

ポンカン(*Citrus reticulata* Blanco)果実の品質向上に関する研究

富永茂人

(果樹園芸学研究室)

昭和 63 年 8 月 10 日 受理

Studies on Improvement of Fruit Quality of Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco)

Shigeto TOMINAGA

(Laboratory of Fruit Science)

目 次

第 1 章 緒 言

第 2 章 成熟・貯蔵中の果実の発育および成分の変化

第 1 節 果実発育, 糖度, 滴定酸含量および着色の時期別変化

第 2 節 果実呼吸量の時期別変化

第 3 節 果実エチレン発生量の時期別変化

第 4 節 果汁の糖組成の時期別変化

第 5 節 果汁の有機酸組成の時期別変化

第 6 節 果汁のアミノ酸組成の時期別変化

第 7 節 考 察

第 8 節 要 約

第 3 章 樹冠内着果部位と果実品質構成要因

第 1 節 果実品質の樹間および樹内変動

第 2 節 果実品質構成要因の樹内分布

第 3 節 果実品質構成要因間の相互関係

第 4 節 樹冠内着果部位と果実品質構成要因

第 5 節 考 察

第 6 節 要 約

第 4 章 植物生長調節剤の散布が果実品質に及ぼす影響

第 1 節 エスレルの散布が果実品質に及ぼす影響

第 2 節 エチクロゼートの散布が果実品質に及ぼす影響

第 3 節 炭酸カルシウムの散布が果実品質に及ぼす影響

第 4 節 考 察

第 5 節 要 約

第 5 章 ビニルフィルムによる屋根かけ被覆栽培が果実品質に及ぼす影響

第 1 節 果実肥大および品質の時期別変化

第 2 節 果実品質の樹間および樹内変動

第 3 節 果実品質構成要因の樹内分布

第 4 節 果実品質構成要因間の相互関係

第 5 節 樹冠内着果部位と果実品質構成要因

第 6 節 考 察

第 7 節 要 約

第 6 章 総合考察

第 7 章 総摘要

謝辞

文献

Summary

第 1 章 緒 言

昭和 47 年以来, ウンシュウミカンの価格低迷が続いている状況の中で, 複合化, 多様化による経営の安定が目指され, 新植, 改植, 高接ぎ更新などによって, 中晩生カンキツ類の導入が増加してきた。そして近年では, 中晩生カンキツ類の生産量も大幅に増加し, 多様な果実が市場に大量に出回るようになった。その結果, 多くの種類の中晩生カンキツ類においても, 需給のバランスが崩れ, 価格の品質間格差や不安定性をもたらす恐れがでてきた。したがって, 多くの中晩生カンキツ類でも, 高品質果実の生産販売による価格の維持, 向上を図る必要が生じてきた。ポンカンもそれら中晩生カンキツ類の 1 種である。

我国における 1985 年のポンカンの栽培面積は, 2716 ha, 生産量は 2.4 万 ton であり, 主な生産県は鹿児島県, 熊本県, 愛媛県などとなっている (日園連, 果樹統計)。

ポンカンの栽培上の問題点としては, 単位面積当たりの生産量が低いこと, 果実の発育や成熟の期間が長いために, 慣行的な収穫時および出荷時の果実

の品質がさほど高くないこと、す上がりや水腐れのような果面障害の発生があることなどが挙げられる。したがって、ポンカン栽培においては、収量を増加させること、および外観や呈味成分からみた品質を向上させることが、経営安定のためには極めて重要である。

カンキツの果実品質は、気温^{33,123,124,125,141)}、日照^{62,102)}、降水量^{3,18,98,99,142,144,152,156,159,173)}などの気象条件^{11,127,135)}、土壌条件¹¹³⁾、施肥^{52,88,108,109,126,140,143,185)}、剪定⁹⁵⁾などの栽培条件によって左右される。高品質の果実を連年多量に生産するためには、カンキツ類が持つ遺伝的特性を最大限効率良く発揮させるように、これらの条件を整えることが必要である。したがって、これらの条件と果実品質との関係を明らかにすることは、高品質果実生産技術の確立のために大いに役立つものと考えられる。しかし、ポンカンにおいては、それらの条件が果実品質に及ぼす影響についての研究例は皆無であり、高品質果実の多量生産技術は、未だ確立されていない。

また、ポンカンの成熟期は1月以降である⁴⁸⁾が、慣行的には12月に収穫している。そして、一部の果実は年内に出荷されるが、多くの果実は短期間貯蔵してから出荷される。したがって、高品質果実を出荷するためには、収穫時の果実品質を貯蔵中も維持、あるいは貯蔵中に向上させることが大切である。この点に関して、貯蔵中の果実品質の推移についての研究例も皆無である。

一方、農業現場では、高品質果実の生産のために中晩生カンキツの加温、無加温および屋根かけハウス等の施設栽培が試みられ、ポンカンでも普及しつつある。しかし、施設栽培は必ずしも成功してかず、問題点も数多く発生している。施設栽培の利点を最大限発揮し、高品質果実を生産していくためには、ポンカンの施設栽培条件での生理生態的特性や果実品質の変化について明らかにし、施設栽培技術を改善していくことが肝要である。しかし、この種の研究例も少ない。

以上のように、ポンカン果実の品質向上のためには、すべての栽培技術と果実品質との関係を明らかにし、高品質果実を生産・出荷するための技術の改善を図る必要があると考えられる。

そこで本研究では、まず第一に、ポンカンの樹上および貯蔵中の果実品質の時期別推移を明らかにする。第二に、果実品質に及ぼす生態的要因や栽培的要因を解析し、果実品質低下を防止する、あるいは積極的に果実品質を向上させる方策について検討す

る。第三に、施設栽培での果実品質の変化について、露地栽培と比較しながら検討を加え、施設栽培の有利点や問題点を明らかにする。得られた結果をもとに、施設栽培での高品質果実生産技術を確立する。

また、本研究では、カンキツ類の果実品質を論ずる場合、従来から用いられている着色、果汁中の糖度(屈折計示度)および滴定酸含量の他に、代謝生理上重要な意味を持つ糖、有機酸、アミノ酸組成の時期別変化についても明らかにしたい。

以上で得られた結果は、ポンカン果実の品質向上策の確立に寄与し、ポンカン栽培農家の経営安定に役立つものと考えられる。また、その他の中晩生カンキツ類の果実品質向上策の確立にも寄与するものと考えられる。

第2章 成熟・貯蔵中の果実の発育および成分の変化

高品質果実を収穫・出荷するには、果実を完熟時に収穫し、出荷することが重要である。しかし、果実の大きさや、味覚の主要因となる糖や酸の含量は、開花、結実時から経時的に変化しており、収穫時の果実重、品質はこれらの累積の結果として表れるものである。したがって、気象条件、樹体栄養条件、栽培管理条件などが果実品質に及ぼす影響の程度は経時的に変化しているであろう。たとえば、土壌乾燥が果実の糖や酸に対して及ぼす影響は夏秋季が最も大きい。また、摘果の効果は時期が早い程大きい。

ポンカン果実の品質を向上させる方策を確立するためには、果実品質を構成する要因が季節的にどのように変化するかを明らかにする必要がある。従来、カンキツ果実の品質は主として可溶性固形物含量(またはBrix)と滴定酸含量から判断されている^{3,8,47,49,51,58,61,62,85,95,96,103,114,124,142,143,152,157,158,163,173,176,177,178,179,180,182,186,187)}。多くの種類のカンキツ類での果実品質の向上に関する研究でも糖度や滴定酸含量からみているものがほとんどである^{132,133,134,174)}。しかし、果実の成熟に伴って糖、有機酸やアミノ酸の組成が変化し、それが果実の品質に大きな役割を担っていることが指摘されている^{17,19,20,23,24,25,26,63,73,74,100,119,137,161)}。本章では、ポンカンの果実発育をワセウンシュウおよびウンシュウミカンと比較し、さらに、糖度や滴定酸含量の変化、果実の成熟に伴う着色、呼吸量、エチレン発生量、糖、有機酸およびアミノ酸の時期別変化についても明らかにした。

第1節 果実発育、糖度、滴定酸含量および着色の時期別変化

材料と方法

実験1 鹿児島市におけるポンカンの果実発育および成分変化

1973~1975年の2か年にわたり、鹿児島大学農学部附属唐湊果樹園の各々22年生のポンカン (*Citrus reticulata* Blanco), ワセウンシュウ (*Citrus unshiu* Marc. var. *praecox* Tanaka), ウンシュウミカン (*Citrus unshiu* Marc.) の各3樹を供試し, 1973-1974年は1973年7月19日から1974年1月24日までおおむね10日に1回, 1974-1975年は1974年8月24日から1975年1月18日までおおむね2週間に1回の割合で, 各樹から一回につき9個の果実を採収した。各樹からの9果は3個ずつ込みにし1標本とした。すなわち, 各種類の3標本について, 果汁分析を行い, 平均値で表した。

調査項目としては, 1973-1974年は果皮の着色度, 果汁中のエチルアルコール (以下エタノール), 糖, 酸の含量を, 1974-1975年は果皮の着色度, 果皮重, 果汁中のエタノール, アセトアルデヒド, 糖, 酸の含量を測定した。

まず, 果実の全重と果皮重とを測定し, 果肉はハンドジューサーで搾汁し, 成分測定に供した。果皮の着色度は赤道部の平均的な着色部分を直径10mmについて測色色差計 (日本電色製, ND-K6B)

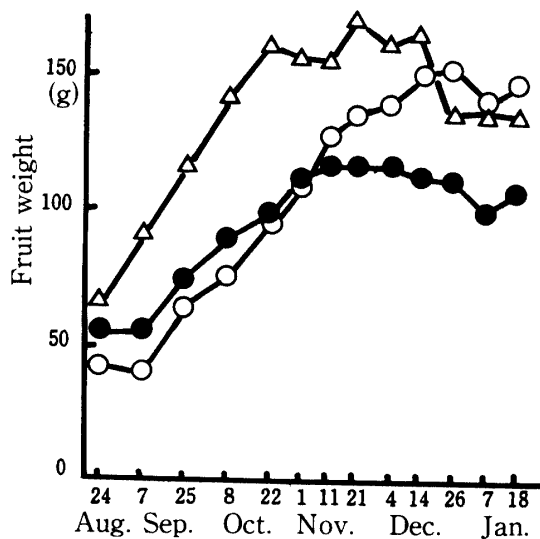


Fig. 1. Seasonal changes of growth of citrus fruits (1974-1975) (○ Ponkan, ● Common satsuma mandarin, △ Early satsuma mandarin).

を用いて測定した。糖は屈折糖度計により測定し, Brix として表した。酸は0.156 Nの水酸化ナトリウムによる中和滴定法を用い, クエン酸パーセントとして表した。エタノール, アセトアルデヒドは10 mlの果汁をワクチンキャップで密閉した50 mlの三角フラスコに入れ, 40℃の定温湯浴で60分加熱した後, ヘッドスペースガスをガスクロマトグラフで測定した。エタノールとアセトアルデヒドの標準液を同様に処理し, 検量線を作製した。ガスクロマトグラフは島津GC-4B型, カラムは3mm×3m, 充填剤はPolyethylene glycol 20 M (10%/Shimalite)を用い, 窒素ガス流量40 ml/min, カラム温度100℃とし, 水素炎イオン化検出器により測定した。

実験2 香川県におけるポンカンの果実発育および成分変化

香川県善通寺市の農家の果樹園に栽植されている, ウンシュウミカンに高接ぎして6年目のポンカンについて, 1977年8月12日から12月の収穫時まで, 毎月一回の割合で果実を採収した。なお, 果実は有葉果を樹冠外周部の東西南北からランダムに選んだ。12月20日にはすべての果実を収穫し, 貯蔵した。果実の貯蔵は5℃の貯蔵庫 (湿度90-95%, 側面送風型) において, 3月7日まで行った。

採収した果実は第2節および第3節で述べる呼吸

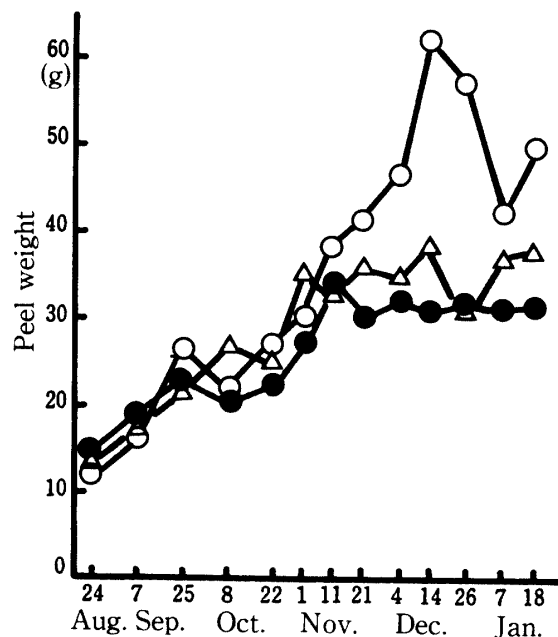


Fig. 2. Seasonal changes of peel weight of citrus fruits (1974-1975) (○ Ponkan, ● Common satsuma mandarin, △ Early satsuma mandarin).

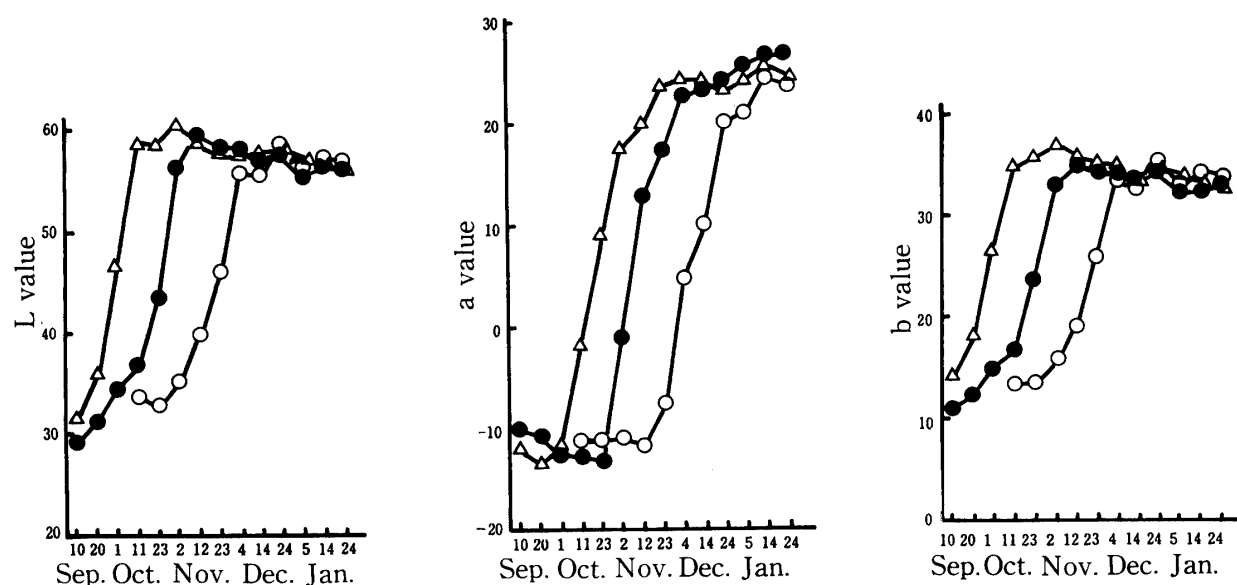


Fig. 3. Seasonal changes in the value of a color difference meter of the rind of citrus fruits (1973-1974) (○ Ponkan, ● Common satsuma mandarin, △ Early satsuma mandarin).

Table 1. Seasonal changes of some compositions in citrus fruits (1974-1975)

	Aug. 24	Sep. 7	Oct. 25	Oct. 8	Nov. 22	Nov. 1	Nov. 11	Dec. 21	Dec. 4	Dec. 14	Dec. 26	Jan. 7	Jan. 18
Early satsuma mandarin													
Brix	6.4	6.9	7.1	7.5	7.9	8.5	8.7	8.9	9.2	9.2	10.1	9.9	10.7
Titrateable acidity(%)	3.07	2.36	1.72	1.26	1.18	0.95	0.93	0.90	0.88	0.84	0.87	0.82	0.88
L	46.2	47.0	54.8	59.2	68.5	61.6	60.7	59.0	57.2	58.1	56.7	56.4	55.9
a	-5.3	-5.8	-2.1	-2.9	1.6	13.6	18.2	21.9	24.2	24.5	25.4	23.3	24.8
b	9.2	10.4	9.5	15.6	25.1	38.3	38.3	35.5	34.6	34.7	33.4	32.8	32.6
Common satsuma mandarin													
Brix	6.8	7.0	7.0	7.2	7.5	8.1	8.5	8.6	9.1	9.2	9.7	9.8	10.2
Titrateable acidity(%)	3.43	3.12	2.43	1.88	1.51	1.24	1.22	1.12	1.05	1.02	0.99	0.93	0.95
L	44.7	49.3	50.6	50.9	55.1	47.9	55.0	57.6	57.1	56.5	56.7	55.0	55.4
a	-2.8	-7.7	-0.9	-0.4	-2.0	-6.2	3.0	14.9	22.7	24.6	25.3	25.7	27.3
b	6.5	10.3	5.2	5.6	10.5	27.1	32.7	34.8	34.2	33.9	34.1	32.4	33.3
Ponkan													
Brix		8.8	8.5	8.9	9.1	9.4	9.3	9.7	10.2	10.1	11.0	11.3	12.0
Titrateable acidity(%)		5.60	4.35	3.23	2.33	1.88	1.42	1.14	0.95	0.88	0.81	0.79	0.76
L		48.8	50.0	49.9	52.0	34.3	38.6	51.8	55.3	58.2	58.0	57.5	56.3
a		1.1	-0.4	-0.5	-1.2	-10.3	-12.8	-6.7	3.8	13.8	19.5	21.8	22.6
b		3.1	4.8	4.4	6.5	15.0	19.5	29.4	32.5	34.8	34.7	34.1	33.2

L, a, b : Value of a color difference meter.

量とエチレン発生量の測定が終了した後、測色色差計（東京電色 TC-360 型）により果面の果頂部および側面部の色調測定を行った。その後果重を測定し、剥皮して果皮、果肉重を求めた。果肉は常法により搾汁し、屈折糖度計により糖度を、また 0.156 N 水酸化ナトリウムによる中和滴定法により滴定酸含量を求めた。屈折糖度計による糖度は Brix として、滴定酸含量はクエン酸パーセントとして表した。

結 果

実験 1 鹿児島市におけるポンカンの果実発育と成分変化

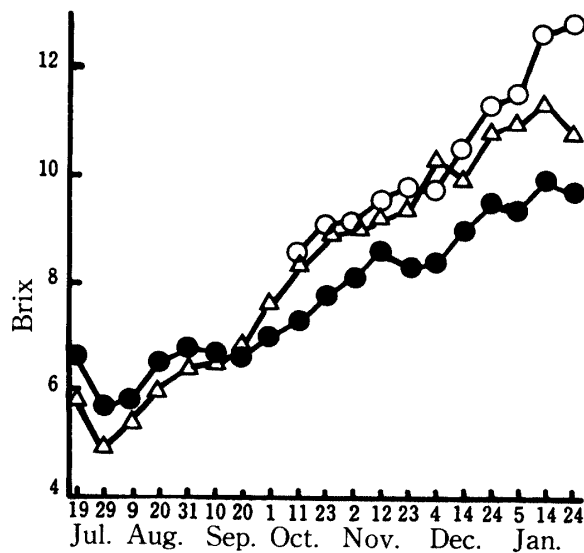


Fig. 4. Seasonal changes of Brix in citrus fruits (1973-1974) (○ Ponkan, ● Common satsuma mandarin, △ Early satsuma mandarin).

果実重量の変化をみると、ワセウンシュウが 10 月下旬、ウンシュウミカンが 11 月中旬に最高値に達するのに対し、ポンカンでは 12 月中旬に最高値に達した。その後は、いずれも大きな変化を示さなかった (Fig. 1)。

ワセウンシュウとウンシュウミカンの果皮重量は、果実重量と同じようにそれぞれ 10 月下旬と 11 月上旬に最高値に達した後同一レベルを維持したが、ポンカンでは 12 月中旬に最高値に達した後減少した (Fig. 2)。

色差計による果皮の着色示度をみると、両年とも、明度を示す L 値はワセウンシュウで 10 月上旬、ウンシュウミカンで 11 月上旬、ポンカンで 12 月上旬

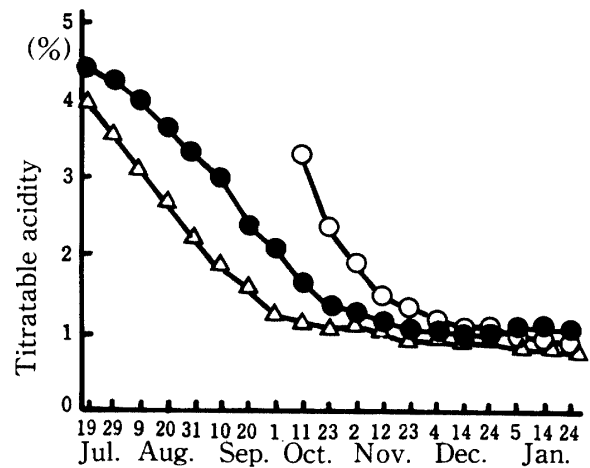


Fig. 5. Seasonal changes of titratable acidity in citrus fruits (1973-1974) (○ Ponkan, ● Common satsuma mandarin, △ Early satsuma mandarin).

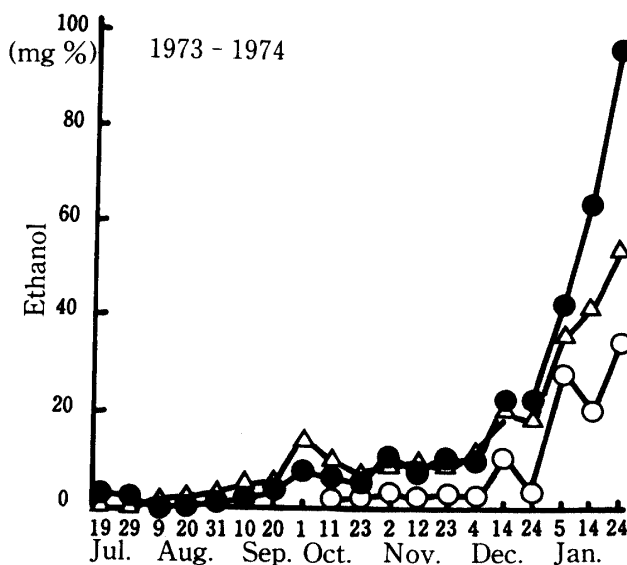
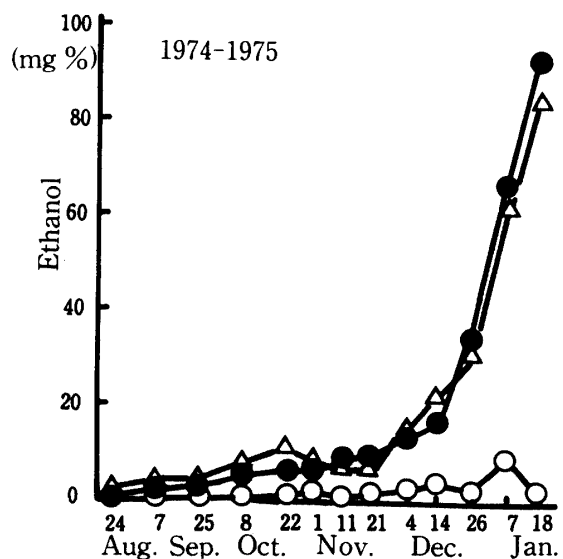


Fig. 6. Seasonal changes of ethanol content in citrus fruits (○ Ponkan, ● Common satsuma mandarin, △ Early satsuma mandarin).



にはほぼ最高値に達した後漸減した。赤色度を示す a 値はワセウンシュウで 11 月中旬, ウンシュウミカンで 12 月上旬, ポンカンでは 12 月下旬にほぼ最高値に達したが, ポンカンではその後も増加の傾向を示した。黄色を示す b 値はワセウンシュウで 10 月中旬, ウンシュウミカンで 11 月上旬, ポンカンで 12 月中旬にほぼ最高値に達した後減少した (Fig. 3, Table 1)。

ポンカン, ワセウンシュウ, ウンシュウミカンの果汁の糖度は 1973-1974 および 1974-1975 の両年と

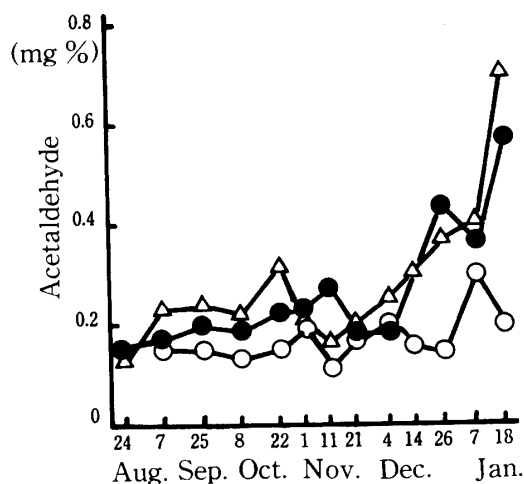


Fig. 7. Seasonal changes of acetaldehyde content in citrus fruits (1974-1975) (○ Ponkan, ● Common satsuma mandarin, △ Early satsuma mandarin).

もに, 調査最終日の 1 月下旬まで増加し続けた。品種間の比較をすると, ポンカンでは両ウンシュウよりも調査期間中常に高かった (Fig. 4, Table 1)。

滴定酸含量をみると, 3 品種とも急激に減少した後, ほぼ一定のレベル (約 1%) を維持した。1% レベルに達する時期はワセウンシュウで 10 月下旬 ~ 11 月上旬, ウンシュウミカンで 11 月中旬, ポンカンで 12 月中旬であった (Fig. 5, Table 1)。

果汁中のエタノール含量の変化は Fig. 6 に示した。ワセウンシュウ, ウンシュウミカンでは両年とも 12 月初旬まで漸増したが, 12 月 10 日頃から急激に増加した。ポンカンでも漸増したが, ウンシュウミカンでみられるような急激な増加は観察されず, 1973 年の 12 月中旬以降やや大きな増加がみられただけであった。

果汁中のアセトアルデヒド含量はワセウンシュウ, ウンシュウミカンともに 12 月中旬まではほぼ同じレベルであり, その後やや増加した。ポンカンでは調査期間を通じ同じ程度の含量で, 1 月初旬に小さいピークがあった (Fig. 7)。

実験 2 香川県におけるポンカンの果実発育と成分変化

果実発育や品質の時期別変化は Table 2 に示した。

果実の発育をみると, 8 月から 11 月までは対前月比 90% 前後の肥大率を示したが, その後は肥大が鈍り 12 月に最高値に達した。

Table 2. Seasonal changes in physical characters, Brix and acidity of ponkan on the tree and during storage

		1977.					1978.		
		Aug. 12	Sep. 5	Oct. 5	Nov. 8	Dec. 6	Jan. 7	Feb. 7	Mar. 7
Fruit weight	(g)	20.9	40.3	76.7	143.3	162.9	153.6	139.4	128.9
Fruit flesh weight	(g)		24.9	56.1	107.4	121.5	114.0	101.1	91.0
Fruit peel weight	(g)		15.4	20.6	35.9	41.4	39.6	38.3	37.9
Flesh per fruit	(%)		61.8	73.1	75.0	74.6	74.2	72.5	70.6
Brix		10.3	8.1	8.1	8.9	9.3	11.0	11.1	11.3
Titrateable acidity	(%)	3.03	4.49	2.63	1.00	0.63	0.50	0.46	0.44
Brix-acid ratio		3.4	1.8	3.1	8.9	14.8	22.0	24.1	25.7
Value of color difference meter	Stylar end			31.2	43.4	55.6	56.5	54.6	54.3
				-8.1	-9.3	7.8	30.4	29.3	28.0
				12.9	26.8	30.8	32.0	30.6	30.4
	Lateral side			35.2	42.0	53.1	59.5	59.5	59.0
				-10.4	-11.1	0.6	22.4	29.4	28.6
				13.6	19.7	27.2	33.2	33.6	33.6

Fruits harvested on Dec. 20, 1977.

次に、果肉および果皮重から求めた果肉率の時期別変化についてみると、9月には61.8%と低かったが、その後漸増し、収穫時から入庫時の1月7日までは75%前後で推移した。貯蔵中には減少した。

果汁中糖度 (Brix) は、10月上旬から翌1月まで徐々に増加し、その後はほとんど変化しなかった。

果汁中酸含量は、8月から9月にかけて大幅に増加したが、その後9月から12月にかけては急激に減少した。その後は徐々に減少した。

着色の進展状態について、色差計のL, a, b値の変化をみると、果頂部、側面部のL値, a値, b値ともに1月まで増加し、その後はほとんど変化しなかった。

第2節 果実呼吸量の時期別変化

材料と方法

第1節、実験2で供試した果実を呼吸量の測定にも供した。

果実の呼吸量の測定は、まず果実を20℃の恒温室に24時間置いた後、呼吸測定室の容積との関係から果実の大きさに応じて果実数を加減し、通気型呼吸測定室(20℃)に入れ、500 ml/minの通気量で果面周辺ガスを赤外線ガス分析計(日立-堀場製LIA-2A)に導き炭酸ガス濃度を測定した。果実呼吸量はCO₂mg/kg・hr単位で表した。

結 果

果実呼吸量の時期別変化をFig. 8に示した。

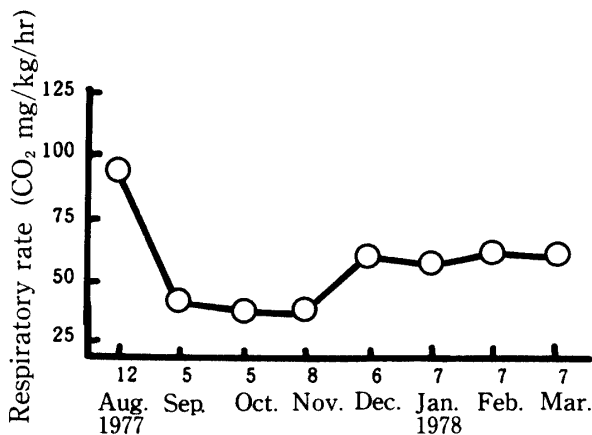


Fig. 8. Seasonal changes in respiration of ponkan fruits on the tree and during storage.

ポンカン果実の呼吸量は、調査開始日の8月から9月にかけて著しく低下した。その後は11月まで徐々に減少したが12月には再び増加した。貯蔵中の呼吸量はほぼ一定であった。

第3節 果実エチレン発生量の時期別変化

材料と方法

第1節、実験2で供試した果実をエチレン発生量の測定にも供した。

呼吸量測定後、直ちに果実を20℃のエチレン測定用容器に入れ、24時間密封状態に保った。果実から発生した容器内のエチレンを、直接マイクロシリンジで2 ml採取してガスクロマトグラフにより定量した。なお、エチレン測定用ガスクロマトグラフのステンレスチールカラム管(2 m×3 mm)には、充填剤として活性Porapak Q(80-100メッシュ)を充填し、窒素ガス流量15 ml/min、水素ガス流量40 ml/min、新鮮空気流量800 ml/minとし、水素炎イオン化検出器にて測定した。カラム温度、検出器温度および注入口温度はすべて100℃とした。同時に果実を入れない容器からのガス体を同様に測定しブランクガスとし、果実容器からの試料測定値との差からエチレン発生量を算出した。果実のエチレン発生量はC₂H₄ μl/kg・24 hrで表した。

結 果

果実からのエチレン発生量の時期別変化についてFig. 9に示した。

ポンカン果実のエチレン発生量は、樹上では8月から収穫時の12月まではほとんど変化しなかった。貯蔵中の1月から3月までの間はエチレン発生量は徐々に増加した。

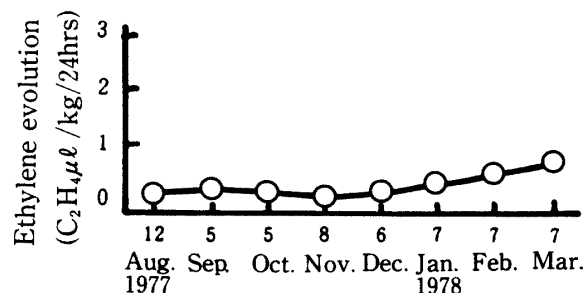


Fig. 9. Seasonal changes in ethylene evolution of ponkan fruits on the tree and during storage.

第4節 果汁の糖組成の時期別変化

材 料 と 方 法

第1節, 実験2で供試した果実の糖組成と含量の時期別変化について調査した。

果汁中糖組成の分析法は以下のとおりに行った。まず果汁 20 ml に 80 ml のエチルアルコールを加え一夜放置して, 糖を抽出した。抽出液をろ過後, ろ液 1 ml に内部標準としてフェニル- β -D-グルコシド 1 mg を加え, 45°C 以下で濃縮乾固した。乾固物にトリメチルクロロシラン 0.2 ml およびヘキサメチルジシラザン 0.4 ml を加え, 激しく振とうして中性糖をトリメチルシリル (TMS) 化した。さらに同液を n-ヘキサン 2 ml に転溶し, その上澄液 5 μ l をマイクロシリンジにて分取し, ガスクロマトグラフ (日立製 063 型) にて分析, 定量した。なお, 同

クロマトグラフのガラスカラム管 (3 mm \times 1 m) には充填剤として SE-30 (1.5%/Chromosorb-W) を充填し, 窒素ガス流量 60 ml/min とし, 水素炎イオン化検出器により検出した。またカラム温度は 125°C から 250°C まで 5°C/min で昇温し, 検出器温度, 注入口温度とも 280°C とした。糖の定量は, トリメチルシリル化した糖と内部標準との比から行った。

結 果

ポンカンの果汁中の糖類は果糖とブドウ糖およびショ糖の3中性糖であった。

ポンカンの果汁中糖組成の変化をみると (Table 3), 果糖含量は9月から12月にかけて低下した。貯蔵中はほぼ一定値を保った。ブドウ糖含量は終始最も低い含量であったが, 9月から11月まで徐々に増

Table 3. Seasonal changes in sugars of ponkan on the tree and during storage

	1977					1978		
	Aug. 12	Sep. 5	Oct. 5	Nov. 8	Dec. 6	Jan. 7	Feb. 7	Mar. 7
	(g/100ml)							
Fructose	1.96	5.19	4.10	2.30	2.00	2.55	2.34	2.64
Glucose	0.76	0.66	1.12	1.47	1.37	1.94	2.13	2.19
Sucrose	1.00	0.68	2.74	4.82	4.66	5.36	4.34	4.10
Total	3.72	6.53	7.96	8.59	8.03	9.85	8.81	8.93

Fruits harvested on Dec. 20, 1977.

Table 4. Seasonal changes in organic acids of ponkan on the tree and during storage

	1977					1978		
	Aug. 12	Sep. 5	Oct. 5	Nov. 8	Dec. 6	Jan. 7	Feb. 7	Mar. 7
	(mg/100ml)							
Glutamic	232.8	106.5	69.9	71.9	70.2	83.4	95.7	119.4
Glucuronic	5.9	+	+	0.6	0.9	1.6	1.8	2.3
Pyro-glutamic	1.1	0.8	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9
Lactic	4.4	0.9	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2
Acetic	0.5	0.1	0.1	0.2	0.1	0.4	0.6	1.6
Pyruvic	1.0	0.5	0.5	1.2	0.9	0.8	1.1	1.1
Malic	278.2	463.5	266.9	181.2	154.0	100.0	223.2	260.3
Citric	3,382.8	5,333.3	3,652.2	1,286.6	632.0	621.9	576.3	545.0
Succinic	0.6	+	+	1.7	3.2	2.2	2.9	4.7
Iso-citric	11.2	19.0	9.6	3.0	2.3	0.8	1.8	2.3
α -Keto-glutaric	7.1	6.3	3.4	0.9	1.9	0.4	+	+
Total	3,925.6	5,930.9	4,002.9	1,547.7	865.9	812.2	904.3	937.8

Fruits harvested on Dec. 20, 1977.

加した。ショ糖含量は、8月と9月には1 g/100 ml以下の低い含量であったが、9月から11月にかけて大幅に増加し、その後は貯蔵開始月の1月まで徐々に増加した。貯蔵中は漸減した。総糖含量は8月から11月まで大幅に増加し、その後も1月まで増加した。貯蔵中には低下傾向にあった。

第5節 果汁の有機酸組成の時期別変化

材料と方法

第1節、実験2で調査した果実の果汁中の有機酸組成およびその含量の時期別変化について調査した。

果汁は常法によって搾汁し、果汁をそのままカルボン酸分析計（盛進製薬株式会社製、S-603 全自動型）により有機酸組成の分析を行った。なお、分析手順等は Nakajima ら¹²²⁾の報告に詳細に述べてあるとおりである。クエン酸およびリンゴ酸の分析には原果汁を0.2 N 塩酸で10倍に希釈し、その他の組成分析には原果汁をそのままで用いた。

結 果

本分析法で、果汁中の有機酸組成としてグルタミン酸（アミノ酸類）、グルクロン酸、ピログルタミン酸、乳酸、酢酸、ピルビン酸、リンゴ酸、クエン酸、コハク酸、イソクエン酸および α -ケトグルタル酸の11種類の有機酸が検出された。

果汁中有機酸のうちクエン酸の占める割合が最も高く、果実が未熟な時期では86.0%~91.2%であった。果実が成熟するにつれてクエン酸の占める割合は低下し、貯蔵開始時の1月には76.6%になった。貯蔵中はクエン酸の割合は低下し、3月には58.1%であった。クエン酸についてリンゴ酸の割合が高かった。リンゴ酸含量の割合は樹上では減少したが、貯蔵中には増加し、貯蔵終了時の3月にはリンゴ酸の割合は27.8%にも達した。その他の有機酸の割合は終始かなり低かった（Table 4）。

クエン酸含量は9月に約5.3 mg/100 mlの高い値を示した後12月まで急激に低下し、12月の含量は約0.6 mg/100 mlとなった。その後はわずかに減少した。リンゴ酸含量は8月から9月にかけて増加した。その後1月にかけて減少したが、貯蔵中の2月から3月には増加した。グルタミン酸（この分画には、アミノ酸のすべてが含まれるものと考えられる）含量は、8月から12月まで減少したが、貯蔵中の1月から3月にかけては漸増した。イソクエン酸

は9月から1月まで終始減少した。 α -ケトグルタル酸含量は8月から翌年1月まで減少し続けた。総有機酸含量は9月に約6.0 mg/100 mlの高い値を示したが、その後は12月にかけて急激に減少した。特に、10月から11月の減少率は極めて大きかった。12月以降はあまり変動しなかったが、1月から3月にかけては増加した。

グルクロン酸、ピログルタミン酸、乳酸、酢酸、ピルビン酸、コハク酸は検出できたが含量が低く時期別変動は観察できなかった。

第6節 果汁のアミノ酸組成の時期別変化

材料と方法

第1節、実験2で供試した果実の果汁中アミノ酸組成および含量の時期別変化を調査した。

アミノ酸の分析方法は以下のとおりに行った。

果汁20 mlとエチルアルコール80 mlとを混合し、一昼夜抽出した。最終的には果汁の80%エタノール抽出液を得たことになる。その抽出液10 mlを減圧乾固した後、pH 2.2のクエン酸緩衝液10 mlに溶解しアミノ酸測定用試料とした。一方、抽出液10 mlに2 N 塩酸15 mlを加え一晩放置した後、減圧乾固し、pH 2.2のクエン酸緩衝液10 mlに溶解し、アミド測定用試料とした。両試料をアミノ酸分析計（柳本製作所製 L-7 型）で分析した。

結 果

果汁中には、アスパラギン酸、スレオニン、セリン、グルタミン酸、プロリン、グリシン、アラニン、シスチン、バリン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニン、 γ -アミノ酪酸、リジン、ヒスチジン、アルギニンの18種類のアミノ酸、アスパラギン、グルタミンの2種類のアミドが検出された。

ポンカンの果汁中アミノ酸組成の時期別変化は Table 5 に示した。アスパラギン、グルタミン、セリン、グルタミン酸などの含量は果実が未熟な時期には高く、その後樹上では収穫時まで減少した。リジン含量は増加し、プロリン含量は増減を繰り返しながら推移した。1月以降の貯蔵中には、アスパラギン、グルタミン含量は樹上に引き続き減少した。アスパラギン酸、スレオニン、グルタミン酸、プロリン、グリシン、アラニン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニン、 γ -

Table 5. Seasonal changes in amino acids of ponkan on the tree and during storage

	1977					1978		
	Aug. 12	Sep. 5	Oct. 5	Nov. 8	Dec. 6	Jan. 7	Feb. 7	Mar. 7
	(mg/100ml)							
Asparagine	89.40	71.55	41.72	39.18	28.79	9.90	6.29	6.96
Glutamine	45.08	20.58	14.91	12.04	4.41	2.30	0.51	0.72
Aspartic acid	3.15	14.46	6.05	3.19	0.43	0.54	1.55	2.06
Threonine	0.15	0.92	0.15	0.24	0.12	0.52	6.15	12.09
Serine	32.54	19.36	7.89	11.07	4.25	1.75	2.41	1.99
Glutamic acid	3.01	12.17	3.03	1.44	++	0.48	1.91	2.16
Proline	14.37	5.55	4.46	11.15	5.45	13.34	23.54	28.39
Glycine	3.01	0.91	2.98	2.75	2.42	0.12	0.44	0.91
Alanine	3.84	3.38	9.57	1.27	+	1.44	2.74	3.63
Cystine	—	—	—	—	+	+	0.05	0.05
Valine	0.63	1.95	+	0.50	0.58	0.13	0.05	1.40
Methionine	0.05	0.13	++	++	+	0.09	0.16	0.24
Isoleucine	0.18	0.27	0.08	++	+	0.07	0.28	0.72
Leucine	0.13	0.47	0.07	++	+	0.02	0.27	0.77
Tyrosine	0.52	++	++	0.10	+	0.17	0.78	2.65
Phenylalanine	++	0.36	++	++	+	++	1.64	4.17
γ -Aminobutyric acid	4.15	4.14	1.29	0.13	—	1.63	11.18	13.51
Lysine etc.	0.58	1.01	2.16	9.29	9.68	5.93	2.99	7.26
Histidine	—	—	—	—	+	+	0.36	0.67
Arginine	++	0.61	0.77	2.46	0.56	3.14	26.06	44.22
Ammonia	2.14	4.04	1.64	0.33	0.29	0.39	0.64	1.07
Total	202.93	161.86	96.77	95.14	56.98	41.96	90.00	135.64

Fruits harvested on Dec. 20, 1977.

アミノ酪酸、ヒスチジン、アルギニン含量は増加した。特に、プロリンとアルギニンの含量は果実が未熟な時にはその含量が低く、成熟後期から貯蔵中に急激に増加した。スレオニンと γ -アミノ酪酸の含量も貯蔵後期に増加した。

これらの結果、ポンカンでは総アミノ酸含量は8月から12月ないし1月まで減少し続けた。貯蔵中には総アミノ酸含量は増加した。

第7節 考 察

果樹において、高品質果実を生産、出荷するためには、果実の成熟過程を十分把握し、高品質果実を生産する栽培技術を確立するとともに、果実の成熟が適度な時期に収穫または出荷する必要がある。そのためには、果実品質を構成する成分の、果実の発育や成熟の進展に伴う変化について明らかにし、品質や成熟を判定する指標を見出す必要がある。

仁果類や核果類は成熟過程で呼吸やエチレン、果肉成分の変化などを顕著に示し、それらが生理的成熟期の判定の指標となっている¹⁵⁾が、カンキツ類ではそのような顕著な現象が見られず、生理的な成熟期の判定が極めて困難である^{15,29,30,34,35,46,68,181)}。したがって、カンキツ果実の品質や成熟程度を問題にする場合、糖や酸の含量、両者の比率などが指標として用いられている^{19,86,115,136,150,151,183)}。また、収穫期の判定にはそれに加え、果皮の着色が目安になる場合も多い^{33,50,67,186,187)}。

本章では、温暖多雨地帯に位置する鹿児島市と温暖寡雨地帯に位置する香川県善通寺市におけるポンカン果実の品質構成要因の変化についての実験結果を述べるとともに、果実品質や成熟の指標を見出すとした。

まず、両地域における果実の発育と、慣行的に収穫期や成熟期の判断に用いられている着色、糖度、

滴定酸含量の変化についてみると、両地域では気象条件がかなり異なるため両地域の果実品質の変化は時期的に多少のずれがあるものの、本質的には同じであった。

まず、ポンカン果実の発育をみると、鹿児島市で12月中旬、香川県で12月初旬にはほぼ一定値に達した。果皮の赤味の程度を示す色差計のa値は、鹿児島市では12月下旬に、香川県では1～2月には一定値にはほぼ近づいた。果汁の糖度は、両地域とも調査期間中終始増加し続けた。果汁の滴定酸含量は、両地域とも9月ないし10月に最高値を示し、その後1～2か月間急激に減少した。その後は漸減した。このように、果実品質を構成する各成分の季節的変動のパターンは両地域で同じであった。また、ワセウンシュウおよびウンシュウミカンと比較しても、含量に差異があり、変動曲線に約1か月から数か月のずれがみられる場合もあるが、基本的な変動パターンは同じであった。

カンキツ類の品質は果実重量もさることながら、果実の食味の点を重視すべきであり、従来より、果実品質は着色、果汁の糖度、酸含量より判断されることが多い。しかし、本実験の結果、着色、糖度、滴定酸含量の相互の季節的変動にはかなりの差異が認められた。たとえば、鹿児島市におけるポンカンの収穫期は、果実発育、滴定酸含量などから判断すると、12月中旬であるものと思われたが、着色の目安として用いた色差計のa値が最高値に達するのは果実重量や酸含量が一定値になる時期より約20日遅れた。つまり、鹿児島県のポンカンも“果肉先熟現象”を呈し、果皮着色は慣行的な収穫期判定において参考にはなっても、指標として用いることは出来ないものと思われる^{4,48,67)}。これは、着色は外気温の変化と密接な関係があり^{33,50,107,148)}、カンキツ果皮の色素であるカロチノイドは外気温の低下によって果皮中のクロロフィルが分解、消失することによって発現するため、気温低下の遅い九州地域のような西南暖地では“果肉先熟現象”がおこるのであろう。

果汁の糖度は、樹上では終始漸増しているために、人為的に一定の値の糖度を収穫期の指標として設定することはできても、糖度が生理的な成熟指標とはなり得ないものと考えられる。ただし、1月になると糖度の点からの商品性に問題はないものと思われた。

カンキツ類果実の酸含量は8、9月から11月にか

けて急激に減少した後漸減し、品種特有の時期にはほぼ一定値を示すことが一般に知られている^{48,58,186,187)}。本研究での滴定酸含量の変化も同様であり、ポンカンでは12月中旬以降にはほぼ一定値になった。この点では、滴定酸含量を食味上の収穫期判定の指標とすることは妥当であろう。しかし、酸含量は気温などの環境条件^{124,125)}、地質¹¹³⁾、系統¹¹²⁾などによって異なるために、その値を絶対的に用いることは危険であり、酸含量の季節的変動、その他の成分の季節的変動などを加味しながら総合的に用いる必要がある。

以上述べた慣行的に収穫期を判断するために用いられるもののほか、様々な要素や成分についても季節的变化を明らかにし、熟度判定の指標として用いようと試みた。

前述したように、多くの果樹では果実の成熟に伴って、果肉成分のほかに呼吸量やエチレン発生量の変化が顕著にみられる¹⁵⁾。そこで本研究でも、ポンカン果実の呼吸量とエチレン発生量の季節的変動を調査した。

まず、果実呼吸量の季節的変動をみると、8月上旬から11月上旬にかけて急激に低下し、その後12月中旬にかけて増加したが、顕著な変化ではなかった。

岩田ら⁶⁸⁾は果樹をその呼吸変化の様相で分類した。それによると、カンキツ類はnon-climacteric型の代表的な果実であり、果実成熟時に呼吸量が漸減する（またはほとんど一定である）漸減型である。Aharoni²⁾はワシントンネーブル、シャムティオレンジ、バレンシアおよびグレープフルーツにおいて、Bain⁹⁾はバレンシアで、Biale¹²⁾はグレープフルーツで、さらにEaks⁴⁰⁾はグレープフルーツ、ネーブル、バレンシアおよびレモン果実において、Hallerら⁴⁶⁾はワシントンネーブルとバレンシアで、発育期間を通じ呼吸量の上昇現象は認められないことを報告している。また、邨田ら^{120,121)}は呼吸量は未熟果で高く、成熟期には低下するとしている。

しかし、それに対しTroutら¹⁸¹⁾はワシントンネーブルとバレンシアの各生育段階での採収直後の果実呼吸量は増加すること、Luthraら¹⁰¹⁾はマルタオレンジで脱緑色の時期に明らかな呼吸上昇があること、水野ら¹¹⁵⁾はウンシュウミカンの着色開始期に呼吸量が著しく上昇すること、大東ら^{29,30)}はウンシュウミカンの果令の進行に伴って呼吸量の下降および上昇現象が明らかに存在することを示した。

本実験の結果から、水野ら¹¹⁵⁾や大東ら^{29,30)}がウンシュウミカンで示したような呼吸量の変化はポンカンでは見られず、呼吸量を成熟期判断の指標として用いることは困難である。

次に、エチレン発生量の季節的変動をみると、樹上果、貯蔵果ともエチレンの発生はわずかであった。

バナナやリンゴなどの climacteric 型の果樹では、果実のエチレン生成と呼吸量の増加は密接な関係があり、呼吸量の増加に先立ってエチレン生成が行われるが、カンキツ類では成熟に伴って顕著なエチレンの生成を行わない¹⁵⁾。ただし、Aharoni²⁾はワシントンネーブル、シャムティ、バレンシアおよびグレープフルーツで、Eaks⁴⁰⁾はグレープフルーツ、ネーブル、バレンシアおよびレモンで、邨田ら¹²⁰⁾と兵藤ら⁵⁷⁾は石川系温州で、採収後にエチレン生成が顕著であったと報告している。しかし、これらのエチレン発生量はいずれも climacteric 型の果樹に比べると極めて微量である。

本研究のポンカン果実でもエチレン発生量はわずかで、果実の成熟とエチレン発生量との関係を明らかにすることは難しく、エチレン発生量を成熟の指標として用いることは困難である。

果実の成熟過程においてアルコール、アルデヒドなどが生成され、組織に蓄積されることが報告されている³¹⁾。Davis ら^{34,35,36)}は果実中のエタノール含量が急激に増加する時期があるため、果汁中のエタノール含量を測定し、成熟指標として用いようと試み、エタノール含量が大体 25 mg% の果実を成熟果とした。一方、果実の貯蔵においては、貯蔵の長期化、貯蔵条件の悪化に伴いエタノールの蓄積が過度になり、異味異臭が生じて商品価値が低下するため、エタノール含量を測定すると過熟期の判定に役立つとする考えもある^{37,38,39,75,147)}。

本実験では、果汁のエタノールおよびアセトアルデヒドの含量の季節的変化について調査した。その結果、ワセウンシュウおよびウンシュウミカンの果実中のエタノール含量は12月になると、Davis ら^{35,36)}が言うように急激に増加したが、ポンカン果実では1月までの調査期間中エタノールの急増は見られなかった。それ以降エタノール含量が増加するのかもしれないが、我国においては1月以降は気温が大幅に低下するため、果実温も0℃近くまで低下し、果実の代謝活性は極めて低下すると推察され、果実中のエタノールの急激な増加が生ずるか否かは明らかでない。さらに、1月以降は果実が寒害を受

ける危険性が高いために、樹上に果実をおくことは実際にはまれである。

果実中の糖度と酸含量は呈味成分として重要であるため、それらの組成の季節的変動を明らかにすることも重要である。さらに、果汁中の糖、有機酸およびアミノ酸はいずれも代謝生理上大きな役割を担っているものとする。したがって、それらの組成を明らかにすることは、栽培技術の改善により果実品質を向上させるためにも多いに役にたつであろう。

ポンカン果実の糖組成は、果糖、ブドウ糖、ショ糖の3中性糖であった。ただし、本研究の分析法では果実が未熟な時期には果糖の画分に果糖以外の成分が含まれているものと考えられる。それらのうち、成熟が進展するにつれてショ糖の含量が著しく高まった。これは、ウンシュウミカンでの結果^{27,32,73,91,169)}と同一であり、ポンカンでもブドウ糖および果糖の形で果実に流入してきた糖はショ糖の形でプールされるものと思われた。ブドウ糖含量は終始低含量であった。果糖（果糖+未知の成分）含量もほとんど変化しなかった。ショ糖の含量が著しく高くなるのは10月から11月の間であり、この時期から、果実は急速に成熟過程に入ったものとする。その後も、糖含量はわずかずつではあるが増加し続けた。

このように、ポンカン果実では果汁の糖は終始増加し続ける。したがって、糖含量を生理的成熟期および収穫期の基準に使うことは、前述したように、不可能であろう。

しかし、果実の糖含量は果実品質の主要な指標の一つであり、高糖果実が高品質果実と言ってもよい。果実の糖は果実発育中に葉で光合成によってできた光合成産物が転流、蓄積したものである。カンキツ類では、糖の転流形態はブドウ糖および果糖であることが Bean⁷⁾、沢村ら¹⁴⁶⁾によって確認されている。高品質果実生産のためには、光合成能率を高め、転流を促進するような栽培管理が大切である。それを確立するために、今後は果汁の糖組成、あるいは樹液中の糖組成に注目していきたい。

貯蔵中には、果糖とブドウ糖は減少しないのに対して、ショ糖含量は減少した。これは、呼吸による消耗と考えられる。したがって、貯蔵中に果実品質を維持・向上させるためには、ショ糖の低下を防ぐ方策を見出す必要がある。

果汁中有機酸組成はクエン酸が終始5~9割を占め、ついでリンゴ酸が多かった。クエン酸含量およ

び総有機酸含量の時期別推移をみると、果実が未熟な8月から9月にかけて増加し、その後は11月および12月にかけて急激に減少した。そしてそれ以降は徐々に減少した。これらの結果はウンシュウミカンや他の中晩生カンキツ類における結果^{27,32,167,168,169})と同じであり、この変化の様相はカンキツ類全部に共通するものと考ええる。

カンキツ果実の有機酸組成については垣内ら^{73,74})、伊藤ら⁶⁰)、白石ら¹⁴⁹)、松本ら^{110,111,112})、久保田ら^{90,91,92})の報告もある。本研究の結果は、おおむねこれらの結果と一致している。

前述したように、多くの品質構成成分のうち、滴定酸含量のみが、収穫時期判定の指標としての可能性を持つ。本研究では、果汁中の有機酸のうちクエン酸が5～9割を占めたので、クエン酸含量が収穫時期判定の指標と成りうるかもしれない。

しかし、リンゴ酸がクエン酸よりも特徴的な動きを示した。リンゴ酸は未熟果に多く、樹上では果実の成熟に伴って減少したが、貯蔵後期には再び含量が増加した。この点に関して、松本ら^{110,111,112})はワセウンシュウおよびウンシュウミカンで1果当たりのリンゴ酸含量は未熟果で高く、成熟期には少なくなること、沢村ら¹⁴⁶)はウンシュウミカンの8月後期のリンゴ酸の生成は多いが、クエン酸代謝の衰退に伴ってリンゴ酸の生成割合が減少することを報告している。Clarkら¹⁶)は、リンゴ酸が果実内での糖から有機酸への主要代謝産物であることを示した。また、沢村ら¹⁴⁶)は9月以降はリンゴ酸からクエン酸への転換が特に多いとした。このように、果実内での生理代謝の活性が高い未熟時にはリンゴ酸含量は高く、成熟が進むにつれてリンゴ酸含量が減少することが推察される。本研究でも樹上では同様であった。しかし、貯蔵中にはクエン酸含量が低下しているのに対して、リンゴ酸含量は増加した。この点について、岩垣ら⁶³)はウンシュウミカン果実の成熟に伴ってリンゴ酸の比率が高まるとしている。本研究でも、果実が成熟する、あるいは過熟になるにつれてクエン酸の比率が低下し、リンゴ酸の比率が増加した。今後、リンゴ酸含量を成熟期や貯蔵条件の判定指標として用いる可能性について検討したい。

カンキツ類果実の酸含量が気象条件、土壌条件、また灌水、施肥その他の栽培管理条件の影響を大きく受けることは明らかであり¹¹⁴)、Rasmussenら¹³⁴)はアメリカ各地のパレンシアの果汁中酸含量と気象との関係について、Kimballら⁸⁶)はカリフォルニア

の年次別の気象条件と糖酸含量との関係について報告し、Reuther¹³⁵)は、カンキツの品質と気象条件との関係について総説を書いているが、これらはほとんど糖度と滴定酸含量の変化や差異についてである。本研究では、糖組成、有機酸組成について述べてきた。一方、アミノ酸はタンパク質の構成物であり、しかもアミノ酸そのものにも味があり、栄養的あるいは味覚的にみて、重要な品質構成要因であると思われる。また近年ではアミノ態窒素が多い果実は味が良いといわれる(伊藤、私信)。

果実のアミノ酸含量は、窒素代謝において重要な物質である。Kato^{78,80})および加藤ら⁸¹)によると、根で吸収された窒素はアミノ酸(アスパラギン)の形で葉や幹に移動し、また師管中はアルギニンやプロリンで移動するために、施肥や灌水などの栽培管理の点からみてもアミノ酸含量に注目する必要がある。

本研究で調査した結果、アスパラギン、グルタミン、アスパラギン酸、グルタミン酸含量は果実が未熟な時には高く、果実の成熟に伴って減少した。特に、8～10月にかけてのアスパラギン、グルタミンのアミド含量は他のアミノ酸の含量に比べて著しく高い。これらのアミドはアミノ酸代謝の初期産物であり、グルタミンは α -ケトグルタル酸から、アスパラギンはオキザロ酢酸(α -ケトグルタル酸からも生成される)から変化したものである¹⁶⁰)。本研究の有機酸組成中の α -ケトグルタル酸含量は、明らかに果実が未熟な8～10月に含量が高いことから、この時期には有機酸からアミドの合成が活発に行われていることが推察される。したがって、この時期の栽培管理は、果実品質に大きく影響するものと考えられる。

一方、果実の成熟に伴ってプロリン、 γ -アミノ酪酸、アルギニンなどが顕著に増加した。これと類似の現象はLongら¹⁰⁰)が多くのカンキツ類の果実について報告しており、特にプロリンは総アミノ酸含量の40～60%を占める場合があるとしている。また、Clementsら¹⁷)はネーブル、タンゼリンのプロリン含量は成熟初期には少ないが、後期には顕著に増加することを、大東ら^{20,26})はカンキツ果実でプロリン含量が成熟に伴って増加することを、Rockland¹³⁸)はアルギニンと γ -アミノ酪酸が成熟に伴って増加することを報告している。これらのアミノ酸のうち、アラニン以外はいずれもアミノ基転移反応系では末端に位置しているため、果実内に蓄

積されやすいものと考えられる。つまりこれらはプール型のアミノ酸と言うことができる。このように、これらプール型アミノ酸は果実内に多量に含有されるために、品質に対する効果が大きく、これらのアミノ酸含量が高い果実は高品質果実といえる。しかし、果汁中のアミノ酸含量は、本研究で後述するように、薬剤散布などによっても大きく異なり、ばらつきも大きい。したがって、Clements ら¹⁷⁾、Rockland ら¹⁸⁾、大東¹⁹⁾が述べている成熟期や収穫期判定の指標としての可能性については今後の課題といえる。

第8節 要 約

ポンカン果実の成熟に伴う品質の変化を明らかにし、品質向上策を図るための基礎資料を得ることを目的として、鹿児島市と香川県において、果実発育、糖度、滴定酸含量、着色、呼吸量、エチレン発生量、果汁中の糖組成、有機酸組成、アミノ酸組成の推移を調査した。

1. 鹿児島市におけるポンカン果実の品質

ポンカン果実の成熟について、ワセウンシュウおよびウンシュウミカンと比較した。

1) ポンカンの果実重量と滴定酸含量は12月中旬に、果皮の赤味を示す色差計のa値は12月下旬にはほぼ一定値に達した。これらの時期はワセウンシュウおよびウンシュウミカンよりそれぞれ約1.5~2.0か月遅れた。糖度は終始増加し、ワセウンシュウおよびウンシュウミカンより高かった。このように、鹿児島市のポンカン果実では、ウンシュウミカン同様“果肉先熟現象”が認められた。

2) エタノールとアセトアルデヒド含量は、ウンシュウミカン果実では成熟が進むにつれて漸増し、12月下旬以降は急激に増加するのに対し、ポンカン果実では12月まで増加せず、1月になってわずかに増加した。

2. 香川県善通寺市におけるポンカン果実の成熟
ポンカンの果実発育、品質の変化について明らかにした。

1) 果実重量は11月まで増加した。糖度は成熟の進展に伴って増加した。滴定酸含量は11月上旬まで顕著に減少し、その後は漸減した。

2) 果皮の色差計示度のa値でみた着色は11月から12月にかけて著しく進展し、その後はほとんど変化しなかった。

3) 果実の呼吸量は8月から9月にかけて減少した後ほとんど変化しなかった。

4) 樹上果のエチレン発生量は低かった。

5) 果実の組成糖は果糖、ブドウ糖およびショ糖の3中性糖であった。果糖含量は、果実が未熟な時期に高く、成熟の進展に伴って減少した。ブドウ糖含量は低く、ほとんど変化しなかった。ショ糖含量は、果実が未熟な時期には低く、成熟後期の10月から11月にかけて大幅に増加し、その後は徐々に増加した。貯蔵中はショ糖含量は減少した。

6) 果汁中有機酸組成はグルタミン酸、グルクロン酸、ピログルタミン酸、乳酸、酢酸、ピルビン酸、リンゴ酸、クエン酸、コハク酸、イソクエン酸および α -ケトグルタル酸の11種類であった。クエン酸含量が5~9割を占め、ついでリンゴ酸が多かった。その他の有機酸の割合は終始低かった。クエン酸含量の時期別変化をみると、9月に5.3%と極めて高い値を示した後、12月には0.6%と急激に減少した。その後も徐々に減少した。リンゴ酸含量の変化をみると、8月から9月にかけて増加し、その後は1月にかけて減少したが、貯蔵中の2月から3月にかけては増加した。

7) 果汁中にはアスパラギン、グルタミンの2種類のアミドとアスパラギン酸、スレオニン、セリン、グルタミン酸、プロリン、グリシン、アラニン、シスチン、バリン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニン、 γ -アミノ酪酸、リジン、ヒスチジン、アルギニンの18種類のアミノ酸が検出された。アスパラギン、グルタミン、セリン、グルタミン酸含量は収穫時まで減少し、リジン含量は増加した。プロリン含量は増減を繰り返しながら推移した。アスパラギン、グルタミン、アスパラギン酸、グルタミン酸の含量は果実が未熟な時に高く、果実の成熟に伴って減少した。一方、プロリン、 γ -アミノ酪酸、アルギニン含量は果実が未熟な時にはその含量が低く、成熟後期から貯蔵中にかけて急激に増加した。

第3章 樹冠内着果部位と果実品質構成要因

一般に、カンキツ果実の品質は、気温、日照、降水量などの気象条件や栽培管理条件などに大きく影

響されると言われており^{18,114,124,140,141,142,143,144}、果実品質向上のためにはそれらの点に十分留意する必要がある。しかし、カンキツ果実の品質はそれらによる変動のほかに園地間、樹間あるいは樹内でも大きく変動する。園地間の比較としては標高差や園の方位などによる品質の相違点が明らかにされている^{5,9,132,134,136,184}。

本研究の目的は、ポンカン果実の品質向上策の検討にあるが、そのためには、樹内において収穫時の品質が不良であることが予想される果実を、摘果によってあらかじめ除去して、収穫果の均質化を図ることも重要である。つまり、摘果の目的を最も効果的に果たすためには、樹冠内の着果位置と収穫時の果実品質との関係を明らかにしておくことが必要である。樹内における果実品質の変動については、ウンシュウミカンを中心として品質構成要因の1樹内分布やそれらの相互関係についての報告が幾つかある^{22,27,28,47,49,51,58,61,85,157,163}が、中晩生カンキツ類については、その種の研究例は少なく^{150,151,175,176,177,178}、ポンカンにおいては皆無である。

一方、食味と最も関係が深い果汁の糖や酸の含量の推定に、果梗枝の直径、果形指数、着色度、色差計示度など、非破壊の方法で測定できる因子を用いることができれば、収穫や出荷、貯蔵方法などの改善によって、高品質果実の生産・出荷に大いに利用できるものと思われる。しかし、ポンカンを含めた中晩生カンキツ類ではその種の研究例はほとんどない。

本章では、ポンカンにおける高品質果実生産技術の確立に資するために、果実品質構成要因の樹間および樹内変動と分布、果実品質構成要因間の相互関係、着果位置と品質構成要因との関係について明らかにする。

第1節 果実品質の樹間および樹内変動

材 料 と 方 法

本章では果実重量、果皮色、果汁の糖度(Brix)および滴定酸含量の他、それらと密接な関係にある果梗枝の直径、果形指数(果実横径/縦径)、果肉率、色差計のL値(果皮の明るさの程度を示す)、a値(果皮の赤さの程度を示す)、b値(果皮の黄色味の程度を示す)、ポンカンで特に問題となる果肉のす上がり度を品質構成要因の中に含めた。

鹿児島大学農学部附属唐湊果樹園の南西向き斜面(東側に雑木林あり)に栽植されている、開心自然形仕立ての18年生の高しょう系ポンカンから、同程度の樹冠容積で結実量の多い樹6本を選んで供試した。1983年12月19日に各樹の樹冠よりランダムに100果を選び、6樹計600果について、3次元の座標で表した着果位置(方位、主幹からの距離、地上からの高さ)を測定した後、果梗枝をつけて収穫した。収穫果について果梗枝の直径、着色度、果実側面部の色差計示度、果実重量、果皮重量、す上がり度、果汁の糖度、滴定酸含量を測定した。着色度は観察により0(完全緑色)~10(完全着色)までの11段階に分けた。色差計示度は測色色差計(東京電色、TC-3600U型)で測定した。す上がり度は果実の横断面について観察により、無(0)、軽(1)、中(2)、甚(3)に分けて測定した。果汁の糖度は屈折糖度計で測定し、Brixとして表した。滴定酸含量は0.156N水酸化ナトリウム溶液による中和滴定法でクエン酸パーセントとして求めた。

得られたデータについては、樹間および樹内変動を調査するために、九州大学大型計算機センターのSAS(Statistical Analysis System)により統計処理を行った。

結 果

供試したポンカン6樹における各品質構成要因の測定値の平均と変動係数をTable 6に示した。

ポンカンの果梗枝の直径は平均値のレンジで示すと2.97~3.42 mm、変動係数で10.9~13.2%であり、樹間の変動は小さかった。果実重量は平均値が135~177 g、変動係数が13.6~22.9%であり、樹内変動は小さく、しかもその樹間の差も小さかった。着色度は平均値が4.25~6.32、変動係数が32.9~43.5%であり、樹内変動は大きく、樹間の差も大きかった。果形指数は樹間および樹内でほとんど変動しなかった。す上がり度は樹内変動が極めて大きかった。果肉率は樹内変動は小さかった。糖度(Brix)は平均値が10.72~11.57、変動係数が3.8~7.5%であり、樹内変動は小さく、樹間の差も小さかった。滴定酸含量は平均値が0.76~1.11%、変動係数が16.1~33.2%であり、樹内変動は大きかった。色差計のL、b値は樹内変動が小さかった。色差計のa値は平均値で13.2~20.1、変動係数が29.4~60.0%であり、樹内変動は大きかった。

Table 6. Comparison of characters of fruit on 6 ponkan trees

Tree No.	1		2		3		4		5		6		
	Mean	C.V. [^] (%)	Mean	C.V.(%)	Mean	C.V.(%)	Mean	C.V.(%)	Mean	C.V.(%)	Mean	C.V.(%)	
Diameter of pedicel (mm)	3.25	12.27	3.06	12.99	3.42	10.91	2.97	13.04	3.15	13.17	3.21	12.50	
Fruit weight(g)	153.44	15.46	135.31	16.33	176.90	13.63	156.26	20.27	145.76	14.23	141.53	22.92	
Color index	4.25	39.48	4.60	40.52	5.55	34.20	4.83	43.45	6.32	32.89	5.10	36.28	
Shape index	1.14	7.21	1.21	8.53	1.13	5.70	1.10	5.87	1.16	7.08	1.14	7.74	
Granulation index	- ^y	-	1.54	50.91	1.33	56.60	0.99	93.59	-	-	1.76	47.86	
Flesh percent	73.29	3.95	73.24	4.04	69.46	4.96	73.46	3.69	69.52	4.86	69.31	12.08	
Brix	10.75	3.75	11.11	4.77	10.94	5.62	10.72	5.74	11.52	7.48	11.57	4.94	
Titrateable acidity (%)	0.80	16.10	1.11	19.21	0.98	18.97	0.76	18.32	0.94	16.99	0.83	33.18	
Value of color difference meter	L	51.06	6.66	53.04	5.86	50.59	4.48	50.78	6.33	52.41	4.81	52.51	4.72
	a	14.54	46.03	14.65	41.31	18.86	35.07	13.17	59.74	20.09	29.36	15.66	45.68
	b	30.06	8.61	31.28	7.56	29.76	6.56	29.81	8.44	30.75	6.58	30.84	6.06

^x : 'C.V.'=Coefficient of variation.

^y : '-'=Missing value.

第2節 果実品質構成要因の樹内分布

材 料 と 方 法

第1節で供試した6樹分、計600果をプールし、方位、主幹からの距離、地上からの高さ別の果実の度数分布を調査した。方法は第1節に準じた。

結 果

Fig.10に、6樹分、計600果をプールした方位、主幹からの距離、地上からの高さ別の果実分布を示した。

本研究で供試したポンカン樹の果実は、方位別にみると北東側、東側、南東側でやや少なかった。

果実の着果位置のうち主幹からの距離別に果実分布をみた場合、ポンカン果実は主幹から0.7m~1.7

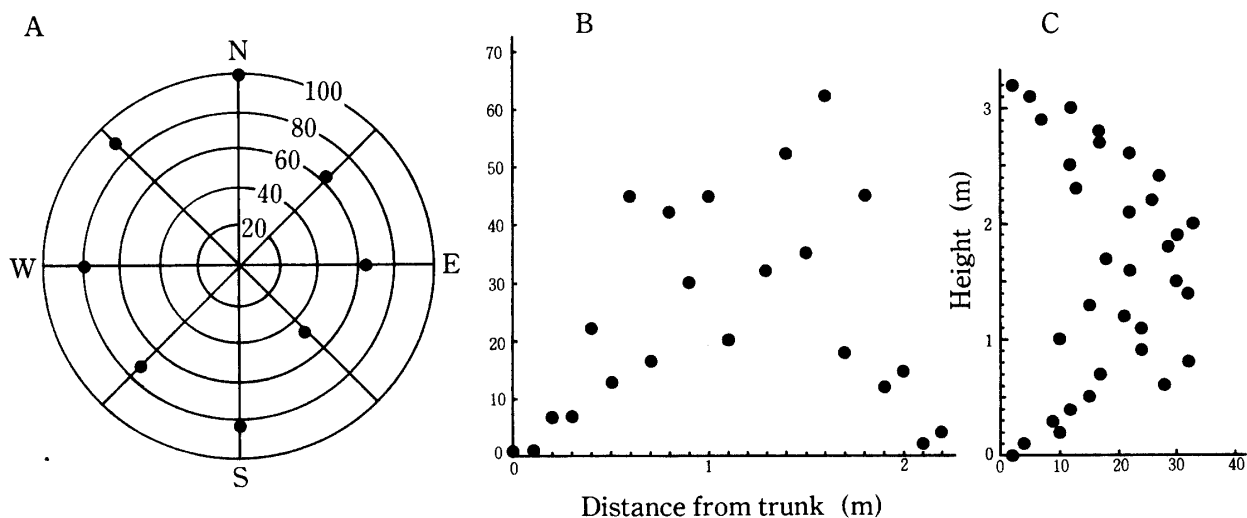


Fig. 10. Distribution of the number of fruit of ponkan.

A : Direction of fruit location within canopy.

B : Distance from trunk to fruit location within canopy.

C : Height of fruit location.

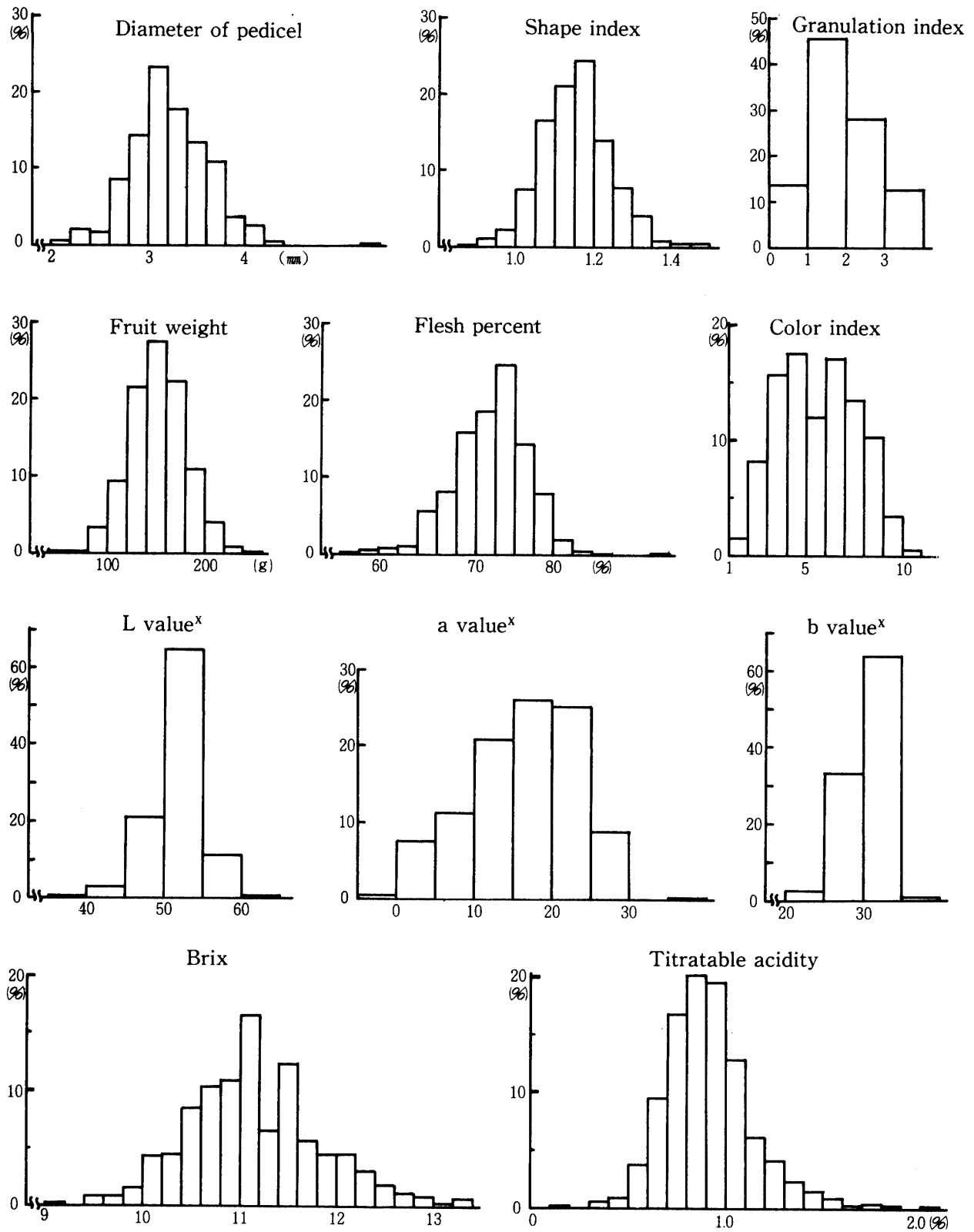


Fig. 11. Distribution of fruit percentage classified by characters of ponkan fruit.

^x : Value of color difference meter.

m の間に、高さ別にみるとおおむね 0.8 m~2.6 m の範囲に分布し、果実は長円筒形に分布した。

以上、6 樹分のデータをプールしても、あたかも 1 樹冠内の果実分布のようにみえ、大きな不自然さはなかったので、以下は 600 果分を同一母集団からのサンプルとみなして解析した。

Fig. 11 に、600 果分の果実品質構成要因の分布を示した。

本研究でのポンカン果実の果梗枝は 2.6~4.1 mm の間でおおむね正規分布した。果形指数 (果実横径/縦径) も正規分布し、1.0~1.3 の間に多く分布した。果実重量は 100~220 g の間の分布が多かった。果実の着色度は 3~8 の間に平均的に分布し、ポンカン果実では収穫時の果実着色の変動が大きいことが示された。果皮の色差計示度の L 値は 45~55 の間に、a 値は 5~25 の間に分布した。b 値は 25~35 が多かった。果肉率はおおむね 64~80% の間に正規分布した。果汁の糖度 (Brix) は 10.0~12.4 に幅広く分布した。滴定酸含量は 0.5~1.3% の間に分布した。

第 3 節 果実品質構成要因間の相互関係

材 料 と 方 法

第 1 節で供試した 6 樹分、計 600 果の果実について品質構成要因間の相互関係を明らかにした。方法は第 1 節に準じた。

結 果

ポンカン果実の品質構成要因間の相互関係について Table 7 に示した。

まず、果実の品質構成要因のうち特に重要と思われる果実重量、着色度、す上がり度、果汁の糖度および滴定酸含量を中心にみてみると、果実重量は果梗枝の径および色差計の a 値とは有意な正の相関があり、果肉率、果汁の糖度、滴定酸含量、色差計の L, b 値とは有意な負の相関があった。着色度は果形指数、糖度、色差計の L, a, b 値とは有意な正の、果梗枝の径、す上がり度、果肉率とは有意な負の相関があった。す上がり度は果梗枝の径と有意な正の相関があったものの、着色度、果形指数、果肉率、果汁の滴定酸含量、色差計の a 値とは有意な負の相関があった。果汁の糖度 (Brix) は着色度、果形指数、す上がり、果汁の滴定酸含量、色差計の L, a, b 値とは有意な正の相関が、果梗枝の径、果実重量、果肉率とは有意な負の相関があった。果汁の滴定酸含量は果形指数、果肉率、果汁の糖度、色差計

Table 7. Correlation between fruit characters of ponkan

		Diameter of pedicel	Fruit weight	Color index	Shape index	Granu- lation index	Flesh percent	Brix	Titratable acidity	Value of color difference meter		
										L	a	b
Diameter of pedicel	C.C. ^x		0.538	-0.189	-0.080	0.194	-0.205	-0.148	-0.053	-0.374	-0.089	-0.338
	Sig. ^y		**	**	*	**	**	**	NS	**	*	**
Fruit weight	C.C.			0.021	-0.069	0.022	-0.099	-0.220	-0.237	-0.317	0.123	-0.235
	Sig.			NS	NS	NS	*	**	**	**	**	**
Color index	C.C.				0.242	-0.189	-0.192	0.552	0.058	0.539	0.863	0.562
	Sig.				**	**	**	**	NS	**	**	**
Shape index	C.C.					-0.136	0.079	0.187	0.271	0.251	0.256	0.241
	Sig.					**	NS	**	**	**	**	**
Granulation index	C.C.						-0.313	0.090	-0.311	0.022	-0.150	0.012
	Sig.						**	*	**	NS	**	NS
Flesh percent	C.C.							-0.190	0.139	0.026	-0.218	0.009
	Sig.							**	**	NS	**	NS
Brix	C.C.								0.117	0.325	0.539	0.313
	Sig.									**	**	**
Titratable acidity	C.C.									0.092	0.066	0.050
	Sig.									*	NS	NS
Value of color difference meter	L										0.599	0.938
											**	**
	a											0.652
												**

^x: 'C.C.'=Correlation coefficient.

^y: 'Sig.'=Significance level (** $P \leq 0.01$, * $P \leq 0.05$, NS $P > 0.05$).

のL値と有意な正の、果実重量、す上がり度と有意な負の相関があった。

第4節 樹冠内着果部位と果実品質構成要因

材 料 と 方 法

第1節で供試した6樹分、計600果について方位、主幹からの距離、地上からの高さの三次元の着果位置のそれぞれと果実品質構成要因との関係を明らかにした。方法は第1節に準じた。

結 果

ポンカンの着果位置と果実品質構成要因との関係をTable 8およびFigs. 12~14に示した。

樹冠内の着果位置のうち、方位と果実品質構成要因との関係をみると(Table 8, Fig. 12), 果梗枝の径は東南方向より西北方向の方が大きかった。果形指数と果肉率は方位による差異はあまりなかった。果実重量は南側で小さく、北~東側で大きかった。着色度は西側でやや劣った。色差計のL値は南西および東側で低かった。色差計のa値とb値は北~北西側および南東側でやや高かった。す上がり度は南東側で低く、北西側でやや高かった。糖度は南西側でやや高かったが、方位による差異は小さかった。

滴定酸含量は西~南西側で高かった。

主幹からの距離と果実品質構成要因との関係をみると(Table 8, Fig. 13), 着色度, 果形指数, 糖度, 色差計のL, a, b値は主幹からの距離と有意な正の相関があった。一方, 果肉率と主幹からの距離とは有意な負の相関があった。すなわち, 樹冠外周ほど偏平で着色や糖からみた品質の良い果実になることが明らかであった。

地上からの高さで果実品質構成要因との関係をみると(Table 8, Fig. 14), 果梗枝の径, 果実重量, 着色度, 果形指数, 糖度, 滴定酸含量, 色差計のa値と高さの間には有意な正の相関があった。一方, 果肉率と高さの間には有意な負の相関があった。すなわち, 果実の着果位置が高くなるほど, 果実は大きく, しかも品質が良くなることが明らかであった。

前述したように, 方位と果実品質との関係には一定の傾向がみられなかったので, 樹冠の東西方向と南北方向に果実を投影して, 東西方向あるいは南北方向の主幹からの距離と果実品質との関係を明らかにしようとした。

まず, 果実を東西方向の軸に対して南側から垂直に投影した場合の位置を果実の東西方向の着果位置(東側; 正, 西側; 負)とし, その主幹からの距離と果実品質構成要因との関係をみると(Table 8,

Table 8. Relation between characters of fruit and fruit locations within canopy of ponkan

		Diameter of pedicel	Fruit weight	Color index	Shape index	Granu- lation index	Flesh percent	Brix	Titratable acidity	Value of color difference meter		
										L	a	b
East-west ^A	C.C. ^x	-0.070	-0.013	0.049	-0.013	-0.053	0.006	-0.114	0.016	0.016	0.090	0.025
	Sig. ^y	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS
North-south ^B	C.C.	0.095	0.136	-0.034	-0.049	-0.030	0.032	-0.208	-0.085	-0.032	0.007	0.025
	Sig.	*	**	NS	NS	NS	NS	**	*	NS	NS	NS
Distance ^C	C.C.	-0.036	0.042	0.205	0.106	-0.087	-0.091	0.190	-0.038	0.086	0.210	0.080
	Sig.	NS	NS	**	**	*	*	**	NS	*	**	*
Height ^D	C.C.	0.322	0.234	0.229	0.093	-0.036	-0.274	0.353	0.221	-0.077	0.322	-0.051
	Sig.	**	**	**	*	NS	**	**	**	NS	**	NS

^A: Distance from trunk to the point which was projected on the east-west plane from the south at the right angle (East+, West-).

^B: Distance from trunk to the point which was projected on the north-south plane from the east at the right angle (North+, South-).

^C: Distance from trunk to fruit location within canopy.

^D: Height of fruit location within canopy.

^x: 'C.C.'=Correlation coefficient.

^y: 'Sig.'=Significance level (** P≤0.01, * P≤0.05, NS P>0.05).

Fig. 15), 糖度のみが距離と有意な負の相関があった。その他の果実品質構成要因と距離との関係は有意でなかった。

次に、果実を南北方向の軸に対して東側から垂直に投影した場合の位置を南北方向の着果位置（北側；正，南側；負）とし，その主幹からの距離と果実品質構成要因との関係を見ると（Table 8, Fig. 15），果梗枝の径，果実重量と距離との間には有意な正の相関があり，糖度および滴定酸含量と距離との間には有意な負の相関があった。すなわち，南側ほど品質が良かった。

第5節 考 察

カンキツ果実の品質には気温，日射，降水量などの気象条件や栽培管理条件が大きく影響していることは明らかである¹¹⁴⁾が，それらの条件は地形，標高などの園地の状態，傾斜，方位などの園地内での樹の位置で異なるために，果実品質に園地間や樹間での変動が見られるのは当然のことである。

園地間および産地間の変異については，ウンシュウミカンについて葦沢ら⁵⁾や伊庭⁵⁸⁾が，バレンシアについて Reuther ら¹³⁶⁾，オレンジとレモンについて Jones ら⁷¹⁾が報告している。また，樹間の変異については伊庭⁵⁸⁾，木原ら⁸⁵⁾がウンシュウミカンについて

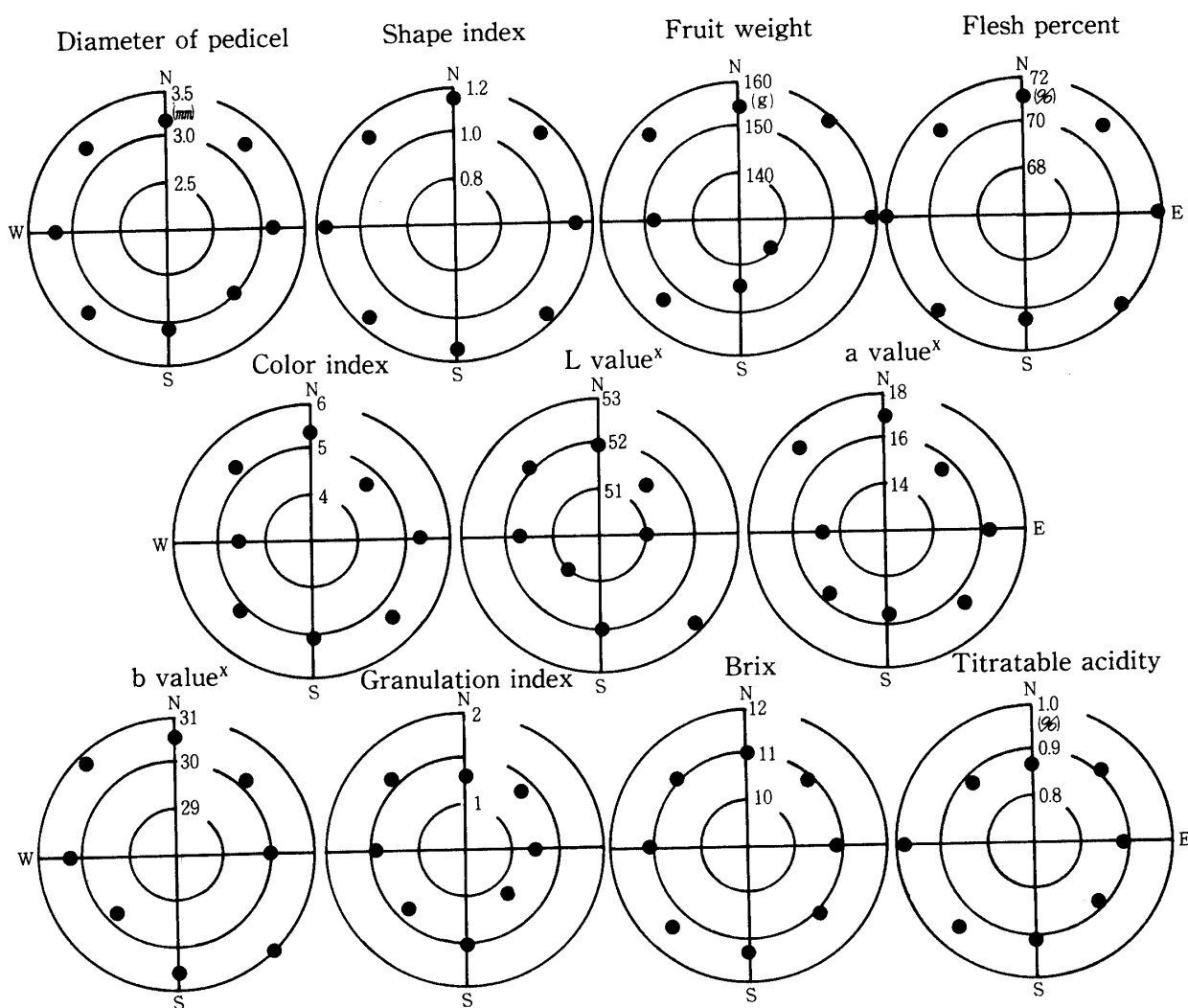


Fig. 12. Relation between the direction of fruit location within canopy and fruit characters of ponkan.

^x : Value of color difference meter.

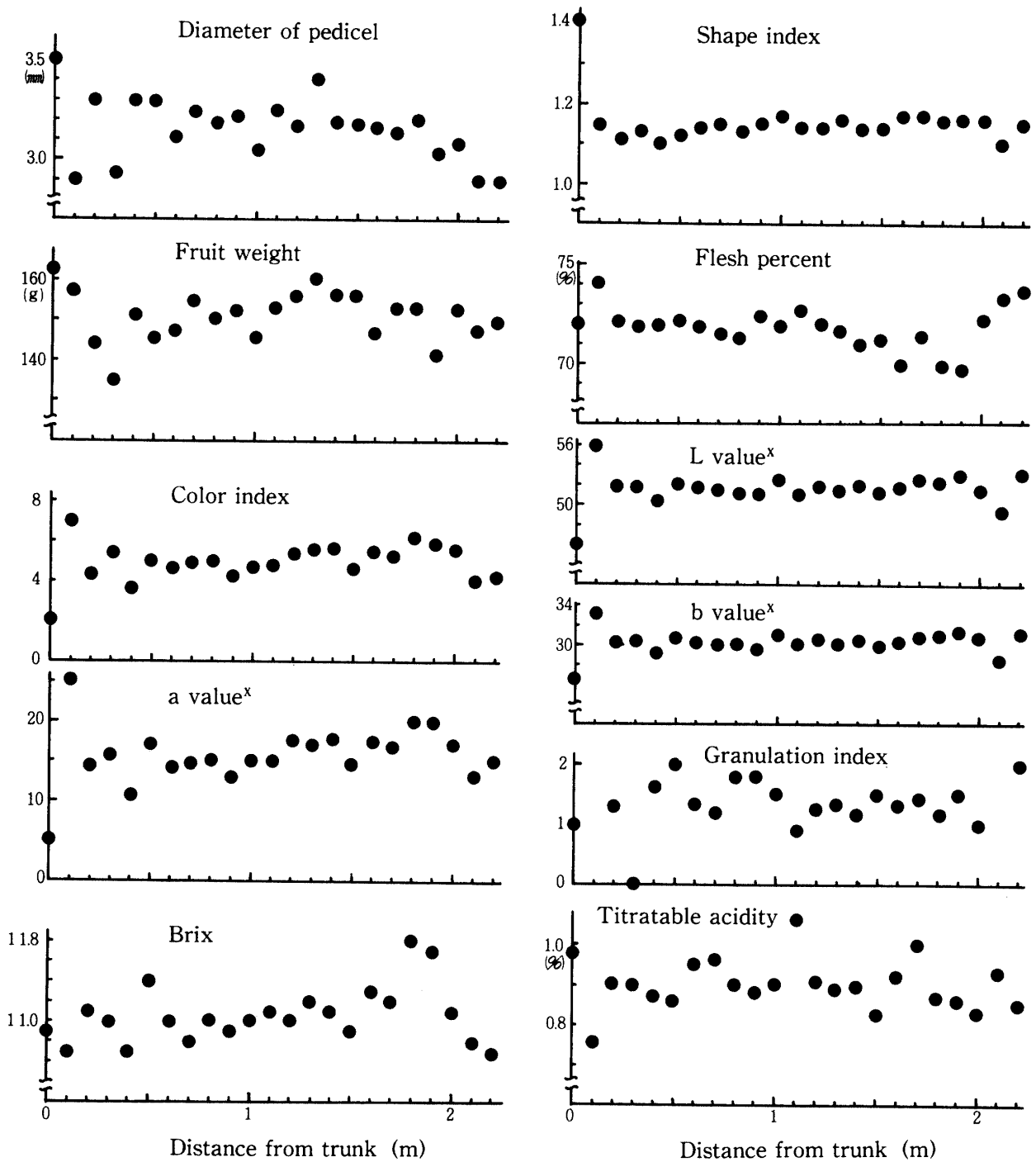


Fig. 13. Relation between distance from trunk to fruit location within canopy and fruit characters of ponkan.

^x : Value of color difference meter.

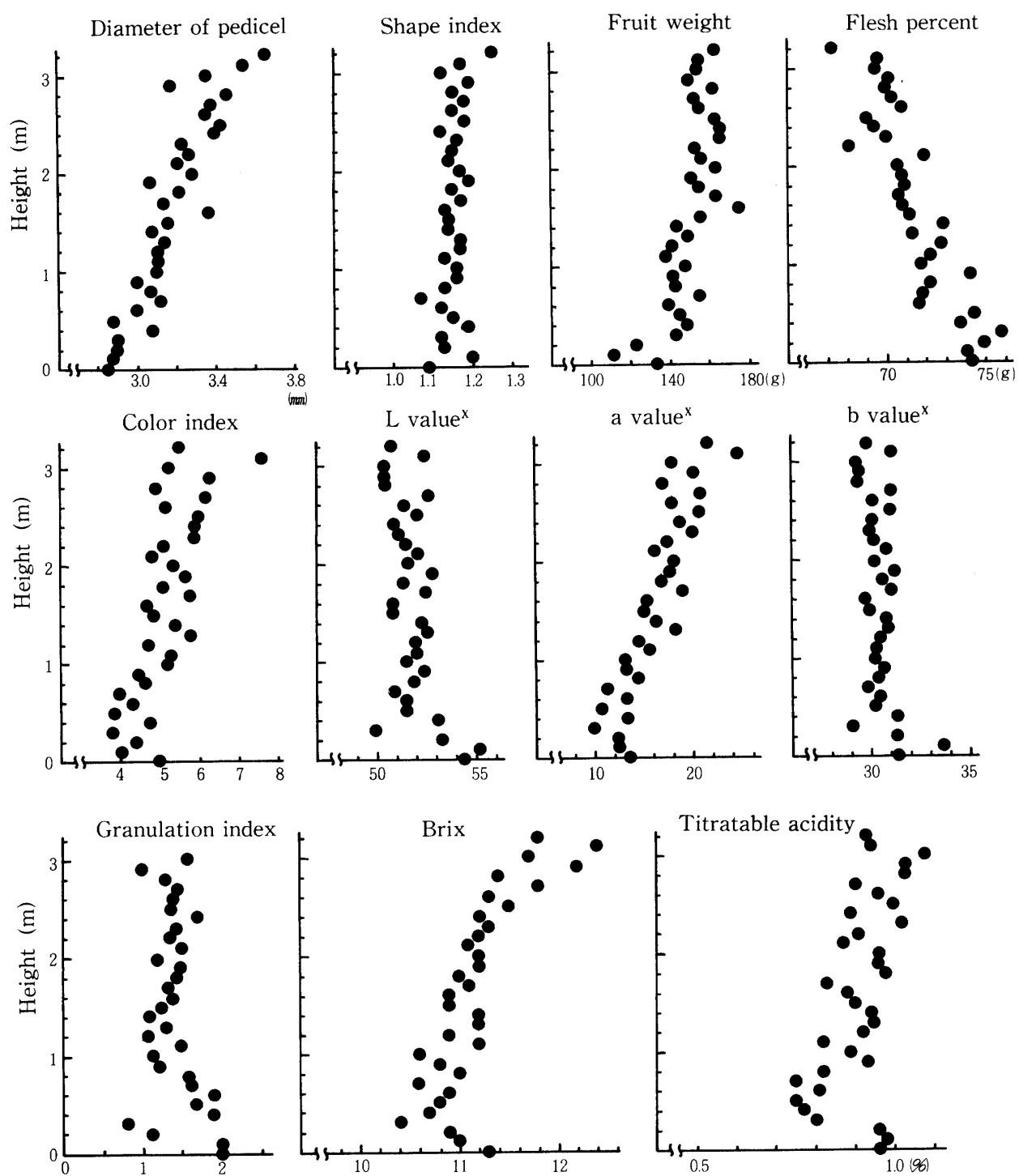


Fig. 14. Relation between height of fruit location within canopy and fruit characters of ponkan.

^x : Value of color difference meter.

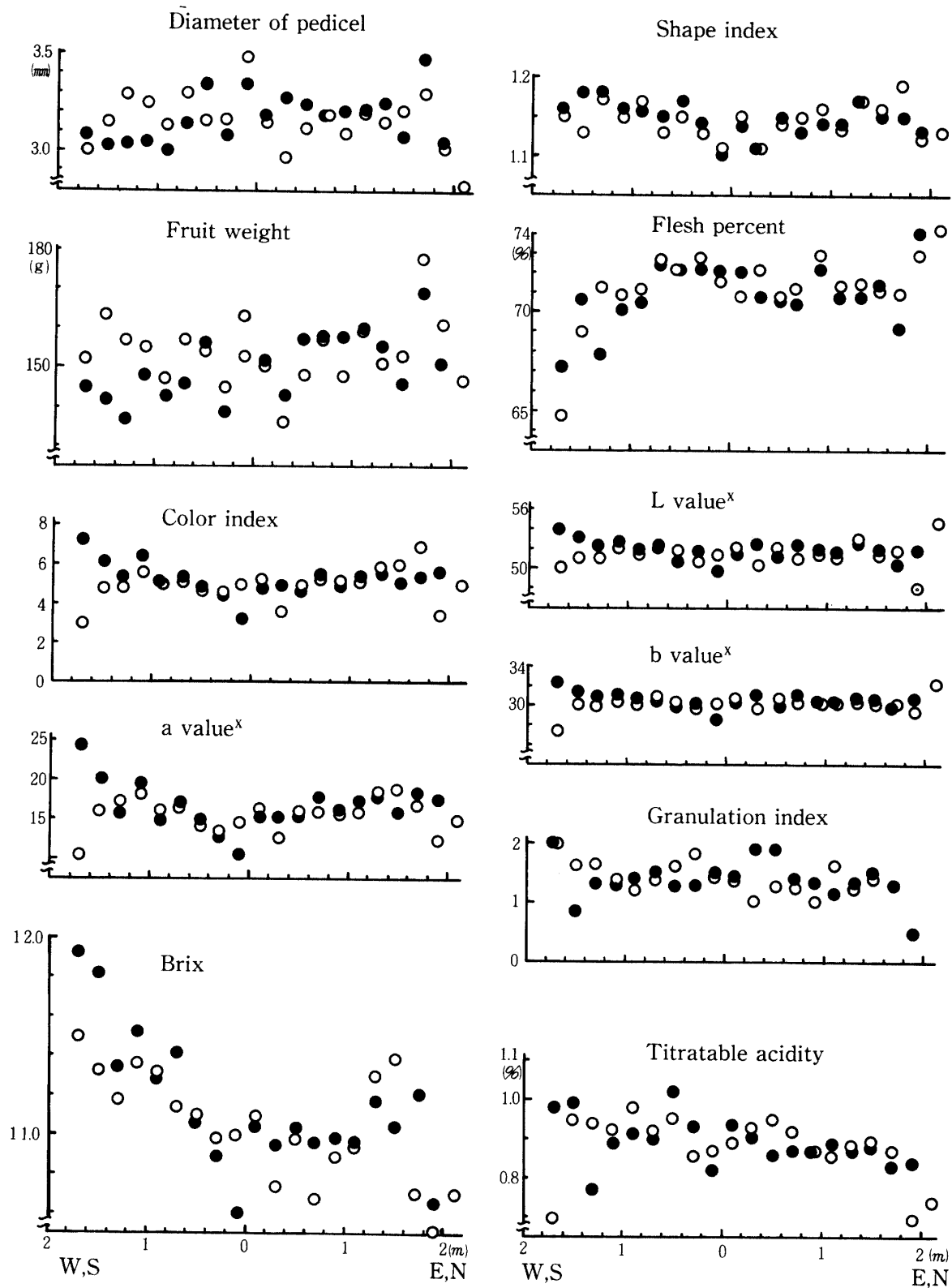


Fig. 15. Relation between distance of trunk of east-west and north-south directions and fruit characters of ponkan (○ East-west, ● North-south).

Distances of east-west and north-south directions are those from trunk to the point projected on the east-west and north-south planes from south and east at right angle, respectively.

^x: Value of color difference meter.

報告している。

一般に、カンキツ類では果実の大部分は相対照度80%以上の半球状樹冠の外周部に分布することが示されている。たとえば、岩垣ら⁶¹⁾はウンシュウミカンでは樹冠表面から60 cmに55%の果実が、Whitneyら¹⁸⁴⁾はスイートオレンジでは樹冠表面から手の届く範囲(約90 cm)に80%以上の果実が分布することを報告している。これは、Jahn⁶⁹⁾、小野¹²⁸⁾、小野ら¹²⁹⁾が述べているように、樹冠内部では光合成に必要な相対照度が不足するためであろう。本研究のポンカンでも樹冠内の果実は縦長の長円筒状に分布している。

そのように、果実の多くが樹冠外周部に分布しても、樹冠内の微気象条件などの相違によって、果実品質は変動する。たとえば、樹冠内変動については、ウンシュウミカンで伊庭⁵⁸⁾、別府ら⁹⁾、岩垣ら⁶¹⁾が、スイートオレンジでSitesら^{150,151)}が報告している。

本研究で供試したポンカンでは、ウンシュウミカンやスイートオレンジより、糖度の樹内変動は明らかに小さかったが、着色度と滴定酸含量の樹内変動は大きかった。

カンキツ類果実の品質、特に着色、糖、酸含量は連続的に変化しているものであり、その変動は収穫時期と密接に関係し、完熟期である収穫適期には品質の変動は少なくなるものと考えられる。橋永ら⁴⁸⁾によると、ポンカンでは12月には果実肥大はほぼ停止しているが、着色、糖、酸からみた品質変化は進行中である。本研究のポンカンの収穫期は12月であるため、着色度、色差計のa値、滴定酸含量の変動係数が大きくなったのは当然と思われる。果梗枝や果実の発育は11月には緩やかになり、果梗枝の直径や果実重量はほぼ収穫時の状態になるため変動係数も小さくなったものと考えられる。

次に、品質構成要因ごとにポンカン果実の分布をみると、極めて正規分布に近い分布をする果梗枝の径、果形指数、果実重量、果肉率、糖度(Brix)、滴定酸含量と正規分布しない品質構成要因に分かれた。

カンキツ果実の品質は果実の成熟過程に伴って変化するものであり、各品質構成要因が最適の値を示した時が完熟期および収穫適期である。しかし、品質構成要因は、成熟前にはほぼ進展が停止するもの、成熟時に進展が停止するもの、成熟後も次第に変化するもの、の3グループに分けられるであろう。すなわち、第1のグループには果梗枝の直径、果形指数、果実重量、果肉率が、第2のグループにはす上

がり度、着色度、色差計のL、a、b値が、第3のグループには糖度と滴定酸含量がはいる。このそれぞれのグループは収穫時期によって異なった樹内分布を示すであろう。前述したように、鹿児島における慣行的な収穫期である12月は果梗枝の径、果実重量はほぼ一定になっているが、着色度は安定する前であり、糖、酸は徐々に変化している時期である。このため、果梗枝の径、果形指数、果実重量、果肉率は比較的狭い範囲の正規分布を示し、す上がり度、色差計のL、a、b値は片寄った分布をしたものと考えられる。着色度は本研究の調査時の着色度の樹の平均が4~6であったため変動が大きかったであろう。糖と酸は12月にはまだ連続的に変化しているため、極めて裾の広い正規分布状の分布を示したのである。この点に関して、富田ら¹⁷⁴⁾もポンカンの12月収穫では糖度は3度、滴定酸含量は1.6%の広い範囲に分布したことを報告している。

以上のことから、慣行的収穫期にはポンカン果実の発育は十分進んでいるが、品質は変動が大きいことが明らかである。したがって、ポンカン果実の高品質化、均質化を図るためには、分割採取する、寒害を回避する手段を講じて1~2月に収穫する、施設化して成熟促進、均質化を図る、貯蔵によって品質向上を図るなどの方策を考える必要がある。

さて、カンキツ果実の品質構成要因のうち、特に重要なものとして、外から観察できる果実の大きさ、果皮色のほかに、食味と最も関係が深い果汁の糖度と酸含量がある。近年は、消費者は内容の充実した果実を選別して購入するようになり、糖、酸含量の重要性が増してきた。しかし、糖と酸の測定では果実を破壊しなければならないので、現在では園、樹あるいは出荷用のダンボール箱などから抽出測定し、もとの母集団の値を推定する方法がとられている。この方法では抽出個数を増やせば精度が上がることになるが、抽出した果実は商品としては扱えないことになる。そこで、果実の糖、酸の予測に果梗枝の径、果形指数、着色度、色差計示度など非破壊の方法で測定できる因子を用いることができれば高品質果実の生産・出荷や商品確保の点から、あるいは摘果作業の改善の点から大いに役にたつものと考えられる。

そこで、着色、糖および酸含量からみた高品質果実とは、他の形質からみたらどのような果実であるかを明らかにしようとした。

その結果、着色度は糖度とは高い正の相関があり、

着色の進展の早い果実は糖度が高いこと、糖度と滴定酸含量は有意な正の相関があり、糖度が高い果実は滴定酸含量も高いことが明らかになった。一方、果実重量や果梗枝の直径は糖度および滴定酸含量とは負の相関があり、径が大きい果梗枝を持つ果実の重量は顕著に大きく、糖、滴定酸含量が低いことも明らかになった。

この点は、経験的に言われていることと一致したが、中晩生カンキツ類での報告は少なく、富田ら¹⁷⁴⁾がポンカンの果実重量と滴定酸含量に負の相関があることを示しているにすぎない。ウンシュウミカンでは、木原ら⁸⁵⁾、長谷部ら⁴⁷⁾、岩垣ら^{61,62)}、原田ら⁴⁹⁾、別府ら⁹⁾が品質構成要因間の相互関係について報告している。それらを総括すると、着色と糖度が最も高い相関があり、着色が良好であれば少なくとも糖度が高いことが明らかである。酸と着色度については、報告により負の相関を示したものもあるが、有意でないものもあり、関係は明確でない。

前述しているように、カンキツ類では樹冠内で果実品質に変動がみられるために、摘果の時期に樹冠内の着果位置による果実品質の差異を予測できれば、摘果作業の改善に大いに参考にできるものと考え、着果位置別の果実品質の変動を調査した。

その結果、着果位置が主幹から遠くなるほど果実は扁平で着色や糖酸からみた品質は良好になり、また着果位置が高くなるほど果実は大きくなるが、着色、糖、酸からみた品質も良好であった。これは、立体的な配置になっている樹冠では気温、日射、降水量の気象条件のうち、日射量の変異が最も大きく、樹冠内での着果位置によって受光量が異なるために、光合成に差がある⁸⁹⁾ためであろう。この点について、小野ら¹²⁹⁾も光合成速度は照度に比例しており、樹冠上部に対して相対照度が20%以下になるような部位では光合成速度が半分以下に低下し、果実の肥大と着色は劣り、果汁の糖度が低下するとしている。すなわち、樹冠の着果位置の相違による果実品質の差異は受光量の差異による品質の差異と言い換えることができる。本研究の結果はこれらの結果と一致する。

着果位置のうち、方位と果実品質をみると、南側の果実で糖度と滴定酸含量が高く、果梗枝の直径、果実重量は北側ほど大きくなった。この原因については明らかではなく、さらに研究を進める必要があるが、本研究で供試した園は南西面向けの傾斜地であり、南側で受光量が多い。受光量の差異は果実肥大より果汁の糖度と酸含量に強く影響するのかもしれない。

れない。

カンキツ類の着果部位と果実品質との関係をみた多くの報告のうち、方位と果実品質との関係をみたものは多くないが、木原ら⁸⁵⁾も南西側で糖度が幾分高いものの方位による品質差は糖、酸ともに明らかな傾向が認められないとしている。また、Sitesら^{150,151)}はバレンシアでは北東側の酸含量が他方位より低いとしている。

本研究の結果は、従来からカンキツ類で経験的に言われていることを裏づけた。このように、ポンカンにおいても、高品質果実生産のためには、果実の発育が過度に進展するような管理、窒素の過施用、過摘果などを避けるとともに、果梗枝が大きくなるような着果位置、すなわち天成りなどの果実や樹冠の内部の果実を重点的に摘果すべきである。また、収穫は着色や果梗枝の直径などに注意して行うことを勧める。

第6節 要 約

ポンカンにおいて、高品質果実の生産、果実品質の均質化を図るための栽培管理技術の改善策を確立するために、果実品質構成要因の収穫時における樹間および樹内変動と分布、果実品質構成要因間の相互関係、着果位置と品質構成要因との関係を明らかにした。

得られた結果は以下のとおりである。

1. 収穫時の果実品質構成要因のうち、果実重量と果汁の糖度は樹内変動がそれぞれ13.7~22.9%、3.8~7.5%と小さかったが、着色度と果汁の滴定酸含量は樹内変動がそれぞれ32.9~43.5%、16.1~33.2%と大きかった。着色度以外の果実品質構成要因はおおむね正規分布した。

2. 果実の樹冠内分布についてみると、方位では南側に多く分布したが、おおむね主幹から70~170 cm、高さ80~260 cmに多く、長円筒状の分布を示した。

3. 着色度と糖度、糖度と滴定酸含量は高い正の相関があり、果実重量と糖度および滴定酸含量とは高い負の相関があった。

4. 樹冠の外周ほど果形指数は大きく、着色度は良好になり、糖度も高かった。また着果位置が高くなるほど果実重量と果形指数は大きくなり、着色、糖度、滴定酸含量からみた果実品質は良かった。

5. 樹冠の南側の果実で糖度と滴定酸含量が高かった。

第4章 植物生長調節剤の散布が果実品質に及ぼす影響

カンキツ類の高品質果実の生産技術の一つに、植物生長調節剤の利用があり^{64,65)}、実用化されている薬剤もある。これらは、ポンカンにおいても利用できるものと考えられる。

一般に高品質果実生産のためには、果実品質に強く影響する気温、日射、降雨量などの気象条件、土壌条件、栽培管理条件などの条件を、各品種が持つ固有の遺伝的特性が最大限に発揮されるように整えることが必要だと考えられる(白石、私信)。ポンカン栽培においても、植物生長調節剤の散布がその遺伝的特性を最大限に発揮させることができれば、高品質果実生産のために十分利用できる。しかし、現状では植物生長調節剤はウンシュウミカンに対する利用がほとんどで、ポンカンを含めた中晩生カンキツ類を対象としては、ようやく研究が緒についたばかりである。そこで本章では、ポンカンの果実品質を向上させることが期待される幾つかの植物生長調節剤について、それらの散布処理が果実の品質に及ぼす影響を明らかにし、ポンカンでの高品質生産技術を確立する。

第1節では、エチレン発生剤であるエスレル(Ethephon: 2-chloroethylphosphonic acid)の散布が果実の品質、特に果皮の着色に及ぼす効果について明らかにする。エチレンはバナナ、リンゴなどのclimacteric型の果実では代謝的に成熟を促進するが、カンキツのようなnon-climacteric型の果実では、果皮の着色だけしか促進しない^{1,14,40,65)}。エスレルの樹上散布はオレンジ、タンゼリン、ウンシュウミカン果実において葉緑素分解とカロチノイド合成を促進することにより、着色を促進すると報告されている^{4,21,41,42,43,56,66,67,70,105,116,117,189,191,192)}。そこで本研究では、ポンカンの樹上果実へのエスレル散布が着色を促進し、ひいては収穫を早くすることができるかどうかについて、実用的な見地から検討した。

第2節では、摘果剤として開発、実用化がなされた^{53,55,76,153)}が、ウンシュウミカンにおいては、果実の着色を促進し、糖度を上昇させ、酸含量をわずかに減少させることが報告されている^{55,77,153,167)}エチクロゼート(Ethychlozate: Ethyl-5-chloro-1H-3-indazolyl acetate)のポンカン果実品質に対する効果を明らかにする。

第3節では、炭酸カルシウム(CaCO_3)の散布

が、ポンカン果実の品質および貯蔵性に及ぼす影響について明らかにする。炭酸カルシウムはウンシュウミカンの浮皮を抑え、着色を幾分良好にすることが明らかにされている^{83,84,97,106)}。また、中晩生カンキツに対しても、農業現場では樹上予措と着色の向上を目的として炭酸カルシウムの散布がなされている。そこで、本研究では、ポンカン果実の着色、予措、貯蔵性、果実品質に対する炭酸カルシウムの効果について明らかにする。

第1節 エスレルの散布が果実品質に及ぼす影響

材料と方法

実験1: 枕崎市の農家の果樹園の12年生のポンカン5樹を用いて実験を行った。処理区は、エスレル(Ethephon: 2-chloroethylphosphonic acid)150 ppm 散布区、エスレル300 ppm 散布区および無散布区の3区とし、乱塊法で5反復とした。処理は1樹より径3 cm位の枝を3本ずつ選び、枝別処理として3処理区を割り付けた。処理液は、10月17日に4リットル入り小型噴霧器で果実や葉に十分散布した。

処理後、適宜樹上での果実の着色状況を観察した。果実は12月14日に収穫し、重量、観察による着色程度、色差計示度、す上がり度、果汁中の糖度、滴定酸含量などについて調査した。色差計示度は測色色差計(日本電色製、ND-K6B)により果頂部の径1 cmの円形部分について行った。観察による着色度は11段階とした。す上がり度は果実を横断し、観察により無(0)から甚(4)までの5段階で表した。糖度は屈折糖度計により測定した。また、酸は0.156 N 水酸化ナトリウムによる滴定によってクエン酸パーセントとして表した。

実験2: 鹿児島大学農学部附属唐湊果樹園の15年生のポンカン樹7本を用いて実験を行った。処理区は無散布、エスレル早期散布、エスレル晩期散布、メチオニン早期散布、メチオニン晩期散布の5区とした。1樹より径3 cmくらいの枝を5本選び、これらに枝別処理として5処理を割り付け、乱塊法で7反復とした。散布濃度はエスレルはいずれも150 ppm、メチオニンはいずれも1200 ppmとした。早期散布は11月8日、晩期散布は11月29日に行った。12月15日に果実を収穫し、実験1に準じて果実の品質を調査した。

実験3: 枕崎市の農家の果樹園の11年生のポンカン樹10本を用いて実験を行った。処理は、無散布

区, エスレル散布区, ジベレリン散布区, エスレル+ジベレリン散布区の4区とした。1樹より果実を30果ずつ着けた枝を4枝選び, 上記4処理を枝別に割り付け, 乱塊法で10反復とした。エスレル, ジベレリンともに200 ppm水溶液を10月25日に肩掛け散布器で処理枝全体, 果実と葉に十分かかるように散布した。その後2週間おきに各枝より果実を2個ずつ採収して品質を調査した。果実の品質については, 色差計示度, す上がり度, 糖度, 滴定酸含量などを実験1に準じて調べ, その他に果汁のエタノール含量も調査した。エタノール含量の測定は第2章, 第1節で述べた方法で行った。

実験4: 鹿児島大学農学部附属唐湊果樹園の12年生のポンカン24本を用いて実験を行った。処理は分割区法を用い, 樹別に主試験区に春処理2(ジベレリン散布と無散布), 反復4を割り付け, 副試験区

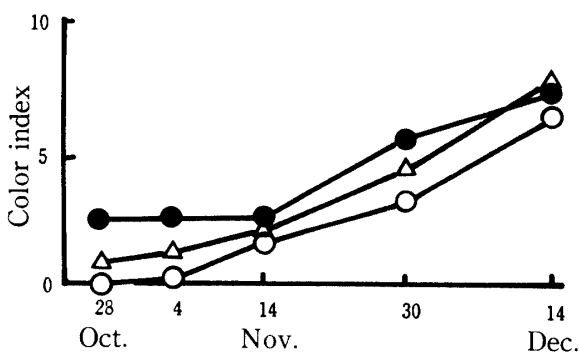


Fig. 16. Effects of different concentrations of ethephon on coloration of ponkan fruit (Experiment 1) (○ Control, △ Ethephon 150ppm, ● Ethephon 300ppm).

に秋処理3(ジベレリン散布, エスレル散布, 無散布)を割り付けた。エスレル, ジベレリンともに200 ppmを, 春処理は5月7日と15日の2回, 秋処理は10月25日に散布した。秋の処理後2週間おきに果実品質を調査した。調査項目と方法は実験3と同様であるが, エタノール測定の際, アセトアルデヒド含量も測定した。

結 果

実験1: エスレルの散布処理はポンカン果実の着色を促進し, 特に300 ppm散布区で効果が著しかった(Fig. 16)。300 ppm散布区では処理後まもなく着色が始まったが, 収穫期の観察による着色程度は, 150 ppm散布とほとんど変わらず, 有意差は認められなかったものの無散布区より幾分高い傾向にあった。収穫時における色差計のa値はエスレル150 ppm, 300 ppm散布区ともに無散布区より有意差をもって高く(Table 9), この点からもエスレル散布区の果実は着色が進んでいることが示された。一方, 糖度や滴定酸含量, あるいはす上がり度については処理区間に差が認められなかった。10月30日, 11月6日および11月30日に, エスレル300 ppm散布区で落果した果実を, 樹上の無散布区果実と比較したところ, 300 ppm散布区の落果果実では着色は著しく進んでいたが, 糖度, 滴定酸含量はその時期の無散布区の果実と同じ程度であった。エスレル300 ppm散布区では落果が多く, また落葉もかなりみられたが, 150 ppm散布区では無散布区同様, 落果, 落葉はほとんど認められなかった。

実験2: エスレル早期散布区では, 散布後比較的早いうちに着色が始まり, 収穫期においても無散布区より着色が進んでいた。一方, エスレル晚期散布区では, 気温が既に低下していたためか, 着色促進効果はあまり認められなかったが, 収穫期には無散

Table 9. Effect of ethephon on fruit quality of ponkan (Experiment 1)

Treatment	Fruit weight	Value of color difference meter			Color index	Brix	Titratable acidity	Granulation index
		L	a	b				
	(g)						(%)	
Control	119	51.4	7.2 ^b	28.0	6.4	11.0	0.74	1.1
Ethephon 150ppm	140	52.4	14.0 ^a	30.5	7.6	11.5	0.70	1.5
Ethephon 300ppm	151	48.6	13.5 ^a	28.3	7.5	10.8	0.72	1.1

Means with different letters are significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.

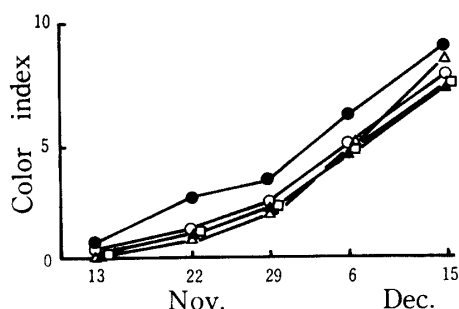


Fig. 17. Effects of ethephon and methionine on coloration of ponkan fruit (Experiment 2) (○ Control, ● Ethephon early treatment, △ Ethephon late treatment, □ Methionine early treatment, ▲ Methionine late treatment).

布区より幾分着色が良い傾向が認められた (Fig. 17, Table 10). このため色差計の a 値もエスレル早期散布区では無散布区より高い傾向を示した。これに反して、メチオニン散布では早期散布、晚期散布区

ともになんら着色に影響を及ぼさなかった。糖度や滴定酸含量およびす上がり度にはエスレル、メチオニン散布の影響は認められず、むしろ樹による差の著しいことが認められた (Table 10).

実験 3: エスレル散布は果実の着色を促進し、一方、ジベレリン散布は着色を遅延させた (Table 11). エスレル散布区の果実は、散布 2 週間後の 11 月 9 日に、すでに明度を示す L 値、黄色の程度を示す b 値ともに、12 月 12 日収穫の無散布果とほぼ同じ値を示した (Fig. 18, L, b 値). しかしその後は L 値、b 値ともに 12 月の収穫までほとんど変わらず、したがって収穫時には無散布果と同じ程度になった。これに反して、赤色の程度を示す a 値は、エスレル散布 2 週間後に同時期の無散布区より高かったが、その後も増加を続け、12 月の収穫期においても無散布果実より高い傾向にあった (Fig. 18, a 値). これら着色からみると、エスレル散布によってポンカン果実の成熟は 2 週間程度促進された。一方、ジベレリン

Table 10. Effects of ethephon and methionine on fruit quality of ponkan (Experiment 2)

Treatment	Fruit weight	Value of color difference meter			Color index	Brix	Titratable acidity	Granulation index
		L	a	b				
	(g)						(%)	
Control	148	55.2	14.0 ^{bc}	32.0	7.7	11.5	0.78	0.8
Ethephon early treatment	143	55.5	20.0 ^a	32.6	9.0	11.0	0.76	0.9
Ethephon late treatment	153	54.4	17.0 ^{ab}	31.9	8.5	10.9	0.84	0.6
Methionine early treatment	154	52.5	13.3 ^c	31.0	7.4	10.9	0.78	0.5
Methionine late treatment	149	53.7	13.9 ^{bc}	30.9	7.2	9.7	0.76	0.4

Means with different letters are significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.

Table 11. Effects of ethephon and gibberellin on fruit quality of ponkan (Experiment 3)

Treatment	Fruit weight	Value of color difference meter			Brix	Titratable acidity	Ethanol	Granulation index
		L	a	b				
	(g)					(%)	(mg %)	
Control	126	45.9	8.5 ^a	24.1 ^{ab}	10.3 ^a	0.96	3.1	2.1
Ethephon	129	46.8	10.3 ^a	24.6 ^a	9.9 ^b	0.96	2.9	1.8
GA	124	44.1	-0.8 ^c	20.9 ^c	9.9 ^b	0.94	2.4	2.1
Ethephon + GA	127	45.1	2.2 ^b	22.5 ^{bc}	9.7 ^b	0.82	2.1	2.1

Means with different letters are significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.

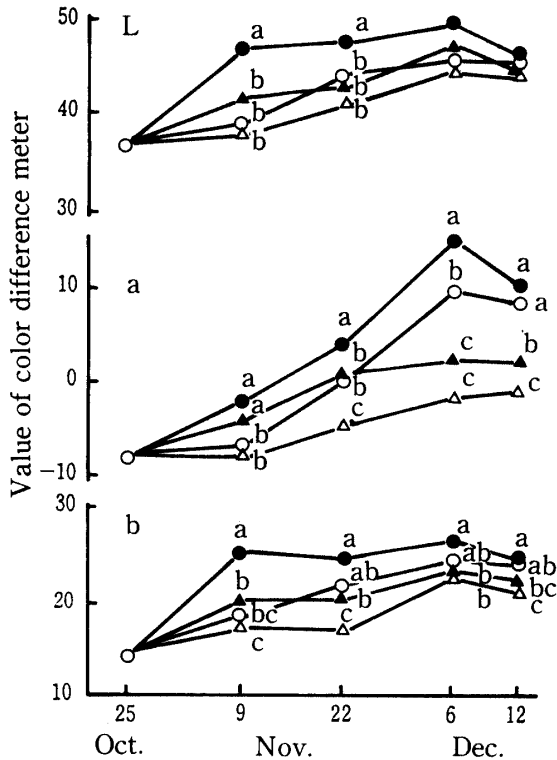


Fig. 18. Effects of ethephon and GA on the value of a color difference meter of ponkan fruit (Experiment 3) (○ Control, ● Ethephon, △ GA, ▲ Ethephon+GA). Values with different letter on the same date are significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.

散布区では、L 値は無散布区とほとんど変らなかったが、a 値、b 値ともに、散布後収穫に至るまで無散布区より低かった。またエスレル+ジベレリン散布

区ではエスレル散布区とジベレリン散布区の間、すなわち無散布区とはほぼ同様な着色状態を示した。ただし、a 値は無散布区より低かった。収穫時の糖度はエスレル散布区、ジベレリン散布区ともにわずかではあるが、有意差をもって対照区より低かった (Table 11)。滴定酸含量は 10 月 25 日の処理時には 1.8% であったが、収穫時には 0.8~0.9% に減少した。各処理区間には有意差は認められなかった (Table 11)。また上がり度も処理区間に有意差は認められなかった。果実内エタノール含量は 12 月 6 日までは 1.0 mg % 以下と低かったが、12 月 12 日の収穫時には 2.1~3.1 mg % へと著しく増加した。しかし処理区間に有意差は認められなかった (Table 11)。処理による落果、落葉はほとんど認められなかった。

実験 4：春のジベレリン散布はポンカン果実の着色、品質、成熟になんらの影響も及ぼさなかったのので、以後の結果はすべて春処理を無視して示した。

秋のエスレル散布は果実の着色を促進した。エスレル散布果の色差計の L 値、a 値は散布後まもなく無散布果より高くなったが、収穫時には無散布果とほとんど差がなくなった。しかし a 値は収穫時においてもエスレル散布果の方が無散布果より有意差をもって高い値を示した (Fig. 19)。一方、秋のジベレリン散布は着色を遅らせた。ジベレリン散布区の果実は L 値、a 値ともに無散布の果実より低かった (Fig. 19, Table 12)。糖度は収穫期に近づくにつれて増加し、一方、滴定酸含量は減少した (Fig. 20)。またエタノール含量は 12 月 6 日から 17 日にかけて急激な増加を示した (Fig. 21)。これら糖度、滴定酸含量、エタノール含量、アセトアルデヒド含量からみた果実の成熟は、秋のエスレル散布あるいはジベレリン散布によって影響されなかった (Fig. 21)。処理による落果、落葉はほとんど認められなかった。

Table 12. Effects of ethephon and gibberellin on fruit quality of ponkan (Experiment 4)

Treatment	Value of color difference meter			Brix	Titratable acidity	Ethanol	Acetaldehyde	Granulation index
	L	a	b					
					(%)	(mg %)	(mg %)	
Control	47.9 ^{ab}	6.2 ^b	24.1 ^{ab}	9.9	0.90	6.7	0.3	0.8
Ethephon	50.2 ^a	11.3 ^a	26.8 ^a	9.7	0.90	7.6	0.3	0.6
GA	42.2 ^b	-2.2 ^c	19.2 ^b	9.5	0.97	6.4	0.3	0.5

Spring GA treatment had no effects at all, so only autumn treatment is shown here. Means with different letters are significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.

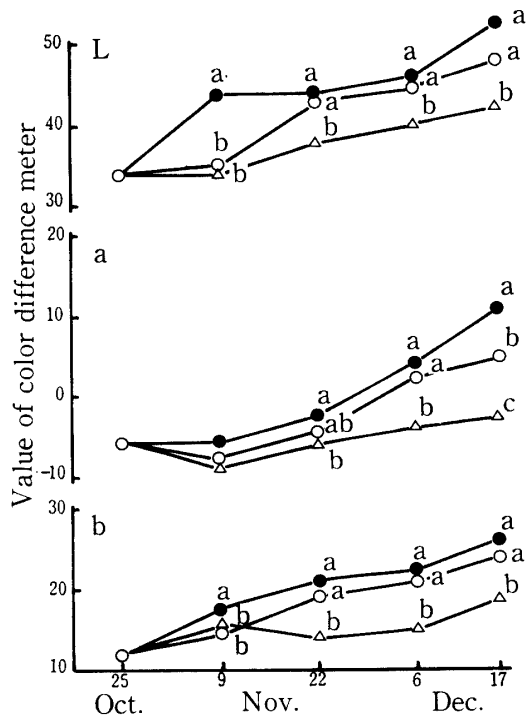


Fig. 19. Effects of ethephon and GA on the value of a color difference meter of ponkan fruit (Experiment 4) (○ Control, ● Ethephon, △ GA). Values with different letter on the same date are significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.

第2節 エチクロゼートの散布が果実品質に及ぼす影響

材料と方法

実験1：鹿児島県枕崎市の農家の果樹園の16年生のユズ台ポンカン24樹を供試した。処理区はエチクロゼート (Ethychlozate: Ethyl-5-chloro-1H-3-indazolyl acetate) 散布区, エスレル散布区, エチクロゼート+エスレル散布区, 無散布区の4区とし、樹別に乱塊法6反復で試験を行った。エチクロゼートの散布濃度は200 ppmとし、満開後110日と125日の2回散布した。エスレルの濃度は200 ppmとし、慣行的な収穫期の約1か月前の1981年11月4日に散布した。なお、エスレルには落果と落葉を防ぐ⁶⁶⁾ために、酢酸カルシウムを1.0%になるように添加した。エチクロゼート+エスレル散布区ではエチクロゼートを200 ppmの濃度で満開後100日と125日の2回散布した後、エスレル200 ppmに酢酸

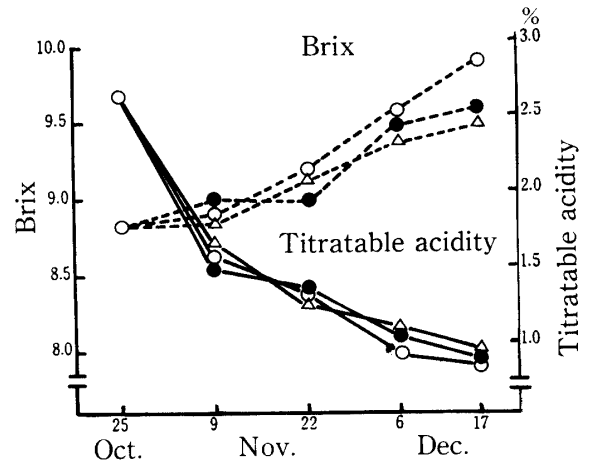


Fig. 20. Effects of ethephon and GA on Brix and titratable acidity of ponkan fruit (Experiment 4) (○ Control, ● Ethephon, △ GA).

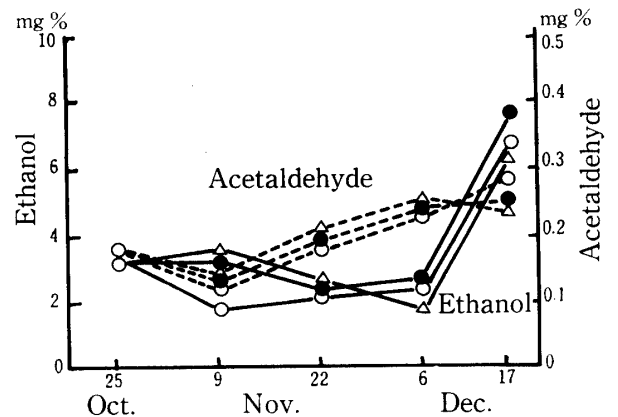


Fig. 21. Effects of ethephon and GA on ethanol and acetaldehyde contents of ponkan fruit (Experiment 4) (○ Control, ● Ethephon, △ GA).

カルシウムを1.0%添加したものを収穫前1か月の11月4日に散布した。慣行的な収穫期である12月9日に、各樹の樹冠の高さ約1.5 mの部位から平均的な大きさの果実を5個ずつ採取し、着色度、カラーチャートによる着色度、す上がり度、糖度、滴定酸含量を測定した。カラーチャートによる着色度は、山崎ら¹⁸⁸⁾によって作成されたもの(0:暗緑色, 7:橙色, 12:濃赤色)を用いて測定した。その他のものについては、前節で述べたと同じ方法で調査

した。

実験 2：実験 1 で用いたと同じ枕崎市の農家の果樹園のポンカン樹を供試した。処理区はエチクロゼート早期散布区、エチクロゼート後期散布区、無散布区の 3 区とし、樹別処理乱塊法 3 反復で実施した。エチクロゼートの散布濃度はすべて 100 ppm とした。早期散布区は満開後 75 日と 90 日の 2 回、後期散布区は満開後 90 日と 105 日の 2 回散布した。慣行的な収穫期の 1 週間前の 12 月 8 日に、各樹から 5 個ずつの果実を収穫し、実験 1 と同じように果実品質を調査した。

実験 3：鹿児島大学農学部附属唐湊果樹園に栽植されている 20 年生のユズ台ポンカン 20 樹を供試した。処理区はエチクロゼート 67 ppm 早期散布区、エチクロゼート 67 ppm 後期散布区、エチクロゼート 100 ppm 早期散布区、エチクロゼート 100 ppm 後期散布区、無散布区の 5 処理区とした。早期散布は満開後 65 日と 85 日の 2 回散布し、後期散布は満開後 85 日と 105 日の 2 回散布した。散布後、1984 年 12 月 10 日に各樹より果実を 9 個ずつ採取し、果実重量、果皮の色差計示度、着色度、糖度、滴定酸含量、す

上がり度を調査した。果実の色差計示度は測色色差計（東京電色 TC-3600U 型）により測定し、その他の品質構成要因は常法により測定した。また、各樹の全果実を 12 月 14 日に収穫した後、樹別のすべての果実について個々に着色度を調査し、着色度別の果実数割合を計算した。

結 果

実験 1：Table 13 に、エチクロゼートとエスレルの散布がポンカン果実の品質に及ぼす影響について示した。エチクロゼート、エスレルともにポンカン果実の着色を促進した。カラーチャートによる評価では、両薬剤ともに果皮のいわゆる「紅」を増した。着色度でみると、エチクロゼートとエスレルを混用した場合には両薬剤を単独で散布した場合よりも効果が高かった。エチクロゼート散布はポンカン果実の糖度をわずかに高めた。両薬剤ともに滴定酸含量およびす上がり度には影響しなかった。

実験 2：実験 1 と同様、エチクロゼートはポンカン果実の着色を高めた。着色度で示すと、無散布区果実との間に、早期散布区果実で 1.6、晚期散布区果

Table 13. Effects of ethychlozate and ethephon on coloration and fruit quality of ponkan (Exp. 1)

Treatment	Fruit weight	Color index	Value on color chart ¹	Brix	Titrat-able acidity	Granulation index
	(g)				(%)	
Control	157	6.7	6.6 ^b	10.3	0.97	0.3
200mg l ⁻¹ ethychlozate	155	7.8	7.9 ^a	10.9	0.99	0.3
200mg l ⁻¹ ethephon	153	7.9	8.1 ^a	10.7	1.03	0.4
200mg l ⁻¹ ethychlozate + 200mg l ⁻¹ ethephon	159	8.7	8.2 ^a	11.1	0.95	0.3

¹ The area of peel with the most advanced color was assessed by viewing it through a round hole, 2 cm in diameter, in a color chart¹⁸⁸⁾. 0, dark green ; 7, orange ; 12, deep reddish orange.

Means with different letters are significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.

Table 14. Effect of ethychlozate on coloration and fruit quality of ponkan (Exp. 2)

Treatment	Color index	Value on color chart ¹	Brix	Titrat-able acidity	Granulation index
				(%)	
Control	4.1 ^b	3.2 ^b	10.6 ^b	0.73 ^b	0.2
Early treatment (75 and 90 days)	5.7 ^{ab}	4.2 ^a	11.2 ^{ab}	0.95 ^a	0.2
Late treatment (90 and 105 days)	6.2 ^a	4.5 ^a	11.7 ^a	0.89 ^a	0.2

¹ See Table 13.

Means with different letters are significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.

実で2.1の差があった(Table 14)。また、エチクロゼートの散布はポンカン果実の糖度と滴定酸含量を有意に高めた。散布時期を比較すると、晩期散布の方が早期散布より効果が高かった。

実験3：Table 15に示すように、エチクロゼートはポンカン果実の着色を明らかに促進した。そして、散布果では色差計のa値も大幅に高くなり、果皮の「紅」が強くなることを示した。

1樹の全果実を12月14日に採収して、個々の果実の着色度から着色度別の果実数割合を出した(Table 16)。無散布区に比べて、エチクロゼート散布区では着色良好な果実の割合が大幅に増加した。エチクロゼート散布区の着色度7-10の果実の割合は37~56%であったのに対し、無散布区の同着色度の果実の割合は20%であった。また、着色度1-2の果実の割合は無散布区では26%であったのに対し、エチクロゼート散布区では3~10%であった。

エチクロゼート散布によって、糖度と滴定酸含量は有意に増加した(Table 15)。ポンカン果実品質に対する効果は晩期散布で大きかった。散布濃度の差異は認められなかった。

第3節 炭酸カルシウムの散布が果実品質に及ぼす影響

材 料 と 方 法

香川県善通寺市の農家の果樹園の、ウンシュウミカンに高接ぎして7年目の高しょう系ポンカンを供試した。処理区は炭酸カルシウム(CaCO_3)2回散布区、炭酸カルシウム1回散布区、無散布区の3区とし、枝別処理で4樹反復で行った。炭酸カルシウムの散布濃度はすべて50倍とし、2回散布区は1978年11月15日と12月8日に、1回散布区は12月8日に、供試枝全部にかかるように散布した。処理後、1978年12月22日に果実を採収し、着色度、果実重量を調査した後、30果を選び12月30日まで室内で予措し、予措後の着色度と果実重量を調査した。その後、果実は室温8℃、湿度90%の貯蔵庫にて貯蔵した。2月8日と3月8日に着色度と果実重を、出庫時の3月23日には着色度、果肉率、糖度(Brix)、滴定酸、糖組成、有機酸組成およびアミノ酸組成について調査した。糖組成は高速液体クロマトグラフ(日本分光 TRIROTAR-III 型、検出器は示

Table 15. Effect of ethychlozate on coloration and fruit quality of ponkan(Exp. 3)

Treatment	Fruit weight	Value of color difference meter			Color index	Brix	Titratable acidity	Granulation index
		L	a	b				
	(g)						(%)	
Control	186 ^a	51.3 ^b	6.9 ^b	26.4 ^b	4.8 ^c	11.1 ^c	0.72 ^c	1.2
67mg ^l ⁻¹ early treatment (65 and 85 days)	158 ^a	53.8 ^a	15.4 ^a	28.7 ^a	6.6 ^{ab}	12.0 ^a	0.86 ^{ab}	1.1
67mg ^l ⁻¹ late treatment (85 and 105 days)	180 ^a	55.4 ^a	15.0 ^a	29.5 ^a	7.0 ^a	11.8 ^a	0.81 ^b	1.1
100mg ^l ⁻¹ early treatment (65 and 85 days)	182 ^a	54.1 ^a	11.2 ^a	28.9 ^a	5.9 ^b	11.4 ^{bc}	0.91 ^a	1.2
100mg ^l ⁻¹ late treatment (85 and 105 days)	162 ^b	53.4 ^a	12.0 ^a	28.3 ^a	6.0 ^b	11.5 ^b	0.75 ^{bc}	1.2

Means with different letters are significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.

Table 16. Effect of ethychlozate on percentage distribution of fruit in each color-index category (Exp. 3)

Treatment	Percentage fruit in each color-index category ¹				
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
Control	25.6	31.6	22.7	17.1	3.1
67mg ^l ⁻¹ early treatment (65 and 85 days)	4.0	18.9	28.6	17.7	30.9
67mg ^l ⁻¹ late treatment (85 and 105 days)	3.2	14.0	26.6	41.0	15.3
100mg ^l ⁻¹ early treatment (65 and 85 days)	9.6	27.7	25.6	25.0	12.3
100mg ^l ⁻¹ late treatment (85 and 105 days)	5.7	23.9	27.6	21.9	21.0

¹ Range : 1-2, almost green ; 9-10, fully colored.

差屈折計), 有機酸組成はカルボン酸分析計(盛進製薬社製 S-603 全自動型), アミノ酸組成は液体クロマトグラフ(柳本製作所製 L-7 型)にて分析した。その他は常法によった。

結 果

炭酸カルシウム散布がポンカン果実の着色, 果実重量および貯蔵中の減量率に及ぼす影響については Table 17 に示した。

12月 22 日の収穫時の着色度は 1 回散布区で無散布区より高い傾向にあった。貯蔵期間中は処理区間に着色度の差は認められなかった。収穫時の果実重

量は両散布区で無散布区より小さい傾向にあった。貯蔵期間中の減量率をみると, 炭酸カルシウム散布により減量率が大きくなった。特に, 貯蔵後期の減量が明らかに大きかった。

出庫時(3月 23 日)の果実品質を Table 18 に示した。出庫時の着色度には処理による差はみられなかった。炭酸カルシウム散布により虎斑症の発生が多くなった。出庫時の果実重量は, 明らかに炭酸カルシウム散布区で小さかった。果肉率は炭酸カルシウム散布区で無散布区より高かった。果汁の糖度と滴定酸含量は処理による差はなかった。

出庫時の果汁中の糖組成を Table 19 に示した。果

Table 17. Effect of calcium carbonate spray on color index, fruit weight and loss of fruit weight of ponkan.

Treatment	Dec. 22		Dec. 30		Feb. 8		March 8		March 23	
	Color index	Fruit weight	Color index	Weight loss	Color index	Weight loss	Color index	Weight loss	Color index	Weight loss
		(g)		(%)		(%)		(%)		(%)
Double spray	5.25	118.6	6.70	3.85	9.67	15.94	9.87	24.79	10.00	27.45
Single spray	5.78	119.9	7.14	4.13	9.86	16.60	9.92	25.47	10.00	28.19
Control	5.06	132.9	7.02	3.18	9.89	13.31	9.97	20.72	10.00	23.38
Significance	-	ns	ns	ns	-	**	ns	**	-	**
L. S. D. (5 %)						1.46		1.29		1.93

Table 18. Effect of calcium carbonate spray on fruit quality of ponkan (March 23, 1979)

Treatment	Color index	Rind-oil-spot	Fruit weight	Flesh percent	Brix	Titrateable acidity
		(%)	(g)	(%)		(%)
Double spray	10.0	59.63	84.4	66.88	13.63	1.002
Single spray	10.0	56.67	86.4	65.88	13.67	1.059
Control	10.0	36.67	102.1	64.59	13.73	1.018
Significance	-	ns	**	ns	-	-
L.S.D. (5 %)			9.1			

Table 19. Effect of calcium carbonate spray on sugar constituents in fruit juice of ponkan (March 23, 1979)

Treatment	Fructose	Glucose	Sucrose	Total
				(g/100 ml)
Double spray	3.36	2.63	6.46	12.45
Single spray	2.91	2.33	6.84	12.08
Control	3.25	2.55	6.21	12.01

糖、ブドウ糖、ショ糖の3組成糖およびそれらの合計値とも2回散布区で最も高かった。

出庫時の果汁中有機酸組成を Table 20 に示した。1回散布区のクエン酸および総有機酸含量が無散布区のそれより高かった。

出庫時の果汁のアミノ酸組成は Table 21 に示した。総アミノ酸含量は炭酸カルシウム散布により幾分低下した。それはスレオニン、プロリン、バリン等の含量が著しく低いことに由来している。

第4節 考 察

1. エスレルの散布が果実品質に及ぼす影響

エスレルの散布によって、他のカンキツ類同様、ポンカン果実の着色が促進された。このため、着色を基準とした場合の収穫は1～2週間ほど早くなる可能性が認められた。特に、a値の増加で代表されるような果頂部における紅色の発現の促進は好ましいものであった。エスレル処理においては果実内部の成熟は促進されず、糖や滴定酸含量の減少が早くなるということとはなかった。

カンキツ類果実の着色はクロロフィルの消失とカロチノイドの生成とによって進展する^{33,148)}ものであるが、クロロフィルの分解消失は低温で促進され、高温で抑制されるために、特に、奄美大島や屋久島、種子島などの暖地では果実内部の成熟は進んでいるにもかかわらず、気温が低下しないために果皮の着

色が遅れがちである。すなわち果肉先熟現象を呈していることは前述したとおりである。このような地域においては、エスレルによる着色促進とそれに伴う収穫の促進は重要である。秋月ら⁴⁾は奄美大島において11月の100 ppmのエスレル散布がポンカン果実の着色を促進し、これによって収穫を早めることができると報告している。これにより、従来は12月中旬に収穫して1月中～下旬まで貯蔵し、着色を進展させた後出荷していたのが、12月に出荷可能になる。また、す上がりは貯蔵中にも増加するので、この方法による出荷の促進は間接的にす上がりを軽減させる方法でもある。

ウンシュウミカンにおいても、エスレルによる樹上での着色促進の試みは幾つかなされ、着色促進の効果は認められたが、糖の減少、異味の発生や味の低下、あるいは落葉などの問題点が指摘されている⁶⁵⁾。しかし、本研究のポンカンに関する限り、エスレルによってわずかな糖の減少が認められたものの、有意差のあったのは4回の実験のうち1回のみであり、また、食味の低下や異味の発生も認められなかった。落葉も実験1の10月中旬における300 ppm液の散布ではかなり認められたが、他の実験での10月下旬～11月上旬における200 ppm以下の液の散布ではごくわずかであり、この点は、広瀬ら⁵⁶⁾や真子ら¹⁰⁵⁾のウンシュウミカンでの結果とほぼ一致した。秋月ら⁴⁾も100 ppm液の散布ではポンカンの落葉は

Table 20. Effect of calcium carbonate spray on organic acids constituents in fruit juice of ponkan (Mar. 23, 1979)

Treatment	Glu.	Gluc.	Pyro-glu.	Lac.	Acet.	Pyru.	Mal.	Cit.	Suc.	Iso-cit.	α -Keto glu.	Total
(mg/100 ml)												
Double spray	160.5	6.7	1.6	0.1	0.9	1.3	116.5	1141.5	3.9	11.4	2.6	1447.0
Single spray	166.8	8.3	1.6	0.2	0.8	1.4	111.1	1282.9	4.6	12.3	3.7	1593.7
Control	158.6	8.0	1.7	0.2	0.8	1.3	135.8	1174.6	3.3	12.8	1.9	1499.0

Table 21. Effect of calcium carbonate spray on amino acids constituents in fruit juice of ponkan (Mar. 23, 1979)

Treatment	Asn.	Gln.	Asp.	Thr.	Ser.	Glu.	Pro.	Gly.	Ala.	Cys.	Val.	Met.	ILeu.	Leu.	Tyr.	Phe.	Lys.	His.	Arg.	γ -ABA	Ammo.	Total
(μ M/100 ml)																						
Double spray	71.3	23.5	39.5	70.0	69.0	25.5	814.0	11.5	47.0	1.5	94.0	2.0	3.0	3.5	13.0	12.5	124.7	7.0	378.0	567.5	85.5	2463.5
Single spray	85.7	30.0	49.0	70.5	84.5	28.5	1069.0	14.0	56.0	0.5	88.0	1.0	3.0	4.0	14.0	13.0	113.5	7.0	437.0	507.5	117.0	2792.7
Control	25.9	1.5	77.5	125.5	92.0	67.5	1499.0	18.5	137.5	1.0	188.5	1.5	5.5	5.5	18.0	22.0	117.3	6.0	415.0	297.5	110.0	3232.6

軽微で実用化には差し支えないと報告している。

本研究では展着剤は加用しなかったが、岩堀ら(未発表)のキンカンへのエスレル散布試験では展着剤 0.01% の加用によってエスレルの濃度をほぼ半減できることが認められているので、本研究の 200 ppm 液散布は秋月ら⁴⁾の展着剤加用 100 ppm 液散布とほぼ比較できる処理であると言うことができよう。落葉、落果は散布時の気温とも関係する¹⁾ので、今後とも十分な検討が必要であるが、一応、本研究で示したように展着剤を加用しない 200 ppm までの濃度のエスレルを 10 月下旬～11 月上旬に散布することによって、落葉、落果をそれほど心配せずに実用的な着色促進をすることが可能であると考えられる。また、展着剤を加えることによりエスレル濃度を 100 ppm 位にまで低くすることが可能であろう。この点は、今後さらに検討する。

前述しているように、カンキツは non-climacteric 型の果実でリンゴなどに見られるような明確な熟期がなく、成熟についても不明な点が多い。エチレンはカンキツにおいてはクロロフィルの分解やカロチノイドの生成を促進して果皮の着色を促進する¹⁹⁰⁾が、果実内部の成熟は促進しないとされている。Fishler ら⁴³⁾はシャムティオレンジへのエスレル散布は果皮の着色を促進したが、糖含量などには影響を及ぼさなかったと報告した。しかし、広瀬ら⁵⁶⁾や真子ら¹⁰⁵⁾はウンシュウミカンへのエスレル散布が果実中の糖を減少させたと報告している。本研究でのポンカンへのエスレル散布は前述のように果実中の糖度 (Brix) を幾分減少させる傾向があったが、有意差が認められたのは 4 試験中 1 回のみであり、また、エスレル散布による滴定酸含量への影響は認められなかった。また、Davis ら^{34,35,36)}が果実の成熟を示す良い指標となとしたエタノールやアセトアルデヒドの含量にも影響しなかった。

以上のようにエスレルは果皮の着色は促進するが、果肉の成熟には色々な指標からみても、なんら影響を及ぼさないことが明らかであった。す上りの原因の一つとして、砂じょうの外側の細胞と内部の液胞に富んだ細胞との間の生長や老化の不均衡が考えられる。この点から、エスレルがす上りになんらかの影響を及ぼすことが期待されたが、エスレルが果実内部の成熟に関与しなかったため、す上りにも影響を及ぼさなかった。

メチオニンとは異なり、植物体内でエチレンの前駆物質として働くことが知られてい

る¹³¹⁾。そして、メチオニン散布がイチジク果実の成熟を促進するという報告¹³⁰⁾がある。兵藤ら⁵⁷⁾はウンシュウミカンの切りとったアルベド組織ではメチオニンがエチレンの前駆物質として働くことを示した。本研究ではメチオニンが着色になんらの効果も示さなかった。これは、濃度が低すぎたか、果皮への浸透が悪く、果皮組織中に十分入らないため、十分量のエチレン発生がなかったためと考えられる。

ジベレリンはウンシュウミカンの浮皮を減少させるが、糖や酸からみた果実品質向上効果はなく、むしろ着色を遅らせることが報告されている^{45,82,94)}。本研究では、エスレルの対照薬剤としてジベレリンを供試した。その結果、着色を遅延させたが、す上がりを含めた果実内部の品質には影響を及ぼさなかった。この点は従来の研究結果^{41,45)}とほぼ一致した。

以上のように、エスレルがポンカン果実の着色促進剤として実用化できることを明らかにした。散布時期によっては落葉の心配がないわけではないが、落葉は酢酸カルシウムの添加によって防止できる⁶⁶⁾。今後は、散布時期の気温と効果との関係について詳細に検討を加える予定である。

2. エチクロゼートの散布が果実品質に及ぼす影響

エチクロゼートは、ウンシュウミカン用摘果剤として開発され^{53,55,76)}、その摘果効果については報告が幾つかある^{55,103,153)}。さらに、エチクロゼートはウンシュウミカンにおいて、着色や糖酸含量からみた品質を向上させる効果があることが報告されている。たとえば、鈴木ら¹⁵³⁾はウンシュウミカンの着色の促進、糖度の増加、滴定酸含量の減少に、Hirose ら⁵⁵⁾はウンシュウミカンの着色の促進に効果があることを報告した。また、富永ら¹⁶⁷⁾も着色、糖酸からみた果実品質向上に効果があり、糖度と酸含量は 100 ppm 液散布より 200 ppm 液散布の効果が大きく、着色度と色差計の a 値の向上には 100 ppm 液の散布の効果が高いことを示した。

一方、エチクロゼートの散布は樹体の発育に影響することも明らかにされている。岡田はワセウンシュウに対して 10 年間エチクロゼートを連続散布したところ、樹体の総生長量が散布しないものに比べて劣り、その結果、樹冠容積は無散布樹に比べて約半分になったとしている(岡田、未発表)。真子ら¹⁰⁴⁾もエチクロゼートを年に 5 回散布したら樹の生長量は減少し、その後 2 年間は回復しなかったことを報告している。

エチクロゼート散布が中晩生カンキツ類の果実品

質や樹体生長に及ぼす影響については、2～3の報告しかない。富永ら¹⁷⁰⁾は、エチクロゼートの散布によってイヨとネーブルの樹上果の品質が良好になるが、その効果はウンシュウミカンに対する効果より小さいことを認めた。

本研究のポンカンにおいては、エチクロゼート散布によってポンカンの収穫時の着色度は無散布果より2程度向上することが認められた。これは、収穫期が約10日早くなることを意味しており、一般農家にとって非常に重要なことである。ポンカン栽培農家では、1部の着色の進んだ果実を12月上旬に選択して収穫、販売してはいるものの、残りの多くの果実は12月中下旬に収穫し、1週間程度着色を進展させてから市場に出荷しているため、価格の高い年末贈答用や新年用の消費には間に合わない。したがって、エチクロゼート散布によって年内販売用果実の割合を高めることは、ポンカン栽培農家の経営の安定につながる。

エチクロゼートはオーキシシン活性をもつ化合物であるが、その散布がカンキツ類果実の着色やその他の品質を向上させる作用機作は明らかでない。禿ら⁷⁶⁾はエチクロゼートのオーキシシン活性について詳細に報告し、その中でエチクロゼートは枝葉への散布後速やかに、果実、幹、根に移行し、そこで代謝分解されるとし、また根においてはその代謝物が水や無機物の吸収を高め、その結果として果実の品質を向上させるとしている。一方、真子ら¹⁰⁴⁾は散布後1～3週間に根の吸水力が低下し、それに伴って窒素やりん酸の吸収量も低下し、そのいわゆる乾燥効果によって散布樹の果実の品質が向上するとしている。本研究のポンカンで散布樹果実の滴定酸含量も増加していることはこのことを裏づけているといえよう。

以上の結果からみると、エチクロゼートはポンカンの果実品質向上剤として利用できるものと考えられる。

一方、本節で前述したように、エスレルもポンカン果実の着色を促進する。しかし、エスレルは糖度や滴定酸含量のような果肉の本質にはほとんど影響しないのに対し、エチクロゼートは着色促進の他、場合によっては、わずかな糖度上昇効果も期待でき、食味の改善にもつながる。そのため、ポンカン果実の着色促進にはエスレルよりエチクロゼートのほうが向いているといえることができる。

エチクロゼートの散布時期と回数についてみると、

満開後65～105日の間に約20日間隔で2回散布すれば十分であるが、本研究の結果からみると、満開後85日と105日の散布が最も効果的である。一方、満開後70日以前の散布は効果がやや低いことから避けた方がよいものと考えられる。ウンシュウミカンの満開後60～80日の間に2回散布する、または満開後50日に摘果を目的として散布し、さらに70～80日に2回目の散布をするという散布適期に比べると、このポンカンにおける散布適期は幾分遅い。これは、ポンカンではウンシュウミカンに比べて果実の成熟期間が長く、12月以降に成熟する^{186,187)}ということによるものと考えられる。

本研究では、エチクロゼートは65 ppmから200 ppmまでの濃度では同じような効果を示した。この結果はウンシュウミカンでの傾向と一致している。一般農家では、市販されているエチクロゼートを20%含む液剤を2000～3000倍、すなわち67～100 ppmで散布すると良いであろう。

3. 炭酸カルシウムの散布が果実品質および予措、貯蔵性に及ぼす影響

炭酸カルシウムは、ウンシュウミカン果実で大きな問題である浮皮防止剤として試験が開始され、ウンシュウミカンの浮皮を減少させることや樹上予措効果があることが明らかにされている^{82,83,84,97,106)}。

供試したポンカンの樹上果実の着色は炭酸カルシウムの散布により、幾分良くなる傾向にあった。後述するように、炭酸カルシウム散布による着色促進効果は果皮の萎凋によるものと思われるため、降雨、気温などの気候条件によって付着程度に差異が生じ、着色促進効果に振れが生ずることが考えられる。

炭酸カルシウムは水に対する溶解度がかなり低いため、通常水和剤として使用している。鈴木ら¹⁵⁴⁾によると炭酸カルシウムの結晶は果面の気孔に詰まってその開閉を妨げ、そのため、果面からの蒸散は炭酸カルシウムを散布しない果実に比べて大きい。真子ら¹⁰⁶⁾や伊庭⁵⁸⁾はウンシュウミカンの貯蔵予措促進効果があることを、河瀬⁸²⁾も樹上予措効果があることを認めている。本研究においても、ポンカン果実の樹上予措効果を認めた。このことは、果実を貯蔵する場合の大きな利点となる。

また、貯蔵中の減量程度も炭酸カルシウムを散布した果実で大きかった。これらは主として果皮の減量によるものであった。前述したように、炭酸カルシウムは果面の気孔に詰まってその開閉を妨げ、蒸散を促進する¹⁵⁴⁾。収穫後は果実は樹体からの水分供

給が断たれるために、収穫果実の予措効果は樹上予措効果よりはるかに大きく、また貯蔵中の減量程度も大きかったものと考えられる。そして、その減量は外気に直接接する果皮で果肉より大幅に大きかったのであろう。

貯蔵中の果皮障害である虎斑症は炭酸カルシウム散布果実で大きく、この障害は果皮が乾燥することによっておこることを推察した。この点については、河瀬⁸²⁾が述べているように炭酸カルシウムの希釈倍率や薬剤の形態を変えたり、他薬剤を添加することによって解決できるものと考えられる。

果汁の品質に対する炭酸カルシウム散布の影響は明確でなかった。これは、炭酸カルシウムは溶解度が極めて低いため、果皮や果肉内に浸透せず、その散布効果は主として気孔開閉阻害効果から波及していると考えられるために当然のことである。ただし、2次的な効果がある場合も考えられ、そのような時に、アミノ酸組成に影響が現れたものと推察される。

以上のように、ポンカン果実を収穫後貯蔵して出荷する場合、炭酸カルシウムは樹上予措剤として使用できることが認められた。しかし、貯蔵中の減量が大き過ぎること、虎斑症の発生が多いことが欠点である。これらを改善する方策は、今後詳細に研究を進めて確立したい。なお、現在、炭酸カルシウムはウンシュウミカンの着色促進・浮皮防止剤として使用が認められている。

第5節 要 約

中晩生カンキツ類の果実品質の向上を図るために、エスレル、エチクロゼート、炭酸カルシウムの散布が樹上果の着色、果実品質に及ぼす影響を明らかにした。また、貯蔵中の着色、減量率、果実品質の変化についても明らかにした。結果は以下のとおりである。

1. エスレルの散布はポンカン果実の着色を促進した。その効果は濃度が高いほど、散布時期は早いほど高かった。エスレルによる果皮の着色促進効果によって、ポンカンの収穫は1～2週間早くなる可能性が認められた。エスレル散布は糖度、滴定酸含量からみた成熟には影響しなかった。エスレルの200 ppm 液の散布では落葉はほとんどみられなかったが、300 ppm 液の散布では落葉が多かった。

2. ジベレリンの秋季散布は、果皮の着色を遅らせたが、果汁の糖度や滴定酸含量および果実の成熟には影響しなかった。一方、ジベレリンの春季散

布は果実品質になんら影響しなかった。

3. エチクロゼートを満開後65日から105日の間に2回散布すると、ポンカン果実の着色が促進された。その効果は満開後85日と105日の2回散布で最も高かった。エチクロゼートの着色促進効果によって、ポンカンでは12月に収穫できる果実の割合が多くなり、早期出荷に結びつくことが明らかになった。

4. 炭酸カルシウムの散布によってポンカンの果皮の着色はわずかに促進され、樹上予措効果もわずかにみられた。また、貯蔵中の減量率も炭酸カルシウム散布果で大きく、虎斑症の発生も多くなった。炭酸カルシウムの散布は果汁の品質にはほとんど影響しなかった。

第5章 ビニルフィルムによる屋根かけ被覆栽培が果実品質に及ぼす影響

近年、果実品質の向上を目的として、中晩生カンキツ類においても施設栽培の導入が増加してきた。確かに、施設栽培では果実の品質が向上する場合が多く、施設化は中晩生カンキツ類果実の品質向上策の一つであるといえる。ポンカンにおいても、無加温栽培や屋根かけ栽培が普及してきた。しかし、ポンカンでは、施設費や温度管理の点から、無加温の全面被覆栽培より屋根かけ被覆栽培の方が効率的であると考えられる。

ポンカンのビニルフィルムによる屋根かけ被覆栽培では、果実発育は良好になり、着色や減酸からみた果実品質は上昇するが、果汁の糖度が露地ポンカンに比べて低下するという問題点が生じており⁴⁴⁾、完全な果実品質向上技術としては、未だ確立されていない。

本章では、屋根かけ被覆栽培下での果実品質の時期別変化、樹冠内着果位置と果実品質の関係などについて調査し、屋根かけ被覆栽培のポンカンの果実品質の向上技術の確立、品質予測技術の確立しようとした。

第1節 果実肥大および品質の時期別変化

材 料 と 方 法

鹿児島大学農学部学内圃場(平坦地)の14年生のユズ台ポンカンを供試樹とし、春季被覆区(10樹)、春秋被覆区(11樹)、露地区(16樹)の3試験区を設定した。春季被覆区は、開花期および生理

落果期を含む 1985 年 3 月 28 日から 7 月 8 日まで、厚さ 0.075 mm のビニルフィルムで被覆した。春秋季被覆区は春季被覆に加え、1985 年 11 月 5 日から収穫日(12 月 9 日)までの成熟期間の 2 回被覆した。

3 試験区のうち、春季被覆および春秋季被覆区では各 2 樹を、露地区では 4 樹を調査樹とし、春季被覆の終了時の 1985 年 7 月から 9 月までは毎月 1 回、10 月から収穫時まで毎月 2 回の割合で各供試樹から平均的な大きさの果実を 4 果ずつ採収し、果実の横径、縦径、重量、果肉率、果汁の糖度(Brix)および滴定酸含量を測定した。

結 果

春季被覆樹、春秋季被覆樹、および露地樹の果実の横径と縦径の時期別推移を Fig. 22 に、果形指数(果実横径/縦径)の推移を Fig. 23 に示した。

春季被覆および春秋季被覆樹の果実の横径と縦径は、調査開始日の 7 月 8 日にはすでに露地樹果実のそれらより明らかに大きかった。その後も収穫日ま

でその差は維持された。春季被覆樹果実と春秋季被覆樹果実とを比較すると、果実縦径は 11 月下旬以降収穫日まで両樹果実には差がないのに対し、果実横径は 11 月上旬以降春秋季被覆樹果実で春季被覆樹果実より大きくなった。

果形指数の推移をみると、露地樹果実では 10 月まで横径と縦径はほとんど同じような割合で増加し、果形指数は 10 月まではほぼ一定であった。10 月以降は果形指数はやや増加した。一方、春季被覆樹と春秋季被覆樹では、調査開始日の 7 月には果形指数は 1 以下であり果実は幾分縦長であったが、その後 10 月下旬まで果形指数は順調に増加し、果実は縦への生長より横への生長が大きかった。被覆両樹では 11 月以降も果形指数は増加した。春季被覆樹と春秋季被覆樹とを比較すると、10 月下旬までは両樹の果形指数の変化に差異がなかったが、11 月 11 日から 11 月 25 日までは、春秋季被覆樹で春季被覆樹よりも果形指数の増加が大きかった。

3 試験区の果実重量と果肉率の推移は Fig. 24 と Fig. 25 に示した。

春季および春秋季被覆樹と露地樹の果実重量は調査開始日の 7 月 8 日には既に約 15 g の差があった。その後も終始、両被覆樹が露地樹より大きく、成熟の進展につれてその差は拡大した。春季被覆樹と春秋季被覆樹の果実重量の推移を比較すると、9 月までは両被覆樹間には果実重量の差はあまりなかった

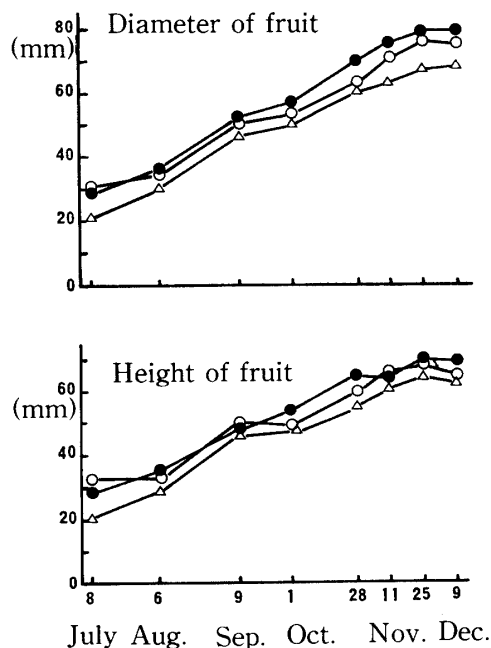


Fig. 22. Seasonal changes of fruit growth of ponkan cultured in open field, under plastic roof in spring and under plastic roof in spring and autumn (○ Plastic roof in spring, ● Plastic roof in spring and autumn, △ Open field).

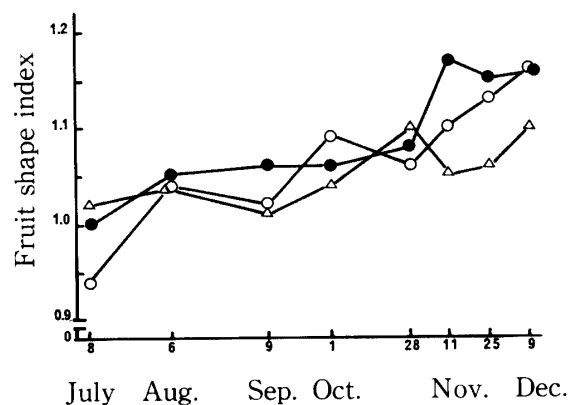


Fig. 23. Seasonal changes of fruit shape index of ponkan cultured in open field, under plastic roof in spring and under plastic roof in spring and autumn (○ Plastic roof in spring, ● Plastic roof in spring and autumn, △ Open field).

が、10月以降は春秋被覆樹で春季被覆樹より大きくなった。両者の差は11月以降になると少なくなった。

果肉率は調査開始日には両被覆樹果実で露地樹果実より約10%も大きかった。その後は両被覆樹と露地樹との差は漸次減少し、10月1日には3試験樹間に差がなくなった。その後は3試験樹ともほぼ一定値になった。春季被覆樹と春秋被覆樹との間には終始差はなかった。

果皮の着色度の推移を Fig. 26 に示した。

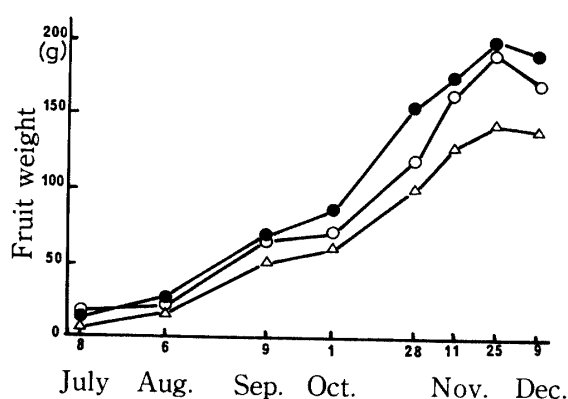


Fig. 24. Seasonal changes of fruit weight of ponkan cultured in open field, under plastic roof in spring and under plastic roof in spring and autumn (○ Plastic roof in spring, ● Plastic roof in spring and autumn, △ Open field).

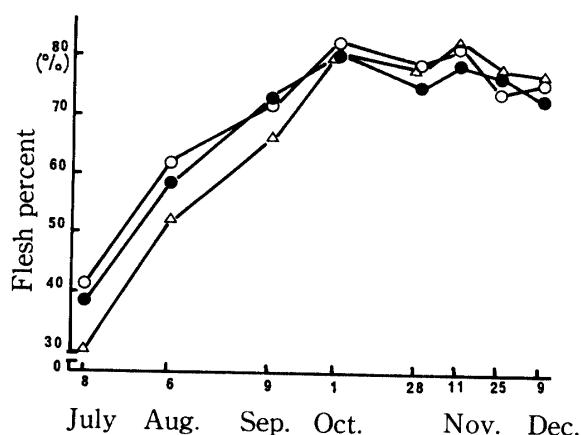


Fig. 25. Seasonal changes of flesh percent of fruit of ponkan cultured in open field, under plastic roof in spring and under plastic roof in spring and autumn (○ Plastic roof in spring, ● Plastic roof in spring and autumn, △ Open field).

被覆両樹の果皮の着色が10月28日から始まったのに対し、露地樹の着色は11月11日から開始し、両被覆樹と露地樹の間には約2週間の差があった。その差は収穫時の12月9日まで持続した。

果皮の色差計示度のa値の変化をみると、果実の果頂部、赤道部ともに11月11日からa値は上昇したが、両被覆樹果実と露地樹果実のa値の進展の差は約2週間あった。色差計のL値とb値は、いずれの試験区でも成熟の進展につれて増加したが、3試験区間の差異は明確でなかった (Fig. 27)。

両被覆樹と露地樹の果実の糖度 (Brix) の時期別変化は Fig. 28 に示した。

調査は7月から開始した。7月から8月にかけては、露地樹で被覆樹よりBrixが高かった。その後、9月にかけては3試験樹ともBrixは低下した。10月以降、3試験樹とも糖度は次第に増加した。10月28日と11月11日の調査では、被覆両樹果実の糖度は露地樹果実のそれより幾分高かったが、11月25日以降の調査では3処理樹間に差がなくなった。

果汁の滴定酸含量の推移は Fig. 29 に示した。

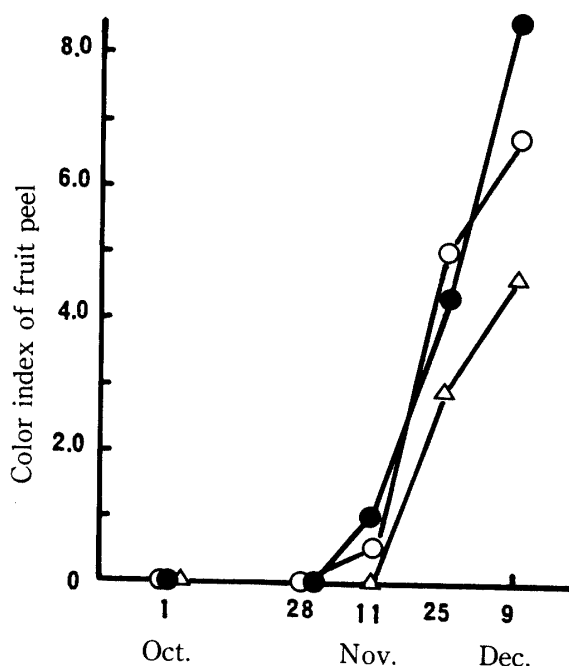


Fig. 26. Seasonal changes of color index of fruit peel of ponkan cultured in open field, under plastic roof in spring and under plastic roof in spring and autumn (○ Plastic roof in spring, ● Plastic roof in spring and autumn, △ Open field).

いずれの試験樹でも滴定酸含量は7月から増加し、9月には最高値を示した。9月時点での滴定酸含量は露地樹果実で最も高く、被覆両樹果実のそれらより約40%も高かった。被覆両樹では差はなかった。その後は3試験樹とも同じような減酸傾向を示したので、10月28日までは露地樹果実と被覆両樹果実の滴定酸含量の値の差が1.0%以上もあった。11月

以降は被覆両樹果実の滴定酸含量の低下の程度は緩やかになったために、露地樹果実との差は次第に縮まり、収穫日の12月9日にはあまり差がなくなった。

被覆両樹、露地樹果実の糖酸比の変化を Fig.30 に示した。

3試験樹とも7月の果汁の Brix は極めて高い (Fig. 28), しかし、この時期は糖以外の物質の Brix

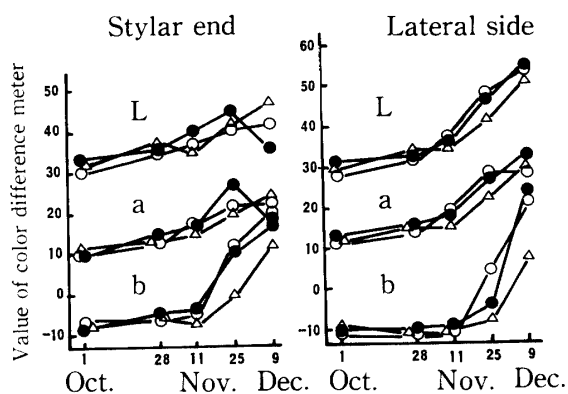


Fig. 27. Seasonal changes of value of a color difference meter of fruit peel of ponkan cultured in open field, under plastic roof in spring and under plastic roof in spring and autumn (○ Plastic roof in spring, ● Plastic roof in spring and autumn, △ Open field).

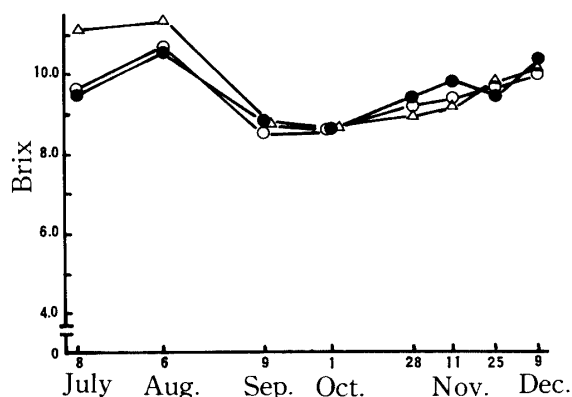


Fig. 28. Seasonal changes of Brix of fruit juice of ponkan cultured in open field, under plastic roof in spring and under plastic roof in spring and autumn (○ Plastic roof in spring, ● Plastic roof in spring and autumn, △ Open field).

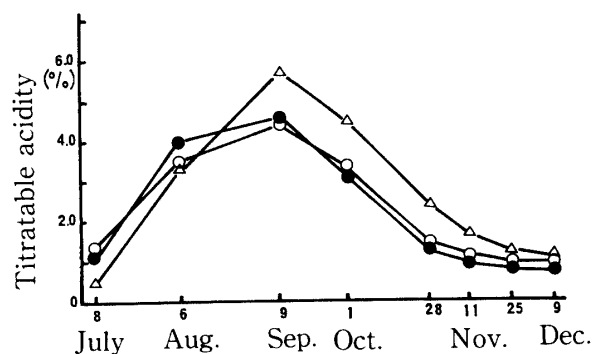


Fig. 29. Seasonal changes of titratable acidity of fruit juice of ponkan cultured in open field, under plastic roof in spring and under plastic roof in spring and autumn (○ Plastic roof in spring, ● Plastic roof in spring and autumn, △ Open field).

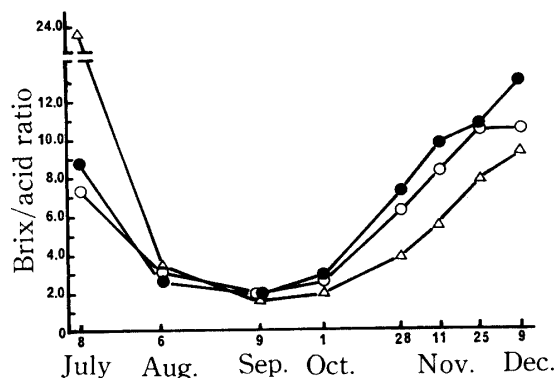


Fig. 30. Seasonal changes of Brix/acid ratio of fruit juice of ponkan cultured in open field, under plastic roof in spring and under plastic roof in spring and autumn (○ Plastic roof in spring, ● Plastic roof in spring and autumn, △ Open field).

への影響が大きいこと（富永，未発表）から，8月以降の糖酸比について述べる．8月から9月までは3試験樹ともほぼ一定であり，試験樹間の差もなかった．10月以降には3試験樹とも糖酸比が増加したが，増加率は被覆樹果実が露地樹果実よりも明らかに大きく，成熟の進展に伴って12月9日までその差が開いた．両被覆樹を比較すると，10月以降春秋季被覆樹が春季被覆樹より高い傾向にあった．

第2節 果実品質の樹間および樹内変動

材 料 と 方 法

鹿児島大学農学部学内圃場（平坦地）の13年生ユズ台吉田系ポンカン37樹に対して，被覆区（21樹）と露地区（16樹）を設けた．被覆区の被覆は1984年3月28日から7月9日までの104日間と11月9日から12月5日までの27日間，厚さ0.075mmのビニルフィルムで行った．樹冠内着果部位と果実品質との関係を明らかにするために，被覆区および露地区の着果量の多い樹から各2樹を選び調査樹とし，両試験区の樹全体の着色度がおおむね6前後になった時，すなわち被覆樹では12月5日に，露地樹では12月20日に各樹の全果実について，着果位置（時計回りの方位，主幹からの距離，地上からの高さ）を

測定した後，果梗枝をつけて収穫した．その後，果梗枝の直径，果形指数（果実横径/縦径），果実重量，着色度，果実の果頂部と側面部についての色差計示度，す上がり度，果肉率，果汁の糖度（Brix）および滴定酸含量を測定した．

データについては被覆区，露地区のそれぞれ2樹分を込みにして九州大学大型計算機センターにてSAS（Statistical Analysis System）を用いて統計計算を行った．

結 果

供試した露地および被覆ポンカンの各2樹，計4樹の果実品質構成要因の測定値の平均と変動係数をTable 22に示した．

いずれの品質構成要因ともに，露地および被覆の各処理内では樹間変動は極めて小さかった．

露地区と被覆区の品質構成要因を比較すると，果梗枝の直径の平均値は明らかに被覆区で大きかったが，変動係数は両区に差がなかった．果形指数は両区の平均値に差はなく，両区とも変動係数は小さかった．果実重量は，被覆区で露地区より明らかに大きかったが，変動係数には差がなかった．着色度は，露地区で被覆区より大きい傾向であったが，両区ともに樹内変動が大きかった．色差計のL，a，b値と

Table 22. Comparison of fruit characters of ponkan cultured in open field and under plastic roof

Tree No.		Open field				Plastic roof				
		1(182 fruits)		2(113 fruits)		1(113 fruits)		2(105 fruits)		
		Mean	C.V. ^x (%)	Mean	C.V.(%)	Mean	C.V.(%)	Mean	C.V.(%)	
Diameter of pedicel(mm)		3.20	18.57	3.13	15.41	3.57	17.24	4.00	22.86	
Shape index		1.15	7.62	1.12	6.06	1.15	6.94	1.15	5.50	
Fruit weight(g)		155.83	15.02	150.33	12.74	196.21	13.35	202.37	14.52	
Color index		6.68	33.29	7.50	19.05	7.07	26.84	5.19	41.57	
Value of color difference meter	Stylar end	L	42.54	12.80	42.22	13.23	39.19	16.83	40.20	16.47
		a	17.63	45.65	20.69	30.61	16.74	50.83	11.78	70.56
		b	21.62	17.95	21.87	17.35	13.85	37.53	18.26	26.43
	Lateral side	L	53.27	6.20	54.33	3.61	53.31	5.28	49.90	8.08
		a	16.47	56.42	22.40	26.19	18.05	44.08	7.89	118.78
		b	31.07	10.21	32.75	5.04	26.99	7.96	26.42	13.73
Granulation index		0.80	60.09	0.79	57.42	0.75	67.72	0.24	188.94	
Flesh percent		73.45	4.07	72.41	4.50	73.75	3.67	76.62	3.83	
Brix		10.54	7.38	11.09	5.60	10.16	4.08	10.40	4.80	
Titratable acidity(%)		0.85	12.67	0.77	12.04	0.64	14.34	0.79	12.94	

^x: 'C.V.'=Coefficient of variation.

もに平均値は露地区で大きかったが、樹内変動は被覆区で大きい傾向にあった。す上がり度は両区とも変動係数が大きかった。果肉率は被覆区で平均値が大きく、変動係数は小さい傾向にあった。糖度(Brix)は平均値、変動係数ともに露地区で大きかった。滴定酸含量の平均値は被覆区で小さい傾向にあったが、変動係数は両区に差がなかった。

第3節 果実品質構成要因の樹内分布

材 料 と 方 法

第2節で得たデータについて方位、主幹からの距離、地上からの高さ別の果実の分布と品質構成要因の樹内分布を明らかにした。

結 果

露地ポンカンと被覆ポンカンの各2樹分をプールした方位、主幹からの距離、地上からの高さごとの果実の分布割合を Fig. 31に示した。

露地樹と被覆樹の各樹の1樹当りの果実個数はそれぞれ182個と113個および113個と105個であった。2樹の合計では露地樹が多かった。

方位別の果実分布をみると、ビニルフィルム被覆樹、露地樹ともに、南側の果実が最も多く、ついで

東および北側の割合が多かった。露地樹と被覆樹の間に大きな差はなかった。主幹からの距離による果実の分布をみると、露地樹では主幹から0.6~1.0 mの果実が多かったのに対し、被覆樹では0.7~1.4 mの果実が多かった。地表からの高さ別の果実の分布をみると、露地樹では0.5~0.8 mの位置に多くの果実が分布したが、特に1.5 m以下の果実の割合が多かった。被覆樹では0.8~2.1 mの位置の果実が多かったが、高い着果位置の果実の割合が露地樹より多かった。

露地ポンカンと被覆ポンカンの果実品質構成要因の分布について Fig. 32に示した。

果梗枝の直径は露地樹では2.0~3.8 mmの範囲に分布したが、2.5~3.8 mmのものが多かった。被覆樹では露地樹より果梗枝の直径に変異が大きく、2.4~6.8 mmの範囲に分布したが、3.0~4.6 mmのものが多かった。果形指数は両樹ともおおむね正規分布し、露地樹で果形指数1.0以下のものがあつたが、試験区間の差異はほとんどなかった。果実重量は明らかに被覆樹で露地樹より大きかった。露地樹では70~200 gの範囲に分布し、果実重量150 g以下の果実が多かったが、被覆樹では100~280 gの範囲に分布し、果実重量200 g以上のものが多かった。着色度は両樹の収穫時期に2週間の差があることも

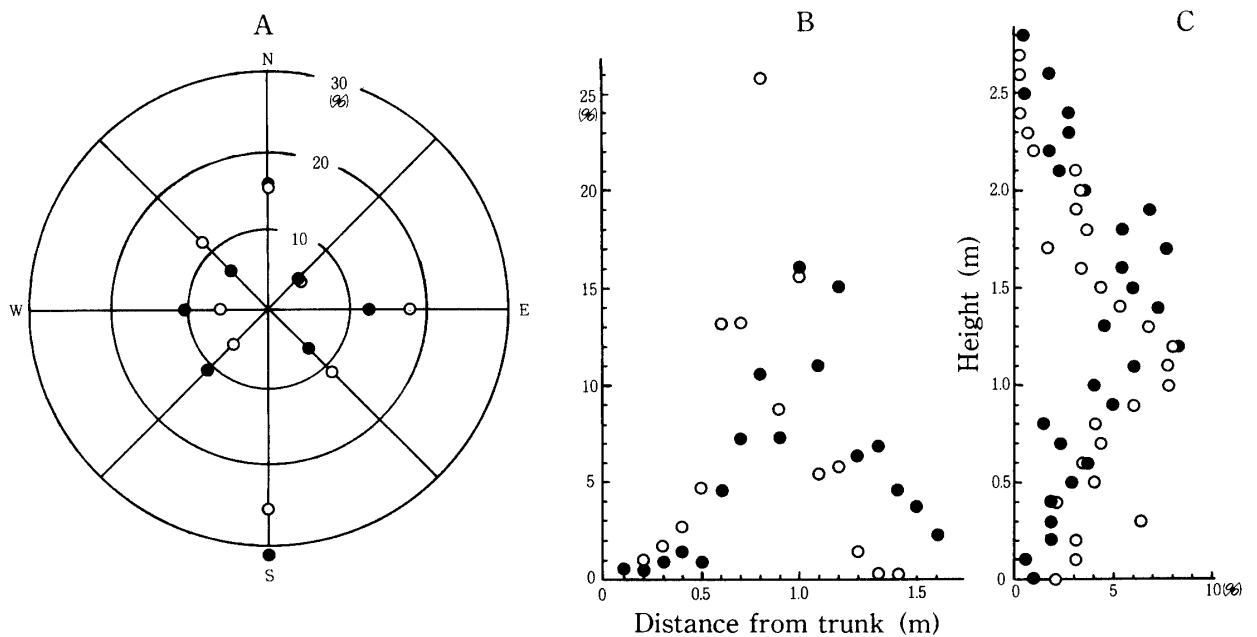


Fig. 31. Distribution of fruit percentages of ponkan cultured in open field and under plastic roof (○ Open field, ● Plastic roof).

A : Direction of fruit location within canopy.

B : Distance from trunk to fruit location within canopy.

C : Height of fruit location.

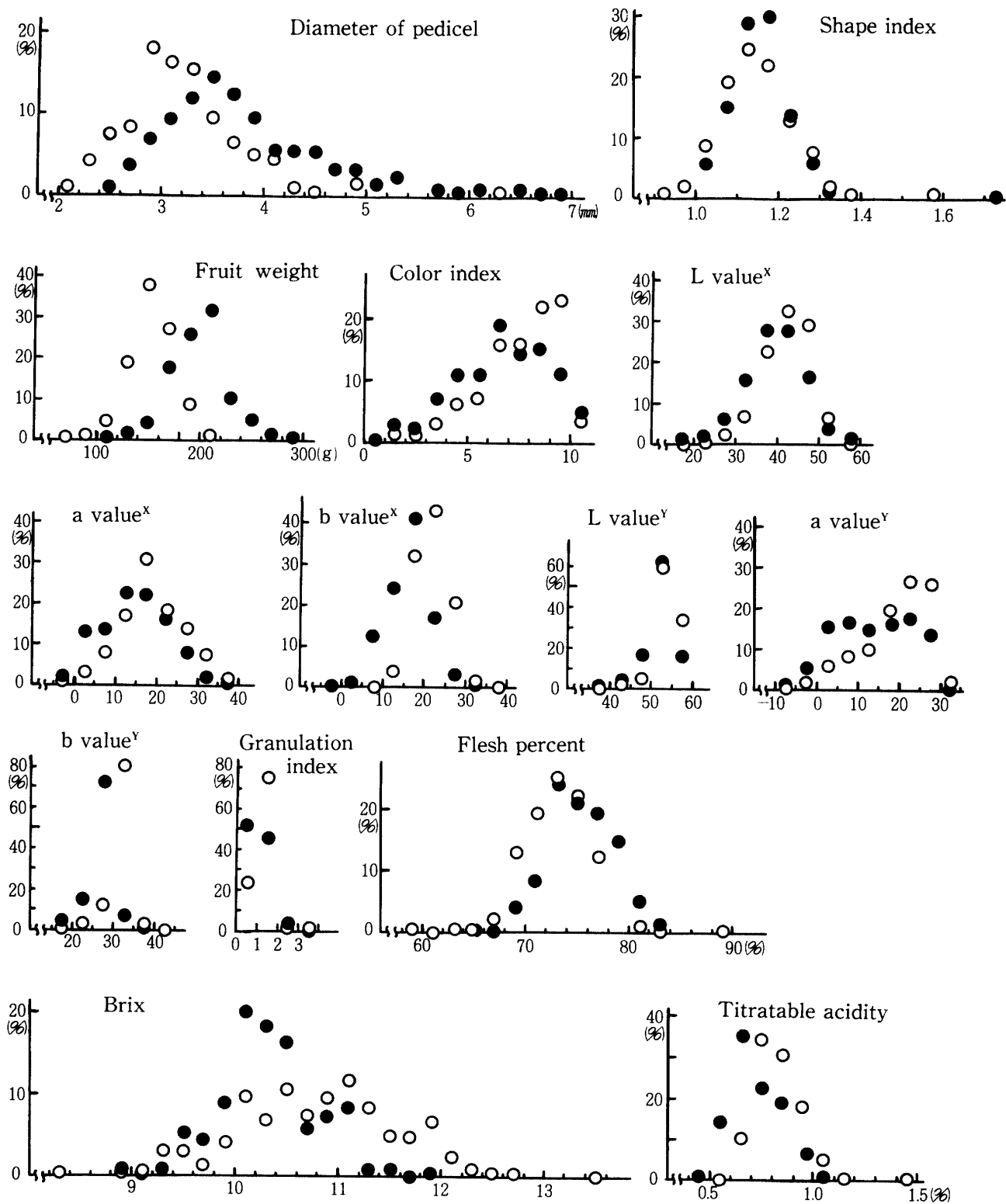


Fig. 32. Distribution of fruit percentages classified by its characters in ponkan in open field and under plastic roof (○ Open field, ● Plastic roof).

^x : Value of color difference meter at stylar end.

^y : Value of color difference meter at lateral side.

あって、露地樹で被覆樹より着色良好な着色度 8 以上の果実の割合が高かった。色差計の L, a, b 値は果頂部、側面部ともに露地樹果実で被覆果実より高かった。す上がり度は露地樹でやや多い傾向にあった。すなわち、露地樹ではす上がり軽(1)の果実が多く、被覆樹ではす上がり無(0)の果実が多かった。果肉率は露地樹では 58~88% の間に、被覆樹では 66~82% の間に分布したが、果肉率の高い果実の割合は被覆樹で多かった。果汁の糖度 (Brix) は露地樹では 8.2~13.4 の間に、被覆樹では 8.8~11.8 の間に分布した。露地樹では糖度 10.6 以上の果実の割合が高く、また糖度 12.0 以上の果実もわずかながらあったのに対し、被覆樹では糖度 9.0~11.0 の果実の割合が高く、糖度 12.0 以上の果実はなかった。果汁の滴定酸含量も露地樹で高い傾向にあった。露地樹ではクエン酸パーセントで 0.5~1.4% の間に分布したが、0.6~1.0% の果実が多かった。一方、被覆樹では 0.4~1.0% の間に分布し、0.5~0.8% の果実の割合が高かった。

第 4 節 果実品質構成要因間の相互関係

材 料 と 方 法

第 2 節で得たデータをもとに、ビニルフィルム被覆樹と露地樹の果実品質構成要因間の相互関係を明らかにした。

結 果

露地ポンカンの果実品質構成要因間の相互関係については Table 23 に、ビニルフィルム被覆ポンカンの果実品質構成要因間の相互関係については Table 24 に示したが、ポンカン果実の品質構成要因として特に重要と思われる果実重量、着色度、す上がり度、果肉率、糖度、滴定酸含量を中心にして、以下にその結果を述べる。

果実重量は、露地樹果実では果梗枝の直径、果形指数、着色度、果実側面部の色差計の a, b 値、す上がり度と有意な正の相関があり、果実果頂部の色差計の L, b 値、果肉率と有意な負の相関があった。被覆樹では果梗枝の直径、す上がり度と有意な正の、果実果頂部の色差計の L, b 値、側面部の L 値、果肉率、糖度、滴定酸含量と有意な負の相関があった。

Table 23. Correlation between fruit characters of ponkan cultured in open field

		Diameter of pedicel	Shape index	Fruit weight	Color index	Value of color difference meter						Granulation index	Flesh percent	Brix	Titratable acidity
						Stylar end			Lateral side						
						L	a	b	L	a	b				
Diameter of pedicel	C.C. ^x	-0.122	0.224	-0.112	-0.181	0.071	-0.223	-0.262	-0.016	-0.216	0.117	-0.235	0.073	-0.019	
	Sig. ^y	*	**	NS	**	NS	**	**	NS	**	*	**	NS	NS	
Shape index	C.C.		0.198	0.224	-0.232	0.035	-0.099	0.209	0.156	0.200	-0.162	-0.023	0.042	-0.029	
	Sig.		**	**	**	NS	NS	**	**	**	**	NS	NS	NS	
Fruit weight	C.C.			0.127	-0.501	0.092	-0.375	0.061	0.159	0.118	0.250	-0.193	0.039	-0.106	
	Sig.			*	**	NS	**	NS	**	*	**	**	NS	NS	
Color index	C.C.				-0.196	0.431	-0.035	0.602	0.854	0.555	-0.108	-0.393	0.600	0.103	
	Sig.				**	**	NS	**	**	**	NS	**	**	NS	
Value of color difference meter	Stylar end	L	C.C.				0.196	0.874	0.013	-0.251	-0.042	-0.227	0.464	-0.215	0.199
			Sig.				**	**	NS	**	NS	**	**	**	*
		a	C.C.					0.368	0.295	0.430	0.266	-0.129	-0.181	0.408	0.040
			Sig.					**	**	**	**	*	**	**	NS
		b	C.C.						0.100	-0.131	0.062	-0.147	0.340	-0.158	0.159
			Sig.						NS	*	NS	*	**	**	**
	Lateral side	L	C.C.							0.544	0.685	-0.159	-0.009	0.281	-0.027
			Sig.							**	**	**	NS	**	NS
		a	C.C.								0.674	-0.115	-0.396	0.673	0.067
			Sig.								**	*	**	**	NS
		b	C.C.									-0.126	-0.045	0.295	-0.056
			Sig.									*	NS	**	NS
Granulation index	C.C.											-0.081	-0.035	-0.112	
	Sig.											NS	NS	NS	
Flesh percent	C.C.												-0.361	0.148	
	Sig.												**	*	
Brix	C.C.													0.010	
	Sig.													NS	
Titratable acidity	C.C.														
	Sig.														

^{x,y} See Table 7.

着色度は、露地樹果実では果形指数、果実重量、果実果頂部の色差計 a 値、側面部色差計 L, a, b 値、糖度と有意な正の、果実果頂部の色差計の L 値、果肉率と有意な負の相関があった。被覆樹では果実果頂部の色差計の a 値、側面部色差計の L, a, b 値、糖度と有意な正の、果梗枝の径、果肉率、滴定酸含量と有意な負の相関があった。

す上がり度は、露地樹では果梗枝の径、果実重量と有意な正の、果形指数、果実果頂部と側面部の色差計の L, a, b 値と有意な負の相関があった。被覆樹では果実重量と有意な正の、果実果頂部と側面部の色差計 b 値、果肉率、糖度、滴定酸含量と有意な負の相関があった。

果肉率は露地樹では果実果頂部の色差計の L, b 値、滴定酸含量と有意な正の、果梗枝の径、果実重量、着色度、果実果頂部と側面部の色差計の a 値、糖度と有意な負の相関があった。被覆樹では果実果頂部の色差計の L, b 値、滴定酸含量と有意な正の、果梗枝の径、果実重量、果頂部の色差計の a 値、側面部の色差計の L, a 値、す上がり度と有意な負の相関があった。

果汁の糖度 (Brix) は、露地樹では着色度、果頂部の色差計の a 値、側面部の色差計の L, a, b 値と有意な正の、果頂部の色差計の L, b 値、果肉率と有意な負の相関があった。被覆樹では着色度、果頂部と側面部の色差計の L, a, b 値、滴定酸含量と有意な正の、果実重量、す上がり度と有意な負の相関があった。

果汁の滴定酸含量は露地樹では果頂部の色差計の L, b 値、果肉率と有意な正の相関があった。被覆樹では果頂部の色差計の L, b 値、果肉率、糖度と正の、果実重量、着色度、果頂部の色差計の a 値、側面部の色差計の L, a, b 値、す上がり度と有意な負の相関があった。

第 5 節 樹冠内着果部位と果実品質構成要因

材 料 と 方 法

第 2 節で得たデータについて、着果位置と果実品質構成要因との関係を明らかにした。

Table 24. Correlation between fruit characters of ponkan cultured under plastic roof

		Diameter of pedicel	Shape index	Fruit weight	Color index	Value of color difference meter						Granulation index	Flesh percent	Brix	Titratable acidity
						Stylar end			Lateral side						
						L	a	b	L	a	b				
Diameter of pedicel	C.C. ^x	-0.192	0.590	-0.165	-0.420	-0.016	-0.229	-0.263	-0.052	-0.178	0.019	-0.259	-0.068	-0.019	
	Sig. ^y	**	**	*	**	NS	**	**	NS	**	NS	**	NS	NS	
Shape index	C.C.		-0.002	0.032	0.086	0.044	0.110	0.047	0.020	0.057	-0.065	0.093	0.019	0.056	
	Sig.		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Fruit weight	C.C.			-0.051	-0.665	0.014	-0.487	-0.164	0.039	-0.097	0.184	-0.477	-0.186	-0.131	
	Sig.			NS	**	NS	**	*	NS	NS	**	**	**	*	
Color index	C.C.				-0.112	0.586	-0.123	0.739	0.872	0.669	-0.046	-0.353	0.366	-0.391	
	Sig.				NS	**	NS	**	**	**	NS	**	**	**	
Value of color difference meter	Stylar end	L	C.C.			0.078	0.837	0.105	-0.221	0.092	-0.119	0.565	0.143	0.294	
			Sig.			NS	**	NS	**	NS	NS	**	*	**	
		a	C.C.				0.121	0.520	0.555	0.468	0.037	-0.300	0.247	-0.262	
			Sig.				NS	**	**	**	NS	**	**	**	
		b	C.C.					0.049	-0.237	0.175	-0.300	0.570	0.286	0.433	
	Lateral side		Sig.					NS	**	**	**	**	**	**	
		L	C.C.							0.704	0.880	0.017	-0.190	0.244	-0.384
			Sig.							**	**	NS	**	**	**
		a	C.C.								0.621	0.054	-0.475	0.209	-0.470
			Sig.								**	NS	**	**	**
		b	C.C.									-0.144	-0.071	0.392	-0.213
Granulation index	C.C.										*	NS	**	**	
	Sig.											-0.385	-0.241	-0.381	
Flesh percent	C.C.													0.106	0.483
	Sig.													**	**
Brix	C.C.														0.172
	Sig.														*
Titratable acidity	C.C.														
	Sig.														

^{x,y} See Table 7.

結 果

露地樹とビニルフィルム被覆樹の着果位置と品質構成要因との関係については Tables 25~26 および Figs.33~37 に示した。

着果位置のうち方位と果実品質構成要因との関係は Fig.33 に示した。

果梗枝の径はいずれの方位でも、露地樹に比べて被覆樹で大きかった。露地樹では方位による差異はほとんどなかったが、被覆樹では東~西南側より北~西側で果梗枝が大きい傾向にあった。果形指数は両樹間あるいは方位間に差はなかった。果実重量はいずれの方位でも被覆樹で露地より大きかった。被覆樹では方位による果実重量の差はなかったが、露地樹では東南~南西側で大きかった。着色度は北西~東南側では両樹間に差がなかったものの、南~南西側では露地樹で高かった。露地樹では西側の果実の着色が幾分劣った。一方、被覆樹では北西~北東側の果実で南西~西側の果実より着色が良かった。色差計示度のうち、果頂部 a 値は露地樹が被覆樹よりやや高い傾向にあった。側面部 a 値は東~南西側で明らかに露地樹が高かった。露地樹では西側果実の a 値が低かったが、その他の方位では差がなかつ

た。被覆樹では北西~南東側果実が南西~西側果実より高かった。果実のす上がり度はどの方位でも露地樹が被覆樹より高かった。果肉率は西~北西側では露地樹と被覆樹の間に差はなかったが、その他の方位では被覆樹果実が露地樹果実より高かった。果汁の糖度は、いずれの方位でもおおむね露地樹果実が被覆樹果実より高かった。両樹とも西~北側果実で糖度が低かった。果汁の滴定酸含量は、南西側で被覆樹と露地樹に差がなかったが、その他の方位ではいずれも露地樹果実で高かった。被覆樹では南西側果実が幾分滴定酸含量が高かったものの、方位による差は小さかった。露地樹では方位による滴定酸含量の差はなかった。

着果位置のうち主幹からの距離と果実品質構成要因との関係を Fig.34 および Tables 25~26 に示した。

露地樹では、果実品質構成要因のうち主幹からの距離と果梗枝の径との間には有意な正の相関があり、着色度、果頂部の色差計の L, b 値、側面部の色差計の L, a, b 値との間に有意な負の相関があった。すなわち、露地樹では主幹からの距離が遠くなるほど、果梗枝の径は大きくなるが着色度は低下した。一方、被覆樹では着色度、果頂部の色差計の a 値、側面部の色差計の L, a, b 値と主幹からの距離との間には

Table 25. Relation between fruit characters and fruit locations within canopy of ponkan cultured in open field

		Diameter of pedicel	Shape index	Fruit weight	Color index	Value of color difference meter						Granu- lation index	Flesh percent	Brix	Titrat- able acidity
					Stylar end			Lateral side							
					L	a	b	L	a	b					
East-west ^A	C.C. ^x	0.033	0.042	0.056	0.075	-0.126	-0.057	-0.130	0.002	0.066	0.065	0.032	-0.054	0.192	0.003
	Sig. ^y	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS
North-south ^B	C.C.	-0.003	-0.116	-0.327	0.011	0.202	-0.048	0.173	-0.072	-0.056	-0.093	-0.116	-0.118	-0.205	0.091
	Sig.	NS	*	**	NS	**	NS	**	NS	NS	NS	*	*	**	NS
Distance ^C	C.C.	0.302	0.078	0.032	-0.114	-0.128	0.037	-0.153	-0.194	-0.142	-0.201	0.006	-0.070	0.104	0.057
	Sig.	**	NS	NS	*	*	NS	**	**	*	**	NS	NS	NS	NS
Height ^D	C.C.	0.488	-0.199	0.120	0.004	-0.103	0.127	-0.227	-0.165	0.089	-0.168	0.035	-0.231	0.296	0.126
	Sig.	**	**	*	NS	NS	*	**	**	NS	**	NS	**	**	*

A, B, C, D, X, Y See Table 8.

Table 26. Relation between fruit characters and fruit locations within canopy of ponkan cultured under plastic roof

		Diameter of pedicel	Shape index	Fruit weight	Color index	Value of color difference meter						Granu- lation	Flesh percent	Brix	Titrat- able
					Stylar end			Lateral side							
		L	a	b	L	a	b	L	a	b	index				acidity
East-west ^A	C.C. ^X	-0.154	0.021	-0.170	0.091	0.067	0.055	-0.002	0.075	0.065	0.079	0.013	0.024	0.065	-0.142
	Sig. ^Y	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
North-south ^B	C.C.	0.286	-0.086	0.156	0.050	-0.193	0.047	-0.214	-0.048	0.149	-0.038	-0.036	-0.107	-0.239	-0.143
	Sig.	**	NS	*	NS	**	NS	**	NS	*	NS	NS	NS	**	*
Distance ^C	C.C.	-0.147	-0.156	0.059	0.214	-0.185	0.153	-0.226	0.269	0.251	0.193	0.107	-0.358	0.002	-0.221
	Sig.	*	*	NS	**	**	*	**	**	**	**	NS	**	NS	**
Height ^D	C.C.	0.472	-0.237	0.373	0.265	-0.428	0.190	-0.359	0.116	0.396	0.100	0.157	-0.453	0.044	-0.256
	Sig.	**	**	**	**	**	**	**	NS	**	NS	*	**	NS	**

A, B, C, D, X, Y See Table 8.

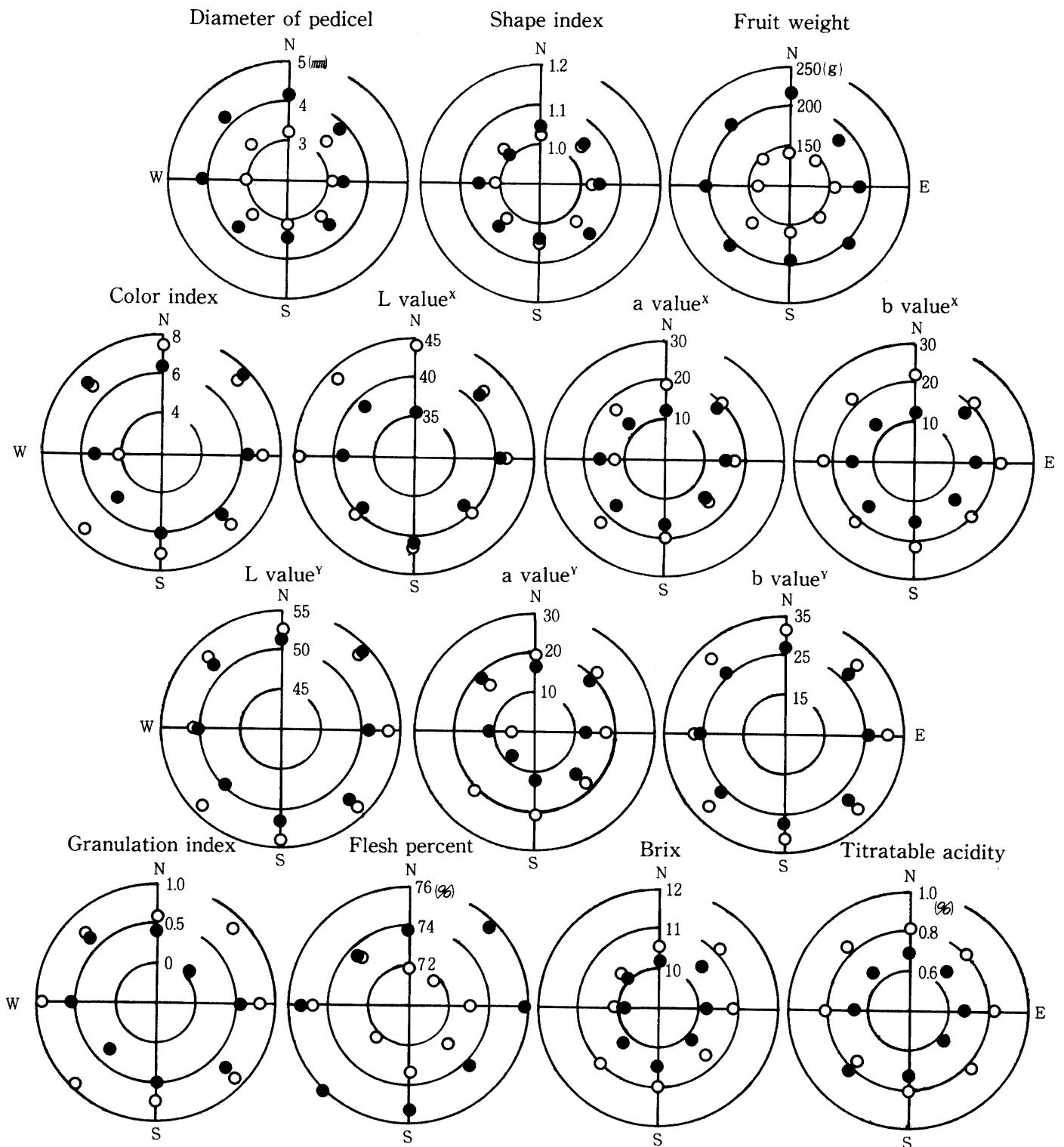


Fig. 33. Relation between direction of fruit location within canopy and fruit characters in ponkan in open field and under plastic roof (○ Open field, ● Plastic roof).

^x : Value of color difference meter at stylar end.

^y : Value of color difference meter at lateral side.

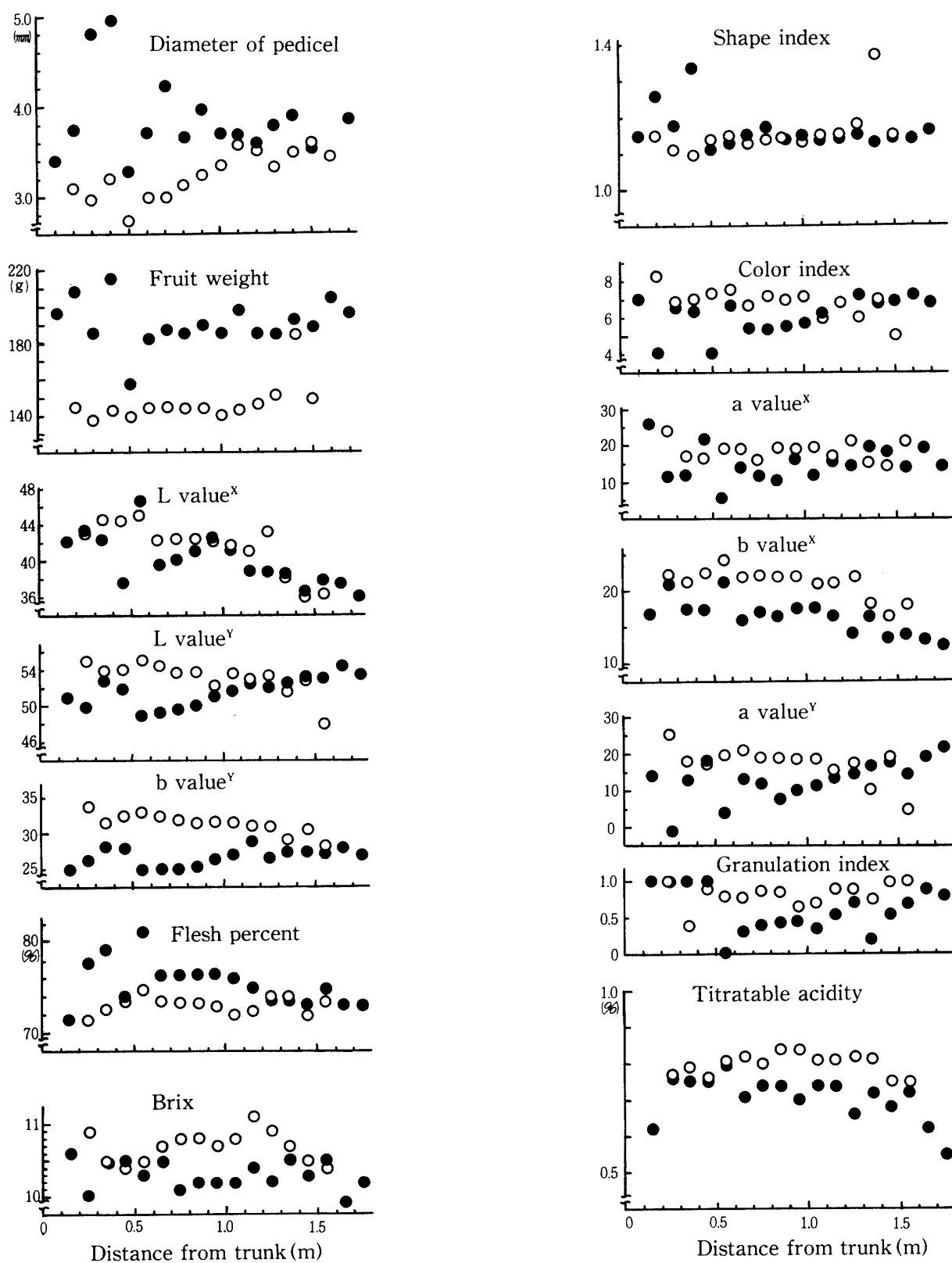


Fig. 34. Relation between distance from trunk to fruit location within canopy and fruit characters in ponkan in open field and plastic roof (○ Open field, ● Plastic roof).

^x : Value of color difference meter at stylar end.

^y : Value of color difference meter at lateral side.

有意な正の相関があり、果梗枝の径、果形指数、果頂部の L, b 値、果肉率、滴定酸含量との間には有意な負の相関があった。すなわち、被覆樹では、主幹からの距離が遠くなるほど果梗枝の径は小さく、果形指数は低くなり、着色度や側面部の色差計示度、滴定酸含量からみた品質は良好になった。

次に、着果位置のうち地表からの高さで果実品質構成要因との関係について Fig.35 と Tables 25~26 に示した。

露地樹では果梗枝の径、果実重量、果頂部の色差計の a 値、糖度、滴定酸含量と高さの間には有意な正の相関があり、果形指数、果頂部色差計の b 値、側面部色差計の L, b 値、果肉率との間には有意な負の相関があった。すなわち、露地樹では着果位置が高くなると果梗枝の径が大きくなり、果実の肥大も良好になり、果汁の糖度、滴定酸含量ともに高くなった。被覆樹では果梗枝の径、果実重量、着色度、色差計の a 値、す上がり度と高さの間には有意な正の相関があり、果形指数、果頂部色差計の L, b 値、果肉率、滴定酸含量と高さの間には有意な負の相関があった。すなわち、着果位置が高くなると果梗枝の径は大きくなり、果実の肥大は優れ、果肉率は小さくなり、さらに着色度は良くなった。しかし、被覆樹では露地樹と異なり着果位置が高くなると糖度は変わらず、滴定酸含量が低下する傾向にあった。さらに、被覆樹では着果位置と品質構成要因との関係は露地樹と異なる点が幾つか認められた。たとえば、果梗枝の径は、露地樹では着果位置が高くなるにつれて直線的に大きくなるのに対し、被覆樹では高さ約 80 cm までは小さくなり、それより高い着果位置では直線的に大きくなった。また、被覆樹の着色度は高さ 120~200 cm の着果位置で最も良好であり、高さ 200 cm 以上ではむしろ着色は不良になった。さらに、露地樹では着果位置が高くなると糖度、滴定酸含量とも高くなるのに対し、被覆樹では糖度は変化せず、滴定酸含量は低くなった。

次に、果実の着果位置を東西方向の軸に対して南側から垂直に投影し、その主幹からの距離と果実品質構成要因との関係を Fig.36 および Tables 25~26 に示した。この場合主幹からの距離は主幹で 0 であり、東側が正、西側が負となる。

露地樹では果汁の糖度が東西方向の主幹からの距離と有意な正の相関があった。また果頂部の色差計の L, b 値と主幹からの距離の間には有意な負の相関があった。すなわち、糖度は樹冠の東側で明ら

かに高くなった。被覆樹では、果梗枝の径、果実重量、滴定酸含量と東西方向の主幹からの距離とは有意な負の相関があった。すなわち、被覆樹では樹冠の西側ほど、果梗枝は大きくなり果実肥大は良いものの、滴定酸含量はやや低下した。その他、滴定酸含量と果肉率は東西方向の主幹からの距離が 0 付近つまり主幹の南北側で高く、主幹の東西側で低くなった。

次に、果実の着果位置を南北方向の軸に対して東側から垂直に投影し、その主幹からの距離と果実品質構成要因との関係を Fig.37 および Tables 25~26 に示した。この場合主幹からの距離は主幹で 0 であり、北側で正、南側で負となる。

露地樹では果頂部の色差計の L, b 値と南北方向の主幹からの距離の間には有意な正の相関があった。果形指数、果実重量、す上がり度、糖度と主幹からの距離の間には有意な負の相関があった。すなわち露地樹では南側ほど果実の肥大は良好で果形は扁平であって、糖度も高いが、す上がりも多かった。被覆樹では果梗枝の径、果実重量、着色度、果実側面部の色差計の a 値と南北方向の距離の間には有意な正の相関があり、果頂部色差計の L, b 値、糖度、滴定酸含量と主幹からの距離の間には有意な負の相関があった。すなわち、被覆樹では果実肥大は北側でやや優れるものの、果汁の糖度と滴定酸含量からみた品質は南側で優れる傾向にあった。さらに詳細にみると、被覆樹では南北方向にみた場合の主幹付近の果実は着色度は低く、滴定酸含量と果肉率は高かった。

第 6 節 考 察

ワセウンシュウの加温ハウス栽培をはじめとして、カンキツ類に対しての施設栽培面積は近年急激に増加し、中晩生カンキツ類においても加温、無加温あるいは屋根かけハウス栽培が普及してきた。一般に、施設栽培ではカンキツ類は露地栽培でみられない特性を発揮する。たとえば、ワセウンシュウの加温ハウス栽培では着花性は良好になる上に、果実肥大は旺盛であり、しかも葉が負担できる果実数も増加する^{72,164,165)}。また、果汁の酸含量は露地栽培よりも急激に減少する^{125,182)}。中晩生カンキツ類の施設栽培では、一般に着花性、結実性、果実肥大は良好になり、品質も向上する^{174,180)}。

ポンカンでも、着花および結実の向上、果実の肥大促進、外観の向上と年内出荷割合の向上などを目

的として施設栽培、特に、雨を避けるだけの屋根かけハウス栽培が導入されている。そこでは、肥大と着色は促進され、果汁の減酸は早く、それらの点からみた果実品質は向上し一応の目的は達成している。しかし、収穫時の果汁の糖度 (Brix) が低下すると

いう新たな問題点が生じている⁴⁴⁾。ポンカンにおいて、施設栽培の利点を最大限に発揮して高品質果実の多量生産を図るためには、さらに施設栽培技術の改善を図る必要がある。

カンキツ類の果実品質が樹体栄養条件の他、果実

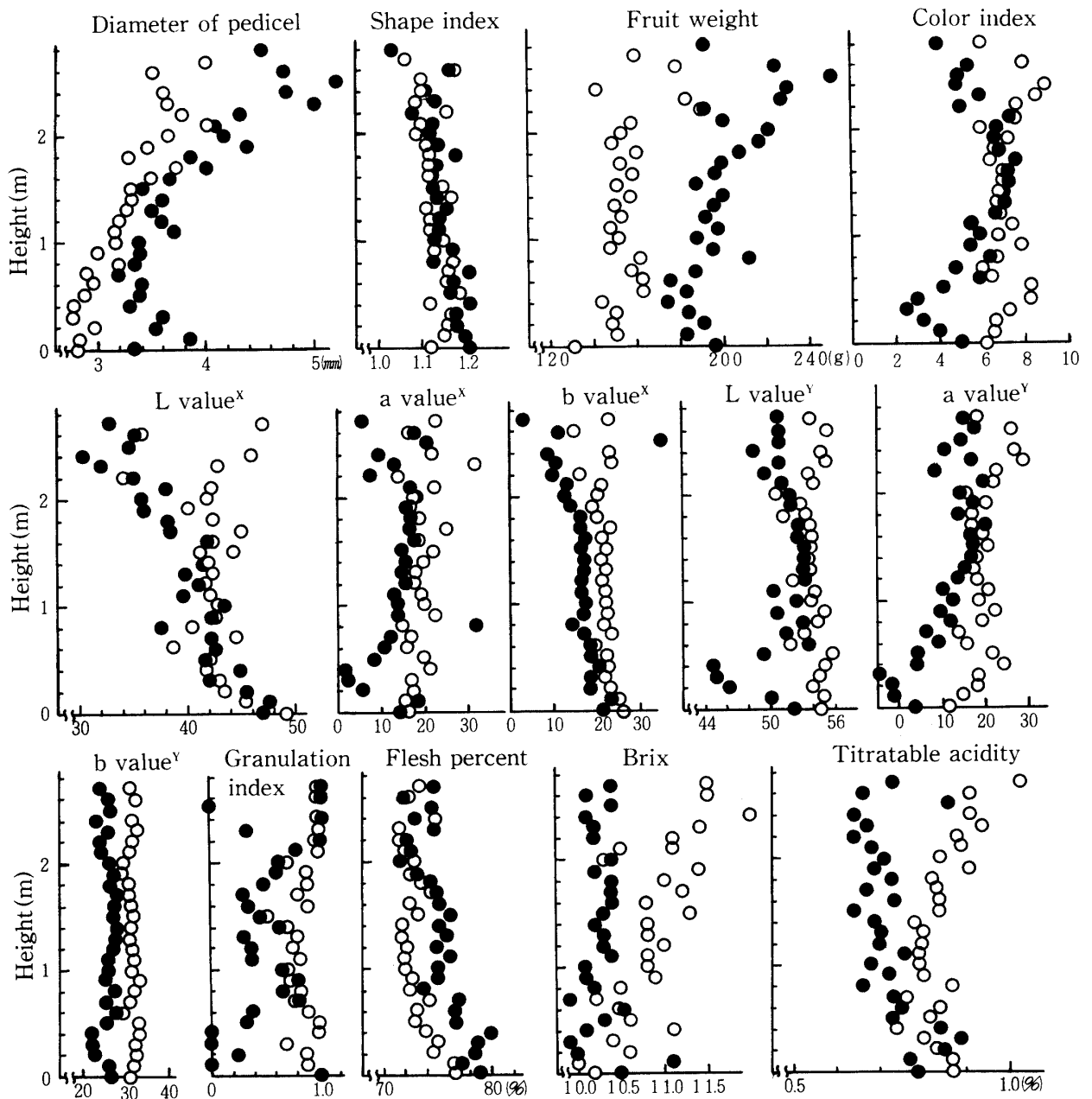


Fig. 35. Relation between height of fruit location within canopy and fruit characters in ponkan in open field and under plastic roof (○ Open field, ● Plastic roof).

^x : Value of color difference meter at stylar end.

^y : Value of color difference meter at lateral side.

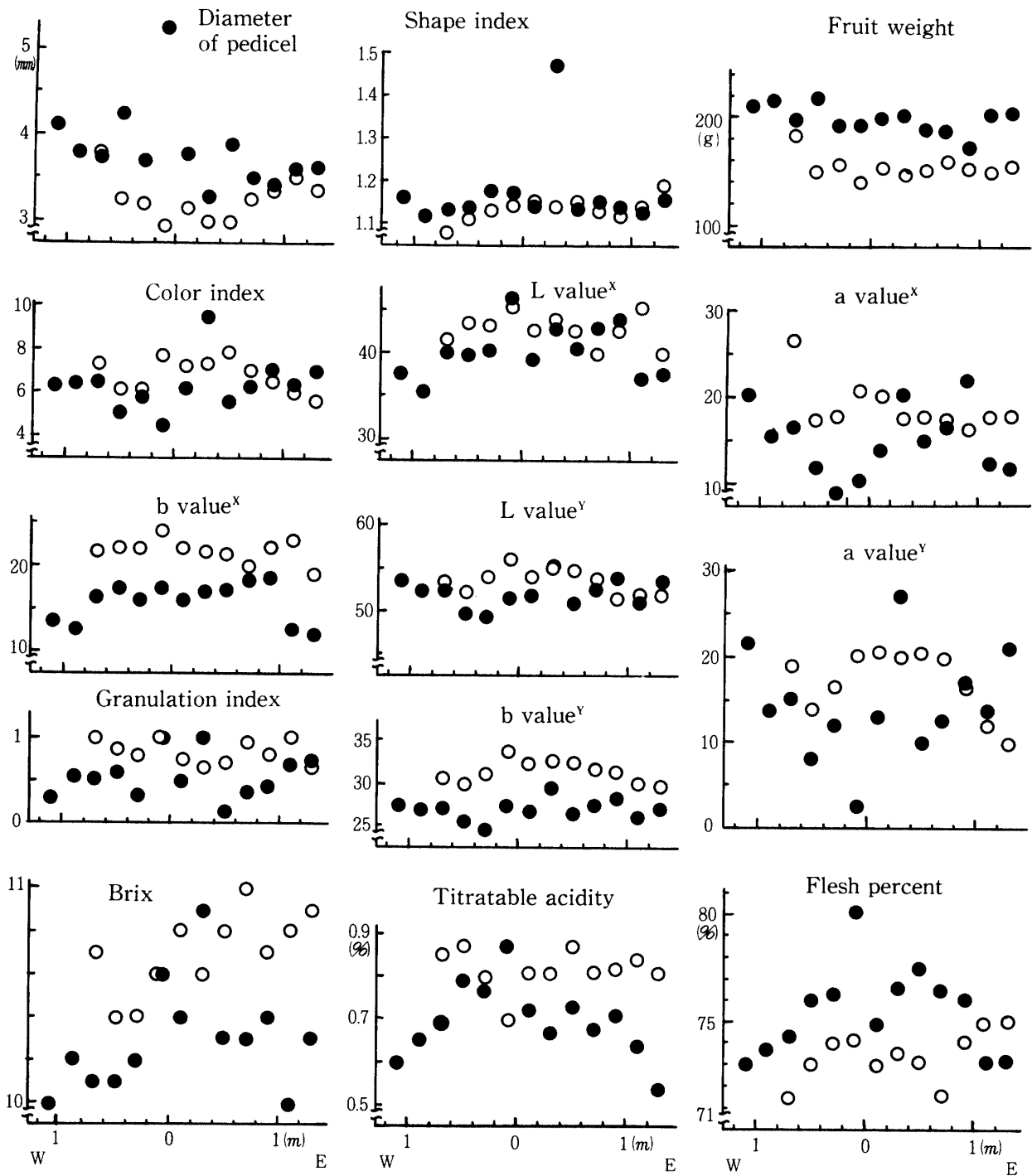


Fig. 36. Relation between distance of trunk of east-west directions and fruit characters in ponkan in open field and under plastic roof (○ Open field, ● Plastic roof). Distance of east-west direction is that from trunk to the point projected on the east-west plane from south at right angle.

^x : Value of color difference meter at stylar end.

^y : Value of color difference meter at lateral side.

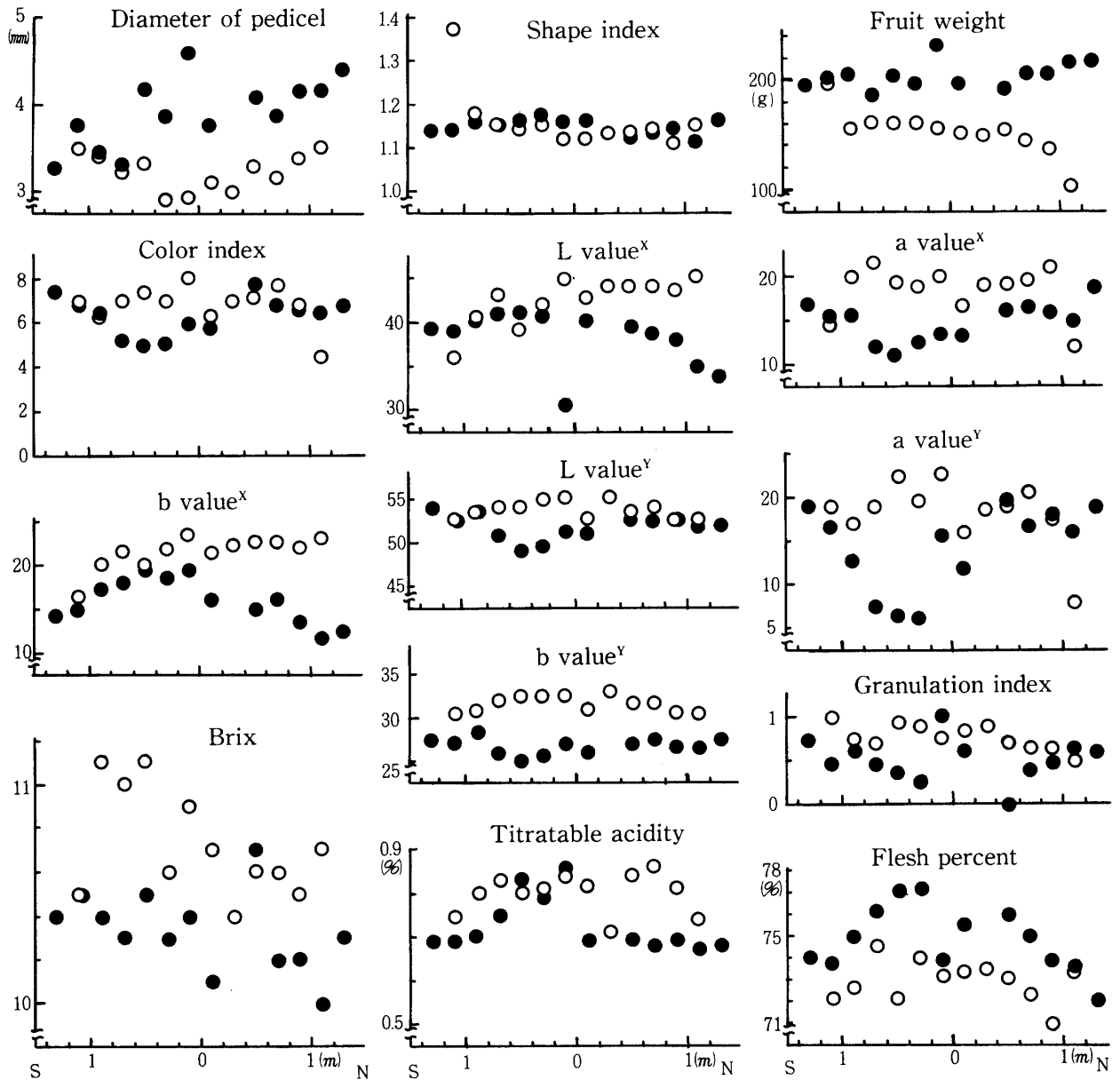


Fig. 37. Relation between distance of trunk of north-south directions and fruit characters in ponkan in open field and under plastic roof (○ Open field, ● Plastic roof). Distance of north-south direction is that from trunk to the point projected on the north-south plane from east at right angle.

^x : Value of color difference meter at stylar end.

^y : Value of color difference meter at lateral side.

を取り巻く気象条件に大きく影響されること、また、施肥、剪定などの栽培管理条件も、樹体栄養条件や果実を取り巻く微気象条件の変化を通して果実品質に影響している¹⁶²⁾ということは、再三述べてきた通りである。施設栽培では、施設下の微気象条件は露地とはかなり異なる^{164,165,182)}。その変化した微気象条件は樹体栄養条件をも変化させる¹⁰⁾。このような変化した微気象条件とそれらに付随した樹体栄養条件の変化は、着花性、結実性や果実品質に大きく影響する。したがって、施設栽培のポンカンで高品質果実を生産するには、露地とは異なった栽培技術を確立する必要がある。そのためには、施設栽培での果実品質の時期的変化を把握するべきであると考えらる。

本章では、ビニルフィルム屋根かけ栽培ポンカンを供試し、果実品質について、露地栽培ポンカンと比較した。

果実の肥大についてみると、調査開始日の7月にはすでに被覆区果実が露地区果実より横径、縦径、果実重量ともかなり大きかった。カンキツ類の果実発育には温度の影響が大きい、たとえば、津田ら¹⁸²⁾はウンシュウミカンの果実の横径が気温25℃で最も優れること、新居ら¹²⁴⁾はワセウンシュウの果実重量は気温25℃で最も優れ、ついで20℃、30℃、15℃の順であったことを報告している。本章では、3月末から調査開始日の7月8日まで春～初夏の被覆を行っているが、この期間は被覆下の最高温度は露地よりも明らかに高く推移している（富永、未発表）ため、被覆樹では露地樹よりも開花が促進され、また初期の果実肥大も促進されたものと考えられる。すなわち、果実肥大を促進するためには、屋根かけ被覆であっても有効であった。

次に、果実品質の推移についてみると、着色開始期は被覆樹では10月下旬、露地樹では11月中旬であり、明らかに被覆樹で早い。このことは色差計度のa値の変化でも明らかである。一般にカンキツ果実の着色は平均気温が23～18℃に低下すると始まり、気温18～13℃で促進される^{87,166)}。本研究でも被覆樹では平均気温が19～20℃に低下した10月下旬より着色し始めた。しかし露地樹では11月中旬に着色が開始した。これは被覆樹果実は春～初夏の被覆によって発育が促進されているため、果皮の熟度が露地樹果実よりも進んでいたためと考えられる。その後、11月下旬からは秋に被覆した樹で最も着色が進化した。この点は、Kobayashiら⁸⁷⁾のウンシュ

ウミカンでは昼夜の気温の較差が大きいほど葉緑素の消失が早いという報告の結果と一致した。果汁の滴定酸含量の変化をみると、屋根かけ被覆樹の果実では、露地樹果実の滴定酸含量のピークよりも幾分早く、8月から9月の間に滴定酸含量のピークに達している。9月上旬からの両区の果実の滴定酸含量の低下傾向はほとんど同じであるため、滴定酸含量がほぼ1パーセントになる時期は被覆樹で露地樹より約2週間から1か月早くなっている。このように屋根かけ被覆樹では、滴定酸含量のピークは早くなり、その含量も少なかった。この結果は、8、9月が高温に推移すると果汁の滴定酸含量は低下するという坂本ら¹⁴¹⁾のウンシュウミカンや富田ら¹⁸⁰⁾のマーコットを用いた試験結果と一致した。

このように、果皮の着色や果汁の酸含量からみても、屋根かけ被覆であっても、施設栽培は高品質果実の生産技術として効果的な手法である。

果汁の糖度(Brix)をみると、両樹果実とも9月上旬に最低値を示し、処理区間には差がない。その後も成熟中期までは、屋根かけ被覆樹と露地樹の間に差がない。糖度は果汁中の可溶性の物質の屈折率の総和であり、たとえば、滴定酸含量の大部分を占めるクエン酸も糖の約0.8倍の屈折率を持ち、アミノ酸も屈折率を持つ。そのため、糖度(Brix)の差が真の糖含量の差を示してはいない。そこで糖度から滴定酸含量を引くと、被覆樹と露地樹果実の糖度の差はほとんどなくなった。本研究では、果実品質の時期別推移を調査するための果実の採収は慣行に則って樹冠外周部目通り部分から行った。一般に、樹冠の目通り外周部は樹冠内で最も果実品質が良好な部位である。その結果、農業現場で言われている被覆樹での糖度低下が明らかにならなかったものであろう。この点について、被覆樹と露地樹の全果実を収穫して品質比較調査を行った結果を後述したい。

次に、被覆樹と露地樹の樹冠内の着果位置別の果実分布、果実品質構成要因の分布、果実品質構成要因間の相互関係について明らかにした。

本章の露地ポンカンと被覆ポンカンでは収穫時期が異なるので、熟度の進展については正確な比較はできないが、まず、被覆樹と露地樹の果実品質構成要因の樹間および樹内分布の差異を明らかにしようとした。その結果、被覆樹では糖度と滴定酸含量の平均値は露地樹よりも明らかに低い、着色度は収穫時期が異なるので比較できない。一方、果梗枝の直径、果実重量、果肉率の平均値は被覆樹で露地樹よ

り高い。各品質構成要因の樹別の変動係数をみると、被覆樹では糖度の変動係数は露地樹のそれより小さかった。一方、滴定酸含量の変動係数は両区でほとんど変らなかった。着色度は変動係数は樹による変動が大きかった。

木原ら⁸⁵⁾は、ウンシュウミカンでは収穫時期が異なっても、1樹内の糖度の変動係数は変化しないこと、滴定酸含量は年次間、樹間の変動が大きく、1樹内の変動も大きいことを示した。新居ら¹²⁵⁾も、加温ハウス栽培のウンシュウミカンでは露地栽培のものに比べて、特に糖度の変動が少ないとしている。本研究では、単なる屋根かけハウスでも、露地より糖度や滴定酸含量の変動が小さくなることが認められた。このように、施設栽培では果実品質は均質化した。

次に被覆ポンカンと露地ポンカンの樹冠内の着果分布について、着果位置を方位、主幹からの距離、高さの3次元の座標に分割して分析した。

本研究では、施設化の効果はいずれの方位でも同様に表れることを認めた。ただし、被覆樹では、被覆によって露地樹より樹冠が拡大したため、露地樹に比べて主幹からの距離では外側、高さでは高い着果位置に果実が多く分布した。これは、施設化によって着果部位が増加することを意味し、収量増につながる。

次に果実品質構成要因の樹内分布について被覆ポンカンと露地ポンカンとを比較した。その結果、分布のパターンは変らないものの、被覆樹では露地樹に比べて果梗枝の直径および果実重量のいずれも大きくなった。しかし、果汁の糖度と滴定酸含量は露地樹で高くなっている。しかも被覆樹の糖度は分布幅が明らかに露地樹よりも狭い。その他の品質構成要因は被覆樹と露地樹の間で分布のパターンや幅に大差なかった。

このように、ビニルフィルムで屋根かけ被覆を行うと明らかに果実の発育が促進された。これは、前述したように施設下での気温上昇の効果であろう。すなわち、春季のビニルフィルム被覆によって4月から7月上旬の果実の細胞分裂や細胞発育が促進され、さらに被覆下では、露地であれば気温が低下して果実の発育が鈍る11月から12月にかけても果実発育が持続したものと考えられる。ビニルフィルムは使用中に光透過率が30~70%に減少する⁵⁹⁾が、それでも果実の肥大は促進された。このことから、果実肥大には受光量より気温が大きく影響するものと

考えられる。このことは、被覆栽培の目的に合致している。また、肥大が良好な被覆樹果実の果肉率は露地樹より幾分大きく、被覆樹果実では露地樹果実に比べて果肉の発育割合が大きいことが認められた。この点も、施設栽培の有利な点である。

一方、果汁の糖度、滴定酸含量は被覆樹で露地樹より低下した。この原因としては、被覆樹では果実が40~50 g (25%以上) 大きくなったことによる希釈効果もあるが、前述したようにビニルフィルムの光透過率低下による光合成不足あるいは、果実砂じょう内の代謝生理が最も旺盛な4~7月にかけて被覆下が高温になり過ぎ、消耗が大きいことなどによるものと考えられる。

ここで、注意すべき点は、施設栽培で滴定酸含量が低下することは利点であるが、糖度が低下することは欠点であるということである。この点について、現在原因の究明と対策について研究を進めている。

果実の着色は施設栽培によって早くなることが認められた。これは、春の被覆によって果実の発育が促進された結果、果皮の生育が促進されたこと、さらに秋季の被覆では、成熟期に昼温が高く、夜温が露地と変わらないために、一日の温度較差が大きくなった結果、クロロフィルの分解が促進されたことによると考えられる。

次に、被覆ポンカン、露地ポンカンにおける果実品質要因間の相互関係について考察したい。

露地樹では果梗枝の直径と果実重量、果実重量と着色度、着色度と糖度の間に正の相関があり、この点は第3章で述べた結果と一致した。被覆樹では果梗枝の直径と果実重量、果実重量と着色度、着色度と糖度、糖度と滴定酸含量の間に正の相関があり、果実重量と糖および滴定酸含量、着色度と滴定酸含量の間に負の相関があった。このように被覆樹では果実が大きくなると糖度と滴定酸含量が低くなった。

カンキツ類の露地栽培における品質構成要因間の相互関係についての報告は多数はあるが、施設栽培下における品質構成要因間の相互関係を調べた報告は少なく、富田ら¹⁸⁰⁾がハウス栽培のマーコットで果実重量と糖度間に12月収穫までは正の、1月以降は負の相関があり、果実重量と酸含量間には、いつ収穫しても負の相関があることを見出しているにすぎない。被覆栽培下における品質予測は経験的あるいは露地栽培での報告をもとに行っている。しかし、今後は高品質果実の生産技術を確立するために、施設栽培でこの種の研究例を積み上げる必要がある。

次に、被覆ポンカンにおける樹冠内着果位置と果実品質構成要因との関係について、露地ポンカンと比較しながら考察したい。

まず、着果位置のうち方位と品質構成要因との関係をみると、方位による果実品質構成要因の分布の差は明確でなく、被覆、露地両区の平均値の差異がどの方位でも同じように表れた。

カンキツ果実の品質には気温、日射、降水量などの気象条件の影響が大きい¹¹⁴⁾が、露地では樹冠内の着果位置による気象条件の差異は、日射量が最も大きい²²⁾ものと考えられる。つまり、着果位置による果実品質の差は受光量の差によって光合成に差が生じ^{89,128,129)}た結果と考えられる。一方、ビニルフィルム被覆では散乱光率は高くなる⁵⁹⁾が、樹冠内の着果位置別の受光量に露地樹以上の差が生じたとは考えにくい。むしろ、散乱光率の増加は樹冠内部まで光が到達することを意味し、前述したように、施設化は着果位置別の果実品質の均質化につながるものと考えられる。

次に、着果位置のうち主幹からの距離と果実品質構成要因との関係をみると、露地樹では主幹からの距離が遠くなるほど果梗枝の直径は大きくなるが着色度は低下した。一方、被覆樹では主幹からの距離が遠くなるほど、果梗枝の直径は小さく、果形指数は低くなり、着色度、側面部の色差計度、滴定酸含量からみた品質は良好になった。このように、露地樹と被覆樹では主幹からの距離と品質構成要因との関係のうち、果梗枝の直径、着色度、果実側面部の色差計の L, a 値で傾向が異なった。

これらの原因として、被覆下の日中の温度は上昇し、その程度は天井に近い樹冠上部で大きく、下部で小さい(富永、未発表)ので、主幹からの距離が小さい樹冠上部の果実は、被覆期間の4～7月の間の高温により果梗枝の直径は大きくなり果実は大きくなるが、天成果状になり着色が劣ったこと、露地樹でも同じように樹冠上部まで結実するが、果実温は他の部位と同じであり、主幹からの距離が小さくても着色は比較的良好であったことなどが考えられる。

次に、着果位置のうち地上からの高さで果実品質構成要因との関係をみると、露地樹では、着果位置が高くなると果梗枝の直径が大きくなり、果実の肥大も良好になること、果汁の糖度、滴定酸含量ともに高くなること、被覆樹では着果位置が高くなると果梗枝の直径は大きくなり、果実の肥大は優れ、果

肉率が小さくなること、さらに着色度は良くなるということが明らかであった。しかし、被覆樹では、露地樹と異なり着果位置が高くなっても糖度が高くならなかった。滴定酸含量は低下する傾向にあった。詳細にみると、被覆樹では着果位置と品質構成要因との関係が露地樹と異なる点が幾つか認められた。たとえば、被覆樹では果梗枝の直径は高さ約80 cmを、着色度は高さ120 cmを境に変化の様相が異なった。

このように、露地樹では着果位置による温度の差はないが、日射量には差がある²²⁾ために、日射量の多い部位では光合成が旺盛で果実肥大、品質ともに良好になった。一方、被覆樹ではビニルフィルムの屋根かけがあるため、樹冠内の微気象条件が変化した。すなわち、太陽光はビニルフィルムを透過するために散乱光率が増加する。被覆下の温度は無風状態の時は上昇し、その程度は屋根に近いほど高い。そのため、果梗枝の直径や果実重量のように被覆期間中の温度の上昇によって発育が促進される形質^{124,125)}は樹冠上部で大きくなった。そして、被覆樹では露地樹より、高さによる果実重量の増加率が大きいために、滴定酸含量は、富田ら¹⁷⁴⁾がポンカンで果実重量と酸含量には負の相関があると認めているように、樹冠上部では希釈効果により低下したのと考えられる。被覆樹で着果位置が高くなっても糖度が高くない原因も、一部は希釈効果によると考えられる。しかし、糖度の低下は希釈効果だけでは説明できないことは前述した通りである。

このように、施設栽培の利点、欠点とも着果位置の高い部位で強く表れる。これは、施設化による微気象条件の変化が樹冠上部で大きいからである。特に、糖度低下などの施設栽培の欠点を小さくするために、樹冠上部での微気象、とりわけ温度の変化を小さくする工夫を講じたい。

次に、果実を東西あるいは南北の方向の軸に垂直に投影して、東西あるいは南北方向の主幹からの距離と果実品質構成要因との関係をみた。

まず、東西方向の距離との関係をみると、露地樹では糖度は樹冠の東側で明らかに高くなった。被覆樹では、樹冠の西側ほど果梗枝の直径は大きくなり果実肥大は良いものの、滴定酸含量はやや低下した。しかし詳細にみると、滴定酸含量と果肉率は東西方向の主幹からの距離が0付近つまり主幹の南北側で高く、主幹の東西側で低くなった。

次に、南北方向の距離と果実品質との関係をみると、露地樹では南側ほど果実の肥大は良好で果形は

偏平で、糖度も高いが、す上がり度も高かった。被覆樹では、果汁の糖度と滴定酸含量からみた品質は南側で優れる傾向にあった。さらに詳細にみると、被覆樹では南北方向にみた場合の主幹付近の果実は着色度は低く、滴定酸含量と果肉率は高かった。

これらの原因として、被覆下では直射光が少なく散乱光が多いため、樹冠の北側でも露地樹よりは光の利用効率が高いことや、夕刻の西日による西側部の温度上昇が低いことなどによって、果実発育や品質の南北差、東西差は露地樹より小さくなったことなどが考えられる。

以上のように、施設栽培では果実発育は明らかに促進され、着色や酸含量からみた品質は明らかに向上した。果実品質の均質化も認められた。これらは、施設栽培の大きな利点である。しかし、本研究では、糖度も露地栽培に比べて低い含量に均質化された。施設栽培の有利性をさらに発揮するためには、糖度の低下を防止する方策を見出さなければならない。本研究では、糖度低下は春から初夏の被覆で生じることを推察したので、現在この点の研究を進めているところである。

第7節 要 約

本章では、ビニルフィルム屋根かけ栽培ポンカンでの果実品質の時期別変化、樹冠内着果位置と果実品質との関係および果実品質構成要因間の相互関係を明らかにすることによって、被覆栽培での高品質果実の生産技術、品質予測技術を確立しようとした。得られた結果は以下のとおりである。

1. 春季の被覆終了時点(7月上旬)には被覆樹果実が露地樹果実より横径、縦径ともに大きく、果実重量で約15gもの差があった。その後も収穫時までその差は持続した。秋季被覆によってさらに果実発育は促進された。

2. 果皮の着色開始は被覆樹果実で早かった。糖度(Brix)は、9月から10月にかけては被覆樹果実で露地樹果実よりやや高かったが、12月になると差がなくなった。滴定酸含量は、9月には明らかに露地樹果実で被覆樹果実より高く、その後も11月まではその差が持続した。収穫時には滴定酸含量の差は小さくなった。

3. 果実品質構成要因の平均値でみると、被覆樹果実では露地樹果実と比べて、果梗枝の直径、果実重量、果肉率、着色度は高く、糖度および滴定酸含量は低かった。

4. 被覆樹果実では果肉率と糖度の樹内変動は露地樹果実に比べて小さかったが、果梗枝の直径、果形指数、果実重量、着色度、滴定酸含量の樹内変動は露地樹果実と変わらなかった。

5. 方位別にみると、被覆樹、露地樹とも果実は南側に多く分布したが、両樹の方位別の果実分布の差は明らかでなかった。露地樹に比べて被覆樹では果実は主幹からの距離は遠く、地上からの高さは高い位置に分布する傾向があった。

6. 被覆樹果実の糖度は露地樹果実より低く、10°付近に多かったが、その他の果実品質構成要因は、ピークがずれるだけで分布の仕方は露地ポンカンと変わらなかった。

7. 被覆樹果実では、果梗枝の直径と果実重量、果実重量と着色度、着色度と糖度、糖度と滴定酸含量の間に有意な正の相関が有り、果実重量と糖度および滴定酸含量、着色度と滴定酸含量の間には有意な負の相関があった。露地樹果実では、果梗枝の直径と果実重量、果実重量と着色度、着色度と糖度の間に有意な正の相関があった。

8. 被覆樹および露地樹とも、方位による品質構成要因の差異は明確でなかった。

9. 被覆樹では、樹冠外周ほど着色度、色差計のa値は高く、果形指数は低かった。露地樹では、樹冠外周ほど果梗枝の直径は大きくなったが、着色度は低くなった。

10. 被覆樹では、着果位置が高くなるほど果梗枝の直径、果実重量、着色度、色差計のa値、す上がり度は高くなり、果形指数、色差計のL、b値、果肉率、滴定酸含量は低くなった。露地樹では、着果位置が高くなるほど果梗枝の直径、果実重量、色差計のa値、糖度は高くなり、果形指数、色差計のL、b値、果肉率は低くなった。

11. 被覆樹では、樹冠の東西方向と南北方向の果実品質差が小さくなった。

第6章 総合考察

昭和40年代後半から、ウンシュウミカンの生産過剰に伴って、多くの種類の中晩生カンキツの栽培面積が増加し、生産量も増加した結果、中晩生カンキツ類においても果実品質による販売価格の較差が増大してきている。そこで、いずれの種類の中晩生カンキツにおいても、施肥、摘果、薬剤散布、貯蔵、施設栽培など様々な栽培技術を駆使しての果実品質向上策が模索されている。

カンキツの果実品質は気温^{107,124)}、日照^{102,158)}、降水量^{3,18,90,99,142,144,152,156,173)}などの気象条件、土壌条件¹¹³⁾、施肥^{52,108,109,126,140,143,185)}、剪定⁹⁵⁾などの栽培条件によって左右されるが、中晩生カンキツ類には多くの種類が含まれるため、高品質果実の生産を目指すためには、個々の種類にあった栽培技術を確立しなければならない。しかし、その種の研究例は少ない。

本研究では、ポンカンを供試し、栽培技術を改善することによって果実品質を向上させるための基礎理論を確立することを目的にしている。

カンキツ類の収穫時または出荷時の果実品質には、開花・結実時から収穫時または出荷時までの様々な条件の影響が累積的に影響しているために、それらの期間に実施される個々の栽培技術の改善を図ることが高品質果実の生産につながるものと考えられる。そのためには、果実品質の季節的推移について把握するとともに、個々の栽培技術の効果にも熟知しておく必要がある。また、中晩生カンキツ類の果実は収穫後、貯蔵してから出荷することが多いので、鮮度保持のためには、貯蔵中の果実品質の推移についても明らかにしておくべきである。

近年、カンキツ類では、早熟化、高品質化を目的としての施設栽培が試みられ、中晩生カンキツ類でも、加温、無加温および屋根かけハウス等の施設栽培が普及しつつある^{44,54,174,180)}。確かに、ウンシュウミカンにおいては、施設栽培は果実品質の向上策として有効な方法と考えられるが、ポンカンを含めた中晩生カンキツ類の果実品質向上策としては、未だ確立されていない。ポンカンの果実品質の向上のためには、すべての栽培技術と果実品質の関係を明らかにし、高品質果実を生産・出荷するための技術の改善を図る必要がある。

そこで本研究では、まず第一に、ポンカンの果実品質の樹上および貯蔵中の推移を明らかにした。第二に、果実品質に及ぼす栽培技術の効果を明らかにし、得られた結果をもとに、果実品質低下防止策、あるいは果実品質向上策について検討した。第三に、施設栽培での果実品質について、露地栽培と比較しながら検討を加え、果実品質を向上させる方策を見出した。

本研究で得られた結果は、ポンカン果実の品質向上策の確立に寄与し、ポンカン栽培農家の経営安定に役立つものと考えられる。さらには、多くの種類の中晩生カンキツ類の品質向上技術の確立にも利用

できるものと考えられる。

1. ポンカン果実の成熟および貯蔵中の品質変化

我々が最も注目する成熟期、収穫期、および販売期の果実品質は、開花結実期から収穫時および販売時まで累積的にもたらされたものであり、収穫時および販売時の果実品質といえども、果実の発育・成熟に伴って変化してきた結果であるといえる。そこで、まず果実の発育に伴う品質の変化を明らかにし、高品質果実出荷のための収穫期判定技術を確立しようとした。ここでは果実の呼吸量やエチレン発生量などの代謝的な変化についても調査した。ついで、収穫後出荷までの貯蔵中の品質変化についても明らかにし、鮮度保持と品質向上のための貯蔵管理技術の確立の基礎にしようとした。

まず、果実の成熟を果実全体の代謝的な観点から示そうとして、呼吸量、エチレン発生量の変化を調査した。その結果、ポンカンでも、他のカンキツ類同様、呼吸量やエチレン発生量の変化はほとんどなく、リンゴやナシのように^{15,166)}それらを成熟の指標として用いることは困難であった。

次に、慣行的に果実の熟度判定の指標として用いられている果実重量、着色、糖度、滴定酸含量の変化を調査した。

温暖多雨地帯に位置する鹿児島市におけるポンカンの果実肥大、滴定酸含量の減少は12月中旬にはほぼ停止した。果皮着色の指標である色差計のa値はそれより約10日遅れて一定値になった。糖度は終始増加し続けた。これらのことからポンカンにおいても、ウンシュウミカン同様、西南暖地では果肉先熟現象を呈することが明らかになった。

瀬戸内の温暖寡雨地帯に位置する香川県善通寺市におけるポンカンの果実発育、着色、糖度、滴定酸含量の変化も同じ傾向であった。果実重量は12月初旬にはほぼ最高値に達し、その後はほぼ停止した。色差計のa値は1～2月にはほぼ一定値に近づいた。果汁中の糖度は樹上では漸増した。滴定酸含量は8、9月から11月にかけて急激に減少した後漸減し、12月にはほぼ一定値になった。貯蔵中も漸減した。

以上から、果実重量と果皮の着色の変化は、果汁成分の変化と必ずしも一致せず、成熟期および収穫期の判定の指標とはならないものと考えられる。また、糖度は終始漸増するために、人為的に一定の値を収穫期の指標として設定することはできても、成熟指標とはなりにくいものと考えられる。滴定酸含量は、ある時点になると一定の値になることから、

現在までの調査の結果、唯一成熟期判定の指標になり得ることが認められた。一般に、カンキツ類果実では酸含量が低い方が高品質といえる。しかし、酸含量が低すぎると、大味になりむしろ品質は低下する。すなわち、酸含量は種類によって妥当な値があるであろう。このように、果実の出荷は酸含量に注意して行わなければならないことは確かである。

しかしながら、糖度に比べて、滴定酸含量は気温などの環境条件によって大きく影響を受ける^{124,125)}。したがって、収穫や出荷は味覚に最も関与する糖や酸の含量から総合的に判定すべきであろう。この点に注意して判断すると、ポンカンでは1月以降になると、高品質果実が出荷できるものと考えられる。

一方、各品質構成要因は、遺伝的素質の発現の結果としてカンキツの種類特有の値を示すものと考えられる(白石, 私信)が、本研究で調査して得られた値がそれに合致するかどうかは不明である。今後、気象条件の異なる多くの地域において調査を続行したい。

次に、慣行的に成熟判定の指標として用いられている要素以外の成分についても成熟に伴う変化を調査し、熟度判定の指標として用いようと試みた。

まず、果実の成熟に伴う果汁のエタノール含量の変化を調査した。その結果、ポンカン果実では1973-1974年度の1月以降になってから急増傾向がみられたにすぎず、Davisら^{34,35,36)}のエタノール含量を生理的成熟期の指標に用いるという提案には同調出来ない。むしろ、エタノール含量は生理的過熟の結果として増加するものではないかと考えられる。

次に、果実の成熟に伴う果汁の糖、有機酸、アミノ酸組成の変化について調査した。

果汁の組成糖は、果糖、ブドウ糖、ショ糖の3中性糖であり、成熟が進展するにつれてショ糖の含量が著しく高まった。これはウンシュウミカンや他の中晩生カンキツ類での調査結果^{27,32,73,91,169)}と同一であった。このように、成熟の進展に伴って、ポンカン果実には糖がショ糖の形でプールされることが認められた。ブドウ糖含量と果糖(果糖+未知の成分)含量は終始低く、成熟に伴ってほとんど変化しなかった。ショ糖の含量が著しく高くなるのは、10月から11月の間であり、ポンカン果実はこの時期から急速に成熟過程に入ることが明らかであった。しかし、糖度と同様、ショ糖含量はこの時期以降も増加し続けるため、ショ糖含量を生理的成熟期および収穫期の基準に使うことは困難である。

果汁中有機酸組成はクエン酸が終始5~9割を占め、ついでリンゴ酸が多かった。したがって、有機酸の総量の推移はクエン酸含量の推移とほぼ一致した。クエン酸含量および総有機酸含量の時期別推移をみると、果実が未熟な8月から9月にかけて増加し、その後は11月および12月にかけて急激に減少した。そしてそれ以降は徐々に減少した。本研究の調査結果は、国内でのウンシュウミカン^{19,27,32,63,73,91,112,169)}や中晩生カンキツ^{74,92,111)}での調査、国外でのカンキツ類での調査^{13,118,133,134,145)}の結果と同じであり、この変化の様相はカンキツ類全部に共通することが認められた。一方、本研究では、リンゴ酸含量の特徴的な変動について新たに明らかにした。すなわち、リンゴ酸は未熟果に多く、樹上では果実の成熟に伴って減少したが、貯蔵後期には再び含量が増加した。このリンゴ酸含量を直ちに熟度や収穫・出荷期の判定指標として用いることは困難であるが、リンゴ酸が果実を取り巻く環境条件に反応して変動する可能性があり、今後その観点から研究を進めていきたい。

果汁中アミノ酸類の組成として18種類のアミノ酸と2種類のアミドを認めた。ポンカン果実の成熟に伴ってプロリン、 γ -アミノ酪酸、アラニン、フェニルアラニン、アルギニンなどの含量が顕著に増加し、アスパラギン、グルタミン、アスパラギン酸、グルタミン酸などの含量が減少することを明らかにした。しかし、本研究の調査や著者の別の報告^{167,168,169)}では、実施した幾つかの試験によって、アミノ酸の組成は同じであるものの、その含量はかなり異なった。すなわち、栽培管理によってアミノ酸の含量に差異があることが認められた。このことから、特定のアミノ酸成分の含量を、成熟期や収穫期の指標とすることは困難であるものと考えられる。このように、Rocklandら¹³⁸⁾、Rockland¹³⁷⁾、大東ら¹⁹⁾が提唱している糖、酸、アミノ酸の相互の様々な比率の時期別の変化と成熟期の判定との関係については必ずしも普遍的なものとは認めがたく、今後の研究課題と言えよう。

むしろ、アミノ酸はタンパク質の構成物であり、しかもアミノ酸そのものにも味があり、栄養的あるいは味覚的にみて、重要な品質構成要因であり^{17,19,20,63,100,137,138,139,155)}、また、果実のアミノ酸含量は窒素代謝において重要な物質である^{78,79,80,81,90,93)}ので、栽培管理改善の点からアミノ酸含量に注意し^{159,161,168)}、栽培管理の改善を通して高品質果実の

生産をなすべきであると考える。

2. 果実品質構成要因の樹内、樹間分布および相互関係

果実品質は園地間、樹間ではもちろん、樹内でも着果位置によって変動する。したがって、高品質果実を生産するためには、品質不良が予想される形質の果実や着果位置の果実を摘果時に除去することは重要である。本研究では、ポンカンの果実品質の樹間および樹内変動と分布、果実品質構成要因間の相互関係、着果位置と果実品質との関係を明らかにし、摘果など高品質果実生産のための栽培技術の改善に資しようとした。

まず、ポンカン樹の果実は樹冠内では縦長の長円筒状に分布し、ポンカン果実も相対照度 80% 以上の樹冠の外周部に分布する^{128,184)}ことが、本研究でも認められた。

次に、ポンカン果実品質構成要因のうち、糖度の樹間の変動は小さく、着色度と滴定酸含量の樹間の変動は大きいことが認められた。前述したように果実品質は徐々に変化しているが、果実間の変動は熟度によって異なるものと考えられる。鹿児島ではポンカンの完熟期は 1～2 月である⁴⁸⁾が、慣行的には寒害を回避するために 12 月中旬に収穫している場合が多い。本研究でも 12 月中旬に収穫して調査した。12 月中旬には、ポンカンの果実肥大はほぼ停止しているが、着色や酸からみた品質変化は進行中であり、着色度や滴定酸含量の変動は大きくなったものと考えられる。この様に、ポンカンにおいては、着色や酸含量による果実品質の差異が大きいことが推察された。

以上のように、ポンカンは慣行的な収穫時には果実発育は十分に進んでいるが、着色や糖酸からみた品質は変動が大きいことが明らかである。したがって、果実の品質の均質化を図るためには、貯蔵によって品質向上を図ったり、施設化して成熟促進、均質化を図る方策も考えた方が良くであろう。

さて、カンキツ果実の品質構成要因のうち、食味と最も関係が深い果汁の糖度と滴定酸含量の推定に、果梗枝の径、果形指数、着色度、色差計示度など非破壊の方法で測定できる因子を用いることができれば高品質果実の生産・出荷を行うために非常に役にたつ。この点に関しても本研究で明らかにしようとした。その結果、着色の進展の早い果実は糖度が高いこと、糖度が高い果実は滴定酸含量も高いこと、果梗枝の径が大きいと果実重量も明らかに大きく、

そのような果実では糖、滴定酸含量が低いことが示された。このように、果梗枝が太くなく、着色良好な果実が品質良好であった。この点は従来からカンキツ類全般で経験的に言われていることと一致した。

着果位置と果実品質との関係をみると、方位による果実品質の差異は明確でなかったものの、おおむね主幹からの距離が遠いほど着色は良好であり、偏平で糖度の高い果実となること、着果位置の高さが高くなるほど着色、糖、酸からみた果実品質は良好になることが確認された。これらは従来のカンキツ一般で報告されている結果^{27,150,151,169,171,172)}と一致した。すなわち、ポンカンでも主幹からの距離が遠くなるほど、樹冠の外周部に近づき、また樹冠の高い部位ほど受光量が大きくなるため光合成が旺盛で、着色、糖度からみた品質が優れた。このように、受光量と品質との間に密接な関係があることは、南側の果実で糖度と滴定酸含量が高くなったことから認められた。

3. 果実品質に及ぼす植物生長調節剤散布の影響

植物生長調節剤のような薬剤の散布によっても果実品質は影響を受ける。そのため、高品質果実の生産のためには、それら薬剤を効果的に使用する技術を確認する必要がある。ここでは、数種類の植物生長調節剤の散布がポンカンの果実品質に及ぼす影響について明らかにした。

まず、エスレル (Ethephon: 2-chloroethylphosphonic acid) の散布はポンカン果実の着色を促進し、着色を基準とした場合の収穫を 1～2 週間ほど早くすることが明らかであった。しかし、エスレルの処理では果実内部の成熟は促進されず、糖度、滴定酸含量、エタノール含量は変化しないことも認められた。このことから、エスレルの散布は、果実の成熟期が比較的高温に推移する奄美大島や屋久島、種子島などを含む西南暖地で、果肉先熟現象を回避する有効な手段であり、実用化できるものと考えられる。

エチクロゼート (Ethychlozate: Ethyl-5-chloro-1H-3-indazolyl acetate) の 67 ppm および 100 ppm 液の満開後 85 および 105 日の散布は、ポンカン果実の着色を促進し、特に、果皮の紅色を強くすることが明らかであった。このように、エチクロゼート散布に果皮の着色を向上させる効果があることは、ウンシュウミカンでの結果¹⁶⁷⁾とほぼ一致している。したがって、エチクロゼートは、現在ウンシュウミカンで果実品質向上剤として実用化されているが、ポンカンを含めた中晩生カンキツ類でも品質向上剤と

して実用化でき、栽培農家の経営の安定につながるものと考えられる。散布時期と回数についてみると、満開後 65~125 日の間に約 20 日間隔で 2 回散布すれば十分であるが、満開後 85 日と 105 日の散布が最も効果的である。

炭酸カルシウム (CaCO_3) の散布はポンカン樹上果実の着色を幾分改善し、樹上予措効果もわずかに示した。このことは、果実を貯蔵する場合の大きな利点となるものと考えられる。また、貯蔵中の減量程度は炭酸カルシウムを散布した果実で大きく、これは主として果皮の減量による効果であった。一方、貯蔵中の虎斑症は炭酸カルシウム散布果実で多く、この障害は果皮が乾燥することによって起こることが推察された。この点は、炭酸カルシウム散布の欠点であろう。果汁の品質は、炭酸カルシウム散布による影響をほとんど受けなかった。

4. ビニルフィルム被覆栽培と果実品質

近年、果実の品質向上を目的として、中晩生カンキツでも施設栽培の導入が増えてきた^{54,174,180)}。確かに、施設栽培では果実品質が向上する場合が多いが、種類によっては必ずしも成功していない場合もみられる。施設条件下では、露地条件下に比べて果実品質の変化の様相が異なるものと思われるため、さらに、果実品質を向上させるためには、より効果的な施設栽培技術を確立する必要があるものと考えられる。本研究では、ポンカンで普及している屋根かけ栽培での果実品質を、露地栽培での果実品質と比較することにより、施設栽培での問題点を解消し、より高品質の果実を生産するための技術を確立しようとした。

本研究で調査した結果、ビニルフィルムで被覆した屋根かけ栽培によってポンカンの果実肥大は促進され、着色や減酸からみた果実品質も向上することが明らかであった。しかし、被覆栽培樹では糖度の低い果実の割合が露地栽培樹に比べて多く、この点は被覆栽培の最大の問題点である。これは、ポンカンの被覆栽培について最近報告された結果^{44,171)}と一致した。

著者は、別に、ビニルフィルム被覆栽培下では、樹冠内の上部、南側、北側、内部の日最高温度が露地樹の同部位の日最高温度よりも高く、日最低温度は露地樹との間に差がなかったため、日平均温度がやや高く推移すること、その程度は被覆の屋根に近い樹冠の頂部や日当たりの良好な南側で大きいこと、被覆栽培下では最高地温が露地区のそれよりも高く

推移すること、被覆栽培下では、土壤水分が露地区の土壤水分より少なく、特に深さ 60 cm でその傾向が強いことを示している(富永、未発表)。

これら被覆栽培下での環境条件の変化を念頭に置きながら、果実品質の推移を調査し、考察を加えた。

被覆樹の果実では、横径、縦径、重量とも、調査開始日の 7 月から収穫時まで、終始露地樹果実のそれらよりかなり大きく、着色開始期も露地樹果実より明らかに早いこと、さらに、滴定酸含量がピークに達するのが露地樹果実より幾分早く、しかも滴定酸含量の最高値が露地樹果実のそれよりも低いために、滴定酸含量が約 1 パーセントになる時期が露地樹より 2 週間から 1 か月早くなることが明らかであった。

これらはすべて春季被覆の効果であることを著者は見出している(富永、未発表)。すなわち、春季の被覆で、被覆下の最高温度は露地よりも明らかに高く、温度較差も大きいため開花が促進され、さらに初期の果実肥大も促進される。さらに、このことによって、被覆樹果実では着色が早く、滴定酸含量のピークは早く、その含量も少なかったものと考えられる。ここで重要なことは、被覆による収穫時果実の着色向上および糖度の低下は 3 月下旬から 7 月上旬までの被覆の影響の結果であり、特に、被覆樹では、露地であれば糖度(主にショ糖含量)が上昇し始める 10 月以降の糖度上昇が鈍いことである。この原因としては、被覆樹では果実が大きくなったことによる希釈効果もあると考えられるが、3 月下旬から 7 月上旬まで被覆されたビニルフィルムの光透過量の低下による光合成不足あるいは、果実砂じょう内の生理代謝が最も旺盛な 4~7 月にかけて被覆下が高温になり過ぎることなどが考えられる。すなわち、ビニルフィルム被覆下の温度が幾分上昇した結果、果実の細胞分裂や細胞発育が促進され果実は大きくなるものの、果実の果皮や果肉内の代謝生理を司どる機能は露地樹に比べて成熟あるいは老熟化が進んだのかもしれない。この点については、さらに酵素レベルでの研究を進める必要がある。

これらの結果は、8~9 月が高温に推移すると果汁の滴定酸含量は低下するという坂本ら¹⁴¹⁾の結果からも明らかである。しかし、果汁の糖度(Brix)の推移をみると、両樹果実の間に大きな差はない。これは、時期別の果汁分析用果実のサンプリングを条件の良い樹冠目通り外周部から行ったためと考えられ、後述するように 1 樹全体では被覆樹で露地樹

より糖度の低い果実の割合が多い。

次に、被覆樹と露地樹の果実品質構成要因の樹間および樹内分布の差異について調査した結果、糖度と滴定酸含量の平均値は被覆樹が露地樹よりも明らかに低いこと、果梗枝の直径、果実重量、果肉率の平均値は被覆樹が露地樹より高いことが認められた。また、糖度の変動係数は被覆樹が露地樹より小さく、滴定酸含量の変動係数は両区でほとんど変わらなかった。品質構成要因の分布のパターンをみると、果汁の糖度の分布幅は明らかに被覆樹が露地樹よりも狭いが、その他の品質構成要因は被覆樹と露地樹の間で分布のパターンや幅に大差がないことが認められた。

前述したように、ビニルフィルムで被覆すると、使用中に光透過量が30～70%に減少する⁵⁹⁾。これらのことから果実肥大には受光量より温度が大きく影響するものと考えられる。このことは被覆栽培の目的に合致している。

次に、ビニルフィルムによる被覆が、樹冠内着果位置別の果実品質にどのように影響するかについて、露地樹と比較しながら調査した。本研究では、樹冠内の着果位置を方位、主幹からの距離、地上からの高さの3次元の座標に分割して表した。

被覆樹では、被覆によって樹冠が露地樹のそれより、縦横ともに大きく生長し、露地樹より主幹からの距離では外側、高さでは高い着果位置に果実が多く分布することが明らかであった。

着果位置のうち方位と品質構成要因との関係は、年度間の変動が大きく一定の傾向が認められなかった。

主幹からの距離と果実品質構成要因との関係をみると、露地樹では主幹からの距離が遠くなるほど果梗枝の直径は大きく、着色度は低下するのに対し、被覆樹では主幹からの距離が遠くなるほど果梗枝の直径は小さく、果形指数は低く、着色度、側面部の色差計示度、滴定酸含量からみた品質は良好になることが明らかであった。これは、ビニルフィルムの屋根かけ栽培では、被覆下の日中の温度は上昇し、その程度は天井に近い樹冠上部で大きく、下部で小さいので、主幹からの距離が小さい樹冠上部の果実は被覆期間の4～7月の間の高温により果梗枝の直径と果実重量は大きくなるものの、天成り果状態になり着色は劣ったのであろう。露地樹では、同じように樹冠の上部まで結実するが、樹冠上部でも温度は他の部位と同じであり、主幹からの距離が小さく

ても着色は比較的良好であったものと考えられる。

地上からの高さで果実品質構成要因との関係をみると、被覆樹および露地樹とも着果位置が高くなると、果梗枝と果実重量は大きくなること、露地樹では着果位置が高くなると果汁の糖度、滴定酸含量ともに高くなるが、被覆樹では着果位置が高くなっても、糖度は高くならず、滴定酸含量は低下することが明らかであった。詳細にみると、被覆樹で露地樹と異なる点が幾つか認められた。たとえば、果梗枝の直径は、露地樹では着果位置が高くなるにつれて直線的に大きくなるが、被覆樹では高さ約80 cmまでは余り変化しないか、あるいはむしろ小さくなり、それより高い着果位置では高さとともに直線的に大きくなること、また、着色度は高さが120～200 cmまでは高くなるほど良好になり、それ以上の高さでは変化しないか、むしろ低下すること、さらに、着果位置が高くなるほど、露地樹では糖度、滴定酸含量とも高くなるのに対し、被覆樹では滴定酸含量は低く、糖度は変化しないことなどが明らかであった。これは、露地樹では着果位置による温度の差はないものの、日射量には差があり、日射量の多い部位では光合成が旺盛で果実肥大、品質ともに良好になるが、被覆樹では、太陽光はビニルフィルムを透過するために散乱光率が増加する⁵⁹⁾こと、被覆下の温度は無風状態の時には上昇し、その程度は屋根に近いほど高いこと、など樹冠内の微気象条件が変化するためであると考えられる。すなわち、果梗枝の直径や果実重量のように被覆期間中の温度の少しの上昇によって促進される形質は樹冠上部で大きくなる。そして、被覆樹では、露地樹に比べて高さによる果実重量の増加率が大きいため、滴定酸含量は樹冠上部では希釈効果により低下した。被覆樹の糖度が着果位置が高くなってもあまり変化しないのは、樹冠上部での微気象条件の変化が大きいためであろう。

その他、被覆樹では、滴定酸含量と果肉率は主幹の南北側で高く、主幹の東西側で低いこと、果汁の糖度と滴定酸含量からみた品質は南側で優れる傾向にあることなどが明らかであった。

次に、被覆樹果実でも非破壊の方法で果実品質の推定を可能にし、高品質果実生産技術を確立するために、果実品質要因間の相互関係について調査した。

被覆樹および露地樹とも、果梗枝の直径と果実重量、果実重量と着色度、着色度と糖度の間には正の相関があること、被覆樹では、さらに糖度と滴定酸含量の間に正の相関、果実重量と糖および滴定酸含

量、着色度と滴定酸含量の間に負の相関があることが示された。つまり、被覆樹では果実が大きくなると糖度と滴定酸含量が低くなることが認められた。これは、被覆樹では露地樹に比べて果実重量が40~50 g(25%以上)大きくなるための希釈効果によるものと考えられる。

以上得られた結果をもとに、被覆樹の樹冠上部ではビニルフィルム被覆によって果実肥大は良好であるが、糖度からみた果実品質が劣るので、樹冠の上部とビニルフィルムの屋根との間は出来るだけ離すことを提言したい。さらに、樹冠上部での品質、特に糖度の低下を防止するために、現在、栽培技術の改善についての研究を続行中である。

第7章 総 摘 要

栽培技術の改善を通じてポンカン果実の品質向上を図るために、まず第一に、ポンカンの果実品質の時期別推移を明らかにした。第二に、果実品質に及ぼす栽培技術の効果を明らかにし、果実品質低下防止、果実品質向上策について検討した。第三に、施設栽培での果実品質について、露地栽培と比較しながら検討を加え、果実品質を向上させる方策を見出した。

得られた結果は以下のとおりである。

1. 樹上および貯蔵中の果実品質の時期別変化

ポンカン果実の発育中の呼吸量やエチレン発生量の変化はほとんどなかった。鹿児島市におけるポンカンの果実肥大、滴定酸含量の減少は12月中旬にはほぼ停止するが、果皮着色の指標である色差計のa値はそれより約10日遅れて一定値になり、糖度は終始増加し続けた。香川県では、果実重量は12月初旬に最高値に達し、色差計のa値からみた着色は1~2月にはほぼ一定値に近づいた。果汁中の糖度は樹上では漸増し、滴定酸含量は、8、9月から11月にかけて急激に減少した後漸減し、12月以降にはほぼ一定値になった。

以上から、呼吸量、エチレン発生量、果実重量、果皮の着色、糖度はポンカンの成熟期および収穫期の判定の指標とはなりにくいものと考えられた。滴定酸含量は、現在までの調査の結果、唯一成熟期判定の指標になり得るものと考えられた。しかし、滴定酸含量は気温などの環境条件によって大きく影響を受けるため、収穫や出荷は味覚に最も関与する糖や酸の含量から総合的に判定すべきである。この点に注意して判断すると、ポンカンでは1月以降にな

ると、高品質果実が出荷できることが認められた。

次に、慣行的に成熟判定の指標として用いられている要素以外の成分についても成熟に伴う変化を調査し、熟度判定の指標として用いようと試みた。

果実の成熟に伴う果汁のエタノール含量の変化を調査した結果、エタノール含量を生理的成熟期の指標に用いることはできないこと、エタノール含量は生理的過熟の結果として増加することが認められた。

果汁の組成糖は、果糖、ブドウ糖、ショ糖の3中性糖であり、成熟が進展するにつれてショ糖の含量が著しく高まり、果汁中には糖はショ糖の形でプールされることが認められた。ブドウ糖と果糖(果糖+未知の成分)含量は終始低く、成熟に伴ってほとんど変化しない。ショ糖の含量が著しく高くなるのは、10月から11月の間であり、この時期からポンカン果実は、急速に成熟過程に入ることが明らかであった。しかし、糖度と同様、ショ糖含量はこの時期以降も増加し続けるため、ショ糖含量を生理的成熟期および収穫期の基準に使うことは困難であると考えられた。

果汁の有機酸組成はグルタミン酸、グルクロン酸、ピログルタミン酸、乳酸、酢酸、ピルビン酸、リンゴ酸、クエン酸、コハク酸、イソクエン酸および α -ケトグルタル酸の11種類であったが、果汁中有機酸組成はクエン酸が終始5~9割を占め、ついでリンゴ酸が多かった。クエン酸含量および総有機酸含量は、果実が未熟な8月から9月にかけて増加すること、その後は11月および12月にかけて急激に減少し、それ以降は徐々に減少した。リンゴ酸は未熟果に多く、樹上では果実の成熟に伴って減少するが、貯蔵後期には再び増加することが認められた。

果汁中アミノ酸類の組成としてアスパラギン、グルタミンの2種類のアミド、アスパラギン酸、スレオニン、セリン、グルタミン酸、プロリン、グリシン、アラニン、シスチン、バリン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニン、 γ -アミノ酪酸、リジン、ヒスチジン、アルギニンの18種類のアミノ酸が存在することが認められた。果実の成熟に伴ってプロリン、 γ -アミノ酪酸、アラニン、フェニルアラニン、アルギニンなどの含量が顕著に増加し、アスパラギン、グルタミン、アスパラギン酸、グルタミン酸などの含量が減少することが明らかになった。

2. 果実品質の変動

ポンカンの樹冠内では、果実の多くは相対照度80

%以上の樹冠の外周部に分布すること、着色や酸含量による果実品質の差異が大きいことが認められた。ポンカンでは、着色良好な果実は糖度が高く、糖度の高い果実は酸含量が高いこと、果梗枝が大きいと果実重も大きくなるが、そのような果実では糖度と酸含量が低いことが明らかであった。また、樹冠の外周ほど、着色良好で糖度が高い果実が生産できること、着果位置が高いほど果実は大きく、着色、糖度、酸含量からみた果実品質が良くなること、南側の果実で糖度と酸含量が高いことも明らかであった。

3. 栽培管理と果実品質

エスレル (Ethephon: 2-chloroethylphosphonic acid) の散布はポンカン果実の着色を促進し、着色を基準とした場合の収穫を1~2週間ほど早くすること、エスレルの処理では果実内部の成熟は促進されず、糖度、滴定酸含量、エタノール含量は変化しないこと、エスレルの散布は西南暖地では果肉先熟現象を回避する有効な手段であり、実用化できることが認められた。

エチクロゼート (Ethychlozate: Ethyl-5-chloro-1H-3-indazolyl acetate) の散布は、ポンカン果実の着色を促進し、特に、果皮の紅色を強くする効果があることが認められた。したがって、エチクロゼートは、ポンカンでも品質向上剤として実用化でき、栽培農家の経営の安定につながるものと考えられた。

炭酸カルシウム (CaCO₃) の散布は、ポンカンの樹上果実の着色を幾分改善し、樹上予措効果を示した。しかし、貯蔵中の果皮障害である虎斑症の発生は炭酸カルシウム散布果実で多く、この点は今後の研究課題である。

4. ビニルフィルム被覆栽培と果実品質

被覆樹では、被覆によって樹冠が露地樹のそれより縦横ともに大きく生長し、露地樹より主幹からの距離では外側、高さでは高い着果位置に果実が多く分布した。

ビニルフィルム被覆によって、果実の発育と着色が促進されること、滴定酸含量の減少が早くなり、これからみた成熟は露地樹より2週間から1か月早くなることが認められた。しかし、春季の被覆によって成熟期(10月以降)の糖度上昇が抑制されることも認められた。

被覆による果実発育、着色、酸含量の減少の促進は、樹冠外周ほど、着果位置が高いほど大きかった。また、春季被覆による糖度増加の抑制効果は樹冠の上部で大きく、この防止策を見出すことが、施設栽

培における今後の大きな研究課題である。果実品質要因間の相互関係についてみると、被覆樹では果実が大きくなると、着色は良くなるが糖度と滴定酸含量も低くなることが認められた。

以上得られた結果をもとに、ポンカン果実の高品質化のための栽培技術の改善についての研究をさらに続行する予定である。また、その他の中晩生カンキツ類についても果実品質向上技術の確立を図る研究を続けている。残された問題点についても、現在研究を続行中である。

謝辞 本研究を行うに当たり、終始御懇篤なる御指導をいただき、論文の取りまとめに当たって御校閲の労を賜った岩手大学農学部教授(前九州大学農学部教授) 上本俊平博士、九州大学農学部教授 篠島豊博士、同助教授 白石真一博士、並びに直接御指導をいただいた鹿児島大学農学部教授 岩堀修一博士、同助教授 橋永文男博士、同前教授 大畑徳輔先生、前四国農業試験場果樹研究室長 大東宏博士に対し衷心より感謝の意を表します。

また、種々有益な御助言と研究遂行に当たってご便宜を図っていただいた元果樹試験場巢山太郎場長、元四国農業試験場土地利用部長 浅川正彦氏並びに菅野孝己博士、前果樹試験場興津支場長 西浦昌男氏、同元育種第一研究室長 七條寅之助氏、果樹試験場企画科長 上野勇博士、鹿児島大学農学部講師 佐藤宗治博士、実験遂行に多大の御協力を惜しまれなかった農業研究センター主任研究官 小野祐幸博士、果樹試験場盛岡支場 工藤和典主任研究官、四国農業試験場土地利用部 森永邦久主任研究官の各位に深く感謝の意を表する。

本研究は、著者が鹿児島大学大学院農学研究科在学中、その後勤務した四国農業試験場土地利用部、果樹試験場興津支場及び鹿児島大学農学部において実施、取りまとめたものである。四国農業試験場土地利用部職員、果樹試験場興津支場職員および研修生、並びに鹿児島大学農学部園芸学科果樹園芸学研究室の卒業生及び在学生には実験の実行と取りまとめに御協力を得、取りまとめには三好英子、江川和子の各氏の御協力を得た。ここに記して謝意を表する。

文 献

- 1) Abeles, F. B. : Ethylene in plant biology. p. 197-219 Academic Press, New York (1973)
- 2) Aharoni, Y. : Respiration of oranges and grapefruits harvested at different stages of development. Plant Physiol., 43, 99-102 (1968)
- 3) 秋元稔・古橋信哉・小川勝利: 瀬戸内カンキツ園の水分管理に関する研究(第3報) 夏秋季の土壌水分の多少が温州ミカンの樹勢と果実の形質に及ぼす影響. 広島果試研報, 2, 39-47 (1974)
- 4) 秋月国憲・岩切接男・大畑徳輔: ポンカン果実の着色に及ぼすエスレル散布の影響. 園学要旨, 昭50九州支部会, 20 (1975)
- 5) 葦沢正義・真部桂: 温州ミカンの品質に及ぼす地形、方位の影響について(第1報) 香川県の主産地における品質差. 園学要旨, 昭48春, 24-25 (1973)
- 6) Bain, J. M. : Morphological, anatomical and physio-

- logical changes in the developing fruit of the Valencia orange *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. Australian J. Botany, **6**, 1-24 (1958)
- 7) Bean, R. C. : Carbohydrate metabolism of citrus fruits. 1. Mechanisms of sucrose synthesis in oranges and lemon. Plant Physiol., **34**, 429-434 (1959)
- 8) Ben-Yehoshua, S., Kobilier, I. and Shapiro, B. : Some physiological effects of delaying deterioration of citrus fruits by individual seal packaging in high density polyethylene film. J. Amer. Soc. Hort. Sci., **104** (6), 868-872 (1979)
- 9) 別府英治・渡辺悦也・山口勝市 : 温州ミカンの果実の均質化に関する研究. 園学要旨, 昭48秋, 96-97 (1973)
- 10) Bevington, K. B., and Castle, W. S. : Annual root growth pattern of young citrus trees in relation to shoot growth, soil temperature, and soil water content. J. Amer. Soc. Hort. Sci., **110** (6), 840-845 (1985)
- 11) Biale, J. B. : How universal is the occurrence of the climacteric? Plant Physiol., **32**, Supplement XIV, (1957).
- 12) Biale, J. B. : The post-harvest biochemistry of tropical and subtropical fruit. Advances in Food Research, **10**, 293-354 (1960)
- 13) Bogin, E., and Wallace, A. : Organic acid synthesis and accumulation in sweet and sour lemon fruits. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **89**, 182-194 (1966)
- 14) Burg, S. P., and Burg, E. A. : Ethylene action and the ripening of fruits. Science, **148**, 1190-1196 (1965)
- 15) 茶珍和雄・緒方邦安 : 呼吸生理. 緒方邦安編著. 青果保蔵学汎論, p. 34-56, 健昌社, 東京 (1977)
- 16) Clark, R. B., and Wallace, A. : Dark CO₂ fixation in organic acid synthesis and accumulation in citrus fruit vesicles. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **88**, 322-332 (1963)
- 17) Clements, R. L., and Leland, V. L. : Seasonal changes in the free amino acids in Valencia orange juice. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **80**, 300-307 (1961)
- 18) Cruse, R. R., Wiegand, C. L. and Swanson, W. A. : The effects of rainfall and irrigation management on citrus juice quality in Texas. J. Amer. Soc. Hort. Sci., **107** (5), 767-770 (1982).
- 19) 大東宏 : 温州ミカン果実の成熟生理に関する研究. 京都大学学位論文, (1979)
- 20) Daito, H., and Hirose, K. : Studies on maturity of citrus fruit. 1. Changes in the amino acid content of Satsuma mandarin juice during maturation. Bull. Hort. Res. Stn., **B-10**, 19-32 (1971)
- 21) Daito, H., and Hirose, K. : Studies on acceleration of coloring or degreening of citrus fruit. II. Effects of ethrel (ethylene-releasing compound) on the acceleration of coloring and carotenoid pattern of the Natsudaikai (*Citrus natsudaikai* Hayata). Bull. Hort. Res. Stn., **B-10**, 35-50 (1970)
- 22) 大東宏・小野祐幸・富永茂人・森永邦久・工藤和典 : ウンシュウミカンの栽植方式と樹形に関する研究(第1報) 異なる樹形における着果部位別日射量, 気温, 果実温の日変化と1日の積算日射量. 園学雑, **49** (3), 331-346 (1980)
- 23) 大東宏・富永茂人 : 瀬戸内地域における中晩生カンキツ果実の品質に関する研究. 第1報 果実発育, 果汁成分, 着色, 果実の呼吸量およびエチレン発生量の時期別変化. 四国農試報, **37**, 35-51 (1981)
- 24) 大東宏・富永茂人 : 瀬戸内地域における中晩生カンキツ果実の品質に関する研究. 第2報 果汁中糖組成と含量の時期別変化. 四国農試報, **37**, 53-61 (1981)
- 25) 大東宏・富永茂人 : 瀬戸内地域における中晩生カンキツ果実の品質に関する研究. 第3報 果汁中有機酸組成と含量の時期別変化. 四国農試報, **37**, 63-74 (1981)
- 26) 大東宏・富永茂人 : 瀬戸内地域における中晩生カンキツ果実の品質に関する研究. 第4報 果汁中アミノ酸組成と含量の時期別変化. 四国農試報, **37**, 75-85 (1981)
- 27) 大東宏・富永茂人 : ウンシュウミカンの異なる樹形における着果部位別の果実品質, 特に糖, 有機酸及びアミノ酸組成について. 園学雑, **50** (2), 143-156 (1981)
- 28) 大東宏・富永茂人・小野祐幸・森永邦久 : ウンシュウミカンの異なる樹形における収量及び着果部位別の果実品質について. 園学雑, **50** (2), 131-142 (1981)
- 29) 大東宏・佐藤義彦 : ウンシュウミカンの採取後果実の呼吸量及びエチレン発生量. 園学雑, **53** (3), 308-313 (1984)
- 30) 大東宏・佐藤義彦 : ウンシュウミカン果実の成熟に伴う呼吸及びエチレン発生量の変化. 園学雑, **53** (4), 405-411 (1985)
- 31) 大東宏・佐藤義彦 : ウンシュウミカン果実の成熟に伴うエタノール及びアセトアルデヒド含量の変化. 園学雑, **54** (1), 33-38 (1985)
- 32) 大東宏・佐藤義彦 : ウンシュウミカン果実の成熟に伴う糖, 有機酸の変化. 園学雑, **54** (2), 155-162 (1985)
- 33) Daito, H., Sato, Y., Hirose, K. and Umeda, K. : Studies on maturity of citrus fruit. II. Changes in the color and carotenoid group of pigments of satsuma mandarin fruit during maturation. Bull. Fruit Tree Res. Stn., **B-2**, 53-74 (1975)
- 34) Davis, P. L. : Relation of ethanol content of citrus fruit to maturity and to storage conditions. Proc. Fla. State Hort. Soc., **83**, 294-298 (1970)
- 35) Davis, P. L. : Relation of ethanol content of citrus fruit to maturity and to storage conditions. Citrus Industry Mag., **52** (3), 5-6, 8, 10 (1971)
- 36) Davis, P. L. : Further studies of ethanol and acetaldehyde in juice of citrus fruits during the growing season and during storage. Proc. Fla. State Hort. Soc., **84**, 217-222 (1971)
- 37) Davis, P. L., Roe, B. and Bruemmer, J. H. : Biochemical changes in citrus fruit during controlled-atmosphere storage. J. Food Sci., **38**, 225-229 (1973)
- 38) Davis, P. L., and Hofmann, R. C. : Effects of coatings on weight loss and ethanol buildup in juice of oranges. J. Agr. Food Chem., **23**, 455-458 (1973)
- 39) Davis, P. L., Hofmann, R. C. and Hatton, T. T., Jr. : Temperature and duration of storage on ethanol content of citrus fruit. HortScience, **9**, 376-377 (1974)
- 40) Eaks, I. L. : Respiratory response, ethylene production, and response to ethylene of citrus fruit during ontogeny. Plant Physiol., **45**, 334-338 (1970)
- 41) El-Zeftawi, B. M., and Garrett, R. G. : Effects of ethephon, GA and light exclusion on rind pigments, plastid ultrastructure and juice quality of Valencia oranges. J. Hort. Sci., **53** (3), 215-223 (1978)
- 42) Ferguson, L., Davies, F. S., Ismail, M. A. and Wheaton, T. A. : Growth regulator and nutritional

- effects on grapefruit color and storage quality. Proc. 10th. Ann. Meet. Plant Growth Regulator Soc. Amer., 19-23 (1983)
- 43) Fishler, M., and Monselise, S. P.: The use of ethylene (2-chloro-ethylphosphonic acid) to promote color development of Shamouti orange fruits. Israel J. Agr. Res., **21**, 7-77 (1971)
- 44) 藤崎満: ポンカンの栽培技術, 広瀬和栄編著. カンキツ類ハウス栽培の新技术, p. 115-128, 誠文堂新光社, 東京 (1984)
- 45) Garcia-Luis, A., Agusti, M., Almela, V., Romero, E. and Guardiola, J. L.: Effect of gibberellic acid on ripening and peel puffing in 'Satsuma' mandarin. Scientia Hort., **27**, 75-86 (1985)
- 46) Haller, M. H., Rose, D. H., Lutz, J. M. and Harding, P. L.: Respiration of Washington navel and Valencia oranges. J. Agr. Res., **71**, 327-359 (1954)
- 47) 長谷部英明・佐金信治: 早生温州ミカンの糖、酸含量とその変動. 徳島果試研報, **5**, 1-11 (1976)
- 48) 橋永文男・富永茂人・大畑徳輔: 成熟・貯蔵に伴うカンキツ果実の成分変化. 鹿大農学術報告, **28**, 149-155 (1978)
- 49) 原田豊・谷本十四春・松本武吉: 温州ミカンの着果状態が果実の品質におよぼす影響. 香川農試研報, **21**, 36-39 (1971)
- 50) Hayman, E. P., Yokoyama, H. and Poling, S. M.: Carotenoid induction in orange endocarp. J. Agr. Food Chem., **25** (6), 1251-1253 (1977)
- 51) 平野暁: 温州ミカンにおける果実の大きさと糖及び酸含量との関係. 園学雑, **48** (2), 162-168 (1979)
- 52) 広部誠: ウンシュウミカンに対する窒素施用量試験 (第1報) 樹の生育, 収量, 果実品質および貯蔵性. 神奈川園試研報, **28**, 1-13 (1981)
- 53) Hirose, K.: Development of chemical thinners for commercial use for satsuma mandarin in Japan. Proc. Int. Soc. Citriculture, 256-260 (1981)
- 54) 広瀬和栄: ハウスミカンの経営的位置付け, 広瀬和栄編著. カンキツ類ハウス栽培の新技术, p. 29-37, 誠文堂新光社, 東京 (1984)
- 55) Hirose, K., Iwagaki, I. and Suzuki, K.: IZAA (5-chloro-indazol-8-acetic acid ethyl ester) as a new thinning agent of satsuma mandarin (*C. unshiu* Marc.). Proc. Int. Soc. Citriculture, 270-273 (1978).
- 56) 広瀬和栄・山本正幸・大東宏: カンキツの着色促進に関する研究 第1報 エスレル (エチレン発生剤) 処理による温州ミカンの着色促進効果について. 園試報, **B-10**, 17-34 (1970)
- 57) 兵藤宏・邨田卓夫: いろいろな生育段階における温州ミカン果実のエチレン生成. 園学雑, **41** (4), 405-410 (1972)
- 58) 伊庭慶昭: ウンシュウミカンの品質管理に関する研究. 京都大学学位論文, (1977)
- 59) 稲田勝美: 光選択性被覆資材の種類と分光特性, 稲田勝美編著. 光と植物生育, p. 190-235, 養賢堂, 東京 (1984)
- 60) 伊藤三郎・橋永文男・沢大作: 亜熱帯性果実の果汁品質に関する研究. I. ポンカン, タンカンの有機酸, 糖分および香气成分等の時期別変化. 鹿大農学術報告, **25**, 73-83 (1975)
- 61) 岩垣功・工藤和典: 温州ミカンの樹形に関する研究. 第4報. 着果位置と品質との関係. 四国農試報, **30**, 17-23 (1977)
- 62) 岩垣功・広瀬和栄: ウンシュウミカンの成熟生理に関する研究 1 樹冠内における果実間の品質差をもたらす諸要因について. 果樹試報, **B-6**, 47-74 (1979)
- 63) 岩垣功・泉嘉郎・荒木忠治・広瀬和栄: ウンシュウミカンの成熟生理に関する研究 II 果肉, 果皮中の糖, 有機酸及びアミノ酸の変化. 果樹試報, **B-8**, 37-54 (1981)
- 64) Iwahori, S.: Use of growth regulators in the control of cropping of mandarin varieties. Proc. Int. Soc. Citriculture, 263-270 (1978)
- 65) 岩堀修一: 柑橘における生長調節物質の利用. 植物の化学調節, **18** (1), 26-37 (1983)
- 66) Iwahori, S., and Oohata, J. T.: Alleviative effects of calcium acetate on defoliation and fruit drop induced by 2-chloroethylphosphonic acid in citrus. Scientia Hort., **12**, 265-271 (1980)
- 67) 岩堀修一・富永茂人・大畑徳輔: エスレルによるポンカン果実の着色促進. 鹿大農学術報告, **27**, 7-13 (1977)
- 68) 岩田隆・大亦郁子・緒方邦安: 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型との関係. (第2報) 収穫果実の呼吸型とその分類. 園学雑, **38** (2), 279-286 (1969)
- 69) Jahn, O. J.: Penetration of photosynthetically active radiation as a measurement of canopy density of citrus trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci., **104** (4), 557-560 (1979)
- 70) Jahn, O. L., and Young, R.: Influence of the tree on the response of citrus fruits to preharvest applications of (2-chloroethyl) phosphonic acid. J. Amer. Soc. Hort. Sci., **97** (4), 544-549 (1972)
- 71) Jones, W. W., Embleton, T. W. and Cree, C. B.: Number of replications and plot sizes required for reliable evaluation of nutritional studies and yield relationships with citrus and avocado. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **69**, 208-216 (1957)
- 72) 重里保・加藤彰宏: 早生温州ミカンの加温ハウス栽培に関する研究 [1] —加温の開始時期と温度が発芽, 開花および着花数に及ぼす影響—. 大阪農技七研報, **14**, 53-60 (1977)
- 73) 垣内典夫・伊庭慶昭・伊藤三郎: カンキツ果汁の基礎的研究. I. 温州ミカンの有機酸および糖分の時期別変化. 園試報, **B-10**, 149-162 (1970)
- 74) 垣内典夫・伊藤三郎: カンキツ果汁の基礎的研究. II. 夏カンおよび福原オレンジの有機酸と糖分の時期別変化. 園試報, **B-11**, 101-116 (1971)
- 75) 梶浦一郎: オレンジのワックス処理と異臭の発生. 果実日本, **28** (11), 56-60 (1973)
- 76) 禿泰雄・平井康市: フィガロンの生理作用と利用開発. 植物の化学調節, **17** (1), 65-70 (1982)
- 77) 禿泰雄・平井康市: フィガロンの作用性 (第2報) ウンシュウミカンの成熟促進作用について. 植化調研究会要旨昭和58, 48-49 (1983)
- 78) Kato, T.: Major nitrogen compounds transported in xylem vessels from roots to top in Citrus trees. Physiol. Plant., **52**, 275-279 (1981)
- 79) 加藤忠司: 作物の生長と窒素の転流 [10] —ミカンを中心とした果樹の生長と窒素の転流—. 農及園, **57** (12), 1473-1478 (1982)
- 80) Kato, T.: Nitrogen metabolism and utilization in citrus. Horticultural Review, **8**, 181-216, (1986)
- 81) 加藤忠司・塚原貞雄: ミカンの導管内を移動する主要窒素成分の季節変化とその起源. 園学要旨, 昭56春, 22-23 (1981)
- 82) 河瀬憲次: ウンシュウミカン果実における浮皮発現の要因と防止法に関する研究, 京都大学学位論文, (1984)
- 83) 河瀬憲次・小寺義郎・鈴木邦彦: 薬剤によるウンシュウミカンの浮皮防止に関する研究 (第5報) 炭酸カルシウム水和剤の作用性. 園学要旨, 昭57春, 20-21 (1982)

- 84) 河瀬憲次・小寺義郎・山中洋一：薬剤によるウンシュウミカンの浮皮防止に関する研究(第4報)炭酸カルシウム水和剤及び水溶性カルシウム化合物混用の効果. 園学要旨, 昭57春, 18-19 (1982)
- 85) 木原武士・伊庭慶昭・西浦昌男：ウンシュウミカン果実の特性が糖・酸含量とその変動に及ぼす影響. 果樹試報, B-8, 13-36 (1981)
- 86) Kimball, D. A. : Brix/acid ratio correlation with climatic data for California navel and Valencia oranges. *Citrus Industry Mag.*, **65** (8), 26, 28 (1984)
- 87) Kobayashi, A., Nii, N., Harada, K. and Kadowaki, K. : Favorable day and night temperature combination for the fruit growths of Delaware grapes and Satsuma oranges. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **37**(3), 199-204 (1968)
- 88) Koo, R. C. J., and Reese, R. L. : Influence of nitrogen, potassium and irrigation on citrus fruit quality. *Citrus Industry Mag.*, **65** (2), 48-49, 52-53, 61-65 (1984)
- 89) Kossuth, S. V. : Uptake of ^{14}C -release in 'Valencia' oranges as affected by location on the fruit, temperature, humidity, treatment duration and fruit position on the tree. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **103** (5), 561-564 (1978)
- 90) 久保田収治・赤尾勝一郎・加藤忠司：土壤乾燥とウンシュウミカン果肉の物質代謝(第1報)有機酸とアミノ酸の代謝に及ぼす影響. 園学要旨, 昭51春, 110-111 (1976)
- 91) 久保田収治・福井春雄・赤尾勝一郎：瀬戸内ミカン園の施肥合理化に関する研究, 第9報 温州ミカン果汁中の糖・有機酸・遊離アミノ酸組成の果実肥大成熟過程における変化. 四国農試報, **24**, 73-96 (1972)
- 92) 久保田収治・福井春雄・赤尾勝一郎：瀬戸内ミカン園の施肥合理化に関する研究, 第10報 数種の晩生柑橘類果汁中の糖・有機酸・遊離アミノ酸組成の一事例. 四国農試報, **24**, 97-107 (1972)
- 93) 久保田収治・福井春雄・赤尾勝一郎：温州ミカン樹の窒素代謝に関する研究, 第3報 生育段階および窒素栄養と遊離アミノ酸組成. 四国農試報, **28**, 133-150 (1974)
- 94) Kuraoka, T., Iwasaki, K. and Ishii, T. : Effects of GA_3 on puffing and levels of GA-like substances and ABA in the peel of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **102** (5), 651-654 (1977)
- 95) 栗山隆明・下大迫三徳・吉田守：温州ミカンの品質に関する研究(第6報)整枝せん定が果実の品質におよぼす影響について. 福岡園試研報, **17**, 1-10 (1979)
- 96) 栗山隆明・吉田守：温州ミカンの品質に関する研究 第8報 収穫期の果実品質の予測. 福岡農総試研報, B-2, 1-9 (1983)
- 97) 栗山隆明・吉田守・下大迫三徳：温州ミカンの浮皮防止に関する研究(第2報)植物調節剤による浮皮防止効果について. 園学要旨, 昭51春, 428-429 (1976)
- 98) Levy, Y., Bar-Akiva, A. and Vaadia, Y. : Influence of irrigation and environmental factors on grapefruit acidity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **103** (1), 73-76 (1978)
- 99) Levy, V., Shalhevet, J. and Bielora, H. : Effect of irrigation regime and water salinity on grapefruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **104** (3), 356-359 (1979)
- 100) Long, S. K., Hill, E. C. and Wheaton, T. A. : Free amino acid content of early and mid-season citrus molasses. *Citrus Industry Mag.*, **48** (9), 11-13, 30 (1967)
- 101) Luthra, J. C., and Chima, I. S. : Some studies on the metabolism and growth of Malta oranges. *Proc. Indian Acad. Sci.*, **XIB**, 61-70 (1940)
- 102) 真部桂・葦沢正義・中條利明：温州ミカンの結実, 果実の生長, 品質におよぼす光の影響. 香川大農学術報告, **28**, 195-201 (1977)
- 103) 真子正史：カンキツの摘果剤に関する試験(第1報) J-455 (5-Chloroindazol-8-acetic acid ethylester) がウンシュウミカンの摘果効果および果実品質に及ぼす影響. 神奈川園試研報, **28**, 14-23 (1981)
- 104) 真子正史・広部誠：エチクロゼート(フィガロン)がウンシュウミカンの養水分呼吸と生育に及ぼす影響. 神奈川園試研報, **31**, 10-15 (1984)
- 105) 真子正史・大垣智昭：温州ミカンの着色促進に関する試験 エスレル(エチレン発生剤)の効果と実用性について. 神奈川園試研報, **19**, 13-20 (1971)
- 106) 真子正史・大垣智昭：温州ミカンの貯蔵予措に関する研究(第9報)炭酸カルシウム(クレフノン)による予措促進効果について. 園学要旨, 昭50秋, 408-409 (1975)
- 107) 松井鑄一郎：ナツミカンの着色に及ぼす温度の影響. 生物環境調節, **12**, 17-24 (1974)
- 108) 松本明芳・畠中洋：チッソとカリの施用量が温州ミカンの品質に及ぼす影響(第4報)チッソの施用量が果皮歩合および果肉中酸含量の時期的変化におよぼす影響. 園学要旨, 昭50春, 20-21 (1975)
- 109) 松本明芳・畠中洋・白石真一：カンキツの有機酸に関する研究(第3報)チッソの施用量が温州ミカン果汁中の有機酸および糖に及ぼす影響. 福岡園試研報, **15**, 29-34 (1977)
- 110) 松本明芳・白石真一：カンキツの有機酸に関する研究(第1報)果汁中有機酸分析法の検討. 福岡園試研報, **15**, 11-17 (1977)
- 111) 松本明芳・白石真一：カンキツの有機酸に関する研究(第2報)数種のカンキツ果汁中有機酸の時期的変化. 福岡園試研報, **15**, 18-28 (1977)
- 112) 松本明芳・白石真一・栗山隆明・畠中洋：カンキツの有機酸代謝に関する研究. (第4報)系統別温州ミカンの果実生育に伴う果肉中酸含量の変化について. 園学要旨, 昭50秋, 82-83 (1975)
- 113) 松本明芳・白石真一・松井正徳：カンキツの有機酸代謝に関する研究. (第10報)温州ミカン果肉中の有機酸含量の地質による差. 園学要旨, 昭52春, 116-117 (1977)
- 114) 松本和夫：柑橘園芸新書, p. 197-217, 養賢堂, 東京 (1973)
- 115) 水野進・谷口保・荒木齊・浜田憲一：温州ミカンの貯蔵に対する採取時期の影響. 神大農研報, **9**, 6-10 (1971)
- 116) Monselise, S. P. : The use of growth regulators in citriculture. *Scientia. Hort.*, **11**, 151-162 (1979)
- 117) Monselise, S. P., and Sasson, A. : Effects of orchard treatments on orange fruit quality and storage ability. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 232-237 (1977)
- 118) Monselise, S. P., and Galily, D. : Organic acids in grapefruit fruit tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **104** (6), 895-897 (1979)
- 119) Murata, T. : Studies on the postharvest physiology and storage of citrus fruit. VII. Acid metabolism in Satsuma mandarin fruit during storage. *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, **46** (2), 283-287 (1977)
- 120) 邨田卓夫・宮下幸郎：柑橘果実の生理及び貯蔵に関する研究, (第1報)柑橘類果実幼果の呼吸とエチレン生成について. 園学雑, **40**(1), 74-80 (1971)
- 121) 邨田卓夫・辰巳保夫・岩本光弘・西本敏治：本邦産柑橘果実の低温耐性と呼吸との関係について. 静大農学術報告,

- 30, 23-27 (1980)
- 122) Nakajima, M., Ozawa, Y., Tanimura, T. and Tamura, Z.: A highly efficient carboxylic acid analyzer and its application. *J. Chromatogr.*, **123**, 129-138 (1976)
- 123) 中島芳和・広常誠: 土佐ブンタンの果実発育に及ぼす気温の影響. 高知大学術報告, **33**, 農学, 145-155 (1984)
- 124) 新居直祐・原田公平・門脇邦泰: 温度が温州ミカンの果実の肥大ならびに品質に及ぼす影響. 園学雑, **39** (4), 309-317 (1970)
- 125) 新居直祐・岡川弘臣・尾崎功浩: 加温ハウスと露地栽培温州ミカンの枝葉と果実の形質比較. 農及園, **59** (11), 1385-1390 (1984)
- 126) 西田和男: 温州ミカンの果実肥大・収量および品質に及ぼすチッ素施用量と葉果比の影響. 広島果試研報, **4**, 1-12 (1978)
- 127) 岡田正道・白井敏男: 川野夏橙の肥大に影響する気象要因. 静岡柑試研報, **14**, 1-11 (1976)
- 128) 小野祐幸: ウンシュウミカンの光合成および生産構造からみた収量構成要因に関する研究. 京都大学学位論文, (1985)
- 129) 小野祐幸・工藤和典・大東宏: 温州ミカンの光合作用および生産構造に関する研究 第1報 環境要因が光合成速度に及ぼす影響について. 四国農試報, **31**, 147-158 (1978)
- 130) 太田保夫・中山正義・横田清: 果実の成熟促進に及ぼすメチオニンの影響. 園学要旨, 昭47春, 82-83 (1972)
- 131) Pratt, H. K., and Goeshl, J. D.: Physiological roles of ethylene in plant. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **20**, 541-584 (1969)
- 132) Randhawa, G. S., and Dinsa, H. S.: Quality of Valencia oranges as affected by aspect, exposure, and height on the tree. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **50**, 161-164 (1947)
- 133) Rasmussen, G. K.: Seasonal changes in the organic acid content of Valencia orange fruit in Florida. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **84**, 181-187 (1963)
- 134) Rasmussen, G. K., Peynado, A., Hilgeman, R., Furr, J. R. and Cahoon, G.: The organic acid content of Valencia oranges from four locations in the United State. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **89**, 206-210 (1966)
- 135) Reuther, W.: Climate and citrus behavior. in Reuther, W. (ed.), *The Citrus Industry*. Vol. II, p. 280-337, Univ. California, Division of Agricultural Science, Calif. (1973)
- 136) Reuther W., Rasmussen, G. K., Hilgeman, R. H., Cahoon, G. A. and Cooper, W. C.: A comparison of maturation and composition of 'Valencia' oranges in some major subtropical zones of the United States. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **94**, 144-157 (1969)
- 137) Rockland, L. B.: Nitrogenous constituents. in Sinclair, W. (ed.), *The Orange*, p. 230-264, Univ. of California, Division of Agricultural Science, Calif. (1961)
- 138) Rockland, L. B., and Underwood, J. C.: Nitrogenous constituents of citrus juice. *Citrus Research Conference Report. Fruit and Vegetable Chemistry Laboratory, U. S. Department of Agriculture, Calif.* (1955)
- 139) Rockland, L. B., and Underwood, J. C.: Rapid procedure for estimation of amino acids by direct photometry on filter paper chromatograms. Estimation of seven free amino acids in orange juice. *Anal. Chem.*, **28**, 1679-1684 (1956)
- 140) 坂本辰馬・奥地進: 温州ミカンの樹の生長, 果実の品質, 葉中の窒素含量に及ぼす窒素供給時期の影響. 園学雑, **37** (1), 30-36 (1968)
- 141) 坂本辰馬・奥地進: 温州ミカン果実の酸, 可溶性固形物に及ぼす気温の影響. 園学雑, **37** (2), 115-121 (1968)
- 142) 坂本辰馬・奥地進: 温州ミカン果実の可溶性固形物, 酸に及ぼす降水量の影響. 園学雑, **37** (3), 212-220 (1968)
- 143) 坂本辰馬・奥地進: 温州ミカン果実の酸, 可溶性固形物に及ぼす窒素栄養の影響. 園学雑, **38** (4), 300-308 (1969)
- 144) 坂本辰馬・奥地進: 温州ミカン果実の酸の消長 (集積, 希しく, 減少) に及ぼす夏秋季の土壤乾湿の影響. 園学雑, **39** (2), 107-114 (1970)
- 145) Sasson, A., and Monselise, S. P.: Organic acid composition of 'Shamouti' oranges at harvest and during prolonged postharvest storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **102** (3), 331-336 (1977)
- 146) 沢村正義, 篠島豊: ^{14}C -トレーサー法による温州ミカンの転流物質に関する研究. 農化, **47** (11), 733-735 (1973)
- 147) 下田満哉・山崎一矢・篠島豊: 温州ミカンの貯蔵臭に関する研究 (第1報). 農化, **54** (4), 271-273 (1980)
- 148) 白石真一: カンキツ果実の着色に関する研究. 九州大学学位論文, (1972)
- 149) 白石真一・松本芳明・栗山隆明: カンキツの有機酸代謝に関する研究. (第1報) 1-ブチルエステル化法によるガスクロマトグラフィー. 園学要旨, 昭49春, 32-33 (1974)
- 150) Sites, J. W. and Reitz, H. J.: The variation in individual Valencia oranges from different locations of the tree as a guide to sampling methods and spot-picking for quality. I. Soluble solids in the juice. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **54**, 1-10 (1949)
- 151) Sites, J. W. and Reitz, H. J.: The variation in individual Valencia oranges from different locations of the tree as a guide to sampling methods and spot-picking for quality. Part II. Titratable acid and the soluble solids / titratable acid ratio of the juice. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **55**, 73-80 (1950)
- 152) 菅井晴雄・鳥潟博高: 秋季の土壤水分が温州ミカンの果実の発育と果汁の成分におよぼす影響. 園学雑, **44** (4), 330-337 (1976)
- 153) 鈴木邦彦・広瀬和栄: ウンシュウミカンに対する J-455 の摘果効果及び果実の品質について. 園学要旨, 昭52秋, 34-35 (1977)
- 154) 鈴木邦彦・広瀬和栄・白石雅也: 走査電顕による炭酸石灰散布果実の表皮細胞組織の観察, 果樹試典津年報 (育・栽・貯・加). 昭50, 54-55 (1976)
- 155) 鈴木忠直・栗原由美子・田村真八郎: 果実・野菜とその加工品の遊離アミノ酸含量とアミノ酸パターンの類似性について. 食総研報, **31**, 42-70 (1974)
- 156) 鈴木鉄男: 夏季の土壤乾燥にともなう温州ミカン果実の収縮程度と採集果の品質との関係. 農及園, **50** (7), 919-920 (1975)
- 157) 鈴木鉄男: 温州ミカン果実の大きさ, 着色程度, 果梗の太さからみた品質の差異. 農及園, **51** (9), 1165-1166 (1976)
- 158) 鈴木鉄男・岡本茂・山田吉鋭: 温州ミカンの葉色と果実品質に及ぼす照度, チッ素濃度および土壤水分の影響. 園学雑, **44** (3), 241-247 (1975)
- 159) 鈴木鉄男・橋爪光一・高木敏彦・岡本茂: 温州ミカン樹における水ストレスが果実, 葉中の糖, 有機酸, アミノ酸,

- ABA 含量に及ぼす影響. 静大農学術報告, **31**, 19-20 (1981)
- 160) 鈴木米三・増田芳雄: 植物生化学, p. 265-293, 理工学社, 東京 (1978)
- 161) Syvertsen, J. P., and Smith, M. L., Jr.: Environmental stress and seasonal changes in proline concentration of citrus tree tissues and juice. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **108** (5), 861-866 (1983)
- 162) Syvertsen, J. P., and Albrigo, L. G.: Some effects of grapefruit tree canopy position on microclimate, water relations, fruit yield, and juice quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **105** (3), 454-459 (1980)
- 163) 高木敏彦・野村泰博・増田幸直・鈴木鉄男: 温州ミカン果実の果梗の太さと品質構成要因との関係. 静大農学術報告, **28**, 7-12 (1978)
- 164) 谷口哲徹: カンキツの施設栽培における環境と発育生態ならびに果実品質に関する研究 第1報 開花前の温度および土壌水分環境が早生温州の発育生態に及ぼす影響. 静岡柑試研報, **18**, 27-36 (1982)
- 165) 谷口哲徹: カンキツの施設栽培における環境と発育生態ならびに果実品質に関する研究(第2報) 生理落果終了までの温度, 湿度, 日照量が早生ウンシュウの結実性に及ぼす影響. 静岡柑試研報, **19**, 21-28 (1983)
- 166) 苦名孝: 果実の発育生理, p. 97-121, 養賢堂, 東京 (1970)
- 167) 富永茂人・大東宏: カンキツの品質向上に関する研究 第2報. J-455 (Ethyl-5-chloro-1H-3-indazolyl acetate) がウンシュウミカン果実品質に及ぼす影響. 四国農試報, **34**, 79-88 (1979)
- 168) 富永茂人・大東宏: マシン油乳剤散布がカンキツの樹体, 果実品質に及ぼす影響 第2報. 温州ミカン果実品質について. 四国農試報, **36**, 35-48 (1980)
- 169) 富永茂人・大東宏: 異なる樹形のウンシュウミカンの冷夏・寡日照年における着果部位別果実品質, 園学雑, **51** (1), 9-18 (1982)
- 170) Tominaga, S. and Daito, H.: Studies on improvement of citrus fruit quality IV. Effects of ethychlozate (ethyl-5-chloro-1H-3-indazolyl acetate) on navel orange and lyo fruit quality. *Bull. Shikoku Agric. Exp. Stn.*, **39**, 15-24 (1982)
- 171) 富永茂人・岩堀修一: 屋根かけハウスと露地栽培ポンカンの樹冠内着果位置と果実品質. 鹿大農学術報告, **37**, 41-57 (1987)
- 172) 富永茂人・佐藤宗治・岩堀修一: ポンカンの樹冠内着果位置と果実品質. 鹿大農学術報告, **37**, 29-40 (1987)
- 173) 富田栄一: 温州ミカンの果実の品質および翌年の開花におよぼす夏季の土壌水分と秋季の窒素施用時期の影響. 園学雑, **41** (2), 151-156 (1972)
- 174) 富田栄一・金岡晃司: ポンカンの採収時期と果実の品質. 農及園, **59** (12), 1505-1508 (1984)
- 175) 富田栄一・夏見兼生: 川野ナツダイダイの果実の品質に関する調査(第2報). 近畿中国農研報, **50**, 44-47 (1975)
- 176) 富田栄一・夏見兼生: 川野ナツダイダイの果実の品質に関する調査(第5報) 採集時期と果汁の糖, 酸含量の変化. 近畿中国農研報, **53**, 49-53 (1975)
- 177) 富田栄一・夏見兼生: ナツダイダイの果実の品質に関する試験(第3報) 果実の大きさと果汁の糖, 酸含量. 近畿中国農研報, **53**, 36-39 (1977)
- 178) 富田栄一・夏見兼生: ナツダイダイの果実の品質に関する試験(第8報) 酸含量の園内変動について. 近畿中国農研報, **57**, 48-54 (1977)
- 179) 富田栄一・夏見兼生: ダンボール箱内ハッサク果実の品質変動. 近畿中国農研報, **60**, 54-60 (1980)
- 180) 富田栄一・松本圭司: マーコットの採収時期と果実の品質. 農及園, **60** (4), 555-562 (1985)
- 181) Trout, S. A., Huelin, F. E. and Tindale, G. B.: The respiration of Washington navel and Valencia oranges. *Australian Commonwealth Sci. Ind. Res. Organ. Div. Food preserv. Transport Tech. Paper*, **14**, 1-11 (1960)
- 182) 津田佳久弥・今川博之・河瀬明夫・井沢房雄: 早生ウンシュウミカンの早熟栽培に関する研究(第1報) ビニル被覆無加温栽培における熟期促進効果. 愛知農総試研報, **B-9**, 97-104 (1977)
- 183) Wedding, R. T. and Horspool, R. P.: Compositional changes in juice of Valencia and Washington navel oranges during fruit development. *Citrus Leaves*, **35** (2), 12-13 (1955)
- 184) Whitney, J. D. and Wheaton, T. A.: Tree spacing affects citrus distribution and yield. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, **97**, 44-47 (1984)
- 185) 山田正純: 減肥, 夏肥廃止が温州ミカンの樹勢, 収量および果実品質におよぼす影響について. 香川農試研報, **29**, 17-26 (1977)
- 186) 山田彬雄・西浦昌男: カンキツ品種の特性に関する調査 1 果実の品質および果色の季節的変化(1). 果樹試報, **B-4**, 1-69 (1977)
- 187) 山田彬雄・西浦昌男: カンキツ品種の特性に関する調査 1 果実の品質および果色の季節的変化(2). 果樹試報, **B-7**, 15-74 (1988)
- 188) 山崎利彦・鈴木勝征: 果実の成熟度判定のためのカラーチャートの作成とその利用に関する研究(第1報) カラーチャートの色特性. 果樹試報, **A-7**, 19-44 (1980)
- 189) Young, R., and Jahn, O. L.: Degreening and abscission of citrus fruit with preharvest application of (2-chloroethyl) phosphonic acid (ethephon). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **97**, 37-241 (1972)
- 190) Young, R., and Jahn, O. L.: Ethylene-induced carotenoid accumulation in citrus fruit rind. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **97** (2), 258-261 (1972)
- 191) Young, R. H., Jahn, O. L. and Smoot, J. J.: Coloring and loosening of citrus fruits with ethephon. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, **87**, 5-7 (1974)
- 192) Young, R., Jahn, O. L., Cooper, W. C. and Smoot, J. J.: Preharvest sprays with 2-chloroethylphosphonic acid to degreen 'Robinson' and 'Lee' tangerine fruits. *HortScience*, **5** (4), 268-269 (1970)

Summary

In Japan, satsuma mandarin has been on overproduction for the last decade. Consequently, it has been recommended that satsuma mandarin trees should be changed into other cultivars of citrus not only by replanting the nurseries but also by execution top-working. Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco) is one of these species. Currently, ponkan, as well as other species, is required to be of high qualities in both taste and appearance.

Series of studies were designed for the improvement of the practical management in production and storage conditions to enhance the fruit quality of ponkan. The following items were investigated : 1) changes of fruit qualities of ponkan during fruit growth and storage, 2) some effective practical techniques affecting fruit qualities on the tree, 3) ascertainment of the fruit qualities of ponkan cultured under a plastic roof in comparison with those of ponkan cultured in an open field.

The results were as follows.

1. Changes of fruit quality on the trees and during storage

Fruit weight

In Kagoshima, fruit weight of ponkan increased until early December, while in Kagawa, fruit weights of ponkan reached their plateaus by early November.

Peel color

The 'a' value of the color difference meter of ponkan in Kagoshima reached its maximum by late December. That in Kagawa increased markedly until late December.

Brix and titratable acidity in juice

Brix in fruit juice of ponkan increased gradually in accordance with its maturation. Titratable acidity decreased markedly from September to November, thereafter it decreased gradually until mid December.

Ethanol and acetaldehyde contents in juice

Ethanol and acetaldehyde contents of ponkan fruit went on increasing slightly from December to January.

Respiration and ethylene evolution rate

Respiratory rate of ponkan fruit went on decreasing from early August to early November, thereafter it remained constant on the tree and during the storage. The evolution of ethylene from fruit on the tree was low and invariable.

Changes of sugar constituents in fruit juice

Sugars in juice of ponkan were consisted of fructose, glucose and sucrose. Fructose continued to be the predominant sugar in the juice from immature fruit on the tree, reaching its maximum by September, thereafter it gradually decreased. And thereafter, it was replaced by sucrose as the season advanced. Sucrose was the predominant sugar component in mature fruits. Glucose in the juice of ponkan increased slightly from August to September and then remained constant during the maturation. Sucrose in the juice of ponkan increased gradually in accordance with its maturation, and increased markedly during October until November.

Changes of organic acids constituents in fruit juice

Organic acids in the juice from fruit of ponkan consisted of citric, malic, glutamic, glucuronic, pyro-glutamic, lactic, acetic, pyruvic, succinic, iso-citric and α -ketoglutaric acids. Citric acid was predominant component, composing 50-90% of total acids in the juice, followed by malic acid. Citric acid contents increased markedly from August to September, showing its maximum by September ; thereafter it decreased rapidly until November or December. Malic acid contents increased gradually from August until September, thereafter decreased gradually on the tree. Malic acid contents in the juice increased during the storage.

Changes of amino acids constituents in fruit juice

Amino acids in the juice of ponkan were consisted of asparagine, glutamine, aspartic acid, threonine, serine, glutamic acid, proline, glycine, alanine, cystine, valine, methionine, isoleucine, leucine, tyrosine, phenylalanine, γ -aminobutyric acid, lysine, histidine and arginine. The shares of asparagine, glutamine, aspartic acid, serine and glutamic acid contents in the juice were higher in immature fruits, and decreased gradually in accordance with maturation. On the contrary, proline, γ -aminobutylic acid, arginine, alanine and phenylalanine contents in the juice were lower in immature fruits, increased gradually during the maturation on the tree, and increased markedly during the storage.

2. Variation and distribution of fruit characters among and within the trees

In ponkan trees, the coefficients of variation for fruit weight and Brix of fruit juice in the canopy showed figures of 13.6-22.9% and 3.8-7.5%, respectively. While those for color index of fruit peel and titratable acidity of the juice in the canopy showed comparatively the large figures of 33-44% and 16.1-33.2%, respectively. The number of the fruit on the south side in the canopy was larger than those on other sides. A greater percentage of fruit was found at the fruit location situated 70-170cm distant from the trunk and 80-260cm high from the ground. Distribution of the fruit on the canopy was cylindrical. At the harvest time, the variation in color index of peel was larger than in other characters, while other characters were scattered, following the near-normal-distribution. It was between the color index and Brix as well as between Brix and the titratable acidity that some positive correlations were ascertained; while it was both between the fruit weight and Brix and between the fruit weight and titratable acidity that some negative correlations were confirmed. The larger was the distance from trunk in the canopy, the higher were the shape index of the fruit and Brix of juice. Fruit weight and shape-index of the fruit increased in accordance with the height of the fruit location. And the higher was the fruit location, the better were the fruit qualities judged by color index, Brix and titratable acidity. In the fruit on the south side, Brix and titartable acidity were higher than those on other sides.

3. Effects of plant growth regulator spray on fruit quality

Ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) accerelated the degreening of ponkan fruit. The higher the concentration, and the earlier the time of application, the more effective results were obtained. Ethephon altered neither Brix nor titratable acidity in the fruit. Only slight leaf-dropping was observed in the case in which 300 ppm ethephon application was carried out, however, 200 ppm ethephon application showed no leaf-dropping.

Autumn GA spray retarded coloration considerably, although spring GA spray had no effects.

In ponkan, spraying 67-200 ppm ethychlozate (ethyl-5-chloro-1H-3-indazolyl acetate) twice at 20-day intervals, between 65 and 125 days, after full blooming, enhanced coloration and Brix considerably. The best result was obtained when spraying was carried out 85 days, and again 105 days, after full blooming.

Calcium carbonate (CaCO_3) spraying on fruit on the tree slightly accerelated coloration of the ponkan fruit peel, while showing pretreatment effects for storage. CaCO_3 spraying increased weight-loss during the storage, it did not affect the fruit-quality, but, increased rind-oil-spot on fruits.

4. Fruit quality of ponkan cultured under a plastic roof

In early July, when a plastic roof cover was removed, the fruit size of the trees under a plastic roof was larger than that in an open field, fruit weight being about 15g heavier when under a plastic roof. A plastic roof cover during autumn enhanced fruit growth.

Degreening of the fruit on the tree under a plastic roof was earlier than that of the trees in an open field. Brix was higher under a plastic roof than in an open field from September until October, but in December when the fruit were harvested, no difference was found. Titratable acidity was substantially higher in an open field than that under a plastic roof in September, thereafter the difference was reduced in accordance with the maturation. In fruit under a plastic roof, the diameter of pedicel, fruit weight,

flesh percentage and color index were larger than those of fruits in an open field. While in the former case Brix and titratable acidity were lower than those in the latter case. In trees under a plastic roof, the coefficients of variation for flesh percentage and Brix of fruit within the canopy were lower than those in an open field, but there was no difference in the both systems concerning the following items, namely, pedicel, the shape index, fruit weight, color index and titratable acidity. And fruit of the trees under a plastic roof were found in higher and more distant location from trunk within the canopy than those in an open field. Brix of fruit from trees under a plastic roof was distributed mostly around 10° and was evidently lower than that of fruit from trees in an open field, while the distribution of other characters in the both systems showed the same patterns with different modes. In fruit of the trees under a plastic roof, positive correlations were found between the diameter of pedicel and the fruit weight ; the color index and Brix ; Brix and titratable acidity, respectively. On the contrary, negative correlations were found between the fruit weight and titratable acidity ; the color index and titratable acidity, respectively. In the fruit of the trees in an open field, positive correlations were found between the diameter and the fruit-weight ; the fruit-weight and the color index ; the color index and Brix, respectively. On the trees under a plastic roof, the color index and 'a' value of the color difference meter of fruit became higher as the distance from the trunk increased within the canopy ; while the diameter of pedicel, the shape index, 'L', 'a' and 'b' values of the color difference meter, flesh percentage, and titratable acidity of fruit became lower. On the trees in an open field, the diameter of pedicel became larger as the distance from a trunk increased within the canopy, but the color index, and 'L', 'a' and 'b' values remained relatively low. On the trees under a plastic roof, the diameter, the fruit-weight, the color-index, 'a' value and the granulation index of fruit became higher as the height of the fruit-location increased. And the higher the fruit-location, the lower the shape index, 'L' and 'b' values, flesh percentage, and titratable acidity of the fruit. On the trees in an open field, the diameter of pedicel, the fruit-weight, 'a' value, and Brix of fruit were higher, and the shape index, 'L' and 'b' values, and flesh percentage of fruit became lower as the height of the fruit-location increased.