

# *Pinus rigida* × *taeda* 針葉內 養料水準의 變異에 關한 몇가지 要因의 影響\*<sup>1</sup>

金智文\*<sup>2</sup> · 權琦遠\*<sup>2</sup> · 宋鎬京\*<sup>2</sup> · 金鼎錫\*<sup>3</sup>

## Effect of Some Factors on the Variation of Nutrient Level in *Pinus rigida* × *taeda* Needle\*<sup>1</sup>

Chi Moon Kim\*<sup>2</sup> · Ki Won Kwon\*<sup>2</sup> · Ho Kyung Song\*<sup>2</sup> · Chung Suk Kim\*<sup>3</sup>

Foliar nutrient concentrations of N, P, K, Ca, Mg, total sugar, starch, ether extracts were determined for three *Pinus spp.*, that is, *P. rigida*, *P. taeda*, *P. rigida* × *taeda*, divided by tree age (16~19-year old, 6-year old), leaf age (current, over-winter, one-year old), planting location (Kyonggi-Do, Chungnam-Do, Junbuk-Do). Foliar compositions of inorganic nutrients were generally put in order of N(0.764~1.502%) > K(0.130~0.491%) ≥ Ca(0.165~0.442%) > Mg(0.054~0.121%) ≃ P(0.041~0.129%) in all the species. The concentrations of total sugar and ether extracts respectively ranged from 5 to 15% of the needles in dry weight base. The concentrations of N, P and K were similarly high in the over-winter needles (sampled in February), but those of Ca were generally high in one-year old needles. As a whole, inorganic nutrient levels in the needles showed different patterns with species, tree age, leaf age and location. There were generally positive correlations between nitrogen and phosphorus in foliar concentrations. Foliar concentrations of total sugar showed the ranking of *P. rigida* > *P. rigida* × *taeda* > *P. taeda* and the lowest levels in February. Starch in the needles were contained about 10% of total sugar, and the variations of starch level were not regular with the studied factors. Ether extracts contents increased more or less with leaf age but changed irregularly with the other factors.

소나무屬의 세 가지 樹種인 *P. rigida*, *P. taeda*, *P. rigida* × *taeda* 에 對하여 樹齡(16~19年生, 6年生), 葉令(當年葉, 越冬葉, 1年된 老葉), 植栽地域(京畿, 忠南, 全北)別로 区分, N, P, K, Ca, Mg, 全糖, 澱粉, 에테르抽出物과 같은 養料의 針葉內 濃度가 分析되었다. 葉內 無機養料의 構成은 일반적으로 모든 樹種에서 N(0.764~1.502%) > K(0.130~0.491%) ≥ Ca(0.165~0.442%) > Mg(0.054~0.121%) ≃ P(0.041~0.129%) 順이었다. 全糖과 에테르抽出物의 濃度は 各各 乾重量으로 針葉의 5~15%로 分布되었다. N, P, K의 濃度は 2月の 越冬葉에서 비슷하게 높았지만 Ca는 1年목은 老葉에서 높은 濃度を 보였다. 全体的으로 보아, 針葉內 無機養料水準은 樹種, 樹齡, 葉令, 地域에 따라 다른 樣相을 보이고 있었다. N과 P의 葉中濃度は 일반적으로 正의 相関을 보이고 있었다. 全糖의 葉中濃度は *P. rigida* > *P. rigida* × *taeda* > *P. taeda* 順이었고 2月에 가장 낮은 水準이었다. 針葉內 澱粉은 全糖의 10% 程度이었고 그 水準의 變異는 調査因子에 따라 均一하지 않았다. 에테르抽出物의 含量은 葉令과 함께 다소 增加하였지만 다른 要因에 對해서는 不規則하게 變하였다.

### 結 論

*Pinus rigida* × *taeda* 는 그 母樹인 *Pinus rigida*의 瘠地適應性和 耐寒性, 父樹인 *Pinus taeda*의 優秀한

生長 및 材質特性이 結合된 雜種으로 現在 主要造林樹種으로 評價되어 널리 普及되고 있다. 이 소나무들에 對한 研究는 多方面으로 遂行되어 興味있는 많은

\* Received for publication on June, 10, 1981

\* 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chung Nam National Univ., Daejeon, Korea

\* 慶尙大學校 Kyong Sang National Univ., Jinju, Korea

事實들이 밝혀지고 있다. 그러나 本研究에서 對象으로 하는 樹体内 養料水準에 關한 內容은 이 나무들의 瘠地適應性, 耐寒性, 生長力等과 密接한 關係를 지닐 것으로 評價되는데 反해 이에 對한 分析研究은 全無한 事實이다. 그러므로 이 나무의 普及擴大 및 더 以上の 改良을 爲해서는 반드시 밝혀야 할 事項이라 思料되어 本研究은 우선 이같은 養料狀態가 樹種, 地域, 樹齡, 葉令等の 因子別로 어떠한 變異를 보이는가 하는 點에 重點을 두고 分析하였다.

本研究은 財團法人 産學協同財團의 學術研究費에 依해 遂行되었으며 財團 및 關係여러분에게 深甚한 謝意를 表하는 바이다.

## 研究史

이미 發表된 많은 研究結果에서<sup>38,40,41,42,43</sup> 言及된 바와같이 *P. rigida* × *taeda*는 兩親樹의 優秀한 形質을 고루 간직한 雜種소나무이다. 이 나무의 耐寒性, 瘠地適應性, 生長力은 대체로 兩親樹의 中間程度로 이들 特性은 樹体内의 養料狀態와 密接한 關聯이 있을 것으로 생각된다. 그렇지만 樹体内 養料狀態는 樹種에 따라<sup>38,32</sup> 產地나 品種,<sup>39,44,45</sup> 더 나아가서 遺傳子型에

따라<sup>46</sup> 그 樣相이 다르고 나무 자체의 樹齡,<sup>18,35,36,47</sup> 季節,<sup>48,49,18,20,22,27</sup> 나무의 部位間<sup>18,36,20</sup> 에도 各各 相異한 變異를 보이고 있어 이들의 分析이나 結果解析에 많은 어려움이 있다. 그러나 이같은 變異는 대단히 興味 있는 事實로 變異의 幅이 크면 클수록 나무를 改良할 수 있는 可能性은 높다고 볼수있다. 또한 土壤, 立地에 따른 樹体内 養料水準의 差異,<sup>2,18,39,34</sup> 施肥條件에 따른 養料吸收相과 含量의 差異,<sup>2,3,24,25,28,36,44</sup> 水分이나 氣候條件에 依한 養料水準<sup>11,9,21</sup> 등 主要 生態學的 因子와의 關係를 分析한 수많은 研究結果들도 그때 그때의 諸條件에 따라 各各 相異한 傾向을 보일 때가 많다. 그러므로 이를 特定한 樹種이나 條件이 適用시켜 說明하고자 할때는 誤謬를 범할 危險性이 높다. 나무의 生長과 樹体内 養料水準간 에 보이는 相関<sup>3,12,15,17,26,27</sup> 養料의 要求度, 養料의 移動樣相<sup>11,29</sup> 과 같이 生理的인 面으로 分析한 研究에서도 重要한 內容들이 報告되는데 이들 역시 한마디로 簡單히 定理하기는 쉽지 않다. 이와같은 點들을 考慮할때 *P. rigida* × *taeda* 및 그 兩親樹들에 對해서는 이 나무들이 앞으로 차지하게 될 比重으로 보아 앞서의 內容들에 대한 보다 具體的이고 깊이있는 分析이 반드시 必要할 것이다.

Table 1. Topographical Status of the Sampling Plantations

Species	Tree Age	Sampling Plantation	(m) Altitude	Aspect	Slope°	Soil Depth	Soil Texture	Soil Moisture
<i>Pinus rigida</i>	19	Kyong Gi Do	100	S. E.	5~10	Medium	Loam	Moderate
	16	Chung Nam Do	100	S. W.	15~20	Medium	Clay Loam	Moderate
	16	Jun Buk Do	300	W.	30~45	Shallow	Sandy Loam	Moderate
	6	Kyong Gi Do	100	S. W.	10~20	Medium	Loam	Moderate
	6	Chung Nam Do	100	W.	10~15	Medium	Loam	Moderate
	6	Jun Buk Do	250	N.	15~30	Medium	Sandy Loam	Moderate
<i>Pinus rigida</i> × <i>aeda</i>	19	Kyong Gi Do	100	S. E.	5~10	Medium	Loam	Moderate
	16	Chung Nam Do	100	S. W.	15~20	Medium	Clay Loam	Moderate
	16	Jun Buk Do	300	W.	30~45	Shallow	Sandy Loam	Moderate
	6	Kyong Gi Do	100	S. W.	10~20	Medium	Sandy Loam	Moderate
	6	Chung Nam Do	100	W.	10~15	Medium	Loam	Moderate
	6	Jun Buk Do	250	N.	15~30	Medium	Sandy Loam	Moderate
<i>Pinus taeda</i>	18	Chung Nam Do	100	E.	10	Medium	Loam	Moderate
	18	Jun Buk Do	350	S.	20~30	Medium	Sandy Loam	Moderate
	6	Chung Nam Do	100	S. W.	10~25	Medium	Loam	Moderate
	6	Jun Buk Do	250	S.	30	Shallow	Silt Sandy Loam	Moderate

材料 및 方法

分析試料는 京畿, 忠南, 全北의 3個試驗林地에서 16~19年生, 6年生의 두가지 令級으로 区分하여 各 5株씩 選定한 後 3次에 걸쳐 採取한 針葉을 材料로 하였다. 京畿地域은 華城郡 梅松面의 2個 試驗林地로 表 1에서 처럼 海拔 100m의 緩傾斜 砂質壤土 또는 壤土로 된 곳이다. 이곳은 *P. taeda*의 生育이 어려운 地域으로 *P. rigida*와 *P. rigida* × *taeda*의 試料만 採取되었다. 忠南地域은 大德郡 儒城邑과 鎭

岑面의 2個地區 4個 試驗林地로 海拔 100m 緩傾斜의 埴壤土 또는 壤土로 이루어졌으며 세 樹種 모두 試料를 採取하였다. 全北은 完州郡 昭陽面의 4個 試驗林地로 海拔 250~350m, 傾斜 15~45°의 急傾斜를 이룬 곳이며 주로 砂壤土로 된 곳이다. 이 地域도 忠南에서와 같이 세 樹種 모두 試料를 採取했다. 試料採取는 表 2에 보이는 바와 같은 狀態의 나무에서 '80年 8月 中旬에 새로 나온 新葉과 1年지난 老葉을, '81年 2月初旬에 越冬중인 잎을 樹冠中央部의 四方向에서 고르게 採取한 後 그 一部를 試料로 하였다.

Table 2. The Conditions of Sampling Trees and their Needles.

Species	Tree Age	Sampling Plantation	Tree (m) Height	D.B.H. (cm)	Needle Length(cm)			
					Aug. (Current)	Feb. (Over-Winter)	Aug. (1-Year Old)	
<i>Pinus rigida</i>	19	Kyong Gi Do	$\frac{6.2}{5.5\sim7.5}$	$\frac{9.5}{8.6\sim11.1}$	$\frac{8.7}{7.4\sim11.0}$	$\frac{9.4}{8.6\sim10.3}$	$\frac{8.8}{7.3\sim10.3}$	
	16	Chung Nam Do	$\frac{4.8}{4.5\sim5.5}$	$\frac{9.6}{8.9\sim10.5}$	$\frac{9.1}{7.4\sim12.0}$	$\frac{8.9}{8.1\sim10.4}$	$\frac{9.4}{8.6\sim10.6}$	
	16	Jun Buk Do	$\frac{6.6}{6.0\sim7.0}$	$\frac{10.9}{8.9\sim13.4}$	$\frac{11.0}{9.1\sim12.6}$	$\frac{10.9}{9.5\sim12.2}$	$\frac{11.6}{10.1\sim13.8}$	
	6	Kyong Gi Do	$\frac{1.8}{1.7\sim1.9}$	$\frac{2.0}{1.3\sim 2.2}$	$\frac{6.4}{5.6\sim 7.7}$	$\frac{5.7}{4.6\sim 7.1}$	$\frac{8.7}{6.2\sim11.3}$	
	6	Chung Nam Do	$\frac{1.6}{1.1\sim2.0}$	$\frac{<2.5}{\sim 2.5}$	$\frac{7.8}{6.3\sim 8.8}$	$\frac{9.0}{6.1\sim11.5}$	$\frac{8.5}{7.6\sim10.4}$	
	6	Jun Buk Do	$\frac{2.0}{1.5\sim2.4}$	$\frac{1.8}{1.3\sim 2.2}$	$\frac{7.9}{6.1\sim 9.7}$	$\frac{7.0}{5.9\sim 8.2}$	$\frac{8.6}{7.7\sim 9.7}$	
	<i>Pinus rigida</i> × <i>taeda</i>	19	Kyong Gi Do	$\frac{7.2}{6.5\sim8.5}$	$\frac{12.5}{10.4\sim16.4}$	$\frac{10.5}{8.7\sim11.9}$	$\frac{12.0}{9.9\sim13.9}$	$\frac{9.4}{7.5\sim11.6}$
		16	Chung Nam Do	$\frac{5.3}{5.0\sim6.0}$	$\frac{13.0}{9.6\sim15.0}$	$\frac{10.9}{9.0\sim13.0}$	$\frac{11.2}{8.2\sim13.8}$	$\frac{14.2}{12.1\sim16.4}$
		16	Jun Buk Do	$\frac{8.6}{8.0\sim9.0}$	$\frac{14.0}{12.7\sim16.2}$	$\frac{12.5}{11.8\sim12.9}$	$\frac{12.9}{11.7\sim14.2}$	$\frac{14.8}{12.4\sim17.5}$
6		Kyong Gi Do	$\frac{2.2}{2.0\sim2.6}$	$\frac{3.3}{2.2\sim 4.1}$	$\frac{8.1}{7.4\sim 9.1}$	$\frac{7.4}{6.0\sim 8.6}$	$\frac{9.0}{7.5\sim10.7}$	
6		Chung Nam Do	$\frac{2.4}{1.9\sim2.8}$	$\frac{2.9}{2.2\sim 3.5}$	$\frac{9.9}{7.2\sim11.8}$	$\frac{10.9}{9.0\sim11.7}$	$\frac{10.6}{8.9\sim12.5}$	
6		Jun Buk Do	$\frac{3.4}{2.5\sim3.7}$	$\frac{4.8}{2.5\sim 5.7}$	$\frac{12.9}{11.2\sim15.0}$	$\frac{12.6}{10.8\sim14.4}$	$\frac{13.5}{11.1\sim16.2}$	
<i>Pinus taeda</i>	18	Chung Nam Do	$\frac{7.6}{7.5\sim8.0}$	$\frac{15.2}{10.2\sim18.2}$	$\frac{15.8}{14.1\sim17.3}$	$\frac{16.5}{15.4\sim17.4}$	$\frac{18.7}{17.6\sim20.0}$	
	18	Jun Buk Do	$\frac{11.2}{10.0\sim13.0}$	$\frac{29.0}{24.5\sim34.4}$	$\frac{16.0}{14.8\sim17.5}$	$\frac{16.1}{14.5\sim18.0}$	$\frac{15.0}{12.3\sim17.5}$	
	6	Chung Nam Do	$\frac{0.9}{0.6\sim1.4}$	-	$\frac{13.7}{10.0\sim17.9}$	$\frac{13.7}{12.3\sim16.7}$	-	
	6	Jun Buk Do	$\frac{2.5}{1.9\sim3.0}$	$\frac{3.4}{2.5\sim 4.8}$	$\frac{14.4}{13.0\sim15.4}$	$\frac{15.3}{11.8\sim17.7}$	$\frac{15.1}{12.2\sim18.4}$	

土壤試料은 各 試驗林別로 採取分析 하였다.

II. 分析方法

試料의 化學分析은 植物體의 macro-elements로 알려진 N, P, K, Ca, Mg와 같은 無機養料와 total sugar, starch, ether extracts를 對象으로 하였다. 分析方法은 國際米作研究所에서 提示하는 方法<sup>1)</sup>을 主로 이용하였으며 土壤分析은 農村振興庁 農業技術研究所의 一般分析方法에 準하였다. 즉 N은 試料 200mg을 micro-kjeldahl法에 依해 分析하였으며 P, K, Ca, Mg는 1g의 試料를 Ternary solution (Conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HClO<sub>4</sub>: Conc. HNO<sub>3</sub> = 1:2:5)으로 分解한 後 그 中에서 P는

molybdate-vanadate soln. 으로 發色시켜 spectrophotometer의 420m $\mu$  波長에서 보이는 absorbance를, K, Ca, Mg는 atomic absorption spectrophotometer에 依해 各成分의 波長別로 absorbance를 測定, std. soln.의 結果와 比較하여 定量하였다. total sugar는 100mg의 試料를 80% EtOH로 3回 反復하여 煮沸抽出한 後 anthrone soln.으로 發色시켜 spectrophotometer의 波長 630m $\mu$ 에서 absorbance를 測定 定量하였다. 또한 starch는 sugar를 抽出한 殘渣에 9.2N, 4.6N HClO<sub>4</sub>를 加하여 starch를 糖化시킨 後 total sugar와 같은 方法으로 定量하였다. ether extracts는 試料 1g을 soxhlet 方法으로 24時間 抽出하여 定量하였다.

Table 3. Chemical Properties of the Plantation Soils

Sampling Location	Species	Tree Age	PH 1 : 5 H <sub>2</sub> O	O. M. (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exchangeable (me/100g)			SiO <sub>2</sub> (ppm)
						K	Ca	Mg	
Kyong Gi Do	<i>Pinus rigida</i>	6	5.20	1.55	6	0.18	1.38	0.38	56
	<i>Pinus rigida</i> × <i>taeda</i>	19	5.36	1.28	3	0.14	1.61	0.80	99
Chung Nam Do	<i>Pinus rigida</i>	6	5.22	1.93	-	0.22	0.89	0.35	100
	<i>Pinus rigida</i> × <i>taeda</i>	16	4.99	2.45	8	0.28	1.70	1.34	98
	<i>Pinus taeda</i>	6	4.57	1.03	5	0.14	1.00	0.47	31
		18	4.90	2.48	8	0.13	0.77	0.26	91
Jun Buk Do	<i>Pinus rigida</i>	6	5.06	0.97	16	0.18	1.31	0.31	51
	<i>Pinus rigida</i> × <i>taeda</i>	16	4.94	5.48	17	0.40	3.11	0.91	153
	<i>Pinus taeda</i>	6	5.16	2.90	-	0.15	2.31	0.53	85
		18	5.21	2.07	8	0.14	1.85	0.76	54

結果 및 考察

針葉 및 土壤에 對한 化學分析의 結果는 그림 1~8과 表 3~4에 要約되었으며 이를 成分, 樹種, 樹齡, 葉齡, 地域別로 整理하여 解析하였다.

I. Total Nitrogen

針葉에 存在하는 全窒素의 平均含量은 6年生 *P. rigida* × *taeda*의 老葉에서 最下로 0.764%, 16年生 *P. rigida*의 越冬葉에서 最高值인 1.502%까지 2倍의 差異를 보이고 있었다. 地域의으로는 京畿, 全北

地域에서의 含量이 忠南보다 比較的 높아 地域間 環境差異가 窒素含量에 影響을 미치지 않았나 생각된다. 樹種間에는 地域의으로, 葉齡別로 一定한 傾向을 보이지 않았지만 어린 나무의 窒素含量이 成木보다 다소 높은 點은 指摘할수 있었다. 葉齡間에서는 越冬針葉의 窒素含量이 樹種, 樹齡, 地域을 막론하고 比較的 높은 값을 보이며 1年지난 老葉은 상당히 떨어져 있고 있었다. Gerhold<sup>2)</sup>는 Scotch pine의 針葉에 對한 調査에서 8月에 1.37~1.72%, 다음해 2월에 1.68~1.78%로 窒素含量이 겨울에 다소 높아지는 것을

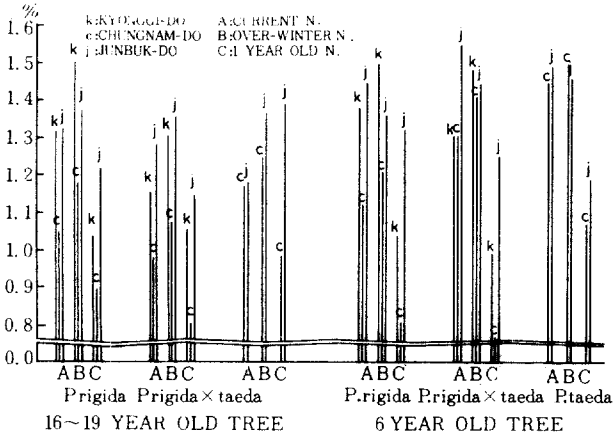


Fig. 1. Variation of Foliar Nitrogen Concentrations Affected by Species, Plantation, Tree Age, and Leaf Age.

報告하고 있어 대체로 本實驗과 비슷한 結果이었다. Smith等<sup>20</sup>도 *P. taeda* 幼木の 針葉에서 窒素含量이 여름부터 겨울까지는 增加하고 그 후에 다시 減少하는 것으로 말하고 있다. 이와같이 窒素가 겨울에 增加하는 事實은 구체적으로 闡釋 수는 없지만 吸收된 窒素가 生長等に 利用되지 않고 針葉에 그대로 蓄積되는데 그 原因이 있을 수도 있다.

II. Phosphorus

그림 2에 보이는 것처럼 磷은 *P. rigida* × *taeda* 의 어린 나무에서 最下 0.041% 最高 0.129%로 대단히 큰 差異를 나타냈다. 地域的으로는 窒素에서와 같

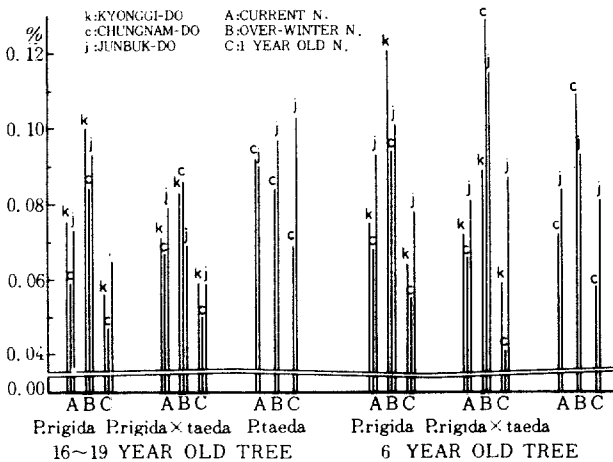


Fig. 2. Variation of Foliar Phosphorus Concentrations Affected by Species, Plantation, Tree Age, and Leaf Age.

이 忠南이 다른 두 地域보다 적은 含量을 보였다. 葉令別로는 越冬針葉內 P含量이 제일 높고 다음이 새로 나온 新葉이며 老葉의 P含量이 제일 적었다. 또한 樹令間 比較에서 어린 나무가 成木보다 약간 더 높은 값을 보이지만 뚜렷한 差異는 나타나지 않았다. Gerhold<sup>21</sup>가 Scotch pine에서 分析한 P含量은 8월에 0.085~0.110%, 다음 2월에 0.110~0.118%로 本研究에서 보다 다소 높지만 겨울에 含量이 增加하는 事實은 서로 一致한다. 또 Hoyle等<sup>22</sup>이 red pine에서 分析한 P의 含量은 0.138~0.198%로 本研究나 Gerhold<sup>21</sup>의 結果보다 높은 값을 보인다. 이는 樹種固有, 또는 各種 生態因子의 差異등에 基因할 것으로 思料된다.

III. Potassium

加里의 平均含量은 0.130~0.491%까지로 最大, 最少值間에 거의 4倍에 가까운 差異를 보이고 있다.

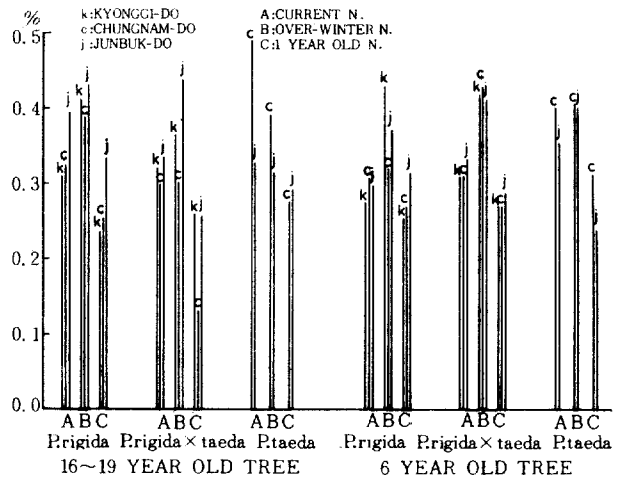


Fig. 3. Variation of Foliar Potassium Concentrations Affected by Species, Plantation, Tree Age, and Leaf Age.

이들 含量은 地域, 樹種, 樹令에 따른 傾向値를 갖기는 어렵다. 葉令間에는 서로 差異가 認定되며 老葉의 K含量이 比較的 적은 것으로 思料된다. 또 그림 3에 보이는 것처럼 K含量은 어린 나무가 成木보다 地域間에 적은 差異를 보이고 있다. K含量에 대하여 Gerhold<sup>21</sup>는 Scotch pine에서 8월에 0.681~0.806%, 다음 2월葉에 0.646~0.698%, Hoyle等<sup>22</sup>은 red pine에서 0.364~0.606%, Leyton等<sup>23</sup>은 Scotch pine에서 0.55~0.98%, Bengtson<sup>24</sup>은 loblolly pine에서 0.3%以下, slash pine에서 0.3%를 약간 上廻한다고 하여 樹種이나 分析條件에 따라 서로 相異한 값을 보이고 있는 事實이 指摘된다. 다만 겨울에 다

소 減少하는 傾向은 Gerhold<sup>2)</sup>의 境遇에도 나타나고 있어 K의 動態를 짐작하게 해준다.

### IV. Calcium

針葉內 Ca含量은 0.165~0.442% 사이에 分布하며 0.25% 근처의 測定値를 보일 때가 많았다. 이같은

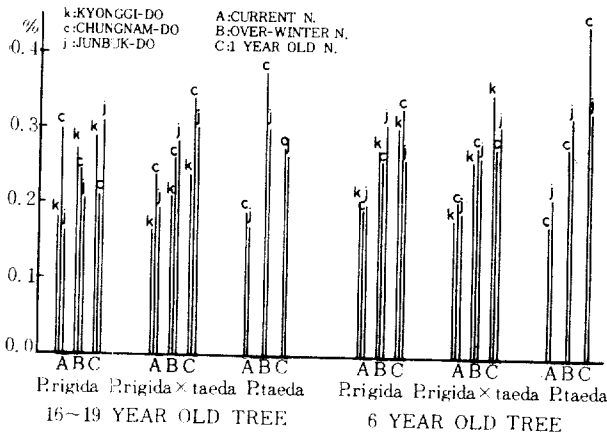


Fig. 4. Variation of Foliar Calcium Concentrations Affected by Species, Plantation, Tree Age, and Leaf Age.

水準은 Wright等<sup>3)</sup>이 Corsican pine에서 0.1~0.6%, Scots pine에서 0.3~1%, Lavender等<sup>4)</sup>이 douglas-fir에서 0.44~0.56%, 及川等<sup>5)</sup>이 杉나무에서 0.32~1.08%로 分析한 것에 비해 다소 떨어져나 Bengtson<sup>2)</sup>이 sand pine에서 0.26%, slash pine에서 0.15%, loblolly pine에서 0.20%, longleaf pine에서 0.18%로 分析한 값보다는 약간 높은 값이다. 이는 無機養料의 含量이 樹種뿐만 아니라 立地등의 環境要因에 따라 크게 달라질 수도 있다는 事實을 분명히 해주는 것이다. 실제로 樹種, 地域, 樹齡間에 어느 一定한 傾向을 갖기 어려운 점도 이상과 같은 事實에 基因할 수 있다. 다만 葉齡에 따라 Ca는 계속 增加하고 있는데 이와같은 점은 Scotch pine에서 Gerhold<sup>2)</sup>도指摘하고 있어 Ca는 葉에 계속해서 蓄積되는 成分임을 알수있다.

### V. Magnesium

Mg는 葉에서 주로 葉綠素의 構成元素로 存在하지만 그 含量은 K나 Ca보다 상당히 적어 그림5에 보이는 것처럼 0.054~0.121% 以內이며 주로 0.7~0.9%의 含量을 지녔다. Mg에 대해 及川等<sup>5)</sup>은 杉나무에서 0.09%, Gerhold<sup>2)</sup>가 Scotch pine에서 0.59~0.113%, Bengtson<sup>2)</sup>이 sand pine에서 0.12%, slash pine에서 0.09%, loblolly pine에서 0.13%, longleaf

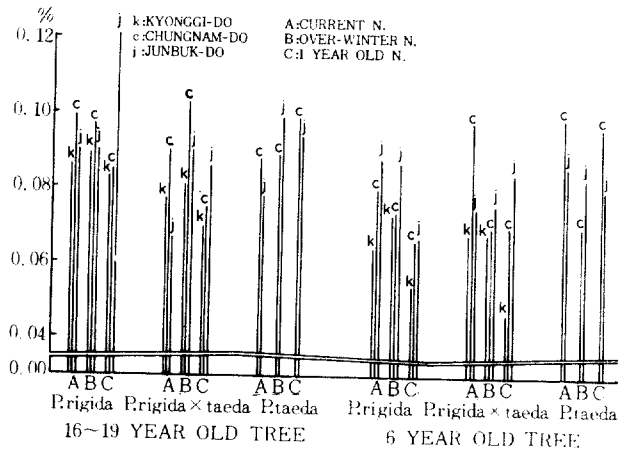


Fig. 5. Variation of Foliar Magnesium Concentrations Affected by Species, Plantation, Tree Age, and Leaf Age.

pine에서 0.10%로 報告하고있어 K나 Ca 含量의 10~50%밖에 되지않는 事實은 서로의 結果가 一致하는 點이다. 樹齡間 Mg 含量에 差異를 볼수 있는데 특히 *P. rigida*에서 差異가 심하고 *P. taeda*는 별로 크지 않으나 雜種인 *P. rigida × taeda*는 중간 정도의 差異를 보이고 있어 興味있는 事實로 생각된다. 그러므로 Mg가 葉綠素의 構成元素라는 事實을 考慮할 때 *P. rigida*는 成熟木에 比較한 어린나무의 葉綠素形成이 他 木樹種보다 低調할 可能性이 있다. 樹齡間 含量比較에서는 어린 때 *P. taeda*가 다소 많지만 成木에서는 *P. rigida*와 *P. taeda* 사이에 큰 差異가 없고 *P. rigida × taeda*에서만 조금 더 높은 값을 보였다. 地域이나 葉齡間에 일정한 傾向을 보이지 않는데 Gerhold<sup>2)</sup>는 Scotch pine에서 8월에 0.071~0.102%, 다음 2월에 0.059~0.113%로 그 差異를 區別하지 못한 反面, Bowersox等은<sup>6)</sup> 闊葉樹인 black cherry에서 Mg 含量이 가을에 減少하는 現象을 밝히고 있다. 이는 針葉樹와 闊葉樹間에 養料動態가 서로 달라질 수 있다는 것을 立證해주는 것이다.

### VI. Total Sugar, Starch

針葉內 total sugar는 *P. rigida*가 7.134~14.125%, *P. rigida × taeda*가 5.312~14.200%이며, *P. taeda*는 4.090~14.820%로 *P. rigida*의 sugar 含量이 제일 높으며 *P. rigida × taeda*는 兩親樹의 中間値를 보이고 있다. 그러나 *P. rigida × taeda*나 *P. taeda*에서도 대단히 높은 값을 보일 때가 있는데 특히 忠南 地域의 老葉에서 그 현저한 例를 볼수 있다. starch는 針葉에 全糖의 10% 程度 또는 그 以下인데가 많

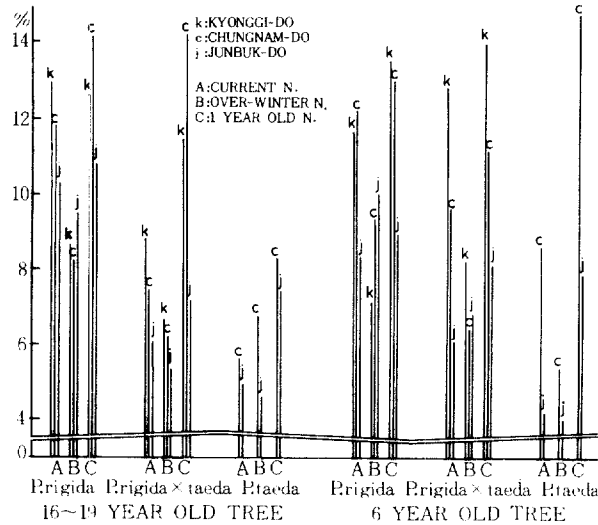


Fig. 6. Variation of Foliar Total Sugar Concentrations Affected by Species, Plantation, Tree Age, and Leaf Age.

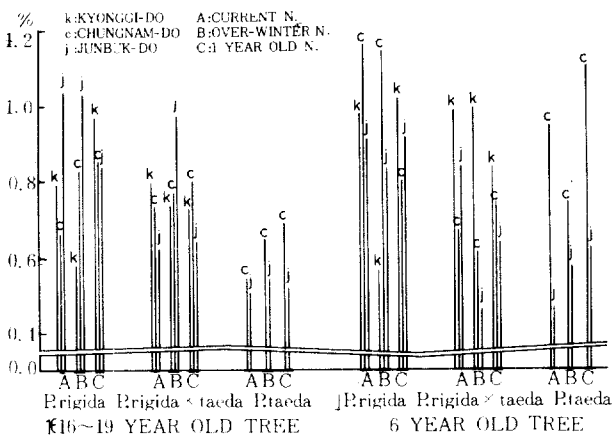


Fig. 7. Variation of Foliar Starch Concentrations Affected by Species, Plantation, Tree Age, and Leaf Age.

은데 이는 일이 同化養分을 貯藏하는 器管이 아니기 때문일 것으로 판단된다. 또한 starch의 含量은 各分析要因에 따른 일정한 傾向을 指摘하기 어렵다. 이는 starch가 針葉에는 全糖에 비해 대단히 적은 量으로 存在하며 잎에서 生成된 炭素化合物은 貯藏을 爲해서는 다른 部位로 移動하기 때문인 것으로 思料된다. 全糖의 含量은 겨울의 越冬葉에 특히 적은 값을 보였는데 이는 全糖이 細胞液 濃度を 높여 凍害에 의한 被害를 막을수 있다는 가설에 相置하는 事實이다. 그러나 分析時期가 겨울이 거의 끝나가는 2月初이기 때문에 葉에 蓄積된 糖이 상당량 消耗된 때문으로도 생각할수 있어 더 以上の 分析이 要求되는

内容이다. 貴田等<sup>10)</sup>이 杉나무에서 10월에 分析한 全糖의 含量은 0.33~0.65%, Krueger等<sup>11)</sup>은 douglas-fir 苗木의 地上部에서 10~25%이며 Pomeroy等<sup>12)</sup>은 red pine의 針葉에 sucrose가 2~4%, 環元糖이 5~8%로 밝히고 있어 樹種이나 分析條件, 糖의 種類에 따라서도 상당한 含量差가 있음을 볼수있다.

VII. Ether Extracts

소나무 針葉을 soxhlet 方法에 의해 ether 抽出할 때 얻는 粗脂肪에는 terpene類의 成分이 다량 含有되어 있다. 그림 8에 보이는 값은 이들 여러 成分의 複合體로 생각되며 4.263~11.282%의 範圍안에 分布한다. 이들의 含量은 葉齡에 따라 다소 增加하는 傾向은 있지만 樹種, 樹齡, 地域에 따른 일정한 傾向은 指摘하기 어려웠다.

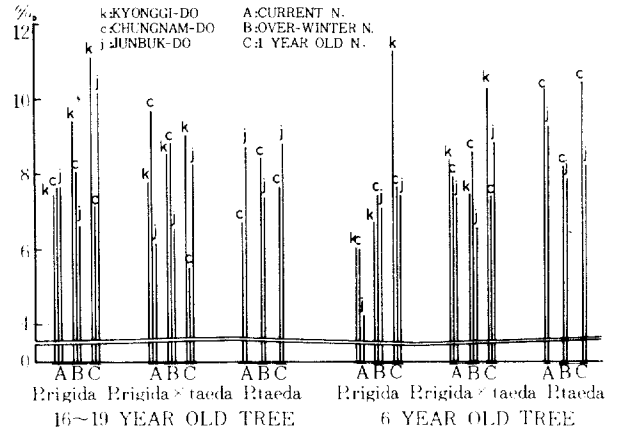


Fig. 8. Variation of Foliar Ether Extracts Concentrations Affected by Species, Plantation, Tree Age, and Leaf Age.

以上에서 보인 各成分의 結果를 綜合하여 서로 間의 關係를 單純相関으로 보았을 때 表 4에 보이는 것처럼 N과 P間에는 대체로 높은 正의 相関을 보이고 있었다. 그러나 表에 提示되지 않았지만 다른 成分들 간에는 樹種이나 葉齡에 따라 일정한 境况을 보이지 않고 있으며 특히 全糖과 기타 成分間에는 負의 關係를 나타내는 境况이 많이 나타나고 그 중 일부는 높은 有意性을 띄우는 것도 있었다.

針葉內 養料水準은 대체로 樹種, 地域, 時期, 樹齡 등에 따라 대단히 不規則한 狀態로 分布하고 있었다. 특히 土壤에서 吸收해야 하는 無機養料나 여러 成分이 混合된 ether extracts 등은 樹種에 따른 差異를

Table 4. Correlation Coefficients Observed between Concentrations of Nitrogen and Phosphorus in Needle by Species and Leaf Age

Species	Leaf Age	Current Needle	Over-Winter Needle	1-Year Old Needle
<i>Pinus rigida</i>		$r = 0.645139^{**}$	$r = 0.436224^*$	$r = 0.596272^{**}$
<i>Pinus rigida</i> × <i>taeda</i>		$r = 0.159290^{n.s.}$	$r = 0.390334^*$	$r = 0.655363^{**}$
<i>Pinus taeda</i>		$r = 0.208350^{n.s.}$	$r = 0.373108^{n.s.}$	$r = 0.685026^{**}$

뚜렷하게指摘하기 어렵다. 表3에 各 試驗林別 土壤의 養料水準이 提示되었는데 各地域別 樹木과 土壤의 養料水準이 比例적인 關係를 보이지 않는다. 이는 表3에 보이는 것처럼 土壤內 養料의 含量은 樹木의 正常的 生育에 必要한 絶對量에 크게 못미치고 있고 또 이 養料의 狀態가 植物에 吸收되기 쉬운 狀態로만 되었다고 斷定하기가 어렵다는 點이 한 原因이 될 수도 있다. 針葉의 同化生成物인 全糖은 樹種間에 뚜렷한 差異를 보이는데 특히 *P. rigida* × *taeda*가 兩親의 中間値를 보이며 耐寒性이 강한 *P. rigida*가 가장 높은 含量을 보이는 點은 이들의 耐寒性機作을 밝히는데 도움을 줄 수 있는 內容이다. 養料含量의 變異는 이상의 要因 이외에도 林木個體間에 크게 나타나고 있어 그 程度가 以上の 各要因間에 보이는 差異보다 더 할 때가 많아 分析된 結果의 解析에 注意를 要한다. 다만 이같은 個體間的 差異가 遺傳的인 素質에서 오는 것이라면 育種學的으로 優秀한 個體를 選拔할 수 있는 點도 생각할 수 있을 것이다.

## 結 論

植物體內的 養料水準은 植物體 固有의 養料代謝機能과 植物體에 影響을 미칠 수 있는 各種 生態因子의 복합적인 作用에 依해 結定된다고 말할 수 있다. 특히 多年生植物이며 人爲的으로 肥培管理가 힘든 樹木의 境遇에는 더욱 두드러지는 現象일 수가 있다. 本研究은 N, P, K, Ca, Mg와 같이 植物體에 多量으로 含有된 無機養料과 全糖, ether extracts와 같이 植物體가 同化作用을 통해 生成하는 有機成分을 對象으로 樹種別, 樹令別, 葉令別로 分析하였다. 無機成分은  $N(0.764 \sim 1.502\%) > K(0.130 \sim 0.491\%) \geq Ca(0.165 \sim 0.442\%) > Mg(0.054 \sim 0.121\%) \approx P(0.041 \sim 0.129\%)$  順이며 有機成分인 全糖과 ether 抽出物은 5~15%의 含量을 보이고 있었다. 그러나 starch는 全糖의 10% 이하의 적은 量인데 이는 針葉이 同化養分의 貯藏器가 아니기 때문에 思料된다. 各成分은 地域的으로 대부분 不規則한 傾向을 보이며, 成分에

차라 다소 差異는 있지만 樹令間比較에서도 뚜렷한 差異點은 찾기 어려웠다. 葉令別로는 寮素나 磷의 境遇 2월에 採取한 針葉에 比較의 높은 含量을 보이거나 K는 老葉에 적고 Ca는 老葉이 될수록 계속 增加하고 있다. 全糖은 2월에 比較의 적은 量으로 이는 초겨울에 蓄積된 糖이 越冬中 계속 消耗되어 줄어든 것으로 생각되기는 하나 초겨울 糖의 含量이 分析되지 않아 斷定하기는 곤란하다. 葉內 全糖의 存在가 細胞液의 濃度를 높여 겨울에 일어나는 凍害를 막는 役割을 할 수 있다고 생각한다면 겨울에 葉의 糖濃度가 높아져야 한다. 그러나 本研究에서는 2월에 測리려 濃度가 떨어지는데 앞서 言及된 것처럼 本研究에서 뚜렷한 解析은 어렵다. 그러나 樹種別로는 耐寒性이 강한 *P. rigida*의 糖含量이 매우 높고 *P. taeda*는 제일 적으며 이들의 雜種인 *P. rigida* × *taeda*는 그 中間値로 이는 어느 因子에 對한 結果에서도 共通된 現象이다. 그러므로 이들 樹種의 耐寒性에는 葉에 含有된 糖의 含量이 關係할 可能性이 있다. 또 樹體內에서 生成되는 成分이 外部에서 吸收되는 成分보다 樹種間 含量差가 뚜렷한 點은 이들 養料의 水準이 主로 어느 因子에 支配되는가를 생각하게 해준다. 다만 外部에서 吸收되는 無機成分이 土壤內의 含量과 比例하는 點을 찾을 수 없는 것은 表3에 提示된 바와 같이 대부분의 成分이 우리나라의 平均値에도 미치지 못하는 적은 量으로 들어있고, 이들 成分이 土壤內에 均一하게 分布되지 않으며 이 成分들의 存在形態도 問題가 되기 때문에 생각된다. 養料成分 相互關係에서 N과 P는 대부분 높은 正의 相稱을 보이고 있지만 全糖과 他成分과의 關係는 대체로 負의 關係이며 이중 일부는 有意的인 相稱을 보였다. 樹種間的 生長差異와 養料水準간의 關係는 本研究에서 分明하게 밝힐 수 없었다. 이는 한 때의 養料水準이 그 동안의 生長을 支配한다고 볼 수 없으며 이보다 全體의 養料吸收量 및 그의 效果的인 利用與否 등 다른 主要因子의 分析이 進行되어야 解析可能할 것이다. Hoyle<sup>2)</sup>은 red pine의 生長과 各成分의 含量間



에 나타나는 相関關係를 分析, 이중 Ca가 樹高生長과, K가 根元部의 断面積生長과, 土壤水分이 材積生長과 相関이 있는 것으로 報告하였는데 이는 特定樹種에 對해 適用한 것이고 또 特定養料가 어느 特定한 方向으로의 生長에만 關係한다는 것은 그대로 認定하기에 다소 未洽한 內容이다.

### 引用 文 獻

1. Alban, D. H., Perala, D. A. and B. E. Schlaegel, 1978. Biomass and nutrient distribution in aspen, pine, and spruce stands on the same soil type in Minnesota. Can. J. For. Res. 8:290~299.
2. Bengtson, G. W. 1976. Comparative Response of Four Southern Pine Species to Fertilization: Effects of P, NP, and NPKMgS Applied at Planting. For. Sci. 22:487~494.
3. Bengtson, G. W. and D. A. Mays. 1978. Growth and Nutrition of Loblolly Pine on Coal Mine Spoil as Affected by Nitrogen and Phosphorous Fertilizer and Cover Crops. For. Sci. 24:398-409.
4. Bickelhaupt, D. H., Russel Lea, Tarbet, D. D. and A. L. Leaf. 1979. Seasonal Weather Regimes Influence Interpretation of *Pinus resinosa* Foliar Analysis. Soil Sci. Soc. Am. J. 43:417-420.
5. Blackmon, B. G., Baker, J. B. and D. T. Cooper. 1979. Nutrient use by three geographic sources of eastern cottonwood. Can. J. For. Res. 9:532-534.
6. Bowersox, T. W. and W. W. Ward. 1977. Seasonal Variation in Foliar Nutrient Concentrations of Black Cherry. For. Sci. 23:429-432.
7. Comerford, N. B. and E. H. White. 1977. Nutrient content of throughfall in paper birch and red pine stands in northern Minnesota. Can. J. For. Res. 7:556-561.
8. Fowells, H. A. and R. W. Krauss. 1959. The Inorganic Nutrition of Loblolly Pine with Special Reference to Nitrogen and Phosphorus. For. Sci. 5:95-112.
9. Gerhold, H. D. 1959. Seasonal Variation of Chloroplast Pigments and Nutrient Elements in the Needles of Geographic Races of Scotch Pine. Silvae Genetica 8:113-121.
10. Haines, S. G., Haines, L. W. and G. White. 1979. Nutrient Composition of Sycamore Blades, Petioles, and Whole Leaves. For. Sci. 25:154-160.
11. Hansen, E. A. and R. E. Dickson. 1979. Water and Mineral Nutrient Transfer between Root Systems of Juvenile *Populus*. For. Sci. 25:247-252.
12. Hoyle, M. C. and D. L. Mader. 1964. Relationships of Foliar Nutrients to Growth of Red Pine in Western Massachusetts. For. Sci. 10:337-347.
13. Ingestad, T. 1973. Mineral Nutrient Requirements of *Vaccinium vitis idaea* and *V. myrtillus*. Physiol. Plant. 29:239-246.
14. Krueger K. W. 1967. Nitrogen, Phosphorus, and Carbohydrate in Expanding and Year-Old Douglas-Fir Shoots. For. Sci. 13:352-356.
15. Krueger, K. W. and J. M. Trappe. 1967. Food Reserves and Seasonal Growth of Douglas-Fir Seedlings. For. Sci. 13:192-202.
16. Lävender, D. P. and R. L. Carmichael. 1966. Effect of Three Variables on Mineral Concentrations in Douglas-fir Needles. For. Sci. 12:441-446.
17. Leyton, L. and K. A. Armson. 1955. Mineral Composition of the Foliage in Relation to the Growth of Scots Pine. For. Sci. 1:210-218.
18. Maccarthy R. and C. B. Davey. 1976. Nutritional Problems of *Pinus taeda* L. (Loblolly Pine) Growing on Pocosin Soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 40:582-585.
19. Mccoll, J. G. 1973. Soil Moisture Influence on Growth, Transpiration, and Nutrient Uptake of Pine Seedlings. For. Sci. 19:281-288.
20. Morrison, L. K. 1974. Within-Tree Variation in Mineral Content of Leaves of Young Balsam Fir. For. Sci. 20:276-278.
21. Pharis, R. P. and P. J. Kramer. 1964. The Effects of Nitrogen and Drought on Loblolly Pine Seedlings. For. Sci. 10:143-150.
22. Pomeroy, M. K., Siminovitch D. and F. Wightman. 1970. Seasonal biochemical changes in the living bark and needles of red pine (*Pinus resinosa*) in relation to adaptation of freezing.

- Canadian Journal of Botany 48:953-967.
23. Pope, P. E. 1979. The effect of genotype on biomass and nutrient content in 11-year-old loblolly pine plantations. *Can. J. For. Res.* 9: 224-230.
  24. Roth, E. R. and O. L. Copeland. 1957. Uptake of Nitrogen and Calcium by Fertilized Shortleaf Pine. *Jour. of For.* 281-284.
  25. Salenius, P. O. 1977. Nutrient Concentration in Black Spruce Foliage Immediately Following Fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41:136-139.
  26. Smith, W. H., Nelson, L. E. and G. L. Switzer. 1971. Development of the Shoot System of Young Loblolly Pine. II. Dry Matter and Nitrogen Accumulation. *For. Sci.* 17:55-63.
  27. Steinbeck, K. 1966. Site, Height, and Mineral Nutrient Content Relations of Scotch Pine Provenances. *Silvae Genetica* 42-50.
  28. Timmer, V. R. 1979. Effect of Fertilization on Nutrient Concentrations of White Spruce Foliage and Bark. *For. Sci.* 25:115-119.
  29. Van Goor, B. J. and D. Wiersma. 1974. Redistribution of Potassium, Calcium, Magnesium, and Manganese in the Plant. *Physiol. Plant.* 31:163-168.
  30. Wells, C. G. 1970. Nitrogen and Potassium Fertilization of Loblolly Pine on a South Carolina Piedmont Soil. *For. Sci.* 16:172-176.
  31. Woessner, R. A., Crabtree B. E., Davey, C. B. and J. D. Gregory. 1975. Nutrient Content of the Aboveground Tissue of 12-Week-Old Loblolly Pine Intraprovenance and Interprovenance Crosses. *Can. J. For. Res.* 5:592-598.
  32. Wright, T. W. and G. M. Will. 1957. The Nutrient Content of Scots and Corsican Pines Growing on Sand Dunes. *Forestry*: 13-25.
  33. Yoshida, S., Cock J. H., Forno, D. A. and K. A. Gomez. 1976. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. The International Rice Research Institute. 1-83.
  34. 朝日正美, 春田泰次. 1970. 花崗岩質 土壤の スギの 造林法(III), 土壤の物理, 化学, 鉱物学的性質と 広葉樹の無機組成. *日林誌* 52(11):322-330.
  35. 伊藤忠夫, 植田正幸, 宮内 宏. 1972. 茨城県の森林立地区区分(II). 林令, 地位, 立地区によるスギ針葉の養分濃度の 変動 について. *日林誌* 54(3):74-79.
  36. 貴田 忍, 及川伸夫. 1978. スギ天然木の 針葉・球果およびタネの 養分量について. *日林誌* 60:262-266.
  37. 小笠原隆三. 1974. 樹令・葉令による アカマツの葉内成分の 変化. *日林誌* 56(8):271-275
  38. 及川伸夫, 古川 忠. 1971. 東北地方のスギ山行苗に見られる 形態と 養分含有量. *日林誌* 53(9):292-294.
  39. Hyun, S. K and K. Y. Ahn. 1959. Mass production of pitch loblolly hybrid pine( $\times P. rigitaeda$ ) seed. *Research Report I. F. G.* 1:1-24.
  40. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ 1959. Principal Characteristics of  $\times Pinus rigitaeda$ . *Research Report I. F. G.* 1:25-50
  41. \_\_\_\_\_ and S. H. Hong. 1969. The growth performance of pitch-loblolly hybrid pine produced by different geographic races of loblolly pine in their early age. *Research Report I. F. G.* 7:35-43.
  42. Hyun, S. K, Ahn, K. Y, Chun K. S. and S. H. Hong. 1973. Pine hybridization and performance of the hybrids in Korea. *Research Report I. F. G.* 10:11-22.
  43. Kim, C. S., Jun, K. S., Kwon, K. W. and J. H. Kim 1979. Studies on the pollen source effects coming into some traits of  $Pinus rigida \times taeda$ . *Research Report I. F. G.* 15:3-20.
  44. 金鼎錫, 李錫求, 安鶴洙, 宣順和. 1978. 放射性同位体を 利用한 *Populus albaglandulosa*의 磷酸吸收相에 関한 追跡研究(I). 苦土施用이 植物体内의 磷酸含有率에 미치는 影響. *韓國林学会誌* 37:35-40.