レッドチコリー結球葉のアントシアニン生成と 糖含量に及ぼす環境要因の影響

夫 喜 玉・富高弥一平・市村 匡 史・木村 正 典

東京農業大学農学部

Effect of Environmental Factors on Anthocyanin Synthesis and Sugar Content in *Cichorium intybus* L. var. *foliosum*

Heeock BOO, Yaichibe TOMITAKA, Masashi ICHIMURA and Masanori KIMURA

Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, Setagaya-ku, Tokyo 156, Japan

The experiment was carried out to determine the environmental factors which could affect the anthocyanin synthesis and sugar content of *Cichorium intybus* L. var. *foliosum*. The major pigment of purified aglycone of *C. intybus* was identified as cyanidin by TLC and HPLC analysis. It was concluded that the anthocyanin synthesis of *C. intybus* was promoted at low temperature and high light intensity and enhanced in the UV-transmission treatment compared to the UV-cut treatment. Furthermore, it seemed that sugar accumulation played an important role in anthocyanin synthesis.

(Received July 9, 1996)

1996年7月9日受付

緒 言

レッドチコリーはヨーロッパ原産で、キク科の二年生植物である。結球タイプのレッドチコリーは軟化を行わず、レッドキャベツと同様にサラダの色付けとして利用されている。レッドチコリーの赤と白のきれいなコントラスト、独特な味とこくは、サラダ用蔬菜として高く評価されている。ヨーロッパでは生食用蔬菜として広く栽培されているが、日本では栽培が少ない。しかし、最近の食生活の多様化や生食用蔬菜の需要増加から、輸入が年々増え、日本でも今後栽培の広がりが期待できる。

野菜の着色に関しては数多くの報告がなされているが (Siegelman *et al.*, 1958; Asahira and Masuda, 1977; Miura and Iwata, 1983; Harada *et al.*, 1989), レッドチコリーの着色要因について観察したものはほとんど見当たらない。レッドチコリーは赤紫色が濃いほど商品価値が高いとされている。しかし、この赤紫色の発現機構については不明な点が多い。レッドチコリーの

着色は結球葉に含まれるアントシアニンによることが知られており、その生成については、光、温度などの環境要因と体内糖含量が影響すると考えられる。そこで本研究では、レッドチコリーのアントシアニン生成に及ぼす光と温度の影響について検討し、糖含量との関係についても調べた。

材料及び方法

1. 供試材料及び栽培概要

レッドチコリーの品種は、'F₁ ウルトラレッド' を用いた。栽培は本学ガラス温室と人工光グロースキャビネットで行った。用土は赤土とパーク堆肥を1:1に混合したものを用い、施肥量は全量基肥として、用土100 l 当たり硫安 50 g, 過磷酸石灰 300 g, 塩化カリ 20 g とした。種子は1/5 000 a のワグネルポットに4~5粒ずつまいた。ポットは最低夜温20°Cに管理したガラス温室に置き、本葉が4~5枚になった時、1ポット当たり2株ずつとしたのち、人工光グロースキャビネットに入庫し、処理を開始した。温度処理区としては、15/10°C (昼/夜), 20/15°C, 25/20°C, 30/25°C の4区を設

け、6:00 am~6:00 pm までは約 $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の昼光形蛍光ランプによる照明下に置いて昼温で管理し、6:00 pm~6:00 am までは暗黒として夜温で管理し、日長は12時間とした。また、光量処理区としては、蛍光ランプによる約 $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の照明下での無処理区を対照区とし、黒い寒冷しゃを用いて遮光率50% ($170 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、75% ($80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、85% ($50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) の4区を設けた。これらの温度処理4区と光量処理4区を組み合わせ計16処理区を設けた。1区の供試個体数は6個とした。紫外線処理区としては、蛍光ランプによる $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 下で6:00 am~6:00 pm の12時間照射区を対照区(紫外線100%透過)とし、同照明下で紫外線透過フィルム(高藤化成株式会社・農ビタフニール・0.075 mm)で被覆した紫外線75%透過区及び紫外線カットフィルム(三菱化成ビニル株式会社・紫外線カット農ビカットエース・0.075 mm)で被覆した紫外線100%カット区の3区を設けた。なお温度、光量実験は、1993年6月から12月に行い、紫外線実験は1994年3月から6月に行った。各試料のサンプリングは、温度、光量処理後56日目、紫外線処理後62日目に行った。

2. アントシアニンと糖の分析

1) アントシアニン分析方法

アントシアニン分析のための試料は糖を除いたアグリコンの形態で調製した。色素の抽出は各処理区から採取したレッドチコリーの生葉を細かく切断し、1% (v/v) 塩酸メタノール溶液に24時間冷浸して行った。2回繰り返してろ過して得られた抽出液をエバポレーターで減圧濃縮して粗色素を得た。この粗色素を用いて酸加水分解を行い、アグリコン試料を調製した。調製したアグリコン試料の定性分析は薄層クロマトグラフィー(TLC, セルローズ吸着)で行った。展開溶媒としては、Forestal (水:塩酸:酢酸=10:3:30 (v/v/v)), AHW (水:塩酸:酢酸=82:3:15 (v/v/v)), BAW (*n*-ブタノール:酢酸:水=4:1:5 (v/v/v))を用いた。これらのうちForestalで展開したもののが最も分離がよかった。また、定量分析は高速液体クロマトグラフィー(HPLC)で行った。HPLCの分析条件は次のとおりであった。

カラム; SHIM-PACK CLC-ODS 6.0 ϕ $\times$ 15 cm

カラム温度; 室温

移動相; 水:メタノール:酢酸=58:40:2 (v/v/v)

検出; 530 nm

流速; 0.7 ml/min

2) 糖の分析

生葉を80%エタノールと共に磨砕後、5分間ずつ2回繰り返して遠心分離(3000 rpm)を行い、可溶性糖分画を得た。この分画をろ過後、減圧下でエタノールを除去して10 mlに定容し、ミリポアフィルター(SEP-PAK C-18 CARTRIDGE)に通して高速液体クロマトグラフィー(カラム: Ionpak ks 801, 移動相: 水, カラム温度: 80°C, 検出器: Shodex RI, 流速: 0.8 ml/min)により分離定量した。

結果及び考察

レッドチコリーの結球葉に含まれているアントシアニン色素をTLC, HPLCで調べたところ、主成分はシアニジンと確認された。なお糖類は主にスクロース、グルコース、フルクトースであった。

1. 生育及びアントシアニン生成と糖含量に及ぼす温度の影響

地上部の生育は、20/15°C区で最も旺盛で、生体重が大きく、次いで25/20°C区、15/10°C区と続き、30/25°C区では生育が著しく劣った。レッドチコリーの生育には温度がかなり大きく影響を及ぼしており、生育適温は20~25°Cと認められた。生育状態は、15/10°C区、20/15°C区では結球が形成し、結球葉も大きい丸形をしていたが、25/20°C区では葉は大きい丸形をしていても結球はあまり進行していない状態であり、30/25°C区ではほとんど結球せず、葉も他の区に比べて小さく、長形であった。従って、レッドチコリーの生育を充実させ、結球をよくするためには、15~20°Cで育成するのが良いと考えられる(Table 1)。

アントシアニン生成に対する温度の影響を見ると、アントシアニン含量は温度の低い15/10°C区で最も多く、20/15°C区では多少減少し、25/20°C区では著しく減少し、30/25°Cの高温区ではアントシアニン生成が顕著に阻害され、外観的にも緑色を帯びてほとんど赤色が発現しなかった(Table 2)。従って、レッドチコリーのアントシアニン生成は温度の影響を強く受けることが明らかとなった。一般に、多くの種類においてアントシアニン生成に温度が直接的に影響することが認められているが、温度は植物の生育などにも影響することによって間接的にアントシアニン生成に影響していると考えられる。Miura and Iwata (1983) はペニタデの芽生えのアントシアニン生成に及ぼす温度の影響を調べ、昼夜恒温で行った実験では新鮮重当たり

アントシアニン濃度は10°C区で最も高く、昼夜変温実験では昼温10°C、夜温5°C区で最も高かったことを認めている。また、Maekawa and Nakamura (1977) は、カーネーションの花弁のアントシアニン色素含量に対する温度の影響を調べ、昼夜温ともに15~20°Cの範囲内では、15°Cで最も高いことを認めた。Faragher (1984)によれば、リンゴの品種‘紅玉’では未熟果で12°C、成熟果では16~24°Cでアントシアニン生成が最大となったことから成熟程度によって異なることを報告している。温度がアントシアニン生成に影響を及ぼす機構については、PAL (Phenylalanine Ammonia Lyase)活性との関係が知られている。低温でアントシアニン生成が増加する場合には、同時にPAL活性の

上昇が認められている。Tan (1979)は、温度とPAL活性、PAL不活性系との関係について検討し、低温によってPAL活性が上昇し、アントシアニン生成が増加するのはPAL不活性系の活性が低下するためであると推察している。しかし、Blankenship and Unrath (1988)は、PAL活性の上昇は必ずしもアントシアニン生成に結びつかなかったと報告しており、PALとPAL不活性系のアントシアニン生成における役割についてはさらに検討する必要がある。このようにアントシアニン生成に対する温度の影響は、植物によって異なるとともに酵素活性を誘導するなどの個体内要因によっても異なると考えられる。

なお、糖含量をみると、15/10°C区で最も多く、温度の高くなるにつれて減少し、アントシアニン含量と同じ傾向を示した。特に、スクロース含量が低温処理によって明らかに増加した (Fig. 1)。アントシアニンは糖代謝により生ずる物質を基質として生成されるので、糖含量が多いことが、アントシアニンの基質レベルが高くなることにつながるものと考えられた。Miura and Iwata (1985)はペニタデの実験で、アントシアニン濃度の低下と糖濃度の低下との間に密接な関係があることを明らかにした。レッドチコリーにおいても、15°C区と20°C区では糖の蓄積にもなってアントシアニン含量が増加したことから、低温ではアントシアニン生成に対して糖の蓄積は前提条件となるものと思われる。しかし、25°C区と30°C区でアントシアニン含量の差が大きいかかわらず、糖含量にあまり差が認められなかったことは、比較的高温では体内糖含量が必ずしもアントシアニン生成に対する制限要因にはなっていないことを示唆している。本実験は昼夜温差5°Cのみで行ったが、今後恒温及び変温の範囲をより広く設定して、色素発現の最適温度範囲をもっと正確に究明するとともに、温度とアントシアニンの生合成特性あるいは各糖質の着色に対する役割が異なる可能性などを明らかにする必要があるものと思われる。

2. 生育及びアントシアニン生成と糖含量に及ぼす光量の影響

生育状態についてみると、いずれの温度でも遮光することによって生育は劣る傾向を示し、結球もほとんど形成されず、葉も75%以上遮光の $80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下の光量では長形になる傾向を示した。また地上部生体重は、いずれの温度区においても光量の低くなるにつれて小さくなり、85%遮光の $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 区で

Fig. 1 Effects of temperature and light on the sugar content in *Cichorium intybus* L.

Sugar content was measured after treatment for 56 days. Data are the means of 2 replications. Temperatures are indicated in day/night.

□ $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ◆ $170 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ■ $80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ◇ $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

は、いずれの温度でも生育が著しく劣った。レッドチコリーの生育には温度とともに光量も大きく影響することが認められた (Table 1)。

アントシアニン生成に対する光量の影響についてみると、15/10°C 及び 20/15°C の 340 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 区ではアントシアニン含量が著しく高く、遮光によって 170 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ と光量の低下するにつれてアントシアニン含量は減少し、特に 80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下の低光量区では、15/10°C の低温下でも著しく減少する傾向を示し、アントシアニン生成に光量が強く影響していることを認め

た。しかし、30/25°C の高温下ではいずれの光量でもアントシアニン生成はほとんど阻害された (Table 2)。アントシアニン生成に影響のある環境条件のうち最も重要なのは光であって、これに関係する研究は比較的多い。蔬菜には種類、品種によって、光の有無にかかわらずアントシアニンがよく発現されるものと、光が弱いと発現が不良になったり、あるいは発現されなくなるなど光に敏感なものがある。カブにおいて、赤色の品種では地中にある部分も着色するが、紫色の品種では地表にでた部分のみが着色し、地表にでていない部分は着色しない (Shibutani and Okamura, 1956)。

Table 1 Effects of light and temperature on the state of growth in *Cichorium intybus* L.

Treatment		Fresh weight (g) ^z	The level of a head	The shape of a head leaf	The level of coloring
Temperature (°C)	Light ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)				
15/10	340	15.9 b	+++	round-shaped	++++
	170	8.4 ab	++	round-shaped	+++
	80	6.4 ab	+	round-shaped	++
	50	4.5 a	—	round-shaped	+
20/15	340	27.0 b	+++	round-shaped	+++
	170	14.1 ab	++	round-shaped	+
	80	11.3 ab	+	round-shaped	+
	50	6.6 a	—	round-shaped	—
25/20	340	20.0 c	++	round-shaped	+
	170	15.2 b	+	round-shaped	—
	80	12.1 b	—	round-shaped	—
	50	5.6 a	—	oval-shaped	—
30/25	340	9.2 b	—	round-shaped	—
	170	6.2 ab	—	round-shaped	—
	80	5.1 a	—	oval-shaped	—
	50	3.3 a	—	oval-shaped	—

Temperatures are indicated in day/night.

The state of growth was graded into 5 scores (— to +++++).

The fresh weight is the mean of 6 plants.

^z Means within a column by the same letter are not significantly different at the 1% level.

Table 2 Effects of temperature and light on anthocyanin synthesis in *Cichorium intybus* L.

Light ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Anthocyanin conc. ($\mu\text{g/g F.W.}$) ^z			
	15/10°C	20/15°C	25/20°C	30/25°C
340	16.54±0.74 d	13.05±0.90 d	2.04±0.59 b	0.04±0.001 a
170	12.06±0.73 c	4.87±0.25 c	0.19±0.00 a	0.05±0.001 a
80	9.86±0.44 b	2.72±0.45 b	0.09±0.01 a	0.09±0.020 b
50	2.56±0.14 a	0.42±0.04 a	0.06±0.00 a	0.05±0.001 a

Cheese cloth was used for shading.

Treatment was done in biotron room for 56 days.

Temperatures are indicated in day/night.

Data are shown in the mean of 3 replications±SD.

^z Means within a column by the same letter are not significantly different at the 5% level.

Kataoka (1986) は、ブドウ果実のアントシアニン生成に対する遮光処理の影響を調査した結果、'巨峰' では果房の遮光処理によってアントシアニン生成は完全に抑制されたが、'スーパー・ハンプルグ' ではかなりの量のアントシアニンの蓄積が認められ、品種によって光の影響が異なることを示した。Harada *et al.* (1989) はブロッコリに対する光の影響を調べたところ、アントシアニン生成は遮光率 0% で最も多く、40%, 78% の順に少なく、特に遮光率 78% では認められなかったことを報告している。また、Miura and Iwata (1981) は、ペニタデのアントシアニン含量に及ぼす光の影響について調べ、自然光下では遮光率の高いほどアントシアニン含量が低くなる傾向を示すことを認めた。Asahira and Masuda (1977) は、ヤナギタデ芽生えを用いた実験で、芽生えに光が当たらないとアントシアニン生成はまったく起こらないが、15 分間の蛍光灯照射で著しく色素生成が促進され、さらに照射時間が長くなると、照射時間に比例してほぼ直線的に色素量が多くなり、ヤナギタデ芽生えの色素生成量は照射された光の量によって影響されることを認めた。また、Faragher and Chalmers (1977) は、採取したリンゴ果実 '紅玉' について、光照射を受けない場合には、アントシアニン生成がまったく起こらないこと、また、その際 PAL 活性の増大も伴わないことを報告し、アントシアニン生成は光と PAL 活性に依存しているのではないかと推察している。このように、アントシアニン生成には光量が強く影響していることが多くの報告で明らかにされている。レッドチコリーの場合にも、光量の低下するにつれてアントシアニン含量が減少したことから、光の影響が大きいことが明らかとなった。

なお、各光量条件下で育成されたレッドチコリーの体内糖含量についてみると、15/10°C、20/15°C、25/20°C では光量の低下するにつれて低くなり、特に 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 区ではいずれの温度でも糖含量は著しく低かった。これらに対し、30/25°C では反対の傾向を示し、光量の低くなるにつれて糖含量は高くなった。糖質については、各処理区の間でグルコースの含量が相対的に低く、スクロースとフルクトースは高い値を示した (Fig. 1)。一般に、植物体内に炭水化物を蓄積させるような環境条件下でアントシアニン生成が助長され (Singleton and Esau, 1969)、リンゴ果実では糖代謝を高めることによってアントシアニン含量が増加すると報告されている (Faust, 1965a, b)。また、Pirie and Mullins (1977) も、ブドウ果皮中のアントシアニン含

量と糖含量との間には高い正の相関関係があり、着色には果皮中の糖含量が関係していることを指摘した。レッドチコリーの場合、30/25°C の高温区を除くと、光量処理によるアントシアニン含量と糖含量はほぼ同じ傾向を示し、両者の間に相互関係が認められた。レッドチコリーがアントシアニン色素を蓄積して着色を始める時期は同時に糖の蓄積が急速に進む時期でもあると考えられるので、糖の蓄積はアントシアニン生成の過程を誘導するのではないかと思われる。しかし、色素発現が行われる葉中の糖濃度が一定レベル以上に達することが、着色が進行するための必要条件と言えるが、30/25°C ではアントシアニン色素がほとんど生成されないにもかかわらず糖含量が高かったことから、高温下では糖含量が必ずしもアントシアニン生成に直接的に関与しているとは考え難い。

3. 生育及びアントシアニン生成と糖含量に及ぼす紫外線の影響

地上部生体中では、いずれの紫外線処理区でも 20/15°C 区で最も大きく、30/25°C 区では生育が著しく劣った。生育に対する紫外線の影響としては、全般的にみて、すべての温度条件で紫外線処理間に生体重の大きな差はみられなかった。これは紫外線透過の有無がレッドチコリーの生育にはあまり影響しないことを示した (Table 3)。

アントシアニン生成は、いずれの温度条件においても紫外線カットによってアントシアニン含量が著しく減少し、紫外線がアントシアニン生成を助長することがみられた。特に、低温で紫外線の影響が明らかであったが、30/25°C の高温ではいずれの紫外線処置区でもアントシアニン含量が著しく少なく、高温での効果は低いものと判断された (Table 4)。アントシアニン生成に対する紫外線の影響については古くから関心が持たれ、数多くの研究がなされてきた。Yokoi *et al.* (1979) は、バラの花色に関する実験で、紫外線カットフィルムで蕾を覆ったり、このフィルム被覆下で栽培すると、複色品種の 'チャールストン' や 'ふれ太鼓' ではアントシアニン生成が低下し、淡赤または白色になってしまうが、変色しない品種 'オール' や 'クリスチャンディオール' などでは光の影響はみられなかったことを認めた。Matsumaru *et al.* (1971) は、ナスの果皮の着色は、360 nm 以下カットのプラスチックフィルム下では抑制され、紫外線ランプによる紫外線照射によって着色が促進されることを明らかにしている。また、Chalmers and Faragher (1977) は紫外光の短時

Table 3 Effects of UV-light and temperature on the state of growth in *Cichorium intybus* L.

Treatment		Fresh weight (g)	The level of a head	The shape of a head leaf	The level of coloring
Temperature (°C)	UV-light				
15/10	Control	16.5±0.7	+++	round-shaped	++++
	UV-25% cut	17.1±0.9	+++	round-shaped	+++
	UV-100% cut	17.7±0.7	+++	round-shaped	++
20/15	Control	29.1±1.1	+++	round-shaped	+++
	UV-25% cut	34.2±1.4	+++	round-shaped	+++
	UV-100% cut	32.8±1.8	+++	round-shaped	++
25/20	Control	25.7±1.1	++	round-shaped	+
	UV-25% cut	22.4±0.9	++	round-shaped	+
	UV-100% cut	23.7±0.8	++	round-shaped	+
30/25	Control	10.7±0.8	—	round-shaped	—
	UV-25% cut	9.3±0.4	—	round-shaped	—
	UV-100% cut	8.9±0.7	—	round-shaped	—

Temperatures are indicated in day/night.

The state of growth was graded into 5 scores (— to ++++).

The fresh weight is the mean of 6 plants.

Table 4 Effects of UV-light and temperature on anthocyanin synthesis in *Cichorium intybus* L.

Treatment	Anthocyanin conc. ($\mu\text{g/g F.W.}$) ^z			
	15/10°C	20/15°C	25/20°C	30/25°C
Control	12.21±1.56 b	10.51±0.86 b	2.59±0.49 a	0.05±0.00 a
UV-25% cut	10.23±2.44 b	10.05±1.63 ab	2.78±1.10 a	0.05±0.00 a
UV-100% cut	6.65±0.81 a	6.37±0.27 a	1.71±0.75 a	0.04±0.01 a

UV-transmission film and UV-cut film were used for each treatment.

Control represents 100% UV-transmission.

Treatment was done in biotron room for 62 days.

Temperatures are indicated in day/night.

Data are shown in the mean of 3 replications±SD.

^z Means within a column by the same letter are not significantly different at the 5% level.

間 (10 分間) の照射がその後の白色光照射におけるアントシアニン生成を促進することを報告している。Miura and Iwata (1981) はベニタデのアントシアニン含量に及ぼす近紫外線の影響について自然光及び人工光下で調べたが、アントシアニン含量に対する影響は認められなかった。自然光においては赤色光を含む可視域の強度に対して紫外光はごく弱いものであるが、可視光だけの場合ではアントシアニン生成量が比較的少量で発現されることを考えれば、アントシアニン生成量の増加には紫外光と可視光との相互作用が重要な役割を有していると思われる。レッドチコリーにおいても、紫外線をカットした場合にはアントシアニン生成が著しく劣ったことから、アントシアニン生成に対して紫外光が強く作用していたことをよく示している。

なお体内糖含量に及ぼす紫外線の影響についてみると、すべての温度条件で紫外線カットによって糖含量は減少する傾向を示した。しかし、低温区に比べて高温区で糖含量が高くなっており、紫外線処理によるアントシアニン生成と糖含量との間には必ずしも明確な関連性はみられなかった (Fig. 2)。

以上の結果から、レッドチコリーのアントシアニン生成は、低温、紫外線を含む $340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上の光照射によって助長されることと、体内糖含量の蓄積とも関連があることを明らかにした。

概 要

本実験はレッドチコリー結球葉のアントシアニン生成に及ぼす環境要因を明らかにする目的で、温度、光の影響と糖含量との関係について調べたものである。

Fig. 2 Effects of UV-light on the sugar content in *Cichorium intybus* L.

UV-transmission film and UV-cut film were used for each treatment. Sugar content was measured after treatment for 62 days. Control represents 100% UV-transmission. Data are the means of 3 replications. Temperatures are indicated in day/night temp.

□ control, ◆ UV-75% trans., ■ UV-100% cut.

1. 温度処理による生育は、20/15°C 区で最も旺盛で、次いで 25/20°C 区、15/10°C 区と続き、30/25°C 区では生育が顕著に劣る傾向を示した。アントシアニン生成は、15/10°C の低温下で最も良好で、次いで 20/15°C、25/20°C、30/25°C の順となり、特に 30/25°C の高温下では著しく抑制された。なお糖含量においても 15/10°C の低温区で最も多く、温度の高いほど少なくなり、アントシアニン生成と同じ傾向を示し、両者の間に相互関係があるものと考えられた。

2. 光量との関係を見ると、生育は 20/15°C の 340 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 区で最も旺盛で、光量の少ない区ほど生育は劣った。アントシアニン生成も、光量の少なくな

るにつれて低下した。特に、80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下の光量区では、15/10°C の低温下でもアントシアニン生成が著しく減少する傾向を示した。また、糖含量は、15/10°C、20/15°C、25/20°C 区では光量の低下するにつれて減少する傾向を示し、アントシアニン含量と同じ傾向であったが、30/25°C の高温下では光量の低い区で糖含量が増加した。

3. 紫外線の影響をみると、いずれの温度条件でも紫外線処理による生育への影響は小さく、レッドチコリーの生育に対する紫外線の影響は認められなかった。アントシアニン生成に対しては、いずれの温度条件下でも紫外線透過区でアントシアニン生成が助長され、紫外線カット区で抑制された。特に、15/10°C 及び 20/15°C の低温下で紫外線の効果が見られた。糖含量もすべての温度で紫外線透過区で高く、紫外線カット区で低かった。しかし、紫外線カットによってアントシアニン生成は著しく抑制されたが、糖含量に対してはそれほど大きな影響はみられなかった。

文 献

- Asahira, T., Masuda, M. 1977. Effects of light and plant growth regulators on anthocyanin formation of seedlings of waterpepper, *Polygnum hydropiper* L. (Japanese text with English abstract) J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. **46**: 225-232.
- Blankenship, S. M., Unrath, C. R. 1988. PAL and ethylene content during maturation of Red and Golden Delicious apples. *Phytochemistry* **27**: 1001-1003.
- Chalmers, D. J., Faragher, J. D. 1977. Regulation of anthocyanin synthesis in apple skin. I. Comparison of the effects of cycloheximide, ultraviolet light, wounding and maturity. *Aust. J. Plant Physiol.* **4**: 112-121.
- Faragher, J. D., Chalmers, D. J. 1977. Regulation of anthocyanin synthesis in apple skin. III. Involvement of phenylalanine ammonia-lyase. *Aust. J. Plant. Physiol.* **4**: 133-141.
- Faragher J. D. 1984. Anthocyanin accumulation in apple skin during ripening: Regulation by ethylene and phenylalanine ammonia-lyase. *Sci. Hort.* **22**: 89-96.
- Faust, M. 1965a. Physiology of anthocyanin development in McIntosh apple. I. Participation of pentose phosphate pathway in anthocyanin development. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* **87**: 1-9.
- Faust, M. 1965b. Physiology of anthocyanin development in McIntosh apple. II. Relationship between protein synthesis and anthocyanin development. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* **87**: 10-20.
- Harada, K., Maekawa, S., Terabun, M., Inagaki, N. 1989. Effect of temperature and light on anthocyanin synthesis of broccoli. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* **58** (Suppl. 2): 274-275.
- Kataoka, I. 1986. Studies on the coloration of grape berries with special reference to the regulation of color development by abscisic acid. (Japanese text with English abstract) *Mem. Fac. Agric., Kagawa Univ.*, No. 45: 1-48.

- Maekawa, S., Nakamura, N. 1977. Studies on the coloration of carnation flowers. VII. The effects of temperature on the coloration and pigmentation for the intact flower and plant growth. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. **45** : 375-382.
- Matsumaru, K., Kamiyama, T., Inada, K. 1971. Effect of covering materials with different transmission properties on anthocyanin content of eggplant pericarp. (Japanese text with English abstract) Environ. Control in Biol. **9** : 91-97.
- Miura, H., Iwata, M. 1981. Effect of light on anthocyanin content of seedlings of benitade (*Polygonum hydropiper* L.). (Japanese text with English abstract) J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. **50** : 44-52.
- Miura, H., Iwata, M. 1983. Effect of temperature on anthocyanin syntheses in seedlings of benitade (*Polygonum hydropiper* L.). (Japanese text with English abstract) J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. **51** : 412-420.
- Miura, H., Iwata, M. 1985. Relation between anthocyanin and carbohydrate concentrations in seedlings of benitade (*Polygonum hydropiper* L.). (Japanese text with English abstract) J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. **54** : 393-400.
- Pirie, A., Mullins, M. G. 1977. Interrelationships of sugars, anthocyanins, total phenols and dry weight in the skin of grape berries during ripening. Am. J. Enol. Viticult. **28** : 240-249.
- Shibutani, S., Okamura, T. 1956. On the mode of coloring in various kinds of colored turnips. II. Survey of the anthocyanins of colored turnip. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. **25** : 111-115.
- Siegelman, H. W., Hendricks, S. B. 1958. Photocontrol of anthocyanin synthesis in apple skin. Plant Physiol. **33** : 185-190.
- Singleton, V. L., Esau, P. 1969. Phenolic substances in grapes and wine, and their significance. In "Advances in Food Research Supplement 1," Academic Press, p 112-133.
- Tan, S. C. 1979. Relationships and interaction between phenylalanine ammonia-lyase, phenylalanine ammonia-lyase inactivating system, and anthocyanin in apples. J. Am. Soc. Hortic. Sci. **104** : 581-586.
- Yokoi, M., Saito, N., Kawabata, S., Suzuki, S., Hirabayashi, H. 1979. Relation of quantitative flower colour measurement to the flower colour in rose cultivars. (Japanese text with English abstract) Mem. Fac. Hortic., Chiba Univ., No. 26 : 1-8.