

倍数性桑樹に関する研究

(IV) 黒桑 (*Morus nigra* L.) の細胞学的並びに形態学的研究*

関 博 夫**・押 金 健 吾**

Hiroo SEKI and Kengo OSHIKANE : Studies in Polyploid Mulberry Trees.
(IV) Cytological and Morphological Studies on *Morus nigra* L.

(1960年9月1日受理)

黒桑は西部アジア地域に自生し、CARL VON LINNE (1753) により楡の色に因んで *Morus nigra* と命名された。この桑は古代から欧州へ移入され、可なり養蚕に用いられたが後世白桑系と置きかえられたと云われている。また小泉 (1917) は桑属の分類において黒桑を第二区無花柱類 (*Macromorus*)、第三亜区柱頭有毛類 (*Pubescentes*) に分属させた。

本種の外部形態は桑属中の毛桑 (*Morus tiliaefolia* MAKINO) 及び楮属 (*Broussonetia*) に類似の点が多い。黒桑に関する文献は本邦においては極めて少なく、ただ小泉 (1917) が本種の外部形態について桑属植物考中に報告し、遠藤 (1933) は桑の来歴について述べ、その中に黒桑の記載があるにすぎない。

本種の染色体数は THOMAS, DARLINGTON 及び LA COUR (1942) により花粉核の染色体を観察して $n=154$, $2n=308$ と決定した。

著者らは倍数性桑樹育成に本種の導入を企図し、1957年レパノンより穂木を移入して繁殖することができた。そこで本種の細胞学的研究の一部を行い、さらに外部形態並びに葉部の組織学的観察を行つた。しかしながら残念なことには本年5月この黒桑は、胴枯病のために枯死したので一応今までに行つた研究の概要を報告する。

本研究を行うに当り、黒桑の移入にご尽力下された蚕糸試験場竹内技官並びに小林運美氏に対し、また本稿のご校閲を賜つた本学部田口亮平教授に対して深甚なる謝意を表する次第である。

実験材料並びに方法

黒桑の繁殖には移入穂木を4月下旬、一年生魯桑実生の砧木に接木を行うとともに、一方植付後5~6年目の桑株に据接を行つた。接木の活着状態は甚だ不良で、幸うじて一年生魯桑実生に接木を行つたもの1個体のみが活着した。そこで本接木苗を鉢植えとして生育させ、これを研究に用いた。

染色体の鏡検には黒桑の穂木より発根した根端を0.002 mol のo-oxyquinolin液(20°C)で2時間40分の前処理を行い、Navashin液で固定してparaffin切片を作り、Heidenhain's iron alum hematoxylin法により染色して鏡検した。また一部は同じく前処理後acetic alcoholにて固定し、feulgen法及びorcein法により標本をつくり観察を行つた。

細胞及び核の体積測定には前記永久標本を用い、根端細胞について60個宛長、短径を測定しその平均値より r を求め、 $\frac{4}{3}\pi r^3$ からその体積の近似値を算出した。なお二、三倍並びに六倍

* 本報告の一部は第30回日本蚕糸学会(1960)において発表した。

** 信州大学繊維学部栽桑学研究室

桑 品 種	同 核			平均値 (同 比)	細胞に對 する核の 割 合
	原 初 皮 層 外 側	内 側	原初中心柱		
3x { 金子	7055.20	4254.00	1511.56	5087.53 \geq m \geq 3174.60*	3569.50 (216)
{ 島の内	5713.93	3650.30	1466.48	4160.60 \geq m \geq 2851.24*	
{ 福島大葉	5750.00	3039.99	1108.71	3875.66 \geq m \geq 2450.37*	
6x { 毛 桑	7374.73	4126.65	2197.47	5283.83 \geq m \geq 3589.66*	4404.23 (267)
22x { 黒 桑	16746.29	11344.56	5125.37	12031.96 \geq m \geq 7554.91*	9793.43 (594)

* 信頼度95%

第2表 二, 三, 六倍性桑樹並びに黒桑(22x)の仁の平均体積(μ^3)

桑 品 種	原初皮層外側	平均値 (同 比)
2x { 改良風返	12.36	14.47 (100)
{ 内田早生	12.89	
{ 水内桑	18.15	
3x { 与 平	41.03	33.14 (229)
{ 市 平	24.20	
{ 多胡早生	34.19	
6x { 毛 桑	58.12	58.12 (402)
22x { 黒 桑	114.14	114.14 (789)

第3表 二, 三, 六倍性桑樹並びに黒桑(22x)の冬芽の大きさ (10芽の平均値)

	2x (一の瀬)	3x (島の内)	6x (毛 桑)	22x (黒 桑)
長 × 巾	17.63 mm^2 (100)	29.08 (168)	38.35 (218)	63.36 (359)
厚 さ	2.14 mm (100)	2.80 (131)	3.00 (140)	4.50 (210)

備考 ()の数字は指数を示す

(2) 黒桑の外部形態並びに葉部組織

本種の形態的記載については小泉(1917), 遠藤(1933)の報告があるが, レバノンよりの移入種について詳述すればつぎの通りである。

この黒桑の外部形態は毛桑(6x)及び桑属の近縁植物である楮属に類似するが(写真1), 一見高度の倍数体の外観をそなえている。すなわち, 葉は心臟形または広卵形で大部分は丸葉であるが裂葉も混在する。葉色は濃緑色を呈し, 葉面は粗澁で裏面に密毛を生じ, 葉縁は鈍歯状鋸歯にして葉頭は漸尖頭である。葉底は深心臟形で葉柄は短かく円柱形を呈し, 上面に葉柄溝がなく全面に毛茸を密生している。樹色は赤褐色にして樹肌は粗糙, 皮目は円形または長楕円形で極めて大きい。葉序は $\frac{1}{2}$ で節間は短い。冬芽(写真2, d)は濃赤褐色を呈し, 大形で肥満した卵円錐形にして一の瀬

(2x) の約2~4倍(第3表)である。芽鱗は大形で芽の先端は条より離れて着生する。

黒桑における外部諸形態のうちでその大きな特徴の一つは冬芽の大きさにある。つぎに葉肉の組織について観察を行い、二、三倍性桑樹並びに毛桑(6x)と比較した。

(i) 葉の厚さ及び組織細胞の大きさ

横断切片についてそれぞれ20個宛上面表皮系、柵状組織、海綿状組織、下面表皮系の厚さ及びそれら組織の細胞150個の大きさを測定した結果(第4表)によれば、黒桑は上、下面表皮系、柵状並びに海綿状組織層が厚く(写真4)、これら組織の各細胞は著しく大きい。すなわち、二、三倍性桑樹並びに毛桑(6x)と黒桑(22x)の比についてみれば上面表皮細胞の長径の場合には100:122:162:182、柵状組織の細胞の大きさは100:142:179:267となり、黒桑は二倍体の約2~3倍、六倍体の約1.5倍である(写真6)。また柵状並びに海綿状組織の細胞間隙は大でその配列は極めて疎く(写真6)、一定面積内の細胞数は著しく減少し両者とも二倍体の約 $\frac{1}{5}$ 程度にすぎない。

第4表 二、三、六倍性桑樹並びに黒桑(22x)の葉の厚さ及び組織細胞の大きさ(平均)

	2x (一の瀬)	3x (新桑一号)	6x (毛桑)	22x (黒桑)	備考
上面表皮系の厚さ	2.3	2.3	2.9	3.2	接眼 micrometer
柵状組織層の厚さ	3.5	4.7	4.9	5.0	1=13.5 μ
海綿状組織層の厚さ	4.3	4.3	4.2	6.3	
下面表皮系の厚さ	0.9	1.0	1.4	1.7	
合計(葉の厚さ)	11.0 (100)	12.3 (112)	13.4 (122)	16.2 (147)	
葉の厚さの母平均の信頼限界	11,280 $\geq m \geq$ 10,720*	12,472 $\geq m \geq$ 12,128*	13,613 $\geq m \geq$ 13,187*	16,495 $\geq m \geq$ 15,905*	
上面表皮細胞長径	7.96 (100)	9.72 (122)	12.88 (162)	14.46 (182)	接眼 micrometer 1=3.33 μ
同母平均の信頼限界	8,639 $\geq m \geq$ 7,281*	10,568 $\geq m \geq$ 8,872*	13,306 $\geq m \geq$ 12,454*	15,242 $\geq m \geq$ 13,672*	
柵状組織細胞長径	2.79 (100)	4.00 (143)	5.00 (179)	7.44 (267)	接眼 micrometer 1=1.38 μ
同母平均の信頼限界	3,002 $\geq m \geq$ 2,578*	4,246 $\geq m \geq$ 3,754*	5,245 $\geq m \geq$ 4,755*	7,765 $\geq m \geq$ 7,115*	
柵状組織細胞の一定面積内数	162 (100)	128 (79)	90 (56)	35 (22)	
海綿状組織細胞の一定面積内数	82 (100)	44 (54)	29 (35)	15 (18)	

備考 ()内の数字は指数を示す。

* 信頼度95%

(ii) 気孔の大きさ

sump法により成熟葉における気孔数150個についてその長さ及び巾を測定し、二、三倍性桑樹並びに毛桑(6x)と比較した(第5表)。

倍数体判定並びにその形質増大に関する指標である気孔の大きさについての測定結果から、黒桑の気孔は桑属における自然並びに人為倍数体にはみられない極大形(写真8)を示した。すなわち、気孔長、巾について二、三、六倍体及び黒桑(22x)との比をみれば、前者の場合

第5表 二、三、六倍性桑樹並びに黒桑(22x)の気孔の大きさ

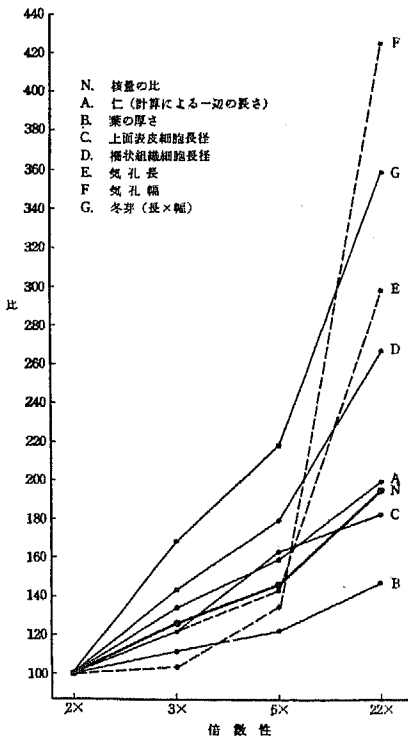
	2x (一の瀬)	3x (新桑一号)	6x (毛桑)	22x (黒桑)
気孔の長さ	5.50 (100)	6.70 (122)	7.94 (144)	16.37 (298)
同母平均の信頼限界上	5,681 ≥ m ≥ 5,319*	6,866 ≥ m ≥ 6,534*	8,156 ≥ m ≥ 7,724*	16,768 ≥ m ≥ 15,972*
気孔の巾	3.71 (100)	3.85 (104)	5.01 (135)	15.8 (426)
同母平均の信頼限界上	3,860 ≥ m ≥ 3,560*	4,000 ≥ m ≥ 3,750*	5,180 ≥ m ≥ 4,840*	16,255 ≥ m ≥ 15,345*
一定面積内気孔数	30 (100)	24 (80)	19 (63)	7 (25)

備考 接眼 micrometer 1=3.33μ ()内の数字は指数を示す * 信頼度 95%

100 : 122 : 144 : 298, 後者では100 : 104 : 135 : 426となり, 黒桑は二倍体の約3~4倍, 六倍体の約2~3倍を示し, とくに気孔の巾は著しく大きい。したがって一定面積内の気孔数は極めて少なく, 二倍体の約 $\frac{1}{4}$ 程度である。倍数体が示す諸形質の増大を測定するには, 気孔の長さを指標とするのが適当であると言う竹中(1947)の考えと併せて興味あるものと思われる。

以上の通り桑属における自然倍数体の形態的諸形質の観察結果より, 染色体量の増加に伴うそれら諸形質との間にいかなる相関関係が成立するかについて考察してみたい。

いま核量(染色体量)が倍加されるとき, 仮りに細胞容積も同じ割合で倍加されるとするならば, 細胞の一边の長さはほぼ $\sqrt[3]{n}$ (n =核量)で表されると仮定して二, 三倍性桑樹及び毛桑(6x)と黒桑(22x)についてこの値を算出し, その比を示せばそれぞれ100 : 125 : 145 : 195となる。また, これを細胞の長さのみならず外部形態並びに組織の大きさ, すなわち第2~5表の数値についても当てはめてみるならば第2図のようになる。桑属の自然倍数体における染色体数の増加と諸形質の増大とは第2図の通り6x(毛桑)まではほぼ平行的であるが, 22x(黒桑)においてはこの関係が乱れる傾向を示している。



第2図 2, 3, 6x及び22xにおける核量と諸形質との関係

染色体量(核量)と細胞容積との関係($\sqrt[3]{n}$)について, これを組織並びに器官の長さに応用した竹中(1947)の結果によれば, 同質倍数体の場合は4xまでは可なりよく平行性を示すが, 異質倍数体においては一般に核量の増大より形質(細胞)の増大が大であると述べ, さらにゲノム累積による形質の増大曲線は同質倍数体においては5x附近が最高であり, 異質倍数体においては5x以上になつても増大し, おそらく10x以上になつても増大することを論じている。

黒桑 ($22x$) における冬芽, 仁, 上面表皮細胞, 柵状組織細胞及び気孔長, 中等の主な形質の増大は第2図の通り他の二, 三, 六倍体に比し顕著で趣きを異にしているように考えられる。なお, この黒桑 ($22x$) の成因について JANAKI AMMAL (1948) は理論上, 現存倍数性桑樹より自然につくり出されたものであり, $2x \cdots \cdots 22x$ の橋がけを演ずるものに *M. cathayana* ($4, 6, 8x$) があるとし, これら相互間における還元, 非還元性配偶子の受精及び体細胞の倍加等により生じたものと推定したが, 實際上疑問の点が少くない。現在この成因については不明であるが, 顕花植物中最高の染色体をもつものが桑属中に存在することは, 桑の細胞遺伝学並びに倍数性桑樹の育種上極めて興味深いものと思われる。

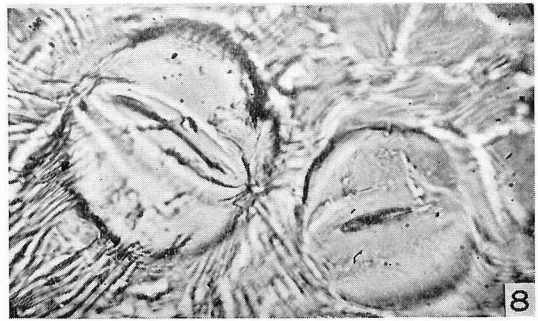
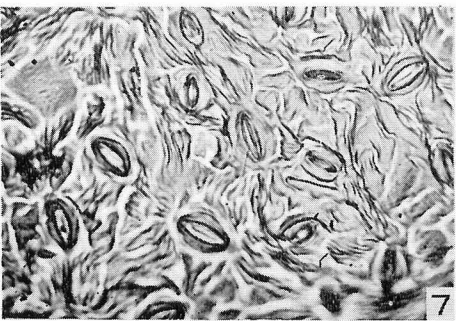
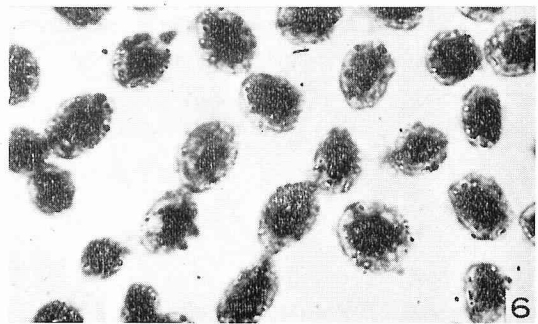
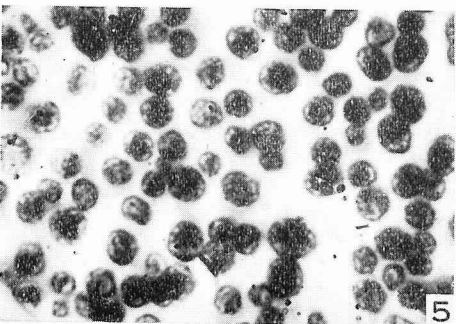
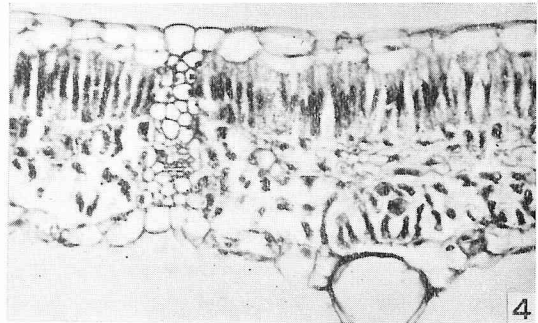
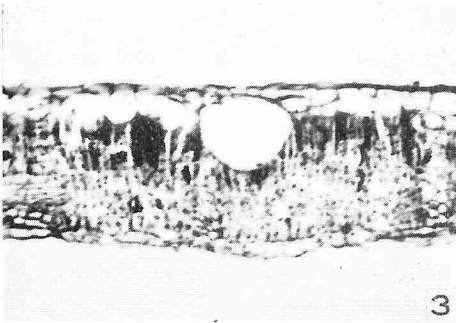
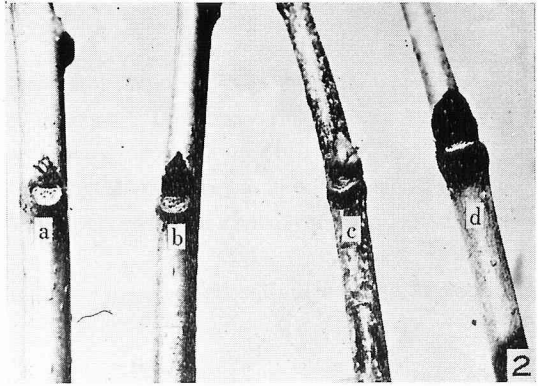
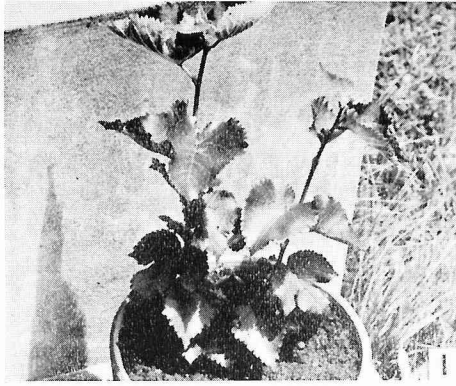
摘 要

西部アジア原産であると言われている黒桑 (*Morus nigra* L.) をレバノンより移入し, その繁殖に成功したので本種の細胞学的並びに形態学的研究を行い, つぎの結果を得た。

- (1) 黒桑の体細胞における染色体数は $2n=308$ で, 14を桑属の基本染色体数とした $22x$ であり THOMAS, DARLINGTON 及び LA COUR (1942) の報告を確認した。
- (2) 体細胞並びにその核の大きさを二, 三, 六倍体 (毛桑) と黒桑で比較すると前者は $100 : 216 : 267 : 594$, 後者は $100 : 198 : 303 : 744$ である。しかし細胞の大きさに対する核の大きさの割合はそれぞれ $0.130, 0.119, 0.147, 0.163$ となり, 大差は認められない。
- (3) 黒桑の外部形態は毛桑 ($6x$) 及び桑属近縁植物の楮属に類似するが, 巨大型で全般的に高度の倍数体の外観をそなえ, とくに冬芽の形状は著しく大きい。
- (4) 葉の組織について自然二, 三及び六倍体と比較した結果, 黒桑は上, 下面表皮系, 柵状並びに海綿状組織層が厚く, これら組織の各細胞は著しく大でかつ極めて疎に配列する。また気孔の長さ及び巾ともに他の桑属倍数体にはみられない極大形を示し, 一定面積内の数は極めて少ない。

文 献

- (1) DARLINGTON, C.D. and LA COUR, L.F.: The handling of chromosomes. London (1950)
- (2) ——— and JANAKI AMMAL, E.K.: Chromosome atlas of cultivated plants. London (1945)
- (3) DE CANDOLLE: 栽培植物の起源 (加茂儀一訳), 改造社 (1941)
- (4) 遠藤保太郎: 農及園, 8 (6~9), 74—105 (1933)
- (5) ———: 実用栽桑講話 (1920)
- (6) 堀田禎吉: 桑, 平凡社 (1950)
- (7) JANAKI AMMAL, E.K.: Jour, Roy, Hort, Soci, LXXIII, Part4, 90~93 (1948)
- (8) 小泉源一: 蚕試報, III, (1) 1—62 (1917)
- (9) 西山市三: 細胞遺伝学研究法, 養賢堂 (1952)
- (10) 大沢一衛: 蚕試報, I, 41~108 (1915)
- (11) 小倉 謙: 植物解剖及び形態学, 第9版, 養賢堂 (1959)
- (12) 関 博夫: 信大繊維紀要, 20, 1~91 (1959)
- (13) ———・押金健吾: 信大繊維報, 7, 5—17 (1957)
- (14) 竹中 要: 農学綜報, 倍数性 (1947)



Summary

Morus nigra L. which is said to be a native of Western Asia was transported from Lebanon and succeeded in its propagation by grafting. Thereupon this species was studied cytologically and morphologically. The results are as follows:

(1) The chromosome number of the somatic cells of *M. nigra* is $2n=308$, and $22x$ as the basic chromosome number of *Morus* is 14. This confirmed the reports of THOMAS, DARLINGTON and LA COUR (1942.)

(2) Concerning somatic cells and their nuclei, *M. nigra* was compared with $2x$, $3x$ and $6x$. It is as follows:

	$2x$	$3x$	$6x$	$22x$
somatic cells	100	: 216	: 267	: 594
nuclei	100	: 198	: 303	: 744

But the ratio of the size of nuclei to that of cells is as follows:

$2x$	$3x$	$6x$	$22x$
0.130,	0.119,	0.147,	0.163

There is no great difference in the ratio.

(3) Concerning the external form of *M. nigra*, it resembles *M. tiliaefolia* and *Broussonetia* which is allied to *Morus*. It is of giant type and generally has the appearance of high polyploid, especially remarkably large in the shape of its winter bud.

(4) Concerning the tissue of leaves, *M. nigra* was compared with $2x$, $3x$ and $6x$. It is very thick in the epidermal system, the palisade parenchyma and spongy parenchyma, the cells of which are all very big and are arranged very roughly. Concerning the size of the stomata, it has such a big size as can not be seen in the other *Morus* polyploids, being very few in a unit area.

(Laboratory of Mulberry-Tree Growing, Faculty of Textile and Sericulture, Shinshu University, Ueda Japan.)

写真説明

1. 黒桑 ($22x$) の外部形態
2. 冬芽の形状
 - a. $2x$ (一の瀬)
 - b. $3x$ (島の内)
 - c. $6x$ (毛桑)
 - d. $22x$ (黒桑)
3. 一の瀬 ($2x$) の葉肉横断面
4. 黒桑 ($22x$) "
5. 一の瀬 ($2x$) の柵状組織細胞断面
6. 黒桑 ($22x$) "
7. 一の瀬 ($2x$) の気孔の形状
8. 黒桑 ($22x$) "