

トウガラシの授粉に関する研究 第1報

開花および花粉の発芽力*

広 瀬 忠 彦**

TADAHIKO HIROSE: Studies on the pollination of pepper. I.
On the flowering and the pollen germination.

I 結 論

トウガラシの生産は乾果用としてまた蔬菜用として古くから行われてきたが、戦後はとくに蔬菜としての栽培が増加しつゝある。現在蔬菜用としては伏見甘・獅子等の在来品種および California Wonder・Chinese Giant 等の洋系品種が主に栽培されているが、在来品種は強健多収である一方品質上の難点多く、洋系品種は収量少く耐病性その他の抵抗性において著しく劣る。トウガラシは従来から果菜類のうちでも経済的価値の低いものとして扱われてきたので、品種育成の点でははるかに遅れた状態にあり一代雑種利用もほとんど実用化されていない。今後のトウガラシ生産に関連した問題としては優良品種の育成と F₁ 採種能率の向上とがもつとも急務であると考えられるが、これらに先立つてまず授粉・結実・採種等に関連する生殖生理学的特性が明らかにされなければならない。

現在までトウガラシについての此の面の研究は極めて少く、たゞ従来から他の果菜類に比較して袋掛による自花授粉または人工授粉の能率の悪いことが知られており、井上⁹⁾は袋掛の影響について報じ、熊沢・南川¹⁾は蕾授粉の成功率が極めて悪いことを述べている。近年、正林¹¹⁾、藤井¹²⁾等はトウガラシの一代雑種採種について報告し種々な点が明らかになったが、未だ問題とすべき点も多く残されている。外国ではアメリカにおける COCHRAN^{13,14)}の一連の研究があり、開花結実と環境要因との連関について試験を行っているが概括的な観察に止まっている。

筆者等は先にトウガラシの果実の発育、採種について報告^{6,10)}を行つたが、本報告では開花現象についての観察と花粉の発芽機能、とくに温度との関係についての結果を述べる。

本文に入るに先立ち終始懇篤なる御指導と助言を賜

つた本学高嶋四郎教授、ならびに多大の援助を与えられた浮田定利氏に対し深甚なる謝意を表する。

II 材料及び方法

開花調査供試品種としては鷹の爪・伏見甘・Harris' Early Giant・California Wonder・Hungarian Yellow Wax および Tabasco を用い、花粉発芽試験においては Hungarian Yellow Wax の代りに在来中獅子を加えた。これらの品種は熊沢等^{12,13)}の品種分類および筆者等⁷⁾の品種分類に基づいて選んだもので、主な品種群を代表する市場品種である。

1955年3月10日播種し2回移植後5月15日本圃に定植した。育苗および本圃における栽培管理は京都地方における普通栽培に準じて行つたが、育苗中第1回移植後は冷床育苗とした。

開花調査は6,7,8月の3回にわたつて行つた。毎月初の1日～3日にわたり晴天日に連続して観察した。調査開始の前日に、翌日ないし翌々日咲と推定される蕾にラベルを附し、以後2時間おきに巡回して花別に開花・開約の状態を観察した。トウガラシの開花は最初蕾の先端が離れ、ついで花瓣が開き始める。その進行は Fig. 1 のごとくであるが本観察では3の状態に達した時をもつて開花とした。また開約は約の先端に始まり次第に基部に及ぶが肉眼的観察によつて明らかに約の裂開が認められる状態に達したものを開約とした。開花調査と同時に圃場気温を観測した。

花粉発芽試験については2寸径硬質ガラス皿を容器とし、培養基には、予備試験の結果いずれの品種についても最も好適であつた所の、蔗糖10%、寒天1.5%、pH 6.0のものを用いた。培養基の最適組成は志佐¹⁵⁾および熊沢⁸⁾の結果とほぼ同様である。置床5時間後にコトンプルーを滴下して固定し、発芽花粉数、花粉管長等を調査した。従来の報告では花粉発芽時間

* 本研究の要旨は昭和30年園藝學會秋期大會にて発表

** 西京大學農學部蔬菜園藝學研究室

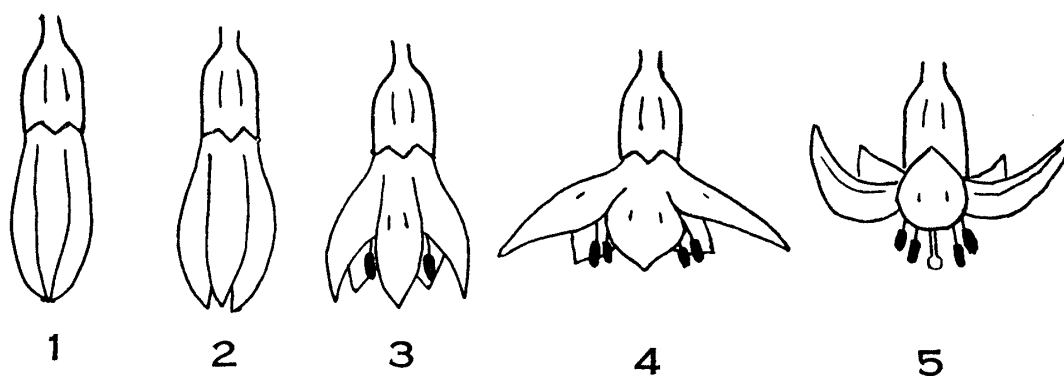


Fig. 1. The progression of flowering behaviour in pepper.

を12時間あるいは24時間としているものもあるが、発芽力の検定には5時間で充分であり、それ以上の時間を与えることはかえつて鏡検を妨げる様である。

温度試験には開約直後の新鮮花粉を用い、定温器及び電気冷蔵庫を使用して10～15℃の範囲で5℃間隔に8区を設けた。花粉の貯蔵はガラス皿を容器とし所定温度に一定時間保存後発芽試験を行つた。また別に品種鷹の爪を用い、8月の高温期（8月26日）と9月の比較的低温期（9月19日）の2回にわたり、開約直後の花粉を採集して圃場自然条件下に放置し、2時間ごとに花粉発芽試験を行い、発芽機能の時間的变化を追跡した。

III 結果及び考察

A. 開花現象

(1) 開花開約時刻

各観察時刻における開花開約花数は Table 1 のごとくである。また各観察期における気温日変化は Fig. 2 に示すごとくである。

COCHRAN³⁾によるとトウガラシの開花は早朝に起るといわれ、ERWIN⁴⁾は日出後2時間以内に行われると報告しているが、時期によつてかなり相違するもので、6月始の観察では午前6～10時に開花するものが多いが7・8月には午前4～8時にほとんど開花した。

7月と8月とでは開花時刻について大した差異はない

Table 1. Number of flowers which flowered and dehisced at each times

Month	Time	Variety	Takano-tsume		Fushimi-ama		Harris Early Giant		California Wonder		Tabasco		Hungarian Yellow Wax	
			Fl.	Deh.	Fl.	Deh.	Fl.	Deh.	Fl.	Deh.	Fl.	Deh.	Fl.	Deh.
June	A.M.	4	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	0	0
		6	0	0	1	0	2	0	0	0	—	—	2	0
		8	5	2	7	0	9	0	5	4	—	—	13	5
	P.M.	10	9	5	4	2	13	13	11	9	—	—	7	13
		12	2	9	0	9	4	13	2	4	—	—	2	4
		2	0	0	0	1	0	4	0	0	—	—	0	2
July	A.M.	4	3	0	0	0	0	0	1	0	—	—	0	0
		6	36	0	49	0	5	0	15	1	—	—	4	0
		8	16	31	9	24	29	9	22	12	—	—	5	3
	P.M.	10	3	26	1	32	0	18	3	17	—	—	1	5
		12	1	1	0	3	0	4	1	10	—	—	0	1
		2	0	0	0	0	0	1	1	0	—	—	1	1
August	A.M.	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6	60	5	54	3	5	12	21	14	7	0	3	1
		8	14	59	8	51	26	18	6	8	17	1	9	9
	P.M.	10	3	21	1	9	3	4	4	6	5	6	3	4
		12	1	0	0	3	1	0	0	1	8	26	1	0
		2	0	0	4	1	0	0	0	0	0	3	0	0

Fl. : Flowering

Deh. : Dehiscence of anther

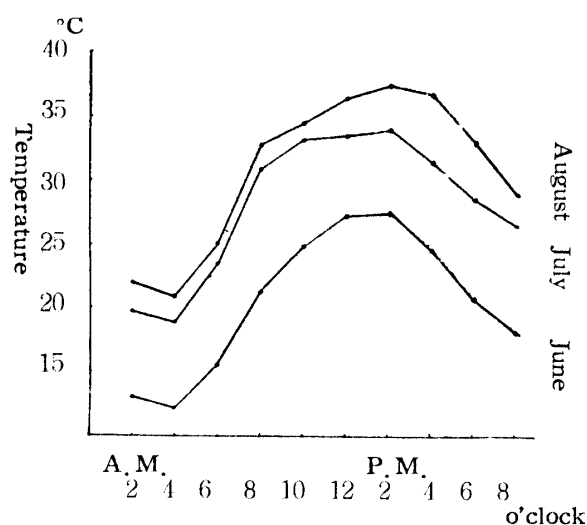


Fig. 2. Diurnal variation of the field temperature at the day when the observation of flowering was made.

が鷹の爪・伏見甘等の在来品種および California Wonder 等では8月において幾分開花時刻が早まっている。また6月、7月、8月と後期高温期になるにつれて、開花が一斉に行われる様になり、とくにこの傾向は在来品種において著しい。

開花は蕾時代における花瓣・雌雄蕊等の形態的生理的な成長および成熟が終り一定の環境条件下に開始されるものであるが、トウガラシの場合ではまず光線の照射刺激によつて開花が始まり、気温の上昇と空中湿度の減少によつて促進されるものと推察される。

開花時刻についてみると、Tabasco を除いて、6月

では午前8～12時に、7月には午前6～10時に、8月では午前8時までによく、後期高温期になるにつれて開花時刻が早まつており、気温の影響の大きいことが伺われる。また8月の高温期には鷹の爪・伏見甘の在来品種より Harris' Early Giant・California Wonder 等の洋系品種の方が開花の早いことがみられる。Tabasco においてはさらに品種間差異が明瞭で開花時刻は他品種と大差がないにもかゝらず開花時刻は著るしく遅れ8月の高温期にも10～12時に開花する花が多い。

(2) 開花期間

トウガラシの花では、正常な場合まず花瓣が展開して開花し次に開花が行われる。しかし開花は必ずしも開花当日に引続いて起るものではなく、Table 2 に示す様に開花の翌日になる場合がある。開花翌日の開花は各観察期のうち気温の低い6月に多く、とくに在来品種に多くみられる。7月、8月の高温期にはいずれの品種についてもほとんど開花当日に開花するが、Tabasco のみは8月の高温期においても36花中15花が翌日開花となつており、品種によつて開花に必要な温度条件がかなり違うものであることがうかがわれる。

また、とくに8月の高温期の観察の際 Harris' Early Giant・California Wonder 等の洋系品種では開花前すでに蕾中で開花している花がみられた。そのうちかなりの数が開花することなく終つており、これらはほとんどすべて落花し着果することがなかつた。しかし鷹の爪・伏見甘等の在来品種ではこれらの異常は全く認められなかつた。

Table 2. The relation between the date of flowering and the date of dehiscence of anthers

Month	Variety	The number of flower dehised			Average flowering periods days
		At the day of flowering	At next day of flowering	Total	
June	Takanotsume	2	11	13	3.2
	Fushimi-ama	2	10	12	4.0
	Harris Early Giant	26	0	26	2.7
	California Wonder	6	6	12	3.3
	Hungarian Yellow Wax	16	3	19	2.4
July	Takanotsume	59	0	59	1.7
	Fushimi-ama	59	0	59	1.7
	Harris Early Giant	24	0	24	1.7
	California Wonder	37	3	40	1.7
	Hungarian Yellow Wax	10	0	10	1.3
August	Takanotsume	79	0	79	1.3
	Fushimi-ama	67	0	67	1.6
	Harris Early Giant	33	0	33	2.0
	California Wonder	31	0	31	1.9
	Hungarian Yellow Wax	12	2	14	1.8
	Tabasco	21	15	36	1.8

Table 3. Influence of temperature on the pollen germination capacity (after 5 hours).

Variety	Takano- tsume	Fushimi- ama	Zairai Chushishi	Harris Early Giant	California Wonder	Tabasco
Temperature	%	%	%	%	%	%
10 °C	0.3 1.0	4.9 10.8	0.9 2.2	1.1 2.5	0 —	0.1 0.1
15	37.1 121.0	51.2 113.1	48.5 123.5	51.8 116.2	12.0 31.4	72.7 94.4
20	38.1 124.1	54.2 119.9	47.7 121.3	40.5 90.8	27.4 71.8	86.3 112.1
25	30.4 99.0	47.9 105.9	43.5 110.7	47.9 107.3	34.8 91.3	80.3 104.2
30	30.7 100.0	45.2 100.0	39.3 100.0	44.6 100.0	38.1 100.0	77.0 100.0
35	10.9 35.4	25.1 55.4	17.7 45.0	10.7 23.9	6.4 16.7	72.8 94.5
40	0.5 1.5	1.2 2.5	0.2 0.6	0.2 0.4	0 —	16.5 21.4
45	0 —	0 —	0 —	0 —	0 —	0.4 0.6

Figures in gothic show the index numbers based on the pollen germination capacity at 30°C.

Table 4. Influence of temperature on the pollen tube growth (after 5 hours).

Variety	Takano- tsume	Fushimi- ama	Zairai Chushishi	Harris Early Giant	California Wonder	Tabasco
Temperature	μ	μ	μ	μ	μ	μ
10 °C	69.8 5.5	93.0 7.1	50.4 5.4	41.9 3.6	—	46.5 3.7
15	181.4 14.3	264.8 20.1	148.8 16.0	344.5 29.5	188.4 17.5	270.0 21.7
20	368.9 29.1	381.1 28.9	242.4 26.0	390.6 33.4	200.0 18.6	438.8 35.3
25	949.6 74.9	1089.8 82.7	470.9 50.5	1000.0 85.5	913.7 84.8	958.1 77.0
30	1268.2 100.0	1317.8 100.0	931.6 100.0	1169.2 100.0	1077.7 100.0	1244.8 100.0
35	453.5 35.8	347.7 26.4	192.7 20.7	147.7 12.6	144.2 13.4	825.6 66.3
40	69.8 5.5	46.5 3.5	58.1 6.2	23.3 2.0	—	43.4 3.5
45	—	—	—	—	—	34.9 2.8

Figures in gothic show the index numbers based on the pollen tube length at 30°C.

トウガラシの花の寿命について、COCHRAN³⁾は開花の翌日ないし翌々日に落花すると述べているが、本観察の結果では開花後花の終るまでの平均日数は Table 2 に示すごとくである。6 月においては 7 月、8 月に比較していずれの品種も開花期間がかなり長い、これは気温の低いために開花時刻の遅いこと、授精に長時間を要すること等によるものと考えられる。

B. 花粉の発芽機能

(1) 花粉の発芽と温度との関係

10~45℃の各温度における供試各品種の花粉発芽率および花粉管伸長量は Table 3 および Table 4 に示すごとくである。各欄に太字で示した値は各品種別に 30℃における発芽率または花粉管長を 100 として表わした比数である。

トウガラシの花粉の発芽は多くの品種について 10℃ 附近から始まっている。発芽率のみについてみると、すでに 15℃ で California Wonder を除いて相当な値を示し、15~30℃ の範囲において高い発芽率を示している。しかし花粉管の伸長は 15℃ では未だはなはだ小さく 25℃ になつて急に大きくなり、30℃ において最高となつており、両者を一括した発芽活力は 30℃ において最大となる。しかし花粉発芽および花粉管伸長ともに 35℃ になると急激に阻害され、40℃ ではほとんど発芽していない。

品種間差異についてみると、Tabasco は 35℃ の高温下でもよく発芽しており、45℃ においてもなおごく僅か発芽を残す等高温によく適応している。また Harris' Early Giant・California Wonder 等の洋系品種は在来品種に比較して高温による発芽阻害をより大きく受けており、また発芽好適温度範囲が幾分低いことが察せられる。

(2) 開花後における花粉発芽機能の自然的変化

鷹の爪について開花後の自然条件下における花粉発芽機能の変化を観察した結果を観察日気温日変化とともに Fig. 3 に示す。8 月の高温期における観察では開花直後より発芽力の急激な低下がみられ、午後 3 時には 2% までに低下する。これに対し 9 月の比較的低温期では午前 11 時においても花粉発芽力の低下は僅かであり、以後気温の上昇とともに午後 1 時にはかなり低下するが 8 月区と比較すればはるかに高い発芽力を保持している。観察当日の関係湿度およびその日変化については両期の間に著しい相違がなかつた。このことから、両期における発芽力変化の相違は主として気温の影響によるものということが出来る。

(3) 花粉の貯蔵試験

第 3 図に示した鷹の爪花粉発芽機能の低下に関する

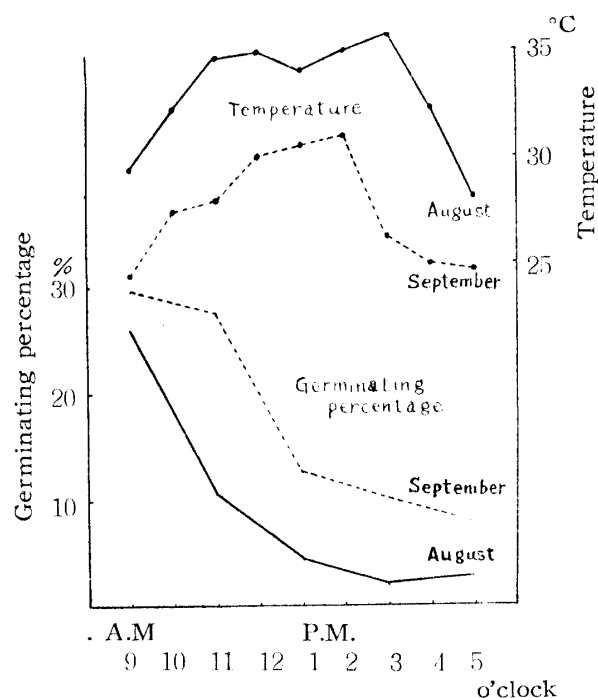


Fig. 3. Changes of the pollen germination capacity after flowering under the natural field conditions.

観察から、トウガラシ花粉の発芽力が開花後の自然環境とくに気温の影響に大きく支配されることが明らかであるが、開花後の時間経過の影響と温度の影響とを区別して調査するため、さらに鷹の爪・伏見甘・California Wonder の 3 品種を用いて花粉貯蔵試験を行つた。結果は Table 5 に掲げることである。開花直後の花粉発芽率が Table 3 の場合に比較して低いのは不稔花粉の多い高温期に試験を行つたためである。

いずれの品種についても温度の影響が大きくあらわれ、40℃ の高温貯蔵では 6 時間後で発芽機能はほとんど失われる。しかし 20℃ においた場合は、12 時間後でもかなり高い発芽率を示し、花粉管は 18 時間後においても良く伸びており、96 時間後でもなお発芽するものがあつた。また鷹の爪・伏見甘は California Wonder よりも花粉発芽機能の低下の程度の少いことがとくに貯蔵初期においてうかがわれる。

この結果から授粉のため花粉を保存する必要がある場合、20℃ 程度の温度に貯蔵すれば 12 時間後でも充分実用的に使用することができ、さらに 24~48 時間後でも或程度使用に耐えることが期待できる。

トウガラシ花粉の貯蔵による機能変化については、他に同品種の鷹の爪を用いた飯塚⁸⁾の報告がある。同氏は 26~31℃ の温度下に貯蔵を行つており、本実験と比較した場合、96 時間後において発芽力があつた

Table 5. Influence of storage temperature on the pollen germination capacity and pollen tube growth

Storage temperature °C		Vaiety								
		Taikanotsune			Fushimi-ama			California wonder		
Hours after strage		20	30	40	20	30	40	20	30	40
Immediately	germinating percentage		22.5%			21.7%		24.2%		
	pollen tube length		1174 μ			1188 μ		1465 μ		
6	germinating percentage	18.5	12.5	0.0	21.6	8.2	0.1	13.9	—	0.0
	pollen tube length	1171	1140	—	1430	1174	267	1221	—	—
12	germinating percentage	14.9	7.8	0.0	15.2	7.7	0.0	12.9	7.0	0.0
	pollen tube length	1000	1128	—	1256	1000	—	1233	814	—
24	germinating percentage	11.3	6.7	0.0	6.3	2.8	0.0	6.4	2.6	0.0
	pollen tube length	1221	814	—	1279	965	—	1116	837	—
48	germinating percentage	9.6	1.8	—	1.1	0.4	—	6.5	0.1	—
	pollen tube length	826	256	—	826	186	—	1171	174	—
96	germinating percentage	2.0	0.0	—	0.1	0.0	—	0.2	0.0	—
	pollen tube length	337	—	—	233	—	—	93	—	—

く失われる点はよく一致しているが、24時間、48時間後では開約時との比において同氏の場合の方が相当高率の発芽率を示している。両者の相違を来した原因は明らかでないが、花粉貯蔵には他の環境条件も関与するものであり、これらについてはさらに詳細な実験を行う必要がある。

IV 論 議

作物の授粉に関する研究に際してはまず最初に開花現象が詳細に調査される必要があるが、トウガラシについては現在まで ERWIN⁴⁾、COCHRAN³⁾ 等が概略の観察結果を報告していたのみであつた。本観察によつて開花開約の時刻および期間のいずれについても気温が大きく影響することが明らかになつた。気温の影響は開花時刻よりも開約時刻に大きくみられ、その結果開約時刻は開花時期によつて相当変動するから授粉の実施にあつては注意する必要がある。

トウガラシ花粉の発芽機能は温度に対しては相当敏感であり、その発芽力の変化は発芽基上に置かれると乾燥状態に放置されるとを問わず温度に大きく影響され、とくに30℃を超える高温下では機能の低下が甚だしい。これについては藤井⁵⁾もトマトとの比較においてトウガラシの花粉の方が気温の影響をより大きく受けることを見ている。このうち洋系品種は在来品種に比較してとくに温度に敏感であり、また発芽好適温度も在来品種より少し低いが、これに反してTabascoは特異な性質を示しており、これらに見られる品種間

差異はかなり明らかであるから品種間交配に当つては留意すべきであろう。また品種ごとの花粉発芽適温と開約時刻気温との間に深い関連がみられることも興味深い点である。

トウガラシは井上²⁾等の述べているごとく従来から授粉能率の悪い果菜として、また袋掛操作の害を受けやすい種類として扱われて来たが、これらについてはトウガラシ花粉が他の果菜に比較して発芽力保存期間が短かく温度に敏感でとくに高温の障害を受けやすいことに起因する点が大いものと推察される。ゆえにトウガラシの授粉、交配にあつては以上の点を充分考慮して、夏期には早朝に授粉を済ますなど交配時刻、交配時気温等について適正な認識が望ましい。また苗授粉についても、早朝授粉または花粉の低温貯蔵による夕刻授粉によつて或程度能率を高め得るのではないかと考えられる。これらの点については雌蕊の機能調査とあわせてさらに検討を進める必要がある。

V 摘 要

1. トウガラシの授粉、採種に関する基礎研究として開花現象の観察と花粉発芽試験を行い、とくに温度との関係を検討した。

2. トウガラシの開花は時期によつてかなり相違し、6月初には午前6～10時に多いが8月初の高温期には4～8時に早まつた。開約時刻は6月初には8～12時に多いが8月初では8時までほとんど開約した。品種間にも差がみられ、とくに Tabasco は他の品種に

比較して開葯時刻がおそく、8月初にも10~12時に開葯した。

3. トウガラシの花粉の発芽は10℃ 附近から始まり、25~30℃ が最適温度で、30℃ を超える高温では、花粉の発芽、花粉管の伸長とも急激に阻害された。しかし Tabasco のみは高温によく適応して35℃ においてもかなりよく発芽し、開葯時刻との関連がうかがわれた。また在来品種は洋系品種に比較して花粉発芽の温度に対する適応性がやや大きい様であった。

4. 開葯後の花粉発芽力は高温下では急速に失われるが、20℃ に保存した場合は2昼夜後にも相当発芽し、4昼夜後にも僅かながら発芽力を示した。

引 用 文 献

- 1) COCHRAN, H. L. : Factors affecting flowering and fruit setting in the pepper. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 29 ; 434-437, 1932.
- 2) ——— : Some factors influencing growth and fruit setting in the pepper (*Capsicum frutescens* L.). Cornell Univ. Agri. Exp. Sta. Mem. 190 ; 1936.
- 3) ——— : A morphological study of flower and seed development in pepper. Jour. Agri. Res. 56 ; 395-419, 1938.
- 4) ERWIN, A. T. : Anthesis and pollination of the *Capsicum*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 28 ; 1931.
- 5) 藤川健雄 : 蔬菜の一代雑種採種に関する研究。農林省農林水産業応用試験報告。1955.
- 6) 広瀬忠彦, 中川 正 : トウガラシ果実の発育と種子の発芽力との関係および追熟効果。西京大学々術報告。農学7号 ; 117~120, 1955.
- 7) 広瀬忠彦, 浮田定利, 高嶋四郎 : トウガラシ品種の特性。西京大学々術報告。農学8号 ; 44~50, 1956.
- 8) 熊塚宗夫 : 人為倍數性植物の稔性に関する研究。Ⅱ. トウガラシにおける雄性器官の寿命。育種学雑誌 1 (4) ; 229~232, 1955.
- 9) 井上頼数 : 蔬菜採種法各論。1950.
- 10) KANO, K., Fujimura, T., Hirose, T. and Y. Tsukamoto. : Studies on the thickening growth of garden fruits. I. On the cushaw, egg-plant and pepper. Memoirs Resear. Inst. Food Sci. Kyoto Univ. 12 ; 45-90, 1957.
- 11) 熊沢三郎, 南川勝次 : 茄, トマト, 蕃椒, 胡瓜, 南瓜の蕾授粉と自然交雑。園芸の研究。33 ; 118, 1937.
- 12) 熊沢三郎, 小原 赴, 二井内清之 : 本邦に於けるとうがらしの品種分化。園。学。雑。23(3) ; 152~158, 1951.
- 13) 九州農試園芸部 : トウガラシの品種分類。蔬菜試験研究年報 (昭和26年度) ; 40~41, 1953.
- 14) 正林和英 : とうがらしの F₁ 採種に関する研究 (予報)。園芸学会講演。1952.
- 15) 志佐 誠 : 茄科作物の花粉発芽試験に就いて。遺伝学雑誌。13(1) ; 43~46, 1937.

Summary

1) As the fundamental research of the pollination in pepper, the observation on the flowering and the pollen germination were carried out, especially on their relations to the influence of temperature.

2) Observation of the flowering was carried out in the field as usual. For the pollen germination, the medium with 10% sucrose and 1.5% agar was used. The pH of medium was adjusted to 6.0.

3) Time of the flowering and dehiscence of the anther changed considerably with season. Flowering was observed between 6 A. M. and 10 A. M. in early June, and between 4 A. M. and 8 A. M. in early August. Dehiscence of the anther

was observed between 8 A. M. and 12 A. M. in early June, and the most flowers dehised before 8 A. M. in early August. However, there were appreciable differences among varieties, for example, the anther of Tabasco var. was dehised at between 10 A. M. and 12 A. M. even in early August.

4) Generally speaking, the minimum temperature for the germination of pepper is about 10°C, optimum 25-30°C, and germination capacity and pollen tube growth are significantly decreased at temperature higher than 30°C. Nevertheless, pollen of Tabasco resisted to high temperature and germinated fairly well even at 35°C in contrast to other varieties. It appears that there is a close

relation between the time of dehiscence of the anther and the temperature of pollen germination. On the germination, pollens of native varieties have a higher adaptability to temperature than those of foreign varieties.

5) The germination capacity of pollen is rapidly decreased under high temperature, but, when the pollen is stored at 20°C, the capacity remain considerably high after 2 days, and a few pollen grains germinate even after 4 days.