

폐암면 혼합 상토를 이용한 수목류 용기묘의 급액 적정 농도

김호철¹ · 이수원² · 배종향^{1*}

¹원광대학교 원예 · 애완동식물학부, ²국립산림과학원 산림생산기술연구소

Optimum Strengths of Supply Nutrient Solution in Container Seedling of Trees Using Media Mixed Used-Rockwool

Ho Cheol Kim¹, Soo Won Lee², and Jong Hyang Bae^{1*}

¹Department of Horticulture and Pat Animal-Plant Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

²Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute, Pocheon 487-821, Korea

Abstract. This study was carried to investigate effects of optimum supply strengths of ‘Sonneveld’ nutrient solution on growth characteristics in container seedling of trees (*Pinus densiflora*, *Torreya nucifera*, *Quercus acutissima* and *Fraxinus mandshurica*) using developed media with used-rockwool. Flesh weight, height and trunk diameter in container seedling of *Torreya nucifera* were better in high strengths. In container seedling of *Torreya nucifera*, flesh weight more increased in 1.5 and 3.0 strengths and height and trunk diameter more increased in 1.5 strength than the rest. Flesh weight in container seedling of *Quercus acutissima* was heaviest in 2.0 strength and was lightest in 1.0 strength. Height and dry weight in 2.0 and 3.0 strengths and trunk diameter and total chlorophyll in 2.0 strength were better than in the rest. Besides photosynthesis rate was more high in 1.5 and 2.0 strengths than in the rest. In container seedling of *Fraxinus mandshurica*, flesh weight, height and trunk diameter more increased in 0.5 strength and total chlorophyll and photosynthesis rate were good in 0.5 and 2.0 strengths. Most growth characteristics were poor in 3.0 strength.

Key words : container seedling, ‘Sonneveld’ nutrient solution, used-rockwool

서 언

암면을 이용한 수경재배에서는 사용한 암면을 재활용할 수 있는 방안을 찾고자 다방면에서 연구가 진행되고 있다. 일부 유럽 국가나 일본에서는 암면을 규산질 비료로써 전답에 이용하도록 권장하기도 한다. 최근 임업 분야에서 상토 비용의 급격한 상승에 따라 암면을 수목류의 묘 생산에 적용하는 연구가 진행되고 있다. 특히, 재활용 암면은 높은 수분 보유력이 높고 기존 잔류 양분 등에 따른 양·수분 공급량을 최소화할 수 있으며, 또한 시설 양묘에 적용하기 편리하여 수목류의 용기묘 생산에 이용가치가 충분히 있다.

수목 내 양분 순환 체계는 인위적 양분 공급 및 수중에 따라 차이를 나타내고, 흡수 이용된 양분은 식물

기관 형성 후 그 기관이 노쇠하게 되면 다른 부위로 이동하여 다시 이용된다(Binkley, 1986). 토양의 양·수분 부족은 스트레스로 작용하여 정상적인 대사 작용을 방해하고 결국 신장 및 비대 생장을 감소시키는데(Kramer와 Kozlowski, 1979; Lange 등, 1976; Levitt, 1980) 한정된 토양 내에서 자라는 용기묘에서는 더욱 심하다. 인위적인 양·수분 공급은 대체로 지상부의 생체량과 양분 이용효율을 증가시켜 T/R률을 증가시킨다(Li 등, 1991; Malik와 Timmer, 1998; Proe와 Millard, 1994; Sieth 등, 1996). Lee(1998)와 Lee 등(2005)은 소나무 묘목 생산 시 건물생장과 토양용액 내의 (Ca+Mg+K)/Al 비와 높은 상관성을 갖고 있고 그 비가 7.0 이하로 낮아지면 건물생장이 감소한다고 하였다. 그리고 Lee 등(2000)은 복합비료나 완효성비료에 비해 Hyponex나 질산암모늄 처리가 초장, 초폭, 그리고 생체중을 좋게 한다고 하였다. 또한 Chabot과 Hicks(1982), Waring과 Franklin(1979)은 양분 이용 효율에 있어

*Corresponding author: bae@wku.ac.kr
Received February 11, 2009; Revised February 18, 2009
Accepted March 12, 2009

상록성 수종은 낙엽성 수종에 비해 높다고 하였다. 특히, Kwon과 Lee(1994)는 상수리나무는 양·수분에 아주 예민하고, 토양 수분보다 양분의 부족에 따라 생장의 차이가 크고 이에 수분부족까지 겹치면 성장 저하가 가속화된다고 하였다. 이에 따라 양질의 용기묘를 생산하기 위해서는 수종에 따라 적절한 양·수분 공급 체계가 필요하다. 그러나 임업 분야에서는 양수분 공급 체계가 확립되어 있지 않고 이에 대한 연구도 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 수경재배를 이용한 주요 침엽수종과 활엽수종의 용기묘 생산에 적합한 유럽분화용 표준 배양액(Sonneveld)의 적정 급액 농도를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험 수종은 침엽수인 소나무(*Pinus densiflora*, 0-0)와 비자나무(*Torreya nucifera*, 1-1), 활엽수인 상수리나무(*Quercus acutissima*, 0-0)와 들메나무(*Fraxinus mandshurica*, 1-1)로 소나무와 상수리나무는 온실에서 용기에 파종하여 생육한 묘이며, 비자나무와 들메나무는 온실에서 육묘 후 토양에 이식하여 1년 자란 묘로 4월 하순에 용기에 이식한 후 9월 중순까지 생육조사를 하였다. 상토는 피트모스(peatmoss)와 펄라이트(pearlite)를 1:1로 혼합한 상토와 암면 분쇄기(3마력, 한국UR암면)를 이용하여 잘게 분쇄한 암면을 혼합하여 조제하였다. 혼합 비율은 고온기 및 침엽수와 활엽수의 수분 이용률 차이 등을 고려하여 침엽수종에서는 암면과 (피트모스+펄라이트)를 5:5(v:v), 활엽수종에서는 암면과 (피트모스+펄라이트)를 7:3(v:v)으로 혼합한 상토를 이용하였다. 용기는 국립산림과학원에서 개발된 둘레에 빗살을 준 2,000mL 용량의 검은색 플라스틱 소재 제품을 사용하였다.

배양액은 유럽분화용 표준액인 Sonneveld액($\text{NO}_3\text{-N}$ 10.6, $\text{NH}_4\text{-N}$ 1.1, $\text{H}_2\text{PO}_4\text{-P}$ 4.5, K 5.5, Ca 6.0, Mg 1.5 및 $\text{SO}_4\text{-S}$ $2.0\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$)으로 처리 농도는 Table 1과 같다. 공급 방식은 점적 관수로 하였으며, 시험 초기

2주간은 주 2회씩 물만을 점적하였고 이후 배양액을 공급하였다. 배양액 공급량은 용기 내 상토의 포장용수량을 평균 주 2회, 고온기에는 주 3회 공급하였다. 포장용수량은 수목류 육묘 생산 현장에 적용이 용이하도록 적정량의 암면 혼합 상토가 담긴 용기의 무게와 이를 3시간 동안 담수하여 충분히 물을 흡수시킨 후 암실 저온에 24시간 방치하여 증력수를 제거한 무게의 차이로 하였다.

수종별로 생체중, 수고, 원줄기 직경, 건물중, 총엽록소함량, 광합성률 등을 조사하였다. 생체중은 전자저울로 측정하였고, 수고는 일반 줄자(5m, cm 단위)를 이용하여 측정하였다. 원줄기 직경은 상토 표면에서 2cm 정도 위를 디지털캘리퍼스를 이용하여 측정하였다. 건물중은 생체중 측정 후 70°C 건조실에 3일간 넣어 완전히 말린 후 전자저울로 측정하였다. 총엽록소량은 휴대용 엽록소 측정기(SPDA-502, Minolta camera Co., LTD., Japan)로 측정하였으며, 광합성율은 광합성측정기(Li-6400, Li-cor, USA)를 이용하여 측정하였다. 소나무(0-0)와 상수리나무(0-0)는 시설 육묘된 것으로 수체의 생육 상태가 거의 균일하여 최종 조사일의 값을 사용하였으나 이 외의 수종은 시설 육묘 후 토양에 이식하여 자란 것으로 수체 간 균일성이 없어 수고, 원줄기 직경은 시험 처리 전의 조사값과 최종일의 조사값 간 차이에 따른 증가량으로 나타내었다. 그리고 각 조사 데이터는 SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 처리 간 비교하였다.

결과 및 고찰

배양액의 공급 농도에 따른 소나무(0-0)의 생육 특성을 조사한 결과(Table 2), 생체중은 높은 농도에서 무거웠고 낮은 농도에서 가벼운 경향을 나타내었다. 특히, 2.0배액에서 6.8g으로 0.5배액의 3.0g보다 2배 이상 무거운 큰 차이를 나타내었다. 수고도 생체중과 마찬가지로의 경향으로 2.0배액에서 10.0cm, 3.0배액에서 9.7cm로 높은 편이었으나 0.5배액에서는 6.8cm로 가장 낮았다. 원줄기 직경은 3.0배액에서 2.5mm, 2.0배액에서 2.4mm, 1.5배액에서 2.1mm이었지만 농도가 낮은 두 처리는 1.8mm이었다. 이는 많은 질소를 갖

Table 1. Strengths treated for investigation optimum supply strength of 'Sonneveld' nutrient solution on developed medium with used-rockwool.

Strengths of nutrient solution	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
EC($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	1.14	1.80	2.50	3.20	4.60

고 있는 높은 농도의 배양액 공급에 따라 수목의 질소 흡수량이 많았기 때문으로 생각되었다. Singh과 Negi(1992)는 엽과 가지의 질소 농도 증가는 엽의 면적 및 중량 증가폭 증가와 관계있다고 보고하였다.

배양액의 공급 농도에 따른 비자나무(1-1)의 생육 증가량을 조사한 결과, 생체중 증가량은 1.5배액과 3.0배액에서 각각 26.7g과 25.8g으로 많았고 1.0배액에서 17.5g으로 가장 적었다. 수고 증가량은 1.5배액에서 13.1cm로 가장 많았고 2.0배액에서 9.6cm로 가장 적은 편이었다. 원줄기 직경 증가량은 1.5배액에서

3.0mm로 가장 많았고 나머지 처리 농도에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 특히, 2.0배액에서는 대부분 고농도에서 생육이 좋은 경향과 다르게 수고와 원줄기 직경이 다소 낮았던 데에는 노지 육묘 시 다양한 원인에 의해 수체의 뿌리 발달 정도에 있어 차이가 있었기 때문으로 생각되었다. 노지 육묘 시 토양의 산성화는 뿌리의 양이온 흡수를 저하시키고 토양 용액 내 유해 금속을 용출시켜(Ulrich 등, 1980) 세균 발달과 성장을 저하시킨다(Rengel, 1992).

배양액의 공급 농도에 따른 상수리나무(0-0)와 들메

Table 2. Growth characteristics according to strengths of supply nutrient solution in container seedling of *Pinus densiflora* (0-0) and *Torreya nucifera* (1-1) using developed medium with 50% used-rockwool.

Strengths of nutrient solution	Flesh weight (g)	Height (cm)	Trunk diameter (mm)
<i>Pinus densiflora</i>			
0.5	3.0 d ^z	6.8 c	1.8 c
1.0	4.0 cd	7.3 c	1.8 c
1.5	4.5 cd	8.6 b	2.1 b
2.0	6.8 a	10.0 a	2.4 a
3.0	5.9 b	9.7 a	2.5 a
<i>Torreya nucifera</i>			
0.5	17.7 c ^z	11.2 b	1.9 b
1.0	17.5 c	11.4 b	2.0 ab
1.5	26.7 a	13.1 a	3.0 a
2.0	21.2 b	9.6 c	1.4 c
3.0	25.8 a	11.3 b	1.5 c

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 3. Growth characteristics according to strengths of supply nutrient solution in container seedling of in *Quercus acutissina* (0-0) and *Fraxinus mandshurica* (1-1) using developed medium with 70% used-rockwool.

Strengths of nutrient solution	Flesh weight (g)	Height (cm)	Trunk diameter (mm)	Total chlorophyll (SPDA)
<i>Quercus acutissina</i>				
0.5	40.0 b ^z	20.7 c	2.6 ab	33.4 b
1.0	30.3 c	18.3 c	2.5 ab	34.6 b
1.5	44.1 ab	26.5 ab	3.0 a	35.6 b
2.0	50.5 a	35.9 a	3.3 a	42.1 a
3.0	42.6 ab	39.1 a	2.8 ab	34.5 b
<i>Fraxinus mandshurica</i>				
0.5	153.6 a ^z	31.6 a	6.9 a	51.0 a
1.0	113.3 b	29.7 ab	4.5 b	31.2 b
1.5	123.4 b	20.9 c	4.5 b	46.1 a
2.0	127.8 b	23.5 b	4.8 b	51.3 a
3.0	64.3 c	20.4 c	4.1 c	48.7 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

나무(1-1)의 생육 특성을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 상수리나무의 생체중은 2.0배액에서 50.5g으로 가장 무거웠고 1.0배액에서 30.3g으로 가장 가벼웠다. 수고는 농도가 높은 2.0배액과 3.0배액에서 각각 35.9와 39.1cm로 높았고 농도가 낮은 0.5배액과 1.0배액에서 각각 20.7cm와 18.3cm로 낮았다. 원줄기 직경은 처리 간 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 2.0배액에서 3.3mm로 가장 두꺼운 편이었다. Kwon과 Lee(1994)는 상수리나무의 성장에는 수분 부족보다 양분 부족의 영향이 크고 이에 아주 민감한 식물이라고 하였는데 이를 고려하면 낮은 농도의 처리에서 생육이 불량한 원인은 상수리나무의 빠른 생육에 비해 공급 양분이 부족하였기 때문으로 생각되었다. 총엽록소량은 2.0배액에서 42.1로 가장 높았고 나머지 처리 농도 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 건물중은 농도가 높은 2.0배액과 3.0배액에서 각각 16.4g과 14.4g으로 무거웠고 1.0배액에서 10.3g으로 가벼웠다.

배양액의 공급 농도에 따른 들메나무의 생체중의 증가량은 농도가 가장 높은 3.0배액에서 64.3g으로 가장 증가량이 적었고, 나머지 처리 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았지만 0.5배액에서 높은 편이었다. 수고의 증가량은 0.5배액에서 31.6cm로 가장 많았던 반면 1.5배액과 3.0배액에서는 각각 20.9와 20.4cm로 적었다. 원줄기 직경의 증가량은 0.5배액에서 다른 처리와 유의한 차이를 나타내며 6.9mm로 가장 많았고 다른 처리 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았으나 2.0배액에서 4.8mm로 많은 편이었다. 총엽록소량은 1.0배액에서 31.2로 유의하게 가장 적었고, 다른 처리 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았지만 0.5배액과 2.0배액에서 각각 51.0과 50.3으로 다소 많은 경향을 나타내었다.

배양액의 공급 농도에 따른 상수리나무(0-0)와 들메나무(1-1)의 광합성률을 조사한 결과(Fig. 1), 상수리나무는 1.5배액에서 다른 처리 농도보다 월등히 활발하였고 다음으로 2.0배액에서 다소 활발하게 진행되었다. 그러나 농도가 가장 낮고 높은 0.5배액과 3.0배액에서는 다른 처리보다 저조하였는데 이는 총엽록소량이 1.5배액과 2.0배액에서 높았던 결과(Table 3)와 일치하였다. 들메나무는 2.0배액에서 가장 활발하였고 다음으로 0.5배액, 1.0배액 및 1.5배액 순으로 다소 활발하였으나 농도가 가장 높은 3.0배액에서는 상수리나무와

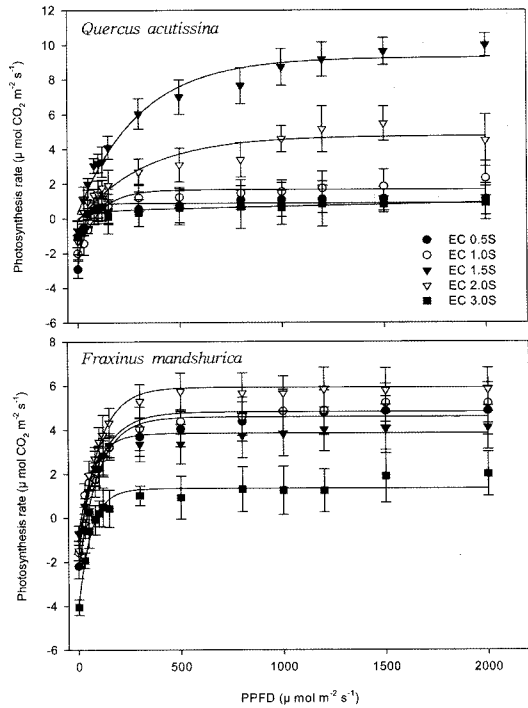


Fig. 1. Photosynthesis rate according to strengths of supply nutrient solution in container seedling of *Quercus acutissima* (0-0) and *Fraxinus mandshurica* (1-1) using developed medium with 70% used-rockwool. Vertical bars show standard deviation.

마찬가지로 아주 저조하여 총엽록소량이 2.0배액에서 높았던 경향(Table 3)과 일치하였다. 이는 배양액의 지나친 농도에 따라 용기 내 상토의 랑에 대한 Mn의 함량이 지나치게 많아 다량 축적되어 생육 저하를 나타낸 것으로 생각되었다. Lee 등(1999, 2002 및 2005)은 지나친 고농도의 배양액 공급은 상토와 엽 내 Mn의 과잉 축적을 일으키고 이에 Ca과 Mg과 같은 다른 필수원소의 흡수를 저해시켜 광합성 및 생육 저하를 가져온다고 하였다. 그리고 생체중, 수고 및 원줄기 직경이 0.5배액에서 가장 많이 증가하였던 것은 비자나무와 마찬가지로 용기 이식 초기에 수체의 발달 차이에서 온 것으로 생각되었다. 이에 총엽록소량과 광합성률을 고려하면 2.0배액의 공급이 가장 적합할 것으로 생각되었다.

적 요

침엽수종인 소나무(*Pinus densiflora*)와 비자나무

(*Torreya nucifera*), 활엽수종인 상수리나무(*Quercus acutissima*)와 들메나무(*Fraxinus mandshurica*)를 대상으로 수경 재배를 이용한 우량 용기묘 생산 시 'Sonneveld' 배양액의 적정 농도를 구명하기 위해 수행하였다.

배양액의 공급 농도에 따른 소나무(0-0)의 생체중, 수고 및 원줄기 직경은 모두 높은 농도일수록 높은 경향을 나타내며 3.0배액에서 가장 높았다. 비자나무(1-1)의 생체중은 1.5배액과 3.0배액에서 많이 증가하였고 수고와 원줄기 직경은 1.5 배액에서 가장 많이 증가하였다. 상수리나무(0-0)의 생체중은 2.0배액에서 가장 무거웠고 1.0배액에서 가장 가벼웠다. 수고와 건물중은 모두 2.0배액과 3.0배액에서 좋았고, 원줄기 직경과 엽록소 함량은 2.0배액에서 좋았다. 또한 광합성은 1.5배액과 2.0배액에서 활발하였다. 들메나무(1-1)의 생체중, 수고 및 원줄기 직경은 0.5배액에서 가장 많이 증가하였고, 엽록소 함량과 광합성은 0.5배액과 2.0 배액에서 좋았다. 그리고 대부분의 생육 특성은 3.0배액에서 저조하였다.

주제어 : 사용되었던 암면(폐암면), 용기묘, 유럽분화용 표준용액

사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

인 용 문 헌

- Binkley, D. 1986. Forest nutrient management. John Wiley and Sons. New York. p. 290.
- Chabot, B.F. and D.J. Hicks. 1982. The ecology of leaf life spans. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 13:229-250.
- Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. Physiology of woody plants. Academic Press, New York, p. 811.
- Kwon, K.W. and J.H. Lee. 1994. Growth performances and physiological responses of *Quercus* spp. and *Fraxinus rhynchophylla* subjected to different soil moisture regimes and nutrition levels. *J. Kor. For. Soc.* 83(2):164-174.
- Lange, O.L., L. Kappen, and E.D. Schulze. 1976. Water and plant life. Springer-Verlag, Berlin. p. 536.
- Lee, C.H. 1998. Effects of soil acidification on growth and nutrient status of *Pinus densiflora* seedlings. *J. Kor. For. Soc.* 87(4):611-619.
- Lee, C.H., H.O. Jin, and T. Izuta. 1999. Growth, nutrient status and net photosynthetic rate of *Pinus densiflora* seedlings in various levels of aluminum concentrations. *J. Kor. For. Soc.* 88(2):249-254.
- Lee, C.H., S.W. Lee, H.O. Jin, J.H. Jeong, and C.Y. Lee. 2002. Effects of Mn on the growth and nutrient status of *Pinus densiflora* seedling in nutrient culture solution. *Kor. J. Ecol.* 25(5):349-352.
- Lee, C.H., S.W. Lee, E.Y. Kim, Y.K. Kim, J.K. Byun, H.G. Won, and H.O. Jin. 2005. Growth of *Pinus densiflora* seedlings in artificially acidified soils. *Kor. J. Ecol.* 28(6):389-393.
- Lee, J.S., G.S. Kim, H.J. Bae, S.J. Jeong, and H.N. Jeong. 2000. Studies on optimum kinds and concentration of fertilizer for seedling of *Pinus densiflora* in greenhouse. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 18(2):258.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress. Vol. 2. p. 322-445. Water, radiation salt, and other stresses. Academic Press. New York.
- Li, B., H.L. Allen, and S.E. McKeand. 1991. Nitrogen and family effects on biomass allocation of loblolly pine seedlings. *For. Sci.* 37:271-283.
- Malik, V. and V.R. Timmer. 1998. Biomass partitioning and nitrogen retranslocation in black spruce seedlings on competitive mixed wood sites: a bioassay study. *Can. J. For. Res.* 28:206-215.
- Proe, M.F. and P. Millard. 1994. Relationships between nutrient supply, nitrogen partitioning and growth in young Sitka spruce (*Picea sitchensis*). *Tree Physiol.* 14:75-88.
- Rengel, Z. 1992. Role of calcium in aluminum toxicity. *New Phytol.* 121:499-513.
- Sieth, B., E. George, H. Marschner, T. Wallenda, C. Schaeffer, W. Einig, A. Wingler, and R. Hampp. 1996. Effects of varied soil nitrogen on Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.). I. Shoot and root growth and nutrient uptake. *Plant Soil.* 184:291-298.
- Singh, S.P. and G.C.S. Negi. 1992. Leaf nitrogen dynamics with particular reference to retranslocation in evergreen and deciduous tree species to Kumaun Himalaya. *Can. J. For. Res.* 23:349-357.
- Ulrich, B., R. Mayer, and P.K. Khanna. 1980. Chemical changes due to acid precipitation in a Loess-derived soil in central Europe. *Soil Sci.* 130:193-199.
- Waring, R.H. and J.F. Franklin. 1979. Evergreen coniferous forests of the Pacific Northwest. *Science* 204:1380-1385.