ウンシュウミカンにおける果汁の糖度と次年度生産性との関係

岡田正道^{a*}・高橋哲也^b

静岡県柑橘試験場 424-0905 静岡市清水区駒越西

Relationship between Concentration of Soluble Solids in Fruit Juice and Productivity of the Next Year in Satsuma Mandarin

Masamichi Okada^{a*} and Tetsuya Takahashi^b

Shizuoka Citrus Experiment Station, Shimizu, Shizuoka 424-0905

Abstract

In several satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) cultivars, the parameters of productivity (flowering, fruiting, yield, etc.) of one year correlated negatively with those of the next year, while the fruit weight and concentration of soluble solids in fruit juice of one year correlated positively with the productivity parameters of the next year. Our multiple regression analyses demonstrate that the concentration of soluble solids is an effective second factor, whereas fruit load is the main factor associated with productivity of the next year. The relation was clearer in cultivars with more variable yields. In those cultivars, the flowering intensity of the next year tended to increase in parallel with increase in the concentration of soluble solids, and the number of set fruit and yield showed similar relations at least until a concentration of about 12% soluble solids. These findings indicate that the concentration of soluble solids is a useful parameter for estimating the productivity of the next year and appropriately high fruit quality might correlate with high productivity.

Key Words : flowering intensity, fruit quality, fruit set, yield

キーワード : 着花程度, 果実品質, 結実, 収量

緒 言

ウンシュウミカン, 特に高糖系といわれる‘青島温州’などは隔年結果しやすい上に, 消費者の高品質志向を十分に満足させる食味でない場合も多く, 果実の高品質化と安定生産が重要な課題となっている。生産現場における高品質化と安定生産の関係は単純ではなく, 高品質化が隔年結果を助長したと考えられる場合や, 高品質化と安定生産が両立していると考えられる場合などさまざまであるが, 個々の事例を少数の指標に基づく一連の現象として捉えることができれば, 高品質化技術導入をさらに促進するうえで有効と考えられる。これまでのウンシュウミカンでの報告は, 土壌水分制御 (富田, 1972a, b), 着果量と摘果 (森岡, 1987, 1988), 樹別や枝別の隔年交互結実方法 (木原ら, 1995; 宮田・橋本, 2002) などの環境制御や結実管理の結果として当年の果実品質や次年度の生産性が論じられることが多く, 果実品質と次年度の生産性との関係を直接論じ

た報告は見当たらない。果実はシンク能が高く (清水ら, 1976), さまざまな自然的・栽培技術的要因の影響を受けやすいとみられることから, 果実品質, 特に糖度は, 炭水化物などの樹体養分 (Goldschmidt・Golomb, 1982; 岡田, 2004) と同様に, 樹体の生理状態を表す指標のひとつになり得るものと筆者らは想定した。そこで, 手始めとして自然条件下における事例から, 糖度と次年度の生産性との関係について明確化を試みた。

材料および方法

試験 1: ‘宮川早生’, ‘繁田温州’ および ‘青島温州’ の解析 (1976 ~ 1986)

1976 年に 10 年生 ‘宮川早生’, ‘繁田温州’ および ‘青島温州’ 各 4 樹を用い, 1986 年までの 11 年間にわたって, 着花程度, 生理落果後の結実数, 収穫果数, 収量, 果実重, 果汁の糖度を調査した。着花程度は達観により無 (0) から多 (5) とした。着花程度と抽出枝の実測による葉花比との関係は第 1 図のとおりで, 着花程度は葉花比の 2 を底とする対数とほぼ直線関係にあり, 着花程度 5, 4, 3, 2, 1 に対する葉花比の対数は 0, 1, 2, 3, 4 程度, すなわち実数としては, 1, 2, 4, 8, 16 程度である。生理落果後の結実数, 収穫果数, 収量は実測し, 樹冠占有面積 1 m² 当たりに

2005 年 8 月 29 日 受付. 2006 年 2 月 20 日 受理.

本報告の概要は平成 16 年度秋季大会で発表した.

* Corresponding author.

^a 現在: 静岡県経済農業協同組合連合会

^b 現在: 静岡県西部農林事務所

換算した。生理落果後の結実数が多い場合は、‘宮川早生’および‘青島温州’は葉果比 30 程度、‘繁田温州’は 25 程度を目安に摘果を行った。収穫時期の基準日を‘宮川早生’は

Fig. 1 Relationship between flowering index and number of leaves per flower in satsuma mandarin. Four branches about 50 cm length were sampled per tree and the leaves and flowers of the branches were totaled to calculate leaves/flowers of the tree.

** indicates significance at 1% level.

11月5日、‘繁田温州’は11月20日、‘青島温州’は12月5日とし、おおむね基準日から1週間以内に収穫した。果汁の糖度は、1樹あたり5～10果をまとめて搾汁し、屈折糖度計による Brix 値として示した。糖度は、9月以降月2回の定期日と収穫時に調査しており、基準日に調査がない場合は前後の推移から基準日の値を推定した。果実重は収量／収穫果数で求めた。

試験2：隔年結果誘導処理を加えた‘青島温州’の解析 (1982～1985)

1982年に16年生の‘青島温州’47樹について、1985年までの4年間、試験1と同様の方法により調査した。ただし、隔年結果の影響と年度に共通の気象などの影響を極力分離するため、初年度に半数を裏年樹としてスタートさせることとし、葉果比45程度を目標に強めの摘果を行った樹もある。収穫および果実分析は12月中旬で、収穫時期による糖度補正は行っていない。

なお、試験1および試験2ともに、着花程度、結実数、収穫果数および収量を生産性項目、果実重および糖度を果実形質項目と総称することがある。また、施肥は静岡県の実地基準に沿って実施した。

結 果

各調査項目の平均値と変動係数を第1表に示した。さら

Table 1 Averages and ranges of various parameters of productivity and fruit characteristics in several satsuma mandarin cultivars.

Experiment	Cultivar	Parameter	Ave. ^z	CV (%) ^y	Share of variation (%)		
					Tree	Year	Tree × Year
1 (n=44)	Miyagawa wase	Flowering index (0~5)	3.7	23.9	3.0	53.8	43.2
		Set fruit (number/m ²)	196.5	31.9	15.2	46.0	38.8
		Harvested fruit (number/m ²)	95.5	29.2	6.6	57.6	35.8
		Yield (kg/m ²)	10.92	29.2	8.4	64.0	27.6
		Average fruit weight (g)	115.8	16.4	16.4	41.9	41.7
		Soluble solids content (%)	10.39	10.8	7.9	74.8	17.3
	Shigeta unshu	Flowering index (0~5)	2.0	39.9	0.7	55.3	44.0
		Set fruit (number/m ²)	126.7	41.5	5.8	43.8	50.4
		Harvested fruit (number/m ²)	83.5	38.2	6.8	46.5	46.7
		Yield (kg/m ²)	10.82	33.4	10.6	48.4	41.0
		Average fruit weight (g)	133.7	12.9	1.3	45.2	53.5
		Soluble solids content (%)	9.97	8.6	8.9	70.2	20.9
	Aoshima unshu	Flowering index (0~5)	2.1	66.0	1.8	33.6	64.6
		Set fruit (number/m ²)	73.3	52.1	0.3	27.4	72.3
		Harvested fruit (number/m ²)	56.4	47.2	0.4	34.8	64.8
		Yield (kg/m ²)	7.68	40.4	0.6	49.2	50.2
		Average fruit weight (g)	143.5	14.6	2.4	21.5	76.1
		Soluble solids content (%)	11.12	7.4	9.0	72.9	18.1
2 (n=188)	Aoshima unsyu	Flowering index (0~5)	2.5	45.7	6.5	12.6	80.9
		Set fruit (number/m ²)	82.4	61.5	8.9	49.4	41.7
		Harvested fruit (number/m ²)	49.6	42.3	14.3	34.7	51.0
		Yield (kg/m ²)	6.27	36.4	27.4	27.7	44.9
		Average fruit weight (g)	129.3	15.3	25.0	47.9	27.1
		Soluble solids content (%)	11.30	10.2	13.7	66.9	19.4

^z Average.

^y Coefficient of variation.

に、変動の平方和に占める樹間変動、年次間変動およびその交互作用の割合も示した。試験1の品種別にみた生産性項目（着花程度、結実数、収穫果数、収量）では、平均値は‘宮川早生’が大きく、‘青島温州’が小さい傾向で、変動係数（CV）は‘宮川早生’が小さく、‘青島温州’が大きい傾向であった。果実重では、平均値は‘宮川早生’が小さく、‘青島温州’が大きかったが、変動係数には大差なかった。糖度では、平均値は‘繁田温州’が低く、‘青島温州’が高かったが、変動係数は‘宮川早生’が大きく、‘青島温州’が

小さい傾向であった。また、全変動に占める樹間変動の割合は3品種ともにどの項目も小さかった。年次間変動の割合は概して‘宮川早生’で大きく、‘青島温州’で小さい傾向であったが、糖度はどの品種でも年次間変動の割合が大きく、70%を超えていた。試験2では、着花程度において年次間変動の割合が小さかったこと、収量と果実重において樹間変動の割合が大きかったことなどの点が試験1の結果とは異なったが、糖度は試験1と同様に年次間変動の割合が大きかった。なお、同一年における生産性項目と糖度との

Table 2 Simple and multiple correlation coefficients between various parameters of productivity and fruit characteristics (explanatory variable) and parameters of productivity for the next year (objective variable) in several satsuma mandarin cultivars.

Experiment	Cultivar	Objective variable (Y)	Explanatory variable (X)						
			Simple						Multiple
			FI ^z	SF ^y	HF ^x	YD ^w	FW ^v	SS ^u	All
1 (n=40)	Miyagawa wase	FI	-0.33 *	-0.15	-0.10	0.08	0.29	0.22	0.56 *
		SF	-0.11	0.06	0.24	0.37 *	0.26	-0.17	0.42
		YD	0.25	0.11	0.33 *	0.34 *	0.03	-0.21	0.49
	Shigeta unsyu	FI	-0.55 **	-0.46 **	-0.45 **	-0.31	0.67 **	0.38 *	0.80 **
		SF	-0.52 **	-0.32 *	-0.28	-0.09	0.65 **	0.39 *	0.83 **
		YD	-0.35 *	-0.13	-0.15	0.03	0.59 **	0.32 *	0.81 **
	Aoshima unsyu	FI	-0.79 **	-0.81 **	-0.71 **	-0.60 **	0.70 **	0.26	0.88 **
		SF	-0.61 **	-0.61 **	-0.47 **	-0.29	0.63 **	0.33 *	0.82 **
		YD	-0.50 **	-0.49 **	-0.31	-0.08	0.62 **	0.33 *	0.87 **
2 (n=151)	Aoshima unsyu	FI	-0.68 **	-0.73 **	-0.69 **	-0.55 **	0.61 **	0.59 **	0.86 **
		SF	-0.41 *	-0.14	-0.14	0.02	0.38 **	0.08	0.68 **
		YD	-0.46 **	-0.37 **	-0.28 **	-0.05	0.65 **	0.32 **	0.80 **

^zFI: flowering index. ^ySF: set fruit. ^xHF: harvested fruit.

^wYD: yield. ^vFW: fruit weight. ^uSS: soluble solids.

* and ** indicate significance at 5% and 1% levels, respectively.

Table 3 Multiple correlation analysis showing the most and almost equally effective combinations of two explanatory variables for the productivity in the next year for several satsuma mandarin cultivars.

Experiment	Cultivar	Objective variable	Explanatory variable		Regression form	Correlative coefficient			
		Next year	One year			Partial		Multiple	
		Y	X ₁	X ₂		X ₁	X ₂	R	
1 (n=40)	Miyagawa wase	FI ^z	FW ^w	SS ^v	Y=0.0204X ₁ +0.309X ₂ -1.99	0.43 **	0.39 *	0.48 **	
		SF ^y	YD	FW	Y=6.38X ₁ +0.582X ₂ +55.4	0.33 *	0.19	0.41 *	
		YD ^x	YD	FI	Y=0.324X ₁ +0.878X ₂ +4.02	0.34 *	0.24	0.41 *	
	Shigeta unsyu	FI	FW	SS	Y=0.0348X ₁ +0.358X ₂ -6.11	0.73 **	0.52 **	0.77 **	
		SF	FW	SS	Y=2.25X ₁ +24.2X ₂ -409.1	0.71 **	0.52 **	0.76 **	
		YD	FW	SS	Y=0.139X ₁ +1.36X ₂ -20.98	0.63 **	0.40 *	0.67 **	
	Aoshima unsyu	FI	FI	FW	Y=-0.569X ₁ +0.021X ₂ +0.44	-0.63 **	0.40 *	0.83 **	
		FI	FI	SS	Y=-0.755X ₁ +0.366X ₂ -0.20	-0.81 **	0.34 *	0.82 **	
		SF	FW	SS	Y=1.29X ₁ +21.8X ₂ -351.0	0.73 **	0.55 **	0.76 **	
		YD	FW	SS	Y=0.103X ₁ +1.74X ₂ -26.43	0.72 **	0.54 **	0.75 **	
	2 (n=151)	Aoshima unsyu	FI	FI	SS	Y=-0.552X ₁ +0.422X ₂ -1.05	-0.73 **	0.65 **	0.83 **
			SF	FI	YD	Y=-19.1X ₁ +5.802X ₂ +71.6	-0.53 **	0.37 **	0.53 **
YD			FW	FI	Y=0.0546X ₁ -0.528X ₂ -0.02	0.60 **	-0.37 **	0.71 **	

^zFI: flowering index. ^ySF: set fruit. ^xYD: yield.

^wFW: fruit weight. ^vSS: soluble solids.

* and ** indicate significance at 5% and 1% levels, respectively.

Fig. 2 Relationships between concentration of soluble solids (Brix) in fruit juice and productivity in the next year for several satsuma mandarin cultivars.

* indicates significance at 5% level.

● Miyagawa wase ○ Shigeta unshu ▲ Aoshima unshu
 --- Miyagawa wase — Shigeta unshu
 - - - Aoshima unshu

相関関係は全般に小さかった（データ略）。

生産性項目（着花程度、結実数、収穫果数、収量）と果実形質項目（果実重、糖度）を説明変数、次年度の生産性項目（着花程度、結実数、収量）を目的変数とした両者の間の単相関係数および重相関係数を第2表に示した。試験1の単相関係数は、‘宮川早生’では全般的に相関係数が低かった。‘繁田温州’と‘青島温州’では、生産性項目は次年度の生産性項目と負の相関がみられ、特に‘青島温州’で相関係数が高かった。また、説明変数、目的変数ともに着花程度が関係する相関係数は高く、結実数や収量が関係する相関係数は低い傾向であった。一方、果実重は次年度の生産性項目と強い正の相関が認められ、糖度も正の相関関係がみられた。重相関係数も、‘宮川早生’では低く、‘繁田温州’と‘青島温州’では高かった。試験2では、次年度の着花程度に対しては、試験1同様生産性項目は強い負の相関が認められ、

Fig. 3 Relationship between concentration of soluble solids (Brix) in fruit juice and productivity in the next year for ‘Aoshima unshu’.

* and ** indicate significance at 5% and 1% levels, respectively.

果実重や糖度は正の相関がみられた。しかし、次年度の結実数や収量に対しては、果実重が収量に対して強い正の相関が認められた以外、相関関係は弱い傾向であった。

次年度の生産性項目を目的変数とし、生産性項目と果実形質項目のうち2変数を説明変数とする重回帰分析を行い、重相関係数が最大となる組み合わせ、およびほぼ同程度の組み合わせがある場合はそれを含めて第3表に示した。重相関係数が小さかった‘宮川早生’を除いて、第1変数としては果実重が正の関係で、または着花程度が負の関係で選択され、第2変数としては糖度が正の関係で選択される場合が多かった。この場合、糖度の偏相関係数は第2表の単相関係数よりいずれも高まっていた。また、少なくとも糖度と次年度着花程度との関係は試験1と2に共通しており、相関係数が高かった‘繁田温州’と‘青島温州’では、回帰式から糖度1度の上昇につき着花程度は概ね0.4

上昇することが示された。

糖度と次年度生産性との関係について、試験1の結果を第2図に示した。糖度は大部分が9%から12%の範囲であったが、いずれの品種も糖度が低い樹では次年度着花程度の変異が大きいものの、糖度が高い樹では着花程度の低いことが減少する、という分布であった。次年度の結実数および収量は、糖度が低い樹では着花程度同様変異が大きく、糖度が高くなるにつれて中位に収束する傾向の分布であった。試験2における同様の関係を第3図に示した。3か年を通してみると、糖度13度程度までは次年度の着花程度が高まるが、それ以上ではほぼ一定の傾向であった。次年度結実数に対しては、糖度の上昇が12度程度までは結実数は増加するが、それ以上ではむしろ減少傾向であった。収量に対しては、糖度12度程度をピークとする放物線の変化が明瞭であった。

考 察

第1表で、生産性項目や果実形質項目などの全変動に占める樹間変動の割合がいずれの品種でも小さかったことは供試した各品種4樹の生産力や果実品質は比較的揃っていたことを表している。したがって、本試験の栽培条件では、‘宮川早生’は生産性項目における平均値が高い上に変動係数が小さかったことから連年多収型で隔年結果性が弱く、逆に‘青島温州’は平均値が低い上に変動係数が大きかったことから隔年結果性が強いといえよう。糖度に着目すると、試験1、試験2ともに全変動に占める年次間変動の割合が生産性項目に比べて大きく、また、同一年の生産性項目と糖度の相関関係は弱かった。これまでの報告においても、糖度は着果量が多めの樹で高い傾向がみられる（宮田・橋本，2002）ものの、無摘果の場合は着果量にほとんど左右されない事例（森岡，1987, 1988）もある。これらから糖度は、隔年結果などによる着果量の違いよりも気象などの年次に特有な要因に影響される度合いが大きい項目と推定される。

第2表で単相関に着目すると、着果負担の指標となる生産性項目と次年度の生産性項目との間には当然のことながら負の相関がみられた。しかし相関係数が全般に‘宮川早生’では低く、‘青島温州’では高かったことは、本報のような栽培条件では‘宮川早生’は隔年結果性が弱く、‘青島温州’は強いことによるものであろう。また、生育初期の着花程度が関係する相関係数は高く、結実数から収穫果数、収量に至る生育後期の項目が関係する相関係数ほど低下傾向であったことは、隔年結果性は着花を含む春季の発芽状態として現れ、その状態の影響が強く残り、摘果などによって収穫果数や収量は変わってもその影響は比較的小さい（森岡，1989）ことによるのであろう。また、果実重は次年度生産性と正の強い相関関係が認められた。これまでに、果実重は着果程度と負の相関関係にあり（岩崎，1961; 清水ら，1975）、特に摘果以前の着果程度との関係が強い（森

岡，1989）とする報告があり、果実重は早期からの着果負担を表す指標の一つと考えられる。糖度は次年度生産性と概ね正の関係ではあったが、相関係数は他の項目に比べると比較的小さく、糖度単独では次年度生産性との相関関係は大きくない。

次年度の生産性項目を目的変数とする重回帰分析で最大の重相関係数を示す2説明変数の組み合わせ（第3表）は、試験1では第1説明変数として果実重、第2説明変数として糖度が最も多く、試験2でも次年度着花程度に対しては着花量と糖度の組み合わせであった。加えて、他方の要因との関連を除外した糖度と次年度着花程度との相関の強さを表す偏相関係数は単相関係数（第2表）より高まった。これらから糖度は、重回帰分析で着果負担を表す主要な要因の補足要因として取り入れる場合に有効性が高まるものと考えられる。

糖度と次年度生産性との関係を第2図、第3図で総合すると、糖度12度まではいずれの品種も糖度が高いほど次年度着花程度は高いこと、また、結実数や収量も‘繁田温州’や‘青島温州’では増加する傾向であることが示された。しかし糖度が12度を超えて高まると、少なくとも‘青島温州’では、着花程度は確保されるが結実数および収量は減少する傾向のあることが示された。過度の糖度上昇は過度の水分ストレスなどの結果（谷口，1971; 富田，1972a）であることが想定され、冬季の落葉を助長し（山田ら，1987）、春季の新葉発生も少なく（富田，1972a）、着花よりも結実への影響が大きいとされる冬季から春季の着葉量（新居・岡本，1973; 清水ら，1976）の減少を招き、生産性の低下に結びつくものといえよう。

以上より、‘繁田温州’や‘青島温州’では、糖度が次年度の生産性を予測する指標として有効であることが判明した。ただし、次年度生産性を左右する主要因はあくまでも着果負担であり、糖度はそれを補足する要因である。また、糖度は全変動に占める年次間変動の割合が他の項目より大きく、着果負担などの樹ごとに異なる影響よりも、同じ年度ではどの樹も共通して受ける気象などの環境要因の影響が大きいと推察される。したがって糖度は、樹体養分の場合と同様（岡田，2004）、園地内における樹体間の生産性の変動よりも、環境要因が異なる園地間や年次間における生産性の変動を対象とする場合により有効な指標になるものと考えられる。また、収穫時点の糖度が試験1の10年間では最も高いグループの値である12度程度までは次年度の生産性も高まることが認められたことから、栽培技術によるこの程度までの高品質化も安定生産と両立する可能性が推察された。

摘 要

ウンシュウミカン‘宮川早生’、‘繁田温州’、‘青島温州’において、着果負担を表すものと想定される生産性項目（着花程度、結実数、収穫果数、収量）および果実重、果汁の

糖度と次年度の生産性項目（着花程度、結実数、収量）との間の関係について、特に果汁の糖度に着目して解析した。‘宮川早生’では生産性項目の変動が小さく、明確な関係はみられなかった。‘繁田温州’と‘青島温州’では、次年度の生産性項目に対して、生産性項目は負の相関が、果実重および糖度は正の相関が認められた。重回帰分析により、次年度の生産性は主として着果負担の軽重に左右されるが、補足要因として糖度が有効であり、高い重相関係数が認められた。相関図より、次年度の着花程度は糖度が高くなるほど高く、結実数や収量も糖度 12 度程度までは増加すること、ただし、‘青島温州’において糖度が 12 度を超えて高まる樹では次年度の結実数や収量は減少する傾向であることが示された。以上より、‘繁田温州’と‘青島温州’では糖度は次年度の生産性を予測する指標として有効であり、収穫時の糖度 12 度程度までの高品質化は安定生産と両立することが推察された。

引用文献

- Goldschmidt, E. E. and A. Golomb. 1982. The carbohydrate balance of alternate-bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 206–208.
- 岩崎藤助. 1961. カンキツの隔年結果防止に関する研究（第 4 報）摘果が隔年結果の防止に及ぼす影響. *園学雑.* 30: 103–110.
- 木原武士・岩垣 功・奥田 均・河瀬憲次. 1995. ウンシュウミカンの部分全摘果による群状結実技術—隔年結果防止及び果実品質向上効果. *果樹試報.* 27: 11–26.
- 宮田明義・橋本和光. 2002. 交互結実法が‘青島温州’若齢樹の生育、収量および果実品質に及ぼす影響. *園学雑.* 71: 789–795.
- 森岡節夫. 1987. ウンシュウミカン若木の着果程度及び摘果が果実の形質、翌年の着花などに及ぼす影響. *園学雑.* 56: 1–8.
- 森岡節夫. 1988. ウンシュウミカン成木の着果程度及び摘果が果実の大きさ及び形質、翌年の着果などに及ぼす影響. *園学雑.* 57: 351–359.
- 森岡節夫. 1989. ウンシュウミカンの摘果直前の着果程度が果実の大きさ、収量及び翌年の着花などに及ぼす影響. *園学雑.* 58: 97–103.
- 新居直祐・岡本 茂. 1973. 温州ミカンの樹体成長および開花・結実に及ぼす葉齢と摘葉処理の影響. *園学雑.* 42: 7–12.
- 岡田正道. 2004. ウンシュウミカンの生産性予測要因としての樹体養分の有効性. *園学雑.* 69: 624–628. *園学雑.* 73: 163–170.
- 清水達夫・鳥潟博高・鳥居鎮男. 1975. 温州ミカンの着果負担に関する研究（第 3 報）葉果比が収穫期の樹体内炭水化物含量ならびに翌春の着花数・新葉数に及ぼす影響. *園学雑.* 43: 423–429.
- 清水達夫・鳥潟博高・鳥居鎮男. 1976. 温州ミカンの着果負担に関する研究（第 4 報）着果樹と不着果樹の物質生産過程について. *園学雑.* 45: 123–134.
- 谷口哲微. 1971. カンキツのかん水に関する研究（第 2 報）かん水、乾燥処理と温州ミカン果実の発育、収量、品質について. *静岡柑橘試研報.* 9: 27–37.
- 富田栄一. 1972a. 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肥時期の影響. *園学雑.* 41: 151–156.
- 富田栄一. 1972b. かん水が温州ミカン成木の果実の収量、品質および葉内成分に及ぼす影響. *園学雑.* 41: 353–360.
- 山田 寿・向井啓雄・杉浦 明・苫名 孝. 1987. カンキツの耐寒性に及ぼす水ストレスの影響. *園学雑.* 56: 273–279.