温州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

清水達夫*・鳥潟博高・鳥居鎮男

(名古屋大学農学部)

Studies on the Effect of Crop Load on the Composition of Satsuma Mandarin Trees

V. Analysis of Production Processes of Bearing and Non-Bearing Trees Based on the Carbohydrate Economy

Tatsuo SHIMIZU, Hirotaka TORIKATA and Shizuo TORII

Faculty of Agriculture, Nagoya University, Chikusa, Nagoya

Summary

Using the bearing and non-bearing trees of the 3-year-old 'Miyagawa-wase' with which the annual net production (ΔP_n) and gross production (ΔP_g) were previously determined, seasonal changes of carbohydrate contents (percent of dry weight) in their various organs were studied.

During the growing season from July to September, sugar content in the main organs of both types of trees decreased to the lowest level. Then, it increased and reached to the highest level in January, but decreased again thereafter. Starch content in the main organs, especially old leaves and underground parts, of both types of trees decreased from April until July. After this period, although starch content became constant in both types of trees, that in the non-bearing trees was always higher than that in the bearing trees. After January it increased in both types of trees. In contrast, the content of acid hydrolyzable polysaccharide in the main organs of both types of trees showed an increase to the highest level from July to September. Then, it decreased until January. After January, it began to increase again in both types of trees. No differences in the content between the bearing and the non-bearing trees in each period were observed.

Functional carbohydrate content, which is the sum of total sugar content, starch and acid hydrolyzable polysaccharide, increased rapidly in the main organs of the non-bearing trees after thinning fruits, while that of the bearing trees increased rapidly after harvesting fruits.

Seasonal fluctuations of this carbohydrate content were divided into three phases:

In the first phase from April 5 (sprouting stage) to May 31 (arresting stage of current shoot elongation), new organs developed slowly depending partially on the conversion of carbohydrate reserved in the old organs. In other words, three percent of the total dry matter supplied in this phase was from carbohydrate reserved in such organs.

In the second phase from June 1 to January 11 (resting stage of the tree growth), production of dry matter was extremely great, and used mostly for growth and respiration, but saved very little for reserved carbohydrate, that is, the amount of accumulated carbohydrate was approximately 16% of ΔP_g in the bearing trees and 10% in the non-bearing trees.

In the third phase from January 12 to February 25 (resting period of the tree

1976 年 10 月 29 日 受理

本結果の1部は園芸学会 1973 年春季大会で発表した。

*現在 農林省野菜試験場

growth), no growth occurred in both types of trees, but the reserved carbohydrate began to be consumed again.

Annual accumulation of reserved carbohydrate in each individual bearing tree was approximately 38 g (12% of annual ΔP_g), 9% of which was distributed to the leaves, 10% to the stems, 6% to the trunk, 18% to the underground parts, and 58% to the fruits. In contrast, annual accumulation of reserved carbohydrate in each individual non-bearing tree was approximately 28 g (8% of annual ΔP_g), 11% of which was distributed to the leaves, 22% to the stems, 11% to the trunk, 47% to the underground parts, and 9% to the fruits before thinning.

緒言

温州ミカン樹の機能態炭水化物の蓄積量を時期別・器官別に知り、さらにそれを総生産量(ΔP_g)、呼吸消費量(ΔR)、純生産量(ΔP_n)などに関連させて、着果樹と不着果樹の年間の物質生産過程における炭水化物収支のありさまを明らかにすることは、常緑樹である温州ミカンの年間の栽培管理の基礎をなすものである。しかるに従来温州ミカンで炭水化物を扱った研究は皆、これを乾物に対する含有率すなわち濃度で示しているにすぎず、着果負担と炭水化物量との関係を未だ絶対値で論じていない。

そこで本報では、前報(19)で物質生産過程を解析した宮川早生3年生樹の各器官の炭水化物含有率を全糖、でん粉、酸加水分解性多糖類に分画して定量し、それを前報に示した乾物重の季節変化と関連させて、年間の貯蔵炭水化物の蓄積量と消費量の絶対値を算出した。そして各々の発育相において、光合成、呼吸、生長、貯蔵炭水化物の蓄積と消費の諸項からなる物質収支表(Balance sheet)を作成し、着果樹と不着果樹の年間の物質生産過程における炭水化物経済のありさまを量的に比較することを試みた。

材料及び方法

(1) 炭水化物について

前報(19)で ΔP_n を測定した着果樹と不着果樹を炭水化物の定量用試料とした。前報の各時期において各器官の乾物重を測定した後、両区ともそれぞれ10樹を選び、ワイヤー粉砕器ならびに鉄製ボールミルで約100メッシュの粉末とし、均一となるように充分混合して、以下の炭水化物の定量に供した。

全糖：粉末試料を75%熱エタノールで抽出し、抽出液を30%塩酸で加水分解し、中和後その還元力をSchaffer-Somogyi法(15)で定量し、全糖とした。

でん粉：上記糖抽出残渣をジアスターゼで糖化した後、30%塩酸で加水分解し、中和後同様に還元力を測定してでん粉とした。

酸加水分解性多糖類：上記でん粉抽出残渣に2%塩酸を加え、5時間の煮沸で加水分解し、中和後同様に還元

力を測定して酸加水分解性多糖類とした。

機能態炭水化物：以上の全糖、でん粉及び酸加水分解性多糖類を合計して機能態炭水化物とした。

(2) 物質収支表について

本試験における着果樹と不着果樹の物質収支表は以下の方法で作成された。

着果樹と不着果樹の各器官の時期別貯蔵炭水化物の蓄積量と消費量は、本報の第1図の機能態炭水化物含有率(乾物%)と第4報の第1図の乾物重とから算出された機能態炭水化物の絶対値(g/organ)の時期別増分で示した。

着果樹と不着果樹の各器官の時期別生長量は、第4報の第1表の ΔP_n で示した。

着果樹と不着果樹の各器官の呼吸による時期別乾物損失量は、第4報の第2表の ΔR で示した。

着果樹と不着果樹の時期別光合成量は、上記各項を合計して、逆算により求めた。

なお、器官は旧器官(旧葉、旧枝、主幹部、根冠部、根部)と新器官(当年生春葉・春枝、当年生夏葉・夏枝、果実)とに大別した。

結果及び考察

1. 炭水化物含有率の季節変化について

3年生宮川早生の着果樹と不着果樹の各器官の炭水化物含有率(乾物%)の季節変化を第1図に示した。

(1) 全糖

全糖は旧葉、旧枝では4月から7～9月まで減少したが、春葉、春枝、根冠部、根部では6月初旬の新しょうの伸長の衰えた時期に1時的に増加する傾向がみられた。その後、冬にかけて各器官とも増加し、1月中旬に年間で最も高い含有率を示した。また、摘果後の着果樹と不着果樹をみると、春葉、夏葉及び旧葉などの同化器官では不着果樹が着果樹の含有率を上回っているが、その他の非同化器官ではむしろ逆の関係がみられるときもあり、摘果処理が各器官の糖の蓄積を助長するとは必ずしもいえなかった。その後2月下旬まで再び減少したが、これは上記の春先の減少に結びつき、翌年の夏期まで続くことが考えられた。なお着果樹の果実は、収穫期

Fig. 1. Seasonal change of carbohydrate contents in various organs of 3-year-old Miyagawa-wase trees.
* Broken and solid lines after the middle of July indicate the values of bearing and non-bearing trees, respectively.
** Functional carbohydrate means the total of sugar, starch and acid hydrolyzable polysaccharide.

に時期別にも器官別にも最高の含有率を示した。

(2) でん粉

でん粉は地上部各器官ではその含有率が全糖よりも少なく、季節的な増減も全糖ほどめだたなかった。各器官とも4月から減少傾向を示したが、特に旧葉で著しかった。また、春葉と春枝では全糖と同様に6月に1時的な増加がみられた。そして摘果後、これら地上部の器官では不着果樹が9月まで増加し、着果樹を約1%上回ったが、その後再び減少した。着果樹ではほとんど一定であり、1月頃までには両樹間に差はみられなくなった。1月以後には両樹とも増加したが、これは全糖ときわめて対照的な変化であったため、収穫期以後の全糖の増減には、でん粉の糖化がかなり関係していることが考えられ、この傾向は地下部の器官にもみられた。

一方、地下部各器官のでん粉は地上部よりも多かった。特に春先の含有率は高く、根冠部、根部ともに10%近かった。そして根冠部では摘果期まで急減したが、その後不着果樹はほとんど一定であったのに対し、着果樹は9月初旬までそのまま減少を続け、その後徐々に増加した。根部でも摘果期までの減少が著しかったが、その後の増加は不着果樹で早かったのに対し、着果樹では2月下旬に不着果樹の含有率に達した。なお、果実のでん粉は各器官中最も少なく、開花期から収穫期まで徐々に減少した。

(3) 酸加水分解性多糖類

酸加水分解性多糖類の含有率は、各器官とも全糖やでん粉の含有率をはるかにしのいだ。それはほう芽期から夏にかけて全糖やでん粉とは対照的に増加し、夏葉、夏枝を除く地上部では摘果期に、地下部では9月初旬に最も多くなった。そして1月中旬まで減少し、その後2月下旬まで再び増加したが、この変化はでん粉と同じく、全糖とはきわめて対照的であった。しかし着果樹と不着果樹では、その含有率にほとんど差がみられなかったため、着果負担の影響は全糖やでん粉ほど明瞭ではなかった。なお、果実の含有率は収穫期には8%にまで減少し、各器官中で最も少なくなった。

(4) 機能態炭水化物

以上の全糖、でん粉及び酸加水分解性多糖類を合計した可溶性炭水化物すなわち機能態炭水化物は、その季節変化が全糖含有率のそれときわめてよく似ていたが、これはでん粉や酸加水分解性多糖類に比べて全糖の季節変化が著しいためであった。しかしながら酸加水分解性多糖類が全糖やでん粉と異なり、夏季までは増加し、その後は減少したため、3者を合計した場合には、旧枝や主幹部には夏季までの減少傾向がほとんどみられず、加え

て春葉、春枝や根冠部では6月初旬に全糖やでん粉が1時的に増加したため、機能態炭水化物にもその時期に1時的な増加がみられた。旧葉と根部では他の旧器官と異なり、明らかに摘果期まで著しい減少がみられたため、地上部では旧葉が、地下部では根部が他器官に勝って春の枝葉の伸長のための養分貯蔵の機能の役割の強いことが考えられた。摘果後、不着果樹では各器官とも増加し、1月中旬に最も多くなったが、着果樹では各器官ともほとんど増加を示さず、春葉、旧葉や根冠部では9月まで、夏葉では収穫期までむしろ減少を続けた。しかし着果樹の各器官は収穫期以後の増加が著しかった。そして着果・不着果両樹とも1月以後再び減少を始めた。なお、果実では摘果後の全糖含有率の増加が著しかったため、機能態炭水化物の増加も著しく、収穫期には45%に達し、各器官中で最高となった。

本実験における機能態炭水化物は再生産に使うことのできる炭水化物、すなわち樹体内で分解し、再合成され得る炭水化物である。本実験で扱った75%熱アルコールに抽出される糖には、グルコース、フラクトーズ、サッカロース、ラフィノースなどの糖と多価アルコール(マンニトール)などが入っているであろう(16,17)。酒井ら(16)は青島温州で、マンニトールは季節の変化が少ないが、前四者は変化が大きいことをみ出している。次に、2%塩酸で加水分解した酸加水分解性多糖類は含量が多く、器官により10~20%に達している。これが生体の中ですべて機能態の炭水化物であるかどうかは疑問があるが、ペクチン、ヘミセルロース、その他リグニン化していないセルロースなどが主成分であると思われる。セルロースがリグニン化したものは生体内の酵素に安定であるから、当然骨格部分となり分解再合成はあり得ないが、リグニン化しない部分は貯蔵性セルロースとも考えられるであろう(9)。これらが加水分解されたときは、キシロース、アラビノース、マンノース、ガラクトロン酸、グルクロン酸などの多糖類が生ずるであろう。本実験でこの分画が夏に多く冬に少ないという季節変化を示したことは、糖及びでん粉と同様に、この分画を機能態炭水化物として扱って差し支えないことを示していると思われる。この点に関し、丸田(11)は8年生ホップの炭水化物経済を調べ、酸加水分解性多糖類の含有率は年間を通じてほとんど変動がないので、全糖とでん粉が炭水化物経済上重要な意味を持つと考えて、(全糖+でん粉)のみの増減量を物質生産と関係づけている。一方、木村ら(4~7)は亜高山帯の常緑針葉樹のシラビソ(*Abies*)及び同地帯の常緑草本のオサバグサ(*Pteridophyllum racemosum*)群落の物質生産の研究

で、酸加水分解性多糖類はその季節変化が糖ときわめて対照的であったため、酸加水分解性多糖類と糖とは相互に転換し得ると考えて、酸加水分解性多糖類を炭水化物経済に加えている。本供試樹においても、酸加水分解性多糖類は全糖ときわめて対照的な季節変化を示した。すなわち第1図によれば、全糖が減少するほう芽期から夏にかけては各器官の酸加水分解性多糖類は増加し、全糖が増加する夏から冬にかけては減少し、冬から春にかけての全糖の減少も酸加水分解性多糖類の増加を伴った。したがって本実験でも、酸加水分解性多糖類と糖との間には相互転換の可能性が考えられたため、糖とでん粉に加えて機能態炭水化物とした。

2. 機能態炭水化物量の季節変化について

本実験における着果樹と不着果樹の貯蔵炭水化物の時期別消費量と蓄積量を知るため、単位乾物重当りの含有率を器官重量当りの含量に換算することを試みた。すなわち第1図の各器官の機能態炭水化物含有率と第4報の第1図の乾物重とから、本供試樹の各器官の機能態炭水化物の絶対値を得て、その季節変化を第2図に示した。それによれば機能態炭水化物絶対量は、各器官とも第1図の変化ときわめてよく似ていた。すなわち春葉では6月初旬まで増加し、その後7月中旬までは減少した。そして摘果後、着果樹は2月下旬に、不着果樹は1月中旬に最も多くなり、それぞれ約3,4gを示した。

旧葉では摘果後、9月初旬までは不着果樹が着果樹を上回ったが、その後不着果樹で著しい落葉がみられたため、機能態炭水化物も著しく減少し、2月下旬に着果樹は約1.5gであったが、不着果樹は約0.2gとなった。

春枝は、第1図では各時期とも春葉の含有率と大差なかったが、年間を通じて乾物重が春葉より少なかったため、炭水化物絶対量もたえず春葉より少なく、1月中旬に着果樹は約1.2g、不着果樹は約2.5gとなった。

旧枝、主幹部、地下部などの材器官は葉と異なり、6月初旬から増加期に入ったが、これは6月からすでにこれらの旧器官で生長(乾物増加)が始まったからであり、炭水化物濃度自体は7月中旬まで減少した。各器官とも摘果後は不着果樹が着果樹を上回ったが、旧枝では1月中旬に両樹ともほぼ等しくなり、約4gを示した。主幹部では2月下旬まで増加が続き、着果樹で約4.5g、不着果樹で約5.5gとなったが、1月以後の増加はむしろ乾物重の増加によった。根冠部では1月中旬に最も多く、着果樹で約10g、不着果樹で約13gとなり、果実に次いで炭水化物を多く含んだ。根部でも1月中旬に最も多く、着果樹で約7g、不着果樹で約10.5gとなった。

Fig. 2. Seasonal change in the amount of functional carbohydrate in various organs of 3-year-old Miyagawa-wase trees.
 * Broken and solid line after the middle of July indicates the values of bearing and non-bearing trees, respectively.

Fig. 3. Seasonal change in the amount of functional carbohydrate in total and old organs of 3-year-old Miyagawa-wase trees.

* Broken and solid lines after the middle of July indicate the values of bearing and non-bearing trees, respectively.

夏葉、夏枝は乾物重がきわめて小さかったため、その炭水化物量も各器官中で最も少なく、夏葉では1月中旬に着果樹で約 1.0g、不着果樹で約 1.5g となった。夏枝では不着果樹で2月下旬に約 0.5g となったが、着果樹で1月中旬に約 0.2g となり、その後の量は試料不足のため定量できなかった。

果実は摘果期には約 2.5g であったが、着果樹のその後の増加はきわめて著しく、9月初旬には約 7g、収穫期には約 22g となり、各器官で最高の含量を示した。

以上の各器官の機能態炭水化物量を合計し、全器官及び旧器官当りの量を求め、その季節変化を第3図に示した。それによれば、本供試樹の炭水化物量には明らかに生育に伴う季節変化が認められた。すなわち4月初旬から全器官の炭水化物は増加を始めるが、旧器官では新しょうの伸長に伴う減少がみられ、6月初旬に最も少なく、約 11.5g となった。その後全器官・旧器官ともに増加をしたが、特に摘果期から収穫期までの増加が著しかった。全器官では9月初旬の炭水化物量は、着果樹と不着果樹とに大差はみられなかったが、その後果実に多量の糖が蓄積されたため、収穫期の着果樹の炭水化物量は不着果樹を上回り、約 46g となった。収穫期以後、不着果樹では増加がやや衰えたが、着果樹ではまだ増加が著しかった。1月中旬の全器官の炭水化物は着果樹が約 32g、不着果樹が約 41g となり、その後ともに減少を始めたが、この減少は翌年の旧器官の量として6月初旬頃まで続くことが推察された。

したがって、第3図から本供試樹の旧器官の機能態炭水化物の季節変化は、減少、増加、減少の特徴ある3相を持つことが示され、しかも自然の発育周期と関連があると思われるため、以下にこの3相における貯蔵炭水化物の蓄積量と消費量を第4報の物質生産過程と結びつけ

て考えた。

3. 発育相別にみた機能態炭水化物の収支

第2図から各器官の機能態炭水化物の時期別増分を求め、それを第1表に示した。そしてそれをもとに、第3図で示された3相について、光合成、呼吸、生長、貯蔵炭水化物の蓄積と消費の諸項からなる物質収支表 (g d.w./tree) を作り、それを第2表に示した。第4報で示した総生産量 (ΔP_g)、純生産量 (ΔP_n) と対比させながら、相別に機能態炭水化物の消長をみ

ると、以下のごとくである。

第1相

この相は4月5日から5月31日までの約2か月間で、旧器官の貯蔵炭水化物の消費期であった。第4報によれば新しょうの著しい生長が特徴的であったが、この相の生長と呼吸のために供給された物質のほとんどが旧葉の光合成によるものであり、旧器官の貯蔵炭水化物の供給は意外に少なかった。このことは、多くの落葉性果樹と異なり、温州ミカンの常緑性果樹としての生理的特性を顕著に示していた(22,23)。すなわち春の生長の始まる時点ですでに完成された生産構造をもっているため、早急に光合成器官を作り上げる必要はなく、多量の貯蔵養分の消費を伴わない。第4報によれば、この期間の ΔP_n は年間の8%にとどまった。もし落葉樹ならば、この相は新しょうの生長とその呼吸用に多量の貯蔵養分が消費されて、1樹の乾物重の増分はむしろマイナスになるであろう。しかるに本供試樹では、この期間でさえも1樹の乾物重に増加がみられたため、貯蔵養分の供給を上回って光合成による供給がなされていることは容易に推察できた。日野ら(2)は普通温州の光合成速度の季節変化を調べ、旧葉の光合成はほう芽前の4月上旬から始まり、5月上旬まで急速に増加し、6月中旬頃までは新葉の光合成量を上回ることをみい出している。久保田ら(10)は杉山系温州幼樹を用いて、 $^{14}\text{CO}_2$ 同化処理完了直後の葉の比放射能の強さで光合成能を比較した結果、旧葉は早春の頃から回復し始め、陽春には当初の50~60%にまで達することをみい出している。したがって春先の新葉の展開時の物質生産に、その時期の光合成が大きく貢献していることは、常緑樹である温州ミカンの生理的特性の顕著な表われといえよう。

それにしても、この相で生長量となった物質 (12g) に

Table 1. Increment of functional carbohydrate in each sampling date of 3-year-old Miyagawa-wase trees.

Sampling date	Bearing tree										Total organs
	Current-year spring leaves	Current-year spring stems	Current-year summer leaves	Current-year summer stems	1-year-old leaves	Old stems	Trunk	Root crown	Roots	Fruits	
Apr. 5	0.69	0.20			-0.30	0.15	0.09	-0.41	0.56	0.54	1.52
May 12	1.47	0.13			-0.28	-0.08	-0.23	-0.15	-0.63	-0.29	-0.06
June 1	-0.23	0.03			-0.05	0.30	0.27	0.46	0.32	2.26	3.36
Jul. 15	-0.24	0.19	0.41	0.04	0.48	1.14	0.97	0.70	1.22	4.47	9.38
Sept. 7	0.23	0.16	0.11	0.03	0.14	0.72	-0.12	0.80	1.22	15.31	18.60
Nov. 10	0.92	0.52	0.41	0.13	-0.23	1.05	0.93	1.92	2.62		8.27
Jan. 12	0.16	-0.05	-0.38	-0.16	0.10	-0.79	0.40	-0.20	-1.67		-2.59
Feb. 26											
Annual total	3.00	1.18	0.55	0.04	-0.14	2.49	2.31	3.12	3.64	22.29	38.48
	(7.8)	(3.1)	(1.4)	(0.1)	(-0.4)	(6.5)	(6.0)	(8.1)	(9.5)	(57.9)	(100)

Sampling date	Non-bearing tree										Total organs
	Current-year spring leaves	Current-year spring stems	Current-year summer leaves	Current-year summer stems	1-year-old leaves	Old stems	Trunk	Root crown	Roots	Fruits	
Apr. 5	0.69	0.20			-0.30	0.15	0.09	-0.41	0.56	0.54	1.52
May 12	1.47	0.13			-0.28	-0.08	-0.23	-0.15	-0.63	-0.29	-0.06
June 1	-0.23	0.03			-0.05	0.30	0.27	0.46	0.32	2.26	3.36
Jul. 15	0.92	1.05	1.02	0.22	0.77	1.96	1.70	3.53	3.04		14.21
Sept. 7	0.72	0.54	-0.06	0.05	-1.48	0.71	0.78	2.52	4.09		7.87
Nov. 10	0.38	0.54	0.41	0.14	-0.10	0.26	0.24	0.19	1.54		3.60
Jan. 12	-0.45	-0.15	-0.07	0.07	-0.07	0.12	0.35	-1.16	-0.73		-2.09
Feb. 26											
Annual total	3.50	2.34	1.30	0.48	-1.51	3.42	3.20	4.98	8.19	2.51	28.41
	(12.3)	(8.2)	(4.6)	(1.7)	(-5.3)	(12.0)	(11.3)	(17.5)	(28.8)	(8.8)	(100)

* Values are shown as g dry weight per tree.

** The numbers in parentheses are the relative values expressed as per cent of annual increment per tree.

対し、旧器官から供給された貯蔵炭水化物（1.3g）はきわめて少ないといえよう。炭水化物を主要な貯蔵物質とすれば、転形率は約0.5になることが知られているが（23）、本供試樹にこれを関係づけると、この相で植物体成分に転化した貯蔵炭水化物はあまりにもわずかといえよう。これを第4報の第1表から考えれば、この相の前半の旧器官の乾物重が旧枝や根のごとく、むしろ増加の結果を示したものもあり、旧器官の乾物重の増分が高くなったため、貯蔵炭水化物も減少量が過少評価になっているかもしれない。生長の本格的とならない春先のはちええ樹を用いての調査は、各時期に供試個体間の乾物

重にかなり偏差が認められたため、明りょうな生育結果が得がたく、この相の貯蔵炭水化物の減少量は生育調査の誤差に左右されているかもしれないが、さらには炭水化物以外に、転形率の高い脂質が貯蔵養分に加わっていることも考えられる。この減少量を加えれば、あるいは貯蔵養分の減少量がより大きくなろう。この点に関する研究は少ないが、木村ら（6,7）は15年生シラビソ群落の物質生産過程を解析し、脂質は炭水化物に比べ、生育に伴う増減量がきわめて少ないこと、冬期に炭水化物のごとく蓄積される傾向がみられないことなどから、脂質が春の生長において炭水化物に転換される可能性はないと

Table 2. Balance sheet of dry matter (g d.w./tree) in each growth phase of 3-year-old Miyagawa-wase trees.

Phase I : Apr. 5-May 31										
Supplied by	{ photosynthesis breaking down of reserves in old organs							41.1 1.3	42.4	
Used for	respiration in	{ old organs new organs					12.1 18.3	30.4 (71.7)	42.4 (100)	
		production	Growth in		{ old organs new organs		-4.0 13.3	9.3		
	{ accumulation of reserves in new organs						2.7	12.0 (28.3)		
Phase II : June 1-Jan. 11										
(1) June 1-July. 14										
Supplied by	{ photosynthesis breaking down of reserves in leaves							48.1 0.3	48.4	
Used for	respiration in	{ old organs new organs					12.4 16.5	28.9 (59.7)	48.4 (100)	
		production	Growth in		{ old organs new organs		7.1 8.7	15.8		
	{ accumulation of reserves in		{ old organs new organs		1.4 2.3	3.7	19.5 (40.3)			
(2) July 15-Nov. 9 (Bearing tree)										
Supplied by	{ photosynthesis breaking down of reserves in old leaves							174.5 0		174.5
Used for	respiration in	{ old organs new organs					49.6 45.0	94.6 (54.2)	174.5 (100)	
		production	Growth in		{ old organs new organs		27.1 24.8	51.9		
	{ accumulation of reserves in		{ old organs new organs		7.3 20.7	28.0	79.9 (45.8)			
(3) Nov. 10-Jan. 11 (Bearing tree)										
Supplied by	{ photosynthesis breaking down of reserves in old leaves							35.3 0.2		35.5
Used for	respiration in	{ old organs new organs					9.5 4.4	13.9 (39.2)	35.5 (100)	
		production	Growth in		{ old organs new organs		9.1 4.0	13.1		
	{ accumulation of reserves in		{ old organs new organs		6.5 2.0	8.5	21.6 (60.8)			
Phase III : Jan. 12-Feb. 25 (Bearing tree)										
Supplied by	{ photosynthesis breaking down of reserves							7.6 2.6		10.2
Used for	respiration in	{ old organs new organs					5.3 2.5	7.8 (76.5)	10.2 (100)	
	Growth in	{ old organs new organs					2.7 -0.3	2.4 (23.5)		
(2) July 15-Nov. 9 (Non-bearing tree)										
Supplied by	{ photosynthesis breaking down of reserves in old leaves							225.9 0.7	226.6	
Used for	respiration in	{ old organs new organs					89.4 41.3	130.7 (57.7)	226.6 (100)	
		production	Growth in		{ old organs new organs		56.8 16.4	73.2		
	{ accumulation of reserves in		{ old organs new organs		18.3 4.4	22.7	95.9 (42.3)			
(3) Nov. 10-Jan. 11 (Non-bearing tree)										
Supplied by	{ photosynthesis breaking down of reserves in old leaves							28.1 0.1		28.2

Used for	{	respiration in	{	old organs new organs	{	15.1 6.2	{	21.3 (75.5)	}	28.2 (100)				
											{	Growth in	{	old organs new organs
	{	production	{	accumulation of reserves in	{	old organs new organs	{	2.2 1.5						
Phase III : Jan. 12-Feb. 25 (Non-bearing tree)														
Supplied by	{	photosynthesis breaking down of reserves	{		{		{	11.6 2.1	{	13.7				
Used for	{	respiration in	{	old organs new organs	{	8.0 3.1	{	11.1 (81.0)	}	13.7 (100)				
											{	Growth in	{	old organs new organs
	{		{		{		{							

勝った。そのため不着果樹では ΔP_n は着果樹を約 15 g 上回ったにすぎず、 ΔP_g の ΔP_n への転化の効率はむしろ着果樹の方がよかった。すなわちこの期間に供給された物質のうち、不着果樹は 58%，着果樹は 54% を呼吸により消費していた。このことは果実を除いた場合、春葉の充実と夏葉の増加によって光合成作用は促進されるが、同時に各器官の肥大による ΔP_n の増加が、着果樹以上に呼吸消費を伴うため、 ΔP_n に差が小さくなることを示していた。また、第 4 報の第 3 図によれば、この時期の果実の呼吸速度が比較的小さく、したがってその ΔR が小さくなったことも、着果樹の呼吸消費が少ない理由の 1 つであった。この期間は第 2 相中で貯蔵炭水化物の蓄積が最も盛んであり、特に着果樹では果実に約 20 g の蓄積がみられたため、1 樹の蓄積量は不着果樹を上回った。この期間の ΔP_g に対する蓄積量は着果樹で 16%，不着果樹で 10% であった。

(3) 11 月 10 日～1 月 11 日：この約 2 か月間の ΔP_g は着果樹が不着果樹を約 7 g 上回った。すなわちこの期間に着果樹では、果実収穫後の新たな物質生産がみられた。そして不着果樹では ΔP_g の 76% が呼吸で失われたのに対し、着果樹では 39% が呼吸で失われた。したがって着果樹の $\Delta R/\Delta P_g$ は年最低となり、 ΔP_g が最も効率よく ΔP_n に転化されたのに対し、不着果樹では生育がすでに停滞を始め、 ΔP_n は着果樹の約 1/3 となった。着果樹におけるこの時期の低い $\Delta R/\Delta P_g$ は、気温の低下による維持呼吸の減少にもよろうが、果実の収穫による各器官の新たな乾物重の増加が構成呼吸を増加させても、第 4 報の第 1 図のごとく不着果樹の方が 1 樹の乾物重がはるかに勝るため、その ΔR も不着果樹の消費量にまで至らないことを示した。この期間の貯蔵炭水化物は、着果樹では不着果樹の 2 倍以上に蓄積されたが、器官の形成量がそれを上回った。不着果樹では器官の形成量をわずかに上回って炭水化物が蓄積された。

以上の第 2 相の 7 か半月の間に蓄積された貯蔵炭水化物は、着果樹で 40 g、不着果樹で 30 g であり、それぞれこの相の ΔP_g の約 16%、10%、 ΔP_n の 33%、25% に相当した。この蓄積量は、他の常緑樹と比較すればきわめて少ないといえよう。木村ら(6, 7) はシラビソにおいて、炭水化物の蓄積期にあたる 9 月から 11 月にかけて、その蓄積量は ΔP_g の 23%、 ΔP_n の 55% に相当し、器官の生長量を上回ることをみ出しているが、これに比べれば、本供試樹では器官の生長量を上回って炭水化物が蓄積される傾向はほとんどみられなかった。このことは、ほう芽期から新しょうの伸長の止る時期にかけての旧器官の炭水化物の減少量ときわめてよく対応し

ている。すなわち春先の旧器官の炭水化物の減少期に、その生長がむしろ目下の光合成量に依存する割合が高かったことを合わせ考えれば、つづく翌年の生長のために供給される貯蔵炭水化物もさほど多量に年内に蓄積される必要性が考えられず、収穫後に器官形成が初冬まで続く特性も加わって、炭水化物の蓄積量が器官の形成量を上回るに至らなかったであろう。これも亜熱帯より温帯にかけて原産する柑橘類の生理的特性といえるであろう。

第 3 相

この相は 1 月 12 日から 2 月 25 日までの約 1 か半月であった。年間で最も物質生産の低い相であり、着果・不着果両樹とも ΔP_g のほとんどが ΔR で占められたため、各器官の生長量はほとんど認められなかった。そして第 1 相と同様に各器官の乾物重の増減に一定の傾向が得られなかったため、貯蔵炭水化物の増減も各器官で一定の傾向が得られなかった。そこで 1 樹当りの機能態炭水化物が両樹とも減少を示したことから、あえて全器官ともその炭水化物の増分を収入項に組み入れた。各器官のその詳細な消長については、今後の研究に待ちたい。

以上の各相を合計した 1 樹当りの年間の機能態炭水化物蓄積量は、着果樹では約 38 g、不着果樹では約 28 g であり、それぞれ年間の ΔP_g の 12%、8% に相当した。すなわち着果樹が不着果樹を 10 g 上回っていたが、着果樹では蓄積量の 58% が果実に分配されたため、収穫すれば不着果樹の半分近くまで蓄積量を失う結果となった。一方不着果樹では、摘果により各器官の炭水化物蓄積量は着果樹よりも増加したが、特に地下部に著しく、年間の 46% がこれに分配された。したがって、摘果処理により炭水化物の蓄積が地下部に優先されることは、第 4 報でみた ΔP_g や ΔP_n の分配傾向と同じであった。しかし 1 樹の炭水化物蓄積量は着果樹が不着果樹を上回る点で ΔP_g や ΔP_n と異なった。第 4 報によれば、不着果樹の ΔP_g は着果樹をしのいだが、 ΔP_n は両樹ともほとんど等しく、 ΔP_g の差はむしろ ΔR によるものであった。このことは、不着果樹では充実した新葉により光合成は盛んとなるが、新たな器官形成が呼吸量の増大を伴うため、光合成産物は着果樹とほぼ等しい乾物重にまでしか転化されないことを示していた。すなわち果実が除かれても、年間に新しく植物体成分となった有機物の総量は着果樹と変わらないことが認められたが、特に本報においては、年間の 1 樹の機能態炭水化物蓄積量は果実が除かれた場合、着果樹の蓄積量にまで至らず、着果樹と同じ ΔP_n でありながら、器官形成や呼吸消費に 10 g ほど余けいに使用されていた。そして収

穫によって始めて不着果樹の蓄積量が着果樹をしのぐことになったが、両樹の蓄積量は ΔP_g に比べればきわめて少なかった。この蓄積量が翌年の物質再生産のためにどれだけ機能的に用いられるかは、翌年の両樹の再生産に伴う炭水化物の消長を追跡して始めて明らかとなろう。落葉性果樹では、生長の開始時に旧葉の光合成による炭水化物の供給がないため、前年の貯蔵炭水化物の多少により生長が大きく支配されることは、ナシ(1)、桜桃(20)、ブドウ(8)などの研究により明らかとされているが、常緑性果樹における貯蔵炭水化物の翌年の生長への影響に関しては未だに研究例がみられない。本供試樹ではまず、①春の物質生産量はほとんど旧葉の光合成によって賄われ、貯蔵炭水化物による供給はきわめて少なかったこと、②そして秋から冬にかけての炭水化物も、器官の生長を上回って本格的に蓄積される傾向はほとんどみられず、年間の増分が着果・不着果両樹とも大差なく、 ΔP_g の10%内外であることを明らかにした。したがって翌年の生長のための炭水化物再分配性を追求する場合、これに消費される量はきわめて少ないことが本報から推察でき、これに本報で得られた両樹の蓄積量の相違がどのように影響してくるかが大きな問題点となろう。特に柑橘類は落葉性果樹に比べて、前年の着果量の多少により翌年の生長が栄養生長的あるいは生殖生長的にかたよる傾向の著しいことが多くの研究により指摘されている(3, 12, 21)。この、いわゆる隔年結果現象は機能態炭水化物の蓄積の直接の影響ではなくて、これに伴う内生生長調節物質の間接的影響ではないかとも思われるが(12)、本試験の着果樹と不着果樹とでも翌年の发育相がかなり異なり、それに関連して炭水化物も特異な消長過程を示すかもしれない、それを追跡することにより、温州ミカン樹と他の果樹類との炭水化物経済の相違が一層明らかとなるとと思われる。

摘 要

1. 前報で純生産量 (ΔP_n)、総生産量 (ΔP_g) などについて報告した3年生宮川早生の着果樹と不着果樹の、各器官の炭水化物含有率(乾物%)の季節変化を明らかにした。

全糖の含有率は4月から7(摘果期)～9月まで減少したが、6月に1時的に増加する器官もみられた。その後一定ないし増加したが、1月以後再び減少した。摘果後に葉内含含有率は不着果樹が着果樹をたえず上回ったが、非同化器官では着果樹が不着果樹を上回る時もあった。着果樹の果実は収穫期に、時期別にも器官別にも最高の含有率を示した。

でん粉の含有率は各器官とも4月から7月まで減少

し、特に旧葉と地下部において著しかったが、新しょうでは6月に1時的な増加がみられた。その後不着果樹が着果樹をたえず上回ったが、あまり増減が目立たず、1月以後両樹とも増加した。

酸加水分解性多糖類の含有率は糖やでん粉とはきわめて対照的に、各器官とも4月から7～9月まで増加し、1月まで減少し、その後再び増加したが、着果樹と不着果樹との間にはほとんど含有率の差はみられなかった。

以上の各分画を合計した機能態炭水化物含有率は、不着果樹では各器官とも摘果後の増加が著しく、着果樹を上回ったが、着果樹では収穫後の増加が著しかったため、1月以降はむしろ着果樹が不着果樹を上回る器官もみられた。

2. 以上の結果を前報の乾物重の季節変化と関係させ、両樹の各器官の機能態炭水化物絶対量を算出した。旧器官において、その季節変化は減少、増加、減少の3相に大別できた。この3相について、光合成、呼吸、生長、貯蔵炭水化物の蓄積と消費の諸項からなる物質収支表が作られた。それによれば、両樹の生長に伴う炭水化物経済のありさまは次のようにまとめられた。

第1相は4月5日(ほう芽期)から5月31日(新しょうの伸長停止期)までであり、新器官の生長に対する旧器官の貯蔵炭水化物の供給がみられた。それは主に旧葉と地下部とでなされたが、その供給量は全供給物質の3%にとどまったため、この相の物質生産量のほとんどは、光合成作用により供給された。

第2相は6月1日(新しょうの伸長停止期)から1月11日(发育停滞期)までであり、着果・不着果両樹ともその著しい物質生産と同時に、貯蔵炭水化物は各器官に蓄積された。しかしその蓄積量は、着果樹ではこの相の ΔP_g の約16%、不着果樹では約10%にとどまり、器官の生長量を上回って本格的に蓄積される傾向は両樹ともほとんどみられず、供給された物質の大半は呼吸と生長に用いられた。

第3相は1月12日から2月25日まで(发育停滞期間)であった。この相は各器官の物質生産がほとんどみられず、両樹の1樹当たり貯蔵炭水化物は再び消費された。

着果樹の年間の1樹当たり機能態炭水化物の蓄積量は約38gであり、年間の ΔP_g の12%、 ΔP_n の29%に相当した。それは葉に9%、枝に10%、主幹部に6%、地下部に18%そして果実に58%の割合で分配された。不着果樹の年間の1樹当たり機能態炭水化物の蓄積量は約28gであり、年間の ΔP_g の8%、 ΔP_n の21%に相当した。それは葉に11%、枝に22%、主幹部に

11%, 地下部に 47% そして摘果期までの果実に 9% の割合で分配された。

謝 辞 本研究を行うにあたり、懇切な御指導をいただいた名古屋大学農学部穂積和夫博士と東京都立大学理学部の木村允博士に深く感謝の意を表わす。

引用文献

1. 林 真二. 1961. 日本梨果実の発育に関する研究. 鳥取大学農学部園芸学研究室: 1—137.
2. 日野 昭・天野勝司・沢村泰則・佐々木専治・倉岡唯行. 1974. 果樹の光合成作用に関する研究(第2報) 光合成速度の季節的变化. 園学雑. 43: 209—214.
3. 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.
4. KIMURA, M. 1970. Analysis of production processes of an undergrowth of subalpine *Abies* forest, *Pteridophyllum racemosum* population. I. Growth, carbohydrate economy and net production. Bot. Mag. Tokyo 83: 99—108.
5. ———. 1970. Analysis of production processes of an undergrowth of subalpine *Abies* forest, *Pteridophyllum racemosum* population. II. Respiration, gross production and economy of dry matter. Bot. Mag. Tokyo 83: 304—311.
6. ———, I. MOTOTANI and K. HOGETSU. 1968. Ecological and physiological studies on the vegetation of Mt. Shimagare. VI. Growth and dry matter production of young *Abies* stand. Bot. Mag. Tokyo 81: 287—296.
7. ———. 1969. Ecological and physiological studies on the vegetation of Mt. Shimagare. VII. Analysis of production processes of young *Abies* stand based on the carbohydrate economy. Bot. Mag. Tokyo 82: 6—19.
8. 小林 章. 1953. 落葉果樹の施肥期の問題. 農及園. 28: 241—245.
9. 嶺綱理一郎. 1935. 植物生理学. pp. 465. 明文堂(東京).
10. 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) 温州ミカン樹における ^{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.
11. 丸田 宏. 1975. ホップの物質生産に関する研究(第2報) 体内成分の季節変化. 日作記. 44: 29—34.
12. MOSS, G. I. 1971. Effect of fruit on flowering in relation to biennial bearing in sweet orange (*Citrus sinensis*). J. Hort. Sci. 46: 177—184.
13. 新居直祐. 1972. ミカンの新葉・旧葉が開花・結実に及ぼす影響. 果実日本. 27: 54—57.
14. ———・岡本 茂. 1973. 温州ミカンの樹体生長および開花・結実に及ぼす葉齢と摘果処理の影響. 園学雑. 42: 7—12.
15. 奥田 東編. 1953. 植物栄養生理実験書. pp. 129—135. 朝倉書店.
16. 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) 温州ミカンの耐凍性, 浸透濃度および糖含量の季節的変動. 園学雑. 36: 170—178.
17. 酒井 昭. 1963. 果樹中に含まれる多価アルコールおよび糖の季節的変動. 園学雑. 32: 265—270.
18. 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合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.
19. ———・———. 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.
20. 鈴木寅雄. 1953. 夏季の果樹園作業. 農及園. 28: 844—848.
21. 高橋信孝ら著. 1973. 植物調節物質の園芸的利用. pp. 75—76. 誠文堂新光社.
22. 戸町義次監修. 1971. 作物の光合成と物質生産. 養賢堂.
23. 戸塚 績・木村 允. 1973. 生態学講座9. 植物の生産過程. 共立出版.