

ブドウ(デラウェア種)果粒成熟期における無機栄養素の果粒内組織への分布状況について

山 本 喜 啓
(食品学研究室)

Distribution of Inorganic Nutrients in Delaware Berry During Ripening Period.

Yoshihira YAMAMOTO

緒 言

ブドウ果粒の肥大成熟期間における無機栄養素の欠乏および過剰は樹体の生長を阻害するのみでなく果粒の生長にも著しく影響する。とくに、生長第3期における果粒内無機栄養素含量は果粒の品質を決定する大きな要因である。

細井・遠藤(1955)⁽⁴⁾はデラウェアについてチッ素、リンおよびカリウムの果房への吸収量を調査し、各栄養素とも7月6日以後吸収量が多くなったことを認めている。とくに、カリウムに顕著な傾向を認めたと報告している。また、広保(1960)⁽²⁾はブラック・クィーンを用いて全樹体の部位別にチッ素、リン、カリウム、カルシウムおよびマグネシウムの吸収量を調査した。その結果、カルシウムはチッ素およびカリウムと同様に果粒成熟期には果房への吸収量が増加し、マグネシウムは果粒成熟期の後半には吸収量が低下することを報告している。果粒の品質に対し強い影響力を持つため、果粒成熟期における果粒内無機栄養素含量については前述のごとく現在まで十分に調査されている。しかしながら、果粒内組織別、すなわち果皮、果肉および種子別に無機栄養素含量を調査したものはない。

本報告は果粒成熟過程に対する無機栄養素の持つ意義を検討する基礎的資料を得る目的で、果皮、果肉および種子別にチッ素、リン、カリウム、カルシウムおよびマグネシウムの含量を調査したものである。

実験材料および方法

本実験は施肥量を一定に保持するため砂耕法により行なった。斐伊川より採取した川砂を用い、3年生デラウェア樹を容量の10ℓのポリバケツに定植した。表-1に示した組成の肥料溶液を毎朝1樹当2ℓ、夕方には水道水を同量灌注した。なお、施肥溶液は小林(1961)⁽⁵⁾⁽⁶⁾、広保(1963)⁽³⁾およびHEWITT(1966)⁽¹⁾の報告を参考にし

作成したものである。以上の砂耕は1971年4月1日より同年8月16日まで行なった。

表-1 砂耕用施肥溶液

組 成	mg/ℓ
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	33.48
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	238.85
K_2SO_4	72.50
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	176.00
Na_2HPO_4	223.80
微量元素として、 H_3BO_3 , $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{M}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Fe-citrate を使用した	

供試個体1樹当り新梢数、果房数および果粒数は一定にそろえた。試料は満開後35日目、45日目、57日目および72日目に採取した。試料は3個体より100果粒採取し、果皮、果肉および種子に分別した。各試料とも新鮮重を測定し-20°Cにて冷凍貯蔵し、順次分析を行なった。

前報と同様の方法により水不溶性区分および水可溶性区分に分別し、ケルダール法とネスラー法の併用によってチッ素量を測定した。つぎに、水可溶性区分は蒸発乾固したのち、水不溶性区分と同一条件にて灰化した。各灰を(1:1)塩酸2mlにて溶解し、全量を100mlに蒸留水に調整し分析用検液とした。リンはバナドモリブデン黄法、カリウムは炎光法、カルシウムおよびマグネシウムはキレート滴定法により測定した。

実験結果

果粒各組織の新鮮重を表-2に示したが、各組織とも順調に生長していることが認められる。なお、57日目には果肉の軟化が始まっていたことが観察された。

表一 果粒各組織の新鮮重

(果粒100粒中g数)

満開後日数	果皮	果肉	種子	果粒
35	10.55	50.01	5.78	66.34
45	11.96	56.32	6.41	74.69
57	20.08	61.14	6.63	87.85
72	24.22	83.10	7.05	114.37

全果粒中の各栄養素含量を表一に示した。リン以外の栄養素は成熟とともに含量が増加し、とくにカリウムが顕著であった。しかしながら、57日目から72日目にかけて、カリウムおよびマグネシウム含量は増加量がやや鈍化している。一方、この期間にカルシウム含量は低下する傾向があった。また、リン含量は果粒の成熟とともにやや減少する傾向があった。

つぎに、各栄養素の組織別分布割合を図一に示した。なお、分布割合は各時期における全果粒中の各栄養素含量を100とし、各組織別含量をあらわしたものである。

チッ素は果肉が40~50%の割合を占め、45日目以後果肉の占める割合が高くなった。種子では果肉とは反対の傾向を示し、45日目に36.3%と果肉とはほぼ同じ割合を占め果粒成熟期間中もっとも高かった。果皮は57日目に占める割合がやや増加した程度であった。

リンは種子の占める割合が圧倒的に高く、57日目まで85%以上であった。果皮および果肉では極端に低く、とくに果皮では57日目まで1.86mg/100果粒と低含量であった。

カリウムは果皮が全果粒中含量の50~89%を占めた。果皮も35日目25.5%と低かったが、完熟期には39.2%と高い割合を示した。一方、種子では果皮とは反対の傾向を示し72日目では4.6%と非常にその割合が低かった。また、各組織におけるカリウム含量は他の栄養素含量と比較しても非常に高かった。すなわち、果肉では57日目119.4mg/100果粒、72日目197.1mg/100果粒と、チッ素含量よりも極端に高くなった。果皮でも57日目74.0mg/100果粒、72日目137.9mg/100果粒と高かった。

カルシウムは成熟期間中を通じて種子の占める割合が高く、ついで果皮、果肉の順であった。種子では成熟とともに全果粒中含量に対する割合を増加し、72日目には52.6%と高くなった。一方、果皮および果肉ではその割合は減少する傾向を示した。とくに果肉では10.0mg/100果粒以下とその含量も低かった。

最後に、マグネシウムの各組織別分布状態はチッ素と類似した傾向を示した。果皮において全果粒中含量に対

する割合が成熟とともにやや高まる傾向があった。しかし、種子および果肉では果粒成熟期間中その割合はむしろ一定に保持されているようであった。

果粒成熟期間中に全果粒に対する各組織別に新鮮重割合をみると、種子は9%以下、果皮は20%前後である。しかし、各栄養素は果肉以外の組織においても高い割合で分布し、また果粒の成熟段階によってもその割合で変化することが認められた。

表一 果粒内各組織におけるチッ素、リン、カリウム、カルシウムおよびマグネシウム含量

(果粒100粒中mg数)

満開後日数	チッ素				リン			カリウム			カルシウム			マグネシウム					
	果皮	果肉	種子	果粒	果皮	果肉	種子	果皮	果肉	種子	果皮	果肉	種子	果皮	果肉	種子			
35	25.56	54.69	34.81	115.06	0.86	4.26	55.36	58.48	13.52	27.40	12.11	53.03	7.97	4.88	9.99	22.84	3.27	6.73	5.89
45	22.59	39.91	34.42	94.92	1.16	2.75	26.89	50.78	23.89	36.39	12.47	72.75	11.78	6.24	14.54	32.56	4.32	6.99	5.06
57	32.57	47.58	33.38	113.53	1.82	4.02	31.14	35.98	74.04	119.42	12.56	206.02	13.12	10.03	20.34	43.49	6.94	12.20	6.57
72	39.20	67.06	29.32	135.58	4.16	6.48	23.38	54.02	39.88	199.11	16.30	351.29	11.13	7.17	20.29	38.59	8.15	11.67	7.74

考 察

全果粒における各栄養素含量は果粒の成熟期間には急激に増加した。とくに、カリウムにその傾向が顕著であった。このことは細井ら (1955)⁽⁴⁾ および広保 (1960)⁽²⁾ の報告と一致するものである。しかし、カルシウムについて、KOZMA (1970)⁽¹⁾ および広保 (1960)⁽²⁾ は果粒成熟期間中にはカリウムと同じく果粒中含量が高いと報告しているが、本実験ではその傾向は認められなかった。これは、カリウムがそのイオンの特殊性により果粒に多く吸収されたためカルシウム—カリウム間のきっ抗作用によってカルシウムの果房への吸収をカリウムが阻害したためと考えられる。

チッ素は細胞構成物質に必須の栄養素であるため生長の盛んな時期にその含量は高くなる。また、過剰に細胞内に取り込まれた場合、アミノ酸あるいはアミドとしてチッ素は細胞内に貯蔵される。種子は果粒の成熟期間にはすでに完熟しており、そのため果粒の成熟とともにチッ素の分布割合が低下するものと考えられる。一方、果肉および果皮ではチッ素含量が果粒の成熟とともに増加し、その全果粒に対し占める割合も高くなっている。これは57日目までは果肉および果皮の細胞も生長が盛んであり、また、アミノ酸などの代謝も活発であるためと考えられる。しかし、57日目以後において、果肉細胞は生長よりむしろ老化に向っていると考えるべきであろう。そのため、チッ素代謝は停滞し樹体の他の部位より転流してきたチッ素物質はアミノ酸あるいはアミドなどの形態で果肉に蓄積するのであろう。72日目には果肉内チッ素含量の84.8%が水可溶性区分にあることがこのことをよく示していると考えられる。

リンは果粒内含量の90%以上が種子に集中し、しかも果粒の成熟が進むにつれて種子内リン含量が低下している。このことは、果粒の成熟に対してよりも種子の完熟あるいは休眠のためにリンを果粒が要求していると考えられる。種子は成熟後種子内に貯蔵物質を合成する代謝が盛んとなり、その際、リンは代謝中間物質あるいは糖とのリン酸エステル、ATPなどの高エネルギー物質などの貯蔵物質合成代謝系において重要な役割を果していると考えられる。このことは水可溶性区分に多くリンが含まれていたことから推察される。

果粒成熟期において特異的に吸収されるカリウムは俗に「玉肥」といわれ果粒の品質に対し大きな影響力を持つと従来から考えられてきた。本実験においてもカリウムの急激な果粒内への転流が認められた。

カリウムはブドウ果粒内において有機酸と結合し果粒細胞内の P^H を調整する緩衝剤とされていた。しかし、果

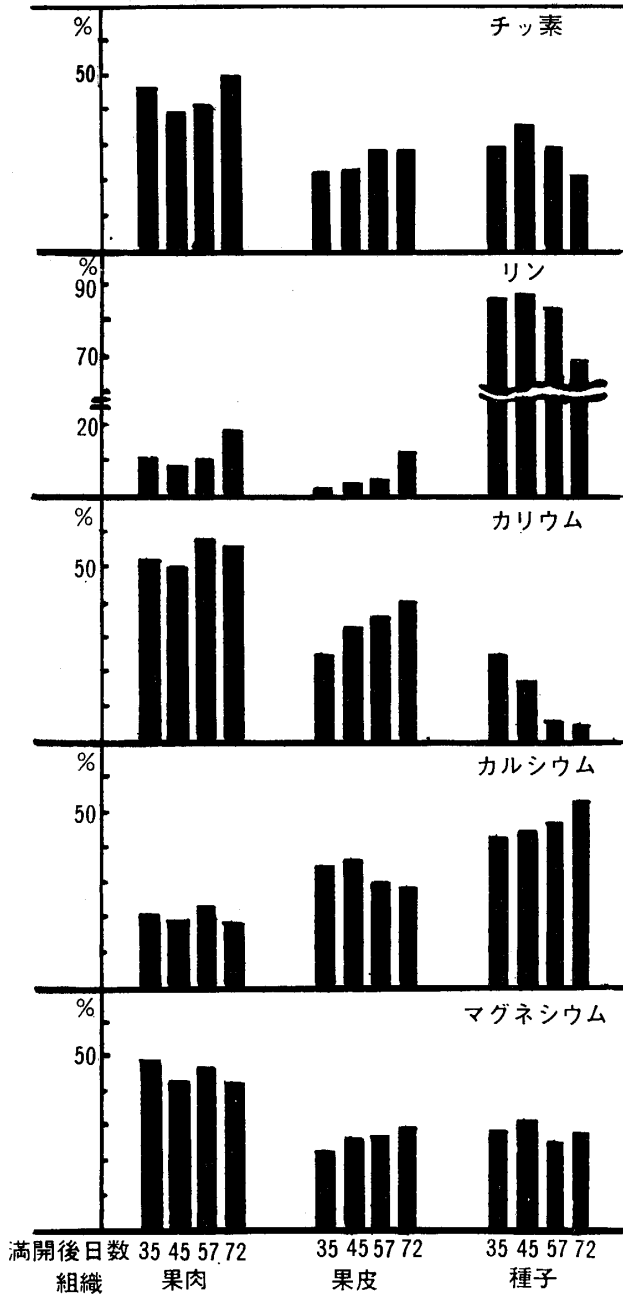


図 - 1 各栄養素の全果粒中含量に対する果粒内各組織内含量の割合

皮においてカリウム含量が高く、しかも果粒の成熟とともに全果粒中含量に対する割合も高くなっている。このことから、ブドウ果粒内細胞の緩衝剤としてのみカリウムの作用を考えるのは危険である。カリウムが欠乏した場合、アミノ酸の蓄積がありタンパク質の合成が阻害されることから、カリウムはタンパク質代謝に関与すると考えられている。このことは、本実験においても満開後57日目まで果肉のカリウム含量の急激な増加があり、57日目から72日目には増加割合が低下している。一方、57日目から72日目にはチッ素含量の大部分が水可溶性区分にあった。以上の果肉におけるカリウムとチッ素含量の関係はカリウムのタンパク質代謝への関与が果粒内においても考えられる。

57日目に果皮および果肉内カリウム含量の増加率が果粒成熟期間中最高であった。しかも、この期間に果肉の軟化が開始されたのを観察したことからカリウムの細胞膜の透過性に対する作用も考えられる。

果肉および果皮と異なった様相を種子では示した。すでに生長を終了した種子では果粒の成熟期間中ほとんどその含量に変動がみられなかった。生長に対するカリウムの生理作用を考える場合このことは興味あることである。

さらに注目すべきは、各組織においてカリウムは大部分が水可溶性区分に含まれていることである。このことはカリウムが遊離の状態にあるか、もしくは他の物質と結合状態にあっても不安定な状態にあるものと考えられる。

以上のようにカリウムは果粒の成熟に対して多くの生理的作用があると考えられる。果粒の成熟に対するカリウムの生理的作用については満開後50日目から57日目の期間にさらに検討を加える必要があると考える。

本実験においてはカリウムとのきつ抗作用によりカルシウムの果粒への吸収がおさえられたようである。全果粒中含量に対するカルシウムの分布は種子の占める割合が高く、この傾向は果粒の成熟が進むとともに強くなった。このことはカルシウムの代謝最終生産物との結合作用から考え十分に推察できる。果肉内カルシウム含量が低く、しかも大部分水可溶性区分にあったことから、果肉細胞内で有機酸との結合はなかったと考えられる。また、同様にカルシウムとペクチンの結合もなかったと考えられる。

マグネシウムはチッ素と類似した分布状況を示した。全果粒中含量は成熟とともにやや増加したが、各組織への分布割合もほぼ一定していた。マグネシウムが葉緑素の構成物質であること、また各種酵素の補助因子であるこ

とからチッ素含量と同じ傾向を示すことも、また各組織に分布することも十分に推察される。

以上のように、チッ素およびマグネシウムは果皮、果肉および種子と一様に分布したが、リンおよびカルシウムは種子に、カリウムは果皮および果肉に多く分布していることが認められた。しかしながら、無機栄養素の果粒成熟過程への作用をさらに明確にするためには、果粒成熟過程において特異的に変動する糖、有機酸およびタンパク質などの有機物質との関連を検討する必要がある。

摘 要

3年生デラウェア樹を用い、砂耕法により本実験を行った。果粒成熟期における無機栄養素の果粒成熟に対する作用を検討するため、果粒内組織、果皮、果肉および種子中の各無機栄養素含量を調査し、同時に各組織への各無機栄養素の分布状態を検討した。

- (1) チッ素は果粒成熟期には果粒への吸収が増加し、果肉内に全果粒中含量の40~50%が存在した。
- (2) リンは果粒成熟期には全果粒中含量はやや増加する程度であった。しかし、果粒内組織への分布状態は特異的であった。すなわち、種子へのリンの集中が著しく、とくに果粒成熟期前半においてその傾向が顕著であった。
- (3) カリウムは果粒への吸収が果粒成熟期において著しかった。とくに57日目にその傾向が顕著であった。果粒内組織への分布についても、果肉内含量の占める割合が高かった。種子内含量は極端に低くなった。果粒成熟後半には果皮内含量も高くなった。
- (4) カルシウムは意外に果粒内含量が低かった。全果粒中含量に対する各組織内含量の割合は種子が一番高く、ついで果皮、果肉の順であった。この傾向は果粒の成熟とともに顕著にあらわれた。
- (5) マグネシウムは果粒成熟とともに果粒内含量は増加したが、5栄養素中最低であった。また、果粒内各組織への分布状況はチッ素と類似した。

以上のように無機栄養素の果粒内組織への分布は明らかとなった。

引用文献

1. HEWITT, E. J. sand and water culture methods used in study of plant nutrition P187 C.B.A (1966)
2. 広保 正 園学誌 30:111 (1960)
3. 広保 正 京大学位論文 (1963)
4. 細井寅三, 遠藤隔郎 農及園 30:1497 (1955)
5. KOBAYASHI, A., T. HOSOI, R. NAITO,,

- R, ISODA, and H. INOUE, Bull. Res. Inst. for Food Sci. Kyofu Univ 23:28 (1961)
6. KOBAYASHI, A., T. HOSOI, U. YUN, and S. MIZUTANI, Bull. Res. Inst. for Food Sci. Kyofu Univ 23:47 (1961)
7. KOZMA, P. ブドウ栽培の基礎理論 誠文堂新光社 (1970)
8. 山本喜啓 本誌 (1972)

(昭和47年1月16日受理)