

倍数性に関する研究 : I. エビスグサ(*Cassia Tora* L.)の人為倍数体に就いて

片山, 平
九州大学農学部植物育種学

<https://doi.org/10.15017/21291>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 14 (2), pp.217-226, 1953-09. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :



倍数性に関する研究

I. エビスグサ (*Cassia Tora* L.) の人為倍数体に就いて*

片 山 平

Studies on the polyploid

I. Autotetraploid wild senna (*Cassia Tora* L.) induced by the colchicine methods

Taira Katayama

コルヒチン処理による倍数体育成が Blakeslee & Avery (1937) の両氏によつて発表されて以来、多数の植物を材料として、多くの研究者達により、人為倍数体の育成が続けられてきた。豇科植物に於ても、最近3ヶ年間に、8属12種29例についての報告がなされた(西山及び松林, 1947)。

一般に倍数性植物は形態的变化は勿論、生理生態的变化によつて、生育、含有成分、稈性及び抵抗性等が、その原種と可成異ることが屢々報告されている。

筆者は、たまたま *Cassia* 属の若干の種について栽培する機会をもつたので、その含有成分の変化をしらべるために、1949年エビスグサの人為倍数体の育成を試みた。ここにその育成経過と形態的及び細胞学的諸特性について述べる。

I. 材料及び方法

材料としては1946年以来、九大農学部実験農場に継続栽培されてきたものを用い、処理は0.2及び0.4%コルヒチン溶液を1日1回所定の日数だけ芽生に滴下する方法によつた(Table 1)。

花粉母細胞の細胞学的観察は、カルノア液で固定し、アセトカーミンの“なすりつけ法”によつた。根端細胞は0.75% 抱水クロラール液で前処理し、アセトカーミン染色による根端おしつぶし法を用いた。

II. 育成経過

処理当代の倍数個体の判定は、専ら気孔及び花粉粒の大きさの測定によつた。二倍体エビスグサの気孔の孔辺細胞の長径は大体 26μ 位であるのに対し、四倍体は略 35μ に達し、両者は明かに区別された。又花粉粒は前者の場合、殆んどその大きさは均一であるが、後者の花粉は大小不定で、一般に大形のものが多い。

気孔及び花粉粒の大きさより四倍体として推定された39個体について次代検定を行つた結

* 本研究の一部は第23回日本遺伝学会に於て発表した。

果, 倍化個体 33, キメラ 4 及び二倍体 2 個体を決定した (Table 1).

Table 1. Frequency of tetraploid wild senna induced with colchicine treatment.

Culture No. in 1949	Culture No. in 1948	Colchicine treatment			No. of plants matured	No. of tetraploids
		Concent.	Times	No. of seedlings		
C — 1	E 13— 1	0	0*	10	7	0
— 2	"	0.2%	1	7	6	3
— 3	"	"	4	10	4	0
— 4	"	"	5	14	2	1
— 5	"	0.4%	3	12	5	0
— 6	E 25—12	0	0	8	8	0
— 7	"	0.2%	1	8	5	1
— 8	"	"	3	16	16	6(1)**
— 9	"	"	5	15	11	9(3)**
—10	"	0.4%	2	16	15	7
—11	E 26— 5	0.2%	3	13	9	5
—12	"	"	5	14	14	4
—13	"	0.4%	3	7	5	1
Total	—	—	—	150	107	37(4)

Note: * shows to be treated with colchicine solution one time a day.

** shows the number of chimera plants.

III. 外 部 形 態

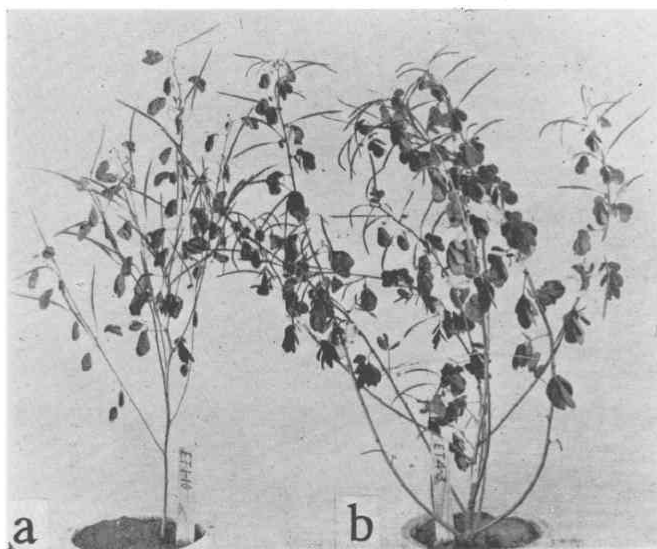


Fig. 1. Morphological character of *Cassia Tora* L.

a : Diploid. b : Tetraploid.

Table 2. Morphological characters of diploid and tetraploid wild senna.

	Stem height (cm.)	Leaf-let (W/L)			Vexillum (W/L)	Stomata	
		1 st	2 nd	3 rd		Length*	No. per visual field
Diploid observed %	107.00 100	0.703±0.144 100	0.649±0.199 100	0.608±0.148 100	0.789 100	7.89±0.792 100	16.7±1.458 100
Tetraploid observed %	123.75 115.7	0.882±0.272 125.4	0.732±0.245 112.8	0.665±0.298 109.4	0.873 110.6	10.70±0.867 135.6	8.5±0.809 50.9

Note : * One unit = 3.3 μ . W = Width; L = Length.

四倍体の発芽は二倍体のそれに比して殆んど差は見られないが、初期の生育は稍々緩慢である。葉の長さ及び巾は倍数体が二倍体よりも甚だしく優り (Fig. 2), 且つ長巾率 (W/L) も各小葉共前者が大である。旗瓣も又同様であつた (Table 2). これは倍化個体に於ては、長さよりも巾の増加率が幾分大であつたことを示している。更に葉の気孔の孔辺細胞の長さは Table 2 に示す様に、倍数体の表徴として役

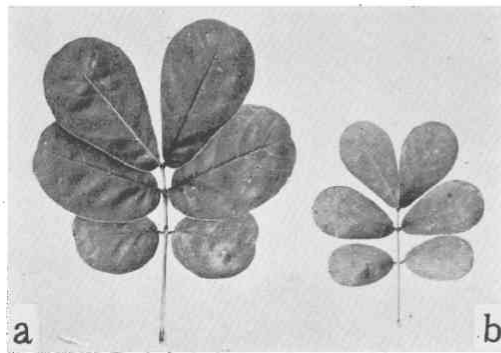


Fig. 2. Size of leaves.
a : Tetraploid. b : Diploid.

立つ程度に相違が見られた。即ちその比率は二倍体の 100 に対し 四倍植物では 135 となり、之に反して一視野当り気孔数は後者は前者の約 50 % に減じた。

上述の如く、四倍体エビスグサの形態的諸特性は、従来報告された一般倍数植物の場合と大同小異で、所謂ギガス型となる。

IV. 開花迄の日数

四倍体の生育遅延程度を知るために、最初の花が開いた日をその個体の開花日として、二倍体 28, 四倍体 40 個体につき開花日を調査した。すでに述べた如く、四倍体の初期の生育は稍々緩慢であるが、次第に二倍体よりも旺盛な發育をなし、開花期は著しく遅延される。即ち二倍体は下種後約 2 ヶ月で開花を始め、約 1 週間で全個体の開花を終了した (平均開花迄の日数は 61.25 日) のに対し、四倍体 6 系統 40 個体は前者より更に 1 ヶ月遅れて、漸く開花を開始し、全個体の開花終了に 1 ヶ月の長きを要した (平均開花迄の日数は 97.68 日), 又各個体の開花状況を見るに、二倍体は 8 月中旬には大体開花を終了したのに対し、四倍体の方は降霜期迄開花を続けた。

V. 花粉及び稔性

一般に倍数植物の花粉粒は二倍体のそれに比べて大型であり、且つ稔性は低下するのが普通である。

Table 3. Size distribution and fertility of pollen grains in diploid and tetraploid wild senna.

Units	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	Total	$\bar{x}$	s^2	Pollen fertilities
E 1-5 (2n)	3	104	187	6	—	—	—	—	300	4.08	0.051	88.95%
ET 6-7 (4n)	—	—	20	83	157	36	4	—	300	5.12	0.142	85.79
" 5-13(4n)	—	—	16	71	161	45	7	—	300	5.18	0.148	81.78

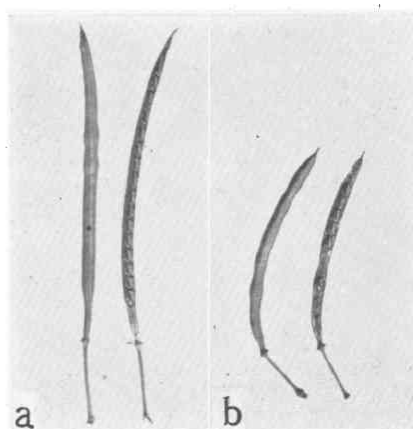


Fig. 3. Pods.

a : of diploid. b : of tetraploid.

エビスグサの場合も同様で、四倍体の花粉粒の直径は、二倍体のものに比べて明かに大きい。即ち、後者の平均値は 4.08 ± 0.226 で、前者は 5.12 ± 0.376 及び 5.18 ± 0.384 となり、四倍体が約 25% の増大を示した (Table 3) [Cochran & Cox (1950) の法により検定し、二倍体と四倍体との花粉粒の大きさの間に有意の差を認めた(1%)]。又二倍体の花粉粒は、その大きさ略 均一を示すのに対して四倍体の方は大小不同で変異の巾がやや大きい。

アセトカーミンによつて濃染される花粉粒を正常花粉と見做して算定した花粉稔性は、個体により不定で、大体に於て二倍体

よりも稍 劣る程度であるが (Table 3), 莢当り結実粒数は著しい低下を示した。

VI. 細胞学的観察

体 細 胞



Fig. 4. Somatic chromosomes (ca. $\times 1300$).

a : of diploid ($2n=26$),

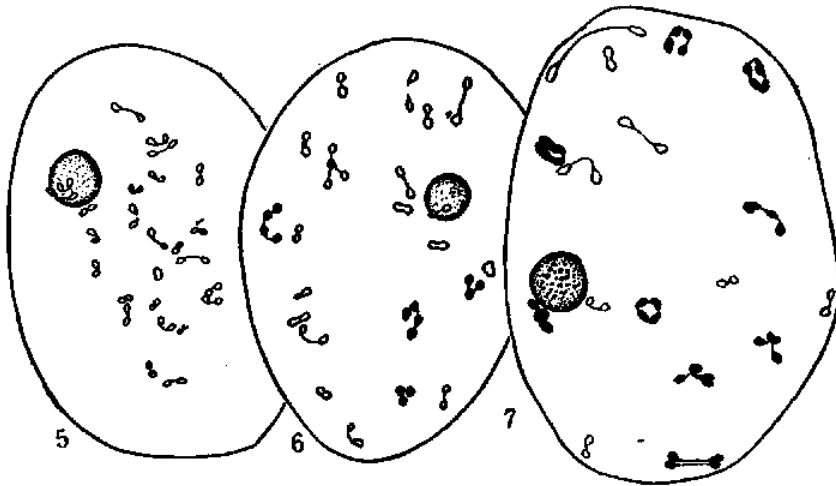
b : of tetraploid ($2n=52$).

エビスグサには $2n=26$ (Datta, 1933) のものと、 $2n=28$ (Jacob, 1940) のものとが報告されている。本実験に用いた材料は、既に報告した如く (片山, 1953) $2n=26$ のもので、その四倍個体の根端では明かに $2n=52$ を数えた (Fig. 4)。

花粉母細胞

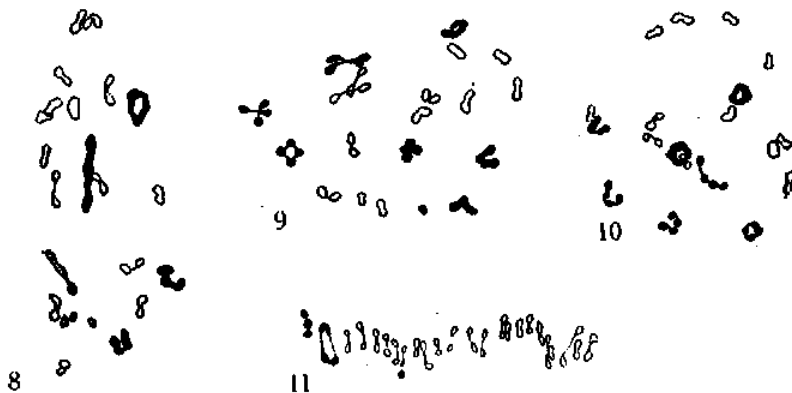
二倍体の減数分裂は正常で、移動期及び第一分裂中期核板には明かに 13 本の二価染色体が、同後期に両極に移行する各 13 本の一価染色体が、又第二回分裂中期に同数の一価が数えられた。

同質四倍性エビスグサでは、移動期及び中期に二価染色体の外に、若干の四価、一価、時に三価染色体が観察された。Figs. 5~7 は移動期に於ける染色体の対合状況を、又 Figs. 8~11 は中期に相当する核板を示したもので、夫々四価染色体の形態と数の相違が見られる。四価染色体の出現頻度を一括して Table 4 とした。個体間に多少の相違は見られるが、移動期に於ける四価染色体数は平均 2.17 ± 1.41 (ET. 5—13) と 3.27 ± 1.89 (ET.



Figs. 5—7. Diakinesis of tetraploid wild senna (ca. $\times 1300$).

5 : 26_{II} , 6 : $2_{IV} + 2_{III} + 19_{II}$, 7 : $9_{IV} + 8_{II}$.



Figs. 8—11. M—I of tetraploid wild senna (ca. $\times 1300$).

8 : $4_{IV} + 1_{III} + 15_{II} + 3_{I}$, 9 : $7_{IV} + 12_{II}$, 10 : $7_{IV} + 12_{II}$, 11 : $1_{IV} + 1_{III} + 22_{II} + 1_{I}$.

Table 4. Frequency of tetravalents in tetraploid wild senna.

	Number of tetravalents										Total	$\bar{x}$	s^2
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
ET 5-13													
Dia.	16	16	30	19	15	4	1	—	—	—	101	2.17	1.998
%	15.8	15.8	29.7	18.8	14.9	4.0	1				100		
M-I	31	10	7	7	1	—	—	2	1	1	60	1.33	4.617
%	51.7	19.7	11.7	11.7	1.7	—	—	3.3	1.7	1.7	100.2		
ET 6-7													
Dia.	5	16	26	33	17	11	9	5	3	1	126	3.27	3.587
%	4.1	12.7	20.6	26.2	13.5	8.7	7.1	4.0	2.4	0.8	100.1		
M-I	13	11	13	11	11	7	3	5	2	1	77	2.95	5.256
%	16.9	14.3	16.9	14.3	14.3	9.1	3.9	6.5	2.6	1.3	100.1		

6—7) とであり、中期では前者は 1.33 ± 2.15 、後者は 2.95 ± 2.29 となり、何れも移動期から中期に進むに従い、四価染色体が若干宛減少を示した。移動期と中期との四価染色体の出現頻度の差は Cochran & Cox (1950) の近似法によつて検定した。その結果 ET 5—13 では有意の差を認めた (1%) が、ET 6—7 では有意の差があるとは云えなかつた (5%)。

又移動期、中期に観察された四価染色体の形態を大体環状型、X字型、連鎖型及び其の他に大別して、夫等の頻度を調べて Table 5 とした。環状型の出現頻度が最も多くて

Table 5. Frequency of various shapes of tetravalents in tetraploid wild senna.

	Ring-types	X-types	Chain-types	Others	Total
ET 5-13 observed	54	31	19	8	112
%	48.21	27.68	16.96	7.14	99.99
ET 6-7 observed	39	31	24	5	99
%	39.39	31.31	24.24	5.05	99.99

48.21 (ET.5—3) 及び 39.39% (ET.6—7), X字型が 27.68 と 31.31%, 連鎖型は 16.96 と 24.24% を、更に其の他 7.14 及び 5.05% の割合で観察された。

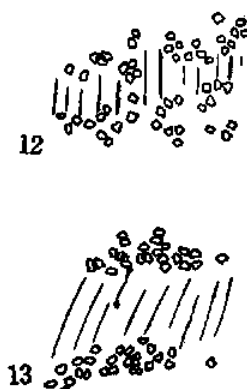
一般に一価染色体の出現は、その後の分裂異常の主因となるものであり、特にその数と分裂異常とは平行的関係にある。Table 6 は減数分裂の中期核板に於て数えられた一価染

Table 6. Frequency of univalents in tetraploid wild senna (M—I).

	Number of univalents					Total
	0	1	2	3	4	
ET 5-13	71	24	5	—	—	100
ET 6-7	74	19	5	1	1	100

色体の頻度を表示したもので、約 30% の核板に於て一価染色体が見られた。

後期に於ては、観察された花粉母細胞の約 27% に 1 乃至 2 個、稀に 4 個の遅滞染色体が数えられた。それ等の多くは縦裂したまま相接近して何れかの極へ移行するものの如く (Fig. 13) であつたが、この外に夫々反対の極へ、或は縦裂を示さずに何れかの極へ向う



Figs. 12-13. A-I of tetraploid wild senna (ca. $\times 1300$).
12: normal distribution (26-26) 13: abnormal distribution having laggards.

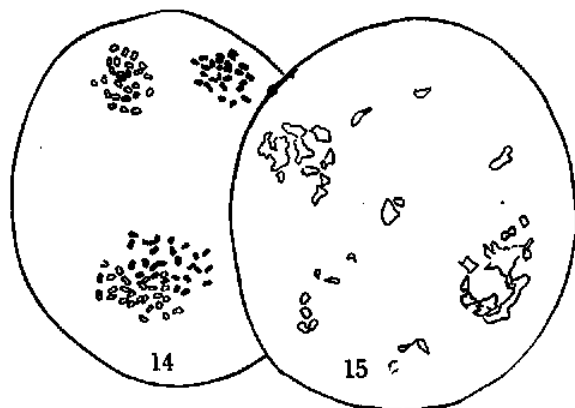


Fig. 14. A-II showing normal distribution.

Fig. 15. Abnormal PMCs having lots of laggards (ca. $\times 1300$).

Table 7. Chromosome numbers at M-II of tetraploid wild senna.

	Number of chromosomes								Total
	22	23	24	25	26	27	28	29	
ET 5-13 observed	4	3	6	14	61	3	2	1	94
%	4.26	3.19	6.38	14.89	64.89	3.19	2.13	1.06	99.99
ET 6-7 observed	—	4	4	15	79	13	3	—	118
%	—	3.39	3.39	12.71	66.95	11.02	2.54	—	100.00

もの、更に娘核外にとり残されたもの等があつた。

第二分裂中期で、ET. 5-13は 22-29個の、ET. 6-7では 23-28個の染色体が夫々数えられた。それらの中、頻度の高いのは両個体共染色体数 26 の場合で、之は略 3 観察数の 65% に相当した (Table 7)。Fig. 14は 第 2 回分裂後期の等分離を示したものであるが、この時期にも若干の遅滞染色体が観察された場合があつた。

この外に観られた分裂の異常として退行現象、染色体橋、多分子形成等があつた。斯くして種々の程度の退化花粉が形成された。

VII. 考 察

同一ゲノムの倍加は、その植物の形態的増大をもたらすことは、既に広く認められてい

る [*Oenothera* (Gates & Goodwin, 1930), *Oryza* (真島, 1940), etc.]. 然し一方, 四倍性の植物の器官が二倍性のものよりも小形であるという場合も知られている [*Oryza* (真島, 1940), *Nicotiana* (野口, 岡, 1943), etc.]. 同質四倍性エビスグサでは諸種の器官で形態的拡大が見られた。即ち, 今二倍体を 100 とした場合の各器官の長さの増大率は, 夫々, 第 1 小葉 131, 第 2 小葉 149, 第 3 小葉 155, 旗鱗 146 及び気孔 136 % となつた。同質四倍体に於ける之等諸器官の増大は, 既に Müntzing (1936) も指摘した様に細胞の増大によるものと考えられる。

更に, 同質倍数植物に於ては, その形態的増大に伴つて, 種々の程度の生育の遅延を来すことも一般に認められている [*Allium* (Levan, 1936), みの四倍大根 (西山, 1947) etc.]. 四倍性エビスグサは二倍性個体に比して, 約 1 ヶ月遅れて開花期に入り, 全個体の開花終了には約 1 ヶ月の長期間を要した。

一般に同質四倍体は, 第一分裂の移動期より中期に亘り四価染色体の外に二価, 時に三価及び一価染色体を形成する。而して, 四価染色体の出現頻度は植物によつて大いに異なり, 又同一植物では分裂の時期によつて不定である。一般にその頻度は移動期に高く, 中期に低いのが普通であるが, 又反対の場合も知られている (Morinaga & Fukushima, 1937; Cua, 1950)。同質四倍性エビスグサでは, Table 4 に見られる様に, 四価染色体の頻度は, 個体により相違はあるが, 移動期に於ける平均は, 夫々, 2.17 ± 1.41 及び 3.27 ± 1.89 であり, 中期には夫々平均 1.33 ± 2.15 及び 2.95 ± 2.29 となつた。即ち移動期から中期に進むに従い四価染色体の数は若干減少したことを示している。

中期に於て四価染色体が示す形状は, 染色体が長大となりキアズマの数が増加するに従つて複雑となるのを常とする。同質四倍性エビスグサの移動期, 中期に於ては Table 5 に示す様に環状型, X字型, 連鎖型及び其の他の形状をした四価染色体が, 夫々, 48 (ET. 5-13) 及び 40 % (ET. 6-7), 28 及び 31 %, 17 及び 24 %, 7 及び 5 % の割合に観察された。之等の型は, 何れも, Darlington (1931) が末端キアズマを有する場合に生ずると考えた四価染色体の諸型の中に見出されるものであり, 又エビスグサの染色体の短小である事実とから, 同質四倍性エビスグサに見られる上記の諸型は末端キアズマにより生じたものと推定される。

第一分裂中期に形成される多価及び一価染色体は, 当然, 後期に於ける種々の異常, 例えば, 不平等分離, 不分離, 遲滞染色体及び消失等を期待し得る。Table 6 は同質四倍性エビスグサの第一分裂中期に於ける一価染色体の出現頻度を, 又 Table 7 は第二分裂中期の核板に並んだ染色体数を示したものである。Table 7 に見られる染色体極分離の異常は, 第一分裂中期に見られる一価染色体の出現頻度に比して可成高い。これは多価染色体の異常分離が起るためと推定される。その他に観られた異常としては, 遲滞染色体, 退行現象及び多分孢子形成等があつた。

人為倍数体の稔実性に関してなされた今日迄の報告の大部分で, その低下が報ぜられ, 一般に悲観的結果が得られている [*Oryza* (Cua, 1950); ストック其他 (斎藤, 1950); マツバボタン (中島, 1949)]。斯様な同質四倍体の稔性低下の原因としては, 成熟分裂に於て, 一価及び多価染色体の異常行動による異数的配偶子の形成, 及び夫等の生活機能の減退,

更に倍數化に伴う特殊の細胞生理學的原因に起因すると想像されている。一方小野 (1949) は大麥の、又田中 (1950) は茄子の人為同質四倍體で稔實性の累年向上を認め、特に前者の場合、粒大を加味すれば二倍性大麥の収量に劣らない系統を作出している。同質四倍性エビスグサでは、アセトカーミン染色で示された花粉粒の稔性は可成良好であるにも拘らず、莢当り結實粒数は甚だ少く、僅かに2~3粒にすぎなかつた。

本研究遂行に當り、種々懇篤な指導と校閲の勞をとられた永松助教授に対し、厚く感謝の意を表する。

引用文 献

- 1) Blakeslee, A. F. & Avery, A. G. 1937. Methods of inducing chromosome doubling in plant by treatment with colchicine. *Science*, 86:408.
- 2) Cochran, W. G. & Cox, G. M. 1950. *Experimental Design*.
- 3) Cua, L. D. 1950. Artificial polyploidy in the *Oryzae*. I. *Seiken Zihō*, 4: 54.
- 4) Darlington, C. D. 1931. Meiosis in diploid and tetraploid *Primula sinensis*. *J. Genet.*, 24: 65.
- 5) Datta, S. 1933. *J. Ind. Bot. Soc.*, 12: 131.*
- 6) Gates, R. R. & Goodwin, K. M. 1930. A new haploid *Oenothera* with some considerations on haploidy in plants and animals. *J. Genet.*, 23: 123.
- 7) Jacob, K. T. 1940. *Ann. Bot.*, 4: 201.*
- 8) Levan, A. 1936. Zytologische Studien an *Allium Schönoprosoum*. *Hereditas*, 22: 1.
- 9) Müntzing, A. 1936. The evolutionary significance of autopolyploidy. *Hereditas*, 21: 263.
- 10) 真島勇雄, 1940. ネトラブロイド種に関する二、三の觀察. *遺伝雑誌*, 16: 190.
- 11) Morinaga, T. & Fukushima, E. 1937. Cyto-genetical studies on *Oryza sativa* L. III. *Jap. J. Bot.*, 7: 207.
- 12) 中島晋一, 1949. コルヒチン処理によつて得たマツバボタンの倍數體. *染色体*, 5~6: 239.
- 13) 西山市三, 1947. 人為倍數植物の研究. 第8報. *生研時報*, 3: 104.
- 14) 西山市三, 松林元一, 1947. 人為倍數植物育成の近況. *生研時報*, 3: 152.
- 15) 野口彌吉, 岡 英人, 1943. 煙草屬植物に於ける倍數性の育種的意義. *育種研究*, 2: 123.
- 16) 小野和夫, 1949. 倍數性大麥の研究. *遺伝學論文集*, 別巻2号: 75.
- 17) 齊藤 浩, 1950. 人為倍數性花卉の育種的意義. *育種研究*, 4: 117.
- 18) 片山 平, 1953. 原子爆彈に依り誘發されたエビスグサ (*Cassia Tora* L.) の不稔現象について. III. *九大農学部學藝雜誌*, 14: 205--215.
- 19) 田中正武, 1950. 茄子の人為倍數體の研究. I. *生研時報*, 4: 59.

* 原著は見えていない。

R é s u m é

1) The growing points of 107 young seedlings of wild senna were treated with 0, 0.2 and 0.4 % colchicine solution in 1949. By those treatments 33 autotetraploid plants and 3 diploid-tetraploid chimera plants were obtained.

2) The tetraploid plant increased more in size of various parts than the diploid one did. The lengths of 1st leaflet, 2nd leaflet, 3rd leaflet, stipule, nectary, vexillum and guard cell of the tetraploid plant increased respectively by 31, 49, 55, 52, 50, 46, and 35.7 % over those of the diploid one. On the other hand, the number of the stomatas of the tetraploid plant decreased to be about 50.9 % of that of the diploid one.

3) The autotetraploid plant bloomed much later than the diploid one. The diploid plant began to bloom two months after the sowing and lasted one week, while the tetraploid plant started three months after the sowing, lasting one month.

4) The percentage of normal pollen grains was 88.95 for the diploid plant and 81.78 to 85.79 for the tetraploid one. Average number of seeds per pod was about 13 to 14 for the diploid plant and only 2.9 to 6.6 for the tetraploid one.

5) The somatic chromosome number of the diploid plant used is $2n=26$, that of the tetraploid one $2n=52$.

6) It was shown that the frequency of tetravalents in the PMCs of the two tetraploid plants, ET 5-13 and ET 6-7, decreased from 2.17 ± 1.41 and 3.27 ± 1.89 respectively at diakinesis to 1.33 ± 2.15 and 2.95 ± 2.29 respectively at M-I.

7) At diakinesis, tetravalents were observed in the shape of either ring, X, chain or others. In one individual (ET5-13) those shapes occurred in frequency of 48, 28, 17 and 7 %, and the other (ET6-7) of 39, 31, 24 and 5 % respectively.

Plant-Breeding Laboratory, Kyushu University, Fukuoka.