종가시나무(*Quercus glauca*)의 육종집단 조성 및 기후인자

손석규^{1*} · 김효정² · 강영제² · 오찬진³ · 김찬수² · 변광옥²

¹국립산림과학원 자원육성연구과, ²국립산림과학원 난대산림연구소, ³전남산림자원연구소
(2011년 5월 24일 접수; 2011년 7월 19일 수정; 2011년 8월 22일 수락)

Establishment of Breeding Population For *Quercus glauca* and Climatic Factors

Seog-Gu Son^{1*}, Hyo-Jeong Kim², Young-Je Kang², Chan-Jin Oh³,
Chan-Soo Kim² and Kwang-Ok Byun²

¹Division of Forest Tree Improvement, Korea Forest Research Institute, 44-3 Omokchun-dong,
Suwon, Gyeonggi, 441-847, Korea

²Warm-Temperature Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, 1253 Sanghyo-dong,
Seogwipo, Jeju 697-050, Korea

³Jeonnam Forest Environment Research Institute, 23, Sanje-ri, Sanpo-myun, Naju-city,
Jeonnam 520-833, Korea

(Received May 24, 2011; Revised July 19, 2011; Accepted August 22, 2011)

ABSTRACT

A breeding population of *Quercus glauca* has been established via simple direct selection. Seedlings from naturally crossed seeds of 35 selected families growing in Jeju Island were placed using stroll repeated planting into two experimental forest located at Hannam and Sanghyo in Jeju. After 3 years of planting, characteristics of growth were examined. Growth pattern of trees in Sanghyo was better than those in Hannam. The average heights of filial were 66.8 cm in Hannam and 92.5 cm in Sanghyo. Root collar diameters of filial in Hannam and Sanghyo were 9.3 mm and 12.2 mm, respectively. A great weather differences especially in precipitation and temperature were shown between two test sites. The result of difference of growth pattern between two sites could be useful in provenance adaptability test. Data within families and individuals obtained from this study was also useful for establishment of seed orchard of *Q. glauca*.

Key words : Selection, Native plant, Family, Height, Diameter at root collar, Weather factor

I. 서 론

최근 들어 지구온난화가 심화됨에 따라 이러한 현상을 완화시키기 위한 탄소흡수원으로서 산림의 중요성이 증대하고 있다. 국내의 경우 난대수종의 복상화가 가지적으로 이루어지고 있는 현실을 감안할 때, 난대림 자생지의 개발 및 훼손 대책이 요구되며, 난대상록활엽수종 중에서 자원화 유망수종의 장기적 육성을 통한 목재, 의약

등 산림자원을 이용할 수 있는 산업의 기반조성이 필요하다(IPCC, 2007; Lewis *et al.*, 2005).

난대산림수종 중에서 참나무과(Fagaceae)에 속하는 종가시나무(*Quercus glauca*)는 일본과 대만을 비롯한 북반구 아열대와 온대성 기후대의 주요한 상록활엽수종 중 하나이다. 우리나라에서는 남해안지역과 제주도 한라산의 저지대 및 계곡 등지에 분포해 있는 난대산림대에 자생하고 있는 상록활엽수종이다(Tani and

* Corresponding Author : Seog-Gu Son
(sonsak@forest.go.kr)

Yuijun, 2008). 붉가시나무와 더불어 그 목재가 건축재, 가구재, 기구재로 쓰이고 있으며 생체량면에서도 높은 편에 속하고 있어 탄소저장능력도 우수하다(Chong and Park, 2008; Song, 2007). 그러나 현재 자생지의 원형이 많이 파괴되었고, 접근이 어려운 도서지방 등에 국지적으로 잔존하고 있어 생물종자원 및 생육서식지 보존 측면에서 대책수립이 시급한 실정이다(Lee *et al.*, 2010). 제주도 내에서의 종가시나무는 한라산의 서사면(Song, 2007)과 서광꽃자왓 부근, 그리고 전남 완도를 비롯한 해안지방에 소규모의 군집으로 자생하고 있다. 비록 규모는 작지만 이들 자생집단 내에는 수형과 생장이 양호하여 현지보존과 향후 장기용재수종의 자원으로 육성할만한 개체가 다수 생육하고 있다.

임목을 육성하는 중요한 방법 중 하나가 선발육종법인데 높은 개량효과를 얻기 위해서는 다수의 우수한 개체들을 자생집단내에서 선발하여 육종기본집단을 조성하는 단계가 우선 수행된다. 육종기본집단에 조성되는 선발개체들간에는 교배설계방식에 의한 각종 교배를 실시하여 차대에 대한 성장상태를 조사하고, 그 결과에 따라 우수가계 및 개체를 선발하여 전진세대 채종원 조성을 통해 지속적인 개량효과를 획득할 수 있도록 해야 한다(Hyun *et al.*, 1985). 기본적으로 조성된 육종집단내에서 수행되는 차대에 대한 성적은 선발된 수형목들의 지속적인 개량효과 획득과 전진세대 채종원 조성의 실질적인 재료로 이용되며, 이들 수형목에 대한 수고와 근원경 성장 등의 주요 성장특성은 선발육종계획을 수립하는데 기본이 되는 것이다(Zobel and Talbert 1984; Han *et al.*, 2007). 또한 조림지에 대한 온도와 강수량 등 기후인자가 임목의 성장에 미치는 영향을 살펴봄으로써 기후변화에 대응한 난대 상록활엽수종의 조림적지 구명에도 도움이 될 것이다.

본 연구는 제주도에 분포하고 있으며 향후 기후변화에 대응하여 그 생육지의 복상이 예상되는 종가시나무의 자생지내에서 우량한 모수의 선정을 통해 가계선발을 실시하고, 그 차대를 제주도의 두 지역에 식재하여 기후인자와 성장상태를 조사함으로써 종가시나무의 장기적인 육성기반을 조성하기 위한 기본 단계로 수행되었다.

II. 재료 및 방법

2.1. 공시재료 및 묘목생산

공시재료는 제주도 전역에 자생하고 있는 종가시나

무(*Quercus glauca*)이며 한라산 저지대와 계곡을 중심으로 군락을 형성하는 집단에서 2002년부터 2005년까지 선발하였다. 선발기준은 통직성과 수형의 발달정도가 우수한 개체목으로 선정하였으며 선발목간 거리는 최소 50m를 이격하였다. 선발된 개체목들로부터 자연교잡된 종자를 2005년 가을에 채취하여 종자처리법에 의해 처리한 후 포트과종을 통해 묘목을 생산하였다.

2.2. 육종집단 조성 및 성장특성 조사

양성된 35가계의 차대목 중 묘고가 일정한 묘목을 2006년 6월에 장마기를 택하여 제주도 서귀포시 국립산림과학원 난대산림연구소 내에 식재하였다. 이 시험림은 제주도 한라산의 남동사면 해발 300-750m에 위치하는 한남시험림과 한라산 남사면 해발 400-800m에 위치하는 서귀포시험림의 두 곳으로 구분되어 있다. 실험묘목의 식재장소는 서귀포시 상효동(이하 상효, 서귀포시험림 내)과 서귀포시 남원읍 한남리(이하 한남, 한남시험림 내)의 2개 장소이며 식재방법은 각 장소별 열식 2반복으로 하였다. 식재 후 노루 등 야생동물로부터의 피해를 막기 위한 방책과 국소기후를 측정하기 위한 장비를 설치하였고(Fig. 1), 3년이 경과된 2009년 9월에 식재된 차대목의 활착율과 성장상태 및 수고와 근원경에 대한 전수조사를 실시하여 식재지역간과 가계별 성장차이를 비교하였다.

2.3. 자료 분석

조사된 각 시험지의 성장 특성 분석을 위해 수집된 자료는 SAS(The SAS system ver. 9.2) 프로그램을 이용하여 기본 통계량을 구하고 각 처리간 측정 결과의 유의성 검정을 실시하였고 두 식재지역간의 성장차이검정은 t-test를 실시하여 판단하였다. 또한 두 지역

Fig. 1. Filial seedlings of *Quercus glauca* planted in breeding population with shelter against wild animals and weather equipment.

에서 공통적으로 생장이 우수한 가계를 구별하여 향후 개량육종에 필요한 자료를 제공하였다. 두 식재지에 대한 기후자료 중 2007년 6월부터 2009년 9월까지의 월평균 강우량과 온도를 비교하였다. 한남지역의 기상 자료는 난대산림연구소에서 직접 설치한 기상측정장비에 의한 자료를 사용하였고 상호지역의 기상자료는 기상청 서귀포기상대에서 제공하는 자료를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 식재지역별 생장

두 지역에 식재된 실험목들의 식재 후 3년 생존율은 95%이상으로 높게 나타났다. 또한 노루 등의 동물에 의한 피해도 거의 나타나지 않아 방책설치가 효과적으로 묘목을 보호함을 보였다(Fig. 2). 한남과 상호의 두 식재지역간에 생장의 차이가 나타나는지를 보기 위해 생장특성에 대해 t-test를 실시한 결과, 두 식재지역간 종가시나무 차대묘목의 수고와 근원경에서 뚜렷한 차이를 보였는데 상호지역에 식재된 묘목의 생장이 한남지역에 식재된 묘목보다 수고에서 보다 크게 자란 것으로 조사되었다(Fig. 3).

상호지역에 식재된 차대묘목들의 평균수고는 92.5cm로 나타난 반면 한남지역의 평균수고는 66.8cm로 조사되어 상호지역에서 보다 양호한 생장이 이루어진 것으로 나타났다(Table 1). 식재 후부터 조사시점까지의 평균수고 생장량을 비교해 보면 한남지역에서 30.7cm이고 상호지역이 56.7cm로 상호지역에서 80% 이상의 양호한 생장을 보이고 있다. 근원경 생장에 있어서도 상호지역의 조림목들이 평균 12.2mm로 한남지역에

Fig. 3. Comparison of heights in two breeding populations. Sanghyo (above) and Hannam (below).

식재된 조림목들의 평균 9.3mm 보다 굵게 성장하고 있는 것으로 조사되었다(Table 2).

3.2. 우수가계

수고를 기준으로 볼 때 한남과 상호의 두 지역에서 공통적으로 잘 자라는 가계는 12번과 14번으로 조사되었다(Table 3). 상호지역의 경우 12번 가계의 차대 수고 생장 성적이 전체 35개 가계 중 상위 5위에 그리고 14번 가계의 차대는 상위 2위에 올라있다. 한남 지역의 경우에는 12번 가계와 14번 가계가 각각 상위 5위와 3위에 들어가 있다. 근원경과 수고생장은 양의 상관관계를 보이고 있어(Table 4), 수고생장이 좋은 가계는 근원경생장도 양호하게 나타난다. 따라서 이러

Fig. 2. *Quercus glauca* three years after planting in Sanghyo.

Table 1. Growth characteristics (height) of *Q. glauca* planted at two sites

Site	N	Mean (cm)	Std. Dev	Std. Err
Hannam	1219	66.8302	30.0853	0.8617
Sanghyo	1153	92.523	37.7482	1.1117
t-Test				
Method	Variances	DF	t Value	Pr> t
Pooled	Equal	2370	-18.38	<.0001
Satterthwaite	Unequal	2200.8	-18.27	<.0001
Equality of Variances				
Method	Num DF	Den DF	F Value	Pr>F
Folded F	1152	1218	1.57	<.0001

Table 2. Growth characteristics (root collar diameter) of *Q. glauca* planted at two sites

Site	N	Mean* (mm)	Std. Dev	Std. Err
Hannam	1219	9.2568	2.9787	0.0853
Sanghyo	1153	12.2151	6.7895	0.2
t-Test				
Method	Variances	DF	tValue	Pr> t
Pooled	Equal	2370	-13.87	<.0001
Satterthwaite	Unequal	1560.7	-13.61	<.0001
Equality of Variances				
Method	Num DF	Den DF	F Value	Pr>F
Folded F	1152	1218	5.2	<.0001

*Root Collar Diameter

Table 3. Height and RCD of two families of *Q. glauca* which grow better in both Sanghyo and Hannam

Family No.	Height (cm)		R.C.D* (mm)	
	Sanghyo	Hannam	Sanghyo	Hannam
12	103.9	80.8	13.4	12.8
14	114.5	81.1	13.1	8.8

*Root Collar Diameter

한 결과는 향후 차대검정을 통한 채종원의 조성이나 유전적 획득량을 높이기 위한 번식재료로 사용하는 등 난대수종의 육종전략 수립에 활용될 수 있을 것이다. 또한 지속적인 조사가 이루어진다면 종가시나무의 개체선발에 통해 향후 보다 높은 개량효과를 얻을 수 있는 자료가 축적되고 이를 통하여 일차 선발된 개체들로 조성된 육종기본집단에서 인위적 교배를 통해 전

Table 4. Pearson correlation coefficients between height and root collar diameter of *Q. glauca*

Pearson Correlation Coefficients/Prob > r under H0: Rho=0/N = 2372		
	Height	R.C.D
Height	1	0.48873
	0.0	<.0001
R.C.D	0.48873	1
	<.0001	0.0

Table 5. Amount of periodic precipitation (mm) in two planting sites of *Quercus glauca*

Period	Seogwipo	Hannam
2007. 06. ~ 12.	1,724.8	3,271.3
2008. 01. ~ 12.	1,661.4	2,911.0
2009. 01. ~ 09.	1,726.2	3,191.0

Fig. 4. Monthly change of precipitation in two planting sites of *Quercus glauca*.

진세대 채종원으로의 진척이 가능하다.

3.3. 기상특성-강수량

2007년 6월부터 2009년 9월에 걸쳐 두 식재지의 강수량을 조사하였는데, 한남지역의 강수량이 상효지역에 비해 거의 2배 정도 많은 것으로 나타났다(Fig. 4, Table 5). 난대상록수종의 생장을 고려할 때 많은 강수량은 긍정적 요인으로 작용할 수 있으나 비와 눈이 내리는 시기가 많아 일조량이 부족하다는 부정적 측면도 있을 수 있다(Son *et al.*, 2008). 또한 사과나무, 배나무 등 과수묘목의 이식활착상태를 조사한 Sohn 등(2010)에 의하면 고사주가 많이 발생한 원인은 여름 강우기에 높은 토양수분조건과 호우로 인해 토양내에 정체수가 많이 발생하여 생긴 침수해로 추정된다고 하였다. 차대목의 수고생장이 한남지역에서 상대적으로 저조하다는 것은 잦은 강수일수와 이에 따른 일조량의 감소, 그리고 정체수에 의한 토양의 수분포화 등의 원인이 복합적으로 작용하였다고 볼 수 있다. 따라서 토양공극, 토양의 강우수용능력 및 일조시간과 일조량

Fig. 5. Monthly change of temperature in two planting sites of *Quercus glauca*.

등에 대한 향후 보다 세밀한 조사 및 분석이 필요할 것이다.

3.4. 기상특성-온도

두 식재지에 대한 월별 온도를 관측한 결과, 한남지역이 상효지역에 비해 평균 $2^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ 낮은 것으로 관측되었다(Fig. 5). 낮은 온도는 임목의 성장을 저하시키는 요인이다. 한남지역의 수고생장이 서귀포지역에 비해 낮게 나타나는 현상은 이와 같은 낮은 온도에 기인하여 종가시나무의 초기생장에 나쁜 영향을 주는 것으로 판단되었다. 현재까지 국내에서의 상록활엽수의 자생지는 아직까지 제주도를 포함한 전남과 경남의 해안지방에 국한되어 있는데(Lim et al., 2008) 좁은 지역에서도 기후가 다양하게 나타날 수 있다. Jo and Ahn(2008)은 식물생리에 있어 가장 큰 요인은 온도라고 하였으며, 같은 지역 내에서도 사면에 따른 미기후 변화의 영향으로 식물계절에 차이가 나타나는데 기후 변화와 온도상승은 식물계절 변화를 현재보다 더욱 촉진시킬 수 있다고 하였다. 본 연구에서도 두 식재지간의 거리는 직선으로 20km 정도인데 비교적 가까운 거리임에도 국지적 기상이 큰 차이를 보이고 있다. 최근의 기후변화는 산림생태계와 산림수종의 생육지 변화를 야기하고 있는데 향후 토양특성 등 다른 입지적 요인이 구명된다면 본 연구의 결과는 난대수종의 복상화 대책 수립 및 지역적응성 검정을 통한 인위적 조림지의 선정에도 좋은 자료로 활용될 수 있을 것이다.

적 요

국내에 자생하고 있는 상록성 참나무류 중 종가시나무(*Quercus glauca*)의 기본육종집단을 조성하였다. 2002년부터 2005년에 걸쳐 제주도지역의 자생집단내

에서 모수의 우수한 표현형(phenotype)에 의한 직접선택(direct selection) 과정을 거쳐 종가시나무 35가계를 선정하였다. 이들의 자연교잡된 종자로부터 양성된 차대목을 2006년 6월 국립산림과학원 난대산림연구소 시험림내 2개 장소(한남시험림, 상효시험림)에 열식 반복으로 식재하였다. 식재 후 3년이 경과한 2009년 9월에 차대목의 성장검정을 실시한 결과, 한남시험림의 차대목 수고평균은 66.8cm로 나타났으며 상효시험림에서는 92.5cm로 조사되었다. 근원경에서는 한남의 차대목들이 9.3mm, 상효의 차대목들이 12.2mm로 조사되어 상효지역에 식재된 차대목들의 생장이 더 양호한 것으로 나타났다. 식재된 두 지역의 기상인자 중에서 평균온도와 강수량에 있어 큰 차이를 보이고 있으며 이에 따라 두 지역간의 차대목 생장에 영향을 미치는 한 가지 요인으로 분석되었다. 또한 가계간과 가계내 개체간에도 차대목의 수고생장 정도에도 큰 편차를 보였는데 이와 같은 결과는 향후 지역적응성 및 선발차(selection differential)와 유전력(heritability) 검증을 거쳐 조성될 난대수종 채종원 조성의 기본 단계 재료로 활용될 수 있을 것이다.

REFERENCES

- Chong, S. H. and B. S. Park, 2008: Wood properties of the useful tree species grown in Korea. Korea Forest Research Institute. 390pp.
- Han, S. U., K. S. Kang, B. H. Cheon, and C. S. Kim, 2007: Realized genetic gains and heritabilities for height, DBH and volume growth in open-pollinated progenies of *Pinus thunbergii*. *Korean Journal of Breeding Science* **39**(1), 15-19.
- Han, S. U., C. Y. Oh, C. S. Kim, and J. S. Yi, 2008: Realized Genetic Gains and Heritabilities for Growth Traits in Open-Pollinated Progenies of *Abies holophylla* Max. *Journal of Forest Science* **24**(1), 41-46.
- Hyun, J. O., S. K. Lee, and K. J. Lee, 1985: Status and prospect of tree breeding research in Korea. *Korean Journal of Breeding* **17**(3), 273-285.
- IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Climate Change 2007: Working Group III: Mitigation of Climate Change.
- Jo, H. K. and T. W. Ahn, 2008: Differences in Phenological Phases of Plants Subsequent to Microclimate Change. *Korean Journal of Environment and Ecology* **22**(3), 221-229.
- Lewis, S., O. Phillips, T. Baker, Y. Malhi, and J. Lloyd, 2005: Tropical forests and atmospheric carbon dioxide: Current knowledge and potential future scenarios. Oxford

- University Press, 260 pp.
- Lim, S. S., Y. S. Lee, H. M. Kim, Y. H. Ahn, K. H. Shin, and S. H. Lee. 2008: Analysis of Volatile Constituents from Broad-Leaved Deciduous trees. 2008. *Korean Journal of Plant Resources* **21**(4), 237-248.
- Matziris, D. I. 2000: Genetic variation and realized genetic gain from Aleppo pine tree improvement. *Silvae Genetica* **49**(1), 5-10.
- Tani, A. and Yuijun Kawawata, 2008: Isoprene emission from the major native *Quercus* spp. in Japan. *Atmospheric Environment* **42**, 4540-4550.
- Sohn, Y. M., G. Y. Jeon, J. D. Song, J. H. Lee, D.H. Kim, and M. E. Park, 2010: Effect of soil salinity and soil-wetting by summer-rising of watertable on the growth of fruit trees transplanted at the Saemangeum reclaimed tidal land in Korea. *Korean Journal of Soil Sciece and Fertilizer* **43**(1), 8-15.
- Son, S. G., C. S. Kim, S. I. Hwang, J. H. Jeong, and W. Y. Choi, 2008: Effects of climatic factors and picking time on availability of seeds of *Chamaecyparis obtusa*. *Journal of Korean Forest Society* **97**(2), 135-139.
- Song, G. P. 2007: The flora and vegetation of evergreen broad-leaved forest zone on east-facing and west-facing slopes of Mt. Halla. PhD. Thesis.
- Xie, C. Y., M. R. Carlson, and J. C. Murphy, 2007: Predicting individual breeding values and making forward selections from open-pollinated progeny test trials for seed orchard establishment of interior Lodgepole pine (*Pinus contorta* ssp. *latifolia*) in British Columbia. *New Forests* **33**, 125-138.
- Zobel, B. and J. Talbert, 1984: Applied forest tree improvement. John Wiley and Sons, Inc., 505pp.