

제주지역에 도입된 편백의 가계별 성장특성과 유전력 구명

최형순^{1*} · 강영제¹ · 김인식² · 박영규¹ · 유근옥²

¹국립산림과학원 난대아열대산림연구소, ²국립산림과학원 산림유전자원부
(2012년 11월 15일 접수; 2012년 11월 23일 수정; 2012년 12월 4일 수락)

Growth and Heritability of Hinoki Cypress (*Chamaecyparis obtusa*) Families in Jeju

Hyung-Soon Choi^{1*}, Young-Je Kang¹, Kim In-Sik², Young-Kyu Park¹ and Keun-Ok Ryu²

¹Warm-Temperate and Subtropical Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Seogwipo 697-050, Korea

²Department of Forest Genetics Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

(Received November 15, 2012; Revised November 23, 2012; Accepted December 4, 2012)

ABSTRACT

This research was performed to analyze growth performance and pattern of eighteen families of hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*), which were imported in Jeju region. The growths of 'Yako-7', 'Muei-1', and 'Sangsong-9' families were superior to other families whereas those of 'Sanguen-3', 'Yago-6', and 'Hyena-2' families were poor. The height growth between age 9-year to 15-year was superior to those between other ages. No specific growth pattern was observed in the diameter at breast height (DBH) by ages. Family heritability of height, DBH, and volume were estimated at 0.68, 0.75, and 0.75, respectively. Pearson's correlation analysis showed that there was little juvenile-mature correlation in the growth of *C. obtusa*.

Key words: Growth performance, Patterns, Family heritability, Age correlation, *Chamaecyparis obtusa*

I. 서 론

편백(Hinoki cypress, *Chamaecyparis obtusa*(S. et Z.) ENDL.)은 측백나무과의 상록 침엽교목으로서, 일본이 원산지이며, 한국에서는 제주도와 전남, 경남 해안에 인접한 지역에 분포하고 있다(Oh and Park, 2001). 목재의 용도는 건축재, 가구, 조각 등으로 사용되고 있으며, 최근에는 특유의 향기와 향균 물질 등으로 인해 숲 치유와 삼림욕 등으로 매우 각광받고 있다. 현재 우리나라에서는 제주특별자치도 서귀포시에 조성되어있는 채종원(국립산림품종관리센터, 산림종자공급원)에서 전국에 종자를 공급하고 있다.

편백은 우리나라에 1904년에 최초로 도입된 것으로

알려져 있으며(Yoon, 1959), 구체적인 도입에 의한 적응성 검정시험은 1970년 초에 이루어졌다. 편백에 대한 국내 연구는 주로 채종원의 종자생산 증진, 편백 인공림 내의 식생구조, 양묘 특성, 영급과 바이오매스 등의 소수가 있으며(Lee et al., 2006; Song et al., 2012; Goo and Lee, 1991), 주로 편백의 기능성 물질 분석에 대한 연구가 많이 이루어져왔다(Naotake et al., 1983; Yang et al., 2007; Toshihiko et al., 1996; Shozo et al., 1997). 편백의 주 원산지인 일본에서는 편백 노령 숲에서의 주 분포 수종의 연령 및 공간구조(Hoshino et al., 2001, 2003), 편백 묘목의 자체 간벌(self-thinning)에 의한 바이오매스와 밀도에 관한 연구(Kazuharu, 2001)등이 일부 있으며, 편백의 성장



* Corresponding Author : Hyung-Soon Choi
(forgene@forest.go.kr)

패턴이나 우수 산지, 가계 등에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

산지시험(provenance test)은 여러 장소에 넓게 분포하는 천연 임분에서 종자를 채취하여 묘목을 생산하고 식재하여 유사 혹은 다양한 조건 하에서 성장특성을 분석하고 구명하는 과정이며(Wright, 1976), 이를 통해 우수한 산지를 선발하고 적합한 조림 환경(조건)을 구명하여, 궁극적으로 목재 생산성을 향상시키고, 유용한 유전변이를 발굴하여 새로운 육종집단을 창출하는데 그 목적이 있다(Korea Forest Research Institute, 2006). 임업분야에서 조림의 성공 및 생산성 향상은 조림수종 선정뿐 아니라 수종의 산지에 따라서도 크게 좌우되기 때문에 목적하는 수종 또는 산지에 대한 성장 잠재력(growth potential)을 정확히 평가해야 하며, 이를 위해서는 다년간에 걸친 적응성 검정을 필요로 한다. 특히 그 지역에 자생하지 않는 수종이나 품종을 다른 지역으로부터 도입하여 적응력을 평가하고, 형질이 우수한 수종이나 품종을 선발, 이용하는 도입시험의 경우, 신중하고 정확한 분석을 통하여 이루어져야 한다. 난대수종인 편백은 주로 전남과 제주지역에 조림되고 있지만, 기후가 점차 온난화되고 있는 우리나라에서 점차 조림면적이 증가되고 있으며, 향후에도 확대 조림의 가능성이 많을 것으로 판단되기 때문에 우리나라 기후와 토양조건에 잘 적응하는 우수한 산지와 가계를 선발하는 것은 매우 중요한 작업으로 판단된다.

본 연구에서는 우리나라에 도입된 편백 수형목 18개 가계들의 유시 성장부터 현재(42년생)의 성장자료를 바탕으로 각 가계별, 연령별 성장패턴을 분석하고, 가계별 유전력을 분석함으로써 우리나라 난대지역에서 잘 적응하는 우수가계를 선발하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 연구에 사용된 편백은 일본에서 1958년도에 우수가계로 선정된 18개 가계이며, 1970년 4월에 한일농림수산 기술협력위원회의 합의에 의해 종자가 도입되었으며, 이듬해 남부육종장(현 국립산림과학원 난대아열대산림연구소) 포지에 각 가계별(10g씩)로 파종되어 묘목을 생산한 후, 1971년에 제주도 서귀포시 상효 산 10-1번지에 식재(1-1묘)되었다. 각 가계의 명칭

Table 1. Geographic information on all families of *C. obtusa*

Families	Altitude (m)	Age	Height (m)	DBH (cm)
Oknyong(玉龍)-101	1,300	-	35	68
Oknyong(玉龍)-102	1,300	-	36	65
Oknyong(玉龍)-103	1,300	-	32	82
Sangsong(上松)-1	1,200	37	13	23
Sangsong(上松)-3	1,050	49	15	29
Sangsong(上松)-9	1,164	31	13	19
Yago(野尻)-5	860	36	18	25
Yago(野尻)-6	810	36	16.5	25.5
Yago(野尻)-7	810	36	19	26.5
Cheonong(妻籠)-5	860	35	16	24.8
Paha(坡下)-4	1,010	42	17	31
Muei(武儀)-1	140	45	23	40
Muei(武儀)-4	500	46	25	38
Heyna(蕙那)-2	580	45	21	28
Gamu(加武)-1	-	30	16	24
Gamu(加武)-2	-	37	17	25.9
Ikjeon(益田)-1	340	46	21	28
Sangeun(箱根)-3	700	36	16	29

과 일반정보는 Table 1과 같다. 편백 시험림 조성지의 기상조건과 성장간의 관계를 구명하기 위해서 조림 후부터 최근까지의 기상자료를 수집하여 정리하였다.

2.2. 분석방법

2.2.1. 연령별 성장조사

편백의 가계별, 연령별 성장을 조사하였다. 유시성장 초기의 자료들은 임목육종연구보고서(임목육종연구소 발행)의 기록을 참고하여 성장조사가 이루어진 해의 조사자료를 바탕으로 수고, 흉고직경 성장들을 정리하여 분석하였다. 그리고 형수법(Korea Forest Service, 2000)을 이용하여 각 편백의 단목재적을 계산하였다. 가계별 성장간 차이는 SAS 프로그램(ver. 9.0, SAS Institute)을 이용하여 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 다중평균검정을 통하여 분석하였다.

$$V = \frac{\pi}{4} \times h \times d^2 \times f \tag{1}$$

(*h*: 수고, *d*: 흉고직경, *f*: 형수)

2.2.2. 연령별, 연령간 성장조사

연령대별 성장패턴을 구명하기 위해, 편백 유시성장부터 42년생까지의 성장자료를 바탕으로 각 연령별, 그리고 연령간의 평균 성장을 분석하여 가계별 성장특

Table 2. Analysis for heritability of *C. obtusa* families

Source	df	EMS
Blocks	b-1	$\sigma_e^2 + n\sigma_{bf}^2 + NF\sigma_b^2$
Families	f-1	$\sigma_e^2 + n\sigma_{bf}^2 + nb\sigma_f^2$
Block×Family interaction	(b-1)(f-1)	$\sigma_e^2 + n\sigma_{bf}^2$
Error	(n-1)bf	σ_e^2
Total	nbf-1	

*Individual heritability (h_i^2) = $4\sigma_f^2 / (\sigma_f^2 + \sigma_{bf}^2 + \sigma_e^2)$

*Family heritability (h_f^2) = $1/4 V_A / V_{P_f}$

where, $1/4 V_A = (MS_f - MS_e) / b$

$V_{P_f} = MS_f / b$

성과 연령대의 성장특성을 분석하였다. 각 연령대의 수고 및 흉고직경 성장을 해당 연령으로 나누어 평균 연령생장을 계산하고, 연령간에 성장차이를 연령차이로 나누어 연령간 평균생장을 측정하여 성장패턴을 분석하였다.

$$M_a = G_i / i \quad (2)$$

(M_a : 연령대별 평균성장량, G_i : 해당 연령(i)때의 성장량, i : 해당 연령)

$$M_b = (G_j - G_i) / (j - i) \quad (3)$$

(M_b : 연령대간 평균성장량, G_i : 해당 연령(i)때의 성장량, i, j : 해당 연령)

2.3. 가계 유전력조사

본 연구에 사용된 편백은 우수 가계의 품매차대 중자로 이루어진 인공림으로 우수가계를 분석함과 동시에 가계별 유전력을 추정하였다. Buijtenen and Yeiser (1989)의 공식을 이용하였으며 사용된 공식은 Table 2와 같다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 편백 42년생의 성장분석

편백 18가계의 성장을 분석한 결과, 수고, 흉고직경 성장에서 모두 가계간에 유의한 성장을 하였으며, 반복간에도 유의한 차이($\alpha=0.05$)가 있는 것으로 나타났다.

Table 3. Analysis of variance for height(up) and DBH(down) of the *C. obtusa* in Korea

Source	D.F.	SS	MS	F-value
Family	17	399957.54	23526.91	4.52**
Block	2	80517.45	40259.22	7.73**
Family × Block	34	220274.07	64787.65	1.24

Source	D.F.	SS	MS	F-value
Family	17	2978.69	175.22	5.50**
Block	2	557.62	278.81	8.75**
Family × Block	34	1526.16	44.89	1.41

Table 4. Mean height growth of *C. obtusa* families by ages at the test sites

Families	Height by ages (cm)						
	2yr.	6 yr.	9 yr.	15 yr.	26 yr.	37 yr.	42 yr.
Muei-1	18.0	116.0	203.3	453.3	764.1	911.0	1061
Sangsong-1	21.0	106.3	203.3	500.7	803.7	945.0	1018
Gamu-1	17.0	93.3	203.3	507.0	816.4	905.0	1005
Ikjeon-1	19.0	90.7	203.3	488.3	830.2	913.0	1039
Hyena-2	17.0	87.0	180.0	492.0	795.6	929.0	1013
Gamu-2	17.0	89.7	180.0	492.7	822.6	930.0	1020
Sangsong-3	18.0	92.0	196.7	507.3	840.1	932.0	1029
Muei-4	14.0	82.3	193.3	514.7	833.0	912.0	1008
Paha-4	18.0	83.7	213.3	528.0	854.9	940.0	1017
Yago-5	14.0	90.0	196.7	524.3	879.6	931.0	1018
Cheonong-5	17.0	92.7	210.0	555.0	854.8	927.0	1035
Yago-6	16.0	81.7	226.7	544.0	826.0	952.0	990
Sangsong-9	16.0	116.7	246.7	544.3	838.0	933.0	1053
Oknyong-101	17.0	109.7	243.3	540.3	839.4	932.0	1014
Oknyong-102	18.0	106.7	213.3	499.3	837.1	931.0	1044
Oknyong-103	19.0	116.0	230.0	506.3	845.4	938.0	1034
Sangeun-3	22.0	96.7	193.3	486.0	811.5	943.0	1004
Yago-7	18.0	94.3	196.7	511.3	811.3	945.0	1099

Table 5. Mean DBH growth of *C. obtusa* families by ages at the test site

Families	DBH by ages (cm)						
	2yr.	6 yr.	9 yr.	15 yr.	26 yr.	37 yr.	42 yr.
Muei-1	0.3	2.2	5.9	9.5	18.0	25.6	32.7
Sangsong-1	0.5	2.1	4.8	9.1	16.7	26.2	28.7
Gamu-1	0.4	1.9	4.7	8.8	15.4	24.9	27.1
Ikjeon-1	0.4	1.7	4.3	8.3	15.7	25.1	29.3
Hyena-2	0.3	1.7	3.8	8.2	15.5	24.9	26.5
Gamu-2	0.3	1.5	3.9	8.6	17.1	25.7	28.4
Sangsong-3	0.3	1.5	4.4	8.7	17.2	25.2	28.7
Muei-4	0.2	1.5	3.7	9.4	16.1	25.2	27.1
Paha-4	0.3	1.9	4.8	8.9	16.4	25.8	28.3
Yago-5	0.3	1.6	4.1	8.7	16.8	25.0	28.0
Cheonong-5	0.3	1.6	4.4	9.2	15.9	25.0	28.7
Yago-6	0.3	1.7	4.7	9.1	16.1	25.7	26.2
Sangsong-9	0.4	2.0	5.6	10.4	17.1	24.6	30.4
Oknyong-101	0.3	2.1	5.9	8.7	17.9	25.1	28.3
Oknyong-102	0.3	1.8	5.2	8.6	18.0	25.5	29.6
Oknyong-103	0.3	2.2	6.1	9.4	21.3	25.3	30.1
Sangeun-3	0.4	1.8	4.3	8.4	17.2	25.4	27.0
Yago-7	0.4	1.7	4.3	8.6	18.4	25.2	34.8

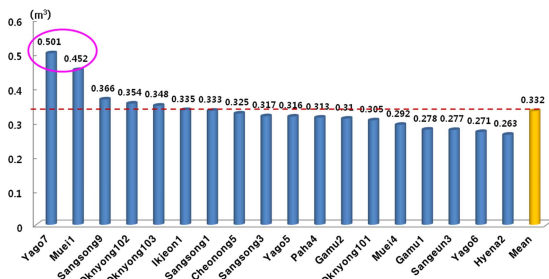


Fig. 1. Individual mean volume of *C. obtusa* families in the test site.

다(Table 3). 그러나, 가계와 반복간의 상호작용은 없는 것으로 나타났다. 수고 성장에서는 Yago-7(11.0m), Muei-1(10.6m), Sangsong-9(10.5m) 가계가 우수한 성장을 하였으며, Gamu-1, Sangeun-3, Yago-6 가계는 생장이 좋지 않은 것으로 나타났다. 흉고직경 성장에서는 수고 성장과 동일하게 Yago-7, Muei-1, Sangsong-9 순으로 우수한 가계로 판명되었으며, Hyena-2, Yago-6, Sangeun-3 가계가 생장이 저조한 것으로 나타났다. 평균 단목재적 성장에서는 Yago-7(0.5m³), Muei-1(0.45m³), Sangsong-9(0.37m³) 가계가 우수하였으며, Sangeun-3, Yago-6, Hyena-2 가계는 생장이 좋지 않았다(Table 4, 5, Fig. 1).

3.2. 연령별, 연령간 평균 성장량 분석

3.2.1. 연령별 성장

각 연령대의 수고와 흉고직경 성장을 연령으로 나누어 해당 연령 당시의 평균 성장을 구한 결과는 Table 6, 7과 같다. 수고 성장은 15년생의 평균 생장이 다른 연령대의 성장보다 우수하였으며, 그 이후로는 점차 평균 생장이 감소하는 경향을 보였다. 수고 생장이 가장 우수한 Yago-7가계의 경우, 6년생에서의 연간 평균 생장은 15.7cm였으나, 수령이 증가하면서 15년생에서 평균 34.1cm로서 정점에 달했다가, 이후 점차 감소하였으며, 42년생에서는 24.4cm로 성장하는 것으로 나타났다. 생장이 가장 저조한 Yago-6가계는 6년생에서의 연간 평균 생장은 13.6cm이었으며, 15년생에서는 평균 36.3cm로 우수한 성장을 하다가 이후 성장폭이 급격히 감소하는 경향을 보였다.

흉고직경 성장은 산지별로 상이한 양상이 나타났다. 전체적으로 9년 생일 때 평균 생장이 우수하였다가 15년생에서 다소 감소하였으며, 26년생에서 다시 성장량이 증가하는 등 복잡한 양상이 나타났다(Table 7). 생장이 우수한 Yago-7, Muei-1, Sangsong-9 가계는 연령 후반부에도 평균 성장량이 감소하지 않고 안정적으로 유지되거나 증가하였으며, 생장이 저조한 Hyena-2, Yago-6, Sangeun-3 가계의 경우는 26년 이후 연

Table 6. Mean annual height growth of *C. obtusa* families at the test site

Families	Annual height growth (cm)						
	2yr.	6 yr.	9 yr.	15 yr.	26 yr.	37 yr.	42 yr.
Muei-1	9.0	19.3	22.6	30.2	29.4	22.8	23.6
Sangsong-1	10.5	17.7	22.6	33.4	30.9	23.6	22.6
Gamu-1	8.5	15.6	22.6	33.8	31.4	22.6	22.3
Ikjeon-1	9.5	15.1	22.6	32.6	31.9	22.8	23.1
Hyena-2	8.5	14.5	20.0	32.8	30.6	23.2	22.5
Gamu-2	8.5	15.0	20.0	32.8	31.6	23.3	22.7
Sangsong-3	9.0	15.3	21.9	33.8	32.3	23.3	22.9
Muei-4	7.0	13.7	21.5	34.3	32.0	22.8	22.4
Paha-4	9.0	14.0	23.7	35.2	32.9	23.5	22.6
Yago-5	7.0	15.0	21.9	35.0	33.8	23.3	22.6
Cheonong-5	8.5	15.5	23.3	37.0	32.9	23.2	23.0
Yago-6	8.0	13.6	25.2	36.3	31.8	23.8	22.0
Sangsong-9	8.0	19.5	27.4	36.3	32.2	23.3	23.4
Oknyong-101	8.5	18.3	27.0	36.0	32.3	23.3	22.5
Oknyong-102	9.0	17.8	23.7	33.3	32.2	23.3	23.2
Oknyong-103	9.5	19.3	25.6	33.8	32.5	23.5	23.0
Sangeun-3	11.0	16.1	21.5	32.4	31.2	23.6	22.3
Yago-7	9.0	15.7	21.9	34.1	31.2	23.6	24.4

Table 7. Mean annual DBH growth of *C. obtusa* families at the test site

Families	Annual DBH growth (cm)						
	2yr.	6 yr.	9 yr.	15 yr.	26 yr.	37 yr.	42 yr.
Muei-1	0.2	0.4	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7
Sangsong-1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6
Gamu-1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
Ikjeon-1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7
Hyena-2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6
Gamu-2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.6	0.6
Sangsong-3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6
Muei-4	0.1	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6
Paha-4	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
Yago-5	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
Cheonong-5	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
Yago-6	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
Sangsong-9	0.2	0.3	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7
Oknyong-101	0.2	0.4	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6
Oknyong-102	0.2	0.3	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7
Oknyong-103	0.2	0.4	0.7	0.6	0.8	0.6	0.7
Sangeun-3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6
Yago-7	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.8

령별로 평균 0.6cm의 성장을 하는 것으로 나타났다.

3.2.2. 연령간 평균 연간 성장량

연령별 평균 성장량은 해당 연령에서의 단순한 평균

성장을 의미하는 것이기 때문에, 조사된 각 연령대에서의 평균 성장량을 산출하여 각 연령간의 평균 성장을 구하여 성장패턴을 분석하였다. Table 8, 9에서 보는 바와 같이 생장이 우수한 Yago-7 가계의 경우, 9

Table 8. Mean annual height growth of *C. obtusa* families between ages at the test site

Families	0~2yr.	2~6 yr.	6~9 yr.	9~15 yr. (cm)	15~26 yr.	26~37 yr.	37~45 yr.
Muei-1	18.0	24.5	29.1	41.7	28.3	13.4	30.0
Sangsong-1	21.0	21.3	32.3	49.6	27.5	12.8	14.7
Gamu-1	17.0	19.1	36.7	50.6	28.1	8.1	20.0
Ikjeon-1	19.0	17.9	37.5	47.5	31.1	7.5	25.2
Hyena-2	17.0	17.5	31.0	52.0	27.6	12.1	16.8
Gamu-2	17.0	18.2	30.1	52.1	30.0	9.8	17.9
Sangsong-3	18.0	18.5	34.9	51.8	30.3	8.4	19.4
Muei-4	14.0	17.1	37.0	53.6	28.9	7.2	19.1
Paha-4	18.0	16.4	43.2	52.5	29.7	7.7	15.3
Yago-5	14.0	19.0	35.6	54.6	32.3	4.7	17.5
Cheonong-5	17.0	18.9	39.1	57.5	27.3	6.6	21.7
Yago-6	16.0	16.4	48.3	52.9	25.6	11.5	7.6
Sangsong-9	16.0	25.2	43.3	49.6	26.7	8.6	23.9
Oknyong-101	17.0	23.2	44.5	49.5	27.2	8.4	16.4
Oknyong-102	18.0	22.2	35.5	47.7	30.7	8.5	22.5
Oknyong-103	19.0	24.3	38.0	46.1	30.8	8.4	19.3
Sangeun-3	22.0	18.7	32.2	48.8	29.6	12.0	12.2
Yago-7	18.0	19.1	34.1	52.4	27.3	12.2	30.9

Table 9. Mean annual DBH growth of *C. obtusa* families between ages at the test site

Families	0~2 yr.	2~6 yr.	6~9 yr.	9~15 yr. (cm)	15~26 yr.	26~37 yr.	37~45 yr.
Muei-1	0.3	0.5	1.2	0.6	0.8	0.7	1.4
Sangsong-1	0.5	0.4	0.9	0.7	0.7	0.9	0.5
Gamu-1	0.4	0.4	0.9	0.7	0.6	0.9	0.4
Ikjeon-1	0.4	0.3	0.9	0.7	0.7	0.9	0.8
Hyena-2	0.3	0.4	0.7	0.7	0.7	0.9	0.3
Gamu-2	0.3	0.3	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5
Sangsong-3	0.3	0.3	1.0	0.7	0.8	0.7	0.7
Muei-4	0.2	0.3	0.7	1.0	0.6	0.8	0.4
Paha-4	0.3	0.4	1.0	0.7	0.7	0.9	0.5
Yago-5	0.3	0.3	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6
Cheonong-5	0.3	0.3	0.9	0.8	0.6	0.8	0.7
Yago-6	0.3	0.4	1.0	0.7	0.6	0.9	0.1
Sangsong-9	0.4	0.4	1.2	0.8	0.6	0.7	1.2
Oknyong-101	0.3	0.5	1.3	0.5	0.8	0.7	0.6
Oknyong-102	0.3	0.4	1.1	0.6	0.9	0.7	0.8
Oknyong-103	0.3	0.5	1.3	0.6	1.1	0.4	1.0
Sangeun-3	0.4	0.4	0.8	0.7	0.8	0.7	0.3
Yago-7	0.4	0.3	0.9	0.7	0.9	0.6	1.9

~15년 사이의 연간 평균 성장량은 52.4cm로 최고에 이르렀고, 15~26년생 사이에서는 연간 27.3cm로 감소하였으며, 37~45년생 사이에서는 연간 30.9cm로 다시 성장폭이 증가하였음을 알 수 있었다. 생장이 저조한 Gamu-1, Yago-6, Sangeun-3 가계의 경우 9~15년생

사이에서는 우수가계 못지않게 왕성한 성장(각각 50.6cm, 52.9cm, 48.8cm)을 하였으나, 이후 성장폭이 크게 감소하였음을 알 수 있다. 흉고직경의 성장패턴은 수고 성장보다 가계별로 복잡하게 나타났다. 특이한 점은 상위 3가계(Yago-7, Muei-1, Sangsong-9)의 경우

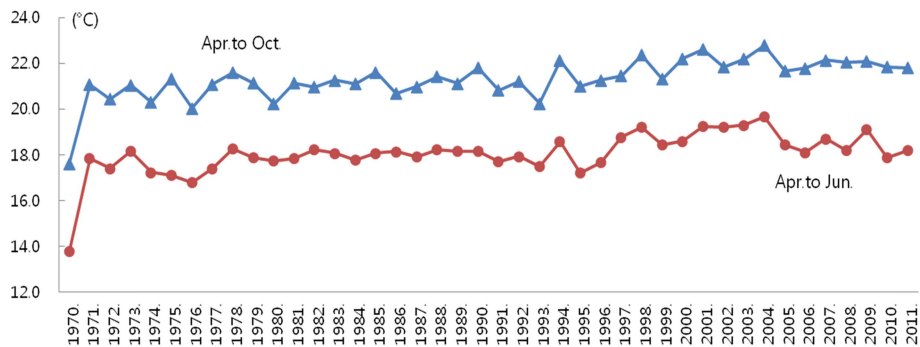


Fig. 2. The change of mean temperature at April to October(blue) and April to June(Brown) in Seogwipo-city from 1970 to 2011 (by Korea Meteorological Administration).

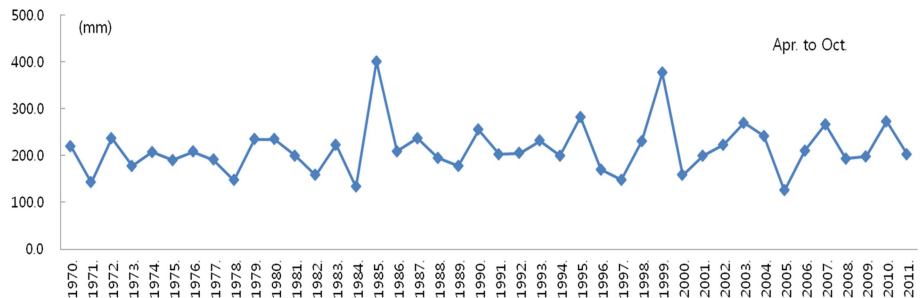


Fig. 3. The change of mean precipitation at April to October in Seogwipo-city from 1970 to 2011 (by Korea Meteorological Administration).

6~9년 사이에 신속한 성장을 하다가 이후 불규칙한 성장을 하였으며, 37~45년 사이에서 다시 증가하는 양상으로 변화된 반면, 하위 3가계(Hyena-2, Sangeun-3, Yago-6)는 37~45년 사이에서 성장폭이 대폭 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 2, 3). 미국으로부터 도입된 27년생 스트로브잣나무 6개 산지의 경우 11년생까지는 비슷한 경향으로 증가하다가 그 이후부터는 산지별로 다른 양상을 보이고 있으며 수고와 흉고직경의 성장패턴이 다른 것으로 나타났다(Choi, 2010).

3.3. 개체유전력과 가계유전력

개체유전력은 수고의 경우 0.30, 흉고직경은 0.37, 재적은 0.34로 나타났다. 반면 가계 유전력은 각각 0.68, 0.75, 0.75로 개체유전력에 비해 매우 높게 나타났다(Table 10). 제주에 조성된 곰솔 수형목 69가계의 유전력을 분석한 결과(Han et al., 2007), 개체유전력은 수고가 0.245, 흉고직경이 0.203, 재적은 0.257로 나타났으며, 전나무 수형목 풍매차대 38가계의 경우(Ahn et al., 1994) 가계 유전력은 수고가 0.55, 흉고직경은 0.25로 나타났다. 잣나무 풍매차대 15가계 6

Table 10. Result of heritability for growth of *C. obtusa* families

	Height	DBH	Volume
σ^2_W	5207.6	31.86	0.0279
σ^2_{fb}	101.2	1.04	0.0009
σ^2_f	434.0	3.31	0.0027
h^2_l	0.30	0.37	0.34
h^2_f	0.68	0.75	0.75

년생의 경우 수고의 개체유전력과 가계유전력은 각각 0.57, 0.89였으며, 근원경의 경우는 각각 0.26, 0.72로 나타났다(Chon and Kim, 1986). 다른 수종의 결과에 비해 편백의 흉고직경의 유전력이 수고의 유전력보다 높은 것은 특이한 결과이다. 또한 가계유전력이 높은 것은 개체선택보다는 가계선택이 유리함을 의미하며 이는 다른 수종의 연구결과와도 유사함을 알 수 있었다.

3.4. 연령간 상관관계

Pearson의 단순 상관을 이용하여 연령간의 상관관계를 분석한 결과, 수고 성장의 경우 각각 6년생과 9년생 사이, 9년생과 15년생 사이, 15년생과 27년생 사

Table 11. The Pearson's correlation coefficients among heights of *C. obtusa* at various ages

Age	6yr.	9yr.	15yr.	27yr.	37yr.	42yr.
6yr.						
9yr.	0.5503*					
15yr.	-0.1817	0.5683*				
27yr.	-0.2258	0.3046	0.6975**			
37yr.	-0.0072	0.2253	0.3452	0.1749		
42yr.	0.4328	0.0577	-0.1866	-0.1911	-0.219	

Table 12. The Pearson's correlation coefficients among DBH of *C. obtusa* at various ages

Age	6yr.	9yr.	15yr.	27yr.	37yr.	42yr.
6yr.						
9yr.	0.8704**					
15yr.	0.3983	0.5101*				
27yr.	0.4930*	0.6365**	0.2244			
37yr.	0.1839	0.0504	-0.1103	0.1288		
42yr.	0.3092	0.3830	0.2415	0.5466*	-0.0042	

이에 정의 상관관계가 유의한 것으로 나타났다(Table 11, 12). 비교적 가까운 연령대간에는 정의 상관관계가 나타났으나 유령기와 현재(42년생)간의 상관관계는 없는 것으로 나타났다. 흉고직경 생장의 경우 6년생과 9, 27년생 사이, 9년생과 15, 27년생 사이, 27년생과 42년생 사이에 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 흉고직경의 경우 유시 생장과 중기생장(27년생) 사이에는 정의 상관이 존재하는 것으로 판단된다. 경기 화성에 도입된 스트로브잣나무의 경우(Choi, 2010) 관측된 모든 연령간에 정의 상관관계가 강하게 존재하였으며, 독일가문비나무(Konig 1988; Choi *et al.*, 2007)에서도 유사한 경향이 나타났다. 반면 테다소나무

(Kwon *et al.*, 2007)나 소나무(Kwon *et al.*, 2006)의 경우는 중기생장(20~30년생)에 들어서야 순위가 안정되는 것으로 보고되었다. 본 연구의 경우, 편백은 유시 생장과 후기 성장에는 상관관계가 존재하지 않았고 성장 순위도 매우 불규칙하게 변동하는 경향을 보여 우수가계를 조기에 선발하는 것은 어려울 것으로 판단된다.

3.5. 편백의 성장과 기후요소와의 관계

Kim *et al.*(2008)에 의하면, 입지환경인자를 바탕으로 한 편백의 지위지수 추정 연구 결과, 편백의 수고 성장에 가장 많은 영향을 미치는 환경인자는 기후대인 것으로 나타났다. 침엽수인 편백은 고정성장(fixed growth)을 하기 때문에 수고 성장에 영향을 미치는 4~6월까지, 흉고직경 성장에 영향을 미치는 4~10월까지의 기상자료를 사용하여(Korea Meteorological Administration), 생육기간 동안의 기온과 성장을 비교해 보았다(Fig. 2). 성장자료가 매년 조사되어 기록되지 않았고, 단일 시험지이기 때문에, 해마다의 기온과 성장을 비교하는 것과 기후요소와 성장간의 상관관계를 분석하는 것은 불가능하지만, 연령별 혹은 연령간 성장자료를 바탕으로 간접적으로 기후요소와의 관련 경향을 조사하였다. 평균 연령간 수고 생장이 우수하였던 1978년부터 1984년(9~15년생) 기간 이후로 온도가 조금씩 상승하고 있었고, 2006년부터 2011년(37~42년생) 기간이 다른 기간에 비해 생육기간(4~6월)의 기온이 조금 낮아지는 경향을 보였다. 흉고직경 생장의 경우도 1975~1978년(6~9년생)에 기온이 비교적 낮아지고 있을 때 평균 연령간 생장이 다른 연령대에 비해 좋은 것으로 나타났다. 흉고직경 생장의 경우,

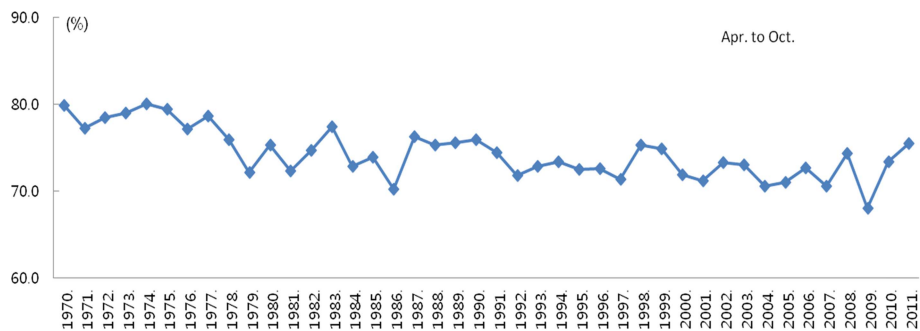


Fig. 4. The change of mean relative humidity at April to October in Seogwipo-city from 1970 to 2011 (by Korea Meteorological Administration).

생장이 우수했던 6~9년생의 생육시기에 상대습도(75.9~79.4%, 전체 평균 74.4%)가 다른 해에 비해 비교적 높았으며, 강수량(147.0~208mm, 전체 평균 213.7mm)의 경우는 적은 경향을 보였다(Fig. 3, 4). 우리나라 4개 지역에 도입된 39년생 스트로브잣나무의 경우(Choi, 2010) 수고생장은 강수량과 안개일수와 정의 상관관계가, 흉고직경 생장은 기후요소보다는 고도와 토양함량 등에 상관관계가 존재하였다. 27년생 독일가문비나무(Choi *et al.*, 2007)의 경우 시험지의 기온과 부의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

IV. 적 요

제주지역에 도입된 편백 18가계의 초기 성장부터 현재(42년생)까지의 연령별 수고, 흉고직경, 재적생장을 분석하였다. Yako-7, Muei-1, Sangsong-9 가계가 우수한 성장을 하였으며, Sangeun-3, Yago-6, Hyena-2 가계의 생장이 저조한 것으로 나타났다. 연령별 평균생장을 분석한 결과, 수고생장은 9년생에서 15년생 사이의 생장이 다른 연령대에 비해 우수하였으며, 흉고직경의 생장은 특별한 경향이 관찰되지 않았다. 수고, 흉고직경, 재적의 가계유전력은 각각 0.68, 0.75, 0.75로 추정되었으며, 연령간의 생장을 비교한 결과, 유노상관 관계는 없는 것으로 판명되었다.

REFERENCES

- Ahn, J. K., W. Y. Lee, D. G. Jo, and D. S. Son, 1994: Heritabilities of growth and wood quality characters in open-pollinated progenies of *Abies holophylla* Max. *Journal of Korean Forest Society* **83**(4), 480-485. (in Korean with English abstract)
- Buijtenen, J. P., and J. L. Yeiser, 1989: Exercises in Quantitative Genetics of Forest Trees. Forest Genetics Laboratory, Texas A&M University. College Station, TX 77843-2131. 106pp.
- Choi, H. S., 2010: Growth performance of *Pinus strobus* provenances and provenance x site interaction in Korea. Seoul National University, Ph. D. thesis. 125pp. (in Korean)
- Choi, H. S., K. O. Ryu, Y. R. Kwon, and H. Y. Kwon, 2007: Growth performance of 27-year-old Norway spruce (*Picea abies*) at four sites in Korea. *Journal of Korean Forest Society* **96**, 145-150.
- Chon, S. K., and D. E. Kim, 1986: Studies on the heritability of *Pinus koraiensis* S. et Z.(III). *Journal of Korean Forest Society* **74**, 61-66. (in Korean with English abstract)
- Forest Genetics Research Institute, 1975: Research reports of forest genetics. Suwon. 707pp. (in Korean)
- Forest Genetics Research Institute, 1984: Research reports of forest genetics. Suwon. 402pp. (in Korean)
- Forest Genetics Research Institute, 1995: Research reports of forest genetics. Suwon. 520pp. (in Korean)
- Forest Genetics Research Institute, 2006: Reports of forest research. Seoul. 394pp. (in Korean)
- Forest Genetics Research Institute, 2011: Reports of forest research. Seoul. 708pp. (in Korean)
- Han, S. U., K. K. 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. (in Korean with English abstract)
- Hieda, T., M. Tazaki, Y. Morishita, T. Aoki, and S. Nagahama, 1996: Sesquiterpene alcohols from *Chamaecyparis obtusa* leaf oil. *Phytochemistry* **42**(1), 159-162.
- Hoshino, D., N. Nishimura, and S. Yamamoto, 2003: Effects of canopy conditions on the regeneration of major tree species in an old-growth *Chamaecyparis obtusa* forest in central Japan. *Forest Ecology and Management* **175**(1), 141-152.
- Kazuharu, O., 2005: Relationships between mean shoot and root masses and density in an overcrowded population of hinoki (*Chamaecyparis obtusa* (Sieb. et Zucc.) Endl.) seedlings. *Forest Ecology and Management* **213**(1), 391-398.
- Kim, D. H., Y. K. Kim, S. G. Lee, and Y. G. Chung, 2008: The effects of site environmental factors on estimation of site index function for *Chamaecyparis obtusa* Endlicher Stands. *Journal of the Environmental Sciences* **17**(8), 891-898. (in Korean with English abstract)
- Konig, A., 1988: Correlations between growth data in the IUFRO 1964/68 Norway spruce provenance experiment. Proc. IUFRO Meeting S02.02. Tjoernarp, Sweden, pp. 249-254.
- Korea Forest Research Institute, 2006: Fifty years of tree breeding in Korea. Utko Press. Seoul. 459pp. (in Korean)
- Korea Forest Service, 2000: Forest and Forestry Technique. Vol.(III) 755pp.(in Korean)
- Koyama, S., Y. Yamaguchi, S. Tanaka, and J. Motoyoshiya, 1997: A new substance (Yoshixol) with an interesting antibiotic mechanism from wood oil of Japanese traditional tree (Kiso-Hinoki), *Chamaecyparis obtusa*. *General Pharmacology* **28**(5), 797-804.
- Kwon, Y. R., K. O. Ryu, H. S. Choi, H. Y. Kwon, and Y. H. Ahn, 2007: Growth performance among 12 provenances of 30 year-old loblolly pine (*Pinus taeda* L.) in Wanju, southern part of Korea. *Korean Journal of Breeding Society* **39**, 412-418. (in Korean with English abstract)
- Kwon, Y. R., K. O. Ryu, I. S. Kim, and K. Y. Lee, 2006: Growth performance of *Pinus densiflora* introduced from six provenances of Japan at Chungju, Korea. *Journal of*

- Korean Forest Society* **95**, 250-255. (in Korean with English abstract)
- Oh, S. Y., and J. H. Park, 2001: Distribution maps of vascular plants in Korea. Academybook Press. 997pp.
- Ozaki, N., S. Hasegawa, and Y. Hirose, 1983: Terpenoids from the seed of *chamaecyparis obtusa*. *Phytochemistry* **22**(8), 1771-1773.
- SAS Institute, 2004. SAS 9.1.2. Qualification Tool User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Wright, J. W., 1976; Introduction to forest genetics. Academic Press. New York, 463pp.
- Yang, J. K., M. S. Choi, W. T. Seo, D. L. Rinker, S. W. Han, and G.W. Cheong, 2007: Chemical composition and antimicrobial activity of *Chamaecyparis obtusa* leaf essential oil. *Fitoterapia* **78**(2), 149-152.
- Yoon, K. B., 1959: A study on exotic forest trees growing. The Research Reports of the Forest Genetics, Korea 102pp.(in Korean)
- Korean Meteorological Administration. <http://www.kma.go.kr>