

잣나무 風媒次代檢定林의 樹高 및 直徑生長의 遺傳力과 改良效果에 관한 研究^{1*}

全尙根² · 申萬鏞^{3*} · 鄭東浚² · 張容碩²

Estimation of Heritabilities and Genetic Gains for Height and Diameter Growth of Korean White Pine Open-Pollinated Progeny Stands^{1*}

Sang-Keun Chon², Man Yong Shin^{3*}, Dong-Jun Chung² and Yong-Seok Jang²

요 약

본 연구는 京畿道 加平, 廣州 그리고 忠淸北道 永同 지역에 조성한 잣나무 多産系 20년생 風媒次代檢定林을 대상으로 지역별, 가계별 수고 및 직경생장에 대한 분산을 분석·검토하여 유전력 및 개량효과를 추정하기 위하여 수행하였다.

각 지역별로 평균수고와 흉고직경에 있어서 京畿道 加平 지역이 가장 우수한 생장을 나타내었고 (7.65m · 11.92cm), 그 다음으로는 廣州 지역과(7.42m · 11.35cm), 永同 지역의(6.13m · 8.41cm) 순서였으며, 3개 지역을 종합한 결과에서는 각각 7.12m와 10.68cm였다. 가계별로는 20번, 18번, 8번 가계 등이 수고 및 직경생장에 있어서 가장 우수한 생장을 보였으며 3번, 4번, 5번, 13번, 15번, 21번 가계 등이 대체적으로 저조한 생장을 나타내었다. 수고 및 직경생장에 대한 單木 및 家系 遺傳力은 지역에 따라 차이를 나타내었지만 생장변이의 경향과 동일하게 加平 지역이 가장 높았으며, 地域別 및 3개 지역을 종합하여 분석한 결과 모두 수고생장에 대한 單木 및 家系 遺傳力이 직경생장에 대한 遺傳力 값들보다 높은 경향을 보였다. 이를 기초로 上位 10%를 선발하였을 경우 4가지 선발방법 중 개량효과가 가장 크게 나타났던 방법은 複合選抜(수고의 개량효과 11.26~19.78%, 직경의 개량효과 8.09~20.05%)이었고, 다음은 集團選抜(수고의 개량효과 7.67~15.38%, 직경의 개량효과 4.25~13.93%)로 판명되었다.

ABSTRACT

This study was carried out to analyze the genetic variation and to estimate both heritabilities and genetic gains for height and diameter growth of 20-year-old open-pollinated progenies of Korean white pine in three different sites. For there, analysis of variance for both height and diameter growth was conducted to see if there exist significant differences among families, sites, blocks, and their interactions exist or not and to analyze the variance components for each factor.

Mean height and diameter at Gapyeong site were 7.65m and 11.92cm, respectively. they were 7.42m and 11.35cm at Gwangju site, 6.13m and 8.41cm at Youngdong site, and 7.12m and 10.68cm for the

¹ 接受 2000年 11月 30日 Received on November 30, 2000.

審查完了 2000年 12月 21日 Accepted on December 21, 2000.

² 경희대학교 생명과학부 산림과학전공 Dept. of Forest Science, College of Life-Science, Kyunghee Univ., Suwon 449 - 701 Korea.

³ 국민대학교 산림과학대학 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, College of Forest-Science, Kookmin Univ., Seoul 136-702, Korea.

* 본 논문은 1997년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제(과제번호 : 1997-001-G00092) 연구조성비에 의하여 수행된 연구내용 중 일부임.

* 연락처자 E-mail : yong@kmu.kookmin.ac.kr

overall sites. The family No. 20 showed the most excellent growth of 7.99m in mean height and 12.14cm in mean diameter for all sites surveyed.

The estimates of heritabilities for individual-tree and family were 0.35~0.73 and 0.65~0.83 for height growth, and 0.12~0.40 and 0.46~0.75 for diameter growth, respectively. For the combined data from all the sites, the estimates of individual tree heritability were 0.60 for height and 0.20 for diameter, and those of family were 0.91 for height and 0.77 for diameter. Heritability estimates varied with testing sites, and those for height were higher than those for diameter in all sites. Given equal intensity of selection, combined selection method provided the most efficient genetic gains for both height and diameter growth.

Key words : Heritability, Genetic Gain, Pinus koraiensis, Genetic Variation, Selection Method.

서 론

임목육종은 그 대상인 임목이 농작물에 비하여 세대가 길고 크기가 커서 취급이 곤란하며, 다양한 林地 環境條件의 특수성 때문에 세계 각국에서는 사업적 조립을 추진하면서 동시에 우수 개체를 選拔·普及시키는 選拔育種을 기본으로 하고 있다.

選拔育種이란 표현형에 따라 우수목 또는 우수 집단을 선발하고 그들의 우수성을 검정하여 유전적으로 우수한 종자를 생산·공급하는 과정으로 최근 林木育種의 큰 주류를 이루고 있으며, 특히 樹種更新에 따른 대규모 조립사업 실시를 위한 礎石이 되고 있다. 그 방법으로는 크게 개체를 선발하는 集團選拔(Mass selection)과 家系(Family) 또는 Clone을 선발하는 家系選拔(Family selection) 등으로 나눌 수 있다. 선발된 秀型木의 유전적 가치를 판단하는데 있어서 가장 좋은 방법은 秀型木에 대하여 次代檢定(Progeny test)을 실시하고, 이를 통해서 秀型木의 우수한 표현형이 좋은 環境의 결과였는지 아니면 우수한 遺傳型的 결과였는지를 판단하는 것이다. 따라서, 次代檢定을 실시하는데 있어서 遺傳力과 相關 등의 遺傳母數를 推定하는 것은 選拔育種의 기본이 되는 것이다(全尙根, 1993).

잣나무(*Pinus koraiensis*)는 우리 나라의 대표적 鄉土樹種의 하나로 用材 및 種實生産으로서의 가치와 수익성이 높기 때문에 조림이 적극적으로 이루어지기 시작한 1960년대부터 지속적으로 식재 되어 재주도를 제외한 전국에 걸쳐 인공림이 조성되어 있다. 특히 최근 10년간 우리 나라 전체 造林量의 약 28%를 차지할 정도로 중요 경제조림 수종이다(山林廳, 1998). 또한, 그 生長 및 種實生産과 耐病蟲性 등의 遺傳形質은 우수한 육종 대

상이 되어 왔으며, 잣나무림의 수익증대를 위하여 이러한 遺傳形質의 개량에 관한 많은 기초 연구가 수행되어져 왔다(全尙根, 1987, 1993; 全尙根과 金大恩, 1986; 全尙根과 金璧起, 1992; 全尙根과 朴永仁, 1993; 韓相億等, 1991; 韓相億과 李在善, 1995).

이러한 관점에서 본 연구에서는 잣나무 種子多産系 選拔育種을 목표로 조성된 3개 지역(京畿道 加平, 廣州, 忠淸北道 永同)의 20년생 風媒次代檢定林에 대하여 지역에 따른 家系別 수고 및 직경 생장의 분산을 분석·검토하고 單木 및 家系 遺傳力과 개량효과를 추정하여 잣나무 생장형질의 개량을 위한 기초자료를 제공하고, 더 나아가서는 잣나무의 전반적인 육종계획 수립에 필요한 정보를 제공하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 공시재료

江原道 洪川郡 北方面 北方里에 소재하는 잣나무 人工植栽林(1974년 당시 45년생)에서 5년 동안 着果量이 우수했던 母樹 25本을 선정하여 1979년 9월 초순 이들 選拔母樹로부터 毬果를 채취, 母樹別로 種子를 精選하여 京畿道 廣州郡 退村面 陶水里 소재 慶熙大學校 演習林 苗圃場에서 母樹別로 養苗하여, 2-1 2,500本(4個 Block, 25個 家系, Block당 가계별 반복 25個)을 1983년 3월 하순 京畿道 加平郡 加平邑 開谷里, 廣州郡 退村面 陶水里, 그리고 忠淸北道 永同郡 上村面 柳谷里 소재 慶熙大學校 演習林 시험구에 亂魁法(1.8m×1.8m 간격)으로 식재 하였다. 조성된 次代檢定林은 매년 정상적인 무육작업을 실시하였으며, 시비는 전혀 실시하지 않았다. 시험지의 일반적인 개황과

Table 1. The general description of three experimental sites.

| Site | Latitude | Longitude | Aspect | Altitude(m) | Slope(°) | Soil Texture | Mean Temp.(°C) | Mean Precipitation(mm) |
|-----------|----------|-----------|--------|-------------|----------|--------------|----------------|------------------------|
| Gapyeong | 37° 52' | 127° 34' | SE | 200 | 20~26 | SiL / CL | 9.9 | 114.6 |
| Gwangju | 37° 27' | 127° 22' | SE, W | 250 | 33~36 | CL | 10.3 | 113.5 |
| Youngdong | 36° 07' | 127° 55' | SW | 500 | 30~35 | L | 10.7 | 99.0 |

추정된 미기후는(全尙根 等, 1999) Table 1에 나타난 것과 같다.

2. 조사방법

조사는 1999년 현재 20년생에 이른 京畿道 加平, 廣州, 그리고 忠清北道 永同의 잣나무 風媒次代檢定林을 대상으로 하였다. 이들 지역에 대하여 식재 후 고사목이 많았던 家系나 무육작업 과정에서 피해를 입어 정상적인 성장을 하지 못한 개체들은 제외하고, 전체 20個 家系 總 2,911本(加平: 1,166本, 廣州: 858本, 永同: 887本)을 대상으로 수고와 직경을 측정하였다. 수고는 生長이 완전히 정지한 후 測高棒을 이용하여 m단위로 측정하였고, 胸高直徑은 지상으로부터 1.2m 지점을 직경테이프를 사용하여 cm단위로 측정하였다.

3. 통계적 분석방법

각 지역별 및 3개 지역을 종합하여 수고와 직경 성장에 대한 성장변이를 분석하고 분산분석을 실시하여 單木 및 家系 遺傳力을 Wright(1979)의 방법에 의해 추정하였다. 추정된 유전력과 선발강도(i = 1.75)에 따른 개량효과를 지역별 및 3개 지역을 종합하여 추정하였다. 한편 기대개량효과의 추정은 상위 10%의 單木과 家系를 선발하였다(Becker, 1984; Namkoong and Snyder, 1969).

결과 및 고찰

1. 수고 및 흉고직경 성장특성

1) 수고성장 특성

3개 地域 20년생 風媒次代檢定林의 수고성장 변

Table 2. Variation of height growth by family planted in three test sites. (unit : m)

| FL | Gapyeong | | FL | Gwangju | | FL | Youngdong | | FL | Overall | |
|------|----------|--------|------|---------|--------|------|-----------|--------|------|---------|--------|
| | Mean | ± S.E. | | Mean | ± S.E. | | Mean | ± S.E. | | Mean | ± S.E. |
| 20 | 8.56 | ±10.06 | 20 | 8.54 | ±16.82 | 20 | 6.85 | ±12.24 | 20 | 7.99 | ± 9.70 |
| 18 | 8.30 | ± 8.25 | 18 | 8.15 | ±12.50 | 8 | 6.55 | ± 9.86 | 18 | 7.74 | ± 9.43 |
| 8 | 8.08 | ± 8.32 | 8 | 8.00 | ±11.67 | 22 | 6.36 | ±12.21 | 8 | 7.56 | ± 7.46 |
| 12 | 7.96 | ± 9.88 | 1 | 7.78 | ±12.67 | 18 | 6.33 | ±12.79 | 9 | 7.34 | ± 8.22 |
| 1 | 7.85 | ±12.67 | 9 | 7.58 | ±15.25 | 23 | 6.26 | ±10.09 | 12 | 7.31 | ± 9.67 |
| 9 | 7.82 | ± 7.65 | 21 | 7.51 | ±14.86 | 10 | 6.25 | ±13.34 | 1 | 7.29 | ± 9.86 |
| 7 | 7.80 | ± 9.32 | 23 | 7.45 | ±18.96 | 9 | 6.23 | ± 9.76 | 23 | 7.20 | ± 8.66 |
| 23 | 7.78 | ± 9.46 | 12 | 7.43 | ±15.16 | 4 | 6.17 | ± 9.77 | 7 | 7.19 | ± 8.59 |
| 21 | 7.63 | ±10.15 | 7 | 7.35 | ±10.42 | 13 | 6.06 | ± 8.82 | 22 | 7.06 | ± 6.86 |
| 17 | 7.47 | ±12.94 | 10 | 7.30 | ±10.60 | 3 | 6.03 | ±10.68 | 10 | 7.01 | ± 7.20 |
| 22 | 7.45 | ± 8.65 | 17 | 7.28 | ±12.67 | 1 | 6.01 | ±13.32 | 17 | 7.00 | ± 9.72 |
| 2 | 7.42 | ±10.18 | 6 | 7.21 | ± 9.04 | 7 | 6.00 | ±13.87 | 15 | 6.93 | ±10.72 |
| 11 | 7.40 | ±12.18 | 22 | 7.17 | ±10.30 | 12 | 6.00 | ±11.49 | 21 | 6.93 | ±10.50 |
| 10 | 7.40 | ± 7.84 | 11 | 7.15 | ±13.60 | 2 | 5.93 | ±11.02 | 6 | 6.84 | ± 8.15 |
| 13 | 7.40 | ± 9.99 | 15 | 7.08 | ±18.47 | 17 | 5.92 | ±15.78 | 11 | 6.83 | ± 9.64 |
| 6 | 7.35 | ± 9.42 | 5 | 7.00 | ±11.82 | 11 | 5.84 | ±11.59 | 2 | 6.77 | ± 8.59 |
| 15 | 7.34 | ±10.76 | 13 | 6.98 | ±11.83 | 5 | 5.83 | ±12.38 | 4 | 6.77 | ± 8.46 |
| 4 | 7.16 | ±12.83 | 2 | 6.96 | ±15.22 | 6 | 5.78 | ±12.27 | 13 | 6.75 | ± 7.55 |
| 3 | 7.10 | ±13.06 | 3 | 6.89 | ±13.94 | 21 | 5.67 | ±11.18 | 3 | 6.69 | ± 8.38 |
| 5 | 7.04 | ±12.42 | 4 | 6.84 | ±17.99 | 15 | 5.58 | ±15.91 | 5 | 6.63 | ± 8.72 |
| Mean | 7.65 | ± 2.54 | Mean | 7.42 | ± 3.38 | Mean | 6.13 | ± 2.81 | Mean | 7.12 | ± 2.07 |

이를 각 지역별로 그리고 지역을 종합하여 분석한 결과는 Table 2에 나타난 것과 같다. 각 지역별로는 가평 지역이 가장 우수한 성장을 보였으나 영동지역은 가장 저조한 성장을 나타내었다. 지역별 수고의 범위를 살펴보면, 加平 지역이 각각 4.2~10.5m, 廣州 지역이 3.6~10.8m, 永同 지역이 2.5~8.6m였다. 한편, 각 지역별 평균수고는 가평 지역이 7.65m, 광주 지역은 7.42m, 그리고 영동 지역은 6.13m였다.

家系別로는 3개 지역 모두에서 20번 가계가 가장 우수한 성장을 보인 가계로 나타났으며, 그 다음으로는 18번과 8번 가계였다. 그리고, 약간의 차이는 있었으나 3번, 4번, 5번, 13번, 15번, 21번 가계 등이 대체적으로 저조한 성장을 나타내었다. 가장 우수한 성장을 나타내었던 20번 가계의 가평 지역 평균수고는 8.56m로 가평 지역 전체 평균치에 비하여 0.91m(12.0%), 영동 지역 보다는 2.43m(39.6%), 그리고 3개 지역을 종합하여 분석한 결과보다는 1.44m(20.2%) 정도의 우수한 성장을 보인 것이다.

3개 지역 風媒次代檢定林을 종합적으로 분석한 결과 평균수고는 7.12m였고, 가장 우수한 성장을 보였던 가계는 각 地域別로 얻어진 결과와 마찬가지로

지로 20번 가계였으며, 평균수고는 7.99m였다. 이것은 전체 평균치에 비해서 0.87m(12.2%)가 큰 값이었다. 한편, 가장 저조한 성장을 보인 5번 가계는 평균수고가 6.63m로 전체 평균치에 비하여 0.49m(6.9%)가 작은 값이었다.

2) 흉고직경 성장특성

3개 地域 20년생 風媒次代檢定林의 흉고직경 성장 변이를 각 지역별로 그리고 지역을 종합하여 분석한 결과는 Table 3에 나타난 것과 같다. 수고성장 특성의 분석 결과와 동일하게 각 지역별로는 가평 지역이 가계별로는 20번 가계가 가장 우수한 성장을 보인 것으로 나타났다. 지역별 흉고직경의 범위를 살펴보면, 加平 지역이 각각 3.5~20.9cm, 廣州 지역이 2.8~19.0cm, 永同 지역이 3.1~14.2cm였다.

한편, 각 지역별 평균흉고직경은 가평 지역이 11.92cm, 광주 지역은 11.35cm, 그리고 영동 지역은 8.41cm였다.

가장 우수한 성장을 나타내었던 20번 가계의 가평 지역 평균흉고직경은 14.26cm로 가평 지역 전체 평균치에 비하여 2.34cm(19.6%), 영동 지역 보다는 5.85cm(70.0%), 그리고 3개 지역을 종합

Table 3. Variation of DBH growth by family planted in three test sites.

(unit : cm)

| Gapyeong | | Gwangju | | Youngdong | | Overall | |
|----------|-------------|---------|-------------|-----------|-------------|---------|-------------|
| FL | Mean ± S.E. | FL | Mean ± S.E. | FL | Mean ± S.E. | FL | Mean ± S.E. |
| 20 | 14.26±0.33 | 20 | 12.57±0.41 | 20 | 9.32±0.26 | 20 | 12.14±0.25 |
| 18 | 12.88±0.26 | 18 | 12.18±0.32 | 4 | 9.05±0.26 | 18 | 11.46±0.23 |
| 7 | 12.78±0.34 | 10 | 12.05±0.35 | 12 | 8.94±0.30 | 9 | 11.25±0.22 |
| 8 | 12.53±0.24 | 8 | 11.85±0.34 | 10 | 8.79±0.30 | 12 | 11.20±0.23 |
| 12 | 12.51±0.32 | 1 | 11.80±0.44 | 9 | 8.75±0.28 | 7 | 11.17±0.24 |
| 9 | 12.37±0.29 | 21 | 11.75±0.50 | 8 | 8.71±0.23 | 8 | 11.10±0.19 |
| 23 | 12.23±0.28 | 9 | 11.75±0.36 | 23 | 8.49±0.22 | 10 | 11.02±0.21 |
| 10 | 12.02±0.28 | 11 | 11.33±0.31 | 17 | 8.44±0.37 | 1 | 10.77±0.24 |
| 1 | 11.91±0.33 | 7 | 11.32±0.32 | 22 | 8.41±0.25 | 23 | 10.70±0.22 |
| 2 | 11.83±0.30 | 6 | 11.21±0.32 | 13 | 8.38±0.21 | 17 | 10.54±0.23 |
| 13 | 11.64±0.32 | 12 | 11.20±0.39 | 7 | 8.34±0.31 | 6 | 10.42±0.23 |
| 6 | 11.64±0.36 | 5 | 11.08±0.42 | 18 | 8.26±0.25 | 4 | 10.38±0.22 |
| 17 | 11.51±0.36 | 17 | 11.04±0.32 | 2 | 8.25±0.28 | 2 | 10.30±0.22 |
| 11 | 11.42±0.36 | 3 | 10.99±0.42 | 1 | 8.16±0.26 | 11 | 10.26±0.24 |
| 15 | 11.23±0.35 | 23 | 10.95±0.43 | 3 | 8.07±0.24 | 15 | 10.21±0.28 |
| 4 | 11.23±0.34 | 2 | 10.91±0.34 | 6 | 8.02±0.29 | 13 | 10.01±0.20 |
| 5 | 11.17±0.41 | 22 | 10.91±0.34 | 11 | 7.90±0.23 | 22 | 10.00±0.18 |
| 3 | 10.80±0.37 | 4 | 10.63±0.49 | 15 | 7.76±0.45 | 5 | 9.98±0.26 |
| 21 | 10.80±0.28 | 13 | 10.39±0.37 | 5 | 7.65±0.28 | 3 | 9.97±0.23 |
| 22 | 10.46±0.24 | 15 | 9.88±0.48 | 21 | 7.54±0.21 | 21 | 9.91±0.24 |
| Mean | 11.92±0.07 | Mean | 11.35±0.09 | Mean | 8.41±0.06 | Mean | 10.68±0.05 |

하여 분석한 결과보다는 3.58cm(33.5%) 정도의 우수한 성장을 보인 것이다.

3개 지역 風媒次代檢定林을 종합적으로 분석한 결과 평균흉고직경은 10.68cm였고, 가장 우수한 성장을 보였던 가계는 각 地域別로 얻어진 결과와 마찬가지로 20번 가계였으며, 평균흉고직경은 12.14cm였다. 이것은 전체 평균치에 비해서 1.46cm(13.7%)가 큰 값이었다. 한편, 가장 저조한 성장을 보인 21번 가계는 평균흉고직경이 9.91cm로 전체 평균치에 비하여 0.77cm(7.2%)가 작은 값이었다.

각 지역별 및 3개 지역을 종합하여 분석한 수고와 흉고직경 성장변이에 대하여 有意性을 검정하고 遺傳力을 추정하기 위하여 분산분석을 실시한 결과는 Table 4와 같다. 각 지역별 수고 및 흉고직경 성장의 분산에 Block, Family 및 Block × Family 상호작용 모두에서 유의적인 차이를 인정할 수 있었으나, 광주지역 흉고직경의 Block × Family 상호작용과 영동 지역 수고와 흉고직경의 Block 분산에서는 유의성을 인정할 수 없었다.

이러한 결과는 환경조건이 양호하지 않은 곳에서는 형질의 발현이 잘 나타나지 않는다는 연구보고(韓相億과 崔善起, 1985; 韓相億 等, 1988)와

같이 영동 지역의 시험구가 Block에 따른 토양 환경의 차이가 적을 뿐만 아니라 남서사면에 배치되어 있으며, 30~35°에 달하는 급경사 및 500m에 달하는 해발고 등 여러 立地環境的 요인들이 각 가계의 형질 발현을 억제한 결과로 판단되어진다.

한편, 3개 지역을 종합하여 분석한 결과에서는 Family, Site, Block-within-Site, Family × Site 상호작용 그리고 Family × Block-within-Site 모두에서 1%의 높은 유의성을 인정할 수 있었다. 그러나, 수고생장에 있어서 Family × Site 상호작용의 분산에서는 유의성을 인정할 수 없었다. 이와 같이 지역별로 수고 및 흉고직경 성장에 차이가 나타나는 것은 지역간 특히, 지세적 조건 즉 경사도, 방위 및 이와 관련된 토양조건 그리고 기후적 환경요인 등이 크게 영향을 것으로 판단되어지며, 앞으로 이러한 여러 요인들의 영향을 최소화 하기 위하여 간벌을 통한 불량목의 제거 및 잔존목의 생육공간 확보와 같은 작업들과 着果量 및 암꽃·수꽃과 같은 생식생장 형질의 자료 수집 그리고 미기후를 비롯한 여러 환경적 요인들에 대한 고찰 등을 수행해 나가는 것이 잣나무 種子多産系

Table 4. Analysis of variance for height and DBH growth in three test sites.

| Sites | Source of Variance | df | Mean Square | |
|-----------|----------------------------|------|-------------------------|---------------------|
| | | | Height | DBH |
| Gapyeong | Block | 3 | 280610.59*** | 285.47*** |
| | Family | 19 | 88875.79*** | 44.68*** |
| | Block × Family | 57 | 15233.22*** | 11.27*** |
| | Within-Plot | 1086 | 4951.95 | 4.75 |
| Gwangju | Block | 3 | 199334.46*** | 117.84*** |
| | Family | 19 | 87292.51*** | 18.65*** |
| | Block × Family | 57 | 18416.23*** | 7.15 ^{N.S} |
| | Within-Plot | 778 | 6513.26 | 5.73 |
| Youngdong | Block | 3 | 17703.90 ^{N.S} | 4.65 ^{N.S} |
| | Family | 19 | 41130.63*** | 9.51*** |
| | Block × Family | 57 | 13704.67*** | 4.90*** |
| | Within-Plot | 807 | 5691.65 | 3.10 |
| Overall | Family | 19 | 198144.94*** | 54.10*** |
| | Site | 2 | 6295613.46*** | 3347.10*** |
| | Block-within-Site | 9 | 152591.70*** | 133.01*** |
| | Family × Site | 38 | 18675.37 ^{N.S} | 12.11*** |
| | Family × Block-within-Site | 171 | 15784.71*** | 7.77*** |
| | Within-Plot | 2671 | 5630.21 | 4.54 |

N.S : Non-significant, ** : Significant at 5% level, *** : Significant at 1% level.

선발육종을 목적으로 하는 본 연구의 과제라 할 수 있겠다.

2. 유전력의 추정

분산분석을 통한 분산구성비를 기초로 계산된 20년생 잣나무 風媒次代檢定林 수고 및 흉고직경 성장에 대한 單木 및 家系 遺傳力을 지역별로 종합하여 추정하였다(Table 5).

地域別 수고생장에 있어서 單木 遺傳力은 加平이 0.73, 廣州 지역이 0.68, 그리고 永同 지역이 0.35로 지역간에 차이를 보이고 있다. 한편, 家系 遺傳力도 가평은 0.83, 광주 지역은 0.78, 그리고 영동 지역이 0.65로 유사한 경향을 보이고 있으나 單木 遺傳力에 비하여 전반적으로 큰 값을 나타내고 있으며, 특히 영동 지역의 경우 수고생장에 대한 家系 遺傳力은 單木 遺傳力에 비하여 약 2배 가량 높은 것으로 추정되었다.

지역별 흉고직경 성장에 대한 單木 遺傳力은 가평 지역은 0.40, 광주 지역이 0.17, 그리고 영동 지역이 0.12로 추정되어 수고생장에 대한 유전력 보다는 훨씬 낮은 것으로 나타났다. 이는 수고성장 분화에 의한 분산이 흉고직경 성장 보다 먼저 나타났기 때문인 것으로 판단된다. 또한 家系 遺傳力의 경우 가평 지역은 0.75, 광주 지역이 0.60, 영동 지역이 0.46으로 분석되어 수고생장에서와 마찬가지로 單木 遺傳力보다 큰 것으로 파악되었는데, 이러한 결과는 이전의 연구와 일치하는 것이다(全尙根, 1993; 全尙根과 金大恩, 1986; 全尙根과 朴永仁, 1993).

3개 지역을 통합한 자료에 근거하여 분석된 수

고 및 흉고직경 성장의 單木 遺傳力은 각각 0.60과 0.20이었으며, 家系 遺傳力의 경우에는 각각 0.91과 0.77로 추정되었다. 전체적으로 볼 때, 地域別 및 3개 지역을 종합한 경우의 유전력은 지역별 그리고 형질별로 큰 차이를 나타냈는데, 특히 영동 지역의 유전력이 다른 지역에 비하여 상대적으로 낮은 경향을 보였다.

3. 개량효과(유전선택량)

Table 5에서 얻어진 표현형 분산과 유전력을 기초로 3개 지역 20個 家系 總 2,911本을 대상으로 선발방법에 따른 수고 및 직경생장의 개량효과를 추정하였다(Table 6).

수고에 있어서 集團選拔을 실시할 경우 개량효과는 加平 지역이 1.06m(13.84%), 廣州 지역이 1.14m(15.38%), 永同 지역이 0.47m(7.67%)로 추정되었으며, 家系選拔을 실시할 경우에는 각각 0.57m(7.38%), 0.61m(8.25%), 0.34m(5.51%)의 개량효과를 나타내는 것으로 분석되었다. 한편, 複合選拔을 실시하였을 경우에는 가평 지역이 1.36m(17.76%), 광주 지역이 1.47m(19.78%), 영동 지역이 0.69m(11.26%)로 추정되었으며, 이는 여러 선발방법 중 가장 큰 값을 나타낸 것이다.

한편, 흉고직경에 있어서도 수고에서와 동일하게 複合選拔을 실시하였을 경우 개량효과는 가평 지역이 2.39cm(20.05%), 광주 지역이 1.25cm(11.01%), 영동 지역이 0.68cm(8.09%)로 추정되어 3개 지역 모두 複合選拔을 실시할 경우 최대의 개량효과를 얻을 수 있는 것으로 추정되었다. 특히 수고의 개량효과가 직경의 개량효과 보다 높게

Table 5. Estimates of variance components and heritabilities for height and DBH growth of Korean white pine at three sites.

| Site | | Variance Component | | | | | | Heritability | |
|-------------|--------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| | | σ^2_F | σ^2_{BF} | $\sigma^2_{BF/S}$ | σ^2_{FS} | σ^2_W | σ^2_A | h^2_I | h^2_F |
| Gapyeong | Height | 1259.22 | 716.14 | - | - | 4951.95 | 5036.88 | 0.73 | 0.83 |
| | DBH | 0.57 | 0.45 | - | - | 4.75 | 2.28 | 0.40 | 0.75 |
| Gwangju | Height | 1567.39 | 1164.36 | - | - | 6513.26 | 6269.56 | 0.68 | 0.78 |
| | DBH | 0.26 | 0.14 | - | - | 5.73 | 1.04 | 0.17 | 0.60 |
| Youngdong | Height | 607.90 | 741.65 | - | - | 5691.65 | 2431.60 | 0.35 | 0.65 |
| | DBH | 0.10 | 0.17 | - | - | 3.10 | 0.40 | 0.12 | 0.46 |
| Three Sites | Height | 1049.23 | - | 94.10 | 162.16 | 5630.21 | 4196.92 | 0.60 | 0.91 |
| | DBH | 0.24 | - | 0.0021 | 0.12 | 4.54 | 0.96 | 0.20 | 0.77 |

Note : $\sigma^2_A = 4 \times \sigma^2_F \Rightarrow$ Additive genetic variance.

추정되었는데, 이는 集團選拔을 비롯한 다양한 선발방법을 적용하여 10년생 잣나무림을 대상으로 실시한 이전 연구와 일치하는 결과이다(全尙根과 朴永仁, 1993). 이것은 일반적으로 幼齡林의 初期生長은 직경생장보다는 수고생장이 먼저 진행되고 그 다음 단계로 직경생장이 진행되는 경향 때문인 것으로 판단된다(Kramer, 1988).

선발방법에 따른 개량효과는 複合選拔 방법이 수고 및 직경생장 모두에서 높게 추정되었으며, 그 다음으로는 集團選拔, 家系內 選拔, 家系選拔의 順이었다. 이것은 잣나무 5~9년생까지의 연구결과에서 集團選拔 방법이 가장 좋은 개량효과를 얻을 수 있다고 보고한 것과는 차이가 있으나(全尙根과 金聲起, 1992), 본 연구에서는 일반적인 경향인 複合選拔을 통한 개량효과의 값이 가장 크게 분석되었는데, 이것은 遺傳力이 樹齡이 증가함에 따라 달라지는데도 원인이 있으며, 다른 측면으로는 본 연구에서 실시한 분산분석이 家系間 반복수를 生存本數 전체를 대상으로 한 결과 變異幅이 넓어진 것에도 원인이 있는 것으로 판단된다. 따라서, 앞으로 樹齡이 증가함에 따라 변화하게 되는 결과들의 추이를 지속적인 연구 수행으로 고찰하여 이를 토대로 개량효과에 대한 종합적인 검토가 이루어져야만 가장 적절한 선발방법이 결정될 수 있을 것으로 판단된다.

引用文獻

1. 山林廳, 1998. 林業統計年報.
2. 李昌福, 1980. 大韓植物圖鑑. 鄉文社. 서울. pp. 990.
3. 全尙根, 1987. 잣나무 植栽地域別 및 家系別 初期生長의 變異에 關한 研究. 慶熙大學校附設 食糧資源開發研究所 論文集 8 : 90-99.
4. 全尙根, 1993. 잣나무 風媒次代 12年生의 樹高 및 直徑生長의 遺傳力과 改良效果. 慶熙大學校 論文集 22 : 619-639.
5. 全尙根·金大恩, 1986. 잣나무의 遺傳力에 關한 研究 (III). - 5, 6年生의 樹高 및 根元直徑生長의 遺傳力 -. 韓國林學會誌 74 : 61-66.
6. 全尙根·金聲起, 1992. 잣나무 風媒次代 11年生의 樹高 및 直徑生長의 變異와 遺傳力에 關한 研究. 慶熙大學校附設 食糧資源開發研究所 論文集 13 : 69-80.
7. 全尙根·朴永仁, 1993. 3個 地域 잣나무 風媒次代 10年生의 樹高 및 直徑生長의 遺傳力과 改良效果. 慶熙大學校附設 食糧資源開發研究所 論文集 14 : 31-38.
8. 全尙根·申萬薰·鄭東浚·張容碩·金明洙, 1999. 地域別 잣나무의 初期生長 特性과 微氣候의 影響. - 定期平均生長量과 微氣候와의 關

Table 6. Expected genetic gains for tree height and DBH in different sites with selection method.

| Selection method | Site | Genetic gain | |
|------------------|------------|--------------|-------------|
| | | Height (%) | DBH (%) |
| Mass | Gapyeong | 1.06(13.84) | 1.66(13.93) |
| | Gwangju | 1.14(15.38) | 0.74(6.52) |
| | Youngdong | 0.47(7.67) | 0.38(4.52) |
| | Three Site | 0.87(12.20) | 0.76(7.12) |
| Family | Gapyeong | 0.57(7.38) | 1.14(9.56) |
| | Gwangju | 0.61(8.25) | 0.70(6.17) |
| | Youngdong | 0.34(5.51) | 0.39(4.64) |
| | Three Site | 0.54(7.59) | 0.75(7.02) |
| Within-family | Gapyeong | 0.79(10.38) | 1.25(10.49) |
| | Gwangju | 0.86(11.54) | 0.55(4.85) |
| | Youngdong | 0.35(5.75) | 0.29(3.45) |
| | Three Site | 0.65(9.15) | 0.57(5.34) |
| Combined | Gapyeong | 1.36(17.76) | 2.39(20.05) |
| | Gwangju | 1.47(19.78) | 1.25(11.01) |
| | Youngdong | 0.69(11.26) | 0.68(8.09) |
| | Three Site | 1.19(16.74) | 1.32(12.36) |

- 係 -. 韓國林學會誌 88(1) : 73-85.
9. 韓相億, 權赫民, 黃錫仁, 李根洙, 金浩植, 吳炳益. 1991. 우리 나라 잣나무의 3個 次代檢定林에서 生長에 對한 遺傳母數 및 改良效果 推定. 林木育種研究報告 27 : 38-44.
 10. 韓相億, 李在善. 1995. 樹齡間 相關을 이용한 잣나무 樹高 生長의 早期選拔 效率 推定. 韓國林學會誌 84(3) : 356-360.
 11. 韓相億, 崔善起. 1985. 잣나무 秀型木 風媒次代 19家系의 樹高遺傳力과 秀型木 클론 선발에 의한 개량효과. 韓國林學會誌 69 : 1-5.
 12. 韓相億, 崔善起, 權赫民, 鄭德英, 李根洙, 金浩植, 朴來植. 1988. 잣나무 秀型木 風媒次代의 樹高生長에 대한 樹齡別 遺傳力 및 相關. 林木育種研究報告 24 : 57-61.
 13. Becker, W. A. 1984. Manual of quantitative genetics, 4th Ed. Washington State Univ. Press. U.S.A. pp. 190.
 14. Kim, D.E. and S.K. Chon. 1990. Trends in genetic parameters with age and site for early implications of genetic improvement in Korean White Pine. Journal of Korean Forestry Society 79(1) : 56-70.
 15. Kramer, H. 1988. Waldwachstumslehre. Paul Parey Verlag. Germany. pp. 374.
 16. Namkookng, G. and E. B. Snyder. 1969. Accurate values for selection intensities. Silvae Genetica 18 : 172-173.
 17. Wright, J. W. 1979. Introduction to forest genetics. Academic Press, Inc. New York. U.S.A. pp. 469.