

ブドウ (デラウェア種) の成熟期における果皮, 果肉 および種子中の含チッ素物質の消長について

山 本 喜 啓
(食品学研究室)

Changes in the Content of Nitrogen Compound in Epidermis,
Pericarp and Seed of Delaware Berry During Ripening Period.

Yoshihira YAMAMOTO

緒 言

ブドウ果粒は開花後約80日程の期間で成熟し、可食にいたる。この果粒の肥大成熟過程は、外形的生長に基づき第1期、第2期および第3期よりなると考えられている。⁽¹¹⁾⁽¹⁸⁾⁽²²⁾すなわち、第1期には果粒内細胞個々の体積増加、第3期には果粒内細胞個々の内容物増加を主とした果粒生長が行なわれている。したがって、第2期を境として果粒生長の様相は異なるものと考えられている。

生長第1期に比べ、種子の成熟に続く生長第3期は果粒の成熟期間であるといえる。果粒重の急激な増加、⁽¹¹⁾⁽¹⁸⁾⁽²²⁾子房外壁の最外層および表皮の細胞分裂停止にともなう果皮の果肉組織からの分化、⁽¹⁷⁾ペクチン質物の減少あるいはプロトペクチンの可溶化による果肉組織の軟化、⁽⁶⁾⁽¹⁵⁾果皮の着色など外形的変化が著しい。また物質代謝についても、⁽⁹⁾⁽²²⁾酒石酸、リンゴ酸など有機酸含量の低下、⁽⁸⁾⁽¹⁰⁾⁽²⁰⁾⁽²¹⁾ブドウ糖、果糖など糖含量の急激な増加、⁽²⁾⁽¹⁴⁾植物ホルモン物質の含量変化なども報告されている。一方、⁽⁵⁾⁽⁷⁾無機物質、とくにチッ素およびカリウムの果房への転流も著しい。したがって、第3期には細胞組織の変化および細胞内含有物質の質的、量的変化が果粒内にて起こり、果粒を成熟可食に達せしめるのであろう。

果粒の成熟過程における前述の物質代謝に対し種々の酵素が作用することは明らかである。また、細胞形成あるいは生物学的生命現象に重要な物質といわれるタンパク質、核酸、アミノ酸、アミドおよび低分子ポリペプチドなど含チッ素物質も果粒成熟に対し大きな役割を持つと考えられる。⁽⁷⁾

細井ら⁽⁵⁾(1955)はデラウェアにつき、広保⁽⁶⁾(1960)はブラック・クインにつき成熟期には果房へのチッ素の転流が著しいことを報告している。また、GADZSIEV⁽¹²⁾(1956)はコンコードにつき同様のことを認め、同時に成熟期でも可溶性チッ素含量の変化の大きいことを報告している。一方、サルタニアについて、成熟期にはアル

ギニン、⁽¹³⁾プロリンおよびアミノ酪酸含量が高くなると⁽¹⁹⁾KLIEWER (1966)が報告している。齊藤⁽³⁾⁽⁴⁾(1969)はデラウェアにつき、HAWKER (1965)はサルタニアにつき糖および有機酸代謝に関与する酵素の含量および活性を調査している。以上のように、ブドウ果粒成熟期間中における含チッ素物質含量の消長について盛んに検討されている。

果皮と果肉の明らかな組織的分化が認められた後には、果皮、果肉および種子組織学的あるいは代謝生理学的にも異質な生長過程をそれぞれが示すものと考えられる。そこで、本実験はブドウ果粒成熟過程に関与する代謝系の転換点を明確に把握するため、その基礎的資料を得る目的で果皮、果肉および種子中の含チッ素物質含量を調査検討した。

実験材料および方法

島根大学附属本庄農場栽植の7年デラウェア樹より採取した果粒につき調査した。果粒は、中川ら⁽¹⁸⁾(1966)の報告に基づき、満開後10日目の1968年6月14日より同年8月21日まで14回採取した。試料は50果粒3反復採取し、果皮、果肉および種子に分けた。それぞれ新鮮重を測定した後、 -20°C にて冷凍貯蔵し分析に供した。また別に、各試料採取日に10果粒3反復採取し果粒新鮮重を測定した。つぎに、同一試料を磨砕し、 100°C にて3日間乾燥したものをデシケーター中にて放冷後重量を測定し、乾物重とした。

含チッ素物質の分別

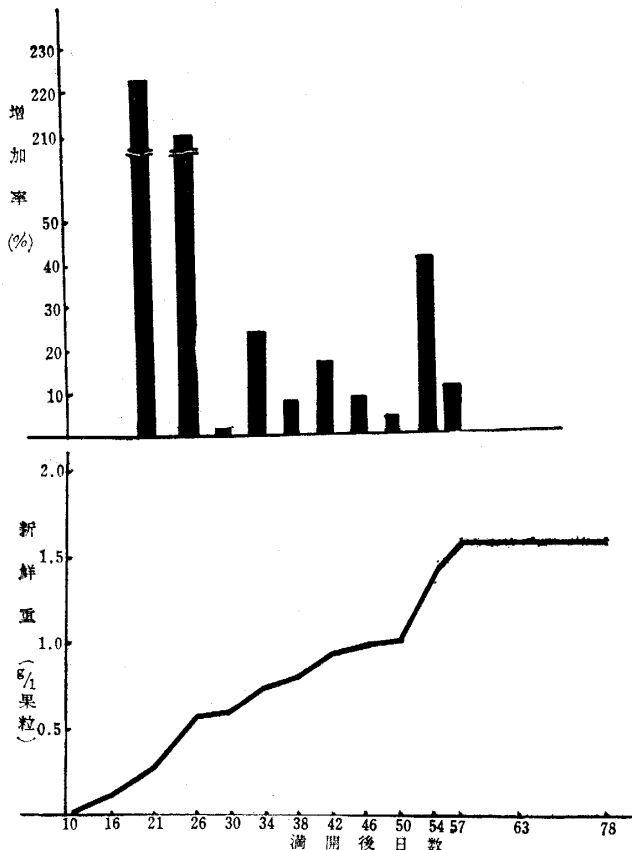
試料をホモゲナイザーにより十分に破碎し、試料の10倍量の水を加えた。 $80\pm 2^{\circ}\text{C}$ にて20分間の抽出を行なった。冷却後東洋口紙No. 2にて口過した。抽出残渣について再び同様の抽出を行なった。以上の抽出操作を3回行ない口液をあわせ抽出液とした。以上の操作により、残渣を水不溶性区分とした。つぎに、抽出液5に対

し10%中性酢酸鉛2%硫酸液1を加え一夜冷蔵庫中にて放置した。沈でんを東洋口紙No. 6にて口別し、この沈でんを水可溶性酢酸鉛沈でん区分とした。各区分とも硫酸分解後、ケルダール法およびネスラー法の併用によりチッ素量を測定した。水可溶性区分は抽出液から水可溶性酢酸鉛区分を差し引いた値とした。

なお、満開後30日目以後の試料についてのみ果皮、果肉および種子別に調査した。

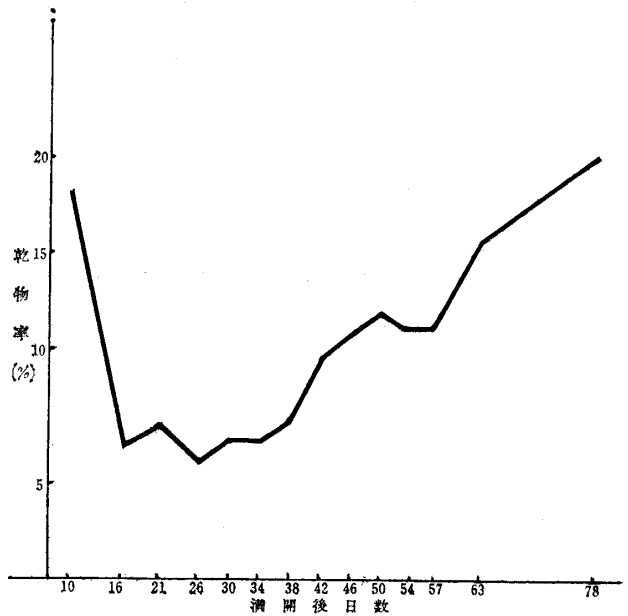
実験結果

1: 全果粒および各組織別新鮮重生長量について。



図一 果粒肥大成熟期間中における果粒新鮮重およびその増加率の変化

全果粒の新鮮重増加曲線を図一1に示した。新鮮重は10日目から26日目まで急激に増加した。その後も新鮮重は増加し、とくに50日目から54日目および57日目にかけて急激な増加を示した。26日目以後において、34日目、42日目および54日目に顕著な新鮮重増加を認めた。新鮮重増加率でみると、30日目はそれ以前に認められた100%以上の新鮮重増加率に比較して極端に低かった。同様に、34日目と比較した場合も30日目の新鮮重増加率は明らかに低った。



図二 果粒肥大成熟期間中における乾物割合の変化

全果粒の乾物割合は26日目から34日目にかけて全成熟期間中もっとも低かった。その後、乾物割合は急激に増加した。しかし、54日目および57日目には乾物生長の明らかな停滞が認められた。

表一 果粒成熟期間中における果粒内各組織の新鮮重 (100果粒当りのg数)

満開後日数	30	34	38	42	46	50	54	57	63	78
果皮	14.00	13.10	12.26	15.33	15.33	13.79	18.86	21.69	25.84	36.16
果肉	41.99	56.80	62.97	76.41	81.40	87.33	126.23	132.29	127.16	116.71
種子	4.32	5.12	5.80	7.08	7.70	7.94	7.44	6.87	6.20	15.95

表二 果粒成熟期間中における果粒内各組織の含チッ素物質含量の変化 (100果粒当りmg数)

満開後日数	果 肉			果 皮			種 子		
	水不溶性区分	水可溶性区分	水可溶性酢酸鉛沈でん区分	水不溶性区分	水可溶性区分	水可溶性酢酸鉛沈でん区分	水不溶性区分	水可溶性区分	水可溶性酢酸鉛沈でん区分
30	6.57	9.21	1.62	10.19	13.67	3.17	6.59	4.00	0.91
34	7.37	10.36	1.79	8.50	8.02	2.64	5.76	4.15	0.81
38	8.01	9.97	1.29	8.23	8.97	2.64	6.59	3.85	1.13
42	10.31	12.99	1.23	7.99	11.67	2.91	8.47	5.34	1.15
46	9.67	13.19	1.24	8.50	8.48	3.14	10.50	5.15	1.24
50	9.65	13.58	1.89	9.57	16.16	3.50	10.64	6.39	2.89
54	15.51	15.39	1.61	28.39	17.22	3.56	21.44	1.08	5.16
57	16.06	17.91	1.65	26.87	15.49	3.87	38.27	2.88	4.94
63	13.88	26.24	1.97	29.25	9.19	5.11	29.57	2.02	4.34
78	13.58	38.93	2.32	32.06	13.33	5.11	24.87	0.08	7.89

つぎに、各組織別にその生長量を表一に示した。果皮では30日目より50日目にかけて新鮮重の増加はほとんどなかった。しかし、50日目以後新鮮重は増加し、78日目には50日目の約2.5倍の新鮮重に達した。果肉では30日目以後新鮮重は増加し、とくに54日目には急激に増加した。また、種子では42日目までわずかに新鮮重の増加を示したが、その後新鮮重の増加はなかった。

2：果皮、果肉および種子中の含チッ素物質含量の消長について

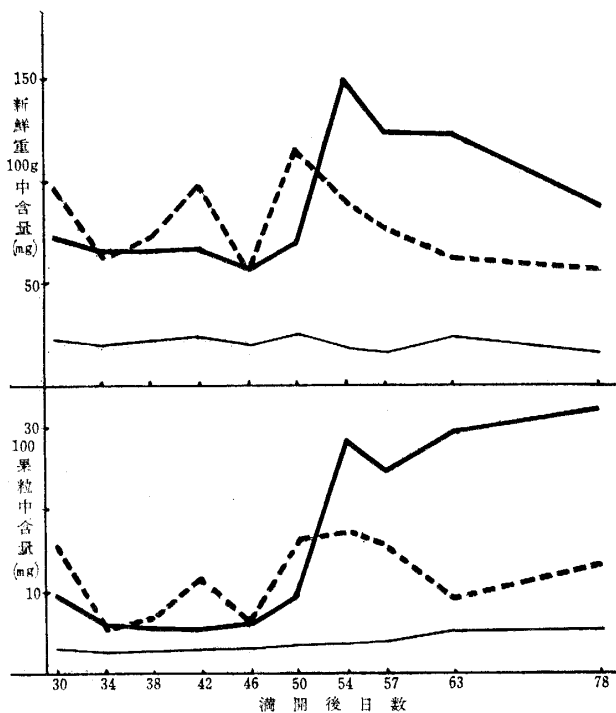
果粒の成熟可食に達する過程において、果皮、果肉および種子はそれぞれ異なった生長相を示すことが新鮮重増加の推移からも十分に推察された。

そこで、各組織別に含チッ素物質の消長を明らかにし、果粒成熟期間における各組織の發育を検討した。

なお、水不溶性区分はタンパク態チッ素、水可溶性区分は非タンパク態チッ素、水可溶性酢酸鉛沈でん区分は水溶性タンパク態チッ素および低分子ポリペプチドと考えられる。⁽¹⁾⁽²³⁾⁽²⁴⁾

(イ) 果皮

果皮における含チッ素物質含量の消長について図一三に示した。



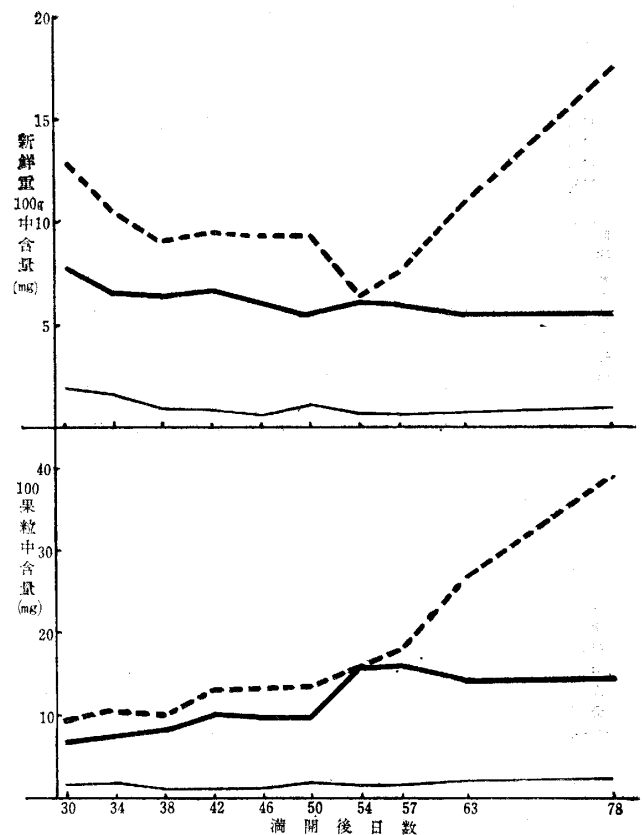
図一三 果粒成熟期間中における果皮内含チッ素物質含量の変化
(太線：水不溶性区分、点線：水可溶性区分、細線：水可溶性酢酸鉛沈でん区分)

果粒単位当りの含量でみると50日目と54日目を境に水可溶性区分と水不溶性区分との含量は逆になり、水不溶性区分の含量が高くなった。とくに、水不溶性区分の含量は50日目まで10mg/100果粒であったが、54日目には急激な増加を示した。一方、水可溶性区分の含量は50日目から57日目にもっとも高くなった。また、水可溶性酢酸鉛沈でん区分は果粒成熟期間中5mg/100果粒以下の低い含量であった。つぎに、単位重量当りの含量でみると、50日目まで含チッ素物質含量の変動が大きく、とくに水可溶性区分において顕著であった。54日目には水可溶性区分に急激な含量の増加があった。しかし、両区分とも54日目以後安定し、その含量も減少する傾向を示した。

(ロ) 果肉

全新鮮重については、果肉新鮮重は成熟期間中全果粒のそれに対して70%以上の割合を占めている。また、果肉は果実本来の目的である可食部に当り、ブドウ果粒成熟過程を追求する上ではもっとも重要な組織である。

果肉における含チッ素物質の消長については図一四に示した。



図一四 果粒成熟期間中における果肉内含チッ素物質含量の変化
(太線：水不溶性区分、点線：水可溶性区分、細線：水可溶性酢酸鉛沈でん区分)

果粒単位当りの含量についてみると、果粒成熟期間中には水可溶性区分は水不溶性区分より含量が高かった。しかし、両区分とも30日目以後含量は増加した。水可溶性区分は50日目より54日目に含量の急激な増加を示した。つぎに、単位重量当りの含量についてみると、水可溶性区分は34日目より54日目の期間に一定の範囲を越えない含量の変動があった。一方、水不溶性区分の含量は30日目以後減少の傾向を示したが、54日目および57日目に一時的な含量の高まりがあった。この57日目には、水可溶性区分の含量が急激な低下を示している。水可溶性酢酸鉛沈でん区分は30日目より50日目まで含量は減少し、その後完熟まで増加した。

(イ) 種子

種子は硬核期にはすでに生育を完了している。それ以後、種子は貯蔵物質の蓄積を開始する。種子は果粒成熟に対するオーキシセンターであるとする報告もある⁽¹⁴⁾。しかし、硬核期以後のブドウ果粒成熟過程において、種子が直接に果粒成熟に対して作用するかどうかが明らかでない。

種子における含チッ素物質含量の消長について図-5に示した。

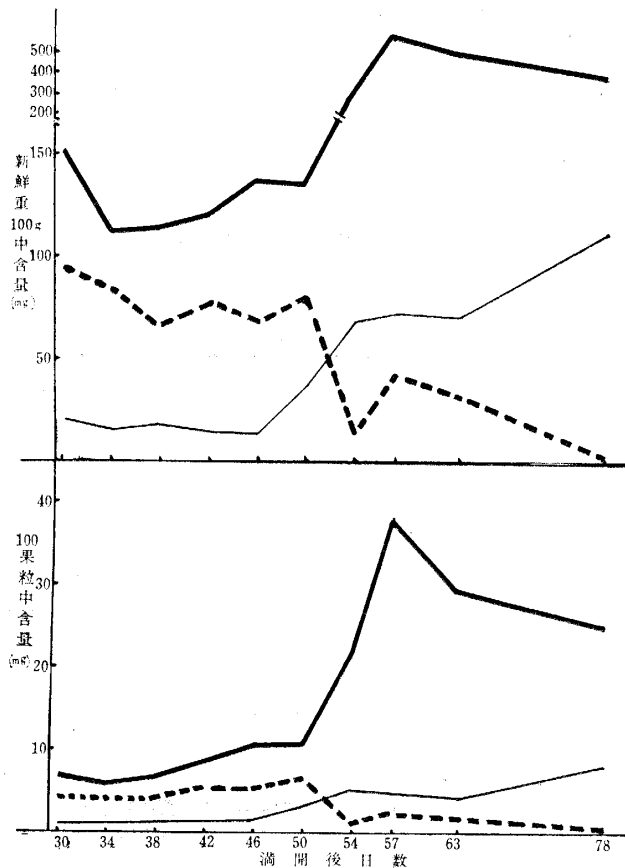


図-5 果粒成熟期間中における種子内含チッ素物質含量の変化
(実線：水不溶性区分、点線：水可溶性区分、細線：水可溶性酢酸鉛沈でん区分)

50日目まで水可溶性区分の含量の高かった。しかし、54日目以後非常に含量は低くなった。一方、水不溶性区分および水可溶性酢酸鉛沈でん区分の含量は高く、とくに54日目以後は両区分によって種子中の含チッ素物質含量の大部分を占める程に達した。

考 察

ブドウ果粒は子房が肥大成長したものであり、子房壁が可食部となる。本報告において、果皮は表皮およびその直下8~10層の垂表皮厚膜細胞層、果肉は外壁および内壁柔組織細胞層をさすものである。

⁽¹⁶⁾⁽¹⁸⁾ブドウ果粒肥大に関し中川らが詳細に調査している。すなわち、内壁柔組織細胞は開花後11日目で細胞分裂は停止するが、表皮細胞では34日目まで細胞分裂が続く。この第Ⅰ期は果粒が急速に生長し、その期間は33日であった。第Ⅱ期には果粒の生長が急激に低下し、その期間は約3日間であった。つぎに、第Ⅲ期には果粒がふたたび生長をはやめ、とくに重量の急激な増加があったという。

本調査でも、満開後26日目より30日目にかけて全果粒新鮮重の増加が停滞したことを認めた。果粒の新鮮重増加率も30日目には極端な低下を示し、同様に、乾物率もまた30日目には果粒成熟期間中最低であった。一方、34日目には全果粒新鮮重がふたたび増加をはじめた。果粒の新鮮重増加率も34日目には急激に高くなった。以上の結果から、本調査においても、満開後30日目前後が生長第Ⅱ期にあったと考えられる。したがってこの期間に果粒の成熟過程にひとつの転換があったと推察された。

34日目より50日目にかけて新鮮重増加の傾向を認め、乾物率も同様に高まる傾向を示した。これらのことから果粒は34日目以後生長第Ⅲ期に入ったと考えられる。この34日目以後、38日目から50日目にかけて果皮の果肉組織からの分化が顕著であること、50日目より果肉組織の軟化が始まったことを観察した。新鮮重増加率でみれば明らかであるが、54日目には急激な果粒の新鮮重増加があった。また果粒の乾物率増加にも54日目および57日目には明らかな停滞があった。前述の外形の変化と考え合せ、生長第Ⅲ期において、この54日目前後にも果粒の成熟過程にひとつの転換があることが考えられる。

果粒の各組織別に生長過程をみると、果皮、果肉および種子ではおのおのまったく異なった生長を示すことが理解される。種子は全果粒新鮮重の約7%以下であり、果粒の重量生長にはほとんど影響ないものと考えられる。50日目以後、果皮は新鮮重の22.6%を占める。このことは果粒の成熟から完熟にいたる過程において、果皮

が果粒の品質に対し大きな影響力を持つと考えられる。一方、果肉新鮮重は30日目以後増加し、50日目に急激な増加を示した。その後、果肉新鮮重の増加は認められなかった。この様に果皮と果肉では生長過程が異なるが、両者とも重量生長の転換点が50日目前後にあることは興味深い。

果皮、果肉および種子それぞれ異なる生長相を示しながら果粒全体の成熟が進むと考えられる。この組織における生長相の相違をさらに明らかにし、同時に各組織の成熟への転換点を明らかにするため含窒素物質含量の消長を検討した。

まず、果皮についてみると、54日目に水不溶性区分含量が急激に増加したことから、50日目から54日目に果皮においてタンパク質の合成があったと考えられる。54日目以後、単位重量当りの含量は水可溶性区分および水不溶性区分ともに減少した。しかし、水可溶性区分の果粒当り含量は増加している。これは54日目以後果皮におけるチッ素代謝が鈍くなりタンパク質合成能の低下を示すものであろう。また、果皮では50日目以後新鮮重が増加していることから、この果皮の新鮮重増加は色素、タンニンおよび香気成分などの合成によるものと考えられる。したがって、54日目以後では含窒素物質代謝が直接には果粒成熟過程に関与していないと考えられる。

水可溶性区分の含量は54日目以前には変動が多きく、また全含窒素物質含量に対する割合も50%以上と高かった。このことから、54日目以前には、アミノ酸、およびアミドなどの非タンパク態チッ素が活発に利用されていると考えられる。また、水不溶性区分の含量が安定し、しかも低いことより、この54日目以前には、チッ素代謝はタンパク質合成が主であったと考えることはできない。むしろ、アミノ酸などの非タンパク態チッ素が直接に利用消費される代謝系が活発であると考えるべきであろう。

果肉についてみると、30日目から50日目にかけて果粒の水分含量が低下し続けるにもかかわらず、単位重量当りの水不溶性区分の含量は明らかに減少の傾向を示したことである。しかし、果粒当りの水不溶性区分の含量はわずかながらも増加している。このことより30日目より50日目の期間では果肉細胞内含有物が増加しているにもかかわらずタンパク質の合成はほとんどなかったと考えられる。逆にいえば、この期間においてすでに果肉は細胞形成維持に新たにタンパク質合成を行う必要がなかったと考えられる。30日目から50日目にかけて根および枝葉からのアミノ酸およびアンモニア態チッ素の果房への供給が旺盛である。しかし、この期間水可溶性区分含量は果粒当りでは増加したが、単位重量当りではほとんどかわ

らない。これらのことから果肉でも果皮と同様のごとが推察される。一方、種子の成熟あるいは種子中の含窒素物質含量の消長からみて果肉から種子への非タンパク態チッ素の転流があったとも考えられる。50日目から57日目にかけて水溶性区分の含量が明らかに増加し、同時に水不溶性区分の含量が低下している。これは明らかに果肉において50日目から57日目にかけてタンパク質の合成があったことを推察させるものである。また、果肉の軟化および糖含量の急激な増加が開始されるのもこの時期である。したがって、このタンパク質の合成が果粒成熟過程に何らかの形で関与しているように思える。57日目以後、水可溶性区分の含量が急激に高くなった。しかし、水不溶性区分の含量はほとんど変化しなかった。これらのことは57日目以後には果肉においてタンパク質の合成はまったくないものと考えられる。また非タンパク態チッ素の利用も行なわれず、この時期には果肉内のチッ素代謝系はまったく停止しているものと考えられる。高含量の糖による浸透圧の増加、ペクチンの可溶化による細胞の崩壊などから考え合えると果肉は物質代謝の場ではなく、物質の単なる貯蔵庫化するのかもしれない。

種子においてはチッ素代謝は活発に行なわれているが、54日目以後種子自体休眠に入り、含窒素物質は大部分が貯蔵形態化するものと考えられる。この様に休眠状態にある種子が直接に果粒成熟に関与すると考えることは疑問である。ただ、果肉および果皮との養分競合という見地からすれば種子の完熟休眠の時期が果肉および果皮については果粒の成熟期の早晩を支配するとも考えられる。

摘 要

7年生デラウェア樹を用いて果粒成熟過程における生理代謝の転換時期を明らかにする目的で、果粒新鮮重および果粒の組織別含窒素物質含量の消長を果粒成熟期間中調査した。

- (1) 果粒新鮮重増加量、新鮮重増加率および乾物率より満開後30日目前後および54日目前後に果粒生長成熟過程に大きな変化があることを認めた。
- (2) 果皮、果肉および種子の新鮮重増加より各組織とも異なる生育相を示すことを認めた。すなわち、果皮では満開後50日目以後、果肉では満開後54日目まで、種子では満開後42日目までそれぞれ順調な新鮮重の増加を示した。
- (3) 含窒素物質含量の消長からも各組織とも異なった生育相を持つことが明確となった。

(4) 果皮では満開後54日目に水不溶性区分の含量が急激に高くなった。満開後54日目以前では水可溶性区分の

含量が高く、流動的であった。満開後54日目以後は水不溶性区分の含量が高った。

(b)果肉では水可溶性区分の含量が満開後54日目以後急激に高くなった。満開後54日目から57日目の期間に水不溶性区分の顕著な含量の増加を認めた。

(c)種子では満開後54日目以後水不溶性区分および水可溶性酢酸鉛沈でん区分の含量が大部分を占めた。

以上の結果よりブドウ果粒成熟期間において満開後30日目前後および54日目前後にブドウ果粒成熟への生理代謝の転換があつと推察された。また、果皮、果肉および種子におけるチッ素代謝も新鮮重増加量と同様それぞれ異なる様相を示し、同一組織においてもブドウ果粒成熟期間中に大きく変動すると推察された。

引用文献

1. OLAND, K.: *Physiol. Plant.* 12:594 (1959)
2. COOMBE, B. G.: *Plant. Physiol.* 35:241 (1960)
3. HAWKER, J. S.: *Phyto. chem.* 8:9 (1969)
4. HAWKER, J. S.: *Phyto. chem.* 8:19 (1969)
5. 広保正: 園学誌. 30:111 (1960)
6. HOPKINS, E. F. and J. H. GOURIEY,: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 27:164 (1935)
7. 細井寅三, 遠藤隔郎: 農及園, 30:1497 (1955)
8. KLIEWER, W. M.: *Amer. J. Evol. Vit.* 16:10 (1965)
9. KLIEWER, W. M.: *Amer. J. Evol. Vit.* 16:96 (1965)
10. KLIEWER, W. M.: *Plant. Physiol.* 41:923 (1966)
11. 小林章: 果樹園芸総論 P.283 養賢堂 (1962)
12. KOZMA, P.: ブドウ栽培の基礎理論 P212 誠文堂 新光社 (1970)
13. NASSAR, R. A. and W. M. KLIEWER: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 89:281 (1966)
14. NITSCH, J. P.: *Haudbuch d. Pflanchenphysiologie.* Bd xv/1 1537 (1965)
15. 中川昌一, 南条嘉泰, 平田尚美: 園芸学会発表要旨 (1959)
16. 中川昌一, 南条嘉泰: 園芸学会発表要旨 (1960)
17. 中川昌一: ブドウ栽培の新技术 P104 誠文堂 新光社 (1962)
18. NAKAGAWA, S and Y. NANJO,: *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 34:85 (1966)
19. SAITO, K and Z. KASAI,: *Plant S Cell Physiol* 9:529 (1968)
20. STOEVI, K. D., D. T. MAMAROV and J. B. BENCHEV,: *Eiziol. Rasteni.* 7:118(1960)
21. 土屋慶治: 園学誌 20:120 (1951)
22. WINKLER, A. J. and W. O. WILLIAMS,: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 33:430 (1935)
23. 東大農芸化学教室: 実験農芸化学 P.400 朝倉書店 (1970)
24. 農業技術協会: 作物試験法 P.316 農業技術協会 (1965)

(昭和47年1月17日受理)