

熱帯果樹の生長に及ぼす地温の影響

1. 栄養生長にみられる樹種間差異について

石畑清武・水野宗衛*

(1986年9月17日 受理)

On the Effects of the Soil Temperature upon the Growth of Some Tropical Fruit-Trees

1. Difference of the Growth among the Fruit-Trees

Kiyotake ISHIHATA and Soei MIZUNO*

緒 言

熱帯性果樹類を温帯地域で栽培する場合、低温期における気温と地温がこれらの生長を規制することが予測される。生長への気温と地温の影響に関しては蔬菜類^{2,3-13,16,17,21-23,29}や水稻^{1,24,27}について報告があるものの、果樹類については少ない^{14,18}。特に、温帯地域での熱帯性果樹の栽培は施設下で行われるので、これらの適切な栽培を行ううえから、好適な地温の究明が望まれているにもかかわらず、現在までこのような試みは行われていない。そこで、本研究では熱帯性果樹の施設栽培を行うための指針を得るために、異なる地温がこれら果樹の地上部及び地下部の生長に及ぼす影響を検討した。

本研究の遂行に協力いただいた鹿児島大学農学部指宿植物試験場川畑久雄元技官、有田重信技官に深謝の意を表す。

材料と方法

シャカトウ *Annona squamosa* L., アセローラ *Malpighia emerginata* DC., パパヤ *Carica papaya* L., バンジロウ *Psidium guajava* L., グレンシ *Averrhoa carambola* L. 及びムラサキクダモノトケイソウ *Passiflora edulis* Sims を供し、1985年4月から1986年3月に、鹿児島大学農学部指宿植物試験場で実験した(第1表)。アセローラではさし木苗を、他の果樹では実生苗を用いた。実験開始時の苗の大きさは第2表に示すとおりであった。ポリエチレン製6号懸崖鉢に砂壤土と鹿沼土(粗粒)とを1:1に混合した土を用いて、1鉢当り苗5株を植えた。鉢植え1~2週間後、ガラス温室内に設置した土壤恒温槽(大起式土壤恒温槽 DIK=6,400, 第1図)内に材料を置いた。恒温槽の水温は15°, 20°, 25°, 30°, 及び35°Cに設定した。鉢用土表面には発泡スチロール片を敷き外気温の影響を少なくするように努めた。実験開始60日後に各温度区当り1果樹5株(1鉢)を水洗しながら抜き取り、幹長、幹基部径(幹径)、葉数、地上部乾物重及び地下部乾物重を調査した。鉢用土内中心部と地表面の温度を自動記録計で観測した。実験ガラス温室内の気温は第3表に示すとおりであった。室内温度は外気温より高温で推移した。実験鉢用土内中心部の地温は設定温度土

*玉川大学農学部 (Faculty of Agriculture, Tamagawa University)

第1表 供試材料と実験期間

Table 1. Experimental materials and periods for the experiment

種名 Species	一般名 Common name	和名 Japanese name	科名 Family	期間 Periods
<i>Annona squamosa</i> L.	Sugar apple	シャカトウ	<i>Annonaceae</i>	1985年7月24日～9月22日 July 24 to September 22, 1985
<i>Malpighia emerginata</i> DC.	Acerola, West Indian cherry	アセローラ	<i>Malpighiaceae</i>	1985年10月24日～12月23日 October 24 to December 23, 1985
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	パパヤ	<i>Caricaceae</i>	1985年10月24日～12月23日 October 24 to December 23, 1985
<i>Psidium guajava</i> L.	Guava	バンジロウ (グアバ)	<i>Myrtaceae</i>	1985年4月23日～6月22日 April 23 to June 22, 1985
<i>Averrhoa carambola</i> L.	Star fruit	ゴレンシ	<i>Oxalidaceae</i>	1985年4月21日～6月20日 April 21 to June 20, 1985
<i>Passiflora edulis</i> Sims	Purple passion fruit	ムラサキクダモ ノトケイソウ	<i>Passifloraceae</i>	1986年1月21日～3月22日 January 21 to March 22, 1986

第2表 処理開始時の苗の大きさ

Table 2. Plant size in the time of the beginning of the treatment

種名 Species	幹長 Trunk height	幹径 Trunk cross diameter	全重 Total fresh weight
	cm	mm	g
<i>Annona squamosa</i> L.	8.2～8.6	2.1～2.3	0.50～0.60
<i>Malpighia emerginata</i> DC.	3.0～4.0	2.3～2.6	0.80～0.90
<i>Carica papaya</i> L.	5.0～5.5	2.5～2.8	0.50～0.60
<i>Psidium guajava</i> L.	6.8～7.3	1.0	0.80～0.82
<i>Averrhoa carambola</i> L.	3.1～3.5	1.0～1.1	0.35～0.38
<i>Passiflora edulis</i> Sims	7.0～8.0	9.0～10.0	1.20～1.40

0.71°Cであったが、地表面は外気温度の影響を受け、7月～9月では設定温度±2.1°C、その他の月では±1.6°Cの変異があった。

結 果

各地温下における供試果樹の生育状況を第2図に示した。

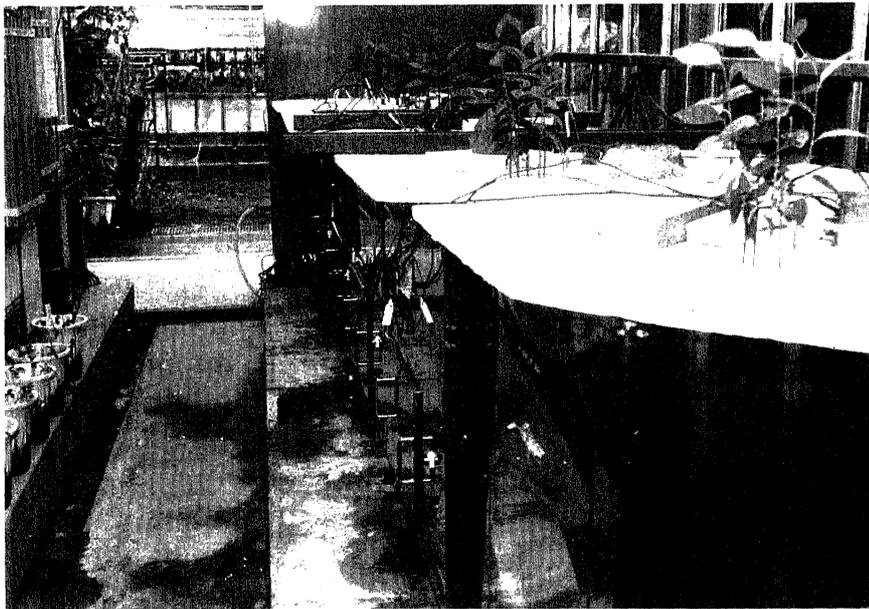
1. 樹種別生育状況

シャカトウ：幹長，葉数，地上部乾物重及び地下部乾物重の最大値は30°C区，各形質の最小値は15°C区でえられ，地温の生長への影響がみられた。幹径の最大値は30°C区の4.0 mmで，他の地温

第3表 実験室内外の平均最高最低気温 (°C)

Table 3. Climatic condition in experimental periods in the glasshouse and the field(°C)

年 Year		1985										1986		
月 Month		4 Apr.	5 May	6 June	7 July	8 Aug.	9 Sep.	10 Oct.	11 Nov.	12 Dec.	1 Jan.	2 Feb.	3 Mar.	
ガラス温室 Glasshouse	最高 Max.	27.0	28.0	29.8	34.8	35.3	34.5	29.1	28.6	25.7	25.7	29.3	30.2	
	最低 Min.	19.0	19.6	22.4	26.8	26.8	25.1	20.8	18.9	15.8	14.9	15.5	17.5	
屋外 Field	最高 Max.	22.7	26.3	28.1	30.5	32.2	31.7	27.1	19.4	13.2	11.4	11.9	16.1	
	最低 Min.	12.8	17.4	20.1	24.5	23.9	19.7	13.4	10.3	5.3	3.5	4.1	7.2	
	地下10 cmの地温 Soil temperature in depth of 10 cm	16.8	21.9	24.5	29.5	27.6	26.5	20.3	14.0	8.6	6.4	7.4	11.4	



第1図 実験水槽

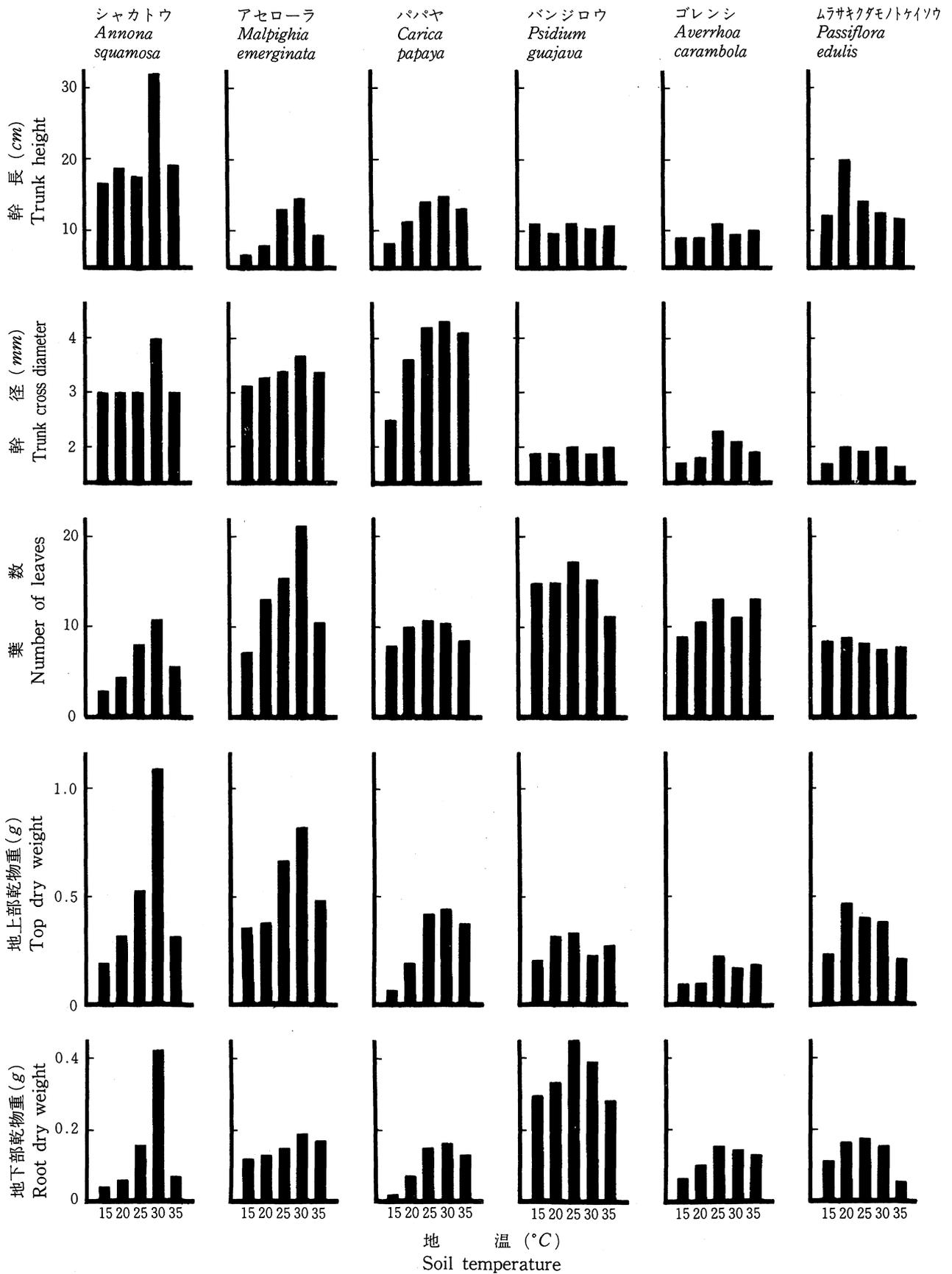
Fig. 1. Constant-temperature water bath

区では3.0 mmであった。

アセローラ：各形質の最大値は30°C区，最小値は15°C区で認められ，特に，幹長，葉数及び地上部乾物重では地温の影響が顕著にみられた。

パパヤ：葉数を除く各形質の最大値は30°C区でえられ，25°C区の値も極めて類似した。葉数の最大値は25°C区でえられ，30°C区のそれとの差は小さかった。各形質の最小値は15°C区でえられた。

バンジロウ：幹長，葉数，地上部乾物重及び地下部乾物重の最大値は25°C区，幹径の最大値は25°C



第2図 熱帯果樹の生長に及ぼす地温の影響

Fig. 2. Effects of the soil temperature upon the growth of the tropical fruit-trees.

区と30°C区で認められたが、各地温区間の差は小さく、最小値については明確な傾向は見出せなかった。

ゴレンシ：葉数を除く各形質の最大値は25°C区でえられ、30°C区の値もかなり類似した。葉数の最大値は25°C区と35°C区でえられ、各形質の最小値は15°C区でえられた。

ムラサキクダモノトケイソウ：幹長、葉数及び地上部乾物重の最大値は20°C区でえられた。地下部乾物重の最大値は25°C区でえられ、20°C区の値も極めて類似した。幹径は20°C区と30°C区で大きかったが、25°C区でも大差は認められなかった。このように、多くの形質は20°C区で大きな値を示したが、各形質の最小値は35°C区で観察された。

2. 形質別生育状況

幹長：20°C区で最大値を示したのはムラサキクダモノトケイソウ、25°C区ではゴレンシ及びバンジロウ、30°C区ではシャカトウ、アセローラ及びパパヤであった。15°C区で最小値を示したのはシャカトウ、アセローラ、パパヤ及びゴレンシ、20°C区ではバンジロウ、35°C区ではムラサキクダモノトケイソウであった。

幹径：20°C区と30°C区で最大値を示したのはムラサキクダモノトケイソウ、25°C区ではゴレンシ、25°C区と35°C区ではバンジロウ、30°C区ではシャカトウ、アセローラ及びパパヤであり、幹径増大への地温の影響は幹長とほぼ同様であった。15°C区で最小値を示したのはアセローラ、パパヤ、ゴレンシ及びムラサキクダモノトケイソウ、35°C区ではバンジロウであった。

葉数：各樹種で地温区間の差がやや大きくみられた。20°C区で最大値を示したのはムラサキクダモノトケイソウ、25°C区ではパパヤ及びバンジロウ、25°C区と35°C区ではゴレンシ、30°C区ではシャカトウ及びアセローラであった。15°C区で最小値を示したのはシャカトウ、アセローラ、パパヤ及びゴレンシであり、ムラサキクダモノトケイソウは30°C区で最小値を示したが、35°C区との差はわずかであった。バンジロウは35°C区で最小値を示した。

地上部乾物重：各樹種とも、生長量への地温区間の差がやや大きくみられた。20°C区で最大値を示したのはムラサキクダモノトケイソウ、25°C区ではバンジロウ及びゴレンシ、30°C区ではシャカトウ、アセローラ及びパパヤであった。15°C区で最小値を示したのはムラサキクダモノトケイソウを除く各樹種、35°C区ではムラサキクダモノトケイソウであった。

地下部乾物重：25°C区で最大値を示したのはバンジロウ、ゴレンシ及びムラサキクダモノトケイソウ、30°C区ではシャカトウ、アセローラ及びパパヤであった。15°C区で最小値を示したのはシャカトウ、アセローラ、パパヤ及びゴレンシ、35°C区はバンジロウとムラサキクダモノトケイソウであった。地下部乾物重量増加に対する地温の影響は地上部乾物重のそれとほぼ同様な傾向であった。

考 察

地温と生長との関係を樹種ごとに総合すると、おおむね、高温側で生長量の大きいグループ、低温側で生長量の大きいグループ及び中間的な温度で生長量の大きいグループに分けられる。第2図で明らかなように、シャカトウ、アセローラ及びパパヤは地温30°C位で、ゴレンシ及びバンジロウは25°C位、ムラサキクダモノトケイソウは20°C位で最大値が得られた。したがって、シャカトウ、アセローラ及びパパヤは高温生長型、ムラサキクダモノトケイソウは低温生長型、その他は中間型、

つまり25°C程度で生長量の大きな型の果樹群ということになる。

気候上、熱帯は20°C以上の月平均気温が1年間にわたって続く地域、亜熱帯はこれが4～11カ月の地域とされている^{15,19,20,28)}。本実験に供した材料を地温が生長に及ぼす影響の大きさから熱帯、亜熱帯の気候的条件によって分けると、シャカトウ、ゴレンシ、パパヤ、アセローラ及びバンジロウは熱帯性、ムラサキクダモノトケイソウは亜熱帯性の性質を持つ果樹と考えられる。南九州の一部ではムラサキクダモノトケイソウは屋外で栽培され、地上部は弱い降霜によって若干の寒害をうけるものの、地温(第3表)が低くても地下部が枯死するには至らない。このことは、クダモノトケイソウが20～15°Cという地温で生育量の大きかった事実(第2図)から納得できよう。

一般に温帯地域での熱帯、亜熱帯性果樹の栽培には低温期の温度管理の困難さが隘路となっている。しかし、ムラサキクダモノトケイソウに関する上記の事実は、これに似た、地温に対する生長反応特性を持つ果樹であれば、温帯地域では無加温施設内で栽培できる可能性があることを示したものと見えよう。

上述のように、同じ熱帯果樹といわれるものでも、種類の違いによって好適地温は異なることが認められた。ただし、植物の生長に対する好適地温は気温の高低によっても左右されることはいうまでもない。しかしながら、本実験においては地温処理能力に限界があるため、全供試材料を同一季節に同一気温下で実験できなかった。したがって、この地温と気温とが生長に及ぼす相互作用についての説明は今後の課題としたい。

摘 要

熱帯性果樹類生長に及ぼす地温の影響を明らかにするために実験を行った。15°Cから35°Cまで5°C間隔で水温を調節した5段階の恒温水槽内に実生又は挿し木由来の苗を植えたプラスチックポットを置き、実験開始60日後に幹長、幹径、葉数、地上部乾物重及び地下部乾物重を調査した。

1. 地温は葉数、地上部乾物重及び地下部乾物重の増加に著しく影響を与えた。
2. 生長好適地温はシャカトウ、アセローラ及びパパヤでは30°C位、ゴレンシ及びバンジロウでは25°C位、ムラサキクダモノトケイソウでは前二者よりやや低温側にあった。
3. 生長の最も抑制された地温はシャカトウ、アセローラ、パパヤ及びゴレンシでは15°C、ムラサキクダモノトケイソウでは35°Cであった。

文 献

- 1) 朝隈純隆. 1952. 暖地に於ける灌漑水温が水稻の生育に及ぼす影響について. (第1報). 九州農業研究, 10: 47-48.
- 2) Cooper, A. J. 1973. Influence of rooting-medium temperature on growth of *Lycopersicon esculentum*. Ann. appl. Biol., 74: 379-385.
- 3) 藤井健雄・伊東 正・椎名不二男・湊 莞爾. 1962. 果菜栽培温度に関する研究. (1). トマト, キウリの育苗における気温, 地温の影響について. 千葉大園学報, 10: 59-70.
- 4) 藤井健雄・伊東 正. 1962. 果菜栽培温度に関する研究. (2). ビニールハウス定植時の気温, 地温がトマト, キウリの発育に及ぼす影響について. 千葉大園学報, 10: 71-79.
- 5) 藤重宣昭. 1971. トマトの生育におよぼす根温の影響. 気孔の開閉ならびに葉内水分量の変化

- について. 園学要旨. 昭46秋, 140-141.
- 6) 藤重宣昭・杉山直儀. 1967. トマトの生育に及ぼす地温の影響. 花芽分化と果実生産への影響. 園学要旨. 昭42秋, 148-149.
 - 7) 藤重宣昭・杉山直儀. 1968. 果菜類の生長におよぼす地温の影響. (予報). 園学雑, **37**: 221-226.
 - 8) 藤重宣昭・杉山直儀. 1969. トマト苗の無機成分・窒素成分・炭水化物濃度に及ぼす根温の影響. 園学要旨. 昭44秋, 192-193.
 - 9) 堀 裕・新井和夫・細谷 毅・小山田光男. 1968. 培地温と気温の組合せがそ菜の生育ならびに養分吸収に及ぼす影響. 園試報A, **7**: 188-214.
 - 10) 位田藤久太郎. 1979. 生物生産と環境調節. (2). 地温と養分の吸収. 農及園, **54**: 691-697.
 - 11) 門田寅太郎. 1959. 蔬菜の幼根の生長に対する主要温度の研究. 高知大農研報, **8**: 1-95.
 - 12) 加藤 徹. 1964. 果菜育苗中の地温・気温と苗の生態との関係. 農及園, **39**: 1135-1136.
 - 13) 松原茂樹・米安 晟. 1970. 施設栽培における気温・地温の影響について. (第1報). 加温方法の相違がキュウリ・トマトの生育に及ぼす影響. 園学要旨. 昭45秋, 162-163.
 - 14) 森田義彦・板倉 勉・築取作次. 1956. 冬の地温が柑橘砧木の生育に及ぼす影響について. 園学雑, **24**: 222-226.
 - 15) Ochse, J. J., M. J. Soule, Jr., M. J. Dijkman and C. Wehlburg. 1961 "Tropical and Subtropical Agriculture". MacMillan, New York, 20-26.
 - 16) 小川 章・橘 昌司. 1976. そ菜の根の機能に関する環境生理学的研究. (第2報). キュウリ品種の根の物質輸送能力におよぼす根温の影響. 園学要旨. 昭51秋, 192-193.
 - 17) Phatak, S. C., S. H. Wittwer and F. G. Teubner. 1966. Top and root temperature effects on tomato flowering. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **88**: 527-531.
 - 18) Reddy, Y. N. 1975. Bottom heat — a new technique for rooting hardwood cutting of tropical fruits. Current Science, **44**: 444-445.
 - 19) Samson, J. A. 1980. "Tropical Fruits". Longman, London, 12-19.
 - 20) 佐々木 喬. 1958. 「熱帯農業」, 日本熱帯農業学会, 東京, 1-2.
 - 21) 佐藤紀男・堀 裕. 1970. 夜間の地・気温条件がイチゴの生育・収量に及ぼす影響. 園学要旨. 昭45秋, 170-171.
 - 22) 鈴木英治郎. 1970. 「温室メロン栽培の基礎」, 誠文堂新光社, 東京, 61-66.
 - 23) 高橋和彦. 1975. 「施設園芸における環境制御技術」, 高倉 直編, ソフトサイエンス社, 東京, 11-12.
 - 24) 時枝茂夫・和田士郎・河野 正. 1962. 早期栽培水稻の登熟に関する研究. (第1報). 結実期間中の地温が登熟に及ぼす影響. 中国農業研究, **10**: 9-11.
 - 25) 植木健至. 1959. 高水温障害(水稻)に関する一考察. (予報). 鹿大農学術報告, **8**: 107-112.
 - 26) 植木健至・寺山保彦. 1954. 暖地における水稻生育に及ぼす灌漑水温の影響について. (第1報). 低水温効果の時期別観察. 鹿大農学術報告, **3**: 7-13.
 - 27) 植木健至. 1971. 南九州とくにシラス地帯における水稻生育に及ぼす灌漑水温の影響. 鹿大農学術報告, **21**: 1-41.
 - 28) Webster, C. C. and P. N. Wilson. 1980. "Agriculture in the Tropics". Longman, London, 1-10.

- 29) 山崎肯哉・岡部勝美, 1970. 水耕養液温がキュウリ品種の生育と養分吸収に及ぼす影響. 園学要旨. 昭45春, 188-189.

Summary

Some studies were carried out in order to ascertain the effects of the soil temperature upon the growth of the six tropical fruit-trees.

Plastic-potted young trees of seedling or of cutting were treated for 60 days with soils having different temperatures: 15°, 20°, 25°, 30°, 35°C, respectively, by being submerged into the constant-temperature water bath. Investigation were carried out on the following items; height of trunk; cross diameter of trunk; number of leaves; dry weight of top and that of root.

1. Effects of soil temperature upon the growth were observed mainly concerning the number of the leaves, dry weight of the top and that of the root.

2. The optimal temperatures for the best growth of sugar apple, *Annona squamosa* L., acerola, *Malpighia emarginata* DC. and papaya, *Carica papaya* L. were fixed to be about 30°C; those for star fruit, *Averrhoa carambola* L. and guava, *Psidium guajava* L. were about 25°C, while those for purple passion fruit, *Passiflora edulis* Sims were lower than those in the former cases.

3. The inhibiting soil temperatures against the growth of acerola, star fruit, sugar apple, papaya were fixed to be 15°C, while against guava, purple passion fruit were about 35°C, respectively.