

[連載講座]

ブドウ栽培における諸問題 VII.

千葉大学園芸学部 松井弘之

1. 果粒中の糖蓄積

「なぜ果実に多量の糖が蓄積されるのか？」この特性説明は植物生理学的に大変興味のあるところであり、実際栽培においては、この機能を十分に発揮させることが、高品質果実生産を目指す上で極めて重要であると言える。

植物体は生命維持、生長、繁殖、環境適応などのために、糖、デンプン、タンパク質、脂肪などを特定の器官に蓄積する。例えば、果樹や果菜類では果実に、サトウキビでは茎に、テンサイでは根に糖を蓄積する。しかし、各器官に蓄積される糖の量は、生理的に必要と考えられる量よりはるかに多い。これは異常とも言える個体を人類が長い年月をかけて選抜、育種し、作物化した結果であり、この性質は遺伝的に固定されている。しかし、糖の蓄積量は気象条件や栽培管理技術の善し悪しによって大きく変動し、またそのメカニズムは極めて複雑で、いまだ不明確な点が多い。

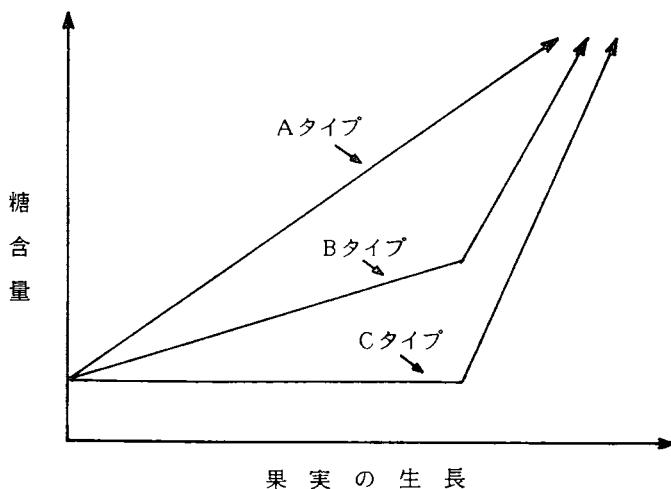
果実中に貯蔵される主な糖は、ブドウ糖、果糖、ショ糖であるが、他にソルビートル、ガラクトース、キシロース、アラビノースなども若干蓄積される。成熟期の果実に蓄積される糖の種類は、カンキツ、モモ、カキ（富有）、リンゴ（紅玉）ではショ糖、ナシでは果糖、リンゴ（スターキング）では果糖とショ糖、ブドウではブドウ糖と果糖、カキ（平核無）ではブドウ糖、果糖、ショ糖で、果実の種類やリンゴ、カキのように品種によっても異なっている（第1表）。ただし、蓄積される糖の組成は栽培条件や栽培地によっても変わることが知られている。

一方、開花後果実の生長に伴う糖蓄積パターンも、果実の種類によって異なり、おおむね次の3タイプに区別できる（第1図）。Aは幼果期から成熟期まで一定割合で糖を蓄積するタイプで、カンキツやカキなどがこのグループに属する。Bにはリンゴ、ナシ、モモなどが属し、幼果期中はゆるやかに糖を蓄積し、成熟期に入ると急激な蓄積をするタイプである。Cにはブドウやイチジクなどが属し、幼果期中はほとんど糖を蓄積せず、果実の種類によっては生長に伴って漸減するものもあるが、成熟期に入ると極めて急速に糖を蓄積するタイプである。このようにブドウ果粒の糖の蓄積パターンはCタイプであり、蓄積

する糖の種類はブドウ糖と果糖で、成熟期の両者の割合は品種により多少異なるもののほぼ同含量である。

第1表 数種の成熟果実の糖分構成 (g/100g fw)

果実の種類 (品種)	ブドウ糖	果糖	ショ糖	研究者
ブドウ (デラウェア)	8.5	9.4	0.0	松井, 1976
モモ (大久保)	0.5	0.6	8.4	石田, 1972
ナシ (二十世紀)	1.8	5.7	2.2	平田ら, 1969
リンゴ (紅玉)	2.6	2.3	6.5	果試盛岡, 1977
(スターキング)	1.7	4.8	6.0	果試盛岡, 1977
カキ (平核無)	4.5	4.0	5.6	鄭ら, 1985
(富有)	2.0	1.9	10.8	鄭ら, 1985
カンキツ (普通温州)	1.9	1.9	6.1	森本, 1970



第1図 果実の生長に伴う糖蓄積パターンの模式図

Aタイプ: カキ, カンキツ
 Bタイプ: リンゴ, ナシ, モモ
 Cタイプ: ブドウ, イチジク

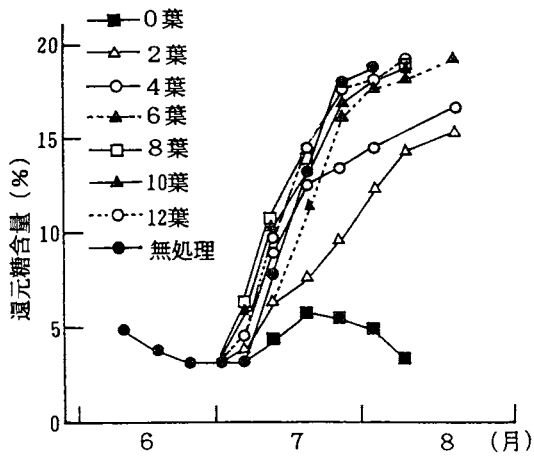
(a) 葉数や着葉部位と糖の蓄積

果粒中に糖が十分蓄積されるには、葉からの光合成産物の転流・分配が最も

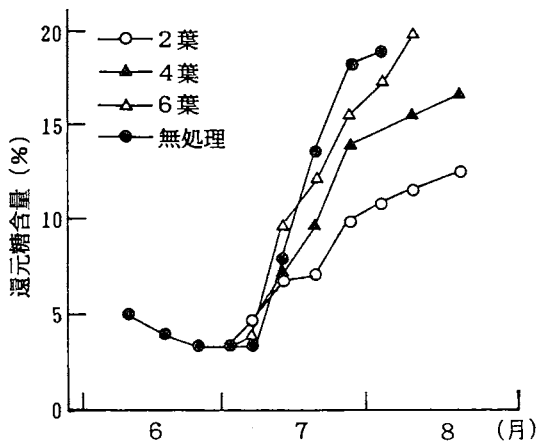
重要である。一般に、一結果枝には多くの葉が着生しているが、果粒中に正常に糖を蓄積するためには、これほど多くの葉を必要としないし、かえっていつまでも新梢が生長を続けていると、葉数が増えて樹全体の光合成能力が増大するように思えるが、新梢の生長のために光合成産物がそちらに奪われ、果粒への分配が少なくなる。従って、実際栽培では一果房当たりどの程度の葉数が必要かをしておく必要がある。

新梢上の葉数を変え、その後の糖蓄積パターンを‘デラウェア’で調べられた例を示すと(第2図)、1果房当たり4葉以下では糖の蓄積が劣り、収穫時に無処理区の糖含量が約19%であったのに対して、4葉区と2葉区ではまだ約14%と12%で、無処理区の収穫後2週間目でも約17%と15%であった。6葉以上になると最終的には無処理区の糖含量と同じになるが、2週間程度糖の蓄積が遅れる。ただし、0葉区でも全摘葉後しばらくは糖の上昇が認められた。これらの結果は、‘デラウェア’の場合、1果房を正常に成熟させるには最低8葉必要なことを示している。ただし、永年作物であるブドウの場合、新梢の生長や次年度の春先の生長に必要な貯蔵養分の蓄積が重要であることから、‘デラウェア’の場合、一結果枝に1果房であるなら理論的には10葉程度必要と考えられる。しかしながら、‘デラウェア’は少なくとも一結果枝に2果房着生させるので、その場合には18葉程度、3果房では26葉程度は必要である。同様な結果は、Kliewerら(1970、1971)が‘トムソン・シードレス’と‘フレーム・トーケー’で明らかにしている。

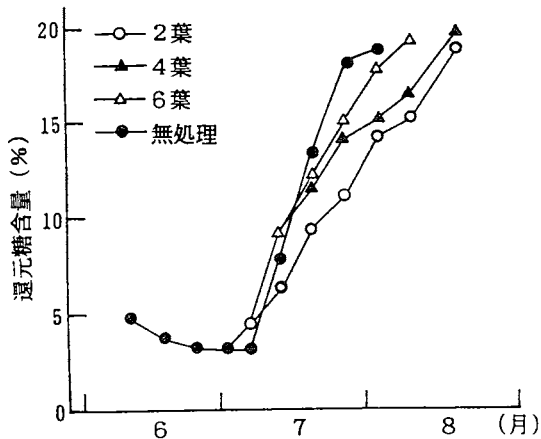
また、葉の着生部位も光合成産物の転流方向や果房への分配量に影響することが知られている(Haleら1962、元村1987)。すなわち、新梢上のいずれの葉も同程度の光合成産物を果房に転流させるとは限らない。例えば、第2図に示したように、葉が果房より上部に位置し、果房の反対側に全ての葉があるB区と、果房より上部に位置し、果房と同列に全ての葉があるC区と糖の蓄積パターンを比較すると、明らかに果房と同列に葉がある方が糖の蓄積が優っている。また、D区とE区のように果房より下部に位置する葉においても果房と同列葉の方が糖の蓄積が高い。これはブドウにおける葉から果房への維管束の配列に関係していて、光合成産物は枝に対して平行移動が強く、節において可能な水平移動は弱いと考えられる。さらに、果房より下部に位置する葉と果房の上部に位置する葉の能力を比較すると、G区よりF区が、H区よりI区が糖の蓄積において優っており、果房より基部にある葉も果実の糖蓄積に重要な働きをしていることを示している。ところが、実際栽培では基部葉はしばしば乾燥や遮光により落葉していることが多く、この点は栽培上十分に注意せねばならないところである。



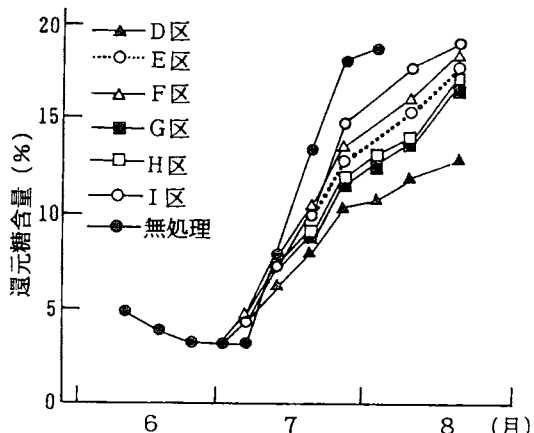
A区における還元糖含量の変化



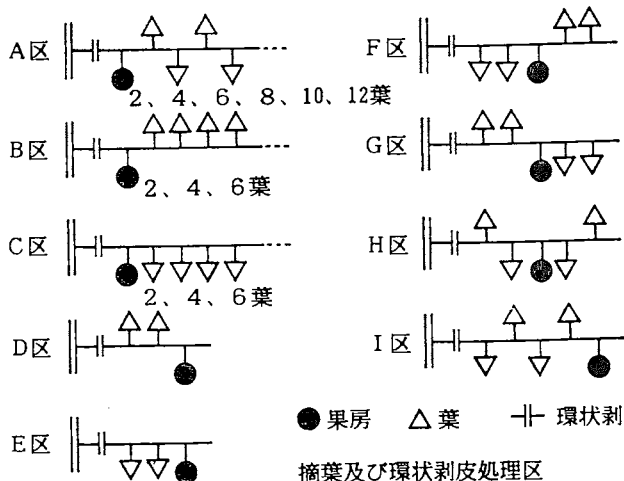
B区における還元糖含量の変化



C区における還元糖含量の変化



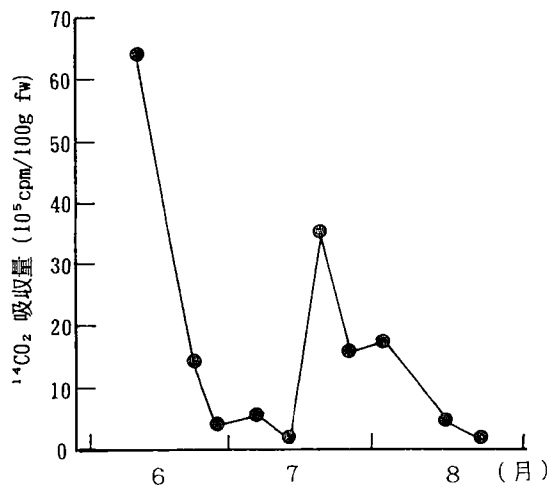
D~I区における還元糖含量の変化



第2図 葉数、着葉部位がブドウ'デラウェア'果粒の糖蓄積に及ぼす影響 (松井ら、1990)

(b) 果粒自体の光合成

葉の光合成能力に比較すればかなり劣るものの、果粒自体にも光合成能力のあることは以前に述べた通りである。ところが、種々の果実を用いて、生育期間中の ^{14}C の取り込み量を調べると（松井ら、1981）、ブドウの場合、他の果実と異なり果粒の生長第1期初期と第3期初期に極めて高くなり（第3図）、取り込まれた ^{14}C は糖分画中に多く存在し、一般に言われているように単に有機酸の生合成だけでなく、成熟期の急速な糖の蓄積にも関係しているように思われる。

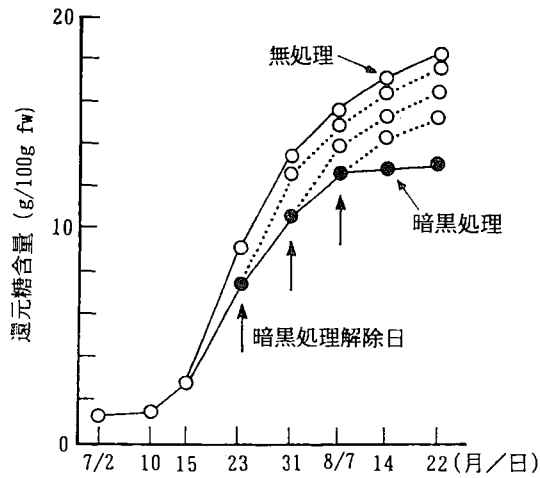


第3図 ブドウ‘デラウェア’果粒における光合成量の変化（松井ら、1980）

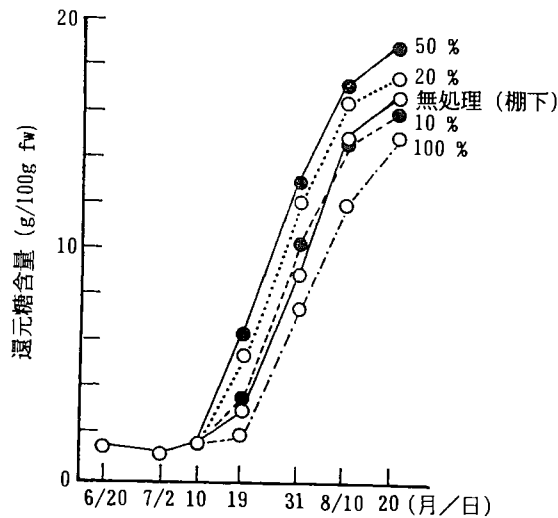
もしこの結論が正しければ、第3期に果粒自体で光合成ができない状態になると、成熟期の糖の蓄積に何らかの影響が現われるはずである。事実、果房を被覆し暗黒状態にすると成熟期の糖の上昇カーブは鈍くなり、最終糖濃度は約13%にしかならなかった。ただし、途中で暗黒状態を解除すると、その後急速な糖の蓄積が起こり、解除の早いものほど糖の蓄積が多くなった（第4図）。これらの結果から、成熟期の糖の蓄積には果粒自体の光合成も重要な働きをしており、果房にも十分に光が当たるようにすることが大切である。

それでは、どの程度の光度が高い糖含量の果粒を生産するのに必要かを、果房に対する光度を変えて調査した結果では、棚下の果房に比較して全日射の20~50%区で糖含量が高くなり、特に50%区では約2%も高くなった（第5図）。わが国のブドウ栽培はほとんどが棚仕立てであり、果房に対する日射量が少なく、棚下の光度は晴天時の棚上の光度の10%程度であるから、糖の蓄積の面か

ら見れば棚下の光度はかなり不足気味といえる。従って、棚面が過繁茂にならないように芽かき、誘引、摘芯などの新梢管理に注意せねばならない。



第4図 ブドウ‘デラウェア’果房の暗黒処理が果粒の糖蓄積に及ぼす影響 (松井ら、1979)



第5図 光度がブドウ‘デラウェア’果粒の糖含量に及ぼす影響 (松井ら、1980)

(c) 内部成分の還元糖化

ブドウの果粒が成熟期に入ると、細胞壁や細胞と細胞との間の組織の変性、すなわち、セルロース、ヘミセルロース、ペクチン質といった多糖類の分解が生じ、果粒の軟化が起こる。また、同時に有機酸（リンゴ酸、酒石酸）が急減する。これらは成熟期独特の現象であり、以前から糖蓄積との関連性が指摘されている。事実、生長第1期後期に当たる果粒から調整した多糖類を基質に、第3期の果粒から抽出した粗酵素を添加・培養すると、培養液中の還元糖含量が次第に増加した。すなわち、第3期には多糖類分解酵素の活性が高まり、分解物の一部は還元糖に変化することを示している（松井ら、1979）。

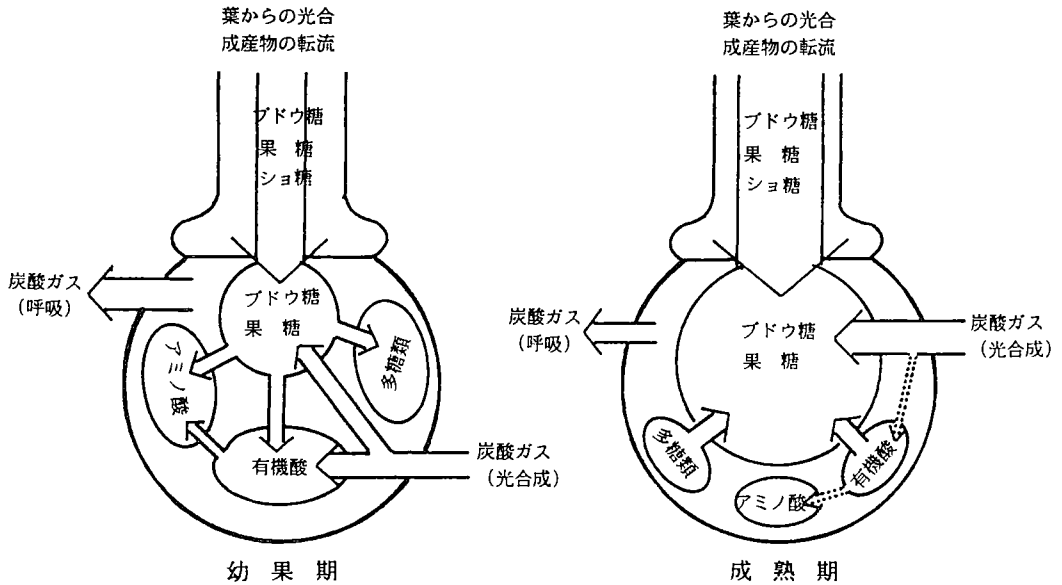
また、リンゴ酸- ^{14}C (U) を含む培養液を果梗から吸収させ、果粒内に取り込まれた ^{14}C の糖、有機酸、アミノ酸分画への分配率を見ると、第1期後期には糖分画に8%しか存在しなかったが、第3期初期に20%、中期に31%と熟期が進むにつれて増加し、蓄積されていたリンゴ酸の一部も還元糖に変化し、糖の増加に関係していることを示している（第2表）。

第2表 ブドウ‘デラウェア’の果梗よりリンゴ酸- ^{14}C (U) を吸収した後2時間後の各分画への ^{14}C 分配率の変化（松井、1976）

分 画	7月3日	7月15日	8月1日	8月10日
糖	8 %	20 %	31 %	18 %
有機酸	59	45	38	41
アミノ酸	33	35	31	41

これらの結論を総合すると、成熟期のブドウ果粒の糖蓄積のメカニズムは第6図のように考えられる。すなわち、幼果期では、葉から転流してきた光合成産物や果粒自体で生産された光合成産物の大部分は、果粒の生長のために消費され、糖の蓄積は起こらない。しかし、成熟期に入ると葉から果実に転流する光合成産物の量が増加するとともに、果粒自体での光合成も再び活発となり、盛んに還元糖を生成する。ところが、幼果期と異なり果粒の生長第3期になると、ヘキソキナーゼの活性が急激に低下し（松井、1976）、果粒内での消費が減るため糖が蓄積される。さらに、幼果期中に蓄積された有機酸、特にリンゴ酸の一部が還元糖に変わったり、果粒の軟化に伴う多糖類の還元糖化などがあいまって起こり、成熟期の短期間に急速な糖の蓄積を行なう（果粒当たり1日で約8mgの還元糖を蓄積）。この急速な糖の蓄積にそれぞれがどの程度貢献しているかを計算すると、例えば成熟期の最終的な糖含量を17%とするならば、

その内訳は葉からの光合成産物の転流により約12%、果粒自体の光合成により約3%、有機酸や多糖類の還元糖化により約2%と推定される。いずれにしろ糖の蓄積に関与するこれらの諸要因を十分に満たしてやれば、高い糖含量の果粒が得られるであろう。



第6図 ブドウ 'デラウェア' 果粒の糖蓄積メカニズムの模式図