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

岡田正道

静岡県農業試験場 438-0803 静岡県磐田郡豊田町

Effectiveness of Reserved Nutrients for Estimating Productivity of Satsuma Mandarin

Masamichi Okada

Shizuoka Agricultural Experiment Station, Toyoda, Shizuoka 438-0803

Summary

Relationships between the non-structural carbohydrate (C) and nitrogen (N) content of the leaves and roots and the productivity in consecutive seasons of 16-year-old satsuma mandarin (*Citrus unshiu*, Marc. cv. Aoshima) trees were investigated. Flower formation in the following season had the highest positive correlations with both leaf and root C content in November (maturation period). The correlations with root C in February (dormant period) in each season were also high, but they became slightly lower when the data for the two seasons were combined. Nitrogen content did not appear to be important for flower formation. Fruit set after June drop in the following season had the highest positive correlation with root C content in February. Multiple regression analysis showed that the root N content in February contributed greatly to fruit set. These nutritional factors were somewhat less effective than productive factors in the current season for estimating flower formation in the following season, but they were much more effective for evaluating fruit set after June drop. These results show that reserved nutrients can be effective predictors of fruit productivity in satsuma mandarin trees.

Key Words: carbohydrate, nitrogen, productivity, reserved nutrient, satsuma mandarin.

緒 言

ウンシュウミカンは、わが国の主要な果物として安定供給が強く望まれているが、隔年結果による不安定生産を克服できていない。その上、同程度の着果量でも年度や園地により次年度への影響が異なるために生産性はさらに不安定になっている。これらのことから、ウンシュウミカンの生産安定のためには、収量変動の原因とその予測方法を確立し、それに基づく適切な対策を講じることが必要である。

ウンシュウミカン果実の肥大は夏季から秋季まで続くが、特に秋季には果汁量と糖含量も急速に高まる。このように、花芽分化に対する影響が最も大きい秋季(大崎・佐宗, 1942; 村松, 1967)に、炭水化物などの養分の果実への分配量が大きいことが(久保田・本山, 1972; 清水ら, 1976)、隔年結果の重要な原因と考えられる。

花芽分化や結実が樹体内ホルモン含量などの生理状態に強く影響されることは1960年代に多く報告されている

(岩崎ら, 1962; Hieldら, 1962; Monseliseら, 1966)。生理状態は、着果量などの樹体要因に加え、気象や施肥などの環境要因にも左右される。炭水化物や窒素などの樹体養分の多少は、これら樹体要因や環境要因の影響が総合的に反映した結果とみることができ、直接花芽分化や結実に結びつくものではないものの(Lewisら, 1964)、生理状態を的確に表す指標の一つとして期待される。

生産性と樹体養分、特に炭水化物との関係をみた報告は多いが、成木を供試して複数年にわたって調査した事例は少ない。また、現場で応用する試みもみられる(大城ら, 2000)が、生産性を的確に予測できるまでには至っていない。そこで、着果量などがこれら樹体養分に及ぼす影響、さらに樹体養分が翌年の着花程度や結実に及ぼす影響について解析し、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について検討した。

材料および方法

1982年に摘果試験を開始した静岡県柑橘試験場(静岡県清水駒越西)内植栽の16年生‘青島温州’を供試し、炭水化物や窒素などの樹体養分と着花程度、着果量、収量などの生産性要因との関連性を解析した。樹体養分の分

析は、同じ処理区内の数樹を1グループとし、グループ内をまとめて実施した。調査したグループ数は、1982年が摘果処理区別に成り年樹から6グループ、摘果処理を行わなかった不成り年樹から1グループ、計7グループ(各グループ6樹、計42樹)であり、1983年が12の処理区をそれぞれグループとし、さらにこれらの中から1982年と1983年の2ヵ年ともに着果量が多かった樹および少なかった樹を別のグループとして計14グループ(各グループ3~6樹、計70樹)であった。サンプリングは着果量などにより差が現れやすい部位(Goldschmidt, 1982; 杉山ら, 1992; 杉山ら, 1999)である葉および直径5 mm程度の根とした。サンプリング時期は葉の緑化期の6月中旬、果実の肥大盛期の8月下旬、成熟期の11月下旬、休眠期の2月中旬とした。サンプリング時刻は、葉における可溶性固形物の日変化(鳥潟ら, 1974)を参考に、11時前後とした。各樹の中段より発育枝中位の春葉6~10枚(グループ内では同数)および根2本(グループ内ではほぼ同重量に調整)を採取した。採取した葉と根は90℃で2時間、その後70℃で一昼夜乾燥した後粉碎し、試料とした。炭水化物は0.5 gの試料に10 mlの水と5 mlの酵素液を加えて40℃の湯せん中で2時間加水分解した抽出液を、定法により除タンパクおよび塩酸分解し、ソモギ・ネルソン法で定量した。酵素液はグルコアミラーゼ(生化学工業製, 2000 units/50 mg) 50 mgにマルターゼ(粗酵素, 東京化

成製)100 mgを加え、pH=5の酢酸緩衝液で500 mlにした。窒素はケルダール法で全窒素を定量した。

ここでの炭水化物は、糖類とデンプンの合計と考えられるが、これまでの報告で、葉における糖の季節的変動は比較的大きい(小中原・酒井, 1967)ものの、同時期における樹体間の差は主としてデンプンに現れる傾向がある(Goldschmidt, 1982; 杉山ら, 1999)ため、成分を細分化する意義は大きくないと判断した。

1982年から1984年にかけて、供試樹の着花程度、生理落果後の結実数、収穫果数、収量などを調査した。着花程度は達観により無(0)から甚多(5)まで6段階に区分して表した。着花程度5~1に相当する葉花比(葉数/花数)はそれぞれ1, 2, 4, 8, 16前後であり、着花程度と葉花比の対数値は直線関係にある。結実数、収穫果数、収量などは樹冠を楕円形とみなした樹冠占有面積(長径×短径× $\pi/4$)を算出し、1 m²あたりに換算した。また、これら生産性に関する要因についても、養分分析でのグループ別に平均値を算出し、解析に用いた。なお、収穫日は12月10~15日であった。

結 果

1. 樹体養分の季節変化

樹体養分の季節変化のうち着果負担が最も大きかったグループと小さかったグループについて第1図に示した。

Fig. 1. Seasonal changes of non-structural carbohydrate (C) and nitrogen (N) concentration in leaves and roots showing the heaviest and lightest bearing groups in each growing season. ●, 1982 heavy; ○, 1982 light; ▲, 1983 heavy; △, 1983 light.

他のグループも概ねこの範囲内に分布していた。

炭水化物含有率をみると、6月は葉、根ともに高めであり、年度や着果量による差も比較的大きかった。8月は、年度による差が葉で見られたが、同年度の着果量による差は葉、根ともに極めて小さかった。11月になると葉、根ともに、着果量の少ないグループでは8月に比べて炭水化物の含有率が高まり、着果量による明瞭な差が生じた。特に根でその差が大きい傾向にあった。2月には葉、根ともに、11月に比べて含有率は高まったが、着果量による差は、葉では小さくなり、根では著しく大きくなった。ただし、根における11月から2月にかけての上昇程度は年度により異なった。

窒素含有率をみると、葉では6月は低く、8月にかけて高まった。また、この間は着果量の多いグループで高かった。その後2月にかけて逆転し、着果量が少ないグループで高くなる傾向になった。根では全般に窒素含有率が低く、時期的変化や着果量との関係に明瞭な傾向はみられなかった。

2. 樹体養分と生産性

樹体養分と同年度および次年度の生産性との相関関係を第1表に示した。

1) 同年度の生産性と樹体養分との関係

炭水化物含有率と生産性の各要因との間には概ね負の相関が認められた。葉および根ともに6月および11月は

Table 1. Correlation coefficients between nutritional and productivity factors in the current and following seasons (n=21; 7 in 1982, 14 in 1983).

Nutritional factors		Productivity factors				
		Current season			Following season	
Item	Time	Flower index (0-5)	Fruit set / m ²	Yield (kg/m ²)	Flower index (0-5)	Fruit set / m ²
Leaf C	Mid./Jun.	-0.882 **	-0.919 **	-0.775 **	0.727 **	0.056
	Late/Aug.	-0.528 *	-0.652 **	-0.516 *	0.374	-0.303
	Late/Nov.	-0.783 **	-0.633 **	-0.827 **	0.853 **	0.555 **
	Mid./Feb.	-0.097	-0.158	0.048	-0.098	-0.435*
Root C	Mid./Jun.	-0.657 **	-0.731 **	-0.552 **	0.517*	-0.163
	Late/Aug.	-0.362	-0.354	-0.476*	0.323	0.045
	Late/Nov.	-0.888 **	-0.813 **	-0.923 **	0.845 **	0.371
	Mid./Feb.	-0.733 **	-0.558 **	-0.769 **	0.830 **	0.747 **
Leaf N	Mid./Jun.	0.890 **	0.855 **	0.767 **	-0.805 **	-0.379
	Late/Aug.	0.744 **	0.819 **	0.668 **	-0.571 **	0.108
	Late/Nov.	0.493 *	0.507 *	0.362	-0.366	0.076
	Mid./Feb.	-0.137	-0.008	-0.308	0.335	0.495*
Root N	Mid./Jun.	0.768 **	0.871 **	0.692 **	-0.587 **	0.087
	Late/Aug.	0.705 **	0.696 **	0.521 *	-0.583 **	-0.058
	Late/Nov.	0.551 **	0.547*	0.343	-0.433*	-0.130
	Mid./Feb.	0.474 *	0.629 **	0.357	-0.174	0.492*
Leaf C/N	Mid./Jun.	-0.911 **	-0.931 **	-0.801 **	0.767 **	0.130
	Late/Aug.	-0.558 **	-0.675 **	-0.540 *	0.405	-0.273
	Late/Nov.	-0.828 **	-0.717 **	-0.814 **	0.832 **	0.406
	Mid./Feb.	-0.002	-0.101	0.183	-0.222	-0.516 *
Root C/N	Mid./Jun.	-0.776 **	-0.856 **	-0.682 **	0.607 **	-0.118
	Late/Aug.	-0.602 **	-0.586 **	-0.631 **	0.524 *	0.079
	Late/Nov.	-0.902 **	-0.848 **	-0.890 **	0.832 **	0.329
	Mid./Feb.	-0.875 **	-0.795 **	-0.863 **	0.830 **	0.415

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

Fig. 2. Relationships between yield and non-structural carbohydrate (C) concentration in leaves and roots.

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

Fig. 3. Relationships between carbohydrate (C) concentration and flower index in the following season.

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

相関が高く、8月は低い傾向にあった。2月は、葉では相関が認められなかったが、根では11月同様負の相関が高かった。要因別にみると、着花程度や結実数は6月の葉および11月の根の炭水化物含有率と負の相関が高く、収量は11月の葉および根の炭水化物含有率と負の相関が高かった。

生産性の予測において重要と考えられる11月および2月の炭水化物含有率と収量との関係を第2図に示した。葉では、11月は両年ともほぼ同じ回帰直線上に分布し、2か年をまとめた相関係数は高かった。一方2月は、炭水化物含有率の差が小さかったため、有意な相関は認めら

れなかった。また根では、11月は両年でほぼ同じ回帰直線上に分布したが、2月は年度ごとでは相関が高かったものの、年度によって回帰直線が大幅に異なり、2か年をまとめた相関係数はやや低くなった。

窒素含有率と生産性の各項目の間には全般に有意な正の相関が認められた。相関係数は6月に高く、次第に低くなったが、その程度は葉と根では異なり、2月には葉では相関が認められなくなったのに対し、根では引き続き有意な正の相関が認められた。

C/N率(炭水化物と窒素の比率)は炭水化物含有率とほぼ同様の傾向にあったが、生産性に関する要因との相関

Fig. 4. Relationships between non-structural carbohydrate (C) concentration and fruit set in the following season. * and ** indicate significant at 5% and 1% levels, respectively.

Table 2. Estimation of productivity in the following season by multiple regression analysis.

Objective variable	Step	Regression form	R^2
Flower index (0–5) in the following season	1	$Y_1 = 1.062X_{11} - 8.08$	0.727
	2	$Y_1 = 0.671X_{11} + 0.176X_{12} - 4.85$	0.857
Fruit set / m^2 in the following season	1	$Y_2 = 4.78X_{21} - 21.7$	0.559
	2	$Y_2 = 4.91X_{21} + 91.9X_{22} - 128.1$	0.832

X_{11} : Non-structural carbohydrate concentration (% DW) in leaf in November.

X_{12} : Increase of non-structural carbohydrate concentration (% DW) in root from August to November.

X_{21} : Non structural carbohydrate concentration (% DW) in root in February.

X_{22} : Nitrogen concentration (% DW) in root in February.

Table 3. Correlation coefficients between productivity variables in the current and following seasons ($n=21$; 7 in 1982, 14 in 1983).

Current season	Following season	
	Flower index	Fruit set
Flower index (0–5)	-0.906 **	-0.389
Fruit set / m^2	-0.766 **	-0.145
Fruit harvested / m^2	-0.921 **	-0.544 *
Yield (kg/m^2)	-0.916 **	-0.455 *

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

係数は炭水化物含有率よりも高かった。

2) 樹体養分および生産性と次年度の生産性との関係

次年度の生産性としては、摘果による影響を受ける前の着花程度および生理落果後の結実数を対象とした。

炭水化物含有率と次年度の着花程度との間には、11月の葉および11月と2月の根の値が高い正の相関を示した。また、生理落果後の結実数との間には、着花程度に対してよりも相関が低かったが、2月の根の炭水化物含有率で比較的高い正の相関がみられた。

窒素含有率は炭水化物含有率に比べて相関が低めであったが、6月の葉の窒素含有率と次年度の着花程度との間には比較的高い負の相関が認められた。

C/N率と着花程度および生理落果後の結実数との間の相関係数は炭水化物含有率と同程度であった。しかし、予測に重要と思われる11月の葉と根および2月の根については相関係数が炭水化物含有率より低かった。

次年度の着花程度と11月および2月の炭水化物含有率の関係を第3図に示した。着花程度と葉の炭水化物含有率の関係は、11月では2か年ともにほぼ同一回帰直線上に分布したが、2月は炭水化物含有率の差が小さく、有意な相関は認められなかった。一方、根の炭水化物含有率と着花程度との関係では、11月および2月ともに単年度では相関が高かったが、11月は2か年ともにほぼ同一回帰直線上に分布したのに対し、2月は回帰直線が年度によって大きく異なり、2か年をまとめた相関係数は低下した。

次年度の結実数と11月および2月の炭水化物含有率との関係を第4図に示した。次年度の結実数と11月の葉お

よび11月と2月の根の炭水化物含有率との間には正の相関があり、いずれも単年度では比較的高い相関係数であった。しかし年度ごとの回帰直線は異なったため、2か年をまとめた相関はかなり低下した。その中では2月の根の炭水化物含有率との間に最も高い相関が認められた。

次年度の着花程度および結実数に対する変数増減法による重回帰分析の結果、重相関係数が最も高くなった2要因の組合せを第2表に示した。着花程度に対しては、11月の葉の炭水化物含有率と8月から11月までの根の炭水化物増加量との組合せであり、結実数に対しては、2月の根の炭水化物含有率と同月の根の窒素含有率との組合せであった。

当年の生産性と次年度の生産性の関係を第3表に示した。次年度の着花程度に対しては当年の収穫果数が最も相関が高く($r=-0.921$)、次いで収量、着花程度であり、これらは樹体養分以上に高かった。しかし、次年度の結実数に対してはいずれも相関係数が小さく、明らかに樹体養分より低かった。

考 察

ウンシュウミカンにおける光合成生産物のシンクの季節変化については、乾物の増加量で表した久保田・本山(1972)や清水ら(1976)、炭水化物含有率で表した清水ら(1978)の報告がある。これらの報告によると光合成生産物は、夏季には大部分が果実肥大や栄養生長に消費され、秋季には、着果樹では果実に、不着果樹では根に優先的に分配され、収穫後の冬季には耐寒性強化のため一部は葉に、そして余剰分は根に分配される。

本試験では炭水化物含有率の季節変化(第1図)を調査したが、夏季には全体に含有率が低く、着果量による差も小さかった。このことは、着果条件にかかわらず、光合成生産物が迅速に消費されたことを示している。秋季には、葉の炭水化物含有率は夏季に比べ全般に高まったが、着果量の少ないグループの増加率が大きく、着果量による差が生じた。根の炭水化物含有率は、着果量が少ない場合は上昇し、多い場合は横ばいかやや低下したことから、着果量による差は葉よりも大きくなった。収穫後の冬季には、葉および根ともに炭水化物含有率は高まったが、葉では着果量による差がほとんどなくなり、一方、根ではその差が拡大した。

このような炭水化物含有率の季節変化は概ね清水ら(1978)の報告と一致していたが、本報告では着果量による含有率の差が葉よりも根で大きく、特に冬季の根において顕著であったことが清水らのデータと異なった。この原因として清水らの調査樹は早生温州であったが、本試験の調査樹は「青島温州」で、収穫時期が清水らの場合より1ヶ月以上遅いことから、着果量の多かった樹は、耐寒性確保のために葉の炭水化物含有率は回復したものの、根での回復が遅れたものと考えられる。本試験結果と同

様に、着果量の違いによって冬季の根の炭水化物含有率に大きな差が生じたことを Goldschmidt (1982) や杉山ら(1999) も報告している。また、着果量と炭水化物の関係は年度ごとにみた場合(第2図)、11月の両者の関係は葉および根ともに2か年でほぼ同一の回帰直線上に分布したが、2月の根では2か年で大幅に異なった回帰直線上に分布した。このことは、着果量が同じであっても、光合成に対する気象などの影響の違いにより、11月から2月までの炭水化物蓄積量が年度によって異なったことを示している。

次年度の着花程度に対しては、樹体養分では11月の炭水化物が最も重要で、葉および根の両部位とも同程度の影響であった(第1表、第3図)。大崎・佐宗(1942)は摘葉処理、村松(1967)は遮光処理が秋口から早春まで長期間にわたって花芽分化に影響するが、最も影響の大きい時期は秋季であることを報告している。本試験での11月下旬は、花芽分化への影響の大きい期間を過ぎた時期であり、その後の影響は比較的小さいことから、樹体養分が花芽分化に影響する度合いをほぼ正確に知ることができるようになった時期であろう。一方、2月の根の炭水化物含有率と次年度の着花程度との関係をみると、単年度ごとの相関係数は11月より高い傾向であったが、年度によって回帰直線が異なり、2か年をまとめると相関係数は11月($r=0.845$)に比べてやや低かった($r=0.830$)。これは、2月の根の炭水化物には次年度着花量と関連の低い11月から2月までの炭水化物の蓄積が、年度によって異なってプラスされたため、着花量との関連性が変化したものと考えられる。

このような炭水化物含有率と次年度の着花程度との密接な関係は Goldschmidt (1982) も認めているが、炭水化物含有率よりも収穫果数のほうが次年度の着花程度との間の相関係数(第3表)が高かったことから、果実の存在によるホルモン等への影響(Moss, 1971)がより直接的に花芽分化を左右する要因かもしれない。いずれにしても、外部からの生育調節剤の投与などがない場合には、炭水化物含有率と花芽分化に関与するホルモンとが高い相関関係にあるものと推察される。

なお、次年度の着花程度を目的変数とする重回帰分析(第2表)で、第1説明変数である11月の葉の炭水化物含有率の決定係数($R^2=0.727$)に比べて、第2説明変数を加えることによる決定係数($R^2=0.857$)の増加はそれほど大きくなく、着花程度予測に重回帰分析を採用する意義は小さいものと考えられる。また、窒素含有率は、着花程度との相関が炭水化物含有率に比較して全般に小さく(第1表)、重回帰分析において第2変数として選択されることもなかったことから、窒素の着花程度への関与は小さいものと推察される。

一方、次年度の生理落果後の結実数に対しては2月の根の炭水化物含有率の影響が最も重要であった(第1表、第

4図). 結実数は着花程度と生理落果の多少に左右される。着花程度は、前述のように、秋季よりは劣るものの2月の根の炭水化物含有率との間にも高い相関関係が認められており、生理落果の多少は炭水化物蓄積量の多少に影響される(Hilgemanら, 1967)。このように着花程度、生理落果ともに関連が深い2月の根の炭水化物が最も重要な要因として選択された、といえよう。また、2ヵ年をまとめた相関係数($r=0.747$)は、単年度ごとの相関係数よりは低かったものの、11月($r=0.371$)に比べて明らかに高かった。着花程度の予測では精度低下の原因になった11月から2月までの炭水化物蓄積量の年度による違いが、結実数の予測では精度を高めたものと考えられる。この間の蓄積量の年度による違いは気象の影響が大きいと思われるが、冬季の気象が次年度の収量に及ぼす影響の重要性を示す一例として、岡田・小中原(1981)は静岡県におけるウンシュウミカンの10aあたり収量の年次変動を解析し、最寒月における最低気温の平均が隔年結果の規則性を狂わせる最も大きな気象要因であったことを報告している。

窒素含有率と生理落果後の結実数との間の相関係数は全般に低かった(第1表)。しかしながら、結実数を目的変数とした変数増減法による重回帰分析では(第2表)、第1説明変数として2月の根の炭水化物が選択されたが($R^2=0.559$)、第2説明変数として2月の根の窒素を選択することによって決定係数が大きくなった($R^2=0.832$)。大垣ら(1968)は施肥の改善によって多収かつ隔年結果の是正が可能であることを実証しているが、本試験でも窒素は、生理落果後の結実数に対して重要な影響を及ぼしている可能性が示された。

今回の解析の結果、樹体養分は次年度の生理落果後の結実数との関係において収量などの生産性要因よりもはるかに重要であった。しかし、着花程度との関係では、実用的には十分に高い相関関係であったものの、生産性要因を上回らなかった。これは、今回の調査が同一園の樹間変動を主な対象としたもので、年度の繰返しが2年しかなかったこととも関係があるろう。着果量や気象要因などの影響が総合的に反映される樹体養分は、気象や施肥の影響がほぼ均一な樹間変動よりも、年度間変動や園間変動を対象とする幅広い予測へ応用することによって、より威力を発揮するものと期待される。加えて近年、炭水化物の簡易分析法の開発(杉山・大城, 2001)や、現場でのデータ解析(大城ら, 2000)も進み、樹体養分を用いた生産性予測の実用化への条件が整いつつある。

摘 要

16年生‘青島温州’を供試し、時期および部位別の樹体養分と当年および次年度の生産性との関係について解析し、生産性を予測する要因としての樹体養分の有効性について検討した。次年度の着花程度の予測には、果実の成熟期にあたる11月の炭水化物が最も有効であり、葉と

根の炭水化物含有率とともに次年度の着花程度との間に高い正の相関を示した。休眠期にあたる2月の根の炭水化物含有率も単年度ごとでは次年度の着花程度との間に高い相関があったが、2か年をまとめると相関関係はやや低下した。なお、窒素の着花程度への関与は小さかった。次年度の生理落果後の結実数との間では、2月の根の炭水化物が最も高い正の相関関係を示した。また、重回帰分析で、2月の根の窒素を第2説明変数とすることにより、決定係数が大きく高まり、窒素の補足要因としての重要性が示された。次年度の生産性を予測する上で、着花程度の予測では、これら樹体養分は当年の生産性要因よりはやや有効性が劣ったものの、生理落果後の結実数の予測では優れていた。以上のことから、これらの樹体養分はウンシュウミカンの次年度の生産性を予測する上で有効な指標となることが示された。

謝 辞 本研究の実施に当りご助言、ご協力をいただいた静岡県柑橘試験場の元場長小中原実博士、並びに久田秀彦氏、杉山和美氏に深謝の意を表します。

引用文献

- Goldschmidt, E. E. 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.
- Hield, H. Z., R. M. Burns and C. W. Coggins. 1962. Some fruit thinning effects of naphthaleneacetic acid on Wilking mandarin. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 81: 218-222.
- Hilgeman, R. H., J. A. Dunlap and G. C. Sharples. 1967. Effect of time of harvest of Valencia oranges on leaf carbohydrate content and subsequent set of fruit. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 90: 110-116.
- 岩崎藤助・七条寅之助・伊庭慶昭. 1962. カンキツの隔年結果防止に関する研究(第6報)ウンシュウミカンに対する摘果剤の探索. *園学雑.* 31: 1-10.
- 小中原実・酒井 昭. 1967. カンキツの寒害防除に関する研究(第1報)ウンシュウミカンの耐凍性、浸透濃度および糖含量の季節的変動. *園学雑.* 36: 170-178.
- 久保田収治・本山栄一. 1972. 瀬戸内ミカン園の施肥合理化に関する研究(第8報)ウンシュウミカン樹における ^{14}C -光合成産物の動向. II. 生育段階などがその期の光合成産物の移行と分布に及ぼす影響. *四国農試報.* 24: 41-71.
- Lewis, L. N., C. W. Coggins Jr. and H. Z. Hield. 1964. The effect of biennial bearing and NAA on the carbohydrate and nitrogen composition of Wilking mandarin leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 84: 147-151.
- Monselesse, S. P., R. Goren and A. H. Halevy. 1966. Effects of B nine, cycocel and benzothiazole oxyacetate on

- flower bud induction of lemon trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89: 195-200.
- Moss, G. L. 1971. Effect of fruit on flowering in relation to biennial bearing in sweet orange (*Citrus sinensis*). J. Hort. Sci. 46: 177-184.
- 村松久雄. 1967. ミカンの生理と栽培. p.26-31. 農文協. 東京.
- 大垣智明・藤田克治・伊藤秀夫. 1968. ウンシュウミカンの隔年結果に関する研究(第8報)摘果, 施肥, せん定の組合せによる隔年結果防止. 園学雑. 37: 16-22.
- 大崎 守・佐宗久雄. 1942. 柑橘の花芽分化期に関する試験(第1報). 園学雑. 13: 24-29.
- 大城 晃・杉山泰之・片山晴喜・河村 精・久田秀彦・岡田長久. 2000. ウンシュウミカンにおける冬季根中でんぷんによる樹体栄養診断の開発. 土肥学雑. 71: 259-262.
- 岡田正道・小中原実. 1981. カンキツの収量変動要因に関する研究(第1報)ウンシュウミカンにおける収量の年次変動に及ぼす気象要因の影響. 静岡柑橘試研報. 17: 13-18.
- 清水達夫・鳥潟博高・鳥居鎮男. 1976. ウンシュウ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.
- 清水達夫・鳥潟博高・鳥居鎮男. 1978. ウンシュウミカンの着果負担に関する研究(第5報)着果樹と不着果樹の炭水化物経済について. 園学雑. 46: 465-478.
- 杉山和美・久田秀彦・岡田長久・鈴木晴夫. 1992. ウンシュウミカンの隔年結果と貯蔵養分に関する研究(第1報)青島温州幼木における冬季の炭水化物および窒素化合物の形態・存在部位. 静岡柑橘試研報. 24: 61-70.
- 杉山和美・久田秀彦・岡田長久・鈴木晴夫. 1999. ウンシュウミカンの隔年結果と貯蔵養分に関する研究(第2報)異なる栄養状態における青島温州の樹体内炭水化物及び窒素の冬季貯蔵養分. 静岡柑橘試研報. 28: 1-9.
- 杉山泰之・大城 晃. 2001. ウンシュウミカンの栄養診断のためのヨウ素比色法によるデンプン簡易測定法. 土肥誌. 72: 81-84.
- 鳥潟博高・原 幹博・鳥居鎮男・榊原孝平. 1974. ウンシュウミカンの着果負担に関する研究(第1報)葉および茎の浸透価, 容積比, 可溶性固形物含量, 含水量などの日および季節的变化について. 園学雑. 43: 15-23.