

紫果物時計草の人工受粉による結果率および果実品質の向上

石畑清武・林 満*・池田三雄**

(指宿植物試験場・*熱帯作物学研究室)

昭和58年8月10日 受理

Improvement of Fruit Set and Fruit Quality by the Artificial Pollination in Purple Passion Fruit, *Passiflora edulis* Sims.

Kiyotake ISHIHATA, Mitsuru HAYASHI* and Mitsuo IKEDA**

(Ibusuki Experimental Botanic Garden, *Laboratory of Tropical Crops)

緒 言

紫果物時計草 (Purple passion fruit, *Passiflora edulis* Sims.) は、1920年代に鹿児島県に導入された¹⁴⁾。1949年頃からまず指宿地方で青果および家庭加工用として栽培が始まり、消費の拡大に伴って栽培面積が急激に増加した。1964年指宿市にジュース加工工場が建設されて以来、本格的な栽培が始まり、宮崎県南部や奄美大島地方にも栽培されるようになった。とくに指宿地方では、1966年の栽培面積24ha、果実生産量16万kgに達したが、その後栽培面積、生産量ともに漸減を続け、1975年には2haにまで減少した。このような生産の衰退の原因として、低収量ならびに植付け後数年でおこる樹勢の劣化とそれに伴う減収が指摘されてきた。このような状況のもとで、ジュース加工業者は、やむなく原料を海外に求めたが、国内産原料の風味上の優秀性を認めて、増産をさらに奨励するようになった。また、紫果物時計草ジュース嗜好者の増加とともに、青果としての需要も増大してきている。そして、加工用原料および青果用販売価格ともに上昇し、増産への意欲も再度高まりつつある。そこで、著者らは栽培技術上の問題点を重点的にとりあげ、おもに人工受粉による果実の品質向上に関する知見をうるための基礎的な研究を行なった。

材 料 と 方 法

調査ならびに実験は、1977年に鹿児島県指宿市の農家のほ場栽培のものについてなされた。

1. 果実の形質調査

棚仕立、4年生のほ場から、成熟の早い3樹と成熟

の遅い2樹を選定して、前者は7月26日に、後者は8月4日に果実の収穫を行い、合計125個の果実を測定に供した。これらの果実を果皮の着色度合で、一部赤紫色果、半赤紫色果および全赤紫色果の3段階に分け、果重、果実の縦径および横径、果皮の重量(果皮重)と厚さ、果汁の重量(果汁重)と容量(果汁量)、種子数を測定した。測定後に果汁歩合ならびにそれぞれの測定値の平均値と標準誤差および変動係数を算出した。つぎに、果汁重と諸形質の相関係数、果皮の着色の3段階別の果重、果皮重、果汁量および果汁Brixの平均値と標準誤差を求めて、着色度がこれらの形質に関連を有するか否かを調べた。

2. 開花および結果の状況

合掌仕立、2年生のほ場の80株について、5月25日より6月22日におよぶ開花期における毎日の開花数を調べ、その内の558花に開花月日を記し、その結果数を調べ、結果率を算出した。

3. 開花および結果習性

合掌仕立、2年生のほ場で、無病で標準的な1株を選定して、株より前年に分枝した主枝にラベルを付し、さらにこの主枝よりの分枝および新梢の着生節位を調査して、それらにラベルを付し、新梢の伸長に伴って開花する節位とその開花月日を記録した。開花期終了から7日目に結果数を測定した。

4. 人工受粉による結果率および果実の品質向上

合掌仕立、2年生ほ場において、晴天日の5月24日、27日、28日および31日の4回と雨天日の5月26日、30日および6月7日の3回の合計7回に人工受粉処理を行った。処理は自花受粉、他花受粉および無処理の3区で、5月24日には各区10花ずつを処理し、他の6回は各区20花ずつを処理した。花が開花し、柱頭が下向きに湾曲した後に花粉を柱頭に丁寧受粉

** 鹿児島大学名誉教授
Emeritus Professor, Kagoshima University

して、硫酸紙の袋をかけ、結果調査日まで放置した。無処理区はラベルのみを付し、放任した。

結果と考察

1. 果実の形質調査

果実の諸形質の平均値、標準誤差および変動係数を Table 1 に示した。果実の縦径が横径よりもやや大であるが果形はほぼ丸形である。縦径の平均値は Purseglove²⁰⁾ や Ochse¹⁸⁾ の報告、果実重は Pope¹⁹⁾、片山⁹⁾、弥富²²⁾ の報告とほぼ一致した。変動係数は、果形の変動係数が他の形質のそれよりも小さく、内部の果皮重、果汁重および種子数のそれは大きく、内部の質的な因子によって変動することが示されている。果実の縦径、横径の変動係数は小さく、よく揃った果実である。果皮の厚さは 4~5mm で変動が小さいが、果皮重の変動係数は大きく、果皮に含まれる水分量の変動によるものと考えられる。果汁の Brix は意外に変動係数が小さく、安定したジュース原料といえよう。種子数の変動係数に関与している因子は受精の良否であると推定される。果実重に対する果汁重の比率（果汁歩合）は 34% で、この数値は亜熱帯地方におけるこの果実の果汁歩合に比べ、平均的な数値である¹³⁾。しかし、ハワイでは改良の努力が実り、果汁歩合 40% の黄色時計草の系統が見出されている²⁾。柑橘などに比較して果汁歩合の低いことがこの紫果物時計草の最大の弱点であるので、果汁歩合を向上させることが今後の最大の課題であろう。

果汁重と他の形質との相関係数を Table 2 に示した。果汁は種子の周囲に形成される仮種皮の汁のう

(Juice sack) の中に形成されるので、果汁重と種子数との間の相関は極めて高いと予想されたが、やや低い値 ($r=0.65^{**}$) がえられた。しかし、この数値は、果汁重に対して種子数が約 40% の影響力を有することを示しており、種子数は注目すべき要因であるといえよう。それ故に、品質向上のために、より多数の種子数を確保する方法の確立がきわめて重要な課題であると同時に、残り 60% の支配要因の解明が今後必要であろう。果汁重と果実重との間に有意な高い相関が認められるのに反し、縦径や横径との間の相関に低く、果実の重さあるいは果汁のような内的要因が品質決定に重要であることがわかる。

果実の着色程度と諸形質との関係を Table 3 に示した。果重、果皮重、果汁重および果汁量にはいずれも着色度の違いによる影響はみられない。しかし、果汁 Brix では全体赤紫色に着色したものが、他の 2 つの着色度のものよりも 5% 水準で有意に高かった。Chandler³⁾ は果皮の着色度は必ずしも成熟の指標とはなり得ないと述べているが、本実験の Brix に関しては着色度が指標となりうることを示され、十分に着色した果実を収穫した方がよいといえる。

2. 開花および結果の状況

80 株の日々の開花数およびランダムに選定した 558 花の結果率ならびに実験地の気温を Fig. 1 に示した。蕾は新梢の各節に着生し、基部の方から順次発達開花する。同一新梢において、開花から次節の開花までの日数に規則性はなく、翌日に開花するものから 10 日間を要するものまで変動があったが、2 日~3 日間隔に順次開花する場合が最も多かった。中には落蕾する

Table 1. Fruit characteristics in purple passion fruit

	No. of fruits examined	Fruit			Rind weight	No. of seeds	Juice		
		Length	Cross diameter	Weight			Volume	Weight	Brix
		cm	cm	g	g		ml	g	°
Means and SE	125	5.0±0.26	4.4±0.29	36.6±5.38	15.5±3.10	130±20.70	12.0±2.30	12.4±2.48	15.8±1.00
CV (%)		5.2	6.5	14.7	20.0	15.8	19.1	20.0	6.3

Table 2. Correlation between weight of fruit juice and other characteristics of fruit in purple passion fruit

	Length	Cross diameter	Fruit weight	Rind weight	Juice volume	No. of seeds
Correlation coefficient	+0.30**	+0.50**	+0.85**	+0.62**	+0.96**	+0.65**

** Significant at 1% level.

Table 3. Some fruit characteristics influenced by the stages of fruit ripeness in purple passion fruit

Stages of ripeness	No. of fruits examined	Fruit weight	Rind weight	Juice		
				Weight	Volume	Brix
Beginning of purple	28	36.7±1.10 ^g	15.4±0.44 ^g	12.3±0.44 ^g	12.0±0.46 ^{ml}	15.6±0.21 [°]
Half reddish purple	32	36.5±1.10	15.9±0.23	12.0±0.45	11.6±0.36	15.5±0.18
Full reddish purple	65	36.7±0.69	15.5±0.30	12.7±0.30	12.2±0.28	16.0±0.11

The values are given as means and SE.

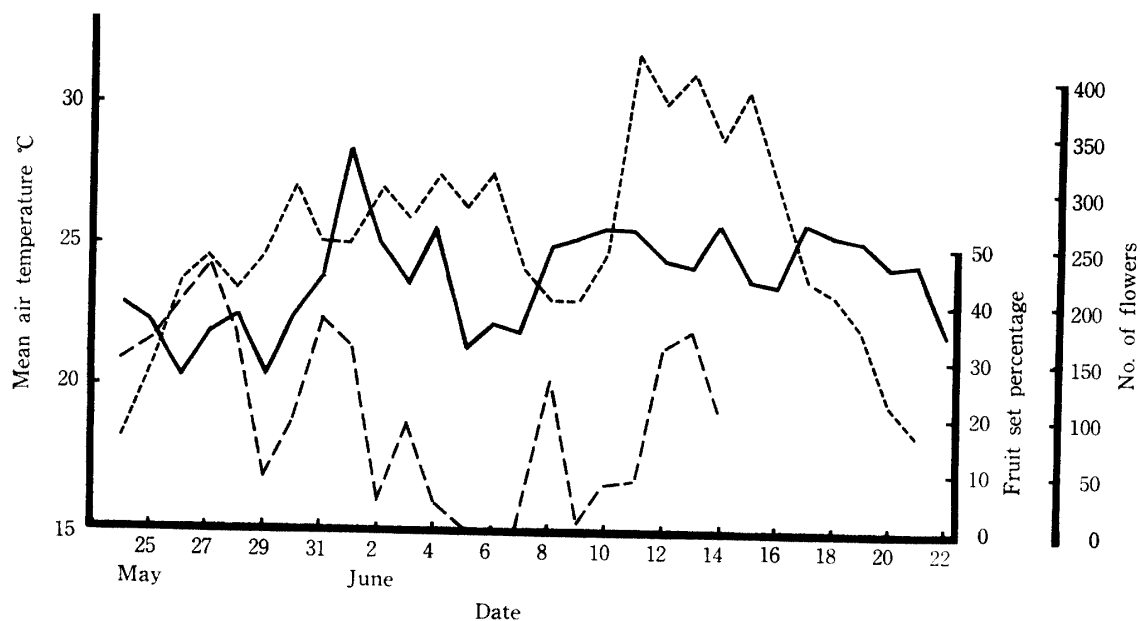


Fig. 1. No. of flowers and fruit set percentage under natural pollination during flowering season in 1977 in purple passion fruit, and air temperature in field.
— ; Air temperature, ---- ; No. of flowers, — — — ; Fruit set percentage.

ものもあるがその数は非常に少なく、80株の総開花数は7,244であった。日々の開花数には明らかな差があり、その中で6月7日から10日の4日間に開花数の著しい落ち込みがあった。この原因は晴天および雨天の天候条件よりもむしろ6月5日から3日間にわたる夜間の低温の影響であろうと推定され、オーストラリアで認められている極端な低温による結果不良^{11,16)}の原因の一つにこの低温時の開花数の減少が関与しているのではないかと推察される。また、この調査期間以降（6月下旬以降）も新梢は伸長をつづけ、蕾は各節位に着生したが、未発達のまま全て落蕾した。この開花期以降の蕾の未発達および落蕾の原因の一つとして30°C以上の高温や光条件などが関与していることを認めている（未発表）。

558花の結果率は14%と非常に低く、開花開始期と終了期に結果率が高くなっている。日々の結果率には大きな差があり、これはとくに天候の影響によるものと推定された。

3. 開花および結果習性

合掌仕立、2年生の1株について、前年の5本の主枝とそれに着生した分枝から発生した新梢ごとに関花および結果を調べ、Fig. 2に示した。開花期間は2の実験と全く同じであった。1株の総開花数124のうち、24個が結果し、その結果率は19.3%で、2の実験とはほぼ同率であった。開花数は主枝の発生順位と深く関係することが示され、最も早く発生したIの主枝に関花数が最も多く、発生の遅れた主枝ほど開花数が減少する。主枝節位の30節から40節までの節位から発生

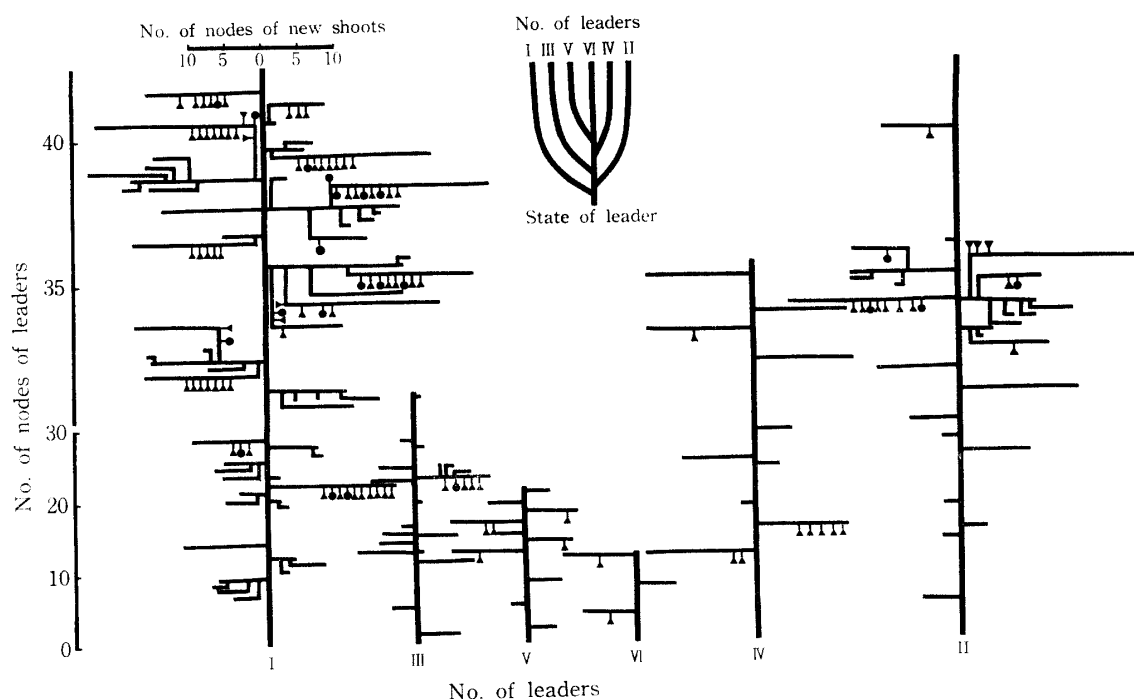


Fig. 2. Flowering and fruiting habit of two-year-old vine in purple passion fruit.
▲; Flowering, ●; Set fruit.

する新梢に開花数が多く、下位の新梢の開花数は少ない傾向がみられた。新梢における開花節位はほぼ10節以内であり、それ以上の節位の蕾は落下した。

現在、指宿地方では棚仕立および合掌仕立が中心であり、せん定の方式は全く確立されておらず、植付後枝条は放任状態で、数年後には過繁茂の状態となり、これが果実生産を著しく低下させている一因と考えられる。前年に発生した主枝のうち、最も強勢な2枝だけを残して、他の弱勢のつるを全てせん除することが最も肝要であると考えられ、このようなせん定作業の効率を向上させるためには棚仕立法を垣根仕立法に改める必要がある。さらに、果実の生産力は植付後2

年目が最高で以降生産力が低下すると報告^{6,12,16,21)}されているので、生産可能な年限だけ栽培を継続する現在の方式を改め、改植を早めて、増収をはかることが必要であろう。

4. 人工受粉による結果率および果実の品質の向上

人工受粉が結果率に及ぼす影響を晴天時処理と雨天時処理に分けて Table 4 に示した。表中の人工受粉処理の個体数が無処理の2倍になっているのは、自花および他花の花粉を用いて同数の花に処理を行い、その結果にほとんど差異が認められなかったため、両者の合計値を表示したためである。

結果率に対する人工受粉の効果は著しく、とくに晴

Table 4. Effects of artificial pollination on the fruit-set in purple passion fruit

		Fine weather						Rainy weather					
		May 24	27	28	29	31	Total	Average	May 26	30	June 7	Total	Average
Artificial pollination	No. of flowers	20	40	40	40	40	180		40	40	40	120	
	Fruit set percentage	80	93	90	90	100		90.6	26	38	5		23.0
Natural pollination	No. of flowers	10	20	20	20	20	90		20	20	20	60	
	Fruit set percentage	40	20	10	0	25		19.0	5	0	15		6.7

天日における効果が雨天日のそれよりも大であった。すなわち、晴天時の人工受粉処理区の結果率 90.6% は無処理区のその約 5 倍に相当した。この 5 倍の結果率によってもたらされる栽培上の問題点は別として、自然受粉区の 20% 以下の結果率は Fig. 1 に示したように、あまりにも少なすぎるのではないかと考えられ、紫果物時計草栽培においては人工受粉またはそれに類似した処理を行うことが必要であろう。

晴天時に人工受粉処理された果実の形質と自然受粉

のそれとを比較して Table 5 に示した。人工受粉によって果実重、種子数および果汁重の 3 形質は、いずれも顕著な増加を示し、またその変動係数も著しく低下して、果実の揃いもよく、果実の品質が改善された。すなわち、人工受粉によって、果実重が 11%、種子数が 29%、果汁重が 31% といずれも増加し、その結果、果汁歩合が 5% 増加したといえる。

上述のように、果実の生産向上に対する人工受粉の顕著な効果を認めたので、ここで紫果物時計草の受粉

Table 5. Effects of artificial pollination on some characteristics in purple passion fruit

	No. of fruits examined	Fruit weight	No. of seeds	Juice	
				Weight	Brix
Artificial pollination	40	41.7±0.86 ^g	142.6±2.86	13.9±0.55 ^g	14.0 [°]
Natural pollination	20	37.7±1.49	110.9±8.13	10.6±0.88	13.8

The values are given as means and S.E.

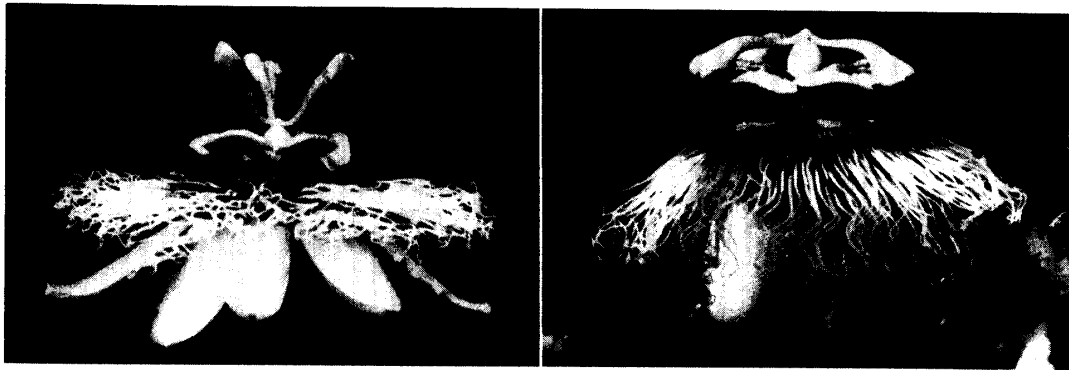


Fig. 3. The styles and anthers of flower in purple passion fruit. Left; the bending of styles begins after flowering. Right; the styles are bent down to bring the stigma-level with the anthers.



Fig. 4. A honey bee, pollinator, which is about to gather nectar from flower in purple passion fruit.

について考察を試みたい。この植物の花は極めて美麗で、やや大きく、蜜腺から豊富に蜜を分泌し、虫媒花の条件を備えているのに、指宿地方では昆虫の訪花は極めて少ない。開花は日の出頃から始まり、柱頭は最初は上向きに位置しているが、時間の経過に伴って花柱が次第に外側に湾曲し始める (Fig. 3)。一方雄ずいも花糸が開花と同時に伸長して外側に湾曲し始め、葯の裂開部は外側から下向きに反転して、自花受粉には非常に不都合にみえる状態となる。大多数の花の花柱は正午頃になると横に曲り、柱頭が葯の間またはやや上部の位置まで下がり、柱頭と葯が並ぶようになる⁸⁾ (Fig. 3)。細い糸状の花糸に吊られた葯は風によって、動揺する仕組みになっていて、いかにも風媒花の様相を呈している。しかし、変種の黄色時計草 (*Passiflora edulis* Sims. var. *flavicarpa* Degn.) は花の構造が紫果物時計草に類似していながら自家不稔性で、虫媒花である^{1,2,16)}。また紫果物時計草においても訪花昆虫が非常に少ないものの、ミツバチ (Honey bee)^{7,10)}、クマバチ (Carpenter bee)^{4,5,10,17)} の訪花による結果率の向上が認められており、変種と同様に虫媒花と思われる (Fig. 4)。一方、雨天時の人工受粉処理の効果は、晴天時のそれよりも大きく劣り、無処理での結果も同じであった。雨天時には葯の裂開が抑えられ、また裂開しても花粉は飛散がよくないように観察された。昆虫の訪花は晴天の日よりも一層少なく、雨天の日には自然受粉の機会が非常に少ない。これらが雨天の日の結果率を晴天の日より低下させている理由とも考えられる。さらに重要なことは花粉の湿気による破裂である。Leigh¹¹⁾ は雨中の花粉は 20 秒間位で破れることを認めており、著者らも雨天時に柱頭を採取して室内で受粉して顕鏡し、花粉が 5~20 秒間に破裂するのを観察した。しかし、全部破裂するのではなく、10%~20% の花粉は正常であった。したがって、自然受粉では、受粉の機会が少ない上に受粉前または受粉したのも水気のために破裂してしまうものと考えられる。以上のような点で、人工受粉による結果率の向上、または晴天日と雨天日での結果率の差異が現われるものであろう。

摘 要

紫果物時計草果実の人工受粉による結果率および果実品質向上に関する知見をうるために研究を行った。結果は次のとおりである。

1. 果実の諸形質に関する測定値の変動係数は、果皮重、果汁重、種子数などの内的な形質で大きく、果

形を表わす形質で小であった。果実の果汁重と他の全ての形質との間には 1% 水準で有意な相関が認められ、とくに、果実重、種子数との間で相関係数は大であった。果実の諸形質のうち Brix 果汁のみが熟度による影響をうけた。

2. 蕾は 4 月~6 月に伸長した新梢の各節に着生し、基部側から順次発達開花した。同一新梢上で順次開花する日数には規則性はなく、1~10 日間の変動があった。そして、開花期のうちで日々の開花数は大きく変動したが、開花数の減少は夜間の低温による影響と推定された。

3. 2 年生樹の結果習性は Fig. 2 のとおりである。開花数は発生の早い基部の主枝に多く、しかも主枝の 30~40 節から発生する新梢にもっとも多かった。そして、新梢における開花節位はほぼ 10 節以内でそれ以上の節位の蕾は落下した。

4. 晴天時における自然受粉による結果率は 19.0% であったが、人工受粉すると結果率は 90.6% と著しく向上した。雨天時の自然受粉と人工受粉の結果率はそれぞれ 6.7% と 23% であった。人工受粉の効果は晴天時において雨天時より大であり、雨天時には柱頭上の花粉が極めて短時間に破裂するのが観察され、これが雨天時の効果を小さくしているおもな原因であると推察された。

5. 人工受粉によって果実重、種子数および果汁重が著しく増加し、それらの形質の変動係数も小さくなり、果汁歩合が高まり、品質の向上が認められた。

謝辞 本研究に協力をいただいた鹿児島大学農学部指宿植物試験場川畑久雄、有田重信、清野 進、井立田三郎各技官に謝意を表する。

文 献

- 1) Akamine, E.K. and Girolami, G.: Problems in fruit set in yellow passion fruit. *Hawaii Farm Sci.* **5**(4), 3-5 (1957)
- 2) 池田三雄: Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. *Hawaii Agr. Exp. St., Univ. of Hawaii, Bull.*, **39**, 3-44 (1959)
- 3) Chandler, H.W.: *Evergreen Orchard*, p. 306-310. Lea Febiger, Philadelphia (1958)
- 4) Cox, J.E.: Flowering and pollination of passion fruit. *Agricultural Gazette*, **68**(11), 573-576 (1957)
- 5) Gilmartin, A.J.: Post-fertilization seed and ovary development in *Passiflora edulis* Sims. *Trop. Agr. (Trinidad)*, **35**, 41-58 (1958)
- 6) 池田三雄: クイーンズランドの果物時計草栽培,

- 熱帯園芸, **10** (1), 55-88 (1940)
- 7) 石畑清武: 紫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, 99-91 (1978)
- 8) : 紫果物時計草の形態と結果に関する研究. 鹿大農学術報告, **No. 31**, 25-31 (1981)
- 9) 片山義勇・斉藤泰治・重山俊男: 暖地に於る新導入作物としての果物時計草, 宮崎大学農学部研究時報, **5** (1), 18-28 (1959)
- 10) Kuhne, F. A.: Cultivation of granadillas. *Farming S. Africa*, **43**(2), 29-32 (1968)
- 11) Leigh, D. S.: Developing better passion fruit. *N.S.W. Dept. Agr. Div. Hort. Bull.* **H205**, 1-5 (1970)
- 12) Malan, E. F.: Die produksie van grenadillas. *Boerdery S.-Afrika*, **28**, 407-424 (1953)
- 13) 内藤信隆・金房和巳・藤津卓三: パッションフルーツ (果物時計草) の利用に関する研究. 九州農業研究, **21**, 118-119 (1959)
- 14) 中山定徳: 玉利喜造先生伝. p. 256-263. 玉利喜造先生伝紀編纂事業会, 鹿児島 (1974)
- 15) New South Wales Department of Agriculture, Division of Horticulture: Passion fruit growing. *Bull.* **H318**, 5-23 (1975)
- 16) Nishida, T.: Pollination of the passion fruit in Hawaii. *J. Economic Entomology*, **51** (2), 146-149 (1958)
- 17) : Ecology of the pollinators of passion fruit. *Hawaii Agr. Exp. St. Bull.* **55**, 5-37 (1963)
- 18) Ochse, J. J.: *Tropical and Subtropical Agriculture*. vol. **1**, p. 709. MacMillan, New York (1961)
- 19) Pope, W. T.: The edible passion fruit in Hawaii. *Hawaii Agr. Exp. St. Bull.*, **74**, 1-21 (1935)
- 20) Purselglove, J. W.: *Tropical Crops, Dicotyledons*. p. 422-426, Longman, London (1968)
- 21) Wills, J. M. and Groszmann, H. H.: Growing passion fruits and granadillas. *Queensland Agr. J.* **87**(11), 680-688 (1961)
- 22) 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

For the purpose of ascertaining the effect of artificial pollination on the improvement of the fruit set and juice quality in purple passion fruit, *Passiflora edulis* Sims., the investigation was carried out. The results obtained are as follows.

1. The coefficients of variation of the internal characteristics, such as rind weight, juice weight, and seed-number were large, while that of the external one, *i.e.* fruit size was small. Between the fruit-juice weight and all the fruit characteristics other than this, was observed a significant correlation at 1% level. Especially, between fruit-juice weight, and the fruit weight and the seed-number was observed the correlation coefficients larger than those observable in other characteristics. Of the many fruit characteristics, only the brix of juice was correlation positively with the stage of fruit ripeness.

2. It was at the respective leaf axils on the shoots newly elongated during the period from April to June that the emergence of flower buds occurred. In the number of days to be spent before the flowering at one node was followed by that at another node on the same shoot, there was not any regularity, varying within the period ranging from one to ten days. This is to say that, through the flowering season, remarkable fluctuations were noted in the number of flowerings on a vine at every fixed day. The decreasing in flowering at a certain period was considered to be due to the lower temperature at night.

3. The flowering and the fruiting habits of the two-year-old vine were as shown in Fig. 2. Comparatively large number of flowers were produced at the shoots newly emerged out of the nodes of leaders, ranging from the 30th to the 40th. Generally, the occurrence of the flower-development in new shoots was confined within the 10th node, and most of the flower buds initiated at the nodes situated higher than this, failed to develop and came to be dropped.

4. In fine weather, the average fruit set percentage by natural pollination was fixed to be

19.0%, while that by artificial pollination was enhanced to be 90.6%. In rainy weather, the one by natural pollination, and the other by artificial one were 6.7% and 23%, respectively. Hence the ascertainment that the effects of artificial pollination in fine weather was higher than those in rainy weather. The cause of the lower percentage of the fruit set noted in rainy weather was assumed to be due to the fact that in rainy weather the pollen grains placed on the stigma burst within a very short period of time.

5. Remarkable increasing in fruit weight, seed-number, fruit-juice weight, and juice percentage as well as the improvement in fruit quality were brought forth by the application of the artificial pollination.