

수령간 상관을 이용한 잣나무 수고 생장의 조기선발 효율 추정¹

한상억² · 이재선³

Estimates of Early Selection Efficiency for Height Growth Using Age-Age Correlation in *Pinus koraiensis*¹

Sang-Urk Han² and Jae-Seon Yi³

요 약

잣나무림에 있어서 목재 및 종자 생산이 중요 경영 목적이므로 이러한 형질을 개량하기 위한 선발 육종이 진행중에 있다. 본 연구는 잣나무의 유전모수 및 조기선발 효율 등을 추정하여 1세대 채종원을 전진세대 채종원으로 유도하는데 필요한 자료와 정보를 얻기 위하여 수행하였다. 1986년 50가계로 된 풍매 차대검정림을 3곳에 조성하여 6년간(5~10년생) 수고 생장을 조사하여 분석한 결과, LAR에 대한 수령간 유전 및 표현형 상관의 단순직선회귀는 유의치가 있었으며($r^2=0.7862, 0.8256$), 성숙기를 20년으로 가정하였을 때 조림 후 3년생이 1.96으로 조기선발 효율이 가장 높은 수령으로 추정되어 조기선발이 가능하였다.

ABSTRACT

Korean white pine(*Pinus koraiensis* S.et Z.) is one of the important silvicultural species due to its quality timber in addition to edible pine-nut production. Selective breeding method is under progress to improve growth and nut production for this species. This study was carried out to obtain genetic information necessary for establishing advanced-generation seed orchard, such as genetic parameters and efficiency of early selection. Open-pollinated cones were collected from 50 plus trees. In the spring of 1986, test plantations were established at 3 different sites with 4-year-old seedlings. Seedling height was measured from age 5 to 10 in plantations. Genetic and phenotypic correlations based on the log of the ratio of two ages (LAR) were expressed as simple regression with statistical significance($r^2=0.7862$ and 0.8256 , respectively). If 20 years is presumed to mature, the most efficient age for early selection is 3 years after planting with efficiency of 1.96.

Key words: Korean white pine. Early selection efficiency. Genetic correlation. Heritability. Log age ratio

서 론

임목육종은, 농작물육종에 비하여 기간이 오래

걸리고 크기가 커서 취급이 곤란하며, 임지 환경 조건이 다양한 점등, 여러가지 특수성 때문에 세계 각국에서는 사업적 조림에 병행하여 우수 개체를 선발 보급시키는 선발육종을 하고 있다. 선

¹ 접수 1995년 6월 12일 Recieved on June 12, 1995.

² 임목육종연구소 Forest Genetics Research Institute, Suwon P.O.Box 24, Kyunggido 441 - 350, Korea.

³ 강원대학교 임과대학 Collage of Forestry, Kangwon National University, Chuncheon 220 - 701, Korea.

발육종 계획의 수립과정에서 중요한 정보중 하나는 개량 대상 수종의 주요 특성에 대한 유전력과 유전상관 등의 유전모수이며, 이들을 올바르게 추정하기 위해서는 적절한 시험 설계에 의한 차대검정이 필요하다. 차대검정은 임목이 성숙기에 도달할 때까지 관찰하는 것이 원칙이나, 어렸을 때의 생장이 성숙기의 생장과 높은 상관관계를 보일 때에는 성숙기까지 관찰할 필요가 없을 것이다. 그러므로 '언제 선발할 것인가?' 라는 조기선발의 문제점에 있어서, 연당 최대의 개량효과를 올리기 위해서는 성숙기 특성과 상관이 높고 유전력이 높게 나타나는 유시의 선발을 기초로 직접 선발하는 방법(Squillace and Gansel, 1974)과 또한 유시의 유전형이 성숙기와의 관계에서 불완전하기 때문에 세대당 개량효과가 낮더라도 육종 세대를 짧게하는 방법(Lambeth, 1980)이 있게 된다. 임목육종에서 조기선발은 실제로 유시의 특성에 의하여 직접 선발하며 그 특성이 경제적 운벌기인 성숙기 때의 특성과 높은 관계가 있기를 기대하는 것으로서, 수고에 관한 최적 선발시기의 추정에 대해 여러 보고가 있으나 수종이나 모델에 따라 그 결과는 다양하다. 그러나 Lambeth(1980)에 의해 전개된 모델은 *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus ponderosa* 및 다른 수종들을 종합하여 일반적으로 수고의 수령 상관은 수령간 로그율(log ratio)에 의해 추정할 수 있다고 하였다. Kang(1985)은 유시 선발시기를 선정하기 위한 수리적 모형을 비교하였고, Magnussen(1988)은 조기선발에 대한 이론적 방법을 고찰하였다. Foster(1986)는 *Pinus taeda*에서 15년생 때까지 여러 특성에 대한 유전력과 상관관계를 추정하여 그 유전모수 변화를 고찰함으로써 조기선발의 효과와 최적 선발시기의 선정이 가능하다고 하였고, McKeand(1988)는 *Pinus taeda*에서 최적 선발시기를 6년과 8년 사이라고 하였다. Squillace and Gansel(1974)은 수고와 직경 등에 대한 유령기와 성숙기의 상관관계를 추정하여 최적 선발시기가 10년생 때라고 보고하였다.

본 연구의 목적은 수령별 유전모수 및 조기선발 효율 등을 추정하여 1세대 채종원의 개선과 전진세대 채종원의 조성을 위한 정보를 제공하는 데 있다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 시험목은 1981년 가을에 현 지 수형목으로 부터 풍매된 구과를 채취하여 1982년부터 4년간 양묘한 후 1986년 봄에 우리나라 잣나무의 주 조림지인 중부지방의 춘천군, 화성군 및 청원군에 차대검정림을 조성한 나무들이다. 조림목의 특성은 조림 후 매년 가을 생장이 정지된 후 각 시험지에서 가계별로 조사하였다.

조기선발 효율은 Lambeth(1980)에 의한 방법으로 수령간 유전상관과 유령기와 성숙기의 LAR (juvenile - mature log age ratio)간에 직선회귀식을 유도하여 아래와 같은 식(Riemen - schneider, 1988)에 20년을 성숙기로 가정하여 추정하였다.

$$\text{조기선발효율}(E) = \frac{h_j \cdot r_a \cdot T_m}{h_m \cdot T_j}$$

즉, E = 조기선발 효율

h_j = 유령기 유전력의 평방근

h_m = 성숙기 유전력의 평방근

r_a = 유령기와 성숙기간의 유전상관

T_m = 성숙기 때 세대간격

T_j = 유령기 때 세대간격

결과 및 고찰

차대검정을 하는데 있어서는 성숙기 때의 차대검정 결과로 우수 가계를 선발하는 것이 가장 정확한 방법이나 성숙기까지는 육종 기간이 그 만큼 많이 소요되기 때문에 시간은 물론 경비와 노력의 소모가 커서 이러한 문제를 해결하기 위하여 조기선발이 필요하게 된다.

잣나무 차대검정림을 대상으로 벌기령 이전에 최종 선발을 실시하기 위하여 조기선발 수령을 결정하고자 성숙기에 대한 유령기의 비율을 자연 대수로 전환시킨 값을 X축으로 하고 수령간 유전 및 표현형 상관관 Y축으로 한 직선회귀 관계는 Fig. 1과 같다.

1년생부터 6년생까지의 유전 및 표현형 상관계수를 가지고 회귀 정도를 분석한 결과 Fig. 1의 회귀식과 같이 수령간 유전상관이 $r_{\text{age, age}} = 1.03 + 0.08 \text{ LAR}$, 수령간 표현형 상관이 $r_{\text{age, age}} = 0.91$

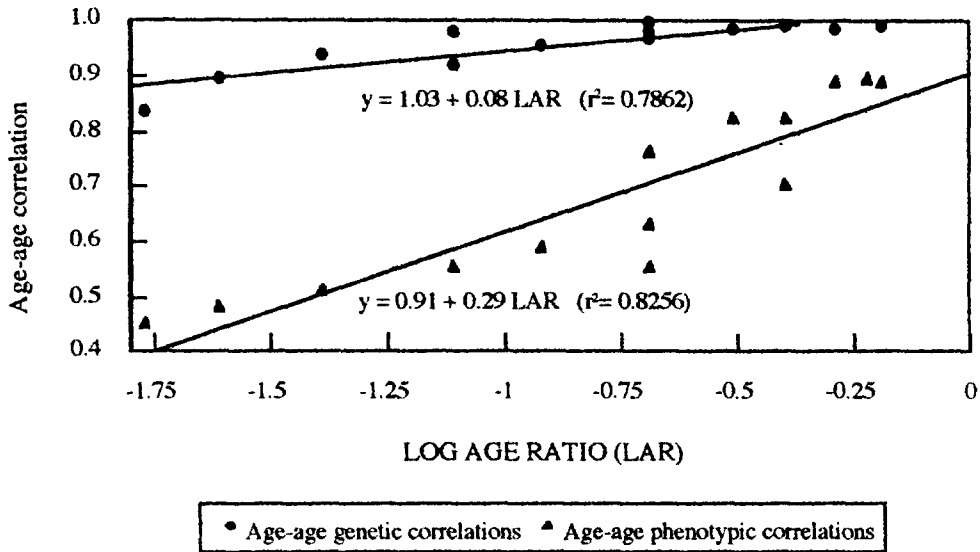


Fig. 1. Age - age genetic and phenotypic correlations for height versus the natural logarithm of the young age to the old age(LAR)

+0.29 LAR의 직선회귀로 나타나 상관계수는 수령에 따라 일정 비율로 증가하는 것으로 생각할 수 있다. Kang(1985)은 Lambeth 회귀식에 있어 상수는 1로 추정되어야 가장 이상적이라고 하였는데 이 식에서 상수가 1에 가까운 수치를 나타내 바르게 추정된 것으로 생각된다. 여기서 1년생부터 6년생까지의 유전상관이 0.83~1.00으로 비교적 높은 정의 상관을 나타내 Lambeth (1980)가 수령 대 수령 상관을 분석하면서 1~3년생을 제외하고, 노의래 등(1990)은 1~4년생을 제외하고, Han 등(1991)이 1년생을 제외하고, 회귀식을 유도한 것과는 다르게 1년생부터 6년생까지 모든 수령간에 직선회귀식을 유도한 것이다. 한편 결정계수(r^2)는 유전상관이 0.7862, 표현형 상관이 0.8256을 나타내 수령간 유전상관과 표현형 상관이 유령기와 성숙기 LAR간의 직

선회귀관계가 21%와 17%만 설명될 수 없는 부분이 되는 것으로 조기선발에서 이 문제는 시간당 개량효과를 추정하고 성숙기 선발과의 효율 문제를 추정하여 뒤에서 설명하였다.

수령간의 유전상관과 유령기와 성숙기 LAR에 의한 직선회귀식에 의하여 유령기와 성숙기간의 유전상관을 추정하고, 잣나무는 벌기령이 40년일 때 20년생부터 간벌을 시작하므로(이흥균 등, 1983) 성숙기를 20년으로 하였을 때 조기선발에 의하여 얻을 수 있는 효율은 Riemenschneider (1988)식에 적용하여 추정하였는데 그 결과는 Table 1과 같다. 여기서 T_m 은 잣나무 성숙기를 20년으로 하여 유전검정을 하는데 최소로 필요한 3년을 더했으며 T_j 는 한상억 등(1992)과 이상봉 (1990)이 잣나무 클론에서 개화가 조기에 된다는 보고를 고려하였고 h_m 은 한상억 등(1985, 1987,

Table 1. Predicted response to selection by age relating to selection at matured age

	Age					
	5 (1)	6 (2)	7 (3)	8 (4)	9 (5)	10(6)*
Age - age genetic correlation	0.752	0.838	0.872	0.896	0.921	0.930
Heritability	0.301	0.308	0.348	0.320	0.350	0.368
Efficiency of selection	1.93	1.95	1.96	1.77	1.76	1.82

* age [year(s) after plantation]

1988, 1991)의 보고를 고려하여 0.30으로 가정하였다.

조기선발 효율은 유령기와 성숙기간의 유전상관이 높은 정의 상관을 보였고 유전력도 비교적 높게 추정되었기 때문에 모든 수령에서 1.76~1.96으로 높게 나타났다. 특히 유령기 때를 고려하면 유전상관이 0.872로, 유전력이 0.348로 비교적 높게 나타난 7년생(조림 후 3년생) 때 조기선발 효율이 1.96으로 최고치를 나타내 조림 후 3년생 때 선발하는 것이 20년생 때 선발하는 것보다 연당 개량효과가 약 2배 커서 가장 높은 수령으로 나타났다. 이것은 앞의 Fig. 1에서 유전상관 LAR의 결정계수가 0.7862로 약 21%가 조기선발을 할 경우 잘못 선발될 수 있는 비율인 것이다. 그러나 이러한 오차는 최종 선발가계를 보다 많이 선발함으로써 어느 정도 미리 방지할 수 있을 것이며(노의래 등, 1990), 세대당 개량효과가 줄어 들더라도 육종세대를 짧게 하는 방법(Lambeth, 1980)으로 조기선발 효율을 높일 수 있는 것이라 생각된다. 그러나 잣나무에서 조림 후 3년생이 최적 선발시기로 나타난 것은 *Pinus banksiana* (Riemenschneider, 1988)에서 3년생 때 나타난 것과 잣나무 (Kim, 1989)에서 5~6년생 때 우수 가계의 조기 판정이 가능하다는 보고와 유사하였으나, 소나무 (Han 등, 1991)에서 11년생, *Pinus taeda* (McKeand, 1988)에서 6~8년생, *Pinus elliotii* (Squillace and Gansel, 1974)에서 10년생 때 보다 작게 나타난 것으로서 이것은 수종이 다르기 때문에 나타난 결과라 생각된다.

결 론

잣나무 수형목의 차대검정에 의한 조기검정 결과를 추정하기 위하여 조림 후 6년간 수고 생장을 조사하였다. 수고 생장에 대한 개체유전력은 0.301~0.368, 수령간 유전 상관은 0.752~0.930으로 나타났다. LAR에 의한 수령간 유전 상관의 직선회귀는 $y=1.03+0.08 LAR$ ($r^2=0.7862$)로 유의차가 나타났으며 조기선발 효율은 조림 후 3년생 때가 1.96으로 가장 높게 추정되었다. 이상의 결과를 종합해 보면 조기선발은 잣나무의 초기생장이 느린 단점을 극복하는데 중요한 자료가 될 것이므로 차대검정중에 있는 모든 차대들

을 종합하여 조기선발 효율을 추정한다면 잣나무에 대한 육종기간을 단축할 수 있어, 보다 단 기간내에 높은 개량효과를 획득하여 산지자원화에 이바지 할 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

1. Becker, W.A. 1984. Manual of quantitative genetics. 4th Edition. Washington State Univ. Press. 190pp.
2. Foster, G.S. 1986. Trends in genetic parameters with stand development and their influence on early selection for volume growth in loblolly pine. Forest Sci. 32: 944 - 959.
3. 한상억·최선기. 1985. 잣나무 수형목 품매 차대 19가계의 수고유전력과 개량효과. 임육연보 21: 59 - 62.
4. 한상억·최선기·권혁민·장대경. 1987. 16년생 잣나무 차대검정림에서 추정된 유전모수. 임육연보 23: 52 - 56.
5. 한상억·최선기·권혁민·정덕영·이근수·김호식·박래식. 1988. 잣나무 수형목 품매 차대의 수고생장에 대한 수령별 유전력 및 상관. 임육연보 24: 57 - 61.
6. 한상억·권혁민·황석인·이근수·김호식·오병익. 1991. 우리나라 잣나무의 3개 차대검정림에서 생장에 대한 유전모수 및 개량효과 추정. 임육연보 27: 38 - 44.
7. 한상억·이상봉·박형순. 1992. 잣나무 수형목 클론의 생장과 개화특성에 대한 유전모수 및 상관. 임육연보 28: 5 - 10.
8. Han, S.U., S.I. Sohn, J.H. Kim and G.S. Jhun. 1991. Determination of age - age correlation and optimum selection age through juvenile selection efficiency in *Pinus densiflora* S. et Z. Korean J. Breed. 23(2): 139 - 144.
9. Kang, H. 1985. Juvenile selection in tree breeding: some mathematical model. Silvae Genet. 34: 75 - 84.
10. Kim, D.E. 1989. Studies on the age trends in juvenile growth and genetic parameters for early implications of

- genetic improvement in open-pollinated progenies of Korean white pine. PH.D. Thesis, Kyunghee Univ., Seoul. 115pp.
11. Lambeth, C.C. 1980. Juvenile-mature correlations in Pinaceae and implications for early selection. *Forest Sci.* 26: 571 - 580.
 12. 이흥균·유진우·김사일·김종운. 1983. 주요조림수종의 경제성분석. *임시연보* 30: 7 - 26.
 13. 이상봉. 1990. 잣나무 수형목 clone의 개화 특성. 강원대학교 임학과 석사학위논문. 58pp.
 14. Magnussen, S. 1988. Minimum age-to-age correlations in early selection. *Forest Sci.* 34: 928 - 938.
 15. McKeand, S.E. 1988. Optimum age for family selection for growth in genetic tests of loblolly pine. *Forest Sci.* 34: 400 - 411.
 16. 노의래·이성규·구영본. 1990. 수령 더 수령상관을 이용한 사시나무의 조기선발 수령 결정. *임육연보* 26: 10 - 21.
 17. Riemenschneider, D.E. 1988. Heritability, age-age correlations and inferences regarding juvenile selection in jack pine. *Forest Sci.* 34: 1076 - 1082.
 18. Squillace, A.E. and C.R. Gansel. 1974. Juvenile:mature correlations in slash pine. *Forest Sci.* 20: 225 - 229.