

果実への暗黒処理がナスの果色と果皮のアントシアニン組成に及ぼす影響

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	松添, 直隆 山口, 雅篤 川信, 修治 渡部, 由香 東, 華枝 坂田, 祐介
巻/号	68巻1号
掲載ページ	p. 138-145
発行年月	1999年1月

果実への暗黒処理がナスの果色と果皮のアントシアニン組成に及ぼす影響

松添直隆¹・山口雅篤²・川信修治²・渡部由香¹・東華枝¹・坂田祐介¹

¹ 鹿児島大学農学部 890-0065 鹿児島市郡元1丁目21-24

² 南九州大学園芸学部 884-0003 宮崎県児湯郡高鍋町南高鍋11609

Effect of Dark Treatment of the Eggplant on Fruit Skin Color and its Anthocyanin Component

Naotaka Matsuzoe¹*, Masaatsu Yamaguchi², Syuji Kawanobu², Yuka Watanabe¹,
Hanac Higashi¹ and Yūsuke Sakata¹

¹ Faculty of Agriculture, Kagoshima University Korimoto, Kagoshima 890-0065

² Faculty of Horticulture, Minami-kyusyu University Takanabe, Miyazaki 884-0003

Summary

Eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit of six Japanese cultivars and eight cultivars/lines from Bangladesh were covered with a dark cloth, 3-5 or 10-20 days after anthesis, depending on the cultivar and kept covered until harvest. The purpose of the experiment was to study the effect of darkening on the production of anthocyanins in the skin. The composition of the anthocyanin was determined for the 14 cultivars.

The fruit color of all Japanese cultivars and 'Shinghnath' is purplish black, whereas those of 'KL purple' and 'Bork' is dark reddish purple; that of 'Uttara' is moderately reddish purple. The fruits of 'SL 28', 'SL 32', and 'SL 50' have a yellowish green stripe on green and partly red purple, whereas that of 'SL 65' is yellowish green and partly red purple. The major anthocyanin in fruit skin of all the cultivars/lines, except 'Wase-Beikokuomaru', was identified as delphinidin 3-*p*-coumaroylrhamnosylglucoside-5-glucoside (Nasunin); the ratio of this anthocyanin to the total ranged from 69.1 to 87.7% in these cultivars/line. The major anthocyanin of 'Wase-Beikokuomaru', delphinidin 3-glucosylrhamnoside, made up 79.5% of the total.

The fruit color of 'Wase-Beikokuomaru' changed into dark purplish red in the dark, however, the anthocyanin component was the same as that of control treatment. The fruit color of 'Senryou-2-gou', 'Syoyaoonaga', 'Borka' changed into yellowish white and partly moderate reddish purple, and that of 'SL 50' changed into yellowish white and partly pale yellowish pink in the dark but the percentage of major anthocyanin in fruit skin of these four cultivars/line remained unchanged. In the other seven cultivars/lines; 'Kurumenaga', 'Tooichi', 'Miyukisennari', 'KL purple', 'SL 28', 'SL 32', and 'SL 65', the epidermal cells failed to produce anthocyanin in the dark.

Key Words: Anthocyanin, Color, Eggplant, Light and Pigment.

緒言

ナス (*Solanum melongena* L.) はインドが原産とされ、我が国には1200年以上前に中国あるいは朝鮮半島を経て渡来したと考えられている。その後、各地で気候や土質又は嗜好にあったものが定着し、品種の分化が進んだ(斎藤, 1974)。本邦のナスは果形や大きさに広い変異が見られるが、果色については光沢のある黒紫色が一般的である。しかし、外国産のナスの中には、果色が紫、淡紫、緑、白および淡緑のものや、果皮に縞状の紋様があるものな

ど多様な変異が存在する。

ナスの果皮の黒紫色を発現する色素はアントシアニンであり、主要なものは delphinidin 3-*p*-coumaroylrhamnosylglucoside-5-glucoside (Nasunin) および delphinidin 3-rhamnosylglucoside である (Watanabe, 1966)。ナスの果実の着色は光と深い関係があり、例えば日光時間が少ないと果色が悪くなること(萩原, 1942)、また、光質として 370 nm 前後の紫外線がナス果皮のアントシアニンの生成に必要であること(松丸ら, 1971)が報告されている。

果菜類の施設栽培において紫外線カットオフフィルムなどの紫外線を除去する資材の利用は、菌核病や灰色かび病の防除に有効であること、ならびにウイルスを媒介

1997年9月5日 受付 1998年2月13日 受理。

現在: 熊本県立大学生物生活科学部

するアブラムシやスリップスに対して忌避効果がある(土岐, 1991)ことから, そのメリットは大きい。また, 紫外線を除去する資材の利用は, 紫外線によって引き起こされる葉焼けや植物の生育阻害(吉田ら, 1992)からの回避を可能とする。しかしながら, ナスの場合, 紫外線を除去する資材を用いた栽培条件下では, 果実の着色が悪くなり, 品質低下を招く場合が多い。従って, ナスの施設栽培において, 紫外線を除去する資材を利用するためには, まず, 果実の着色と紫外線等を含む光条件との関係について明らかにするとともに, 果実の着色に光の影響を受けにくい品種の探索あるいは育成が必要である。

ところで, ナスの果皮の着色部分を詳細に観察すると, へたの下部が着色しない品種とへたの下部も含め果皮全体が着色する品種があることが認められる。このことは, 果皮のアントシアニン生成過程において, へたによって光が遮断されてもアントシアニン生成が起こる, すなわち, 光の有無に関係なく, アントシアニンが生成される様式とアントシアニン生成に光が必要とする様式とが存在することを示唆している。

以上のように, ナスの果色の発現には光条件が大きく関係していると考えられる。しかしながら, これまでにナスの果色の品種間差異(萩原, 1942; 藤井, 1950)やアントシアニン組成(Kuroda・Wada, 1936; Abe・Gotoh, 1959; Watanabeら, 1966; Ramaswamy・Rege, 1975)に関する報告はあるが, 果色の発現と光との関係については詳細な調査を行った報告はみあたらない。そこで, 本研究では果色が異なる14種類のナスの品種・系統を用いて, 果皮の着色と光との関係をアントシアニン組成と関連づけて解析した。

材料および方法

実験 1. 果色と果皮アントシアニン組成の品種間差異

供試品種・系統を第1表に示す。本邦で栽培されている品種(No.1~6)と果色に特徴があるバングラデシュの品種・系統(No.7~14)を用いた。1996年10月中旬から翌年2月下旬まで, 鹿児島大学農学部内のガラス室のプランターで栽培し, 実験1および実験3に示す供試果実を得た。なお, 実験期間中のガラス温室内の最高気温(旬別平均)は, 10月下旬の28.3℃から徐々に低下して12月上旬では22.6℃, そして2月上旬では21.9℃であった。また, 最低気温は, 10月下旬の19.7℃から低下し, 12月上旬では13.6℃, そして2月上旬では13.8℃であった。

ナイフで剥ぎ取った果皮を5 mlの50%酢酸に3時間以上浸漬し, アントシアニンを十分に抽出した。抽出液を0.45 μmのメンブランフィルターでろ過し, 望岡ら(1995)の方法に準じてHPLCを用いてアントシアニン組成を分析した。HPLCの分析条件は以下の通りである。ポンプ:CCPM(東ソー(株)), オートサンプラー:AS-

8000(東ソー(株)), カラム:コスモシル5C₁₈(φ 4.5 × 150 mm, ナカライテスク), 検出器:UV-8010(東ソー(株)), 検出波長:525 nm, カラム温度:40℃, 移動相:A液(1.5%リン酸), B液(1.5%リン酸, 20%ギ酸, 25%アセトニトリル水溶液), 濃度勾配:B液20→100%(60 min), 流速:0.8 ml/min。

実験 2. 果皮の主要アントシアニンの同定

ナスの果実は, 南九州大学園芸学部附属農場内の温室で栽培した黒紫色品種の‘千両2号’と‘早生米国大丸’を用いた。分析用の標準色素として, delphinidin 3-glucosideをサルズベリ(*Lagerstroemia indica* L.)(土岐・勝山, 1995), delphinidin 3-rhamnosylglucosideをチューリップ(*Tulipa gesneriana* L.)(Shibata, 1956), delphinidin 3-rhamnosylglucoside-5-glucosideおよびdelphinidin 3-p-coumaroylrhamnosylglucoside-5-glucosideをパンジー(*Viola × wittrockiana* Gams)(近藤ら, 1986)の花弁から, 各種クロマトグラフィーによって精製した。

1) 果皮アントシアニンの精製

ナイフで剥ぎ取った果皮をハサミで細かく刻み, これに5%ギ酸を加えて室温下で約20時間放置し, アントシアニンを抽出した。ろ過(濾紙No.2, アドバンテック東洋)した粗アントシアニン抽出液を合成吸着型カラム(アンバーライトXAD7HP, 70 mm I.D. × 400 mm)に通して, 色素を樹脂に吸着させた。次に, 未吸着物質を除去するために多量の1%ギ酸でカラムを洗浄した。さらに, 5%ギ酸メタノールを用いて樹脂から色素を溶出した。40℃で減圧濃縮した溶出液をペーパー(濾紙No.526, 40 × 40 cm, アドバンテック東洋)に線状に添着し, 展開溶媒(n-ブタノール:ギ酸:水=4:1:2, v/v/v)で展開した。クロマトグラムの主要な色素バンドをハサミで切り取り, このバンドから10%ギ酸を用いて色素を下降法にて溶出した。40℃で減圧濃縮した溶出液を0.45 μmのメンブランフィルター(DISMIC-25cs, アドバンテック東洋)でろ過した。得られたろ液を分取型高速液体クロマトグラフィー(Prep-HPLC)により, 色素を精製した。HPLCの分析条件は次に示す通りである。ポンプ:L-6200, L-6000(日立製作所), カラム:Wakosil-II 5C₁₈ARPrep(φ 20 mm × 250 mm), 検出器:L-4200 UV-VIS(日立製作所), 検出波長:520 nm, カラム温度:35℃, 移動相:A液(10%ギ酸), B液(10%ギ酸, 40%アセトニトリル), 濃度勾配:B液25→55%(23 min), 流速:9 ml/min。

2) 果皮アントシアニンの同定

‘早生米国大丸’と‘千両2号’のそれぞれの果皮から得たアントシアニンの中で最も含有率の高かったA1(‘早生米国大丸’)とA2(‘千両2号’), ならびにA2をアルカリ加水分解(2N NaOHを加え室温下で15分間)して得た脱アシル化アントシアニンA3について, 薄層クロマトグラフィー(TLC)およびHPLCを用いて色素分析を行った。

まず TLC には、微結晶薄層プレート (アビセル SF, フナコシ) を用い、展開溶媒として AHW (酢酸 : 塩酸 : 水 = 15:3:82, v/v/v), BAW (*n*-ブタノール : 酢酸 : 水 = 4:1:2, v/v/v), BuHCl (*n*-ブタノール : 2N 塩酸 = 1:1, 上層 v/v) および 10 F (ギ酸 : 水 = 1:9, v/v) を用いた。展開後、クロマトグラムの色素のスポットについて標準色素のそれと色調および R_f 値の比較を行った。HPLC の分析条件は以下に示す通りである。ポンプ : L-7100 (日立製作所), オートサンプラー : L-7200 (日立製作所), プレカラム : Wakosil-II 5C18 HG (φ 4.6 mm × 30 mm), カラム : Wakosil-II 5C18 HG (φ 4.6 mm × 250 mm), 検出器 : L-4200 UV-VIS (日立製作所), 検出波長 : 520 nm, カラム温度 : 35 °C, 移動相 : A 液 (1.5 % リン酸),

B 液 (1.5 % リン酸, 20 % 酢酸, 25 % アセトニトリル), 濃度勾配 : B 液 25 → 85 % (40 min), 流速 : 0.8 ml/min.

実験 3. 暗黒処理が果色と果皮アントシアニン組成に与える影響

第 1 表に示した供試品種・系統の果実に、開花後 3~5 日から収穫日まで袋をかけて暗黒処理を行った。この条件で着果しなかった品種・系統 (No.6, 8, 9 および 10) については開花後 10~20 日から暗黒処理を開始した。暗黒処理には、ワラ半紙で内張りした二重の黒い布袋を用いた。なお、袋内部の温度上昇を防ぐために、ブドウ栽培用の白色の果実袋で暗黒処理用の袋を覆った。暗黒処理は 20 日以上行い、着色の有無が十分に判断できる大きさ (未成熟果) に肥大した果実を分析試料とした。果皮の色は、色

Table 1. Color and values of skin color of eggplant cultivars.

No. Cultivar/Line	Fruit color	Color values of fruit (Hunter)		
		L	a	b
1 Senryou 2 gou	Purplish black	22.09	3.18	- 0.86
2 Syoyaoonaga	Purplish black	23.13	2.07	- 0.63
3 Kurumenaga	Purplish black	23.25	2.28	- 0.53
4 Tooichi	Purplish black	24.12	3.16	- 1.67
5 Miyukisennari	Purplish black	25.23	4.87	- 0.79
6 Wase-Beikokuoomaru	Purplish black	22.71	3.93	- 0.32
7 KL purple	Dark reddish purple	26.57	13.42	- 5.29
8 Uttara	Moderate reddish purple	37.75	29.07	- 10.22
9 Borka	Dark reddish purple	25.01	13.01	- 6.12
10 Singhnath	Purplish black	22.97	2.03	- 0.77
11 SL 28	YSGPR ^z	-	-	-
12 SL 32	YSGPR	-	-	-
13 SL 50	YSGPR	-	-	-
14 SL 65	YPR ^y	-	-	-

^z Yellowish green stripe on green and partly red purple (visible color).

^y Yellowish green and partly red purple (visible color).

Table 2. Color and color values of fruit skin under the calyx of eggplants.

No. Cultivar/Line	Fruit color	Color values of fruit (Hunter)		
		L	a	b
1 Senryou 2 gou	Dark reddish purple	28.68	16.82	- 4.96
2 Syoyaoonaga	Moderate reddish purple	42.62	22.42	- 5.34
3 Kurumenaga	Light yellow green	75.51	- 9.63	23.39
4 Tooichi	Light yellow green	75.46	- 10.79	23.52
5 Miyukisennari	Light yellow green	75.92	- 9.42	21.85
6 Wase-Beikokuoomaru	Dark purplish red	24.16	11.49	- 1.28
7 KL purple	Yellowish White	89.81	- 0.73	10.32
8 Uttara	Dark purplish pink	60.67	21.88	- 4.05
9 Borka	Graish purplish red	38.51	18.07	- 1.44
10 Singhnath	Dark purplish red	25.84	11.16	- 3.01
11 SL 28	Moderate yellow green	51.23	- 16.01	22.54
12 SL 32	Moderate yellow green	52.28	- 14.25	19.74
13 SL 50	Moderate yellow green	57.49	- 11.41	22.16
14 SL 65	Moderate yellow green	60.88	- 15.93	25.31

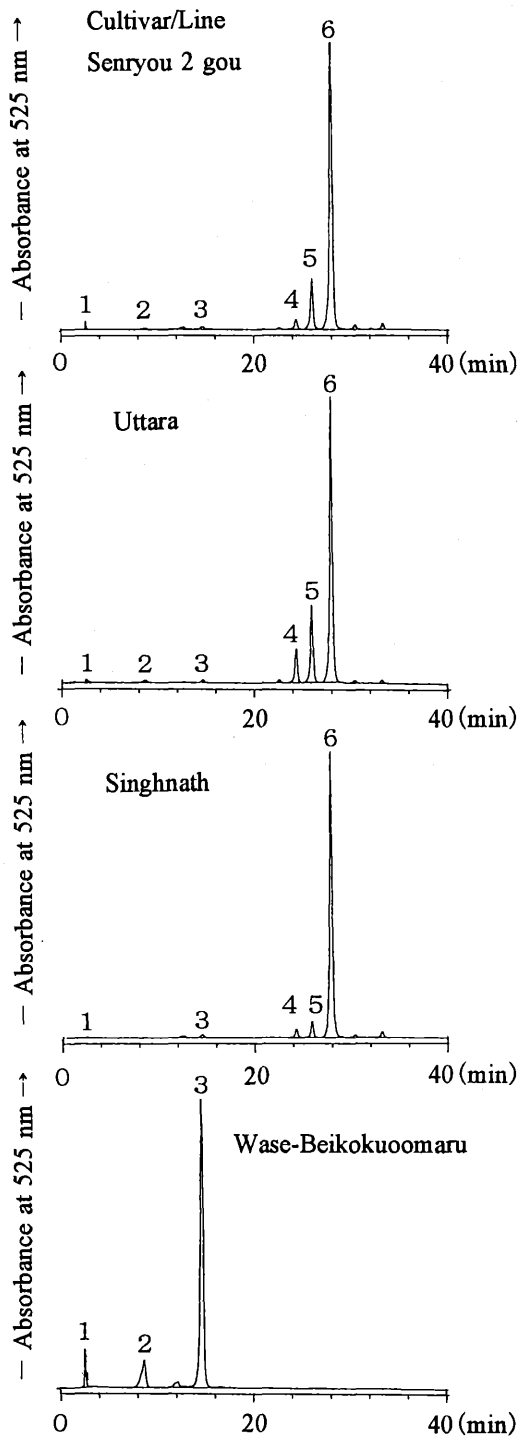


Fig.1. HPLC anthocyanin profile in fruit skin of eggplants. Peak No.3: Delphinidin 3-rhamnosylglucoside, No.6: Delphinidin 3-*p*-coumaroylrhamnosylglucoside-5-glucoside.

彩色差計 (CR-300, ミノルタ) で測定し, ISCC-NBS 色名法に基づいて表記した。さらに, ハンター L, a および b 値を列記した。また, 本文中の日本語表記は JIS 規格の系統色名に基づいた。なお, SL 系統の果皮色 (第 1 表) は模様が複雑で, さらに紫の着色程度が果実間で異なるため, 代表的な果実を肉眼により評価した。

結 果

実験 1. 果皮と果皮アントシアニン組成の品種間差異

第 1 表に果皮色を示した。本邦の栽培品種と 'Singhnath' の果皮色は "紫みの黒" であった。'Borka' および 'KL purple' は "暗い赤みの紫", 'Uttara' はくすんだ赤紫, SL 系統の 'SL 28', 'SL 32' および 'SL 50' は "黄緑" と "緑" の縞に一部 "赤紫" の着色, 'SL 65' は "黄緑" に一部 "赤紫" の着色がみられた。なお, SL 系統の "赤紫" の着色は日陰面では劣った。へたの下の果皮色を第 2 表に示す。'早生米国大丸' では "暗い赤紫" であった。'Singhnath' は "暗い灰赤" 色であった。'千両 2 号', '庄屋大長' および 'Borka' はほぼ同様な果皮色を示し, "くすんだ赤紫" に評価された。'Uttara' は "うすい赤紫" であった。また 'KL purple' は "黄色みの白" で, SL 系統は "くすんだ黄緑" で, '久留米長', '十市' および '御幸千成' は "明るい灰黄" 色であった。

果皮アントシアニンの代表的な HPLC のクロマトグラムを第 1 図に示した。'早生米国大丸' は他の品種・系統と異なるアントシアニン組成を示した。'早生米国大丸' 以外の品種・系統はほぼ同様のクロマトグラムを示した。

供試個体から検出されたアントシアニンは合計 31 種類で, 含有アントシアニンの種類が最も多かった '千両 2 号' では 17 種類, 最も少なかった 'SL 65' では 7 種類検出された。しかし, これらのアントシアニンのほとんどのものの含有率は総アントシアニン量の 3% 未満と, 少量であった (データ省略)。そこで, 供試 14 品種・系統のいずれかにおいて 3% 以上の含有率が認められたアントシアニンに限定して, その含有率を第 3 表に示した。'早生米国大丸' では, アントシアニン No.3 が 79.5% で最も高く, 次いで, アントシアニン No.2 が 10.5% であった。'早生米国大丸' 以外の品種・系統では, アントシアニン No.6 の含有率が 69.1~87.7% で最も高く, 次いで, アントシアニン No.5 が高く, 4.8~18.4% であった。

実験 2. 果皮の主要アントシアニンの同定

TLC と HPLC による果皮の主要アントシアニンの分析結果を第 4 表に示す。'早生米国大丸' の主色素 A1 (第 3 表の No.3) は delphinidin 3-rhamnosylglucoside に, また, '早生米国大丸' 以外の品種・系統の主色素 A2 (第 3 表の No.6) は Nasunin に, TLC における R_f 値および HPLC における保持時間がそれぞれ一致した。

実験 3. 暗黒処理が果皮と果皮アントシアニン組成に与える影響

果実への暗黒処理が果皮色に与える影響を第 5 表に示した。暗黒区の '早生米国大丸' は対照区 (第 1 表) に比べて若干着色が淡く, 果皮全体の色は "暗い赤紫" と評価された。'千両 2 号', '庄屋大長' および 'Borka' では, 暗黒処理により "黄色みの白" に一部 "赤みの紫" の着色が

Table 3. Anthocyanin component of eggplant skins analyzed by HPLC.

No. Cultivar/Line	Anthocyanin (Peak no.) ^z					
	1	2	3	4	5	6
1 Senryou 2 gou	0.7 (%)	0.5	0.9	2.6	12.4	78.4
2 Syoyaoonaga	0.3	0.8	0.9	0.7	11.8	82.9
3 Kurumenaga	0.8	0.6	0.7	1.3	13.5	80.4
4 Tooichi	0.2	0.2	1.0	1.5	10.8	80.9
5 Miyukisennari	0.6	0.3	1.3	1.2	15.1	77.3
6 Wase-Beikokuoomaru	4.8	10.5	79.5	0	0	0
7 KL purple	0.5	0.3	1.0	1.2	14.3	78.1
8 Uttara	0.9	0.7	0.7	8.1	18.4	69.1
9 Boraka	0.3	0.3	0.7	1.5	12.7	80.7
10 Singhnath	0.3	0	1.1	2.5	4.8	87.7
11 SL 28	0.6	0.3	0.9	2.6	14.5	76.7
12 SL 32	0.7	1.5	0.7	2.9	9.1	82.5
13 SL 50	0.7	2.2	0.8	2.1	9.5	83.0
14 SL 65	3.2	0	0	6.2	13.9	74.4

^z Absorbance at 525 nm, Pigment no. 3: Delphinidin 3-rhamnosylglucoside, No. 6: Delphinidin 3-*p*-coumaroylrhamnosylglucoside-5-glucoside.

Peak number are the same those in Fig. 1.

Table 4. Thin layer and high performance liquid chromatographic properties of eggplant anthocyanin.

Pigment	Rf values (× 100) in solvents ^y				Rt (min)
	AHW	BAW	BuHCl	10F	
Anthocyanin					
A1 ^z	38	44	20	41	10.2
A2 ^y	65	66	31	65	19.6
A3 ^x	72	31	11	77	5.6
Authentic anthocyanin ^w					
Dp3G	14	34	11	16	9.3
Dp3RG	39	44	20	42	10.2
Dp3RG5G	72	31	11	77	5.6
Dp3pCRG5G	65	66	32	65	19.6

^z Anthocyanin from eggplant 'Wase - Beikokuoomaru'.

^y Anthocyanin from eggplant 'Senryou 2 gou'.

^x Deacylated anthocyanin of A2.

^w Dp3G: Delphinidin 3-glucoside, Dp3RG: Delphinidin 3-rhamnosylglucoside, Dp3RG5G: Delphinidin 3-rhamnosylglucoside-5-glucoside, Dp3pCRG5G: Delphinidin 3-*p*-coumaroylrhamnosylglucoside-5-glucoside.

AHW (HOAc:HCl:H₂O=15:3:82), BAW (*n*-BuOH:HOAc:H₂O=4:1:2), BuHCl (*n*-BuOH:2NHC1=1:1), 10F (HCO₂H:H₂O=1:9), Rt: Retention time on HPLC (ODS column with linear gradient from 25 to 85% B), Solvent A:1.5% H₃PO₄, B:1.5% H₃PO₄, 20% HOAc, 25% MeCN in H₂O,

みられた。'SL 50'は“黄みの白”に一部“灰黄赤”の着色が認められた。その他の品種・系統の‘久留米長’，‘十市’，‘御幸千成’，‘KL purple’，‘SL 28’，‘SL 32’および‘SL 65’は，暗黒処理により“黄みの白”になり，果皮に紫の着色が全く認められなかった。なお，‘Uttara’と‘Singhnath’の暗黒区では落果が多く，試料が得られなかった。

暗黒処理により紫の着色が認められた品種の果実から分離したアントシアニンの含有率を第6表に示した。‘早生米国大丸’では対照区と暗黒区との間で色素組成にほと

んど違いがなく，果皮のアントシアニン組成は光条件とは無関係であった。また，‘千両2号’，‘庄屋大長’，‘Boraka’および‘SL 50’の主要アントシアニンであるNo.6は，対照区と暗黒区との間で同様の含有率を示し，暗黒処理区においても主色素であった。一方，アントシアニンNo.5の含有率は対照区に比べて暗黒区で減少し，アントシアニンNo.4の含有率は逆に若干高くなった。その傾向は‘庄屋大長’で顕著であった。

Table 5. Effect of dark treatment^z on the color and values of skin color of eggplants cultivars.

No. Cultivar/Line	Fruit color	Color values of fruit (Hunter)		
		L	a	b
1 Senryou 2 gou	YPMR ^y	33.41	25.64	- 10.18
2 Syoyaoonaga	YPMR	41.64	24.21	- 8.12
3 Kurumenaga	Yellowish white	89.07	- 1.87	13.88
4 Toochi	Pale yellow	85.05	- 5.63	18.91
5 Miyukisennari	Yellowish white	88.17	- 3.03	12.02
6 Wase-Beikokuomaru	Dark purplish red	26.81	17.66	- 0.87
7 KL purple	Yellowish white	89.22	- 0.68	10.07
8 Uttara	-	-	-	-
9 Borka	YPMR	43.49	23.03	- 6.91
10 Singhath	-	-	-	-
11 SL 28	Yellowish white	86.62	- 2.13	14.88
12 SL 32	Yellowish white	85.17	- 1.87	14.52
13 SL 50	YPPY ^x	74.24	3.03	11.46
14 SL 65	Yellowish white	87.73	- 1.03	11.48

^z Fruits were bagged (darkened) 3-5 days after anthesis and kept covered until harvest, except for No. 6, 8, 9, and 10 which were darkened 10-20 days after flowering and kept in the dark until harvest.

^y Yellowish white and partly moderate reddish purple, Color values: fruit skin, moderate reddish purple.

^x Yellowish white and partly pale yellowish pink, Color values: fruit skin, pale yellowish pink.

Table 6. Effect of dark treatment on anthocyanin component in fruit skins of eggplants.

No. Cultivar/Line	Treatment ^y	Anthocyanin (Peak no.) ^z					
		1	2	3	4	5	6
1 Senryou 2 gou	Control	0.7(%)	0.5	0.9	2.6	12.4	78.4
	Dark	0.4	0	0.5	4.4	5.2	86.4
2 Syoyaoonaga	Control	0.3	0.8	0.9	0.7	11.8	82.9
	Dark	0.3	1.2	0	11.7	3.0	82.2
6 Wase-Beikokuomaru	Control	4.8	10.5	79.5	0	0	0
	Dark	4.3	9.4	81.8	0	0	0
9 Borka	Control	0.3	0.3	0.7	1.5	12.7	80.7
	Dark	0	1.5	0	5.7	0.9	87.7
13 SL 50	Control	0.7	2.2	0.8	2.1	9.5	83.0
	Dark	0	2.4	0	6.1	1.1	88.2

^z Absorbance at 525 nm, Pigment No. 3: Delphinidin 3-rhamnosylglucoside, No. 6: Delphinidin 3-p-coumaroylrhamnosylglucoside-5-glucoside.

Peak numbers are the same those in Fig. 1.

^y Fruits were bagged (darkened) 3-5 days after anthesis and kept covered until harvest, except for No. 6, 8, 9, and 10 which were darkened 10-20 days after flowering and kept in the dark until harvest.

考 察

ナスの果皮アントシアニンについて、Abe・Gotoh (1959)は6品種を供試して、ペーパークロマトグラフィーで分析している。その結果、供試品種のうち米国種を除いた5品種ではNasuninが主要アントシアニンであり、米国種('Black Beauty')の主要アントシアニンはdelphinidin 3-rhamnosylglucosideであったと報告している。本実験で供試した品種・系統の果皮アントシアニンの主なものは、TLCおよびHPLCによる分析の結果から、米国種を育種親にもつ'早生米国大丸'ではdelphi-

nidin 3-rhamnosylglucoside, それ以外の品種・系統ではNasuninと同定され、Abe・Gotoh (1959)の結果と一致した。

本実験に供試したすべての品種・系統には果皮に紫の着色が認められ、その程度は様々であった。特に、バングラデシュの品種・系統は色の変異に富み、紫、淡紫および濃紫と淡紫の縞状など、特徴的な果色を示したため、アントシアニン組成も色の変異に応じて異なる予想した。Nasuninの含有率は、最も低い'Uttara'で69.1%, 最も高い'Singhath'で87.7%であり、これらの間にはアントシアニン組成に若干の違いがみられた。しかし、す

すべての品種・系統で、主要アントシアニンである Nasunin の含有率はきわめて高く、このことから、Nasunin を主要アントシアニンとして含有する品種・系統において、果皮色とアントシアニン組成との関連は低いと思われる。

本実験において、果実の暗黒処理は供試した多くの品種・系統の果実の着色に大きな影響を及ぼした。すなわち、Nasunin を主色アントシアニンとする品種・系統では暗黒下で著しく着色が劣り、アントシアニン生成に光が不可欠であることが明らかになった。加えて、これらの品種・系統では、着色に関する光の要求度は一律ではなく、果実に暗黒処理を行うと、'千両 2 号'、'庄屋大長' および 'Borka' には一部に薄い紫色の着色が認められ、'SL 50' もわずかながら紫色の着色が認められた。これに対し、その他の品種・系統では紫色の着色が全く認められず、暗黒処理によりアントシアニンの生成が妨げられた。これらのことから、ナスの品種・系統には Nasunin 生成に関して光を必要とする反応系と光が関与しない反応系が存在することが推察された。さらに 'SL 50' のへたの下の果皮には着色がないものの、暗黒区の果皮には Nasunin の生成が確認された。このことから、さらに異なる反応系の存在が示唆され、今後、詳細に調査する必要がある。

果皮の主要アントシアニンが delphinidin 3-rhamnosylglucoside の '早生米国大丸' では、暗黒処理により果色が若干薄くなる傾向があったものの着色はよく、他の品種に比べて果皮アントシアニン生成に対する光の影響は小さかった。しかし、この点については、今後、暗黒処理の開始時期の影響や delphinidin 3-rhamnosylglucoside を主要アントシアニンにもつ他のナス品種を供試した実験を行い、果皮アントシアニン生成と光との関係を詳細に解析する必要がある。

ナス以外の園芸作物についても光とアントシアニン生成の関係について多くの報告がある。例えば、バラ花卉の cyanidin 3-monoglucoside の生成において 'Frensham' type では光の有無にかかわらずアントシアニンが生成されるが、'Mutable color' type は光によって決定的な影響を受け、暗黒下では全く生成がみられないことが報告されている (有隅ら, 1976)。また、ブドウでは、太陽光線の直射を受けた場合のみ果実が着色する直光着色品種と、果実の着色に光線の直射を必要としない散光着色品種があることが知られている (岸・雨宮, 1953; 土屋, 1956)。さらに、Weaver・McCune ら (1960) はブドウ果実の着色条件として光の要求度が品種によって異なり、'Mataro'、'Red Malaga'、'Ribier' および 'Zinfandel' では果房に黒色の袋をかけても着色するが、'Emperor'、'Sultanina rose' および 'Tokey' では果実に直接光が当たらないと着色しないと報告しており、これらは、本実験における Nasunin を主要アントシアニンとして含有するナス果皮の着色特性に類似している。

一般に、ナスは 290 nm 以下の紫外線を除去するビニー

ルハウスでは露地条件下と同様に着色するが、380 nm 以下の紫外線を除去するガラス室では着色が悪くなる (土岐, 1991)。また、ナス果皮のアントシアニン含量は紫外線照射によって増加することが知られている (松丸ら, 1971)。従って、本研究での暗黒処理による果色の変化は、処理によって紫外線、特に 290 nm~380 nm の波長域が遮断されたことが大きな原因になっていると考えられる。今後は、果実に対する完全な暗黒処理だけでなく、紫外線を制御した処理についても設定し、果皮アントシアニンの生成量や微量アントシアニンの種類を調べ、また、アントシアニン前駆物質を調査することによって、ナスの果皮のアントシアニンの生成経路における光、特に、紫外線の関与について明らかにする必要がある。さらに、ナス果皮のアントシアニン生成と温度との影響についても検討する必要がある。

摘 要

本邦の 6 品種およびバングラデシュの 8 品種・系統のナス (*Solanum melongena* L.) を供試して、果実への暗黒処理が果色および果皮のアントシアニン組成に与える影響を調査した。

本邦の栽培品種と 'Singhnath' の果色は "紫みの黒"、'KL purple' と 'Borka' は "暗い赤みの紫" および 'Uttara' は "くすんだ赤紫" であった、SL 系統のうち 'SL 28'、'SL 32' および 'SL 50' は "黄緑" と "緑" の縞に一部 "赤紫" の着色、'SL 65' は "黄緑" に一部 "赤紫" の着色がみられた。'早生米国大丸' 以外の品種・系統の果皮の主要アントシアニンは delphinidin 3-*p*-coumaroylrhamnosylglucoside-5-glucoside (Nasunin) で、その含有率は 69.1~87.7 であった。一方、'早生米国大丸' の主要アントシアニンは delphinidin 3-rhamnosylglucoside で、その含有率は 79.5 % であった。

暗黒処理により、'早生米国大丸' の果色は "暗い赤紫" になったが、果皮のアントシアニン組成は対照区と違いがなかった。また、暗黒処理により、'千両 2 号'、'庄屋大長' および 'Borka' は "黄みの白" に一部 "赤みの紫" を含む果色に、そして 'SL 50' は "黄みの白" に一部 "灰黄赤" を含む果色に変化した。果皮の主要アントシアニンの含有率には変化は認められなかった。'久留米長'、'十市'、'御幸千成'、'KL purple'、'SL 28'、'SL 32' および 'SL 65' は暗黒処理下では果皮におけるアントシアニン系色素の発現は認められなかった。

引用文献

- Abe, Y. and K. Gotoh. 1959. Biochemical and genetical studies on anthocyanins in eggplant. Bot. Mag. Tokyo 72: 857-858.
- 有隅健一・坂田祐介・青木正隆・河原壮拓. 1976. バラの花色に関する研究. 特に遺伝生化学的分析とその育種に対する応用について V. 鹿大農学術報告, 第 25 号: 23-29.

- 萩原 十. 1942. 茄子の果色に就いて. 農業之研究. 36: 94-99.
- 岸 光夫・雨宮 毅. 1953. ブドウの着色に関する研究. 山梨県農業試験場果樹分場昭和28年度試験成績概要: 33-37.
- 近藤忠雄・田村啓敏・高橋茂弘・後藤俊夫. 1986. $^1\text{H-NMR}$ を用いた花色素アシル化アントシアニン, ピオラニン及びマロニルアオバニンの構造決定. 日化. 11: 1571-1578.
- Kuroda, C. and M. Wada. 1936. Constitution of natural colouring matters, III. Nasunin, colouring matter of "Nasu". Bull. Chem. Soc. Jpn. 11: 283-287.
- 藤井健雄. 1950. 品種改良. 品種. P.28-114. 茄. 産業図書. 東京.
- 松丸好次・上浜竜雄・稲田勝美. 1971. ナス果皮のアントシアニン含量に及ぼす光透過性を異にした種々の被覆資材の影響. 生物環境調節. 9: 91-97.
- 望岡亮介・山口雅篤・堀内昭作・松井弘之・黒岡 浩. 1995. 日本原産野生ブドウの果皮中アントシアニン色素による化学的分類. 園学雑. 64: 463-470.
- Ramaswamy, S. and D. V. Rege. 1975. Chromatographic identification of skin pigments of *Solanum melongena*. J. food sci. technol. 12: 250-252.
- 斎藤 隆. 1974. ナス. p.3-104. 農業技術大系. 農山漁村文化協会. 東京.
- Shibata, M. 1956. Uber das Anthocyanin in den dunkelpurpurnen bluten von *Tulipa gesnerianan* L., Studien uber die physiologie von liliaceen I. Bot. Mag. Tokyo: 69: 820-821.
- 土岐健次郎・勝山信之. 1995. サルスベリの花色素と果色変異. 園学雑. 63: 853-861.
- 土岐知久. 1991. 温度及び紫外線管理による果菜類栽培の革新的技術開発. 農業技術. 46: 66-70.
- 土屋長男. 1956. 葡萄栽培新説. 養賢堂. 東京.
- Watanabe, S., S. Sakamura and Y. Obata. 1966. The structures of acylated anthocyanins in eggplant and perilla and the position of acylation. Agr. Biol. Chem. 30: 420-422.
- Weaver, R. J. and S. B. McCune. 1960. Influence of light on color development in *Vitis vinifera* grapes. Am. J. Enol. Vitic. 11: 179-184.
- 吉田穂積・水野直治・岡崎 眞. 1992. 網走地方の紫外線強度の変動とその作物への影響. 東京農業大学農学集報. 37: 39-45.