

林木에서의 F₂ 利用¹

全 桂 相² · 孫 聖 仁²

Utilization of F₂ Seeds in Forest Tree Breeding¹

Gae Sang Jhun² · Sung In Sohn²

要 約

林木의 交雜育種에서 F₂ 種子를 利用하는 데는 危險이 따르지만 한편으로 매우 簡便하고 有用한 方法일 수도 있다. 그러나 F₂ 世代에서 惹起되는 變異는 많은 育種家들이 念慮하는 것과 같이 深刻한것 같지는 않다. 韓國의 리기테다소나무 交雜育種에 關한 全般的인 見解를 披瀝한 後 F₂ 種子 利用을 爲한 今後의 育種方案 및 注意할 點에 對하여 論하였다.

ABSTRACT

Utilization of F₂ seeds in forest tree hybridization program could be as dangerous as it could turn out to be handy and beneficial. Variation in F₂ generation does not appear to be dangerous as many breeder's concern. Pitch-loblolly pine hybridization program in Korea is reviewed and use of F₂ seeds are strongly recommended under the strict guide line of further breeding program. Breeding strategy for pitch-loblolly pine hybridization is suggested.

Key words: F₂; pitch-loblolly pine; hybridization; breeding strategy.

緒 言

1959년부터 普及하기 始作한 리기테다소나무는 全 國적으로 29,000 ha나 植栽되어 그 優秀性을 나타내고 있다. 普及當時는 人工交配에 依한 1代雜種이 主로 普及되어 地域에 따라서 多少 耐寒性이 問題가 되었으나 生長과 材質의 優秀性이 나타났으며, 그 後 리기테다소나무와 生長比較林에서 採取된 리기테다소 나무 風媒次代種子(*Pinus rigida* × *P. taeda* F₁ × wind)로 普及된 造林地에 있어서는 種子結實이 많고, 採取가 用易한 리기테다소나무에서 採取된 多量의 種子가 混合普及되어 本來 리기테다소나무의 特性을

나타내지 못한 點과 리기테다소나무에 對한 그릇된 認識 때문에 리기테다소나무의 造林이 잠시 主춤한 狀態이지만, 우리나라의 土質과 立地條件을 勘案할 때 리기테다소나무의 造林은 그 누구도 否認할 수 없는 實情이다. 特히 우리나라 鄉土樹種의 代表樹種인 소나무, 海송 등에 솔잎혹파리의 發生이 다시 蔓延되거나, 全羅南道 海岸地方의 소나무, 海송林에 蔓延되고 있는 솔집질까지벌레가 北으로 擴散되거나, 日本에서 問題되고 있는 소나무, 海松 材線虫 等の 被害에 對한 決定的인 解決策이 發見되지 않는 한 이들 山林害虫에 對하여 抵抗性이 強한 리기테다소 나무의 造林은 다시 한번 그 重要性을 일깨워 주고 있다. 그러나 問題는 種子生産이다. 林木에서 特히 針

¹ 接受 8月 26日 Received August 26, 1985.

² 林木育種研究所 Institute of Forest Genetics, Suweon, Korea.

Table 1. Comparison of the Actual Loss of Excess Vigor of Hybrids with the Calculated Loss (After Neal, 1935)

Type of Synthetic Variety	Average Yield, Bu. per Acre		Average Difference $F_1 - P_1$ Bu. per Acre	Average Yield in F_2 , Bu. per Acre	
	F_1	P_1		Actual	Expected
10 Single hybrids	62.8	23.74	39.06	44.2	43.3
4 Three-way hybrids	64.2	23.75	40.45	49.3	50.7
10 Double hybrids	64.1	25.00	39.10	54.0	54.3

Loss of Vigor in Yield of Grain

	Actual		Expected	
	Bu. per Acre	per Cent	Bu. per Acre	per cent
10 Single hybrids	18.6	47.6	19.5	50
4 Three-way hybrids	14.9	36.8	13.5	33.3
10 Double hybrids	10.1	25.8	9.8	25

리라는豫想과는 달리 F_1 過遇에 收斂하는 것을 볼 수 있다. 즉 種間交雜에서는 完全任意의 遺傳子組合이 어느程度 制限을 받고 있지 않느냐가 여겨진다.¹⁾ 둘째로 農作物의 品種間의 交雜育種方法을 간단히 紹介하면

1. 風媒集團에서 優秀個體 選拔
2. 數世代에 걸쳐 自配를 實施하여 同質性의 自配家系(Inbreed line)를 만든 후
3. 이 家系間에 交配를 한다.

이때 頻度數는 적지만 대단한 雜種強勢(Heterosis)를 보이는 品種을 얻을 수 있고 그 程度도 表 1에서 보는 바와 같이 兩親의 3배가량되는 대단한 收穫량을 알 수 있다. 이 때 F_2 에서의 減少 또한 대단하여 Single hybrid의 境遇 50%, Double hybrid의 境遇 25%의 減數를 가져왔다. 林木에서는 純粹家系를 爲한 自配는 少數의 例外的인 樹種을 除外하고는 不可能 할 뿐만 아니라 不必要한 것으로 農作物에서 特別히 要求되는 同質性이 林木에서는 반드시 바람직 하지는 않기 때문이다. 農作物에서는 1970年以後 Corn blight와 wheat stem rust 등의 災害의 危險性에 對備하기 爲한 Synthetic variety 概念이 導入되고 있는 形便이다.¹⁾ G. C. A가 높은 家系를 多數 섞어 植栽함으로써 다소 收穫이 떨어지더라도 이런 極端的인 災害를 豫防하고자 함이다. 이와같은 境遇 F_2 에서 收穫은 $\hat{F}_2 = \bar{F}_2 - \frac{(\bar{F}_1 - P)}{n}$ 으로 表示할 수 있는데, \hat{F}_2 는 F_2 에서의 豫想收穫量, \bar{F}_1 은 F_1 에서의 平均值, P는 兩親의 平均值이며 n는 兩親家系數이다. 이 때 n의 數가 增加함에 따라 F_1 과 F_2 의 收穫량을 比較하면 表 2와 같다. 즉 n=6

Table 2. Calculated Acre Yields of the F_2 Generation of Synthetic Varieties with Different Numbers of Component Lines (After Kinman and Sprague, 1945)

Number of Lines	Yield in Bushels per Acre	
	F_1 Mean	Expected F_2 Yield
2	97.6	65.3
3	93.4	76.1
4	93.8	79.3
5	91.6	80.2
6	89.2	80.2
7	86.7	79.0
8	84.4	77.9
9	82.8	77.0
10	79.9	74.7

일 境遇, F_2 에서 減數는 9%이고 n=10일 境遇 5%에 지나지 않는다. 林木의 境遇는 n의 數가 最少한 50 以上으로 생각할 수 있고, $\bar{F}_1 - P$; 즉 Hybrid vigor 또한 農作物에서와 같이 그렇게 크지 않기 때문에 F_2 에서의 減少 豫想量은 表 2에서 보다 훨씬 적어 질 것으로 期待된다.

<리기테 다소나무에서의 F_2 >

一般的으로 林木의 生長은 多數의 遺傳子에 依한 量的遺傳으로 理解되고 있다. 리기테 다소나무의 境遇 兩樹種의 形質結合으로 우리나라 中南部라는 環境에서 兩親樹種보다 잘 자라기 때문에 發現되는 優秀性으로 認識되고 있다. 여기서 테다소나무와 리기 다소나무의 材積生長에 關여하는 遺傳子는 같으며

Table 3. Change of average genic value expressed as seedling height and frequency of the individuals with minimum height (12cm) in F₂ generation as the number of loci involved in growth increase. Several assumptions set to develop this model are described in the text.

No. of loci	Ave. Seedling Ht. (cm)	Frequency (%)
1	14.00cm	50.0%
2	13.20	63.5
3	13.00	78.1
4	13.07	82.0
5	13.23	77.3
6	13.06	90.3
7	13.18	88.2
8	13.22	88.4
9	13.24	93.6
10	13.24	93.6

테다소나무가 모두 優性이며 相加的이라 假定할 때 遺傳子數가 增加함에 따라 F₂에서는 어떤 樣相을 띄울것인가를 假想的 遺傳子價(Genotypic value)를 代入하여 檢討하였다. 즉 1 Locus 2 Allele의 境遇, 테다소나무는 AA, 리기다소나무는 aa, 로 그 value를 AA=20(cm), aa=8(cm)라 하면 Aa=14(cm)가 된다. 그러나 實際 우리나라 中部地方에서는 耐寒性關係로 테다소나무의 優秀한 形質이 完全히 發現되지 못하므로 實際로는 10(cm)로 訂正하여 代入하였다. F₂ 個體에서 12(cm)以下되는 것은 棄却(造林時 適用되는 選苗過程)시킨다고 假定할 때 遺傳子數에 따른 F₂ 世代에서의 苗高와 그 頻度數는 表 3과 같다. 表 3에서 나타난 바와 같이 遺傳子의 數가 2에서 10으로 增加함에 따라 苗高는 14(cm)에서 13.24(cm)로 減少하여 損失量은 5.4% 程度이며 이와 같은 個體는 大략 90% 程度임을 알 수 있다. 물론 이와 같은 假想的인 境遇 環境的

Table 4. Growth performance of 14 years old *pinus rigida*, *Pinus rigitaeda* F₁ and F₂ in five locations

species	locations	Chõn Buk	Kyõng Gi	Kang Won	Chung Nam Kyõng Buk	
		So Yang	Ban Wol	Chun Sung	Dae Duk	Dae Ku
<i>Pinus rigida</i>	Total no. of trees	145	315	142	217	131
	Height (cm)	455 (410-630)	456	530.7 (380-620)	719	446.8
	DBH (cm)	7.4 (3.4-13.0)	7.6	8.9 (3.2-14.3)	11.9	6.4
<i>P. rigitaeda</i> F ₁	Total no. of trees	145	296	105	233	195
	Height (cm)	597 (330-810)	498	633.3 (520-780)	750	480.5
	DBH (cm)	11.0 (5.0-17.0)	8.1	10.9 (3.7-16.7)	13.8	6.7
<i>P. rigitaeda</i> F ₂	Total no. of trees	140	288	126	249	223
	Height (cm)	562.4 (320-780)	498	576 (480-750)	752	558
	DBH (cm)	10.5 (4.2-16.2)	8.3	9.9 (3.8-15.8)	15.5	6.4

要素等 polygenic system에 의해 支配되는 量的 形質의 發現에 關係하는 諸般 要素들을 考慮하고 있지 않기 때문에 이것을 그대로 適用할 수는 없다 하겠지만 이와 같은 結果는 앞에서 담배 交雜種에서 보였던 變異와 마찬가지로 F₂에서 一般的으로 兩親樹

種을 總 網羅하는 大단한 變異를 보일 것이라는 생각은 憂慮임을 알 수 있다. 즉 F₂에서 兩親과 가까운 個體는 그 頻度數가 極히 낮고 耐寒性等으로 淘汰될 可能性이 크기 때문에 자연 F₁ 周邊으로 收斂하는 것 같다. 여기서 가장 憂慮되는 것은 耐寒性으

로 과연 生長과 耐寒性이 한 方向으로 一定한 變異를 보일 것인지 아니면 別途로 任意變異를 보일 것인지의 與否는 別途로 研究中에 있으며 다음 機會에 發表하고자 한다. 리기테다소나무 F₂의 實際 生長도 위에서 豫期한 바와 비슷한 것 같다. 1969년에 5個 地域에 植栽된 리기테다소나무 F₁, F₂의 直徑 및 樹高生長을 보면 F₂의 生長이 F₁보다 조금 뒤떨어지고 어떤 地域에서도 리기테다소나무보다는 優秀하다는 것이 證明되었다(表 4).

活着率도 리기테다소나무 F₁에 뒤지지 않고 變異測定의 한 方便이 되는 range 또한 F₁보다 크지 않은 것으로 나타났다. 리기테다소나무의 境遇 F₂에서 우리가 期待할 수 있는 最惡의 境遇로 테다소나무의 耐寒성과 리기테다소나무의 生長으로 最少한 리기테다소나무 보다는 優秀한 個體를 얻을 수 있으리라 豫想할 수 있다. 이 외에도 우리는 이미 20년이 되는 리기테다소나무 F₂의 植栽地를 여러 곳에 갖고 있으며 이에 對해서는 後에 發表하고자 한다. 林木에서 F₂에 關한 研究는 別로 活潑한 편이 못되어서 日本에서 發表된 10年生 일본잎갈나무 交雜種 (*Larix kaempferii* × *L. gmelinii* var. *japonica*)에 對한 結果가 고작이다. 일본잎갈나무의 境遇 F₂의 生長은 F₁보다는 못하지만 生長이 좋지 못한 *L. gmelinii* var. *japonica*보다는 生長이 優秀한 것으로 나타났다.⁵⁾ 특히 F₂로 여겨지는 1代交雜種에서 採取한 風媒次代들의 生長은 生長이 좋은 *L. kaempferii* 와의 戻交雜과 比較할 만큼 生長이 優秀했다.¹⁰⁾

結 論

遺傳工學의 急進의 發達は 20年 以上 成木에서의 葉束培養도 可能하게 할지도 모른다. 그러나 現在로서는 不可能한 이런 突破口가 마련되지 않는 한 針葉樹의 交雜育種에서 F₁ 種子生産은 用易한 것 같지 않다. F₂ 種子 利用이 可能하다 할 때 現在 리기테다 交雜育種의 育種方案은 大略 두가지 方向으로 이루어져야 한다.

첫째, 이미 選拔된 리기테다소나무 秀型木에 對한 次代檢定을 통해 이들의 生長과 耐寒성을 集中 選拔해 나간다.

둘째, F₁ 選拔集團의 遺傳子變異 幅을 擴大하기 위해 現在 美國에서 優秀한 리기테다소나무를 生産하는데 使用된 리기테다 clone 및 우리나라 秀型木 clone과 美國 北部地方의 테다 clone과의 사이에

새로운 交配를 實施 兩親을 確實히 아는 多量의 1代 交雜種集團을 形成한다. 採種園에 包含시킬 F₁ 個體 選拔時에는 母樹와 花粉樹가 서로 重複되지 않는 個體를 選拔, 可能한 次期世代에서 遺傳子 變異幅을 減少시키지 않는 方向으로 적극 노력한다. 한가지 留意할 點은 造林地에서 種子를 採取하여 造林하는 일이 없고 반드시 採種園種子를 使用하도록 積極 弘報活動을 하여 *Brazil grandis*와 같은 境遇가 생기지 않도록 未然에 防止해야 한다. 이에 必要한 Mating design 및 더 具體的인 育種戰略에 關한 事項等은 다음으로 미루기로 하고 여기서는 F₂의 利用이 많은 사람들의 念慮처럼 그렇게 걱정스러운 것만은 아니라는 것을 強調하면서 끝을 맺으려 한다.

引 用 文 獻

1. Allard, R. W. 1960. Principles of plant breeding. John Wiley & Sons, Inc.
2. Anderson, E. 1939. Recombination in species crosses. *Genetics* 24: 668-698.
3. Brune, A. and B. Zobel. 1981. Genetic base populations, gene pools and breeding populations for Eucalyptus in Brazil. *Silvae Genetica* 30(4-5): 146-149.
4. Demeritt, Jr. Maurice E. and P. W. Garrett. 1981. The northeast pitch-loblolly pine hybrid program. In *Research needs in tree breeding*. Proc. 15th North American Quantitative Genetics Group Workshop.
5. Hamaya, T. 1981. Breeding of larch by species hybridization in Japan. Proc. XVII IUFRO World Congress, Div. 2: 157-168.
6. Hyun, S. K. 1976. Interspecific hybridization in pines with the special reference to *Pinus rigida* × *P. taeda*. *Silvae Genetica* 25 (5-6): 188-191.
7. Hyun, S. K. 1974. The possibility of F₂-Utilization of *Pinus rigida* × *P. taeda*. *Kor. Jour. Breeding* 6(2): 123-133.
8. Hyun, S. K. 1972. The possibility of F₂-Utilization in pine hybridization. Proc. IUFRO-SABRAO Joint Symposia, Tokyo, C-4(1): 1-10.
9. Kinman, M. L. and G. F. Sprague. 1945. Relation between number of parental lines and

- theoretical performance of synthetic varieties of corn. *J. of Amer. Soc. Agron.* 27: 341-351.
10. Kurahashi, A., C. Sasaki, S. Ogasawara and T. Hamaya. 1985. Growth of F_2 and backcross families between kurile and North-Chinese larch and Japanese larch. *Transact. 96th Meet. Jap. For. Soc.* (in press).
11. Notional Academy of Sciences. 1972. Genetic vulnerability of major crops. Washington, D. C., 307p.
12. Neal, N. P. 1935. The decrease in yielding capacity in advanced generations of hybrid corn. *J. of Amer. Soc. Agron.* 27: 666-670.
13. Zobel, B. and J. Talbert. 1984. Applied forest tree improvement. 505p. John Wiley & Sons, Inc.