

잣나무와 소나무의 直徑生長과 Key-Year¹

韓相燮² · 朴完根²

Diameter Growth and Key-Year in *Pinus koraiensis* and *Pinus densiflora* Trees¹

Han Sang Sup² · Park Wan Geun²

要 約

春川近郊와 江原大學校 演習林에서 자라고 있는 잣나무와 소나무의 直徑生長量을 測定하여 多變量解析 方法으로 直徑生長에 미치는 氣象因子的 影響을 調査하였으며, 또한 特異한 氣候變動下에서 나타나는 Key-year를 分析하였다. 그 結果는 要約하면 다음과 같다.

1. 同一한 氣象條件과 立地環境下에서 잣나무의 直徑生長이 소나무의 直徑生長보다 良好하게 나타났다.
2. 잣나무의 直徑生長에 미치는 氣象因子的 影響에 대한 크기는 안개, 日照時數, 降水量, 濕度, 溫量指數, 蒸發量의 順位로 나타났다.
3. 소나무의 直徑生長에 미치는 氣象因子的 影響에 대한 크기는 안개, 日照時數, 濕度, 降水量, 溫量指數의 順位로 나타났으며, 蒸發量은 有意性이 認定되지 않았다.
4. Key-year는 잣나무와 소나무의 直徑生長에 미치는 特異한 氣候變動이 있었던 1964年과 1973年에 나타났다.

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of meteorological factors on the diameter growth and Key-year in *Pinus koraiensis* and *Pinus densiflora* trees grown in Chuncheon and Hongcheon.

The results obtained were summarized as follows :

1. The diameter growth of *Pinus koraiensis* was better than that of *Pinus densiflora* grown in the same meteorological condition and site environment.
2. The influence of meteorological factors on the diameter growth of *Pinus koraiensis* was the highest in the descending order fog, hours of sunshine, precipitation, relative humidity, warm index, and evaporation.
3. The influence of meteorological factors on the diameter growth of *Pinus densiflora* was the highest in the descending order fog, hours of sunshine, relative humidity, precipitation, and warm index. But evaporation was not significant.
4. The Key-years for *Pinus koraiensis* and *Pinus densiflora* trees appeared in 1964 and 1973 when the diameter growth was influenced by the specific climate change.

Key words : diameter growth ; Key-year ; *Pinus koraiensis* ; *Pinus densiflora*.

¹ 接受 3月 24日 Received on March 24, 1988.

² 江原大學校 林科大學 College of Forestry, Kangweon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

NEC PC-8001 MkII 퍼스널 컴퓨터에 의해 계산하였다.

한편 Key-year의 추정은 각 調査地마다 80本을 대상으로 連年生長量을 조사하여 과거의 生長量으로부터 현재로 소급 추정하는 방법으로 測定前年度 年輪幅보다 測定年の 年輪幅이 크면 +, 작으면 -, 같으면 0으로 하였다. 이들 連年生長量의 +, -, 0을 累積二項確率分布 ${}_nC_0(0.5)^n + {}_nC_1(0.5)^n + \dots + {}_nC_k(0.5)^n$ 로 나타내어 0.05보다 작게되는 최대의 K를 求하면 +(또는 -)가 일어날 確率이 0.5라는 假說을 5%의 危險率에서 棄却시키며, 그 棄却된 年을 Key-year로 決定하였다¹²⁾. 各 調査地의 林木別 Key-year를 各 調査地間에 crossdate하여 氣候變動의 影響으로 나타나는 Key-year를 分析하였다.

結果 및 考察

1. 直徑生長에 미치는 氣象因子의 影響

잣나무와 소나무 各 10本の 標準木에 대하여 最近 20年間의 連年生長量과 그에 關與하는 20年間의 氣象因子를 Table 1과 같은 Category로 分類하여 反應 pattern表를 作成하였으며, 이 分類表에 의해 每年의 年輪幅과 6개 氣象因子와의 關係資料를 입력시켜 電算處理한 結果를 Table 2에 나타냈다.

數量化의 計算 結果, 重相關係數는 잣나무에서 0.4425이고 소나무에서 0.4094로 모두 1% 水準에서 有意性이 인정되었지만 설명하는 精度는 낮았다. 따라서 氣象要因에 의한 影響을 보다 높은 精度로 설명하기 위해서는 이들 以外の 氣象因子인 최고·최저 氣溫의 差나 風速과 같은 要因도 첨가시킬 필요가 있다고 생각된다. 年輪幅의 生長에 미치는 氣象因子중 影響의 크기 順位를 Table 2의 偏相關係數에서 보면 안개, 日照時數, 降水量,

相對濕度, 溫量指數, 蒸發量의 順位로 나타났으며 이들 모두 1% 水準에서 有意性이 인정되었다. 또 소나무에서는 偏相關係數의 크기가 안개, 日照時數, 相對濕度, 降水量, 溫量指數, 蒸發量의 順位로 나타났으며, 이 가운데 안개, 日照時數, 相對濕度는 1% 水準의 有意性을 나타냈고 降水量, 溫量指數는 5% 水準에서 有意性을 나타냈으나 蒸發量은 有意性이 인정되지 않았다. 이러한 結果는 잣나무와 소나무의 直徑生長에는 溫度要因보다 林木의 光合成과 直接的인 關係를 가지고 있는 안개, 日照量, 濕度 등이 더 크게 影響을 미치고 있다고 볼수 있다. 따라서 春川近郊의 잣나무와 소나무의 直徑生長에는 안개일수가 가장 크게 影響을 알 수 있다. 안개는 土地의 放熱을 制限해서 晩霜害를 작게하지만 光線을 吸水해서 開葉을 지연시키며, 同化作用을 減少시키는 등 生長에 크게 作用한다는 報告^{5,6)}에 의하면 他地域보다 人工湖水가 많아 안개가 많이 발생하는 春川地域에서는 안개의 影響이 林木生長에 크게 작용하고 있다고 생각된다. 日照時數 및 濕度의 影響도 대단히 크게 나타났는데 이는 高橋¹¹⁾의 報告에서 林木의 生長에는 6月の 雨量이 가장 깊은 關係를 나타내며, 다음으로 日照量이 雨量과 비슷한 相關을 보인다고 한것과 거의 일치하는 結果를 얻었다.

일반적으로 樹木은 過剩의 水分環境下에서는 오히려 氣孔閉鎖가 일어나 光合成과 蒸散速度가 減少하여 生長의 低下를 가져오지만, 林木의 生長은 보통 乾燥氣候보다 濕潤한 氣候에서 生長이 좋다고 韓과 李³⁾의 報告에서 밝히고 있다. 따라서 春川近郊의 森林은 昭陽댐, 春川댐, 의암댐의 건설로 인해 주변이 湖水로 둘러싸여 水分環境이 매우 좋아져 林地의 微生物 活動이 활발하여 落葉, 落枝 등의 分解速度가 높아지고, 이로인한 土壤養分의 증가로 林木生長이 促進된다고 생각된다. 반면 林木生長에 영향하는 因子들의 모든 偏相關係數가

Table 2. Partial correlation coefficient and multiple correlation coefficient for meteorological factors.

Species	Partial correl. coeffi.						Multiple correl. coeffi.
	Warm index (X1)	Precipitation (X2)	Relative humidity (X3)	Hours of sunshine (X4)	Evaporation (X5)	Fog (X6)	
<i>P. koraiensis</i>	0.2902**	0.3299**	0.3087**	0.3359**	0.2615**	0.4221**	0.4425**
<i>P. densiflora</i>	0.1448*	0.1560*	0.2411**	0.3193**	0.1127	0.3669**	0.4094**

* significance at 5% level
 ** significance at 1% level

소나무보다 잣나무에서 더 높게 나타났다. 이는 잣나무 생장이 소나무 생장보다 氣象因子的 변동에 민감한 반응을 나타내는 것을 시사해 주고 있다. 盧¹⁰⁾에 의하면 잣나무는 소나무보다 生育期日의 平均氣溫合計가 작고 추운 지방에서 잘 자란다고 하며, 또 鄭과 李²⁾의 報告에 의하면 소나무는 약간 乾燥地에서 잘 生育하며, 잣나무는 土深肥沃한 지역에 生育하는 習性을 지녔다고 한다. 비교적 生育氣溫이 낮고 水分環境이 좋은 本 調査地에서는 잣나무의 生育에 더 적합한 環境으로 생각된다.

2. 直徑生長과 Key-year

特異한 氣候變動下에서 나타나는 Key-year의 分析을 위해 年輪幅의 生長 pattern 比較를 Fig. 1에 나타냈다.

그 結果 年輪幅의 變化는 各 調査地에서 매우 유사한 pattern을 보이며, 同一한 氣象條件과 立地環境下에서는 잣나무의 直徑生長이 소나무의 直徑生長보다 良好한 것으로 나타났다. 그리고 年平均生長量이 幼齡木일 때는 良好하나 老齡木으로 갈수록 生長量의 減少를 보이는데 Fig.1에서 알수 있듯이 두 樹種 공히 1973年 이후부터 生長 增加

를 보였으며, 특히 잣나무는 현저한 生長 增加를 나타냈다. 이것은 1972年度에 29億ton의 相대한 貯수량을 가진 昭陽댐의 完공으로 주변의 森林에 水分環境이 좋아져 生長이 增加한 것으로 생각된다. 또한 生長이 完만한 상태에서 1973~1975年과 같이 갑자기 生長이 良好한 것은 그 해의 氣候環境이 最適이거나 特異한 氣候變動의 影響인 것으로 생각된다. 반면 連年生長量이 갑자기 低下된 것은 氣候環境이 급격히 變化한데 기인한 것으로 추측된다.

Table 3에 Key-year의 分析을 위해 各 調査地의 相對年輪幅을 나타냈다. 各 調査地 標本들의 相對年輪幅(RRW_s)은 +, -, 0에 해당되는 수로서 表現되었으며 +와 -의 相對年輪幅은 거의 같은 頻度로 발생하였다. 그러나 0相對年輪幅은 4개 조사지에서 總相對年輪幅의 平均 3.2% 以下로 나타났다. 各 調査地의 年輪分析에서 +와 - 相對年輪幅의 50%에 가까운 出現은 二項式에 대한 標本의 정상적인 근사값을 사용한 것으로 立證되었다. 이와같은 結果는 調査地에 대한 확률값 P+= 0.5라는 假說을 강력하게 지지하는 것으로서 그 범위는 0.43~0.54로 나타났다. 확률값 0.43~0.54는 Heikkinen¹⁾의 研究 報告보다 더욱 精度가

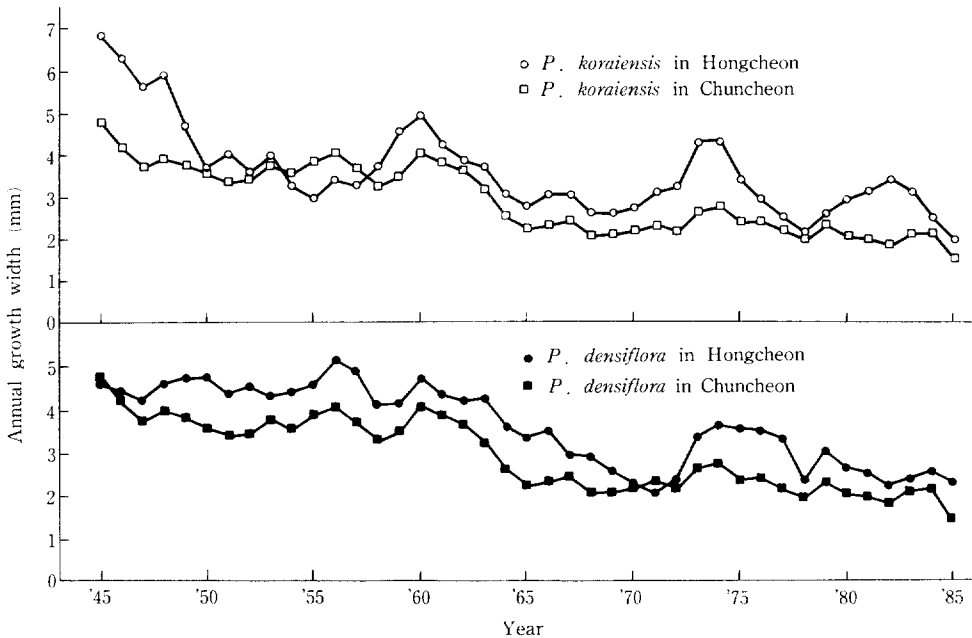


Fig. 1. Comparison of two patterns by the change of the mean annual ring width for the species of the study sites.

Table 3. Numbers of greater(+), less(-), and equal(0) relative ring widths for the study sites.

Site	Species	No. of samples	Relative ring widths			Total
			+	-	0	
Chuncheon	<i>P. densiflora</i>	80	1497 (46.8%)	1581 (49.4%)	122 (3.8%)	3200
Chuncheon	<i>P. koraiensis</i>	80	1660 (51.9%)	1484 (46.4%)	56 (1.7%)	3200
Hongcheon	<i>P. densiflora</i>	80	1541 (48.2%)	1529 (47.8%)	130 (4.0%)	3200
Hongcheon	<i>P. koraiensis</i>	80	1380 (43.1%)	1725 (53.9%)	95 (3.0%)	3200

Table 4. Numbers of the Key-year (P=0.05) occurring within the Key-year pattern for the study sites.

Site	No. of samples	Key-years			
		Length	+	-	Total
	Trees	YearsNumber.....		
<i>P. densiflora</i> (Hongcheon)	80	40	7	9	16
<i>P. koraiensis</i> (Hongcheon)	80	40	11	18	29
<i>P. densiflora</i> (Chuncheon)	80	40	6	12	18
<i>P. koraiensis</i> (Chuncheon)	80	40	11	5	16

높았다. 各 調査地에서 樹種別 Key-year 형태를 Table 4에 나타냈다.

Key-year 형태는 各 調査地마다 80개의 標木을 40年間 P* = 0.5라는 累積二項確率式에 의해 계산하였다. 계산한 結果 매년 調査된 80개 標本 가운데 + 또는 -의 相對年輪幅이 49개 이상이면 5%의 危險率에서 棄却되지 않기 때문에 그러한 해에는 Key-year 형태를 나타낸다고 할수 있으며, 우연 발생적으로 일어날 수 있는 確率は 0.0331이다. 따라서 Key-year 형태에서 +와 - 相對年輪幅의 確률이 0.43~0.54인 것은 우연 발생 확률

Table 5. Numbers of relative ring widths (RRWs) for tree samples in the study sites and the Key-year pattern from 1962 to 1975.

Species	Synopsis of agreement	Relative ring widths, by year														
		'62	'63	'64	'65	'66	'67	'68	'69	'70	'71	'72	'73	'74	'75	
<i>P. koraiensis</i> (Chuncheon)	Greater	24	29	26	28	46	54	34	36	49	53	59	67	46	39	
	Less	53	48	52	51	33	26	45	44	31	26	21	13	33	41	
	Equal	3	3	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
	Key-year pattern	-		-	-		+			+	+	+	+			
<i>P. densiflora</i> (Chuncheon)	Greater	40	41	11	30	37	23	44	34	25	33	53	68	55	24	
	Less	36	36	65	45	39	56	34	45	50	41	22	12	23	50	
	Equal	4	3	4	5	4	1	2	1	5	6	5	0	2	6	
	Key-year pattern			-			-			-		+	+	+	-	
<i>P. koraiensis</i> (Hongcheon)	Greater	28	30	18	23	44	41	16	36	42	54	46	69	41	10	
	Less	50	47	62	55	36	36	62	41	36	24	34	11	39	70	
	Equal	2	3	0	2	0	3	2	3	2	2	0	0	0	0	
	Key-year pattern	-		-	-		-				+		+		-	
<i>P. densiflora</i> (Hongcheon)	Greater	40	41	11	30	37	23	44	34	25	33	53	68	55	24	
	Less	36	36	65	45	39	56	34	45	50	41	22	12	23	50	
	Equal	4	3	4	5	4	1	2	1	5	6	5	0	2	6	
	Key-year pattern			-			-			-		+	+	+	-	

0.0331보다 매우 높다. 이것은 氣象因子の 영향에 의해 높은 확률값을 나타냈다고 할 수 있다. 各調査地의 Key-year형태는 연습림내 잣나무林에서 29개, 소나무林에서는 16개이며, 春川近郊의 잣나무林에서는 16개, 소나무林에서는 18개를 나타내고 있다. 이 가운데 4개 조사지에 공통으로 + 또는 -가 일치하는 年을 찾기 위한 기초 計算表를 Table 5에 나타냈다.

Table 5에 기초를 두고, Key-year를 찾아내기 위하여 春川近郊 소나무林에 나타난 Key-year형태를 표본으로 하여 나머지 조사지역을 crossdate시켜 Fig. 2에 나타냈다.

1964년에는 -의 Key-year가 나타났고, 1973년에는 +의 Key-year가 나타남을 보여주고 있는데 1973年の 氣象資料를 비교해 보면 그 前後年度와 상당한 차이가 있음을 보여주고 있다. 그러므로 特異한 氣候變動下에서는 Key-year가 나타남을 알 수 있다. 비록 狹小한 地域을 대상으로 조사한 것이지만 40年 사이에 2개의 Key-year가 존재함을 보여주었으며, 그 結果는 Heikkenen⁴⁾의 연구 결과보다는 Key-year가 발생하는 횟수가 적게 나타났고 高田¹²⁾가 杉나무에 대하여 조사한 결과와

는 비슷하였다. 이는 큰 大陸을 갖는 곳은 특이한 氣候變動이 많음을 의미하며 韓國과 日本처럼 작은 나라에서는 特異한 氣候變動이 적음을 의미하는 것이다. 특히 1973년에 特異한 氣候變動이 발생하여 Key-year가 나타난 것은 1972년에 昭陽댐을 완공하여 淡水했기 때문에 春川近郊 地域에 分布한 잣나무와 소나무의 生長을 促進시킨 결과라고 생각된다. 따라서 氣候變動이 발생하면 林木生長에 크게 影響한다는 것을 알 수 있다. 이상과 같은 結果를 綜合考察하면 잣나무와 소나무의 直徑生長에 가장 크게 影響을 미치는 것은 안개일수와 日照時數이었으며, 이는 春川近郊의 댐 건설로 인한 氣象變化에서 기인된 것이라고 생각된다. 그밖에 降水量, 濕度, 溫量指數, 蒸發量도 이들 나무의 直徑生長에 상당한 影響을 미치는 것으로 나타났다. 특히 特異한 氣象因子の 變動이 생기는 해에 잣나무와 소나무의 直徑生長이 크게 影響을 받아 Key-year가 存在하는 것으로 나타났다. 그러므로 林地에 局所的으로 作用하는 微氣候의 影響도 直徑生長에 크게 作用할 것으로 推測되며, 이에 대한 것도 今後 檢討할 課題이다.

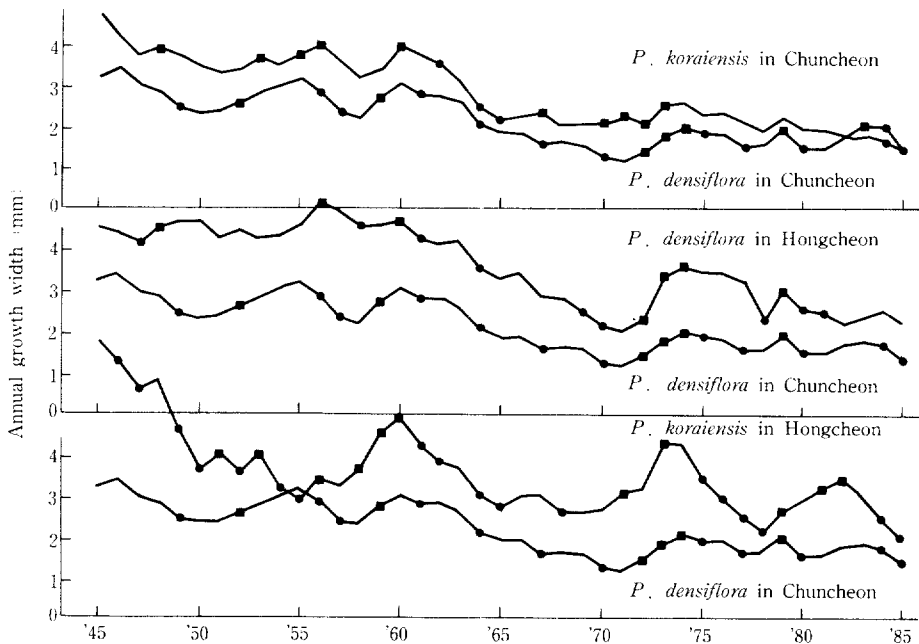


Fig. 2. The graph was drawn to determine the Key-year of *Pinus densiflora* growing in Chuncheon.

引用文獻

1. 全尙根, 金一顯. 1982. 잣나무 着果量에 미치는 몇개 氣象因子의 影響. 韓國林學會誌. 57: 45-51.
2. 鄭台鉉, 李愚喆. 1965. 韓國森林植物帶 및 適地適樹論. 成大論文集 10: 329-435.
3. 韓相燮, 李在善. 1985. 水分缺乏이 잣나무葉의 光合成, 呼吸, 蒸散速度에 미치는 影響. 江原大學校論文集 22: 118-131.
4. Heikkinen, H.J. 1984. Tree-ring patterns -A Key-year technique for crossdating. - J.For. 82: 302-305.
5. 川口武雄. 1961. 森林物理學(氣象編). 地球出版社. 1-131.
6. Khairi, M.M.A., and A.E. Hall. 1976. Temperature and humidity effects on net photosynthesis and transpiration of citrus. *Physiol. Plant.* 36: 29-34.
7. 小島忠三朗. 1975. 主要樹種의 天然分布와 氣候要因との關係についての 數量化理論による 解析. 林試研報. 271: 1-26.
8. 馬相圭. 1974. 環境因子의 數量化에 의한 잣나무림의 收穫量 推定과 林木生長에 關한 研究. 林試研報. 21: 41-115.
9. 閔庚玆, 高成河, 朴兌榮. 1974. 山林氣象에 關한 研究. 林試研報. 21: 231-243.
10. 盧義來. 1983. 氣象因子에 의한 우리나라 森林樹種의 生育範圍 및 適地適樹에 關한 研究. 韓國林學會誌 62: 1-18.
11. 高橋宏明. 1971. スギ林의 直徑生長(IV). 直徑生長と 氣象因子との 相關. 日林誌. 53: 315-318.
12. 高田和彥. 1985. 스기의 直徑生長における Key-year について. 日林誌. 67: 240-242.
13. 高田和彥. 1980. 天然스기의 直徑生長における 氣候變動と 個樹變動. 新大演報. 13: 69-74.
14. 武市伸幸. 1983. 氣象要素의 變動에 對する 樹木의 反應의 解析手法について. 日林誌. 65: 179-182.
15. 尹種和. 1972. 多變量 解析에 의한 林木生長에 關한 研究. 江原大學校 演習林報告 1: 3-55.