

糖蓄積がブドウの着色に及ぼす影響

宇土幸伸・里吉友貴・小林和司・齊藤典義¹・三森真里子

¹ 現 山梨県農政部農業技術課

キーワード：ブドウ，着色，糖蓄積，アントシアニン

緒言

近年，ブドウ生産現場では着色不良が大きな問題となっており，山梨県においても発生頻度が増加している．これには，栽培品種の変遷により大粒種が増加し，加えて無核栽培が中心となった¹⁾ことが背景にあるが，気候温暖化等の環境変動も大きく影響しているものと考えられる．

ブドウの着色は温度の影響を強く受けることが知られており，成熟期の高温条件はアントシアニンの蓄積を抑制する^{2, 3)}こと，また樹体温のみならず果房周辺温度も着色に大きな影響を及ぼす⁴⁾ことが明らかにされている．一方，温度以外にも光条件^{5~8)}，湿度条件⁹⁾，糖の蓄積¹⁰⁾等も着色には大きな影響を及ぼし，複数の要因が重なり着色不良が発生していると考えられる．

ブドウの果皮色は，黄緑又は黄白・淡紅・赤・赤褐・紫赤・灰赤・青黒又は紫黒と多岐にわたり¹¹⁾，色素組成も品種により大きく異なる^{12, 13)}．よって着色特性における品種間差異は大きいものと考えられ，温度^{14, 15)}や光条件¹³⁾が着色に及ぼす品種間差異については一部明らかにされている．一方，糖蓄積が着色に及ぼす影響については報告が少なく，とくに日本における生食用ブドウでの検討は見当たらない．

そこで，本試験では山梨県において栽培実績のある着色系品種を対象に，成熟期の糖含量と着色程度との関係を調査したのでその結果について報告する．

材料および方法

山梨県果樹試験場および現地圃場に植栽した 14 品種（黒色品種：‘巨峰’，‘ピオーネ’，‘藤稔’，‘ブラックビート’，‘紫玉’，‘ダークリッジ’，赤色品種：‘ゴルビー’，‘クイーンニーナ’，‘早生甲斐路’，‘サニードルチェ’，‘サニールージュ’，‘ロザリオロッソ’，‘陽峰’，‘安芸クイーン’）を供試した．‘早生甲斐路’，‘ロザリオロッソ’については有核栽培を行い，その他の品種については無核栽培を行った．

有核栽培の管理は，開花始め期に 1 新梢あたり 1 花穂に調整し，房尻を切り詰めた花穂最下部 7 cm を残し，それより上部の支梗は切除した．摘粒作業前に‘早生甲斐路’は 3500 房/10 a，‘ロザリオロッソ’は 3000 房/10 a を目安に着房数を調整した後，着粒密度が 4~5 粒/cm になるように摘粒を行い，白色袋をかけた．着色始め期に除袋し，透明ポリエチレン製カサにかけ替え，収穫時まで管理した．

無核栽培の管理は，開花始め期に 1 新梢あたり 1 花穂に調整し，花穂最下部 4 cm を残し，それより上部の支梗は切除した．ジベレリン（以下 GA）処理は，‘巨峰’，‘紫玉’，‘ダークリッジ’は満開時にホルクロルフエニユロン（以下 CPPU）5 ppm 加用 GA 25 ppm を，満開 10~15 日後に GA 25 ppm を処理した．‘ピオーネ’，‘藤稔’，‘ブラックビート’は満開時に CPPU 5 ppm 加用 GA 12.5 ppm を，満開 10~15 日後に GA 25 ppm を処理した．‘ゴルビー’，‘クイーンニーナ’，‘サニールージュ’，‘陽峰’，‘安芸クイーン’は満開時に GA 25 ppm を，

満開 10～15 日後に GA 25 ppm を処理した。‘サニードルチェ’は満開時に GA 25 ppm を、満開 10～15 日後に CPPU 5 ppm 加用 GA 25 ppm を処理した。摘粒作業前に‘サニールージュ’は 4000 房/10 a、その他の品種は 3000 房/10 a を目安に着房数を調整した後、着粒密度が 4～5 粒/cm になるように摘粒を行い、白色袋をかけた。着色始め期に除袋し、透明ポリエチレン製カサにかけ替え、収穫時まで管理した。

1. 各品種における果粒糖度とアントシアニン含量の関係

2010 年に上記 14 品種を供試した。果樹試験場および現地圃場に植栽した樹から無作為に成熟期の果粒を採取し、各果粒の糖度とアントシアニン含量を測定した。調査果粒数は第 1 表に示した。

糖度は各果粒の搾汁液について、屈性計（アタゴ、PR-101 α ）を用いて Brix 値を求めた。アントシアニンの抽出は、各果粒の赤道面から直径 10 mm のコルクボーラーで果皮を採取し、50%酢酸に浸漬し、5 $^{\circ}$ C、16 時間、暗黒条件下で行った。抽出液の 520 nm における吸光度を分光光度計（Thermo, ND-1000）で計測し、シアニジン-3-モノグリコシドクロライド当量に換算した。これらの数値をもとに、品種ごとに糖度とアントシアニン含量間の相関係数を算出し、推定される回帰式を求めた。

2. 各品種における糖度と目視による着色との関係

供試品種の中から黒色 4 品種および赤色 4 品種、計 8 品種（‘巨峰’、‘ピオーネ’、‘ブラックビート’、‘ゴルビー’、‘クイーンニーナ’は短梢剪定樹、‘藤稔’、‘早生甲斐路’、‘サニードルチェ’は長梢剪定樹）について検討を行った。2010～2013 年の成熟期に各樹より果房を収穫し、糖度と目視による着色程度を調査した。調査果房数は第 1～8 図に示した。

着色程度は、各果房中で平均的な 10 粒について、果実カラーチャート ブドウ 赤・紫・黒色系（農林省果樹試 1975）を用いて判定し、その平均値を求めた。糖度は着色程度を判定した 10 粒について、その搾汁液について屈性計（アタゴ、PR-101

α ）を用いて Brix 値を求めた。

なお、着色の評価については、生産地により着色程度が大きく異なるため、各県で目標とする果皮色は一律ではない。本試験では、本県での青果物標準出荷規格¹⁶⁾を参考に、黒色品種ではカラーチャート値 11 以上を着色良好（十分な着色）、9 以下を着色不良（赤熟れ果）と判断した。また、赤色品種では 4 以上を着色良好、3 以下を着色不良と判断した。

山梨県でのブドウ着色期にあたる 8 月の平均気温と日照時間は、甲府地方気象台の観測値を参照した。

結 果

1. 各品種における果粒糖度とアントシアニン含量の関係

供試品種における果粒糖度とアントシアニン含量間の相関係数、推定される回帰式、および果粒糖度とアントシアニン含量を第 1 表に示した。供試品種の中で最も相関係数が高かったのは‘ロザリオロッソ’（0.89）で‘早生甲斐路’（0.85）、‘陽峰’（0.82）、‘ゴルビー’（0.79）、‘安芸クイーン’（0.74）、‘クイーンニーナ’（0.73）、‘ピオーネ’（0.72）と続いた。その他の品種は相関係数が 0.7 以下であった。供試品種中‘サニードルチェ’（-0.43）のみが負の相関であった。

2. 各品種における糖度と目視による着色との関係

第 1～8 図に供試品種の糖度と着色程度に関する散布図を示した。また、試験年次における 8 月の平均気温と日照時間、および平年値を第 2 表に示した。試験を行った 4 ヶ年について、平均気温は 2013、2010、2012、2011 年の順に高かった。日照時間は 2012、2013、2010、2011 年の順に多く、2011 年は平年値を下回った。

1) ‘巨峰’

低糖度の果房において着色がばらつき、高糖度の果房で着色が良好になる傾向が見られた。2011 年では、糖度の高低に関係なく着色良好な果房が多かった。また、2010、2013 年では十分な着色と

第1表 各品種における果粒糖度とアントシアニン含量の関係(2010)

果皮色	品種	相関係数	回帰式	糖度(° Brix)			アントシアニン含量($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)			調査果粒数
				平均	最小値	最大値	平均	最小値	最大値	
赤	ロザリオロソ	0.89 **z	y = 4.4x-65	17.1	13.9	22.1	10.9	1.7	39.4	56
	早生甲斐路	0.85 **	y = 3.2x-61	22.6	19.9	26.1	10.2	1.7	27.0	82
	陽峰	0.82 **	y = 5.6x-85	18.2	14.6	22.0	16.4	1.1	44.4	80
	ゴルビー	0.79 **	y = 3.1x-51	19.3	14.8	24.9	8.2	0.0	30.5	81
	安芸クイーン	0.74 **	y = 6.5x-101	17.8	15.8	21.1	14.5	2.3	36.4	64
	クイーンニーナ	0.73 **	y = 4.3x-90	23.1	21.2	25.6	8.7	2.0	38.4	50
	サニールージュ	0.60 **	y = 21.9x-373	19.0	16.8	21.0	43.6	2.6	134.6	53
	サニードルチェ	-0.43 **	y = -4.0x+94	18.5	16.1	22.8	20.3	3.1	45.3	35
黒	ピオーネ	0.72 **	y = 19.2x-294	18.9	14.5	23.1	68.0	0.0	155.2	99
	ブラックビート	0.62 **	y = 46.5x-462	16.3	13.8	18.1	294.3	121.6	436.5	75
	巨峰	0.58 **	y = 22.2x-229	16.6	14.4	19.6	138.3	42.5	238.4	40
	紫玉	0.50 **	y = 19.4x-279	20.1	17.7	24.1	109.4	23.5	261.3	35
	藤稔	0.48 **	y = 19.8x-225	17.5	15.2	20.1	122.7	31.6	238.6	84
	ダークリッジ	0.42 *	y = 21.1x-199	19.7	17.4	22.2	216.5	124.4	314.4	25

^z **は1%水準, *は5%水準で有意

判断されるカラーチャート値 11 に達しない果房が多かった(第1図)。

2) ‘ピオーネ’

‘巨峰’と同様に、低糖度の果房において着色がばらつき、高糖度の果房で着色が良好になる傾向が見られた。2011年では、糖度の高低に関係なく着色良好な果房が多かった。また、2010、2013年では赤熟れと判断されるカラーチャート値9を下回る果房が多かった(第2図)。

3) ‘藤稔’

糖度が高くなるにしたがって、カラーチャート値が大きくなる傾向が認められた。いずれの年次においても着色が不良な果房は少なく、特に2011年において着色が良好な果房が多かった(第3図)。

4) ‘ブラックビート’

糖度の高低に関係なく着色程度はほぼ一定であり、いずれの年次においても着色不良の発生がみられなかった(第4図)。

5) ‘ゴルビー’

低糖度の果房において着色が不良となり、高糖度の果房で着色が良好になる傾向が見られた。2011年は他の年次と比較して、同程度の糖度にお

ける着色が優れる傾向があったが、着色のばらつきが大きかった。また、2012年は他の年次と比較して、高糖度の果房が多かった(第5図)。

6) ‘クイーンニーナ’

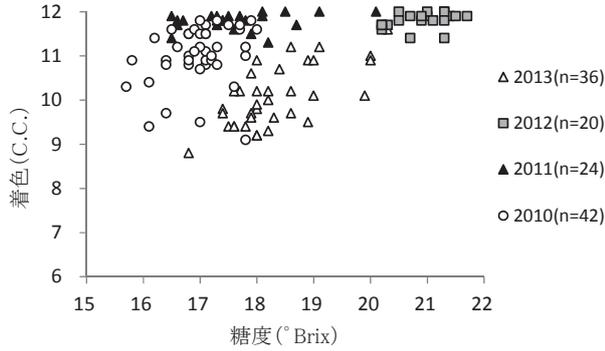
低糖度の果房において着色が不良となり、高糖度の果房で着色が良好になる傾向が見られた。糖度と着色程度の関連について年次差が小さかった。2011年は他の年次と比較して低糖度の果房が多く、着色が不良な傾向であった(第6図)。

7) ‘早生甲斐路’

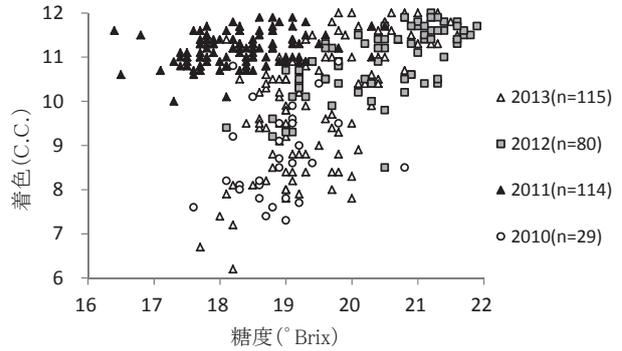
低糖度の果房において着色が不良となり、高糖度の果房で着色が良好になる傾向が見られた。‘クイーンニーナ’と同様に、糖度と着色程度の関連における年次差は小さかった。2011年は他の年次と比較して、低糖度の果房が多くやや着色が劣る傾向であった(第7図)。

8) ‘サニードルチェ’

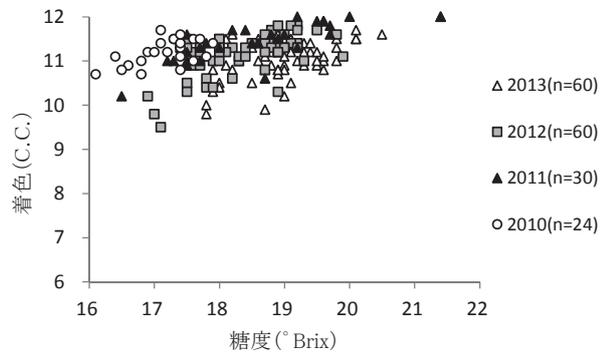
いずれの年次においても、糖度の高低に関係なく、着色程度はほぼ一定であった。2012年では着色が優れ、2011年ではやや劣っていた(第8図)。



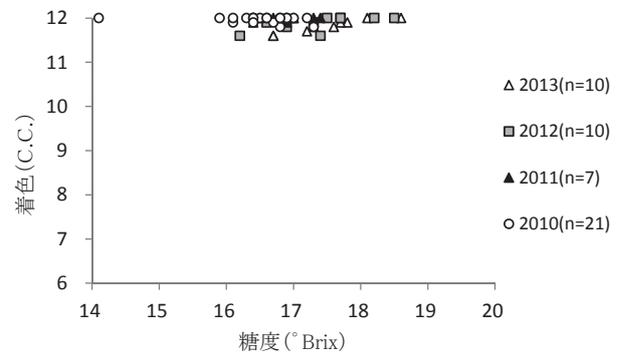
第1図 ‘巨峰’における糖度とカラーチャート値の関係



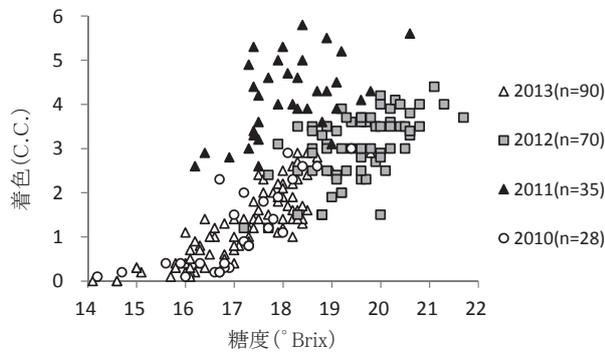
第2図 ‘ピオーネ’における糖度とカラーチャート値の関係



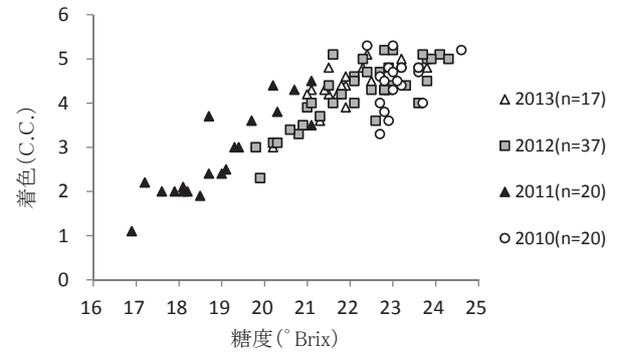
第3図 ‘藤稔’における糖度とカラーチャート値の関係



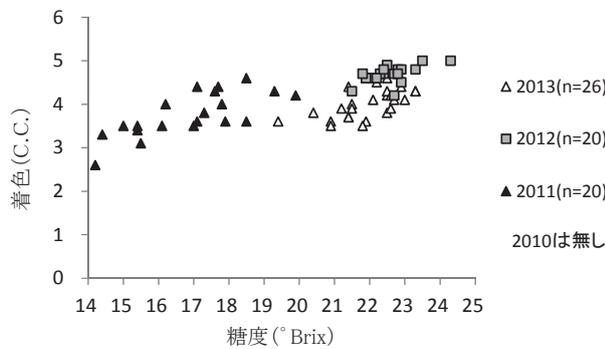
第4図 ‘ブラックビート’における糖度とカラーチャート値の関係



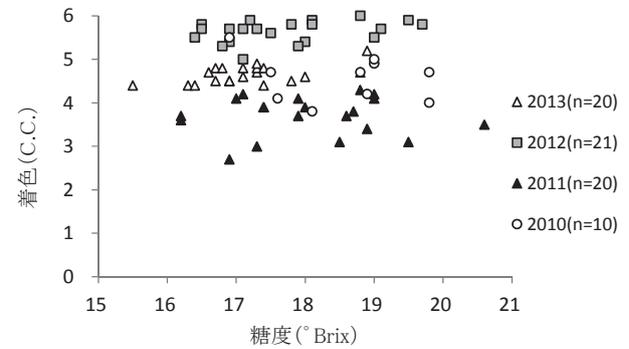
第5図 ‘ゴルビー’における糖度とカラーチャート値の関係



第6図 ‘クイーンニーナ’における糖度とカラーチャート値の関係



第7図 ‘早生甲斐路’における糖度とカラーチャート値の関係



第8図 ‘サニードルチェ’における糖度とカラーチャート値の関係

第2表 試験年次における平均気温
および日照時間(甲府・8月)

年次	平均気温 (°C)	日照時間 (時間)
2010	28.3	203.8
2011	26.8	179.1
2012	27.8	257.9
2013	28.5	233.6
平年値 ^z	26.6	197.3

^z 1981~2010年

考 察

果実の糖含量と着色程度との関係を明らかにするため、各品種の成熟期に採取した果実について調査を行った。

1. 各品種における果粒糖度とアントシアニン含量の関係

黒色6品種、赤色8品種、計14品種について、果粒糖度とアントシアニン含量の相関係数を比較した。‘サニードルチェ’以外の品種では、正の相関が認められたので、アントシアニン含量を増加させるためには、高糖度の果実を生産することも重要と考えられた。

相関係数が0.7より高かった品種は赤色品種が6品種、黒色品種が1品種であり、黒色品種より赤色品種において相関関係が高い傾向があった。これには、アントシアニン合成経路が、黒色品種と赤色品種で一部異なる¹²⁾ことが関係した可能性があるが、詳細は不明のため今後検討が必要と考えられた。

‘サニードルチェ’において負の相関になった要因は不明であるが、糖度以外の要因がアントシアニン合成に大きな影響を及ぼしているものと考えられた。

2. 各品種における糖度と目視による着色との関係

黒色4品種、赤色4品種、計8品種について検

討を行った。2010~2013年の成熟期に収穫した果房の糖度と、見た目の着色程度(カラーチャート値)の散布図を作成した。

赤色品種の‘ゴルビー’、‘早生甲斐路’、‘クイーンニーナ’では、糖度と着色程度に強い関係が認められ、低糖度の果房は着色不良に、高糖度の果房は着色良好になる傾向が4カ年ともみられた。‘ゴルビー’において2011年は他の年次と比較して、同程度の糖度における着色が優れる傾向があったが、これは着色期の平均気温が他の年次より低かったことが関係したと考えられる。‘クイーンニーナ’の2011年では、温度環境は恵まれていたにも関わらず、低糖度の果房が多く着色が不良な年次となった。一方、着色期の平均気温が高かったものの日照時間が多かったその他の年次では、高糖度かつ着色良好な果房が多かった。峯村ら¹⁷⁾は、長野県における着色期の気温・日照と着色の関係进行调查し、実際の栽培の中では、‘クイーンニーナ’の着色は温度以上に日照の影響を大きく受けると推察しており、本試験の結果もこれと一致した。

黒色品種の‘巨峰’、‘ピオーネ’、‘藤稜’においても糖度と着色に関連がみられたが、上記の赤色3品種より弱い傾向であった。とくに低糖度の果房では着色のばらつきが大きくなる傾向がみられた。‘巨峰’、‘ピオーネ’の2011年では、糖度の高低と関係なく着色が優れる傾向があった。これは着色期の平均気温が他の年次より低かったことが関係したと考えられる。‘ブラックビート’では、糖度と見た目の着色の関連が弱く、いずれの年次においても着色が優れた。アントシアニン含量が $150 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ を越える場合、それ以上にアントシアニンを蓄積しても見た目の果皮色の差は認められなくなる(未発表)。アントシアニン含量が多い特性を有する‘ブラックビート’(第1表)や2011年における‘巨峰’、‘ピオーネ’の低糖度の果房は、高糖度の果房よりもアントシアニン含量は少ないものの、 $150 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ を上回るアントシアニンを含有しており、見た目の着色(カラーチャート値)には差が生じなかったと考えられた。

一方、‘サニードルチェ’の着色は、いずれの年次においても糖度の高低に影響を受けておらず、

赤色品種であるにも関わらず、例外的に糖度と着色の関連が弱い品種と考えられた。

また、今回供試した赤色 4 品種については、着色期の平均気温が高い年次においても、日照時間が多ければ着色が良好となる傾向があった。赤色品種において着色における光環境の影響が大きいことが指摘されており¹³⁾、本試験においてもそれを支持する結果となった。

以上のことから、糖度が着色に及ぼす影響は品種によって異なるが、多くの品種において糖度が高まると着色が向上する傾向が認められた。

摘 要

着色系ブドウ 14 品種について、果粒糖度とアントシアニン含量の相関係数を比較した。またその内の 8 品種について、過去 4 年間の成熟期に収穫した果房の糖度と見た目の着色程度（カラーチャート値）の散布図を作成し、その関係について考察した。

1. 供試品種において果粒糖度とアントシアニン含量の相関係数を比較すると、黒色品種より赤色品種で相関が高い傾向があった。
2. 赤色品種の‘ゴルビー’、‘早生甲斐路’、‘クイーンニーナ’では、糖度と見た目の着色程度の関係において強い関連がみられ、低糖度の果房は着色不良に、高糖度の果房は着色良好になりやすかった。
3. 黒色品種の‘巨峰’、‘ピオーネ’、‘藤稔’においても糖度と着色に関連がみられたが、上記の赤色品種より弱い傾向であった。
4. 黒色品種の‘ブラックビート’では、糖度の高低に関係なく着色不良の発生がみられなかった。
5. ‘ブラックビート’などのアントシアニン含量が多い特性を有する品種では、糖蓄積不足によりアントシアニン含量が減少しても、見た目の着色は低下しにくいと考えられた。
6. ‘サニードルチェ’は赤色品種であるが、例外的に糖度と着色の関連が低い品種と考えられた。
7. 糖蓄積が着色に及ぼす影響は品種により異なる

るものの、多くの品種で糖度が高い果実を生産することで着色向上が期待できる。

引用文献

- 1) 山田昌彦(2003). ブドウ産業を展望する ブドウ産業の現状と展望. 果実日本 58:14-17
- 2) 苫名孝・宇都宮直樹・片岡郁雄(1979). 樹上果実の成熟に及ぼす温度環境の影響(第 2 報). 園学雑 48:261-266
- 3) 森健太郎・菅谷純子・弦間洋(2004). ブドウ‘黒王’の成熟期における温度が果実の着色およびアントシアニン関連酵素活性に及ぼす影響. 園学研 3:209-214
- 4) 平瀬早苗・小池明・赤井昭雄(1999). 果房部分への冷却がブドウ‘赤嶺’、‘ルビーオクヤマ’の着色に及ぼす影響. 徳島果試研報 27:31-39
- 5) 内藤隆次(1984). ブドウ巨峰の着色に及ぼす光度の影響. 島大農研報 18:8-15
- 6) 井門健太・松本秀幸・宮田信輝・矢野隆(2009). 光環境の改善が‘安芸クイーン’の着色に及ぼす影響. 愛媛農水研果研セ研報 1:43-51
- 7) Azuma, A., H. Yakushiji, Y. Koshita and S. Kobayashi (2012). Flavonoid biosynthesis - related genes in grape skin are differentially regulated by temperature and light conditions. *Planta* 236:1067-1080
- 8) 久保田尚浩・土屋幹夫(2001). ブドウ果実の着色に及ぼす成熟期の紫外光照射の影響. 岡山大農学報 91:55-60
- 9) 朝倉利員・児下佳子・土田靖久・福田浩幸(2004). ブドウの糖度、着色は果房を低湿度条件にすることにより促進される. 園学雑 73(別 1):237
- 10) Pirie, A. and M. G. Mullins (1976). Changes in anthocyanin and phenolics content of grapevine leaf and fruit characteristics of Red Malaga. *Plant Physiol.* 58:468-472
- 11) 山梨県果樹試験場(1993):平成 4 年度種苗特性分類調査報告書(ブドウ)pp. 18-19
- 12) Shiraishi, M., M. Yamada, N. Mitani and T. Ueno (2007). A rapid determination method for anthocyanin profiling in grape genetic

- resources. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 76:28-35
- 13) 宇土幸伸・齊藤典義・里吉友貴・三森真里子 (2010). ブドウ品種のアントシアニン組成による分類と着色に及ぼす光の影響. 園学研 9(別2):129
- 14) 薬師寺博・東暁史・三谷宣仁・児下佳子 (2009). ブドウ果粒を用いた高温安定着色品種の簡易評価法. 園学研 8(別2):416
- 15) 宇土幸伸・里吉友貴・齊藤典義・三森真里子・小林省蔵 (2011). 巨峰系黒色品種のアントシアニン含量と温度が着色に及ぼす影響の品種間差異. 園学研 10(別2):90
- 16) 山梨県青果物標準出荷規格 (2006). ぶどう pp. 9-38
- 17) 峯村万貴・泉克明 (2014). 温度と日照条件がブドウ 'クイーンニーナ' の着色に及ぼす影響. 園学研 13(別1):49

Influence of Sugar Accumulation on Skin Pigmentation of Grapes

Yukinobu UDO, Yuki SATOYOSHI, Kazushi KOBAYASHI, Noriyoshi SAITO¹
and Mariko MITSUMORI

Yamanashi Fruit Tree Experiment Station, 1204 Ezohara, Yamanashi-shi, 405-0043, Japan

Current address:

¹Yamanashi Agricultural Technology Division

Summary

The correlation coefficient between sugar content and anthocyanin content was compared in 14 cultivars of colored grapes. Additionally, in 8 of those cultivars a scatter chart of "sugar content" and "degree of coloration (color chart value)" of fruit harvested during the maturity stage over the past 4 years was made and the relationship thereof was considered.

1. In the cultivars examined in the test, when the correlation coefficient of sugar content and anthocyanin content was compared, correlation tended to be higher in red grape cultivars than in black grape cultivars.
2. In the red grape cultivars 'Gorby,' 'Wasse-kaiji,' and 'Queen Nina,' there was a strong correlation between the relationship of sugar content and degree of coloration, with a tendency for fruit with a low sugar content to have poorly colored berries, and fruit with a high sugar content to have well-colored berries.
3. Also in the black grape cultivars 'Kyoho,' 'Pione,' and 'Fujiminori,' there was a correlation between sugar content and coloration however, the tendency was weaker than in the red grape cultivars listed above.
4. In the black grape cultivar 'Black Beat,' poor coloration of berries did not occur irrespective of low or high sugar content.

5. In cultivars such as 'Black Beat' with high anthocyanin content, even if anthocyanin content is decreased due to lack of sugar storage, it's difficult to degrade the coloration.
6. 'Sunny Dolce' is a red grape cultivar, but was regarded as a cultivar in which the relationship between sugar content and coloration is exceptionally low.
7. The influence exerted on coloration by sugar storage is different depending on the cultivar, but in many cultivars, by producing fruit with higher sugar content, an improvement in coloration can be expected.