

암반절개사면 녹화용 강건묘목의 속성육묘법에 관한 연구

홍성각 · 김종진¹⁾

건국대학교 산림자원학과 · ¹⁾건국대학교 농업자원개발연구소

Studies on Short Term Hardening Method of Tree Seedlings for Afforestation of Cut-Rock Slope

Sung-Gak Hong and Jong-Jin Kim¹⁾ (Department of Forest Resources, Konkuk University, Seoul, Korea, ¹⁾The Research Institute of Agricultural Resources Development, Konkuk University, Seoul, Korea)

Abstract : This study was carried out to develop a short term hardening method of tree seedlings of *Rhus chinensis* Mill., *Evodia daniellii* Hemsley and *Parthenocissus tricuspidata*(Sieb. et Zucc.) Planch for afforestation on a concave and a crack of cut-rock slope. The seedlings were grown in a cylinder shaped pot made of polyvinyl net with the soil media of peatmoss, vermiculite, clay, compost, fertilizer, and absorbant(40:25:19:15:1:0.1, v:v). They were cultivated in a greenhouse for four months and in field condition for two months. During the last three months of the growing period the seedlings were hardened by periodic desiccation and irrigation in 4 to 10 days interval. The hardened seedlings showed lower leaf water potential, higher leaf osmotic pressure, and lower T/R ratio than those before the hardening. The hardened seedlings survived well on the soil medium in the concave of cut-rock slope.

Key words : hardening tree seedling, cut-rock slope, periodic desiccation and irrigation, T/R ratio

서 론

최근 국가 기간산업이 확충됨에 따라 각종 도로(고속도로, 국도, 임도), 공원, 신도시의 신설 또는 확장공사가 급증하고 있으며 그 주변에 생겨나는 암반절개사면에 과거 그대로 방치하였던 것과 달리 수목이나 초본식물을 식재하여 경관을 아름답게 녹화하려는 환경임업적 사업이 시도되고 있다^{1,2,3,4)}. 특히 오염된 자연환경과 파괴된 자연생태계의 복구가 사회전체의 주요 쟁점으로 부각되기 시작하면서 일반인들은 환경임업 분야의 여러가지 사업을 점차 중요시하고 있다.

암반사면에서 식물의 생육을 제한하는 환경요인은, 토양의 부족, 무기양분의 부족, 수분의 부족, 여름철 고온 건조, 겨울철 저온 건조 등으로 알려져 있다⁵⁾. 이러한 조건에 식재한 묘목의 활착율을 높일려면 계속 필요한 관리를 해주어야 하지만 암반사면에 접근하기가 어려워 묘목식재 후

관수처리, 보식, 또는 그 외의 수목관리는 경제성이 없다.

암반절개사면의 제한된 생육환경에 적용할 수 있는 자생수종으로는 소나무, 붉나무, 담쟁이덩굴, 병꽃나무, 싸리, 산초나무, 쉬나무, 팔배나무, 쇠물푸레나무, 철쭉나무, 개말발돌이, 누리장나무, 개웃나무, 자귀나무, 쯤깨잎나무, 산딸기 등이 있다^{6,7)}.

암반사면의 녹화공사는 암반절개공사의 진척도에 따라 공사일정이 불확실하고, 일단 녹화공사가 발주되면 가능한 조속한 시일 내에 준공되어야 하기 때문에 녹화공사에 필요한 강건묘목을 가능한 한 짧은 기간내에 계획생산할 필요가 있다.

본 연구는 붉나무, 담쟁이덩굴, 쉬나무를 재료로 암반절개사면 녹화용 강건묘목을 단기간에 육묘하는 방법을 개발하고자 수행되었다.

재료 및 방법

이 연구는 1993년도 금담조경(주)과 대원조경(주)의 연구비와 일부의 1995년 한국과학재단 특정기초 연구비 지원에 의하여 수행되었음

공시종자

공시종자는 1993년 10월 하순에 붉나무는 경기도 광주군 초월면 무갑리 건국대학교 연습림에서, 쉬나무와 담쟁이덩굴은 건국대학교 농과대학 시험포장에서 채종한 종자를 사용하였다. 공시종자는 기계적 마찰처리 후 풍선 또는 수선법으로 각 종자에 알맞게 정선하였다.

종자발아촉진처리

붉나무종자 : 공업용 농황산으로 0~80분 처리한 후 다량의 농황산은 스테인레스 철망을 통하여 제거하였다. 종자에 남은 농황산은 다량의 냉수와 수돗물로 세척한 후 기건상태로 건조하였다가 사용하였다.

담쟁이덩굴종자 : 수선법으로 정선된 종자를 종자와 젖은 모래의 비율을 1:10(v:v)으로 적습처리한 후 비닐봉지에 넣고 3~6개월간 5°C 냉장고에서 저온처리하였다.

쉬나무종자 : 합성세제, 모래, 종자(1:5:1, v:v:v)가 젖을 정도로 물을 첨가한 후 20분간 비빈 다음 합성세제를 세척한 후 기건상태로 건조하였다가 사용하였다.

배양토조제

배양토는 체적비율로 피트모스, 버미큐라이트, 점토, 퇴비, 복합비료(40:25:19:15:1, v:v)에 흡습제 0.1%(v/v)를 잘 혼합하여 사용하였다.

재배용기

비닐망(전체크기 100 × 60cm, 격자크기 5 × 7mm)위에 배양토(7L)를 깔고 비닐망이 내부와 외부에 배양토를 걸속할 수 있도록 수세미 모양 (길이 90cm, 직경 10cm)의 비닐망화분(수세미화분)을 만든 다음, 그 화분 위에 발아촉진처리된 종자를 파종하고, 그 화분을 U자형 비닐흙통(직경 10cm × 길이 100cm)에 놓았다. 수세미화분은 12월 8일 만들어 재배온실에서 재배하였다.

온실재배

수세미화분은 25±1°C 조건의 온실에서 성장하였으며 건조처리 전까지 생육에 필요로 하는 충분한 관수처리를 하였다. 맑은 날 주간의 재배온실내 광도 PAR(photosynthetically active radiation)는 500~600 μmol m⁻² s⁻¹ 수준이었고 LI-1000 spectroradiometer(LI-COR, USA)를 사용 측정하였다. 광주기는 주간시간 16~24시간의 장일조건을 유지하였으며 야간의 광처리는 수은등, 백열등, 형광등을 이용하여 60~80 μmol m⁻² s⁻¹ 수준을 유지하였다.

묘목경화처리

강건묘목을 육성하기 위한 경화처리는 온실에서 약 한달간 건조처리(1주일 마다 관수처리)한 후, 4월 15일부터 방

풍이 잘 되는 야외에서 건조처리를 반복적으로 실시하였다. 첫 1개월 동안 약 4~6일 마다 관수처리하였고, 둘째 1개월 동안은 약 10일 마다 관수처리하였다.

암반절개사면식재

1994년 6월 17일 서울시 중랑구 용마들산공원 암반절개사면의 틈 또는凹凸부분에 상기 배양토를 넣고 경화처리한 수세미화분을 식재하였다.

생장조사

재배온실에서 자라는 묘목의 수고, 근원경을 월별로 조사하고, 경화처리 후의 T/R율을 측정하였다. 현지 식재 후 묘목의 수고와 T/R율을 조사하였다.

수분포텐셜과 삼투압측정

수세미화분의 묘목과 묘포장 묘목, 현지식재 묘목의 엽내 수분포텐셜을 Scholander pressure chamber(실험실 제작)를 이용 측정하였고, 삼투압은 Vapor pressure osmometer 5500(Wesco, USA)를 이용 측정하였다.

결과 및 고찰

붉나무 종자에 농황산처리 0~80분을 한 결과 발아가 촉진되었다(Table 1). 80분 처리에서 발아율이 84%로 낮은 것은 종피가 얇은 종자가 황산처리과정에서 종자내부의 배나 유근이 피해를 받았기 때문이라고 생각된다. 강건묘목 육묘시험에서는 농황산 40분 처리 종자를 사용하였다.

쉬나무 종자는 합성세제:모래:종자(1:5:1, v:v:v)의 혼합물에 젖을 정도의 물을 첨가한 후 20분간 비빈 다음 시험한 결과 90%이상의 발아율을 얻었다.

Table 1. Effect of concentrate sulfuric acid treatment on the percent germination of *Rhus chinensis* seeds.

C. H2SO4 treatment (min.)	Germination (%)
0	0
20	62.6±5.5*
30	84.3±4.3
40	93.5±2.1
50	93.2±1.2
80	84.0±1.8

* Means±SE are presented.

5°C에서 3개월간 저온처리한 담쟁이덩굴 종자는 75% 발아하였고 6개월간 저온처리한 종자는 90% 발아하였다. 강건묘목 육묘에는 3개월간 저온처리한 종자를 사용하였다.

겨울 온실조건에서 묘목의 묘고생장은 붉나무, 쉬나무, 담쟁이덩굴의 순으로 좋았다(Fig. 1). 종자발아 후 3개월 동

안에 붉나무의 묘고과 근원경은 각각 20cm와 4.8mm, 쉬나무는 11cm, 2.6mm, 담쟁이덩굴은 4.5cm, 2.2mm이었다 (Fig. 1, 2). 온실조건에서 1개월간 반복건조처리와 야외조건에서 2개월간 반복건조처리 총 3개월간의 경화처리과정에서 묘목의 묘고 및 근원경 생장은 초기 3개월 보다 둔화되었다(Fig. 1, 2).

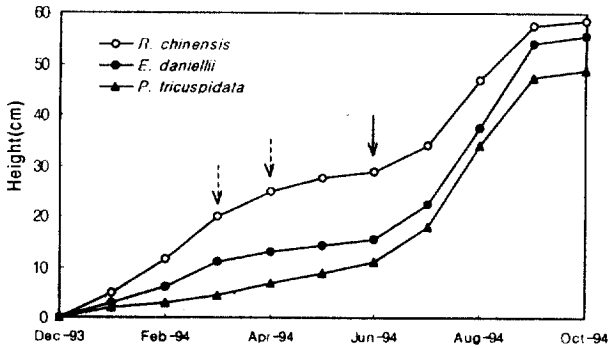


Fig. 1. Change in height growth before hardening, after hardening and after planting of *Rhus chinensis*, *Evodia daniellii* and *Parthenocissus tricuspidata* seedlings. ~ : Hardening period in the greenhouse. ~ : Hardening period in the field condition.

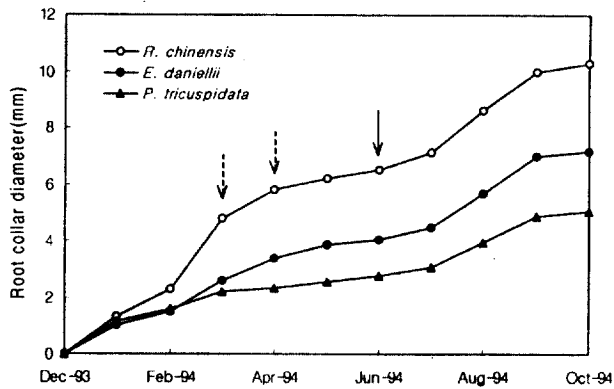


Fig. 2. Change in root collar diameter before hardening, after hardening and after planting of *Rhus chinensis*, *Evodia daniellii* and *Parthenocissus tricuspidata* seedlings. ~ : Hardening period in the greenhouse. ~ : Hardening period in the field condition.

경화처리 과정 중에 묘고 및 근원경의 생장율은 낮아졌지만 경화처리 후 묘목의 T/R율이 경화처리 전 T/R율 보다 낮아진 결과를 미루어 보아 경화처리 과정 중에 묘목의 뿌리생장은 지상부 생장에 비하여 더 왕성했던 것으로 추측된다(Table 2). 특히 경화처리에 의하여 세근의 발달이 뚜렷하게 관찰되었다. 모든 수종에서 경화처리에 의하여 수분포텐셜은 낮아지고 삼투압은 높아졌다^{8,9)}.

3개월간의 경화처리를 받은 수세미화분 묘목을 6월 중순

에 현지 암반절개사면에 식재한 결과 9월 중순까지 3개월 동안 생장율이 증가되었다(Fig. 1, 2). 이것은 수세미화분의 한정된 토양공간의 제한된 수분 및 양분조건에서 성장하던 묘목이 암석절개지의 배양토에 활착되어 새 뿌리에 의하여 충분한 수분과 양분을 공급받았기 때문에 일어난 현상으로 풀이된다. 9월 중순 이후의 생장율 둔화는 계절적 온도 및 광주기 변화에 따른 성장정지와 휴면생리에 비롯된 것으로 해석된다.

현지 식재 1년 후 식재수목의 T/R율은 붉나무가 1.02, 쉬나무가 1.08, 담쟁이가 0.93으로 나타났는데 이것은 현지 조건에서 지하부 뿌리생장이 지상부 줄기생장보다 상대적으로 더 왕성하게 이루어진 것을 의미하며, 모든 수종이 암반절개사면의 고온 건조 환경조건에 적응하기 위한 성장 반응으로 해석된다(Table 2).

Table 2. Change in T/R ratio before hardening, after hardening and after planting of *Rhus chinensis*, *Evodia daniellii* and *Parthenocissus tricuspidata* seedlings.

Species	Before hardening	After hardening	1 year after planting
<i>Rhus chinensis</i>	3.52±0.40 ^a	1.80±0.26 ^b	1.02±0.04 ^b
<i>Evodia daniellii</i>	4.48±0.46 ^a	2.26±0.07 ^b	1.08±0.11 ^b
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	3.21±0.14 ^a	1.60±0.12 ^b	0.93±0.18 ^b

* Means±SE are presented. Different letters in each row indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p=0.05)

수세미 화분에서 경화처리된 강건묘목들을 절개사면의凹凸부에 배양토를 넣고 식재하였을 때 100% 생존율을 나타냈지만 배양토 대신에 현지 화강토를 사용하여 식재하였을 때는 85%의 생존율을 나타냈다. 생존율 뿐만 아니라 생장율도 배양토 조건에서 더 높았다. 이것은 배양토의 수분 및 양분저장능력과 관계가 있는 것으로 추정된다. 배양토의 구성성분은 모두 수분 및 양분저장능력이 높다.

포장용수량에 있어서 피트모스는 건조중량의 6~10배의 물을 함유할 수 있다. 버미클라이트는 3~4배, 퇴비는 4~5배, 점토는 0.3~0.4배, 흡습제는 150배의 물을 저장할 수 있다. 암반절개사면의凹凸부에 한정된 토양으로 수분이 공급되기 때문에 암반식생의 생존제한요인으로서 가장 치명적인 것은 건조의 피해이다. 건조의 피해를 최소화하기 위하여는 수세미화분 및 암반절개사면凹凸부에 제한된 양의 배양토가 최대의 수분저장능력을 갖는 것이 유리하다. 본 연구에서 사용한 배양토(피트모스:질석:점토:퇴비:복합비료 = 체적비 40:25:19:15:1에 흡습제 0.1%)는 건조중량의 약 5배의 물을 저장할 수 있다. 현지 조건의 건조정도에 따라 피트모스나 흡습제의 비율을 높임으로써 수분저장능력을 더 증가시킬 수 있다. 식물이 저장된 물을 다 사용한 후에 건조한 배양토는 천연 강우시 다시 물을 흡수능력이 있다¹⁰⁾.

Table 3. Change in water potential(WP) and osmotic pressure(OP) before hardening, after hardening and after planting of *Rhus chinensis*, *Evodia daniellii* and *Parthenocissus tricuspidata* seedlings.

Species		Before hardening	After hardening	1 year after planting
<i>Rhus chinensis</i>	WP(MPa)	-0.38±0.04*a	-1.52±0.08b	-1.00±0.20b
	OP(mmol kg ⁻¹)	533±29c	846±38a	710±27b
<i>Evodia daniellii</i>	WP(MPa)	-1.00±0.10a	-1.66±0.05b	-1.20±0.05a
	OP(mmol kg ⁻¹)	717±25b	771±21b	955±50a
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	WP(MPa)	-0.90±0.05ns	-1.30±0.10ns	-1.10±0.15ns
	OP(mmol kg ⁻¹)	531±25b	574±15ab	606±24a

* Means±SE are presented. Different letters in each row indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p=0.05). ns means not significant

본 연구에서 강건묘목을 육성하기 위하여 수세미화분을 사용하였는데 그 원리는 다음과 같다. 예를 들어 내건성이 강한 강건묘목을 키우고자 할 때 유전적으로 내건성이 강한 수종을 선택하여 그 묘목이 견딜 수 있는 한계건조 조건을 반복적으로, 점진적으로 강하게 처리해줌으로써 묘목의 삼투압이 높아지고 잎의 큐티클과 왁스층이 두꺼워지고, 줄기생장량보다 뿌리생장량이 상대적으로 더 큰 강건묘목으로 육성하는 것이다. 수세미화분은 배양토의 양에 비하여 대기노출 표면적이 크기 때문에 원통형 화분보다 더 짧은 기간내에 건조-관수의 반복처리가 용이하게 이루어질 수 있다.

본 연구에서 개발된 강건묘목의 단기 육묘법은 암반사면을 綠化하는데 효율성을 높일 것으로 기대한다.

요 약

본 연구는 암반절개사면 녹화용 붉나무(*Rhus chinensis* Mill), 쉬나무(*Euodia daniellii* Hemsley), 담쟁이 덩굴(*Parthenocissus tricuspidata* Sieb. et Zucc, Planch) 강건묘목을 단기기간에 육성하는 방법을 개발하기 위하여 수행되었다. 묘목은 1993년 12월 8일부터 1994년 6월 17일동안에 첫 4개월은 온실에서, 그후 2개월은 야외포장에서 비닐망으로 만들어진 수세미 모양의 화분에서 피트모스, 질석, 진흙, 퇴비, 복합비료, 흡습제(40:25:19:1:0.1)의 배양토로 육묘되었다. 육묘과정의 마지막 3개월동안에 4~10일 간격으로 반복된 건조-관수처리에 의하여 강건묘목으로 육성시켰다. 강건묘목은 경화처리전보다 수분포텐션이 낮아지고, 삼투압은 높아지고, T/R율은 낮아졌다. 강건묘목은 암반절개사면의 요철부 배양토에서 좋은 생존율과 생장율을 나타냈다.

참 고 문 헌

- Ryu, Taek Kyu and Lee, Chun Yong (1982), Vegetation covering methods on the steep slopeing rock of the roadside, *J. Kor. Inst. Landscape Arch.* 9, 13-18
- Woo, Bo-Myeong (1974), Studies on the development of accelerating measures of establishment of vegetation on bare slopes, *J. Kor. For. Soc.* 24, 1-24
- Woo, Bo-Myeong (1978), Studies on the bare rock-slope conservation measures(I) - Conservation and revegetation by *Parthenocissus* spp., *J. Kor. For. Soc.* 37, 1-16
- Woo, Bo-Myeong (1987), Development of restoration measures of the rockily eroded mountains in Seoul metropolitan area, *J. Kor. Inst. Landscape Arch.* 15, 9-16
- Hong, Sung Gak (1984), Freezing and winter desiccation injury of forest tree seedlings, *Kor. For. Seed and Seedling Asso. Rep.* 12, 16-29
- Woo, Bo-Myeong, Kwon, Tae-Ho and Kim Nam-Choon (1993), Studies on vegetation succession on the slope of the forest road and development of slope revegetation methods, *J. Kor. For. Soc.* 82, 381-395
- Woo, Bo-Myeong, Jeon, Gi-Seong, Choi, Hyeong-Tae and Jeong, Do-Hyun (1995), Studies on rehabilitation progress of vegetation on land slide scars - In cases of Yongin-gun · Hwaseong-gun at areas, *J. Kor. For. Soc.* 84, 31-40
- Oh, Jeong Soo and Lee, Myung Bo (1987), Ecological physiology and growth responses of several tree seedlings to soil moisture content, *Res. Rep. For. Inst. Kor.* 35, 43-53
- Levitt, J. (1980), *Responses of Plants to Environmental Stresses*, Vol. II, Academic Press, New York, p. 25-228
- Keomtap and Daiwon Landscape Arch.(Co.) (1985), *Korean model revegetation method of cut-rock slopes*, Konkuk Univ. Agric. Resources Development Inst. Special Publication, p. 1-136