

紫果物時計草の花の形態と結果に関する研究

石 畑 清 武

(指宿植物試験場)

昭和55年8月9日 受理

Studies on the Morphology of Flowering Organs and the Fruit Bearing in Purple Passion Fruit, *Passiflora edulis* Sims.

Kiyotake ISHIHATA

(Ibusuki Experimental Botanic Garden)

緒 言

紫果物時計草は自花稔性花とされている^{1,2,9,13)}が、放任下の状態では結果率は非常に低い^{5,15,16)}。このため栽培にあたっては人工受粉による結果率の向上が行われている^{5,16)}。この結果率は天候の影響を受けやすく、晴天時は90.6%、雨天時は6.7%という例が報告されている^{5,16)}。また池田等⁵⁾は開花期の後半期は前半期に比べ結果率が低下することを報告している。従来調査から開花時の花柱の形態的異常がこれらの要因の一つであろうと推測される⁶⁾。

紫果物時計草の花柱は3本に分岐しており、通常の開花時には外側に曲り、ほぼ水平に展開した花糸の先端で下向きになった葯と葯の間に位置する。花柱の形、花柱と葯の関係位置などによって、両者が接する接触型 Normal type、柱頭が葯の位置まで達せず葯の上方に位置する接近型 Recurved type、花糸は前二者同様展開するが、花柱は湾曲しない直立型 Upright type の3型に区別される⁶⁾(写真1)。これら各花型の着生は気温および日長、天候等の外的要因と関係があると推察される¹⁴⁾。これらの3花型のうち直立型花の結果は認められず⁶⁾、直立型花の着生が結果率低下の主因をなすものと思われたので、花型を異にする花の着生とそれらの結果との関係について実験を行い、二三の見解を得たので報告する。

なお本稿の校閲と有益な批判を賜った鹿児島大学農学部小倉弘司教授、研究に協力いただいた指宿植物試験場川畑久雄、有田重信、清野進各技官に謝意を表す。

方 法

材料は鹿児島大学指宿植物試験場内の垣根仕立栽培の実生3~5年株(2a)と農家の合掌仕立栽培の実生2~4年生株(30a)を供用した。実験は1978年から1980年にわたって行った。

実験Ⅰ 着花と花型について

花型については1978年5月12日と5月17日両日の5時から21時までの間における開花と開花後の花器の展開状況を中心にした経時的観察を基礎として判定した。

各花型花の着花数を1979年4月~5月に調査した。各型30花づつをとり、花の各部位の長さ、幅、子房の長径および直径、柱頭の長径および短径を測定した。

実験Ⅱ 花型と結果について

1979年5月21日~30日の間に農家の圃場で4回にわたって人工受粉を行い、花型別の結果と花型間の結果の関係を検討した。花型別受粉は前日に50~80の蕾に袋をかけ、翌日花型を確認しながら自花受粉した。花型相互間の受粉は前日100花に除雄、袋かけし、翌日花型を確認の上、前述花型別受粉用に袋かけした各花型の花粉を用い、接触型×直立型、接近型×直立型、直立型×直立型、直立型×接触型、直立型×接近型の人工受粉を行った。更に1979年5月24日、25日、28日に無袋条件下で直立型×直立型、直立型×接触型の人工受粉を行った。

実験Ⅲ 花型と花粉の発芽について

1979年の実験では直立型の花粉を人工受粉した場合接触型および接近型では高い結果率が得られたのに比べ、直立型花に各花型の花粉を人工受粉したものである結果が認められなかった。この受粉組み合わせでは柱頭上あるいは花柱内に花粉発芽および花粉管の伸長を阻

害するものの存在が推察された。従って直立型花の柱頭、花柱、子房と花粉の発芽との関係を追究するため柱頭、花柱上位および下位、子房の4部位に分け、それぞれ切り取り、それらの圧搾汁液を塗布した人工培地上で花粉発芽試験を行った。なお対照として接触型の柱頭花柱の圧搾汁を塗布した人工培地での花粉発芽試験を行った。別報⁷⁾の通り、紫果物時計草の花粉は人工培地のみでの発芽は認められなかったことから本実験では人工培地表面に雌ずい組織の圧搾汁を塗布して試験に供した。

寒天 2%、蔗糖 30%、硝酸カルシウム 0.1%、ホウ酸 0.02% の混合溶液をクエン酸⁸⁾ で pH6.2 に調整し、基本培地とした。凝固した薄片を硬質スライドガラスに貼付して発芽床とした。湿度を十分に保持したシャーレー内に置き、室温 25°C~26°C で花粉を発芽させた。

開花当日の直立型花柱頭、花柱上部、花柱下部、子房の各圧搾汁を別々の発芽床に塗布し、柱頭部×直立型花粉、花柱上位部×直立型花粉、花柱下位部×直立型花粉、子房部×直立型花粉、柱頭部×接触型花粉、花柱上位部×接触型花粉、花柱下位部×接触型花粉、および子房部×接触型花粉の組み合わせによる発芽試験を行った。花粉をまき置床24時間後に花粉発芽率を調査した。実験は4回反復した。

結 果

実験 I 着花と花型について

開花は日の出とほぼ同時刻にはじまる。開花開始後2~3時間できく片、花卉は展開し、葯の裂開はおわる。開花開始後まもなく花糸は花托に水平になり、葯は接合部を軸に下向きとなる。花柱は開花後から午後にかけて外向きに水平になり、更に葯の位置の方へ湾曲し、葯に接近または接触する。でき片、花卉、副花冠、花糸および花柱は夕刻には立上り閉花する。

直立型花の花糸と葯は接触型および接近型のそれと同様に正常に展開し、裂開するが、花柱は開花時より閉花時まで直立したままであった(写真1)。開花開始後の各花型の花器の展開状況を経時的に調査した結果を第1表に示した。花器の展開は日中気温が24°C~24.9°Cであった1978年5月12日には13時に、これよりやや低い21.5°C~21.8°Cであった5月17日には15時に完了した。その後は閉花の方向にあった。そこで日別着花数と花型の割合の推移を開花期間中14~15時の間に調査し、その結果を第1図に、期間中の気温を第2図に示した。調査した6053花のうち接触型76%、接近型17%、および直立型は7%であった。開花期初期から中期にかけては接触型花の着生率が高く、開花期後期には接近型花および直立型花の着生率の増加傾向がみられた。

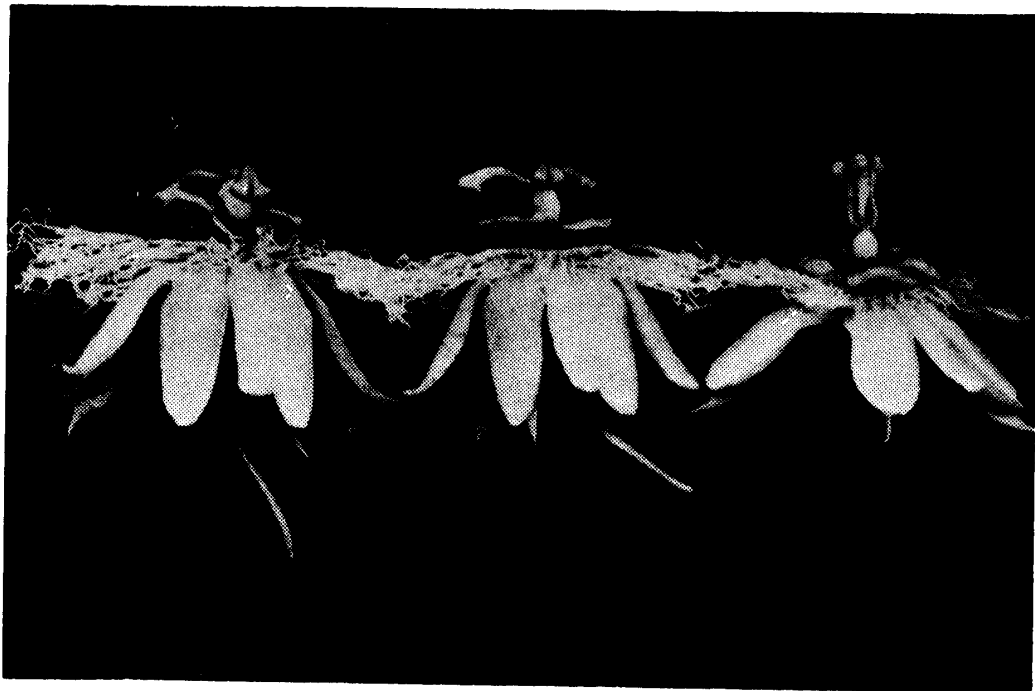


Plate 1. Three flower-types in purple passion fruit. Left: normal type, center: recurvate type, right: upright type.

Table 1. Progress of the evolution of the flowering organs with lapse of time after flowering in purple passion fruit

Time	May 12, 1978					May 17, 1978				
	Air temperature	Weather	Changes of flower shape with the lapse of time after flowering* ¹			Air temperature	Weather	Changes of flower shape with the lapse of time after flowering* ²		
			Normal type	Recurvate type	Upright type			Normal type	Recurvate type	Upright type
	°C					°C				
5.00	14.0	lightly cloud	0	0	0	11.9	fine	0	0	0
7.00	17.6	lightly cloud	0	112	4	14.6	fine	0	170	13
9.00	22.5	lightly cloud	16	96	4	18.7	fine	6	164	13
11.00	24.0	cloudy	55	57	4	21.5	fine	15	155	13
12.00	24.5	cloudy	77	35	4	21.3	fine	63	107	13
13.00	24.9	cloudy	86	26	4	21.8	fine	87	83	13
14.00	24.8	cloudy	78	34	4	21.7	fine	110	60	13
15.00	24.0	cloudy	63	49	4	21.6	fine	113	57	13
17.00	22.4	cloudy	43	69	4	22.5	fine	91	79	13
19.00	22.7	cloudy	6	106	4	18.6	fine	11	159	13
21.00	23.0	cloudy	0	112	4	15.4	fine	0	170	13

*1 Number of flowers was 116.

*2 Number of flowers was 183.

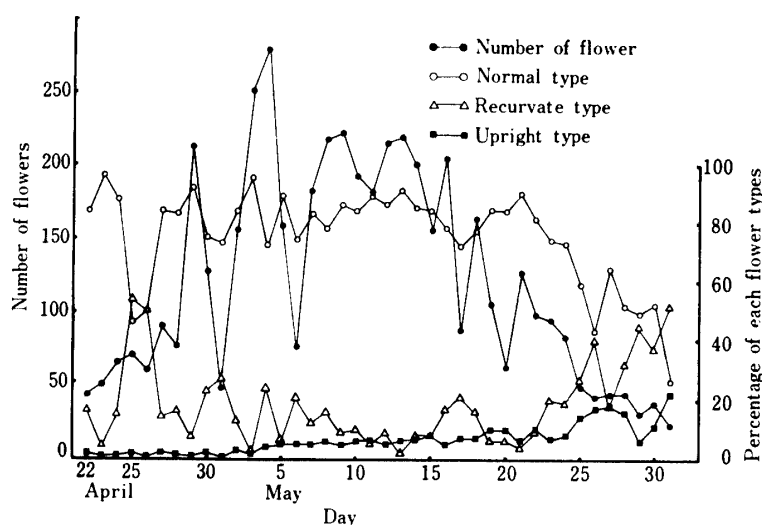


Fig. 1. Number of flowers and percentage of each flower type in field in 1978.

各型の花の形態的調査を行い各30花の平均値を第2表に示した。接触型と接近型の形態的差異は認めにくい。直立型は接触型および接近型に比べ花の直径、がく片および花弁の長さは小さく、特に雌ずい器管の花柱長、柱頭の長径および短径とも著しく小さい。3花型間の雌ずい器管の形態的差は認められなかったが、子房の長径では接触型の7.0mm、接近型7.1mmに比較して直立型は5.9mmとやや小さい。

実験Ⅱ 花型と結果について

人工受粉した各花型の自花受粉の結果を第3表に示した。260花を実験に供した。その内訳は接触型花73.5%、接近型花14.6%、直立型花11.9%であり、結果率はそれぞれ94.2%、89.5%、0%であった。前二者の結果率は高く、両者の間にはあまり差はみとめられなかったのに対し、直立型花は全く結果せず、前二者との間に明瞭な差が認められた。

花型相互間の人工受粉による結果率を第4表に示した。供用400花中接触型花240(60%)、接近型花111

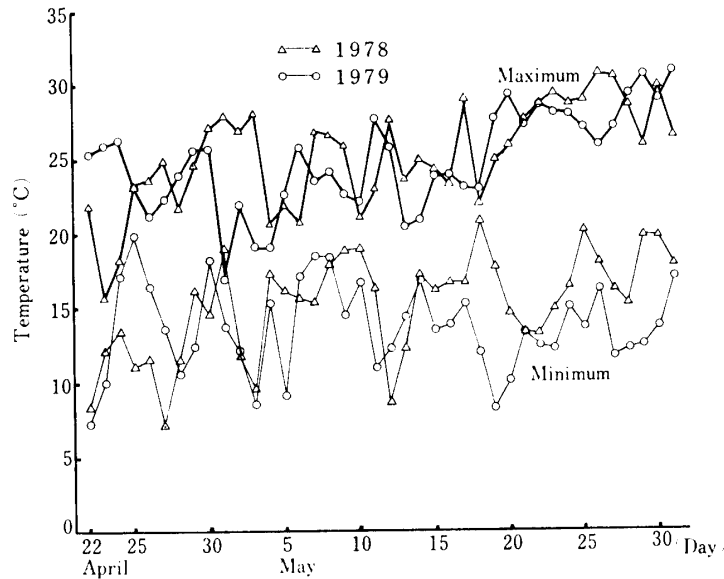


Fig. 2. Maximum and minimum temperature in field.

Table 2. Morphological characters of the three flower types in purple passion fruit

Type of flower	Cross-diameter of flower	Bracterial leaf		Sepal		Petal		Length of corolla
		Length	Width	Length	Width	Length	Width	
	cm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Normal type	6.8	13.9	11.4	27.9	11.5	23.7	7.2	18.5
Recurvate type	6.7	15.1	11.6	28.2	11.6	22.8	7.7	20.3
Upright type	6.1	13.7	11.6	24.9	11.7	21.4	6.8	18.6

Type of flower	Ovary		Length of style	Stigma		Filament		Anther	
	Length	Diameter		Length	Width	Length	Width	Length	Width
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Normal type	7.0	4.9	13.5	5.4	3.7	7.1	1.6	9.3	3.9
Recurvate type	7.1	4.9	13.7	5.6	3.6	7.4	1.6	9.0	4.0
Upright type	5.9	4.2	12.0	4.4	3.0	7.6	1.6	9.5	3.7

Table 3. Percentage of fruit bearing in each type of flower selfed artificially in purple passion fruit

Type of flower	Number of flowers	Number of fruit bearing	Percentage of fruit bearing
Normal type	191	180	94.2%
Recurvate type	38	34	89.5
Upright type	31	0	0
Total	260	214	82.3

(27.8%) および直立型花 49 (12.2%) で、直立型花を3つに分けて3花型花による受粉を行った。直立型花の花粉を受粉した接触型花は84.2%、接近型花では60.4%の結果率をしめた。これに対し各花型の花粉

Table 4. Effects of artificial crossing on fruit bearing of flower covered with bag under field condition

Type of flower and pollen	Number of flowers	Number of fruit bearing	Percentage of fruit bearing
Normal type × Upright type	240	202	84.2
Recurvate type × Upright type	111	67	60.4
Upright type × Upright type	16	0	0
Upright type × Normal type	17	0	0
Upright type × Recurvate type	16	0	0

Table 5. Fruit bearing of flowers pollinated artificially without bag under field condition

Type of flower	Number of flowers	Number of fruit bearing	Percentage of fruit bearing
Upright type × Upright type	122	0	0 %
Upright type × Normal type	170	0	0
Normal type × Upright type	200	172	86.0

Table 6. Effects of exudates from pistil and ovary of upright type flowers on pollen germination

Pollen	Portion of flower organ taken exudate	Number of pollens	Number of germinated pollens	Percentage of germination
Upright type flower	Stigma	1,046	9	0.86%
	Upper part of style	759	3	0.39
	Lower part of style	971	0	0
	Ovary (upright type flower)	1,172	2	0.17
Normal type flower	Stigma	1,188	9	0.75
	Upper part of style	1,040	0	0
	Lower part of style	902	0	0
	Ovary (upright type flower)	1,006	4	0.39
Control Upright type flower	Stigma and style (normal type flower)	1,016	165	16.24

を受粉した直立型花はすべて不結果であった。直立型花は開花前日の蕾の状態での確認が困難であったので、開花当日に自然条件下で開花したものについて確認したのち直立型花相互の間での他花受粉を122花、直立型花×接触型花の組合せで170花を受粉したが、これらはすべて不結果であった(第5表)。

実験Ⅲ 花型と花粉の発芽について

直立型花の柱頭、花柱および子房圧搾汁液を人工培地上に塗布し、圧搾汁液が花粉の発芽におよぼす影響を検討した。結果は第6表のとおりであった。各発芽床毎の花粉数は100～300粒の間であった。柱頭部と子房部圧搾汁塗布培地での直立型花粉の発芽はそれぞれ0.86%、0.17%であり、接触型花粉は0.75%と0.39%であった。花柱上部部圧搾汁塗布培地では直立型花粉は0.39%発芽したが、接触型花粉の発芽は認められなかった。花柱下部部圧搾汁塗布培地では直立型および接触型ともに発芽は認められなかった。しかるに接触型花の柱頭や花柱の圧搾汁を塗布した人工培地上では直立型花の花粉は16.24%のかなり高い発芽が認められた。このことから直立型花の柱頭や花柱内には強い花粉発芽抑制要因が存在することが推測される。

考 察

紫果物時計草は自家稔性とされているが、放任条件下では結果率は低く^{5,15,16)}、特に雨天時に低下が甚だしいことが知られている。人工受粉によって結果率を高めることは可能であるが^{5,16)}、経済栽培条件下ではその実施は困難とされている。ハワイあるいはアフリカでは Carpenter bee (*Xylocopa varipancta* Patton) あるいは Wasps (*Polistes spp.*) などが Pollinator として有用であることが報告されている^{1,2,3,10)}。この昆虫は南九州には生息していない。蜜蜂 (*Apis indica japonica* Radoszkowski) の飛来訪花はあるが、結果率の向上に対して人工受粉ほどの効果は得られていない⁶⁾。

紫果物時計草の雄ずい器管は正常に発達し、ほぼ相似した形態をしめすが、雌ずい器管では形態的に大きな変異が見られる。花柱の形によって接触型、接近型および直立型の3型に類別できる。直立型の花柱は接触および接近型の花柱と異り、早朝の開花から夕刻～夜半の閉花まで直立のままの形態を保っている。

3花型のうち直立型花での結果は認められず、直立型花の着生は果実生産を目的とした営利栽培上で大きな障害となるものと思われる。近縁種である *Pas-*

siflora edulis Sims. f. *flavicarpa* Degn. にも直立型に類似した花が着生し、これらは結果しにくいことが報告されている²⁾。

本研究で調査した1979年4月22日～5月31日の期間における3花型の着生割合は第1図に見られる通り、経日的にわずかつつ変り、5月20日以後の開花後期には、直立型は10～22%に増加し、接近型花も漸増した。これに反し、接触型花は漸減した。紫果物時計草は熱帯低地では生育しにくく^{4,9,12)}、標高500m～3,000mの高地が適地とされている^{4,9,11)}。後期の直立型花の増加の一要因として生長に対する温度の影響が推察される。1979年4月下旬の開花初期における平均最高気温は24.2°C、平均最低気温13.5°Cであり旺盛な生育をしたが、開花後期の5月下旬には平均最高28.4°C、平均最低14°Cで最高温度はかなり高温となり(第2図)、生長はやや鈍った。このようなことから開花期の気温が生長と花器の発達に影響を及ぼす可能性が考えられよう。

直立型の花粉は他の花型花へ受粉すると結果をみる、直立型花の柱頭へ3花型の花粉を受粉しても結果は認められなかった。この原因として柱頭および花柱組織内に花粉発芽あるいは花粉管伸長阻害物質の存在の可能性が考えられる。筆者⁷⁾は接触型の柱頭と花柱の圧搾汁液を人工培地に塗布しその影響を検討し、接触型の場合には45.0%の発芽を認めている。一方本実験では、接触型花の柱頭花柱圧搾汁を塗布した人工培地上では直立型花の花粉は16.24%の発芽したのに対し、直立型花の柱頭花柱の圧搾汁液を塗布した人工培地上では直立型および接触型の花粉はほとんど発芽しない。柱頭部および子房部圧搾汁を塗布したものは極くわずかであるが発芽をみた。しかし花柱下位部圧搾汁を塗布した培地では発芽は全く認められなかった。異なる花型間の受粉実験では直立型柱頭上での花粉の第芽はわずかながら認められたが、柱頭組織内に伸長した花粉管は更に少なかった。Gilmartin³⁾はclone間で不親和性をしめす*P.e. f. flavicarpa*ではclone間で受粉されると花粉は未発芽のまま留まっているが、まれに発芽しても花粉管は80μ以上には伸びないことを報告している。花粉発芽および花粉管伸長の抑制作用物質は柱頭ならびに花柱のいずれにも存在し、その作用は後者においてより強いものである。いずれにしても直立型の花の増加は結果率の低下の主因と思われる。

摘 要

本研究では紫果物時計草の花型と結果との関係を明らかにするため、1978年～1980年にわたって、各花型の着生、開花結実の状況を経時的、経日的に調査するとともに、花粉の発芽を検討した。その結果は次のとおりである。

1. 紫果物時計草の花は早朝開花し、夕刻より夜半に閉花した。もっとも特徴的な雄ずい、雌ずい器管の展開は13時～15時に行われた。

紫果物時計草の花は開花時の花柱ならびに柱頭の形状と葯との位置関係から接触型 Normal type, 接近型 Recurve type および直立型 Upright type の3型に分けられる。前二者は形態的にはほぼ似ているが、直立型は前二者に比べ、花の直径、がく片、花弁長、花柱長、柱頭の長径および短径、さらに子房の長径が明らかに小さい。

2. 6053花を実験に供用したが、それらは接触型76%、接近型17% および直立型7%であった。

3. 人工受粉を行った自花受粉花の結果率は接触型花では94.2%、接近型花89.5% 直立型花0%であった。直立型花花粉を受粉した接触型花は84.2%、接近型花は60.4%の結果率をしめしたが、各花型花の花粉を受粉した直立型花はいづれの場合も結果率は0%であった。

4. 直立型の柱頭、花柱上部および下部、子房など各部位の圧搾汁を塗布した人工培地上では接触型および直立型の花粉は柱頭および子房部の圧搾汁液塗布区では極くわずかながら発芽するものが見られたが、花柱圧搾汁液を塗布した区では発芽は全く見られなかった。一方接触型花の柱頭花柱圧搾汁を塗布した人工培地では直立型花の花粉の発芽は16.24%であった。

文 献

- 1) Akamine, E.K., and Girolami, G.: Problems in fruit set in yellow passion fruit. *Hawaii Farm Sci.* 54, 3-5 (1957)
- 2) Akamine, E.K., and Girolami, G.: Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. *Tech. Bull. Hawaii Agr. Exp. Stat.* 39, 1-44 (1959)
- 3) Gilmartin, A.J.: Post-fertilization seed and ovary development in *Passiflora edulis* Sims. *Tropical Agric.* 35, 41-58 (1958)
- 4) Goto, B.: Passion fruit culture *Univ. Hawaii Ext. Circ.* 345, 7-23 (1956)
- 5) 池田三雄, 大畑徳輔, 伊藤三郎, 石畑清武: 亜熱帯果実の生産技術と流通利用に関する研究, 農林水産特別試験研究費補助金による研究報告, 鹿児島大学農学部, 32-46 (1978)

- 6) 石畑清武: 果物時計草の花の形態と受精に関する研究, 園芸学会昭和53年秋季大会研究発表要旨, 90-91 (1978)
- 7) 石畑清武: 日本熱帯農業学会第46回講演会研究発表講演要旨, 19-20 (1979)
- 8) 岩波洋造: 花粉学大要. p. 141-143, 風間書房, 東京 (1971)
- 9) Jaramillo, J.A.: Primero resultados de un ensayo sobre el cultivo de la curuba (*Passiflora spp.*). *Agricultura Trop.* **13**, 301-308 (1957)
- 10) Kuhne, F.A.: Cultivation of granadillas. *Farming S. Africa* **43**, 11, 29-32 (1968)
- 11) Leigh, D.S.: Developing better passion-fruit. *N.S.W. Dept. Agr. Div. Hort. Bull.* **H205**, 1-5 (1970)
- 12) Martin, F.W., and Nakasone, H.Y.: The edible species of *Passiflora*. *Econ. Botany* **24**, 333-343 (1970)
- 13) Nishida, T.: Ecology of the pollinators of passion fruit. *Univ. Hawaii, College Trop. Agr. Tech. Bull.* **55**, 5-38 (1963)
- 14) Watson, D.P., and Bowers, F.A.I.: Long days produce flowers on passion fruit. *Hawaii Farm Sci.* **14**, 3-5 (1965)
- 15) Whittaker, D.E.: Passion fruit, agronomy, processing and marketing. *Trop. Sci.* **14**, 1, 59-77 (1972)
- 16) 弥富忠夫・石崎義人: パッションフルーツの開花結実に関する研究. 山口大学農学部学術報告, **9**, 991-997 (1958)

Summary

Studies on the relationship between the morphology of flowering organs and the fruit bearing in the purple passion fruit, *Passiflora edulis* Sims were carried out during the period from 1978 to 1980. The results obtained were summarized as follows:

1. It was noted that the flowering of the purple passion fruit begins early in the morning and closes during the evening to night. A characteristic phase of evolution in flowering organs on the flowering day was observed in the lapse of time from 13:00 to 15:00.

According to the appearance of the floral organs in flowering the flowers of purple passion fruit were classified into the 3 types: the normal, the recurvate, and the upright. Morphologically, the first two types were similar, but the upright type was noted to be much smaller than the first two types in the following items: the diameter of the flower, lengths of sepal and petal, the length of style, the length and width of the stigma and length of the ovary.

2. Of the 6053 flowers investigated, 76% was normal type, 17%, recurvate type and 7%, upright type.

3. The percentage of fruit-bearing by artificial self-pollination was 94.2 (%) in the normal type flowers, 89.5 (%) in the recurvate type flowers and 0 (%) in the upright type flowers. In the case when the pollens from the upright typed flowers were artificially pollinated, fruit bearing was observed in 84.2% in the normal typed flowers, 60.4% in the recurvate typed flowers, but in the case when the upright typed flowers were artificially pollinated with the pollens from any one of the 3 types, fruit bearing was noted to be 0%.

4. In the case when the pollens from the normal typed flowers and the upright typed flowers were placed on the artificial cultural medium smeared with the exudates out of the following locations; the stigma, the upper and the lower parts of the style and the ovary of the upright typed flower, only a few of them germinated on the medium smeared with the exudate out of stigma and ovary, but none of them germinated on the medium smeared with the exudate out of the style. On the other hand, percentage of germination in the control smeared on the medium with the exudate out of the stigma and the style of the normal typed flower was noted to be 16.24%.