2. 조 립

가. 용기묘 운반

용기묘를 조립할 경우 가장 문제되는 것이 묘목의 운반이다. 즉 일반 나근묘의 경우에는 굴취한 후 가마니에 포장하여 운반하면 되나 용기묘의 경우에는 2가지 방법이 가능하였다. 하나는 용기체 운반하여 조립지까지 용기를 갖고 가서 하나씩 꺼내어 조립하는 방법이고 다른 하나는 양묘 장소에서 묘목을 용기에서 뽑아 이를 조립망태 등에 담은 후 이를 종이상자에 담아 트럭을 이용하여 운반을 하고 조립지까지는 조립망태로 가져가서 조립하는 방법이 있다.

그러나 비록 용기묘의 조립활착율이 높다고는 하나 용기묘를 조립망태에 담아 운반할 경우 운반 도중 묘목의 뿌리에 부착된 상토가 깨져 활착율이 저조할 경우 보식을 할만한 시간적 여유가 없기 때문에 활착율을 높이기 위하여 용기체 조립 현지까지 운반한 후 한 사람이 하나씩 용기를 들고 다니면서 식재시 용기에서 바로 꺼내어 식재하는 방법을 택하였다(그림 1-8, 1-9, 1-10).

운반하는 방법은 12톤 트럭을 이용하여 조림지 인근의 대로변까지 대운반을 하였고 그곳에서부터 조림지까지는 1톤 봉고 트럭을 이용하여 용기묘를 운반하였다.

조림지 아래에서 조림장소까지는 인력으로 용기를 운반하였고, 조림장소에서는 개인이 용기를 들고 다니면서 묘목을 하나씩 뽑으면서 조림을 하였다.

나. 조림

조림지의 토양이 매우 견밀하기 때문에 식재도구로 조림삽, 조림봉 혹은 기존의 조림괘이 등의 사용이 불가능하여 끝이 뾰족한 식재괘이를 제작하여 조림하였다.

또한 식재시기가 5월로 우리 나라에서는 건조기에 속하고 더욱이 1996년의 한발에 이어 1997년 춘기에도 계속 가물었기 때문에 조림목의 활착율을 높이기 위한 일련의 조치가 필요하였고 더욱이 묘목이 작기 때문에 하역작업시 아무리 주의를 하여도 조림목이 제거될 위험이 높기 때문에 이를 방지할 대책이 필요하였다.

따라서 한발에 대처하기 위하여는 식재구멍을 판 후 묘목을 넣고 보습제인 아쿠아킬 입제(본당 약 0.2g정도)를 흙과 잘 섞어 덮었다. 이 경우 한 번의 강우로도 뿌리 주위의 보습제가 충분한 수분을 머금고 있고 서서히 수분을 방출하기 때문에 상당기간 수분공급이 가능하였다. 이외에도 묘목 주위의 수분보유력 증진과 많은 인력이 소요되는 풀베기작업을 생략하기 위하여 골판지(40cm×40cm)를 묘목 주위에 덮었다. 이 처리로 골판지 밑의 부분은 바깥보다 수분보유기

간이 더 긴 경향을 보였다. 그러나 당초 목적인 풀베기작업의 생력화는 임지의 특성상 아주 적박하여 하층이 전혀 발생하지 않거나 혹은 관목류 특히 참나무(떡갈나무, 신갈나무)류 및 아카시아, 싸리나무류 등이 번무하여 풀베기작업의 생력화 효과는 두드러지게 나타나지는 않았다. 그러나 골판지를 이용하면 하예작업을 할 때 소묘인 용기묘의 위치파악이 용이하여 하예작업에 의한 용기묘 손상은 거의 나타나지 않았다.

반면에 골판지는 비가 온 후에는 충분한 습기를 머금기 때문에 땅과 밀착이 되었으나 건조한 경우에는 골판지도 같이 건조하여 지면과 밀착되지 못하고 위로 말려 지며 또한 골판지를 고정하여 주는 나무젓가락이 쉽게 삭아서 부러짐에 따라 골판지 자체가 바람에 날라 다니거나 혹은 식재묘를 덮어 고사시키는 경우가 발생하였으므로 골판지와 이를 지지하여 주는 고정막대의 개선이 필요하였다.

1) 조림활착율

각 시기별로 3회 조림을 실시한 결과 평균 조림활착율은 다음과 같다.

표 1-2. 조림시기별 활착율 (단위:%)

조림시기	'97. 5	'97. 11	'98. 5
활착율	94	93	90

봄에 식재한 묘목의 경우 한발이 계속되다 묘목을 식재할 때 부

터는 비가 자주 왔고 또한 산주들이 직접 묘목을 심기 때문에 정성을 들여서인지 용기묘 자체가 비록 활착율이 높다고는 하지만 고성 산화지와 같은 최악의 임지조건에서도 94%의 높은 조림활착율을 보였다.

가을에 식재한 경우에는 지역 특성상 겨울철에 눈이 장기간 덮여 있으므로 별도로 수분 유지를 위한 토양보습제나 골판지는 설치하지 않았다. 봄에 식재한 경우에는 비록 높은 활착율을 보였으나 가을에 식재한 경우에는 식재시기가 10월 21일부터 11월 15일 사이로 식재 후 뿌리가 충분히 발달할 시간적 여유가 없었기 때문에 조림활착율 자체보다도 겨울철의 동해 피해를 우려하였으나 동해의 피해는 나타나지 않았고 대신 점토질이 비교적 많은 야촌리 등 일부지역에서 상주의 피해가 약 18%정도 발생은 하였으나 이로 인한 고사의 현상은 발생되지 않았다. 보습제를 사용하지 않은 1998년 5월에 식재한 경우에는 평균 90%의 활착율을 보여 비록 척악지라 하더라도 별도의 보습제처리를 하지 않아도 활착율은 높았다.

2) 용기묘 조림지 잔존율

한편 각 시기별로 식재된 묘목의 현재까지의 평균 잔존율을 보면 일단 활착이 된 후에는 골판지에 의한 피압 등의 물리적인 피해가 없는 한 계속 잔존하는 것으로 조사되었다.

표 1-3. 조림시기별 잔존율 (단위:%)

조림시기	'97. 5	'97.11	'98.5
잔존율	90	90	90

그러나 상층목이 살아있고 또한 가지가 불에 타지 않아 많이 남아 있는 지역에서는 수세가 쇠약하고 잔존율도 76%에 불과해 이런 지역에서는 피해목 제거 등의 작업이 필요한 것으로 나타났다.

3) 용기묘 조림지 생육상황

1997년 5월부터 1998년까지 3회에 걸쳐 고성산화 피해지(강원도 고성군 토성면 인정리) 1997년 봄에 조림한 용기묘 생육상황을 조사한 결과 표 7-4와 같이 용기묘의 생육상황이 좋은 것으로 조사되었다(그림 1-11).

표 1-4. 소나무 용기묘 조림지 생육상황 비교

양묘구분	수 고 (cm)	근원경 (mm)	근 장 (cm)	근 폭 (cm)	건물량 (g)
용기묘	41.5	16.1	62.7	57.2	109.7
일반묘	28.0	13.4	52.7	36.8	58.2

4) 용기묘 조림의 문제점

용기묘의 양묘와 조림시 나타난 문제점은 다음과 같았다.

- 가) 조림후 활착율은 양호하나 하층식생의 관리등 조림지 사후 관리 여부에 따라 잔존율에 큰 영향이 있었다.
- 나) 고성 산화지의 경우 아직 토양이 안정되지 못하여 사면의 상부에서는 묘목이 토양의 흘러내림에 따라 줄기가 계속 휘면서 생육하고 있으며 하부는 상부에서 유출된 토양의 집적으로 계속 파묻히고 있어 전 지역에 걸쳐 토양의 안정화가

시급하였다.

- 다) 지상목이 완전 고사된 경우에는 하부에 식재된 묘목의 활력이 좋으나 상층목이 일부 살아 있는 인정리·구성리 경계부의 경우처럼 상층울폐에 의하여 식재 당년에는 생장이 좋으나 2년 후에는 수세가 쇠약해지고 있어 이에 대한 대책이 필요하였다.



그림 1-2. 연동형 비닐온실



그림 1-3. 상토혼합



그림 1-4. 기계파종

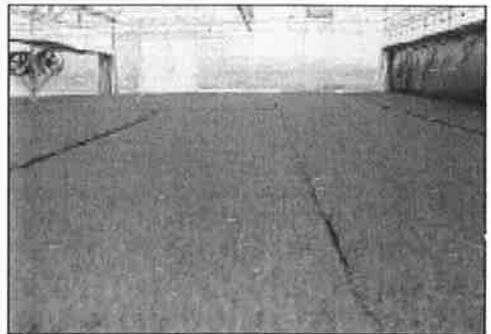


그림 1-5. 양묘작업

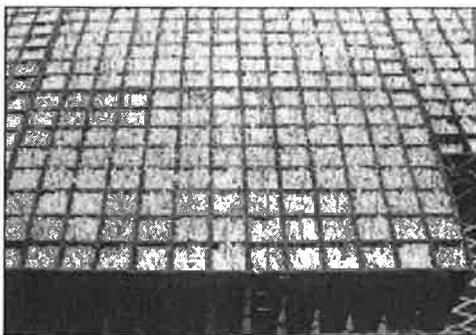


그림 1-6. 용기묘 발아상태

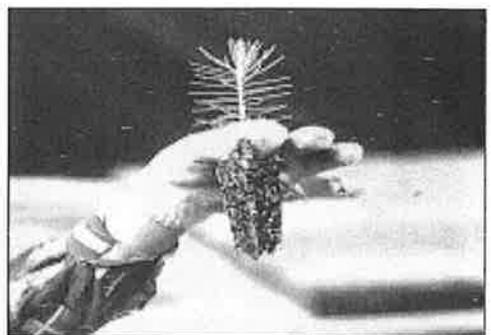


그림 1-7. 용기묘 뿌리발육



그림 1-8. 대운반



그림 1-9. 중운반



그림 1-10. 소운반



그림 1-11. 조림지전경