

# イチゴ‘あまおとめ’の果実色調とペラルゴニン / シアニジン比の相関

石々川英樹・伊藤博章\*

The relationship between pelargonidin / cyanidin ratio and color index of ‘Amaotome’ strawberry fruit

ISHIISHIKAWA Hideki and ITOU Hiroaki

## 要 旨

イチゴ‘あまおとめ’果実の色調とアントシアニン量との関係を明らかにするために、果実の支持角度を変えて成熟させることで多様な色調の果実を得るとともに、果実の表層部に含まれる pelargonidin 3-glucoside(Pg3G)および cyanidin 3-glucoside(Cy3G)の分析を行った。果実の赤色を示す指数と Pg3G および Cy3G 量には高い正の相関が認められた。また、果実の色調と Pg3G / Cy3G 比の間にも相関が認められ、濃い赤色の果実ほど Cy3G の比率が高まる傾向がみられた。このことは、‘紅ほっぺ’、‘さちのか’、‘さがほのか’の3品種においても認められた。

キーワード：着色、ペラルゴニン 3-グルコシド、シアニジン 3-グルコシド

## 1. 結 言

イチゴの果実色は、重要な外観品質の一つであり、着色を良くするための栽培技術として温度や光条件などの環境制御の他、品種によっては、葉よけなどの栽培管理技術によって鮮やかな赤色を発現させるための努力がなされている。愛媛県の育成品種である‘あまおとめ’（‘とちおとめ’×‘さがほのか’）は、果実の色調が‘さがほのか’と同程度で、‘紅ほっぺ’や‘とちおとめ’よりも淡く、特に厳冬期に着色が劣る傾向があることから（伊藤ら 2008）、濃い赤色に着色させるための技術対応が望まれている。イチゴの着色に関するこれまでの研究では、浦田ら（1991）が‘とよのか’は、果実表面の着色には光の影響が大きいのに対し、裏面では温度の影響が大きいことを報告し、前川（1992）は、同じく‘とよのか’の着色には紫外線が関与し、反射資材を利用することによって、果実裏面の着色改善が可能であることを報告している。Yoshidaら（2002）は、イチゴ果実には Pg3G および Cy3G の主要なアントシアニンの他、品種によっては pelargonidin 3-malonylglucoside(Pg3MG)が含まれること、また、曾根ら（2001）は果実の色調と果皮中の総アント

シアニン量、Pg3G 量、Cy3G 量との間に相関関係が認められるものの、Pg3MG 量との相関は認められないことを報告している。さらに、‘あまおとめ’の着色とアントシアニンとの関連については、石々川ら（2007）が、着色前の‘あまおとめ’果実をアルミ箔やUVカットフィルムで遮光した場合、果実は着色不良となり果実に含まれるアントシアニンのうち、組成比の少ない Cy3G（約 10%）の方が、主要な Pg3G よりも果実の色調との相関が高い事例について報告している。

そこで本試験では、一般的な栽培条件における‘あまおとめ’の果実色調とアントシアニン量との関連を明らかにするために、果実の受光体勢を変化させた場合の果実色調とアントシアニン量との関連を再検討するとともに、果実色調とアントシアニン組成（Pg3G / Cy3G 比）との関連について検討し、知見を得たので報告する。

## 2. 材料および方法

### 2. 1 イチゴの栽培方法

アントシアニンの分析には、愛媛県農林水産研究所の 200 m<sup>2</sup>ビニールハウスにおいて、高設および土耕の促成栽培により得たイチゴ(*Fragaria* × *ananassa* Duch.) ‘あ

\* 現在：愛媛県南予地方局産業経済部八幡浜支局産地育成室

まおとめ’果実を供した。栽培はいずれも2007年9月20日に定植し、高設栽培は、ピートモス+モミガラクentan(1:1)培地を充填した愛媛農試方式高設栽培システムに株間20cmの2条植えとし、基肥としてエコロンG 424をN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=12:10.3:12 kg・10a<sup>-1</sup>施用し追肥は行わなかった。土耕栽培は、畝間140cm、条間50cm、株間23cmの内成りとし、施肥量はN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=16:25:26 kg・10a<sup>-1</sup>とした。温度管理は7℃で加温、25℃で換気を行い、その他の管理は一般的な促成栽培方法によった。果実の受光体勢は、高設栽培システムの側面に架台を設置し、果実を常時水平に支持して成熟させる水平区、同じく常時約45度の角度に支持して成熟させる45度区、さらに果実の支持を行わずほぼ垂直の状態に成熟させる慣行区の3区を設定した。2007年12月に高設および土耕栽培の各区において収穫適期となった果実のうち、色調が濃い赤から橙色まで連続的に異なる果実を採取し、それぞれの果実色調および果実表層部に含まれるアントシアニンの分析を行った。

## 2.2 果実色調の測定およびアントシアニンの分析方法

果実の色調は、最も着色が良好な部位について色彩色差計(MINOLTA CR-200)を用いて測定し、赤色の程度を示す指数を高野ら(1992)の方法を参考に、 $a^* \times 1,000 / (L^* \times b^*)$ の式により算出した(以下、果実色調とする)。アントシアニンの分析は、果実の色調を測定した部位から果実表層部の約1cm<sup>2</sup>を厚さ1mm程度で採取し、そう果を除去した後アントシアニンの抽出を行った。そう果を除去する目的は、赤色に着色したそう果の表面にはCy3Gが比較的多く存在することから、その影響を排除するためである。

アントシアニンの抽出溶媒には、2%トリフルオロ酢酸を用い、常温で溶媒に一夜浸漬した後、遠心分離(3,000rpm・5分間)を行い、上清液を回収した。残渣に再度抽出溶媒を加えて十分に攪拌した後、同じ条件で遠心分離し上清液を回収した。集めた上清液を定容後、0.45 μmのフィルターでろ過し、高速液体クロマトグラフィーによりPg3GおよびCy3Gの定量を行った。分析は、カラム(SHISEIDO CAPCELL PAK C8DD), UV/VIS検出器(UV-8010 520nm 東ソー)を取り付けた液体クロマトグラフィー(SC-8010 東ソー)で行った。溶離液には、A液(1.5%リン酸溶液)とB液(1.5%リン酸, 20%酢酸,

25%アセトニトリル)を用い、B液は20分間に濃度を25%から45%に上昇させた。アントシアニンの相対濃度は、採取した果実表層部1g当たりのピーク面積により求めた。

## 3. 結果および考察

高設栽培における果実色調を示す値は、果実支持角度が水平に近いほど大きく、試験区間の色調の違いは肉眼においても識別可能であった。また、土耕栽培の果実色調は高設栽培の水平区よりもさらに濃い赤色に着色する傾向であり、果実の受光条件が色調に影響していると考えられた(表1)。

表1 果実の支持角度と果実色調('07年12月)

試験区	調査果実数	平均果実色調
水平	46	37.7
高設 45度	50	34.2
慣行(垂直)	65	30.0
土耕(水平)	17	40.1

$$\text{果実色調} = a^* \times 1,000 / (L^* \times b^*)$$

果実の色調と、果実表層部に含まれるPg3GおよびCy3Gのピーク面積には高い正の相関関係が認められ、それぞれの相関係数もほぼ同じであった。このことから、イチゴ果実は着色の過程で光を多く受けることによって、Pg3GおよびCy3Gの生成量がともに増加し、果実の色調が濃い赤色に近づくと考えられた(図1)。

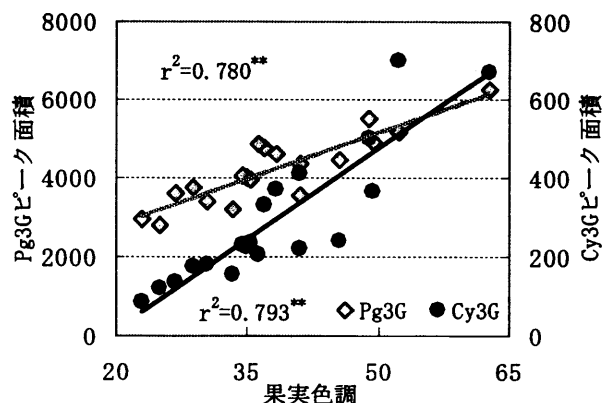


図1 果実色調とアントシアニン量の相関

\*\*\*:有意水準1%(n=19)

次に、果実色調を目的変数、Pg3GおよびCy3Gのピ

ーク面積を説明変数とする重回帰分析から、各アントシアニンの標準偏回帰係数を算出し、その比率から果実色調への寄与率を求めた。その結果、Pg3g の寄与率は47.3%、Cy3g は52.7%となり、2種類のアントシアニンが果実の色調に与える影響力は同程度と推定された(表2)。

表2 重回帰分析の結果

項目\説明変数	Pg3G	Cy3G
重相関係数	0.919**	
自由度調整済み決定係数	0.824	
標準偏回帰係数	0.450	0.502
寄与率 (%)	47.3	52.7

\*\*：分散分析により1%水準で有意であることを示す

この結果は、石々川ら(2007)による、‘あまおとめ’果実を遮光した場合の果実色調がPg3G ( $r^2=0.413$ )よりもCy3G ( $r^2=0.718$ )との相関が高いとする報告とは異なる傾向を示しているが、その要因については以下で考察する。

今回の分析に供試した果実(n=19)の、Cy3G ピーク面積とPg3G ピーク面積の変動係数はそれぞれ、0.598と0.213であり、Cy3Gの変動はPg3Gの約3倍を示したことから、Cy3Gの生成量はPg3Gよりも光の影響を受けやすいことが推察される。そこで、果実色調とPg3G / Cy3G比との相関について分析した結果、両者には高い相関が認められ、光を多く受けて濃い赤色となる果実ほどCy3Gの比率が高まること示された(図2)。

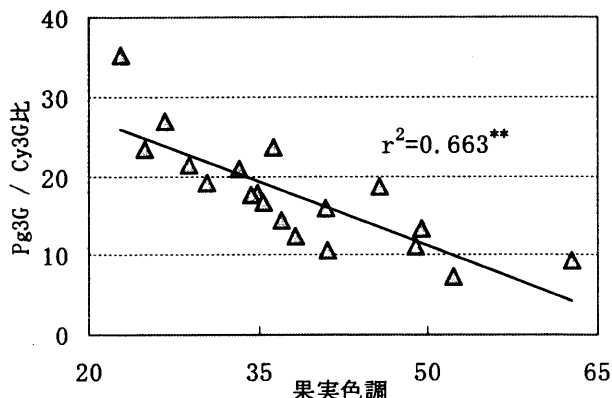


図2 果実色調とPg3G / Cy3G比の相関  
\*\*：有意水準1% (n=19)

つまり、一般的な栽培条件においては光を受ける程度によってPg3GおよびCy3Gの生成量が連動して増減す

るわけであるが、Pg3GとCy3G生成量の詳細な比較から、Cy3Gの生成量はPg3Gよりも光条件による生成量の変動割合が大きいと推察された。先に述べた石々川ら(2007)の事例は、アルミ箔やUVカットフィルムを用いて極端な遮光処理を行った影響が、特にCy3G生成量の抑制に大きく現れ、その結果として果実色調とCy3Gとの相関が通常の栽培条件で観察されるよりも過大に評価されたと推察され、2回の分析結果が示す光条件とCy3G量あるいは果実色調とCy3Gとの相関は互いに類似していると考えられる。

最後に、‘あまおとめ’で観察された果実色調とPg3G / Cy3G比との相関関係が、他の品種においても観察されることを検証するために、‘紅ほっぺ’、‘さちのか’、‘さがほのか’の3品種(‘さちのか’は高設栽培、他の2品種は土耕栽培による)の5果を採取し、光を多く受けて着色が良好な果実表側および受光量が少ない果実裏側の2箇所について行った果実色調とアントシアニンの分析から、果実色調とPg3G / Cy3G比との相関係数を求めた。その結果、供試した3品種とも果実色調とPg3G / Cy3G比との間に有意な相関関係が認められた(図3)。これらのことから‘あまおとめ’をはじめ、いくつかのイチゴ品種では果実の着色に関与するアントシアニンのうち、特にCy3Gが光を多く受ける条件で生成量が増加し、濃い赤色の発現に関与していることが推察された。

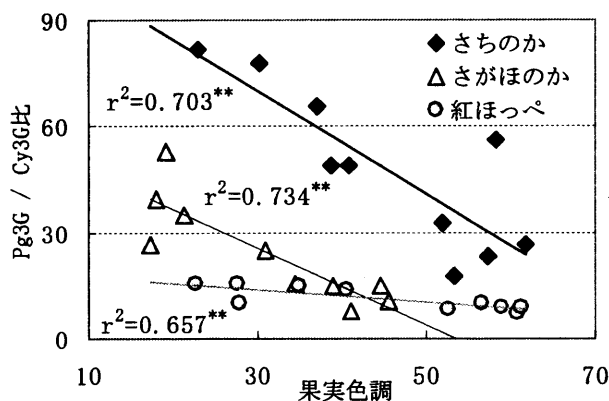


図3 果実色調とPg3G / Cy3G比の相関

イチゴの果実に含まれるアントシアニンの総量が、栽培温度や紫外線などの光条件によって変動することについては多くの報告がなされているが、今後はPg3GおよびCy3Gの個別生成量と環境要因との関連をより明確にすることで、より効果的な着色改善技術の開発に活用で

きると考えられる。

#### 引用文献

- 石々川英樹・伊藤博章.(2007): イチゴ‘あまおとめ’, ‘さがほのか’の果皮色とシアニジン量の相関. 園学研. 6(別2); 216.
- 伊藤博章・松澤 光.(2008): イチゴ新品種‘あまおとめ’の育成. 愛媛農試研報. 41; 16-20
- 高野 浩・常松定信.(1992): イチゴ‘とよのか’の果実着色推進に関する研究. (第1報)果実着色における温度と光の強さの影響. 園学雑. 61(別2); 446-447.
- 前川寛之.(1992): イチゴ品種‘とよのか’の着色に関する研究. (第2報) 果実日裏面の受光程度および受光波長分布と着色の関係. 奈良農試研報. 23; 21-26.
- 曾根一純・山口雅篤・沖村 誠・北谷恵美.(2001): 数種イチゴにおける貯蔵による果実中のアントシアニン含量および組成の変化. 園学雑. 70(別2); 376.
- 浦田丈一・田中龍臣・松尾孝則.(1991): イチゴ品種‘とよのか’の果実着色に及ぼす環境要因の影響. 佐賀農試研報. 27; 61-72.
- Yoshida, Y., N. Koyama and H. Tamura.(2002) : Color and anthocyanin composition of strawberry fruit: Changes during fruit development and differences among cultivars, with special reference to the occurrence of pelargonidin 3-malonylglucoside. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71 ; 355-361