

## 地形, 土壤 및 氣象因子가 海松의 樹高生長에 미치는 影響<sup>1</sup>

孫英模<sup>2</sup> · 鄭永觀<sup>2</sup>

### The Effects of the Topographical, Soil and Meteorological Factors on the Tree Height Growth in the *Pinus thunbergii* Stands<sup>1</sup>

Son, Yeong Mo<sup>2</sup> and Young Gwan Chung<sup>2</sup>

#### 要 約

우리나라의 海岸地域에서 주로 生育하고 있는 海松林分을 대상으로 하여 그의 樹高生長과 生長에 影響을 미칠 것으로 豫想되는 16개의 地形因子와 13개의 土壤因子 그리고 9개의 氣象因子와의 關係를 分析하였다.

海松의 樹高生長에 影響을 미치는 因子는 地形因子의 국소지형, 토양경밀도, 토양B층깊이, 유효토심, 토양습도, 모암, 토성 등과 土壤因子의 유효인산, 전질소함량, 염기포화도, 치환성  $Ca^{++}$  등 그리고 氣象因子의 상대습도와 총강수량으로 나타나 이들 因子가 樹高生長에 寄與하고 있음을 알 수 있었다.

따라서 林木의 生長에는 地形, 土壤, 氣象因子 등이 상호 복합적으로 關與하고 있으므로, 이들 關與因子 상호간의 關係를 究明하여 林地의 林木生産力을 推定하고, 適地適樹를 判定하며, 肥培管理 指針을 設定하므로써 海松林分의 合理的 經營管理에 寄與할 것으로 期待된다.

#### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of the topographical factors(16 items), physico-chemical properties of soil(13 items) and meteorological factors(9 items) on the height growth of *Pinus thunbergii* stands along the coastal area in Korea.

According to the coefficients by partial correlation analysis in total area, it was found that tree height growth was considerably affected by local topography, soil hardness, soil B-horizental depth, effective soil depth, soil moisture, parent rock, soil texture, and etc.. And the soil factors were available  $P_2O_5$ , total nitrogen, base saturation, exchangeable  $Ca^{++}$ , and etc..

In partial correlation analysis, annual relative humidity, annual precipitation, index of aridity, and etc. were found to be the most important factors influencing on tree height growth of *Pinus thunbergii* stands.

In conclusion, the topographical, soil and meteorological factors have multiplex influence on the tree height growth in the *Pinus thunbergii* stands. They promise to provide the basis of improving not only the selection of suitable sites and the management of soil fertilizer but also the estimation of growth and yield.

Hence these results would be used successfully for the design in the scientific forest working plan.

<sup>1</sup> 接受 1994年 4月 9日 Received on April 9, 1994.

<sup>2</sup> 慶尙大學校 農科大學 林學科 Department of Forestry, College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea.

Key words : *Pinus thunbergii*, topographical factors, soil factors, meteorological factors, tree height growth.

緒 論

林木生長이란 일반적으로 生物體의 初期狀態로부터 안정된 成熟期에 도달할 때까지 일어나는 內, 外的 變化를 의미하는데, 林木은 草本類와는 달리 긴 生育過程의 變化를 조사하고 각종 生長量을 예측한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 과거의 生長量은 樹幹析解나 기록 등에 의하여 推定할 수 있다. 그러나 시간이라는 변동과 함께 林木의 遺傳의 特性, 林木密度, 地位, 環境因子 및 森林의 취급방법 등 많은 要因들이 複合的으로 環境을 形成하여 林木生長에 영향을 미치고 있다. 그러므로 이들을 적절히 組合하면 과거의 生長量推定은 물론 미래의 生長量豫測이 가능하게 된다.

이와 같은 林木의 生長에 관한 연구는 1929年 美國의 Haig가 自然環境을 개개 因子 또는 여러 개의 因子와 外的 基準과의 關係를 推定하는 因子概念과 全體的인 特性을 類型別로 구분하여 推定하는 集合概念으로 兩分되고 있음을 보고한 이래, 이 분야에 대한 연구가 활발해지기 시작하였다<sup>34)</sup>. 그후 林木生長에 관여하는 環境因子가 서로 다를 때 분석하는 방법을 크게 두가지로 나누어, 量的 變量을 직접 이용하는 방법과, 質的 變量을 數量化하여 相互關係를 分析하는 방법으로 발전하게 되었다<sup>9,14)</sup>.

海松은 生長이 빠르고, 林分의 群集性이 높으며, 天然下種更新이 용이하여 防潮林, 防風林, 海岸砂防 및 造景樹 등으로 활용되고 있을 뿐만 아니라, 木材는 건축, 토목, 펄프재 등으로 광범위하게 이용되고 있다.

따라서 본 연구는 海松의 生長에 관여하는 일부 局所的인 因子만을 報告한 기존의 연구와 달리 森林環境因子 즉, 地形, 土壤, 氣象因子 등을 종합적으로 比較分析하여, 우리나라의 주요 造林樹種인 海松林分을 經營 管理하는 데 指針이 될 기초적 자료를 제시하고자 한다.

材料 및 方法

1. 標準地 選定

標準地는 우리나라 全域의 海松 單純林중 生育

狀態와 林分密度가 비교적 양호한 地域을 대상으로 하여 航空寫眞上에서 有意選定하였다. 정밀조사를 위한 標準地의 규모는 壯齡林 40m×40m=1,600m<sup>2</sup>(0.16ha), 幼齡林 20m×25m=500m<sup>2</sup>(0.05ha)로 하였으며, 각 齡級에 적정비율이 되도록 하여 Fig. 1에서 보는 바와 같이 西海岸의 서산, 대천, 부안, 고창 등지의 120 plots, 南海岸의 강진, 여수, 남해, 진주 등지의 94 plots, 그리고 東海岸에 있어 강릉, 동해, 울진, 영덕 등지의 18 plots를 선정한 바, 총 232개 plots가 선정되었다.

2. 樹高生長의 測定

標準地내에서 上層林冠을 형성하는 임목에 대한 每木調査를 각 plot별로 정밀하게 실시하여, 각 임목의 胸高直徑을 측정하고, 다시 算術平均直徑法으로 平均胸高直徑을 구하였다. 그리고 이 平均胸高直徑을 갖는 5本の 標準木을 선정하여 樹齡과 樹高를 측정한 다음, 20년생일 때의 樹高生長量을 測定하였다.

3. 地形因子의 測定

海松이 생육하는데 어떠한 地形的 조건이 가장

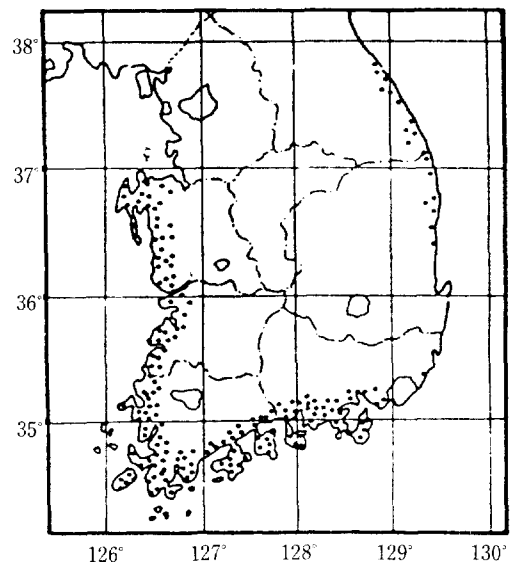


Fig. 1. The map of surveyed plots in *Pinus thunbergii* stands.

깊이 관여하는 지를 파악하기 위하여 국소지형, 경사, 해발고, 해안과의 거리, 경도, 위도 등을 포함한 총 16개의 地形因子를 측정하고, 전체 標準地에 대한 地形區分은 山林立地調査要領에 의하였다.

4. 土壤因子의 分析

각 標準地에 대한 試料은 낙엽층을 제거한 토양단면 A층과 B층 토양 500g을 채취하여 常溫에서 건조시킨 후, 40 mesh의 체로 친 다음, 토양 산도, 유기물함량, 유효인산, 전질소함량 등 13개의 理化學的 性質을 분석하였다.

5. 氣象因子의 測定

氣象因子와 海松 樹高生長과의 關係를 分析하기 위한 氣象資料는 標準地 주변의 測候所 및 氣象觀測所에서 측정 기록된 한국기후표(1961-1990: 氣象廳)를 이용하였고, 氣象觀測所가 없는 지역은 市·郡 統計年譜를 참조하여 총 29개 지역으로 나누어 조사하였다. 조사내용은 溫量指數, 寒量指數 및 乾燥指數를 氣溫과 降水量에 의하여 산출하고, 그리고 相對溫度, 總降水量, 平均風速, 日照率, 0.5m 地中溫度 및 海面氣壓 등의 測定值를 分析에 이용하였다.

6. 統計的 分析方法

해당 海松林分의 地形, 土壤 및 氣象因子는 質的 變量과 量的 變量으로 측정되므로, 質的 變量인 地形因子는 數量化하여 關係分析에 이용되었으며, 量的 變量인 土壤因子와 氣象因子는 原資料를 關係分析에 이용하였다.

- 1) 海松林分에 대한 地形因子의 數量化分析  
海松의 樹高生長에 영향을 미치리라 예상되는

16개의 地形因子를 3-4개의 category로 구분하여, 外的 基準인 樹高生長과 內的 基準인 총 59개 category로 구분된 地形因子와의 關係를 분석하기 위하여 數量化 I類를 採用하고, 이에 따라 cross 表를 작성하였다<sup>9,14,26)</sup>. 그리고 score 계산은 cross 표에서 유도되었으며, cross 표는 n차 정방행렬로서  $AX=P_0$ 라는 행렬식이 되고, 실제 계산은 역행렬  $X=A^{-1}P_0$ 에서 그 解를 얻어 각 category에 따라 계산된 수치를 score로 하였다.

2) 土壤因子 및 氣象因子에 의한 關係分析

대상 林分의 土壤因子 및 氣象因子가 海松 樹高生長에 얼마나, 어느 정도 關與하는 지를 推定하기 위하여 相關分析 및 段階的 回歸分析을 시도하였다<sup>15)</sup>.

結果 및 考察

1. 海松 樹高生長과 地形因子와의 關係

1) 要因群의 score 解析 및 樹高生長의 關係  
海松의 樹高生長에 關與하는 地形因子別 category 特性을 파악하고자 質的 變量을 數量化하여 분석한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1에서, item별 각 category의 score로서 海松의 樹高生長에 關與하는 정도를 알아보면, 局所地形의 山頂에서 平坦地로 갈수록 樹高生長이 좋으며, 토양 B층의 깊이는 71-90cm일 때가, 母岩은 變成岩일 때 樹高生長에 영향을 크게 미치는 것으로 나타났다. 그러나 土壤堅密度는 負의 關係로 나타나 견밀도가 증가할수록 樹高生長을 저해하는 因子로 나타났다. 그외 토양 습도의 乾燥가 負의 關係로 나타나, 海松의 樹高生長에 土壤의 乾燥 역시 生長을 저해하는 것으로 나타났으며, 유효토심은 깊어질수록 生長이

Table 1. Score for each category in *Pinus thunbergii* stands

Topo. factors	Category	Score	Mean score	Range	Dev.
X <sub>1</sub> Local topography	1	9.6024	10.8524	3.0168	-1.2500
	2	10.5573			-0.2951
	3	11.5850			1.7326
	4	12.6192			1.7668
X <sub>2</sub> Region	1	0.0000	-0.0608	0.2298	0.0608
	2	-0.0957			-0.0349
	3	-0.2298			-0.1690
X <sub>3</sub> Parent rock	1	0.0000	0.4653	1.0887	-0.4653
	2	0.5113			0.0460
	3	1.0887			0.6233
X <sub>4</sub> Slope	1	0.0000	-0.0645	0.3627	0.0645

Topo. factors	Category	Score	Mean score	Range	Dev.
X <sub>5</sub> Altitude	2	0.1707	-0.0414	0.1547	0.1352
	3	-0.1920			-0.1275
	4	-0.1741			-0.1096
	1	0.0000			0.0414
X <sub>6</sub> Aspect	2	-0.0031	-0.1984	0.3149	0.0383
	3	-0.0476			-0.0062
	4	-0.1547			-0.1133
	1	0.0000			0.1984
X <sub>7</sub> Effective soil depth	2	-0.1121	0.2113	1.6062	0.0862
	3	-0.2716			-0.0732
	4	-0.3149			-0.1165
	1	0.0000			-0.2113
X <sub>8</sub> Gravel content	2	0.0732	0.2095	0.3532	-0.0382
	3	0.7498			0.5385
	4	1.6062			1.0949
	1	0.0000			-0.2095
X <sub>9</sub> Soil type	2	0.3084	-0.0529	1.3867	0.0989
	3	0.2465			0.0371
	4	0.3532			0.1437
	1	0.0000			0.0529
X <sub>10</sub> B-horizontal depth of soil	2	-0.2614	0.6599	1.1815	-0.2084
	3	-0.0352			0.0178
	4	-1.3867			-0.6337
	1	0.0000			-0.6599
X <sub>11</sub> Soil texture	2	0.5428	0.1274	0.5629	-0.1171
	3	1.1815			0.5216
	4	1.0620			0.4021
X <sub>12</sub> Soil structure	1	0.0000	-0.0730	0.2422	-0.1274
	2	-0.0015			-0.0241
	3	-0.2422			0.1386
X <sub>13</sub> Soil moisture	1	0.0000	-0.2363	0.9529	-0.0730
	2	-0.8618			-0.4255
	3	0.0911			0.0274
X <sub>14</sub> Soil hardness	1	0.0000	-0.3424	1.2300	0.3424
	2	-0.2607			0.0820
	3	-0.3493			-0.0066
	4	-1.2300			-0.8873
X <sub>15</sub> Distance between sea and land	1	0.0000	0.0907	0.4280	-0.0907
	2	0.3182			0.2275
	3	0.0300			-0.0607
	4	-0.1098			-0.0104
X <sub>16</sub> Latitude	1	0.0000	-0.0254	1.1011	0.0254
	2	0.0503			0.0257
	3	-0.2286			-0.1032
	4	-1.0508			-0.6254

\* Coefficients of determination=0.8595  
 Test of significance F=88.0716(P=0.0001)





X<sub>1</sub> 모래함량, X<sub>12</sub> 치환성 Mg<sup>++</sup>, X<sub>13</sub> 鹽基飽和도가 相關이 있는 因子로 나타났다. 그리고 이 相關行列에서 일부 說明變數 상호간에 內部相關이 일어나고 있으므로 내부상관을 완전히 배제한 후 關係分析이 필요함을 알 수 있다.

이와 같은 결과는 Chijioko<sup>20)</sup>의 *Gmerina arborea* 林分の 材積과 樹高生長에 염기포화도가 가장 크게 關與하고, 그의 모래함량과 질소함량 등이, Callison<sup>19)</sup>의 *Quercus emoryi* 樹高生長에 토양수분함량, 모래함량 및 토양산도가, 그리고 鄭<sup>5)</sup>의 잣나무 樹高生長에 유효토심과 치환성 Ca<sup>++</sup>가 關與한다는 보고와 대체로 類似하게 나타났다.

2) 偏相關關係

說明變數 상호간에 內部相關이 일어나지 않는 상태에서 土壤因子가 海松 樹高生長에 미치는 影響의 程度를 알아보기 위하여 偏相關係數를 計算한 결과는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서, X<sub>7</sub> 유효인산, X<sub>13</sub> 염기포화도, X<sub>6</sub> 전질소함량, X<sub>11</sub> 치환성 Ca<sup>++</sup> 등이 偏相關係數가 높게 나타났으며, 1% 水準에서 有意성이 인정되었고, 그의 X<sub>5</sub> 유기물 함량, X<sub>9</sub> 치환성 K<sup>+</sup> 등도 偏相關係數가 높게 나타나 海松의 樹高生長에 寄與하는 因子임을 알 수 있었다.

이와 같은 결과는 Fierros-Gonzalez<sup>21)</sup>의 *Pinus caribata* var. *hondurensis* 優勢木 樹高生長에 미사함량, 전질소함량 및 유기물함량 등이, 後藤<sup>6)</sup>의 소나무 樹高生長에 유효인산과 치환성 Ca<sup>++</sup>이, 그리고 Graham<sup>24)</sup>의 douglas fir 苗高生長에 유기물이 가장 이롭다고 한 報告와 대체로 일치하였다.

3) 段階的 回歸分析

土壤因子가 海松 樹高生長에 關與하는 방향과

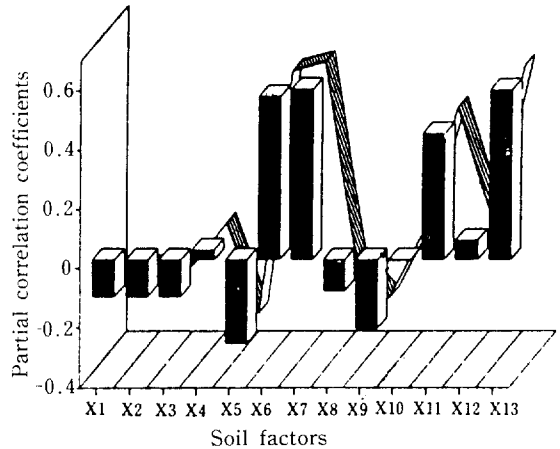


Fig. 3. Partial correlation coefficients between tree height growth and soil factors in *Pinus thunbergii* stands.

정도를 段階的 回歸分析에 의하여 알아 본 결과, 最適의 樹高推定模型에 투입된 변수는 Table 4와 같다.

Table 4에서, 回歸分析에 처음으로 投入된 變數는 유효인산이었고, 다음으로는 염기포화도, 모래함량, 전질소함량 順이었으며, X<sub>9</sub> 치환성 K<sup>+</sup>가 최종적으로 회귀분석에 투입되어 海松 樹高生長에 關與하는 7개의 土壤因子가 하나의 group을 형성하는 回歸模型이 導出되었다. 그의 因子는 回歸模型 設定基準인 변수의 투입과 투입후 잔존할 수 있는 신뢰구간 95%를 벗어나 回歸模型에 대한 適合性을 저하시킬 우려가 있으므로 變數選擇에서 제외시켰다.

回歸式은  $Y = 11.7945 + 0.0501X_7 + 0.0679X_{13} - 0.0393X_1 + 20.7276X_6 - 0.9299X_{11} - 0.5288X_5 - 2.0002X_9$ 로 추정되었고 推定式의 說明力은 65%로서 地形因子에 의한 海松 樹高生長의 推定效率

Table 4. The contribution of significant soil factors to total variation of tree height by stepwise regression analysis in *Pinus thunbergii* stands

Entered variables	R <sup>2</sup>	Regr. coeffi.	S.E.	F	Prob>F
X <sub>7</sub> Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.1436	0.0501	0.0065	59.62	0.0001
X <sub>13</sub> Base saturation	0.2438	0.0679	0.0064	114.24	0.0001
X <sub>1</sub> Sand content	0.3869	-0.0393	0.0051	59.57	0.0001
X <sub>6</sub> Total nitrogen	0.4817	20.7276	0.3381	78.59	0.0001
X <sub>11</sub> Exchangeable Ca <sup>++</sup>	0.5807	-0.9299	0.1390	44.76	0.0001
X <sub>5</sub> Organic matter	0.6312	-0.5288	0.1102	23.02	0.0001
X <sub>9</sub> Exchangeable K <sup>+</sup>	0.6468	-2.0002	0.7743	6.67	0.0106
Constant		11.7945			
Total	0.6468		44.74		0.0001





**Table 6.** The contribution of significant meteorological factors to total variation of tree height growth by stepwise regression analysis in *Pinus thunbergii* stands

Entered variables	R <sup>2</sup>	Regr. coeffi.	S.E.	F	Prob>F
X <sub>4</sub> Annual relative humi.	0.1791	-0.2832	0.0807	5.889	0.0222
X <sub>5</sub> Annual precipitation	0.3417	0.1524	0.0314	6.750	0.0176
X <sub>3</sub> Index of aridity	0.5591	0.0128	0.0031	10.575	0.0017
Constant		-0.3069			
Total	0.5591				0.0001

보고와 類似한 結果를 보여 주고 있다.

### 3) 段階的 回歸分析

海松의 樹高生長에 影響하리라 예상되는 9개의 氣象因子에 의한 最適의 回歸模型을 選定하여 段階的 回歸分析을 실시한 結果는 Table 6과 같다.

關係分析에 투입된 변수는 相對濕度, 總降水量 및 乾燥指數 등으로서, 이들 因子群은 海松의 樹高生長에 相互 작용하는 氣象因子임을 알 수 있다. 이와 같은 結果는 Grace와 Norton 등<sup>23)</sup>의 구주소나무 생장에 降水量과 夏季氣溫이, Sander<sup>31)</sup>의 시베리아 느릅나무 樹高生長에 강수량 등이 관계하는 氣象因子와 유사하게 나타났다. 또한 鄭 등<sup>4)</sup>의 삼나무, 편백 林分生長에 습도, 강수량 등이 關與하고 있다고 한 보고와 類似한 結果를 보였다.

그리고 相對濕度, 總降水量 및 乾燥指數에 의한 海松 樹高生長 推定式은  $Y=0.0128X_3-0.2832X_4+0.1524X_5-0.3069$ 로, 이 때의 說明力은 56%로서 地形因子와 土壤因子에 의한 推定式의 效率보다 낮게 나타났다.

## 結 論

우리나라의 주요 經濟造林樹種인 海松의 林分을 대상으로 하여 樹高生長과 生長에 影響을 미칠 것으로 豫想되는 地形因子와 土壤因子 그리고 氣象因子를 測定하여 相互 關係를 分析한 結果는 다음과 같다.

1. 樹高生長과 地形因子와의 關係를 地形因子의 category別 range score에 의하여 알아보면, 국소지형이 가장 크고, 다음이 토양 B층깊이, 모암, 토양경도, 토양습도, 유효토심, 석력함량 順이었으며, 고도, 경사, 지역, 토양형, 토양 구조 및 위도 등은 樹高生長에 영향을 적게 미치는 것으로 나타났다. 그리고 많은 地形因子의

category score로서 樹高生長을 豫測할 수 있는 推定式이 導出되었는 바, 이 때 說明力은 86%였다. 다음으로 樹高生長과 地形因子와의 關係를 單純相關係數에 의하여 알아보면, 국소지형, 토양 B층깊이, 토양습도, 유효토심, 경사, 토양경도 등이 樹高生長에 相關이 있는 因子로 나타났다. 偏相關係數에 의하면 국소지형, 토양경도, 토양 B층깊이, 유효토심, 토양습도, 모암, 토성 順으로 높게 나타나 生長에 關與하는 因子임을 알 수 있었다.

2. 樹高生長과 土壤因子간에는 유효인산, 모래 함량, 치환성  $Mg^{++}$ , 염기포화도, 유기물함량 등이 비교적 높은 相關으로 나타났다. 說明變數간의 內部相關을 배제한 偏相關係數에 의하면 유효인산, 전질소함량, 염기포화도, 치환성  $Ca^{++}$  등이 樹高生長에 寄與하는 土壤因子로 나타났다. 그리고 土壤因子에 의한 樹高生長 推定式은  $Y=11.7945-0.0501X_7+0.0679X_{13}-0.0393X_1+20.7276X_6-0.9299X_{11}-0.5288X_5-2.0002X_9$ 로 導出되었으며, 이 때의 說明力은 65%였다.

3. 樹高生長과 氣象因子간의 關係를 單純相關係數에 의하면, 상대습도가 가장 높은 相關을, 그외 0.5m 지중온도와 총강수량 및 온량지수가 相關이 있는 因子였고, 偏相關係數에 따라 樹高生長에 關與하는 氣象因子는 상대습도와 총강수량만이 偏相關係數가 높게 나타나 이들 因子가 樹高生長에 寄與하는 因子임을 알 수 있었다. 그리고 氣象因子에 의한 樹高生長 推定式은  $Y=0.0128X_3-0.2832X_4+0.1524X_5-0.3069$ 로 推定되었으며, 이 식에 대한 說明力은 56%였다.

## 引用文獻

1. 鄭台鉉·李愚喆. 1965. 韓國森林植物帶 및 適地適樹論. 成均館大學論文集 10 : 329-435.
2. 鄭印九. 1982. 森林土壤의 理化學的 性質과

- 곰솔 3樹種에 대한 適地特性에 관한 研究. 林試研報 29 : 263-315.
3. 鄭永觀. 1980. 土壤의 理化學的 性質 및 環境因子가 편백 生長에 미치는 影響. 慶尙大 農業資源利用研究 14 : 1-21.
  4. \_\_\_\_\_ · 李富權 · 朴南昌. 1982. 氣象因子와 삼나무 및 편백의 活着率, 直徑生長 및 樹高 生長과의 關係-鎭海地方을 中心으로-. 慶尙大 論文集(生農系編) 21 : 117-120.
  5. \_\_\_\_\_ · 孫英模. 1992. 土壤의 性質과 林木 生長과의 關係. 慶尙大 論文集(生農系編) 31(1) : 177-187.
  6. 後藤和秋. 1977. 葉分析による林木の營養診斷にたいする2,3の考察. 日本林試研報 290 : 35-75.
  7. 伊藤忠夫. 1979. 適地適木調査結果の全縣とりまとめの構想-林地生産力の總合評價-. 森林立地 21(1) : 25-30.
  8. 金永煥. 1986. 立地環境과 地域에 따른 곰솔 生長 比較에 關하여. 全南大碩士學位論文. 29pp.
  9. 駒澤 勉. 1986. 數量化理論とデータ處理. 朝倉書店. 289pp.
  10. 李天龍 · 李元圭 · 朴勝杰 · 金甲成 · 吳敏榮. 1987. 리기테다소나무의 造林適地에 關한 研究. 韓國林學會誌 76(3) : 200-205.
  11. 李康寧. 1986. 韓國에 있어서 海松의 分布와 變異에 關한 造林學的 研究. 慶尙大 論文集(生農系編) 25(1) : 81-118.
  12. 李甲淵. 1988. 韓國의 南部地方에서 독일가문비나무의 生長量 推定에 關한 研究. 建國大 碩士學位論文. 35pp.
  13. 馬相圭. 1974. 環境因子의 數量化에 依한 잣나무林의 收穫量推定과 林木生長에 關한 研究. 林試研報 21 : 41-115.
  14. 四澤正久 · 眞下育久 · 川端幸藏. 1965. 數量化による地位指數の推定法. 日本林試研報 176 : 1-54.
  15. 성내경. 1991. SAS/STAT-회귀분석. 자유아카데미. 275pp.
  16. 武市伸幸. 1983. 中國 · 四國地方における氣候要素と年輪幅の相關關係. 東北地理 35(4) : 192-197.
  17. 山根玄一 外 4名. 1990. カラマツ人工林の成長と立地要因の關係. 北海道林試研報 28 : 54-63.
  18. Andersen, C.P., Bussler, B.H., Chaney, W.R., Pope, P.E. and Byrnes, W.R. 1989. Concurrent establishment of ground cover and hardwood trees on reclaimed mine land and unmined reference sites. For. Ecol. Manage. 28(2) : 81-99.
  19. Callison, J.C. 1989. Site quality indices for the emory oak woodlands of southeastern Arizona. Ph. D. Thesis. The University of Arizona, 47pp.
  20. Chijioke, E.O. 1988. Soil factors and growth of *Gmerina arborea* in Omo Forest Reserve. For. Ecol. Manage. 23 : 245-251.
  21. Fierros-Gonzalez, A.N. 1989. Site quality, growth and yield, and growing space occupancy by plantations of *Pinus caribata* var. *hondurensis* in Oaxaca, Mexico. Ph. D. Thesis, Yale University. 232pp.
  22. Froehlich, H.A., D.W.R. Miles, and R. W. Robbins. 1986. Growth of young *Pinus contorta* on compacted soil in Central Washington. For. Ecol. Manage. 15 : 285-294.
  23. Grace, J. and D.A. Norton. 1990. Climate and growth of *Pinus sylvestris* at its upper altitudinal limit in Scotland : Evidence from tree growth-rings. J. of Ecol. 78 : 601-610.
  24. Graham, R.T., A.E. Harvey, and M.F. Jurgensen. 1989. Effect of site preparation on survival and growth of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) seedlings. New-Forests 3(1) : 89-98.
  25. Green, R.N., P.L. Marshall, and K. Klinika. 1989. Estimating site index of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) from ecological variables in southwestern British Columbia. For. Sci. 35(1) : 50-63.
  26. Harrington, C.A. 1986. A method of site quality evaluation for Red Alder. General technical paper PNW-192. Forest Service of the U.S. Department of Agriculture. 22pp.
  27. Hayashi, C. 1954. Theory and example of quantification(1). Ann. inst. stat. math.

- vol. 2(1) : 11-30.
28. Jarvis, P.G., J.L. Monteith, F.R.S., W. J. Shuttleworth, and M.H. Unsworth. 1989. *Forests, Weather and Climate*. The Royal Society(London). 262pp.
  29. Jensen, M.E. 1990. Plant community and soil relationships on some rangelands of northeastern Nevada. Dissertation Abstracts International, Sciences and Engineering. 50(7) : 2-14.
  30. Kim, E.S. 1988. Radial growth patterns of tree species in relation to environmental factors. Ph. D. Thesis, Yale University. 307pp.
  31. Sander, D.H. 1971. Soil properties and siberian elm three growth in Nebraska wind-breaks. *Soil Sci.* 112(5) : 37-363.
  32. Sato, T., A. Yashima, and M. Tanaka. 1988. Identification of long-term climatic variations based on tree ring widths of Japanese cypresses. *J. of National disaster Science.* vol 11(2) : 37-50.
  33. Weaver, P.L. and G.P. Bauer. 1986. Growth, survival and shoot damage in mahogany plantings in the Luqillo forest in Puerto Rico. *Turrialba* 36(4) : 509-522.
  34. Wenger, K.F. 1984. *Forestry handbook*(2nd edition). John wiley & Sons. 1335pp.
  35. Wijk, S. 1986. Influence of climate and age on annual shoot increment in *Salix herbacea*. *J. of Ecol.* 74 : 685-692.
  36. Yamamoto, T. and E. Sanada. 1970. A study on correlations among nutrient concentrations of Todo-fir (*Abies sachalinensis* Mast.) needle, growth and soil conditions. *Jan. Res. for. inst.* No. 229 : 21-62.