

低温接触による桑樹花粉母細胞の細胞学的研究*

関 博 夫*

Hiroo SEKI : Cytological Studies of Mulberry Pollen Mother Cells Subjected to Low Temperature.

(1956年10月1日受理)

自然界において著しい高温又は低温の地方では、比較的倍数性を示す植物が多いということは、従来しばしば観察されたところである。又実験的にも異常温度の下で倍数個体を得た例もある。

著者(1952, 1955)は本邦における自然生三倍体桑樹発生の主原因が、晩霜の影響即ち成熟分裂時の異常低温と気温の激変にあることを推定した。

今回は電気冷蔵庫を使用して、人為的に低温を雄花穂(花粉母細胞)に接触させ、自然の凍霜に遭遇したものと並行して細胞学的研究を行い、倍数性花粉の形成状態並にその経過を観察したのでここに報告する。

実験材料並に方法

低温接触を試みた雄花穂は本学部品種見本桑園に栽植してある内田早生、国桑第27号、大久保、百足桑、糸澤等の品種で、条に着生のまま切条しこれを水中にさして電気冷蔵庫に入れた。

電気冷蔵庫の温度は第1回目は0〜−3°Cに7時間、第2回目は0〜−2°Cに6時間、第3回目は−2〜−3°Cに3時間、第4回目は−5〜−6°Cに1時間接触せしめた。

凍霜害雄花穂(花粉母細胞)は本年4月30日に上田附近に晩霜があつて、この時生存したものを採集して観察を行った。なおこの4月30日を中心とした気温状態は第1表のようである(本学部農業気象部 納谷氏測定)。

第1表 4月30日晚霜時における気温(°C)

時刻 期日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4月28日			8.2			7.1			10.5			13.8			15.6			10.3			6.5	5.1	3.9	3.0
" 29日	2.3	1.5	0.9	0.6	−0.2	0.9			7.6			11.6			10.4			8.7			3.5	2.3	1.2	0.5
" 30日	−0.3	−1.6	−1.2	−1.8	−2.5	0			7.3			13.5			19.8			15.9			10.5			6.5
5月1日			4.9			3.5			12.5			19.1			22.1			16.9			14.7			13.5

	平均気温	最高気温(A)	最低気温(B)	較差(A−B)
4月28日	9.33	16.0	3.0	13.0
" 29日	5.51	12.3	−0.4	11.9
" 30日	9.04	21.2	−2.5	23.7
5月1日	13.40	22.9	3.3	19.6

第1表から0°C以下の気温と時間を考察すれば、4月29日は0〜−0.2°Cが約1時間、4月30日は0〜−2.5°Cが約5時間と想像される。

雄花穂はすべて carnoy 液で固定し、95% alcohol に貯えたものを、なすりつけ法により aceto-carmin で染色して鏡検した。

観察結果並に考察

(I) 低温接触による花粉四分子形成の異常並に花粉の発芽歩合

(A) 四分子形成の異常

(a) 0〜−3°Cに7時間接触した場合

内田早生、百足桑、大久保、国桑第27号の花穂着生条を4月18日午前11時、気温14°Cの時に採集し、直に0〜−3°Cの低温に7時間接触後、硝子室(16°C)に移してそのまま放置した。放置期間中の室温の最高 最低温度は31.0〜6.5°Cであつた。

低温接触後は隔日に花穂を固定して花粉四分子形成の状態を調査した(第2〜4表)。

但し大久保、百足桑は冷蔵1日後の固定時には、発育の進んだ花穂は殆ど凍死して固定不能の状態であつた。

第2表 内田早生の低温接触による花粉四分子形成の異常

低温接 触後の日数	孢子形成数							
	1	2	3	4	4	5	6	計
対 区 照	0	0	0	500	0	0	0	500
2 日 後	0	1	1	495	3	0	0	500
4 日 後	8	250	36	181	23	1	1	500
6 日 後	0	21	7	423	41	7	1	500

備考 表中の4異常は見掛上花粉4分子の大きさが均一でなく大小不同の場合、対照区は低温接触を行わないものである(以下同じ)。

* 信州大学繊維学部 栽桑学研究室

** 本報告の一部は日本蚕糸学会中部支部(1956)において発表した

第3表 国桑第27号の低温接触による花粉四分子形成の異常

低温接触後の日数	孢子形成数							計
	1	2	3	4	4	5	6	
	正常				異常			
対 照 区	0	0	0	500	0	0	0	500
2 日 後	0	0	3	497	0	0	0	500
4 日 後	3	116	7	365	8	1	0	500
6 日 後	3	9	2	481	3	2	0	500
8 日 後	0	10	4	478	6	2	0	500

第4表 大久保の低温接触による花粉四分子形成の異常

低温接触後の日数	孢子形成数							計
	1	2	3	4	4	5	6	
	正常				異常			
対 照 区	0	0	0	500	0	0	0	500
4 日 後	33	165	27	261	14	0	0	500
8 日 後	21	147	17	291	17	6	1	500

第2～4表のように低温接触を行わない二倍体は、すべて正常なる花粉4分子を形成したが、低温接触のものには1, 2, 3, 4, 5及び6分孢子等の異常が多く特に低温接触後四日目頃の花粉四分子期には2分孢子の形成が目立つて多い(第2図版写真B)。又場合によつては低温接触後8日目頃の花粉四分子期にも2分孢子の形成が多いものも認められた。

(b) 0～-2°Cに6時間接触した場合

百足桑の雄花穂を4月21日午前11時、気温15.8°Cの時に採集し、前記同様の状態にて0～-2°Cの低温に6時間接触後、硝子室(22°C)に移しそのまま放置したものについて花粉四分子形成の異常を調査した(第5表)。放置期間中の室温の最高最低温度は32.4～7.5°Cであつた。

第5表 百足桑の低温接触による花粉四分子形成の異常

低温接触後の日数	孢子形成数							計
	1	2	3	4	4	5	6	
	正常				異常			
対 照 区	0	0	0	500	0	0	0	500
1 日 後	0	1	5	492	2	0	0	500
3 日 後	0	10	5	480	4	1	0	500
5 日 後	16	69	11	374	28	2	0	500
7 日 後	1	3	4	485	6	1	0	500

第5表のように低温接触後5日目頃の花粉四分子期に特に前記同様の異常が多く認められるが、その割合は0～-3°Cの低温に接触した場合より少い。

(c) -2～-3°Cに3時間接触した場合

筑桑の雄花穂を4月25日午前10時、気温16.4°Cの時に採集し、前記同様の状態にて-2～-3°Cの低温に3時間接触後、硝子室(20°C)に移しそのまま放置したものについて調査した(第6表)。放置期間中の室温の最高最低温度は29.5～4.0°Cであつた。

第6表 筑桑の低温接触による花粉四分子形成の異常

低温接触後の日数	孢子形成数							計
	1	2	3	4	4	5	6	
	正常				異常			
対 照 区	0	0	0	500	0	0	0	500
1 日 後	0	0	0	498	2	0	0	500
2 日 後	0	1	4	489	6	0	0	500
4 日 後	1	9	4	481	5	0	0	500
6 日 後	6	7	10	469	7	1	0	500

第6表のように低温接触後4～6日目頃の花粉四分子期に多少の異常が認められる傾向がある。

(d) -5～-6°Cに1時間接触した場合

筑桑の雄花穂を4月28日午前11時、気温14.4°Cの時に採集し、前記同様の状態にて-5～-6°Cの低温に1時間接触後、硝子室(21.5°C)に移しそのまま放置したものについて調査した(第7表)。

この雄花穂の大半は凍死したが、生存したものを固定して観察を行つたものである。

第7表 筑桑の低温接触による花粉四分子形成の異常

低温接触後の日数	孢子形成数							計
	1	2	3	4	4	5	6	
	正常				異常			
対 照 区	0	0	0	500	0	0	0	500
4 日 後	2	20	11	460	5	2	0	500

第7表のように生存雄花穂の花粉四分子形成期に前記同様多少の異常が認められた。

(B) 低温接触雄花穂(花粉母細胞)より形成された花粉の発芽割合

-5～-6°Cの低温に1時間接触後7日目に形成された筑桑の花粉及び0～-2°Cの低温に6時間接触後12日目に形成された百足桑の花粉を用いて、人工発芽床(寒天1g, 蔗糖15g, 水100c.c. PH5.4～5.6)上に播き、これを24～25°C恒温器中に24時間放置して発芽させ、20視野(6×10)中の発芽割合を調査した(第8表)。

第8表 筑桑、百足桑の低温接触雄花穂より形成された花粉の平均発芽割合

	筑 桑	百足桑
対 照 区	64.5%	60.8%
低温接触花粉	29.5	22.0

第8表のように低温接触後形成された花粉は対照区に比して発芽歩合が劣る。

(II) 凍霜害による花粉四分子形成の異常並に花粉の発芽歩合

本年4月30日には第1表のような気温の来襲があつたため花穂の大半は凍死したが、秋田式仕立の改良風返及び立通し仕立の八丈桑の花穂に生存したものがあつたので、これを研究材料として花粉四分子の形成の異常、花粉の大きさ並に発芽歩合等について観察調査した。

(A) 凍霜害による花粉四分子形成の異常

凍霜被害後1日目より6日目まで雄花穂(花粉母細胞)をCarnoy液で固定し、前記同様観察調査した(第9, 10表)。

第9, 10表のように凍霜被害後4~5日目頃の花粉四分子期に正常なる4分胞子に混じて異常なる1, 2, 3, 4及び5分胞子が観察された。この傾向は人為的に低温接触した場合と同様で2分胞子が多い。

又凍霜被害後8日目の改良風返の花粉を採集して、直に顕微鏡にて観察し、接眼 micrometer にてその直径を測定し大きさの変異を調査した(第11, 12表)。

第9表 改良風返の凍霜被害後における花粉四分子形成の異常

凍霜被害後の日数		胞子形成数							計
		1	2	3	4	4	5	6	
				正常		異常			
1	H 後	0	0	0	498	2	0	0	500
2	H 後	0	5	4	488	3	0	0	500
3	H 後	1	10	15	462	12	0	0	500
4	H 後	2	20	3	455	19	1	0	500
5	H 後	2	24	17	439	18	0	0	500
6	H 後	0	14	7	476	3	0	0	500

第10表 八丈桑の凍霜被害後における花粉四分子形成の異常

凍霜被害後の日数		胞子形成数							計
		1	2	3	4	4	5	6	
				正常		異常			
1	H 後	0	0	0	495	5	0	0	500
2	H 後	0	3	5	481	11	0	0	500
3	H 後	0	7	9	469	13	2	0	500
4	H 後	0	15	8	460	16	1	0	500
5	H 後	0	14	7	461	15	3	0	500
6	H 後	0	5	5	480	9	1	0	500

第11表 同一花穂中の一部の小花が凍死した花穂の生存発育せる花粉の大きさの変異

調査区		直径 $1=3.5\mu$	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	計
対 照 区			2	15	29	47	3	4						100
凍霜被害区	第1回		4	9	13	9	13	9	13	8	12	5	5	100
	第2回		3	5	21	15	23	14	14	4	1			100
	第3回		4	9	11	12	33	10	9	6	6			100

備考 対照区は温室栽培の花粉である。

第12表 凍霜被害を外観上認められない雄花穂の花粉の大きさの変異

調査区		直径 $1=3.5\mu$	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	計
対 照 区			2	15	29	47	3	4				100
凍霜被害区	第1回		2	16	26	19	23	4	9	1		100
	第2回		3	4	1	5	33	24	25	3	2	100

第11, 12表のように被害の程度により1葯中の花粉の大きさの変異が異なり、同一花穂中に凍死した小花が存在する場合は、生存発育した花粉の大きさの変異が大きい。なお凍霜に遭遇して外観上無被害と思われる花穂の花粉の大きさの変異も、対照区に比して大きい傾向がある。

(B) 凍霜被害後に形成された花粉の発芽歩合

前記低温接触による花粉の発芽歩合の調査と同様の方法にて、秋田式仕立の改良風返の花粉を用いて調査した

(第13表)。

第13表 凍霜被害後に形成された花粉の発芽歩合(改良風返)

対 照 区		発芽歩合
凍霜被害後7日目花粉		70.0%
" 10日目花粉		40.6~60.0
" 15日目花粉		0~40.4
		66.0~94.8

備考 対照区は凍霜に遭遇しない花粉、表中の発芽歩合は花穂の被害程度により著しい差を生じたためその範囲を示したものである。

第13表のように凍霜被害後10日目頃形成された花粉の発芽歩合が最も劣る。それ以後に形成された花粉は凍霜時には花穂が鱗片で保護されており、その影響が殆どなかったものと思われる。又凍霜被害後7日目頃形成された花粉は対照区に比して発芽歩合が劣るが、凍霜被害後10日目頃形成された花粉に比すればまさる傾向がある。

このことは凍霜被害が花粉の成熟分裂の時期により、その影響が異なるためと思われる。

(III) 低温接触並に凍霜害による花粉四分子形成の異常より見た成熟分裂の異常

人為的に冷蔵庫による低温接触と自然の凍霜に遭遇した場合とは、ともに成熟分裂の異常も同一であつたので、ここでは主として冷蔵庫による低温接触の花粉母細胞における成熟分裂の異常について述べる。

(a) 1分胞子形成について

低温接触後4～5日目位の花粉母細胞の第2分裂中期に混じて、第1図のように1核中に28個の染色体が観察された。このように第1分裂の後期に染色体が両極に分離せず再び合一して、第2分裂は省略されそのまま1分胞子となつたもの(第2図)、又28個の染色体が第2分裂において染色体の縦裂のみ行われて細胞分裂は省略され、結局一細胞中に2核が形成されておるもの(第3図)、なお核分裂は第1、2ともに正常に行われ一細胞中に4核が形成されておるが、この4核は細胞の中央に集まり細胞分裂が行われないでおる1分胞子(第4図)等も観察された。

これ等の細胞分裂の異常は酒井(1937)が低温による稲の小胞子形成細胞分裂の阻害の報告で、低温の影響のために細胞分裂が抑制されて成熟分裂が乱れたと述べておる状態と同様である。

(b) 2分胞子形成について

第5、6図は染色体が不閉鎖であるが両極に分離した染色体は14個以上のもので、恐らく28個と考えられる。したがつて第1分裂後期に染色体は両極に分離せずに合一し、第2分裂においてこの28個の染色体が縦裂して分離し細胞分裂を行つて2分胞子を形成しつつあるもので、第7図においては既にこの2分胞子が形成されたものである。又第6図における2分胞子形成の状態にも異常が認められ、核が休止期に入らない前に既に細胞分裂を行い2分胞子を形成しておる。

その他核分裂は第1、2ともに正常に行われて4核が形成されているが、細胞分裂に異常を来し2分胞子とな

つて一胞子中に2核が存在するものも観察された(第8図)。

又第2分裂中期に二つの核板が合一している像(第9図)も観察されたから、この場合の2分胞子形成も考えられる。

(c) 3分胞子形成について

3分胞子形成は核板の排列の異常即ち桑樹の花粉母細胞における第2分裂中期の核板の排列は丁字形或は平行一一の状態をなすのが普通であるが、低温の影響を受けた場合はしばしば二字形或はハ字形(∩形)となり(第10、11図)、第2分裂後期に染色体が分離した際、二極が合一して3分胞子が形成されたものである。(第12、13図)。

(d) 5、6分胞子及び異常4分胞子形成について

異常4分胞子とは形成された4個の胞子が見掛上大小異なるもので(第14図)、染色体の分離に異常を来したことによる。

又5、6分胞子(第15、16図)は遅滞染色体によるものである。

(e) その他特別の像としては染色体橋らしきものが観察された。

以上のような低温接触が花粉四分子形成の異常に及ぼす成熟分裂の時期については、凍霜被害の雄花穂中に上半部が凍死し下半部が生存して被害後4日目頃に花粉四分子の時期にあつた研究材料をみつめて、その細胞に隣接しておる凍死細胞の成熟分裂時期を観察調査した(第14表)。

なおこの雄花穂は凍霜被害後、平均気温13.4～16.14°C、最高最低温度24.3～3.3°Cにあつたものである。

第14表 凍霜被害後4日目頃に花粉四分子期になつた花粉母細胞に、隣接して凍死した花粉母細胞の成熟分裂期

接合期	太糸期	複糸期	計
56	31	13	100

第14表のように不閉鎖ながら接合期が最も多く見られたが、結局接合期から太糸期、複糸期にわたる時期に低温接触を行つた場合に最も多く花粉四分子形成に異常を来し、特に2分胞子形成の割合が多くなるものと思われる。したがつて倍数体育成のために低温接触により倍数性花粉をつくるのが出来、又これ等のことが自然生三倍体桑樹発生の主原因であると考えられる。

摘 要

著者は本年4月から5月にわたり、桑樹の雄花穂(花

粉母細胞)を冷蔵庫に入れて、低温接触を行いその後における花粉の形成状態を、自然の凍霜に遭遇した雄花穂(花粉母細胞)と並行して観察した。

1) 冷蔵庫を用いて実験した低温接触の温度と時間(0 \sim -3 $^{\circ}$ Cに7時間, 0 \sim -2 $^{\circ}$ Cに6時間, -2 \sim -3 $^{\circ}$ Cに3時間, -5 \sim -6 $^{\circ}$ Cに1時間)の中で、最も花粉四分子形成が乱れたのは0 \sim -3 $^{\circ}$ Cに7時間接触した後、硝子室に放置したもので、雄花穂の一部は凍死したが生存発育したものの中にこの異常が見出された。即ち低温接触後4日目頃形成された花粉四分子中には、1, 2, 3, 5, 6分孢子及び異常4分子を観察したが、特に2分孢子の出現率が多く時には観察数の約半に達した。これについては0 \sim -2 $^{\circ}$ Cに6時間接触した後5日目頃形成された花粉四分子に同様な異常が認められた。

-2 \sim -3 $^{\circ}$ Cに3時間, -5 \sim -6 $^{\circ}$ Cに1時間接触した場合は、雄花穂の凍死が多く生存発育したものには、前記同様花粉四分子形成の異常が認められる傾向がある。

なお低温接触後形成された花粉の発芽歩合は劣る。

2) 本年4月30日における凍霜害は0 \sim -2.5 $^{\circ}$ Cに約5時間接触した程度と想像される。この場合は前記の冷蔵庫における0 \sim -2 $^{\circ}$ Cに6時間接触した後5日目頃形成された花粉四分子形成の異常と同一傾向を示し、凍霜被害後4 \sim 5日目頃形成された花粉四分子に異常が最も多く認められた。したがって凍霜害後7 \sim 10日目頃形成された花粉の大きさの変異は大きく、その発芽歩合も劣る。

3) 成熟分裂の異常も冷蔵庫内の低温接触の場合と凍霜による場合とは同一であつた。即ち染色体の分離が正常に行われないため、1 \sim 2分孢子が形成され又第2分裂中期における核板の排列に異常を来し、二極の合一が行われて3分孢子或は2分孢子が形成される。

これ等の1, 2, 3分孢子が花粉に発育した場合、1, 2分孢子は勿論、3分孢子のうち1個は倍数性花粉が形成される。

その他染色体の部分的分離の異常により4分孢子の異常(大小不同)、又遲滯染色体による5, 6分孢子等が形成される。

なお染色体橋らしい像も観察された。

執筆するに当り常に多大なる御援助を与えられ且御校閥の労をとられた当学部教授田口亮平博士に対し、深甚なる謝意を表するとともに、終始助力された押金健吾氏に深謝する。

参考文献

1. MEDWEDOWA, M. : Genetica, 15 (1933)
2. MICHAELIS, P. : Planta, 1 (1926)
3. 野口 弥吉 : 非メンデル式作育種法, (1947)
4. NAKAMURA, M. : Mem. Facult. Sci. Agric. Taihoku Imp. Univ., 27 (1942)
5. 新家 浪雄 : 農学綜報, 第一輯倍數性, 57 \sim 84 (1947)
6. SAX, K. : Amer. Jour. Bot., 26 (1937)
7. 酒井 寛一 : 作物学会記事, 9(2), 207 \sim 212 (1937)
8. ———— : 札幌農学校報, 29 (1939), 217 \sim 221 (1937)
9. 関 博夫 : 日蚕誌, 24 (3), 165 (1955)
10. ———— : 日蚕中部・講演集, 4, 22 (1952)
11. 安田貞雄 : 高等植物生殖生理学, (1947)
12. 山羽儀兵 : 一般細胞学, (1933)

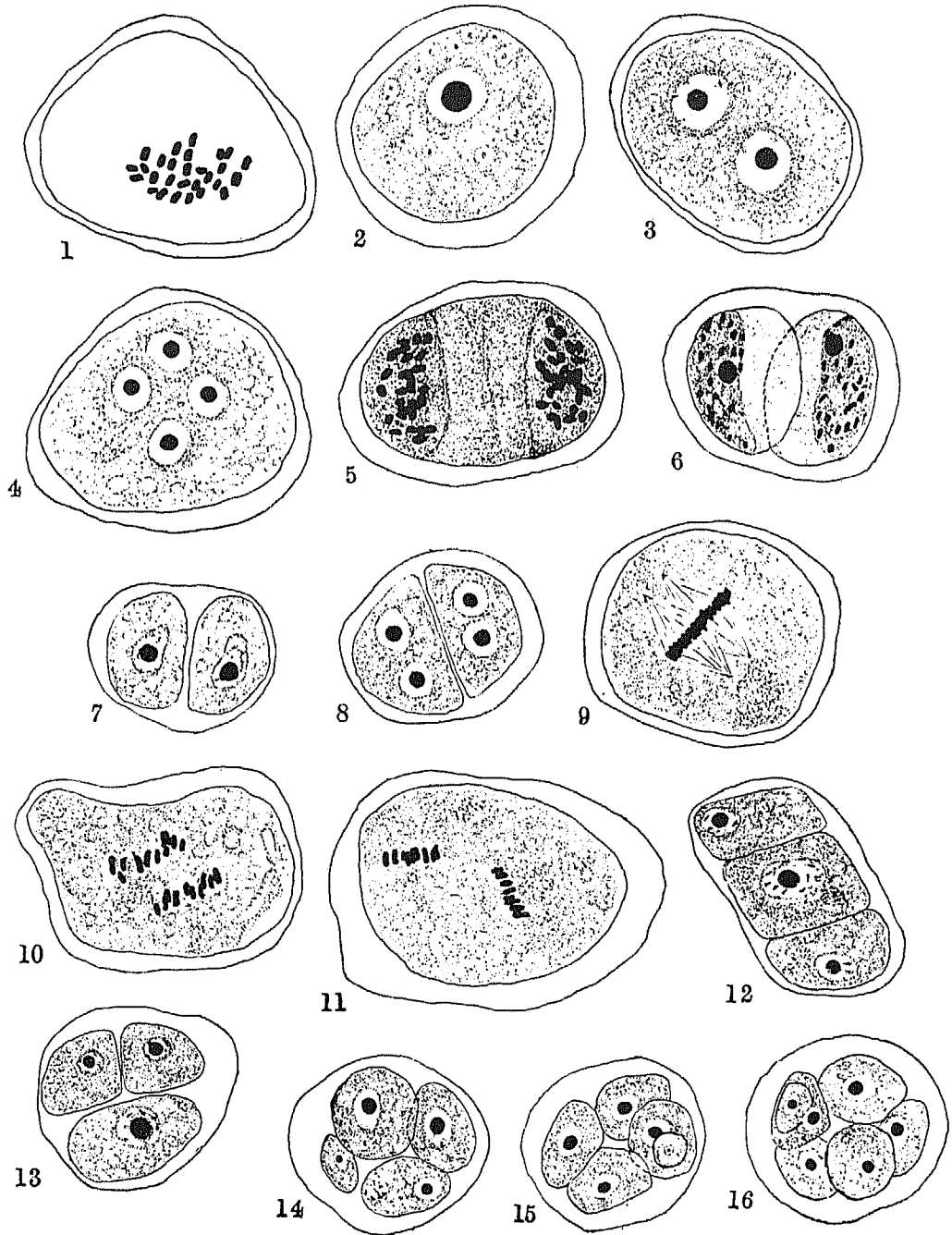
Summary

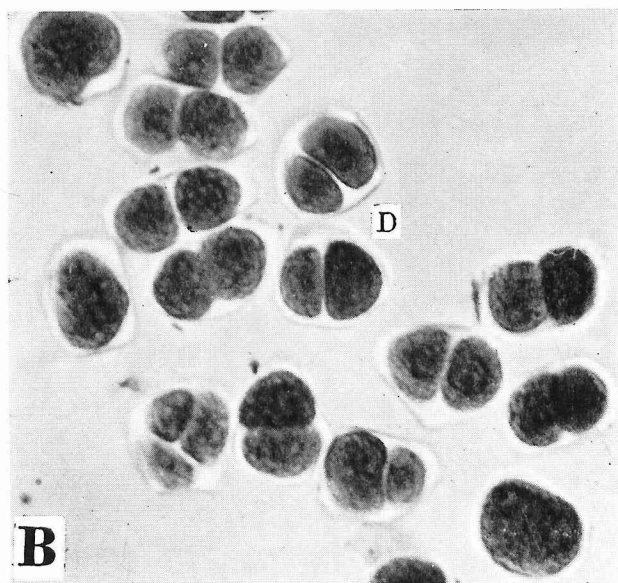
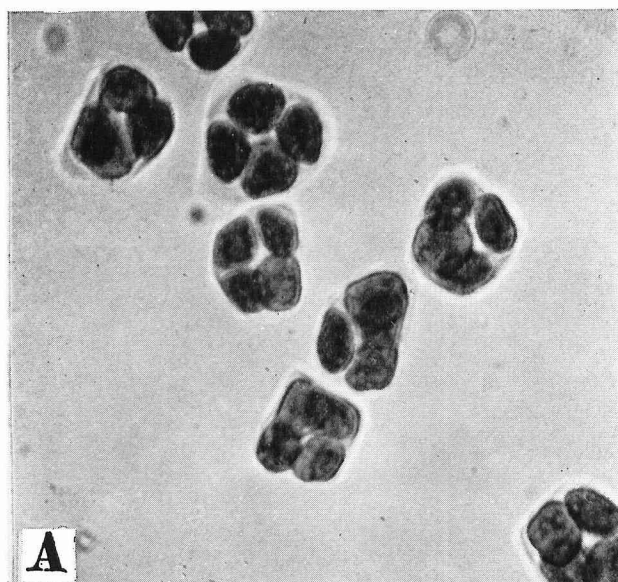
In April and May, 1956, the author subjected mulberry male catkins (PMCs) to low temperature in a cold storage and thereafter observed the formation of the pollens along with those subjected to frost.

1. Among the low temperature treatments i.e. 7 hours at 0 to -3 $^{\circ}$ C, 6 hours at 0 to -2 $^{\circ}$ C, 3 hours at -2 to -3 $^{\circ}$ C and 1 hour at -5 to -6 $^{\circ}$ C which the author used for the experiment in the cold storage, the most abnormal in the formation of pollen tetrads was the case of 7 hours at 0 to -3 $^{\circ}$ C; a part of the male catkins was frozen to death and some of living ones showed this abnormality. Namely, in the pollen tetrads formed about four days after low temperature contact, pollen monads, diads, triads, pentads, hexads and abnormal tetrads were observed, especially pollen diads appearing much more, sometimes amounting to about one half of the observed number.

Next to this, abnormality was recognized in the pollen tetrads formed about five days after the contact of 6 hours at 0 to -2 $^{\circ}$ C.

In the cases of 3 hours at -2 to -3 $^{\circ}$ C and 1 hour at -5 to -6 $^{\circ}$ C, more male catkins were frozen to death and some of the living ones tended to show





some abnormality in the formation of pollen tetrads.

The percentage of germination of the pollens formed after low temperature contact was low.

2. It can be imagined that the damage by frost that happened on April 30, 1956, is equal to that of the contact of 5 hours at 0 to -2.5°C .

This showed the same abnormality as in the formation of the pollen tetrads formed about five days after the contact of 6 hours at 0 to -2°C in the cold storage mentioned above, and the most degree of abnormality was seen in the pollen tetrads formed four to five days after the frost. Therefore, variation in the size of the pollens formed seven to ten days after the frost is large and the percentage of germination was low.

3. Abnormality in meiosis happened both in the case of the low temperature contact in the cold storage and in the case of the frost. Namely, pollen monads and diads are formed by the abnormal separation of chromosomes, and two poles are united with the abnormal arrangement of the nuclear plates at second metaphase and so pollen triads or diads are formed.

When these pollen monads, diads and triads have grown to pollens, all the monads and diads and one spore of triads are formed into polyploidy pollens.

Besides, abnormality in pollen tetrads happens on account of abnormal partial separation of chromosomes, and pollen pentads and hexads are formed by delayed chromosomes.

Images like chromosome bridges were also observed.

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

第1図版説明

第1図, 低温接触花粉母細胞における28個の染色体.
約1950倍

第2図, 低温接触の影響により形成された花粉1分胞子
(1核性). 約1950倍

第3図, 低温接触の影響により形成された2核性花粉1
分胞子. 約1950倍

第4図, 低温接触の影響により形成された4核性花粉1
分胞子. 約1950倍

第5図, 低温接触花粉母細胞の第2分裂後期における両
極分離の染色体数約28個を示す. 約1950倍

第6図, 低温接触花粉母細胞の第2分裂後期における両
極分離の染色体数並に異常細胞分裂を示す. 約
1950倍

第7図, 低温接触の影響により形成された花粉2分胞子
(1核性). 約1365倍

第8図, 低温接触の影響により形成された2核性花粉2
分胞子. 約1365倍

第9図, 低温接触の影響による花粉母細胞の第2分裂中
期における二核板の合一を示す. 約1950倍

第10図, 低温接触による花粉母細胞の第2分裂中期にお
ける核板排列の異常, 二字形を示す. 約1950倍

第11図, 低温接触による花粉母細胞の第2分裂中期にお
ける核板排列の異常, ハ字形(凹形)を示す.
約1950倍

第12図, 第10図の核板排列の異常(二字形)により形成
された花粉3分胞子. 約1365倍

第13図, 第11図の核板排列の異常(ハ字形)により形成
された花粉3分胞子. 約1365倍

第14図, 低温接触により形成された異常花粉4分胞子.
約1365倍

第15図, 低温接触により形成された花粉5分胞子. 約
1365倍

第16図, 低温接触により形成された花粉6分胞子. 約
1365倍

第2図版説明

写真A, 正常の花粉4分胞子を示す.

写真B, 低温接触により形成された花粉2分胞子(D)を
示す.