최 종
연구보고서

고품질 용기묘 생산 시업기술 개발

Development of Production Method for Container Seedling with High Quality

연 구 기 관

국립산림과학원
(건국대학교)

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고품질 용기묘 생산 시업기술 개발” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2005년 11월 14일

주관연구기관명 : 국립산림과학원
산림생산기술연구소
총괄연구책임자 : 이 수 원
연 구 원 : 유 세 걸
연 구 원 : 최 정 호
연 구 조 원 : 김 원 극
연 구 조 원 : 노 미 선
참 여 기 업 : 신일사이언스
연 구 원 : 최 종 우
연 구 원 : 이 성 훈
협동연구기관명 : 건 국 대 학 교
협동연구책임자 : 김 종 진
연 구 원 : 윤 택 승
연 구 조 원 : 김 동 원
연 구 조 원 : 임 지 영
연 구 조 원 : 현 성

요 약 문

Ⅰ. 제 목

고품질 용기묘 생산 시업기술 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구는 최소한의 시설을 갖춘 비닐온실에서 우리나라 조림지 환경에 적합한 수종의 용기묘 생산과 관리기술을 개발하고, 또한 효율성과 경제성이 높으면서도 우리나라 실정에 맞는 용기양묘 체계를 정립하는데 그 목적이 있다.

최근에 와서 소나무와 상수리나무를 포함한 일부 수종의 용기묘가 산불피해지 복원과 수종갱신, 수하식재, 경관식재 등을 목적으로 여러 현장에 조림되고 있다. 한편 산림의 기능별 역할이 강조되고 있는 점과 노동력 문제 등으로 제기되고 있는 노지양묘의 시한성을 고려하면 용기양묘의 대상수종의 확대가 예상되는 시점이다. 따라서 우리나라 용기양묘에 적합한 수종에 대한 연구와 적합한 시설과 재료에 관한 기본적인 연구가 시급히 요구되고 있다. 특히 소나무 용기양묘의 경우 이미 수년전부터 대량생산에 의한 식재가 본격적으로 이루어졌음에도 불구하고 용기양묘 시업 및 관리기술 개발이 체계적으로 정립되지 않고 있는 실정이다.

현재 임업시설양묘는 주로 묘목의 생육기간이 짧은 캐나다, 미국 북부, 북유럽과 같은 고위도 지역에서 발달하여 왔다. 경우에 따라서는 이런 나라들의 첨단화한 유리온실에서 실시하고 있는 용기양묘 기술을 우리 현장에 그대로 적용하는 경우가 많아 여러 불합리한 결과 또한 나타나고 있는 실정이다. 현재 우리나라의 용기양묘는 주로 비닐온실에서 이루어지고 있기 때문에 비록 완전한 환경제어는 쉽지 않지만 우리 기후, 수종 및 경제여건에 적합한 용기

양묘 기술의 개발은 피할 수 없는 중요 과제이다. 이에는 효율적인 생산 시설 구축뿐만 아니라 시설 운영 및 용기묘의 생산 후 관리방안 수립과 현지 식재 시험의 효과 분석도 포함되어야 하며 용기양묘에 대한 경제적 타당성에 대한 연구도 수행되어야 필요가 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

○ 세부과제 : 고품질 용기대묘 생산기술 개발

1. 대묘 생산용 용기 개발
   - 용기양묘 적정 수종 개발 시험
   - 대묘 생산용 용기 개발 시험
2. 경량급 생육상토 개발
   - 상토의 혼합비율 시험
   - 상토종류 및 용기종류별 시험
3. 나선형 뿌리발생 방지 및 세근발달촉진용 용기 개발
   - 용기 개구선의 적정 크기 구명
   - 뿌리발달 억제물질 도포 시험
4. 용기양묘용 시설자재 개발 및 시설 개선
   - 온실의 위치 선정 고려사항
   - 온실 구조개선 방안 수립
5. 용기묘 식재도구 개발 및 운반체계 개선
   - 용기묘 운반체계 개선
   - 용기묘 식재도구 개발
6. 용기대묘 현지 식재시험 및 적지판정 시험
   - 조림지, 산불 피해지, 수하 식재지 등 용기묘 현지 식재시험
   - 용기묘와 노지묘 비교 시험

○ **협동과제 : 용기양묘 생육 관리기술 개발**

1. 용기양묘 관수·시비체계 수립 방안
 - 관수 형태 및 방법 구명
 - 시비 방법 및 비료 종류 구명
2. 실내·외 및 노지-용기 상호 연계양묘 적정체계 정립 시험
 - 실내·외 연계양묘 정립
 - 노지-용기 또는 용기-노지 상호 연계양묘 체계 수립
3. 용기양묘 경제성 분석
 - 용기양묘 적정 규모 분석
 - 용기양묘 투자비 산정
 - 용기양묘 생산소득(안) 도출
 - 시설양묘 경영분석
4. 선진 용기묘 시업기술 파악 및 국내 적용방안 탐구
 - 선진 용기묘 시업기술 파악
 - 선진 용기양묘장 소개
 - 국내적용 선진기술 파악
5. 용기양묘 실연화 사업
 - 소나무 1-0과 2-0 용기묘 표준화
6. 용기양묘 시업기술 표준화
 - 대표적 용기양묘 대상수종 시업기술 체계 확립
 - 실내·외 용기양묘 및 노지-용기 상호 연계양묘 시업기술 체계 확립
 - 용기양묘 기술보급 및 활용방안 마련
 - 용기묘 규격 제정 및 규격 검사 철저 시행
7. 용기묘 조림기술 및 조림지 관리방안 분석
 - 용기묘 생산현황 조사
 - 용기묘 활착 및 생육상황 조사
 - 조림기술 개선 방안
 - 조림지 관리방안 수립

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 관한 건의

1. 연구개발 결과

ㅇ 세부과제 : 고품질 용기대묘 생산기술 개발

1. 대묘 생산용 용기 개발

용기대묘로 적합한 수종은 상수리나무, 굴참나무, 졸참나무, 박달나무, 거제수나무, 노각나무, 말채나무, 쉬나무, 때죽나무, 쪽동백, 주엽나무, 헛개나무, 붉가시나무, 구실잣밤나무, 후박나무, 소나무(1-1)이 적합한 것으로 조사되었다. 용기 용적에 따른 수목의 생육상황으로 볼 때 우리나라 주요 조림수종인 상수리나무와 거제수나무의 최소 용기 용적은 각각 305㎖, 150㎖ 이상, 높이는 10㎝ 이상은 되어야 할 것으로 조사되었다. 본 자료와 세근발달 촉진 용기개발 실험의 결과로 활엽수 용기묘 생산에 적합한 24구 용기(350㎖/구)가 개발되어 상수리 용기묘 생산에 활용되고 있다.

2. 경량급 생육상토 개발

상토 재료 중 피트모스의 혼합비율이 상대적으로 높은 상토에서 침·활엽수의 생육이 양호하였으며 질석의 비율은 낮은 것이 유리하였다. 상토의 기비에 대한 생장반응은 수종에 따라 달랐는데 소나무 용기묘의 경우에는 생장이 매우 저조하였다. 양분 함량이 높은 상토에서 생육한 용기묘 잎의 엽록소 함량과 광합성률이 상대적으로 높게 조사되었다. 상토혼합 비율은 종자발아에는 영향을 끼치지 않았다.

3. 나선형 뿌리발생 방지 및 세근발달촉진용 용기 개발

용기 옆면에 만든 개구선은 나선형 뿌리 형성을 방지하는 것으로 조사되었으며 직근성 수종인 상수리나무에서는 개구선 폭 차이에 따른 뚜렷한 생장 차

이를 나타내지 않았으나 거제수나무는 용기의 개구선 폭이 넓을수록 뿌리가 굵어지고 세근이 증가하였다. 한편 개구선 폭 7㎜ 이상에서는 관수 시 개구 사이로 상토가 빠져나오는 것이 관찰되었다. 용기 내부 면에 도포한 $CuCO_3$는 나선형 뿌리 형성을 방지하였다.

4. 용기양묘용 시설자재 개발 및 시설 개선

시설온실 위치 선정에 있어 주요 고려 사항은 배수와 깨끗한 물 확보가 가능한 곳으로 조사되었으며, 배수 불량과 오염된 지하수의 사용은 이끼발생과 각종 병해의 주요 원인인 것으로 확인되었다. 온실의 구조의 개선 문제에서는 여름철 고온 피해 방지를 위한 개폐식 천창과 측창의 설치가 필요한 것으로 조사되었다. 용기받침대의 높이도 현재의 80cm보다는 10~20cm 낮게 설치하는 것이 작업 시 유리한 것으로 구명되었으며, 용기 받침대 사이에 용기 운반용 레일 수레 설치는 노동력 절감에 크게 기여하는 것으로 조사되었다.

5. 용기묘 식재도구 개발 및 운반체계 개선

용기 운반용 박스 내부를 One-cell형으로 할 경우 일반 박스 사용보다 용기 분 깨짐 현상이 30% 정도 감소했으며, 또한 포장 시 각 용기에 맞는 비닐 덮개를 사용할 경우에는 용기 분 깨짐 현상이 일반 박스 운반에 비해 20% 정도 감소시킬 수 있었다. 답압식 집게형 식재기는 산림토양 특성상 부식질이 많은 토양이나 마사성분이 많은 토양에서 사용이 용이하였고, 답압식 스크류형 식재기는 부식질이 적고 토양 내 석력이 많은 곳에서 사용이 가능하였다.

6. 용기대묘 현지 식재시험 및 적지판정 시험

상수리나무 용기묘의 활착율이 노지묘와 파종 실생묘에 비해 높은 것으로 조사되었으며, 상대 생장률은 봄철에 식재한 노지묘가 다소 우수한 것으로 조사되었다. 굴참나무 용기묘의 조림지 활착율은 매우 높은 것으로 조사되었으며 소나무 용기묘의 경우에도 활착률과 초기 생장률은 노지묘에 비하여 높았으나 시간이 지날수록 생장률 차이는 크지 않은 것으로 조사되었다. 소나무

용기묘의 입지별 생장은 산록, 산복, 능선 순으로 좋은 것으로 조사되었다.

ㅇ 협동과제 : 용기양묘 생육 관리기술 개발

1. 용기양묘 관수・시비체계 수립 방안

상수리나무, 굴참나무, 거제수나무 모두 적정 관수 주기는 2일이 적당한 것으로 조사되었으며, 관수 주기 4일에서는 현저한 생장 저하가 관찰되었다. 배양토에 흡습제를 첨가할 때 관수 주기의 연장 가능성이 조사되었다. 본 시험에 사용되는 적정 비료는 N:P:K 비율이 19:19:19인 수용성 분제 비료인 것으로 조사되었으며, 주 1회 시비 시 질소 농도 기준 100mg・L^{-1}의 농도가 적합한 것으로 조사되었다.

2. 실내・외 및 노지-용기 상호 연계양묘 적정체계 정립 시험

소나무 2년생 용기묘의 생산을 보다 경제적으로 생산하기 위해서는 일년 동안 시설에서 양묘한 후 최소한의 시설을 갖춘 실외에서 양묘를 다시 실행하는 것이 효율적으로 판단된다. 현재 플라스틱 40구(250㎖/구)에서 양묘하는 소나무 2-0 용기묘도 실내・외 용기양묘로 전환할 수 있는 체계이다. 상수리나무와 찰피나무 노지묘를 단근하여 용기로 이식하여 생육시험한 결과, 남긴 뿌리의 길이가 길수록 수고 및 근원경생장이 양호한 것으로 조사되었다. 용기-노지 소나무 1-1 묘목은 노지 1-1묘에 비하여 근원경 생장과 건중량이 월등히 좋은 것으로 조사되었다. 그리고 소나무 용기묘를 노지에 이식할 때 적정 이식본수는 100본/㎡이 보다 양묘시업에 편리할 것으로 판단된다.

3. 용기양묘 경제성 분석

현재 우리나라 실정에서 최소한 용기양묘가 노지양묘와 비교하여 경제성과 경쟁력을 가지려면 1인이 집약관리 할 수 있는 최소한의 온실규모이어야 하는데 농가지도형 비닐온실 J형(728㎡/동)을 기준으로 할 때 4개동(2,912㎡: 881평)으로 분석된다. 용기묘 가격을 선정하는 데 있어 양묘, 포장, 저장, 수송 및

식재 등이 영향을 미치고 있으나 무엇보다도 가장 중요한 것은 용기묘가 식재지에서 활착하고 우수하게 생장할 수 있게 하는 용기묘의 품질에 대한 가격이다. 용기종류별 생산본수 및 금액을 조사한 결과, 용기의 용적이 적을수록 묘목의 생육밀도가 줄어들어 생산본수가 증가하게 되므로 생산금액이 높아지고 있다. 따라서 묘목의 품질에 나쁜 영향을 미치지 않는 범위 내에서 온실 내 묘목 생산가능면적을 가능한 한 확장하는 것이 좋은 대안 중의 하나로 보인다. 현 시점에서의 주요 용기양묘 대상 수종으로 볼 때 상수리나무 1-0, 자작나무 1-0, 소나무 2-0 순으로 용기양묘를 실시하는 것이 유리한 것으로 판단된다. 자작나무 1-0 용기묘는 묘목의 품질과 경제적인 관점에서도 자작나무 1-1 노지묘 보다 우위 또는 비슷할 것으로 기대된다.

4. 선진 용기묘 시업기술 파악 및 국내 적용방안 탐구

최근의 용기묘 생산 동향은 발달된 양묘기술을 바탕으로 생육기간을 길게 하여 보다 큰 용기묘를 생산하는 추세로 가고 있다. 따라서 용기 용적도 보다 큰 묘목을 생산하기 위하여 점점 커지는 추세이다. 그리고 생육상토는 제한된 용기 용적에서 건전하게 묘목을 양묘하고 조림지에서 활착·생육을 향상시키기 위하여 소량의 지효성 비료, 흡습제, 균근 등을 개발하여 사용하고 있다. 이미 첨단산업화 된 선진용기양묘기술에서 우선적으로 탐구하여야 사항은 용기양묘 대상수종별 생산기술 정립이다. 다음으로는 시업기술 발달에 따라 노지양묘와 용기양묘 각각의 장점을 결합한 용기-노지 연계양묘 기술의 개발이다. 또 최근에는 경영목적과 수종의 특성에 따라서는 무성번식 방법을 선택하고 있으며 무성번식 그 자체의 많은 장점으로 인하여 최근에 빠른 발전을 보이고 있다.

5. 용기양묘 실연화 사업

실연화 사업을 위해 최소한의 시설을 갖춘 저가형 온실인 농가지도형 비닐온실 A형(폭 4.8m*높이 2.3m*길이 30m) 2동을 신축하여 5개월 동안 시업공정을 준수하여 양묘한 결과, 우량한 소나무 1-0·2-0 용기묘를 생산할 수 있

는 것으로 조사되었다. 따라서 소나무 1-0 용기묘는 실연화하여 최적상태를 표준화 하였으며, 소나무 2-0 용기묘는 실연화 사업이 1년인 관계로 생육일정만 표준화 하였다.

6. 용기양묘 시업기술 표준화

우선적으로 시설양묘 대상수종에 대한 시업기술을 표준화하여 보급하여야 할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 활엽수 대상수종인 자작나무와 상수리나무 1-0 용기묘를 기준으로 하여 묘목생산체계를 표준화하였다. 아울러 실내·외 용기양묘 및 노지-용기 상호 연계양묘 시업기술 체계도 몇 수종을 대상으로 수립하였다. 용기양묘 발전을 위해서는 무엇보다 용기양묘 기술보급 방안과 개발된 기술의 활용이 중요한데 이에 대해서도 심도있는 고찰을 시도하였다.

7. 용기묘 조림기술 및 조림지 관리방안 분석

용기묘 식재시기는 봄철보다 가을이 활착과 생장에 유리한 것으로 조사되었으며, 가을 식재 시에도 10월 초순 이전까지 실시하는 것이 바람직한 것으로 조사되었다. 한편 용기묘 식재는 전용 식재기를 사용하여야 보다 높은 활착률을 기대할 수 있는데 금번에 개발된 식재기의 활용이 필요할 것이다. 올바른 식재 못지않게 중요한 것이 식재 후 지속적인 식재지 관리인데 지금까지는 대개 3년 동안의 관리작업을 해 왔으나 노지묘와 용기묘의 구별없이 식재 후 최소 5년 동안의 관리가 필요한 것으로 현장조사 결과 확인된 사항이다.

2. 활용방안 및 건의

우선적으로 예상되는 본 연구 결과의 활용분야는 연구 시제품으로 제작된 플라스틱 24구 용기(350㎖/구)의 활용이다. 이미 지난 2년간 활엽수 용기묘 생산에 약 80,000개 정도가 투입되어 2,000,000본이 생산되어 전국 식재현장에 공급되었다. 물론 앞으로도 다양한 수종의 용기묘 생산에도 활용되어 우리나

라 용기양묘 산업에 크게 기여할 것으로 기대되고 있다.

아울러 본 연구결과들의 대부분은 우리나라 양묘현장 뿐만 아니라 외국에도 바로 적용이 가능한 현장 요구중심의 결과들로 앞으로 다양한 활용이 기대되고 있다. 용기개발에서 얻어진 know-how는 다양한 형태의 용기개발에 이용될 것이며, 식재도구, 운반기술, 특히 현재 사용되고 있는 비닐온실의 불편한 구조 개선에 관한 제안 사항은 시급히 현장에 적용시켜 건전한 용기묘가 생산될 수 있는 기틀이 되었으면 하는 바이다.

또한 생산 실연화 사업에 적용된 저가의 농가지도형 비닐온실 A형은 기존의 J형보다 낮은 가격으로 활용될 것으로 기대되며, 시업공정의 표준화 작업은 앞으로 균일한 용기묘 생산에 크게 기여할 것으로 보인다.

SUMMARY

Ⅰ. Title

Development of Production Method for Container Seedling with High Quality

Ⅱ. Research Objectives and indispensability

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.

Recently, tree seedlings including *Pinus densiflora* and *Quercus acutissima* has been planted for restoration of the forest fire site, regeneration, double storied forest, and landscape. Also, more tree species are expected to be supplied as container seedlings due to the high labor charge and long nursing period to produce nursery seedlings. Therefore, the research to select the appropriate species for container seedling and the equipments is needed. Especially, a nursing technique of pine seedlings is needed to be systematical because a mass of pine seedlings has already been starting planting from several years.

Tree container seedling has developed mainly in Canada, northern U.S.A, and northern Europe which are located in high latitude and have a short growth period of seedlings. From some cases using a similar nursery system with those of the developed countries in Korea, it was found that

using a well-equipped glass green house is not economically recommendable. Main container nursery system in Korea is managed in plastic green houses although there are some difficulties in controlling its environment. Therefore, it is important develop a tree container seedling system which is feasible in Korea weather, tree species, and economy. To develop the system, an intensive investigation is necessary including establishment of the effective production equipments and of management plan after the production of seedlings, analysis of growth after plantation in the forest sites, and economic analysis of the production of tree seedlings.

Ⅲ. Research contents and scope

○ Sub-project : Development of producing high quality large container seedlings

1. Development of container for large seedlings
   - Selection of appropriate tree species for container nursery
   - Container test for large seedling production
2. Development of light soil media
   - Examination of the soil materials for selecting the best mixing ratio
   - Growth test with different soils and containers
3. Development of the container which prevents the formation of spiral root and stimulates the development of fine root
   - Examination of the appropriate size of rib
   - Examination of the restrainers against root growth
4. Development and/or improvement of the equipments for the container nursery

- Selection of the nursery site
- Establishment of the plan for improvement of green house

5. Development of planting equipments and improvement of transportation system
   - Improvement of transportation system of container seedlings
   - Development of planting equipments of the container seedlings
6. Field planting test of the large container seedlings in the forest sites and of the pertinency in the planting site
   - Examination of planting site of container seedlings in the planting forest sites, forest fire sites, and site for making double storied forest
   - Growth test between container and bare-root seedlings

ㅇ Cooperration research project : Development of growth environment control techniques for container nursery

1. Establishment of the irrigation and fertilization system for container nursery
   - Examination of appropriate irrigation system
   - Examination of appropriate fertilization system and fertilizer
2. Development of the hybrid nursery system of inside and outside and/or field and container nursery

3. Economic analysis of the container nursery
   - Analysis of an appropriate size of the container nursery
   - Estimation of investment in the container nursery
   - Estimation of income in the container nursery
   - Management analysis of the container nursery
4. Grasp of the developed techniques in container nursery and study for

the application in Korea

- Grasp of the developed techniques in container nursery
- Introduction of the developed container nurseries
- Grasp of the appropriate techniques to apply to container nursery in Korea

5. Mass production test of container nursery
   - Standardization of the container nursery for *Pinus densiflora* 1-0 and 2-0 seedling production
6. Standardization of the techniques of container nursery
   - Establishment of the techniques in container nursery for the main species
   - Establishment of the methods for the wide use of the techniques of container nursery
   - Establishment of the size of container seedlings and monitoring system
7. Development of planting techniques and analysis of management plan of planting site
   - Estimation of the total production of container seedlings
   - Estimation of the rooting and growth of container seedlings
   - Establishment of the improvement methods in planting
   - Establishment of the management plan in planting sites

Ⅳ. Results and applications

1. Results

○ Sub-project

1. It is revealed that appropriate species for the large seedlings were

Quercus acutissima, *Quercus variabilis*, *Quercus serrata*, *Betula schmidtii*, *Betula costata*, *Stewartia koreana*, *Cornus walteri*, *Evodia daniellii*, *Styrax japonica*, *Styrax obassia*, *Gleditsia japonica var. koraiensis*, *Hovenia dulcis*, *Quercus acuta*, *Castanopsis cuspidata var. sieboldii*, *Machilus thunbergii*, *Pinus densiflora* (1-1). Bases on the growth conditions resulted from the container capacity, it was estimated that the minimum container capacity of *Quercus acutissima* and *Betula costata* are 305㎖, 150㎖, respectively and the minimum hight is 10㎝. From this result and the results of the development of container for stimulation of fine rrot, the 24-hole container (350㎖/Hole) was developed and has been using for production of seedlings of *Quercus acutissima*.

2. The growth soil contained relatively higher ratio of pitmoth and less ratio of vermiculite in the mixing soil provided better growth of both needled and wide leaves trees. In the growth response of fertilizer of soil, there were big differences between species. Especially, the growth of pine was very poor. The container seedlings produced from the growth soil contained high quantity of fertilizer showed relatively higher amounts of chlorophyll and higher photosynthesis ratio. The mixing ratio of the different soils were not affected the germination of seed.

3. It was observed that the groove in the side of container suppressed the formation of spiral growth of root. In *Quercus acutissima*, no differences were observed in the growth in the different size of width of groove, whereas the root of *Betula costata* provided thicker root and more fine roots by increasing the width of groove. There were soil loss from the hole in the containers having width of more than 7㎜. The coated $CuCO_3$ inside wall suppressed the formation of spiral root.

4. It was found that the important factors for selection of nursery site are good drainage and supply clean water. It was considered that the main causes of numerous disease are poor drainage and use of the contaminated underground water. It was found, in the improvement of the equipments, that convertible ceiling windows and side windows to prevent the seedlings from hot weather during the summer are needed. It was considered the hight of container bench needed to be lowered by 10~20cm from the present hight (80 cm).

5. Comparison to using regular boxes, using one-cell type boxes for the transportation of seedling container reduced the container breaking percentages up to 30%.

6. The survival of container seedlings of *Quercus acutissima*, was higher than that of seedlings from field. Survival rate at planting site of the container seedlings of *Quercus variabilis* was very high. Survival and early growth ratio of the container seedlings of pine also was higher than that of seedlings from field.

ㅇ Cooperration research project

1. It was found that the optimum irrigation period for *Quercus acutissima*, *Quercus variabilis*, *Betula costata* is 2 days. The appropriate fertilizer for this research was a liquid fertilizer having a ratio of 19:19:19 (N:P:K)

2. It was considered that pine seedlings are needed one year in grreen

house and one year outside for economical production of two years old pine.

3. It was revealed that the recommended size of green house for average farmers is four houses of J-type (728㎡/House) to be compatible with field seedling. It was considered that raising *Quercus acutissima* 1-0, *Betula platyphylla* 1-0, pine 2-0 in order is effective. It is expected that *Betula platyphylla* 1-0 will be similar with or better than *Betula platyphylla* 1-1 of field seedling in economy and quality.

4. Recent trend in container seedlings using developed techniques led to produce large seedlings rather than raising longer time in green house. In the growth soil, a little amounts of slow-release fertilizer, absorbent, and mycorrhizae are using for survival and better growth in the planting sites.

5. From the results of container seedling for five months in the two plastic green house (A Type; 4.8 m x 2.3 m x 30 m) which are minimum equipped and economical, good quality of *Pinus densiflora* 1-0 and 2-0 seedling.

6. The standardization of container seedling system was established based on the production system of *Betula platyphylla* and *Quercus acutissima* 1-0. Some development of the hybrid nursery system of inside and outside and/or field and container seedlings were made.

7. It was found that the planting container seedling in autumn leads to better survival and growth than in Spring. If planted during the Autumn, it must be before early October. It is important that both container and

field seedlings are needed at least five years of management.

2. Applications

The application of the results from this research is use of 24-hole containers (350㎖/Hole) which were distributed to farmers, and 2,000,000 seedlings has produced from 80,000 containers. More of different types of containers needed to be developed.

It is expected that A-type plastic green house will be provide with less price than J-type.

목 차

제 출 문 ---------- 1
요 약 문 ---------- 2
SUMMARY ---------- 11
CONTENTS ---------- 20
목 차 ---------- 26
제 1장 연구개발과제의 개요 ---------- 32
제 2장 국내외 기술개발 현황 ---------- 36
제 3장 연구개발수행 내용 및 결과 ---------- 39
제 1절 대묘생산용 용기 개발 ---------- 39
1. 연구목적 ---------- 39
2. 연구내용 및 방법 ---------- 39
가. 용기양묘 적정 수종 개발 ---------- 39
나. 대묘생산용 용기 개발 ---------- 40
3. 결과 및 고찰 ---------- 41
가. 용기양묘 적정 수종 개발 ---------- 41
나. 대묘생산용 용기 개발 ---------- 43
제 2절 경량급 생육상토 개발 ---------- 45
1. 연구목적 ---------- 45
2. 연구내용 및 방법 ---------- 45
가. 상토의 혼합비율 시험 ---------- 45
나. 상토종류 및 용기종류별 시험 ---------- 46
3. 결과 및 고찰 ---------- 49
가. 상토의 혼합비율에 따른 수종별 생장특성 ---------- 49
나. 상토종류에 따른 수종별 생장특성 ---------- 52

제 3절 나선형 뿌리발생 방지 및 세근발달 촉진용 용기개발 --- 61
1. 연구목적 ---------- 61
2. 연구내용 및 방법 ---------- 61
가. 적정 개구선 구명 시험 ---------- 61
나. $CuCO_3$ 효과시험 ---------- 62
다. 용기 적정 구밀도 시험 ---------- 62
3. 결과 및 고찰 ---------- 63
가. 적정 개구선 구명 시험 ---------- 63
나. $CuCO_3$ 효과시험 ---------- 63
다. 용기적정 구밀도 시험 ---------- 63
라. 플라스틱 24구 용기 개발 ---------- 65
제 4절 용기양묘용 시설자재 개발 및 시설 개선 ---------- 67
1. 연구목적 ---------- 67
2. 연구내용 및 방법 ---------- 67
가. 조사장소 ---------- 67
나. 조사방법 ---------- 67
3. 결과 및 고찰 ---------- 68
가. 온실의 위치 선정 고려사항 ---------- 68
나. 온실 구조개선 방안 수립 ---------- 68
제 5절 용기묘 식재도구 개발 및 운반체계 개선 ---------- 73
1. 연구목적 ---------- 73
2. 연구내용 및 방법 ---------- 73
가. 용기묘 운반체계 개선 ---------- 73
나. 용기묘 식재도구 개발 ---------- 75
3. 결과 및 고찰 ---------- 76
가. 용기묘 운반체계 개선 ---------- 76
나. 용기묘 식재도구 개발 ---------- 78

제 6절 용기대묘 현지 식재시험 및 적지판정 시험 ---------- 80
1. 연구목적 ---------- 80
2. 연구내용 및 방법 ---------- 80
가. 용기묘 현지 식재시험 ---------- 80
3. 결과 및 고찰 ---------- 81
가. 용기묘 현지 식재시험 ---------- 81
제 7절 용기양묘 관수·시비체계 수립방안 ---------- 91
1. 연구목적 ---------- 91
2. 연구내용 및 방법 ---------- 91
가. 공시수종 ---------- 91
나. 종자파종 ---------- 91
다. 관수 ---------- 91
라. 시비 ---------- 92
3. 결과 및 고찰 ---------- 92
가. 적정 관수체계 수립 ---------- 92
나. 적정 시비체계 수립 ---------- 94
제 8절 실내·외 노지-용기 상호 연계양묘 적정 체계 정립 시험 --- 96
1. 연구목적 ---------- 96
2. 연구내용 및 방법 ---------- 96
가. 실내·외 연계양묘 정립 ---------- 96
나. 노지-용기 또는 용기-노지 상호 연계양묘 체계 수립 ------ 97
3. 결과 및 고찰 ---------- 99
가. 실내·외 연계양묘 정립 ---------- 99
나. 노지-용기 또는 용기-노지 상호 연계양묘 체계 수립 ----- 101
제 9절 용기양묘 경제성 분석 ---------- 104
1. 연구목적 ---------- 104
2. 연구내용 및 방법 ---------- 104
가. 온실종류 ---------- 104

나. 대상수종 ---------- 104
다. 경제성 분석 ---------- 104
라. 용기묘 단가 ---------- 105
3. 결과 및 고찰 ---------- 105
가. 용기양묘 적정 규모 분석 ---------- 105
나. 용기양묘 투자비 산정 ---------- 107
다. 용기양묘 생산소득(안) 도출 ---------- 111
라. 시설양묘 경영분석 ---------- 113
마. 용기묘 단가 ---------- 114
제 10절 선진 용기묘 시업기술 파악 및 국내 적용방안 탐구 --- 123
1. 연구목적 ---------- 123
2. 선진 용기묘 시업기술 파악 ---------- 123
가. 캐나다의 용기양묘 ---------- 123
나. 핀란드의 용기양묘 ---------- 126
다. 이스라엘의 용기양묘 ---------- 127
3. 선진 용기양묘장 소개 ---------- 127
가. Surrey Nursery ---------- 128
다. PRT Hybrid ---------- 128
다. Pelton Reforestry Ltd. ---------- 129
라. 용기양묘 생산시업기술 ---------- 130
4. 국내적용 선진기술 파악 ---------- 139
가. 용기양묘 대상수종별 생산기술 정립 ---------- 140
나. 무성번식을 이용한 용기묘 생산 ---------- 142
다. 시설온실 생육환경제어 및 시비시스템 ---------- 143
제 11절 용기양묘 실연화 사업 ---------- 144
1. 목 적 ---------- 144
2. 처리내용 및 방법 ---------- 144

가. 공시수종 ---------- 144
나. 시업본수 ---------- 144
다. 시설온실 ---------- 144
라. 용 기 ---------- 145
마. 생육환경조절 ---------- 145
바. 시업공정 ---------- 145
3. 결과 및 고찰 ---------- 145
가. 소나무 1-0 용기묘 표준화 ---------- 146
제 12절 용기양묘 시업기술 표준화 ---------- 151
1. 대표적 용기양묘 대상수종 시업기술 체계 확립 ---------- 151
가. 자작나무 1-0 용기묘 ---------- 151
나. 상수리나무 1-0 용기묘 ---------- 155
2. 실내·외 용기양묘 및 노지-용기 상호 연계양묘 시업기술 체계 확립 -- 158
가. 실내·외 용기양묘 ---------- 158
나. 노지-용기 또는 용기-노지 상호 연계양묘 ---------- 160
3. 용기양묘 기술보급 및 활용방안 마련 ---------- 163
가. 용기양묘 기술보급 ---------- 163
나. 용기양묘 활용방안 ---------- 163
4. 용기묘 규격 제정 및 규격 검사 철저 시행 ---------- 164
가. 용기묘 규격 제정 ---------- 164
나. 용기묘 규격검사 철저 ---------- 166
제 13절 용기묘 조림기술 및 조림지 관리방안 분석 ---------- 169
1. 목 적 ---------- 169
2. 처리내용 및 방법 ---------- 169
가. 대상수종 및 조사지역 ---------- 169
나. 조사내용 ---------- 169
3. 결 과 ---------- 169

가. 용기묘 생산현황 ---------- 169
나. 용기묘 활착 및 생육상황 ---------- 170
다. 조림기술 개선 방안 ---------- 173
라. 조림지 관리방안 수립 ---------- 175
제 4장 목표달성도 및 관련분양에의 기여도 ---------- 176
제 5장 연구개발결과의 활용계획 ---------- 179
제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ---------- 180
제 7장 참고문헌 ---------- 182

제 1 장 연구개발과제의 개요

1. 연구개발의 목적

본 연구는 최소한의 시설을 갖춘 비닐온실에서 우리나라 조림지 환경에 적합한 수종의 용기묘 생산과 관리기술을 개발하고, 또한 효율성과 경제성이 높으면서도 우리나라 실정에 맞는 용기양묘 체계를 정립하는데 그 목적이 있다.

2. 연구개발의 필요성 및 범위

1) 기술적 측면

• 용기양묘는 특수한 용기(container)에 종자를 파종한 후 묘목이 건전하게 생육할 수 있는 환경을 조절하여 단기간에 묘목을 대량생산하는 방법을 말한다. 용기양묘는 고위도 지방인 미국, 캐나다, 북유럽 등 임업선진국에서 수목의 생육기간이 짧아 양묘기간이 길어지게 되어 양묘기간을 단축하기 위하여 발달하였다. 용기양묘의 기술 개발은 초기 투자비와 유지비가 많이 소요되기 때문에 최소한의 용기에서 고밀도의 생육공간과 단기간의 생육기간으로 묘목을 대량생산하는데 집중되어 있다. 따라서 용기양묘에서는 경제적인 면이 우선시 되어 생산묘목의 크기가 작고 뿌리의 생장 및 형태발달이 불완전하여 조림지가 제한되며 식재 및 사후관리에 보다 주의를 기울여야 한다. 일반적으로 이루어지고 있는 노지양묘는 노동집약적이며 기계화 작업이 어렵고 기상재해를 받기 쉬워 필요한 수종의 묘목을 안정적으로 생산하는 데 어려움이 많다. 따라서 생육기간이 길고 사계절이 뚜렷한 기후조건인 우리나라에서는 최소한의 시설을 가지고 고품질 묘목을 대량생산하는 경제적인 용기양묘 기술에 대한 개발이 필요하다.

• 조림을 통한 수종갱신용 묘목을 비롯하여 산불피해지와 같은 산림 훼손지

복원 그리고 생태적으로 안정된 산림자원 조성에 적합한 묘목생산을 위한 기술 개발을 현재 시험연구하고 있으며, 보다 조림지 특성에 맞는 건전 묘목 생산기술 개발이 절실하다.

• 현재 우리나라에서 개발하여 사용하는 임업용 용기는 국립산림과학원에서 개발한 Styrofoam block 용기 2종(침・활엽수용)과 플라스틱 용기 1종(침엽수용)으로 총 3종류가 개발되어 있다. 용기종류가 많지 않아 양묘와 조림 특성과 목적에 적합한 용기의 선택이 부족한 실정이어서 다양한 용기 개발이 필요하다.

• 기존에 개발된 용기들 모두에서 용기양묘 시 큰 문제점 중의 하나인 나선형 뿌리(spiraling root)가 많이 발생하는 문제점을 극복하지 못하고 있다. 특히 Styrofoam block 용기에서 묘목의 뿌리가 용기내로 파고들어 묘목을 꺼낼 때 뿌리와 용기가 손상되고 있다. 따라서 나선형 뿌리발생을 방지하고 세근발달을 촉진시키는 용기 개발도 필요하다.

• 노지양묘는 묘목을 생산하는데 보통 2~5년의 기간이 소요되며 이식도 보통 1~2회 실시한다. 이러한 경우 노지 실생묘를 이식할 때 묘목을 적정 용기에 이식하여 양묘기간과 조림기간을 단축시키면서도 대묘를 생산할 수 있는 노지양묘-용기양묘 결합형태의 새로운 양묘기술 개발의 시도도 필요할 것이다.

• 현재 우리나라의 용기양묘는 주로 소나무, 낙엽송, 상수리나무, 자작나무와 같은 일부 조림수종에 대하여 이루어져 부가가치가 높은 유용 활엽수종, 특용수종, 환경수종에 대한 연구는 부족하여 이들 수종에 적합한 용기의 크기 및 형태, 생육상토, 생육기간, 생육환경 및 관리체계를 새로이 구명할 필요가 있다.

2) 경제・산업적 측면

• 현재 2000년도에 발생한 동해안 대형 산불피해지를 복원하기 위한 소나무를 용기묘 생산을 하는데 있어, 대다수 용기묘는 비닐온실에서 플라스틱 104구 용기(63㎖/구)를 이용하여 생산하고 있으며 앞으로도 지속적으로 생산할 예정이다. 이와 같이 국내 실정에 적합한 비닐온실에서 묘목의 대량생산을 추진하고 있어 노동력을 절감하면서도 이들 시설에서 손쉽게 생산・관리할 수 있는 실용적인 연구가 필요하다.

• 최근 농가소득을 증대할 수 있는 유용 활엽수종 위주의 조림시책에 의하여 많은 활엽수 묘목이 식재되고 있으나 활착률이 60%로 낮은 실정이다. 따라서 활엽수종의 활착률을 높일 수 있는 양묘방법 개발이 절실하다.

• 조림지 및 조림시기를 폭넓게 하여 노동시기 및 노동력을 분산시킬 수 있고, 조림과 사후관리가 편리한 대묘생산 방법 개발이 필요하다.

• 우리 실정에 적합한 다양한 용기와 소요자재를 국산화함으로써 용기양묘를 산업분야의 국가 경쟁력을 높일 필요가 있다.

• 다양한 소재를 이용한 용기 개발과 환경친화적인 생산체계를 구축할 필요가 있다.

3) 사회・문화적 측면

• 현재 사회문제로 심각하게 대두하는 산불피해지를 조기에 복구할 수 있는 적정 묘목생산방안과 남북통일을 대비한 황폐한 북한산림 복원용 묘목생산에 대한 대책이 필요하다.

• 지구 온난화로 인하여 중국과 내몽고 사막지역이 급속도로 확대되어 황사 피해가 국제적인 문제가 되고 있어 사막화 확산을 방지하기 위한 양묘 및 조림기술 개발이 필요하다.

• 양묘과정의 병해충 방제를 위하여 사용되고 있는 화학농약 투입을 최대한 줄여 환경오염의 우려를 주지 않는 환경친화적인 건전한 묘목 생산방법이 요구된다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내 기술개발 현황

국내에서 용기양묘는 1988년에 처음으로 국립산림과학원에서 소나무 등 5수종에 대한 적정 용기 및 상토 종류에 대한 연구가 시도되었다. 1980년대와 1990년대에 이르러 산업화가 가속화됨에 따라 농업인구가 급격히 감소되면서 인건비가 상승되어 임업양묘에 있어서도 성력화 할 수 있는 용기양묘방법의 도입이 필요하게 되었다. 본격적인 용기양묘에 대한 연구는 농림부 농림첨단기술개발사업(1995~2000)으로 자동화한 첨단시설방법을 이용한 용기묘의 대량생산 시업기술 개발을 주관하여 실시하고 관리방법을 표준화 하였다.

2. 국외 기술개발 현황

용기를 사용하여 묘목을 생산하는 임업시설양묘는 용기묘의 식재 현장에서의 높은 적응력과 새로운 용기개발, 재배기술, 생육환경조절기술, 생산 용기묘의 저장 및 관리기술의 발달로 세계 여러 국가에서 그 비중이 더욱 높아지고 있다. 선진 임업시설양묘국의 용기묘 생산은 1930년대에 미국 북부지역 대평원에 대규모 산림사업을 실행하는 과정에서 하나의 묘목생산방법으로 출발하였다. 이때 사용된 Tarpaper pot에서 생산된 묘목이 식재 현장의 혹독한 자연조건에 잘 적응하지 못하게 되면서 식재지 환경에 잘 적응할 수 있는 조건을 갖춘 묘목의 생산에 적합한 용기의 필요성이 대두되었다.

이후 최초로 대단위 조림을 위한 용기묘 생산에 사용한 현대적인 용기는 캐나다에서 개발된 두 가지 형태의 용기인 'Walters Bullet'과 'Ontario Tube'이다. 이들 용기를 원형으로 하여, 1960년대와 1970년대 초 캐나다와 미국에서 다른 형태의 용기인 Styrofoam Block, Rootrainer 그리고 Ray Leach Single Cell System 등이 개발되어 현재까지 널리 사용되고 있다. 이와 같이 임업선

진국에서는 1930년대부터 용기를 개발하여 양묘에 도입하였으며, 본격적으로는 1970년대부터 대단위 조림에 필요한 현대적인 용기를 개발 사용해 오고 있으며 근래에도 다양한 용기가 개발·사용되고 있다.

새로운 용기개발의 과정은 용기의 적정 재료에서부터 형태, 용적, 밀도, 생육상토 등에 관한 연구 자료와 선정된 수종에 따른 적정 생육환경조절 등에 관한 연구 자료의 구축 위에서 이루어지고 있다. 이와 같이 시설양묘에 있어서의 용기개발은 그 자체가 가지는 특수성에 의하여 온실의 설계에서부터 묘목생산, 저장 및 식재에 걸쳐 영향을 끼치는 다양한 요인들과 불가분의 연관관계를 가지고 있기 때문에 보다 신중하게 이루어져야 할 것이다.

임업시설양묘용 용기의 특성은 조림 후 용기묘가 활착하고 즉시 생장할 수 있는 능력은 용기묘의 뿌리능력에 절대적으로 좌우된다. 용기묘가 생존하고 생육하는 것은 식재 즉시 새로운 뿌리를 내릴 수 있는 뿌리의 생장력과 식재지 주변토양과 밀접한 관계가 있다. 따라서 임업시설양묘 용기 개발은 이와 같이 뿌리발달의 중요성에 입각하여 뿌리생장을 촉진시키고 현지 식재 시 뿌리를 보호할 수 있는 형태로 용기들이 설계·제작되었다. 그리고 임업시설양묘 용기는 용기묘가 상대적으로 척악한 자연환경에 적응해야 하기 때문에 뿌리생장이 이루어지는 용기의 길이가 원예시설양묘 용기 보다 대체로 길게 설계되어 있다.

특히, 임업선진국에서는 용기묘가 조림 즉시 활착하여 생장하는 데 장애가 되고 있는 용기 내에 발생하는 나선형 뿌리를 방지하고 세근발달을 촉진시킬 수 있는 다양한 방법들을 개발하여 용기제작에 적용하고 있다. 예를 들면 용기 내에 수직으로 여러 개의 융기선을 만들어 뿌리가 나선형으로 옆으로 발달되어 가는 것을 방지하도록 용기를 특수하게 설계하거나, $CuCO_3$와 같은 화학물질이 포함된 latex paint를 용기 내에 도색하여 뿌리단근을 유도하는 물리·화학적 기술을 사용하고 있다. 그리고 고품질의 용기묘를 생산하기 위하여 용

기 용적 및 생육공간이 점점 커지는 추세이며 침엽수 위주의 용기개발에서 점차 임업시설양묘 수종의 다양화에 따라 활엽수종을 생산하는 용기개발이 증가하고 있다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절 대묘생산용 용기 개발

1. 연구목적

용기양묘에 적합한 수종 고유의 생장습성을 파악하고 단기간에 대묘를 생산할 수 있는 적정 수종을 선정하기 위하여 다양한 수종을 대상으로 용기양묘를 실시하였다. 또한 묘목의 뿌리를 발달시키고 생육을 촉진하여 우량한 대묘를 생산할 수 있는 용기를 개발을 하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

가. 용기양묘 적정 수종 개발

1) 공시수종

상수리나무, 굴참나무, 졸참나무, 거제수나무, 박달나무, 물푸레나무, 음나무, 찰피나무, 말채나무, 노각나무, 쉬나무, 복자기, 헛개나무, 백합나무, 복자기, 이팝나무, 때죽나무, 쪽동백, 옻나무, 후박나무, 붉가시나무, 구실잣밤나무, 소나무(1-1) 23수종을 대상으로 하였다.

2) 종자파종 및 이식

대상수종의 종자는 2002년 가을에 채취·정선한 후, 수종별로 종자발아촉진을 실시하였다. 그리고 대상수종별로 2003년 봄 비닐온실 내 파종상자에 종자를 파종한 후 발아가 시작한 종자를 플라스틱 15구 용기(350㎖/구: 가로 44㎝

×세로 27㎝×높이 14㎝)에 이식하여 양묘하였다. 그리고 소나무는 2002년에 플라스틱 104구 용기(63㎖/구: 가로 43.2㎝×세로 26.7㎝×높이 10㎝)에서 양묘한 소나무를 2003년 5월 1일에 플라스틱 15구 용기에 이식하였다. 용기의 생육상토는 피트모스, 펄라이트, 질석을 동량(1:1:1=v/v/v)으로 혼합하여 사용하였다.

3) 관수 및 시비

관수는 주 2~3회 충분히 하였으며, 시비는 본엽이 2개 정도 발생하였을 때부터 멀티피드 19(N:P:K, 19:19:19)를 각 원소 기준 100mg L^{-1} 수준으로 희석하여 주 1회 엽면시비 하였다.

나. 대표 생산용 용기 개발

1) 공시수종

직근성 수종인 상수리나무와 천근성 수종인 거제수나무를 대상수종으로 하였다.

2) 용기형태

용기의 높이를 15㎝로 고정하여 용적별로 150㎖(Φ 3.6㎝ × h 15㎝), 250㎖(Φ 4.6㎝ × h 15㎝), 350㎖(Φ 5.5㎝ × h 15㎝), 450㎖(Φ 6.2㎝ × h 15㎝) 4종류로 자체 제작하여 사용하였다. 또한 용기의 용적을 2003년 현재 상수리나무 1-0 용기묘에 적용하고 있는 플라스틱 15구(350㎖/구)와 동일한 용적인 350㎖로 고정하여 높이별로 Φ 7.0㎝ × h 9㎝, Φ 6.1㎝ × h 12㎝, Φ 5.5㎝ × h 15㎝, Φ 5.0㎝ × h 18㎝ 4 종류로 제작하였다. 이들 용기는 맨 아래 부분을 너비 3㎜를 열십자로 남기고 나머지는 전부 제거하여 배수가 용이하고 뿌리가 용기 아래 부분을 통하여 쉽게 빠져나와 이 부분으로 자라나오는 뿌리가 자연스럽게

공기단근이 되도록 설계하였다.

3) 용기배치

2003년 현재 상수리나무 1-0 용기묘에 적용하고 있는 플라스틱 15구(350㎖/구)와 동일한 면적인 가로 43㎝×세로 27㎝ 넓이에 각각의 용기 15개를 동일한 간격으로 배치하였다.

4) 종자파종

대상수종의 종자를 2003년 4월 말경에 처리별 용기에 파종하여 5개월 동안 양묘하였다. 생육상토는 피트모스, 펄라이트, 질석을 동량(1:1:1=v/v/v)으로 혼합하여 사용하였다.

5) 관수 및 시비

관수는 주 2~3회 충분히 하였으며, 시비는 본엽이 2개 정도 발생하였을 때부터 멀티피드 19(N:P:K, 19:19:19)를 각 원소 기준 100mg L^{-1} 수준으로 희석하여 주 1회 엽면시비 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 용기양묘 적정 수종 개발

공시수종 23개 수종 중에 용기대묘로 적합한 수종은 박달나무, 거제수나무, 노각나무, 말채나무, 쉬나무, 상수리나무, 굴참나무, 졸참나무, 때죽나무, 쪽동백나무, 주엽나무, 헛개나무, 붉가시나무, 구실잣밤나무, 후박나무, 소나무(1-1) 16개 수종이 적합한 것으로 조사되었다(표 1-1). 이들 대상수종은 비닐온실 1

동에서 일반적인 관수와 시비에 실시하였으므로 개개의 수종을 대상으로 적합한 관수와 시비체계 등 생육환경조절을 최적의 상태로 표준화 할 필요가 있는 것으로 판단된다.

표 1-1. 용기양묘 대상수종별 수고, 근원경 및 건중량 생장

구 분	생 육 상 황		건 중 량 (g)				T/R율
	수고(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계	
박달나무	40.1	4.84	2.50	1.22	1.57	5.29	2.36
거제수나무	50.9	7.17	3.37	2.74	3.87	9.98	1.58
노각나무	25.4	4.58	2.22	0.88	2.11	5.21	1.47
말채나무	32.9	4.47	3.44	1.82	2.93	8.19	1.80
물푸레나무	5.1	3.37	0.26	0.21	0.58	1.05	0.82
음 나 무	15.6	5.95	2.95	1.82	3.39	8.16	1.41
찰피나무	5.1	3.34	0.19	0.20	0.46	0.85	0.85
백합나무	16.8	6.17	1.52	1.18	3.92	6.62	0.69
쉬 나 무	21.3	4.72	2.40	1.23	4.05	7.68	0.90
복 자 기	7.9	2.82	0.21	0.18	0.50	0.89	0.78
상수리나무	26.8	3.98	2.32	1.22	7.67	11.21	0.46
굴참나무	20.3	4.01	1.92	1.11	5.64	8.66	0.54
졸참나무	36.5	4.51	2.18	1.77	4.52	8.47	0.87
옻 나 무	7.1	3.34	0.60	0.87	0.85	2.32	1.74
이팝나무	9.1	5.61	1.11	0.56	2.42	4.09	0.69
때죽나무	45.9	6.83	5.42	5.14	3.85	14.41	2.74
쪽 동 백	27.9	5.32	2.39	1.73	2.05	6.17	2.01
주엽나무	22.0	5.20	0.43	1.14	3.35	4.92	0.47
헛개나무	50.4	6.36	2.21	2.17	6.00	10.91	0.73
붉가시나무	35.9	4.40	3.02	2.54	4.40	9.96	1.26
구실잣밤나무	20.3	4.12	2.30	1.38	2.50	6.18	1.47
후박나무	19.7	4.64	3.38	0.89	2.09	6.36	2.04
소나무(1-1)[1)]	23.2	5.04	2.05	1.89	2.34	6.28	1.68

[1)] 플라스틱 104구에서 양묘한 소나무 용기묘를 플라스틱 15구로 이식한 후 다시 양묘

한편 물푸레나무, 음나무, 찰피나무, 백합나무, 복자기, 옻나무, 이팝나무는 생육상황 및 생장추이를 보아 다른 수종에 비해 용기양묘에 적합하지 않는 수

종으로 사료되며, 이들 수종은 노지양묘와 용기양묘을 연계한 양묘방법 등 효과적인 양묘방법이 개발되어야 할 것으로 보인다.

나. 대묘 생산용 용기 개발

용기대묘를 생산할 수 있는 용기를 개발하기 위하여 처리별로 5개월 동안 양묘한 결과는 다음과 같다. 용기 용적(높이 15㎝로 고정)에 따른 상수리나무와 거제수나무의 생육상황은 일반적으로 용적이 클수록, 450㎖, 350㎖, 250㎖, 150㎖ 순으로 좋은 것으로 조사되었다. 상수리나무는 용기 용적 350㎖(Φ 5.5㎝ × h 15㎝)에서 근원경 생장과 건중량이 가장 좋았으며, 거제수나무는 용기 용적 450㎖(Φ 6.2㎝ × h 15㎝)에서 생육상황과 건중량 모두 가장 좋은 것으로 조사되었다(표 1-2, 1-3). 구 높이(용적 350㎖로 고정)에 따른 상수리나무의 생육상황은 용기의 높이가 짧을수록 지상부 생장이 좋았으며, 용기의 높이가 깊을수록 지하부 생장이 좋은 것으로 조사되었다. 그리고 거제수나무의 경우 용기의 높이가 짧을수록 생육상황이 좋은 경향을 보였다. 이에 따라 용기 용적은 두 수종 모두 350㎖(Φ 5.5㎝ × h 15㎝) 이상이 좋은 것으로 판단되며, 혈 높이의 경우 상수리나무는 h 12㎝(Φ 6.1㎝) 이상, 거제수나무는 h 12㎝(Φ 6.1㎝) 내외로 하는 것이 적정한 것으로 판단된다.

표 1-2. 용기 용적 및 높이에 따른 상수리나무 용기묘의 수고, 근원경 및 건중량

구 분		생 육 상 황		건 중 량 (g)				T/R율
		수고(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계	
용적 (h 15㎝)	150㎖	17.3	4.09	1.23	0.45	1.90	3.58	0.89
	250㎖	17.4	4.03	1.42	0.53	2.47	4.42	0.79
	350㎖	19.4	4.42	1.75	0.69	3.20	5.63	0.76
	450㎖	20.4	4.34	1.62	0.64	2.72	4.98	0.83
용기높이 (350㎖)	h 9㎝	21.8	4.49	1.80	0.72	2.04	4.57	1.24
	h 12㎝	21.5	4.39	1.70	0.65	2.74	5.09	0.86
	h 15㎝	18.8	4.27	1.55	0.54	2.57	4.66	0.82
	h 18㎝	16.1	4.12	1.43	0.49	3.01	4.93	0.64

표 1-3. 용기 용적 및 높이에 따른 거제수나무 용기묘의 수고, 근원경 및 건중량

구 분		생 육 상 황		건 중 량 (g)				T/R율
		수고(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계	
용적 (h 15㎝)	150㎖	15.9	4.09	0.45	0.42	1.08	1.95	0.81
	250㎖	20.2	4.49	0.64	0.63	1.55	2.81	0.81
	350㎖	24.8	4.88	0.68	0.79	1.60	3.07	0.93
	450㎖	26.0	4.97	0.83	0.81	1.77	3.41	0.92
용기높이 (350㎖)	h 9㎝	32.3	5.41	1.01	1.21	1.91	4.19	1.19
	h 12㎝	26.3	5.11	0.93	0.94	2.16	4.04	0.86
	h 15㎝	20.0	4.55	0.57	0.50	1.38	2.45	0.78
	h 18㎝	19.2	4.36	0.68	0.59	1.30	2.57	0.98

제 2절 경량급 생육상토 개발

1. 연구의 목적

시설양묘용 생육상토는 묘목의 생장뿐만 아니라 경제적인 면을 포함한 양묘 작업 과정에도 중요한 영향을 미친다. 현재 세계적으로 사용되고 있는 현대적인 생육상토는 Cornell대학에서 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트를 다양하게 혼합하여 개발하였다. 현재 우리나라에서는 용기양묘용 생육상토로 피트모스, 펄라이트, 질석이 1:1:1(v:v:v)로 혼합된 상토를 기준상토로 이용하고 있으나 앞으로 대상수종이 확대될 경우에는 수종에 따라 상토의 요구도가 달라져야 하므로 수종에 따른 최적 상토의 구명이 필요할 것이다. 또한 일부에서는 코코피트를 주 성분으로 한 여러 원예상토가 시설양묘에 이용되고 있기 때문에 보다 경제적이며, 균질한 성분의 다량 확보가 가능하고 가볍고 취급이 용이한 재료를 이용한 최적 혼합비율과 화학적 조성비율을 구명하고자 하였다.

2. 연구내용 및 방법

가. 상토의 혼합비율 시험

1) 공시수종

상수리나무, 거제수나무, 박달나무, 물푸레나무 등 4 수종을 시험하였다.

2) 상토재료 시험 혼합비율

피트모스, 펄라이트, 질석을 기본 재료로 하여 혼합비율을 1:1:1, 1:1:0, 1:2:0, 1:3:0, 2:1:0, 3:1:0, 2:1:1, 3:1:1, 1:3:1, 1:2:1, 1:1:2, 1:1:3로 조절하여 사용하였다.

3) 용기

현재 활엽수 양묘에 사용되고 있는 플라스틱 15구 용기(350㎖/구)를 공시 용기로 사용하였다.

나. 상토종류 및 용기종류별 시험

1) 상토의 특성

본 연구를 실시하기 위하여 사용된 상토는 시중에서 판매되고 있는 원예용 상토와 피트모스, 펄라이트, 질석을 기본 재료로 하여 혼합비율을 1:1:1로 조제한 상토를 사용하였으며 그 물리적 구성과 화학적 특성은 다음과 같다(표 2-1, 2-2).

표 2-1. 시험 상토의 물리적 구성비

구성성분(vol, %)	A*	B	C	D	E**
코코피트	58	68	34	67	-
피트모스	18	16	35	10	33
버미큘라이트	8	-	12	12	33
제올라이트	8	7	3	4	-
펄라이트	8	8	16	7	33
수용성비료 등	-	1	-	-	1
계	100	100	100	100	100

*시중에서 사용되는 상토의 종류; A, B, C, D

** 피트모스:펄라이트:버미큘라이트 혼합상토(1:1:1, v/v); E

표 2-1에서 보는 바와 같이 시험 상토별 물리적 구성을 보면 A, B, D상토는 구성 성분 중 코코피트가 50~68%로 가장 많았으며, 상대적으로 질석과 피트모스가 적게 구성된 상토이다. C상토의 경우 코코피트와 피트모스 그리고 펄라이트를 포함한 기타 성분이 거의 33% 이상씩 구성되어 일반적으로 소나

무와 상수리나무 용기양묘시 사용되는 상토(1:1:1)와 비슷한 구성비를 보였다.

표 2-2는 상기 상토의 화학적 성분비를 보여주고 있는데 대부분 NH_4, NO_3, P_2O_5 등이 다른 성분에 비해 상대적으로 많이 포함되어 있었으며, 특히 B상토의 경우 P_2O_5가 다른 제품에 비해 많이 포함되어 있었으며 또한 K_2O가 유일하게 포함되어 있었다. D상토 또한 NO_3와 P_2O_5가 상대적으로 많이 함유되어 있었다.

표 2-2. 주요 상토의 화학적 구성비

내 용	A*	B	C	D	E**
pH(1:5, v/v)	6.0	6.0	6.3	6.3	6.0
EC(ds/m)	1.5	0.9	0.4	0.7	0.1
OM(%)	20	-	-	-	-
NH_4(mg/ℓ)	170	90	100	150	-
NO_3(mg/ℓ)	135	205	120	275	0.1
P_2O_5(mg/ℓ)	250	350	200	275	123
K(cmol/ℓ)	2	2	-	-	4
Ca(cmol/ℓ)	2	2	-	-	10
Mg(cmol/ℓ)	1	1	-	-	7
C.E.C.(cmol/ℓ)	15	7	40	45	17
K_2O(cmol/ℓ)	-	100	-	-	-

*시중에서 사용되는 상토; A, B, C, D

** 피트모스:펄라이트:버미큘라이트 혼합상토(1:1:1, v/v); E

2) 시험 대상수종

본 연구를 실시하기 위해 사용된 수종은 각 지방관리청의 양묘사업소와 생산기술연구소 양묘연구실에서 직접 채취한 종자를 이용하였다. 2005년 4월 중순에 수종별, 상토 종류별, 용기 종류별로 각각 15~100본씩, 최소 4 반복 이상 실시하였다. 관수는 1일 1회 실시하였다.

실험에 사용된 수종은 침엽수로는 소나무(*Pinus densiflora*), 활엽수로는 상수리나무(*Quercus acutissima*), 찰피나무(*Tilia manshurica*), 이팝나무(*Chionanthus retusus*), 노각나무(*Stewartia pseudocamellia*) 등 4 수종으로 총 5 수종을 대상으로 하였다.

3) 용기종류

본 시험에 사용된 용기의 종류는 시중에서 판매 중인 임업용기양묘용 플라스틱 용기로 소나무는 15구(350㎖/구), 24구(300㎖/구), 40구(250㎖/구), 104구 용기(63㎖/구)를 사용하였으며, 활엽수종은 15구 용기(350㎖/구) 또는 24구 용기(350㎖/구)를 사용하였다.

4) 조사방법

○ 유묘의 생장 특성

각 수종의 상토별 생장 특성은 생육 4개월 후 수고와 근원경을 측정하였으며, 측정이 완료된 묘목은 즉시 굴취하여 잎, 가지, 뿌리로 구분하여 65℃에서 72시간 건조한 후 건중량을 측정하였다. 측정자료는 Duncan의 다중검정법으로 통계적 분석을 실시하였으며, 모든 통계 분석은 PC SAS program Version 8.0(SAS, 2000)을 이용하여 검정하였다.

○ 광합성 특성 조사

상토별 생장에 따른 조사대상 수종의 광합성 특성을 조사하기 위하여 4개월간 생육시킨 용기묘를 대상으로 휴대용 광합성 측정장치(LI-6400, Li-Cor. Inc)를 이용하여 광합성률을 조사하였다. 광합성 측정시에는 광도(PAR)를 임

의로 조절할 수 있는 LED(light emitting diode)를 이용하여 0, 20, 30, 50, 100, 300, 500, 800, 1000, 1200, 1500, 2000μmol $m^{-2}s^{-1}$로 광도를 조정하여 오전 8시 30분부터 12시 사이에 광합성을 측정하였다. 광합성 측정시 leaf chamber 내의 온도를 25℃로 설정하였고, CO_2 Injector를 이용하여 chamber내로 유입되는 CO_2양을 400ppm으로 일정하게 조정하여 외기의 기상변화로 인한 영향이 없도록 하였다. 측정대상 잎은 각 처리별로 외관상 정상적인 상태를 유지하고 있는 상단 부위의 잎을 선별하여 최소 3회 이상 반복 측정하였다. 순 광합성을 구하는데 사용된 식은 다음과 같다.

$$A_n = \frac{u_e(c_e - c_c)}{100s} - c_c E$$

A_n; Net Photosynthesis(μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}), u_e; mole flow rate of air entering the leaf chamber(μmol s^{-1}), c_e; mole fraction of CO_2 in the leaf chamber(μmol CO_2 mol^{-1} air), c_c; mole fraction of CO_2 entering in the leaf chamber(μmol CO_2 mol^{-1} air), s; leaf area(cm^2), E; transpiration(mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$)

3. 결과 및 고찰

가. 상토의 혼합비율에 따른 수종별 생장특성

경량급 생육상토 개발을 목적으로 상수리나무, 거제수나무, 박달나무, 물푸레나무 4 수종을 공시수종으로 하여 12종의 혼합비율에 따른 수종별 생육상황은 다음과 같다(표 2-3, 2-4, 2-5, 2-6). 상수리나무는 피트모스와 펄라이트가 2:1로 혼합된 상토에서 수고생장과 근원경생장 모두 가장 좋은 생장을 나타냈으며 특히, 근원경생장이 다른 상토에 비하여 현저히 높았다. 다음으로 피트모스와 펄라이트가 3:1, 1:2, 1:1로 혼합된 상토의 순으로 나타나 상수리나무는 피트모스의 함량이 많고 질석의 함량이 낮은 상토가 좋은 것으로 판단되었다.

표 2-3. 상수리나무 용기묘의 간장, 근원경 및 건중량

생육상토	생 육 상 황		건 중 량(g)				T/R 율
	간 장(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계	
1:1:1	32.8c	4.23de	2.74	1.38	5.14	9.26d	0.80
1:1:0	37.4b	4.35cd	3.30	1.74	5.24	10.27a	0.96
1:2:0	38.7b	4.94b	3.23	1.86	4.31	9.40c	1.18
1:3:0	32.4c	4.26de	3.15	1.45	4.15	8.75e	1.11
2:1:0	39.1a	5.21a	3.03	1.97	4.64	9.65b	1.08
3:1:0	37.8b	4.99b	3.03	1.49	4.11	8.62f	1.10
2:1:1	31.1c	4.22e	2.52	1.32	3.68	7.52h	1.04
3:1:1	35.0c	4.46c	2.63	1.29	4.20	8.13g	0.93
1:3:1	30.5d	4.21e	2.38	1.05	3.45	6.87i	0.99
1:2:1	26.4e	4.01f	1.92	0.77	3.68	6.36j	0.73
1:1:2	25.2ef	3.73g	1.77	0.73	2.72	5.23l	0.92
1:1:3	23.5f	3.59g	1.62	0.67	3.01	5.30k	0.76

* 1:1:1(v/v/v)은 피트모스:펄라이트:질석

표 2-4. 박달나무 용기묘의 간장, 근원경 및 건중량

생육상토	생 육 상 황		건 중 량(g)				T/R 율
	간 장(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계	
1:1:1	46.2h	5.00b	1.12	0.64	1.03	2.78k	1.71
1:1:0	46.2h	4.81c	2.18	1.84	1.55	5.58c	2.59
1:2:0	51.1d	4.56d	1.30	1.25	1.17	3.72g	2.18
1:3:0	47.3f	5.05b	1.83	1.51	1.84	5.17d	1.82
2:1:0	54.6c	5.33a	2.29	2.28	1.84	6.41b	2.48
3:1:0	56.7e	5.03b	2.41	2.38	1.81	6.59a	2.65
2:1:1	55.5b	4.60d	1.63	1.68	1.07	4.37e	3.10
3:1:1	50.5e	4.35ef	1.54	1.35	1.19	4.08f	2.43
1:3:1	41.3j	3.99g	1.26	1.01	1.27	3.54h	1.78
1:2:1	46.7g	4.24f	1.02	0.79	1.14	2.96j	1.59
1:1:2	45.0i	4.45de	1.43	0.98	1.31	3.72g	1.83
1:1:3	32.1k	3.86g	1.25	0.67	1.14	3.06i	1.68

표 2-5. 거제수나무 용기묘의 간장, 근원경 및 건중량

생육상토	생 육 상 황		건 중 량(g)				T/R 율
	간 장(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계	
1:1:1	18.6	4.27	0.52	0.39	0.94	1.84	0.97
1:1:0	41.5	6.14	1.47	1.64	2.58	5.69	1.20
1:2:0	40.2	6.20	1.31	1.46	1.76	4.53	1.58
1:3:0	44.0	5.78	1.42	1.70	2.02	5.14	1.54
2:1:0	46.7	6.19	1.52	1.73	1.98	5.24	1.64
3:1:0	39.9	5.42	1.20	1.36	1.56	4.13	1.65
2:1:1	39.3	5.49	1.18	1.24	1.72	4.15	1.41
3:1:1	38.4	5.56	1.24	1.31	1.74	4.30	1.47
1:3:1	20.5	4.54	0.53	0.45	0.91	1.89	1.07
1:2:1	24.1	4.56	0.77	0.66	1.26	2.70	1.14
1:1:2	18.9	4.34	0.49	0.37	0.80	1.67	1.09
1:1:3	11.0	3.7	0.30	0.19	0.56	1.05	0.89

표 2-6. 물푸레나무 용기묘의 간장, 근원경 및 건중량

생육상토	생 육 상 황		건 중 량(g)				T/R 율
	간 장(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계	
1:1:1	9.0	4.70	1.13	0.78	2.04	3.95	0.94
1:1:0	8.7	5.16	1.18	0.73	2.55	4.45	0.75
1:2:0	9.1	5.05	1.05	0.86	2.34	4.26	0.82
1:3:0	8.4	4.76	0.82	0.71	2.08	3.61	0.74
2:1:0	7.4	4.68	0.76	0.72	1.69	3.17	0.88
3:1:0	7.8	4.86	0.85	0.59	1.61	3.05	0.89
2:1:1	7.8	4.46	0.73	0.69	1.96	3.37	0.72
3:1:1	9.6	5.33	1.14	0.94	2.76	4.83	0.75
1:3:1	6.4	3.62	0.64	0.47	1.04	2.15	1.07
1:2:1	5.5	3.57	0.52	0.40	1.00	1.92	0.91
1:1:2	5.7	3.24	0.34	0.28	0.63	1.25	1.00
1:1:3	6.1	3.21	0.38	0.30	0.60	1.28	1.13

박달나무는 상수리나무와 유사한 경향으로 피트모스와 펄라이트가 3:1로 혼합된 상토에서 가장 좋은 생장을 나타냈으며 다음으로는 피트모스와 펄라이

트가 2:1, 2:1:1, 1:1로 혼합된 상토 순으로 나타났다. 한편 거제수나무의 생장도 상수리나무와 박달나무와 유사한 경향이었으나 물푸레나무는 상토의 혼합비율이 3:1:1에서 가장 좋은 생장을 나타냈으나 상토의 혼합비율에 따른 뚜렷한 경향은 나타나지 않았다.

나. 상토종류에 따른 수종별 생장특성

1) 소나무 용기묘의 생장 특성

소나무 용기묘의 생장 특성을 살펴보면 생육 30일 내지 40일 경부터 생장이 왕성한 경향을 보이면서 처리 상토별로는 E상토의 생장이 우수한 결과를 보였으며 상대적으로 P_2O_5 성분이 많은 B상토의 경우 생장이 극히 저조하게 나타났다(그림 2-1, 2-2).

E A D B (40구)　　E D A B (104구)

그림 2-1. 상토 종류에 따른 소나무 용기묘의 생육형태

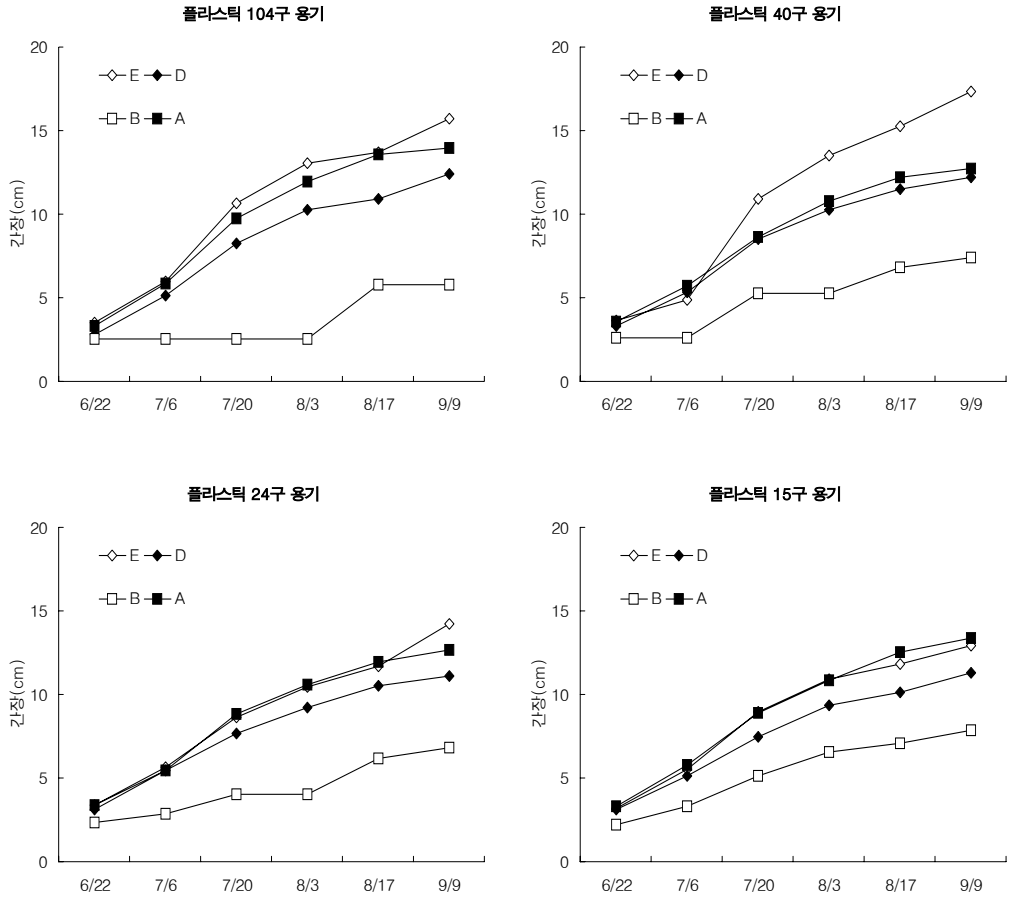


그림 2-2. 상토의 종류에 따른 소나무 용기묘의 시기별 생장

2) 활엽수 용기묘의 생장 특성

활엽수 중 상수리나무의 생장은 소나무와 유사한 경향으로 E상토에서의 생장이 다른 상토에 비해 높은 경향이었지만 그 차이는 크지 않았다. 그림 2-3과 2-4에서 보면 A상토에서는 수고 생장이 우수하게 나타났지만 수간이 휘어지는 현상이 부분적으로 일어나는 경향을 보였다. 소나무와 비슷한 경향으로 P_2O_5 성분이 많은 B상토의 경우 생장이 저조하게 나타났다.

노각나무, 이팝나무 및 찰피나무 용기묘의 생장은 소나무와 상수리나무와는 달리 상대적으로 상토 내에 양분이 많은 B상토에서 생장이 우수하게 나타났다. 종자의 저장 양분이 많은 상수리나무와는 달리 이들은 초기생장에서부터 일정 양분의 공급을 요구하는 것으로 보인다. 이들 활엽수 용기묘들의 생장경향을 보면 생육 40일 이후에는 생장이 급격히 감소하는 것으로 나타나 초기 상토 내 양분의 공급은 40일 이내인 것으로 판단되며 이 시점 전후에는 반드시 적절한 시비처리를 실시해야만 용기묘의 생장을 촉진시킬 수 있을 것으로 보인다.

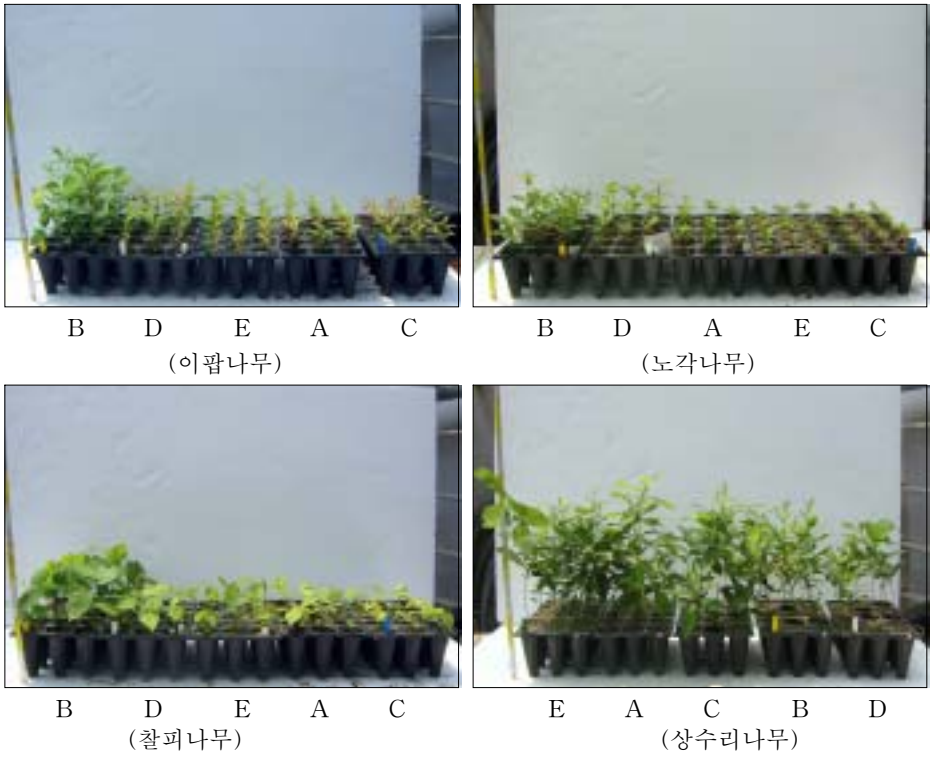


그림 2-3. 상토 종류에 따른 용기묘의 생육형태

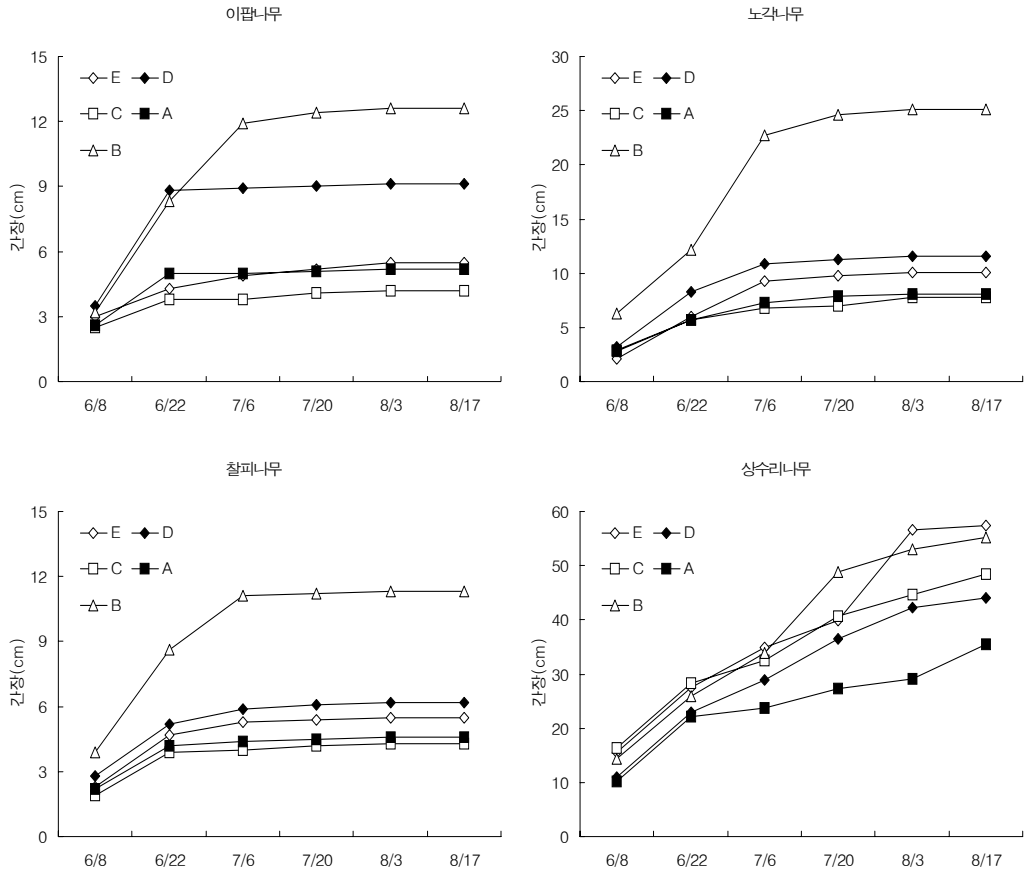


그림 2-4. 상토의 종류에 따른 활엽수 용기묘의 시기별 생장

3) 엽록소 함량 변화

동일한 조건하에서 생육하는 용기묘와 같은 경우에 식물체내의 생리 대사활동에 중요한 역할을 담당하는 양료의 부족은 정상적인 생리 대사활동이 교란되어 잎을 포함하여 식물체의 각 기관이나 조직의 세포에 형태적인 변화를 일으키면서 결국 수고 생장이나 근원경 생장의 감소를 초래할 수 있다. 본 연구 결과에서도 이팝나무, 노각나무, 찰피나무 등 각 수종별 엽록소 함량은 생육초기에 높은 함량을 보인 반면 시간이 지날수록 엽록소 함량이 떨어지는 경향을 보여 상토 내 양분 부족이 궁극적으로 묘목의 생장에 영향을 나타내는 것

을 알 수 있었다(그림 2-5). 하지만 상수리나무의 경우에는 엽록소 함량이 전반적으로 상토에 관계없이 증가하다가 9월 이후에는 정지하거나 감소하는 경향을 보였다. 이는 상토 내에 양분과는 관계없이 상수리나무는 충분한 광합성 활동에 의해 엽록소 함량이 지속되는 것으로 판단된다. 이 같은 결과는 용기묘 생산에 있어서 대상 수종에 따라 정확한 양분 요구도가 다르기 때문에 보다 정확한 시비 관리가 필요하다 것을 의미한다.

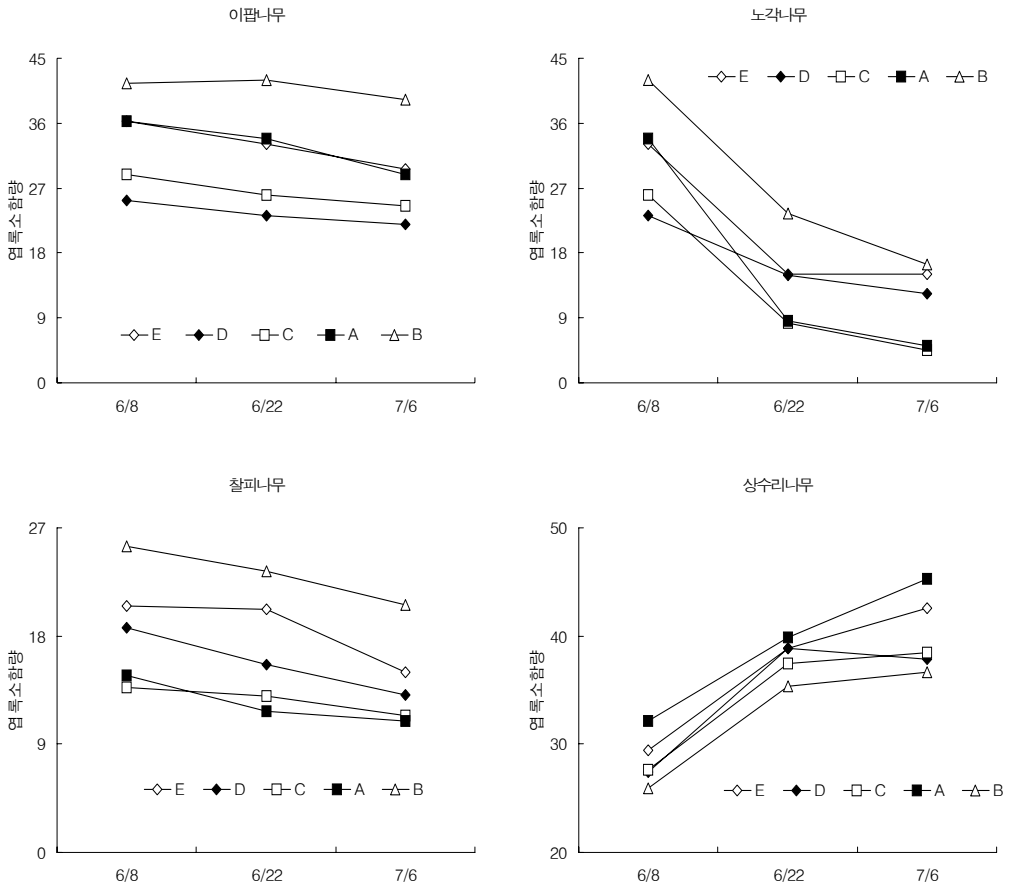
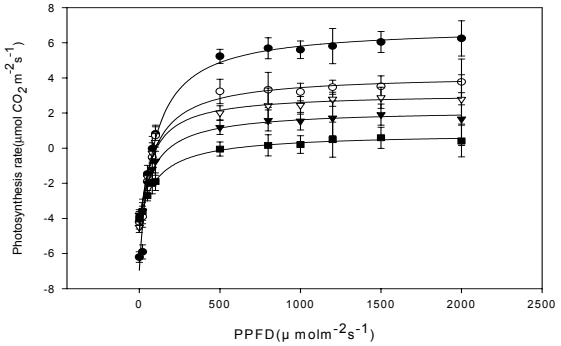


그림 2-5. 상토의 종류에 따른 활엽수 용기묘의 시기별 엽록소 함량변화

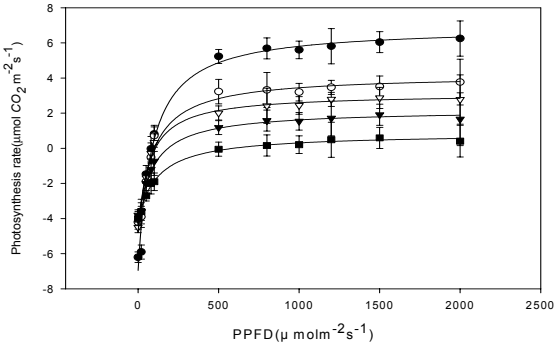
4) 광합성률

전반적으로 각 수종의 광합성률도 생장이 우수하고 엽록소 함량이 높은 용기묘의 광합성률이 높게 나타나는 경향을 보였다(그림 2-6). 이팝나무의 광합성률에 있어서는 B상토 > A상토 > D상토 > C상토 > E상토의 순으로 광합성률의 차이가 나타났다. 이러한 경향은 찰피나무와 노각나무에서도 같은 경향으로 상대적으로 양분이 많은 B상토에서 자란 용기묘의 광합성률이 다른 상토에서 자란 용기묘에 비해 상대적으로 높게 나타났다(그림 2-7, 2-8). 상수리나무의 광합성률에 있어서는 E상토와 C상토에서 높게 나타났다(그림 2-9).



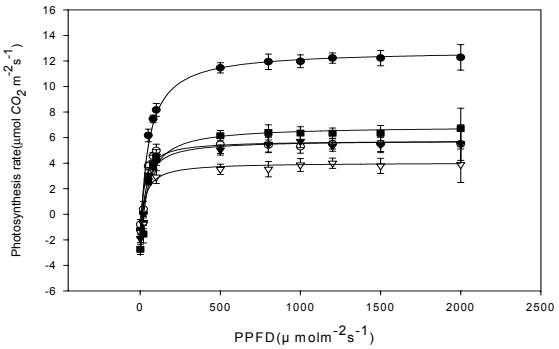
○; A상토, ●; B상토, ▼; C상토, ▽; D상토, ■: E상토

그림 2-6. 이팝나무 용기묘의 상토별 광합성 특성



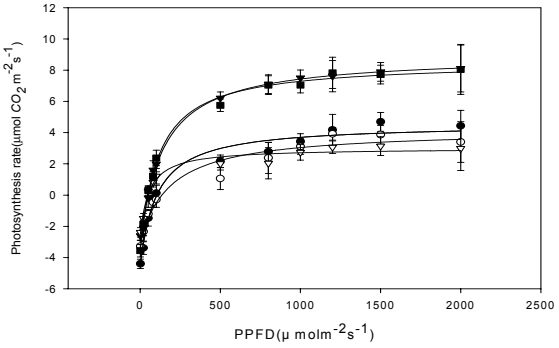
○; A상토, ●; B상토, ▼; C상토, ▽; D상토, ■: E상토

그림 2-7. 노각나무 용기묘의 상토별 광합성 특성



○; A상토, ●; B상토, ▼; C상토, ▽; D상토, ■: E상토

그림 2-8. 찰피나무 유묘의 상토별 광합성 특성



○; A상토, ●; B상토, ▼; C상토, ▽; D상토, ■: E상토

그림 2-9. 상수리나무 유묘의 상토별 광합성 특성

5) 상토 종류에 따른 물질생산량 및 엽형변이 분석

○ 소나무 용기묘의 물질생산량

상토 종류에 따른 소나무 용기묘의 물질생산량은 E상토와 A상토에서 용기 용적에 관계없이 다른 상토에 비해 높게 나타났으며 T/R율 또한 각각 2.7~3.6과 2.6~3.5의 범위 내에서 안정적으로 나타나고 있다. 하지만 상토 내 비료

성분이 상대적으로 많은 D상토와 같은 처리구에서는 양분흡수의 과다, 불균형 등으로 인하여 지상부와 지하부의 적절한 배분이 이루어지지 않아 T/R율이 최소 0.5에서 최대 3.7까지 불규칙한 값을 나타내고 있다(표 2-7). 따라서 소나무와 같이 초기 양분 요구도가 적은 수종일 경우에는 적절한 관수와 함께 알맞은 시비처리가 병행된다면 최적의 용기묘를 생산할 수 있으리라 생각된다.

표 2-7. 상토 종류에 따른 소나무 용기묘의 물질생산량

상토	용기종류(구)	건중량(g)				T/R율
		잎	줄기	뿌리	계	
E	15	0.6 ±0.5	0.2 ±0.1	0.3 ±0.3	1.1 ±0.3	2.7
	24	0.9 ±0.6	0.2 ±0.2	0.4 ±0.3	1.5 ±0.2	3.0
	40	0.6 ±0.7	0.1 ±0.2	0.2 ±0.1	0.9 ±0.2	3.6
	104	0.3 ±0.3	0.1 ±0.1	0.1 ±0.1	0.5 ±0.1	3.6
D	15	0.2 ±0.1	0.1 ±0.1	0.1 ±0.1	0.4 ±0.2	2.1
	24	0.2 ±0.1	0.1 ±0.1	0.1 ±0.1	0.4 ±0.1	3.2
	40	0.3 ±0.2	0.1 ±0.1	0.8 ±0.2	1.2 ±0.3	0.5
	104	0.1 ±0.1	0.1 ±0.1	0.1 ±0.1	0.3 ±0.2	3.7
A	15	0.6 ±0.2	0.2 ±0.1	0.3 ±0.1	1.1 ±0.1	2.6
	24	0.8 ±0.2	0.2 ±0.1	0.4 ±0.1	1.4 ±0.2	2.7
	40	0.6 ±0.2	0.2 ±0.1	0.3 ±0.1	1.1 ±0.3	2.7
	104	0.4 ±0.1	0.1 ±0.1	0.1 ±0.1	0.6 ±0.2	3.5
B	15	0.2 ±0.1	0.1 ±0.1	0.1 ±0.1	0.4 ±0.1	2.1
	24	0.2 ±0.1	0.1 ±0.1	0.1 ±0.1	0.4 ±0.1	2.6
	40	0.2 ±0.1	0.1 ±0.1	0.2 ±0.2	0.5 ±0.1	1.5
	104	0.1 ±0.1	0.1 ±0.1	0.1 ±0.1	0.3 ±0.1	3.4

○ 상수리나무 용기묘의 물질생산량 및 엽형특성

상수리나무의 물질생산량은 15구 용기에서는 D상토와 E상토가 높은 물질생산량을 보였으며 D상토가 가장 높은 2.3의 T/R율을 나타냈다(표 2-8). 하지만 24구 용기에서는 C상토의 물질생산량이 높고 T/R율 또한 높게 나타났다. 엽형 특성에 있어서도 상대적으로 물질생산량이 높은 처리구에서 SLA, LAR,

LWR 등의 엽형지수가 크고 물질생산량이 적은 처리구의 지수가 낮게 나타났다. 이러한 결과는 상토 내에 양료 성분이 있는 용기에서 생장한 용기묘가 비교적 높은 물질생산량을 보인 것으로 판단된다(표 2-9). 따라서 적정 상토에 적정 시비량이 적용된다면 높은 물질생산량과 함께 생장효과도 가져올 수 있으리라 판단된다.

표 2-8. 상토 종류에 따른 상수리나무 용기묘의 물질생산량

용기	상토	건중량(g)				T/R율
		잎	줄기	뿌리	계	
15구	E	3.9 ±1.9	2.5 ±1.2	4.7 ±2.5	11.1 ±2.6	1.4
	D	4.8 ±2.6	3.4 ±2.0	3.5 ±1.8	11.7 ±1.9	2.3
	C	3.0 ±2.2	1.8 ±1.5	2.7 ±1.7	7.6 ±1.8	1.8
	A	4.3 ±2.6	3.4 ±2.2	3.5 ±2.4	11.1 ±2.5	2.2
	B	2.1 ±0.7	1.2 ±0.7	5.7 ±4.5	9.0 ±5.0	0.6
24구	E	2.9 ±1.6	1.8 ±1.1	2.8 ±1.5	7.6 ±1.8	1.7
	D	3.4 ±1.1	2.0 ±2.0	3.5 ±1.8	8.9 ±1.9	1.5
	C	4.2 ±1.9	2.5 ±1.3	3.8 ±1.7	10.5 ±1.6	1.8
	A	3.7 ±2.0	2.7 ±1.3	3.3 ±1.9	9.7 ±1.8	1.9
	B	2.4 ±1.4	1.4 ±1.0	2.5 ±1.5	6.3 ±1.7	1.5

표 2-9. 상토 종류에 따른 상수리나무 용기묘의 엽형특성

용기	상토	SLA	LAR	LWR
15	E	181.33 ±103.29	64.27 ±31.69	0.36 ±0.06
	D	179.95 ± 20.29	75.54 ±32.63	0.42 ±0.19
	C	194.40 ± 66.33	82.03 ±36.15	0.41 ±0.08
	A	162.10 ± 32.52	66.74 ±22.62	0.40 ±0.07
	B	162.51 ± 65.70	51.10 ±24.51	0.32 ±0.12
24	E	187.42 ± 39.82	68.23 ±16.22	0.37 ±0.08
	D	150.67 ± 29.95	54.36 ±14.53	0.36 ±0.06
	C	162.93 ± 26.12	66.66 ±17.89	0.41 ±0.06
	A	167.13 ± 26.55	59.79 ±14.75	0.36 ±0.08
	B	173.46 ± 34.51	65.90 ±24.67	0.39 ±0.13

제 3절 나선형 뿌리발생 방지 및 세근발달촉진용 용기 개발

1. 연구목적

용기묘는 황폐지 복원과 산화 피해지 조림과 같은 특수한 식재지에서도 식재 즉시 뿌리가 활착되어 생육할 수 있어야 한다. 그러나 용기 내에서 발생한 비이상적인 뿌리(나선형 뿌리)는 양묘기간에는 묘목의 생장에 큰 해를 미치지 않지만, 조림 후에는 한발피해, 상주 및 뿌리를 서로 조이는 피해를 줄 수 있다. 나선형 뿌리는 용기묘 양묘에서 가장 심각한 문제점 중에 하나이다.

임업선진국에서는 용기에서 발생하는 나선형 뿌리를 방지하기 위하여 다양한 방법들이 개발되어 사용되었다. 용기 내에 수직으로 여러 개의 홈을 만들어 용기 아래 부분에서 뿌리가 공기에 노출되어 단근이 되도록 용기를 설계하거나, $CuCO_3$와 같은 화학물질을 용기 내에 도색하여 뿌리가 용기 내에 닿으면 죽게 하는 방법 등 다양한 물리화학적 기술이 응용되었다.

우리나라에서 개발된 용기들 대부분은 용기양묘시 나선형 뿌리가 많이 발생하는 문제점을 극복하지 못하고 있다. 따라서 용기묘가 조림 즉시 활착하여 생장하는 데 장애가 되고 있는 용기 내에 발생하는 나선형 뿌리를 방지하며 세근발달을 촉진시키는 용기를 개발하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

가. 적정 개구선 구명 시험

1) 공시수종

상수리나무와 거제수나무를 대상으로 하였다.

2) 용기설계

용기 용적은 350㎖/구로 하였으며, 용기 내부에 부분적인 뿌리공기단근을 유도하기 위한 너비를 달리한 개구선 12개와 융기선 6개를 달리한 용기를 설계・제작하였다. 개구선의 넓이를 3, 5, 7, 9㎜를 하였고 길이는 5㎝로 하였다. 그리고 개구선 측면 사이로 뿌리가 옆으로 자라는 것을 방지하기 위한 융기선(가로 0.2㎜*세로 0.2㎜*길이 15㎝) 6개를 제작하였다. 그리고 용기 하부는 아래로 자라난 뿌리가 자연스럽게 공기단근이 유도되도록 ϕ 5.0㎝로 하였으며, 이 부분을 고정하기 위하여 너비 3㎜를 열십자로 연결하였다.

나. $CuCO_3$ 효과 시험

1) 공시수종

상수리나무, 거제수나무, 박달나무, 헛개나무를 대상으로 하였다.

2) CuCO3 처리

용기양묘시 발생하는 나선형 뿌리발생 억제하고 세근발달촉진을 위하여 용기에 $CuCO_3$를 라텍스와 백색 유성페인트에 혼합하여 플라스틱 15구 용기에 도색한 후에 시험하였다.

다. 용기 적정 구밀도 시험

1) 공시수종

상수리나무와 굴참나무를 대상으로 하였다.

2) 용기 구 밀도

용기묘의 적정 구밀도를 구명하기 위하여 15, 18, 20, 24 구의 밀도로 처리하여 굴참나무와 상수리나무에 대하여 생육상황과 득묘율을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 적정 개구선 구명 시험

나선형 뿌리 발생 방지 및 세근발달촉진용으로 제작한 용기의 옆면에 만든 개구의 적정 넓이를 판단하기 위하여 폭 3, 5, 7, 9㎜로 제작하여 거제수나무에 시험한 결과를 보면, 개구선이 묘목의 생육상황을 좋게 하면서도 뿌리를 발달시키는 것으로 조사되었고 개구선 넓이가 5㎜일 때 생육상황 및 건중량이 가장 좋은 것으로 분석되었다(표 3-1). 특히 거제수나무에 있어 용기의 개구선 넓이가 넓을수록 뿌리가 굵어지고 세근이 증가하였다. 한편 양묘초기에는 개구선 넓이 7㎜ 이상에서 관수 시 개구 사이로 상토가 빠져나오는 것이 관찰되었고 양묘후기에는 5㎜ 이상에서 상토가 빠져나오는 것이 관찰되었다.

표 3-1. 개구선 넓이에 따른 거제수나무 용기묘의 수고, 근원경 및 건중량

수 종	개구넓이 (㎜)	수 고 (㎝)	근원경 (㎜)	건 중 량 (g)			
				잎	줄 기	뿌 리	계
거제수나무	대조구	21.5c	2.52d	0.75	0.69	1.39	2.83
	3	34.3b	5.14c	1.03	1.16	1.69	3.88
	5	42.5a	5.90a	1.50	1.90	2.45	5.86
	7	33.8b	5.54b	1.36	1.48	2.27	5.11
	9	34.2b	5.43b	1.22	1.28	2.07	4.58

나. $CuCO_3$ 효과 시험

$CuCO_3$를 라텍스와 혼합하여 처리한 플라스틱 15구 용기에 양묘한 결과, 대상수종 모두 나선형 뿌리를 방지하는 것으로 조사되었으며, 상수리나무 지상부 생장은 다소 양호하게 나타났으나 거제수나무, 박달나무, 헛개나무에서는 일반적으로 생육상황과 건중량은 대조구에 비하여 떨어지는 것으로 분석되었다(표 3-2). $CuCO_3$ 농도별로 처리한 보다 정밀한 시험이 필요한 것으로 판단된다.

표 3-2. $CuCO_3$ 처리에 따른 수종별 생육상황 및 건중량

구분 / 수종	처리별	생육상황		건 중 량 (g)						
				지 상 부			지 하 부			계
		간장㎝	근원경 ㎜	잎	줄기	소계	곧은뿌리	나선형 뿌리	소계	
상수리 나무	$CuCO_3$	32.3	3.93	2.07	1.14	3.21	4.39		4.39	7.60
	대조구	33.5	4.25	2.32	1.34	3.66	5.56	0.47	6.03	9.69
거제수 나무	$CuCO_3$	37.7	3.99	0.49	0.97	1.46	1.81		1.81	3.27
	대조구	38.7	4.34	0.60	1.01	1.61	1.57	0.54	2.11	3.71
박달나무	$CuCO_3$	37.6	4.36	0.51	1.04	1.55	2.41		2.41	3.96
	대조구	47.0	4.28	0.58	1.40	1.98	1.47	0.53	2.00	3.97
헛개나무	$CuCO_3$	45.8	3.45	0.87	1.44	2.31	2.58		2.58	4.89
	대조구	48.7	3.78	1.21	1.68	2.89	2.57	0.58	3.15	6.04

다. 용기 적정 구밀도 시험

1차년도에 기존의 연구를 바탕으로 하여 플라스틱 24구 용기를 개발하였으나, 적정 구 밀도 구명과 일부 보완사항이 필요하여 상수리나무와 굴참나무 1-0 용기묘를 대상으로 동일한 면적에서 밀도를 24, 20, 18, 15구로 처리하여 생육상황을 조사였다.

상수리나무와 굴참나무 1-0 용기묘 모두 구밀도에 따른 생육상황 및 건중량

의 차이는 크게 나타나지 않는 것으로 조사되었다. 따라서 용기의 밀도를 24구까지 밀도를 높여도 가능할 것으로 판단된다. 용기양묘의 경제적인 면을 고려하여도 밀도를 24구로 설정하는 것이 효율적인 것으로 사료된다.

표 3-3. 상수리나무 1-0 용기묘 구밀도별 생육상황 및 건물생산량

구 밀도	생육상황		건 중 량(g)						
			지 상 부			지 하 부			계
	간장(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄 기	소계	주 근	세 근	소계	
24구	37.5d	4.97b	1.86	0.70	2.56	1.86	0.22	2.08	4.64
20구	37.7c	5.63a	1.67	0.59	2.26	1.57	0.18	1.75	4.01
18구	41.7a	5.59a	1.63	0.57	2.21	1.15	0.08	1.23	3.43
15구	39.4b	5.75a	2.30	0.87	3.17	1.82	0.11	1.93	5.10

표 3-4. 굴참나무 1-0 용기묘 구밀도별 생육상황 및 건물생산량

구 밀도	생육상황		건 중 량(g)						
			지 상 부			지 하 부			계
	간장(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄 기	소계	주 근	세 근	소계	
24	36.8d	5.41a	1.86	0.70	3.09	1.86	0.21	1.91	5.00
20혈	37.7c	5.50a	1.67	0.59	2.92	1.57	0.18	1.17	4.09
18혈	39.5a	5.42a	1.63	0.57	3.48	1.15	0.08	2.32	5.80
15혈	38.8b	5.07b	2.30	0.87	2.46	1.82	0.11	0.91	3.36

라. 플라스틱 24구 용기 개발

앞의 시험연구를 통하여 나선형 뿌리발생 방지 및 세근발달촉진용 플라스틱 24구 용기를 개발하였다. 이 용기는 연구를 바탕으로 하여 개발된 우리나라 최초의 뿌리발달촉진용 트레이 용기이다. 이 용기는 24개의 구로 구성되었으며, 각각의 구측면에 개구선을 만들고 개별용기의 하부직경을 최대한 크게 하여 적극적인 공기단근 효과를 유도하였다.

용기 규격은 가로 41* 세로 27* 높이 16㎝이며 전체 용적은 8.4ℓ이다. 구는 상부직경 6*하부직경 4.5*높이 16㎝이며 용적은 350㎖이다.

제 4절 용기양묘용 시설자재 개발 및 시설 개선

1. 연구의 목적

1996년 고성 산불피해지의 송이발생 소나무림 복원을 위한 소나무 용기묘생산을 위하여 국립산림과학원에서 처음으로 대량생산을 위한 용기양묘를 시작한 이래 2002년부터 양묘농가에서 상수리나무 용기묘를 생산하기 시작하였으며 2005년 현재 전국 24농가에서 56동의 비닐온실을 건축하여 연간 5백만본 정도의 용기묘를 생산하고 있다. 이는 전체 묘목생산의 5~6% 정도의 적은 규모이지만 농촌 노동력 부족 및 고령화, 인건비 상승 등으로 노지양묘의 어려움이 가중되고 있는 실정을 고려하면 용기양묘로의 전환 가능성 또는 확대는 양묘농가의 어려움을 해결할 수 있는 하나의 대안으로 판단된다. 현재 양묘농가의 용기양묘는 초기 시작 단계로 시설규모가 소규모이며 용기양묘기술도 초보단계로 여러 가지 시행착오를 겪고 있는 실정이다. 본 과제를 수행하면서 시설 및 구조개선 방안에 대하여 현지 지도방문과 세미나 등을 통하여 현장의 수많은 애로사항을 해결해 왔으며 현지 방문 조사 등을 통하여 필요성이 제시된 시설 및 구조개선 방향에 대하여 기술하고자 한다.

2. 연구 내용 및 방법

가. 조사장소

전국 24개 용기양묘 농가 및 시설온실

나. 조사방법

현지 방문 조사

3. 결과 및 고찰

가. 온실의 위치 선정 고려사항

온실의 설치 장소를 선정하는데 있어서 우선적으로 고려 또는 개선해야 할 사항은 다음과 같다.

1) 배수가 잘되는 곳을 선정

유기물이 함유된 상토를 사용하거나 시비 시 질소성분이 온실바닥에 고여 있는 것은 이끼 발생의 주원인이 되고 있으며 이끼 제거작업에는 많은 경비가 소요되므로 온실의 배수 문제를 우선적으로 고려할 필요가 있다.

2) 깨끗한 물 공급원 확보

배수 못지않게 관수에 사용되는 물 또한 생육환경에 영향을 끼치는 주요 요인인데 오염된 지하수의 사용은 이끼발생과 각종 병해의 주요 원인이 되고 있다. 따라서 시설을 신축할 때 오염되지 않은 관정 또는 상수도 시설을 갖춰 필요한 급수원을 꼭 확보해야 한다.

나. 온실 구조개선 방안 수립

1) 온실의 길이

현재 농가지도형 J형 비닐온실의 사양이 길이 97m×폭7.5m×높이 3.9m로 면적이 728㎡로 되어 있어 폭과 높이에 비하여 상대적으로 길이가 너무 길기 때문에 환기가 불량하고 또 별도의 환기시설 설치가 어렵다. 특히, 묘목생장이 왕성한 여름철에 환기불량에 따른 고온에 의한 피해가 발생되고 있어 통풍에

의한 환기능률 향상을 위해 길이 50m 정도의 2동으로 설치하는 것이 적절한 것으로 조사되었다.

2) 온실바닥의 배수로 설치

온실바닥의 배수불량은 용기묘 생산에 있어 많은 문제점을 야기하고 있다(그림 4-1). 따라서 온실의 바닥에 잡석을 깔거나 경사지게 하여 배수가 원활히 잘 이루어지도록 해야 하며, 시설을 신축할 때에는 반드시 배수로를 설치하여 유기물 등의 침적에 따른 이끼 및 각종 병해 발생의 원인이 근본적으로 제거될 수 있도록 해야 한다.

그림 4-1. 시설온실 내 배수 불량에 따른 잡초발생(좌)과 이끼발생

3) 환기 및 차광시설

현재 용기묘 생산이 이루어지고 있는 비닐온실의 경우 여름철 생장이 왕성한 반면 때로는 고온에 의한 피해가 발생하는 경우가 많으므로 반드시 천창이나 천정 환기통 또는 측장을 설치하여 피해를 방지할 수 있도록 해야 한다. 이러한 시설은 자동으로 개폐할 수 있는 시설이 널리 시판되고 있기 때문에 쉽게 구입하여 사용할 수 있는 자재로 볼 수 있다(그림 4-2). 때로는 온실지붕 위에 반자동 차광망을 설치하여 온도를 내리는 효과를 얻고 있는데 실내에 설치하는 것보다 효과적인 것으로 조사되었다(그림 4-3).

그림 4-2 . 시설온실 내 환기시설 장치

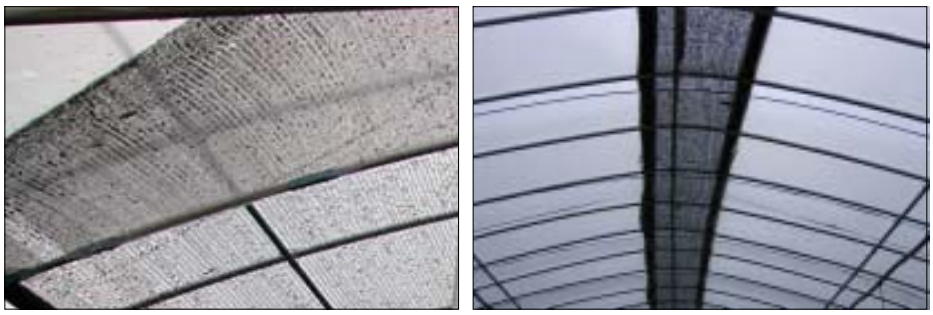


그림 4-3. 고온 피해를 방지를 위해 온실 안(좌)밖에 설치한 천정 차광시설

4) 용기 받침대

현재 이용하고 있는 용기 받침대는 고정식으로 비닐온실 총면적의 약 65%를 차지하고 있어 시설 투자에 대한 생산 묘목량을 고려할 때 다소 낮은 효율을 나타내고 있는 것으로 조사되었다. 이 용기 받침대를 좌우 이동형으로 폭 1.6m, 길이 30m로 설계하면 상면적이 567㎡로 증가하여 전체 온실면적의 79%까지 사용할 수 있어 면적에 대한 효율성을 높일 수 있는 것으로 조사되었다. 또한 현재 사용하고 있는 용기 받침대의 높이는 80cm로 고정되어 작업 인부의 대부분이 고령의 여자 인부임을 고려하면 다소 작업상의 어려움이 많은 것으로 나타나 용기받침대 높이는 60~70cm 정도로 조정할 필요가 있는 것으로 조사되었다.

5) 관수 및 시비시설

현재 양묘농가에서 사용되고 있는 관수시설은 스프링클러 방식으로 노즐이 1.6~2.0bar로 되어 있어 전체적으로 고른 관수가 잘되지 않고 있어 노즐을 1.2bar로 교체할 필요가 있다. 이 경우 자동조절이 가능한 관수·시비 시스템 또는 필요에 따라 측면 관수시스템의 설치도 효과적일 것으로 판단되었다(그림 4-4).

그림 4-4. 자동 관수·시비 시스템 및 노면관수 시스템

6) 반자동 용기 운반시스템

고정식 용기 받침대나 이동식 용기받침대가 설치된 시설온실 내에서 상토 또는 묘목으로 채워진 용기의 운반 때 많은 노동력과 시간이 소요된다. 따라서 용기 받침대 사이에 용기 운반용 레일 수레를 설치한다면 노동력 절감에 크게 기여할 것으로 판단된다(그림 4-5).

그림 4-5. 반자동 용기 운반시스템(반자동 레일)

제 5절 용기묘 식재도구 개발 및 운반체계 개선

1. 연구의 목적

현재까지 진행된 용기양묘 분야의 기술 개발은 초기 투자비와 유지비가 많이 소요되기 때문에 주로 최소한의 용기에서 고밀도의 생육공간과 단기간의 생육기간으로 묘목을 대량생산하는 기술 분야 개발에 집중되어 있다. 앞으로는 이 같은 생육관리 기술 분야뿐만 아니라 우리나라에서도 생산된 용기묘의 저장, 운반, 식재 등 생산 후 관리 기술 분야도 시급히 발전해야 할 분야이다.

따라서 본 과제에서는 효과적으로 조림지에 운반할 수 있는 용기묘의 운반체계 수립과 현지 조림시 보다 안전하고 효과적인 식재를 위한 식재기 개발을 시도하였다.

2. 연구 내용 및 방법

가. 용기묘 운반체계 개선

생산된 용기묘를 조림지까지 보다 안전하고 효율적으로 운반할 수 있는 운반체계를 개선하기 위하여 운반 시 받는 용기묘의 스트레스와 용기의 피해를 최소화하기 위하여 다양한 형태의 운반용기를 개발하였으며 개발된 운반용기에 관수 주기를 달리 처리한 상수리나무 용기묘를 대상으로 운반체계 개선을 위한 실험을 실시하였다.

1) 공시수종

시험 수종은 2005년 4월에 활엽수용 플라스틱 15구와 24구 용기에 파종하여 5개월간 생육시킨 상수리나무 용기묘이다. 시험 상토로는 피트모스, 펄라이트,

질석을 1:1:1로 동량혼합한 배양토를 사용하였다.

2) 운반용기

사용된 운반용기의 재질은 국내에서 시판되는 충진 플라스틱으로 일반 박스(35cm×35cm×50cm), 내부 One-cell형 박스(46cm×50cm) 형으로 자체 제작하여 시험하였다(그림 5-1).

3) 용기묘 처리

조림지까지 운반되는 용기묘는 운반과정에서 발생되는 수분부족에 의한 스트레스를 최소화하기 위해 운반 1일전 관수, 운반 2일전 관수를 실시하였고, 수분처리에 따른 용기묘 내의 분 깨짐 현상도 조사하였다.

(일반박스) (One-cell형 박스) (One-cell형 박스 내부)

그림 5-1. 운반용 박스

4) 운반시험

용기묘의 운반시험은 2단계로 나누어 실시하였는데 운반시험 Ⅰ(국도→고속도로→임도)은 산림생산기술연구소 내 시설온실에서 생육한 상수리나무 용기

묘 5,000본을 운반차량에 용기별로 적재한 후 국도와 고속도로를 통해 서부지방관리청 정읍국유림관리사무소를 거쳐 정읍지역 조림지까지 운반 시험하였다.

운반시험 Ⅱ(관내 임도)는 산림생산기술연구소 시설온실에서 생육한 상수리나무 용기묘 1,000본을 대상으로 운반차량에 용기별로 적재한 후 관내 시험림 임도에서 평균주행속도 30±5km 속도를 유지하면서 약 8km의 임도 주행 시험하였다.

5) 조사항목

조사내용으로는 용기 상태, 용기 상토의 분 깨짐, 운반전 관수 주기별 상태에 따른 용기 상태 등을 조사하였다.

나. 용기묘 식재도구 개발

1) 식재도구 개발 과정

용기양묘로 생산되는 용기묘 조림은 국내외적으로 점차 증가하는 추세이며, 선진국에서는 이에 따른 용기묘 식재 전용장비를 개발하여 사용하고 있다. 하지만 대부분의 외국의 용기묘 식재지가 경사가 완만하고 토양 부식질이 많은 산림에 식재하고 있지만 우리나라의 대부분의 식재지는 경사가 급하고 토양의 부식질이 적을 뿐만 아니라 단단한 토양으로 되어 있어 식재도구 자체가 강하고 견고해야 할 것이다. 용기묘의 장점은 묘목에 이미 분이 형성되어 있어 묘목 운반 및 식재 시에 뿌리가 완전히 마르지 않은 어느 정도의 자체 수분을 지니고 있는 점이다. 이 경우 활착에 도움을 주기 때문에 용기묘 조림 시 분이 깨지지 않도록 조심하고 있다. 따라서 전통적인 노지묘 식재 때 사용하는 농사용 괭이나 조림용 괭이를 용기묘 식재에 사용하면 보통 식재구덩이를 용

기묘보다 넓게 파야하며 용기묘를 넣은 후에도 흙을 다시 채워야 하는 과정에서 분도 깨지기도 하고 많은 노동력을 필요로 하고 있다. 따라서 우리나라 식재지 환경에 적합한 용기묘 전용 식재도구의 개발이 필요하게 된 것이다.

2) 식재도구 사용시험 수종

운반체계 개선 시험과 동일 수종을 대상으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 용기묘 운반체계 개선

1) 용기묘 운반 과정

용기묘의 합리적인 운반체계 개선을 위해 자체 제작된 용기운반 박스를 그림 5-2와 같은 체계 하에 작업하여 실지 조림지로 운반하였다.

그림 5-2. 용기묘 운반체계 개선시험을 위한 작업 순서

각 용기박스는 플라스틱 골판지형 박스 형태로 제작되어 자체 충격 흡수가 뛰어났다. 하지만 장거리 운반 시 고속 주행 중에 용기박스가 공기에 의해 받는 압력이 증가하여 적재된 용기박스가 밀리는 현상이 발생하였다. 이를 해결하기 위한 방법으로 용기박스 적재지 운반 손잡이 부분을 진행방향 앞쪽으로 적재함으로써 고속운행 중 받을 수 있는 공기의 압력을 최소화 할 수 있었다.

2) 용기묘 운반 후 분 깨짐 현상

자체 제작한 용기박스에 적재된 용기묘의 운반과정에서 발생하는 분 깨짐 현상을 분석한 결과는 그림 5-3과 같다. 용기묘의 운반 시 파손을 최소화하기 위해 개발한 One-cell형 박스 사용 시 일반 박스 사용보다 용기 분 깨짐 현상이 30% 정도 감소했으며(그림 5-4), 또한 포장 시 각 용기에 맞는 비닐 덮개를 사용할 경우에는 용기 분 깨짐 현상이 일반 박스 운반에 비해 20% 정도 감소시킬 수 있었다. 또한 용기운반 시 1일전 관수가 2일전 관수보다 분 깨짐 현상이 적었는데 이는 용기운반 하루 전 관수가 용기 상토 내 뿌리와 상토의 결집력을 높여 운반도중 받는 충격에 의한 피해가 적게 나타난 결과로 판단된다.

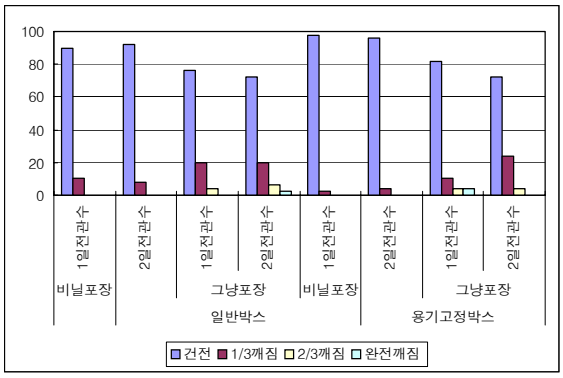


그림 5-3. 용기박스에 의한 운반 시 발생하는 분 깨짐 현상

(일반 용기박스)　　(One-cell형 박스와 운반 실험 후 내부 뿌리 모습)

그림 5-4. 용기 운반박스 내 용기 적재모습과 운반 후 상태

나. 용기묘 식재도구 개발

1) 식재기 개발 내용

우리나라 산림 특성을 고려하여 급경사지 및 석력토양과 부식질이 적은 토양 등 다양한 형태의 토양에서 사용이 가능하도록 송곳 형태를 가진 답압식 집게형 식재기와 답압식 스크류형 식재기 등 두 종류의 용기묘 대상 전용 식재기를 개발하였다(그림 5-5). 이 식재도구는 알루미늄과 철을 혼용하여 제작되었고 손잡이 부분은 목재를 사용하여 식재 작업시 도구가 밀리는 현상을 방지하였다.

(답압식 집게형)

(답압식 스크류형)

그림 5-5. 용기묘 전용 식재기

2) 식재기의 특징

답압식 집게형 식재기는 산림토양 특성상 부식질이 많은 토양이나 마사성분이 많은 토양에서 사용이 용이하였고 사용임지는 침엽수 임지나 산화지역에 용이하며, 답압식 스크류형 식재기는 집게형 식재기에 비해 부식질이 적고 토양 내 석력이 많은 곳에서 사용이 가능하였다. 사용임지는 활엽수 임지나 벌채지, 개벌적지 등에 용이할 것으로 판단된다. 한편 개발된 식재기의 장기간 사용 시 용기의 날 손상과 함께 식재기에 의한 식재구 손상이 나타났으며 주 노동력이 노령화된 관계로 효율성이 떨어지는 결과를 보였다.

제 6절 용기대묘 현지 식재시험 및 적지판정 시험

1. 연구의 목적

본 연구는 생산된 용기묘를 조림지, 산불 피해지, 수하식재 지역 등 다양한 지역을 대상으로 현지 식재시험 및 적지판정 시험을 실시함으로써 용기묘가 가지는 최대한의 장점을 적용시키는 계기를 마련하고자 수행하였다.

2. 연구 내용 및 방법

1. 용기묘 현지 식재시험

1) 공시수종

시험 수종은 상수리나무 파종묘, 노지묘, 용기묘, 굴참나무 노지묘(1-1)와 용기묘 및 소나무 용기묘와 노지묘(1-2)를 대상으로 하였다.

2) 식재 장소 및 시기

가) 상수리나무 조림지

본 식재지는 전라북도 정읍, 전라남도 곡성, 나주지역으로 상수리나무 1-1 노지묘는 2003년 봄에 식재하였으며 용기묘는 가을에 식재하였다.

나) 소나무 조림지

2001년에 강원도 홍천군 내면 자운리의 산록, 산복, 산능선을 구별하여 식재하였으며 상층 울폐도에 따라 비교시험 하였다.

다) 산불 피해지

2000년 가을에 산불 피해지인 강원도 고성군 토성면 인정리에 소나무 노지묘와 용기묘를 식재하였다.

라) 수하 식재지

2004년 4월 중순, 9월 하순 및 10월 하순에 산림생산기술연구소 관내 잣나무 시험림 내에 수하식재 시험을 목적으로 상수리나무와 굴참나무 노지묘 및 용기묘를 식재하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 용기묘 현지 식재시험

1) 상수리나무 조림지

우리나라의 상수리나무 용기묘 조림은 1998년도부터 전북 남원 지역에서 시험적으로 시작하여 2003년부터는 대규모로 용기묘 생산과 조림이 이루어지고 있다. 상수리나무 용기묘 조림은 지금까지 시행된 노지묘 조림의 낮은 활착률을 극복하기 위한 방편으로 수행되고 있으며, 소나무 용기묘에 비해 조림 역사가 상대적으로 짧아 아직 상수리 용기묘 조림 결과에 관한 자료는 많지 않은 실정이다.

가) 전라북도 정읍지역의 조림지

2003년도에 조림된 상수리나무 파종묘, 실생묘, 용기묘 식재지에 생육하고

있는 생육실태를 보면, 식재 후 조림지의 고사율은 파종묘 > 실생묘 > 용기묘 순으로 용기묘의 활착률이 높게 나타나고 있었다. 전체적인 생장은 실생묘 > 파종묘 > 용기묘 순이었고, 실생묘의 생장은 간장이 75.1cm, 근원경이 12.88mm로 파종묘나 용기묘보다 우수한 결과를 나타냈다. 또한 생장하고 있는 실생묘와 용기묘 중 상대적으로 생장이 우수한 개체와 중간개체 그리고 생장이 좋지 않은 개체 등 3가지 형태의 묘목을 선발하여 2003년도 식재당시 묘목의 간장을 100으로 보고 연간 상대 생장률을 조사한 결과 식재 1년 후에 실생묘의 경우 최소 33%에서 최대 150%의 상대 생장률을 보인 반면 용기묘는 175~200%의 높은 상대 생장률을 보이고 있었다. 따라서 초기 활착이후 용기묘의 생장이 실생묘나 파종묘보다 우수한 것으로 조사되었다(그림 6-1).

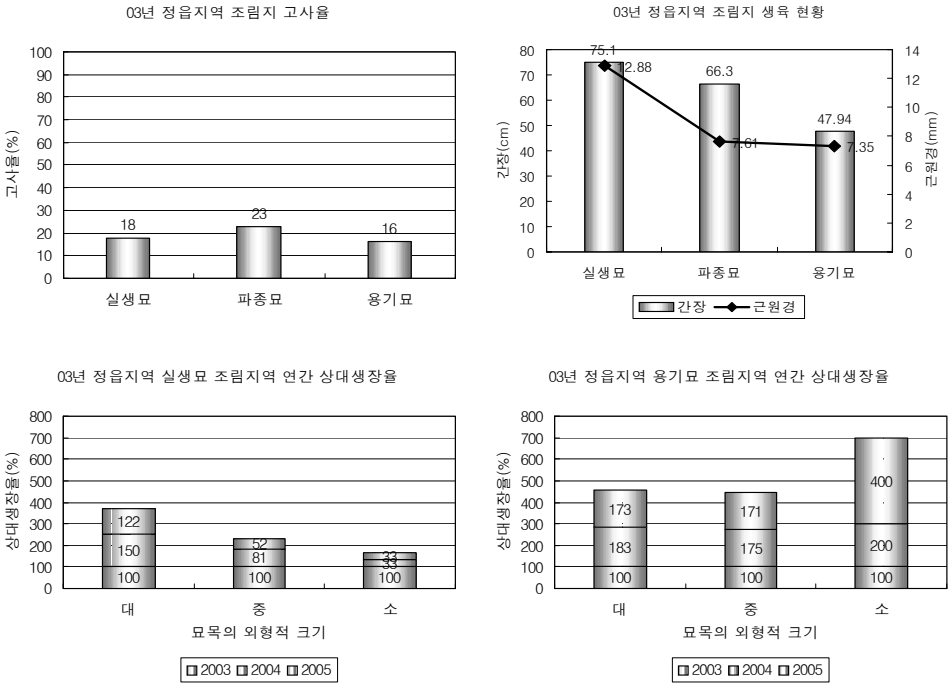


그림 6-1. 전북 정읍지역 상수리나무 조림지 생육실태

나) 전라남도 곡성지역의 조림지

전남 곡성지역에 2003년도에 조림된 실생묘, 용기묘 식재지에 생육하고 있는 생육실태를 보면, 우선 식재 후 조림지의 고사률은 실생묘가 20%, 용기묘 12%로 정읍지역과 마찬가지로 용기묘의 활착률이 높게 나타나고 있었다. 전체적인 생장으로는 실생묘가 용기묘보다 우수하게 나타났다. 실생묘의 생장은 간장이 166cm, 근원경이 12.0mm로 용기묘보다 우수한 생장을 나타내고 있다. 또한 연간 상대 생장률을 조사한 결과 식재 1년 후에 실생묘의 경우 342~505%의 높은 상대 생장률을 보인 반면 용기묘는 190~278%의 상대 생장률을 보이고 있었다. 이러한 결과는 실생묘는 2003년도 초봄에 이식하여 활착되고 그에 따른 생장이 우수한 반면 용기묘의 경우에는 가을에 식재되어 활착과 활착 후 생장이 다소 떨어진 결과를 보인 것으로 판단된다(그림 6-2).

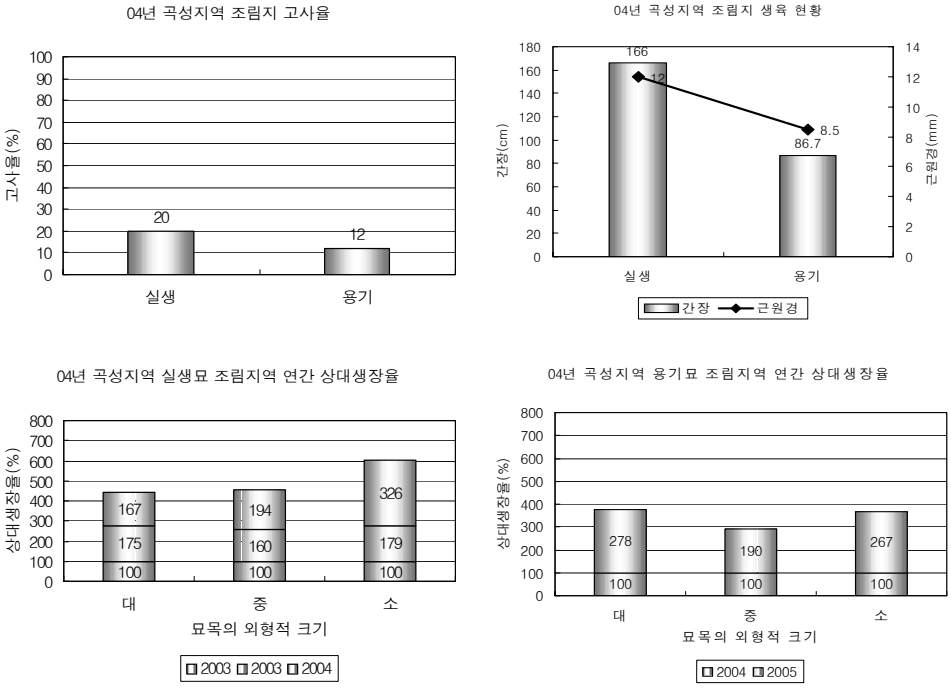


그림 6-2. 전남 곡성지역 상수리나무 조림지 생육실태

다) 전라남도 나주지역의 조림지

전남 나주지역에 2003년도에 조림된 실생묘, 용기묘 식재지에 생육하고 있는 생육실태를 보면, 식재 후 조림지의 고사률은 실생묘가 77%, 용기묘는 55%로 정읍, 곡성지역과 마찬가지로 용기묘의 활착률이 높게 나타나고 있었다. 전체적인 생장으로는 곡성지역과 같이 실생묘가 용기묘보다 우수하게 나타났다. 실생묘의 생장은 간장이 68.1cm, 근원경이 10.5mm로 용기묘보다 우수한 생장을 나타내고 있다. 또한 연간 상대 생장률을 조사한 결과 식재 1년 후에 실생묘의 경우 396~517%의 높은 상대 생장률을 보인 반면 용기묘는 287~339%의 상대 생장률을 보이고 있었다. 이러한 결과는 곡성지역과 마찬가지로 실생묘는 2003년도 초봄에 이식하여 활착되고 그에 따른 생장이 우수한 반면 용기묘의 경우에는 가을에 식재되어 활착과 활착이후 생장이 다소 떨어진 결과를 판단된다(그림 6-3).

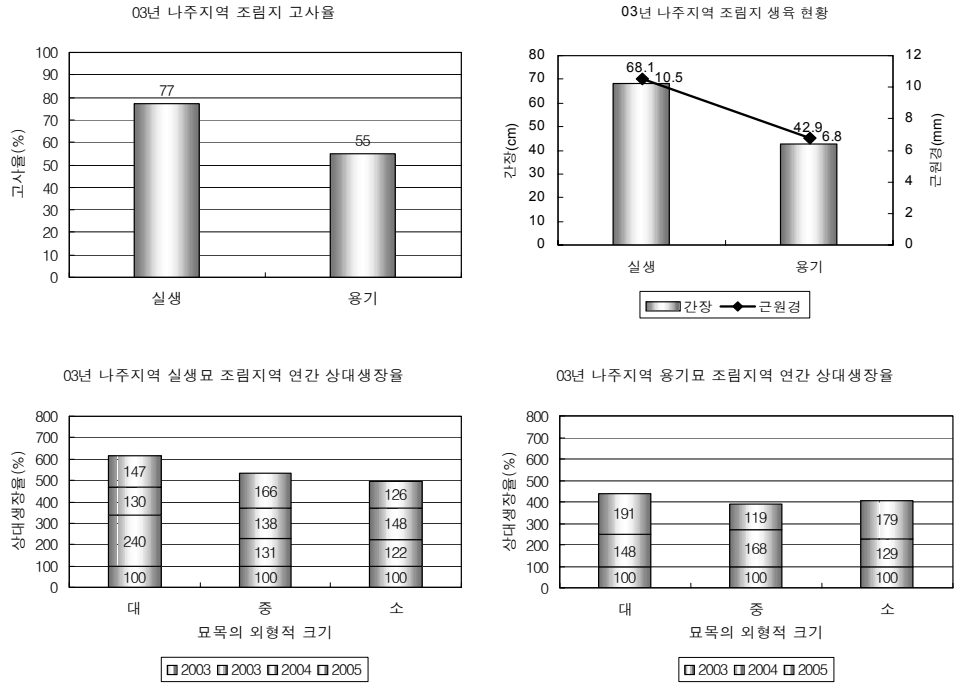


그림 6-3. 전남 나주지역 상수리나무 조림지 생육실태

용기양묘에서 생산된 용기묘의 활착과 초기 생장의 우수성은 선진국과 일부 국내의 조림지에서도 입증되고 있다. 본 조림지 현지답사에서도 용기묘의 활착률과 초기생장은 파종묘나 실생묘에 비해 우수한 것으로 나타나고 있다. 하지만 일부 불량 용기묘의 식재와 식재방법의 문제점, 식재 후 관리 불량으로 인하여 용기묘의 생존과 초기 생장이 문제가 되고 있는 것도 사실이다. 또한 관심있게 다루어야 할 사항은 식재시기이다. 현재 우리나라 용기묘 식재는 대부분 늦은 가을철에 이루어지고 있다. 상수리나무 용기묘 조림지를 조사한 바에 의하면 상대적으로 빠른 시기에 식재한 묘목들의 활착과 초기 생장이 뛰어나고 식재 후 뿌리가 어느 정도 활착한 상태에서 월동을 하는 것이 아주 중요하기 때문이다.

2) 소나무 조림지

강원도 홍천군 내면 자운리 활엽수 벌채지에 소나무 노지묘와 용기묘를 사면을 따라 입지별로 또 상층 울폐도별로 식재되었다. 용기묘와 노지묘의 식재이후 상대 생장률을 살펴보면 용기묘의 경우 291%의 높은 상대 생장률을 보인 반면 노지묘의 경우 150%의 상대 생장률을 나타냈다. 또한 식재 이후 2차년부터는 용기묘가 263%, 노지묘가 234%로 상대 생장률이 비슷하게 자라는 경향을 보였다. 이러한 경향은 전반적으로 용기묘의 뿌리 발달이 우수하여 활착 후 생장이 노지묘보다 우수한 것으로 판단된다(그림 6-4).

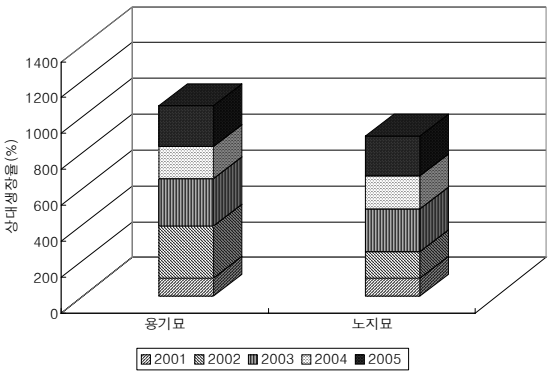


그림 6-4. 강원 홍천지역 소나무 용기묘와 노지묘의 상대생장률

생육환경별 생육상황을 알아보기 위해 상층 울폐도가 35~40% 처리구와 전광지역에 식재된 조림묘목을 비교해 본 결과 용기묘와 노지묘 모두 상층 울폐도 지역의 상대 생장률이 식재 이후 50% 정도 낮게 나타났으며 식재 년 수가 지날수록 40~50% 내외의 상대생장률의 차이를 보였다. 이는 소나무와 같이 양수인 수종은 활착이후 생장에 있어서 광선이 차지하는 요인이 상당히 중요한 역할을 하는 것으로 보아 실제 조림지 관리에 있어서도 조림지 주변의 상층임관 관리 및 주변 경쟁식생 관리가 필요할 것으로 판단된다(그림 6-5).

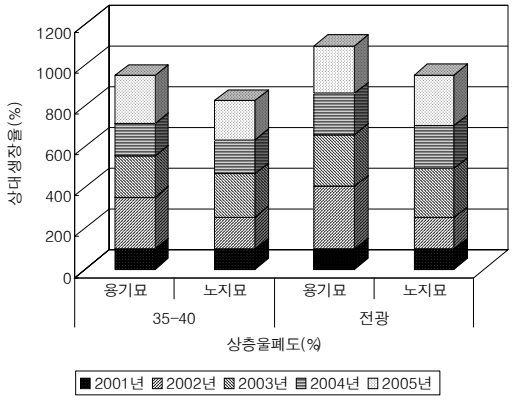


그림 6-5. 상층울폐도 차이에 의한 소나무 용기묘와 노지묘의 상대 생장률

입지별 용기묘와 노지묘의 상대 생장률을 비교한 결과는 그림 6-6과 같다. 전체적으로 용기묘의 상대 생장률이 노지묘보다 우수하게 나타났고 용기묘와 노지묘 모두 산록>산복>능선지역 순으로 상대 생장량의 차이가 있었으며 식재 후 1년차의 상대 생장률에 있어서도 입지별로 용기묘가 노지묘보다 약 150~160% 이상 높게 나타났다.

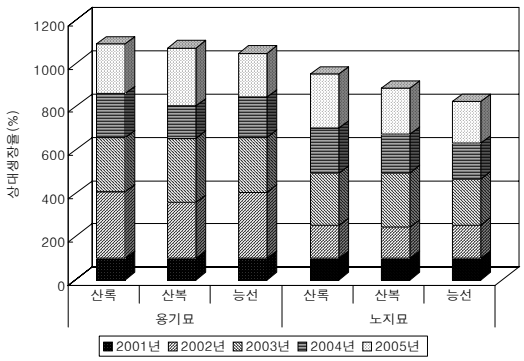


그림 6-6. 입지별 차이에 의한 소나무 용기묘와 노지묘의 상대 생장률

3) 산불 피해지

2000년에 발생한 동해안 산불로 인하여 가장 큰 피해를 입은 지역 중의 하나인 고성 산불 피해지에 식재된 소나무 용기묘와 노지묘의 생육상황을 조사하고자 현지조사를 통해 2000년 식재당시 묘목의 간장을 100%로 보고 매년 생장한 간장을 상대 생장률로 분석한 결과는 그림 6-7와 같다.

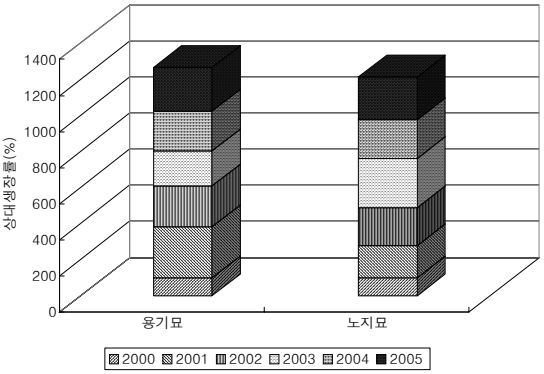


그림 6-7. 강원 고성지역의 소나무 용기묘와 노지묘의 상대 생장률

산불 피해지역 조림지에 생육하고 있는 조림목들의 활착 후 생장은 노지묘와 용기묘 모두 좋은 활착과 생장을 보이고 있다. 하지만 뿌리발달이 우수한 용기묘

의 활착 후 생장률은 식재 첫해 상대 생장률이 282% 노지묘의 176%보다 생장률이 높게 나타났다. 이러한 결과는 건전한 용기묘의 우수한 뿌리발달이 척박한 임지에서 활착과 활착 후 생장이 도움이 되는 것으로 판단된다. 하지만 식재 후 2년차에는 용기묘가 227%로 노지묘는 213%, 식재 후 3년차에는 용기묘가 192%, 노지묘가 268%로 조림기간이 지날수록 용기묘와 노지묘의 상대 생장률이 비슷한 경향을 보이고 있다. 따라서 조림지내에서 활착되어 생육하는 조림목의 경우 초기 활착과 활착 후 생장은 용기묘가 우수한 것으로 나타났으며 식재 연수가 경과할수록 노지묘와 용기묘의 생장이 비슷한 경향을 보였다.

4) 수하 식재지

산림생산기술연구소 시험림에 조성한 잣나무림 수하 식재지에 상수리나무, 굴참나무 노지묘와 용기묘를 식재시기별로 조림한 결과를 보면, 전체적으로 노지묘와 용기묘의 현지 식재 결과 용기묘는 9월하순 이전, 노지묘는 4월 중순 이전 식재가 활착률을 높일 수 있었으며, 이에 따른 생장 및 활력도 또한 우수하게 나타났다. 수종별로는 상수리나무의 경우 9월 식재가 99%, 굴참나무는 9월 식재가 98%의 높은 활착률을 나타냈다. 하지만 노지묘의 경우 4월 식재가 90% 이상의 높은 활착률을 보인 반면 9월 이후 식재는 6% 미만의 낮은 활착률을 나타냈다(그림 6-8). 각 수종별 상대 생장률은 상수리나무 용기묘가 수고, 근원경 모두 9월 하순 식재묘가 145%, 152%로 우수했고, 굴참나무 용기묘도 상수리나무와 같은 경향으로 9월 하순 식재가 수고와 근원경이 모두 140%로 상대생장률이 우수하게 나타났다. 반면에 굴참나무 노지묘의 경우 4월 식재에서 간장과 근원경이 140%, 127%로 높게 나타났다(그림 6-9). 수하 식재지 모습과 식재묘의 모습은 그림 6-10과 같다.

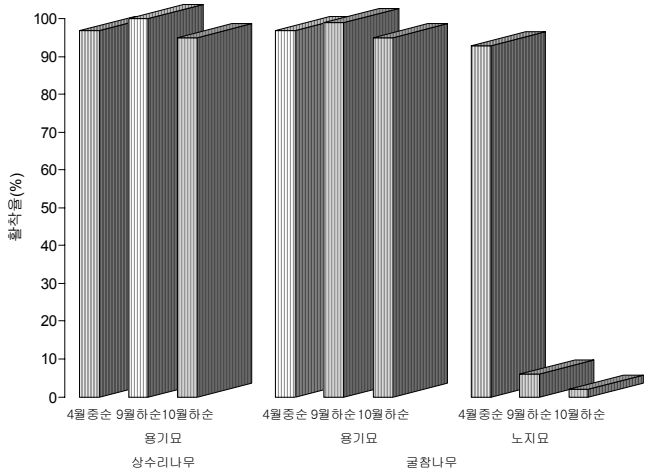


그림 6-8. 식재시기별 상수리나무와 굴참나무 용기묘와 노지묘의 활착률

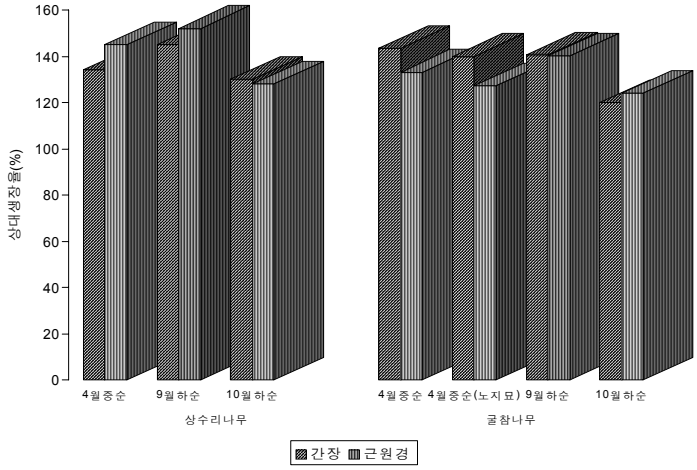


그림 6-9. 식재시기별 참나무류 용기묘와 노지묘의 상대생장률

(수하식재지 전경)

(상수리나무 용기묘)

(굴참나무 용기묘)

(굴참 노지묘 4월)

(굴참 노지묘 9월)

그림 6-10. 수하 식재지의 상수리나무와 굴참나무 노지묘와 용기묘

제 7절 용기양묘 관수·시비체계 수립방안

1. 연구목적

용기양묘를 실행하는데 있어 가장 중요한 요소 중의 하나인 관수와 시비를 시기와 농도를 달리하여 묘목 생육환경에 적용시켜 생육단계별 적정 관수 및 시비체계를 수립하고자 하였다.

2. 처리내용 및 방법

가. 공시수종

직근성 수종인 상수리나무, 굴참나무 및 천근성 수종인 거제수나무를 대상으로 하였다.

나. 종자파종

상수리나무와 굴참나무 종자를 2003년 5월 7일에 피트모스, 질석, 펄라이트가 1:1:1(v/v)로 혼합된 배양토를 담은 플라스틱 15구 용기(350㎖/구)에 파종하였다. 거제수나무 종자는 2003년 5월 20일에 파종하였다. 본 실험은 비닐온실에서 5개월 동안 실시하였다.

다. 관수

관수주기는 1일, 2일 및 4일로 설정하였다. 또한 상기 배양토에 용적 비율로 0.1, 0.2, 0.3%의 흡습제를 첨가한 처리구의 경우에는 각각 4일, 7일, 10일의 관수주기를 설정하여 시험하였다. 시비는 본엽이 2개 정도 발생하였을 때부터 멀티피드 19(N:P:K, 19:19:19)를 각 원소 기준 100mg L^{-1} 수준으로 조절

하여 주 1회 엽면시비 하였다.

라. 시비

시비시험으로는 육묘용으로 개발된 양액용 비료(N:P:K, 19:19:19)를 사용하여 수행하였으며, 무처리를 포함하여 각 원소 기준 50mg, 100mg 및 150mg · L^{-1}의 처리구로 설정하여 주 1회 실시하였다. 관수는 매일 실시하였으며 시비일의 경우에는 관수하지 않았다.

3. 결과 및 고찰

가. 적정 관수체계 수립

관수 주기를 달리하여 양묘한 공시 상수리나무, 굴참나무, 거제수나무 3 수종의 용기묘의 수고생장과 근원경생장은 매일 또는 2일의 관수 주기에서 생장이 가장 좋은 것으로 나타났으며 관수 주기 4일에서는 현저한 생장 저하가 관찰되었다(표 7-1, 7-2, 7-3).

용기양묘의 운영에 있어 최소 에너지 투입의 가능성을 탐구하고자 배양토에 흡습제를 첨가한 시험에서 비록 정상적인 관수 주기에 비해서는 낮은 생장을 보였지만, 7일 또는 10일의 관수 주기에서 이 정도의 생장을 보인 것은 상당히 고무적인 결과로 판단된다. 현재 대부분의 시설양묘가 여름철 온도 조절이 쉽지 않은 비닐온실에서 이루어지고 있는 실정에서 여름철 시설 내 고온과 고온에 따른 건조 조건을 고려할 때 더욱 그러하다고 사료된다.

위 결과를 고려할 때 적정 관수 주기는 주 2일이 적합한 것으로 판단된다. 아래에서 언급되고 있는 적정 시비체계와 마찬가지로 관수와 시비는 반드시 자동화 또는 반자동화 시스템을 구축하여야 하며 현재와 같이 적당한 때 충분

히 관수·시비하는 방식은 반드시 시정되어야 한다. 이는 경제적으로 용기양묘를 실행하는 데에도 밀접하게 관련되어 있기 때문이다.

관수 주기의 연장을 목적으로 시도된 흡습제의 첨가에 관한 시험은 보다 세밀한 설계를 통해 시험된다면, 또는 이러한 시도에 적합한 수종, 특히 상대적인 내건성 수종 등에 도입된다면 본 시험의 결과보다는 훨씬 긍정적인 효과가 있으리라 사료되므로 앞으로 지속적인 탐구가 요구된다.

표 7-1. 관수 주기에 따른 상수리나무의 수고 및 근원경생장

배 양 토[1]	주기(일)	1개월		2개월		3개월		4개월	
		수고(㎝)	근원경(㎜)	수고(㎝)	근원경(㎜)	수고(㎝)	근원경(㎜)	수고(㎝)	근원경(㎜)
배 양 토	1	8.3	2.37	27.0	3.03	33.1	3.86	34.7	4.09
배 양 토	2	17.6	2.29	28.2	2.88	34.0	3.87	36.5	4.23
배 양 토	4	16.2	2.14	23.1	2.56	27.4	3.12	30.2	3.49
배양토+흡습제 0.1%	4	16.9	2.17	22.4	2.68	28.1	3.05	31.0	3.47
배양토+흡습제 0.2%	7	14.3	2.00	19.3	2.47	24.3	2.88	26.2	3.09
배양토+흡습제 0.3%[2]	10	15.0	1.97	18.8	2.45	22.6	2.79	24.5	3.02

[1] 배양토 : 피트모스+질석+펄라이트(1:1:1, v/v/v)

[2] 본 처리구에서 5% 정도의 고사가 조사되었음

표 7-2. 관수 주기에 따른 굴참나무의 수고 및 근원경생장

배 양 토[1]	주기(일)	1개월		2개월		3개월		4개월	
		수고(㎝)	근원경(㎜)	수고(㎝)	근원경(㎜)	수고(㎝)	근원경(㎜)	수고(㎝)	근원경(㎜)
배 양 토	1	15.8	2.23	22.1	3.06	29.9	3.65	35.4	4.02
배 양 토	2	15.7	2.46	20.6	2.89	28.6	3.68	35.2	4.13
배 양 토	4	14.0	2.23	17.6	2.53	22.8	3.25	28.5	3.98
배양토+흡습제 0.1%	4	13.7	2.19	18.2	2.61	22.3	3.35	28.7	4.21
배양토+흡습제 0.2%	7	15.0	2.18	17.8	2.32	23.1	3.19	27.3	3.78
배양토+흡습제 0.3%[2]	10	14.9	2.00	16.5	2.34	19.4	3.01	25.8	3.55

표 7-3. 관수 주기에 따른 거제수나무의 수고 및 근원경생장

관수주기 (일)	1개월		2개월		3개월		4개월	
	수고(㎝)	근원경(㎜)	수고(㎝)	근원경(㎜)	수고(㎝)	근원경(㎜)	수고(㎝)	근원경(㎜)
1	2.8	1.12	8.7	1.44	21.5	2.43	40.3	4.38
2	2.7	1.04	8.9	1.57	18.7	2.58	35.5	4.84
4	2.2	0.94	7.7	1.40	14.4	2.31	27.3	3.90

나. 적정 시비체계 수립

현재 용기양묘에서 대부분 수동(주로 전동 분무기)으로 실시하고 있는 시비를 최소한 반자동시스템으로의 전환이 가능한 적정 체계를 수립하고자 본 시험이 실시되었다. 용기양묘를 실시한 결과를 미루어 볼 때, 상수리나무의 수고생장은 질소 농도 기준 100mg・150mg・L^{-1}에서 보다 큰 차이는 없이 가장 높은 생장을 보였으며 근원경생장은 100mg・L^{-1}에서 다른 농도에서 보다 높은 생장을 보였다(표 7-4).

굴참나무의 수고생장은 150mg・L^{-1}에서, 근원경생장은 100mg・L^{-1}에서 상대적으로 높은 생장이 조사되었다(표 7-5). 거제수나무의 수고생장은 150mg・L^{-1}에서 높았으며 근원경생장은 100mg・L^{-1}에서 좋은 생장을 나타내었다(표 7-6).

본 시험에 사용될 비료를 선정하고자 현재 시중에서 판매되고 있는 거의 모든 종류의 시설양묘용 비료의 성분과 1995년도부터 2000년도까지 실시되었던 시설양묘에 관한 농림부 첨단과제의 결과를 고려하여 육묘용으로 사용되고 있는 멀티피드 19(N:P:K, 19:19:19)를 사용하였으며, 위 결과를 고려할 때 주 1회 시비 시 질소 농도 기준 100mg・L^{-1}의 농도가 적합하다고 판단된다.

표 7-4. 시비 수준에 따른 상수리나무의 수고(cm) 및 근원경생장(mm)

N 농도 (mg · L^{-1})	1개월		2개월		3개월		4개월	
	수고	근원경	수고	근원경	수고	근원경	수고	근원경
0	15.9	2.10	21.2	2.52	26.4	3.32	27.8	4.10
50	16.9	2.40	25.5	3.02	31.5	3.76	33.3	4.57
100	17.3	2.35	27.6	3.23	33.6	4.10	36.2	4.82
150	16.6	2.32	28.5	2.94	33.6	3.83	36.2	4.64

표 7-5. 시비 수준에 따른 굴참나무의 수고(cm) 및 근원경생장(mm)

N 농도 (mg · L^{-1})	1개월		2개월		3개월		4개월	
	수고	근원경	수고	근원경	수고	근원경	수고	근원경
0	14.8	2.15	18.7	2.43	22.9	2.99	24.1	3.10
50	15.3	2.42	21.4	3.10	26.7	3.63	30.7	4.42
100	15.5	2.65	21.4	3.04	26.0	3.66	32.8	4.52
150	16.9	2.43	24.5	2.71	31.6	3.33	35.2	4.41

표 7-6. 시비 수준에 따른 거제수나무의 수고(cm) 및 근원경생장(mm)

N 농도 (mg · L^{-1})	1개월		2개월		3개월		4개월	
	수고	근원경	수고	근원경	수고	근원경	수고	근원경
0	2.1	1.08	5.4	1.50	16.5	2.13	23.1	3.34
50	2.9	1.29	9.0	1.84	25.2	3.35	40.2	4.31
100	3.4	1.52	12.3	2.32	29.3	3.35	45.3	4.36
150	3.9	1.39	12.5	2.08	32.4	3.21	47.4	4.32

제 8절 실내·외 및 노지-용기 상호 연계양묘 적정 체계 정립 시험

1. 연구목적

시설에서 생산된 용기묘를 실외의 최소 시설에서 생육시켜 보다 경제성 있는 양묘체계 수립을 시험하고자 하였으며, 또한 수종 특성을 고려한 노지-용기 또는 용기-노지 상호 연계양묘의 적정 체계 정립시험을 시도하고자 하였다.

2. 연구내용 및 방법

가. 실내·외 연계양묘 정립

비닐온실에서 양묘한 용기묘를 용기 그대로 또는 보다 큰 용적의 용기에 이식하여 실외에서 다시 양묘하여 보다 경제적인 용기대묘를 생산하고자 한다. 비닐온실을 효율적으로 사용하여 경제성을 확보하면서도 대묘를 생산하는 용기양묘의 장점을 살리는 최소한의 에너지를 투입하는 묘목 생산방법이다.

1) 공시수종

비닐온실에서 5개월 동안 플라스틱 15구(350㎖/구)에서 양묘한 소나무 1-0 용기묘와 자작나무 1-0 용기묘를 대상으로 하였다. 소나무 용기묘의 생육비교를 위하여 시설 내에서 104구 용기에서 자란 소나무 1-0 용기묘를 15구 용기에 옮겨 시설에서 계속 자라게 하였으며, 노지묘와의 비교를 위해 건국대학교 실습포지에서 자라고 있는 소나무 1-1묘를 사용하였다.

2) 용기 이동 및 이식

2003년 4월 중순부터 비닐온실에서 양묘한 소나무 1-0 용기묘는 소형 스프링클러와 간이 용기받침대만을 설치한 실외로 2004년 3월초에 용기 그대로 이동한 후 다시 양묘를 실시하였다. 그리고 2003년 4월 중순부터 비닐온실에서 양묘한 자작나무 1-0 용기묘는 2003년 9월말에 보다 큰 1ℓ와 2ℓ용적의 플라스틱 용기에 이식하여 실외에서 소나무 1-0 용기묘와 동일하게 양묘하였다.

3) 관수

관수는 생육이 활발한 5~9월에는 가급적 매일 관수를 실시하였다. 단, 강우가 오는 날은 관수를 하지 않았다.

나. 노지-용기 또는 용기-노지 상호 연계양묘 체계 수립

노지에서 생산되는 직근성 수종을 대상으로 노지에서 생산된 1-0묘를 용기로 이식하여 보다 세근이 발달한 우량 묘목을 생산하고자 실시되었다. 또한 소나무 1-0 용기묘를 노지에 이식하여 세근 및 생육상황이 보다 좋은 묘목을 생산하고자 한다. 이를 활용하여 노지와 용기양묘의 장점이 서로 결합하여 상승할 수 있는 노지-용기 상호 연계양묘 적정 체계를 수립하고자 한다.

1) 노지-용기 연계양묘

가) 공시수종

직근성 수종인 상수리나무와 찰피나무를 공시수종으로 하였다. 이들 수종은 잘 알려져 있는 대로 직근이 잘 발달하는 대신 세근의 발달이 저조하여 이들 수종의 양묘 시 파종상 또는 이식 시점에 단근처리를 실시하여 세근의 발

달을 유도하고 있다.

나) 종자파종

상수리나무 종자는 2002년 9월 경기도 광주시 소재 건국대학교 연습림에서 채집하여 저온저장한 후 2003년 3월 30일 건국대학교 생명환경과학대학 실습포장에 파종하였으며, 찰피나무 종자는 2002년 9월 건국대학교 교정에서 채집한 후 바로 파종하였다.

다) 뿌리단근

두 수종의 1-0묘는 일반적인 노지양묘과정을 통하여 생산하였으며, 2003년 10월 굴취하여 상기 실습포장에서 가식, 월동시켰다. 2004년 4월 17일 월동시킨 묘목 중 묘목의 품질이 육안으로 균일한 묘목을 선별하여 뿌리를 각각 3cm, 6cm, 9cm로 남기고 잘라 플라스틱 15구 용기(350㎖/구, 구 크기 ∅ 7.5*14cm)에 이식하여 건국대학교 용기양묘용 비닐온실에 배치하였다.

라) 생육환경조절

본 시험에 사용한 배양토는 피트모스, 질석, 펄라이트를 1:1:1(v/v/v)로 혼합하여 사용하였으며, 관수의 경우는 시험 초기인 4~5월에는 주 3~4회, 6~8월에는 매일 1회 또는 2회, 9월에는 다시 주 3~4회로 자동 시스템으로 설정하여 실시하였다. 시비는 생육 개시 후부터 멀티피드 19(N:P:K, 19:19:19)를 1000배 수준으로 조절하여 주 2회 엽면시비 하였다.

2) 용기-노지 연계양묘

가) 공시수종

비닐온실에서 용기양묘한 소나무 1-0 용기묘를 대상으로 하였다.

나) 노지이식

비닐온실에서 5개월 동안 양묘한 소나무 1-0 용기묘(수고 11.5㎝, 근원경 1.57㎜)를 2003년 9월 30일에 노지 포지에 81본/㎡, 100본/㎡ 이식하였다.

다) 묘포관리

노지의 묘포관리는 양묘시업표준에 준하여 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 실내·외 연계양묘 정립

1) 소나무 2-0 용기묘

비닐온실에서 양묘한 소나무 1-0 용기묘(수고 11㎝, 근원경 2.05㎜)를 그 다음해 봄에 실외로 용기 그대로 간이 경화처리대 위에 옮긴 후 1년 동안 양묘한 결과, 실내·외 소나무 2-0 용기묘가 실내 소나무 1-1 용기묘와 소나무 1-1 노지묘 보다 근원경 생장이 월등히 좋았으며 건중량도 높은 것으로 조사되었다(표 8-1). 보다 경제적으로 양묘하기 위해서는 소나무 용기묘는 일년 동안 실내에서 양묘를 실시한 후 최소한의 시설을 갖춘 실외에서 양묘를 다시 실행하는 것이 효율적으로 판단되며, 이를 통해서 용기대묘를 생산할 수 있는 가능성이 기대된다. 그리고 현재 플라스틱 40구(250㎖/구)에서 양묘를 실행하는 소나무 2-0 용기묘도 실내·외 용기양묘로 전환할 수 있는 연구가 필요한 것으로 판단된다.

표 8-1. 실내·외 소나무 2-0 용기묘 생육상황 및 건중량

구 분	생 육 상 황		건 중 량 (g)			
	수고(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계
2-0 용기묘[1)]	20.7	7.04	3.17	3.45	3.57	10.19
1-1 용기묘[2)]	22.5	5.07	2.25	2.55	2.76	7.56
1-1 노지묘	18.4	4.20	2.13	1.87	2.67	6.67

[1)] 실내·외 2-0 용기묘(실내 비닐온실에서 양묘하여 그 다음해 봄에 실외로 플라스틱 15구 용기 그대로 옮긴 후 양묘)

[2)] 실내 1-1 용기묘(비닐온실에서 5개월 동안 플라스틱 104구에서 양묘한 소나무 용기묘를 플라스틱 15구로 이식한 후 다시 양묘한 용기묘)

2) 자작나무 2-0 용기묘

실내 비닐온실 플라스틱 15구(350㎖/구)에서 양묘한 자작나무 1-0 용기묘(수고 55.5㎝, 근원경 5.8㎜)를 당년 가을에 더 큰 용기로 이식하여 실외 간이 경화처리대 위에 옮긴 후 양묘한 결과, 용적이 크면 생육상황과 건중량이 좋은 것으로 나타났다(표 8-2). 그리고 두 용적 모두 간장이 110㎝ 이상이므로 실외에서 용적이 큰 용기를 이용하여 용기대묘를 생산하는 것이 가능한 것으로 판단된다.

표 8-2. 실내·외 자작나무 1-1 용기묘 용적별 생육상황 및 건중량

구 분	용 적 (ℓ)	생 육 상 황		건 중 량 (g)			
		수고(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계
실내·외 자작나무	1	113.4	8.89	12.74	20.99	22.70	56.43
1-1 용기묘[1)]	2	125.8	10.97	15.68	22.64	30.41	68.73

[1)] 플라스틱 15구(350㎖/구)에서 양묘한 자작나무 1-0 용기묘(수고 55.5㎝, 근원경 5.8㎜)를 당년 가을에 이식함

나. 노지-용기 또는 용기-노지 상호 연계양묘 체계 수립

1) 노지-용기 연계양묘

가) 상수리나무

상수리나무 노지묘를 단근하여 용기로 이식하여 생육시험한 결과, 남긴 뿌리의 길이가 길수록 수고생장과 근원경생장이 양호한 것으로 조사되었다(표 8-3, 8-4). 용기에서 생육 5개월 후의 수고는 남긴 뿌리가 9cm인 경우 수고가 75.6cm를 기록하여 수고 생장율이 74.6%에 달한 반면 남긴 뿌리 3cm에서는 30.1%의 수고 생장율을 기록하였다. 근원경 생장율은 수고생장보다 더 현저한 차이가 조사되었다. 건중량에 있어서도 거의 2배에 이른 것으로 조사되었다.

한편 뿌리 길이를 3cm 남기고 잘라 이식한 시험에서는 전체 시험 대상 묘목의 39.3%가 고사하였으며, 6cm의 경우는 12.6%, 9cm의 경우는 1.5%의 고사율을 나타내어 남긴 뿌리의 길이가 길수록 생존율이 높음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 상수리나무 노지묘 1-0묘의 용기묘 생산의 경우에는 뿌리를 3내지 6㎝로 자르는 것보다는 뿌리를 9㎝ 이상으로 잘라 용기에 이식하는 것이 묘목의 뿌리발달, 생존 및 생육상황에 좋은 것으로 판단된다.

표 8-3. 상수리나무 1-1 노지-용기묘의 수고 및 근원경생장

남긴 뿌리 (cm)	0개월[1]		3개월		5개월	
	수고(cm)	근원경(mm)	수고(cm)	근원경(mm)	수고(cm)	근원경(mm)
3	44.9	3.61	51.7	4.80	58.4	5.74
6	43.6	3.79	59.1	6.21	63.3	7.34
9	43.3	3.65	70.2	7.45	75.6	8.45

[1] 상수리나무 노지 1-0묘의 규격임.

표 8-4. 상수리나무 1-1 노지-용기묘의 생육상황 및 건중량

남긴 뿌리 (cm)	생 육 상 황		건 중 량 (g)			
	수고(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계
3	58.4	5.74	4.96	6.54	3.62	15.12
6	63.3	7.34	5.28	7.38	5.87	18.53
9	75.6	8.45	7.09	10.94	9.84	27.87

나) 찰피나무

찰피나무의 경우에도 상수나무에서와 같이 남긴 뿌리의 길이가 길수록 수고 및 근원경 생장이 양호하였다(표 8-5, 8-6). 용기에서 생육 5개월 후의 수고 및 근원경 생장율을 보면, 3cm의 경우 각각 37.2%와 34.9%인 반면 9cm에서는 130.4%와 11.1.3%를 기록하여 뚜렷한 생장 차이를 보여 주었다. 고사율의 경우에는 상수리나무에서 보다는 낮은 고사율을 보여, 3cm에서는 12.2%를 기록하였다.

표 8-5. 찰피나무 1-1 노지-용기묘 수고 및 근원경생장

남긴 뿌리 (cm)	0개월[1)]		3개월		5개월	
	수고(cm)	근원경(mm)	수고(cm)	근원경(mm)	수고(cm)	근원경(mm)
3	18.8	6.6	23.7	8.4	25.8	8.9
6	17.9	6.8	31.8	10.1	40.3	12.4
9	18.4	6.2	35.9	11.3	49.7	13.1

[1)] 찰피나무 노지 1-0묘의 규격임.

표 8-6 . 찰피나무 1-1 노지-용기묘의 생육상황 및 건중량

남긴 뿌리 (cm)	생 육 상 황		건 중 량 (g)			
	수고(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계
3	25.8	8.9	3.87	4.69	4.98	13.54
6	40.3	12.4	4.12	5.24	6.25	15.61
9	49.7	13.1	5.65	7.68	12.02	25.35

2) 용기-노지 소나무 1-1 묘목

용기-노지 소나무 1-1 묘목은 노지 1-1묘에 비하여 근원경 생장과 건중량이 월등히 좋은 것으로 조사되었다(표 8-7). 이는 플라스틱 104구 용기(63㎖/구)에서 양묘된 용기묘의 뿌리가 생육상토와 완전히 밀착하여 노지에 이식·활착되어 용기묘의 장점이 충분히 발휘된 것으로 판단된다. 그리고 5개월간 양묘된 소나무 용기묘를 노지에 이식할 때 적정 이식본수는 81본/㎡와 100본/㎡와 차이가 없는 것으로 조사되어 이식본수는 100본/㎡가 보다 양묘시업에 편리할 것으로 판단된다. 이식본수는 용기묘의 생육상태, 양묘계획 그리고 조림방법에 따라 결정되어야 할 것이며 이에 대한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

표 8-7. 용기·노지 소나무 1-1 묘목의 생육상황 및 건중량

구 분		생육상황		건중량 (g)			
		수고(㎝)	근원경(㎜)	잎	줄기	뿌리	계
용기·노지 1-1 묘[1)]	81본/㎡	24.6	8.15	3.98	4.12	5.56	13.66
	100본/㎡	23.4	7.98	3.77	4.23	5.49	13.49
노지 1-1 묘		18.4	4.20	2.13	1.87	2.67	6.67

1) 플라스틱 104구 용기에서 양묘한 소나무 용기묘를 노지에 이식한 후 다시 양묘한 묘목

제 9절 용기양묘 경제성 분석

1. 연구목적

용기양묘는 노지양묘에 비하여 보다 세밀하고 구체적인 시업체계를 요구하는 육묘공장 개념을 가지고 있으며 이를 산업화할 수 있는 장점을 골고루 갖추고 있다. 이에 따라 경영적인 관점에서 우리나라 실정에 적합한 용기양묘 운영체계를 분석하여 그 효율성을 높이고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

가. 온실종류

현재 우리나라에서 주로 사용하고 있는 농가보급형 비닐온실 J형을 대상으로 하였다.

나. 대상수종

대상수종은 소나무 1-0과 2-0 용기묘 및 상수리나무 1-0 용기묘를 대상으로 하였다. 소나무 용기묘는 동해안 대형 산불피해지 복구를 위하여, 상수리나무 용기묘는 노지양묘에서 보이는 직근성 뿌리 특성을 용기에서 세근발달을 촉진시킨 용기묘로 생산하여 현지 활착율을 높이기 위하여 실시하고 있다.

다. 경제성 분석

경제성 분석은 현재 사용하고 잇는 용기묘 단가를 대비하여 경제성을 분석하였다. 용기묘 가격은 산림청 고시가를 기준으로 하였으며, 단가가 고시되지 않은 수종은 산림청 상수리나무 1-0 용기묘 고시 단가를 기준으로 대비하여

산정하였다. 경제성 분석은 용기양묘 적정 경영규모, 시설 및 자재 투자비, 생산소득을 중심으로 단순 분석하였다.

라. 용기묘 단가

용기묘 단가는 산림청 공시단가를 근거로 하였으며 차지료 및 종자대, 시설비, 재료비, 인건비 등으로 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 용기양묘 적정 규모 분석

용기양묘에 필요한 적정 규모는 현재 그리고 미래 수요에 대한 예상, 사용할 용기형태 및 매년 생산할 용기묘의 본수에 의하여 결정된다. 대부분의 임업선진국에서는 이미 양묘산업을 노지양묘에서 시설양묘로 전환하였고 많은 나라들의 양묘체계가 시설양묘로 전환되는 추세임을 감암할 때 우리나라도 우선적으로 시설양묘 규모 확대를 통한 묘목생산 경쟁력을 도모해야 할 것으로 본다.

미국의 남부지방에서 시설온실의 경제성, 용기형태 그리고 노지양묘 묘목생산량 등을 분석한 결과, 용기양묘 경영규모는 연간 3~4백 만본 이상의 묘목을 생산할 수 있는 능력을 가져야 한다고 보고하였다. 우리나라에서는 선진국과 같이 대규모 생산능력을 갖추기에는 많은 어려움이 산재하고 있지만, 최소한 용기양묘가 노지양묘와 비교하여 경제성과 경쟁력을 가지려면 집약관리를 통한 묘목의 대량생산뿐만 아니라 경영적으로도 운영할 수 있는 규모를 가져야 한다. 이에 따라 1인이 집약관리 할 수 있는 용기양묘 규모는 최소한 온실규모를 농가지도형 비닐온실 J형(728㎡/동)을 기준으로 할 때 4개동(2,912㎡: 881평)으로 분석된다(표 9-1).

현재 우리나라에서 국유양묘장 9개소, 한국양묘협회 정회원 61명(용기양묘를 원하는 회원 45명) 전체가 각각 비닐하우스 4동에서 양묘를 실시한다고 하면, 침엽수는 12,406,176본 활엽수는 12,788,663본이 생산되어 총 25,194,839본이 생산될 것이다. 이때 용기양묘 비율은 우리나라 조림 사업량이 49,048,000본(2005년)임을 감안하면 약 51.4%를 차지할 것으로 분석된다. 그리고 국유양묘장 9개소, 한국양묘협회에서 용기양묘를 원하는 45명이 양묘를 한다고 하면 총 19,373,058본이 생산될 것이며, 이때 용기양묘 비율은 39.5%를 차지하는 것으로 분석된다. 따라서 온실규모를 농가지도형 비닐온실 J형(728㎡/동) 4동 이상으로 하더라고 우리나라 전체 묘목생산에 전혀 문제점이 없으며, 보다 더 시설온실의 규모를 확대하여 임업선진국처럼 양묘산업의 경쟁력 확보 및 산업화를 유도하여야 할 것으로 사료된다.

그리고 필요한 비닐온실 면적이 2,912㎡이면, 그 면적만큼의 경화처리를 실행할 수 있는 장소가 필요하다. 그리고 양묘작업온실, 사무실, 관정, 자재보관창고 및 도로를 고려하면 용기양묘 규모는 비닐온실 면적의 3배 정도인 8,736㎡(2,643평)가 필요할 것으로 판단된다.

표 9-1. 시설온실 확대에 따른 묘목 생산본수 및 용기양묘 비율(안)[1)]

구 분		농가지도형 비닐온실 J형			비 고
		침 엽 수	활 엽 수	계	
국유양묘장+양묘협회 전회원	비닐온실	83동	193동	276동	국유양묘장 8개소, 한국양묘협회 정회원 61명(용기양묘 희망 45명) 침엽수 : 4,152용기/동*40구*득묘율90%*동수 활엽수 : 4,650용기/동*15구*득묘율98%*동수
	생산본수	12,406,176본	13,192,515본	25,598,691본	
	용기양묘	25.3%	26.9%	52.2%	
국유양묘장+양묘협회 희망회원	비닐온실	64동	148동	212동	
	생산본수	9,566,208본	10,116,540본	19,682,748본	
	용기양묘	19.5%	20.6%	40.1%	

1) 용기양묘 비율은 2005년 조림본수 49,048,000본을 기준. 침엽수 : 활엽수 비율을 약 50 : 50으로 설정(침엽수는 플라스틱 40구 용기, 활엽수는 플라스틱 15구 용기)

나. 용기양묘 투자비 산정

1) 생산기반 조성

용기양묘 생산기반을 조성하기 위해서는 기본적으로 온실, 관정시설이 필요하며 양묘방법에 따라서 자동 또는 자가 종자파종시스템이 필요하다. 용기양묘 적정 규모로 생산기반을 조성하는데 최소한 86,048,000원(농가지도형 비닐온실 J형 4동 및 관정 1정) 이상을 투자하여야 하는 것으로 분석되었다.

가) 농가지도형 비닐온실 J형

현재 농업진흥청에서 우리나라 여건에 적합하게 설계한 농가지도형 비닐온실을 권장하고 있다. 이 온실은 전국 어디서나 시설이 가능하고(지역의 기상조건에 따라 약간 보강이 필요) 국산 기자재를 기본으로 설계하였기 때문에 시공이 편리하다. 또한 시설자재의 국산화, 규격화로 대량생산 체제에 따른 시설비 절감이 가능하다.

농가지도형 비닐온실은 구조적으로 적설심 9.5cm, 풍속 17.4m/sec 정도에 견디는 구조로 설계되었으며, 강풍 및 다설지역은 서까래 간격 파이프를 구조적으로 보완하여야 한다. 현재 우리나라에서 실행하고 있는 산림용 용기묘 생산은 주로 농가지도형 비닐온실 J형에서 이루어지고 있다(그림 9-1). 비닐온실 사양기준은 길이 97×폭 7.5×높이 3.9m로 면적이 728㎡(220평)이다. 이 온실은 농가지도형 비닐온실 중에서 구조 안전성이 높으며, 지붕이 곡면으로 되어 있어 내풍성이 크고 광선이 고르게 입사하는 이점이 있다.

농가지도형 비닐온실 J형 시설비는 1동당 20,012,000원이 소요된다(표 9-2).

그리고 시설양묘는 소수의 전문가에 의한 집약경영이 가능하므로 온실은 최소한 4동 이상이 되어야 묘목생산 경쟁력을 확보할 수 있을 것이며, 이때 필요한 시설비는 86,048,000원 이다.

나) 관정

용기양묘는 노지양묘처럼 많은 물의 양을 요구하지 않으며 물의 품질에 따라 절대적으로 좌우되지 않는다. 그러나 용기양묘는 가급적 좋은 물이 바람직하고 적절하게 관수 및 시비할 수 있는 물의 양이 필요하므로 중형관정시설을 갖출 필요가 있다.

다) 자동종자파종시스템

자동종자파종시스템은 생육상토를 용기에 채우는 과정에서부터 종자를 파종하여 복토하는 일련의 과정을 자동화한 시스템을 말한다(그림 9-2). 이 시스템은 상토공급충전기, 다기능파종기가 주요 기능으로 구성된다. 현재 이 시스템을 구축하는데 필요한 경비는 고가이므로 비닐온실이 적정 규모 이상이 되었을 때 필요한 장비이며, 대상수종의 종자 크기에 따라 적용 여부를 판단하여야 한다. 일반적으로 종자파종은 반자동화하는 것이 효율적일 것이다.

비닐온실에는 관수・시비시설, 용기받침대, 환풍기 등이 필요하며 이에 소요되는 비용은 다음과 같다(표 9-2).

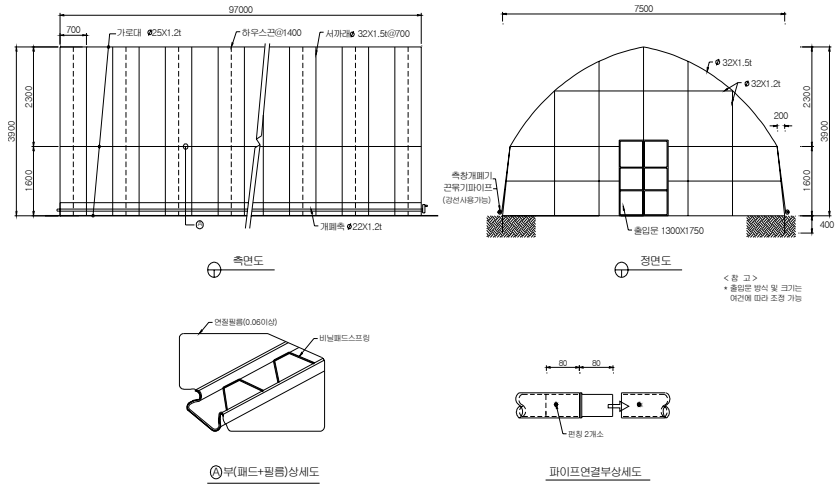


그림 9-1. 농가보급형 비닐온실 J형 설계도면(농촌진흥청)

표 9-2. 용기양묘 시설투자비[1)]

구 분			수량	단위	단가(원)	금액(원)	비 고
시설온실	**소 계**					**20,012,000**	
	비닐온실		728	㎡	11,000	8,008,000	농가지도 J형
	관수시설		220	평	7,500	1,650,000	
	용기받침대		220	평	19,000	4,180,000	
	환 풍 기		2	개	70,000	70,000	
	시비시설		1	세트	2,000,000	2,000,000	
	기타 부대비		-	-	4,104,000	4,104,000	생육환경조절기 등
관정	**소 계**					**6,000,000**	
	중형관정		1	공	6,000,000	6,000,000	산림청
파종시스템	**소 계**					**30,700,000**	
	전자동	상토공급충전기	1	대	13,500,000	13,500,000	광폭형, FL-300W
		다기능파종기	1	대	16,000,000	16,000,000	광폭형, SD-1800W
		콤퓨레샤	1	대	200,000	200,000	2hp
		수동력콘베이어	1	대	1,000,000	1,000,000	CV-2000
	소 계					**2,300,000**	
	자가용파종기		1	대	2,300,000	2,300,000	SD-600:

1) 농가보급형 비닐온실 J형 1동을 대상으로 함.

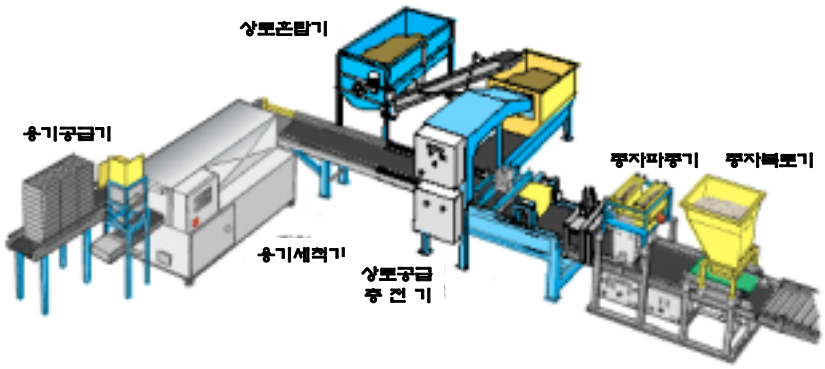


그림 8-2. 용기양묘 자동파종시스템

2) 생산자재

묘목생산에 소요되는 자재는 용기, 생육상토, 비료, 농약, 묘목운반용 포장상자이다. 이중에서 묘목운반용 포장상자는 우리나라에서 아직까지 운반·수송체계가 정립되지 않은 까닭에 이 항목에서 일단 제외하였다. 현재 용기종류별 대상수종은 플라스틱 15구는 자작나무 1-0과 같은 용기대묘, 플라스틱 24구는 상수리나무 1-0, 플라스틱 40구는 소나무 2-0, 플라스틱 104구는 소나무 1-0을 대상으로 하였다.

농가지도형 비닐온실 J형(1동) 생산자재비는 플라스틱 15구는 25,946,040원, 플라스틱 24구는 21,040,140원, 플라스틱 40구는 25,555,940원, 플라스틱 104구는 31,109,740원이 소요된다(표 9-3). 따라서 비닐온실 4동에 소요되는 자재비는 플라스틱 15구는 103,784,160원, 플라스틱 24구는 84,160,560원, 플라스틱 40구는 102,223,760원, 플라스틱 104구는 124,438,960원이 소요된다.

표 9-3. 용기양묘 용기종류별 자재투자비[1)]

구 분		수량	단위	단가(원)	금액(원)	비 고
플라스틱 15구	**소 계**				**25,946,040**	
	용 기	4,614	개	4,500	20,763,000	용적 500㎖/구
	생육상토	416	포	11,300	4,700,800	100ℓ
	비료(멀티피드19)	116	kg	2,400	278,400	
	농약(다찌까렌)	14,560	병	14	203,840	
플라스틱 24구	**소 계**				**21,040,140**	
	용 기	3,076	개	5,100	15,687,600	용적 350㎖/구
	생육상토	431	포	11,300	4,870,300	100ℓ
	비료(멀티피드19)	116	kg	2,400	278,400	
	농약(다찌까렌)	14,560	병	14	203,840	
플라스틱 40구	**소 계**				**25,555,940**	
	용 기	2,990	개	6,500	19,435,000	용적 250㎖/구
	생육상토	499	포	11,300	5,638,700	100ℓ
	비료(멀티피드19)	116	kg	2,400	278,400	
	농약(다찌까렌)	14,560	병	14	203,840	
플라스틱 104구	**소 계**				**30,109,740**	
	용 기	2,952	개	8,800	25,977,600	용적 63㎖/구
	생육상토	323	포	11,300	3,649,900	100ℓ
	비료(멀티피드19)	116	kg	2,400	278,400	
	농약(다찌까렌)	14,560	병	14	203,840	

1) 농가지도형 비닐온실 J형 1동을 대상으로 함(면적 728㎡), 상면적은 온실면적의 65%(473㎡)를 기준으로 함.

다. 용기양묘 생산소득(안) 도출

일반적으로 보다 큰 용기묘를 생산하기 위해서는 보다 더 넓은 양묘공간이 필요하므로 용기묘 가격은 이에 비례하여 증가하며, 묘령이 증가할수록 생산가격이 증가한다. 그리고 겨울철을 넘기거나 또는 1년에서 2년 이상 보유(저장 포함)할수록 용기묘에 피해를 미치는 위험성이 증가하므로 용기묘의 가격을 상정할 때 피해를 입은 용기묘의 가격이 추가되므로 생산가격이 증가한다.

용기묘 가격을 선정하는 데 있어 양묘, 포장, 저장, 수송 및 식재 등이 용기묘 가격에 영향을 미치고 있으나 무엇보다도 가장 중요한 것은 용기묘가 현지에서 활착하고 자유롭게 생장할 수 있는 용기묘의 품질에 대한 가격이다. 따라서 시설양묘에 대한 투자와 소득은 현지에 적응하는 용기묘의 품질, 즉 우량한 용기묘 생산에 우선적으로 맞추어야 할 것이다.

현재 시설양묘에 의해 생산되고 있는 용기묘에 대한 가격은 단지 소나무와 상수리나무 1-0 용기묘에 대하여 산림청에서 각각 300원/본(플라스틱 104구), 446원/본(플라스틱 24구)으로 선정하였다. 이 경우 묘목품질검사의 합격률이 95% 이상이고, 묘목생산비의 2%의 재해손비가 포함된 산정가격이다. 이 가격은 묘목을 완전포장하여 소정의 품질보증표를 첨부하여 차도에서 인도하는 가격이다.

용기종류별 생산본수 및 금액을 조사한 결과, 용기의 용적이 적을수록 묘목의 생육밀도가 줄어들어 생산본수가 증가하게 되므로 생산금액이 높아지고 있다(표 9-4). 농가지도형 비닐온실 J형 1동에서 플라스틱 104구는 생산본수가 약 380,000본, 생산금액은 약 115,000,000원인 반면 플라스틱 15구는 생산본수가 약 67,000본, 생산금액은 약 34,000,000원에 불과하다. 물론 용기별 대상수종에 대한 묘목단가의 차이가 분명히 있지만 그 편차는 크지 않을 것으로 판단된다. 따라서 묘목의 품질에 나쁜 영향을 미치지 않는 범위 내에서 온실 내 묘목 생산가능면적(상면적)을 가능한 한 확장하는 것이 좋은 대안 중의 하나로 보인다.

표 9-4. 용기양묘 용기종류에 따른 묘목 생산본수 및 소득

용기종류	용기사용 (개/동)	농가지도형 비닐온실 J형[1]			
		시업본수(본)	생산본수(본)	묘목단가(원)	총생산금액(원)
플라스틱 15구	4,614	69,210	67,825	498[2]	33,760,850
플라스틱 24구	4,272	102,528	92,275	446[3]	41,154,739
플라스틱 40구	4,152	166,080	149,472	381[3]	56,948,832
플라스틱 104구	4,100	426,400	383,760	300[3]	115,128,000

1) 상면적 473㎡(온실면적 728㎡의 65%). 생산본수는 시업본수의 득묘율을 90%로 함(단 플라스틱 15구는 98%).

2) 예상 묘목단가

3) 산림사업용 용기묘 단가(산림청, 2005)

라. 시설양묘 경영분석

용기양묘의 적정규모인 농가지도형 비닐온실 J형 5동을 기준으로 하여 소나무 2-0 용기묘, 상수리나무와 자작나무 1-0 용기묘 3수종을 대상으로 소득을 단순 비교분석한 결과, 투자비를 회수할 수 있는 손익분기점은 소나무 2-0 용기묘는 3.2년 이내, 상수리나무 1-0 용기묘는 1.5년, 자작나무 1-0 용기묘는 2.3년 정도에 손익분기점에 이르는 것으로 조사되었다(표 9-5). 따라서 현 시점에서의 이들 수종을 대상으로 한 시설양묘의 경우 상수리나무 1-0, 자작나무 1-0, 소나무 2-0 순으로 용기양묘를 실시하는 것이 유리한 것으로 판단된다.

그리고 용기양묘 생산체계를 구축하는데 약 170,000,000원~250,000,000원 정도의 초기 투자비가 필요하므로 양묘산업화를 위해서는 정책적으로 이를 구축할 수 있는 기반을 조성하는데 지원이 필요한 것으로 판단된다. 이와 더불어 용기양묘 대상수종별 기술보급과 더불어 묘목의 대량생산을 유도하여야 용기양묘가 제대로 정착할 수 있을 것이다.

표 9-5. 시설양묘 대상수종별 소득분석[1)]

대상수종	용 기	시설양묘 투자 및 소득분석(원)				손익분기점(년)[6)]
		투자비[2)]	생산비[3)]	생산소득[4)]	예상수익(년)[5)]	
소 나 무 2-0	플라스틱 40구	86,048,000	168,168,068	227,795,328	29,813,630	3.2
상수리나무 1-0	플라스틱 24구	86,048,000	97,799,687	160,244,352	62,444,665	1.5
자작나무 1-0	플라스틱 15구	86,048,000	90,808,648	131,199,096	40,390,448	2.3

1) 농가지도형 J형 비닐온실(면적 728㎡) 4동
2) 투 자 비 : 시설비+관정
3) 생 산 비 : 차지료 및 종자대+재료비+인부임
4) 생산소득 : 생산본수(본/동)*4동*용기묘 단가(원/본)
5) 예상수익(년) : 생산소득 - 생산비
6) 손익분기점 : (투자비+감가심각비10%)/예상수익

마. 용기묘 단가

현재 용기묘 단가는 상수리나무 1-0 용기묘 만이 446원/본(2005년산 가격)으로 산림청에서 규정하였다(표 9-6). 이 묘목단가는 2004년 잠정적으로 고시된 416원/본이 물가상승률과 더불어 5% 상향하여 반영된 가격이다. 이외에 소나무 2-0 용기묘 단가는 381원/본으로 잠정기준(안)을 정하여져 있다(표 9-7). 그리고 자작나무 1-0 용기묘 묘목단가를 2004년 산림청에서 공시한 상수리나무 1-0 용기묘(416원/본)의 시업기준에 근거하여 분석한 결과, 묘목단가는 498원/본으로 조사되었다.

우리나라에서 제일 먼저 고시된 용기묘 단가는 소나무 1-0 용기묘로 300원/본(2005년)이다. 소나무 1-0 용기묘는 1996년과 2000년에 대규모로 발생한 강원도 산불피해지에 대한 신속한 복구를 목적으로 하여 사업목적 및 기간 등의 여건으로 인하여 다소 용기묘 단가가 높은 경향이 있다. 올해까지 동해안 산불피해지 복구조림이 종결되므로 내년부터는 산불피해지 복구용 소나무 1-0

용기묘 생산이 일단은 중단되는 것으로 계획되었다.

현재 성공적으로 산불피해지를 복구한 소나무 1-0 용기묘의 사례와 같이 용기묘의 우수성은 인정하더라도 현재 우리의 실정에 비추어 조림 묘목 공급에 있어서 용기묘 생산의 비용이 일반 노지묘 생산보다 더 많이 소요된다는 생각으로 주저하고 있는 면도 있다.

일반적으로 묘목의 가격에 관한 논쟁에서 두 가지 서로 대립되는 주장을 만나게 된다. 하나는 용기묘의 가격이 노지묘보다 낮아야 한다는 논지이고 다른 하나는 반대로 높아야 한다는 주장이다. 전자의 경우에는 공장에서 균일한 물건을 대량생산 하는 경우 생산단가가 낮아지는 만큼 제품의 가격이 낮아지듯이, 용기묘의 경우에도 노지양묘의 단점으로 지적되어온 조방적인 경영과 생산된 묘목의 낮은 득묘율을 극복할 수 있다는 시스템이 강조되고 도입된 용기양묘이기 때문에 당연히 낮아야 한다는 논리이다. 후자의 경우에는 초기 시설투자 비용이 높으며 현재처럼 규모의 생산이 이루어지지 않은 시점에서는 대량생산에 따르는 이익이 없으므로 적정 가격산정 체계를 갖추고 그에 따른 묘목가격이 결정되어야 한다는 것이다. 이러한 용기묘 가격에 대한 인식의 차이가 우리 용기묘 산업 발전에 있어 하나의 큰 제한 요소로 분명히 작용하고 있다는 점이다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 우선 용기양묘에 적합한 대상수종을 선정하고 그다음 용기양묘의 가장 중요한 목적이며 목표인 균일한 묘목의 대량생산이 이루어지도록 하여야 할 것으로 판단된다. 이에 따라 시범적으로 우리나라 주요 조림수종인 자작나무를 대상으로 용기양묘를 실시할 필요성이 있는 것으로 판단되어 아래와 같이 분석하였다.

자작나무 1-0 용기묘는 묘목의 품질과 경제적인 관점에서도 자작나무 1-1 노지묘 보다 우위 또는 비슷할 것으로 사료된다(표 9-8, 9-9). 현재 조림현장에

서 소나무와 상수리나무 1-0 용기묘가 노지묘 1-1 보다 높은 활착율을 보이고 생육상황은 좋거나 비슷한 것으로 조사되고 있는 것을 미루어 보아 자작나무 1-0 용기묘 또한 1-1 노지묘 보다 현지식재시 활착과 생장이 좋을 것으로 판단된다(표 9-10).

그리고 현재 대다수 활엽수 1-1 노지묘의 묘목가격(본)은 수종에 따라 527원~722원(2005년 산림청 고시가격 기준)으로 형성되어 있다. 현재 활엽수 용기묘의 뿌리 발달이 월등한 것으로 조사되고 있다. 따라서 현재 노지양묘에서 뿌리발달을 충분히 하기 위하여 묘상에 한 번 더 이식하여 생산하고 있는 활엽수 1-1 노지묘와 유사한 묘목형질의 묘목을 생산한다면 용기묘의 경제성은 충분할 것이다. 현재까지 연구된 활엽수 용기대묘 대상수종은 자작나무류, 쉬나무, 헛개나무, 층층나무, 느릅나무, 마가목, 산벚나무 등으로 다양하다.

표 9-6. 상수리나무 1-0 용기묘 시업공정 및 생산비[1)]

구 분			수 량	단 위	단 가	금 액	비 고
차지료 및 종자대	소 계					2,238,818	
	◦차 지 료		728	㎡	181	131,768	2003년도 전(하)
	◦종 자		842.82	kg	2,500	2,107,050	2003년도 종자가격
시 설 비	소 계					7,382,100	
	◦시 설 온 실	비닐온실	728	㎡	11,000	1,601,600	5년사용
		관수시설	220	평	7,500	412,500	4년사용
		용기받침대	220	평	19,000	836,000	5년사용
		환 풍 기	2	개	70,000	28,000	5년사용
		시비시설	1	세트	2,000,000	400,000	5년사용
		기타 부대비	-	-	4,104,000	4,104,000	
재 료 비	소 계					10,554,266	
	◦용기(플라스틱 24구)		3,980	개	4,510	4,487,450	2회(4년)사용
	◦생육상토		38,208	ℓ	113	4,317,504	피트모스,펄라이트,질석을 동량혼합
	◦비 료(멀티피드 19)		116	kg	2,400	279,552	생육초기(1달, 2000배), 생육기(8달, 1000배)
	◦농 약(다찌가렌)		14,560	㎖	14	203,840	생육초기(1달 4회, 1000배)
	◦묘목운반용 포장상자		860	개	1,472	1,265,920	69,248본/120본/상자
인 부 임	소 계					11,034,742	
	◦종자정선		1.68	남	47,370	79,582	500kg/인
	◦종자발아촉진처리		5.62	남	47,370	266,219	4,616용기/350용기/인
	◦용기세척 및 분리		13.27	여	29,190	628,600	4,616용기/250용기/인
	◦생육상토 용기채우기		15.92	여	29,190	464,705	4,616용기/80용기/인
	◦종자파종 및 복토		49.75	여	29,190	1,452,203	파종상자50개/25상자/인
	◦보식용 종자파종		2.00	남	47,370	58,380	4,616용기/500용기/인*2회
	◦용기배치		15.92	여	29,190	754,130	4,616용기/300용기/인
	◦용기이동배치		6.67	여	29,190	194,697	4,616용기/200용기/인
	◦보 식		19.90	여	29,190	580,881	4,616용기/100용기/인
	◦이끼제거		19.90	남	47,370	580,881	4,616용기/200용기/인
	◦용기묘 포장		39.80	여	29,190	1,161,762	4,616용기/100용기/인
	◦용기묘 상차		4.30	남	47,370	203,691	4,616용기/200박스/인
	◦용기세척 및 보관		13.27	남	47,370	628,600	4,616용기/300용기/인
	◦온실 관리	관리인부	27.30	남	51,830	1,414,959	728㎡/4,000㎡/1인*5개월*30일
		일반인부	109.20	여	29,190	3,187,548	728㎡/1,000㎡/1인*5개월*30일
시업비 계 ①						31,832,022	
금 리 ②						254,656	시업비 계의 0.8%(①×0.8%)
생산비 계 ③						32,086,678	(③=①+②)
기업이익 ④						3,962,705	생산비 계의 12.35%(⑤×12.35%)
계 ⑤						36,049,383	(⑤=③+④)
재해손비						641,734	생산비 계의 2%(③×2%)
합 계						36,691,116	시업본수 95,520본
1,000본당 가격						426,800	득묘본수 85,968본(득묘율 90%)
1,000본당 조정가격				416,000		416,130	가격기준 97.5%

[1)] 산림청에서 2004년에 제정한 묘목단가(온실면적: 728㎡, 온실시업면적 : 473㎡).

표 9-7. 소나무 2-0 용기묘 시업공정 및 생산비(안)[1)]

구 분			수 량	단 위	단 가	금 액	비 고
차지료 및 종자대	소 계					378,068	
	◦차 지 료		728	㎡	181	131,768	2003년도 전(하)
	◦종 자		6.12	kg	101,000	618,120	2003년도 종자 고시가격
시 설 비	소 계					7,382,100	
	◦시 설 온 실	비닐온실	728	㎡	11,000	1,601,600	5년사용
		관수시설	220	평	7,500	412,500	4년사용
		용기받침대	220	평	19,000	836,000	5년사용
		환 풍 기	2	개	70,000	28,000	5년사용
		시비시설	1	세트	2,000,000	400,000	5년사용
		기타 부대비	-	-	4,104,000	4,104,000	
재 료 비	소 계					21,714,533	
	◦용기(플라스틱 40구)		4,152	개	6,500	13,494,000	2회(4년)사용
	◦생육상토		47,333	ℓ	113	5,348,629	피트모스(1):펄라이트(1):질석(1) 혼합
	◦비 료(멀티피드 19)		262.08	kg	2,400	628,992	생육초기(1달, 2000배), 생육기(8달, 1000배)
	◦농 약(다찌가렌)		29,200	㎖	14	408,800	생육초기(1달 4회, 1000배)
	◦묘목운반용 포장상자		1,246	개	1,472	1,834,112	149,472본/120본/상자
인 부 임	소 계					19,577,596	
	◦종자정선 및 발아촉진처리		0.61	남	47,370	28,89647,370	10kg/인
	◦용기세척 및 분리		13.84	남	47,370	655,601	4,152용기/300용기/인
	◦생육상토 용기채우기		16.61	여	29,190	484,846	4,152용기/250용기/인
	◦종자파종 및 복토		41.52	여	29,190	1,211,969	4,152용기/100용기/인
	◦용기배치		16.60	남	47,370	786,342	4,152용기/500용기/인*2회
	◦솎 음		13.84	여	29,190	403,990	4,152용기/300용기/인
	◦보 식		20.76	여	29,190	605,985	4,152용기/200용기/인
	◦이끼제거		69.20	여	29,190	2,019,948	4,152용기/120용기/인*2회
	◦춘추계관수		30.00	여	29,190	875,700	1인*2회/월*6개월
	◦동계 용기보관		8.30	남	47,370	393,171	4,152용기/500용기/인
	◦동계 관수		12.00	여	29,190	350,280	1인*2회/월*6개월
	◦춘계 용기배치		8.30	남	47,370	393,171	4,152/500용기/인
	◦용기묘 포장		41.52	여	29,190	1,211,969	4,152/100용기/인
	◦용기묘 상차		6.23	남	47,370	295,116	1,246상자/200상자/인
	◦용기세척 및 보관		13.84	남	47,370	655,601	4,152용기/300용기/인
	◦온실관리		54.60	남	51,830	2,829,918	4,000㎡/1인*10개월*30일
			109.20	여	29,190	3,187,548	1,000㎡/1인*10개월*30일
시업비 계						49,424,117	
금 리						1.680,420	시업비 계의 3.4%
생산비 계						51,104,537	
기업이익						6,311,411	생산비 계의 12.35%
계						57,415,948	
재해손비						1,022,091	생산비 계의 2%
합 계						58,438,039	시업본수166,080본
1,000본당 가격						390,964	득묘본수 149,472본(득묘율 90%)
조정가격						381,190	가격기준 97.5%

[1)] 산림청에서 2004년에 제정한 묘목단가(온실면적: 728㎡, 온실시업면적 : 473㎡).

표 9-8. 자작나무 1-0 용기묘 시업공정 및 생산비(안)[1)]

구 분			수 량	단 위	단 가	금 액	비 고
차지료 및 종자대	소 계					378,068	
	◦차 지 료		728	㎡	181	131,768	2003년도 전(하)
	◦종 자		3	kg	82,100	246,300	2003년도 종자가격
시 설 비	소 계					7,382,100	
	◦시 설 온 실	비닐온실	728	㎡	11,000	1,601,600	5년사용
		관수시설	220	평	7,500	412,500	4년사용
		용기받침대	220	평	19,000	836,000	5년사용
		환 풍 기	2	개	70,000	28,000	5년사용
		시비시설	1	세트	2,000,000	400,000	5년사용
		기타 부대비	-	-	4,104,000	4,104,000	
재 료 비	소 계					11,393,566	
	◦용기(플라스틱 15구)		4,616	개	4,500	5,190,750	2회(4년)사용
	◦생육상토		41,544	ℓ	113	4,700,800	피트모스,펄라이트,질석을 동량혼합
	◦비 료(멀티피드 19)		116	kg	2,400	279,552	생육초기(1달, 2000배), 생육기(8달, 1000배)
	◦농 약(다찌가렌)		14,560	㎖	14	203,840	생육초기(1달 4회, 1000배)
	◦묘목운반용 포장상자		692	개	1,472	1,018,624	69,248본/120본/상자
인 부 임	소 계					11,930,528	
	◦종자정선 및 발아촉진처리		1.00	남	47,370	47,370	1kg/인
	◦용기세척 및 분리		13.19	남	47,370	624,810	4,616용기/350용기/인
	◦생육상토 용기채우기		16.49	여	29,190	481,343	4,616용기/280용기/인
	◦종자파종 및 복토		1.00	여	29,190	898,468	4,616용기/150용기/인
	◦보식용 종자파종		9.24	여	29,190	29,190	파종상자10상자/인
	◦용기배치		15.39	남	47,370	437,699	4,616용기/500용기/인
	◦용기이동배치		11.54	여	29,190	449,234	4,616용기/300용기/인
	◦보 식		15.39	여	29,190	336,853	4,616용기/400용기/인
	◦이끼제거		11.54	여	29,190	449,234	4,616용기/300용기/인
	◦경화처리대 용기배치		9.24	남	47,370	437,699	4,616용기/500용기/인
	◦용기묘 포장		46.16	여	29,190	1,347,410	4,616용기/100용기/인
	◦용기묘 상차		3.46	남	47,370	163,900	4,616용기/200박스/인
	◦용기세척 및 보관		15.39	남	47,370	729,024	4,616용기/300용기/인
	◦온실 관리	관리인부	27.30	남	51,830	1,414,959	728㎡/4,000㎡/1인*5개월*30일
		일반인부	109.20	여	29,190	3,187,548	728㎡/1,000㎡/1인*5개월*30일
시업비 계 ①						30,080,262	
금 리 ②						240,674	시업비 계의 0.8%(①×0.8%)
생산비 계 ③						30,324,936	(③=①+②)
기업이익 ④						3,745,130	생산비 계의 12.35%(⑤×12.35%)
계 ⑤						34,070,066	(⑤=③+④)
재해손비						606,499	생산비 계의 2% (③×2%)
합 계						34,676,564	시업본수 69,248본
1,000본당 가격						510,979	득묘본수 65,785본(득묘율 98%)
1,000본당 조정가격				498,000		498,204	가격기준 97.5%

1) 상수리나무 용기묘 1-0 묘목단가(산림청, 2004)를 근거로 하여 제시함(온실면적: 728㎡, 온실시업면적 : 473㎡).

표 9-9. 자작나무 1-1 노지묘 시업공정 및 생산비(안)[1)]

구 분		수 량	단 위	단 가	금 액	비 고
차지료 및 종묘대	**소 계**				**13,632,000**	
	차 지 료	1,600	㎡	280	448,000	답 원/㎡, 전 원/㎡
	종 자 (접 삽 수)		kg, 천본		-	26.6g/㎡ * 1,000㎡
	유 묘	64	천본	206,000	13,184,000	
재료대	**소 계**				**256,353**	
	요 소	30	kg	265	7,950	30gr/㎡ (상면적)
	과 석	70	kg	184	12,880	70gr/㎡ (상면적)
	염화가리	15	kg	285	4,275	15gr/㎡ (상면적)
	퇴 비	2,000	kg	70	140,000	2kg/㎡ (상면적)
	제 초 제	540	cc	17	9,180	0.3cc/㎡*년 3회(보도면적)
	유 산 동	4	kg	739	2,771	3.75g/㎡*년 1회(상면적)
	생 석 회	4	kg	72	270	3.75g/㎡*년 1회(상면적)
	전 착 제	40	cc	1	40	0.04cc/㎡*년 1회(상면적)
	지오릭스	8	kg	601	4,808	5g/㎡*년 1회(전면적)
	디프테렉스		kg		-	
	다찌가렌		cc		-	
	차 광 망		m		-	
	철사 #8		m		-	
	철사 #16				-	
	짚	382	kg	60	22,920	일복용 kg/㎡ 포장용 3.75kg/곤포(12곤포)
	마 대	102	매	206	21,012	포장용 500본/곤포, 일복용 /㎡
	새 끼	1,020	m	7	7,140	일목용 m/㎡, 포장용 10m/곤포
	비닐테이프		개		-	
	파 라 핀		kg		-	
	방한설비		㎡		-	
	유류(경유)	29.00	ℓ	384	11,136	
	일반 농기구	1		4,250	4,250	
	농기계 경운	2		1,437	2,874	
	농기계 정지	1		252	252	
	농기계 관수				4,594	(1,011)원*(2)회+2,572원

인 부 임	**소 계**					**8,703,972**	
	경 운		2		27,977	55,954	
	정 지		1		20,700	20,700	
	조 상		12.50	남	46,470	580,875	80㎡/인일
	파종 또는 이식		66.60	여	28,740	1,914,084	이식 15㎡/인일
	일복시설			남		-	
				여		-	
	일복제거			남		-	
				여		-	
	약제 살포	토양살충	1.92	남	46,470	89,222	1,600㎡÷2,500/3인*1회
		토양살균	1.92	남	46,470	89,222	1,600㎡÷2,500/3인*1회
		일반살충				-	
						-	
		일반살균		남		-	
						-	
	시 비		6.60	여	28,740	189,684	300㎡/인 년 2회
	제 초		62.16	여	28,740	1,786,479	상 100㎡/인 년 6회 보 2,500㎡/3인 년 3회
	간인·결순제거			여		-	㎡/인 년 회
	묘포관리인부		21.60	남	50,910	1,099,656	50,910원*30일*9월*1,600㎡/20,000(감독)
	관 수		3.30	남	46,470	153,351	600㎡/인 년 2회
	배수로 수리		4.28	남	46,470	198,892	1,400㎡/3인 년 2회
	새 보 기			여		-	
	방한시설 및 제거			㎡		-	
	굴 취		33.30	남	46,470	1,547,451	30㎡/인
	선묘·결속·가식		12.70	여	28,740	364,998	4,000본/인
	포 장		10.20	남	46,470	473,994	10곤포/인(102곤포)
시업비 계						**22,592,325**	
금 리						564,809	시업비 계의 2.5%
생산비 계						**23,157,134**	
기업 이익						2,859,906	생산비 계의 12.35%
계						**26,017,038**	
재해손비						463,143	생산비 계의 2%
합 계						**26,480,181**	
1,000본당 가격						519,220	득묘본수 51,000본
1,000본당 조정가격					**506,000**	**506,239**	가격기준 97.5%

한편 노지양묘와 용기양묘를 선택할 때 고려할 사항을 정리하면 다음과 같다(표 9-11).

표 9-10. 자작나무 용기묘와 노지묘의 묘목형질 및 가격 비교

구 분		묘 목 형 질		묘목가격 (본)
		간 장	근 원 경	
자작나무	용기묘 1-0[1)]	50㎝ 이상	4.5㎜ 이상	498원
	노지묘 1-1	67㎝ 이상	5.2㎜ 이상	506원

[1)] 플라스틱 15구(500㎖/구), 잠정묘목규격(안)

표 9-11. 시설양묘와 노지양묘를 선택할 때 고려할 요인

고려사항	시설양묘	노지양묘
· 위도/고도	높은, 낮은 위도 높은, 낮은 고도	낮은 위도 낮은 고도
· 초기 자본투자	낮은 토지 비용 구조와 설비가 고가 최소한의 토지 준비	높은 토지 비용 기계화 정도에 따라 설비 비용이 다양함
· 토지요건	보다 적은 토지 필요 높은 묘목생산량	보다 많은 토지 필요 낮은 묘목생산량
· 토양 품질	중요하지 않음 인공생육상토 사용	중요함 물리·화학적요인 필히 점검
· 물 수 량	작은 양을 요구	많은 양을 요구
· 물 품 질	좋은 물이 바람직함	좋은 물이 절대적임
· 인 력	소수의 전문 인력	많은 인력이 필요
· 기계 및 설비	온실형태에 따라 설치	양묘장에 따라 다름
· 종자 효율성	고도의 종자 효율성 발휘	종자 효율성이 떨어짐
· 묘목회전 기간	3~8달	1~4년
· 묘목특성	소립종자, 낮은 발아율, 직근성 수종	보다 넓은 생육공간을 가진 활엽수종
· 병충해	극소수의 병충해, 환경적인 위험이 적음	토양 병원균·환경적인 손실 위험이 많음
· 묘목 저장	큰 저장공간	적은 저장공간
· 식재지역 이동	용적이 크고 무거움	가볍고 맞춤 포장가능
· 식재지역 여건	이동 피해 적음 높은 활착률	이동 피해 많음 묘목이 적절한 지역에 적합
· 식재시기	폭넓은 식재시기	짧은 식재식기

제 10절 선진 용기묘 시업기술 파악 및 국내 적용방안 탐구

1. 연구목적

임업선진국인 캐나다, 미국, 핀란드에서는 용기양묘에 의한 묘목생산이 이미 산업화 되어 있으며, 최근에는 멕시코, 칠레, 말레이시아, 이스라엘, 뉴질랜드 등 대부분의 나라에서 양묘형태가 노지양묘에서 용기양묘로 이미 양묘체계를 전환하였거나 급속히 전환하고 있는 추세이다. 따라서 본 연구에서는 현재 세계적으로 임업활동이 가장 활발하게 이루어지고 있는 나라인 북미 캐나다와 북유럽 핀란드의 용기양묘의 선진기술 등을 탐구하여 우리나라에서 본격적으로 시도하고 있는 용기양묘에 적용시킬 수 있는 자료로 활용하고자 하였다.

2. 선진 용기묘 시업기술 파악

가. 캐나다의 용기양묘

캐나다의 묘목생산은 대부분 용기양묘를 이용하고 있으며 캐나다 10주와 2특구 중에서 용기양묘가 가장 발달한 주인 브리티쉬 콜롬비아 주와 온타리오 주에서는 용기양묘에 의한 묘목생산이 전체 묘목생산량의 95%와 80%를 차지하고 있다.

용기양묘에 의해 생산되는 용기묘는 전자동으로 생육환경이 조절되는 유리온실, 준자동으로 조절되는 비닐온실 및 야외 시설에서 생산되고 있다. 최근의 용기묘 생산 동향을 보면 발달된 양묘기술을 바탕으로 생육기간을 길게 하여 보다 큰 용기묘를 생산하는 추세로 가고 있다. 캐나다에서 사용되고 있는 용기는 주로 스티로블록 용기를 사용하고 있으며, 플라스틱 용기, plug-plug 이식용기 등도 사용되고 있다. 용기 용적은 대개 39~336㎖의 범위이나 보다 큰 묘목을 생산하기 위하여 용기 용적이 점점 커지는 추세이다. 그리고 생육상토

는 제한된 용기 용적에서 건전하게 묘목을 양묘하고 조림지에서 활착·생육을 향상시키기 위하여 소량의 지효성 비료, 흡습제, 균근 등을 개발하고 있다.

그리고 조림 및 갱신과정에서 중요한 역할을 하는 용기양묘 묘목형태를 선정하기 위하여 수종과 입지조건 및 경험, 각 입지조건에 따른 최상의 묘목형태(수고, 근원경 등)을 근거로 하여 조림규범을 만들어 사용하고 있다(그림 10-1).

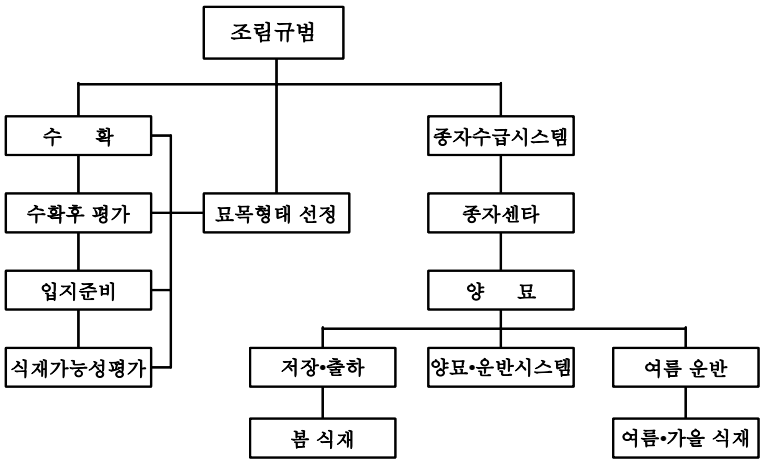


그림 10-1. 용기양묘 묘목형태선정에 있어 고려하여야 할 조림시스템 요소

1) 브리티쉬 콜롬비아 주

태평양의 연안에 위치한 브리티쉬 콜롬비아 주에서 산림산업은 국가산림경영에 있어서 아주 중요한 역할을 하고 있다. 브리티쉬 콜롬비아 주는 캐나다의 여러 주 중에서 가장 많은 묘목을 식재하고 있는데 2001년에는 캐나다 전체 묘목식재의 32.7%에 해당하는 205,458,000본을 식재하였으며, 1994년에 들어오면서부터는 용기묘 생산이 전체 묘목생산량에서 96% 이상을 차지하고 있다(그림 10-2). 브리티쉬 콜롬비아 주에서는 고도로 발달한 양묘기술로 식재시기에 따라 요구되는 묘목을 균일하게 대량생산이 가능하게 하고 있다. 양묘수

종은 일반적인 조림수종 뿐만 아니라 다양한 향토수종을 포함하여 20 수종 이상을 대상으로 하고 있다. 주요 생산수종은 글라우카가문비, 시트카가문비, 스트로브잣나무, 미송, 콘토르타소나무, 알라스카시다나무, 서양낙엽송 등이다.

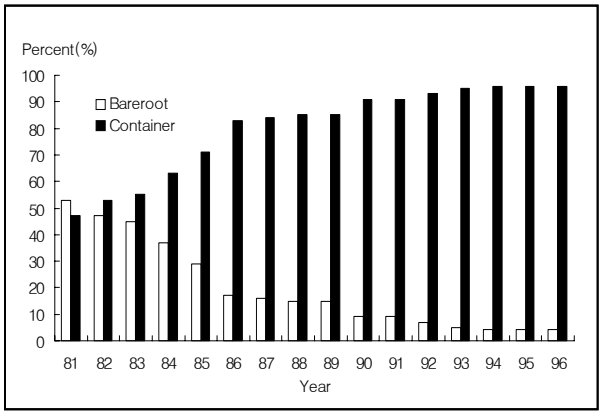


그림 10-2. 브리티쉬 콜롬비아 주 노지묘와 용기묘 생산비율(1981～1996)

2) 온타리오 주

온타리오 주는 캐나다에서 브리티쉬 콜롬비아 주 다음으로 많은 묘목을 식재하고 있는데 2001년에는 캐나다 전체 식재 본수의 22.6.%에 해당하는 142,087,000본을 식재하였다. 온타리오 주의 양묘산업은 매우 오래된 묘목 생산의 역사를 가지고 있기 때문에 묘목생산에 관련하여 여러 대에 걸친 양묘전문가를 양성하고 있으며 지역경제 및 전통을 이끌고 있다. 온타리오 주에서 최초로 용기양묘에 관한 연구가 1965년에 수행되었는데 이때 현대적인 용기의 원형인 'Ontario tube'에서 묘목 생산이 시도되었으며 1972년까지 이 용기로 생산된 용기묘는 2,900,000본이었다.

1981년에 주정부는 사유양묘장 설립을 위하여 브리티쉬 콜롬비아 주와 마찬가지로 상당한 자금을 지원하여 현재 온타리오 주에서는 34개의 사유양묘장이 운영되고 있으며 주에서 필요로 하는 모든 조림묘목을 생산하고 있다. 용기묘

는 온타리오 주에서 생산하는 총 묘목의 80%를 차지하고 있으며 양묘수종과 묘목형태, 온실구조 및 용기형태에 대한 연구는 지금도 지속적으로 수행되고 있다.

나. 핀란드의 용기양묘

산림갱신을 위한 집약적인 묘목생산은 1960년대 초부터 시작되었는데 주요 생산 수종은 구주소나무 노지묘이었다. 주로 노지묘 생산에 의해 주도되던 핀란드의 양묘산업은 1970년대 중반에서부터 도입되기 시작한 용기양묘에 의해 빠르게 그 비중이 감소되어 근래에 와서는 용기양묘에 의한 용기묘 생산이 90%에 이르고 있다.

핀란드의 양묘산업은 양묘기업체에 의해 주도되고 있다. 주요 조림수종인 구주소나무와 펜둘라자작나무 용기묘는 주로 1년생 묘목으로 생산되며 독일가문비 용기묘는 1년생과 2년생 묘목으로 생산된다. 이렇게 용기양묘 위주로 양묘기업체 중심의 양묘산업이 발전하면서 전국적으로 양묘장의 수는 감소되면서 양묘장별 묘목생산량은 증가하는 묘목생산의 집중화가 더욱 이루어질 것으로 예상되고 있다.

핀란드에서 용기양묘의 증가는 양묘산업에서 다양한 분야의 기술개발을 유도하고 있다. 생산된 묘목의 상온 또는 저온에서의 저장기술, 식재지로의 이동을 포함한 포장 및 운반기술 개발, 특히 핀란드에서는 용기묘 생산이 보편화되면서 연중조림이 가능해져 보다 쉽게 식재할 수 있는 식재의 기계화 방안도 임업 노동력 부족과 연관해 주요 기술개발 목표로 하고 있다. 이러한 식재 기계화를 이루기 위해서는 식재 기계화 작업의 적용이 용이한 식재지 정비기술 개발 또한 수반되며 기계화 식재에 더욱 적합한 용기묘 생산 기술개발도 새로운 연구 토픽으로 포함시키고 있다.

다. 이스라엘의 용기양묘

이스라엘에서의 조림은 강우량이 남쪽에서 북쪽까지 년 강우량이 200~650㎜ 밖에 되지 않는 열악한 토양을 지닌 불모지에서 실시되고 있다. 따라서 묘목의 품질은 매우 중요하다. 이스라엘에 식재되는 모든 묘목은 3개의 국영양묘장에서 생산되고 있다. 매년 약 30수종 3,000,000본이 생산되고 있으며 그 중 침엽수가 54%를 차지하고 있다. 국영양묘장에서는 지난 10년간 묘목의 품질을 향상시키기 위하여 노력을 끊임없이 하고 있다. 이스라엘에서의 묘목생산은 대부분 용기양묘에 의해 이루어지고 있으며 그들의 용기묘 생산과정은 매우 잘 정리되어 소개되고 있다.

종자발아는 환경조절이 되는 발아실에서 발아를 촉진시키고 있으며 발아 유묘를 생육할 용기에 이식하여 재배하고 있다. 침엽수종에 사용하는 용기의 용적은 240㎖이며 주로 Quickpot를 사용하고 있다. 반면에 활엽수종은 330~600㎖ Quickpot에서 양묘를 한다. 이들 용기는 뿌리의 세근발달을 촉진시키기 위하여 공기단근효과를 유도하도록 설계되어 있다. 생육상토는 피트모스와 펄라이트를 7:3으로 혼합하여 사용하고 생육환경 조절과 관리에 필요한 모든 시스템은 컴퓨터로 제어된다. 시비시스템은 필요에 따라 관수시스템을 이용하고 있다.

현재 이스라엘의 양묘에 대한 연구는 열악한 환경에서 보다 활착 및 생장을 향상시키기 위하여 식재시기 구명, 묘목 경화처리, 흡습제와 균근 사용에 초점을 맞추고 있다.

3. 선진 용기양묘장 소개

전 세계적으로 용기양묘가 가장 발달한 나라 중의 하나인 캐나다의 브리티쉬 콜롬비아 주에는 주립양묘장 2개, 사설양묘장 40 여개가 있다. 이중에서 주

립양묘장, 연합양묘장, 기업양묘장 각각 1개씩의 양묘장의 규모 및 특징을 조사하였으며 이들 양묘장의 시업체계 전 과정 및 현재 시업기술은 아래와 같다.

가. Surrey Nursery (주립양묘장)

브리티쉬 콜롬비아 주에는 2개의 주립양묘장(Surrey Nursery와 Skimikin Nursery)이 있다. Surrey Nursery는 현재 186ha(558,000평)의 크기로 연간 14,000,000본을 생산하고 있다. 유리온실 12동에서 용기는 주로 스티로블록 용기을 사용하여 묘목을 생산하는데 현재 사용하고 있는 용기수는 42,500개 이상이며, 야외 시설에서도 227,350개의 스티로블록 용기에서 묘목을 생산한다. 주요 생산수종은 글라우카가문비, 미송, 콘토르타소나무, 스트로브잣나무 등이며, 주로 새로운 수종의 재배방법을 개발·보급하고 도입 수종을 실험하는 양묘장이다.

나. PRT Hybrid (사설양묘장)

PRT(Pacific Regeneration Technologies Inc. 연합양묘장)는 캐나다와 미국에 각 지역에 소재한 19개의 양묘장들로 구성된 연합양묘장으로 연간 130,000,000본 이상의 묘목을 생산하고 있다. PRT는 주정부의 사유양묘장 정책에 발맞추어 1988년에 설립되었다. 오늘날 PRT는 캐나다에 17개, 미국에 2개의 양묘장이 있고, 브리티쉬 콜롬비아 주에 10개의 양묘장이 있다. 이들 양묘장은 주로 인접지역의 개인, 소규모 산림가 및 산림기업 들로부터 주문을 받아 용기묘를 생산하고 있다. PRT Hybrid는 PRT 중의 한 양묘장으로 면적은 12.5ha(37,500평) 이다. 연간 용기묘 1년생 10,000,000본, 용기묘 2년생 3,000,000본을 생산한다. 상업적으로 생산된 묘목은 캐나다와 미국 서부에 식재된다. 주로 용기묘 1, 2년생, 크리스마스 트리, 조경수(침엽수) 등을 생산하고 있다.

다. Pelton Reforestation Ltd. (기업양묘장)

용기양묘 사업에 개척자 중에 하나인 이 기업양묘장은 단일 양묘장으로는 전 세계적으로 최대 규모의 시설 기업양묘장이다. 1968년 Norm과 Pelton이 창설하였으며 브리티쉬 콜롬비아 주의 해안가 산기슭에 위치하고 있다. 양묘장 면적은 809,360㎡(244,831평)이며, 창립당년에는 20명의 인원이 약 5,000,000본의 묘목을 생산하였고 현재는 250명의 인원이 연간 45,000,000본 이상의 묘목을 생산하고 있다. 생산된 묘목은 브리티쉬 콜롬비아 주를 비롯하여 미국 북부에도 공급하고 있다.

(상 : Surrey nursery, 중 : PRT Hybrid, 하 : Pelton Reforestation Ltd.)

그림 10-3. 선진 용기양묘장 전경

라. 용기양묘 생산시업기술

1) 용기

모든 묘목은 환경적으로 안정한 제품인 스티로폴 용기를 사용하며, 이들 용기는 외부규격(가로*세로)이 표준화 되어 있다. 그러나 용기 종류별로 높이를 달리하여 다양한 용적을 갖는다. 이들 다양한 용적의 용기들은 현지 식재시 요구되는 다양한 묘목의 형태에 따라 자유롭게 선택한다.

2) 생육상토

생육상토는 피트모스 100%에서부터 피트모스와 톱밥을 여러 비율로 배합한 상토까지 다양하게 사용하고 있다. 이들 혼합상토는 수종과 묘목형태에 따라 적합하게 조절되어 있다. 생육상토의 혼합비율에 있어서 중요한 기준은 묘목에게 적정한 공기를 공급하고 원활한 배수를 제공하는 것이다.

3) 상토 채우기

생육상토는 대형 생육상토 혼합기계에서 서로 혼합된다. 혼합된 생육상토는 컨베이어로 용기마다 자동으로 공급되어 채워진다. 용기별 생육상토 용적은 형태에 따라 다르지만, 용기당 평균 용적은 7~15ℓ 이다.

4) 종자 파종기

용기는 상토를 채운 후에 자동파종 라인을 따라 이동한다. 여기서 소독한 용기는 인력으로 종자파종에 일렬로 놓는다. 드럼형 파종기는 용기의 구마다 종자를 착지시킨다. 종자 파종기 원리는 진공흡입이 있는 구멍에 종자를 흡착하여 정해진 위치에 옮겨 진공을 해제하여 낙하시키는 방법이다.

5) 시설온실로 용기운반

파종이 끝난 용기는 종자파종라인 옆의 트레일러 위로 용기를 종자의 위치가 흩어지지 않도록 조심스럽게 쌓아놓는다. 트랙터로 용기를 쌓아놓은 트레일러를 시설온실로 옮긴다.

6) 용기 배치

용기는 시설온실의 용기받침대에 부드럽게 내려놓는다. 각각의 용기받침대(용기 20개가 배치되도록 설계됨)는 온실 내부와 외부에서 이동할 수 있는 바퀴를 가지고 있다. 묘목은 양묘장에 있는 동안 생육단계에 따라 설치된 시설로 몇 번 이동을 한다. 일반적으로 종자파종을 하면 온실에 배치하며, 일정한 묘목의 생장주기를 거친 후에 경화처리를 하기 위하여 야외로 이동한 후에 최종적으로 묘목을 출하하기 위하여 수확장소로 보낸다.

7) 발아

종자가 발아하기 위해서는 3가지 필수요소 즉 산소, 온도, 수분이 필요하다. 보통 종자의 발아는 수종에 따라 다르지만 파종 후 7일~14일 정도가 소요되며 발아 후 2주 경에 본수조사를 실시한다. 여름과 가을에 출하되는 1-0 용기묘는 12월과 1월 사이 수분과 온도가 조절되는 온실에서 파종하여 발아하도록 한다. 봄에 출하되는 2-0 용기묘는 5~6월에 발아하도록 하며, 봄에 출하되는 1-0 용기묘는 주로 1~4월까지 발아하도록 한다.

8) 간인

종자파종은 보통 한 구에 1개 이상의 종자를 파종한다. 보통 용기에 1개 이

상의 종자가 발아하게 되므로 각 용기에 초과하여 자라는 묘목을 제거하는 일련의 과정을 실시한다. 간인은 보통 발아 후 5주 후에 실시한다.

9) 생장 준비기

간인을 실시한 후 묘목은 수확 때까지 정해진 생육단계에 따라 양묘를 실시한다. 묘목의 생육단계에 따라 생육환경(빛, 온도, 수분 등)을 적합하게 조절한다. 묘목생육을 준비하는 과정은 수종, 용기, 종자파종, 종자파종 장소에 따라 다르며, 파종하는 종자의 개수, 생육상황 및 온실의 위치에 따라서도 다르게 정해진다.

10) 생육환경 조절

시설온실 내부의 기후상황은 온도・습도・CO_2 농도 등의 변화를 감지하는 센서를 통하여 지속적으로 모니터링 되고 있으며, 이 정보를 안정적인 컴퓨터 시스템이 분석하여 시설온실의 생육환경을 자동조절 한다. 양묘경영자는 각각의 묘목의 생육단계에 따라 이상적인 생육환경을 조절한다.

생육환경은 환풍기・천장의 개폐, 관수・시비시스템, CO_2 연소기, 보일러와 열 파이프의 온도 등을 조작하여 조절된다. 그리고 이들 중에서 예상치 보다 초과하여 문제가 발생 또는 발생하기 이전에 양묘경영자에게 자동경보를 하여 문제를 해결하도록 한 안정시스템이 구축되어 있다.

11) 야외 용기묘 양묘

1-0 용기묘가 충분히 경화되면 이들을 온실에서 야외의 생육시설로 이동한다. 1-0 용기묘는 야외의 광선에 노출되어 있기 때문에 이들 광을 광합성에 활용한다. 야외 시설은 각각의 지면에 열을 공급하는 파이프와 스프링클러와

같은 관수시스템을 갖추고 있다. 그리고 용기를 지지하는 목재의 용기받침대와 운반이 용이한 레일시스템을 갖추고 있다. 용기양묘장 내의 모든 묘목의 위치를 파악하기 위하여 용기가 이동하면 항상 그 자리를 표시한다. 양묘의 모든 일정이 입력된 바코드를 용기마다 부착하여 핸드 스캐너로 입력하며, 이들 과정이 고도로 자동화되어 있다.

12) 모니터링

용기양묘장에서 각각의 묘목은 생육일정에 따라 생육상황이 항상 모니터링되고 있다. 모니터링은 동시에 관수, 온도, 노동력 등을 관찰하는 아주 중요한 일이다. 예를 들면 종자가 발아한 후에 일주일 간격으로 묘목의 수고를 측정하고, 근원경은 생장 2달 후에 측정하며 그 이후에는 2~4주에 간격으로 측정한다. 묘목의 수확 전 평가는 수확 4주 전에 혹은 2주 전에 실시한다. 수고는 표준자를 근원경은 캘리퍼스를 이용하여 측정한다. 각각의 묘목을 샘플로 채취하고 이들 자료를 컴퓨터에 입력하여 각각 묘목의 생육상황을 그래프와 궤도로 작성한다.

13) 감독

용기양묘장의 모든 일정을 잘 유지하기 위해서는 감독부서가 운영되며 이들은 매일 잠재된 문제점을 찾아 해결하다. 감독부서의 주 임무는 용기양묘장의 모든 묘목을 보호하는 일이다. 묘목의 생장에 영향을 줄 수 있는 묘목의 생장경쟁, 환경적 스트레스, 과잉 영양공급 등을 밝혀내고 더 큰 문제가 발생하기 전에 신속하게 해결한다.

14) 해충 관리

야외 노지에서 생육하는 묘목은 항상 해충의 위험에 노출되어 있다. 양묘장

의 묘목들은 몇 가지 방법으로 지속적인 해충발생 모니터링을 실시한다. 해충 발생을 조사하기 위하여 “끈끈이”를 사용하여 묘목에 피해를 주는 곤충을 잡고 그 개체수를 측정한다. 또한 선택적으로 해충을 유인하는 페로몬을 사용하기도 한다.

방제에 있어서는 우선적으로 생물학적 방법을 사용하여 해충을 조절한다. 예를 들면 ladybugs는 진딧물을 제거하는데 매우 효과적이며, 장수말벌을 포함하여 다른 자연의 천적들을 해충을 제거하는데 사용한다.

15) 관수시스템

용기양묘장에서 관수는 복합 컴퓨터 시스템에 의해 운영되며, 각각의 펌프마다 자동조절 밸브가 설치되어 있어 자동으로 작동할 수 있다. 각각의 묘목은 계획된 관수일정에 따라 운영된다.

16) 관수 모니터링

관수가 원활하게 이루어지도록 관수부서는 모든 묘목의 수분 상태를 점검한다. 묘목이 건조하면 용기의 전체 무게는 분명히 더 가벼워지므로 수분 상태는 저울로 용기의 무게를 직접 측정하여 점검한다.

17) 건조 스트레스(경화처리)

건조 스트레스는 식재할 묘목을 준비할 때 일부 수종에 한하여 경화처리 과정으로 실시한다. 이 과정은 묘목을 수확하기 전에 다시 물을 주기 전에(필요한 만큼 반복) 용기를 거의 완벽하게 말리는 것을 말한다. 이러한 과정은 묘목이 양묘장에서 현지에 식재되어 외부의 환경에 피해를 덜 받도록 적응하는 적응기라 할 수 있다.

18) 서리 피해로부터 보호

관수시스템의 또 다른 주요 목적은 야외에서 생육하는 묘목의 피해를 주는 서리로부터 보호하는 것이다. 서리 피해가 예상되는 시기(보통 4월의 이른 아침)에는 묘목에 물을 많이 주어 얼음 보호층을 만들게 한다. 이 얼음 보호층은 묘목이 어는 점보다 높은 온도를 유지하게 하여 서리로부터 잎을 보호한다.

19) 암흑처리(blackout)

묘목을 수확하기 전에 묘목을 생육상태에서 휴면상태로 만들기 위하여 암흑처리를 한다. 이러한 과정은 자연 가을 일장처럼 일장을 단축하는 것을 말하는데 이 결과 묘목의 광합성과 당 생성이 감소한다. 이 과정에 필요한 몇 개의 암막자동시스템이 온실의 벽과 천장에 부착되어 있어 필요에 따라 개폐할 수 있도록 하고 있다. 묘목을 휴면상태로 만드는 또 다른 방법은 묘목의 질소 함유량을 감소하는 것과 온도를 낮추는 것이다. 이 방법은 묘목 수확 및 현지 식재지로 운반할 때 묘목을 보호한다.

20) 묘목 운반

용기양묘장에서 연중 가장 바쁜 시기는 묘목을 수확하기 바로 직전으로 이 시기에 묘목은 암실 안과 밖으로 차례로 이동한다. 이 때 작업의 효율성을 높이기 위하여 묘목을 운반하는 트랙터와 트레일러를 사용할 수 있는 많은 사람을 고용하고 있다.

21) 수확

묘목을 4~14일 동안 암흑처리를 한 후 3~4주가 더 지나면 보통 묘목을 수확할 때가 된다. 일반적으로 묘목을 수확하기 전에 경영상 여러 필수 처리 사항이 있는데 예를 들면 수확량과 수확일을 고객으로부터 받으면 고객 서비스 담당자에게 인증을 받는 것 등이다. 일단 담당자가 수확에 대한 주문을 받으면 담당자는 묘목을 수확할 준비가 됐다는 인증을 받는데 여기에는 재고량과 수확에 대한 이익을 책임질 묘목의 상태 등이 명기된 전표 등이 포함된다.

22) 묘목 선별

용기는 식재지로 운반하기 전에 묘목을 등급별로 선별하기 위하여 컨베이어 벨트에 옮겨진다. 묘목 선별은 수작업으로 이루어지며, 묘목의 수고, 근원경 및 생육발달상태를 조사하여 표준규격에 미치지 못한 묘목은 “저급품”으로 제거한다. 묘목의 수고는 표준자를 근원경은 캘리퍼스를 이용하여 측정한다. 만약 묘목이 이들 표준규격에 하나라도 미치지 못하다면 뽑아 버리고 퇴비로 사용한다.

23) 수확 모니터링

묘목의 생장 초기에 실시한 모니터링을 수확기에도 실시한다. 모니터링 견본은 묘목의 등급을 구분한 것 중에서 선발하며 양묘장에서 자체 작성한 표준안에 적합한 등급의 묘목을 선택한다.

24) 포장

포장은 묘목의 상처 및 변형을 방지하기 위하여 실시한다. 묘목의 등급을 구분한 후 이들을 묘목형태에 따라 5~15개로 피라미드 모양으로 쌓은 다음 보호 필름으로 포장되고 봉인한다. 보호필름으로 포장한 묘목 다발은 수송을 하기 위하여 박스로 단단히 포장하며 이때 사용하는 박스 종류는 개폐할 수

있는 플라스틱 박스와 왁스로 코팅한 박스가 있다. 겨울에 수확하는 묘목은 저장기간 동안 탈수를 방지하기 위하여 안감이 폴리에스테르 섬유인 종이백(poly lined kraft paper bags)에 보관한다. 박스는 묘목의 수고에 따라 다양한 종류의 높이를 사용하는데 35.6㎝에서부터 91.4㎝까지 사용하고 있다.

25) 불합격 묘목 처리와 용기 관리

표준규격에 미치지 못한 묘목들은 처리하는 직원이 정기적으로 공동처리 구역에 옮겨 퇴비로 만들어 사용한다. 용기 또한 재사용하는데 용기에서 묘목을 뽑은 후에 먼지와 부스러기 같은 남은 찌꺼기들을 기계로 제거·청소한다. 용기는 재사용할 때까지 잘 보관되며, 다시 사용할 때 혹시 남아있을지 모르는 병원균을 제거하기 위하여 증기로 소독하여 사용한다. 용기는 잘 관리되면 몇 년 동안 사용할 수 있다.

26) 냉동 저장

여름에 수확하여 식재하는 묘목은 용기에서 묘목을 뽑고 식재지로 이동하여 며칠 안에 현지에 식재한다. 그러나 묘목이 겨울에 수확되면 봄이 될 때까지 섭씨 영하 2℃의 저온에서 보관한다. 봄이 되어 식재할 시에는 묘목을 해동시키게 되는데 이때 보통 6~8일 정도 소요된다. 묘목을 해동시킨 후에는 묘목이 해동된 비율과 활력을 모니터링 한다. 만일 묘목을 여름과 가을에 현지에 식재하는 경우에는 냉동저장에 소요되는 비용을 줄 일 수 있으며 보통 냉동저장하는 비용은 봄에 출하하는 묘목가격의 10% 정도를 차지한다.

27) 선적 과정

묘목은 보통 3명이 한 조가 되어 냉장트럭에 선적한다. 한 명은 냉동저장고에서 지게차를 이용하여 묘목 박스가 담겨있는 팔레트를 가져온다. 나머지 2

사람이 냉장트럭에 박스를 선적하며 여름에 출하할 때에는 냉장실의 온도를 항상 8℃로 유지한다.

28) 출하 준비

용기양묘 선적장은 묘목을 신속하고 효율적으로 선적하기 위하여 수확시설과 냉동저장고 사이에 위치하고 있다. 여름에 수송하는 모든 묘목은 이곳을 떠나 며칠 안에 현지 식재지에 바로 도착한다. 겨울에 수송하는 묘목은 일반적으로 냉동시설이 갖춰진 트럭으로 배달된다.

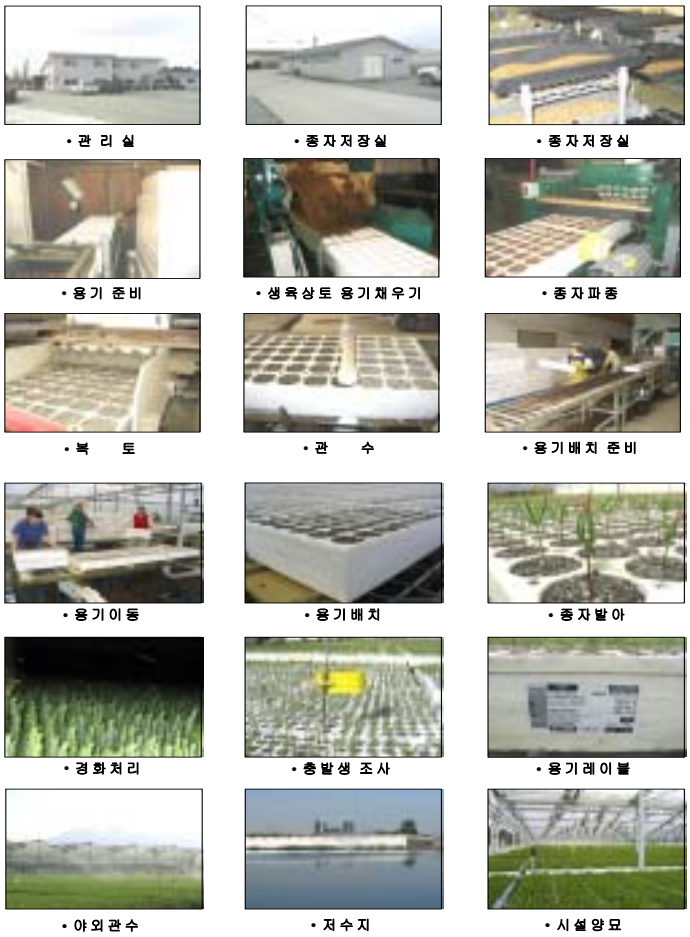


그림 10-4. 선진 용기양묘 시업기술 체계

4. 국내적용 선진기술 파악

임업용기양묘 선진국인 캐나다와 핀란드에서는 고도로 발달한 용기양묘 기술로 식재지역 및 식재시기에 따라 요구되는 우량한 묘목을 균일하게 대량생산 하고 있으며 용기양묘 대상수종도 조림수종 뿐만 아니라 산림이 가지고 있는 다양한 기능 발휘에 요구되는 수종으로 넓히고 있다. 현재 우리나라에서 용기양묘에 의해 생산되는 묘목은 2003년도 전체 묘목생산량의 약 9.0%를 차지하고 있다. 용기양묘의 출발과 함께 용기양묘 대상수종의 확대와 이에 대한 합리적인 시설형태, 용기개발, 종자공급 체계, 양묘방법, 묘목형태·규격, 입지조건 선정, 운반시기·방법, 식재시기·방법 구명 등이 요구되는 현시점에서 이미 첨단산업화 된 선진용기양묘기술에서 우선적으로 탐구하여야 사항은 다음과 같은 것으로 판단된다.

가. 용기양묘 대상수종별 생산기술 정립

캐나다의 브리티쉬 콜롬비아 주에서는 1984/85년에 용기양묘 대상수종은 침엽수 13수종이었으나 1997/1998년에는 침엽수가 20수종 이상이며 다양한 활엽수종들도 대상으로 하고 있다. 그리고 다양한 묘목을 생산할 수 있는 양묘시업기술과 묘목규격·단가선정 체계를 확립하여 조림지 여건 및 경영목적에 적합한 묘목형태를 결정할 수 있는 규범을 정립하고 있다. 앞으로 우리나라에서도 용기양묘 대상수종에 대한 생산기술체계를 정립하여 보급하여야 할 것이다.

1) 1-0 용기묘 가을식재

일반적으로 실시하는 용기양묘 방법으로, 당년에 종자파종부터 묘목생육기와 경화기를 거쳐 생산된 묘목을 가을에 식재하는 것을 말한다. 일반적인 침·활엽수종에 모두 적용되며 현재는 시설양묘 재배기술의 발달로 당년에도 크고 튼튼한 묘목을 생산할 수 있다.

현재 우리나라에서는 위 1-0 용기묘 가을식재와 같이 대다수 당년에 생산·식재하고 있다. 현장에서 실시하고 있는 소나무, 상수리나무 용기묘 시업은 주로 비닐온실에서 실시하고 있어 온실형태 및 기후여건을 고려하면 양묘기간을 현행 5개월에서 6개월(4월~9월)로 늘리는 것이 바람직할 것으로 보인다. 그리고 현실적으로 보면 경화처리가 야외에서 이루어지지 않고 자연일장과 수분처리에 따른 경화를 온실에서 실시하고 있으며, 또한 용기묘 조림도 주로 10월에 실행하고 있는 실정이다. 우리나라 기후여건상 4월말~5월에 종자파종을 실시하면 늦게 발아되는 경향이 나타나고, 또한 묘목의 생육이 상대적으로 늦어져 연약한 묘목이 여름철 고온으로 인한 피해를 입기 쉽다. 그리고 여름철 이후에는 일장이 짧아지고 온도가 내려가므로 온실에서 통풍이 잘 이루어지도록 하고 관수를 서서히 줄이면 묘목의 경화를 자연스럽게 유도할 것으로 보인

다. 이에 따라 양묘기간이 1개월 늘어나면 보다 우량한 묘목생산을 기대할 수 있을 것이다. 전체적인 묘목생산단가에서도 양묘기간과 함께 상승한 비용은 야외경화처리에 소요되는 비용과 상쇄되어 거의 같은 수준을 유지할 것으로 보인다.

2) 1-0 용기묘 봄식재

주로 고위도 지방의 기후 조건에 따라 조림 활착 및 식재된 용기묘의 생장을 향상시키기 위하여 생산된 묘목을 겨울동안 저온창고 또는 야외에서 저장한 후 이듬해 봄에 식재하는 것을 말하며, 주로 침엽수종에 적용되고 있다.

3) 2-0 용기묘 여름식재

보다 큰 묘목을 생산하기 위하여 용기에서 2년 동안 양묘하여 생산된 묘목을 여름에 식재하는 것을 말한다. 주로 초기생장이 상대적으로 느린 침엽수종과 고정생장을 하는 활엽수종에 대상으로 한다. 묘목이 보다 커지고 묘령이 늘어나기 때문에 양묘시에는 묘목의 활력 감소가 없도록 생장을 조절하여야 하며 겨울 휴면동안에 뿌리 손상을 입는 것을 주의하여야 한다. 현재 우리나라에서도 양묘협회 회원들이 소나무 용기묘 2-0을 2004년부터 대량생산하고 있으며 2005년 가을에 식재할 계획이다.

4) 용기-노지 연계양묘

용기양묘 분야에서는 최근 시업기술 발달에 따라 노지양묘와 용기양묘 각각의 장점을 결합한 양묘방법인 용기-노지 연계양묘를 실시하고 있으며, 이들 기술의 적용에 적합한 용기를 개발하여 시설온실에서 노지묘상으로 또는 그 반대로 묘목을 이식하여 생산하고 있다. 용기에서 노지로의 연계양묘의 경우, 용기에서 2개월 또는 한 시즌 자란 묘목을 노지에 이식하여 1년 또는 그 이상

더 자라게 하는 것을 말하며, 이 경우 이식묘는 실생묘에 비교하여 근원경과 뿌리발달이 더 좋게 나타난다. 특히 조림이 열악한 지역과 생장경쟁에 문제점을 가진 지역에 많이 적용하는데 이 양묘방법은 묘포에서 양묘작업을 기계화하는데도 용이하다.

용기-노지 연계양묘의 경우 외국에서는 용기이식묘(Container transplants)와 플러그이식묘(Plug transplants)로 구분하여 다루고 있는데, 용기이식묘는 시설온실에서 생육한 용기묘를 노지의 묘상에 이식하여 기른 묘목을 말한다. 플러그이식묘는 특별히 이식을 위하여 아주 작은 용적의 용기에서 생육한 묘목을 말하며 노지의 묘상에 또는 더 큰 용적의 용기에 이식하여 생산하고 있다.

앞으로 이와 같은 시업은 양묘기간(4~5년)이 길고 묘목이 작아 조림지역이 제한되는 잣나무, 전나무와 같은 침엽수종의 생산과정과 피나무와 같은 고정생장을 하는 활엽수종의 시업에 적합할 것으로 사료된다.

나. 무성번식을 이용한 용기묘 생산

대부분의 용기양묘에서는 종자를 이용한 유성번식을 주로 실시하고 있지만 경영목적과 수종의 특성에 따라서는 무성번식 방법을 선택하고 있으며 무성번식 그 자체의 많은 장점으로 인하여 최근에 빠른 발전을 보이고 있다. 유전적으로 선발된 빠른 생장을 보이는 특별한 형질을 가진 수목을 대량생산하는 것을 목적으로 할 때 무성번식은 효과적인 선택이 될 수 있다. 또한 일부 수종들에 있어서 격년결실로 인해 발생되는 종자 확보의 어려움이 있는 특수한 환경에 직면하게 될 때에도 무성번식 방법이 대체 효과를 발휘할 수 있을 것이다.

현재 국내의 용기양묘 대상수종은 충분히 종자를 공급할 수 있는 소나무와

상수리나무와 같은 일부 수종에 한정되어 있는 실정이다. 특히 채종원산 종자의 공급이 원활하지 않은 현실을 고려할 때 유전적으로 선발된 수종의 단기간 증식, 균일한 고품질의 수종 번식을 위해서는 시설온실 내에 삽목상 또는 용기에 직접 삽목하는 무성번식을 이용하는 방법을 도입하여야 할 것이며 이미 본 연구팀은 몇몇 수종을 대상으로 시험생산하고 있다. 이를 위해서는 온도, 광 및 습도와 같은 생육환경을 효율적으로 조절할 수 있는 시설구조와 시스템이 반드시 필요하다. 특히 헛개나무와 같이 인위적인 훼손이 극심하게 이루어지거나 일부 수종에서 볼 수 있듯이 산림에서 채취하기 어려운 종자들은 현재 중국 등 외국에서 수입하여 양묘가 이루어지는 형편이기 때문에 이와 수종들은 무성번식을 이용한 용기양묘가 필요하다고 사료된다.

다. 시설온실 생육환경제어 및 시비 시스템

현재 우리나라 임업용기양묘의 대부분이 이루어지고 있는 비닐온실의 경우, 묘목 생육환경요인을 제어할 수 있는 적정 시스템의 구축은 대단히 중요하다. 하지만 아직 임업용기양묘 현장에서 생육환경제어에 대한 인식이 다소 부족한 것으로 보인다. 현재 운영 중인 비닐온실에서도 충분히 자동화된 생육환경제어 시스템을 갖출 수 있기 때문에 빠른 시일 내 도입을 추진하도록 하여 보다 균일한 용기묘가 생산될 수 있도록 추진되어져야 할 것으로 판단된다. 특히, 생육환경조절에 있어서 관수시스템은 반드시 자동화하여야 할 것이며, 그리고 균일하게 우량한 묘목을 생산하기 위해서는 반드시 자동화 또는 최소한 반자동화된 시비시설을 설치하여야 한다. 현재 대다수의 시설온실에 시비시설이 설치되어 있지 않아 균일한 묘목의 대량생산을 어렵게 하고 있다. 시비시설은 관수시설에 연결하여 관수시 수압에 의하여 액비가 자동으로 혼합되는 시설을 갖추어야 할 것이며, 현실적으로 자동시스템은 상당히 고가인 관계로 경우에 따라서는 반자동시스템을 갖추는 것이 보다 경제적일 것이다. 또한 시비시설은 정밀·견고하여야 하며 강제관수라인으로 공급배관과 연결되게 하여 기기가 고장이 나더라도 관수는 작동하게 되어야 한다.

제 11절 용기양묘 실연화 사업

1. 목 적

최소한의 시설을 갖춘 저가형 온실인 농가보급형 비닐온실 A형(폭 4.8m*높이 2.3m)에서 필요한 시설 및 자재를 검토하고 시업공정별 양묘기술을 최적화하기 위하여 현재 대규모로 양묘를 실행하는 소나무를 대상으로 양묘를 실행하였다.

2. 처리내용 및 방법

가. 공시수종

침엽수인 소나무(1-0・2-0)를 대상으로 하였다.

나. 시업본수

소나무 1-0 용기묘는 3만본, 소나무 2-0 용기묘는 1만본 생산을 설계하였다.

다. 시설온실

경기도 여주군에 위치한 건국대학교 실습농장에 최소한의 시설을 갖춘 저가형 온실인 농가보급형 비닐온실 A형(폭 4.8m*높이 2.3m*길이 30m) 2동을 신축하여 소나무 1-0・2-0 용기묘를 양묘하였다. 용기받침대는 윗면은 직관 파이프(ø22㎜)를 연결하여 직사각형(폭 1.7m*길이 4m)으로 만들었으며, 밑면은 벽돌(높이 10㎝)로 받쳤다. 그리고 비닐온실 내부의 과습과 이끼발생을 억제하고 작업 관리를 편리하기 위하여 온실 내부 바닥에 잡석을 깔았다.

라. 용기

소나무 1-0 용기묘는 플라스틱 104구(63㎖/구)를, 소나무 2-0 용기묘는 플라스틱 40구(250㎖/구)를 사용하였다.

마. 생육환경조절

관수 및 시비는 타이머를 설치하여 반자동시스템으로 하였다. 생육환경은 생육일정(유묘형성기, 빠른생육기, 경화기)에 따라 조절하였다. 유묘 형성기에는 관수는 주 2회, 시비는 주 2회(N:P:K=19:19:19 2000배액) 실시하였다. 빠른 생육기에는 관수는 주 3회, 시비는 주 2회(N:P:K=19:19:19 1000배액) 실시하였다. 그리고 경화기에는 야외에서 관수를 주 2회 실시하였고, 시비는 하지 않았다. 온실 내부의 주간온도가 고온이 되는 5월 중순~8월 중순까지는 수시로 짧게 미스트 하였다.

바. 시업공정

그 외의 종자파종, 생육상토채우기, 간인, 보식 등의 시업은 기준공정을 준수하여 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

최소한의 시설을 갖춘 저가형 온실인 농가지도형 비닐온실 A형에서 5개월 동한 시업공정을 준수하여 양묘한 결과, 우량한 소나무 1-0·2-0 용기묘를 생산할 수 있는 것으로 조사되었다.

아래와 같이 소나무 1-0 용기묘는 실연화하여 최적상태를 표준화 하였으며

소나무 2-0 용기묘는 실연화 사업이 1년인 관계로 생육일정만 표준화 하였다.

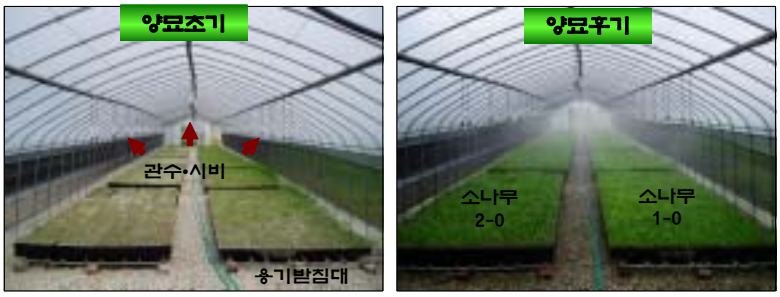


그림 11-1. 소나무 1-0·2-0 용기묘 생산 실연화 사업

가. 소나무 1-0 용기묘 표준화

1) 묘목 목표 규격(안)

○ 수고 : 11.0~14.0㎝
○ 근원경 : 1.5~2.0㎜
○ 뿌리시스템 : 뿌리는 상토와 견고하게 밀착하여야 한다.

2) 양묘환경

○ 온실형태 : 비닐온실
○ 번식방법 : 종자번식
○ 양묘기간 : 5개월

3) 용기

○ 침엽수 1-0 용기 104구(63㎖/구)

4) 준비기

○ 종자정선
- 종자는 채취즉시 양건하여 종자를 탈각한 후 풍선한다.
○ 종자처리
- 종자저장은 저온저장고에서 마르지 않도록 기건저장 한다.
- 종자를 파종하기 전에 정선 및 발아촉진을 겸하여 수선을 24~48시간 실시하고, 이때 물에 가라앉은 종자를 사용하여 파종한다.
○ 생육상토 혼합
- 피트모스 : 펄라이트 : 질석 = 1 : 1 : 1(v:v:v)
○ 종자파종
- 용기 구마다 2~3개 파종을 실시한다.
○ 종자복토
- 고운 질석으로 종자의 2~3배 두께로 덮는다.

5) 유묘 형성기

○ 온실을 하루 종일 따뜻하고 높은 습도를 유지시킨다.
○ 본엽이 발생하기 전까지는 습기가 있으나 축축하지 않게 미스트를 수시로 실시한다.
○ 파종 후 2주일 내에 90% 이상 발아하여야 한다.
○ 발아가 완전히 끝나면 자주 실시하는 관수는 중단하고 보다 적게 관수를 시작한다.
○ 살균제 처리는 가능한 한 빠르게 규정에 따라 실시하여 입고병과 다른 병원균의 발달을 억제하여야 한다.
○ 발아한 후 일주일 동안에 지상부 생장은 미미하지만 뿌리생장은 넓게 되며, 간인 또는 이식이 이 시기에 빨리 이루어져야 한다.
○ 이식시 잘라지는 유근들은 묘목발달을 저해하여 상처를 받지 않은 묘목

과 경쟁을 할 수 없다. 묘목은 뿌리가 분지하기 전인 종피가 떨어지기 전에 간인하여야 한다.

○ 시비는 수용액 비료인 멀티피드 19(N:P:K=19:19:19)를 저농도인 2000배액으로 주 2회 시비한다.

5) 빠른 생육기

○ 빠른 생육단계의 후반기에 묘목이 커지기 시작하면서 보다 많은 관수를 실시한다.

○ 수용액 비료인 멀티피드 19(N:P:K=19:19:19)를 1000배액으로 주 2회 시비한다.

6) 경화기

○ 용기묘의 간장이 목표 규격에 이르면 관수를 조절하여 자연스럽게 경화시킨다.

○ 경화기에는 날씨에 따라 충분히 주 2~3회 관수를 실시하고 점차 관수시간과 횟수를 줄인다.

○ 경화기에는 시비를 하지 않는다.

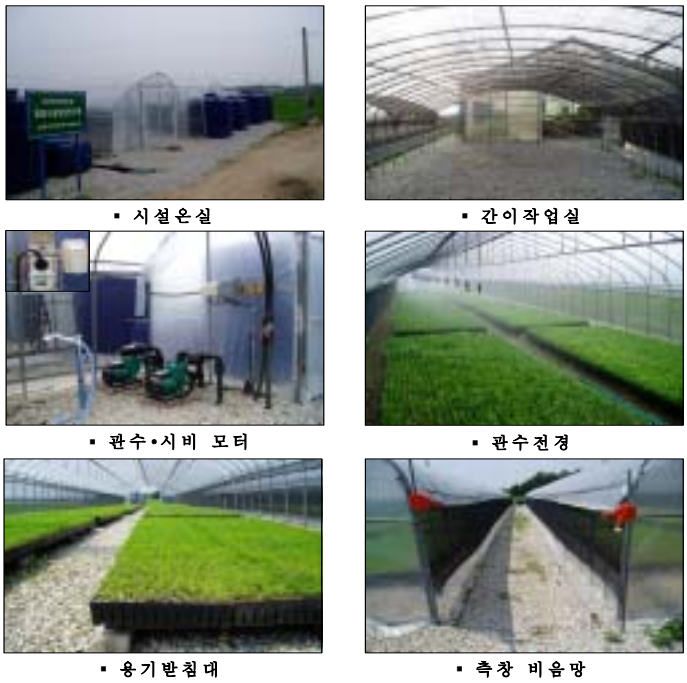


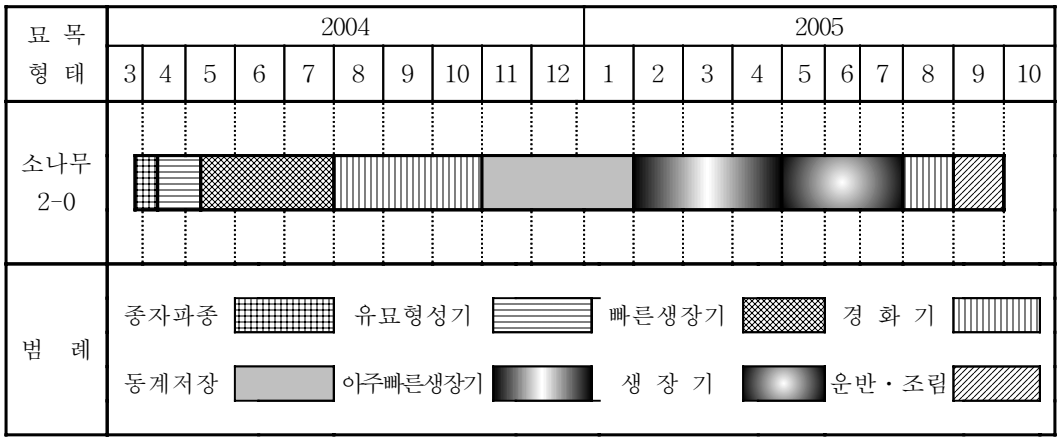
그림 11-2. 최소한의 시설을 갖춘 농가지도형 비닐온실 A형

표 11-1. 소나무 1-0 용기묘 생육일정

묘목형태	2005년											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
소나무 1-0												
범 례	종자품질향상			종자파종			유묘형성기					
	빠른생장기			경 화 기			운반·조림					

※ 생육일정은 지역 및 양묘·조림시기에 따라 조정될 수 있음

표 11-2. 소나무 2-0 용기묘 생육일정



※ 생육일정은 지역 및 양묘・조림시기에 따라 조정될 수 있음

표 11-3. 소나무 용기묘(1-0) 생육단계에 따른 생산계획표

구 분	2003년			2004년								
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
묘목생육단계	준비기 (종자채취・저장・발아촉진・파종・복토)						유 묘 형성기	빠 른 생육기			경화기	조림
시설공간		저온저장고				비닐온실					비닐 온실	
노동력 공급					온실・용기 청소		파 종	간인 이식		이끼 제거	운 반	상 차
설비・자재						파종라인					운반라인	포장라인

※ 생육일정은 지역 및 양묘・조림시기에 따라 조정될 수 있음

제 12절 용기양묘 시업기술 표준화

1. 대표적 용기양묘 대상수종 시업기술 체계 확립

우리나라 용기양묘는 소나무, 상수리나무를 주요 대상수종으로 하여 용기양묘를 실시하고 있으나, 아직까지도 양묘시업기술과 묘목규격·단가체계가 명확하게 정립되어 있지 않다. 따라서 우선적으로 시설양묘 대상수종에 대한 시업기술을 표준화하여 보급하여야 할 것으로 사료된다.

근래에 들어 다양한 활엽수종을 대상으로 용기양묘가 확대되는 추세이며, 앞으로도 생산요구가 점증할 것으로 보인다. 따라서 활엽수 대상수종인 자작나무와 상수리나무 1-0 용기묘를 기준으로 하여 묘목생산체계를 표준화하였다(표 12-1, 그림 12-1).

가. 자작나무 1-0 용기묘

1) 묘목 목표 규격(안)

○ 수고 : 50.0~80.0㎝
○ 근원경 : 4~8㎜
○ 뿌리시스템 : 뿌리는 상토와 견고하게 밀착하여야 한다.

2) 양묘환경

○ 온실형태 : 유리온실 또는 비닐온실
○ 번식방법 : 종자번식
○ 양묘기간 : 5개월

3) 용기

○ 활엽수 용기 15구(500㎖/구)

4) 준비기

○ 종자정선
- 채취즉시 양건·풍선하여 정선한 종자를 저온저장고(5℃)에서 기건저장한다.

○ 생육상토 혼합
- 피트모스 : 펄라이트 : 질석 = 1 : 1 : 1(v:v:v)

○ 종자파종
- 종자파종 1~2일 전에 저장고에 꺼내어 1~2일간 수침처리한 후, 종자를 고운 모래와 골고루 섞은 후 손으로 직접 용기에 5~6개씩 파종한다.

○ 종자복토
- 고운 질석으로 종자의 2~3배 두께로 덮는다.

5) 유묘 형성기

○ 종자발아는 균일하게 발아하며 대개 3주 안에 완전히 발아한다.

○ 본엽이 발생하기 전까지는 습기가 있으나 축축하지 않게 미스트를 수시로 실시한다.

○ 시비는 수용액 비료인 멀티피드 19(N:P:K=19:19:19)를 저농도인 2000배액으로 주 2회 시비한다.

6) 빠른 생육기

○ 묘목은 유묘형성기 후에 빠르게 생육한다.
○ 수분스트레스를 최소로 하기 위하여 상대습도를 높게 유지한다.
○ 잎들이 일정 크기까지 자라면 관수되는 상당한 양의 물이 차단되어 생육 상토에 공급되지 않기 때문에 관수시간과 횟수를 늘린다.
○ 수용액 비료인 멀티피드 19(N:P:K=19:19:19)를 고농도인 1000배액으로 주 2회 시비한다.

7) 경화기

○ 용기묘의 간장이 목표 규격에 이르면 야외로 이들을 이동시키거나 온실에서 관수제어를 통하여 경화시킨다.
○ 경화기 초기 1주일은 충분한 관수를 실시하고 점차 관수시간과 횟수를 줄이도록 한다.

표 12-1. 자작나무 용기묘 생산시업기술 규범(예)

학　　명 : *Betula platyphylla* var. *japonica* Hara
번식방법 : 실생번식
묘목형태 : 용기묘 6개월
용기형태 : 플라스틱 15구(용적 500㎖/구)
묘목생육목표 : 간장 50 ~ 80㎝, 근원경 4 ~ 8㎜, 뿌리는 생육상토와 견고하게 밀착
번식환경 :반자동 환경제어 비닐온실 또는 완전자동 환경제어 유리온실
종자산지 : 채종원산
종자채집일 : 2003년 9월말
생육상토 : 피트모스 : 펄라이트 : 질석 = 1 : 1 : 1(v/v)
종자파종 : 2004년 4월 1일(중부지방 기준)
종자보관 : 양건풍선하여 정선한 종자를 냉장고(0~5℃)에서 기건저온저장 한다.
종자파종 ・종자파종 1~2일 전에 냉장고에 꺼내어 1~2일간 수침처리한 후 종자를 고운 모래와 골고루 섞은 후 손으로 직접 용기에 5~6개씩 파종한다. ・복토는 고운 질석으로 종자의 2~3배 두께로 덮는다.
종자발아 ・2004년 4월 20일까지 90% 이상 발아
유묘형성기(1개월) ・종자발아는 균일하게 발아하며 대개 3주안에 완전히 발아한다. ・본엽이 발생하기 전까지는 습기가 있으나 축축하지 않게 미스트를 수시로 실시한다.
빠른 생육기(4개월) ・묘목은 유묘형성기 후에 빠르게 생육한다. ・수분스트레스를 최소로 하기 위하여 상대습도를 높게 유지한다. ・잎들이 일정 크기까지 자라면 관수되는 상당한 양의 물이 차단되어 생육상토에 공급되지 않기 때문에 관수시간과 횟수를 늘린다. ・관수시 용기의 무게를 측정하여 이상적인 관수 및 습도를 유지하도록 한다. ・시비는 모든 필수영양원소가 적정농도를 유지하고 있는 액체비료를 주 2회 실시한다.
경화기(1개월) ・묘목이 목표하는 목표한 간장에 도달하면 온실에서 자연 일장처리와 관수를 이용하여 경화처리를 유도한다. ・경화기 초기 1주일은 충분한 관수를 실시하고 점차 관수시간과 횟수를 줄인다.
수확 및 운반 ・수확일은 10월 초 또는 식재지역의 기후여건에 따른다. ・수확 및 운반은 묘목을 용기에서 분리하여 포장 박스에 담아 포장・운반한다. ・조림은 반드시 10월 중순까지 실시하여야 한다.

나. 상수리나무 1-0 용기묘

1) 묘목 목표 규격(안)

○ 수고 : 25.0～40.0㎝
○ 근원경 : 4～6㎜
○ 뿌리시스템 : 뿌리는 상토와 견고하게 밀착하여야 한다.

2) 양묘환경

○ 온실형태 : 유리온실 또는 비닐온실
○ 번식방법 : 종자번식
○ 양묘기간 : 5개월

3) 용기

○ 다목적 활엽수 용기 24구(350㎖/구)

4) 준비기

○ 종자정선
- 채취즉시 음건을 24시간 실시하거나 이류화탄소(CS_2)로 24시간 훈증처리를 실시한다.

○ 종자처리
- 종자저장은 저온저장고(2～5℃)에 마르지 않도록 기건저장 한다.
- 종자파종 1개월 전에 발아촉진하기 위하여 습사저온처리 한다.

○ 생육상토 혼합
- 피트모스 : 펄라이트 : 질석 = 1 : 1 : 1(v:v:v)

○ 종자파종
- 유근이 막 발아하는 종자를 구에 구멍을 파고 종자 1개씩 파종한다.
- 파종은 최소한 1㎝ 깊이로 하고 비이상적으로 뿌리가 굴곡하는 것을 방지하기 위하여 발생한 유근이 아래로 향하게 한다.
- 유근이 물리적인 피해를 입지 않도록 주의한다.
○ 종자복토
- 고운 질석으로 얕게 복토한다.

5) 유묘 형성기

○ 온실을 하루 종일 따뜻하고 높은 습도를 유지시킨다.
○ 본엽이 발생하기 전까지는 습기가 있으나 축축하지 않게 미스트를 수시로 실시한다.
○ 시비는 수용액 비료인 멀티피드 19(N:P:K=19:19:19)를 저농도인 2000배액으로 주 2회 시비한다.

6) 빠른 생육기

○ 용기에서 묘목이 잘 활착이 되고 일일온도가 높아지면 어린 잎이 무성하게 자란다.
○ 수분스트레스를 최소로 하기 위하여 상대습도를 높게 유지한다.
○ 잎들이 일정 크기까지 자라면 관수된 상당한 양의 물이 차단되어 생육상토에 공급되지 않기 때문에 관수는 더욱 더 어려워진다.
○ 이에 따른 관수시간 및 횟수를 늘린다.
○ 또한 관수는 지속적으로 실시하고 용기의 무게를 저울로 측정하여 이상적인 관수량이 유지하도록 한다.
○ 유묘 형성기에 종자의 저장영양분으로 일단 수고생장을 하지만 이때 줄기가 한번 더 생육하는 형태를 보이므로 생육초기부터 꾸준히 시비를 실

시하여 수고 및 근원경을 보다 크게 할 필요가 있다.

○ 수용액 비료인 멀티피드 19(N:P:K=19:19:19)를 고농도인 1000배액으로 주 2회 시비한다.

7) 경화기

○ 용기묘의 간장이 목표 규격에 이르면 관수를 조절하여 자연스럽게 경화시킨다.

○ 경화기 초기 1주일은 충분히 주 2회 관수를 실시하고 점차 관수시간과 횟수를 줄인다.

○ 간장이 큰 묘목은 다른 용기로 분리하여 관수가 쉽게 이루어지도록 한다.

○ 낮은 습도와 자연 광주기는 묘목을 경화단계로 유도되는 것을 촉진한다.

○ 경화기에는 시비를 하지 않는다.

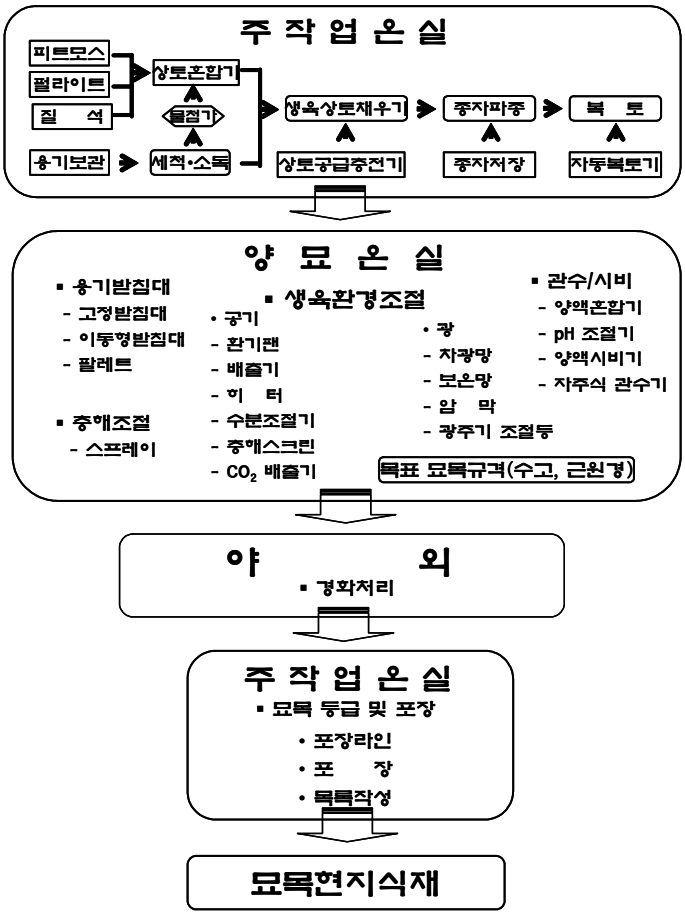


그림 12-1. 대표적인 용기양묘 시업기술 표준화 체계도

2. 실내·외 용기양묘 및 노지-용기 상호 연계양묘 시업기술 체계 확립

가. 실내·외 용기양묘

실내·외 용기양묘는 방법에 따라 크게 2가지로 구분할 수 있는데, 비닐온실에서 양묘한 용기묘를 야외 간이시설로 그대로 옮긴 후 다시 양묘하는 경우와 비닐온실에서 양묘한 용기묘를 보다 더 큰 용기로 이식한 후 야외 간이시설에서 양묘하는 경우이다(그림 12-2).

1) 비닐온실에서 양묘한 용기묘를 야외 간이시설로 옮긴 후 양묘

○ 수종 : 소나무 등 침엽수 2-0 용기묘
○ 용기 : 플라스틱 15, 40구(250~500㎖/구)
○ 이동시기 : 비닐온실에서 양묘하고 용기묘를 월동시킨 후 그 다음 해 3월경에 최소한의 시설(소형 또는 중형 스프링클러와 같은 관수시설과 간이 용기받침대)만 설치한 실외로 이동하여 양묘 실시
○ 관수 : 강우량에 따라 관수는 조절. 가급적 매일 소형 또는 중형 스프링클러를 사용하여 관수

2) 비닐온실에서 양묘한 용기묘를 보다 큰 용기로 이식한 후 야외 간이시설에서 양묘

○ 수종 : 소나무 등 침엽수, 자작나무 등 활엽수
○ 용기 : 침엽수는 플라스틱 104구, 활엽수는 15구
○ 이식시기 : 가을, 봄(가급적 가을)
○ 이식방법
- 소나무 1-0 용기묘 등 침엽수
  : 플라스틱 104구(63㎖/구) ⇒ 플라스틱 15구(500㎖/구)로 이식(그림 12-3)
- 자작나무 1-0 용기묘 등 활엽수
  : 플라스틱 15구(500㎖/구) ⇒ 플라스틱 용기(1,000㎖/구)로 이식

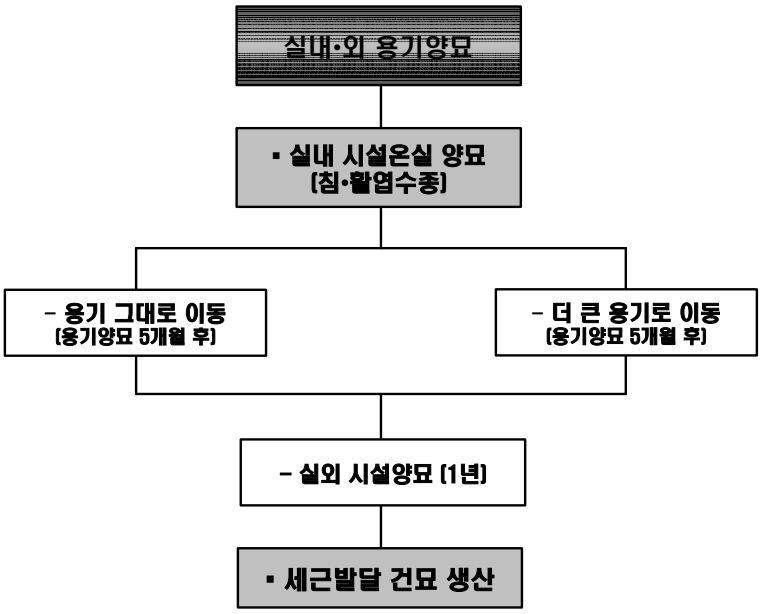


그림 12-2. 실내・외 용기양묘 체계도

(소나무 2-0 용기묘 : 실내 5개월+실외 1년 양묘)

그림 12-3. 실내・외 용기양묘

나. 노지-용기 또는 용기-노지 상호 연계양묘

노지-용기 상호 연계양묘는 전통적인 노지양묘와 최근에 발달한 용기양묘의 각각의 장점이 결합한 양묘방법을 말한다. 이 방법으로 생산된 묘목은 일반 묘목에 비하여 뿌리발달이 좋은 특징을 가진다.

노지-용기 상호 연계양묘는 노지에서 시설온실내의 용기로 또는 시설온실내의 용기에서 노지로 양묘방법 및 목적에 따라 선택할 수 있다(그림 12-4).

1) 용기-노지 연계양묘

비닐온실 용기에서 양묘한 묘목을 야외 포지에 정식하여 뿌리발달이 우수한 묘목을 생산한다.

○ 수종 : 소나무 등 침엽수
○ 용기 : 침엽수는 플라스틱 104구
○ 이식시기 : 가을, 봄(가급적 가을에 이식)
○ 이식방법
- 소나무 1-0 용기묘 등 침엽수
  : 플라스틱 104구(63㎖/구) ⇒ 야외포지 81 또는 100본/㎡ 이식(묘목생육 상태 및 양묘시기에 따라 결정)

2) 노지-용기 연계양묘

찰피나무와 상수리나무와 같은 직근성 수종을 대상으로 하여 노지에서 양묘한 이들의 직근 뿌리를 단근한 후 용기에 양묘하여 세근발달을 유도하는 양묘방법이다(그림 12-5).

○ 수종 : 찰피나무 등 직근성 수종
○ 용기 : 침엽수는 플라스틱 15구(500㎖/구)
○ 이식시기 : 봄
○ 이식방법
- 직근성 뿌리를 9㎝ 이상으로 단근하여 용기에 이식하여 양묘

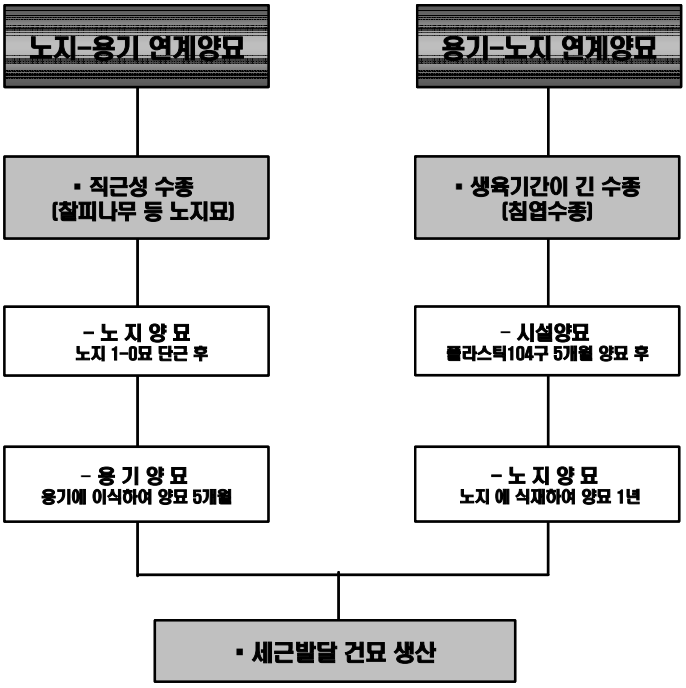


그림 12-4 . 노지-용기 상호 연계양묘 체계도

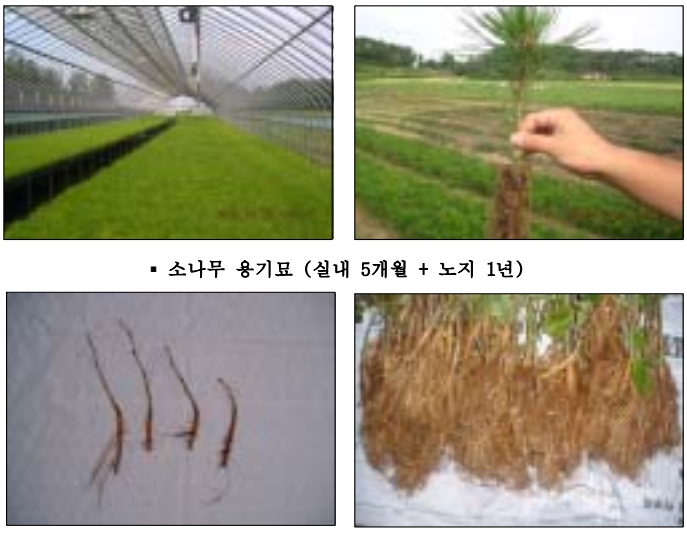


그림 12-5. 용기-노지, 노지-용기 상호 연계양묘

3. 용기양묘 기술보급 및 활용방안 마련

가. 용기양묘 기술보급

우리나라에서 용기양묘에 관한 연구는 1990년대에 들면서부터 끊임없이 수행하여 그 결과를 양묘현장에 적용시켜 나가고 있다. 그러나 아직은 용기묘 생산 현장의 양묘기술이 높은 수준에 도달하지 않아 현장에서의 용기묘 생산 기술습득의 중요성이 보다 더 대두되고 있어 기술습득에 대한 많은 투자가 필요한 시점이다. 이를 위해서는 산림정책 결정기관-연구기관-생산현장의 상호 협력이 우선적으로 이루어져야 할 것이다.

그리고 산림정책적으로 용기양묘 관련 전문부서를 두어 용기양묘 전문가가 담당하게 하여 기술교육 프로그램을 작성하여야 할 것이다. 생산현장인 용기양묘 관련 회원들을 대상으로 이론 및 실기교육을 실시해야 하며 분기별로 생산현장을 순회 방문하여 현장학습을 통하여 용기양묘 전문생산가를 육성하도록 하여야 한다.

그리고 용기양묘 기술보급하기 위해서는 용기양묘를 연구・개발・보급할 수 있는 '용기양묘 협의회'의 발족이 필요하다. 용기양묘 협의회는 민・연・관이 적극적으로 참여하여 용기양묘 정책방향 설정, 메뉴엘 작성, 대상수종 용기묘 규격 및 단가 결정, 적정 용기 개발, 용기묘 생산지도 및 묘목수급 검사 등을 주도하여야 할 것으로 사료된다.

나. 용기양묘 활용방안

고품질 용기대묘 생산기술 개발은 현재의 양묘산업 및 조림현장에서 바로 적용이 가능하여 임업양묘산업의 발전을 유도할 뿐만 아니라 우리나라 전체

산림산업의 활성화에도 크게 기여할 것이다. 그리고 용기양묘 기술의 발전은 산불피해지 복원, 황폐한 북한산림지역을 단기간에 복구하는데 활용될 것이며, 대단위 단일수종의 획일적인 조림방식이 지양되고 적지적수에 의한 선별적인 조림이 확대 실시될 것으로 판단된다.

용기양묘가 보다 발전되고 다양한 분야에 활용되기 위해서는 정책적으로 적정 수종선정과 대상수종 확대, 그리고 다양한 용기개발이 우선적으로 고려되어져야 할 것이다. 그리고 용기양묘 대상수종별 생산시업 체계가 수립되어야 할 것이다. 이 표준화 작업이 늦어질 경우 시설양묘의 가장 중요한 장점 중의 하나인 건전하고 균일한 묘목생산이 힘들게 될 뿐만 아니라 묘목규격 제정과 묘목단가 산정에도 부작용이 뒤따르게 된다. 또한 상대적으로 아직까지는 연구가 부족한 묘목생산 후 관리기술이 수립되어야 한다.

4. 용기묘 규격 제정 및 규격 검사 철저 시행

가. 용기묘 규격 제정

용기양묘는 식재 현장의 입지조건 및 묘목 수요자의 필요에 따라 다양한 크기의 용기묘 생산을 수반한다. 용기묘의 규격을 정하고 선별하는 체계는 주로 형태적으로 용기묘를 평가하면서 발달하였다. 형태적인 평가는 주로 간장, 근원경, 지상부 건물량, 지하부 건물량, 눈 크기 등과 같이 용기묘 크기에 대한 특성을 점검한다.

간장과 근원경과 같은 용기묘 크기는 용기묘의 형태에서 가장 중요한 요소로써 용기묘의 크기는 식재할 입지에서의 제한요인들을 반드시 극복할 수 있어야 한다. 현재 우리나라에서 실시하고 있는 용기묘 규격은 외부 식별에 의한 형태적인 평가, 특히 용기묘의 크기인 간장과 근원경에 대한 최소 한계 등급을 정하여 그 이상의 용기묘를 건전묘로 평가하고 있다. 그 이유는 용기묘

의 품질을 쉽게 감정할 수 있고 간장과 근원경이 용기묘의 품질에 있어 폭넓게 연관되어 있기 때문이다.

용기묘의 크기에 의한 형태적인 평가는 용기묘의 규격을 정하는데 좋은 방법이 될 수 있으나, 현지식재한 후 용기묘의 활착과 생장은 전통적으로 용기묘의 활력에 따라 나타나고 있다. 용기묘는 식재한 이후에야 식재의 성공·실패 여부가 판가름 나므로, 만일 건전하지 않은 용기묘를 식재하면 실패할 것이다. 따라서 반드시 건전한 용기묘를 현지에 식재하여야만 용기묘 식재의 성공을 보장할 수 있으며, 이를 위하여 식재 전에 용기묘를 생리적으로 평가하는 방법이 발달되어 왔다. 물론 선진 용기양묘국에서도 과거에는 용기묘의 등급을 주로 형태적 특성을 선정하여 수고 및 근원경을 주로 사용하여 왔지만 최근에 들어 이들의 양묘기술은 용기묘가 현지에 식재된 후 어떤 형태로 용기묘가 생육할 수 있는지를 예상할 수 있을 정도로 고도로 발전하였다.

용기묘의 적정 규격은 용기묘를 식재한 후 용기묘의 물리적, 형태적 특성을 분류하여 평가하는 것이 올바른 방법 중에 하나이다. 이를 실행하기 위해서는 광범위한 입지에 대한 적절한 용기묘 기준을 설정할 수 있는 충분한 자료가 필요하다. 그러나 이에 대한 연구는 현실적으로 수많은 시간과 인력이 필요하므로 현 시점에서는 이러한 작업이 쉽지 않은 실정이다. 따라서 현재의 용기묘 생산자와 수요자 그리고 연구자에게 용기묘 규격 제정 요소에 대한 선택 및 탈락할 수 있는 기준을 추천받고 이들 다시 종합 분석하여 다음과 같이 우선적으로 규격을 설정하는 것이 바람직한 방법으로 판단된다(표 12-2).

표 12-2. 용기양묘 대상수종별 용기묘 규격(안)

수 종	소나무 2-0 용기묘	자작나무 1-0 용기묘
간 장(평균) 근원경(평균)	31.5㎝ 3.7㎜	61.5㎝ 4.8㎜
간 장(규격) 근원경(규격)	22.0㎝ 이상 3.0㎜ 이상	45.0㎝ 이상 4.0㎜ 이상
뿌 리 · 색깔 · 병의 흔적 · 나선형뿌리	끝이 하얀, 밝은 갈색의 뿌리 없음 없음	끝이 하얀, 밝은 갈색의 뿌리 없음 없음
잎 · 색깔	적갈색+진한녹색	적갈색+녹색
눈 · 색깔	녹갈색	갈색
용기특성 · 규격 · 용적(구)	세근발달촉진용 45.2*26.8*16㎝ 63㎖	세근발달촉진용 41*25*16㎝ 500㎖
다른 주요 특성 · 견고성 : 용기묘를 분리·운반할 때 본래의 모습을 유지하고, 생육상토가 뿌리와 견밀하게 밀착하여 상토의 손실이 없어야 함 · 수 분 : 생육상토가 항상 수분이 있어야 하고, 결코 건조에서는 안 됨. · 해 충 : 묘목과 경쟁하는 잡초와 충해가 없어야 함		

나. 용기묘 규격 검사 철저

용기묘 규격 검사는 용기묘가 생산되고 운반을 준비하는 마지막 단계에서 용기묘의 등급을 매기는데 사용할 수 있다. 용기묘가 규격에 미달하였거나, 운반과정에 외부의 충격에 의하여 용기묘가 손상되었으면 포장 이전에 선별하여야 한다. 반드시 품질이 확실한 규격묘만이 운송되어 식재될 수 있도록 규격검사를 철저하게 실시하여야 한다. 용기묘 규격 검사 방법은 다음과 같다.

1) 간장 및 근원경

간장과 근원경은 용기묘의 품질을 가장 잘 나타낼 수 있는 지표 중에 하나이므로 용기묘 규격에 의거하여 실행한다.

2) 뿌리

뿌리는 지상부 보다 더욱 세밀한 관찰이 요구된다. 밝고 많은 갈색의 뿌리와 하얀색의 뿌리 끝은 활력이 왕성한 용기묘를 의미한다. 검은색의 뿌리는 병에 감염된 경우가 있기 때문에 특히, 뿌리의 상당부분이 검은색일 때는 세밀한 조사가 요구된다. 만약 손톱 끝으로 뿌리를 문질러서 나타난 형성층이 갈색이면 그 뿌리는 죽은 것이다. 대다수 용기는 나선형뿌리를 방지하기 위하여 구마다 융기선이 있다. 소나무는 뿌리시스템이 넓게 빨리 발달하기 때문에 만약 융기선이 효과적이지 않으면 나선형 뿌리가 잠재적인 문제점이 될 수도 있다.

3) 잎

잎들의 크기와 조건은 미래의 생존과 생장에 아주 중요하다. 일반적으로 잎들은 엷은 진녹색의 색깔이다. 그러나 용기묘가 북쪽 양묘장에서 생육한다면 저온에 노출되기 때문에 색깔은 변화할 것이다. 황색을 띈 잎 색깔들은 용기묘의 빈약한 활력을 의미한다.

4) 눈

눈의 존재와 색깔은 용기묘의 생육발달 단계에 따라 달라진다. 소나무 2-0 용기묘의 경우 바람직한 눈의 색깔은 녹색에서 적갈색이 되는 시점이다. 녹색 눈의 용기묘도 식재입지조건이 좋은 곳에서는 잘 자라지만, 현지에서 생존과 식재 즉시 빨리 생장할 수 있는 가능성은 적갈색으로 변하는 시점의 눈보다 떨어진다.

5) 기타 주요 특성

용기묘의 규격을 결정하는데 고려되는 또 다른 특성들은 다음과 같은 것들이 있다. 첫째, 용기묘는 분리 및 운반작업을 할 때 본래의 모습을 유지하여야 하며, 생육상토가 뿌리와 견밀하게 밀착하여 상토의 손실이 없어야 한다. 둘째, 생육상토가 항상 적정 수분은 보유하고 있어야 한다. 셋째, 용기묘와 경쟁하는 잡초와 충해가 있어서는 안 된다. 양묘자는 용기와 용기묘를 분리·포장 작업시 위의 문제 중 하나라도 문제가 되는 용기묘는 반드시 제거하여야 한다.

제 13절 용기묘 조림기술 및 조림지 관리방안 분석

1. 목 적

우리나라 용기양묘 주요 대상수종인 소나무와 상수리나무의 용기묘의 식재시기, 식재방법, 조림지 사후관리에 따른 조림식재지 활착 및 생육상황을 조사하여 용기묘 조림기술과 조림지 관리방안을 개선하고자 한다.

2. 처리내용 및 방법

가. 대상수종 및 조사지역

소나무 1-0 용기묘는 동해안 산불피해지(강원도 삼척시 7 지역, 강원도 고성군 3 지역)를 조사하였으며 상수리나무 1-0 용기묘는 충청북도 3 지역, 전라북도 3 지역을 조사하였다.

나. 조사내용

용기묘 식재본수, 식재방법, 용기묘 활착 및 생육상황, 조림지 사후관리를 조사하였다.

3. 결 과

가. 용기묘 생산현황

우리나라에서 시설양묘에 의해 조림용 용기묘 생산시업이 본격적으로 시작된 것은 1996년 고성지역 산불 피해지 복원용 소나무 용기묘 생산부터이다. 2003년부터는 상수리나무 용기묘 생산이 시작되었으며 현재까지도 이 두 수종

의 용기묘 생산이 우리나라 임업시설양묘의 주축을 이루고 있다(표 13-1). 생산 초기에는 용기묘 생산과정에서 여러 문제점이 도출되어 정상적인 생산에 대한 우려가 컸으나 현재는 용기묘 생산과정이 어느 정도 안정되어 생산 목표를 순조롭게 달성해가고 있다.

표 13-1. 연도별 용기묘 생산 및 조림 현황 (2004. 현재)

수 종	연 도	식재본수(본)	조림면적(ha)
계		**19,611,000**	**4,022.2**
소나무 (5개월 양묘)	1997	1,754,000	350.8
	1998	716,000	143.2
	1999	216,000	43.2
	2000	180,000	36.0
	2001	2,085,000	417.0
	2002	2,490,000	498.0
	2003	4,045,000	809.0
	2004	3,715,000	743.0
	소 계	15,201,000	3,040.2
상수리나무 (5개월 양묘)	2002	1,000,000	200.0
	2003	1,500,000	400.0
	2004	1,910,000	382.0
	소 계	4,410,000	982.0

※ 소나무 2-0 용기묘는 2004년 4월부터 양묘하여 2005년 가을 현재 첫 조림 중임.

나. 용기묘 활착 및 생육상황

1) 소나무 1-0 용기묘

○ 삼척 산불피해지

2000년에 발생한 동해안 산불로 인하여 가장 큰 피해를 입은 지역의 하나인 삼척 지방의 피해지 복구에는 많은 소나무 용기묘가 활용되었다. 이들 용기묘는 연곡 및 용문국유양묘장과 강원도의 산림조합 양묘장에서 생산되었다.

2001~2004년 동안 활착율은 94% 이상으로 아주 높았으며, 생육상황도 좋은 것으로 조사되었다. 그리고 식재시기별로는 추기에 식재하는 것이 춘기보다 좋은 생육을 나타내는 것으로 조사되었다. 삼척 산불피해지역의 소나무 용기묘 식재 현황과 활착 및 생육상황은 다음과 같다(표 13-2, 13-3)

표 13-2. 삼척 산불피해지 소나무 용기묘 식재 현황

년 도	면 적 (ha)	본 수 (천본)	춘기식재 (ha)	추기식재 (ha)
계	**461.6**	**2,308**	**277.6**	**184.0**
2001	75.0	375.0	10.0	65.0
2002	83.0	415.0	23.0	60.0
2003	158.2	791.0	99.2	59.0
2004	99.2	496.0	99.2	-
2005	46.2	231.0	46.2	-

표 13-3. 삼척 산불피해지 식재 시기별 소나무 용기묘 생육현황(2005년 4월)

식재시기		조 사 지 역	면 적 (ha)	본 수 (천본)	활착율 (%)	생육상황	
						간장(㎝)	근원경(㎜)
2001	춘 기	원덕, 옥원 161나	6.0	3.0	94	92.7±30.8	44.67±20.45
	추 기	근덕, 궁촌 70-5	30.0	150.0	93	76.3±25.7	37.03±12.65
2002	춘 기	근덕, 궁촌 70-5	10.0	50.0	95	65.0±20.5	32.07±10.24
	추 기	근덕, 궁촌 68-2	3.5	17.5	95	58.2±18.6	26.23±7.78
2003	춘 기	근덕, 하마읍 85-11	0.4	2.0	96	45.5±15.8	17.52±5.46
	추 기	근덕, 하마읍 85-11	7.0	35.0	95	40.4±13.4	16.32±4.25
2004	춘 기	근덕, 궁촌 70-4	7.5	37.5	99	25.6±9.7	5.70±2.34

○ 고성 산불피해지

소나무 용기묘 식재 후 생육상황을 조사하기 위하여 1997년부터 묘목 식재 시기 및 입지별로 구분하여 연차별로 조사를 지속적으로 실시하였다. 그러나 2000년에 고성군에 다시 발생된 대형 산불로 인하여 대부분의 용기묘 식재지 및 조사구가 훼손되었다. 그나마 현재 초기 조림된 소나무 용기묘의 일부 생

육상황을 볼 수 있는 곳은 1997년 가을에 식재된 고성군 죽왕면 인정리, 삼포리 일대와 1998년 봄에 식재한 토성면 도원리, 학야리 일대이다. 이들 지역은 산불 피해목을 모두 벌채한 후 용기묘를 식재한 지역이다. 도원리 지역에 식재된 후 생육한 소나무 용기묘의 활착률과 생장 현황은 다음과 같다(표 13-4, 그림 13-1).

표 13-4. 강원도 고성군 토성면 도원리 입지별 식재 용기묘의 활착률(%)

입지 \ 년도	1998.5	1999	2000	2001	2002	2003	2004
산 정	100	91.3	90.3	89.0	88.7	88.7	88.7
산 복	100	95.0	92.7	91.7	91.3	91.3	91.3
산기슭	100	97.3	96.7	96.0	95.7	95.7	95.7

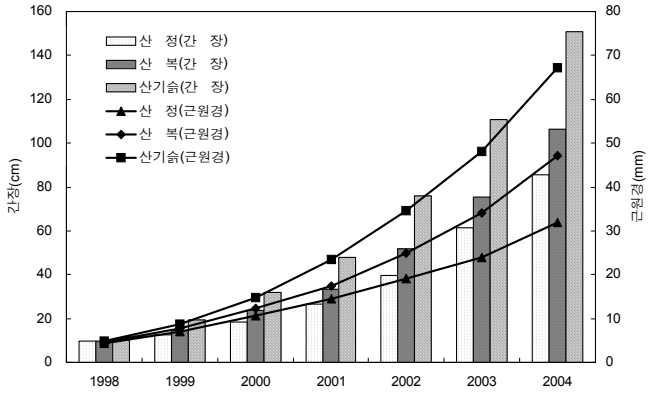


그림 13-1. 소나무 용기묘 식재 후 6년 동안의 생육상황

2) 상수리나무 1-0 용기묘

우리나라의 상수리나무 용기묘 조림은 1998년도부터 전북 남원 지역에서 시험적으로 조림을 하면서부터 시작하였다. 2003년부터는 대규모로 용기묘 생산과 조림이 이루어지고 있다. 상수리나무 용기묘 조림은 지금까지 시행된 노지

묘 조림의 낮은 활착률을 극복하기 위한 방편으로 수행되고 있으며, 현재 우리나라의 상수리나무 용기묘 생산은 한국양묘협회 회원들에 의해 주도되고 있다. 소나무 용기묘에 비해 조림 역사가 상대적으로 짧아 아직 상수리 용기묘 조림 결과에 관한 자료는 많지 않지만 노지묘에 비해 보다 높은 활착률이 기대되고 있으며 일부 조사된 내용을 보면 표 12-5와 같다.

표 13-5. 상수리나무 용기묘 생육상황 (2005년 6, 7월)

식재 년도	위 치	면 적 (ha)	생육상황	
			간장(㎝)	근원경(㎜)
1999	전북 정읍시 칠보면 축현리 산 146-2	1ha		
2004	전북 정읍시 입암면 등천리 산 142	2ha	54.0±12.1	4.78±1.94
2004	전북 정읍시 칠보면 수청리 산 156	시험구	38.5±9.5	3.57±1.69
2004	전북 정읍시 산내면 평사리 산 53, 54, 95	4.5ha	44.0±13.2	5.82±2.45
2003	충북 진천군 초평면 음암리 산 58	3ha	82.5±18.7	11.01±2.04
2004	충북 진천군 초평면 음암리 산 35-1	3ha	50.5±12.8	8.02±1.98
2003	충북 청원군 가덕면 내암리 산 27	5ha	83.4±19.4	12.14±2.24

다. 조림기술 개선 방안

1) 식재시기

용기묘는 대부분 활착률이 매우 좋기 때문에 식재시기를 폭넓게 확대할 수 있다. 용기묘는 사계절 모두 식재가 가능하나 일반적으로 가을에 묘목을 식재하는 것이 토양이 수분을 적당하게 함유하고 있기 때문에 좋은 결과를 보이고 있다. 이때 식재한 용기묘는 겨울동안에도 묘목의 뿌리시스템이 안정적으로 잘 형성되므로 봄철에 잡초와의 경쟁하는 기간을 단축할 수 있다. 따라서 용기묘는 가급적 조림작업 여건이 좋은 가을 식재를 원칙으로 하며 10월 이전까지 실시하는 것이 묘목의 활착과 생육에도 좋을 뿐만 아니라 경제적인 면에서도 유리할 것이다.

한편 우리나라 용기묘 식재는 봄철 양묘개시 시기와 연계되어 대부분 가을철에 식재를 하는 현 시점에서 가을 식재와 관련하여 우리가 중요하게 다루어야 할 사항은 식재시기이다. 다만 소나무 용기묘의 경우 일부 겨울철 양묘를 통해 봄철 식재가 되고 있다. 현재 우리나라의 주요 용기묘 수종인 소나무와 상수리나무 조림지를 조사한 결과, 상대적으로 빠른 시기에 식재한 묘목들의 활착과 초기 생장이 뛰어나다는 점이다. 식재 후 뿌리가 어느 정도 활착한 상태에서 월동을 하는 것이 아주 중요하기 때문이다. 지방에 따라서 다소 차이는 있겠지만 9월 말까지 식재가 이루어지면 가장 좋고, 10월 초순까지는 아쉽지만 무난하다고 판단되나, 10월 말경에 식재할 경우 활착과 초기생장에 다소 문제가 있는 것으로 조사되었다.

2) 식재방법

노지묘의 경우에도 상수리나무와 같은 활엽수 묘목의 식재 시 뿌리부분이 접히지 않고 완전하게 잘 심겨져야 하나 때로는 제대로 깊이 심겨지지 않아 식재 후 뿌리가 지상으로 노출되어 건조 피해를 받아 고사하는 경우가 종종 일어난다. 용기묘의 경우에는 용기 내 상토와 분리되지 않은 채 뿌리가 상토와 함께 용기로부터 분리되어 나와 식재 시에도 상토가 깨지지 않고 온전한 상태로 심겨지는 것이 바른 용기묘 식재법이다.

용기묘의 식재 현장에서 보면, 이동하는 사이 가끔씩 상토가 깨어지기도 하고, 우리 실정에 맞는 적정 식재도구가 없어 식재구를 제대로 만들지 못하여 식재 중에도 뿌리부분이 훼손되기도 한다. 그러나 금년에 산림청에서 용기묘 조림전용 식재기를 개발하여 시험·사용하고 있으니 이 문제는 금번에 해결되리라고 생각된다.

3) 용기묘 운반

용기묘 포장을 비롯한 운반체계 수립, 식재 현지에서의 이동 장비 등이 아직 체계화 되어 있지 않아 현재 우리나라 용기묘 산업이 확대·발전하는 데 있어 우선적으로 해결해야 문제점이다.

라. 조림지 관리방안 수립

1) 식재 후 관리

현재 우리나라에서 묘목이 식재된 조림지 관리는 대개 2~3년에 걸쳐 이루어지고 있는데 주로 풀베기와 잡목의 맹아지 정리가 이루어지고 있다. 소나무 용기묘가 식재된 산불피해지의 경우에는 초본 및 관목류와 같은 기존 식생들도 산불에 의해 피해를 입었기 때문에 타 식생과의 경쟁이 다른 일반적인 조림지 보다는 낮은 형편으로 식재된 소나무 용기묘가 식재 후 3년 동안의 관리에 의해서도 충분하게 활착되어 높은 생존율과 생장률을 보이고 있다.

하지만 상수리나무 용기묘와 같은 경우에는 식재지 환경이 산불피해지와는 달리 주로 수종갱신 임지에 많이 식재되는 까닭에 입지에 따라서는 다른 식생과의 지나친 경쟁으로 초기 생장에 어려움을 겪는 경우도 확인되고 있다. 따라서 이런 조림지와 같은 경우에는 앞으로 식재 후 최소한 5년간의 관리를 통하여 식재된 묘목의 활착과 생존 및 생장률을 높이는 방안을 마련해야 할 것이다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표달성도

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	달성도 (%)
1차년도 (2002년)	○ 대묘생산 수종선정의 타당성	100
	○ 실내·외 용기양묘 기술개발	100
	○ 고품질 용기대묘 생산용 용기 개발	100
	○ 경량급 생육상토 개발	100
	○ 용기양묘 관수·시비방법 개발	100
	○ 용기양묘 경제성 종합평가	100
2차년도 (2003년)	○ 세근발달촉진용 용기 개발의 타당성	100
	○ 용기양묘 소요자재 개발 및 시설 개선	100
	○ 노지-용기 연계양묘 적정 체계 개발	100
	○ 용기양묘 선진기술 파악 및 국내 적용방안 탐구	100
3차년도 (2004년)	○ 현지 식재시험 및 적지판정 시험	100
	○ 용기묘 식재도구 개발 및 운반체계 개선	100
	○ 용기양묘 시업기술 표준화	100
	○ 용기양묘 실연화 사업	100
	○ 용기묘 조림기술 및 조림지 관리방안 분석	100
	○ 종합평가	100

2. 기술적 기여도

• 본 연구에서 개발된 용기에 적용된 뿌리발달과 나선형 뿌리 발생 방지에 관한 기술은 앞으로 다양한 형태의 임업 용기양묘용 용기개발 뿐만 아니라 원예 및 식량작물용 용기개발에도 적용이 가능할 것으로 기대된다.

• 상토재료의 혼합시험의 과정과 결과는 앞으로 황폐지, 개간지 등 척박한 식재지 환경에 적응이 가능한 수종 및 생육환경 조절에 관한 기초자료로 충분히 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

• 현재 우리나라에서 용기양묘가 실시되고 있는 비닐온실의 환경조건은 매우 열악한 형편이다. 본 연구에서 시설 내 환경의 개선에 관한 여러 기술적 제안들은 현장에서 수집된 사실을 바탕으로 기술하였기 때문에 바로 현장에 적용시켜 건전한 용기묘가 생산될 수 있도록 하여야 할 것이다.

• 보다 경제적인 양묘산업의 발전을 위하여 제시한 노지-용기, 용기-노지 상호 연계양묘 시스템의 시험과 일부 수종의 표준화 작업은 앞으로 양묘현장에서 넓게 적용될 기술로 판단된다. 또한 실내·외 연계양묘 기술도 양묘산업의 경제성 제고에 기여할 것으로 보이며 당장 현재 생산 중인 소나무 2-0 용기묘 생산 현장에 적용이 가능한 기술로 기대된다.

• 선진 용기양묘 국가들의 앞선 기술들을 탐구하여 우리나라 실정에 적합한 기술들의 활용방안 제시는 우리 용기양묘 산업 발전의 기초 자료로 자리할 것으로 예상된다.

• 농가지도형 비닐온실 A형을 통한 용기양묘 실연화 사업 시험은 우리 용기양묘 산업에서 시설비 절감효과를 가져오는 시도로 평가된다.

3. 경제·산업적 기여도

• 새로운 용기의 개발과 활용의 확대는 양묘산업 자체의 활성화에도 영향을 미치겠지만 침체된 관련 재료산업의 활성화에도 어느 정도 기여할 것으로 기대된다.

• 기존 시설 및 조림기술 개선에 필요한 자재들의 제작 및 활용 산업에도 부분적인 기여가 있을 것으로 예상된다.

• 용기묘 조림지 관리방안의 하나로 제시된 식재 후 최소 5년간의 관리 필요성 제안은 관리에 필요한 인력의 양성과 고용으로 연결시킬 수 있는 기회가 될 수 있을 것으로 판단된다.

• 용기묘 생산 기술의 표준화 작업은 균일한 용기묘 생산의 1차적인 중요 과정으로 앞으로 용기묘 대량생산의 기틀이 될 것으로 예상된다. 따라서 이 기술은 북한지역 황폐지 복구조림과 같이 기후 또는 인위적인 재해의 복구에 소요되는 대규모 묘목생산 산업의 훌륭한 기초가 될 것으로 기대된다.

제 5장 연구개발결과의 활용계획

• 우선 본 연구를 통하여 얻어진 과학적인 자료들은 잘 정리하여 국내·외에 소개하는 방안을 마련할 예정이다. 또한 일부 실용화 사업이 가능한 자료들은 별도로 관리하여 추후 진행시키도록 할 예정이다.

• 빠른 시일 내 현장에 적용시켜야 할 자료들은 관련 기관을 통하여 때로는 직접 관련 당사자들에게 정보를 제공하여 양묘산업 발전에 기여토록 할 것이다.

• 이미 실용화되어 현장에서 활용되고 있는 제품들은 그 효율성과 경제성을 보다 널리 홍보하여 활용도를 더욱 높이는 계기를 만들도록 하겠다.

• 본 연구를 통하여 얻은 많은 기술과 지식에도 불구하고 아직 이 분야 발전에 미진한 부분, 특히 현장 적용성이 뛰어난 아쉬운 부분에 대해서는 추후 연구과제로 지원 신청하여 지속적인 기술개발의 계기로 삼고자 하겠다.

제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구를 통하여 수집된 많은 해외과학기술정보 중 여기서는 양묘산업에 관한 내용만 언급하고자 한다.

1. 양묘산업의 현 주소

임업선진국인 캐나다, 미국, 핀란드에서는 용기양묘에 의한 묘목생산이 이미 산업화되어 있으며, 최근에는 멕시코, 칠레, 말레이시아, 이스라엘, 뉴질랜드 등 대부분의 나라에서 양묘형태가 노지양묘에서 용기양묘로 이미 양묘체계를 전환하였거나 급속히 전환하고 있는 추세이다.

2. 선진 양묘 기술

선진 양묘기술 중 으뜸은 생산 시설의 완전 자동화이다. 아직 우리나라 실정에서는 양묘시설의 전자동화는 일부 고가의 원예식물 생산에는 도입되어 있으나 임업양묘에는 아직 힘든 실정이다. 생산되는 용기묘의 크기는 대형 묘목으로의 전환도 빠르게 진행되고 있으며 이에 필요한 기술개발에 박차를 가하고 있다. 이들은 또한 생산기술 뿐만 아니라 생산체계구축 기술도 매우 앞서 있는 형편이다.

3. 관련 산업분야 동반 발전 기회

선진국에서 용기양묘의 증가는 양묘산업에서 다양한 분야의 기술개발을 유도하고 있다. 예를 들면, 생산된 묘목의 상온 또는 저온에서의 저장기술 개발은 저온 또는 냉동기술 산업분야의 활성화를 유도한다. 또 생산된 용기묘의 관리 분야와 관련된 기술이 소요되는 타 산업분야를 보면 포장산업과 식재지로의 이동을 위한 운송산업의 기술발전도 동시에 이루어지고 있다. 특히 용기

묘 생산이 보편화 된 나라에서는 연중조림이 가능해져 보다 쉽게 식재할 수 있는 식재의 기계화 방안도 임업 노동력 부족과 연관해 주요 기술개발 목표로 하고 있다. 한편으로 이렇게 식재 기계화를 이루기 위해서는 식재 기계화 작업의 적용이 용이한 식재지 정비기술 개발 또한 수반되어야 하며, 따라서 기계화 식재에 더욱 적합한 용기묘 생산 기술개발도 동시에 이루어지고 있다.

제 7장 참고문헌

권기원. 2003. 시설양묘 시스템을 이용한 용기묘 생산 전략. In : 우리나라 임업시설양묘 발전을 위한 적정 용기 개발. 세미나 자료집. 임업연구원 중부임업시험장. pp. 21-42.

김종진. 2002. 우리나라 시설양묘의 발전방향. 한국양묘협회지 30 : 53-62.

김종진. 2003. 시설양묘 대상 수종과 양묘기술. 한국양묘협회지 31 : 39-47.

김종진. 2003. 임업 선진국의 시설양묘 용기현황 및 향후 우리나라의 용기개발 방향. In : 우리나라 임업시설양묘 발전을 위한 적정 용기 개발. 세미나 자료집. 임업연구원 중부임업시험장. pp. 12-20.

김종진. 2004. 용기대묘 생산 추진 방안. 한국양묘협회지 32 : 77-88.

김종진, 윤택승. 2005. 식재 용기묘의 생존과 생장에 관한 고찰. In : 시설양묘기술 개발 및 연구방향. 세미나 자료집. 국립산림과학원 산림생산기술연구소. pp. 57-71.

김종진, 한문영, 윤광배, 윤택승. 2003. 국유양묘장 경영개선 방안에 관한 연구. 산림청. 150p.

산림청. 2005. 2005 사업계획(자원정책・자원조성・종묘분야). 산림청 산림자원과. 283p.

산림청. 2005. 임업통계연보 제 35호. 산림청. 462p.

안승환. 2003. 간이온실을 이용한 양묘사업의 발전방향. In : 우리나라 임업시설양묘 발전을 위한 적정 용기 개발. 세미나 자료집. 임업연구원 중부임업시험장. pp. 43-48.

안승환. 2005. 시설양묘가 확대되지 못하고 있는 사유와 대책. In : 임업시설양묘 세미나. 세미나 자료집. 건국대학교. pp. 65-74.

안승환. 2005. 민유종묘산업 발전방향. In : 시설양묘기술 개발 및 연구방향. 세미나 자료집. 국립산림과학원 산림생산기술연구소. pp. 37-56.

오정수. 1986. 시설양묘의 동향. 한국양묘협회지 14 : 30-38.

오정수. 1990. 새로운 양묘기술. - 하우스를 이용한 시설양묘 -. 한국양묘협

회지 18 : 5-18.
오정수, 이명보, 홍성각. 1988. 단기건묘생산을 위한 콘테이너양묘시업법 개발. 임업시험장 연구보고서 36 : 1-9.
유세걸, 윤택승. 2003. 시설양묘 용기개발과 활용방안. 한국양묘협회지 31 : 48-55.
윤택승. 2002. Air-root pruning 이용한 우량 용기묘 생산에 관한 연구. 건국대학교 대학원 박사학위논문. 85p.
윤택승. 2004. 임업시설양묘 발전을 위한 선진기술 도입. 한국양묘협회지 32 : 89-98.
윤택승, 김종진. 2005. 시설양묘 대상수종 및 규격. In : 임업시설양묘 세미나. 세미나 자료집. 건국대학교. pp. 1-21.
이대림. 2004. 우량림 육성을 위한 종묘사업 발전방향. In : 임업시설양묘 세미나. 세미나 자료집. 건국대학교. pp. 1-31.
이대림. 2005. 용기묘 조림전용 『OK 식재기』 개발. In : 임업시설양묘 세미나. 세미나 자료집. 건국대학교. pp. 48-64.
이만우. 1988. 한국 민영 양묘사업의 어제와 오늘. 한국양묘협회지 16 : 43-50.
이명보. 1995. 카나다 시설양묘의 현황. - 시설과 관리체계를 중심으로 -. 한국양묘협회지 23 : 13-18.
이정식. 1996. 외국의 임업 양묘현황과 기술체계. 한국양묘협회지 24 : 19-35.
임경빈. 1981. 미국의 폿트양묘. 한국양묘협회지 9 : 5-11.
홍한표 외 11인. 2000. 시설양묘를 이용한 묘목의 대량생산 시업기술 개발. 농림부. 400p.
Allison, C.J. Jr. 1974. Design considerations for the RL single cell system. In: Tinus, R.W., Stein, W.I., Balmer, W.I. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium, 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council, 233-236
Armson, K.A., Sadreika, V. 1979. Forest tree nursery soil management and

related practices. Toronto, ON, Ontario Ministry of Natural Resources. 179p.

Barnett, J. P. 1982. Selecting containers for southern pine seedling production. In: Guldin, R.W., Barnett, J.P., eds. Proceedings, Southern Containerized Forest Tree Seedling Conference, 1981 August 25-27; Savannah, GA. New Orleans, LA, USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, pp. 15-24.

Barnett, J.P., Brissette, J.C. 1971. Producing southern pine seedlings in containers. Gen. Tech. Rep. SO-59. New Orleans, LA, USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 71p.

Boudoux, M.E. 1970. Effect of tube dimension on root density of seedlings. Canadian Department of Fisheries and Forestry Bi-monthly Research Note 26(3): 29-30.

Burden, A.N., Coates, H., Eremko, R., Martin, P.A.F. 1986. Toppling in British Columbia's lodgepole pine plantations, significance, cause and prevention. Forestry Chronicle 62(5): 433-439.

Burden, A.X., Martin, P.A.F. 1982. Chemical root pruning of coniferous seedlings. HortScience 17(4): 622-624.

Carlson, L.W., Endean, F. 1976. The effect of rooting volume and container configuration on the early growth of white spruce seedlings. Canadian Journal of Forest Research 6: 221-224.

Duryea, M.L., Landis, T.D. 1984. Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings. Forest Research Lab. Oregon State University, pp. 165-181.

Funk, D.T., Paul, L.R. and Celmer, C.K. 1980. The influence of container type and potting medium on growth of black walnut seedlings. Reseach note NC-253. North central forest experiment station. forest service-U.S.D.A. pp. 4

Gardner, A.C. 1981. Field performance of containerized seedlings in Interior British Columbia Proceedings of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium, pp. 299-305.

Girouard, R.M. 1982. Greenhouse production of white spruce, black spruce, jack pine, and red pine seedlings in three types of containers. Rep. No. LAU-X-57E. Sainte-Foy, PQ, Canadian Forestry Service, Laurentian Forest Research Center, 14p.

Hulten, H. 1982. Chemically controlled root formation. In: Hulten, H., ed. Root deformation of forest tree seedlings. Proceedings, a Nordic Symposium, 1981 January 21-22, Garpenberg, Sweden. Rep. No. 11. Garpenberg, Sweden. The Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research, pp. 95-98.

Kinghorn, J.M. 1974. Principles and concepts in container planting. In: Tinus, R.W., Stein, W.I., Balmer, W.E., ed. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium, 1974 August 26-29, Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council, pp. 8-18.

Landis, L.D., Tinus, R.W., McDonald, S.F. and Barnett, J.P. 1990. Containers and growing media, Vol. 2, The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook. 674 U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC. pp. 88.

Landis, T.D., Tinis, R.W., McDonald, S.T. and Barnett, J.P. 1995. The container tree nursery manual Vol. 1. Nursery planning, development and management. Agriculture handbook. 674 U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC. pp.188.

McDonald, S.E., Tinus, R.W., Reid, C.P.P., Grossnickle, S.C. 1984. Effect of C_UCO, container wall treatment and mycorrhizae fungi inoculation of growing medium on pine seedling growth and root development. Journal of Environmental Horticulture 2(1): 5-8.

Reese, K.H. 1974. The Ontario tube. In: Tinus, R.W., Stein, W.I., Balmer, W.E. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium, 1974 August 26-29, Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council, pp. 211-213.

Ritchie, G.A. 1984. Root growth potential, principles, procedures, and predictive ability. In: Duryea, M.L. Proceedings, Evaluating seedling quality, principles, proceedings, and predictive abilities of major tests. 1984 October, pp. 16-18.; Corvallis, OR. Convalls, OR, Oregon State University, Forest Research Laboratory, pp. 93-105.

Scarratt, J.B. 1972. Effect of tube diameter and spacing on the size of tubed seeding planting stock. Info. Rep. O-X-170. Sault Ste. Marie, ON, Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre. 16p.

Siemens, J. 1981. Greenhouse glazing materials a comparison, Proceedings of the Canadian Containerized Tree Seedling Symposium, pp. 111-114.

Sjoberg, N.E. 1974. The Styroblock container system. In: Tinus, R.W., Stein, W.I., Balmer, W.E., eds. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium, 1974 August 26-29, Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council, pp. 217-228.

Spencer, H.A. 1974. To "engineer" the container. In: Tinus, R.W., Stein, W.I., Balmer, W.E., eds. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium, 1974 August 26-29, Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council, pp. 229-232.

Strachan, M.D. 1974. Tar paper containers. In: Tinus, R.W., Stein, W.I., Balmer, W.E., eds. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium, 1974 August 26-29, Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council, pp. 209-210.

Thompson, S. 1981. Environmental control over the shoot growh of pine seedlings. Proceedings of the Canadian Containerized Tree Seedling

Symposium, pp.177-187.

Tinus, R.W., McDonald, S.E. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. Gen. Tech. Rep. RM-60. Ft. Collins, CO, USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 256p.

Tinus, R.W., McDonald. S.E., 1979. How to grow tree seedling in containers in green houses. USDA Forest Service General Technical Report RM-60.

Tinus, R.W. 1971. A greenhouse nursery system for rapid production of container planting stock. Annu. Meet. Am. Soc. Agric. Eng. Pap. 71-166p.(cited Titus, 1981)

Walters, J. 1974. Engineering for injection planting. In: Tinus, R.W., Stein, W.I., Balmer, W.E., eds. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium, 1974 August 26-29, Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council, pp. 241-243.

Wenndy, D.L., Liu, Y., Dumroese, R.K., Osborne, H.L. 1988. First year field growth of chemically root pruned containerized seedlings. New Forests 2(2): 111-118.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.

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

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