

ブドウ‘デラウェア’における光合成産物の転流形態

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	松井, 弘之 湯田, 英二 中川, 昌一
巻/号	55巻1号
掲載ページ	p. 8-14
発行年月	1986年6月

ブドウ 'デラウェア' における光合成産物の転流形態¹

松井弘之・湯田英二・中川昌一
大阪府立大学農学部 591 堺市百舌鳥梅町

Translocation Form of Photosynthates in 'Delaware' Grapes

Hiroyuki MATSUI, Eiji YUDA and Shoichi NAKAGAWA
College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Sakai, Osaka 591

Summary

Various ¹⁴C-compounds were used in this study to clarify the form in which photosynthates were translocated during Stage III of grape berry (cv. 'Delaware') development. The compounds used were sucrose-¹⁴C-(U), glucose-¹⁴C-(U), fructose-¹⁴C-(U), malic acid-¹⁴C-(U), tartaric acid-¹⁴C-(U), leucine-¹⁴C-(U) and alanine-¹⁴C-(U). During Stage III, sugars are accumulated very rapidly in grape berries. One hour after the application of labelled sugars, organic acids and amino acids to the mesophyll, 25% of sucrose, 29% of glucose, 16% of fructose, 42% of malic acid, 80% of tartaric acid, 47% of leucine and 28% of alanine had moved into the petiole without transformation.

When incorporated from the petiole 75 cm from the cluster, 8% of sucrose, 77% of glucose, 71% of fructose, 14% of malic acid, 38% of tartaric acid, 28% of leucine and 17% of alanine moved into the berries without transformation two hours after the application. The speed of translocation of applied ¹⁴C-compounds differed. Labelled sugars, organic acids and amino acids were interconverted in leaves, shoots and berries.

The translocation of photosynthates from leaf to berry in 'Delaware' grape probably occurs in the form of sugars, organic acids and amino acids.

緒 言

Swanson ら (9) はブドウ 'コンコード' の葉に ¹⁴CO₂ を施用し、枝梢中の ¹⁴C の分配を調べたところ、大部分の ¹⁴C は sucrose 中に認められ、¹⁴C-glucose, ¹⁴C-fructose は ¹⁴C-sucrose の 1/10 程度であることから、ブドウ樹における光合成産物の転流形態は sucrose で、枝梢中に ¹⁴C-glucose と ¹⁴C-fructose がほぼ 1:1 で存在しているのは、転流してきた ¹⁴C-sucrose が分解されてできた二次的な物質であると報告している。しかし、ブドウ 'デラウェア' の葉に ¹⁴CO₂ を施用した著者ら (5) の結果では、葉中に認められた ¹⁴C は主として glucose と fructose 中に存在し、sucrose の中には両者よりも少なく、また、glucose と fructose のラベル率は時期により異なり、一定の傾向を示さなかった。一方、枝梢中においても葉の場合と同様に glucose, fructose, sucrose のラベル率は一定していなかった。このことか

ら、ブドウ樹における光合成産物の転流形態は sucrose であるという従来からの考えに疑問がもたれた。

そこで、本実験ではブドウ 'デラウェア' における光合成産物の転流形態を種々の ¹⁴C 標識化合物を用いて、詳細に調査した。

材料及び方法

実験 1. 葉肉から葉柄への転流形態

ブドウ 'デラウェア' 果粒の生長第 3 期中ごろに、第 2 果房に相対する葉を採取し、直ちに、葉柄の切口に湿った脱脂綿を巻きつけ、さらに、その部分をビニールで覆い水分が蒸発するのを防止した。用いた各種 ¹⁴C 標識化合物は、sucrose-¹⁴C-(U) (600 mCi/m mol), glucose-¹⁴C-(U) (250 mCi/m mol), fructose-¹⁴C-(U) (296 mCi/m mol), malic acid-¹⁴C-(U) (82 mCi/m mol), tartaric acid-¹⁴C-(U) (9.2 mCi/m mol), leucine-¹⁴C-(U) (270 mCi/m mol), alanine-¹⁴C-(U) (171 mCi/m mol) であり、これらの施用は葉の裏面の支脈間の表皮 5 mm² をはぎ取った部位にそれぞれ 10 μl (0.5 μCi) ずつマイクロシリンジで行った (第 1 図)。施用葉 (処理

¹ 1985 年 5 月 11 日 受理

ブドウ 'デラウェア' 果実の成熟生理に関する研究。
第 4 報。

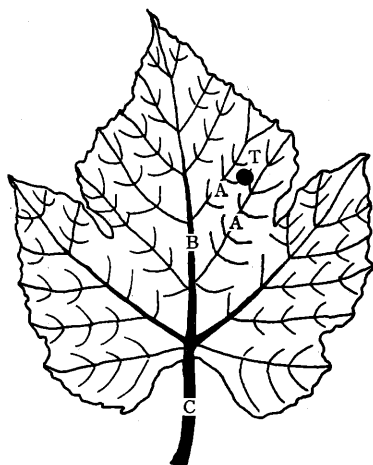


Fig. 1. Position of ^{14}C -compounds application and sampled parts in 'Delaware' grape leaf.

T : Applied position (mesophyll) of ^{14}C -compounds.
 A : Vein
 B : Midrib
 C : Petiole

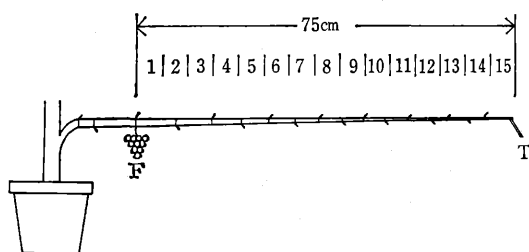


Fig. 2. Position of ^{14}C -compounds application and sampled parts in 'Delaware' grape shoot.

T : Applied position (petiole) of ^{14}C -compounds
 F : Cluster
 1-15 : Shoot sections

区当たり3葉)は室内の人工照明下(1,000 lux)に置き、1時間後に支脈、主脈、葉柄に分け、それぞれの組織を80%熱アルコールで30分間抽出した。抽出液はエバポレーターでアルコールを除去後、陽イオン、陰イオン交換樹脂を通して、糖、有機酸、アミノ酸分画に分別し、さらに、それぞれの分画はペーパークロマトグラフィー(東洋ろ紙 No. 51)を用いて、糖は下降法(展開溶媒、n-ブタノール:酢酸:水=4:1:1)、有機酸は上昇法(展開溶媒は糖の場合と同じ)、アミノ酸は上昇法(展開溶媒、80%フェノール)で個々の物質に分離し、液体シンチレーションカウンターでdpmを測定した。なお、用いたシンチレーターの組成はトルエン:ダイオキサン:エチレンセルソルブル=1:1:1の液11に

Table 1. Distribution ratio of ^{14}C in veins, midribs and petioles one hour after ^{14}C -compounds application to mesophyll of 'Delaware' grape leaf.

^{14}C -compounds applied	Vein	Midrib	Petiole
	%	%	%
Sucrose	69.9	28.0	2.1
Glucose	78.1	20.7	1.2
Fructose	72.8	20.5	6.7
Malic acid	73.0	26.0	1.0
Tartaric acid	71.7	24.8	3.5
Leucine	82.1	15.5	2.4
Alanine	77.6	21.2	1.2

DPO 4g, POPOP 0.1g, ナフタレン 75g を溶解したものである。

実験2. 葉柄から果粒への転流形態

鉢植3年生'デラウェア'を用い、実験1と同時期に結果枝の基部を環状剥皮し、第1果房(30粒)のみ残して他の果房はすべて摘除した(第2図)。次いで、実験1で用いたものと同じ ^{14}C 標識化合物を果房から約75cm(10~12節)のところにある葉柄(果房と同一側)からそれぞれ0.5ml(1 μCi)ずつ個別に吸収させた。施用後は各鉢(処理区当たり3結果枝)をガラス室内に置き、2時間後に枝梢(5cmごとに切断)及び果粒を採取し、その中に存在している ^{14}C 量を測定した。なお、個々の物質への ^{14}C の分配量については果粒及び枝梢の中央部(果房から30~35cm)についてのみ、実験1と同じ方法によって分析調査した。

結果

実験1. 葉肉から葉柄への転流形態

葉肉に各種 ^{14}C 標識化合物を施用し、1時間後、 ^{14}C が支脈、主脈及び葉柄にどのような割合で転流しているかを第1表に示した。各組織中に認められた ^{14}C の割合は施用した物質により異なっているものの、支脈中には全取り込み量の70~80%、主脈では16~30%、葉柄では1~7%と施用場所から離れるにしたがって低下していた。なお、葉肉から葉柄への転流速度はfructoseが最も早く、逆にglucose, malic acid, alanineは遅かった。

次に、支脈、主脈、葉柄中に存在する ^{14}C が糖、有機酸、アミノ酸分画にどのような割合で分配されているかを第2表に示した。糖類の中で ^{14}C -sucroseを施用した場合、いずれの部位でも63~65%が、 ^{14}C -glucoseでは38~68%が糖分画中に認められた。しかし、 ^{14}C -fructoseでは前述の二種類の糖と異なり、糖分画中には19~24%しか存在せず、有機酸分画中に45~53%認められた。一方、 ^{14}C -malic acidや ^{14}C -tartaric acidのような

Table 2. Distribution ratio of ^{14}C incorporated into sugar, organic acid and amino acid fractions in veins, midribs and petioles one hour after ^{14}C -compounds application to mesophyll of 'Delaware' grape leaf.

^{14}C -compounds applied	Vein			Midrib			Petiole		
	Sugar	Organic acid	Amino acid	Sugar	Organic acid	Amino acid	Sugar	Organic acid	Amino acid
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Sucrose	65.0	29.7	5.3	64.0	29.1	6.9	63.4	30.8	5.8
Glucose	68.2	26.6	5.2	54.7	36.8	8.5	47.7	33.1	19.2
Fructose	19.3	44.5	36.2	19.8	52.7	27.5	24.1	49.4	26.5
Malic acid	1.7	86.4	11.9	1.9	83.1	15.0	14.3	77.1	8.6
Tartaric acid	1.9	92.2	5.9	1.3	94.8	3.9	2.3	93.7	4.0
Leucine	5.1	25.6	69.3	8.6	29.1	62.3	13.2	32.1	54.7
Alanine	6.6	52.6	40.8	1.5	48.3	50.2	0.9	45.6	53.5

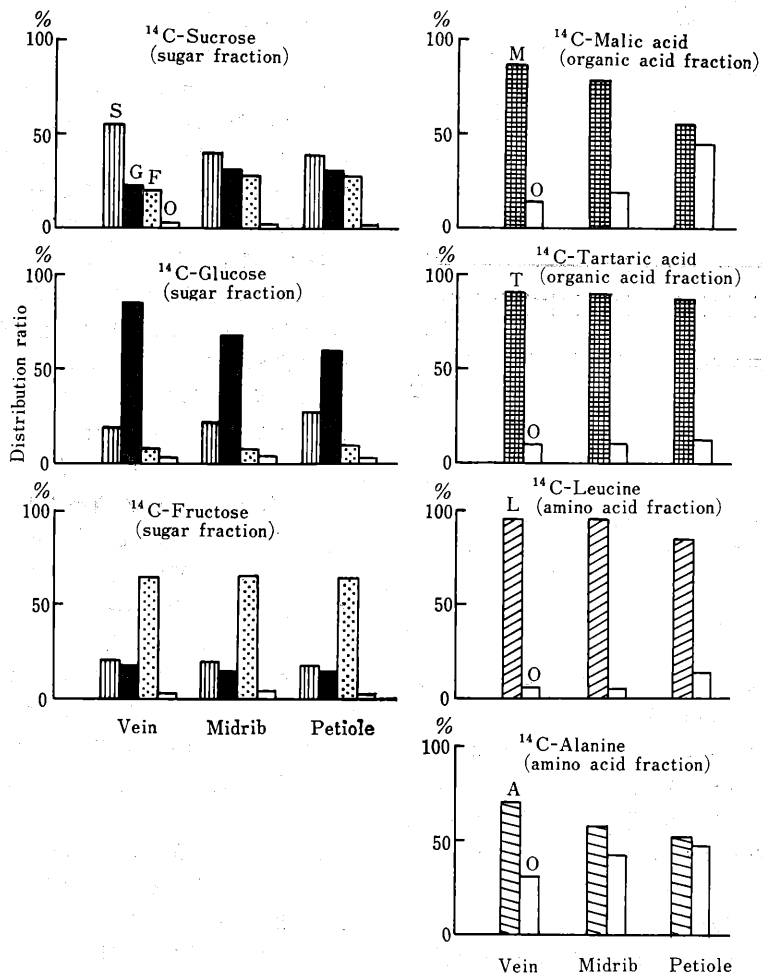


Fig. 3. Distribution ratio of ^{14}C incorporated into individual compounds in veins, midribs and petioles one hour after ^{14}C -compounds application to mesophyll of 'Delaware' grape leaf.

S: Sucrose G: Glucose F: Fructose M: Malic acid T: Tartaric acid
L: Leucine A: Alanine O: Others

有機酸の施用では, ^{14}C の大部分は有機酸分画中に存在し, それぞれ 77~86%, 92~95% であった. また, アミノ酸中で ^{14}C -leucine を施用した場合には 55~69% が, ^{14}C -alanine では 41~53% の ^{14}C がアミノ酸分画中にみられ, 残りの大部分の ^{14}C は有機酸分画中に認められた. 特に, ^{14}C -alanine の場合は部位によって ^{14}C 量がアミノ酸分画中よりも有機酸分画中の方が多くなっていった.

さらに, ^{14}C -糖を施用した場合の糖分分画, ^{14}C -有機酸を施用した場合の有機酸分画, ^{14}C -アミノ酸を施用した場合のアミノ酸分画中で, それぞれの個々の物質への ^{14}C の分配率をみると (第3図), ^{14}C -glucose, ^{14}C -fructose, ^{14}C -tartaric acid, ^{14}C -leucine では, いずれの部位においても ^{14}C の大部分は施用した物質と同じ物質中に認められた. しかし, ^{14}C -sucrose では支脈から主脈, 葉柄へと施用場所から遠ざかるにしたがって, ^{14}C -sucrose の割合が低下し, 葉柄中での ^{14}C 量は sucrose 中に約 40%, glucose と fructose 中にそれぞれ約 30% となった. また, ^{14}C -malic acid では支脈や主脈中の ^{14}C の多くが malic acid 中に認められたものの, 葉柄中ではその割合は約 55% に低下した. 一方, ^{14}C -alanine では ^{14}C -sucrose を施用した場合と同様な傾向を示し, 支脈, 主脈, 葉柄と施用場所から遠ざかるにしたがって ^{14}C -alanine の割合が低下し, それぞれ約 70, 60, 50% となった.

実験 2. 葉柄から果粒への転流形態

葉柄から各種 ^{14}C 標識化合物を吸収させた後 2 時間で, 一部の ^{14}C は果粒中にみられた (第4図). その中でも ^{14}C -sucrose, ^{14}C -malic acid を吸収させた場合は, 他のものより多くの ^{14}C が果粒中に認められ, 次いで, ^{14}C -glucose と ^{14}C -fructose で, ^{14}C -tartaric acid, ^{14}C -alanine, ^{14}C -leucine では少なかった. また, 枝梢中

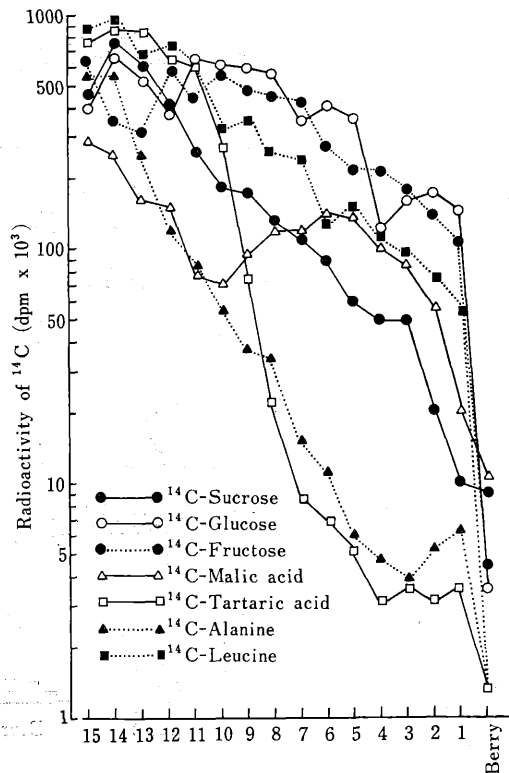


Fig. 4. Distribution of ^{14}C incorporated in shoot and berry two hours after ^{14}C -compounds application through petioles of 'Delaware' grape leaf.

では ^{14}C の濃度勾配がみられ, ^{14}C -sucrose, ^{14}C -glucose, ^{14}C -fructose, ^{14}C -leucine, ^{14}C -malic acid では葉柄から遠ざかるにしたがって ^{14}C 量は漸減し, ^{14}C -tartaric acid や ^{14}C -alanine ではその量は急減した.

^{14}C 標識化合物を吸収させた葉柄と果房のほぼ中央に当たる枝梢 (第7番目) 及び果粒中に認められた ^{14}C の糖, 有機酸, アミノ酸分画への分配率を第3表に示し

Table 3. Distribution ratio of ^{14}C incorporated into sugar, organic acid and amino acid fractions in shoot (7th section) and berry two hours after ^{14}C -compounds incorporation to petiole of 'Delaware' grape leaf.

^{14}C -compounds applied	Shoot			Berry		
	Sugar	Organic acid	Amino acid	Sugar	Organic acid	Amino acid
	%	%	%	%	%	%
Sucrose	88	5	7	80	12	8
Glucose	89	4	7	86	9	5
Fructose	91	4	5	84	10	6
Malic acid	18	35	47	20	32	48
Tartaric acid	3	81	16	3	85	12
Leucine	6	36	58	1	5	94
Alanine	4	80	16	1	57	42

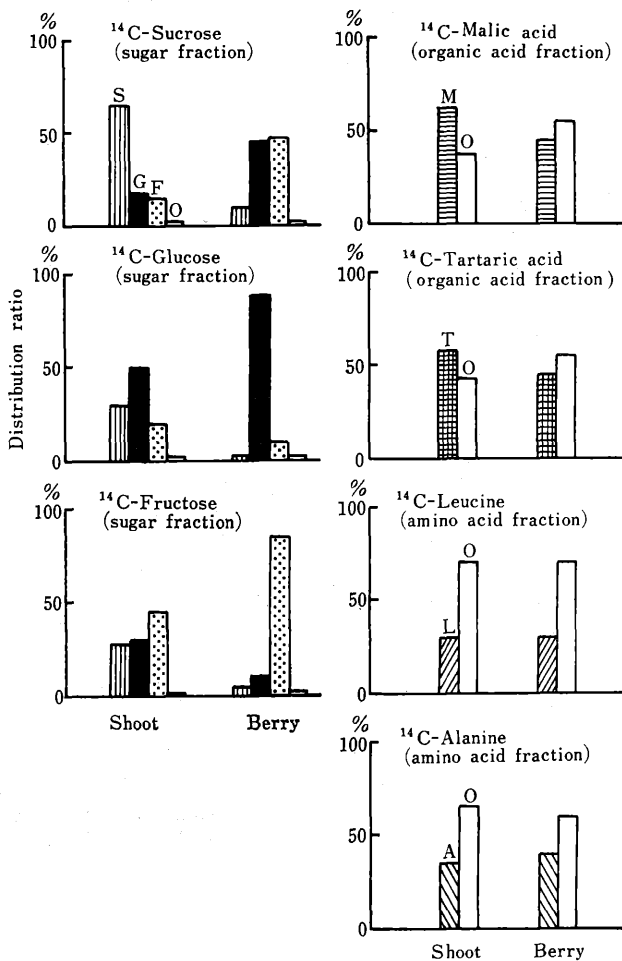


Fig. 5. Distribution ratio of ^{14}C incorporated into individual compounds in shoot and berry two hours after ^{14}C -compounds application to petiole of 'Delaware' grape leaf.

S: Sucrose G: Glucose F: Fructose M: Malic acid T: Tartaric acid
L: Leucine A: Alanine O: Others

た. ^{14}C -糖を吸収させた場合, 枝梢では ^{14}C の約 90% が糖分画中に存在したが, ^{14}C -有機酸を吸収させた場合, ^{14}C -tartaric acid では 81% が有機酸分画中に認められたものの, ^{14}C -malic acid ではアミノ酸分画に 47% と最も多く, 有機酸分画には 35% と少なかった. また, ^{14}C -アミノ酸を吸収させた場合, ^{14}C -leucine ではアミノ酸分画に 58% 認められたが, ^{14}C -alanine では有機酸分画に 80% も存在し, アミノ酸分画にはわずかに 16% しか認められなかった. 一方, 果粒中においても ^{14}C の分配傾向は枝梢のそれとよく類似していた. すなわち, 葉柄より ^{14}C -糖を吸収させた場合, 80% 以上が糖分画中に認められ, ^{14}C -有機酸を吸収させた場合, ^{14}C -tartaric acid では 85% が有機酸分画中にみられたが,

^{14}C -malic acid ではアミノ酸, 有機酸, 糖分画中にそれぞれ 48%, 32%, 20% と有機酸分画中の ^{14}C の割合は少なかった. また, ^{14}C -アミノ酸を吸収させた場合, ^{14}C -leucine では大部分の ^{14}C がアミノ酸分画中にみられたのに対して, ^{14}C -alanine では有機酸, アミノ酸分画中にそれぞれ 57%, 42% 認められた.

次に, ^{14}C -糖を吸収させた場合の糖分画, ^{14}C -有機酸を吸収させた場合の有機酸分画, ^{14}C -アミノ酸を吸収させた場合のアミノ酸分画中の ^{14}C がどのような個々の物質中に分配されているかを第 5 図に示した. 枝梢中では, ^{14}C -sucrose を葉柄より吸収させた場合は約 65%, ^{14}C -glucose で約 50%, ^{14}C -fructose で約 45% が吸収させたままの形態で存在し, その他の ^{14}C は吸収させた

以外の糖に転換していた。また、 ^{14}C -malic acid や ^{14}C -tartaric acid を吸収させた場合約 60% が、 ^{14}C -alanine では約 35%、 ^{14}C -leucine では 30% がもとのままの形態で認められた。一方、果粒中では ^{14}C -glucose、 ^{14}C -fructose を吸収させた場合、85% 以上がそのままの形態でみられたが、 ^{14}C -sucrose では glucose と fructose 中にそれぞれ約 45% ずつみられ、sucrose としては約 10% と極めて少なかった。 ^{14}C -malic acid、 ^{14}C -tartaric acid ではそのままの形態で認められるのは両者とも約 45% で、 ^{14}C -alanine や ^{14}C -leucine では、さらに少なく、それぞれ約 40%、約 30% であった。

考 察

葉で生成された光合成産物の転流形態については、多くの研究者が興味を示し、古くから研究の対象となっていた。このため実験材料には多種類の植物が用いられたものの、大部分の植物では sucrose が転流形態であると結論している(1, 4, 6, 7, 8, 9, 11)。しかし、従来の報告のほとんどは、枝梢中の物質の組成や葉に $^{14}\text{CO}_2$ を施用した後の枝梢や葉中の ^{14}C -化合物の組成より推察したものであり、それが必ずしも光合成産物の真の転流形態であるかどうか断定しがたい。しかしながら、近年トレーサー技術の進歩や実験方法の工夫により、2・3の植物において詳細な研究が行われている。例えば、Yamamoto ら(10)はタバコの葉肉に ^{14}C -糖を施用し、支脈、主脈、葉柄中の ^{14}C -化合物の組成を経時的に調べた結果、 ^{14}C -sucrose を施用するとそのままの形態で、 ^{14}C -glucose や ^{14}C -fructose を施用するといずれも ^{14}C -sucrose に変わって葉柄中に存在したことから、タバコにおける光合成産物の真の転流形態は sucrose であると結論した。また、Hansen(2, 3)はリンゴを材料にし、短果枝に着生している葉と果実をビニール袋に入れ、 $^{14}\text{CO}_2$ 施用後個々の物質への ^{14}C の分配を経時的に調べた結果、葉中では sorbitol 中に最も多くの ^{14}C がみられ、sucrose、glucose、fructose 中にはわずかであり、果実中では初め sorbitol 中に ^{14}C が多かったが、時間の経過に伴い減少し、glucose、fructose へのラベル率が増加することを認めた。さらに、果肉に ^{14}C -糖を施用すると ^{14}C -sorbitol は ^{14}C -sucrose、 ^{14}C -glucose、 ^{14}C -fructose に変わり、 ^{14}C -sucrose、 ^{14}C -glucose、 ^{14}C -fructose を施用すると、それぞれ相互間の転換はみられるが、 ^{14}C -sorbitol には変わらないことを確かめ、この両者の結果から、リンゴにおける光合成産物の転流形態は sorbitol であると結論した。

著者らは前報(5)で示したように、ブドウ‘デラウェア’の葉に $^{14}\text{CO}_2$ を施用した場合、葉、枝梢、果粒中の

glucose、fructose、sucrose への ^{14}C の分配率は果粒の発育時期によって著しく異なっており、Swanson(9)の結果とは一致しなかった。これは‘コンコード’と‘デラウェア’の品種間差異によるものかもしれないが、もし、Swanson(9)の報告のように‘デラウェア’においても sucrose が光合成産物の転流形態であるなら、 ^{14}C -glucose や ^{14}C -fructose を葉肉に施用すると、支脈、主脈、葉柄と転流が進行するにしたがって sucrose へのラベル率が増加すると考えられる。しかしながら、実際には ^{14}C -sucrose の形態よりも施用された物質のままに認められた。また、 ^{14}C -sucrose を葉肉に施用しても、支脈、主脈、葉柄と施用した部位から離れるにしたがって ^{14}C -sucrose は減少し、glucose、fructose のラベル率が増加した。

葉肉に糖、有機酸、アミノ酸の ^{14}C 標識化合物を施用した場合、1時間で施用した形態のままに葉柄に転流してきた場合を第1表と第3図から計算すると、 ^{14}C -sucrose で 25%、 ^{14}C -glucose で 29%、 ^{14}C -fructose で 16%、 ^{14}C -malic acid で 42%、 ^{14}C -tartaric acid で 80%、 ^{14}C -leucine で 47%、 ^{14}C -alanine で 28% となる。一方、果房から 75 cm 離れた葉柄から ^{14}C 標識化合物を吸収させた場合、2時間で施用した形態のままに果粒に転流してきた割合は(第3表と第5図より算出)、 ^{14}C -sucrose で 8% (glucose と fructose を加えると 70%)、 ^{14}C -glucose で 77%、 ^{14}C -fructose で 71%、 ^{14}C -malic acid で 14%、 ^{14}C -tartaric acid で 38%、 ^{14}C -leucine で 28%、 ^{14}C -alanine で 17% となる。さらに、両者の数値から、3時間で葉肉より果粒まで施用した形態のままにどの程度転流するかを計算すると、 ^{14}C -sucrose で 2% (glucose と fructose を加えると 18%)、 ^{14}C -glucose で 22%、 ^{14}C -fructose で 11%、 ^{14}C -malic acid で 6%、 ^{14}C -tartaric acid で 30%、 ^{14}C -leucine で 13%、 ^{14}C -alanine で 5% となる。このように ^{14}C 標識化合物を葉肉に施用したり、葉柄より吸収させた場合、物質によって葉肉から葉柄、葉柄から果粒への単位時間当たりの転流量に差異がみられ、また、転流の途中で糖、有機酸、アミノ酸は相互間で容易に転換が起こっていることがうかがわれる。これはそれぞれの物質が通過する組織あるいは付属組織(器官)で必要とする物質、あるいは代謝されやすい物質かそうでない物質かによる差異と考えられる。いずれにせよ果粒生長の第3期では、葉から果粒への光合成産物の転流は Swanson(9)の‘コンコード’での実験のように sucrose だけでなく、糖、有機酸、アミノ酸のいずれの形態でも可能と思われる。しかし、枝梢や葉中には糖、有機酸、アミノ

酸が存在し、それらの量は時期によっても異なるが、枝梢では糖が約 2.5%, 有機酸が約 0.15%, アミノ酸が約 0.1%, 葉ではそれぞれ約 3.5%, 0.5%, 0.03% と枝梢、葉のいずれにおいても糖含量が最も高く(未発表)、このことから種々な形態で転流が可能としても、糖すなわち sucrose, glucose, fructose の形態での転流が最も多いと考えるのが妥当であろう。

なお、葉中において fructose が極めて代謝されやすく、特に有機酸に容易に変化することは、ブドウにおける有機酸の生合成の究明に極めて興味深い。

摘 要

ブドウ「デラウェア」果粒の急激な糖蓄積期に当たる生長第 3 期の光合成産物の転流形態を明らかにするため、種々な ^{14}C 標識化合物 (sucrose, glucose, fructose, malic acid, tartaric acid, leucine, alanine) を用いて調査した。

1. 葉肉に ^{14}C 標識化合物を施用した場合、1 時間後、 ^{14}C -化合物は葉柄にも認められ、施用した形態のまま葉柄に転流してきた比率は ^{14}C -sucrose で 25%, ^{14}C -glucose で 29%, ^{14}C -fructose で 16%, ^{14}C -malic acid で 42%, ^{14}C -tartaric acid で 80%, ^{14}C -leucine で 47%, ^{14}C -alanine で 28% であった。

2. 果房から約 75 cm のところにある葉柄から ^{14}C 標識化合物を吸収させた場合、2 時間後、吸収させた形態のまま果粒に転流した比率は ^{14}C -sucrose で 8% (glucose と fructose を加えると 70%), ^{14}C -glucose で 77%, ^{14}C -fructose で 71%, ^{14}C -malic acid で 14%, ^{14}C -tartaric acid で 38%, ^{14}C -leucine で 28%, ^{14}C -alanine で 17% であった。

3. 本実験に用いた ^{14}C 標識化合物の種類によって、単位時間当たりの転流量に差異があり、また、転流の途中で糖、有機酸、アミノ酸の相互で転換が認められるものの、葉から果実への光合成産物の転流形態は糖、有機酸、アミノ酸のいずれの形態でも可能と考えられる。

引用文献

1. CLAUSS, H., D. C. MORTIMER and P. R. GORHAM.

1964. Time-course study of translocation of products of photosynthesis in soybean plant. *Plant Physiol.* 39: 269—273.
2. HANSEN, P. 1967. ^{14}C -Studies on apple trees. II. Distribution of photosynthates from top and base leaves from extension shoots. *Physiol. Plant.* 20: 720—725.
3. HANSEN, P. 1970. ^{14}C -Studies on apple trees. V. Translocation of labelled compounds from leaves to fruit and their conversion within the fruit. *Physiol. Plant.* 23: 564—573.
4. JOY, K. W. 1964. Translocation in sugar-beet I. Assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ and distribution of materials from leaves. *J. Exp. Bot.* 15: 485—494.
5. 松井弘之・湯田英二・今井克太・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: 168—175.
6. 村山 登・塚原貞雄・大島正男. 1961. 水稻の登熟過程における物質の動態に関する研究. 第 5 報. ^{14}C による光合成産物の形態と移行の追跡. *土肥誌.* 32: 256—261.
7. PEEL, A. J. and P. E. WEATHERLY. 1959. Composition of sieve tube sap. *Nature* 184: 1955—1956.
8. SHIROYA, H., G. R. LISTER, C. D. NELSON and G. KROTKOV. 1961. Translocation of ^{14}C in tobacco at different following assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ by a single leaf. *Can. J. Bot.* 39: 855—864.
9. SWANSON, C. A. and E. D. H. EL-SHISHING. 1958. Translocation of sugars in the concord grape. *Plant Physiol.* 33: 33—37.
10. YAMAMOTO, T., S. SEKIGUCHI and M. NOGUCHI. 1970. The translocation of photosynthetic products from mesophyll into midrib tobacco plant. III. The translocation of translocated ^{14}C -sugars in the veins. *Plant and Cell Physiol.* 11: 367—375.
11. ZIMMERMAN, M. H. 1957. Translocation of organic substances in trees. I. The nature of the sugars in the sieve tube exudate of tree. *Plant Physiol.* 32: 288—291.