

시설내 고온에 대한 소나무 유묘의 성장반응¹⁾

김종진* · 홍성각 · 윤택승¹

건국대학교 산림환경과학과, ¹임업연구원 중부임업시험장

Growth Responses of *Pinus densiflora* Seedlings to High Temperature in Container Culture¹⁾

Jong Jin Kim*, Sung Gak Hong, and Taek Seong Yoon¹

Dept. of Forest and Environmental Science, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

¹Chungbu Forest Experimental Station, Forest Research Institute, Pochon 487-820, Korea

Abstract. This study was carried out to investigate the growth response of *Pinus densiflora* seedling to relatively high day temperature during the container culture in summer season. The experiment was performed with three maximum day temperature regimes, 30~35°C, 35~40°C and above 40°C in the PE house. The reduction in plant height was observed since 6 weeks after germination in the seedlings grown at relatively high day temperatures, especially the seedlings at above 40°C. High temperature also reduced the root collar diameter during growth of the seedlings, therefore 17.3% of the reduction was observed in the seedlings grown at above 40°C compared with the seedlings at 30~35°C. The dry weight of the seedlings grown for 16 weeks was apparently reduced by elevated day temperature in the PE house, and the seedlings at relatively high day temperature resulted in increased T/R ratio.

Key words : container culture, growth response, high temperature, T/R ratio

*Corresponding author

¹⁾본 연구는 농림부·농림기술관리센터 첨단연구과제(과제번호 295158-5) 연구비지원으로 수행되었음.

서 언

우리나라에서의 임업시설양묘는 1980년대 말에 소개되었지만(Oh 등, 1988) 1997년부터 최근까지 동해안 산불 피해지에 식재된 5백만 그루 이상의 소나무 묘목 생산이 본격적인 임업시설양묘의 시작이라고 할 수 있다. 시설양묘는 노지양묘와는 달리 묘목의 생육환경에서 수분, 광도, 광주기, 온도 등의 조절이 필수적이기 때문에 임업선진국에서는 이에 대한 많은 연구가 수행되어져 왔지만(Arnott와 Macey, 1985; Landis 등, 1992b) 우리나라의 경우에는 임업 시설양묘의 역사가 짧아 이에 대한 연구가 그렇게 많지 않은 실정이다(Kim 등, 1998; Hong 등, 2000; Kim 등, 2002).

우리나라의 여름철 고온은 식물들의 성장 촉진에 크게 기여하지만 시설양묘에 있어서는 시설내부의 지나친 고온 유도로 정상적인 생육의 제한 요인으로 작용

되고 있다. 따라서 시설내 고온을 조절하기 위해서 펜-패드시스템, 포그생방, 자동차광커튼 등 다양한 수단을 개발·사용하고 있다(Nelson, 1991; Landis 등, 1992a).

대부분의 온대지방의 침엽수들은 10°C 이하에서는 거의 성장을 하지 못하며 적정 생육온도 18~30°C 사이에서 꾸준한 생장이 가능하고 30°C 이상의 고온은 생장에 저해를 초래한다고 하나 이러한 고온에 대한 반응도 종간 또는 같은 종 안에서도 생태형에 따라 다르다고 알려져 있다(Landis 등, 1992b; Lopushinsky와 Max, 1990).

따라서 본 연구는 여름철 시설양묘시 유묘의 성장장애 요인으로 작용하고 있는 시설내 고온에 대한 수목 유묘의 성장반응을 탐구하는 연구의 일환으로 수행되었으며, 용기묘로서는 현재 우리나라에서 가장 많은 양이 생산되고 있는 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)를 공시수종으로 하여 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구의 정식수종은 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)이며, 양묘에 사용된 종자는 임업연구원 중부임업시험장으로부터 제공받은 종자로서 1g 당 평균 98개이었다. 1999년 5월 21일에 피드모스, 필라이트 및 질석을 1:1:1(v/v) 비율로 혼합한 배양토를 담은 각각 2.5 cm×2.5 cm×12 cm 크기의 플라스틱 포트에 장성한 종자 2립을 파종하였다. 파종한 포트는 PE 온실내에 비닐 커튼 및 간이 창을 이용하여 일일최고온도가 30~35°C, 35~40°C 및 40°C 이상 등 3 수준의 온도로 설계된 장소에 배치하였으며, 각 장소의 실제 온도는 자기온도계를 이용하여 측정하였다.

발아 후 각 포트별 식물체는 육안으로 관찰하고 균일한 유묘 1본만을 남기고 제거하였다. 관수는 주 3~4회 충분한 양을 공급하였으며 유묘 발아 1개월 후부터 하이포넥스[Hyponex Japan(주); N-P-K, 5-10-5]를 질소기준으로 12.5 mg·L⁻¹로 농도를 조절하여 시비하였으며, 2개월 이후부터는 질소기준으로 50 mg·L⁻¹ 농도로 시비하였다. 처리구별로 상기 파종포트를 100개의 담은 8개의 플라스틱 상자를 배치하여 약 16주 동안 묘목의 수고생장과 근원경생장 변화를 조사하였으며, 생장 10주 및 16주 후의 지상부와 지하부 건조량을 조사하였다. 각 처리별 처리구의 평균값은 'Anova'로 검정하였다.

결과 및 고찰

여류질 시설내 고온에 대한 소나무 유묘의 생장반응을 탐구하고자 PE 온실내에 설계된 세 종류의 상대적인 고온 처리구의 실제 온도는 Fig. 1과 같이 측정되었다. 파종 후 1개월이 지난 6월 20일부터 10월 12일까지 시설내 온도가 측정되었는데, 6, 7, 8월에 장마 또는 강우에 따른 기온 저하를 나타낸 날을 제외하고는 대체적으로 설계된 일일최고온도 수준이 유지된 것으로 조사되었다. 9월에 접어들어 외부 기온이 낮아지면서 원래 설계된 온도보다 낮은 최고온도를 기록하는 일수가 여름철에 비해 다소 증가한 것으로 조사되었지만 Fig. 1에 나타나 있는 것과 같은 전체적인 온도체계 유지 결과는 본 실험의 목적에 크게 벗어나지 않은 것으로 사료된다. 한편 각 처리구내 일일최저

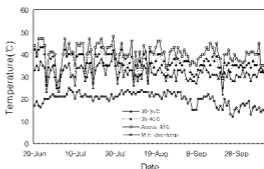


Fig. 1. Actual temperature (°C) at the places designed with three temperature ranges in the PE house.

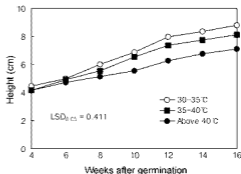


Fig. 2. Height growth response of *Pinus densiflora* seedlings to relatively high temperature in the PE house. LSD_{0.05} in the figure indicates least significant difference at 5% level (n=40), and the values were obtained from the seedlings at 16 weeks after germination.

온도는 거의 동일하였으며 약 9월 15일부터 20°C 이하로 내려가기 시작하였다.

여류질 시설내 고온에 대한 소나무 묘목의 수고생장 반응을 보면 생육 6주부터 상대적으로 온도가 높은 장소에서 생육한 묘목일수록 수고생장이 감소된 것으로 나타났으며, 이와 같은 수고생장 감소 현상은 특히 일일최고온도 40°C 이상인 처리구에서 뚜렷하게 관찰되었다(Fig. 2). 생육 10주까지의 소나무의 근원경생장을 보면 유의차는 없으나 35~40°C에서 다소 높은 생장을 기록하였고 40°C 이상에서 가장 낮은 생장을 보였다(Fig. 3). 반면 16주 후에는 30~35°C에서 1.33 mm를, 35~40°C에서 1.22 mm, 40°C 이상에서 1.1 mm를 기록하여 수고생장과 마찬가지로 고온에서 근원경생장 감소가 관찰되었다. Engelmann spruce의 경우 30°C에서의 수고생장이 적정 생육온도에서의 55%, 근원경생

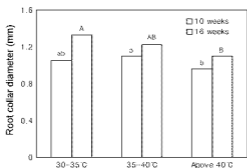


Fig. 3. Root collar diameter growth response of *Pinus densiflora* seedlings to relatively high temperature in the PE house. The values were measured at 10 weeks and 16 weeks after germination, respectively. Different letters above bar indicate significant differences according to Duncan's multiple range test ($p=0.05$, $n=40$).

장은 70% 정도를 유지하였다 한다(Tinus, 1984). 현재 우리나라에서 생산되고 있는 소나무 건전 용기묘의 평균 수고 및 근원경 값은 각각 11 cm, 1.55 mm 정도이며(Hong 등, 2000; Lee, 2002), 통용되고 있는 소나무 용기묘의 장정 규격은 득묘율 85.4%를 기준으로 수고 8 cm 이상, 근원경은 1.3 mm 이상이다. 따라서 고온조건에서 생육한 본 실험의 결과에 나타난 수고 및 근원경생장은 위에 언급한 건전묘의 평균 생장값보다 낮아 고온조건에 의해 생육이 저하된 것으로 판단된다.

여름철 시설내 일일최고온도에 따른 소나무의 건중량을 보면, 우선 생육 10주 후의 지상부와 지하부 건중량은 30~35°C에서 지란 묘목에서 가장 높은 건중량을 나타내었으나 다른 두 처리 사이에서와 유의성은 나타나지 않았다(Table 1). 생육 16주 후의 건중량은 지상부, 지하부 모두 고온에 따른 차이가 현저하게 나타났다. 특히 40°C 이상에서 뚜렷한 건중량 감소가 관찰되었다. 소나무의 T/R율은 고온에서 지란 묘목일수록 높았는데 고온에 의한 지하부의 생장감소가 지상

부의 생장감소보다 더 컸기 때문에 사료된다. 이와 관련하여, 본 실험에서는 관찰되지 않았지만 근대지방의 칠엽수는 고온에 의해 가늘고 긴 형의 묘목으로 자라는 경향이 나타나는데, 이는 고온에 대한 반응이 뿌리보다 줄기가 더 민감하여 생산·축적된 건중량이 고온조건에서 소모되어 줄기생장을 촉진시켰기 때문으로 결국 높은 T/R율을 나타내게 된다(Hellmers 등 1970; Rook, 1991).

현재 우리나라에서 소나무 용기묘가 일부를 제외하고는 온도조절이 용이치 않은 PE 온실에서 생산되고 있는 실정이므로 여름철 고온에 의한 생장저하는 건전묘 생산에 큰 장애 요인으로 판단되어 여름철 온도조절에 대한 보다 세심한 배려가 요구된다. 비록 본 실험이 여름철 시설양묘에서 적정 최고온도 구명에 관한 방향으로 수행되지는 않았으나 우리나라 소나무 용기묘의 경우 생육에 크게 지장을 주지 않는 시설내 허용 최고온도는 30~35°C 범위로 생각된다.

적 요

본 연구는 여름철 시설양묘시 생장 장애 요인으로 작용하고 있는 시설내 고온에 대한 수목 유묘의 생장반응을 탐구하고자 임업시설양묘를 통하여 현재 우리나라에서 가장 많은 양의 묘목이 생산되고 있는 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)를 대상으로 PE house 내에 일일최고온도가 각각 30~35°C, 35~40°C 및 40°C 이상 등 세 수준의 온도로 설계된 장소에서 실시되었다. 생육 6주 후부터 상대적으로 온도가 높은 생육장소의 소나무 수고생장의 감소가 관측되었으며, 특히 40°C 이상의 생육장소에서 지란 묘목의 생장감소가 시험 전 기간을 통하여 뚜렷하게 나타났다. 근원경생장의 경우에도 상대적인 고온에서 지란 묘목의 생장이 낮아 40°C 이상의 경우 30~35°C에서 보다

Table 1. Effect of relatively high temperature on the dry weight and T/R ratio of *Pinus densiflora* seedlings in the PE house.

Temperature (°C)	10 weeks after germination			16 weeks after germination		
	Dry weight (g)		T/R ratio	Dry weight (g)		T/R ratio
	top	Root		top	Root	
30~35	0.094	0.035	2.72	0.199 a ^a	0.086 a	2.36 a
35~40	0.084	0.029	3.01	0.185 ab	0.074 ab	2.55 ab
Above 40	0.084	0.027	3.17	0.160 b	0.058 b	2.81 a

^aDifferent letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test ($p=0.05$, $n=20$).

17.3%의 생장감소가 관찰되었다. 건중량의 경우 생육 10주 후의 지상부와 지하부 건중량은 30~35°C에서 자란 묘목에서 가장 높은 건중량을 나타내었으나 다른 두 처리 사이에서와 유의성은 나타나지 않은 반면 생육 16주 후의 건중량에서는 지상부, 지하부 모두 고온에 따른 차이가 나타났다. 한편 T/R율은 고온에서 자란 묘목일수록 높았다. 본 실험에서의 결과와 같이 여름철 고온에 의한 생장 감소는 건전 우량묘목 생산에 크게 영향을 끼치므로 PE 온실에서 양묘를 수행할 때에는 고온 조절에 보다 유의해야 할 것이다.

주제어 : 입엽시설양묘, 고온, 생장반응, T/R율

인용문헌

1. Arnott, J.T. and D.E. Macey. 1985. Effect of supplemental light intensity on white spruce, engelmann spruce, and mountain hemlock seedlings grown under an extended photoperiod. *Can. J. For. Res.* 15:295-300.
2. Hellmers, H., M.K. Genthe, and F. Ronco. 1970. Temperature affects growth and development of Engelmann spruce. *Forest Science* 16:447-452.
3. Hong, H.P., M.B. Lee, J.G. Yoon, J.J. Lee, T.S. Yoon, W.K. Kim, S.G. Hong, J.J. Kim, J.H. Lee, J.S. Lee, S.J. Chung, and K.S. Kim. 2000. Development of seedlings mass production method by containerized seedling production system. Research Report to Ministry of Agriculture and Forestry in Korean. p. 400.
4. Kim, J.J., S.G. Hong, and H.P. Hong. 1998. Studies on the optimum photoperiod and light intensity during extended photoperiod of containerized seedlings of *Pinus densiflora*, *Larix leptolepis* and *Betula platyphylla*. *FRI. J. For. Sci.* 58:135-145.
5. Kim, J.J., S.G. Hong, J.K. Yoon, and T.S. Yoon. 2002. Effect of minimum night temperature on seedling growth of *Pinus densiflora* and *Betula platyphylla* in container culture during winter season. *J. Bio-Environment Control* 11(4):163-167.
6. Landis, T.D., R.W. Tinus, S.E. McDonald, and J.P. Barnett. 1992a. The container tree nursery manual. vol. one. Nursery planning, development, and management. USDA Forest Service Agric. Handbook 674, Washington, DC. p. 102-106.
7. Landis, T.D., R.W. Tinus, S.E. McDonald, and J.P. Barnett. 1992b. The container tree nursery manual. vol. three. Atmospheric environment. USDA Forest Service Agric. Handbook 674, Washington, DC. pp. 7-121.
8. Lee, G.S. 2002. Essential conditions of container culture. *Bulletin Kor. Tree Nursery Assoc.* 30:63-90.
9. Lopushinsky, W. and T. Max. 1990. Effect of soil temperature on root and shoot growth and on budburst timing in conifer seedling transplants. *New Forests* 4:107-124.
10. Nelson, P.V. 1991. *Greenhouse Operation and Management*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
11. Oh, J.S., M.B. Lee, and S.G. Hong. 1988. Studies on containerized tree seedling nurseries and the methods of growing trees in containers. *Res. Rep. For. Res. Inst.* in Korean. 36:1-9.
12. Rook, D.A. 1991. Seedling development and physiology in relation to mineral nutrition. p. 85-111. In: R. van den Driessche (ed.). *Mineral nutrition of conifer seedlings*. CRC Press. Boston.
13. Tinus, R.W. 1984. Optimum temperatures for spruce and Douglas-fir seedlings. *Res. Note RM-442*. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. p. 5.