

## 소나무 天然集團의 變異에 關한 研究(Ⅳ)<sup>\*1)</sup>

—集團間 및 家系間分散 推定에 影響하는 家系數에 대하여—

任 慶 彬·權 琦 遠·李 景 宰<sup>\*2)</sup>

### The Variation of Natural Population of *Pinus densiflora* S. et Z. in Korea.<sup>\*1)</sup>

—Change of variance due to number of family  
as sample size to affirm the population and family variations—

Kyong Bin Yim, Ki Won Kwon, Kyong Jae Lee<sup>\*2)</sup>

In the analysis of variance between population and between individual trees (families), the fluctuation of values of variances due to sample size, (number of family) was analysed by two different designs, i.e. 2-level nested design with equal sample size and randomized complete block design.

The variables were seedling heights and root calipers of 1-0 and 1-1 seedlings of *Pinus densiflora* S. et Z. The details of three natural stands and their progeny characters were presented in previous reports.

1. In nested design analysis, increase of sample size resulted the decrease of F-value among families in general, however, the F-values among populations shown the increasing tendency.

The smaller the sample size, the larger the F-values fluctuation was resulted in general. At the point of beyond sample size 10, however, the fluctuation become to be stabilized.

The F-value fluctuation seemed to be more in the case of analysis with random sampling method than with sequentially accumulated sampling method. And also such a tendency was more obvious in smaller sample size than in large one.

2. In R.C.B.D. analysis, the sample size to affirm the family variation was smaller than that for population variations.

本研究은 1974년에 選拔하여 그후에 數年間에 걸쳐 分析한 周王山, 安眠島, 五臺山의 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.) 天然集團의 形質중에서 次代苗木(1-0苗, 1-1苗)의 苗高 및 根元徑의 集團間, 家系間의 差異를 推定함에 있어 家系の 數를 어느 정도의 크기로 해야만 좋은 推定을 할 수 있는 가를 알아보기 위함이었다. 본 分析은 Nested Design의 2-level의 equal sample size에 의한 方法과 Randomized Complete Block Design에 의한 方法 두 가지를 이용하였으며 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. Nested design에 의한 分析에 있어서 sample size(家系數)의 增加에 따라 家系間의 F-値는 대체로 減少하나 集團間의 F-値는 점점 增加하는 傾向을 보였다.

2. F-値의 增加 및 減少의 値向은 그 sample size가 적은 때는 크게 變化를 보이나 그의 크기가 대략 10을 넘으면서부터는 다소 安定된 값을 보이고 있어 만일 sample size가 15~20정도가 되면 상당

\*1) Received for Publication in Sept. 1, 1977

\*2) 서울대학교 農科大學, College of Agriculture, Seoul National University

히 안정되고 그에 따라 集團間差異를 推定하는데 誤謬를 범할 確率은 대단히 낮아진 것으로 推論되었다.

3. 連續적으로 累積加算된 sample size를 가지고 分析할 때와 任意로 抽出組合된 sample을 가지고 分析할 때 F-值의 變動은 後者가 훨씬 심하고 또 sample size가 적을 때 그런 差異가 심해지는 것을 볼 수 있었다. 또한 分析對象形質이 다른 때에는 역시 그에 따른 分析家系數의 調整이 必要한 것으로 보였다.

4. Randomized Complete Block Design에 의한 分析에서 家系間의 差異에 對한 分析은 集團間의 推定에 必要한 家系數보다는 적은 家系數로도 分析可能하였다. 이것은 一般의 推理를 그대로 立證해 주는 것에 不過하였다. 反復區間의 差異에 대한 推定에서 Sample Size(家系數)의 影響은 일정하게 달하기 힘들었다.

## 緒 論

소나무의 天然集團間의 差異 그리고 한 集團內의 個體樹木間의 差異를 統計적으로 確認하는데 있어서 問題가 되는 것은 한 集團에서 몇 株의 樹木을 取하여야 하는 試料數 그리고 個體間의 差異를 위하여서는 몇 株의 次代數로 이것을 統計分析하는 것이 妥當한가 하는 것이다.

다시 말할 것도 없이 많은 個體數와 많은 次代數를 取하면 좋을 것이지만 採種作業의 어려움과 統計分析作業의 복잡성 등 費用과 危險性이 있어서 그 試驗者는 可及의 축소시키고 싶은 것이다. 試料數가 增加하면 이에 기인하는 分散值은 작아질 것이 생각되므로 本論文에 있어서는 同一한 試驗內容에 關해서 다만 그 家系數를 增減시켰을 때 F-值의 增減이 어떠한 樣相으로 나타나는가 하는 것을 究明하고자 했다.

이 方面의 研究는 많은 사람들에 의해서 실시되었는데 사람에 따라 取한 試料數에는 물론 差異가 있다. 그 내용을 살펴보면 다음과 같다.

Jenkinson<sup>4)</sup>의 ponderosa pine에 대한 研究를 보면 그는 Sierra Nevada 北쪽의 8개 天然林分에서 48家系의 1~2년생 次代苗木의 成長量을 調査하고 地域間, 家系間에 대체로 差異가 있는 것을 밝히고 또 家系의 遺傳力도 말하고 있다. 그리고 스웨덴의 Eiche와 Andersson<sup>5)</sup>은 Scots pine에 대한 產地試驗에서 活着率과 生長量을 調査하였는데 그는 주로 天然林에서 100個集團을 擇하여 各集團에서 25~30株의 家系를 選拔하여 총 2200家系에 대한 老대한 試驗을 20年間에 걸쳐 實施하고 各集團의 遺傳的 또는 生態的 特性을 究明하였다. 또한 Echols<sup>6)</sup>가 ponderosa pine의 假導管長에 대한 種子產地와 海拔高의 影響을 調査하기 위해 7個地域에서 각각 4~12株에 대한 風媒種子를 bulk를 하거나 또는 家系別로 採取하여 調査하였고 Iwakawa 등<sup>7)</sup>은 赤松에 대

해 67個體를, 또 Squillace 등<sup>8)</sup>은 Scots pine 人工造林地 110地域에서 500家系에 대해, Fowler<sup>9)</sup>는 red pine에서 Pennsylvania, Kane에 실시한 9個集團×4家系×6個針葉의 sample에 대하여 針葉特性의 分析을 Wright<sup>10)</sup>는 3個國 9個集團에서 集團別로 10~20家系에 對한 次代苗木의 生育特性을 分析하고 있다. 이것을 보면 한 集團안에서 얻어지는 家系(個體)의 數에는 研究者에 따라 差異가 많음을 알 수 있다. 그러나 各集團別의 家系數를 10~20로 한 경우가 많고 이러한 sample size가 集團間差異推定에 큰 무리가 없는 것으로 생각된다. 그리고 試驗을 위한 統計設計는 주로 Randomized Complete Block Design이나 다소 變形된 R.C.B. Design도 있고 이 두 가지가 壓倒的이지만 Lattice Design 등도 쓰이고 있다. 또 이와같은 分析을 하기위해 sample을 취하는 方法에 따라 그 分散이 어떻게 달라지는가를 보기 위해서 Wood<sup>11)</sup>는 멕시코에 分布하는 松類의 針葉形質(長, 幅, 束당針葉數, 氣孔列數, 鋸齒密度, 氣孔數, 樹脂道數)로서 樹種間差異를 分析하였다. 이에 家系數 또는 한 家系에 있어서의 試料數의 增減에 따른 分散值의 增減을 報告하고 있다. 그 結果를 보면 sampling intensity(trees/branches)의 값이 減少하면 따라서 variance의 값이 例外, 없이 줄어들고 있다.

따라서 試料數를 어떻게 잡을 것이냐 하는 것은 중요한 문제가 된다.

## 材料 및 方法

### 1. 材 料

周王山, 安眠島, 五臺山에서 소나무(Pinus densiflora S. et Z.)의 天然集團을 選拔하고 採種하여 家系別로 次代를 양성하였는데 이에 對한 내용은 이미 보고한 바 있다. (韓國林學會誌 28號 1975년, 32號 1976년) 이곳에서는 그 당시 特性調査에 얻은 資料중 1-0 苗 및 1-1 苗의 苗高, 根元徑에 대한 測定值를 앞서서 計劃한 sam-

表 1. 集團別 苗木의 特性

Tab. 1. Measurements of Seedling by Population (analysed by total families)

Characteristics	Population	Mean	S.D.	F-Values
1-0 Seedling [Height (cm)]	1	11.69	1.05	Pop. (d.f.=2, 50):8.690** Fam. within Pop (d.f.=50, 3067):12.427**
	2	10.58	1.04	
	3	10.29	1.05	
1-0 Seedling [Root Collar Diameter(mm)]	1	2.72	0.21	Pop. (d.f.=2.50):7.146** Fam. within Pop. (d.f.=50, 3067):6.122**
	2	2.55	0.13	
	3	2.49	0.19	
1-1 Seedling [Height (cm)]	1	14.34	0.39	Pop. (d.f.=2, 50):6.185** Fam. within Pop. (d.f.=50, 3067):8.488**
	2	13.48	0.81	
	3	13.19	0.98	
1-1 Seedling [Root Collar Diameter(mm)]	1	4.92	0.33	Pop. (d.f.=2, 50):3.202* Fam. within Pop. (d.f.=50, 3067):7.270**
	2	4.66	0.28	
	3	4.82	0.40	

pling system에 따라 集團別, 家系別의 差異를 나타내는 分散의 變動을 分析하고 檢討하였다.

2. 方 法

既往의 研究結果에서 얻어진 內容의 一部를 다음에 다시 든다.

本論文에 있어서 分析은 unequal size의 nested design에 依한 것으로 3個集團에 대한 總家系數는 50에 이르나 五臺山集團의 13家系의 制約을 받아 equal size의 nested design으로 再設計하여서 分析 하였다.

이곳 分析目的은 集團間의 差異를 보기 위한 統計分析에 있어서 家系의 數(sample size)의 增減에 따른 分散

表 2. Two-level Nested Design(equal size)에 의한 分析模型

Tab.2. The analysing model by two-level Nested Design(equal size)

Pop.	1			2			3		
	Fam.			Fam.			Fam.		
No. of observation	1 2 3 .....13			1 2 3 .....13			1 2 3 .....13		
	1	X <sub>111</sub>	X <sub>121</sub>	.....X <sub>1b1</sub>	X <sub>2b1</sub>	.....	X <sub>2bn</sub>	X <sub>a11</sub>	.....
2	X <sub>112</sub>								
3									
.....									
60	X <sub>11n</sub>	.....	X <sub>1bn</sub>	X <sub>21n</sub>	.....	X <sub>2bn</sub>	X <sub>a1n</sub>	.....	X <sub>abn</sub>

a:1~3 b:1~13 c:1~60

表 3. Randomized Complete Block Design에 의한 分析  
Tab.3. The analysing model dy Randomized Complete Block Design.

Block	No. of Observation	Fam.													
		1	3	6	9	12	13	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
1	1	X <sub>111</sub>	X <sub>121</sub>	.....	X <sub>1a1</sub>										
	2	X <sub>112</sub>													
	.....														
	20	X <sub>11n</sub>	.....	X <sub>1an</sub>											
	2	1	X <sub>211</sub>	X <sub>2a1</sub>	.....	X <sub>2an</sub>									
		2	X <sub>212</sub>												
		.....													
		20	X <sub>21n</sub>	.....	X <sub>2an</sub>										
		3	1	X <sub>311</sub>	X <sub>3a1</sub>	.....	X <sub>3an</sub>								
			2	X <sub>312</sub>											
			.....												
			20	X <sub>31n</sub>	.....	X <sub>3an</sub>									

a:3, 6, 9, 12, 13 n:1~20

量의 增減을 보기 위한 것이었다. 또한 各集團別로 家系數의 增加에 따른 F-值의 變化를 알아보기 위해 表 3과 같은 Randomized Complete Block Design에 依한 分析을 實施하였다. 이들 두가지 Design에 의한 分析에서 家系數는 任意로 3, 6, 9, 12, 13으로 組合하고 그 家系數에 따른 F-值의 變化를 調査하였는데 특히 Nested Design에서는 家系數를 2에서부터 하나씩 追加하여 13個의 家系數까지 一連의인 計算을 하여 그 變化樣相도 觀察하였으며 Randomized Complete Block Design에서

는 家系間的 F-值 이외에 反復間的 F-值도 아울러 計算하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. Nested Design에 의한 分析

集團과 家系로 된 2-level equal size의 Nested Design에서 集團間的 F-值와 集團內的 家系間的 F-值를 1-0 苗의 苗高와 根元徑 그리고 1-1 苗의 苗高와 根元徑에서 구하였으며 그림 1, 2, 3, 4, 에 그 結果를 보인다. 그림에서 家系數를 하나씩 追加시켰을 때의 F-值의 變化

와 家系數를 任意로 3, 6, 9, 12로 組合하였을 때의 F-值의 變化를 따로 圖示하여 比較하고자 하였다. 이들 結果중에서 먼저 1-0 苗의 苗高에 대한 것을 그림 1에서 살펴보면 우선 集團間的 F-值는 家系數가 적을 때에는 그 差異를 發見할 수 없으나 그 家系數가 8이 되었을 때에는 그 差異를 5% 水準에서 認定할 수 있었으며 그 以上の 家計數가 되면서 계속 그 F-值가 커지는 것을 發見할 수 있으나 任意로 組合된 경우에 家系數가 12가 될때 有意性을 認定키 어려운 地點까지 F-值가 작아지는 것을 볼 때 母集團의 差異를 잘 推定하기 爲해서는 적어도 12 家系보다는 더 많은 수가 必要할 것으

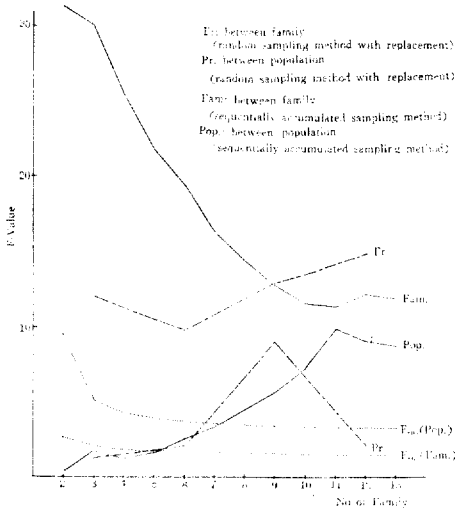


Fig. 1. F-value changes in height of 1-0 stock analysed by Nested Design.

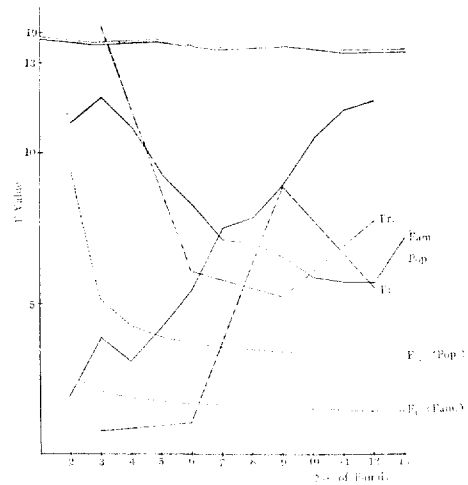


Fig. 3. F-value changes in height of 1-1 stock analysed by Nested Design

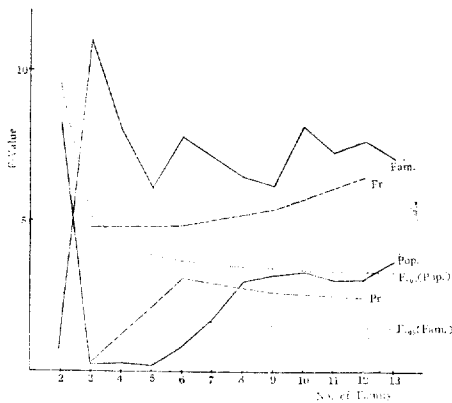


Fig. 2. F-value changes in basal diameter of 1-0 stock analysed by Nested Design.

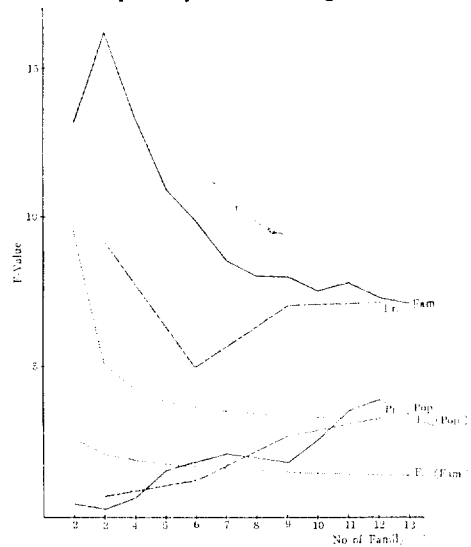


Fig. 4. F-value changes in basal diameter of 1-1 stock analysed by Nested Design.

로 생각된다. 또 集團內의 家系間에 대한 F-値는 적은 家系數에서는 상당히 큰 값을 보이거나 家系數가 많아지면서 급히 減少되어 家系數가 10前後가 되면 상당히 안정된 값을 보이는 것을 그림 1, 2, 3, 4에서 모두 指摘할 수 있다. 그러나 個個의 家系間에는 差異가 대단히 크기 때문에 적은 家系數로도 統計的인 誤謬를 범하지 않

고 家系間의 差異를 檢定할 수 있었다. 그러나 그 數가 너무 작을 때에는 역시 이와같은 統計的 誤謬를 보일 수 있다는 것을 그림 2의 예에서 찾아 볼 수 있다. 그리고 家系數를 하나씩 추가시켰을 때와 任意로 組合했을 때 그 F-値가 비슷한 값을 보이거나 아주 相異한 값을 보이는 것은 그때 그때의 機會的인 境遇로 생각

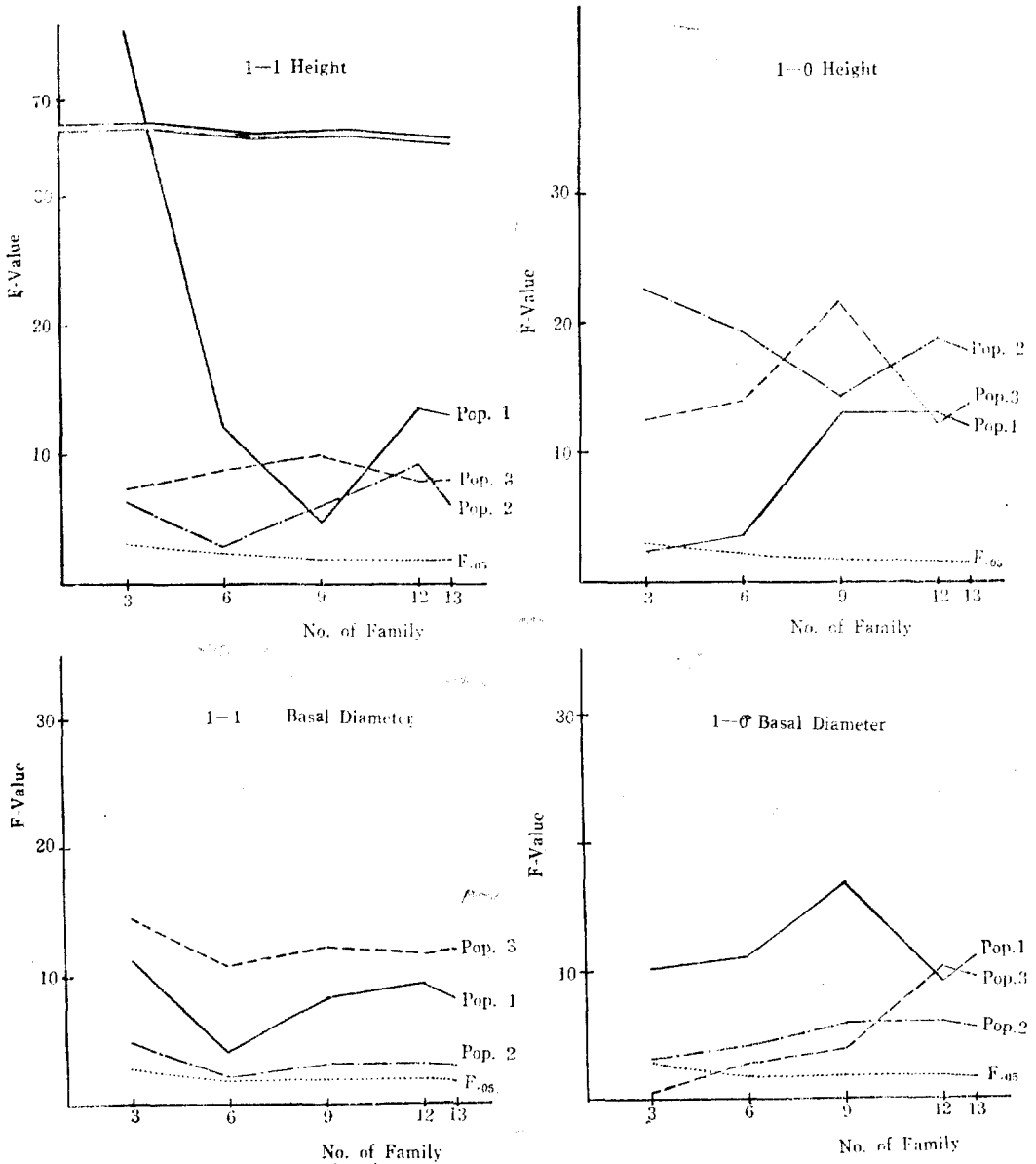


Fig. 5. F-value changes between families due to increase of sample size (number of family) by Randomized Complete Block Design.

할 수 있지만 家系數가 커가면서 그 두가지 方法間에 일어나는 差異는 적어지리라 推定할 수 있다. 또한 그림 2의 1-0 苗의 根元徑에 대한 集團間 差異는 家系數가 13이 되었을 때에 비로소 認定할 수 있지만 1-1 苗의 根元徑에서는 그림 4에서와 같이 家系數가 11이 되었을 때부터 그 差異가 認定되며 苗高에 있어서는 1-0 苗에

서는 家系數 8에서 集團間 差異를 認定할 수 있는 反面 1-1 苗에서는 家系數 5에서 그 差異를 認定할 수 있어 주목이 된다.

이러한 現象을 볼 때 苗木의 年齡이 集團의 推定에 必要한 適正家系數를 決定하는데 影響을 줄 수 있을 가능성은 이 以後의 苗木의 年齡에 대해서도 조사함으로

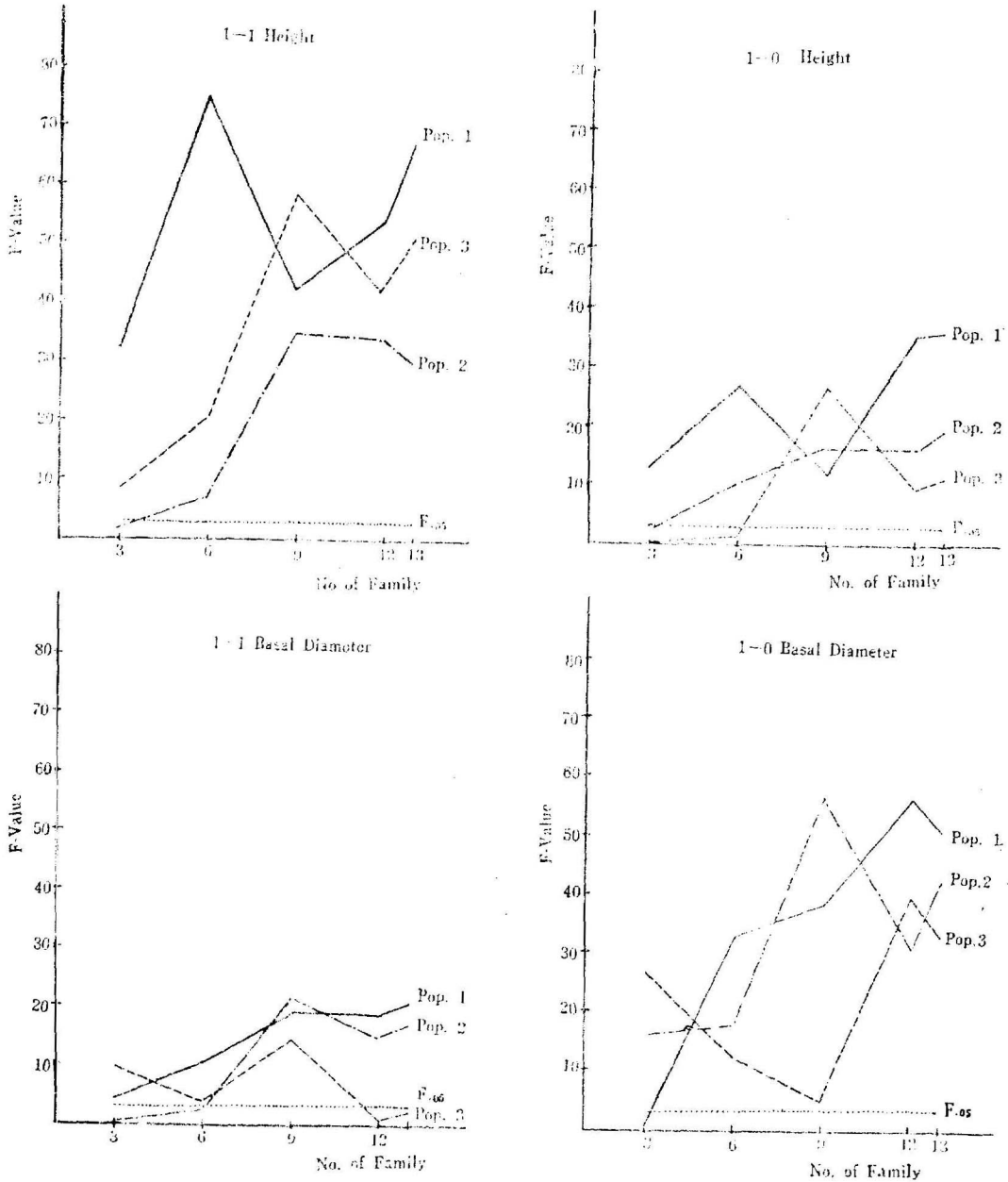


Fig. 6. F-value changes between blocks due to increase of sample size (number of family) by Randomized Complete Block Design.

써 究明할 수 있지 않을까 사료된다. 이러한 點은 苗高에서 推定에 必要한 家系數와 根元徑에서 推定에 必要한 家系數間의 關係에서도 살펴볼 필요가 있으리라 믿는다. 또한 그림 3에서 보는 것처럼 1-1 苗의 苗高에 있어서 家系數가 5가 되면 F-值가 集團間의 有意성을 나타내는 點을 넘어서고 그 후로 계속 F-值는 커져 家系數 12에서 完全히 安定된 크기까지 F-值가 커졌다고 생각이 되지만 家系數가 13이 되면서 그 값이 급히 떨어져 있는 경우도 볼 수 있다. 이를 볼 때 이런 現象이 좀더 크게 일어날 수 있는 可能性을 생각한다면 家系數가 13인 정도로는 아직 安定된 母集團推定이 어렵지 않을까 생각되며 더 이상의 家系數가 있어야 보다 確實한 結論을 얻을 수 있으리라 判斷된다. 또 여기에서의 分析은 어린 苗木의 苗高 및 根元徑을 對象으로 하고 있는데 分析對象이 되는 形質이 달라질 때 하나의 家系內의 測定數가 적을 때는 그 母集團推定에 必要한 家系數가 달라지지 않을까 생각되며 이런 여러 가지 點을 고려한다면 集團推定에 必要한 家系數는 적어도 10은 넘어야 하고 15~20 家系가 되면 어느 程度 믿을 만한 推定이 되지 않을까 思料된다.

## 2. Randomized Complete Block Design에 의한 分析

이에 對한 結果는 그림 5, 6에 보인다. 그림 5에서 家系數의 增加에 따른 家系間의 F-值의 값은 대체로 3個 集團이 모두 5%水準에서 有意성을 認定할 수 있고 集團間보다는 한 集團內의 家系間의 差異가 더 심한 것을 指摘할 수 있다. 그러나 家系數가 적을 때에는 F-值의 變動이 不安定하여서 3~6 程度의 家系數를 가지고 家系間差異를 推定한다는 것은 어렵다고 생각된다. 家系間差異에 대한 分析만을 생각할 때는 集團間差異에 대한 分析을 할 때 보다는 더 적은 家系數로서 만족된다고 생각한다.

또 反復區間의 差異가 集團別로 家系數에 따라 어떻게 달라지나 하는 점은 그림 6에 보이는데 그림에 보이는 것처럼 反復區間의 差異에 대한 F-值의 變動은 集團別家系數別로 어떠한 一定한 傾向은 말하기 힘들다. 즉 集團 1은 1-0 苗의 根元徑에서 家系數 3일 때, 또 集團 2는 1-0 苗 및 1-1 苗의 苗高에서 家系數 3일 때와 1-1 苗의 根元徑에서 家系數가 3, 6일 때 각각 有意성이 認定되지 않는 反面에 集團 3은 1-1 苗의 根元徑에서 家系數가 12일 때에 오히려 有意성이 認定되지 않을만큼 F-值가 급히 떨어지는 것을 觀察할 수 있다.

## 結 論

以上の 結果에 대한 考察은 韓林誌 32號<sup>10)</sup>의 “表 13”에 보인 分散分析의 結果를 바탕으로 그 때의 1-0 苗 및 1-1 苗의 苗高 및 根元徑이 集團間, 集團內의 家系間에 모두 有意성이 나타났던 것을 좀더 分解하여 解析하고 試料數를 어떻게 잡아 볼 것인가 하는 것을 알아 보게 하였다. 물론 여기서 얻은 結果가 分析對象家系數의 不足으로 만족할만한 結論을 내리기 어렵지만 大體的인 傾向을 볼 때 集團分析에 必要한 家系의 數는 10은 넘어야 하고 15~20 個의 家系數는 되어야 좋은 結論에 도달하지 않을까 생각된다. 또한 分析對象形質이 달라지거나 分析할 集團 및 家系가 여러가지 다른 條件을 가지고 있을 때는 그 家系數를 달리하는 것이 妥當할 것으로 생각된다.

## 引 用 文 獻

1. Echols R.M. 1973. Effects of Elevation and Seed Source on Tracheid Length in Young Ponderosa Pine. For. Sci. 19(1):46~49.
2. Eiche V. and E. Andersson. 1974. Survival and Growth in Scots Pine (*Pinus silvestris* L.). Theoretical and Applied Genetics 44, 49~57.
3. Fowler D.P. 1964. Effects of Inbreeding in Red Pine, *Pinus resinosa* Ait. Silvae Genetica 13, (6):170~177.
4. Jenkinson J.L. 1975. Increasing planting Stock Size by Family Selection in California Ponderosa Pine. U.S.D.A. For. Scr. Research Paper PSW-108:1~10.
5. Squillace A.E., J.G.A. La Bastide, and C.L.H. Van Vredenburg 1975. Genetic Variation and Breeding of Scots Pine in the Netherlands. For. Sci. 21(4): 341~352.
6. Wood P.J. 1972. Sampling Systems to Assess Variability in the Needles of Twelve Mexican Pines. New Phytol. 71:925~936.
7. Wright J.W. 1963. Genetic Variation among 140 Half-Sib Scotch Pine Families Derived from 9 Stands. Silvae Genetica 12 (3):83~89.
8. 岩川盈夫等 1967. アカマンの母樹別自然交配家系

- における諸形質の遺傳性. 林試研報 207:31~67.
9. 任慶彬, 金眞水 1975. 소나무 天然集團의 變異에 관한 研究(I) 韓林誌 28:1~20.
10. ———, 權琦遠 1976. 소나무 天然集團의 變異에 관한 研究(II) 韓林誌 32:36~63.