キウイフルーツにおける結果枝の生長習性が ^{13}C 光合成産物の分配に及ぼす影響

天野勝司・由井智子・山田 寿・水谷房雄・門屋一臣

愛媛大学農学部 790-8566 松山市樽味 3-5-7

Effect of Growth Habit of Bearing Shoot on the Distribution of ^{13}C -Photosynthates in Kiwifruit Vines

Shoji Amano, Tomoko Yui, Hisashi Yamada, Fusao Mizutani and Kazuomi Kadoya

College of Agriculture, Ehime University, Matsuyama 790-8566

Summary

Distribution patterns of ^{13}C -photosynthates in bearing kiwifruit vines in relation to shoot growth were investigated in June and July. The amount of ^{13}C from leaves partitioned into fruit was greater in naturally self-pinched shoots than it was in growing shoots at early and mid-stages of fruit development. At 120 hours after $^{13}\text{CO}_2$ feeding in June, ^{13}C contents were 11.1 and 1.2 mg per fruit, for self-pinched and growing shoots, respectively. A steep gradient in ^{13}C concentration from the base to the apex of the growing shoots existed, whereas there were little differences in ^{13}C levels among the nodal positions in self-pinched shoots. Furthermore, fruit had more ^{13}C than did the terminal parts of shoots, including leaves in self-pinched shoots, but the reverse was true in growing shoots. These results show that shoot elongation during fruit growth adversely affects the distribution of photosynthates into fruit. Therefore, such practices as inducing natural self-pinching and manual pinching to suppress shoot extension are effective means for favoring the allocation of photosynthates to fruit so as to promote their growth and development.

Key Words: ^{13}C , translocation, shoot growth, self-pinching, kiwifruit.

緒 言

果樹の有機栄養はすべて葉で同化される光合成産物に依存している。果樹は永年作物であるから、樹体生長を適正に維持しながら、いかに光合成産物を有効に果実へ分配させるかが果樹栽培技術の重要なポイントとなる。果樹の葉において同化された光合成産物の転流および分配に及ぼす種々の要因について、新梢生長、結果量、根の生育環境の相違に関してはウンシュウミカン（朝倉ら, 1991; Kadoya・Tanaka, 1972; Kadoya, 1972, 1973; 門屋, 1974; 葉師寺・森永, 1996）で、整枝法の違いではブドウ（日野ら, 1996）やリンゴ（倉橋・高橋, 1995）で、また、台木の相違ではモモ（久保田ら, 1990）、ブドウ（李ら, 1993）およびリンゴ（福田・龍下, 1992）などで多くの報告がなされている。

キウイフルーツの旺盛な結果枝は放置すると5~6mにも達し、過繁茂になり果実品質を低下させることになる。そのため、誘引、ねん枝とともに摘心が重要な作業となるが、摘心は時期と程度を誤ると、逆に葉数が減少し過ぎて、果実品質の低下を招くことになる（丹原,

1997年7月16日 受付. 1997年10月20日 受理.

1985). そこで本実験では、キウイフルーツの合理的な栽培を行うための基礎資料を得る目的で ^{13}C をトレーサーとして、果実の肥大初期と中期において、それぞれ自己摘心した結果枝と、自己摘心していない伸長中の結果枝での光合成産物の分配様式の検討を行った。

材料および方法

愛媛大学農学部附属農場の花崗岩土壌に栽植した6年生のキウイフルーツ‘ヘイワード’を供試した。1995年6月16日と7月19日に、結果枝のうち、自己摘心して伸長生長が停止した枝（自己摘心枝）と自己摘心していない伸長中の枝（伸長枝）（第1表）を、各1本ずつ透明なビニール袋に入れて密封し、90 atom% Ba $^{13}\text{CO}_3$ 7.5 gを2.5 gずつ3つに分け、50%乳酸を1時間ごとに順次加え経時的に $^{13}\text{CO}_2$ を発生させ、午前9時から12時まで3時間同化させた。同化处理中はビニール袋内の温度上昇を防ぐために、ビニール袋の上部から水をシャワー状に噴射した。同化处理直後、6, 24, 72および120時間後に、第1図に示した順序で着果節より上位の葉、果実、着果節の葉に分けて採取した。120時間後には枝も採取し、基部から先端部へ向けて各節ごとに枝と葉を

Table 1. Number of leaves and fruit on a shoot which was fed $^{13}\text{C}_2$.

Date of ¹³ CO ₂ feeding				
June 16			July 19	
Shoot type				
Naturally self-pinched		Growing	Naturally self-pinched	Growing
No. of leaves	11	17	16	24
No. of fruit	5	5	5	5
Leaves/fruit	2.2	3.4	3.2	4.8

Fig. 1. The numbers in the schematic drawing show the order of sampling, in which, to 5 represent 0, 6, 24, 72 and 120 hours after $^{13}\text{C}_2$ feeding, respectively. Leaves with the same number were sampled on the same day. The Roman numerals show fruit numbers in the order. The Gothic numerals show the order of the leaves on the fruit bearing nodes. The Italic numerals show the distal leaves from the fruit bearing nodes.

分けて（ただし、着果節より上位の葉は10節から）番号をつけ試料とした。試料は各部位ごとに生体重を測定した後、通風乾燥し、乾物重を測定後、オートミルで粉碎し、 ^{13}C アナライザー（日本分光、EX-130型）を用いて、それぞれの ^{13}C 濃度を求めた。

結 果

1. 葉および果実中の ^{13}C 濃度

6月処理の葉および果実中の ^{13}C 濃度の経時変化は第2図に示すとおりである。自己摘心枝では、着果節より上位の葉および着果節の葉の ^{13}C 濃度は、処理6時間後に一時増加したが、その後は時間の経過とともに減少し、120時間後にはほとんど同じになった。伸長枝では着果節より上位の葉および着果節の葉の ^{13}C 濃度は処理後、時間の経過とともに減少した。また、伸長枝では着果節より上位の葉よりも着果節の葉の方が ^{13}C 濃度は低く推移した。果実では、自己摘心枝および伸長枝上とともに処理直後はほぼ同じ ^{13}C 濃度であったが、24時間後には自己摘心枝で伸長枝の約2倍に達した。7月処理の着果節より上位の葉および着果節の葉中の ^{13}C 濃度の変化は第3図に示すとおりである。自己摘心枝では着果節より上位の葉および着果節の葉の ^{13}C 濃度は処理後、時間の経過とともに減少し、120時間後にはほとんど同じになった。伸長枝でも同様に減少したが、伸長枝の着

Fig. 2. Distribution of ^{13}C in leaves of naturally self-pinched and growing shoots at an early stage of fruit development.

* $^{13}\text{C}_2$ was fed on June 16, 1995.

- The 6th to 10th node leaves from the base of a naturally self-pinched shoot.
- The 1st to 5th node leaves from the base of a naturally self-pinched shoot.
- ▲— The fruit of a naturally self-pinched shoot.
- The 6th to 10th node leaves from the base of a growing shoot.
- The 1st to 5th node leaves from the base of a growing shoot.
- △--- The fruit of a growing shoot.

果節より上位の葉の減少が緩やかで小さかった。果実では自己摘心枝および伸長枝上とともに処理直後から120時間後まで緩やかに増加したが、増加の割合は自己摘心枝の方が大きかった。

2. 果実の ^{13}C 寄与率および ^{13}C 移行量

6月処理の果実の ^{13}C 寄与率と ^{13}C 移行量の変化は第4図に示すとおりである。 ^{13}C 寄与率は、自己摘心枝で24時間後に伸長枝の約2倍の1.6%にまで上昇した。120時間後の1果当たりの ^{13}C 移行量を比較すると、自己摘心枝で11.1 mg/果実、伸長枝で1.2 mg/果実となり、 ^{13}C 移行量の差は約9.9 mg/果実で自己摘心枝の果実の方が高かった。7月処理の果実の ^{13}C 寄与率および ^{13}C 移行量の変化は第5図に示すとおりである。 ^{13}C 寄与率および ^{13}C 移行量は、自己摘心枝および伸長枝上とともに120時間後まで増加した。また、 ^{13}C 寄与率およ

Fig. 3. Distribution of ^{13}C in leaves of naturally self-pinch and growing shoots at a mid stage of fruit development.

* $^{13}\text{CO}_2$ was fed on July 19, 1995.

- The 6th to 10th node leaves from the base of a naturally self-pinch shoot.
- The 1st to 5th node leaves from the base of a naturally self-pinch shoot.
- ▲— The fruit of a naturally self-pinch shoot.
- The 6th to 10th node leaves from the base of a growing shoot.
- The 1st to 5th node leaves from the base of a growing shoot.
- △--- The fruit of a growing shoot.

Fig. 4. ^{13}C content and ^{13}C percent of total amount applied in the fruit of naturally self-pinch and growing shoots at an early stage of fruit development.

* $^{13}\text{CO}_2$ was fed on June 16, 1995.

- ^{13}C percent of total amount applied in the fruit on a naturally self-pinch shoot.
- ^{13}C percent of total amount applied in the fruit on a growing shoot.
- ^{13}C content in the fruit on a naturally self-pinch shoot.
- ^{13}C content in the fruit on a growing shoot.

び ^{13}C 移行量とも自己摘心枝上の方が伸長枝上よりも高く、処理 120 時間後の ^{13}C 移行量を比較すると、自己摘心枝で 13.5 mg/果実、伸長枝で 10.2 mg/果実となり、

Fig. 5. ^{13}C content and ^{13}C percent of total amount applied in the fruit of naturally self-pinch and growing shoots at a mid stage of fruit development.

* $^{13}\text{CO}_2$ was fed on July 19, 1995.

- ^{13}C percent of total amount applied in the fruit on a naturally self-pinch shoot.
- ^{13}C percent of total amount applied in the fruit on a growing shoot.
- ^{13}C content in the fruit on a naturally self-pinch shoot.
- ^{13}C content in the fruit on a growing shoot.

^{13}C 移行量の差は約 3.3 mg/果実で自己摘心枝の果実の方が高かった。

3. 処理 120 時間後の結果枝の枝葉中の ^{13}C 濃度

処理 120 時間後の結果枝基部から先端部までの枝中の ^{13}C 濃度の変化は第 6 図に示すとおりである。自己摘心枝では、6 月および 7 月処理ともに ^{13}C 濃度は枝の部位による差はあまりなかった。一方、伸長枝では、6 月、7 月処理ともに先端部へ向かうほど高い値を示した。処理 120 時間後の基部から 10 節より上位の葉中の ^{13}C 濃度の変化は第 7 図に示すとおりである。自己摘心枝の 6 月処理では葉数が少なく ^{13}C 濃度は比較できなかった。また、7 月処理では葉位による差はほとんどみられなかった。伸長枝の 6 月処理では 10 節位と先端部との差はわずかに先端部が高かったが、7 月処理では 10 節位から先端部に向かうに従って高くなった。

4. 処理 120 時間後の結果枝各部位および果実中の ^{13}C 濃度

処理 120 時間後の結果枝各部位および果実中の ^{13}C 濃度は第 8 図に示すとおりである。6 月、7 月処理ともに、 ^{13}C 濃度は自己摘心枝の果実の方が先端の葉や枝より高く、伸長枝では反対に葉や枝の方が果実より高かった。

考 察

光合成作用は環境要因 (天野ら, 1972) や発育ステージにより異なる。展葉して間もない葉ではみかけの光合成速度は負であり (日野ら, 1974)、光合成産物の強い

Fig. 6. Amount of ^{13}C partitioned to the woody parts* of naturally self-pinned and growing shoots 120 hours after $^{13}\text{CO}_2$ feeding.

*The parts include epidermis, cortex and xylem.
 —■— Naturally self-pinned shoot, June 16.
 —□— Growing shoot, June, 16.
 ---●--- Naturally self-pinned shoot, July 19.
 ---○--- Growing shoot, July 19.

Fig. 7. Amount of ^{13}C partitioned to the distal leaves from the 10th node of naturally self-pinned and growing shoots 120 hours after $^{13}\text{CO}_2$ feeding.

—■— Naturally self-pinned shoot, June 16.
 —□— Growing shoot, June, 16.
 ---●--- Naturally self-pinned shoot, July 19.
 ---○--- Growing shoot, July 19.

シンクとなる。葉の生長とともに、同化された光合成産物は葉や他の器官に分配される。Kadoya・Tanaka (1972) は、ウンシュウミカンについて ^{14}C を使用し光合成産物の転流を調査した結果、夏枝葉は、シンクとして強く、多量の ^{14}C を集積し、このような枝葉を ^{14}C 同化直後に除去すると、その後 ^{14}C が、主として地下部に集積するようになったと報告している。また、福田・龍下 (1992) は、台木の差異がリンゴ樹の乾物生産および

Fig. 8. Amount of ^{13}C partitioned to fruit, leaves and terminal parts of naturally self-pinned and growing shoots 120 hours after $^{13}\text{CO}_2$ feeding.

□ Fruit.
 ▨ Leaf at the same node with fruit.
 ▤ Terminal part of a shoot.
 ■ Terminal leaves.

分配に及ぼす影響を調査し、乾物生産増加割合は、普通台樹の方がわい性台樹より枝幹や葉で大きく、その結果、果実への乾物分配率は普通台樹の方がわい性台樹より極めて低かったとしている。久保田ら (1990) は、台木の異なるモモを用いて ^{13}C 光合成産物の転流と分配について調査し、光合成産物の果実への転流量はユスラウメ台樹で多い傾向にあり、新梢や根の生長停止期が共台樹よりもユスラウメ台樹で早いために、ユスラウメ台樹の方が共台樹よりも果実品質が高まるとしている。

今回の調査では、自己摘心枝および伸長枝とともに果実の ^{13}C 濃度は時間の経過に伴って増加するが自己摘心枝の方が伸長枝よりも増加の割合が高かった。また、同様の調査を 1996 年 6 月 5 日と 7 月 22 日に行った結果でも同じ様な傾向が見られた。これは、自己摘心枝では栄養生長が早く停止したため、光合成産物つまり ^{13}C の果実への分配が多くなったことを意味している。一方、伸長枝では栄養生長が盛んであり、枝および葉の生長に光合成産物が必要とされるため、果実肥大のための ^{13}C の分配は自己摘心枝に比べて少ないと考えられる。松井ら (1985) は、ブドウについて ^{14}C を用いて光合成産物の転流と分配について調査した結果、果肉中の可溶性 ^{14}C 物質の量は、果粒生長の盛んな第 1 期と糖の蓄積期である第 3 期で増加し、時期により著しく異なっていたとしている。また、久保田ら (1990) はモモの台木の相違による果実発育の違いが光合成産物の移行に大きく関与しているとしている。また、門屋 (1974) は、ウンシュウミカンで光合成産物の転流を調査した結果、葉内の ^{14}C は時

間の経過とともに他の器官に転流し減少するが、果実においては、処理 25 時間後から 40 時間後に最も高い値を示すとしている。しかし、Hansen・Ryugo (1979) はスモモを用いた調査で、果実への光合成産物の転流は処理 528 時間後でも増加するとしている。今回の実験では、果実中の ^{13}C 濃度は、6 月処理の伸長枝では 24 時間後まで増加し、7 月処理では 120 時間後でも増加の傾向にあった。また、自己摘心枝では 6 月、7 月処理ともに 120 時間後でも増加の傾向にあった。果樹の種類や発育時期の違いにより転流の方向、時間や量などが異なると考えられる。処理 120 時間後の ^{13}C 濃度は、自己摘心枝では先端の葉や枝に比べ果実で高く、伸長枝では逆に先端の葉や枝の方が果実よりも高くなった。これは伸長枝では先端部の枝葉の方が果実よりもより大きなシンクになっていることによると考えられる。丹原 (1985) は、結果枝の生育特性は短果枝や中果枝では、6 月上、中旬から新梢が自己摘心するが、樹勢のやや強い長果枝を人為的に摘心すると二番枝が強く発生することがあるので、先端部の展葉していない部分で軽く摘心することが大切だとしている。従って、6 月上旬から中旬に自己摘心を行わせるように肥培管理を行ったり、摘心作業をすることは果実肥大を促進させるには必要な栽培技術だと思われる。

摘 要

^{13}C を用いてキウイフルーツにおける結果枝生長の相違が光合成産物の分配に及ぼす影響について調査した。6 月と 7 月の ^{13}C 処理とも果実中の ^{13}C 濃度の増加は伸長枝より自己摘心枝の方が大きかった。6 月処理の果実当たりの ^{13}C 移行量を比較すると、処理 120 時間後に自己摘心枝で 11.1 mg/果実、伸長枝 1.2 mg/果実で、 ^{13}C の移行量の差は約 9.9 mg/果実であった。6 月、7 月処理とも ^{13}C 濃度は伸長枝では先端部へ向かうほど枝および葉中で高くなったが、自己摘心枝では、枝や葉の位置による ^{13}C 濃度の差はなかった。また、伸長枝の先端枝葉中では果実中と比較すると著しく高い ^{13}C 濃度を示し、逆に自己摘心枝では先端の枝葉中よりも果実中の方が高い値を示した。従って、果実肥大を促すために結果枝が自己摘心することが有効に作用していると思われた。

引用文献

- 天野勝司・日野 昭・大東 宏・倉岡唯行. 1972. 果樹の光合成作用に関する研究 (第 1 報) 環境条件が光合成速度に及ぼす影響. 園学雑. 41 : 144-150.
- 朝倉利員・小川勝利・本條 均・壽松木 章・間宇谷 徹. 1991. ^{13}C トレーサー法による水ストレス下でのウンシュウミカンの糖蓄機構の解析. 園学雑. 60 (別 2) : 22-23.
- 福田博之・龍下文孝. 1992. 台木の差異がリンゴ樹の乾物生産及び分配に及ぼす影響. 園学雑. 61 (別 1) : 94-95.
- Hansen, P. and K. Ryugo. 1979. Translocation and metabolism of carbohydrate fraction of ^{14}C -photosynthates in 'French' prune *Prunus domestica* L. J. Amer. Soc. Hort. 104 : 622-625.
- 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.
- 日野 昭・井口詔雄・天野勝司・水谷房雄・門屋一臣. 1996. ブドウ樹における枝の垂直、水平誘引が光合成速度並びに光合成産物に及ぼす影響. 愛媛大学農学部農場報告. 17 : 17-24.
- Kadoya, K. 1972. Studies on the translocation of photosynthates in Satsuma mandarin. II. Effect of root environmental conditions on the translocation of ^{14}C . J. Japan. Soc. Hort. Sci. 41 : 361-366.
- Kadoya, K. 1973. Studies on the translocation of photosynthates in Satsuma mandarin. III. Effect of water stress on the metabolism of sugar in the fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 42 : 210-214.
- 門屋一臣. 1974. 温州ミカンの生長における光合成産物の分配に関する研究. 愛媛大学農学部紀要. 18 : 193-254.
- Kadoya, K. and H. Tanaka. 1972. Studies on the translocation of photosynthates in Satsuma orange. I. Effect of summer cycle shoot and bearing fruit on the translocation and distribution of ^{14}C . J. Japan. Soc. Hort. Sci. 41 : 23-28.
- 久保田尚浩・河野 章・島村和夫. 1990. 台木の異なるモモ '山陽水蜜' 樹における ^{13}C 光合成産物の転流と分配. 園学雑. 59 : 319-324.
- 倉橋孝夫・高橋国昭. 1995. Y 字形棚整枝と主幹形整枝リンゴ樹 'ふじ' の乾物生産と器官別分配の比較. 園学雑. 64 : 509-515.
- 松井弘之・湯田英二・中川昌一. 1985. ブドウ 'デラウェア' における光合成産物の転流と分配. 園学雑. 54 : 184-191.
- 李 相根・久保田尚浩・安井公一. 1993. 台木の異なるブドウ '藤稔' における ^{13}C 光合成産物の転流と分配. 園学雑. 62 (別 1) : 96-97.
- 丹原克則. 1985. キウイフルーツ百科. p. 84-86. 愛媛県青果農業協同組合連合会. 愛媛県松山市安城寺町 478.
- 薬師寺 博・森永邦久. 1996. ウンシュウミカンの水分状態が光合成同化産物の分配・転流に及ぼす影響. 園学雑. 62 (別 2) : 98-99.