

銀杏나무類 染色體에 관한 研究¹

金 守 仁²

Studies on the Chromosome Types of *Ginkgo* Species¹

Su In Kim²

要 約

雌雄異株이고, 單一種(monotype)이며, 經濟的, 機能的으로 有用한 銀杏나무의 染色體의 構造와 雌雄 性決定 染色體를 判別하기 爲해서 銀杏나무(*G. biloba*)와 추상銀杏나무(*G. biloba* var. *fastigiata*)를 材料로 하여 全國에서 7個 地域, 26個體의 根端(root tip)을 試料로 染色體를 觀察 調査한 結果는 다음과 같다.

體細胞 染色體의 基本數는 $2n=24$, 染色體의 相對的 長이는 長 것이 $14.88 \sim 11.18\mu m$, 짧은 것이 $8.11 \sim 6.24\mu m$, 12雙의 染色體 set는 1雙의 m型이며 長 染色體와 比較的 짧으며 sm 또는 st型 11雙으로 構成되고, 짧은 染色體 group은 連續的 變異를 한다.

第一 長 染色體雙의 short arm에 Satellite가 存在하고 7번 또는 8번째(sm 또는 st型), 染色體雙의 한 쪽 또는 양 쪽 long arm에 Satellite가 存在하거나, 또는 第一 짧은 st型 染色體雙 양 쪽 또는 한 쪽 long arm에 Satellite가 存在하기도 한다.

銀杏나무(*G. biloba*)의 第一 長 染色體雙에 있는 Satellite는 가끔 二重 Satellite(複粒附體)인 것이 觀察되었으나, 추상銀杏나무(*G. biloba* var. *fastigiata*)에서는 二重 Satellite가 觀察되지 않았다.

核型式

$$2n = 24 = 2^{2s}A^m + 2B^{st \text{ or } sm} + 2C^{st} + 2D^{st} + 2E^{st} + 2F^{st \text{ or } sm} + 2G^{sm} \\ + 2^{2s}H^{sm \text{ or } (1^sH^{sm} + H^{sm})} + 2I^{st} + 2J^{st} + 2K^{st} + 2^{2s}L^{st} \text{ or } (1^sL^{st} + L^{st})$$

染色體 構造上으로는 암나무와 숫나무의 性染色體 區別이 확실하지는 않지만, 숫나무의 染色體에서는 第一 長 染色體雙의 한 쪽 染色體 short arm에 二重 Satellite가 存在하나, 암나무에서는 存在하지 않는다. 대체적으로 작은 染色體 group에서 Satellite 染色體가 2個 있는 것은 숫나무보다 암나무에서 더 많이 觀察되었다. 추상銀杏나무(*G. biloba* var. *fastigiata*)에서는 작은 染色體 group에서, 숫나무에서는 1個의 Satellite chromosome만 觀察되었다.

ABSTRACT

To determine the structure of chromosome and to identify the sex chromosome of *Ginkgo biloba* and *G. biloba* var. *fastigiata*, the samples were obtained from root tips of trees growing in seven different provinces. The results are as follows.

The basic number of somatic chromosomes was $2n=24$. The range of a relative length of long

¹ 接受 1994年 11月 30日 Received on November 30, 1994.

² 건국대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, Konkuk University, Seoul 133-701, Korea.

chromosome was between 14.88~11.18 μ m and that of short chromosome was 8.11~6.24 μ m. The chromosome sets were composed with one long pairs of m type and 11 short pairs of sm or st type. These short pairs showed the continuous descending in length.

There was a satellite on the short arm of the longest chromosome pair, and were satellites of the one or both long arm of 7th or 8th chromosome pair which were sm or st type, or the shortest st type chromosome pair.

Sometimes, a satellite on the short arm of the longest chromosome pairs of *Ginkgo biloba* was double satellite, but that of *G. biloba* var. *fastigiata* was not.

Karyotype was

$$2n=24=2^{2s}A^m + 2B^{st \text{ or } sm} + 2C^{st} + 2D^{st} + 2E^{st} + 2F^{st \text{ or } sm} + 2G^{sm} \\ + 2^{2s}H^{sm} \text{ or } ({}^{1s}H^{sm} + H^{sm}) + 2I^{st} + 2J^{st} + 2K^{st} + 2^{2s}L^{st} \text{ or } ({}^{1s}L^{st} + L^{st})$$

The male and female trees were not apparently distinguished by the chromosome structures. However the differences between the satellites could be used to identify the male and females. The male tree has double satellite on short arm of a longest chromosome pairs and females' has not. Also female trees have a satellite on a short chromosome more frequently than male trees.

Key words: Chromosome, karyotype, short arm, long arm, arm ratio, centromere, sex chromosome, satellite.

I. 緒 論

銀杏나무는 分類學上 1目 1科 1屬 1種으로 monotype이고 李昌福(1980)는 1種, 上原敬二(1959)는 1種 8變種, Krüssmann(1985)은 1種 13變品種을 記錄하였으나 우리 나라에 심어지고 있는 것은 鄉土樹種으로 取扱되는 옛부터 植栽되어 온 銀杏나무(*Ginkgo biloba*)와 近來 外國으로부터 導入된 추상銀杏나무(*G. biloba* var. *fastigiata*)가 都市에 많이 植栽되어 있다.

銀杏나무는 古生代(Paleozoic era) 約 3億 5千萬年前頃 地球上에 나타나서 二疊期부터 三疊期, 쥐라기(Jurassic)에 걸쳐(約 2億年前) 地球上에 널리 全盛하여 美國, Alaska, Canada, Greenland, Siberia, England, 濠洲, 中國, 日本 等地에서 化石이 出土되고 있다. 그 後 近代의 第三紀 大氷河가 來襲하여 地球上의 모든 生物이 全滅할 때 銀杏나무도 죽어서 化石이 되었으나, 그 氷河에도 中國 一部地方의 氣候가 따뜻해서 죽음을 謀免한 것이 近世 8世紀頃 中國 浙江省 Chang-hua Hsien 近處 10平方 miles에 걸쳐 自然發生 生育되고 있는 原產地가 發見되고 이것이 韓國으로, 韓國에서 日本으로, 日本에서 1727

年 和蘭人 Kaempfer에 의해 歐羅巴에 알려지고 英國에서 美國을 거쳐 全世界에 널리 分布되었다.

銀杏나무는 醫藥品の 原料, 健康補助食品의 製造原料, 또는 病害蟲 防除와 新藥開發의 可能性을 지니고 있고, 열매의 高蛋白食品, 質 좋은 木材, 造景樹 等 여러 면에서 利用價値가 높고 有用한 나무이며 우리 나라 氣候와 土質에 잘 適應이 되어 있는 우리 나라에서는 開發의 價値가 높은 有用한 植物資源이다. 그러나 이 나무는 嚴格한 雌雄異株이고 암수나무의 區別은 20年 以上된 壯齡木으로서 열매가 열리기 前에는 識別이 안되기 때문에 利用目的에 따라 區別해서 植栽해야 하는 短點이 있다. 果實을 目的으로 할 때는 주로 암나무를 심어야 하고, 街路樹나 公園에서는 숫나무를 심어야 하는데 어린 時期에는 外形上 암수를 全然 區別할 수 없기 때문에 어린 때, 즉 나무를 植栽하는 時期에 雌雄을 區別한다는 것은 銀杏나무를 效果의으로 利用하고 經濟性있는 栽培를 爲해서 대단히 重要한 일이라고 생각된다. 따라서 本 研究은 암수나무의 性染色體를 細胞學的으로 構造를 分析해서 암수 性의 差異點을 糾明해서 어린 銀杏나무의 雌雄樹 識別에 도

움을 주는 基礎資料를 얻고자 하는데 目的이 있다.

II. 研究史

McClung(1901, 1902)에 의해서 最初로 性染色體가 發見되었는데 *Xiphidium*에서 accessory chromosome을 發見하고 精子에 2型이 性決定에 關與한다고 하였고 암나무는 X - chromosome과 같은 한 種類의 配偶體를 만들고 숫나무는 X, Y - chromosome과 같은 두 種類의 配偶體를 만든다. 性染色體(sex chromosome)란 用語는 Wilson(1906)에 의해 붙여졌다. 植物에서는 Allen(1917)이 이끼(*Sphaerocarpus*)에서 처음 性染色體를 發見하였고 高等植物에서는 Santos, 木原, 小野, Blackburn, Winge(1923) 등이 거의 同時에 性染色體의 型을 밝혔으며, 木原(1926)이 딸기, 환삼덩굴, 篠遠(1929)이 17屬 22種의 雌雄異株植物을 調査, 木本에서 *Salix* 6種이 XY型 性染色體, 초피나무는 XO型 性染色體임을 밝혔다.

銀杏나무 染色體에 關한 研究는 Carothers(1907)가 銀杏나무 雌樹의 子房의 發達을, Ishikawa(1910, 1916)가 染色體數 $2n=24$ 를 發表한 것을 始作으로 Allen(1919)이 性染色體의 遺傳에 關하여, Hirase(1918)가 胚의 發達과 受精에 關해서, Herzfeld(1928)가 前胚(Proembryo)를 材料로 雌雄株는 染色體 構造와 細胞分裂方法이 다르다고 發表하였으며, Eichhorn(1928)은 銀杏나무 染色體에는 Satellite가 있고 이 構造가 암수의 性을 決定한다고 하였다. Shimamura(1928)는 前胚 形成過程을 研究하여 染色體數 $2n=24$ 를 確認하였고, Sax & Sax(1933)는 암나무의 胚乳組織에서 體細胞 半數體의 數와 染色體 Idiogram을 그렸지만 性染色體에 關해서는 言及하지 않았으며, Tanaka et al.(1952)은 幼葉을 試料로 하여 體細胞의 染色體數, 核型式 作成, 染色體 크기順 配列, Satellite의 存在와 位置 等 아주 具體的인 構造分析을 發表하였다. Lee(1954)는 male gametophyte(megasporogenesis)와 female gametophyte(microsporogenesis)를 材料로 암수나무의 體細胞 染色體의 數와 模樣(m型 2雙, st型 10雙)은 同一하나 암나무 染色體 set에서는 4個 染色體에 Satellite가 달려 있고(m型 short arm에 2個, st型 long arm에 2個), 숫나무에서는 3個 染色體에 Satellite가 달려 있고(m型 short arm에 2

個, st型 long arm에 1個), 이 st型 染色體雙에 달려 있는 Satellite 染色體를 性染色體라고 믿고 性決定은 XY型이라고 推測하였고 XY型은 雄株, XX型은 雌株라고 하였다.

Newcomer(1954)는 숫나무의 male gametophyte(microspore)를 材料로 $n=12$ 이고 가장 긴 染色體 1個는 m型, 다음 크기의 染色體 1個는 sm型, 나머지 10個는 st型이며, 實驗 觀察한 半數體 染色體 set 중에서 約 半에서는 第一 긴 染色體가 m型이고 나머지 半에서는 sm型이라고 發表하였다. 또 st型 染色體 두 個에 Satellite가 있는데 하나는 short arm에, 또 하나는 long arm에 붙어 있으며, m型이 있는 染色體 set와 sm型이 있는 染色體 set로서 이 二型染色體 set은 雌雄의 性을 決定하는 것으로 推定했다.

Pollock(1957)은 幼葉을 試料로 體細胞 分裂過程과 숫나무의 雄性 gametophyte에서 減數分裂의 分裂過程을 觀察하고, 염색체수 $2n=24$, 雌樹의 體細胞 染色體에는 4個의 Satellite가 있고, 雄樹에서는 3個가 있다고 報告하였다. 또한 암수나무 모두 가장 긴 染色體雙의 short arm에 Satellite가 있고, 암나무에서는 짧은 st型 染色體 1雙의 long arm 모두에 있으며, 숫나무에서는 짧은 st型 染色體 1雙中 1個의 染色體 long arm에만 Satellite가 있다고 발표하였다.

雄性配偶體에서도(小孢子) 半數體 染色體 約 半에서 Satellite는 역시 짧은 st型 染色體 long arm 위에 있으며 이 異型染色體들이 性染色體라고 推定했다.

가장 最近의 研究로서 Tanaka & Hizume(1980)는 C - banding 方法에 의해서 體細胞分裂 中期의 染色體에는 두 雙의 Satellite가 달려 染色體가 있는데 第一 긴 染色體雙과 11번째 染色體雙에 있다고 하였고 Idiogram을 作成하였다.

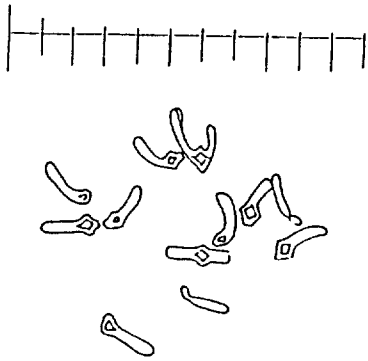
以上과 같은 文獻을 檢討해 본 바와 같이 銀杏나무의 性決定 染色體의 構造分析에 對한 結果는 學者에 따라 意見이 다르고 아직도 더 많은 研究와 檢討가 있어야 한다고 본다. 지금까지 發表된 重要한 研究들을 要約하면 Fig. 1과 같다.

III. 材料 및 方法

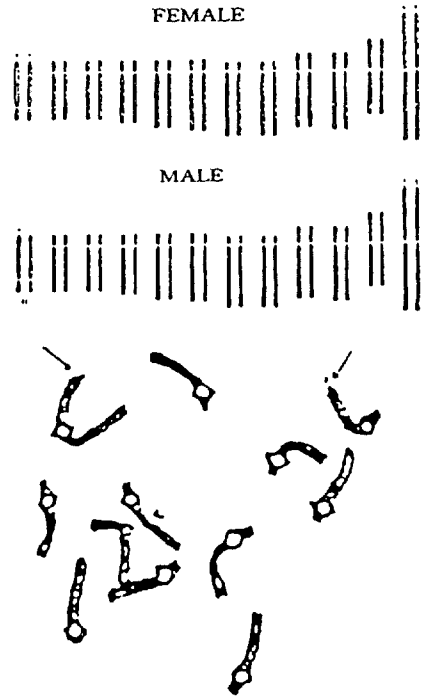
1. 材 料

銀杏나무(*Ginkgo biloba*)는 可能한 한 우리 나

1. Sax and Sax (1933)



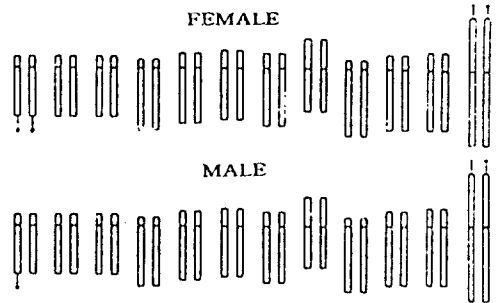
4. Lee (1954)



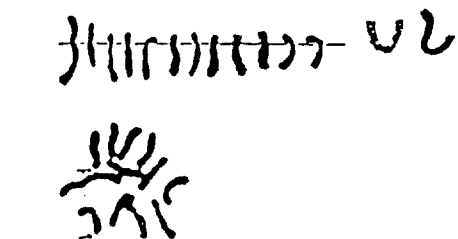
2. Tanaka and Hizume (1952)



5. Pollock (1957)



3. Newcomer (1954)



6. Tanaka and Hizume (1980)

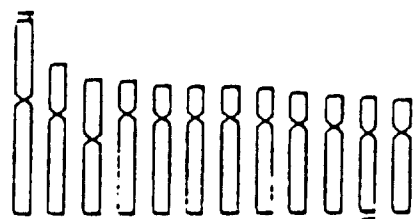


Fig. 1. History of chromosomal researches of *Ginkgo* species.

Table 1. Collection sites of samples tested.

Distinction of sex		Localities
	<i>Ginkgo biloba</i> Female(♀)	Kwang Ju, Yang Pyeong, Chung Ju, Kon Kuk Univ., Deok Su Palace, Seoul Children Park
Cuttings	<i>Ginkgo biloba</i> Male(♂)	Kwang Ju, Yang Pyeong, Chung Ju, Kon Kuk Univ.
	<i>G. biloba</i> var. <i>fastigiata</i> Female(♀)	Kon Kuk Univ., Su Won
	<i>G. biloba</i> var. <i>fastigiata</i> Male(♂)	Kon Kuk Univ., Su Won
Seed	Kon Kuk Univ. campus, Kyeong Dong Market, Jin Ju Market	

라 郷土樹種을 試驗木으로 選拔하여 100余年 以上된 老齡木의 母樹에서 插穗를 採取하였고, 추상銀杏나무(*Ginkgo biloba* var. *fastigiata*)는 우리 나라에는 近來에 導入되었기 때문에 20~30年 生의 壯齡木에서 採取하였다. Table 1에서 보는 바와 같이 插穗는 總 7個 地域에서 採取하였다.

種子是 建國大 校庭에서 5個體의 樹木에서 採取한 것과 서울 京東市場에서 3個 種子商, 慶南 晉州市場 2個 商店에서 購入하여 試料로 使用하였다.

2. 方 法

1) 試料用 根端(root tip) 生産을 爲한 插木 實施

암나무, 숫나무의 母樹에서 採取한 插穗를 各 區別하여 다음과 같은 插木條件과 Table 2와 같이 綠枝插木을 實施하여 生産된 插木苗의 幼根의 根端을 試料로 使用하였다. 插木時機 :

1994年 6月 5일부터 6月 15일까지

Vinyl house : 하우스 外部에는 寒冷絲를 씌우고 內部에는 mist 施設 設置

床 土 : Peat moss와 Perlite를 1 : 1의 比率로 混合하여 使用

Table 2. Cutting propagation of *Ginkgo* species.

Localities	Number of ortet	<i>Ginkgo biloba</i>		<i>G. biloba</i> var. <i>fastigiata</i>	
		Number of cuttings		Number of cuttings	
		Male (♂)	Female (♀)	Male (♂)	Female (♀)
Kon Kuk Univ. campus	1	200	150	100	100
	2	150	200	100	100
	3	200	150		
	4	100	200		
	5	150	200		
Kwang Ju	1	50	150		
	2	100	200		
Yang Pyeong	1	100	150		
	2	150	150		
Chung Ju	1	200	150		
	2	200	100		
	3	150	150		
Teok Su Palace	1	100	170		
Seoul Children Park	1	150	100		
Seoul Grand Park	1	100	150		

發根促進劑 處理 : IBA 100ppm에 4時間 處理

插穗의 切斷面에 Talk : Captan

: Sucrose=8 : 1 : 1의 比率로

混合된 가루를 塗布하여 腐敗防

止 處理를 하였다.

插木 後 3~4個月 後 掘取하여 幼根의 根端을 採取 利用

2) 試料用 根端(root tip) 生産을 爲한 種子發芽 實施

암수를 알 수 없는 種子를 乾砂 貯藏하였던 것을 24時間 水浸시킨 後 15~28℃ 사이의 變溫으로 調節된 Growth Chamber 內에서 發芽시켜 幼根이 2~3cm 자랐을 때 採取하여 檢鏡하는데 利用하였다.

3) 染色體 觀察

試料調製 및 Preparete 製作은 Tanaka et al.(1952), Tanaka & Huzume(1980)의 方法을 약간 變形하여 使用하였고, 染色體의 構造分析에서 使用한 用語들은 Levan et al.(1964)의 方法을 適用했다.

根端(root tip)을 0.002M 8-Hydroxyquino-line 溶液에 浸漬하고 25~28℃에서 8時間 處理한 後 蒸溜水로 철저히 水洗한 後 固定液 Acetic Alcohol(Ethyl Alcohol : Acetic Acid=3 : 1), 4℃에서 8~12時間 浸漬 處理하였다. 70% Ethyl Alcohol에 넣고 4℃로 調整된 冷蔵庫에 貯藏해 두고 必要할 때마다 蒸溜水로 水洗하여 使用하였다. 1N HCl 溶液 50ml beaker에 넣고 溶液의 溫度가 55~60℃로, 4~5時間 加熱한 後 찬 1N HCl에 2~3時間 浸漬시켰다가 흐르는 물에 2~3回 水洗하였다. Feulgen 染色液 또는 Aceto carmine에 넣고 검은 종이에 싸서 24時間 染色시킨 後 Squash하여 Preparete를 만들어 觀察하였다.

細胞分裂 中期에 있는 染色體中 Chromosome complement가 뚜렷하고, 分散이 잘 되었으며, 2n의 染色體數를 完全히 갖추고 있는 染色體 set을 찾아 750倍로 擴大하여 寫眞撮影을 하고, permanent preparete를 만들어 保管하였다.

microfilm으로 撮影한 顯微鏡寫眞을 實物크기의 約 3,000倍로 擴大印畫하여 寫眞上에서 染色體數, 動原體(centromere)의 位置, 2次 狹窄의 數와 位置, 附隨體(Satellite)의 有無, 位置 등을 調查觀察하여 記錄하고 長宛(long arm), 短宛

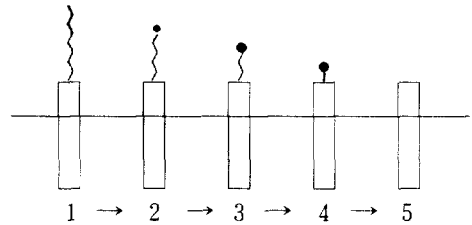


Fig. 2. Process of satellite formation

Satellite chromosome type

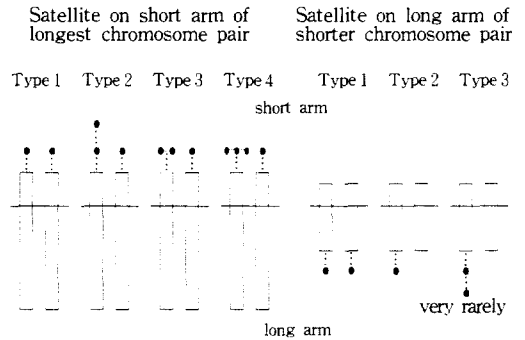


Fig. 3. Appearance of observed satellites.

(short arm)의 길이를 map-measurement를 使用하여 測定하였고, 長·短宛 길이의 比率를 計算記錄하였다. 染色體 Complement들의 各 길이 要素들의 測定은 擴大寫眞 1枚에 대하여 5回 反復 測定하여 平均値를 구하고, 測定한 染色體 寫眞의 5個 set을 다시 合計 平均하여 染色體 相對 길이의 近似値를 구하였다. 또 micrometer로 顯微鏡 working field에서 測定한 染色體 各部分의 實際길이와 擴大寫眞上에서의 길이의 倍率을 測定한 mm 單位를 μm로 換算하여 그 數值들의 結果를 資料로 Table 3, 4, 5을 作成하여 이 資料로 核型式과 Idiogram을 作成 圖示하였다.

IV. 結果 및 考察

根端(root tip)을 材料로 調查觀察한 染色體 特性 測定值 및 顯微鏡 寫眞, Idiogram을 Table 3~5, Plate 1~3에 提示하였다. 銀杏나무 두 種類의 體細胞 染色體의 數는 2n=24로 觀察되었는데, 信賴할 만한 以前 研究者인 Tanaka et al.(1952), Lee(1954), Newcomer(1954), Pollock

Table 3. Measurement of somatic chromosome at metaphase in *Ginkgo biloba* female(♀). Unit : μm

No.	Short Arm (S)	Long Arm (L)	Total Length	Arm Ratio (L/S)	Chro. Type	Others
A (1)	4.81	6.37	1.18	1.32	m	Satellite(L. A.)
B (2)	1.95	6.24	8.19	3.20	st	
C (3)	1.69	5.59	7.28	3.31	st	
D (4)	1.72	5.42	7.15	3.15	st	
E (5)	1.69	5.46	7.15	3.23	st	
F (6)	2.08	4.81	6.89	2.31	sm	
G (7)	1.43	5.33	6.76	3.73	st	
H (8)	2.21	4.68	6.89	2.12	sm	Satellite(S. A.)
I (9)	1.85	4.97	6.63	3.00	st	
J (10)	1.43	5.20	6.63	3.64	st	
K (11)	1.43	5.07	6.50	3.55	st	
L (12)	1.43	4.81	6.24	3.36	st	
Total	23.53	63.96	87.49			
Max.	4.81	6.37	11.18			
Mean	1.96	5.33	7.29			
Min.	1.43	4.68	6.24			

Table 4. Measurement of somatic chromosome at metaphase in *Ginkgo biloba* var. *fastigiata* male(♂). Unit : μm

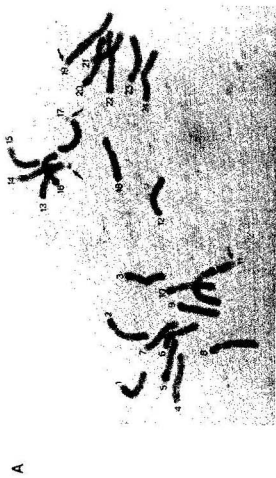
No.	Short Arm (S)	Long Arm (L)	Total Length	Arm Ratio (L/S)	Chro. Type	Others
A (1)	5.31	6.20	11.51	1.17	m	Satellite(L. A.)
B (2)	2.51	5.16	7.67	2.06	sm	
C (3)	1.77	5.51	7.28	3.11	st	
D (4)	1.59	5.50	7.09	3.79	st	
E (5)	1.58	5.41	6.99	4.46	st	
F (6)	1.87	5.11	6.98	2.73	sm	
G (7)	1.97	4.72	6.69	2.40	sm	
H (8)	1.57	5.11	6.68	3.25	st	
I (9)	1.64	4.85	6.49	3.00	st	
J (10)	1.57	4.82	6.39	3.07	st	
K (11)	1.56	4.74	6.30	3.01	st	
L (12)	1.40	4.30	5.70	3.07	st	One side Satellite(L. A.)
Total	24.34	61.43	85.77			
Max.	5.31	6.20	11.51			
Mean	2.03	5.12	7.15			
Min.	1.40	4.30	5.70			

Table 5. Measurement of somatic chromosome at metaphase in *Ginkgo biloba* var. *fastigiata* female(♀). Unit : μm

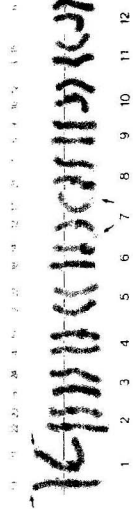
No.	Short Arm (S)	Long Arm (L)	Total Length	Arm Ratio (L/S)	Chro. Type	Others
A (1)	6.46	8.42	14.88	1.30	m	Satellite(S. A.)
B (2)	2.47	9.03	11.50	3.66	st	
C (3)	2.26	8.01	10.27	3.54	st	
D (4)	2.46	7.40	9.86	3.01	st	
E (5)	2.16	7.08	9.24	3.28	st	
F (6)	2.67	6.36	9.03	2.38	sm	
G (7)	2.46	6.46	8.92	2.63	sm	Satellite(L. A.)
H (8)	2.46	6.15	8.61	2.50	sm	
I (9)	2.05	6.56	8.61	3.20	st	
J (10)	1.75	6.67	8.42	3.81	st	
K (11)	2.03	6.17	8.20	3.04	st	
L (12)	2.01	6.10	8.11	3.03	st	
Total	31.93	83.72	115.65			
Max.	6.46	9.03	14.88			
Mean	2.66	6.98	9.64			
Min.	1.75	6.10	8.11			

Plate 3

주상은행나무 (*Ginkgo biloba* var. *fastigiata* Hsu) Female ♀



B Chromosome pairs



C Idiogram



Plate 2

주상은행나무 (*Ginkgo biloba* var. *fastigiata* Hsu) Male ♂



B Chromosome pairs



C Idiogram

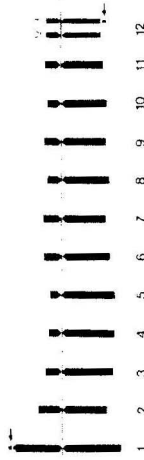
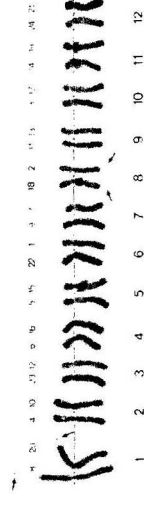


Plate 1

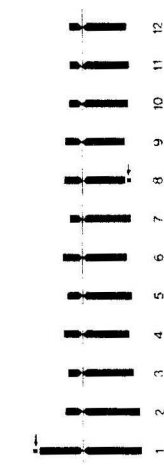
은행나무 (*Ginkgo biloba* L.) Female ♀



B Chromosome pairs



C Idiogram



(1957), Tanaka & Hizume(1980) 등이 報告한 것과 一致하는 것으로 보아 銀杏나무의 染色體 2n의 數는 24個임이 確固하게 立證되었다.

銀杏나무(*Ginkgo biloba*)의 染色體의 相對的 길이는 긴 것들이 約 11.96~16.00 μ m, 짧은 것이 約 6.76~8.00 μ m 사이였다(Table 3). Table 4, 5에서 추상銀杏나무(*Ginkgo biloba* var. *fastigiata*)의 最大 12 μ m에서 最小 5.7 μ m의 길이는 平均値보다 過度하게 緊縮된 것으로 推測된다. Tanaka et al.(1952)가 13.5~7.2 μ m로 發表한 것과 多少 差異는 있지만 이는 試料調製, 使用試藥, 길이測定時의 染色體 set의 狀態 等에 따라 差異가 날 수 있다고 생각된다. Newcomer(1954)가 未成熟花粉의 microspore 試料에서 9~7 μ m로 發表하여 本 研究와 差異가 나는데 이는 meiosis의 中期에 染色體 길이와 mitosis 中期의 染色體 길이가 根本的으로 다를 수도 있고, 또 prepareate 製作過程에서 染色體를 固定시킬 때 染色體 緊縮時期가 같지 않을 수가 있기 때문에 研究者에 따라서 길이가 같지 않을 確率이 더 많다.

Plate 1, 2, 3의 Idiogram에서 銀杏나무 染色體의 一般의 構造는 12雙 中에서 1雙은 染色體가 길고 m型이며 雌雄樹 모두에서 short arm에 Satellite가 달려 있다. 나머지 11雙은 긴 雙에 比해서 越等히 짧으며 2~3雙의 sm型과 9~8雙의 st型 染色體로 構成되고 길이順으로 7 또는 8 번째 雙이거나 12번째 雙 染色體의 long arm에 Satellite가 있으며 全體的으로 染色體 길이가 漸進的 變異를 하고 있다.

核型式

$$2n=24=2^{2s}A^{m+1}+2B^{st} \text{ or }^{sm}+2C^{st}+2D^{st}+2E^{st}+2F^{st} \text{ or }^{sm}+2G^{sm}+2^{2s}H^{sm} \text{ or } (^{1s}H^{sm}+H^{sm})+2I^{st}+2J^{st}+2K^{st}+2^{2s}L^{st} \text{ or } (^{1s}L^{st}-L^{st})$$

긴 染色體 雙의 short arm에 Satellite가 있는 것은 分明하다. 染色體 set 中 가장 짧은 染色體 雙이 Satellite가 있는 것도 있으나 7~8번째 雙 中 하나에 있는 것이 明한데 正確하게 7번, 혹은 8번에 있다는 것을 確定짓기는 어렵다. 染色體 길이가 僅少한 差異로 連續的으로 짧아지기 때문에 prepareate 調製時에 實驗誤差가 있으므로 인해 많은 sample을 觀察하여 統計的으로 處理

를 해야 正確한 判斷을 내릴 수 있다. sm型的 染色體 雙이 2~3雙 있는 것이 分明하다 Idiogram 上에서 몇번째 雙인지도 위와 같은 理由로 해서 不分明하다.

Satellite 觀察에 있어서 긴 染色體의 short arm에 單粒으로 된 Satellite가 存在하는 것이 普通이지만 觀察한 染色體 set 中 10~20% 程度에서는 길이方向 또는 橫方向으로 二重粒으로 된 것이 觀察되었다. 어떤 境遇에는 st型 short arm에 있는 Satellite도 二重으로 된 것이 觀察되기도 했다(Plate 1, marker chromosome i, 2). 이것은 銀杏나무(*Ginkgo biloba*)에서는 觀察되었으나 추상銀杏나무(*G. biloba* var. *fastigiata*)에서는 觀察되지 않았다.

Tanaka et al.(1952)는 암수나무 共히 半數體 12染色體에서 sm型 2個中 긴 것에 Satellite가 달려 있고 8번째 染色體에서 Satellite가 달려 있다고 하였는데 本 研究는 sm型이 2~3개인 것으로 관찰된었다. 이는 根本的으로는 같지만 使用材料, prepareate調製上, 혹은 測定上의 誤差라고 생각된다. 圖示된 染色體 그림에서 암수나무의 8번째 雙 한 쪽 染色體의 long arm에 二重 Satellite가 있다고 表示하였는데 이것은 本 研究에서 st型 맨 끝 雙의 long arm에 극히 드물게 觀察된 것과 一致하지만, Lee(1954), Newcomer(1954), Pollock(1957)의 報告에서는 言及된 바가 없다. 第一 긴 染色體雙의 양 쪽 short arm에 Satellite가 있다는 것은 本 研究의 結果와 一致하고 또 Lee(1954)와 Pollock(1957)의 報告와도 一致하지만 Newcomer(1954)의 報告에서는 第一 긴 染色體雙에는 Satellite가 없고 두 染色體 中 1쪽 染色體에 희미한 2 μ m 程度의 二次狹窄이 存在하고 길이가 같지 않은 heterobrachial이며, 나머지 한 쪽의 것은 isobrachial이어서 이 한 雙의 染色體가 異型性이라고 하였는데, Lee(1954)나 Pollock(1957)은 여기에 대해서 言及한 바가 없고 本 研究에서 檢討해 보았으나 반드시 異型性이라는 것을 認定하기 어려웠다. Newcomer(1954)가 觀察한 材料는 한 나무의 것 만으로 制限되어 있기 때문에 信憑性이 적다고 생각된다. 本 研究에서 觀察된 Satellite는 形成過程이 Fig. 2와 같이 1에서 5段階까지로 나타나는데 1段階에서 觀察할 때는 染色狀態나 異物質의 存在에 따라서 觀察이 잘 안되고 5段階의 境遇에도 Satellite의 有無 確

認이 극히 어렵다. 染色體의 크기에 比해서 Satellite의 크기가 相對的으로 아주 작고 軟弱하기 때문에 prepareate製造時 squash過程과 壓搾過程에서 없어지기가 아주 쉽다. 卽, 染色狀態, 異物質의 存在, Squash過程 等의 原因에 의해서 實在的으로는 存在한다 하더라도 顯微鏡 上에서 눈으로 觀察될 確率은 50%를 넘지 않는 것으로 推定된다. 또 出現되는 Satellite의 模樣도 Fig. 3과 같이 多様한데, 銀杏나무(*G. biloba*)에서는 암수 共히 1번 染色體雙의 long arm에 있는 Satellite가 大部分이 單粒으로 存在하는데 個體에 따라 差異는 있으나 10~20% 程度는 한 쪽 染色體에 길이 方向이나 때로는 橫方向으로 二重

(複粒) Satellite가 存在한다. 또한 sm 또는 st型 染色體의 short arm 上에도 아주 드물게 한 쪽에 二重 Satellite가 存在하는 境遇도 觀察되었다. 그러나 추상銀杏나무(*G. biloba* var. *fastigiata*)에서는 3個體에서 各各 암수나무를 觀察해 본 結果 全部 單粒의 Satellite만 觀察되었고 二重(複粒) Satellite는 觀察되지 않았다. 이것이 추상銀杏나무의 固有한 遺傳的 原因인지는 sample의 數가 不足하여 아직 不確實하다. 이 二重 Satellite에 關해서는 Tanaka(1952)가 報告한 바 있는데, Tanaka는 암나무에서 觀察되었다고 그림에 圖示했지만 本 研究에서는 숫나무에서만 觀察된 것이 다르다.

Table 6. Results of observed chromosome sets.

Provenance Ortet	No. of observed chro.set	Longer chromosome pair						Shorter chromosome pair						
		2 satte.chro. (both side)		1 satte.chro. (one side)		None of sat.chro.	2 satte.chro. (both side)		1 satte.chro. (one side)		None of sat.chro.			
		♀	♂	♀	♂		♀	♂	♀	♂				
				%	%	%	%	%	%	%	%	%		
Kon Kuk Univ.	1	52		71		20		9		30		20		50
	2	48		68		25		7		22		30		48
	3	95		80		10		10		32		28		40
	4	45		65		24		11		38		10		52
	5	86		60		21		19		20		30		50
	6	102		78		13		9		41		7		52
Kwang Ju	1	121		75		19		6		45		6		49
	2	88		71		17		12		34		19		47
Yang Pyeong	1	65		72		21		7		40		6		54
	2	71		69		22		9		17		26		57
Chung Ju	1	45		75		14		11		32		15		53
	2	53		74		17		9		39		12		49
	3	65		73		14		13		31		25		44
	4	81		68		21		11		28		23		49
Teok Su Place	1	38		76		16		8		23		18		59
	2	40		75		12		13		33		25		42
Child Park	1	68		80		12		8		42		9		49
	2	96		78		13		9		25		30		45
Seoul Grand Park	1	110		78		14		8		39		11		50
	2	96		80		9		11		23		21		56
Kon Kuk Univ. campus	1	48		76		15		9		39		10		51
	2	55		70		18		12		41		13		46
	3	50		74		13		13		35		15		50
	4	60		70		11		19		0		51		49
	5	45		82		13		5		0		45		55
	6	43		79		11		10		0		42		58
Total Average	902	864		75.3	72.2	15.5	16.4	10.3		39.7	17.9	13.8	28.2	50.2

性染色體的 判別

銀杏나무는 確實한 雌雄異株이므로 雌樹와 雄樹의 性的 差異點이 動物과 마찬가지로 染色體의 構造나 形態의 으로 어떤 差異點이 있는가에 對해서 여러 學者들이 興味와 關心을 갖고 研究해 왔다. Tanaka et al.(1952) 以前에도 많은 研究가 있었지만 分明하지 않고 그 以後부터 比較的 具體的인 研究 報告가 있었는데 Tanaka et al.(1952)은 암나무에서는 8번째 雙의 한 쪽 染色體의 long arm에 Satellite가 存在하고 숫나무에서는 8번째 雙의 두 染色體 모두의 short arm에 Satellite가 存在한다고 하였으나 性染色體의 型 또는 性決定 染色體를 確定짓지는 못했다. 그러나 Lee(1954)는 암나무와 숫나무 모두 第一 긴 染色體 m型이거나 sm型 染色體雙의 short arm에 Satellite가 달려 있고, 짧은 染色體雙 st型 染色體의 long arm에 숫나무는 한 쪽 染色體에만, 암나무는 양 쪽 染色體 모두에 Satellite가 달려있어, 이 한 쪽에만 달린 染色體가 性決定에 影響을 미치고 前者를 XX, 後者는 XY라 하여 銀杏나무의 性決定은 XY型의 二型染色體雙이 關與한다고 結論지었다.

Pollock(1957)도 microspore를 材料로 研究한 結果이지만 根本的인 主張은 Lee(1954)와 마찬가지로 작은 st型 染色體雙의 양 쪽 染色體 모두에 Satellite가 있는가 또는 한 쪽 染色體에만 있는가로 異型染色體가 性染色體라고 推定했다. 그러나, Newcomer(1954)는 microspore를 材料로 研究했지만 Satellite의 存在與否로 암수의 性決定을 說明하지 않고 가장 긴 染色體 한 雙의 두 染色體 길이의 差로써 두 染色體의 길이가 같으면 同型染色體로 암나무이고 길이가 같지 않으면 異型染色體로서 숫나무라 推定하고 이 異型染色體가 性的 決定과 關係된다고 推定하였다.

위와 같은 學者들의 報告된 內容을 綜合하면 두 가지 假說로 要約되는데 작은 染色體 group 中에서 st型 染色體雙의 한 쪽 染色體에만 long arm에 Satellite가 있거나 양 쪽에 다 存在하거나 하는 異型染色體나 제일 긴 染色體雙의 두 染色體의 길이가 同一한 것과 다른 異型染色體가 性染色體이고 암숫나무의 性決定에 關與한다는 推定假說들이 그것이다.

本 研究에서는 위와 같은 學者들의 假說을 檢討하였다. Table 6에서 암나무 902, 숫나무 864

chromosome sets를 觀察하여 암나무 染色體 set 에서 긴 染色體雙 양 쪽 모두에 Satellite가 觀察된 것이 75.3%(679 sets)이고 한 쪽 染色體에만 觀察된 것은 15.5%(139 sets)이며, 양 쪽 모두에 Satellite가 없는 것도 觀察되었다. 한 쪽에만 Satellite가 있는 것은 prepareate製作時, squash, 壓搾 等の 原因으로 摩滅되었거나 觀察時期가 Satellite 形成 前後 等인 것으로 생각되어 第一 긴 染色體雙에 Satellite가 있다는 것은 分明하다. 숫나무에 있어서도 總 864 chromosome sets 을 觀察한 中에서 긴 染色體 양 쪽 모두에 Satellite가 있는 것이 72.2%(623 sets), 한 쪽에만 있는 것이 16.4%(142 sets)이며, 양 쪽 모두에 없는 것도 觀察되었는데, 이 結果의 原因은 암나무의 境遇와 같다.

짧은 染色體 group에 있어서도 암나무에서 양 쪽 모두에 Satellite가 있는 것이 39.7%, 한 쪽에만 있는 것이 13.8%이고 숫나무에서는 양 쪽에 다 있는 것이 17.9%, 한 쪽에만 있는 것은 28.2%, 양 쪽에 모두 없는 것이 約 50%가 된다. 이 結果에서 Lee(1954)나 Pollock(1957)이 主張한 대로 볼 때, 숫나무에서 Satellite가 양 쪽 두 染色體 모두에 存在하는 것은 理論的으로 없어야 한다. 그러나 本 研究에서는 Plate 1, 2, 3에 提示한 바와 같이 숫나무의 染色體에서도 양 쪽 모두에 뚜렷하게 Satellite가 存在한다. 그러나 암나무와 숫나무 모두에서 양 쪽 染色體에 다 있는 것을 比較해 볼 때 암나무는 39.7%, 숫나무는 17.3%로서 암나무가 숫나무보다 22.4%나 더 많으며, 한 쪽 染色體에만 Satellite가 있는 것이 암나무에서 13.8%, 숫나무에서 28.2%로 그 差異가 14.4%로 숫나무가 더 많다. 이것이 意味하는 바는 숫나무에도 작은 group의 染色體雙에 Satellite가 반드시 한 쪽 染色體에만 있는 것은 아니고 양 쪽에 다 있는 것도 있지만 암나무에서 보다는 出現頻도가 낮다는 것이다. 즉, 나무의 個體에 따라 一定하지는 않지만 많은 chromo-some sets을 觀察한 結果 숫나무에서도 작은 chromosome 中에 Satellite chromosome이 있기는 하지만 암나무가 더 많다는 意味이다. 그러나 암나무에서 한 쪽에서만 Satellite가 나타나는 것은 원래부터 Satellite가 없어서 그런지, 혹은 있는 prepareate調製時 摩滅된 것인지는 確實히 말하기 어렵다.

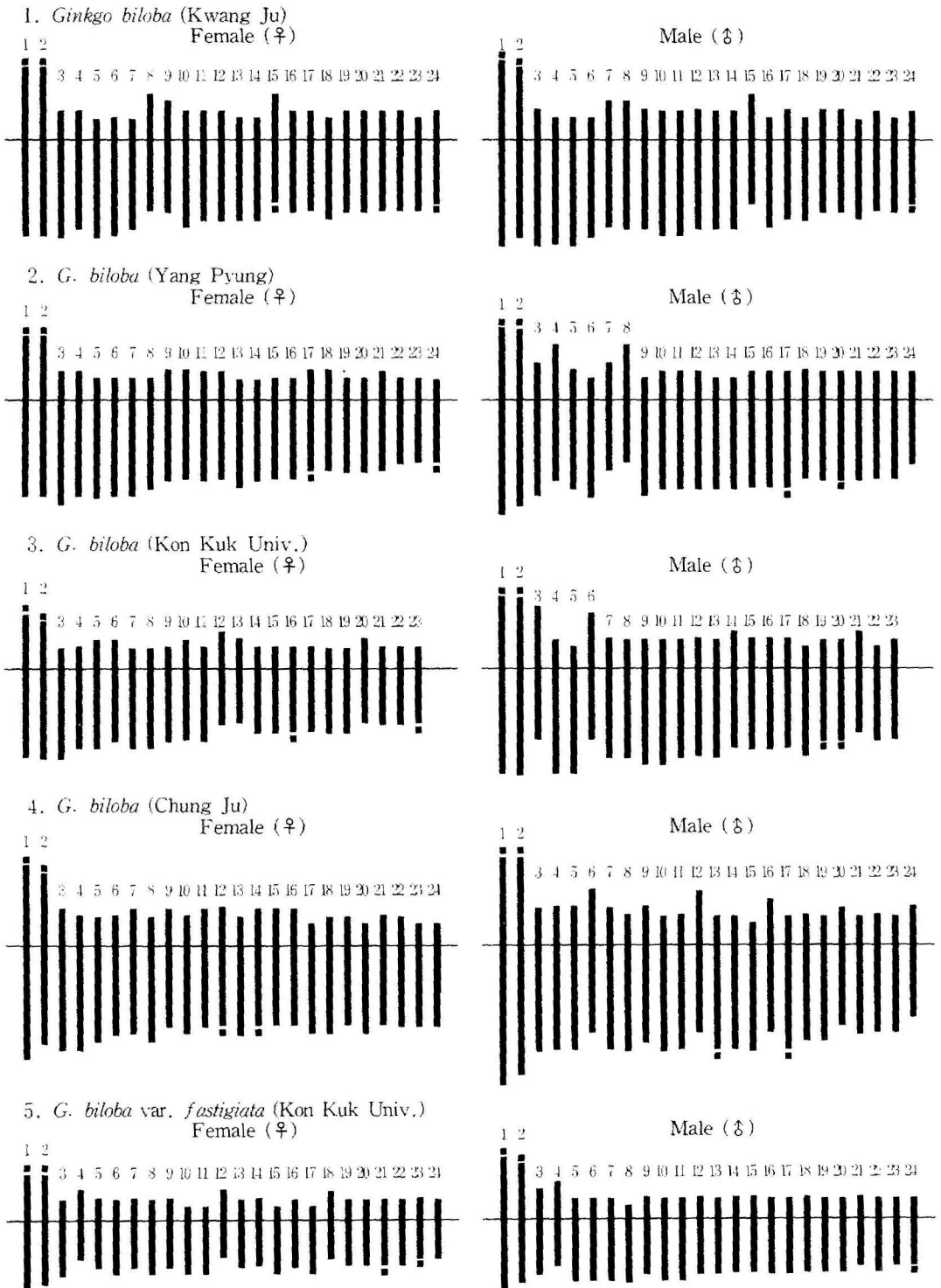


Fig. 4. Comparison of chromosome ideograms in provenances.

다음 Newcomer(1954)가 주장한 第一 根 染色體變의 두 染色體의 크기가 암수는 같고 숫나무는 크기가 다른 異型染色體라고 주장한 것을 檢定하기 위하여 98 sets을 檢討해 보았으나 Newcomer의 主張을 認定하기 어려웠다. 相對的 길이로 表示한 產地別 Idiogram을 Fig. 4에 提示한 것처럼 암나무, 숫나무가 同一한 것과 同一하지 않은 것이 모두 나타나기 때문에 確實한 差異를 認定할 수 없었다. 이러한 差異는 試料調作時, 使用試藥의 濃度, 樹木 個體에 따른 遺傳的特性 等에 따라서 일어날 수 있는 誤差라고 생각된다.

Fig. 4는 5個 產地의 것을 代表的으로 提示한 것이지만 地域에 따라서 다르고 同一 地域에서도 個體에 따라 同一하지 않고, 同一 個體 中에서도 prepartate에 따라 다르다. 故로 Newcomer가 주장했던 第一 根 染色體變이 異型이나 同型이냐를 갖고 암수를 判別하기는 艱難하기 어려운 點이 있다.

위와 같이 암나무, 숫나무의 性染色體 識別의 基準을 Satellite 存在와 第一 根 染色體變의 同型, 異型의 差異로서 이 異型染色體가 性決定에 關與하는 것으로 報告하기는 했지만 研究者들의 研究가 一致하지 않고 多少 다른 結果가 나오는 것은 使用한 材料의 產地가 다르기 때문에 遺傳的으로 다를 수 있고 試料로 使用한 部位가 幼葉 또는 根端(root tip), male 또는 female gametophyte인가에 따라서 結果가 다를 수 있고, 또 研究者들이 使用한 試藥과 方法의 差異에서 오는 誤差, sample數의 不充分 等의 여러 가지 原因이 있다고 생각되므로 根本的으로 새로운 染色體 觀察方法이 開發되어야 하고, 지금까지 使用하는 現在의 試料 處理方法으로는 眞實을 밝히기 어렵다고 생각된다. 따라서 더 正確한 性染色體의 構造를 밝히기 위해서는 DNA 分析을 통해서 性을 決定짓는 遺傳因子가 어디에 있는가, 즉 DNA sequencing, RFLP, RAPD 等의 遺傳工學의 技法을 利用하여 암수 性決定에 關與하는 遺傳因子를 찾아내는 方法들이 開發되어야 될 것으로 思料된다.

參 考 文 獻

1. 李昌福, 1980. 大韓樹木圖鑑, 鄉文社.

2. 佐藤重平, 1980. 性染色體의 進化(第 1), 染色體, 2(20):591-603.

3. 日誌雅博, 田中隆莊, 1979. 裸子植物의 染色體, 遺傳, 33(6):31-37.

4. 岩岐文雄, 1980. サイ토플라змによるイネのウの雌雄性の判別, 農業技術, 35:24-25.

5. 石川光春, 1910. Über die zahl der Chromosomen von *Ginkgo biloba*, 植物學雜誌, 24:225-226.

6. 上原敬三, 1959. 林木大圖說, 有名書房.

7. 砂川徹, 山田卓三, 1989. 杉子葉의 精子, 遺傳, 1:86-87.

8. 金澤林助, 1951. 木本植物의 染色體數表, 染色體, 5-6:249-260.

9. 今野敏雄, 1991. 杉子葉의 話— 品種의 こと, Green Age, 2:24-26.

10. 今野敏雄, 1991. 杉子葉의 話— 雌雄性의 鑑別法, Green Age, 3:25-29.

11. 今野敏雄, 1990. 杉子葉의 話— 類形區分의 こと, Green Age, 11:24-26.

12. Allen, C.E. 1917. A chromosome as correlated with sex differences in *Sphaerocarpos*, Science, 46:466-467.

13. Allen, C.E. 1919. The basis of sex inheritance in *Sphaerocarpos*, Proc. Amer. Phil. Soc. 58:284-316.

14. Carothers, I.E. 1907. Development of ovule and female gametophyte in *Ginkgo biloba*, Bot. Gaz. 43:116-130.

15. Chamberlain, C.J. 1935. Gymnosperms. Structure and evolution, Univ. Chicago. Press.

16. Chamberlain, C.J. 1935. The gymnosperms, Bot. Rev. 1:183-209.

17. Cordiff, I.D. 1906. A study of synopsis and reduction, Bull. Torr. Bot. Club. 33: 271-316.

18. Darlington, C.D. and A.P. Wylie. 1955. Chromosome atlas of flowering plants, George Allen and Unwin Ltd, London.

19. Eichhorn, A. 1928. Sur la mitose somatique et le satellite du *Ginkgo biloba*, Compt. Rend. Soc. Biol. Paris. 99:1787-1788.

20. Herzfeld, S. 1926. Neue Beitrage zur Kenntniss des Befruchtungsvorgnges von *Ginkgo biloba*.

- Oesterr. Bot. Zeits. 7-9: 158-161.
21. Herzfeld, S. 1927. Beitrage zur kenntnis von *Ginkgo*. Jahrb. Wiss. Bot. 62(5):843-844.
 22. Herzfeld, S. 1928. Ueber die kernteilung im proembryo von *Ginkgo biloba*. Jahrb. Wiss. Bot. 69:264-294.
 23. Hirase, S. 1895. Etudes sur la fecondation et l'embryogenie du *Ginkgo biloba*. J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo. 8: .
 24. Hirase, S. 1918. Further studies on the fertilization and embryogeny in *Ginkgo biloba*. Bot. Mag. Tokyo. 379:83-108.
 25. Hirase, S. 1918. Nouvelles recherches sur la fecondation et l'embryogenie du *Ginkgo biloba*. Bot. Mag. Tokyo. 378:139-143.
 26. Ikeno, S. 1901. Contributionn a l'etude de la fecondtion chez le *Ginkgo biloba*. Ann. Sci. Nt. Bot. 13:305-318.
 27. Illick, J.T. 1941. Chromosomes of *Ginkgo biloba* during early development stages of the male gametophyte. Anat. Rec. 81:78-79.
 28. Ishikawa, M. 1910. Ueber die zhal der chromosomen von *Ginkgo biloba*. Bot. Mag. 24(285):225-226.
 29. Ishikawa, M. 1916. The number of chromosomes. Bot. Mag. 30(360): .
 30. Khoshoo, T.N. 1961. Chromosome numbers in Gymnosperms. Sil. Gen. 19:1-9.
 31. Krüssmann, G. 1985. Manual of cultivated conifers. Timber Press.
 32. Lee, C.L. 1954. Sex chromosome in *Ginkgo biloba*. Amer. J. Bot. 41:545-549.
 33. Levan, A.K. Fredga and A.A. Sandberg. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosome. Hereditas. 42:201-220.
 34. Mann, M.C. 1924. Microsporogenesis of *Ginkgo biloba* L. with special reference to the distribution of plastids to cell wall formation. Univ. Calif. Publ. Agr. Sci. 2: 243-248.
 35. McClung, C.E. 1901. Notes on the accessory chromosome. Anat. Anzeiger. 20:220-226.
 36. McClung, C.E. 1902. The accessory chromosome-sex determinant? Biol. Bull. 3:43-84.
 37. Newcomer, E.H. 1954. The karyotype and possible sex chromosome of *Ginkgo biloba*. Amer. J. Bot. 41:542-544.
 38. Pollock, E.G. 1957. The sex chromosomes of the maidenhair tree. J. Heredity. 290-294.
 39. Resende and Rijo. 1948.
 40. Sax, K. and H. J. Sax. 1933. Chromosome number and morphology in the conifer. J. Arn. Arb. 14:356-376.
 41. Shimamura, T. 1928. On the formation of proembryo of *Ginkgo biloba*. Bot. Mag. 494:71-76.
 42. Sinoto. 1928. On the chromosome number and the unequal pair of chromosome in some dioecious plants. Proc. Imp. Acad. 4:175-177.
 43. Tanaka, N., N. Takemasa, and Y. Sinoto. 1952. Karyotype analysis in *Gymnos-permae*. I. Karyotype and chromosome bridge in young leaf meristem of *Ginkgo biloba* L. Cytologia. 17:112-123.
 44. Tanaka, R. and K. Taniguchi. 1975. A banding method for plant chromosomes. Jap. J. Gen. 50:163-167.
 45. Tanaka, R. and M. Hizume. 1980. C bnding treatment for the chromosome of some gymnosperms. Jap. J. Gen. 50:167-170.
 46. Tulecke, W. 1964. A haploid tissue culture from the female gametophyte of *Ginkgo biloba*. Nature(London). 203:94-95.