

Populus alba × *P. glandulosa*

交配兩親樹의 生長에 대한 遺傳變異의 推定¹

孫 斗 植²

Estimates of the Genetic Variation in the Height Growth of the Parents of *Populus alba* × *P. glandulosa*¹

Doo Sik Son²

要 約

Populus alba × *P. glandulosa*의 優秀한 交雜種을 育成하기 爲해서 形質이 優良한 交配兩親樹를 選拔해야 하므로 이들 兩親樹에 대한 遺傳分散과 遺傳力을 調査한 結果 交配母樹間에 遺傳分散은 크고 遺傳力은 83%로 서 높은 편이었다. 즉, *P. alba*(土着種)보다는 *P. alba*(土着種) × *alba*(伊太利)의 形質이 優秀하고 花粉樹인 *P. glandulosa*는 遺傳變異가 좁고 遺傳力도 17% 밖에 되지 않았다. 즉 花粉樹의 두 個體(A와 B)는 같은 形質을 나타내고 樹木園(C)에 있는 것은 다소 形質이 다른 것으로 나타났다. 또한 插木發根率에서도 위의 結果와 같이 交配母樹間에 差異가 있고 花粉樹間에는 큰 差異가 없었다. *P. alba*(土着種)가 *P. alba*(土着種) × *alba*(伊太利)를 交配母樹로 한 것보다 插木發根率이 높고 花粉樹인 *P. glandulosa*의 두 花粉樹(A와 B)는 같으나 樹木園(C) 것은 약간 떨어지는 편으로 두 花粉樹와는 形質이 다소 다른 것 같다.

ABSTRACT

Genetic variance and heritability for height growth of *Populus alba* × *P. glandulosa* were estimated. Remarkable difference between *P. alba* × *alba*(Italy), female and *P. alba* naturalized in Korea was observed in the genetic variance and therefore genetic character of the *P. alba* × *alba*(Italy) was considered better than that of *P. alba*. The heritability (83%) for the female was considerably high. On the other hand, *P. glandulosa*, pollen tree, showed narrow genetic variance and also very low heritability(17%). Two(A and B) of three pollen trees showed the same trend in the genetic variance. However, the other(c) was somewhat different from A and B. Similarly, rooting ability of cuttings differed between female trees, but did not between male trees. Naturalized *P. alba* showed relatively higher rooting ability than *P. alba* × *alba*(Italy). In the pollen trees, the ability was similar in two male trees. However, the other male tree(c) was slightly poorer than the other two.

Key words: *Populus alba* × *P. glandulosa*; genetic variation; heritability.

緒 言

*Populus*의 交雜種은 雜種強勢의 現象이 強하게 나타나는 樹種으로서 交雜種 中에서 優良個體를 選拔하여 造林하는 경우가 많으므로 優良한 交配母樹를 選

¹ 接授 11月 12日 Received November 12, 1982.

² 慶北大學校 農科大學 College of Agriculture, Kyungpuk National University, Daegu, Korea.

拔交配 하므로서 優秀한 次代를 生産할 수 있을 것이다. 그러므로 交配兩親樹의 遺傳變異를 調査하여 優良交配母樹를 選拔해야 할 것이다.

그간 *Populus alba* × *P. glandulosa* 를 育成하여 많은 造林을 하고 있으나 交配兩親樹의 遺傳的 變異가 著하므로 더 이상 改良이 어려운 實情이다.

Populus alba 는 東유럽, 西亞細亞가 原產地로서 1910年代²⁶⁾에 우리나라에 처음 導入되어 在來種인 *Populus davidiana*와 自然雜種이 생겨 *P. tomentiglandulosa*가 되고 이것이 다시 分離되어 *P. glandulosa*가 된 것이 아닌가 李^{13, 14, 15)}는 報告하고 있다. 이러한 現象은 美國의 Michigan에서도 *P. alba*가 1785年경에 유럽에서 導入되어 在來種인 *P. grandidentata*와 *P. tremuloides*와 自然雜種이 생기고 다시 back cross가 일어나며 이중 *P. grandidentata*와 數많은 自然雜種이 생긴다고 Spies와 Barnes²¹⁾는 보고하고 있다.

*P. alba*는 처음 우리나라에 導入되어 같은 個體가 全國으로 配分植栽 되었다면 遺傳形質이 같은 것으로 생각되며 또한 玄과 孫⁹⁾은 *P. alba*와 *P. glandulosa*의 交配兩親樹의 個體를 달리하여 交配한 結果 各組合間에 有意性이 인정되지 않았으므로 우리나라에 植栽된 *P. alba*는 遺傳形質이 같은 것으로 간주된다.

또한 *P. glandulosa*²⁷⁾는 水原의 여기산에서 처음 發見하여 서울大 農大 構內에 옮겨 심은 것이라면 이것 역시 遺傳形質이 같은 個體들일 것이다. 그러므로 *P. alba*는 原產地에서 優良個體를 選拔導入하고 *P. glandulosa*는 優良한 *P. davidiana*를 選拔하여 優良한 *P. alba*와 交配해야 할 것으로 생각된다.

그러나 林木育種研究所에서는 *P. alba*의 花粉을 伊太利에서 導入하여 이것을 *P. alba*(土着種)와 交配하여 *P. alba*(土着種) × *alba*(Italy)를 만들고 이것을 *P. glandulosa*와 다시 交配한 *P. alba*(土着種) × *alba*(伊太利) × *P. glandulosa*와 *P. alba*(土着種) × *P. glandulosa* 次代들의 生長에 대한 遺傳分散과 遺傳力을 調査分析 하였다.

Farmer와 Wilcox⁶⁾는 eastern cottonwood의 1年生 樹高에 대한 遺傳變異와 遺傳力을 調査하였고 또한 Farmer⁸⁾는 *P. deltooides* 51clone을 선발하여 이들의 樹高, 직경, 녹병, 개엽시기, 비중, 섬유장에 대한 變異가 크고 1년생과 2년생 간에 變異에 대한 相關關係가 높다고 보고 하였다.

또한 *P. deltooides*⁷⁾ 31 clone을 pot에 植栽하여 물을 충분히 관수한 것과 乾燥狀態에서 자란 것의 樹

高, 直徑, 잎의 무게, 줄기 및 뿌리의 무게에 대한 遺傳力을 調査報告 하였다.

Mohn과 Randall¹⁶⁾은 *P. deltooides*의 遺傳力과 生長의 相關關係를 推定하였고 Ying과 Bagly²³⁾는 *P. deltooides*의 어린나무와 7年生의 樹高生長에 대한 相關關係는 상당히 높고 clone間的 遺傳力도 0.8로서 대단히 높았으며 插木發根率²⁴⁾도 clone에 따라 變異가 심하였다고 보고 하였다.

Randall과 Cooper¹⁹⁾는 *P. deltooides*를 3지역에서 32 clone을 선발하여 1年生 樹高의 遺傳型과 環境과의 分散과 年齡別 樹高에 대한 相關關係가 높고 生長이 優秀한 4 clone을 選拔할 수 있었다고 하였다. Mohriek¹⁷⁾는 *Leuce*의 F₁은 造林地의 1年生에서 雜種強勢의 現象을 볼 수 있었고 *Aigeiros*와 *Tacamahaca*의 clone에서도 比較的 早期에 生長의 變異가 나타났다고 하였다. Khosla와 Kaushal¹¹⁾은 *Populus Ciliata*에 대하여 樹高, 直徑, taper, 비중, 섬유장의 遺傳變異를 調査하였고, Shelbourne과 Stonecypher²⁰⁾는 어린 loblolly pine의 樹幹의 通直性에 대한 遺傳力을 調査하였으며 Steinhoff와 Hoff²²⁾는 western white pine의 樹高生長의 遺傳力을 兩親과 次代의 相關關係에 의하여 推定하였다.

Campbell³⁾은 douglas-fir를 두 地域에서 54 full-sib 次代를 2년생에서 heritability를 구하였고 Zsuffa¹⁸⁾는 *Pinus griffithii*에 대한 樹高, 直徑, 가지의 길이, 가지각도에 대한 遺傳力을 報告하였으며 Christophe와 Birot⁴⁾는 douglas-fir의 種子產地別로 選拔한 次代들의 遺傳力을 調査하였다.

Ying과 Morgenstern²⁹⁾은 white spruce에서 8년생과 22년생의 樹高에 대한 相關關係가 높기 때문에 早期選拔이 가능하다고 하였으며 Cros와 Kleinschmit⁵⁾는 너도밤나무에 대하여 섬유와 수피의 편차에 상당한 변이가 있었고 Nicholls와 Morris¹⁵⁾는 *Pinus radiata*를 두 地域의 造林地에서 採取한 木材密度에 대한 遺傳力과 遺傳相關을 調査하였으며 Barnes와 Schweppenhauser¹⁾는 *Pinus patula*의 plus tree에 대한 表現型과 環境과의 相互作用을 구하였고 Ledig와 Whitmore¹²⁾는 caribbean pine의 材積과 樹皮의 두께에 대한 遺傳力을 調査하였다. 盧¹⁰⁾는 소나무의 주요형질에 대한 遺傳力을 調査報告한 바 있다.

以上の 結果에서와 같이 poplar는 早期에 어떤 形質을 檢定할 수 있으며 遺傳分散이나 遺傳力에 의해서 優良個體를 選拔하였다.

材料 및 方法

Populus alba × *P. glandulosa* 와 *Populus alba* × *alba* (伊太利) × *P. glandulosa* 의 交配母樹와 花粉樹를 各 各 交配하여 이들 次代間에 遺傳變異를 調査하기 위하여 *Populus alba*(土着種)는 安養, 水原 等地에 分布한 것을 選拔하여 交配母樹로 使用하였고 *P. glandulosa*(土着種)는 產地別로 區分 交配하였으나 各組合別로 生長이 비슷하였으므로 같은 形質을 가진 母樹로 잔주하였다.

또한 *Populus alba*(土着種) × *alba*(伊太利)는 伊太利에서 花粉을 導入하여 交配한 것으로 林木育種研究所 構内に 植栽한 것을 交配母樹로 하였고 花粉樹인 *Populus glandulosa*는 서울大 農大 構内に 植栽된 本館앞(A), 수위실뒤(B), 樹木園(C)으로 各 各 區分하여 위의 두 交配母樹와 各 各 交配하였다.

交配는 溫室에서 人工交配하여 생긴 種子를 播種하고 자란 苗木을 圃地에 移植하여 各組合別로 一次 選拔하여 이 選拔된 個體를 挿木에 의하여 증식하였고 選拔木 한 個體當 挿木本數는 反覆當 60本씩 3 反覆 하였다. 生長은 1年生 挿木苗의 檢高를 測定 平均하여 交配母樹別, 花粉樹別로 遺傳分散과 遺傳力을 各 各 推定하였다.

分散分析, variance components 및 heritability 는 Becker²⁾에 의하여 分析하였으며

Analysis of variance for height growth

Source of variation	d.f.	SS	MS	EMS
Replication	R-1	SS _r	MS _r	
Female	F-1	SS _f	MS _f	$\sigma_e^2 + n_k \sigma_w^2 + \frac{R\sigma_{fm}^2 + RM\sigma_f^2}{R\sigma_{fm}^2 + RM\sigma_f^2}$
Male	M-1	SS _m	MS _m	$\sigma_e^2 + n_k \sigma_w^2 + \frac{R\sigma_{fm}^2 + RF\sigma_m^2}{R\sigma_{fm}^2 + RF\sigma_m^2}$
Female × male	(F-1) × (M-1)	SS _{fm}	MS _{fm}	$\sigma_e^2 + n_k \sigma_w^2 + \frac{R\sigma_{fm}^2}{R\sigma_{fm}^2}$
Female - male combination × replication	(FM-1) × (R-1)	SS _l	MS _l	$\sigma_e^2 + n_k \sigma_w^2$

$$n_k = \frac{1}{RFM} \sum_i \sum_j \frac{1}{n_{ij}}$$

Variance components 는

$$\text{Female ; } \sigma_f^2 = \frac{MS_f - MS_{fm}}{RM}$$

$$\text{Male ; } \sigma_m^2 = \frac{MS_m - MS_{fm}}{RF}$$

$$\text{Female × male ; } \sigma_{fm}^2 = \frac{MS_{fm} - MS_l}{R}$$

$$\text{Between clone ; } \sigma_w^2 = MS_w$$

$$\text{Plot environmental variance ; } \sigma_e^2 = MS_l - n_k MS_w$$

$$\text{Phenotypic variance ; } \sigma_l^2 = \sigma_f^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{fm}^2 + \sigma_w^2$$

Variance components 의 standard error 는

$$S. E. = \sqrt{\frac{2}{k^2} \sum \frac{MS_g^2}{f_g + 2}}$$

Heritability 의 推定은

$$h^2 = \frac{4\sigma_g^2}{\sigma_l^2} \text{ 으로 구하였다.}$$

挿木發根率은 各 clone 別로 3월에 圃地 挿木하여 6월에 活着率을 調査하고 各 clone 別로 平均하여 母樹別 花粉樹別로 다시 平均한 값이다.

結果 및 考察

生長은 表 1, 表 2에서와 같이 *P. alba*(土着種)와 *P. alba*(土着種) × *alba*(伊太利)의 交配母樹別 次代의 樹高生長은 各 各 2.16m, 2.27m로서 *P. alba*(土着種) × *alba*(伊太利)를 交配母樹로 한 것이 10cm 정도 生長이 빠르고 花粉樹는 本館 앞(A)과 수위실 뒤(B) 것은 生長差異가 없고 樹木園의 것은 生長이 약간 떨어지는 편이다.

Mohn과 Randall¹⁶⁾은 *Populus deltoides* 를 1年生에서 6年生까지 年齡別로 遺傳力에 대한 相關係數가 상당히 높으므로 1年生에서도 遺傳形質을 판단할 수 있다고 報告하였다. 本研究에서도 1年生의 苗高로서 交配兩親의 遺傳의 形質을 판단할 수 있다고 생각된다.

生長에 대한 分散分析은 表 3과 같이 交配母樹間에는 1%의 有意差가 있고 花粉樹間에는 5%의 有意差가 있으나 母樹와 花粉樹間的 相互作用에는 有意성이 認定되지 않았다.

交配母樹 및 花粉樹別 生長에 대한 分散은 다음과 같다.

Female ; $\sigma_f^2 = 51,925$

Male ; $\sigma_m^2 = 10,869$

Female × male ; $\sigma_{fm}^2 = 20,935$

Between clones ; $\sigma_w^2 = 166,456$

Plot environment variance ; $\sigma_e^2 = 20,536$

Phenotypic variance ; $\sigma_l^2 = 250,184$

Table 1. One-year height growth by different crossing combinations.

Mother trees	Pollen trees		Replication			Total	Mean
	Species	Location planted	1	2	3		
<i>P. alba</i> (naturalized)	<i>P. glandulosa</i>	In front of main building (A)	cm 217.3	cm 220.3	cm 213.6	cm 651.2	cm 217.1
<i>P. alba</i> (naturalized)	<i>P. glandulosa</i>	At the back of first gate (B)	209.2	223.9	220.4	653.5	217.8
<i>P. alba</i> (naturalized)	<i>P. glandulosa</i>	Arboretum (C)	210.2	211.9	218.4	640.9	213.6
Sub-total			636.7	656.1	652.8	1945.6	216.2
<i>P. alba</i> × <i>alba</i> (Italy)	<i>P. glandulosa</i>	In front of main building (A)	227.0	247.9	236.0	710.9	237.0
<i>P. alba</i> × <i>alba</i> (Italy)	<i>P. glandulosa</i>	At the back of first gate (B)	221.1	231.4	221.1	673.6	224.5
<i>P. alba</i> × <i>alba</i> (Italy)	<i>P. glandulosa</i>	Arboretum (C)	218.7	226.4	215.9	661.0	220.4
Sub-total			666.8	705.7	673.0	2045.5	227.3
Total			1303.5	1361.8	1325.8	3991.1	221.7

Table 2. Height growth of progenies by different combinations.

Mother trees	Pollen trees	<i>P. glandulosa</i> planted			Total	Mean
		In front of main building (A)	At the back of first gate (B)	Arboretum (C)		
<i>P. alba</i> (naturalized)		cm 217.1	cm 217.8	cm 213.6	cm 648.5	cm 216.2
<i>P. alba</i> × <i>alba</i> (Italy)		237.0	224.5	220.4	681.9	227.3
Total		454.1	442.3	434.0	1330.4	
Mean		227.1	221.2	217.0		221.7

Table 3. Analysis of variance for the height growth.

Source of variation	d. f.	Sum of squares	Mean squares	F.
Replication	2	288,454	144,227	
Female	1	554,445	554,445	22,803**
Male	2	304,671	152,336	6,265*
Female × male	2	174,240	87,120	3,583
Female-male combination × replication	10	243,146	24,315	

** Significant at the 1% level

* Significant at the 5% level

이것에 대한 Variance components 의 標準誤差 (sta-

andard error)는

$$S. E. (\sigma_f^2) = 50,764$$

$$S. E. (\sigma_m^2) = 20,681$$

$$S. E. (\sigma_{fm}^2) = 15,599$$

交配母樹 및 花粉樹의 生長에 대한 遺傳力은 다음과 같다.

$$\text{Female} \quad ; \quad h_f^2 = \frac{4\sigma_f^2}{\sigma_t^2} = 0.832$$

$$\text{Male} \quad ; \quad h_m^2 = \frac{4\sigma_m^2}{\sigma_t^2} = 0.174$$

$$\text{Female} \times \text{male} \quad ; \quad h_{fm}^2 = \frac{2(\sigma_f^2 + \sigma_m^2)}{\sigma_t^2} = 0.502$$

以上과 같이 交配母樹의 分散은 51,925로서 變異가 크고 遺傳力은 83%로서 높은 편이었다. 두 交配母樹間에는 遺傳形質이 다르고 *P. alba*(土着種) 보다는 *P. alba*(土着種) × *alba*(伊太利)가 遺傳的으로 더 優秀함을 알 수 있다.

花粉樹의 分散은 10,869 이고 遺傳力은 17%로서 花粉樹間에 遺傳的 變異가 적고 本館 앞(A)과 수위실 뒤(B)에 있는 *P. glandulosa*는 같은 遺傳形質을 가진 것으로 생각되며 樹木園(C)에 있는 *P. glandulosa*는 多少 形質이 다른 것 같다. 이것은 아마 *P. tomentiglandulosa*에서 分離되었거나 혹은 Back cross 된 다른 個體의 *P. glandulosa*로 생각되며 이것은 위 두 花粉樹(A와 B)보다 開葉時期도 몇 일 늦게 일어난다. 交配母體와 花粉樹의 相互作用은 有意性이 認定되지 않았다.

또한 1967年 林木育種研究所⁹⁾에서 *P. alba*(土着種)를 個體를 달리하여 交配母樹로 하고 花粉樹도 個

體別로 各各 交配한 結果 各組間에 有意性이 없었으므로 *P. alba*(土着種)는 遺傳形質에 差異가 없음을 알 수 있었다. 花粉樹도 本館 앞(A)과 수위실 뒤(B) 것은 遺傳形質이 같은 것으로 나타났으므로 *P. alba*(土着種)와 *P. glandulosa*는 遺傳的 變異幅이 매우 좁다는 것을 알 수 있으므로 *P. alba* × *P. glandulosa*를 더욱 改良하기 위해서는 交配兩親의 遺傳變異幅을 넓혀야 할 것으로 생각되며 *P. alba*는 原產地에서 優良個體를 選拔 導入하고 花粉樹는 優良한 *P. davidiana*를 選拔하여 새로운 *P. glandulosa*가 誘導되어야 할 것으로 생각된다.

交配母樹 및 花粉樹別 交雜種 F₁의 挿木發根率은 表 4에서와 같이 *P. alba*(土着種)를 交配母樹로 한 것이 71.5%이고 *P. alba*(土着種) × *alba*(伊太利)를 母樹로 한 것은 64.2%로서 7.3%의 挿木發根率이 *P. alba*(土着種)보다 떨어지는 편이다.

P. alba(土着種) × *alba*(伊太利)의 母樹가 生長은 좋으나 挿木發根率은 떨어지는 形質을 가지고 있다. 花粉樹別 交雜種 F₁의 挿木發根率은 本館 앞(A)과 수위실 뒤(B) 것은 差異가 없고 樹木園 것은 약간 떨어지는 편으로 樹木園의 *P. glandulosa*는 生長과 挿木發根率에 대한 形質이 위두花粉樹(A와 B)보다 떨어지는 편이다.

以上の 結果와 같이 交配母樹인 *P. alba*(土着種)와 *P. alba*(土着種) × *alba*(伊太利)는 生長에 대한 遺傳變異와 挿木發根率에서 현저한 差異를 나타내고 花粉樹인 *P. glandulosa*도 本館 앞(A)과 수위실 뒤(B)의 것은 遺傳變異와 挿木發根率이 같으나 樹木園(C)의 것은 形質이 약간 떨어지는 편이다.

지금의 *P. alba*(土着種)와 *P. glandulosa*는 遺傳變

異幅이 좁으므로 *P. alba* × *P. glandulosa*를 더 優良한 交雜種으로 改良하기 위해서는 交配兩親樹의 遺傳變異幅을 넓혀야 하므로 交配母樹를 選拔 혹은 原產地에서 優良個體를 導入해야 할 것이다.

結 論

P. alba × *P. glandulosa*의 交雜種을 더욱 改良發展시키기 위해서 遺傳形質이 優秀한 交配兩親樹를 選拔 交配 하므로서 優秀한 次代를 生産할 수 있을 것이다. 交配兩親樹인 *P. alba*와 *P. glandulosa*의 次代에 의해서 生長에 대한 遺傳分散과 遺傳力을 檢定한 結果는 다음과 같다.

1. *P. alba*(土着種)와 *P. alba*(土着種) × *alba*(伊太利)는 生長에 대한 遺傳分散은 差異가 있고 *P. alba*(土着種) × *alba*(伊太利)가 遺傳形質이 優秀 하였으며 遺傳力은 83%로서 높은 편이었다.
2. 花粉樹인 *P. glandulosa*는 遺傳變異가 좁고 生長에 대한 遺傳力도 17% 밖에 되지 않으며 本館 앞(A)과 수위실 뒤(B)의 *P. glandulosa*는 같은 遺傳形質을 나타내고 樹木園(C) 것은 다소 다른 것 같다.
3. *P. alba* × *P. glandulosa*는 遺傳形質이 優秀한 交配兩親樹를 選拔 交配 하므로서 優秀한 次代를 얻을 수 있다. 그러나 지금의 交配兩親樹인 *P. alba*(土着種)와 *P. glandulosa*는 遺傳變異幅이 좁으므로 交配兩親樹를 原產地에서 優良個體를 選拔 導入하고 花粉樹는 優良한 *P. davidiana*를 選拔 交配해야 할 것으로 생각된다.
4. 挿木發根率에서도 위의 結果와 같이 交配母樹間에 挿木發根率에도 差異가 있고 花粉樹間에는 큰 差異가 없었으나 樹木園(C)의 花粉樹는 약간 떨어지는 편이었다. *P. alba*(土着種) × *alba*(伊太利)의 交配母樹가 *P. alba*(土着種) 것보다 生長에 대한 遺傳形質은 優秀하나 挿木發根率은 떨어지고 花粉樹는 本館 앞(A)과 수위실 뒤(B)의 *P. glandulosa*는 生長과 挿木發根率에서 같은 遺傳形質을 나타내며 樹木園(C) 것은 다소 떨어지는 편으로 이것은 아마 *P. tomentiglandulosa*에서 分離되었거나 혹은 Back cross 된 다른 個體인 것으로 생각된다.

引 用 文 獻

1. Barnes R. D. and M. A. Schwegppnhauser,

Table 4. The rooting ability of cuttings by different combinations.

Pollen trees	<i>P. glandulosa</i> planted			Total	Mean
	In front of main of building (A)	At the back first gate (B)	Ar-bore-tum (C)		
<i>P. alba</i> (naturalized)	72.9	71.9	69.6	214.4	71.5
<i>P. alba</i> × <i>alba</i> (Italy)	64.6	65.3	62.8	192.7	64.2
Total	137.5	137.2	132.4	407.1	
Mean	68.7	68.6	66.2		67.8

1980. Genetic control of 1.5-year-old traits in *Pinus patula* Schiede et Deppe and a comparison of progeny test methods. *Silvae Genetica* 28(4): 156-167.
2. Becker, W. A. 1967. Manual of procedures in quantitative genetics. Washington State University: 35-45.
 3. Campbell, R. K. 1973. Genetic variability in juvenile height growth of Douglas-fir. *Silvae Genetica* 21 (3-4): 126-129.
 4. Christophe, C. and Y. Birot. 1979. Genetic variation within and between populations of Douglas-fir. *Silvae Genetica* 28 (5-6): 197-206.
 5. Cros, E. T., J. Kleinschmit, P. Azoef and R. Hoslin. 1980. Spiral grain in beech, Variability and heredity. *Silvae Genetica* 29(1): 5-13.
 6. Farmer R. E. Jr. and J. R. Wilcox. 1960. Preliminary testing of eastern cottonwood clones. *Theoretical and Applied Genetics* 38: 197-201.
 7. Farmer R. E. Jr. 1970. Variation and inheritance of eastern cottonwood growth and wood properties under two soil moisture regimes. *Silvae Genetica* 19(1): 5-8.
 8. Farmer R. E. Jr. 1970. Genetic variation among open-pollinated progeny of eastern cottonwood. *Silvae Genetica* 19(5-6): 149-151.
 9. 玄信圭, 孫斗植, 趙利明. 1967. *Populus alba* × *P. glandulosa* F₁의 生長에 關한 研究. 林木育種研究報告 5: 53-60.
 10. 郭在彦, 盧義來, 崔善起. 1972. 소나무의 주요 형질에 대한 유전력. 林木育種研究報告 9: 21-24.
 11. Khosla, P. K., P. C. Kaushal and D. K. Khurana. 1980. Studies in *Populus ciliata* Wall. ex Royle, II, Phenotypic variation in natural stands. *Silvae Genetica* 29(1): 31-36.
 12. Ledig, F. Th. and J. H. Whitmore. 1981. Heritability and genetic correlations for volume foxtails and other characteristics of Caribbean pine in Puerto Rico. *Silvae Genetica* 30(2-3): 88-92.
 13. Lee, T. B. 1955. The identification of genus *Populus* in Korea by winter twig and buds. *Universitas Seoulsensis Collectic Theseon Scientia Naturalis* 2: 75-80.
 14. 李昌福. 1978. 樹木學. 鄉文社: 19-110.
 15. 李昌福. 1980. 大韓植物圖鑑. 鄉文社: 253-255.
 16. Mohn, C. A. and W. K. Randall. 1971. Inheritance and correlation of growth characters in *Populus deltoides*. *Silvae Genetica* 20(5-6): 182-184.
 17. Mohriek, O. 1979. Juvenile-mature and trait correlations in some aspen and poplar trials. *Silvae Genetica* 28(203): 107-110.
 18. Nicholls, J. W. P., J. D. Morris and L. A. Pederick. 1980. Heritability estimates of density characteristics in juvenile *Pinus radiata* wood. *Silvae Genetica* 29(2): 54-61.
 19. Randall, W. K. and D. T. Cooper. 1973. Predicted genotypic gain from cottonwood clonal test. *Silvae Genetica* 22(5-6): 165-167.
 20. Shelbourne, C. J. A. and R. W. Stonecypher. 1971. The inheritance of bole straightness in young loblolly-pine. *Silvae Genetica* 20(5-6): 151-156.
 21. Spies, T. A. and B. V. Barnes. 1981. A morphological analyses of *Populus alba*, *P. grandidentata* and their natural hybrids in Southeastern Michigan. *Silvae Genetica* 30(2-3): 102-105.
 22. Steinhoff, R. J. and R. J. Hoff. 1971. Estimates of the heritability of height growth in western white pine based on parent-progeny relationships. *Silvae Genetica* 20(5-6): 141-143.
 23. Ying, C. C. and W. T. Bagley. 1976. Genetic variation of eastern cottonwood in an Eastern Nebraska provenance study. *Silvae Genetica* 25(2): 67-73.
 24. Ying, C. C. and W. T. Bagley. 1977. Variation in rooting capability of *populus deltoides*. *Silvae Genetica* 26(5-6): 204-206.
 25. Ying, C. C. and E. K. Morgenstern. 1979. Correlations of height growth and heritability at different ages in white spruce. *Silvae Genetica* 28(5-6): 181-184.
 26. 植木秀幹. 1914. 朝鮮に適する外國産樹種に就

- きて(4). 朝鮮農會報 9(5): 9-11.
27. 植木秀幹. 1925. Some new varieties of Korean ligneous plants and their values from the standpoint of arboriculture. Bullentin of the Agricultural and Forestry College, Korea. 1: 6-7.
28. Zsuffa, L. 1975. Broad sense heritability values and possible genetic gains in clonal selection of *Pinus griffithii* McClelland x *P. strobus* L. *Silvae Genetica* 24(4): 85-88.