

針葉樹 優良交雜種의 特性에 關한 研究*¹

安 建 鏞*²

Studies on the Principal Characteristics of Superior Hybrid Pine*¹

Kun Yong Ahn*²

This experiment was conducted to investigate the percentage of fertile seed in terms of crossabilities and relationships of taxonomic affinities for the $\times P. rigitaeda$ of interspecific hybrid, $\times P. rigida \cdot rigitaeda$ and $\times P. rigitaeda \cdot rigida$ of backcross hybrids, F_2 of $\times P. rigitaeda$ and natural hybrid of $\times P. rigitaeda$ within Sub-genus Diploxylon of the Genus *Pinus*. The possibility of establishment of hybrid seed orchard and differentia of hybrids for the purpose of extensive program of reforestation in the future have also been investigated. And, the experimental results obtained are summarized as follows:

1. On the basis of crossabilities as well as on the taxonomic affinities according to the systems of Shaw, Pilger and Duffield, it has been proven that the parental species of those hybrids are of close affinities and range of the fertile hybrid seed production rate was as high as 67—87% in the best hybrid combination (Table 6).

2. Those hybrids seemed to be most promising in the growth performance exhibiting 28—80% more volume growth compared to the *P. rigida* with the statistic significance of 1—5% level (Table 7, 8, 9). And all hybrids exhibit cold hardiness as much as *P. rigida* except F_1 hybrid of $\times P. rigitaeda$ and it seems to suggest that the characteristics of cold hardiness were transmitted from the *P. rigida*.

3. With regard to the anatomical characteristics of needle, the hypoderm is biform in most of the hybrid pines and the characteristics of resin canals are medial in all hybrid. And, the fibrovascular bundles are intermediate of both parent in all hybrid. Therefore it was found to be possible to distinguish the hybrids pines from their parents by the needle characteristics (Table 10).

4. It has been demonstrated that the hybrids pines have a phenolic substance (No. 7) of pale yellow at Rf-0.66, same as *P. rigida*, but no trace of phenolic substance was observed in the *P. taeda*. This fact will serve as an important criteria for early identification of hybridity in progeny testing (Table 11).

5. It was found to be possible to distinguish by the starch gel electrophoretic variations banding patterns and staining densities of isoperoxidase in the needles of the hybrids pines from their parents (Fig. 1).

소나무屬 Diploxylon亞屬의 種間雜種인 一代雜種 $\times P. rigitaeda$ 와 戻交雜種인 $\times P. rigida \cdot rigitaeda$ 와 $\times P. rigitaeda \cdot rigida$, $\times P. rigitaeda$ 의 F_2 및 自然雜種인 $\times P. rigitaeda \cdot Wind$ 等의 稔性種子獲得

*¹ Received for Publication in February 20, 1976.

*² 서울대학교 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suweon.

率을 基準으로한 交配親和力과 分類學上의 類緣關係를 檢討하는 同時에 造林地에 있어서의 生長比較, 針葉의 解剖形態比較, phenol性 物質에 依한 特性比較 및 isoperoxidase의 變異比較等을 究明하여 今後計劃의 造林에 貢獻할 雜種採種林造成 與否와 優良雜種間 및 其兩親種間의 差異點을 分別 觀察한 結果 다음과 같은 成績을 얻었다.

1. 各供試樹種을 Shaw, Pilger 및 Duffield等의 分類式에 準하여 各組合別 稔性種子獲得率을 基準으로 交配親和力과 類緣關係를 檢討한바 各組合의 兩親種間에는 相當한 交配親和力이 있었고, 近緣間임을 알 수 있었으며, 各組合別 最高稔性種子獲得率은 67~87%이었다.

2. 各造林地에서의 樹高 및 根元徑 生長比較에서 樹種間에 1~5% 水準으로 高度의 有意性이 있으므로 材積比에서도 *P. rigida* 보다 28~80%의 보다 越等한 生長을 보여 造林上 有用性 價値가 있는 優秀雜種으로 期待되며, $\times P. rigitaeda$ 를 除外한 雜種松은 耐寒性에 있어서 *P. rigida*의 形質을 받아 全然 凍害를 받지 않았으므로 耐寒力이 強함을 알 수 있었다.

3. 針葉의 解剖形態에 있어서 諸形質中 一部 例外도 있었으나 各雜種松은 大部分이 hypoderm에서 biform이었고, resin canal에서는 中位를 나타냈으며, fibrovascular bundle에서는 大部分이 兩親種의 中間形質을 나타냈으므로 各雜種과 그 兩親種間의 識別은 어느程度 可能함을 보았다.

4. Phenol性 物質에 依한 特性比較에서 各供試雜種이 *P. rigida*와 共히 Rf值 0.66인 phenol物質 7番이 淡黃色으로 反應되었으나 *P. taeda*에는 反應이 나타나지 않았으므로 兩親種間에는 顯著的한 識別을 할 수 있었다.

5. 過酸化 同位酵素型의 變異는 各供試樹種에 出現된 band의 數와 位置 및 活性度의 差異가 相異하므로 어느程度 識別이 可能함을 알 수 있었다.

緒 論

新品種育成을 위한 育種學의 手段中 果樹種間의 優良形質의 結合을 目的으로 하는 外國의 優秀種間의 種間交雜에 依한 新品種育成은 韓國의 貧弱한 山林資源을 增大시키는데 크게 期待되므로 荒廢된 韓國의 各種立地 및 造林目的에 適合한 優良交雜種을 育成코저 主要造林樹種인 松栎類中 特히 *Diploxylon* 亞屬內의 種間交雜에 依하여 얻은 一代雜種인 $\times P. rigitaeda$ 와 이의 缺點인 弱한 耐寒力을 補強하고 種子를 經濟的으로 大量生産함을 目的으로 戻交雜種인 $\times P. rigida \cdot rigitaeda$, $\times P. rigitaeda \cdot rigida$, F_2 인 $\times P. rigitaeda \cdot rigitaeda$ 및 $\times P. rigitaeda$ 의 自然雜種인 $\times P. rigitaeda \cdot Wind$ 等 優良雜種에 對한 交配親和力과 綿密한 諸特性을 究明하여, 今後 計劃의 造林에 貢獻할 雜種採種林造成에 寄與함은 勿論, 優良交雜種間 및 其兩親種間의 差異點을 早期에 分別함이 次代檢定 및 造林上 重要한 緊急課題인 것이다.

上記 一代雜種의 種子母樹인 *P. rigida*와 花粉母樹인 *P. taeda*는 兩親種 共히 系統分類學的으로 보아 類緣關係가 近緣種이다.

Pinus rigida Miller (Pitch pine)는 原產地가 美大陸 東北部이며, 넓은 分布區域을 가진 樹種으로서 Maine

州의 中部로부터 New York州에 이르러, 其北限은 Canada의 Ontario州 東南端部까지 이르고, 南쪽으로는 Tennessee州의 山間, Georgia州의 北部 및 Carolina州의 西北部까지 이르고 있다. 韓國에 導入된지는 約 60年이되어 全國各處에 美林을 이루고 있으며, 大體로 砂土와 瘠薄地에 適應力이 強하고 松蟲에 對한 被害가 적으며 耐寒力이 強하여 每年 大量植栽되고 있다. 그러나 이 樹種은 樹幹이 屈曲하며, 材質이 不良하고 萌芽力이 強하여 不良枝 및 不定芽의 出現이 많으므로 用材로서의 價値가 低劣한것이 缺點이다.

Pinus taeda L. (Loblolly pine)는 美國의 東南部に 產하며, 沿岸의 平原과 Piedmont台地에 自生하는 美國 主要樹種의 하나로서 分布限界는 北으로 Maryland, Delaware州에 이르며, 南으로는 Florida州의 中部까지, 西로는 東部 Texas州에 이르기까지 널리 分布되어 있다. 材質이 優秀하고 成長이 迅速하며 樹型이 通直하여 美國에서는 有名한 經濟樹種으로 되어 있으나 韓國에서는 氣候의 差異로 因하여 全南 및 慶南의 平地를 除外하고는 越冬할수 없는 樹種이다.

本研究는 上記 兩親種間의 有用形質의 結合을 利用할 目的으로 人工交配에 依하여 生産된 優良雜種의 稔性種子獲得率을 基準으로한 交配親和力과 類緣關係를 究明하며, 優良雜種松의 諸特性과 造林의 價値與否를 究明하여 經濟的인 雜種을 檢出獲得함과 同時에, 今後

計劃의造林에 貢獻할 雜種採種林造成과 優良雜種間 및 其兩親種間의 早期識別法을 確立함이 次代檢定 및 造林上 緊急한 當面課題인 것이다.

研 究 史

林木의 交雜에 關한 研究는 1845年 Johann Klotzsch 에 依하여 松柏類 및 其他樹種에 對하여 人工交配를 實施한것이 其始初라 하겠으며, 其後 世界人口의 增加로 山林資源의 需要가 增加됨에따라, 1925年 J.G. Eddy 에 依하여 創設된 林木遺傳研究所에서는 主로 소나무屬에 對한 本格的인 交雜育種을 Righter^(41,42), Duffield^(9,40)等 여러學者들에 依해 實施된바, 그 實例로는 寒害와 乾燥에 強하고 生長迅速한 ×*P. attenuradiata*를 얻는데 成功하였으며⁽¹³⁾, 最近의 有用形質의 結合을 위한 交雜으로는 北部濠州에서 耐濕性과 耐暑性을 結合한 *P. elliotii*×*P. caribaea* var. *hondurensis*의 利用計劃이 있다^(38,46). 韓國에 있어서의 이와같은 有用形質의 結合을 위한 交雜으로는 ×*P. rigitaeda*가 種子母樹의 耐寒性과 花粉母樹의 迅速한 生長과 通直性 및 優良한 材質의 結合으로 되었음은 既히 報告된 바 있다^(23-26,30).

소나무屬中에는 經濟的價値가 높은 樹種中에서 heterosis의 現象을 俱現하는 交雜種이 적지 않으며, Seitz⁽⁴⁵⁾와 Dengler⁽⁸⁾는 *P. sylvestris*의 系統間交雜에 依해서도 heterosis의 現象을 얻었다고 報告했으며, 齊藤⁽⁴⁴⁾는 赤松과 黑松과의 交雜種은 生長 및 通直性에 있어서 雜種強勢의 現象이 나타났음을 發表했다. 近者에는 美國北東部 林業試驗場에서 Wright⁽⁴⁸⁾가 10餘年間に 걸쳐 10餘種의 松類에 對하여 研究한바 있으나 本研究의 供試組合에 對하여서는 아직 外國에서 大量으로 實施된바 없다.

交雜育種에 있어서 交雜性的 眞否를 早期判定하기 위한 外部 및 解剖學的特性 特히 針葉에 依한 方法으로는 1947年 Harlow⁽¹⁸⁾가 相當히 細密한 觀察을 하여 報告한바 있으며, 1963年 金⁽³²⁾은 雜種松의 karyotype 分析에 對하여, 具⁽³⁶⁾는 假道管長과 壓縮強度에 對하여 各各 發表한바 있으나, 外部 및 解剖學的特性으로 識別이 困難한 境遇에는 種子와 花粉 또는 營養器管의 一部를 材料로하여 其蛋白質의 血清學的類絲關係에 依한 方法⁽²¹⁾과 또 近來에 急速히 發達된 zymography에 依한 方法^(33,34,37)이 있으며, 또 植物體內에 含有된 phenol化合物의 質的 및 量的差異^(6,11,12,16,21,45) 또는 monoterpene構成要素의 質的 量的差異에 依해서도 識別可能한것이 最近에 究明되어서^(14,15) 이 問題에 對한 解決方案은 日益進歩되고 있다.

韓國에 있어서는 1953年 부터 林木育種에 關한 研究를 本格的으로 實施하여 1956年 부터는 現山林廳 林木育種研究所에서 松類 約 40餘組合의 種間 및 品種間交雜이 大規模的으로 實施되어 왔으며, 其成績의 一部는 既히 發表된바 있다^(1-4,22,27-29).

그러나 上記研究에서는 本研究에 供試된 優良雜種의 交配親과力에 對한 檢討과 優良雜種間 및 其兩親種間의 早期識別法의 確立이 缺如되어 있으므로 本研究에서는 이들 事項에 關하여 一連의 研究를 實施한 一部 結果이므로 今後計劃의造林에 貢獻할 雜種採種林造成에 必要한 豫備的 資料가 될것이라 思料됨.

材料 및 方法

1. 稔性種子穫得率을 基準으로한 交配親과力과 類絲關係

本人工配試驗에 使用된 供試樹種을 種子母樹및 花粉母樹別로 보면 다음表 1과 같다.

Table 1. Species used for controlled pollination

Seed parent			Pollen parent	
Species	Location	Age	Species	Pollen source
<i>Pinus rigida</i>	College Forests, Suweon	10-20	<i>Pinus taeda</i>	Eddy Arboretum Pl., Calif. Georgia, Mississippi, N.Carolina, Virginia, Florida, Texas, Arkansas, Maryland, Louisiana, Kwang-Ju, Kwang-Yang
do.	Osan Forests, Kyunggi-do	8-15		
do.	Homesil-Ri Forests, I.F.G., Suweon	10-15	× <i>P. rigitaeda</i>	Eddy Arb. Pl., Calif., Kwang-Yang. Homesil-Ri Forests, I.F.G., Suweon
× <i>P. rigitaeda</i>	do.	8-15	<i>Pinus rigida</i>	Kwang-Yang, Osan Forests, Homesil-Ri Forests, I.F.G., Suweon

表 1과 表 6에 表示된바와 같이 1956년부터 1970年에 걸쳐 種子母樹는 水原 및 烏山地方 所在의 *P. rigida* 및 $\times P. rigitaeda$ 8~20年生 植栽林과 林木育種研究所 好梅實里育種試驗林인 8~15年生 植栽林으로 삼고 交配母樹林分에 美國 California 外 11個産地의 *P. taeda* 花粉으로 184,233袋, $\times P. rigitaeda$ 3個産地의 花粉으로 18,440袋 및 *P. rigida* 3個産地의 花粉으로 2,395袋 都合 205,068袋의 人工交配를 Cumming, Righter⁽⁷⁾

에 依하여 1948年에 案出된 人工交配方法과 安⁽¹⁾의 方法等に 準하여 實施하였다. 그結果 生産된 雜性種子獲得率의 成績은 基準으로해서 Shaw, Pilger, Dufield⁽¹¹⁾ 등의 各分類法에 依據, 交配親和力과 類緣關係를 檢討 調査하였다.

2. 造林地에 있어서의 生長狀況 比較

造林試驗에 使用된 供試樹種은 다음 表 2와 같다.

Table 2. Samples investigated

Species	Location of test plantation	Year of planting	Age	Year of pollination	Seed source
<i>Pinus rigida</i>	Gome-Ri, Kyunggi-do	1964	1-0-12	—	Osan, Kyunggi-do
$\times P. rigitaeda$	do.	do.	do.	1961	Homesil-Ri Suweon
$\times P. rigida \cdot rigitaeda$	do.	do.	do.	do.	do.
$\times P. rigitaeda \cdot rigitaeda$	do.	do.	do.	do.	do.
$\times P. rigitaeda \cdot Wind$	do.	do.	do.	do.	do.
<i>Pinus rigida</i>	Joong-Ri & Suyung-Ri Kyunggi-Do	1972, 1974	1-1-4, 1-1-2	—	Homesil-Ri, Suweon
$\times P. rigitaeda$	do.	do.	do.	1968, 1970	do.
$\times P. rigida \cdot rigitaeda$	do.	do.	do.	do.	do.
$\times P. rigitaeda \cdot rigida$	do.	do.	do.	do.	do.
$\times P. rigitaeda \cdot rigitaeda$	do.	do.	do.	do.	do.
$\times P. rigitaeda \cdot Wind$	do.	do.	do.	do.	do.

表 2에 表示된바와 같이 1961年度에 交配하여 1964年에 1-0苗를 京畿道龍仁郡基興面古梅里 所在 育種試驗林에, 1968年度에 交配하여 1972年에 1-1苗를 京畿道華城郡東灘面中里 所在 育種試驗林에, 1970年度에 交配하여 1974年에 1-1苗를 京畿道華城郡鳳潭面水營里 所在 育種試驗林에 各各 同齡의 *P. rigida*를 比較樹種으로하여 Randomized Complete Block Design으로 表 3, 4, 5와 같이 3個所를 選定하였다.

生長狀況比較는 各試驗區別로 供試木全體에 對하여

樹高, 根元徑 및 材積을 測定比較 하였으며, 測定은 1975年度 生長完了된 部位를 基準으로 하였으며, 各反覆에 對한 全體平均値 및 變異度를 觀察코져 最高, 最低 및 變異係數를 調査하였다. 또한 樹高와 根元徑의 分散分析과 平均間의 L.S.D.를 檢定하였다(表7, 8, 9).

3. 針葉의 解剖形態 比較

針葉의 解剖形態를 比較하기 위하여 標本採取는 水營里育種試驗林의 各供試木에서 光線이 比較的 斜照射되는 西南向에 面한 中央部位側枝의 2年生枝에 着生

Table 3. Arrangement of test plantation No. 1

Speceis	Seed or pollen source	Replication				Total
		I	II	III	IV	
<i>Pinus rigida</i>	Osan	25	26	25	26	102
$\times P. rigitaeda$	Kwang-Ju	23	25	24	26	98
$\times P. rigida \cdot rigitaeda$	Homesil-Ri	25	25	23	24	97
$\times P. rigitaeda \cdot rigitaeda$	do.	25	26	24	25	100
$\times P. rigitaeda \cdot Wind$	do.	25	25	25	24	99

*Test plantation No. 1: Location=Gome-Ri Forests, I.F.G., Suweon.

Slope=5°-25° toward northwest, red clay soil.

Table 4. Arrangement of test plantation No. 2

Species	Seed or pollen source	Replication				Total
		I	II	III	IV	
<i>Pinus rigida</i>	Homesil-Ri	25	24	24	25	98
× <i>P. rigitaeda</i>	Kwang-Yang	25	24	25	25	99
× <i>P. rigida-rigitaeda</i>	Homesil-Ri	26	26	25	25	102
× <i>P. rigitaeda-rigida</i>	do.	26	25	24	25	100
× <i>P. rigitaeda-rigitaeda</i>	do.	24	25	25	24	98
× <i>P. rigitaeda-Wind</i>	do.	25	23	24	25	97

*Test plantation No. 2: Location=Joong-Ri Forests, I.F.G., Suweon.
Slope =15°-25° toward northeast, sandy loam soil.

Table 5. Arrangement of test plantation No. 3

Species	Seed or pollen source	Replication				Total
		I	II	III	IV	
<i>Pinus rigida</i>	Homesil-Ri	25	25	25	25	100
× <i>P. rigitaeda</i>	Kwang-Yang	25	26	24	26	101
× <i>P. rigida-rigitaeda</i>	Homesil-Ri	24	23	25	26	98
× <i>P. rigitaeda-rigida</i>	do.	23	25	24	25	97
× <i>P. rigitaeda-rigitaeda</i>	do.	24	25	25	24	98
× <i>P. rigitaeda-Wind</i>	do.	25	26	24	25	100

*Test plantation No. 3: Location=Suyung-Ri Forests, I.F.G., Suweon
Slope =gentle, sandy loam soil.

한 針葉을 任意로 2束式 採取하여 其中 2個의 葉斷面에 나타나는 解剖學的 特性을 調査하였다(表 10). 葉의 解剖는 固定液(Formalin-Acetic acid-95% Alcohol-H₂O=5:5:63:27 V/V)에 處理된 標本을 銳利한 切斷刀로 葉의 中央部位에서 切片을 만든다음, 染色은 lacto-phenol液(Phenol-Lactic acid-Glycerin-H₂O=1:1:2:1 V/V)중에 fast green 5gr을 加하여 만든 染色液에 着色한다음 100倍로 檢鏡하였다. 다만 *P. taeda*는 京畿地方에서의 越冬不能으로 全南光陽育種試驗林에서 採取 使用하였다.

4. Phenol性物質에 依한 特性比較

Thin-layer chromatography(TLC)에 依한 phenol性物質의 特性比較에 使用된 標本採取는 上記 解剖形態比較에 使用한 各供試木에서 生葉 50gr을 採取하여, Hanover, Hoff, Wilinon^(16,17)의 phenol物質抽出法에 準하여 高溫恒溫器 70°C 內에서 8時間 乾燥시킨 다음, Wiley式粉碎機에 粉碎 粉末로 만들어 4gr을 試料로 使用하였다. 于先 試料 4gr에 2회에 걸쳐 끓는 蒸溜水 100ml를 加하여 2分間 끓인後 溶液만을 濾過抽出한

다음, 다시 그試料를 끓는 蒸溜水 50ml로 잘 洗滌하여 溶液만을 濾過시켜 分離瓶에 담어, 樹脂와 脂肪等 不純物을 除去하기 위하여 50ml의 ethyl ether로 5회에 걸쳐 分離洗滌하였다. 그다음 不純物을 除去한 水成溶液을 35ml의 n-Butanol로 5회에 걸쳐 polyphenol을 抽出하여 回轉蒸溜器에 水溫度 50°C에서 乾溜한다음 TLC를 위한 phenol物質試料溶液을 n-Butanol 2ml로 溶解抽出하여 冷藏庫에 貯藏하였다가 使用하였다.

TLC는 Stahl⁽⁴⁷⁾, Bobbitt⁽⁴⁸⁾ 등의 方法에 準하여 TLC 硝子板은 20cm×20cm로 Silica gel G.를 使用하여 250 micron 두께로 만들어 常溫에 10分間 保管하였다가 110°C의 高溫恒溫器內에서 30分間 乾燥後 乾燥劑를 넣은 保管箱子에 넣었다가 使用하였다. 試料의 滴下量은 10λ(lambda)였고 展開는 Sandwich type chamber를 使用하였으며 試料의 滴下點으로부터 展開前線까지의 距離는 17.5cm로 하였다. 展開溶媒는 Kim⁽⁴⁹⁾에 依한 Aceton-Chloroform(3:7V/V)과 Hong⁽²⁰⁾에 依한 Benzene-Methanol-Acetic acid(90:16:8V/V)를 使用하였고, 呈色反應試藥은 diazotized p-nitroaniline solution

을 使用하였다.

5. Isoperoxidase의 變異比較

Isoperoxidase의 變異調査를 위하여 標本은 各供試木에서 無作爲로 採取하여 使用하였으며 酵素分離方法은 Park⁽²⁹⁾의 方法에 準하였다. 卽 1l의 후라스크에 加水 分解를한 澱粉 54gr와 0.03m 硼酸緩衝液 500ml (0.15mg의 NaOH와 0.9mg H₃BO₃, pH 8.5)를 混合 約 5分間 100°C로 加熱해서 후라스크內의 空氣를 除去한 後 이것을 12本の gel bridge內에 넣어 室溫에서 12時 間程度 放置한後 gel을 實驗에 使用하였다. 泳動槽緩衝液은 1l當 3.4gr의 水酸化나트륨과 18.5gr의 硼酸을 넣은 pH 8.5의 液을 使用하였다. 試料은 0.5gr의 針葉을 乳鉢에 넣어 粉碎抽出液을 濾過紙(Watman No. 1, 5×18mm)에 吸收시켜 陰極側에서 8cm의 元點에 挿入했다. 電氣泳動에 使用한 電氣量은 처음 10分間 5V/cm, 그後 約 110分間은 泳動距離를 標示하기 위하여

使用한 bromo phenol blue가 元點에서 陽極쪽으로 10 cm되는 곳에 到達할때까지 17.5V/cm의 直流發生電氣를 通하여 주었다. 電氣泳動이 끝난 gel은 半으로 切斷하여 一部를 0.3% 過酸化水素水와 0.1% 酢酸 benzidine과 0.0625m tris-acetic acid(0.01m tris와 0.0525 m acetic acid)를 混合한 pH 4.0인 色呈液을 넣어 15 分後에 水洗하여 呈色反應을 停止시켜 band를 觀察하였다.

結果 및 考察

1. 稔性種子獲得率을 基準으로한 交配親和力과 類緣關係.

1956년부터 1970년까지 人工交配를 實施한 結果, 組合別 交配狀況 및 稔性種子獲得率의 成績은 다음 表6과 같다.

Table 6. Results of controlled pollination by year

Hybrid combination		Pollen source	Year of pollination	Number of pollination bags	Number of cone harvested	Number of sound seeds	Percentage of sound seeds
Female	Male						
<i>P. rigida</i>	<i>P. taeda</i>	Kwang-Ju	1956	3,822	7,535	97,260	27
do.	do.	Tex. etc.	1957	13,621	22,559	217,000	15-22
do.	do.	Ga. etc.	1958	23,545	44,119	659,460	31-34
do.	do.	Ga.	1959	25,624	47,200	658,000	29
do.	do.	Ga. etc.	1960	26,459	80,441	768,460	21-45
do.	do.	Ga. etc.	1961	33,885	63,138	904,300	31-51
do.	do.	N.C. etc.	1962	19,377	46,549	605,200	20-29
do.	do.	Ga.	1963	16,986	27,519	325,100	23
do.	do.	N.C. etc.	1964	11,529	20,144	190,960	13-39
do.	do.	La. etc.	1965	1,881	2,694	49,900	15-64
do.	do.	calif. etc.	1966	946	2,261	32,100	29-58
do.	do.	N.C. etc.	1967	4,249	7,747	80,100	11-67
do.	do.	Kwang-Yang	1968	780	1,140	18,800	39
do.	do.	do.	1969	1,114	2,054	47,400	43
do.	do.	do.	1970	415	726	3,100	34
<i>P. rigida</i>	<i>P. rigitaeda</i>	Calif.	1956	12,198	22,606	867,200	76
do.	do.	do.	1958	1,187	494	1,900	43
do.	do.	Suweon	1962	191	345	11,500	64
do.	do.	do.	1963	228	312	6,850	59
do.	do.	do.	1964	450	917	25,700	80
do.	do.	Calif.	1965	554	1,135	55,900	77
do.	do.	Suweon	1967	546	299	6,350	58
do.	do.	do.	1968	174	137	5,300	70
do.	do.	do.	1970	153	54	700	52

<i>P. rigitaeda</i>	<i>P. rigida</i>	Suweon	1959	115	150	2,400	57
do.	do.	do.	1964	452	345	10,600	82
do.	do.	do.	1965	349	375	10,400	58
do.	do.	Osan	1966	596	491	4,400	45
do.	do.	Kwang-Yang	1967	582	464	5,200	73
do.	do.	Osan	1968	144	86	115	23
do.	do.	do.	1970	157	73	546	47
<i>P. rigitaeda</i>	<i>P. rigitaeda</i>	Suweon	1961	125	155	4,600	78
do.	do.	do.	1962	282	437	18,200	86
do.	do.	do.	1964	85	52	5,600	87
do.	do.	Calif.	1965	1,308	1,483	27,800	84
do.	do.	Calif. etc.	1966	590	965	15,200	32-43
do.	do.	Calif.	1967	124	64	446	62
do.	do.	Kwang-Yang	1968	110	67	614	37
do.	do.	do.	1970	135	73	434	29

表 6에서 各組合의 年度別 稔性種子獲得率을 보면, ×*P. rigitaeda*는 1967 年度分이 11~67%로 最低에서 最高의 結實率을 보였고, ×*P. rigida·rigitaeda*는 1958 年度分이 43%로 最低이고 1964年度分이 80%로 最高의 結實率을, ×*P. rigitaeda·rigida* 1968年度分은 23%로 最低이고 1964年度分이 82%로 最高의 結實率을, ×*P. rigitaeda·rigitaeda* 1970는 年度分이 29%로 最低이고 1964年度分이 87%로 最高의 結實率을 各各 보여 花粉產地가 相異한 組合間에서는 勿論 同一組合 및 花粉產地間에서도 交配年度에 따라 相當한 差異를 보였다. 이러한 結果를 招來하게 된 原因으로는 雌花의 授粉適期의 喪失, 交配에 使用된 花粉의 發芽力不良, 交配袋의 不良, 交配母樹 個體間의 差異, 交配人夫의 技術的熟練의 差異, 交配後의 落果現象 및 諸生理的被害 등으로 結實量에 相當한 差異가 있었음이 首肯 된다.

本試驗에 使用된 供試樹種의 兩親種을 Shaw의 分類式에 準하여 보던 種子母樹인 *P. rigida*는 Group XII,

Insignes內에, 花粉母樹인 *P. taeda*는 Group이 極異한 Australes內에 屬하여 系統分類學의 으로 보아 兩親種이 比較的 遠緣間인 同時에 交配親和力이 弱한 것으로 表示하였으나, Pilger 및 Duffield의 分類式에서는 兩親種 共히 同一한 Group 및 Section內에 屬하여 系統分類學의 으로 보아 近緣間임을 表示하였다. 그러므로 本試驗 結果로 보아 各組合의 兩親種間에는 交配親和力이 相當히 있음은 勿論 近緣間임을 立證할 수 있는 것이라 본다.

2. 造林地에 있어서의 生長狀況 比較

1961年度에 交配하여 1964년에 1-0苗木을 植栽한 試驗林 第1號區와 1968年度에 交配하여 1972년에 1-1苗木을 植栽한 試驗林 第2號區 및 1970年度에 交配하여 1974년에 1-1苗木을 植栽한 試驗林 第3號區에 對한 各樹高, 根元徑 및 材積等의 測定結果는 다운 表 7, 8, 9와 같다.

Table 7-1. Comparison of growth at the plantation No. 1 (1-0-12)

Species	Stem height (cm)					Diameters at stem base(cm)					Volume (cm ³)	Ratio of volume
	M.	±σ	Max.	Min.	C.V.	M.	±σ	Max.	Min.	C.V.		
<i>Pinus rigida</i>	644.6	58.00	800	470	8.99	7.83	1.62	13.0	5.0	20.68	15,551.13	100
× <i>P. rigitaeda</i>	717.8	77.84	920	600	10.84	9.97	2.25	14.5	6.0	22.56	28,061.07	180
× <i>P. rigida·rigitaeda</i>	704.4	47.25	820	600	6.70	9.73	1.92	13.0	6.0	19.73	26,228.71	169
× <i>P. rigitaeda·rigitaeda</i>	639.0	80.16	840	460	12.54	7.97	2.67	16.0	4.2	33.50	15,971.52	103
× <i>P. rigitaeda·Wind</i>	680.6	55.39	800	520	8.13	8.91	2.31	14.0	5.2	25.92	21,255.01	137

*M: Mean

σ: Standard deviation

C.V.: Coefficient of variability

Table 7-2. Analysis of variance of height

S.V.	df	S.S.	M.S.	F
Total	19	30,997.9		
Replication	3	1,598.0	532.7	$0.66 < 3.49 = F_{0.05}$
Species	4	19,703.6	4,925.9	$6.10^{**} > 5.41 = F_{0.01}$
Error	12	9,696.3	808.0	

L.S.D. $_{0.05}$ = 43.79
L.S.D. $_{0.01}$ = 61.47

Table 7-3. Analysis of variance of diameter at stem base

S.V.	df	S.S.	M.S.	F
Total	19	20.90		
Replication	3	2.35	0.78	1.86
Species	4	13.51	3.38	8.05^{**}
Error	12	5.04	0.42	

L.S.D. $_{0.05}$ = 0.98
L.S.D. $_{0.01}$ = 1.37

Table 8-1 Comparison of growth at the plantation No. 2 (1-1-4)

Species	Stem height (cm)					Diameters at stem base (cm)					Volume (cm ³)	Ratio of volume
	M.	$\pm\sigma$	Max.	Min.	C.V.	M.	$\pm\sigma$	Max.	Mon.	C.V.		
<i>Pinus rigida</i>	113.8	32.53	220	70	28.58	3.31	0.54	4.6	2.4	16.31	492.33	100
× <i>P. rigitaeda</i>	157.9	54.42	270	70	34.46	3.30	0.65	4.8	2.0	19.69	674.92	137
× <i>P. rigida</i> · <i>rigitaeda</i>	151.5	33.29	240	90	21.97	3.52	0.69	4.8	2.0	19.60	736.78	150
× <i>P. rigitaeda</i> · <i>rigida</i>	165.7	32.91	240	100	19.86	3.42	0.57	4.8	2.1	16.66	760.70	155
× <i>P. rigitaeda</i> · <i>rigitaeda</i>	154.1	39.80	260	75	25.82	3.34	0.49	4.4	2.2	14.67	674.74	137
× <i>P. rigitaeda</i> ·Wind	147.2	39.69	240	70	26.96	3.70	0.60	4.8	2.3	16.21	790.95	161

Table 8-2. Analysis of variance of height

S.V.	df	S.S.	M.S.	F
Total	23	12,408.2		
Replication	3	2,320.8	773.6	$3.52^{**} > 3.29 = F_{0.05}$
Species	5	6,787.1	1,357.4	$6.17^{**} > 4.56 = F_{0.01}$
Error	15	3,300.3	220.0	

L.S.D. $_{0.05}$ = 19.97
L.S.D. $_{0.01}$ = 27.67

Table 8-3. Analysis of variance of diameter at stem base

S.V.	df	S.S.	M.S.	F
Total	23	1.29		
Replication	3	0.19	0.06	1.50

Species	5	0.44	0.09	2.25
Error	15	0.66	0.04	

L.S.D. _{0.05} = 0.25
L.S.D. _{0.01} = 0.35

Table 9-1. Comparison of growth at the plantation No. 3 (1-1-2)

Species	Stem height (cm)					Diameters at stem base(cm)					Volume (cm ³)	Ratio of volume
	M.	±σ	Max.	Min.	C.V.	M.	±σ	Max.	Min.	C.V.		
<i>Pinus rigida</i>	79.2	14.92	120	40	18.83	2.48	0.48	3.7	1.5	19.35	191.19	100
× <i>P. rigitaeda</i>	93.3	19.24	135	60	20.62	2.60	0.38	3.4	1.2	14.61	247.55	129
× <i>P. rigida</i> · <i>rigitaeda</i>	92.0	17.72	132	57	19.26	2.80	0.59	4.2	1.5	21.07	283.10	148
× <i>P. rigitaeda</i> · <i>rigida</i>	87.1	17.56	130	57	20.16	2.64	0.59	4.0	1.4	22.34	238.27	125
× <i>P. rigitaeda</i> · <i>rigitaeda</i>	92.4	19.45	135	58	21.04	2.60	0.58	3.8	1.4	22.30	245.16	128
× <i>P. rigitaeda</i> · Wind	80.6	18.60	130	50	23.07	2.31	0.62	3.7	1.1	26.83	170.27	89

Table 9-2. Analysis of variance of height

S.V.	df	S.S.	M.S.	F
Total	23	1,431.2		
Replication	3	246.5	82.17	2.93
Species	5	763.4	152.68	5.44** > 4.56 = F _{0.01}
Error	15	421.3	28.09	

L.S.D. _{0.05} = 7.13
L.S.D. _{0.01} = 9.88

Table 9-3. Analysis of variance of diameter at stem base

S.V.	df	S.S.	M.S.	F
Total	23	1.25		
Replication	3	0.23	0.08	2.67
Species	5	0.56	0.11	3.67* > 3.29 = F _{0.05}
Error	15	0.46	0.03	

L.S.D. _{0.05} = 0.23
L.S.D. _{0.01} = 0.32

第 1號區成績(表 7-1, 2, 3)에서 樹高와 根元徑에 對한 分散分析 結果, 樹種間에서 1%水準으로 高度의 有意性이 있었으므로 樹種平均間의 L.S.D.를 檢定한바 樹高에 있어서 ×*P. rigitaeda*는 *P. rigida* 보다 1%水準으로, ×*P. rigida*·*rigitaeda*는 5%水準으로 各各 有意差가 있었으나 他組合에서는 有意差가 없었으며, 根元徑은 ×*P. rigitaeda*와 ×*P. rigida*·*rigitaeda*가 *P. rigida* 보다 1%水準으로, ×*P. rigitaeda*·Wind는 5%水準으로 各各 有意差가 있었으나 ×*P. rigitaeda*·*rigitaeda*는 有意差가 없었으며 材積比에서도 ×*P. rigitaeda*·

*rigitaeda*를 除外한 他組合에서는 *P. rigida* 보다 37~80%의 보다 높은 値를 보였다.

第 2號區成績(表 8-1, 2, 3)에서 樹高와 根元徑에 對한 分散分析 結果, 樹高의 樹種間에서만 1%水準으로 高度의 有意性이 있었으므로 樹種平均間의 L.S.D.를 檢定한바 樹高에 있어서 全組合이 *P. rigida* 보다 1%水準으로 有意差가 있었으며, 根元徑은 ×*P. rigitaeda*·Wind 만이 *P. rigida* 보다 1%水準으로 有意差가 있었다. 材積比에서도 全組合이 *P. rigida* 보다 37~61%의 보다 높은 値를 보였다.

第 3號區成績(表 9-1, 2, 3)에서 樹高와 根元徑에 對한 分散分析 結果, 樹高의 樹種間에서 1%水準, 根元徑의 樹種間에서는 5%水準으로 高度의 有意性이 있었으므로 樹種平均間의 L.S.D.를 檢定한바 樹高에 있어서 $\times P. rigitaeda \cdot Wind$ 를 除外한 他組合은 $P. rigida$ 보다 1~5%水準으로 有意差가 있었으며, 根元徑은 $\times P. rigida \cdot rigitaeda$ 만이 $P. rigida$ 보다 1%水準으로 有意差가 있었다. 材積比에서도 $\times P. rigitaeda \cdot Wind$ 를 除外한 他組合은 $P. rigida$ 보다 25~48%의 보다 높은 値를 보였다.

以上の 成績으로 보아 各試驗植栽區別 또는 各組合

別에 따라 相異한 結果를 招來케된 原因으로는 立地條件의 相異와 植栽後 施肥管理의 缺如에 있다고 보겠으며 現段階로서는 越等하게 優秀性이 認定되지 못하나 肥沃한 地位에 植栽하고 植栽後管理에 主力한다면 보다 좋은 成績을 올릴수 있다고 보며, 耐寒性에 있어서도 $\times P. rigitaeda$ 를 除外하고는 $P. rigida$ 의 二重結合으로 耐寒力이 強한 遺傳形質을 가져 今後計劃의 造林에 寄與할수 있는 優良雜種들이라고 思料된다.

3. 針葉의 解剖形態 比較

各供試種의 解剖形態 比較로 針葉橫斷面에 나타나는 特性은 다음 表 10과 같다.

Table 10. Comparison of anatomical characteristics in the transverse section of needle

Species	Number of sample	Hypoderm			Resin canal			Fibrovascular bundle		
		One cell layer	Biform	Multi-form	Medical	Internal	Number of per needle	Close together	Distinct from each other	Widely separated
<i>Pinus rigida</i>	300	15	285	—	672	—	2.24	2	57	241
$\times P. rigitaeda$	300	—	102	198	667	—	2.22	81	216	3
$\times P. rigida \cdot rigitaeda$	300	7	212	81	685	5	2.30	91	175	34
$\times P. rigitaeda \cdot rigida$	300	15	258	27	651	—	2.17	29	118	153
$\times P. rigitaeda \cdot rigitaeda$	300	53	247	—	610	—	2.03	72	191	37
$\times P. rigitaeda \cdot Wind$	300	—	222	78	881	2	2.94	—	84	216
<i>Pinus taeda</i>	300	273	27	—	611	—	2.04	277	23	—

表 10에서 $P. rigida$ 와 $P. taeda$ 및 $\times P. rigitaeda$ 에 對한 特性은 既히 筆者에 依해 發表된 바와 같이 hypoderm은 $P. rigida$ 가 大部分이 biform인데 反하여 $P. taeda$ 는 單細胞層이고 $\times P. rigitaeda$ 는 大部分이 multiform으로 強化되었으며 他組合은 $P. rigida$ 와 같이

大部分 biform이었고, resin canal은 全供試樹種이 中位였으며, fibrovascular bundle에서는 $P. rigida$ 의 大部分이 相離된데 反하여 $P. taeda$ 는 大部分이 相接되었으며 他組合은 明確히 區分되지는 않으나 大部分이 中間形質을 나타냈다. 特히 $\times P. rigitaeda \cdot Wind$ 는

Table 11. Phenolic substances in needles of hybrid pines and their parents separated by thin-layer chromatography

Species	Substance No.:1	2	3	4	5	6	7	8
	Rf-value: 0.06	0.13	0.20	0.30	0.40	0.46	0.66	0.87
<i>Pinus rigida</i>	Yellowish brown	Dark brown	Yellowish brown	Yellowish brown	Pale reddish brown	Pale reddish brown	Pale yellow	Reddish brown
$\times P. rigitaeda$	do.	do.	do.	do.	do.	do.	do.	do.
$\times P. rigida \cdot rigitaeda$	do.	do.	do.	do.	do.	do.	do.	do.
$\times P. rigitaeda \cdot rigida$	do.	do.	do.	do.	do.	do.	do.	do.
$\times P. rigitaeda \cdot rigitaeda$	do.	do.	do.	do.	do.	do.	do.	do.
$\times P. rigitaeda \cdot Wind$	do.	do.	do.	do.	do.	do.	do.	do.
<i>Pinus taeda</i>	do.	do.	do.	do.	do.	do.	Absent	do.

*Developing solvent : Benzene-Methanol-Acetic acid (90 : 16 : 8v/v)
 Colour reaction : Diazotized *p*-nitroaniline solution

×*P. rigitaeda*의 辰交雜種 또는 F₂에 該當되는 것으로 *P. rigida*와 같이 大部分이 相離 되었다. 上記 諸特性으로 보아 各組合間과 兩親種間에 明確한 識別은 어려우나 어느程度의 識別은 可能하다고 본다.

4. Phenol性物質에 依한 特性比較

各供試木의 針葉에서 抽出한 phenol性物質을 TLC에 依하여 特性을 比較한 結果 表 11과 같다.

本實驗의 豫備實驗으로 同一樹種內에서 個體別, 採取部位別, 樹齡別 및 花粉產地別로 標本을 採取하여 實驗한 結果, phenol性物質의 分離 및 出現象이 同一樹種內에서는 差異가 全然 없었으며, 展開溶媒에 있어서도 Aceton-Chloroform(3 : 7 V/V)을 使用하였을때나 Benzene-Methanol-Acetic acid (90 : 16 : 8 V/V)를 使用했을때나 同一한 反應을 觀察할 수 있었다. 即 呈色反應試藥인 diaxotized *p*-nitroaniline solution을 使用한 結果, 表 11에서와 같이 Rf-值 0.66인 phenol 物質番號 7이 *P. taeda*에만 아무 反應이 나타나지 않고 他樹種에는 全部 淡黃色으로 나타나 分別할 수 있었으나, 其他의 phenol物質은 全部 同一한 反應이 나타났음을 보아 *P. taeda*를 除外한 他組合은 *P. rigida*의 遺傳形質을 받아 共히 同一한 反應이 나타나 各組合間 識別을 할 수 있었으므로 앞으로 繼續 究明해야 할것으로 思料됨.

5. Isoperoxidase의 變異 比較

各供試木에 對한 同位酵素型을 觀察한 結果 다음 그림 1과 같다.

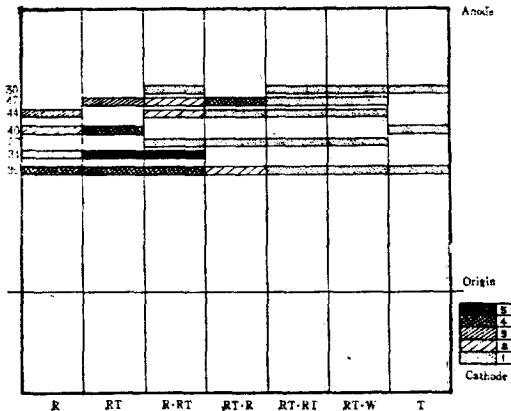


Fig. 1. The starch gel electrophoretic banding patterns of isoperoxidase in needles of hybrid pines and their parents. Staining density is classified five grades from 5(high) to 1(low) on upper right side figure.

*R : *P. rigida*, RT : ×*P. rigitaeda*, R·RT : ×*P. rigida*·*rigitaeda*, RT·R : ×*P. rigitaeda*·*rigida*, RT·RT : ×*P. rigitaeda*·*rigitaeda*, RT·W : ×*P. rigitaeda*·Wind, T : *P. taeda*

그림 1에 依하면 全體 7個의 band가 陽極部에만 出現하고 있다. 其中 R·RT는 6個의 band가 出現하여 가장 많은 數의 band를 가진 樹種이고, T는 3個의 band가 出現되어 가장 적은 數의 band를 가진 樹種이다. 30의 band는 樹種間에 活性은 多少 差異가 있으나 全供試種 共히 出現 되었으며, RT·RT와 RT·W는 30, 37, 44, 47, 50의 band를 同一한 낮은 活性으로 共히 나타나 樹種間 區分을 할 수 없으나 RT·W는 RT·RT와 同一한 樹種일수도 있는 緣由라 보겠으며, 其他 樹種間에서는 出現 band의 數와 位置 및 活性度의 差異가 相異하므로 어느程度 識別이 可能하다고 思料된다.

結 論

1. 各供試組合에 對한 稔性種子獲得率을 基準으로한 交配親和力과 類緣關係에 있어서 各組合別 最高稔性種子獲得率이 67~87%의 成績을 보였음은 各組合의 兩親種間에 相當한 交配親和力이 있는 同時에 近緣間임을 말할 수 있는 事實과 보다 綿密한 交配技術의 向上과 交配後의 諸生理的被害를 防止한다면 將次 보다 越等한 稔性種子獲得率을 올릴수 있다고 思料된다.

2. 造林地에 있어서의 生長比較試驗 結果, 樹種間에서 1~5%水準으로 高度의 有意性이 있었으나 各試驗 植栽區別 또는 各組合別에 따라 相異한 結果를 招來케 된 原因으로는 立地條件의 相異와 植栽後 施肥管理의 缺如에 있다고 보겠으며 現段階로서는 越等하게 優秀性이 認定되지는 못하였으나 今後計劃의 造林에 寄與할 수 있는 優良雜種이라고 思料된다.

3. 針葉의 解剖形態比較에 있어서 諸形質中 一部 例外도 있었으나 各優良雜種은 hypoderm에서 大部分이 biform이고, resin canal에서는 大部分이 中位를 나타냈으며, fibrovascular bundle에서는 大部分이 兩親種의 中間形質을 나타냈으므로 各雜種松과 그 兩親種間의 識別이 어느程度 可能함을 보았다.

4. Phenol性物質에 依한 特性比較에 있어서 各供試 樹種의 大部分이 *P. rigida*와 같이 Rf-值 0.66인 phenol 物質 7番이 淡黃色으로 反應되었으나 *P. taeda*에는 反應이 나타나지 않았으므로 兩親種間에는 顯著한 識別을 할수 있었으며, 特히 TLC에 依한 phenol性物質의 分離 및 出現象은 同一樹種內에서는 個體別, 採取部位別, 樹齡別 및 花粉產地別에 關係없이 同一한 反應이 나타났으므로 앞으로 次代檢定은 勿論 交雜育種에 있어서의 雜種性 早期識別法에 寄與할 수 있는 結果라고 思料된다.

5. Isoperoxidase의 變異比較에 있어서全體 7個의 band가 陽極部에만 出現했으며 特히 $\times P. rigitaeda \cdot Wind$ 와 $\times P. rigitaeda \cdot rigitaeda$ 는 同一한 band數 및 位置와 活性度로 나타났음은 $\times P. rigitaeda \cdot Wind$ 가 $\times P. rigitaeda$ 의 F_2 와 同一한 樹種일수도 있는 緣由와 보겠으며 其他 樹種間에서는 出現된 band의 數와 位置 및 活性度の 差異가 相異하므로 어느程度 識別이 可能하다고 思料된다.

引 用 文 獻

- Ahn, K.Y. 1963. Studies on interspecific hybridization in the Sub-genus Diploxylon of Genus *Pinus*. Research Report, I.F.G. 3:29-43.
- Ahn, K.Y. 1966. Studies on the crossabilities and principal characteristics of pitch-monterey hybrid pine ($\times P. rigiradiata$). Seoul Univ. Jour., Bio. and Agri. Series (B) 17:23-33.
- Ahn, K.Y. 1968. Studies on the crossabilities and principal characteristics of pitch-slash hybrid pine ($\times P. rigielliotii$). Bull. Seoul National Univ. Forests 5:12-138.
- Ahn, K.Y. 1972. Studies on the species crossabilities in the Genus *Pinus* and principal characteristics of F_1 hybrids. Jour. Kor. For. Soc. 16:1-32.
- Bobbitt, J.M., Schwarting, A.E. and Gritter, R.J. 1968. "Introduction to chromatography". Van Nostrand Reinhold Co. 47-83.
- Bannister, M.H., Brewerton, H.V. and McDonald, I.R.C. 1959. Vapour-phase chromatography in a study of hybridism in *Pinus*. Svensk Papperstidnig. 62(16):567-573.
- Cumming, W.C. and Righter, F.I. 1948. Method used to control pollination of pines in the Sierra Nevada of California. Forest Service, U.S.D.A., Circular 792:1-18.
- Dengler, A. 1939. Über die Entwicklung künstlicher Kiefernkreuzungen. Zeitchr. F. Forst-u. Jagdw. 71:457-485.
- Duffield, J.W. and Righter, F.I. 1951. Interspecies hybrids in pines. Jour. Heredity 52(2):75-80.
- Duffield, J.W. 1952. Relationships and species hybridization in the Genus *Pinus*. Z. Forstgenetick, 1 Band, Heft 4:94-97.
- Erdtman, H. 1955. The chemistry of heatwood constituents of conifers and their taxonomic importance. Experientia, Suppl. II:156-180.
- Erdtman, H. and Jsuno, K. 1969. *Taxus* heartwood constituents. Phytochemistry 8:931-932.
- Griffin, J.R. and Conkle, M.T. 1967. Early performance of knobcone \times monterey pine hybrids on marginal timber sites. U.S.F.S., Note PSW-156.
- Hanover, J.W. 1966. Genetics of terpenes 1. Gene control of monoterpene levels in *Pinus monticola*. D. Heredity 21(1):73-84.
- Hanover, J.W. 1966. Inheritance of 3-carene concentration in *Pinus monticola*. For. Sci. 12:447-450.
- Hanover, J.W. and Hoff, R.J. 1966. A comparison of phenolic constituents of *Pinus monticola* resistant and susceptible to *Cronartium ribicola*. Physiologia Plantarum 19:554-562.
- Hanover, J.W. and Wilinon, R.C. 1968. Chemical evidence for introgressive hybridization in *Picea*. Silvae Genetica 19(1):17-22.
- Harlow, W.M. 1947. The identification of the pines of United States, native and introduced, by needle structure. Tech. Publi. 32:17-28.
- Hoff, B.J. 1968. Chemical verification of the hybrid of *Pinus monticola* and *Pinus flexilis*. Forest Sci. 14(2):119-121.
- Hong, S.O. 1969. Endogenous growth substance affecting rooting of cuttings of pines. Research Report, I.F.G. 7:1-34.
- Hyun, S.K. 1949. Serodiagnostic investigation on the affinities of different species of Genus *Quercus* and Genus *Castanea*. Bull. Kyulhu Univ. For. 17:3-87.
- Hyun S.K. 1956. Forest tree breeding work in Korea. I.F.G. Paper 1:1-8.
- Hyun, S.K. and Ahn, K.Y. 1959. Mass production of pitch-loblolly hybrid pine ($\times P. rigitaeda$) seed. Research Report, I.F.G. 1:1-24.
- Hyun, S.K. and Ahn, K.Y. 1959. Principal characteristics of $\times Pinus rigitaeda$. Research Report, I.F.G. 1:25-50.
- Hyun, S.K. 1959. Feasibility of large-scale controlled pollination as a means of mass producing hybrid pine seed. Proc. Xth International Congress of Genetics II:130-131.

26. Hyun, S.K. 1959. Mass production of hybrid pine seed ($\times P. rigitaeda$) in Korea. Jour. National Academy of Sciences 1:212-224.
27. Hyun, S.K. Koo, K.H. and Ahn, K.Y. 1965. Some characteristics of backcross hybrids of $\times Pinus rigitaeda$. Research Report, I.F.G. 4:11-20.
28. Hyun, S.K., Koo, K.H. and Ahn, K.Y. 1967. Introgressive hybridization in red pine in the eastern part of South Korea. Research Report, I.F.G. 5:43-52.
29. Hyun, S.K., Koo K.H., Hong, S.H. and Lee, B.S. 1967. Some characteristics of $\times Pinus rigiradiata$. Research Report, I.F.G. 5:33-42.
30. Hyun, S.K., Kim, C.S. and Lee, S.G. 1967. A study on the variants of $P. rigida \times (P. rigida \times P. taeda)$ appeared in the forest nursery. Research Report, I.F.G. 5:1-18.
31. Jorgensen, E. and Balsillie, D. 1969. Formation of heartwood phenols in callus tissue cultures of red pine (*Pinus resinosa*). Canadian Jour. Botany 47 (6):1015-1016.
32. Kim, C.S. 1963. The karyotype analysis in *P. rigida* M., *P. taeda* L. and their F_1 hybrid. Research Report, I.F.G. 3:21-28.
33. Kim, C.S., Lee S.K. and Park Y.G. 1973. Isoperoxidase activity in diploid and colchitetraploid of *Robinia pseudoacacia*. Jour. Kor. Breed. 5(2):98-106.
34. _____. 1975. Studies on the colchitetraploids of *Robinia pseudoacacia* L. Research Report, I.F.G. 12:1-108.
35. Kim, T.W. 1972. Chemotaxonomy of the Genus *Taxus*. Jour. Kor. For. Soc. 15:39-41.
36. Koo, K.H. and Hong, S.H. 1967. Tracheid length and compression strength of $\times P. rigitaeda$ and its backcross hybrid. Research Report, I.F.G. 5:85-90.
37. Miyazaki, Y. and Sakai, K.I. 1969. Use of zymography for identification of a clone in *Cryptomeria japonica* D. Don. Jour. Jap. For. Soc. 51(9):235-239.
38. Nikles, D.G. 1970. Some possibilities with slash and caribbean pines in coastal lowlands of southern Queensland. Proc. 2nd Meeting Aust. For. Res. Working Group 1. Beewah, Q'ld. 1-15.
39. Park, Y.G. 1972. Gene flow in natural forest of *Cryptomeria japonica* by means of isozyme polymorphisms. Research Report, I.F.G. 9:77-85.
40. Righter, F.I. and Duffield, J.W. 1951. Interspecies hybrids in pines. Jour. Hered. 52:75-80.
41. _____. 1951. Possibilities and limitations of hybridization in *Pinus*. Third South Conf. on Forest Tree Impr. Proc. 1955, 54-64.
42. _____. 1960. Forest tree improvement through inbreeding and intra-specific and interspecific hybridization. Proc. 5th World For. Cong. 2, 783-787.
43. Saito, A. 1970. Polphenolic substances in the barks of *P. thunbergii* and *P. densiflora*, and effects of them to pine bark beetles. Jour. Jap. For. Soc. 52(11):351-354.
44. Saito, Y. 1957. Artificial control of sex differentiation in Japanese red pine and black pine strobiles. Jour. Fac. Agr., Tottori Univ. 3(1):1-31.
45. Seitz. 1936. Die Kiefernrasenzucht in Theorie und Praxis. Mitt Forstwiss. 7:121-126.
46. Slee, M.U. 1970. Crossability values within the slash-caribbean *Pinus* species complex. Euphytica 19:184-189.
47. Stahl, E. 1965. "Thin-layer chromatography, a laboratory handbook." Springer-Verlag, Berlin, 292-301.
48. Wright, J.W. 1962. Genetics of forest tree improvement. F.A.O. Rome, 340-341.