ブドウ果実の着色に関する研究 (第7報)

果皮中の Anthocyanin および Leucoanthocyanin の消長に及ぼす光度の影響

内 藤 隆 次

(島根大学農学部)

R. NAITO: Studies on the coloration of grapes. VII.

Behaviors of anthocyanins and leucoanthocyanins in the skin of some black and red grapes as affected by the light intensity

Summary

As previously reported, shading of bunches during the maturing stage had only slight effects on the coloration of black grapes, but much effects on that of red grapes. To clarify these varietal differences in coloration in response to light intensity the effects of light on the behavior of anthocyanins and leucoanthocyanins in the skin of some grapes were examined.

1) Among the cultivars observed, Muscat Bailey A (black grapes), Delaware (red grapes) and Muscat of Alexandria (green grapes) showed no apparent relationship between the amount of leucoanthocyanins in green mature berries and that of anthocyanins in mature berries.

2) Delaware, Koshu (red grapes) and Madresfield Court (black grapes) had low amount of anthocyanins in the skin. The amount of leucoanthocyanins in the skin was nearly as equal as that of the anthocyanins. As the light intensity was decreased under less than 25% of natural day light, the amount of anthocyanins markedly decreased and the amount of leucoanthocyanins a little increased in the skin of these varieties. However, Campbell Early and Muscat Bailey A (black grapes) had high amount of anthocyanins and little or no leucoanthocyanins in the skin. When the light intensity was lowered

below 25%, decreasing rate of anthocyanins was low and little effect was found on the amount of leucoanthocyanins.

Furthermore, sugar content in berries of all varieties examined decreased at about same rate when the light was lowered below 25%.

3) The skin of detached berries of Delaware and Madresfield Court, which had been completely shaded during the maturing stage, exhibited the increment in amount of anthocyanins and a little decrease in that of leucoanthocyanins after the exposure to sun light for two days in growth cabinets at 15, 20 and 30°C. However, Campbell Early and Muscat Bailey A showed no certain change in both components under the same conditions.

4) The conclusion from these data is that in the varieties which have high ability of anthocyanin formation, mainly in black grapes, the pigmentation is effected indirectly by the reduction of light intensity, in that the accumulation of precursors of pigments may be suppressed. Whereas in the varieties which have the low ability of that, mainly in red grapes, besides the above effect, the light affects directly in the pigmentation of them. So more light is required for the pigmentation of the latter.

I. 緒 言

キャンベル・アーリー、ブラック・クィーンなどの黒色種と甲州、レッド・ミルレンニウムなどの赤色種の間で、果色の発現に及ぼす光度の影響が異なり、前者は光度の影響をほとんど受けないのに対し、後者では光度の低下にともなつて、果色が著しく不良になることを第5報⁽¹⁵⁾で報告した。この場合、果皮中の Anthocyanin 含量は黒色種、赤色種のいずれにおいても光度の低下にともなつて減少するが、黒色種では色素の絶対量が多いうえにその減少率が低いのに対し、赤色種では減少率が高

く、色素の絶対量も少ないことが認められた。その後の調査⁽¹⁶⁾から、黒色種では光線は果皮の Anthocyanin 形成に対し、糖の蓄積への影響などを通して間接的に作用しているように考えられた。

本実験は、ブドウの品種間で果色の発現と光度との関係が異なる原因を、さらに明確にするために行なつた。

ブドウの若葉あるいは未熟果に Leucoanthocyanin (Colorless anthocyanin) が存在することを、ROSENH-EIM⁽¹⁸⁾ および BATE-SMITH⁽²⁾ らが指摘している。Leucoanthocyanin は構造式が Anthocyanin と近似し⁽⁴⁾、その前駆物質であるとした報告も多い^(1,9,11)。そ

1966年2月1日受理

こで、若干の黒色種、および赤色種について、光度と果皮中の Anthocyanin 含量の関係を、Leucoanthocyanin などの消長との関連において検討した。

II. 未熟果中の Leucoanthocyanin 含量の品種間差異

BATE-SMITH^(2,3) らは試料を 2N-塩酸で加熱して Leucoanthocyanin を Anthocyanidin に変え、その定性を行ない、さ

らに定量にはヴァニリン試薬を用いる方法を案出した。著者はブドウ未熟果の果皮の 1% メタノール性塩酸抽出液（無色）が室内に放置中、顕著に赤変する事実から、この変化を Leucoanthocyanin の簡易定量に利用する意図も含めて、数種のブドウについて未熟果の果皮の 1% メタノール性塩酸抽出液の発色状態を調べた。

1. 実験材料および方法

マスカット・ペーリー A（黒色種）、デラウェア（赤色種）およびマスカット・オブ・アレキサンドリア（緑色種）の果房を 8 月 17 日に採取した。採取時の果色はいずれも淡緑で、可溶性固形物含量はデラウェア 7.6%、マスカット・ペーリー A 8.0%、マスカット・オブ・アレキサンドリア 11.0% であった。新鮮果皮よりボーラーで直径 0.5 cm のディスク 40 片（1 果粒より 1 片）を打ちぬぎ、1% メタノール性塩酸 200 cc に浸漬、23°C の定温器内で 3 時間放置したのち（その間 2 回振とう）、ろ過してろ液を試験管 2 本に分け入れ、一方の試験管はそのままとし、他方はアルミ箔でつつんで暗黒状態にした。これらを昼夜とも 20°C の自然光のコイトロン内におき、抽出液の吸光度を処理開始時（8 月 17 日 6 P.M.）、24 時間後および 72 時間後に波長 540 mμ で測定した。

2. 実験結果

第 1 図に示すとおり、処理開始時では各品種の抽出液の吸光度は著しく低く、ほとんど無色であった。24 時間後では、暗黒条件に保つたもののみ各品種とも赤色に発色し、その吸光度はマスカット・オブ・アレキサンドリアが最高で、マスカット・ペーリー A がそれに次ぎ、デラウェアが最も劣った。72 時間後では、吸光度は多少高くなったが、品種間の傾向は同様であった。一方、いずれの品種でも自然光の照射を受けた抽出液はまったく発色せず、それらの吸光度は 0 に近かった。フラッシュ・エヴァポレーターで発色した抽出液からアルコール分を除き、1% 塩酸に再び溶かしてからイソ・アミー

Table 1. Chromatographic properties of anthocyanidins formed from leucoanthocyanins in the skin of immature grape berries. (Temp. 22-24°C)

	Acetic acid : HCl : H ₂ O (5 : 1 : 1) <i>R_f</i>	80% Formic acid : HCl : H ₂ O (5 : 1 : 4) <i>R_f</i>
Leucoanthocyanin from Muscat of Alexandria	0.35	0.22
Leucoanthocyanin from Muscat Bailey A	0.35	0.21
Leucoanthocyanin from Delaware	0.34	0.22
Cyanidin	0.35	0.22
Delphinidin	0.23	0.12
Pelargonidin	0.51	0.36

Fig. 1. Time course of color development of leucoanthocyanins extracted from a unit skin-area of immature grape berries with methanolic HCl.

G : Green grapes, B : Black grapes,
R : Red grapes

ル・アルコールの転溶試験⁽⁹⁾を行なった。その結果、いずれの品種の場合でも、抽出液中の色素は Anthocyanidin と同様の性質を示した。さらにこれらの色素はペーパー・クロマトグラフィーによる同定で、第 1 表のように Cyanidin であることが確認された。

これらの結果から、供試 3 品種の未熟果の果皮に、Leucoanthocyanin が存在することは明らかである。しかも 3 品種の間で、緑色種であるマスカット・オブ・アレキサンドリアの含量が最も高かったことは注目される。

III. マスカット・ペーリー A およびデラウェア種の果皮中の Anthocyanin および Leucoanthocyanin 含量の時期別変化
黒色種および赤色種の果皮中の Leucoanthocyanin 含量の成熟にともなう変化を比較する目的で、マスカット・ペーリー A およびデラウェアの両種について調査した。

1. 実験材料および方法

デラウェアは7月18日、24日、8月2日および8月8日に、マスカット・ペーリーAは8月2日、9日、31日および9月7日にそれぞれ試料を採取した。供試樹は京都大学付属農場に栽植されているもので、デラウェアではジベレリン処理された果房を供試した。採取後、直ちに果皮より直径 0.5 cm のディスクを打ち抜き、その 10 片に 1% メタノール性塩酸 25 cc を加え、23°C の定温器内で3時間放置（その間2回振とう）後ろ過し、直ちにろ液の吸光度を 540 m μ で測定した。さらにこのろ液を 23°C 定温器内で 24 時間静置したのち、540 m μ でその吸光度を測定した。それぞれの吸光度を 10 倍し、前者を Anthocyanin、後者から前者を引いた値を Leucoanthocyanin の果皮の一定面積当たりの相対量とした。この定量法は従来用いてきた^(15,16) Anthocyanin の定量法および前実験の結果にもとづいて案出したものである。前実験で認めたように、Leucoanthocyanin は時間の経過とともに抽出液中で発色し、したがってこの方法で抽出期間を長くすると Anthocyanin のみの濃度の測定は不能となる。一方、従来 Anthocyanin の定量に用いてきたブレンダーによる抽出法では抽出は短時間で行なわれるが、この方法による抽出液では Leucoanthocyanin の発色はほとんど認められなかった。この原因は明らかでないが、ブレンダーによるかくはんは酸化を急激に促進するので、この点に問題があるのではないかとと思われる。これらの理由から、3 時間の静置抽出としたが、この期間内で大部分の Anthocyanin および Leucoanthocyanin が抽出されることは別に確認した。また同じ試料について BATE-SMITH⁽²⁾ らの 2N 塩酸を用いる方法で Leucoanthocyanin の相対量を求め、本法で得た値と比較したが、両者の値は常に比例的で本法の値がわずかに高かった。なお供試果粒について果汁中の可溶性固形物含量および遊離酸含量を同時に測定した。

2. 実験結果

第2図に示すとおり、マスカット・ペーリーAの果皮中の Anthocyanin 含量は可溶性固形物含量の増加、遊離酸含量の減少にともなうて急激に増加した。しかし、

Fig. 2. Seasonal changes in the contents of anthocyanins, leucoanthocyanins, soluble solid and free acid in Delaware and Muscat Bailey A grape berries. B: Black grapes, R: Red grapes.

Leucoanthocyanin 含量は、Anthocyanin 形成過程に減少し、完熟期の果皮中には、ほとんど存在しなかった。一方、デラウェアにおいても、果皮中の Anthocyanin 含量は可溶性固形物含量の増加、遊離酸の減少にともなうて増加したが、その増加率はマスカット・ペーリーAにくらべ著しく低かった。Leucoanthocyanin 含量は、緑熟期ではマスカット・ペーリーAよりやや低かったが、Anthocyanin 形成過程に入ってもその含量に大きな変動はなかった。結局、完熟期では、Anthocyanin と Leucoanthocyanin がほぼ等量存在した。

IV. 光度と果皮中の Anthocyanin および Leucoanthocyanin 含量の関係

黒色種のキャンベル・アーリー、マスカット・ペーリーA、黒色種ではあるが前2者よりは果色がややうすいマドレス・フィールド・コート、さらに赤色種のデラウェア、甲州の5品種について、着色開始期以後の果房の受光量と果皮中の Anthocyanin 含量および Leucoanthocyanin 含量の関係を調べた。デラウェアおよび甲州は光度の低下により果色の発現が抑制される品種であ

り、キャンベル・アーリーおよびマスカット・ベリーAはその影響の少ない品種である^(15,16)。またマドレス・フィールド・コート種は経験的に光度の影響を受けやすい品種とされている。

1. 実験材料および方法

キャンベル・アーリー、マスカット・ベリーAおよびマドレス・フィールド・コートは京都大学付属農場、デラウェア

アは大阪府南河内郡太子町奥田義二氏の園、甲州は島根農試荒島分場にそれぞれ栽培されている樹を使用した。なおデラウェアはジベレリン処理された果房を供試した。

果房に照射する日照量の調節方法は従来^(15,16)と同様で、寒冷しやおよびアルミ箔の袋を果房に掛けて自然日照の60, 25 および0%の区を設けた。袋掛けは各品種の着色開始予定時期の直前に行なつた。すなわちデラウェアは7月12日、キャンベル・アーリーおよびマドレス・フィールド・コートは7月29日、マスカット・ベリーAは8月10日、甲州は8月11日であり、それぞれ光線の良く当たる位置の果房を選んで用いた。1処理に用いた房数は品種により異なり、6~10房であつた。供試果房の採取はそれぞれの品種の対照区（無袋）の果房の完熟期に行なつた。すなわちデラウェアは8月5日、キャンベル・アーリーは8月23日、マスカット・ベリーAは9月9日、マドレス・フィールド・コートは9月14日、甲州は10月17日に採取した。採取後直ちに視感による果房の着色度を調査した。さらに果皮中のAnthocyanin含量およびLeucoanthocyanin含量を前実験と同じ方法で調査し、果汁中の還元糖含量をSOMOGYI法により、遊離酸含量を滴定法により定量した。

2. 実験結果

a) 視感による着色度

着色度は、各品種ごとに最も良く着色した果房を5、まったく着色しなかつた場合を0として6段階に分けて肉眼により判定した。第2表に示すとおり、黒色種のキャンベル・アーリーおよびマスカット・ベリーAでは処理区間で着色度の差異はほとんどなく、完全しや光区の果色がわずかに劣る程度であつた。一方、赤色種のデラウェアおよび甲州、さらに黒色種ではあるがやや果色がうすいマドレス・フィールド・コートの3種では、光度が25%以下に低下すると着色度が劣り、とくに完全しや光の影響は顕著であつた。

b) 果皮中のAnthocyanin含量およびLeucoanthocyanin含量

果皮中のAnthocyaninおよびLeucoanthocyaninの

Table 2. Influence of light intensity on the skin color (visual score) of some black red grapes.

Relative light intensity (%)	Black grapes			Red grapes	
	Campbell Early	Muscat Bailey A	Madres-field Court	Delaware	Koshu
100 (Day light)	5.0	5.0	4.1	4.9	4.5
60	5.0	5.0	3.8	4.7	4.6
25	5.0	5.0	2.0	4.2	3.3
0	4.5	4.7	0.5	0.4	0

果皮一定面積当りの相対量は第3図に示すとおりである。まずAnthocyaninについて見ると、キャンベル・アーリーとマスカット・ベリーAでは光度の低下によりその含量は減少するが、減少率は他の3品種に比べて低く、対照区の含量を100とした場合の完全しや光区の含量は、それぞれ29.9および49.5であつた。一方、デラウェア、甲州およびマドレス・フィールド・コートの3品種では処理の影響が顕著であつた。いずれの品種でも光度が25%以下に低下するとAnthocyanin含量は著しく減少し、対照区の含量を100とした場合の完全しや光区の含量はデラウェアで7.6、甲州で9.7、マドレス・フィールド・コートで14.6であつた。

つぎにLeucoanthocyaninについて見ると、キャンベル・アーリーでは対照区も含めた各処理区において、ほとんどその存在が認められなかつた。マスカット・ベリーAでは対照区においてAnthocyanin含量の約2%に相当するLeucoanthocyaninが存在したが、光度の低下によつてその含量はほとんど影響されなかつた。一方、デラウェア、甲州、マドレス・フィールド・コートの3品種では、いずれもLeucoanthocyaninの存在が明らかで、対照区におけるAnthocyanin含量を100としたLeucoanthocyanin含量の比数はデラウェアで115、甲州で260、マドレス・フィールド・コートで45であつた。またこれらの品種では、光度の低下にともなつてLeucoanthocyanin含量がやや増加する傾向にあつた。

さらにAnthocyaninとLeucoanthocyaninの合計量と光度との関係を見ると、キャンベル・アーリーとマスカット・ベリーAの黒色系2品種ではLeucoanthocyaninの含有率が低いので、Anthocyanin含量の場合とまったく同様であつた。しかし、デラウェア以下の3品種では、Leucoanthocyaninが相対的に多く含有されており、しかも光度の低下によつてAnthocyaninとは逆の影響を受けたため、AnthocyaninとLeucoanthocyaninの合計量の光度の低下にともなう減少率はAnthocyanin含量のみの場合より、著しく低くなつた。とくに、甲州では光度25%および0%区のAnthocyaninとLeuco-

anthocyanin の合計量が対照区の合計量より多く、Anthocyanin 含量のみの場合と逆の傾向を示した。

c) 糖および酸含量

果汁中の糖（還元糖）および遊離酸含量の調査結果は第3表に示すとおりである。いずれの品種においても、60% までの光度の低下はほとんど糖含量に影響せず、25% になると甲州を除く各品種の糖含量は、対照区より低くなつた。光度0% では糖含量の低下が顕著で、デラウェアの場合対照区より約7% 低く、その他の品種でも3~5% の減少が認められた。一方、光度と酸含量の関係は、各品種を通じて明らかでなかつた。

V. しや光果粒の Anthocyanin および Leucoanthocyanin 含量に及ぼす短期間の露光の影響

果皮における Anthocyanin 形成に対する光線の直接作用を明らかにする目的で、前実験の完全しや光区の果粒を材料として実験を行なつた。

1. 実験材料および方法

前実験の甲州を除く4品種の完全しや光区の果粒を供試した。収穫直後、果房より小果梗をつけて果粒を切りはなし、石英砂をみたしたシャーレにつきさして並べた。

さらに石英砂の表面に水があふれない程度に蒸溜水を注入した。これらの作業はうす暗い室内で行なつた。準備されたシャーレを自然光のコイトロン内に置いた。コイトロンの温度は15°C、20°C および 30°C（昼夜とも）の3段階とした。処理期間は午前9時より2日後の午前9時まで、の48時間とした。処理期間中、シャーレの蒸溜水の補

Table 3. Influence of light intensity on the contents of reducing sugar and free acid in juice of some black and red grapes.

	Relative light intensity (%)	Black grapes			Red grapes	
		Campbell Early	Muscat Bailey A	Madresfield Court	Delaware	Koshu
Reducing sugar g/100 cc	100 (Day light)	16.5	18.9	15.7	19.0	18.9
	60	16.1	18.7	14.7	19.7	18.0
	25	15.8	18.2	14.2	17.8	18.0
	0	11.7	13.3	12.4	11.0	14.2
Free acid g of tartaric acid/100 cc	100 (Day light)	0.73	0.87	0.71	0.72	0.62
	60	0.75	0.87	0.71	0.70	0.61
	25	0.71	0.89	0.70	0.79	0.67
	0	0.72	0.89	0.64	0.91	0.75

Fig. 3. Influence of light intensity on the amount of anthocyanins and leucoanthocyanins in the skin of some black and red grapes.

B : Black grapes, R : Red grapes.

給を数回行なつた。いずれの品種の場合も、処理終了時の果粒は外観上健全で、萎凋はまったく認められなかつ

た。終了直後に前実験と同じ方法で果皮中の Anthocyanin および Leucoanthocyanin 含量の定量を行なった。

2. 実験結果

果皮中の Anthocyanin および Leucoanthocyanin 含量の調査結果は第4図に示すとおりである。まず、しや光処理によつて、果皮中の Anthocyanin の形成が著しく抑制されたデラウェアおよびマドレス・フィールド・コート の両種についてみると、いずれの温度でも Anthocyanin 含量は露光により増加した。さらに 15~30℃ の範囲では、温度の上昇につれて Anthocyanin 含量が増加することが認められた。しかし、Leucoanthocyanin 含量は処理前より減少する傾向にあり、その場合温度の影響は認められなかつた。また、Anthocyanin と Leucoanthocyanin の合計量は、温度の上昇に比例したが、15℃ 区の含量は両品種いずれにおいても処理前の含量と差異がなかつた。一方、キャンベル・アーリーとマスカット・ベリー A の両種では、露光処理の影響は少なかつた。すなわち、キャンベル・アーリーの Anthocyanin 含量がわずかに増加した以外に、顕著な変化は認められなかつた。

VI. 考 察

Leucoanthocyanin は in vitro で容易に Anthocyanidin に変化する物質である^(2,3,18)。組織中で、Anthocyanin が形成される時期に Leucoanthocyanin が減少する事実から、

Leucoanthocyanin を Anthocyanin の前駆物質とみなす研究者もある。これに対し FAUST⁽⁸⁾ はリンゴ果実で、NEYLAND⁽¹⁷⁾ はカラコエの葉で、Anthocyanin と Leucoanthocyanin の量的関係を調べ、Leucoanthocyanin の1部は Anthocyanin に変化するとしても、すべてがこれに変化しないことを明らかにし、前述の前駆物質説に否定的な見解を示している。

さて、本実験の結果によると、緑熟期のブドウ果皮中に存在する Leucoanthocyanin の多少と、完熟期の Anthocyanin 形成量の間に直接的な関係は認められなかつた。さらにデラウェアでは、Anthocyanin 発現の前後において、Leucoanthocyanin 含量に大きな増減は認められなかつた。一方、マスカット・ベリー A では Anthocyanin 含量の増加にともなつて Leucoanthocyanin 含量は減少したが、その場合 Leucoanthocyanin の

Fig. 4. Behavior of anthocyanins and leucoanthocyanins in the skin of detached berries of some black and red grapes as affected by the exposure to sun light at different temperatures. The berries used had been shaded with aluminium foil bags during the maturing stages and the treatments were carried out for two days in growth cabinet (Koitooron) just after the berries were harvested.

B: Black grapes, R: Red grapes.

減少量より Anthocyanin の形成量が著しく多かつた。これらの結果より、前述の FAUST⁽⁸⁾、NEYLAND⁽¹⁷⁾ らの見解と同じく、ブドウの果皮中に存在する Leucoanthocyanin は必ずしも Anthocyanin の前駆物質ではないように考えられる。

ここで注目されるのは、完熟果の果皮中の Anthocyanin 含量に対する Leucoanthocyanin の相対量が品種間で著しく異なることである。すなわち、Anthocyanin 形成能の低いデラウェア、甲州およびマドレス・フィールド・コートでは、Anthocyanin に匹敵する量の Leucoanthocyanin が存在するのに対し、Anthocyanin 形成能の高いキャンベル・アーリーおよびマスカット・ベリー A の Leucoanthocyanin の相対量は極めて少なく、またその絶対量においてもデラウェアなど3品種に比し少なかつた。これらの結果から、Anthocyanin 形成能

の大小と Leucoanthocyanin の消長との間に何らかの関連性があるように思われる。

果色および Anthocyanin 形成に対する着色開始期以後のしや光の影響についての本実験の結果は既報^(14,15)と一致した傾向を示し、Anthocyanin 形成能の高い黒色種のキャンベル・アーリーおよびマスカット・ベリーAに比べ、その形成能の低い赤色種のデラウェアおよび甲州では、光度が25%以下になると果色が著しく不良となり、Anthocyanin 含量も光度に比例的に減少した。また黒色種ではあるが比較的 Anthocyanin 形成能の低いマドレス・フィールド・コートでは、赤色種と同様の変化が認められた。さらにこれらの Anthocyanin 形成能の低い品種では、しや光処理して人為的に果色の発現を抑えた果粒に短時間露光処理した場合、リンゴの果皮⁽¹⁹⁾、ソバの胚軸⁽²¹⁾、ハウセンカの花弁⁽¹⁰⁾におけると同様 Anthocyanin 含量が著しく増加した。しかしキャンベル・アーリーとマスカット・ベリーAの両種では、この処理によつて Anthocyanin 含量に大きな変化は見られなかった。これらの一連の事実から、Anthocyanin 形成能の低い品種（主として赤色種）では、その形成過程に光線が関与していることは明らかである。

さて、デラウェア、甲州およびマドレス・フィールド・コートでは、完熟果の果皮中に Anthocyanin に匹敵する量の Leucoanthocyanin が存在するが、光度の低下によつて Anthocyanin のように減少せず、逆に多少増加することが認められた。この事実から、これらの品種では、光度が低下した場合、前駆物質→Anthocyanin の正常な合成経路が前駆物質→Leucoanthocyanin の経路に変化する可能性が考えられる。なお NEYLAND⁽¹⁷⁾ はカラコエについて、環境条件によつて前駆物質から Leucoanthocyanin への合成経路の1部が Anthocyanin への経路に変わることを、日長との関連において示している。一方、このような光度と Leucoanthocyanin 形成との関連性は、キャンベル・アーリーおよびマスカット・ベリーAでは認められなかった。

前報⁽¹⁵⁾で著者らは Anthocyanin 形成能の高い黒色種では、光度は糖の蓄積への影響を通して Anthocyanin 形成に、間接的に作用しているように考えた。しかし、Anthocyanin 形成能の低い品種でも、光度の低下により果汁中の糖含量は Anthocyanin 形成能の高い品種と同じ程度に減少するので、その Anthocyanin 形成に対する間接的影響の点では相違はないはずである。ここで興味を持たれるのは光度の低下にともなう Anthocyanin と Leucoanthocyanin の合計量の変化で、実験結果によると黒色種と赤色種の間で Anthocyanin 含量の場合

のような、顕著な相違が認められなかった。このことから、糖含量と関連するのは色素の前駆物質で、前駆物質の合成あるいは蓄積の段階では、光度は糖含量への影響を通して、あるいはそれと平行的にいずれの品種にも同じように影響し、Anthocyanin 形成能の低い品種では、これに加えて Anthocyanin 合成経路に光線が直接的に作用しているように推察される。なお SIEGLMAN⁽²⁰⁾、GRILL⁽⁷⁾、TROYER⁽²²⁾などは Anthocyanin の合成経路に光化学反応が含まれることを想定し、光線が Anthocyanin 形成に直接的な影響をもつとしている。しかし渋谷⁽¹⁹⁾は色カブの紅色系品種群の根部では、地中の陽光のまつたく当たらない部分まで Anthocyanin が形成されることを観察し、MEYER⁽¹²⁾もビートで同様の事実を認めている。このように Anthocyanin 形成と光線の関係は植物の種類および品種でかならずしも一様でない。

以上をまとめて、ブドウの果皮の Anthocyanin 形成に対する光度の影響が品種によつて異なる原因を推論するとつぎのとおりである。

1. 光度の低下は果粒内の糖の蓄積を抑え、その結果あるいはそれと平行的に果皮における色素の前駆物質の合成あるいは蓄積を阻害する（いずれの品種においても起り、いわば色素形成に対する光の間接的影響）。

2. Anthocyanin 形成能の高い品種（主として黒色種）では、前駆物質から Anthocyanin への変化の過程で光を必要としない。しかし Anthocyanin 形成能の低い品種（主として赤色種、1部の黒色種）では、前駆物質から Anthocyanin への変化に光を必要とし（光の直接的影響）、暗黒下では前駆物質から Leucoanthocyanin およびその他の物質が形成される。したがつて後者では、光が Anthocyanin 形成に対し、間接直接両面より作用し、その影響が著しい。

このような観点からすれば、ブドウの果皮における Anthocyanin 形成と光度との関係は、品種本来の Anthocyanin 形成能に対応する相対的なものといえる。したがつて Anthocyanin 形成能の大小が、この場合きわめて重要な要因となるが、一方、Anthocyanin の組成（Anthocyanin の種類およびそれらの相対量）も品種によつて一様でないので、目下その点について調査しつつある。

VII. 摘 要

ブドウの果色の発現に対する光度の影響が品種間で異なる原因を明らかにする目的で、若干の品種について光度と果皮中の Anthocyanin および Leucoanthocyanin の消長との関係を中心に調査した。

1. マスカット・ベリーA、デラウェアおよびマス

カット・オブ・アレキサンドリヤについて、緑熟果の Leucoanthocyanin 含量と完熟果の Anthocyanin 含量の間に、量的な関連性は認められなかつた。

2. デラウェア、甲州およびマドレス・フィールド・コート の完熟果の Anthocyanin 含量は低く、Leucoanthocyanin がそれに近い量存在した。また光度の低下により Anthocyanin 含量は著しく減少するが、Leucoanthocyanin 含量は逆にやや増加する傾向にあつた。一方、マスカット・ベリーAおよびキャンベル・アーリーの完熟果の Anthocyanin 含量は著しく高く、Leucoanthocyanin 含量はその2%以下できわめて低かつた。また光度の低下にともなう Anthocyanin 含量の減少率は低く、Leucoanthocyanin 含量は光度にほとんど影響されなかつた。果汁中の還元糖含量は、いずれの品種においても光度が自然光の25%以下になると減少した。

3. デラウェアおよびマドレス・フィールド・コートでは、完全しや光処理した果粒に短期間露光することにより Anthocyanin 含量が増加し、Leucoanthocyanin 含量はやや減少した。しかしマスカット・ベリーAおよびキャンベル・アーリーでは、同様の処理で両成分に顕著な変化は認められなかつた。

4. これらの結果から、ブドウの果皮における Anthocyanin 形成に対し、光線は Anthocyanin 形成能の高い品種(主として黒色種)では間接的に、低い品種(主として赤色種)では間接および直接的に作用するように考えられ、その機構について、糖および Leucoanthocyanin などの消長と関連して考察を行なつた。

引用文献

1. ALSTON, R. D. and C. W. HAGEN, Jr. 1955. Relation of leucoanthocyanins to anthocyanins. *Nature* 175 : 990.
2. BATE-SMITH, E. C. 1954. Leucoanthocyanins 1. Detection and identification of anthocyanins formed from leucoanthocyanins in plant tissues. *Biochem. Jour.* 58 : 122~125.
3. ——— and N. H. LERNER. 1954. Leucoanthocyanins 2. Systematic distribution of leucoanthocyanins in leaves. *Biochem. Jour.* 58 : 126~132.
4. CLARK-LEWIS, J. W. 1962. H. F. GEISMAN (editor), *The chemistry of flavonoid compounds*. 218~246, Pergamon Press, Oxford.
5. FAUST, M. 1964. The relation between leucoanthocyanins and anthocyanins in McIntosh apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 85 : 85~90.
6. FRANCIS, F. J. 1964. Cranberry color measurement. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 85 : 312~317.
7. GRILL, R. and D. VINCE. 1964. Anthocyanin formation in turnip seedlings (*Brassica Rapa L.*) : Evidence for two light steps in the biosynthetic pathway. *Planta* 63 : 1~12.
8. 林 孝三. 1954. 植物色素試験法. 共立出版. 東京.
9. HILLS, W. E. 1956. Leucoanthocyanins as the possible precursors of extractives in woody tissues. *Aust. J. Biol. Sci.* 9 : 263~280.
10. KLEIN, A. O. and C. W. HAGEN, Jr. 1961. Anthocyanin productions in detached petals of *Impatiens Balsamina L.* *Plant Physiol.* 36 (1) : 1~9.
11. LI, K. C. 1959. Occurrence of leucoanthocyanins in sour and sweet cherries. *Nature* 184 : 1935.
12. MEYER, B. S., D. B. ANDERSON and R. H. BOHNING. 1960. Introduction to plant physiology. 187~188. D. Van Nostrand Company, Princeton.
13. MOHR, H. 1962. Primary effects of light on growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 13 : 465~488.
14. 内藤隆次・松岡 広・後藤晴昌. 1961. ブドウ果実の着色に関する研究(第2報) デラウェア種における糖度と果皮中のアントシアニン含量の関係. 昭和36年度園芸学会秋季大会発表要旨. 12.
15. ———. 1964. ブドウ果実の着色に関する研究(第5報) 黒色種および赤色種の果色ならびに色素含量に及ぼす光度の影響. 園学雑. 33 (3) : 213~220.
16. ———・許 唱範・角 利昭. 1965. ブドウ果実の着色に関する研究(第6報) マスカット・ベリーA種の果色ならびに色素含量に及ぼすしや光の影響. 園学雑. 34 (3) : 145~151.
17. NEYLAND, M., YUK LIN NG and K. V. THIMANN. 1963. Formation of anthocyanins in leaves of *Kalanchoe Blossfeldiana* - a photoperiodic response. *Plant Physiol.* 38 : 447~451.
18. ROSENHEIM, O. 1920. Observations on anthocyanins 1. The anthocyanins of the young leaves of the grape vine. *Biochem. Jour.* 14 : 178~188.
19. 渋谷 茂・岡村知政. 1956. 色蕪品種の色素発現機構について(第2報) 色蕪品種の Anthocyan. 園学雑. 25 (2) : 111~115.
20. SIEGELMAN, H. W. and S. B. HENDRICKS. 1958. Photocontrol of anthocyanin synthesis in apple skin. *Plant Physiol.* 33(3) : 185~190.
21. 志佐 誠・高野泰吉. 1964. バラの花色発現に及ぼす温度ならびに光の影響. 園学雑. 33 (2) : 140~146.
22. TROYER, J. R. 1964. Anthocyanin formation in excised segments of Buckwheat-seedling hypocotyls. *Plant Physiol.* 39 (6) : 907~912.