

백합나무 양묘방법에 따른 묘목품질 비교

유근옥^{1*} · 송정호¹ · 최형순¹ · 권해연¹ · 권용락¹

¹국립산림과학원 산림유전자원부

Quality of Yellow Poplar (*Liriodendron tulipifera*) Seedlings by the Method of Seedling Production

Keun-Ok Ryu^{1*}, Jeong-Ho Song¹, Hyung-Soon Choi¹,
Hae-Yun Kwon¹ and Yong-Rak Kwon¹

¹Dept. Forest Genetics Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

요약: 최근에 경제조림수종으로 확대 보급되고 있는 백합나무는 타 수종에 비하여 충실종자를 등이 낮아 묘목생산이 용이하지 않다. 이에 조림활착률과 유시생장이 빠른 묘목 생산 기술 개발을 시도하였다. 백합나무 종자를 육묘상자에 상토와 종자 복토 재료를 각각 달리하여 파종하였고, 시험장소는 난방시설을 하지 않은 비닐 온실(비가림 온실)에서 시행하였다. 각 처리에서 발아율은 모래를 상토로, 배양토를 종자 덮기 재료로 사용한 처리구에서 가장 우수한 성적을 보였으나 발아가 완료된 후 포지 이식시기에 도달한 유묘(엽수가 자엽을 포함하여 3~4장을 형성하였을 때)의 묘고, 뿌리 길이, 뿌리 수, 건중량은 모래상토에서 가장 불량하게 나타났다. 시중에서 판매하고 있는 원예용 상토 TKS-2가 유묘의 생장에 미치는 영향을 검토하기위해 TKS-2를 각각의 상토에 1:1(v/v)로 혼합하여 시험한 결과, 비교구보다 묘고 등 유묘의 형태적인 특성에서 충실한 유묘가 생산되었다. 이는 상토에 함유되어 있는 유기물 및 비료성분이 묘목의 생장에 영향을 준 것으로 판단된다. 비가림 온실에서 생산한 유묘를 6월 2일에 일반 노지 묘포에 이식하여 성장 모형(형태)을 조사한 결과, 이식 2개월 후인 8월 초순부터 10월 초순까지 급속한 성장을 보여 이 시기에 자란 수고와 근원 직경은 전체 성장량의 85.6%와 71.3%에 해당하는 것으로 나타났다. 비가림 온실을 이용하여 생산한 묘목과 포지에 직접 파종하여 얻은 묘목의 형질의 차이를 구명하기 위하여 조림용 규격 묘목의 최대 생산본수를 조사하였다. 포지에 직접 파종하여 생산한 경우 규격묘목의 생산본수는 최대 m²당 35본이었으나, 비가림 온실을 이용한 경우 규격묘목의 생산본수는 56본에서 64본까지 가능하였다. 또한, 두 가지 방법으로 생산한 묘목의 뿌리의 형태적 특성을 조사 분석한 결과, 주근과 측근에서는 차이가 없었으나, 세근 수에서 통계적인 유의성이 인정되었으며 비가림온실 육묘가 우수한 것으로 나타났다. 두 가지 형태로 생산된 묘목들을 산지에 조림하여 4년간 생육 상황을 조사한 결과, 비가림 온실을 이용하여 생산한 묘목의 조림활착률 및 유시생장의 우수성을 인정할 수 있었다.

Abstract: Yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* L.) has low germination rate relatively other species, so the seedling production of Yellow poplar is a hard task. Accordingly this study was conducted to determine the optimal germination conditions for healthy seedling production and to promote survival rate after afforestation. Gemination percentage was examined at different media and seed covering materials using planting flats in the greenhouse. The best germination percentage was observed in sand for media and compound soil for covering materials. But it was time to transplant, seedlings became a poor character (i.e. height, root length, number of root, dry weight) in sand for media. In order to produce healthy seedlings, each different medium was compounded with TKS-2 (this is a gardening bed soil.) in the ratio 1:1(v/v.), and compared two conditions. Quality of seedling was better than not mixed TKS-2 into each medium. Transplanting seedlings from greenhouse to nursery grew up rapidly 2 months later (early in August~early in October). Growth amount during two months corresponded to 85.6% and 71.3% in total growth amount of height and diameter at root collar, respectively. In the case of the competition-density effect on yellow-poplar seedlings, direct seedling produced the maximum 35 standard seedlings above 8 mm of root collar diameter per m², while transplanting seedling produced the maximum 64 standard seedlings per m². And produced seedlings of two way were significantly different rootlet while axial root and lateral root was not significantly different.

Key words: *Liriodendron tulipifera*, germination rate, competition-density effect, seedling production, survival rate

*Corresponding author
E-mail: koryu95@foa.go.kr

서 론

백합나무(*Liriodendron tulipifera* L.)는 북미 동부 원산지에서 주요 상업 활엽수종(David, 2004)으로 알려져 있다. 국립산림과학원에서 백합나무를 주요 용재 조림수종으로 발굴 보급할 목적으로 1968년부터 1970년까지 원산지에서 종자를 도입하여 전국 6개소에 시험림을 조성하여 30년간 적응력 등 생육상황을 조사한 결과, 우리나라 기후 풍토에 잘 적응하였으며 생장에서도 탁월한 결과를 나타냈다고 보고하였다(유근옥 등, 2003). 이에 산림청에서는 제4차 기본계획(98-07)인 경제림 육성기의 78개 권장 조림수종을 8개 주요 수종과 12개의 부 수종으로 변경하면서 백합나무를 주요 조림수종에 포함하여(산림청, 2003) 2003년부터 2006년까지 전국에 약 2,000ha 정도 조림을 유도하였으며, 금후 지속적으로 조림물량이 확대되는 추세이다.

백합나무를 유용한 목재자원으로 활용할 수 있는 육성 임업 성공요인은 조림적지 선정 등 육림기술 개발도 중요하지만, 우선적으로 우량한 종자 확보와 건전묘 생산기술 및 조림 활착율 증진이 무엇보다 중요하다. 이에 따른 종자 수급은 지역 품종(land race)을 사용하는 것이 일반적이나(Zoble *et al.*, 1987) 우리나라에 들어와 생육하는 백합나무는 제한된 지역에서 소규모로 종자도입이 되었으며, 식재면적 또한 매우 협소하였다. 그러므로 유전적인 변이 폭을 넓히고, 유전적인 형질을 개량하기 위하여 원산지인 테네시 주에 있는 채종원산과 우량 집단의 종자를 확대 도입하여 보급하고 있다.

백합나무는 타 수종에 비하여 충실율이 낮고 발아율이 저조하여 묘목생산에 어려움이 많아 원산지에서도 묘목 생산을 위한 발아율 향상 연구가 진행되나 있다. 1년, 2년, 3년으로 노천매장 기간을 달리하여 처리한 경우, 3년간 처리한 종자가 가장 높은 발아율을 보였으며(Adams, 1968; Williams and Mony, 1962; Vogt, 1975), 습사와 혼합하여 저장한 종자를 1주일 간격으로 2.2°C에서 13.3°C로 변온처리를 하였을 때, 9주안에 100%의 발아율을 보인다는 종자의 생리적인 연구가 수행되었으나(Beck and Lino, 1981; Boyce and Hosner, 1963; Kavanach and Carleton, 1990; Young and Young, 1994) 일손이 부족한 양묘사업 관계자들이 이용하기에는 번잡한 과정이다. 이에 국립산림과학원에서는 일반 양묘업자들이 현장에서 용이하게 적용할 수 있는 백합나무 양묘기술 개발을 위하여 유근옥과 김홍은(2003)은 비가림 온실에서 모내기 육묘상자에 상토는 배합토(peat moss, vermiculite, perlite)를 동일한 량으로 배합한 토양을 사용하고, 종자 덮기 재료는 모래, 배합토, 톱밥을 처리한 결과, 톱밥을 사용한 처리구에서 90%이상 우수한 발아율을 보고하였다. 또한, 일반 노지 양묘방법으로

묘목을 생산하는 경우에는 3개월 이상 노천매장을 처리한 종자를 가지고 파종 초기부터 발아가 종료할 때까지 관수 시설에 의한 매일 5회 정도의 충분한 관수를 실시하여 46.6%의 발아율 향상을 가져왔다. 또한 노지에 직접 파종하여 묘목을 생산하는 경우, 최대의 규격묘목 생산을 위한 m²당 적정 잔존 분수를 구명하였다. 그러나 비가림 온실에서 생산한 육묘를 일반 노지에 이식할 때, m²당 적정 이식분수와 온실 육묘 및 묘목의 형태적인 특성은 구명하지 못 하였다. 따라서 비가림 온실을 이용하여 생산한 묘목과 일반 노지 양묘에서 얻어지는 묘목의 특성 비교, 온실 육묘의 형태적인 특성 및 조림지에서 나타나는 조림 활착률과 유사생장을 구명하여 우리나라 실정에 적합하고 효율적인 백합나무 양묘방법을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

시험재료는 백합나무 원산지인 미국 테네시주 채종원에서 생산된 종자를 도입하여 사용하였다. 백합나무 종자를 원산지에서 도입하는 과정에서 시기가 늦어져 파종 당년 2월 초순경에 도착하여 백합나무 발아촉진에 필수적인 종자 전처리과정은 생략하였다. 대신 파종하기 일주일 전에 흐르는 물에 담가 두었다가 2003년 2월 24일 비가림 온실에서 육묘 상자에 파종하였다. 종자품질은 Table 1과 같으며, 종자의 순량을, 실중, kg당 종자수, t당 종자수 및 무게 등에 대하여 각각 4반복으로 무작위 추출하여 조사하였으며, 종자충실율은 테트라졸리움(2,3,5-tryphenyl tetrazolium chloride, TTC)검정을 이용하여 100립씩 4반복, 한 개의 시과 중 2개의 충실종자를 가지고 있는 비율은 반복당 시과 20개씩 4반복으로 X-ray 검정을 실시하였다.

1. 비가림 온실에서 상토 및 종자 복토 재료에 따른 발아율

상토와 종자의 복토는 동일한 재료로 모래, 톱밥, 배합토(Perlite : Vermiculite : Peat Moss=1 : 1 : 1, v/v), 황토 등 4종류를, 가지고 상토와 종자 덮기 재료를 교호하여 사용한 시험구(A)를 설계 배치하였으며, 또 다른 시험구(B)는

Table 1. Seed quality of *L. tulipifera*.

Seed quality	Mean ± Standard deviation
Cleaned seeds per 100g	92.9 ± 1.6%
Weight per 1000 seeds	32.4 ± 0.4g
Capacity weight per 1 l	64.0 ± 0.4g
No. of seeds per kg	30,864 ± 1240.4ea.
No. of seeds per l	1,473 ± 97.3ea.
Percentage of sound seeds per 100 seeds	27.6 ± 0.6%
Ratio of 2 seeds per a samara	10.0 ± 4.0%

시험구(A)에 사용한 상토에 비료성분(질소, 인산, 칼륨)이 포함된 원예용 상토 TKS-2를 1:1 (v/v)의 동일한 양으로 혼합한 상토로 제조하였다. 시험구모는 상토 구분(2처리) × 상토 재료(4처리) × 종자 덮기 재료(4처리) × 5반복으로 총 160개 육묘상자였다. 파종한 종자량은 m^2 당 150g 즉, 육묘상자(0.2 m^2)당 시과(samara)의 파종량은 평균 926립으로 이들의 총실 종자율은 27.6% 이었다. 발아율 계산은 Table 1에서 조사되어 명시된 한 개의 시과에 2개의 총실 종자를 가지고 있는 것이 10%로 조사되어 전체 총실종자 파종 량에 1.1을 곱하여 산출하였으며, 발아속도(germination rate)는 발아가 시작되는 첫날부터 발아가 끝나는 종료일까지 전 처리 발아율 각 처리별로 조사하여 전체평균 발아율 양상을 분석하였다.

2. 비가림 온실에서 생산한 어린 유묘의 형태적인 특성 조사

비가림 온실에서 종자의 발아가 대부분 완료되는 5월 30일경에 상토 처리 및 TKS-2를 혼합하여 사용한 시험구에서 생산한 유묘를 각 처리별로 10본씩 3반복으로 무작위 추출하여 조사하였다. 조사 시험구모는 상토 구분(2처리) × 상토 재료(4처리) × 3반복 × 10본으로 240본에 대한 유묘의 묘고, 뿌리 길이, 뿌리 수, 건중량을 측정하였다.

3. 온실 유묘를 야외 묘포장에 이식한 성장 모형(growth pattern) 조사

비가림 온실에서 발아가 완료된 후, 야외 묘포장에 유묘를 이식하여 조림용 묘목을 생산하는 과정에서 m^2 당 적정한 생육밀도와 이식 시기별 성장 모형을 구명하기 위하여 유묘의 어린잎 수가 자엽을 포함해 3~4장이 형성되었을 시기인(유묘길이: 2.3~3.0 cm 정도) 6월 2일에 m^2 당 각각 16본, 25본, 36본, 49본, 64본, 81본, 100본, 121본 등 8처리 5반복 난괴법(Completely randomized block design)으로 균등하게 배치하여 묘포장에 이식하였다. 하나의 반복 당 묘포 면적은 2 m^2 씩 구획하였다. 일반 양묘에서 생산되는 묘목의 특성과 비교하기 위하여 비가림 온실에서 생산한 유묘 이식 시험 규모와 동일하게 비교구를 설계하였다. 관수 시설을 설치한 야외 포지 비교구에서 파종은 4월 10일에 파종하여 발아가 완료한 6월 30일에 어린 묘목을 솟아 내거나 이식하여 m^2 당 본수를 온실 육묘 이식 묘목과 동일하게 배치하였다. 이에 따라 시험구모는 파종 장소(2처리) × m^2 당 이식본수(8처리) × 5반복 × 2 m^2 로 총 면적 160 m^2 이었다. 묘목의 성장량 조사를 위해 포지에 파종하여 배치한 비교구는 같은 묘포장에서 시험하여 보고한 유근옥과 김홍은(2003)의 자료를 참고하였다. 온실육묘 이식묘목 시험구는 뿌리의 활착이 안정되어 생장이 왕성하게 이루어지는 7월 1일부터 10월 23일까지 월 2회씩

(대략 15일 간격) 총 8회에 거쳐 각 처리구의 중간부분에서 성장하는 평균 묘목을 선정하여 5본씩 묘고와 근원 직경을 지속적으로 조사하였다.

4. 온실 유묘 이식묘목과 야외에서 파종하여 생산한 묘목 뿌리의 형태적인 특성 비교

이상의 두 가지 방법으로 생산된 묘목들의 형태적인 특성을 구명하기 위하여 생장이 완료되어 낙엽이 지는 12월 10일에 묘목을 반복 시험구마다 중앙 부위에서 성장하는 정상적인 묘목을 5본씩 굴취하여 뿌리의 형태적인 특성을 대표하는 주근(主根), 측근(側根), 잔뿌리(細根)의 뿌리 수를 조사하였다. 조사 규모는 파종 장소(2처리) × m^2 당 이식본수(8처리) × 5반복 × 5본의 400본을 대상으로 조사하였다.

5. 온실 유묘를 야외 묘포장에 이식하는 적정본수 구명

산지에 조림 후, 활착률과 유시생장이 우수하고 총실한 묘목을 단위면적당 최대의 규격묘목을 생산할 수 있는 m^2 당 적정 이식본수를 구명하기 위하여 재료 및 방법 3항의 온실 유묘를 야외 묘포지에 이식한 성장 모형 시험구에서 조사하였다. 조사 방법은 온실 유묘를 이식한 시험구에서 생장이 완료한 12월 초순에 묘고와 근원 직경을 전수(全數)조사하여 산림청 종묘사업실시요령에서 제시한 규격묘목 산출본수를 구명하였다. 묘포지에 직접파종하여 생산한 시험구는 조사 대상에서 제외 하고, 유근옥과 김홍은(2003)이 동일한 묘포장과 방법으로 시험한 결과를 참고 하였다. 묘목의 뿌리길이와 T/R을 조사는 중앙에서 성장한 개체 묘목을 선정하여 세심한 굴취 과정을 통하여 묘목이 손상되지 않도록 하였다. 시험구모는 재료 및 방법 제4항의 뿌리의 형태적인 특성을 조사한 묘목 중에서 온실 유묘를 이식한 시험구에서 굴취한 200본을 대상으로 조사하였다. 묘목의 T/R을 산출에 필요한 묘목의 건중량의 측정은 건조기 온도를 80°C로 조절하여 72시간 처리한 후 조사하였다.

6. 양묘 방법이 다른 두 가지 형태로 생산한 묘목의 산지조림 활착률과 유시성장

비가림 온실을 이용하여 생산한 묘목과 야외 묘포지에서 직접 파종하여 생산한 묘목이 조림지에서 생산방법에 따라 조림 활착률과 유시생장이 차이가 나타나는지를 구명하기 위하여 경기도 화성시 매송면 어천리에 소재하는 국립산림과학원 산림유전자원부 시험림에 2002년도 4월에 3반복 난괴법으로 식재하였다. 식재거리는 3m × 3m간격으로 반복 당 40본씩 3반복 처리하여 전체 240본식재하여 조사하였다. 조사내역은 식재 당년의 조림활착률과 성장조사를 시작으로 5년간 생장이 완료되는 매년 10월에 전수 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 비가림 온실에서 상토 및 종자 덮기 재료에 따른 발아율

비가림 온실 육묘에서 백합나무 종자의 발아율에 미치는 파종 재료를 구명하기 위하여 상토 및 종자 덮기 재료를 달리하여 시험한 결과는 Table 2와 같다. 원예용 상토인 TKS-2를 혼합하지 않은 시험구 A에서 발아율이 가장 양호한 상토는 모래로 평균 발아율이 52.9%이었고, 가장 저조한 발아율을 보인 재료는 톱밥으로 평균 발아율이 40.7%의 저조한 발아율을 보였다. 비가림 온실의 공중습도는 낮에는 40%~60%, 밤에는 80~90%의 과습한 상태가 발아에 나쁜 영향을 끼칠 수 있다. 이에 모래의 상토는 배수가 양호하여 발아율 향상에 도움이 된 것으로 판단된다. 모든 처리별 전체 평균 발아율은 47.1%로 나타났는데, 이는 유와 김(2003)이 발표한 비가림 온실에서 시험한 평균 발아율 67.1%보다 저조하였고, 가장 발아율이 높았던 파종재료 상토를 배합토로 사용하고 톱밥을 종자 덮기 재료로 사용했을 때 92.6%를 보고 하였으나, 본 시험에서는 45%의 저조한 발아율을 보였다. 북미 원산지에서는 낮의 온도 30°C, 밤의 온도 20°C에서 80%의 발아율을 보였으며, 낮의 온도 23.9°C, 밤의 온도 18.3°C에서 90%의 발아율을 보였다는 보고(Bonner와 Rusell, 1974)에 비하여도

불량한 발아율이었다. 이는 원산지에서 종자를 도입하는 과정에서 지연된 종자 인수로 노천매장을 거치는 시간적 여유가 부족하여 노천매장 대신 흐르는 물에 일주일 정도 종자를 침수(浸水)하여 파종하는 간이 방법을 이용하여 발생한 원인으로 판단된다. 백합나무 종자 전처리 중요성에 대하여 Beck(1990)은 0°C~10°C에서 60~90일간을 습사와 혼합하여 저장 한 후, 파종할 것을 권유하고 있으며, Limstrom(1958)은 종자를 1~3년간 노천 매장한 종자가 가을에 채취하여 종자의 발아촉진을 위한 전 처리과정을 거치지 않고 파종한 종자로 생산한 묘목의 성장보다 15cm 우수하였고 Williams와 Mony(1962)는 노천매장 기간이 길수록 묘목 생산 본수가 늘어나는 것으로 보고하였다.

시중에서 판매하는 TKS-2를 상토로 4종류에 혼합하여 혼합 여부에 따라 발아율 변이를 살펴본 결과 통계적인 유의성을 인정할 수 있었다($\alpha < 0.01$, Table 3). 전체적인 평균 발아율은 원예용 상토를 동일한 양으로 혼합한 상토들이 49.3%로 혼합하지 않은 상토들의 평균 발아율 45.0%보다 상대적으로 양호한 발아율을 보였다. 그러나 상토 4종류에 각각 원예용 TKS-2를 혼합하여 나타난 평균 발아율의 양상은 다르게 나타나고 있다. 즉, 톱밥 등 3종류의 상토는 발아율 상승효과가 있었으나, 모래를 사용한 상토 시험구에서는 평균 발아율이 떨어지는 현상을 보였다. 그러나 특이하게 모래를 상토로 사용한 것 중에서도 종자

Table 2. Germination percentage of *L. tulipifera* among different media and seed covering materials in greenhouse.

Media	Covering materials	Germination rate \pm Standard error(%)	
		A ¹⁾	B ²⁾
Sand	Sand	46.2 \pm 3.1	62.2 \pm 3.9
	Sawdust	48.9 \pm 3.1	47.3 \pm 3.9
	Yellow Soil	58.0 \pm 3.1	44.6 \pm 3.9
	Compound Soil	58.4 \pm 3.1	48.8 \pm 3.9
Mean		52.9	50.7
Sawdust	Sand	31.0 \pm 3.6	49.6 \pm 3.7
	Sawdust	41.3 \pm 3.6	50.9 \pm 3.7
	Yellow Soil	42.5 \pm 3.6	51.3 \pm 3.7
	Compound Soil	48.0 \pm 3.6	50.8 \pm 3.7
Mean		40.7	50.7
Yellow soil	Sand	40.1 \pm 2.7	37.2 \pm 3.2
	Sawdust	42.9 \pm 2.7	51.3 \pm 3.2
	Yellow Soil	37.0 \pm 2.7	50.7 \pm 3.2
	Compound Soil	49.6 \pm 2.7	44.9 \pm 3.2
Mean		42.4	46.0
Compound soil	Sand	38.6 \pm 1.8	40.1 \pm 3.3
	Sawdust	45.0 \pm 1.8	54.1 \pm 3.3
	Yellow Soil	44.3 \pm 1.8	51.8 \pm 3.3
	Compound Soil	47.0 \pm 1.8	53.3 \pm 3.3
Mean		43.8	49.8

1): Control, 2): Each medium mixed with TKS-2 in the ratio 1:1

Table 3. Analysis of variance for percentage of seed germination among different media and seed covering materials in greenhouse.

Media	F-value		Covering materials	F-value	
	Mixed with TKS-2 or not	Covering materials		Mixed with TKS-2 or not	Media
Sand	1.04	1.74	Sand	19.88**	15.91**
Sawdust	29.40**	4.43*	Sawdust	13.94**	0.74
Yellow soil	8.27**	10.22**	Yellow soil	2.40	2.74
Compound soil	7.93**	5.45**	Compound soil	0.62	2.51
Total	14.60**	6.47**	Total	14.60**	8.28**

**and* : Statistically significant at 1% and 5% probability level, respectively

덮기 재료 모래에 TKS-2를 혼합하여 사용하였을 때는 예외적으로 35%의 발아율 향상 효과를 보였는데, 이는 원예용 상토의 비료성분보다는 원예용 상토의 주 원료인 배합토 성분이 공중 습도 보유능력이 발휘되어 공기의 접촉에서 오는 종자건조를 방지하는 것으로 사료된다.

원예용 TKS-2 혼합(B처리구)으로 가장 높은 발아율 상승효과가 나타난 톱밥 상토는 혼합하지 않은(A처리구) 평균 발아율보다 25% 우수하였으며, 다음으로 배합토가 14%, 황토가 8% 발아율 상승효과가 있었다. 이와는 대조적으로 모래의 상토에서는 발아율이 4% 낮아졌는데 이는 상토에 원예용상토가 혼합되면서 배수불량이 영향을 미친 것으로 사료된다. 이와 같이 원예용 상토의 혼합이 백합나무 발아율에서는 모든 상토에서 효과가 일관성 있게 나타나지 않고 있었다(Table 2) 또한, 발아율 상승효과가 있었던 톱밥, 황토, 배합토를 덮기 재료로 사용된 경우에는 통계적인 유의성이 없어 발아율 차이를 인정할 수 없었다. 일반적으로 모든 종자의 발아조건에는 비료성분 등의 유기물 보다는 수분과 온도가 좌우하는 하는 것으로 보고되고 있으며(Humara *et al.*, 2002; Vilela and Ravetta, 2001) 수분의 배수 및 보유정도에 따라 발아율이 영향을 받은 것으로 판단된다. 이상과 같이 온실에서 백합나무 종

자를 파종할 때 상토는 배수가 잘 되는 모래 등의 재료를 사용하고 종자 덮기 재료는 보습 효과가 높은 배합토가 적당한 것으로 판단된다. 원예용 상토 TKS-2를 혼합하여 상토로 사용하는 것은 발아 향상에 연관성이 적은 것으로 판단된다.

백합나무 종자의 발아속도는 상토 및 종자 덮기 재료에 따라 차이가 나타나지는 않았다(Figure 1). 대체적으로 파종 29일 후인 3월 25일부터 발아가 시작되어 5월 31일에 종료되는 총 68일간의 발아양상을 나타냈다. 발아세가 가장 높은 시기는 파종 40일 후인 4월 4일부터 17일까지인 14일 정도로 이 기간 동안 전체 발아본수의 73~79%가 발아되는 것으로 나타났다. 이 기간의 온실내의 평균 최저 최고온도는 5~37°C 범위였으며, 낮 동안의 평균온도와 상대습도는 각각 24~33°C와 40~60% 범위로 나타났다.

임업연구원(2000)에 따르면 백합나무 종자의 발아는 파종 후 4~5주부터 발아하여 1~2주 이내에 거의 마치는데 기상상태에 따라 1~2개월까지 지연되는 것으로 보고하여 본 연구 결과와 동일한 경향을 나타냈다. 그러나 유근욱과 김홍은(2003)은 종자 덮기 재료에 따른 백합나무 종자의 발아개시가 모래, 톱밥, 흙 순으로 빨리 시작되었으며, 각각 파종 20일, 25일 및 30일 후부터 시작되어 각각 41

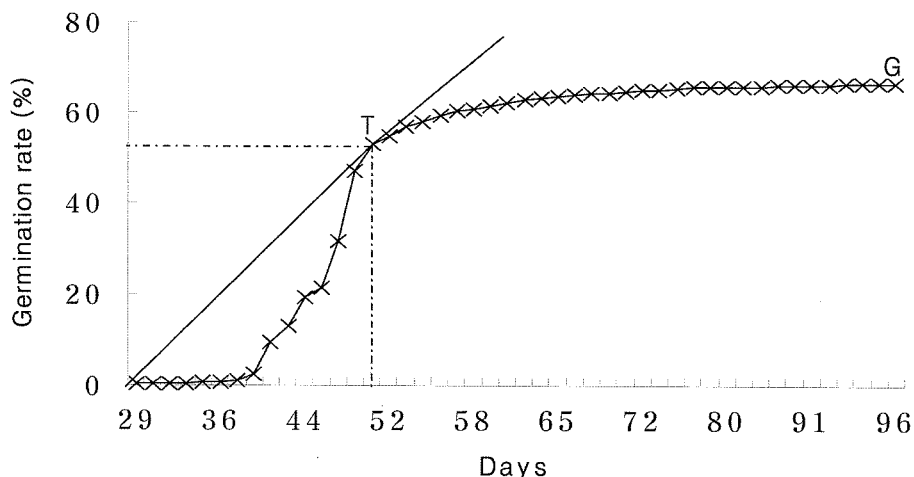


Figure 1. Cumulative germination curve of germinating seeds of *L. tulipifera*. T is the point where the germination rate begins to slow down. G is the point where the final germination rate.

Table 4. Ggrowth characteristics of seedlings among different media in greenhouse.

	Height(mm)		Root length(mm)		No. of root(ea)		Dry weight(g)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Compound soil	28.8±0.9 ^a	38.3±1.0 ^a	95.9±3.9 ^a	81.6±2.6 ^a	12.8±0.7 ^{ab}	14.2±0.8 ^a	0.084±0.004 ^a	0.108±0.005 ^a
Yellow soil	29.5±1.3 ^a	32.3±1.1 ^b	80.2±3.1 ^b	77.3±3.5 ^a	14.2±0.7 ^a	12.0±0.8 ^b	0.073±0.003 ^a	0.082±0.003 ^b
Sand	25.0±0.8 ^b	27.9±0.9 ^c	85.2±2.7 ^b	72.9±3.2 ^a	12.0±0.4 ^b	10.1±0.6 ^c	0.046±0.002 ^b	0.050±0.002 ^c
Sawdust	23.8±0.7 ^b	31.1±1.5 ^{bc}	74.9±4.5 ^b	58.6±2.8 ^b	6.7±0.6 ^c	5.4±0.3 ^d	0.032±0.001 ^c	0.036±0.001 ^d
F-values	8.67**	14.35**	6.03**	10.66**	27.18**	32.99**	73.67**	123.27**
	54.96**		22.95**		5.18*		0.97	

**and* : Statistically significant at 1% and 5% probability level, respectively
Superscript a-d mean the same groups form Duncan's multiple range test.

Table 5. Simple correlation analysis among growth characteristics.

	Root length		No. of root		Dry weight	
	A	B	A	B	A	B
Height	0.1111	0.2584**	0.2594**	0.3266**	0.5080**	0.4623**
Root length			0.3613**	0.4896**	0.3052**	0.4677**
No. of root					0.6200**	0.7445**

** : Statistically significant at 1% probability level

일간, 34일간, 32일간의 발아기간을 보여 본 연구 결과와는 다소 차이를 나타냈다. 이러한 차이는 본 연구에서 종자를 파종한 시기(2월 24일)가 20일 정도 빠르기 때문에 온실 내의 온도가 낮아 발아가 지연되어 발아기간이 길어진 것으로 사료된다.

2. 비가림 온실에서 생산한 어린 유묘의 형태적인 특성 조사

비가림 온실에서 충실한 백합나무 유묘를 생산하는 육묘 재료를 구명하기 위하여 배합토 등 4 종류의 상토를 공시재료로 이용하고(A), 상토에 TKS-2 원예용 상토를 혼합하여 사용한 시험구(B)에서 생산된 유묘들의 묘고, 뿌리 길이, 뿌리 수, 건중량을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 모든 상토 및 원예용 상토 TKS-2 혼합에 따라 묘고, 뿌리 길이 등의 유묘의 형태적 특성이 다르게 나타나 건중량을 제외한 모든 처리 구에서 통계적으로 유의성이 인정되었으며, 특성간의 상관에서도 대부분 높은 연관성을 보였다(Table 5).

묘고 생장에 있어서 상토 재료에 따른 차이를 보였다. A 처리구에서는 황토가 양호한 묘고 생장을 보였으며, B 처리구에서는 배합토가 우수한 생장을 보였다. 이는 황토에 기존의 유기물이 존재한 것으로 판단되며, 배합토 등 다른 인공 상토재료는 영양분이 결핍된 것으로 사료된다. 또한 원예용 TKS-2가 포함된 상토에는 비료성분이 존재하기 때문에 생장에 차이를 보인 것으로 판단된다. 모래 상토는 원예용 상토 혼합여부에 관계없이 가장 저조한 생장을 보였다. 뿌리 길이에서는 원예용 상토 혼합여부에 관계없이 배합토가 가장 양호한 생장을 보였고 뿌리 수, 유

묘의 건중량에서도 유사한 결과를 얻었다. 전체적으로 원예용 상토를 혼합하여 사용하는 것이 묘고, 뿌리길이, 뿌리 수, 유묘 건중량에서 우수한 결과를 얻었다. 비가림 온실에서 생산되는 유묘는 연약하지만 가능하면 튼튼하고 충실한 묘목을 생산하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 비가림 온실에서 생산하는 상토의 재료는 배합토에 원예용 상토 TKS-2를 혼합하여 생산하는 것이 건전 묘목을 생산할 수 있는 방법이라 판단된다. 만약 원예용 상토를 사용하지 않을 경우에는 액비 등의 시비를 시도하여야 할 필요성이 있다.

3. 온실 유묘를 야외 묘포장에 이식한 성장 모형(growth pattern) 조사

온실에서 육묘된 백합나무 묘목의 이식 시기는 만상(晩霜)을 지나 5월 중순경부터 6월 초순으로 떡잎이 2개가 완전히 피고 본엽이 1~2개 나오면 적당하다. 본 시험에서 백합나무 1년생 묘목의 평균생장은 수고 59.4 cm, 근원 직경 11.4 mm로 나타났다. 이는 유근옥과 김홍은(2003)이 본 시험과 동일한 포지에서 육묘한 묘목의 묘고 83 cm, 근원 직경 16 mm보다 약간 저조한 생장을 보였다.

성장 모형을 보면 이식 2개월 후부터인 8월 초순부터 10월 초순까지 급속한 생장이 이루어졌다(Figure 2). 백합나무는 대경재로 자라는 수종으로 조림을 실시하면 먼저 직근(直根)이 20inch 정도 성장하고 지하부위 생장이 어느 정도 이루어진 후, 지상부위(수고) 생장이 이루어지는 것으로 보고되고 있어(Beck, 1990), 온실 유묘를 포지에 이식할 때도 유사한 특성을 보이는 것으로 판단된다. 급속한 생장을 한 8월 초순부터 10월 초순 기간에 수고와 근

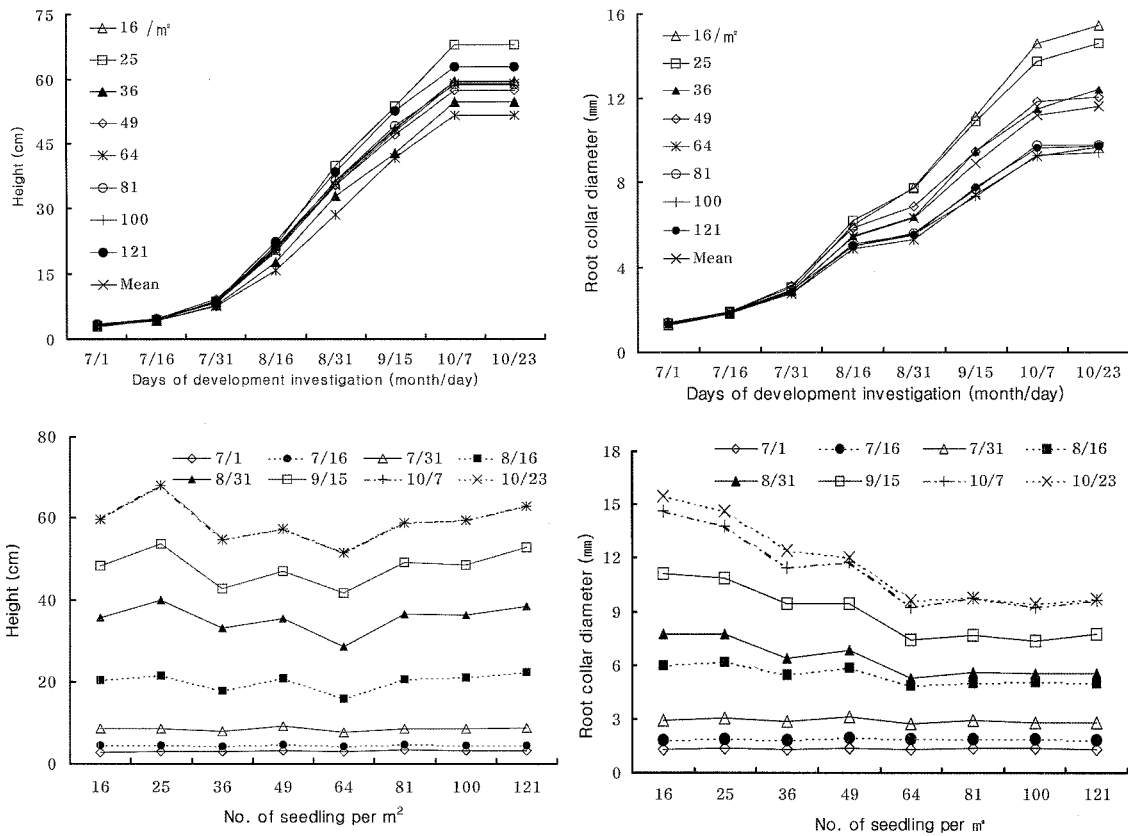


Figure 2. Growth patterns of one year seedlings of *L. tulipifera* by different seeding densities.

원 직경은 각각 전체 성장량의 85.6%와 71.3% 정도가 성장하는 것으로 나타났다. 특히, 2003년을 기준으로 살펴보면 백합나무 묘목의 신장생장은 10월 초순, 근원 직경생장은 10월 말까지 이루어지는 것으로 나타나 다른 국내 활엽수종들에 비해 한달 정도 생장이 더 진행되며 동아가 늦게 형성되는 것으로 나타났다.

단위 면적당 밀도별로 이식한 각 처리구의 묘고 생장은 통계적으로 유의성이 인정되지 않은 반면에 근원 직경 성장에서는 통계적인 유의성을 인정할 수 있었다. 근원 직경생장의 경우 이식밀도가 적은 시험구에서 가장 양호한 성장을 보이고 있어, 단위면적당 밀도의 영향은 근원 직경생장에 크게 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 임목의

생육밀도는 묘목의 성장에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며(Kramer and Kozlowski, 1979; Houston and Heiligmann, 1985; Kolb and Steiner, 1989; Ashton and Larson, 1996), 이식 초기 경쟁이 심하지 않은 상태에서 시간적 경과에 따라 밀도가 높은 시험구부터 경쟁이 나타나고 점진적으로 저밀도 시험구로 이동 하는 것으로 판단된다.

4. 온실 유묘 이식묘목과 야외에서 파종하여 생산한 묘목 뿌리의 형태적인 특성 비교

비가림 온실에서 유묘를 생산하여 관수 시설을 설비한 일반 포지에 m²당 밀도 처리별로 이식하여 생산한 묘목과

Table 6. Root characteristics of the seedlings in the nursery.

Densities per m ²	Transplanting seedling (mean ± SE)			Direct seedling (mean ± SE)		
	Axial root (ea)	lateral root (ea)	rootlet (ea)	Axial root (ea)	lateral root (ea)	rootlet (ea)
4×4	1.3 ± 0.1	4.7 ± 0.3	408.6 ± 27.7	1.1 ± 0.04	6.1 ± 0.4	168.7 ± 6.9
5×5	1.4 ± 0.1	4.4 ± 0.6	273.3 ± 10.9	1.0 ± 0	6.9 ± 0.2	195.8 ± 11.3
6×6	1.4 ± 0.1	11.2 ± 0.5	423.0 ± 17.5	1.1 ± 0.03	8.1 ± 0.4	263.7 ± 11.4
7×7	1.0 ± 0	7.0 ± 0.2	372.5 ± 18.0	1.0 ± 0	6.5 ± 0.4	179.9 ± 11.7
8×8	1.0 ± 0	3.5 ± 0.3	177.6 ± 11.4	1.2 ± 0.05	6.7 ± 0.3	246.1 ± 15.3
9×9	1.2 ± 0.1	6.0 ± 0.3	221.8 ± 7.2	1.0 ± 0	5.1 ± 0.3	94.0 ± 7.1
10×10	1.2 ± 0.1	3.3 ± 0.3	226.6 ± 10.9	1.1 ± 0.03	3.6 ± 0.3	161.6 ± 6.4
11×11	1.0 ± 0	5.4 ± 0.3	219.7 ± 10.4	1.2 ± 0.05	3.6 ± 0.5	186.9 ± 12.1

Table 7. Results of ANOVA for root characteristics.

	D.F.	Sum of Square	Mean Square	F-values
Axial root	1	0.400	0.400	3.20
Lateral root	1	0.756	0.756	0.08
Rootlet	1	426835.6	42835.6	34.33**

** : Statistically significant at 1% probability level

동일 포지에서 직접 파종하여 생산한 묘목의 뿌리의 특성을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 통계적으로 차이성을 파악하기 위하여 분석한 결과, 주근과 측근의 수에는 유의성이 없었으나 잔뿌리 수에서는 고도의 유의성을 인정할 수 있었다(Table 7). 이는 어린 유묘이지만 비가림 온실에서 유묘를 포지에 이식하는 과정에서 주근 등 뿌리의 일부가 절단되는 것과 같이 이식 과정에서 충격(stress)을 받게 되어 포지에 직접파종하여 생산한 묘목보다 많은 잔뿌리가 형성된 것으로 판단된다.

잔뿌리 수에서 관수시설을 설치한 포지에서 직접 파종하여 생산된 파종묘목에서는 단위면적당 생립본수에 따라 일관성 있는 차이를 보여 주지 않았으나, 비가림 온실에서 생산한 유묘를 포지에 이식하여 생산한 이식묘목에서는 이식 밀도가 적을수록 잔뿌리 수량이 많아지는 경향을 보여 주고 있다.

육성업업을 성공적으로 성취하기 위해서는 우선적으로 우수한 유전인자를 보유한 우량종자 확보와 조림 활착률을 높일 수 있는 충실한 묘목을 생산하는 것이다. 충실한 묘목의 기준은 T/R을 등 여러 가지 조건이 있을 수 있으나, 특히 조림 활착률을 향상시키기 위해서 잔뿌리의 발달은 중요하다. 세근이 잘 발달된 충실한 활엽수 묘목들이 생존율과 생장이 크게 향상된다고 주장한 Tinus(1974)의 이론이 이를 잘 설명한다고 하겠다. 그러나 용기묘목 같이 주근이 없으면서 잔뿌리만 형성된 묘목은 조림지에

서 뿌리의 부패 등으로 활착률이 떨어질 수도 있다. 본 시험에서 수행한 온실 육묘는 주근과 측근이 있으면서 잔뿌리가 많은 묘목으로 조림 활착률을 극대화할 수 있는 백합나무 육묘의 최선의 방법으로 판단된다.

5. 온실 유묘를 야외 포지에 이식하는 적정본수 구명

백합나무의 조림용 묘목규격의 기준은 산림청 종묘사업실시요령에 백합나무 조림용 1-0묘의 규격묘목의 간장 31 cm, 근원 직경 8.2 mm이며, 1-1묘의 규격묘목은 간장 48 cm, 근원 직경 9.3 mm로 규정되어있다. 원산지에서 사용되는 1-0묘 건전 묘목의 규격은 간장 60 cm, 근원 직경 8 mm, 근장 20 cm(Beck and Lino, 1981)로 유사한 규정으로 사용되고 있다. 이와 같이 우리나라에서는 백합나무 조림 묘목은 1-0묘나 1-1묘 모두가 이루어지고 있으며, 어느 묘령이든 활착률에는 문제가 없는 것으로 확인되고 있다. 그러나 산지 조림 이후 월동시 동해를 받을 수 있으며 저온보다는 동기 건조에 의한 피해로 줄기 선단부가 고사하거나 심하면 줄기 전체가 마른다. 이로 인해 백합나무는 조림 전이나 직후에 지상부 줄기를 5~10 cm만 남겨두고 대절을 실시하는 것을 권장하고 있어 조림용 묘목규격 중 간장은 의미가 없는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 조림용 묘목규격 기준 중 산지조림에서 가장 중요한 변수로 작용하는 근원 직경 특성을 위주로 규격묘목 생산을 검토하였다.

m²당 잔존 본수율은 82.5%~93.5%로 나타났으며, 근장은 모든 시험구가 조림용 묘목 기준인 20 cm 이상으로 양호한 생장을 보였다(Table 8). 생육밀도별 적정 규격묘목 생산본수와 득묘 본수율은 생육밀도가 증가할수록 감소하는 경향이였다. 근원 직경과 뿌리 길이에서도 동일한 경향을 보였다. 묘목의 성장 상태를 잘 표현해 주는 T/R율에서는 64본 시험구부터 T/R율이 높아지는 것으로 조사되었다.

Table 8. Production of standard seedling among different planting densities per m².

Densities (No. of seedlings/m ²)	Survival rate (%)	DRC ¹⁾ (mm)	Max. length of root (cm)	T/R ratio	Standard seedling	
					Number (trees)	Percentage (%)
16	88.5	14.9 ²⁾	33.3 ^a	0.81 ^c	13.4	85.4 ^a
25	85.3	11.4 ^b	33.7 ^a	0.67 ^c	18.7	74.7 ^b
36	93.5	10.6 ^b	32.5 ^a	0.67 ^c	28.8	80.1 ^{ab}
49	89.8	9.2 ^c	32.7 ^a	0.75 ^c	34.0	69.4 ^{bc}
64	91.7	9.1 ^c	33.2 ^a	1.11 ^b	40.3	63.0 ^{cd}
81	88.7	7.6 ^{cd}	31.7 ^a	1.63 ^a	41.5	51.2 ^{de}
100	90.0	7.4 ^{cd}	31.2 ^a	1.40 ^a	47.3	47.3 ^e
121	82.5	6.1 ^d	26.9 ^b	1.44 ^a	51.5	42.6 ^e
F-values	0.48	11.6 ^{**}	2.2 [*]	16.1 ^{**}	-	10.3 ^{**}

¹⁾ : Diameter at root collar, ²⁾ : Different letters indicate the difference between means from Duncan's multiple range test at 1%(**) and 5% (*) level.

이상의 결과를 종합해 볼 때 조림용 묘목 기준인 근원 직경 8 mm 이상 되는 규격묘를 얻을 수 있는 본수는 m^2 당 49본을 이식할 경우 34본으로 69.4%의 득묘 본수율을 나타내 가장 효율이 높은 것으로 나타났다. 이는 유근옥과 김홍은(2003)이 백합나무 양묘기술 개발에 관한 연구에서 m^2 당 50본을 잔존시키어 35본의 규격 묘목을 얻은 보고와 유사하였다. 그러나 묘목의 품질에서는 직접 포지에서 파종하여 생산한 묘목보다 온실양묘 후 포지에 이식하여 생산한 묘목이 T/R율도 낮고, 뿌리의 발육과 세근의 발달이 월등히 향상되어 목적하는 많은 우량묘목을 생산할 수 있다. 특히, 토지이용과 경제성을 고려한다면 m^2 당 56본~64본까지의 득묘도 가능할 것으로 사료된다. 또한, 매년 조림 물량이 확대되는 현실의 추세를 감안한다면 단위 면적당 최대의 규격묘목을 생산하는 것은 바람직한 육묘방법이라 할 수 있다.

본 연구에서 백합나무 묘를 이식한 시기가 6월 초순경이기 때문에 이식시기를 5월 중순경으로 앞당기고 적절한 시비시험을 통한 시비효과를 고려한다면 백합나무 양묘에서 단위면적당 묘목 생산본수를 최대한 향상시킬 수 있는 양묘기술을 계속 발전시킬 필요성이 있다.

6. 양묘 방법이 다른 두 가지 형태로 생산한 묘목의 산지조림 활착률과 유시생장

우량한 묘목의 생산 목적은 산지에 묘목을 조림하였을 때 안정된 조림활착율을 높이고 우수한 유시생장을 향상시켜 초기 육림 비용을 최소한으로 감소시키는데 있다. 본 시험에서 비가림 온실을 이용하여 생산한 이식묘목과 동일 포지에서 직접 파종하여 생산한 파종묘목의 품질을 구명하기 위하여 산지에 조림하여 당년의 조림 활착률 조사를 시작으로 식재 후 4년간 생육상황을 조사한 결과는 Figure 3과 같다. 식재당년 활착률 조사결과, 직접 파종하여 생산한 파종묘목 88% 보다 온실을 이용하여 생산한 이식묘목의 활착률은 92%로 양호하였다. 묘고 성장에서는 파종묘목이 식재 후 1년 49.3 cm, 식재 후 2년 132.5 cm, 식재 후 3년 243.7 cm, 식재 후 4년 344.1 cm인데 반하여 온실육묘 후 이식하여 생산한 이식묘목은 46.5 cm, 152.7 cm, 270.6 cm, 396.8 cm로 나타나 잔뿌리가 많이 발달한 이식묘목이 활착률과 유시생장이 우수하였다.

이상과 같이 비가림 온실을 이용하여 생산한 묘목이 일 반 노지 양묘 묘목보다 조림 활착률이 우수하였고 유시 성장에서도 우수한 것으로 조사되었다.

인용문헌

- 산림청. 2003. 제4차 산림기본계획 변경. pp.235.
- 유근옥, 김홍은. 2003. 백합나무 양묘기술 개발에 관한 연구. 한국임학회지 92(3): 236-245.
- 유근옥, 장식성, 최완용, 김홍은. 2003. 우리나라에 식재한 백합나무의 적응력과 생장에 관한 연구. 한국임학회지 92(6): 515-525.
- 임업연구원. 2000. 백합나무 조림기술. 임업연구원. pp. 103.
- Adams, R.E. 1968. Are alternating temperatures more beneficial than constant temperatures during stratification of yellow-poplar seeds. *Tree Planters Notes* 19(3): 16-17.
- Ashton M.S. and Larson, B.C. 1996. Germination and seedling growth *Quercus* (section *Erythrobalanus*) across openings in a mixed-deciduous forest of southern New England, USA. *Forest Ecology and Management* 80: 81-94.
- Beck, D.E. 1990. In *Silvics of North America Volume 2, Hardwoods*. p 406-416. Russell M.B. and Barbara H.H. (eds.) USDA, Agriculture Handbook No. 654. Washington, D.C.
- Beck, D.E. and Lino, D.B. 1981. Yellow-poplar : Characteristics and Management. USDA Forest Service. Agriculture Handbook No. 583. Washington, D. C. pp. 90.
- Bonner F.T. and Rusell, T.E. 1974. *Liriodendron tulipifera* L. Yellow Poplar. In *Seeds of woody plants in the United States*. P.508-511. USDA Agriculture Handbook 450p.
- Boyce, S.G. and Hosner, J.F. 1963. Alternating storage temperature increase the germination of yellow-poplar seed. *Journal of Forestry* 61: 731-733.
- David, E.C.R. 2004. Bulletin of hardwood market statistics: 1989-2003. USDA For. Ser. Northeastern Res. Station Res. Note 375. 22p.
- Houston, D.B. and Heiligmann, R.B. 1985. Container production of yellow-poplar seedlings. *NJAF*. 2: 79-81.
- Humara, J.M., Casares, A. and Majada, J. 2002. Effect of seed size and growing media water availability on early seedling growth in *Eucalyptus globulus*. *Forest Ecology and Management* 167: 1-11.
- Kavanach, K. and Carleton, T.J. 1990. Seed production and dispersal patterns in populations of *Liriodendron tulipifera* at the northern edge of its range in southern Ontario, Canada. *Can. J. For. Res.* 20: 1461-1470.
- Kolb, T.E. and Steiner, K.C. 1989. Spacing effects on seedlings of northern red oak and yellow-poplar. *Tree Planters' Notes* 40(3): 3-4.
- Kramer, P.J. and Kozlowski, T.T. 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press New York. p. 811.
- Limstrom, G.A. 1958. Stratify yellow-poplar seed or sow directly *Tree Planters' Notes* 32/April:3-4
- Tinus, R.W. 1974. Large trees for the Rockies and Plains. pp.112-118. In R.W. Tinus, W.L. Stein and W.E. Balmer, eds. *Pro. North American containerized forest tree seedling symposium, Denver, Colo., Aug. 26-29, 1984*. Great Plains Agric. Council Pub. 68
- Vilela, A.E. and Ravetta, D.A. 2001. The effect of seed

- scarification and soil-media on germination, growth, storage, and survival of seedlings of five species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). *Journal of Arid Environments* 48: 171-184.
20. Vogt, A.R. 1975. Increasing and upgrading nursery production of Yellow-poplar. *Tree Planter's Note* 26(1): 29-31.
21. Williams, R.D. and Mony, C.C. 1962. Yellow-poplar seedling yield increased seed stratification. *Journal of Forestry* 60: 878.
22. Young, J.A.Y. and Young, C.G. 1994. Seeds of woody plants in North America. Dioscorides Press. pp. 407.
23. Zobel, B.J., G. Van Wyk, and Stahl, P. 1987. Growing Exotic Forests. John Wiley and Sons, New York. 508p.
-

(2007년 3월 14일 접수; 2007년 4월 9일 채택)