

## [07]生食用ブドウの果色と果皮アントシアニンとの 関係：果色育種への応用

白石, 眞一  
九州大学大学院農学研究科農学専攻：果樹生産学

渡部, 由香  
九州大学大学院農学研究科農学専攻：果樹生産学

<https://doi.org/10.15017/13933>

---

出版情報：九州大学農学部農場報告. 7, pp.1-72, 1994-03-25. University Farm, Kyushu University  
バージョン：  
権利関係：

## 第6章 光条件が果皮アントシアニン組成に及ぼす影響

### 緒 言

アントシアニンの生合成が光条件下で促進されることは古くから知られている (Thimann and Edmondson, 1949)。また、アントシアニン生合成に関与するスペクトルも、種々の植物で調べられており、それらを総合すると、アントシアニンを最も良く生合成する波長は青色部 (400~500 nm) と赤色部 (600~700 nm) であるとされている (安田, 1973)。

さらに、ある植物ではアントシアニン生合成に近紫外光が有効であり、例としてプリムラ、ナスやバラがあげられる (柏木ら, 1977; 松丸ら, 1971; 柏木ら, 1978; 前川・平野, 1976; 前川・中村, 1976)。特にバラでは紫外線の影響による配糖体型の変化が認められている (前川ら, 1977)。

ブドウ果実の着色も光の影響を受けることが知られており、果実に太陽光線の直射を受けた場合のみ着色する直光着色品種と、光線の直射を必要としない散光着色品種に大別されている (岸・雨宮, 1953; 土屋, 1956)。同様に、Weaver ら (1960) は着色条件としての日光に対する要求度が、品種によって著しく異なることを認め、'Mataro', 'Red Malaga', 'Zinfandel', 'Ribier' などの品種は黒色の袋を果房に掛けても、無処理の場合と同様に着色するが、'Emperor', 'Tokay', 'Sultanina rose' などの品種は、果実に直接光が当たらないと着色しないと報告している。また、果皮アントシアニン含量に及ぼす光度の影響も調査され、光度の低下にともなってアントシアニン含量が低下することが明らかになっている (内藤, 1964; 内藤ら, 1965)。

しかしながら光の量や質がブドウ果皮アントシアニン組成に及ぼす影響はほとんど明らかになっていない。本実験では様々な素材で果房に被覆処理を行い、果皮アントシアニンの組成に差が生じるか否かを調査し、果皮アントシアニン組成を品種の特性として捉える場合の資料とした。

### 材料および方法

#### 実験 I

1986年に九州大学農学部実験圃場のビニルハウス内に栽植されているヨーロッパブドウ品種 'Flame Tokay', 'Queen', アメリカブドウ品種 'Schuyler' を用い、果房の暗黒処理とフィルターによる遮光処理を行った。暗黒処理は果房に黒色の布袋をかけ、袋内の温度上昇を避けるため、さらに白色の果実袋をかけて行った。フィルターによる遮光処理は各種アクリル板で作成した箱で果房を覆い行った。フィルターの特性は第18図に示した。また無袋処理を対照区とした。処理は6月30日からとし 'Schuyler' は8月17日に採取し、'Flame Tokay', 'Queen' については8月26日に採取した。

アントシアニン組成の調査は第2章と同様に行った。

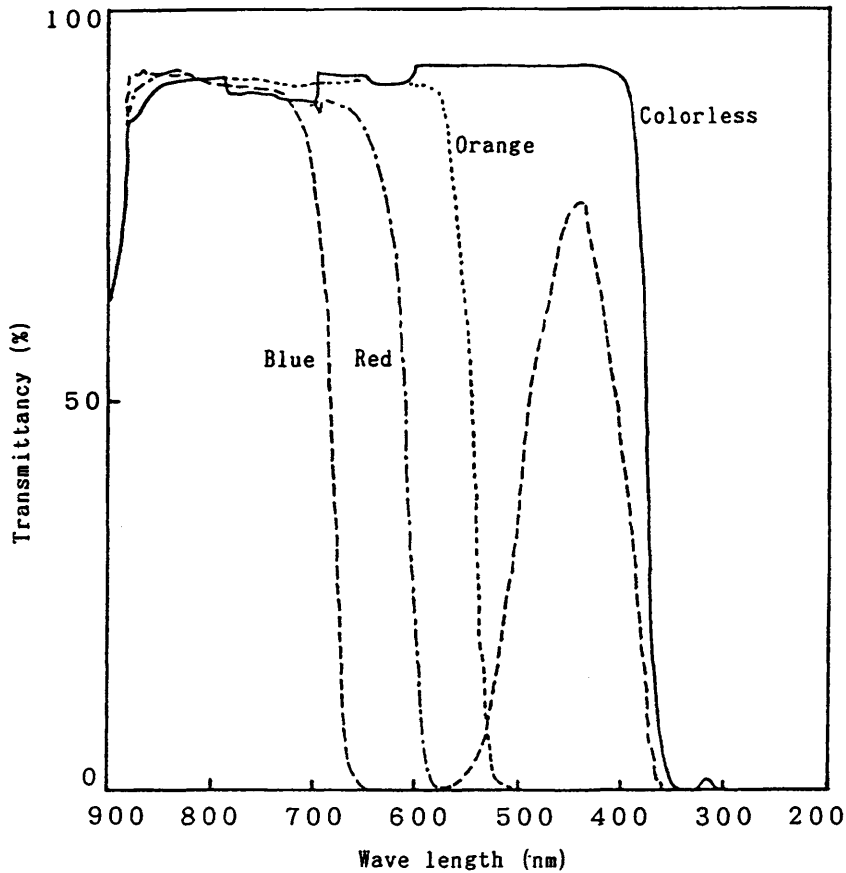


Fig. 18 Transmission spectra of acrylic boards for covering grape clusters.

## 実験II

アメリカブドウ品種で特徴的なアントシアニン組成を持つ品種を選び、果房の暗黒処理を行い、光がアントシアニン組成に与える影響を調査した。福岡県農業総合試験場園芸研究所に栽植されているブドウ品種 'Steuben', '紅瑞宝 (Benizuiho)', 'Suffork red', '竜宝 (Ryuho)', 'N.Y. Muscat' を用い、1989年7月21日に実験Iと同様の暗黒処理を行った。対照区は白色袋処理とし、8月31日に採取した。

アントシアニン含量と組成の調査は第2章に準じて行った。

## 結 果

### 実験I

第16表に6月30日から8月26日までのそれぞれの処理区内の温度変化を示す。各処理区の温度差は昼間で最大1.7°C、夜間では0.5°Cであり、温度条件はほとんど同じであると考えられた。

Table 16 Average day and night temperatures under covering materials during the period of treatment (6.30-8.26).

| Treatment       | Average temperature (°C) at 3 p.m. | Average temperature (°C) at 3 a.m. |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Black bag       | 32.5                               | 25.3                               |
| Acrylic plastic |                                    |                                    |
| Red             | 33.3                               | 25.6                               |
| Orange          | 33.3                               | 25.8                               |
| Blue            | 33.0                               | 25.5                               |
| Colorless       | 32.8                               | 25.6                               |
| Control         | 31.6                               | 25.4                               |

‘Flame Tokay’ は暗黒処理で全く着色しなかった。また透明アクリルのフィルターで果房を覆った場合は対照区に比べ着色が劣った。赤、青、橙のフィルター処理区では、果実の着色はさらに抑えられた (Plate 6)。

第 17 表に ‘Flame Tokay’ の各処理区のアントシアニン組成を示す。着色の認められた処理区の果実では、すべてシアニン-3-モノグルコシドが主要色素であった。

‘Queen’ はいずれの処理区でも着色し、暗黒処理区の果実も対照区と同様に着色した (Plate 7)。

Table 17 Effects of covering materials on anthocyanin composition (%) in skin of grape cultivar ‘Flame Tokay’

| Covering material | Anthocyanidin <sup>x</sup> |    |    |    |    | Dl <sup>z</sup> type | Me-An <sup>w</sup> | Glycoside <sup>y</sup> |     |
|-------------------|----------------------------|----|----|----|----|----------------------|--------------------|------------------------|-----|
|                   | Cy                         | Pn | Dl | Pt | Mv |                      |                    | MG                     | Acy |
| Black bag         | 0                          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                    | 0                  | 0                      | 0   |
| Acrylic plastic   |                            |    |    |    |    |                      |                    |                        |     |
| Red               | 100                        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                    | 0                  | 100                    | 0   |
| Orange            | 100                        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                    | 0                  | 100                    | 0   |
| Blue              | 100                        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                    | 0                  | 100                    | 0   |
| Colorless         | 100                        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                    | 0                  | 100                    | 0   |
| Control           | 99                         | 1  | 0  | 0  | 0  | 0                    | 0                  | 100                    | 0   |

<sup>x</sup>Cy ; Cyanidin, Pn ; Peonidin, Dl ; Delphinidin, Pt ; Petunidin, Mv ; Malvidin.

<sup>z</sup>Dl type ; Dl+Pt+Mv, <sup>w</sup>Me-An ; Pn+Pt+Mv.

<sup>y</sup>MG ; 3-monoglucoside, DG ; 3,5-diglucoside, Acy ; Acylated anthocyanin.

第 18 表に ‘Queen’ の各処理区のアントシアニン組成を示す。

Table 18 Effects of covering materials on anthocyanin composition (%) in skin of grape cultivar ‘Queen’

| Covering material | Anthocyanidin <sup>x</sup> |    |    |    |    | Dl <sup>z</sup> type | Me-An <sup>w</sup> | Glycoside <sup>y</sup> |    |     |
|-------------------|----------------------------|----|----|----|----|----------------------|--------------------|------------------------|----|-----|
|                   | Cy                         | Pn | Dl | Pt | Mv |                      |                    | MG                     | DG | Acy |
| Black bag         | 8                          | 88 | 0  | 0  | 0  | 0                    | 88                 | 100                    | 0  |     |
| Acrylic plastic   |                            |    |    |    |    |                      |                    |                        |    |     |
| Red               | 14                         | 64 | 4  | 3  | 15 | 22                   | 82                 | 100                    | 0  |     |
| Orange            | 17                         | 53 | 5  | 4  | 21 | 30                   | 78                 | 100                    | 0  |     |
| Blue              | 15                         | 53 | 4  | 4  | 24 | 32                   | 81                 | 100                    | 0  |     |
| Colorless         | 16                         | 50 | 6  | 6  | 22 | 34                   | 78                 | 100                    | 0  |     |
| Control           | 12                         | 56 | 1  | 1  | 30 | 32                   | 87                 | 100                    | 2  |     |

<sup>x</sup>Cy ; Cyanidin, Pn ; Peonidin, Dl ; Delphinidin, Pt ; Petunidin, Mv ; Malvidin.

<sup>z</sup>Dl type ; Dl+Pt+Mv, <sup>w</sup>Me-An ; Pn+Pt+Mv.

<sup>y</sup>MG ; 3-monoglucoside, DG ; 3,5-diglucoside, Acy ; Acylated anthocyanin.

‘Queen’ はペオニン-3-モノグルコシドを主要色素とし、ついでマルビジン-3-モノグルコシドを多く含むが、この色素組成は対照区とフィルター処理区とはほとんど差が見られなかった。しかしながら、暗黒処理区の果実ではマルビジンを含むデルフィニジン系のアントシアニンが全く見いだされなかった。

‘Schuyler’ は暗黒処理区の果実の着色が対照区に比べやや劣ったものの (Plate 8)、いずれの処理区でも着色した。フィルター処理区と対照区の果実の着色程度に差異は認められなかった。

第 19 表に ‘Schuyler’ のアントシアニン組成を示す。いずれの処理区もマルビジン配糖体が主体であった。フィルター処理区と対照区の間のアントシアニン組成の差はほとんど認められなかったが、暗黒処理区でデルフィニジン系のアントシアニンの割合がやや低かった。

Table 19 Effects of covering materials on anthocyanin composition (%) in skin of grape cultivar ‘Schuyler’

| Covering material | Anthocyanidin <sup>x</sup> |    |    |    |    | Dl <sup>z</sup> type | Me-An <sup>w</sup> | Glycoside <sup>y</sup> |    |     |
|-------------------|----------------------------|----|----|----|----|----------------------|--------------------|------------------------|----|-----|
|                   | Cy                         | Pn | Dl | Pt | Mv |                      |                    | MG                     | DG | Acy |
| Black bag         | 14                         | 28 | 10 | 7  | 41 | 58                   | 76                 | 59                     | 41 | 55  |
| Acrylic plastic   |                            |    |    |    |    |                      |                    |                        |    |     |
| Red               | 10                         | 10 | 11 | 19 | 50 | 80                   | 79                 | 58                     | 42 | 67  |
| Orange            | 10                         | 9  | 9  | 20 | 52 | 81                   | 81                 | 60                     | 40 | 65  |
| Blue              | 9                          | 9  | 10 | 18 | 54 | 82                   | 81                 | 62                     | 38 | 59  |
| Colorless         | 8                          | 5  | 12 | 20 | 55 | 87                   | 80                 | 60                     | 40 | 65  |
| Control           | 7                          | 7  | 14 | 21 | 51 | 86                   | 79                 | 61                     | 39 | 61  |

<sup>x</sup>Cy ; Cyanidin, Pn ; Peonidin, Dl ; Delphinidin, Pt ; Petunidin, Mv ; Malvidin.  
<sup>z</sup>Dl type ; Dl+Pt+Mv, <sup>w</sup>Me-An ; Pn+Pt+Mv.  
<sup>y</sup>MG ; 3-monoglucoside, DG ; 3,5-diglucoside, Acy ; Acylated anthocyanin.

## 実験II

第20表にそれぞれの品種の暗黒処理区と対照区のアントシアニン含量と組成を示す。‘Suffork red’, ‘紅瑞宝’は暗黒処理でアントシアニン生成が見られず, ‘Steuben’, ‘竜宝’は暗黒処理でアントシアニン含量が減少した。‘N.Y. Muscat’ではアントシアニン含量については暗黒処理区は対照区に比べ若干増加した。

Table 20 Effects of dark treatment to cluster on anthocyanin composition (%) in skin of grapes.

| Cultivar           | Treatment | antho-<br>cyanin<br>content <sup>x</sup> | Anthocyanidin <sup>y</sup> |    |    |    |    | Dl<br>type <sup>z</sup> | <sup>w</sup> Me-An <sup>w</sup> | Glycoside <sup>y</sup> |    |     |
|--------------------|-----------|--|----------------------------|----|----|----|----|-------------------------|---------------------------------|------------------------|----|-----|
|                    |           |  | Cy                         | Pn | Dl | Pt | Mv |                         |                                 | MG                     | DG | Acy |
| Steuben            | Light     | 108.3                                    | 48                         | 0  | 52 | 0  | 0  | 52                      | 0                               | 78                     | 22 | 43  |
|                    | Dark      | 24.7                                     | 80                         | 0  | 20 | 0  | 0  | 20                      | 0                               | 94                     | 6  | 4   |
| Beni zuiho         | Light     | 30.5                                     | 72                         | 0  | 28 | 0  | 0  | 28                      | 0                               | 93                     | 7  | 8   |
|                    | Dark      | 0  | 0                          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                       | 0                               | 0                      | 0  | 0   |
| Suffork<br>red     | Light     | 27.1                                     | 94                         | 3  | 3  | 0  | 0  | 3                       | 3                               | 96                     | 4  | 5   |
|                    | Dark      | 0  | 0                          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                       | 0                               | 0                      | 0  | 0   |
| Ryuhō              | Light     | 99.8                                     | 73                         | 9  | 17 | 1  | 0  | 18                      | 10                              | 82                     | 18 | 17  |
|                    | Dark      | 29.1                                     | 70                         | 30 | 0  | 0  | 0  | 0                       | 30                              | 71                     | 29 | 7   |
| New York<br>Muscat | Light     | 109.4                                    | 46                         | 30 | 7  | 8  | 9  | 24                      | 47                              | 90                     | 10 | 36  |
|                    | Dark      | 115.9                                    | 45                         | 53 | 1  | 1  | 0  | 2                       | 54                              | 85                     | 15 | 32  |

<sup>x</sup>μg/cm<sup>2</sup>

<sup>y</sup>Cy ; Cyanidin, Pn ; Peonidin, Dl ; Delphinidin, Pt ; Petunidin, Mv ; Malvidin.

<sup>z</sup>Dl type ; Dl+Pt+Mv, <sup>w</sup>Me-An ; Pn+Pt+Mv.

<sup>y</sup>MG ; 3-monoglucoside, DG ; 3,5-diglucoside, Acy ; Acylated anthocyanin.

アントシアニン組成については、全ての品種で暗黒処理区は対照区よりデルフィニジン系アントシアニンの割合が減少した。特に, ‘N.Y. Muscat’では暗黒処理区と対照区のアントシアニン含量の差はほとんど認められないが, 暗黒処理区でデルフィニジン系アントシアニンの割合が激減した。

‘竜宝’の暗黒処理区ではメチル化アントシアニンの割合が対照区の約3倍になったが, アントシアニン含量は対照区のほぼ3分の1になっており, 生合成されたメチル化アントシアニンの含量は両区ではほぼ同程度であることが判明した。‘N.Y. Muscat’のメチル化アントシアニンの割合は暗黒処理区, 対照区の差はなかった。

‘Steuben’は暗黒処理区でジグルコシドの含量と割合が減少した。‘竜宝’の暗黒処理区ではジグルコシドの割合は増加したが, アントシアニン含量が減少しているため, 実質的にはジグルコシドの含

量は減少した。‘N.Y. Muscat’ ではジグルコシドの含量は増加した。アシル化アントシアニンはその全ての品種において暗黒区で減少した。

## 考 察

アントシアニンなどの二次代謝産物の生合成機構については多くの研究がなされており、赤色光受容体であるフィトクロムとの関連が明らかとなっている (Brödenfeldt and Mohr, 1988 ; Goud *et al.*, 1991)。また、紫外光や青色光が引金となる例も報告されている (Lackmann, 1971 ; Chappell and Hahlbrock, 1984)。

‘Flame Tokay’ では、フィルター処理でアントシアニン生合成量が抑えられたが、今回実験 I で用いたフィルターはすべて 360 nm 以下の紫外線を透過させない特性があり、‘Flame Tokay’ のアントシアニン生成には紫外線が関与することが示唆された。また ‘Flame Tokay’ では紫外線カットオフ処理の他に赤色光、青色光をカットオフした場合にさらに着色が抑えられたことから、紫外線の他にフィトクロムや青色光受容体もアントシアニン生合成に関与していると推察される。

しかしながら、果房に光が全く当たらない状態で着色する品種もあり、光によるアントシアニン C 環の生合成の制御が品種によって相当異なると考えられる。この点については、今後さらに研究を進める必要がある。

また、各種フィルター処理では、果皮アントシアニン組成には影響が及ばなかったことから、特定の波長の光がアントシアニン B 環の構造変化や、配糖体化、アシル化に大きく関わっている可能性は低いと考える。

実験 I において、果房に暗黒処理を施した場合に、果皮アントシアニン組成中のデルフィニジン系アントシアニンの割合が減少することが明らかになった、これは、暗黒条件下でアントシアニン B 環の 5'位のヒドロキシル化が抑えられることを意味する。

さらに実験 II において、様々な色素組成を持つブドウ品種について暗黒処理を行い、アントシアニン組成の変化を調査したところ、実験 I と同様に、デルフィニジン系アントシアニンの生合成は暗黒条件下で抑えられることが明らかとなった。特に、実験 II の ‘N.Y. Muscat’ では、暗黒処理と対照区の果皮アントシアニン含量にほとんど差がないにも関わらずデルフィニジン系アントシアニンの割合は減少していることから、前駆物質からフラボノイド C 環の変化に伴うアントシアニン生合成経路が、光による影響を受けない場合でも、色素 B 環の 5'位のヒドロキシル化は光によって制御されていると考える。

果房の暗黒処理がアントシアニン B 環のメチル化に及ぼす影響は、‘Schuyler’、‘Queen’ の場合、暗黒処理でメチル化アントシアニンの割合に差がなかったことや ‘竜宝’ ‘N.Y. Muscat’ のように暗黒処理でも対照区と同程度の量のメチル化アントシアニンが生合成されたことを考えるとアントシアニン B 環の 5'位のヒドロキシル化に比べ、アントシアニン B 環のメチル化は光による影響を受けにくいと考える。

暗黒処理が配糖体化に及ぼす影響は一般的な傾向として捉えることはできなかったが、アシル化については光条件下で促進されると考える。

通常の栽培での光条件下では、果皮アントシアニン組成はほとんど変化しないとみられる。しかしながら、果皮アントシアニン組成を品種の特徴として捉える際には、果房に全く光が当たらない条件下では、デルフィニジン系アントシアニンの割合が減少することを配慮するべきである。

## 摘 要

特定のブドウ品種においては、特定波長の光が前駆物質からアントシアニンに至るまでのフラボノイドC環の構造変化に関与し、アントシアニン含量に影響を及ぼすと考えられた。

フィルターによる遮光処理で、赤色光、青色光、紫外光をカットオフした場合、アントシアニン組成は影響を受けなかった。しかしながら、果房を極端な暗黒条件下においた場合、アントシアニン組成が変化した。特にアントシアニンB環のヒドロキシル化は光によって影響を受けるものと考えられた。





Control

Colorless

Dark



Blue

Orange

Red

Plate 6 Color development of 'Flame Tokay' under covering materials.



Control

Dark

Plate 7 Color development of 'Queen' under dark treatment.



Control

Dark

Plate 8 Color development of 'Schuyler' under dark treatment.