

[連載講座]

ブドウ栽培における諸問題 VI.

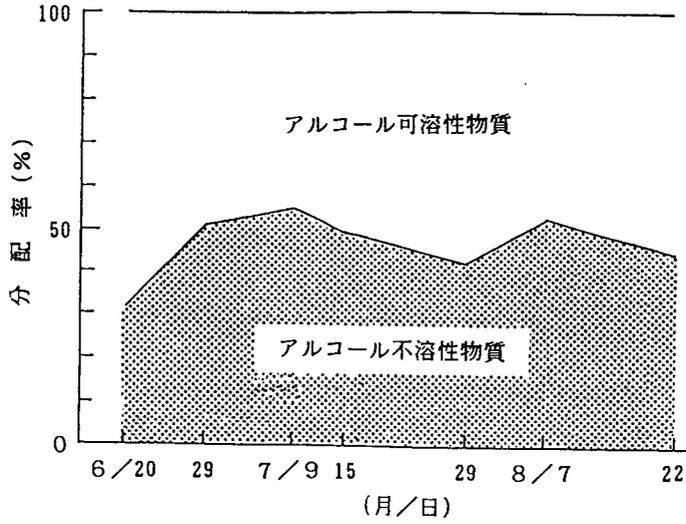
千葉大学園芸学部 松井弘之

2) 各器官への光合成産物の分配

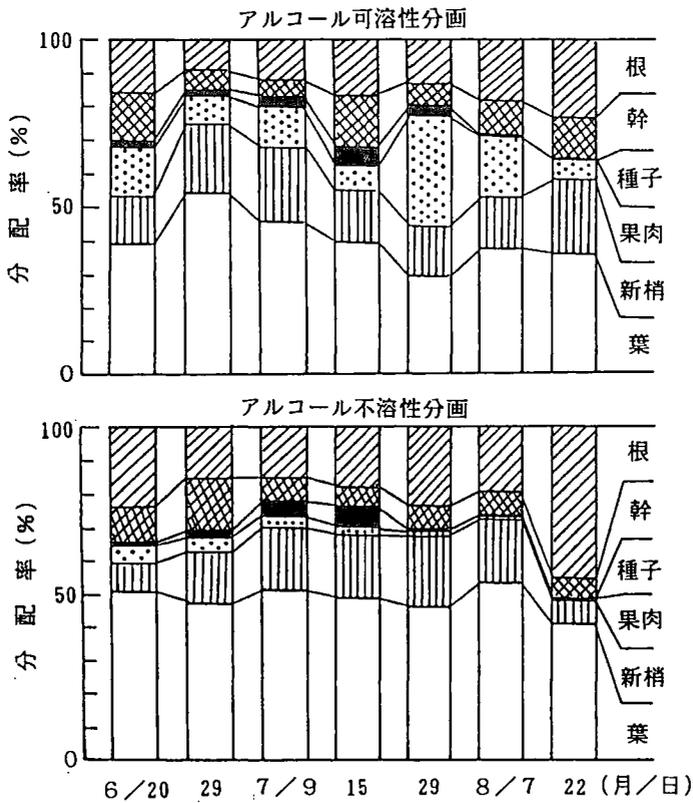
毎年安定した生産を上げるには、葉の光合成能力を最大限に発揮させ、光合成産物を樹体の各器官に、バランスよく転流・分配させることが大切である。特に、高品質な果粒を生産するには、糖蓄積期（第3期）にいかにか効率よく光合成産物を果粒に取り込ませるかにかかっている。したがって、この時期の落葉や病虫害による葉の障害は、光合成産物の生産低下につながり、また、例えば葉が正常であったとしても、窒素の遅効などにより新梢の生長が成熟期まで継続していると、そちらの方に光合成産物が多く奪われ、果粒への分配が少なくなり、当然糖含量の低下、着色不良などを招くことになる。

光合成作用により葉で生産された物質は、直ちに各器官に分配されるが、光合成産物は各器官に均等に分配されるのではなく、それらを必要とする器官、すなわち、それぞれの器官の sink strengthの強さによって分配量が決定される。ただし、各器官の sink activityは発育時期によっても著しく変化する。

第1図と第2図は、3年生鉢植ブドウ‘デラウェア’を用い、種々な時期に果房を除いた全ての葉に ^{14}C 施用し、72時間後、各器官への ^{14}C の分配を、アルコール可溶性及び不溶性物質に分け調査した結果である。樹体全体に認められるアルコール可溶性及び不溶性 ^{14}C -物質への分配率は、新梢伸長の最も盛んな時期にあたる6月20日と急速に糖の蓄積を開始する7月29日ころでは、可溶性物質への分配（60～70%）が多く、それ以外の時期では、両者にほぼ均等に分配されていた。しかし、各器官の不溶性物質中への ^{14}C の分配率は、いずれの時期も葉中に約50%存在していたことから、葉で光合成作用により生産された物質の一部は、可溶性物質として直ちに各器官へ転流・分配されるが、取り込まれた全 ^{14}C の約25%は葉に貯蔵されていることになる。ただし、この貯蔵は一時的なものであり、夜間や曇天時には可溶性の物質に変えられ、必要に応じて各器官に転流・分配される。また、種子では胚の発育が盛んな時期に比較的多く分配されていた。さらに収穫後は、根への分配が約50%に急増し、この時期から翌春の初期生長のための貯蔵養分の蓄積が開始されていることを示している。

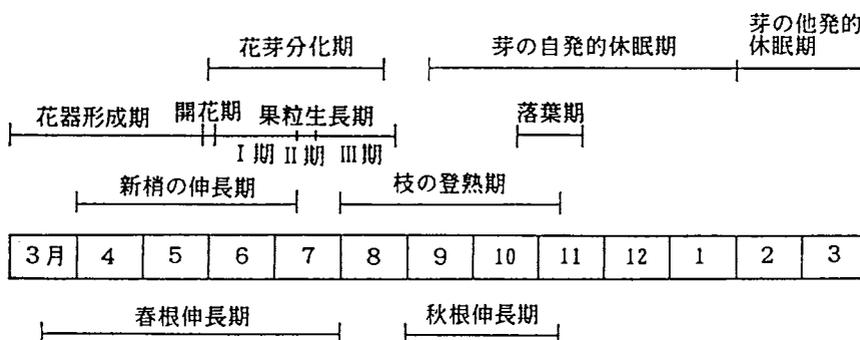


第1図. ブドウ 'デラウェア' における光合成産物のアルコール不溶性及び可溶性物質への分配率の変化 (松井ら, 1976)
(注) $^{14}\text{CO}_2$ 施用72時間後



第2図. ブドウ 'デラウェア' における光合成産物の各器官への分配率の変化 (松井ら, 1976)
(注) $^{14}\text{CO}_2$ 施用72時間後

一方、各器官の可溶性物質への¹⁴Cの分配率は、時期により著しく異なっていた。特に、果粒への分配は、生長の第1期では10~15%であったのに対して、第2期では10%以下に低下した。ところが、第3期になると20~30%に増加し、糖の急激な蓄積に対応していた。また、根への分配は、まだ新根の生長盛んな時期にあたる6月20日には多く、その後減少するが、収穫前になると再び増加した。種子への分配は、果粒の生長にともない増加し、果粒の生長2期に最も多くなった。これらの関係をブドウ‘デラウェア’の生長周期(第3表)に照らし合わせると、生理活性が高いと考えられる時期に¹⁴Cの分配が多くなっていることが分かる。



第3図. ブドウ‘デラウェア’の生長周期

ただし、上記の結果は¹⁴CO₂施用72時間後のものであるから、この間に呼吸として消費された¹⁴Cは含まれていない。そこで、果粒への光合成産物の分配をより正確に把握するため、¹⁴CO₂施用6時間後の分配を個別物質まで調査したのが第1表である。すなわち、果粒への¹⁴Cの分配率は第1期で約7%、第2期で約2%、第3期で約9%であり、第2図に示した72時間後の分配傾向とよく類似していた。取り込まれた¹⁴Cの内訳を見ると、第1期では糖、有機酸、アミノ酸中にほぼ均等に分配されていたが、第3期になると大部分が糖中(96%)に存在していた。また、個別の糖で見ると、第1期や第2期ではフルクトースよりグルコースへの分配率が高いが、第3期になるとこの関係は逆転した。ブドウ‘デラウェア’の場合、収穫期になると果粒中のフルクトース含量がグルコースより若干多くなるのは、この分配変化に原因していると考えられる。有機酸では、その蓄積期にあたる第1期では、リンゴ酸への¹⁴Cの分配率は酒

石酸より多く、その比率は約3:1である。ただし、第2期や果粒中の有機酸含量が減少する第3期では、リンゴ酸や酒石酸への分配は極めて少ない。なお、第1期の初期や中期では、果粒内の酒石酸含量がリンゴ酸含量より高く、両者の結果は矛盾しているように思えるが、果粒の発育初期では、リンゴ酸の代謝が極めて早いか、あるいは酒石酸は果粒内で生合成されないかのいずれかによると考えられる。ところが、ブドウの子房（果粒）を培養すると果粒中にリンゴ酸は蓄積されるが、酒石酸は蓄積されないことから、後者の方が正しいのかもしれない。

第1表. ブドウ 'デラウェア' の葉から果粒への光合成産物の分配 (松井, 1976)

	果粒の発育ステージ		
	第1期	第2期	第3期
糖	2.59 %	1.70 %	8.59 %
グルコース	1.18	0.86	3.83
フルクトース	0.86	0.48	4.33
その他	0.55	0.36	0.43
有機酸	2.00	0.10	0.20
リンゴ酸	1.32	0.03	0.04
酒石酸	0.41	0.01	0.08
クエン酸	0.04	0.01	0.02
その他	0.23	0.05	0.06
アミノ酸	2.31	0.23	0.24
果実への総分配率	6.90	2.03	9.03

(注) $^{14}\text{CO}_2$ 施用6時間後の分配率

3) 葉からの光合成産物の転流方向

葉で生産された光合成産物が、どのような方向に転流するのを知ることが栽培管理上重要である。Hale (1962) は 'マスカット・オブ・アレキサンドリア' を用いて、次の様な結果を得ている。すなわち、開花2週間前の新梢では、その基部に着生している一部の葉は、既に、それ自体の呼吸や生長のために消費する物質の量よりも、光合成作用により生産される物質の量の方が多くなっていて、過剰な分は生長盛んな新梢上部に転流する。開花期ころになると新梢のほぼ中央より上部の葉で生産された光合成産物は先端方向に、それより下部

の葉では基部方向に転流する。結実期が過ぎると新梢の上部約3分の1にある葉は先端方向に、それより下部で果房より上部にある葉では基部方向に、果房より下にある葉では上部方向に転流する。しかし、ブドウの葉は単生で、互生であり、維管束の配列から見ると、果房への光合成産物の転流量は、果房と同列にある葉と反対側にある葉とではおのずと異なっているはずである。この点についてブドウ‘デラウェア’を用いて調査した元村(1982)の結果では、開花前から開花1週間後までは、花(果)房はその近くにある同列葉からのみ光合成産物の供給を受けるが、それ以後になると、反対列葉からも供給を受けるが、なお同列葉からの供給の方が多かった。

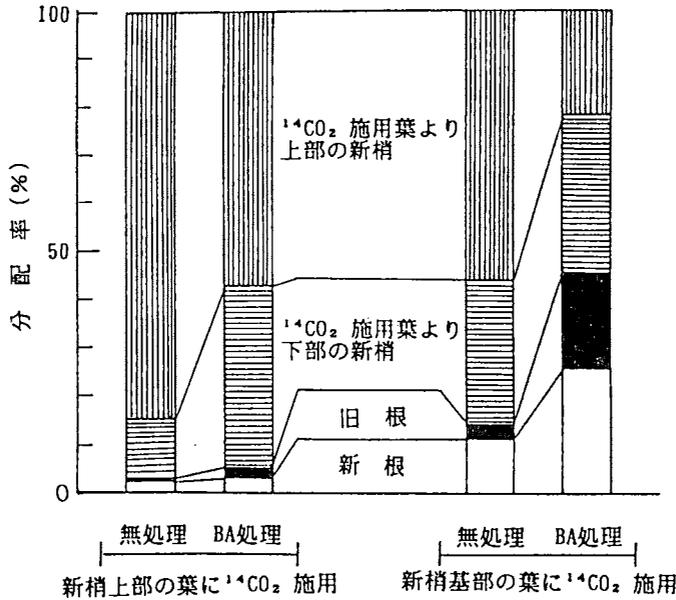
これらの結果は、同一新梢上において、個々の葉で生産された光合成産物の転流方向は時期、葉齢、葉位などによって変化するとともに、それぞれの葉の source としての能力及び樹体の各器官の sink activity の変化によっても変わることを示している。なお、反対列葉から果房に光合成産物が転流する場合、ブドウの枝の維管束の配列からすると、節において光合成産物の転流方向は、いったん垂直から水平方向に変わる必要がある。

4) 植物生長調節物質と光合成産物の転流・分配

植物生長調節物質が、光合成産物の転流・分配に直接関係していることは、「hormone-directed transport」として以前からよく知られている(Muller ら、1966)。温度、光などの環境要因や施肥量、施肥の種類なども転流・分配に影響を与えるが、これらはいずれも間接的な影響と考えられている。

Shindyら(1973)は、鉢植のブドウ‘フレンチ・コロムバード’の新梢が30~35cmに伸長したところに BA (1000ppm) を土壌処理し、2日後同濃度のBAを再処理した翌日に、新梢の上部や基部の単葉に $^{14}\text{C}\text{O}_2$ を施用し、各器官への ^{14}C の分配率の変化を調査した(第4図)。新梢上部の葉に $^{14}\text{C}\text{O}_2$ 施用した場合、無処理区では、85%の ^{14}C が $^{14}\text{C}\text{O}_2$ 施用葉より上部に、12%は下部に分配され、根への分配率は3%のみであった。ところがBA処理区では、根への分配率は変わらなかったが、新梢上部への分配率は57%に減少し、新梢下部への分配率は38%に増加した。また、新梢基部の葉に $^{14}\text{C}\text{O}_2$ を施用した場合、無処理区では、新梢内での分配率は前述のBA処理区と類似した傾向を示したが、新根への分配率は11%に増加した。ところが根にBA処理すると、新梢内での分配率、特に新梢上部への分配率が減少し、旧根に20%、新根に26%と地下部への分配が著しく多くなった。なお、総分配量だけでなく糖、有機酸、アミノ酸の個々の物質への分配率にも影響を与えた。この様に、根にサイトカイニン処理することによって光合成産物の分配率に変化が生じるのは、処理された部位が強い

sinkとなり、根のsink activityが高まり、樹体全体のsink strengthのバランスが変化したためと考えられる。なお、サイトカイニンの代わりにGA₃を処理すると同様な傾向が認められたが、GA₃はサイトカイニンほどsink activityを高めなかった。さらに、CCCを処理すると、取り込まれた¹⁴Cの移動は見られず、ほとんどが¹⁴CO₂を処理した葉に留まっていた。



第4図. ブドウ‘フレンチ・コロナード’の根に対するBA処理が光合成産物の分配に及ぼす影響 (Shindyら, 1973)

ブドウ‘デラウェア’の果粒の生長第1期、第2期、第3期に、果房を上下にそれぞれ15粒ずつに調整後、その下部のみに（上部は無処理区）各種植物生長調節物質を処理し、72時間後果房から20~25cm上部にあり、しかも果房と同じ側に着生している葉（単葉）に¹⁴CO₂を施用し、24時間後果粒中に分配された¹⁴Cの量的変化を調査した例を第2表に示した。果粒の生長第1期にIAA、BA、GA₃を処理した果粒は、無処理果粒より20~40%¹⁴Cの分配率が増加した。他方、生長抑制剤であるABA処理は分配率を22%抑制し、CCC処理では逆に25%増加したが、B-9やMH処理では分配率に変化が認められなかった。しかし、

第2期になると ABAを除いた他の植物生長調節物質処理は、 ^{14}C の分配を抑制し、特に IAA や GA_3 処理は17~27%抑制した。また、第3期になると IAA、BA、 GA_3 処理は第2期の場合と同様に13~25%抑制し、CCC や ABA 処理ではやや分配率が増加した。同様な結果は、Weaverら(1969)がブドウ‘ブラック・コリンズ’で得ており、糖、有機酸、アミノ酸への分配率にも影響することを認めている。

第2表. ブドウ‘デラウェア’の果房に対する植物生長調節物質処理が光合成産物の分配率に及ぼす影響(松井, 1976)

処理物質	果粒の発育ステージ		
	第1期	第2期	第3期
IAA	142 ± 8%	73 ± 6%	75 ± 4%
BA	134 ± 6	92 ± 8	85 ± 6
GA_3	123 ± 7	83 ± 8	87 ± 5
ABA	78 ± 4	101 ± 8	111 ± 8
MH	100 ± 4	94 ± 7	105 ± 6
CCC	125 ± 5	92 ± 5	114 ± 7
B-9	100 ± 5	94 ± 5	103 ± 8

表中の数値は無処理区に対する割合を示す (Mean ± SD)

IAA: Indoleacetic acid(1000ppm)、BA: 6-Benzylamino purine(500ppm)

GA_3 : Gibberellic acid(1000ppm)、ABA: Abscisic acid(1000ppm)

MH: Maleic hydrazide(3000ppm)、CCC: Chlorocholine chloride(3000ppm)

B-9: Succinic acid-2,2-dimethylhydrazide(3000ppm)

以上は、いずれも外生的に植物生長調節物質を処理して得られた結果であるが、明らかに植物生長調節物質が光合成産物の量的・質的分配に影響を与えている。内生の植物生長調節物質の活性は、細胞分裂や細胞肥大が盛んな組織や器官、すなわち新梢の生長点、幼果、未熟種子、根の先端などで高く、そこで物質代謝は活発で、光合成産物の取り込みに対して強いsink activityを有していると言える。また、以前に述べたように、果粒の発育ステージによって内生植物生長調節物質の活性が変化し、第1期ではオーキシン、ジベレリン、サイトカイニンの活性が著しく高く、上記の外生的に植物生長調節物質を処理して得られた結果を支持している。ところが発育時期によっては、これらの物質を処理すると逆に分配率が抑制されることから、オーキシン、ジベレリン、サイトカイニンが常に光合成産物の分配を支配しているとは考え難く、時期によってsink activityとなる内生植物生長調節物質の種類が異なっている可能性を示唆している。