

コンニャクの育種に関する研究

第2報 受粉・結実および種子の形態について

若 林 重 道

1. 花粉の人工発芽試験

(1) 試験の材料および方法

1954・'55年に大玉種について調査したが、発芽床用の器具はすべて硬質硝子を使用し、再蒸溜水を用いた。一般試験用の花粉は圧出と同時に採集して数個体のものを混合し、塩化石灰を入れた管ビン中で18~20°Cに貯蔵して適宜に使用したが、各試験期間中(1~2日)には発芽率の変化が見られなかった。

発芽率は25°Cで置床3時間後に調査し、花粉管長が花粉粒の2倍以上に伸長したものを発芽としたが、各試験共に3回反覆して平均値を出し、調査数は各回ごとに150個とした。発芽床には寒天1%、蔗糖8%を常用した。

(2) 試験成績および考察

発芽床の寒天および蔗糖濃度と花粉発芽との関係は第1表の結果となった。すなわち寒天濃度は1.0~1.5%、

第1表 発芽床の寒天及び蔗糖濃度と花粉発芽の関係

(1954)

寒天濃度 (%)	蔗糖濃度 (%)	調査項目						
		0	1	2	4	8	12	15
0	発芽率 (%)	1.5	1.8	1.4	1.6	1.6	1.4	1.5
	花粉破裂率 (%)	61.2	58.7	56.5	41.3	37.5	34.6	24.0
	管破裂率 (%)	11.0	10.4	12.1	11.4	16.7	19.4	18.8
	平均管長 (μ)	5	5	6	7	8	7	5
0.5	発芽率 (%)	3.2	8.5	18.3	26.5	25.1	24.8	25.0
	花粉破裂率 (%)	60.4	37.9	20.0	6.8	2.4	5.0	1.8
	管破裂率 (%)	14.0	32.8	32.5	51.6	53.8	50.4	36.2
	平均管長 (μ)	12	684	875	1060	1153	1270	1234
1.0	発芽率 (%)	7.4	21.3	37.6	41.5	45.7	40.8	36.6
	花粉破裂率 (%)	53.8	21.5	12.5	0	0	0	0
	管破裂率 (%)	21.5	20.1	12.4	12.8	5.1	11.6	26.8
	平均管長 (μ)	31	768	1295	1305	1302	1275	1280
1.5	発芽率 (%)	7.6	19.5	25.7	37.8	39.4	34.5	27.6
	花粉破裂率 (%)	61.1	23.7	10.2	0	0	0	0
	管破裂率 (%)	18.7	15.6	9.4	7.4	2.9	4.3	5.6
	平均管長 (μ)	68	795	1104	1301	1304	1247	1208
2.0	発芽率 (%)	9.3	13.5	24.7	31.2	31.8	27.2	18.5
	花粉破裂率 (%)	42.5	19.4	4.3	0	0	0	0
	管破裂率 (%)	20.6	10.8	8.8	10.6	8.4	5.8	4.5
	平均管長 (μ)	94	917	859	1024	1245	986	1107

蔗糖濃度は4~12%がよく、寒天1%蔗糖約8%が最適と思われたが、一般的に各種の花粉発芽に対する標準の蔗糖濃度を10~20%とするならば、この場合の蔗糖濃度は幾分低い方であり、寒天の濃度は標準ということになる。しかし、これらの最適濃度は寒天と蔗糖との相乗的効果による結果であって、寒天のみまたは蔗糖のみの発芽床では明らかな傾向が認められていない。

グリセリン・流動パラフィン上では発芽せず、ゼラチン上では幾分発芽し、蔗糖を添加したものではさらに発芽が良くなったが、寒天の場合にははるかに及ばなかった(第2表)。

第2表ゼラチンの濃度と花粉発芽の関係(25°C) (1954)

ゼラチンの濃度	糖なし			蔗糖(8%)		
	発芽率	花粉破裂率	最長伸長度	発芽率	花粉破裂率	最長伸長度
1	2.4	60.4	9.8	5.4	37.5	61.5
2	10.3	64.1	45.5	22.5	21.4	94.7
3	7.1	59.8	32.1	16.0	24.5	92.4
4	5.6	47.5	30.5	14.7	22.8	63.2

糖の種類と発芽率の関係は、第3表のように精製した蔗糖の発芽率が低かったが、その原因についてはこの実験範囲では論及し得ない。ブドウ糖を使用した場合の発

第5表発芽床の酸度と花粉発芽の関係

調査項目	PH								
	3.2	4.0	4.9	6.2	7.1	8.0	9.0	10.0	
発芽率(%)	0	11.4	36.2	45.7	40.5	22.3	10.6	4.5	
花粉破裂率(%)	0	17.2	4.5	1.2	3.3	8.4	17.5	20.2	
管破裂率(%)	0	80.5	11.4	8.6	24.7	51.3	74.5	80.1	
平均管長(μ)	0	45	802	1278	1024	815	330	134	

温度と発芽との関係は第6表のように25°C附近の発芽状態が最もよく、31°Cでは幾分高温にすぎることが

第6表温度と花粉発芽の関係(1954)

調査項目	温度(°C)				
	19	21	23	25	31
発芽始めまでの時間	2.5	時	時	分	分
	2.5	2.0	1.1	50	40
1.5時間後	発芽率(%)	0	0	14.8	25.7
	花粉管長(μ)	—	—	370	375
3.0時間後	発芽率(%)	23.5	33.1	39.8	46.2
	花粉管長(μ)	787	980	1153	1340
5.0時間後	発芽率(%)	39.2	43.8	47.2	47.0
	花粉管長(μ)	1352	1645	1810	1840

芽率は非常に低くて不適であることを示した(第4表)。

第3表糖の種類と花粉の発芽率の関係(1954)

糖の種類	花粉番号			平均
	1	2	3	
蔗糖	64.7	57.1	41.3	54.4
糖	56.3	48.5	35.2	46.7
(8%)	49.5	42.4	30.4	40.8
精製1級品	41.0	30.7	27.5	33.1
ブドウ糖(8%)	3.2	2.5	0	1.9

第4表ブドウ糖の濃度と花粉発芽の関係(1954)

濃度	花粉破裂率	発芽率
1	71.2	2.6
5	53.5	3.1
9	35.8	2.4
13	12.0	0
17	0.8	0

つぎに、発芽床の酸度との関係は第5表のような結果となり、HP6前後が最適と推察されるので、他の植物の場合に比してまず通常と考えられる(酸度の調節にはNaOH, HClを使用した)。

推察された。なお、この実験で5時間後の発芽率も3時間後からあまり増加していないが、他の実験によっても長時間置床による発芽率の大きな増加はみられなかった。

花粉の色および熟度と発芽の関係を調査したところ、黒変前の未熟花粉(黄褐色)では全く発芽するものがみられず、花粉圧出後の成熟花粉の発芽率では灰褐色花粉43%に対し黒褐色花粉47%で、濃色の花粉の発芽率が幾分良好であった。その他、花序中での着花部位、圧出の前期と後期による発芽状態の差異などを調査したが、なんらの関係も認められなかった。

以上の結果からわかるようにコンニャク花粉の発芽率

は非常に不良であるが、これは不健全花粉が多いことに主因があると思われたので、 α -ナフタレン醋酸およびタカヂアスターゼの効果を調査したところ、後者は0.1

～1%の実験範囲ではなんらの好影響も認められなかったが、 α -ナフタレン醋酸の場合は第7表のように顕著な効果が現われた。すなわち0.1²～0.1³%水溶液の噴霧

第7表 α -ナフタレン醋酸の花芽発芽に及ぼす影響 (1955)

調査項目			濃 度(%)					
			0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
新 花 霧	噴	発芽率(%)	44.2	44.8	52.2	54.6	47.3	45.0
		花粉破裂率(%)	1.4	0.3	0.5	1.2	2.5	5.3
		管破裂率(%)	15.6	13.4	6.8	2.4	11.5	14.0
		平均管長(μ)	1250	512	1517	1610	1482	1496
粉 混 入	噴	発芽率(%)	44.5	42.2	43.5	53.7	51.8	46.7
		平均管長(μ)	1180	985	674	1450	1598	1375
古 花 粉	霧	発芽率(%)	4.6	2.5	36.2	34.5	31.6	14.4
		平均管長(μ)	362	125	1187	1215	1195	980

および0.1³～0.1⁴の発芽床混入で普通花粉の発芽率は約2割も上昇し、花粉管の伸長度も目立って良好で、古い花粉の場合はことに効果が顕著であった。

圧出した花粉は採集後そのまま室内に放置しておくと、第8表のように温度が高いほど急速に発芽力を失うが、乾燥状態で貯蔵すると温度の低いほど長く発芽力を

第8表 貯蔵方法と花粉発芽の関係 (1955)

貯蔵条件		調査月日		6.15		6.20		6.30		7.20		9.20		11.20	
		調査項目		湿室区	乾室区	湿室区	乾室区	湿室区	乾室区	湿室区	乾室区	湿室区	乾室区	湿室区	乾室区
野 外 (露天)	発芽率(%)	21.3	—	15.1	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	平均管長(μ)	1146	—	854	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5°C	発芽率(%)	30.2	35.4	29.7	32.0	13.1	29.6	4.3	25.2	1.3	8.1	0	1.8	—	—
	平均管長(μ)	1241	1294	1278	1240	974	1225	245	1054	251	316	—	156	—	—
19°C	発芽率(%)	15.4	20.2	7.9	17.7	—	11.2	—	4.8	—	1.5	—	0	—	—
	平均管長(μ)	1020	1105	390	760	—	598	—	452	—	150	—	—	—	—
26°C	発芽率(%)	11.6	19.4	4.0	12.1	—	6.8	—	3.7	—	0	—	—	—	—
	平均管長(μ)	614	805	318	825	—	521	—	405	—	—	—	—	—	—
31°C	発芽率(%)	10.2	17.1	2.9	11.0	—	4.3	—	0.6	—	0	—	—	—	—
	平均管長(μ)	681	807	302	425	—	417	—	250	—	—	—	—	—	—

- 備 考
1. 使用花粉の圧出日は6月10日、当日の発芽率37.4%平均管長1305 μ であった。
 2. 花粉は和紙に包んで管ビンに入れ、乾室区は塩化カルシウムを入れて密栓し、湿室区は栓をしなかった。野外区は管ビンに入れなかった。
 3. 5°C以外の湿室区は間もなくカビが発生して6月30日以後は調査できなかった。

保ち、5°C恒温の場合には5カ月後にもなお1.8%の発芽粒があり、一般花粉と同様にその貯蔵には乾燥・低温が好適条件であることを示した。野外の露天に和紙に包

んで置いたものは案外に発芽力を保ったが、これはおそらく夜間の低温が影響したものと考えられる。この花粉は6月15日の調査前降雨にあって水浸したが、降雨後急

速に乾燥して6月20日にもなお15.1%も発芽し、短期間の水浸は大きい悪影響とならなかった。

なお、開花始めに雄花部を切断して温室中で保存後に圧出した花粉と自然圧出の花粉との間には発芽率の差が見られなかったが、切断後に乾燥したものは花粉の圧出も発芽もはなはだしく不良であった。雄花部切断後の雌花部の発育は正常で切断の悪影響は全く認められなかった。

2. 受粉および受精に関する調査

(1) 訪花昆虫

既述のようにコンニャクの花はその附属体から精油を分泌して腐肉臭を発散するので、腐肉・獣糞・汚物などに集る虫が飛来する。1955年6月5日、当試験地の圃場で8花が開花した当日に、昼間の観察および夕刻の仏蠶菴筒部を切断後の調査によって第9表の結果を得た。

第9表 訪花昆虫の種類と数

鞘翅目	ハネカクシ科	トビイロセスジハネカクシ	47
	シデムシ科	コクロシデムシ	1
	エンマムシ科	エンマムシ	3
	ゾウムシ科	ゾウムシの一種	7
	コガネムシ科	コブマルエンマコガネ	4
双翅目	イエバエ科	イエバエ	32
		オオイエバエ	8
	クロバエ科	キンバエ	4
		オオクロバエ	9
膜翅目	アリ科	アリの一種	6

1. 1955年6月5日、8花の合計を示す。
2. 和名は日本昆虫図鑑(1950, 東京)による。

訪花の状態は、ハエ類は昼間に限られているが、他の類は夜間でも仏蠶菴の筒内部に見出され、雨天にはほとんど飛来せず、曇天には少なく晴天に多かった。これらの昆虫の花上での行動を観察した結果、ハエ類は主として附属体の表面各部を飛びかかって花序の部分にはほとんど触れず、他の類は飛来後に大部分が仏蠶菴の筒内部に転落して花序や筒内部中をはいまわった。従ってハエ類の授粉能力はきわめて少ないと思われるし、他の類においてもその体表面につく花粉粒は非常にまれであったので、これらの昆虫による受粉数はきわめて少ないものと考えられ、コンニャクの授粉昆虫については明らかにすることができなかった。自然開花の放任状態ではめつたに結実しないという事実が各地で知られているので、おそらく日本国内においては有能な授粉昆虫がいないもの

のと想像される。

(2) 受粉・受精の過程

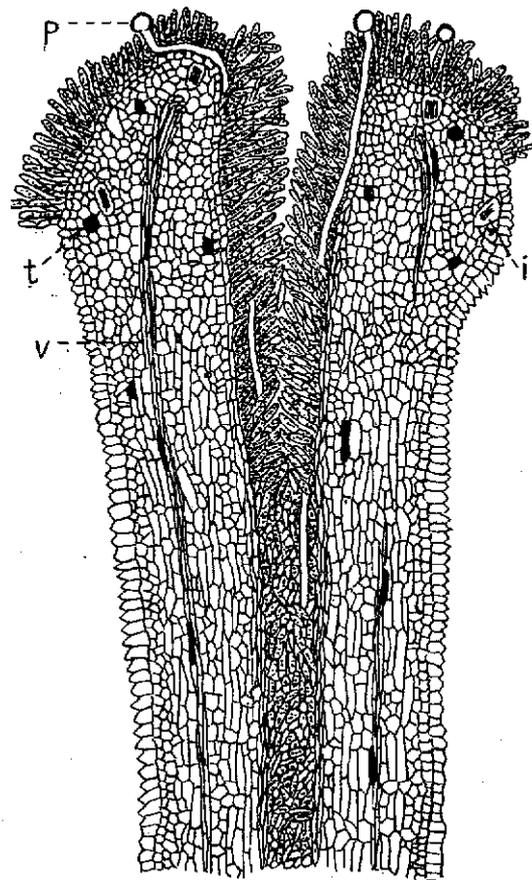
A. 調査方法

1955年に大玉種の花穂を用いて調査した。野外調査では、6月12日の午前11時に丁度圧出されていた他家の花粉を開花初期の花穂雌花部の全花にヨコリを使って授粉し、以後適宜に雌蕊を採取してナリシン液で固定後、花粉管の伸長についてはコットン・ブルーによる染色により、その他はパラフィン埋蔵ハイデンハイン氏鉄ヘマトキシリン染色法によって調査した。

室内調査では、開花初期の花穂を25°Cの定温器中に入れて圧出直後の他家花粉(野外開花)を授粉し、以後2~4時間ごとに雌蕊を採取して前記同様に処理した。授粉の際には雌花部のみを残して他部を切除し、野外では授粉後にパラフィン紙の袋をかけ、定温器中は温室とした。

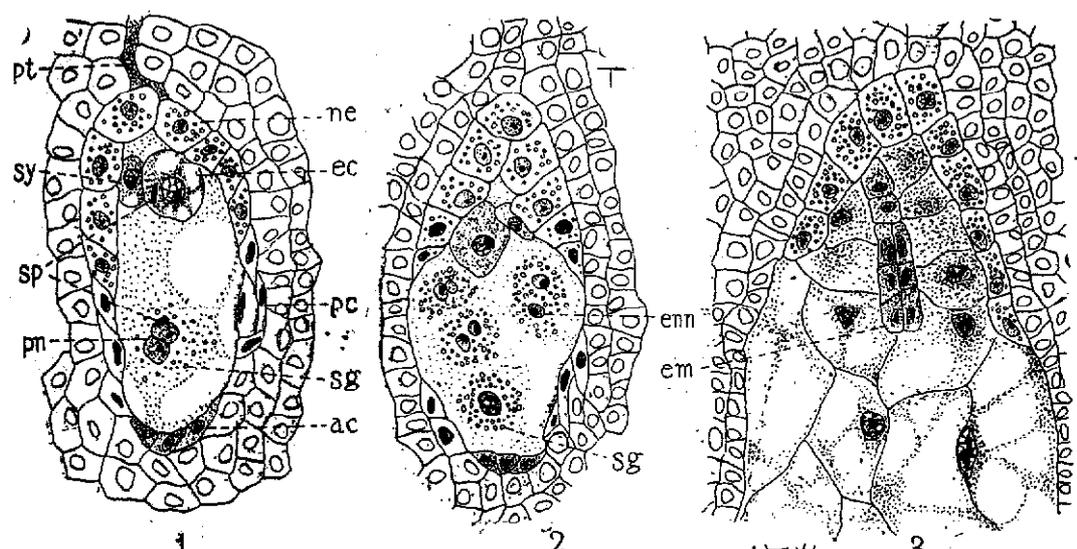
B. 調査結果および考察

第1図 受粉後の花柱上部の縦断面 ×40

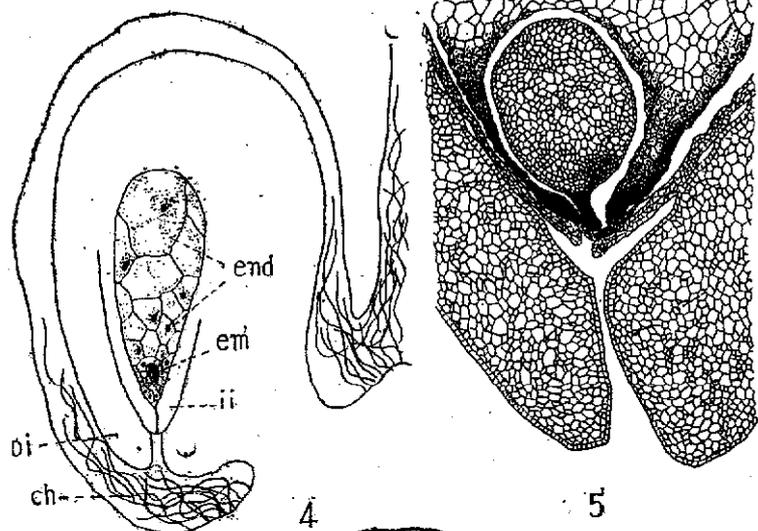


- P. 花粉
- t. タンニン細胞
- i. 特殊細胞
- v. 管束

第2図 受精～結実の過程 (1955)



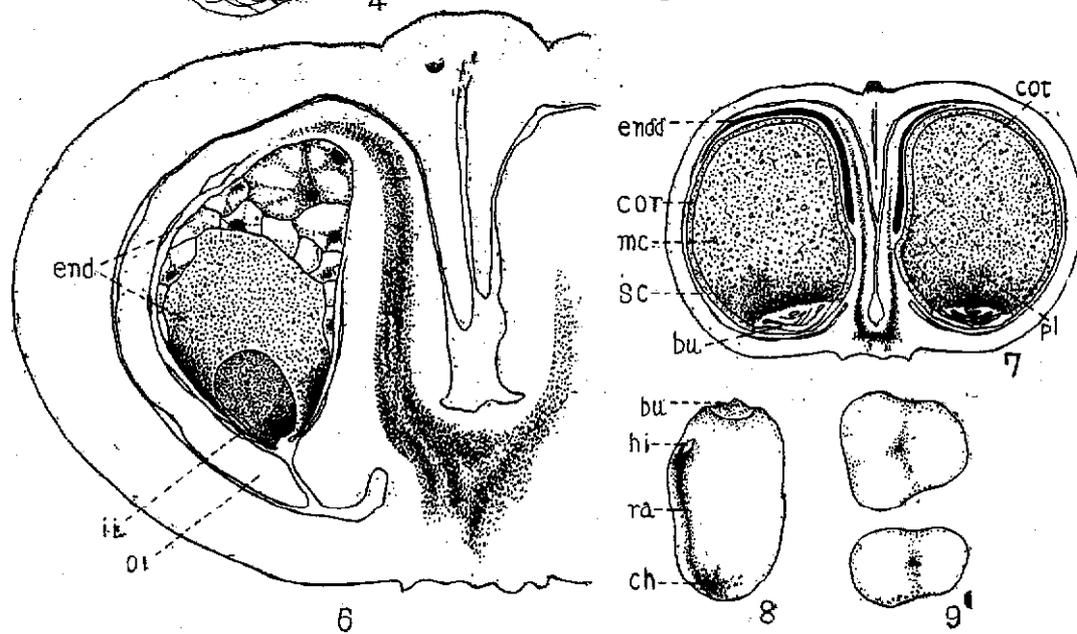
1. 受精 (6月14日) 1~3 ×400
2. 胚乳核の分裂 (6.16)
3. 胚の発生 (6.21)
4. 胚珠の縦断面 (7.1) ×90
5. 発育中の胚 (7.10) ×32
6. 生育中の果実の縦断面 (7.15) ×12
7. 成熟間近い果実の縦断面 (8.10) ×2



8. 種子 (側面観) ×4
9. 果実 (上面観) ×1

月日は野外での発育期日を示す

ec. 卵細胞 sy. 助細胞 ac. 反足細胞 sp. 精核 pn. 極核 sg. 澱粉粒 pt. 花粉管 ne. 珠心表皮 pc. 壁細胞 enn. 胚乳核 em. 胚 ii. 内珠皮 oi. 外珠皮 ch. 誘導毛 end. 胚乳 endd. 胚乳の残渣 mc. マンガン細胞 sc. 種皮 cor. コルク層 bu. 芽 hi. 臍 ra. 臍条 ch. 合点 cot. 子葉 pl. 幼茎



授粉された花粉は、25°C 温室中で2時間後にはすでに発芽を始めたが、野外では遅くて5~20時間後であった。花粉管は第1図のように柱頭の小乳頭状突起の間を通過して花柱溝中に入り、そのまま下降して胚珠基部の誘導毛を伝って珠孔に入り頂点受精をした(第2図-1)。2つの極核は受精完了後に融合し、しかも卵核・極核の両受精の過程は一胚嚢内でおおむね同時に観察されたので、胚乳核の存在をもって受精の完了とみなして第10表のような調査結果を得た。これによると野外では花

第10表 授粉~受精各過程の経過時間 (1955)

過程区分	26°C 恒温	野 外 (月・日)	気 温 (°C)		
			月・日	最高	最低
授 粉	時	6.12	6.12	28.0	14.0
花粉管は胚珠に達す	10~14	6.13~14	13	29.0	13.0
受精完了(胚乳核生成)	16~20	6.14~15	14	28.0	17.5
胚乳核1~2分裂	36~40	6.15~16	15	22.0	18.0
卵細胞第1分裂	48~52	6.16~17	16	29.0	19.0
			17	28.0	20.0

野外では毎日午前11時に調査した

粉発芽、花粉管の伸長、受精共に25°Cの場合よりも非常に遅れているが、これは花粉発芽までの昼間の乾燥およびその後の夜間の低温の影響によるものと思われる。従って、人工授精は育種上の必要に応じて温室・恒温中で行えば良い。

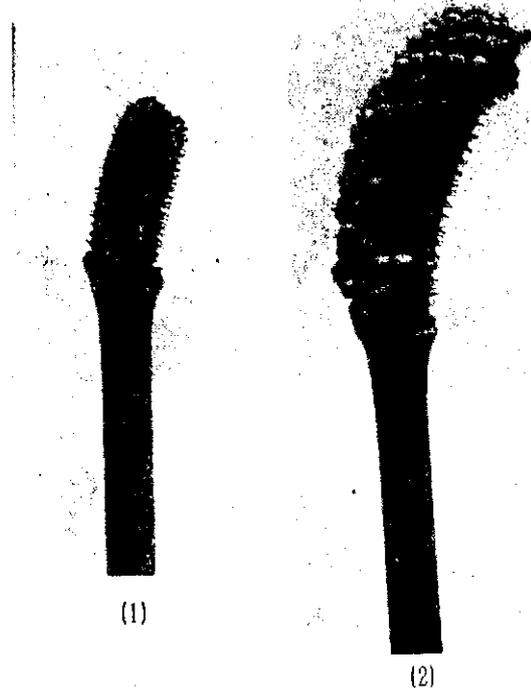
(3) 授粉の時期・時刻と結実の関係および自家授粉・他家授粉による結実歩合

1955年に大玉種の花穂を用いて実験した。

A. 授粉の時期は、開花始め(附属体から臭気を発散し始める)と開花後期(花粉の圧出を始める)とに分け、一花穂の雌花部を縦に二分してそれぞれの時期にコヨリを使って授粉し、花粉は、開花始めの際に他株の圧出花粉を採取使用後貯蔵して開花後期に用い、この際の対照として新しく開花始めの花穂にも授粉した。その結果、実験に供した5株中の4株までが、その開花後期に授粉した側が全く結実せず、他の1株は両時期共、4株は開花初期の側のみがほとんど100%結実した(第3図)。この結果は、花粉圧出後の授粉はすでに結実に役立つ場合が多いことを示し、雌蕊先熟のあらわれであると思われる。なお、対照株に授粉した場合との比較によって、この実験に使用した花粉の両時期での結実能力には大差がないものと思われた。

B. 授粉の時刻については、

第3図 授粉時期の相違による結実状況



左側—開花始めに授粉—結実

右側—開花後期に授粉—不結実

(1)は授粉後15日目、(2)は40日目の状況を示す

- 1組—6月5日 17時, 24時,
6月6日 8時, 15時,
- 2組—6月6日 11時, 15時, 23時,
6月7日 8時,

の4区分とし、両組とも3株ずつ・雌花部を縦に4分してそれぞれの時刻に授粉した。花穂は両組共ほぼ開花初期のものを選び、貯蔵花粉を使用した。その結果は両組各区共ほとんど100%結実して全く差が認められなかった。

従って、柱頭についた花粉は相当に長く発芽能力を維持し、昼間の温暖によって発芽して授精に役立つものと思われる。

C. 次に、開花の近付いた4花穂の雄花部を切除後、雄花は26°Cの恒温中に置いてその成熟を促進し、雌花は17~19°Cの低温中に置いてその寿命を引延ばし、花粉の圧出を待つて各株共それぞれ雌花部を縦に切半して自家・他家の授粉を行った後、受精を容易とするために2日間26°Cの恒温中に置き以後野外に植付けた。その結果、各株共自家・他家授粉区のいずれも同様にほとんど100%結実して全く差が見られなかった。

従って、コンニャク(芋)の受精では各配偶子間の選択性がなく、2~4日の雌蕊先熟によってわずかに自殖を防い

ているものと思われ、環境の適正な野生状態では胚囊の寿命が長くなって容易に自家結実するものと推察される。

3. 胚の発生

前述の受粉・受精過程の野外調査の材料を引続いて同様の方法によって調査した結果、受粉後2～4日目に胚乳核第1分裂、4～5日目に卵細胞の第1分裂が行われた。

胚乳は遊離核形成型で、約50～80核のころから全体的に細胞膜が観察されてそれ以前には全く認められなかったため、おそらく造膜同時開始型と思われるが、胚乳核の分裂は始め胚囊の上部（珠孔側）にさかんで漸次下部に及ぶので、造膜後の胚乳細胞も胚囊下部では極端に大きい（第2図—4）。

胚の形成はアカザ型であるが（第2図—3）、胚上皮をもって周囲の胚乳組織からその栄養を吸収して急速に肥大し、受粉後約30日ごろにはすでに幼芽が分化し始め、その後30日ごろには胚乳もほとんど吸収し尽された。胚はその後も肥大を続けて、受粉後70日ごろから緑色の果実表面は次第に黄赤色に変色し始めて間もなく成熟したが、その胚は子葉部が大部分を占めて幼芽部には幼根も幼葉の発生も見られず、小さな芽苞のみが形成された。

4. 果実および種子の形態

第4図 果房



受精後の子房および花軸の表面は次第に緑色を加えて鮮緑色となり、共に生長肥大して大きな果房となるが、その果皮は8月中旬ごろ漸次に黄赤色となって成熟する。果軸の表面は成熟後も緑色で、花茎は開花以後多少緑黒味をますが肥大も伸長もしない。果房の大きさは花序の大きさに正比例し長さ約6～20cm（第4図）、果実の大きさは約0.5×0.8cm～1.3×1.7cm、果皮は橙黄色の漿質で甘味を有し、1～4個の種子を包む（第2図7～9）。種子は淡黒褐色の肉質、約0.4×0.5cm～0.5×0.9cmのほぼ楕円形で、表面は珠皮が変成した薄皮状の種皮に包まれ臍・臍条および合点が観察される（第2図—8）。内部は無胚乳で幼胚が独占し、幼胚は子葉・幼茎・芽苞の三部からなっていて、芽苞

中にはまだ葉芽が形成されず、幼茎中にも幼根が形成されていないが、この点は生子の構成に似ている。種皮は一層で、子葉部および幼茎部の表層はコルク化し、内部の組織中にはすでに特殊細胞・マンナン細胞などが見られる（第2図—7）。なお花芽の伸長開花は加温することによって暗黒中でも進行し、適期受粉によって順調に結実した（第5図）。

第5図 暗黒中での結実状況



1. 暗黒中で開花し結実させたもの（発育中）
2. 机上で開花し、授粉後に暗黒中へ横たえておいたもの（成熟前）

摘 要

1. 花粉の人工発芽床としては寒天約1%・蔗糖約8%・PH6.0前後が最適で、約25°Cでの発芽状態が最もよかった。
2. α -ナフタレン醋酸の0.1²～0.1³%水溶液の噴霧および0.1³～0.1⁴%の発芽床混入によって普通花粉の発芽率は約2割ほど上昇し、花粉管の伸長度も目立って良好で、古い花粉の場合はことに効果が顕著であった。
3. 花粉は低温・乾燥での貯蔵によって長期間その発芽力を維持した。
4. 訪花昆虫は主として鞘翅目・双翅目の中で腐肉・獣糞・汚物などに集る虫であったが、これらの中にも有能な授粉昆虫と思われるものは発見できなかった。

5. 授粉された花粉は野外で5~20時間後に発芽して誘導溝中に入り、そのまま下降して受精をした。

6. 開花始めの授粉が最も結実しやすく、開花後期(花粉の圧出時)の授粉による結実はまれであったが、これは雌蕊先熟の影響と思われた。授粉の時刻・自家授粉と他家授粉などによる結実状態の差は認められなかつ

た。

7. 受粉後2~4日目に胚乳核第1分裂、4~5日目に卵細胞の第1分裂が行われ、胚乳は遊離核形成型で造膜同時開始型と推察された。胚形成はアカザ型で、種子は受粉後約70~80日で成熟した。

Studies on the breeding of *Amorphophallus konjac*

II. On the pollination, fruiting and seed formation

Shigemichi WAKABAYASHI

Summary

The artificial medium containing 1% agar and 8% sucrose was most suitable, the optimum hydrogen ion concentration was 6.0 and the optimum temperature was 25°C for the pollen germination.

The germination percentage of pollen and the elongation of pollen tubes was promoted by addition or spray of α -naphthalen acetic acid to the artificial medium. Such effect was recognized remarkably in the old pollen. The germinating power was kept for a long time by low temperature and drying treatments.

Insect visitors to the flower were chiefly Coleoptera and Diptera but the available insect for pollination was not observed. The pollen

germinated on the stigma in 5~20 hours after pollinating in the open air. The percentage of seed setting was very high when the pollination was performed in early flowering stage. However, it was very low in later stage.

Perhaps this will be depend on the protogynous plant. The difference of the percentage of seed setting between the various time of the pollination and self- or cross-pollination was not recognized.

The first division of endosperm nucleus was performed in 2~4 days and the first division of embryo in 4~5 days after the pollination. Thus the seed ripened in 70~80 days after the pollination.