

薄荷の育種学的研究 第4報

オランダハツカ及びこれと日本薄荷との F₁ の細胞遺伝学的研究*

池田長守・宇渡清六

Studies of Mint Breeding IV

Cytogenetical studies on *Mentha spicata* L. var. *crispa* BENTH. and the F₁ hybrids which involve *M. spicata* L. var. *crispa* BENTH. and *M. arvensis* L. var. *piperascens* MAL.

Nagamori IKEDA and Seiroku UDO

Mentha spicata L. var. *crispa* BENTH. is now wildly spread in Japan, but it is said to have been introduced into this country from Europe about one hundred years ago. *Mentha arvensis* L. var. *piperascens* MAL. (Japanese mint) is cultivated in Japan and China, and its home is supposed to be the Far East. In this paper, the authors tried to guess the phylogenetic relationships between them by means of the F₁ hybrids raised, as one of the fundamental studies of mint breeding.

Five lines of F₁ hybrids were raised in 1954. They were all vigorous growers and did not differ in the reciprocal crosses. Among the F₁ characters, such as inflorescence shape, leaf shape, habit of runner, flavour of the essential oil in the leaf etc., some were intermediate, others patroclinous or matroclinous, but as to the quantitative characters, such as plant height, date of flowering, size of leaf, colour of flower etc., F₁ lines varied one another.

Anthers in 4 F₁ lines became atrophied and in one F₁ line [92] about 73% of anthers were completely developed. But no fertile pollen was found in the pollensac in any of the F₁ lines. Fertility of each F₁ was nearly zero either by open pollination or by backcross to parents. About 4100 flowers were tested and only 12 seeds were obtained, 10 of them being the ones set on the [92] line.

As the authors previously reported, 48n chromosomes are found at MI of the reduction divisions of the Japanese mint, and all the processes of the reduction divisions proceed regularly.

In *M. spicata* var. *crispa*, the heterotypic and the homotypic divisions of PMC's proceeded regularly, and 24n and 24i chromosomes were observed in the MI and MII respectively. In AII, however, chromosomes were distributed irregularly and normal tetrads occurred only in 49% of the case observed. This is the reason why the fertility of this species are low. Because of the irregularity of the reduction division

* 本研究の要旨は昭和29年11月、日本育種学会第7回講演会において発表。

in PMC's, it is supposed that the formation of this species has been recent and interspecific crosses have occurred in the course of the species formation, and this species does not yet attain to the stable equilibrium.

The number of chromosomes of each F_1 was found to be 72 when examined in root-tip cells. Reduction divisions of PMC's were observed in the line [92]. At MI 3~10 bivalent chromosomes were found, the mode being 6. Other chromosomes were all univalent. Pollen-tetrads degenerated thoroughly. Consequently the authors suppose that the parental two species of *Mentha* are far off phylogenetically each other.

1. 緒 言

日本薄荷はわが国各地で薄荷腦を採る目的で栽培される。中華人民共和国においても南京、上海間の楊子江沿岸に集団栽培地がある。歐洲産の *arvensis* の染色体数が $2n=72^3$ 、⁹⁾ であるのと異り、日本薄荷のそれは $2n=96^4$ であつて、系統を異にし、極東原産と考えられる。オランダハツカもわが国諸地の水辺、湿地に自生しており、 $2n=54$ の系統と、 $2n=48$ の系統とがある⁵⁾。本実験の交雑親は後者である。オランダハツカは徳川末期の文献^{6, 7)}によると、その頃舶来したものである。白井光太郎(1929)¹⁰⁾は「南欧及カナリヤ島に自生す」とするが、HEGI等(1914)²⁾や BENTHAM (1865)¹⁾は本種を記載していない。従つて原産地は歐洲と想像されるが詳でない。筆者等は薄荷育種の基礎として、種間の類縁関係を知り、又育種素材育成の目的をもつて、研究を行っているが、茲には上記両種の種間雑種 F_1 の、形態的、生理的諸特性並びに核学的観察の結果から、両種間の類縁関係を推定し、又両親の一方オランダハツカの PMC の成熟分裂の観察結果を報告する。

本文に入るに先立ち、実験結果について批判、御教示をいただいた京都大学農学部香川冬夫教授、核学的観察その他に就いて有益な助言を賜つた岡山大学理学部大倉永治教授、又実験資料を供与された農林省農業技術研究所西村米八技官に対して深甚の謝意を表す。尙研究費の一部は文部省の科学研究助成補助金によることを感謝をもつて附記する。

II. 実験材料及び方法

本実験の交雑親は、西村技官が旧農林省倉敷農事改良実験所(現在岡山県立農業試験場倉敷分場)より取寄せたものである。交雑は昭和26(1951)年の夏、西村氏によつて鴻巣において行われ、種間雑種 F_1 の5系統がその両親と共に昭和28(1953)年筆者等の研究室へ譲渡された。両親の起原及びその F_1 との関係は次の如くである。

- | | |
|----------------|--|
| [4] * | 交雑親, オランダハツカ |
| [87] [88] [89] | F_1 [95] × [4] |
| [91] [92] | F_1 [4] × [93] |
| [93] | 交雑親, 日本薄荷 品種「赤茎」の自殖実生 |
| [95] | 交雑親, 日本薄荷 品種間雑種(白花×青茎)の F_1 , 本系は昭和27年枯死 |

脚註. 文献(7)には次の如く記述されている。「天保10年の頃、阿蘭陀種の薄荷舶来す。形容尋常の者に似て、肥大にして葉に皺文多し。その氣甚猛烈にして悪臭を帯ぶ。葉に蒂なくして直に茎に対生す。尋常の薄荷の葉蒂五六分なるに異なり。移し栽て繁茂し易し。故に今諸処に多し。」と。併し文献(3)に至つて初めてオランダハツカの名称を用う。又文献(10)には本種の来歴として「南欧及カナリヤ島に自生す。日本へは文政年中、宇田川玄真、大槻文沢の建言により和蘭陀より盆栽を取寄せて移植せしより此物あり」とあり。

* [] 内の番号は本研究室登録系統番号

体細胞染色体の観察には前報⁵⁾に示した根端押つぶし法を用い、花粉母細胞では生の材料及びクロロホルムを含まないカルノア液で固定保存した材料を醋酸カーミンで染色、なすりつけ法を用いて観察した。

Ⅲ. 観察結果及び考察

(1) 營養器官の外部形態

F₁の外観は何れを父とし或は母としても変りなく、凡そ両親の間であつた。即ち、オランダハツカの葉は明るい黄緑色で、葉脈深く、皺多く、葉縁が波状に波打っているが、日本薄荷の葉は灰色がかつた緑色を呈し、皺無く平坦である。F₁は葉の色、皺の量は中間、葉縁は波打つておらず、外観は日本薄荷に近い。葉基、葉柄はオランダハツカでは心脚、無柄、日本薄荷では鋭脚、有柄、F₁はその中間で円脚、短柄である。日本薄荷の花序は輪繖花序で、花房が茎の半ば以上の部分の葉腋から腋出しており(第1図)、オランダハツカでは、あまり長くない、花の密生した、円柱状の穂状花序が、梢頭、枝端に頂生している(第2図)。F₁では下部の花房は葉腋から腋出しているが、その葉は梢頭に進むに従つて短小となり、遂に線状の苞となつて梢頭は穂状に終り、花序の形態は中間型をとる(第3, 4図)。併し詳細に観察するとF₁系統同志の間にも形質の相違が見られる。例えば毛の量(日本薄荷は微毛が密生している。オランダハツカは無毛)はF₁の系統によつて両親間の種々の段階を示す。葉の大きさも系統間の変異が著しい。茎の花青素による着色は、父本日本薄荷〔93〕、母本オランダハツカ〔4〕は共に濃いだが、そのF₁〔91〕〔92〕は殆んど着色していない。然るに逆交雑のF₁〔87〕〔88〕〔89〕は地際から先端まで濃色に着色している。この母本〔95〕の両親品種なる白花、青茎ともにアントキアンによる着色は殆んどない。これには複雑な遺伝子関係が想像される。花色は〔93〕は淡紫色、〔4〕は白色、F₁の中〔91〕〔92〕はその中間、F₁の残り〔87〕〔88〕〔89〕は一層淡色であつて、〔4〕に近い。此れは〔95〕の親の一方、白花種の花色の影響かと考えられる。

(2) 生育状況

F₁は何れの系統も旺盛な發育を遂げてヘテロシスを示し、種間雑種に屢々見られる萎縮、畸形を示さない。併し草丈は系統によつて異り、或る系統では125cmに達するが、他の系統では70cmにも達しない(第1表)。

Table 1. Some characters of parental species and F₁

Line no.	Species	Plant height in cm	Date of flowering
93	<i>M. arvensis</i> L. var. <i>piperascens</i> MAL.	85.7	28, July
87	F ₁ <i>arvensis</i> × <i>spicata</i>	123.5	28, July
88		66.7	28, July
89		103.3	14, July
91	F ₁ <i>spicata</i> × <i>arvensis</i>	66.9	20, July
92		82.3	3, July
4	<i>M. spicata</i> L. var. <i>crispa</i> BENTH.	88.9	20, July

(3) 生理的性質

開花期は F_1 の系統によつて可なり之差が見られた。即ち3つの系統では凡そ両親と大差なく7月末に開花し、他の2つの系統では両親の何れよりも早く7月上、中旬に開花を見た。薄荷属の種は莖葉に精油を貯え、それぞれの香をもつ。オランダハツカの莖葉は特有の不快臭を持ち、日本薄荷の莖葉にはメントールの芳香がある。 F_1 の香は前者に近い。繁殖茎の習性は両親種間に大差がある。即ちオランダハツカでは匍匐茎が地上を伸び、先端上向し、暖地では葉を着けたまま越冬するが、日本薄荷では地下茎となつて地下に潜る。 F_1 の匍匐茎は地際を走り、秋末先端が地中に入る。

(4) 完全葯の出現率

薄荷属の花には4雄蕊があつて、花絲は花冠上に長く抽出し、先端に紫色の葯を着ける。かかる葯を完全葯と称する。併し種々の条件によつて4本の葯が必ずしも皆完全に発達する訳ではない。完全葯の出現率は、その年の或は栽植場所の外界条件によつて影響を受ける。又植物体が老衰し、或は秋季温度が降下するに従つて出現率も低下するのが常である。醋酸カーミンに染まる所謂稔性花粉は、完全葯の葯囊中のみ存在するから、その出現率は種の遺传的性質たる稔性とは一層密接な関係にあることがわかる。本雑種両親の完全葯出現率は盛夏好条件の下で、何れも85%以上の高率を示す。然るに F_1 では完全葯は全くなく、花絲は何れも短く、葯は花筒中にとどまり、白色乃至黄褐色で萎縮している。但、〔92〕では73%に及ぶ高率の完全葯を持つ(第2表)。

Table 2. Frequency of completely developed anthers

Line no.	No. of completely developed anthers in one flower					Total		% of completely developed anther	
	0	1	2	3	4	Anthers	Flowers		
P	93	0	0	0	2	94	382	96	99.5
F_1	87	no anther, completely developed							0
	88								0
	89								0
	91								0
	92								21
P	4	1	3	10	21	62	334	97	86.1

Note: Calculated in the 1st week of the August, 1954

(5) 花粉稔性及び種子稔性

醋酸カーミンに染まる花粉をもつて稔性花粉と仮定するならば、両親の稔性花粉率は高く、いずれも80%に達する。然るに F_1 では葯の萎縮している4系統は勿論、73%の完全葯を有する〔92〕においても、葯の中には小さい、内容空虚な、従つて醋酸カーミンに染まらない不稔花粉のみを含み、稔性花粉は全く見られない(第3表)。

薄荷属の花は子房中に4胚珠を蔵する。得られた種子の数を全胚珠数(花の数の4倍)をもつて除し、之を百倍して種子稔性(%)とする。放任の場合、両親は何れも約50%の種子稔性を示すのに、 F_1 では全く種子が得られなかつた。又 F_1 を両親に戻交雑した場合の種子稔性も殆んど零に近かつた。但〔92〕は前者で0.18%、後者で0.6%及0.19%の種子稔性を示した(第4, 5表)。

Table 3. Pollen fertility determined by acetocarmine staining

Line no.	No. of pollens			Pollen fertility
	Fertile	Sterile	Total	
93	242	61	303	79.87
Each F ₁	no fertile pollen found			0
4	611	126	737	82.90

Table 4. Seed fertility by open pollination

	Line no.	No. of flowers tested	No. of seeds aquired	Seed fertility (%)
P	93	506	959	47.4
F ₁	87	521	0	0
	88	508	0	0
	89	595	0	0
	91	497	0	0
	92	680	5	0.18
P	4	341	759	55.7

Note: Seed fertility = $\frac{\text{no. of seeds aquired}}{4 \times \text{no. of flowers tested}}$ as one flower contains 4 ovules.

Table 5. Seed fertility of F₁ by backcross

Line no.	Backcross	No. of flowers tested	No. of seeds aquired	Seed fertility (%)
88	to <i>arvensis</i>	150	0	0
89		75	0	0
91		286	1	0.09
92		130	1	0.19
88	to <i>spicata</i>	74	1	0.34
89		47	0	0
91		418	0	0
92		168	4	0.60

(6) 細胞学的観察

(i) オランダハツカ (図6—11)

日本薄荷の PMC の成熟分裂は規則正しく 48II を示す事は前報⁹⁾ に述べた。オランダハツカの PMC の成熟分裂も規則正しく、MI において 24II が、又 MII において 24I が数えられた。然る

に T II になると, 染色体は不規則に分配されて4核以外に, 5核, 3核或は少数染色体を含む多核細胞が認められた. 従つて花粉4分子も比較的異常が多く, 2分子から7分子に至る種々のものが観察され, 正常の4分子は49%に過ぎなかつた(第6表). このように正常4分子が50%に充たないのに, 花粉稔性が83%に達するのは, 一見矛盾している. 併し後者の数字は, 実際花粉を発芽させて得た結果ではなく, 醋酸カーミン染色による認定である. それ故正常花粉以外に, 正常に近い染色体構成を持つ花粉も醋酸カーミンに染まると考えれば説明できる. 例えば第6表において, 完全4分子の外に3分子+1小核, 3分子, 4分子+1小核及び5分子の正常の細胞が外觀上完全な花粉に発達して醋酸カーミンにある程度染まり, 正常花粉と判別し難いものと仮定すると, 染色する花粉の全花粉に対する割合は約86%となり, 第3表に示した花粉稔性とよく一致する. 醋酸カーミンに染まる花粉を有効花粉と認定することは, 成熟分裂が正常な場合には誤りが少ないが, 本実験のオランダハツカのように正常に近い染色体構成を持つ花粉(之が正常花粉との競争に打勝つて, 受精にあずかることも稀にあつて, かかる場合異数性の子孫を残す)が多い場合には, 之等をも包含して過大な数字の出る危険があるのではなからうか. 正常な花粉4分子の割合49.1%は完全花粉によつて受精されて結実する胚珠数の全胚珠数に対する割合即ち稔性の55.7%にほぼ一致する. 従つて此の事実は EMC の還元分裂の同じ時期にも, PMC の場合とほぼ同様の不規則性の起ることを想像させる.

結果から見ると殆んど変らない稔性の低下が, 日本薄荷では4分子形成後, 花粉形成迄の間に起り⁶⁾, オランダハツカでは逆に4分子形成前, 特に A II 以後における成熟分裂の不規則性によつて起ることは興味深い. 成熟分裂の不規則性はゲノム構成の異なる種間或は属間の雑種に見られる現象である. この不規則性が尙残っていることは, オランダハツカは種の分化過程においてゲノムの異なる種間の交雑を経, 種形成後も日浅く, 尙十分なる安定度に達して居ないという推定を可能ならしめる.

(ii) F₁ (図12~17)

根端で調査した F₁ の体細胞染色体数は何れの系統においても72であつた. 此の数は両親の PMC の MI に現れる2価染色体数の和に等しい. [92] 系統の PMC の観察結果によると, MI における2価染色体の出現頻度は3~10, モードは6(第7表)であつて, 他は全部1価染色体であつた. 2価染色体の形態は楕円形が多い. 花粉4分子は完全なものは殆んどなく, 内容空虚或は萎縮した異常のもののみが観察された.

F₁ の PMC の成熟第1分裂中期において2価染色体数が僅少で, その数に変異の多い事(これは只1系統の観察結果であり, 相反交雑の F₁ では多少異なる結果を得ているが, この論拠を

Table 6.
Frequency of various pollen-tetrads of *M. spicata* var. *crispa*.

Cells constituting pollen-tetrads		Frequency
No. of normal cells	No. of micro or empty cells	
2	2	1
3	3	1
3	2	2
3	1	12
3	0	7
4	0	113
4	1	32
4	3	1
5	0	49
5	1	4
5	2	1
6	0	6
7	0	1
Total		230
% of normal tetrad		49.1

Table 7. Chromosome configurations at MI of PMC of the F₁ line [92]

Type	3II+66I	4II+64I	5II+62I	6II+60I	7II+58I	8II+56I	9II+54I	10II+52I	Total
Frequency	3	4	6	16	10	6	2	1	48

くつがえすものではない)は、両親染色体間に親和性の少いことを示すものである。従つてF₁の花粉稔性、及び種子稔性の零に近い事は当然であつて、両親種、日本薄荷とオランダハツカとの間の類縁関係は可なり遠いものと考えられる。

Ⅳ. 摘 要

1. オランダハツカと日本薄荷との相反交雑によつて得た種間雑種 F₁ の5系統は、何れも強健で生育旺盛であつたが、草丈、開花期、葉の大きさ、花の色、茎葉の花青素及び毛茸の量等所謂数量的形質に関して、相互間で相違を示した。これらの相違は、2系統の日本薄荷親を用いた事によるとも考えられるが、その変異の中は日本薄荷内の変異の中よりも広く、両親にヘテロに存在していたポリゾーンの分離、再分配によるものと見るのが至当であろう。又葉及び花序の形態、繁殖茎の習性、茎葉中の精油の香気等、両親種間の本質的相違と考えられる形質は、何れを父とし又何れを母としても変りなく、且、F₁ でほぼ中間性を示した。

2. F₁ 中〔92〕を除く他の4系統は葯が全く退化している。これら4系統は勿論、葯の退化していない〔92〕も、葯の中には稔性花粉を全く含んでいない。放任受精の場合も、両親に戻交雑した場合も、F₁ 諸系統は殆んど種子を着けない。合計4100個の花を調査して12個の種子を得たに過ぎず、中10個は〔92〕の種子であつた。

3. 前報に示した様に、日本薄荷の花粉母細胞減数分裂のMIにおいて48IIが観察され、減数分裂の全経過は正常である。オランダハツカではPMCの成熟第1分裂から第2分裂中期迄は正常で、夫々24II及び24Iの染色体が観察された。然るにAIIにおいて染色体の不規則な分配が起るため、正常4分子は約49%しか見られない。之が本種の稔性を低める原因であると考えられる。そのPMCの成熟分裂の不規則性から、本種は種の分化過程において種間交雑を経、種形成後も日尙浅く、安定種に迄は達していないという結論に達した。

4. F₁ の体細胞染色体数は何れの系統においても72であつた。PMCの成熟分裂は〔92〕で調べたが、MIにおける2価染色体の出現頻度は3~10、モード6、他は全部一価であつた。又4分子は全く退化していた。これらの点から日本薄荷とオランダハツカとは類縁関係が遠いと推定される。

引 用 文 献

- 1) BENTHAM, G. 1865: Handbook of the British Flora. Vol. 2. London.
- 2) HEGI, G. GAMO, H. und MARZFELL, H. 1914: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. V Band.
- 3) 飯沼慾齋, 1856 (安政3年): 草木図説.
- 4) 池田長守, 小倉龍夫, 1954: 薄荷の育種学的研究 第1報, 岡山県立農業試験場臨時報告, 第49号.
- 5) 池田長守, 宇渡清六, 1954: 薄荷の育種学的研究 第2報, 岡山大学農学部学術報告, 第4号.
- 6) 池田長守, 小西猛郎, 1954: 薄荷の育種学的研究 第3報, 岡山大学農学部学術報告, 第5号.
- 7) 小野蘭山撰, 梯南洋増補重刻, 1844 (弘化元年): 重修本草綱目啓蒙.

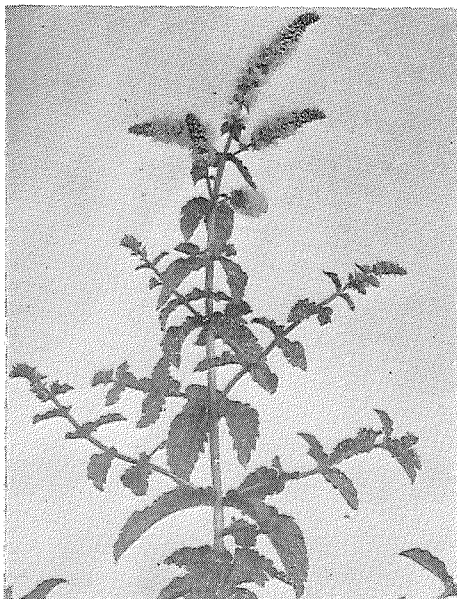


Fig. 1. *M. spicata* L. var. *crispa*
BENTH. ($\times 1/3$)



Fig. 2. *M. arvensis* L. var. *piperascens*
MAL. ($\times 1/3$)



Fig. 3. F₁ [92] ($\times 1/3$)

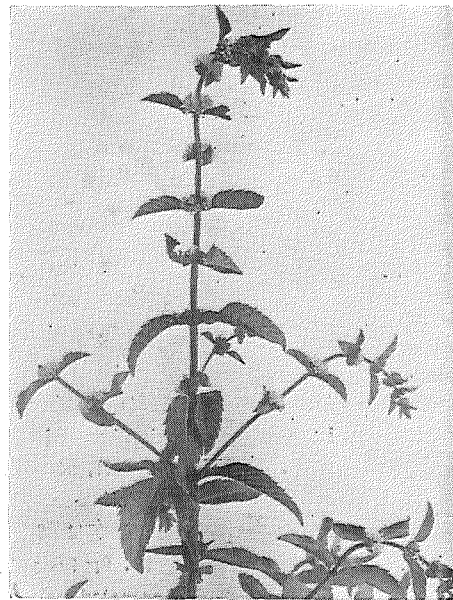


Fig. 4. F₁ [89] ($\times 1/3$)

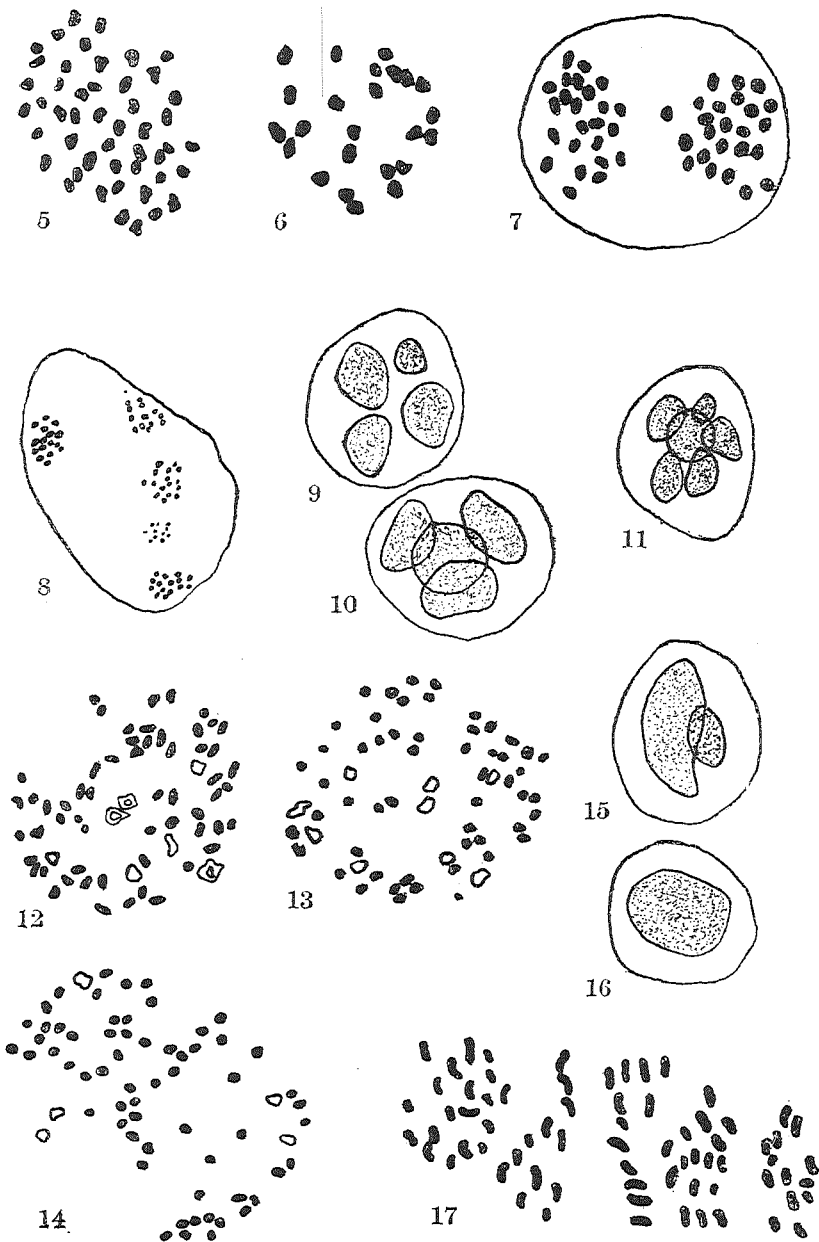


Fig. 5. MI in PMC's of *M. arvensis* var. *piperascens*, $4S_{II} \times 1800$

Fig. 6~11. Meiotic figures in PMC's of *M. spicata* var. *crispata*.

6. MI, 24_{II} 7. MII, 24_{I} 8. Irregular distributions of chromosomes in TII $\times 1800$ 9~11. Pollen-tetrads $\times 1100$

Fig. 12~14. MI in PMC's of F_1 [92] $\times 1800$

12. $7_{II}+58_{I}$ 13. $9_{II}+54_{I}$ 14. $5_{II}+62_{I}$

Fig. 15~16. Degenerated pollen-tetrads of F_1 [92] $\times 1100$

Fig. 17. Somatic plate of F_1 $2n=72 \times 2500$

- 8) RUTTLE, M. L. 1931: Cytological and embryological studies on the genus *Mentha*. Gartenbauwiss. 4.
- 9) SCHUERHOFF, P. N. 1929: Zytologische und genetische Untersuchungen an *Mentha*. und ihre Bedeutung für die Pharmakognosie. Arch. Pharm. u. Ber. dtsh. Pharm. Gesel. 267.
- 10) 白井光太郎, 1929: 植物渡来考, 東京.