

ノート

## 光質および環境温度がソバsproutのアントシアニン含量、ルチン含量、DPPH ラジカル捕捉活性に及ぼす影響

鶴永陽子<sup>1\*</sup>、高橋哲也<sup>1</sup>、山下稚香子<sup>1</sup>、石渡正紀<sup>2</sup>、工藤章英<sup>2</sup>、  
倉光 修<sup>2</sup>、勝部拓矢<sup>3</sup>、松本敏一<sup>4</sup>、松本真悟<sup>4</sup>

(<sup>1</sup> 島根大学教育学部, <sup>2</sup> パナソニック株式会社,  
<sup>3</sup> 島根県産業技術センター, <sup>4</sup> 島根大学生物資源科学部)

原稿受付 平成 24 年 6 月 8 日 ; 原稿受理 平成 24 年 10 月 8 日

## Effects of Light Quality and Environmental Temperature on the Anthocyanin and Rutin Contents, and DPPH Radical-scavenging Activity of Buckwheat Sprouts

Yoko TSURUNAGA<sup>1\*</sup>, Tetsuya TAKAHASHI<sup>1</sup>, Chikako YAMASHITA<sup>1</sup>,  
Masaki ISHIWATA<sup>2</sup>, Akihide KUDO<sup>2</sup>, Osamu KURAMITSU<sup>2</sup>, Takuya KATSUBE<sup>3</sup>,  
Toshikazu MATSUMOTO<sup>4</sup> and Shingo MATSUMOTO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Education, Shimane University, Shimane 690-8504

<sup>2</sup>Panasonic Corporation, Osaka 571-8686

<sup>3</sup>Shimane Institute for Industrial Technology, Shimane 690-0816

<sup>4</sup>Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Shimane 690-8504

The effects of light quality and environmental temperature on both the anthocyanin and rutin contents, and on the DPPH radical-scavenging activity of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) sprouts were examined. Buckwheat sprouts were grown a length of 12 cm in darkness at 15, 25, and 35 °C. The sprouts were then irradiated with white (three-band fluorescent), blue, UV-A, and UV-B light for 24 hours at 15, 25, and 35°C, and compared with the sprouts grown in darkness. The results show that the highest levels of anthocyanin and rutin, and the highest radical-scavenging activity were found in the seedlings grown at 25°C in UV-B light. The seedlings grown at 15°C in UV-B light also exhibited increased contents of anthocyanin and rutin, and greater radical-scavenging activity than the sprouts grown in darkness, although the increases were smaller than in the sprouts grown at 25°C. The UV-B light treatment at 35°C increased the anthocyanin content but had no effect on the rutin content nor on the radical-scavenging ability. The optimal temperature of 25°C with UV-B irradiation proved best for increasing the flavonoid production and radical-scavenging activity of this species.

**Keywords :** light quality 光質, environmental temperature 環境温度, DPPH radical-scavenging activity DPPH ラジカル捕捉活性, anthocyanin content アントシアニン含量, rutin content ルチン含量, buckwheat sprout ソバsprout

\* To whom correspondence should be addressed

E-mail : ytsurunaga@edu.shimane-u.ac.jp

## 1. 緒言

近年、生活習慣病予防の観点から、食品の抗酸化機能への関心が高まっている。その中で、ソバスプラウトは、抗酸化成分として知られるルチンおよびアントシアニンを豊富に含んでいることから消費者の間で関心の高く、食卓へ並ぶことが多くなっている芽物野菜である。イチゴ、ブドウなどの果実は日光があたる果皮部のみに、アントシアニンが蓄積している。これは、日光に含まれる紫外線の酸化ストレスからの防御機構としてアントシアニンなどのフラボノイドが紫外線の当たる部分に蓄積するためである。このように人間は、植物が紫外線耐性のために生成した抗酸化成分を摂取し、動脈硬化、がんなどの疾病予防や老化抑制<sup>1)</sup>に役立っている。最近では、農産物に含まれる抗酸化成分含量を光照射によって増加させる研究が多くなされている。中でも、紫外線照射による農産物中のフラボノイド含量の増加技術に関する研究は多い。例えば、リンゴの果皮<sup>2,3)</sup>、ブドウの果皮<sup>4)</sup>のアントシアニン生成やソバ全草<sup>5)</sup>のルチン生成に紫外線照射が有効であることが明らかにされている。UV-B 波長領域は 280 ~ 320 nm であるが、UV-B 照射処理に用いる蛍光灯は 280 nm 以下の波長領域も出ていることが多い。著者らは、この通常使用される UV-B 蛍光灯を用いてソバスプラウトを栽培した場合、照射後まもなく枯死することを明らかにしている<sup>6)</sup>。さらに、280 nm 以下の波長をカットするシリンダーを用いた場合も照射後 24 時間後に枯死することも確認している<sup>5)</sup>。一方、300 nm 以下の波長領域がでないフィリップス社の UV-B (以下 UV-B (>300 nm)) 蛍光灯を照射した場合は、生育阻害を生じさせることなく、アントシアニンやルチンを顕著に増加させることを見だし、特許を出願している<sup>7)</sup>。UV-B (>300 nm) を用いて光照射を完全に制御した野外で実証試験したところ、季節によって UV-B (>300 nm) 照射の効果が全く異なり、春季および秋季には効果が顕著にあらわれるが、冬季の効果は少なく、さらに夏季には全く UV-B 照射効果が得られなかった。果実果皮を用いた実験により、アントシアニン生成には、紫外線の他に生育温度も大きく影響することが明らかにされている<sup>8,9)</sup>。著者らがこれまでに実施したソバスプラウトの UV-B 照射屋内試験は、全て 25℃ 条件下で行っており、温度の影響は検討していない。また、光質と温度の同時処理がソバスプラウトのフラボノイド含量および DPPH ラジカル捕捉活性に及ぼす影響について調べた報告例はない。

そこで、本研究では抗酸化能が高く、高機能食材であるソバスプラウトの消費者への安定供給を目的に、光質および温度の両要因がソバスプラウトの胚軸長、アントシアニン、ルチン含量および DPPH ラジカル捕捉活性に及ぼす

影響を検討した。その結果、紫外線照射効果は、栽培温度によって大きく異なることが判明したので報告する。

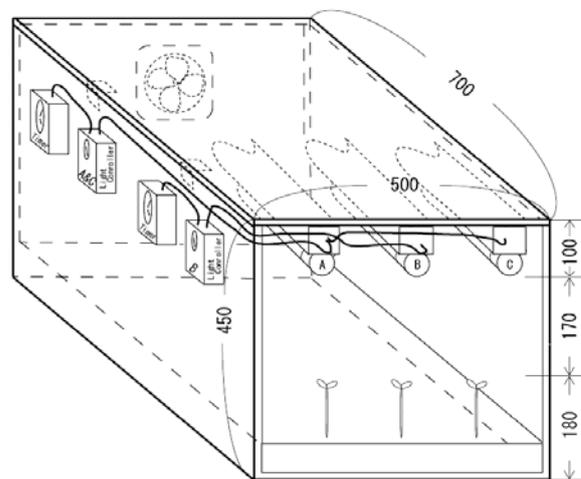
## 2. 実験方法

### (1) 栽培方法

供試材料は、中原採種場<sup>10)</sup>より購入したソバスプラウト種子を使用した。播種後、散水栽培装置(柵万雄、わたしの家の野菜畑)を用い、15、25 および 35℃ の暗黒条件下で栽培を実施した。胚軸が 12 cm 程度に伸長した時点で、本試験のために特別に製造したパナソニック製の装置(図 1)を用い、暗黒下での温度条件を継続して 15、25 および 35℃ の条件下で光照射試験を行った。蛍光灯は、パナソニック製の 3 波長形 (FL20SS・EX-N/18)、青色 (FL20S・B)、UV-A (FL20S・BL-K)、フィリップス社製の UV-B (TL20W/01RS) を用い蛍光灯~栽培床までの距離は約 35 cm とした(図 1)。光照射を行わずに暗黒下で栽培したものを Dark とし、3 波長、青色、UV-A、UV-B 照射処理を実施したものをそれぞれ FL、FL-B、UV-A、UV-B 区とし、各処理区の光合成光量子束密度(以下、PPFD)、照度および UV-B 強度を表 1 に、フィリップス社製の UV-B 蛍光灯 (TL20W/01RS) の相対分光放射照度を図 2 に示した。PPFD は LI-COR 社製 LI-1400 を、照度は CUSTOM 社製 LX-1332 を、UV-B 強度は TOPCON 社製 UVR-2 を使用して測定を行った。胚軸長の調査のために 1 処理区 10 本を経時的に採取し、成分分析のためのサンプリングは連続照射開始 24 時間後に行った。

### (2) 成分分析

収穫後のソバスプラウトは、真空凍結乾燥機 (CHRIST, ALPHA1-4LDC-1M) で乾燥後粉末 (以下 FD) にして分



数字の単位は mm

図 1 光照射装置

表 1 各照射処理区における PPFD，照度および UV-B 強度（蛍光灯 3 本使用）

	PPFD* ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	照度** (lx)	UV-B*** ( $\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ )
Cont (Dark)	0	0	0
FL	110	8000	13
FL-B	74	535	15
UV-A	10	952	250
UV-B (>300 nm)	10	690	890

\* LI-COR 社製 LI-1400 を使用

\*\* CUSTOM 社製 LX-1332 を使用

\*\*\* TOPCON 社製 UVR-2 を使用

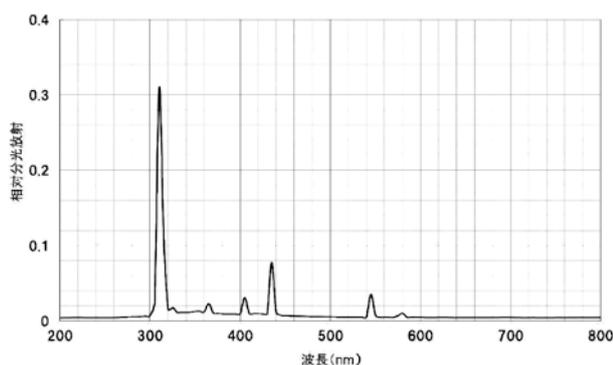


図 2 試験に用いた UV-B 蛍光灯の相対分光放射照度

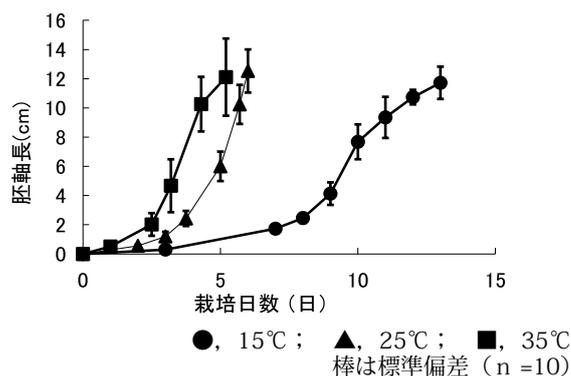


図 3 栽培日数と胚軸長

析試料とした。アントシアニン色素の抽出には 5% ギ酸を用い<sup>10)</sup>、5°C で 48 時間浸漬抽出後、抽出液を 540 nm の波長で測定し、シアニジン相当量で表した。ルチン含量および DPPH ラジカル捕捉活性測定用の試料液は、FD 粉末 500 mg に 80% エタノールを 60 ml 添加し、80°C で 30 分間加熱還流した後、100 ml に定容して得た。ルチン含量は、HPLC を用いて測定した。HPLC 装置は島津高速液体クロマトグラフ装置（島津製作所，LC10A システム），UV-VIS 検出器（SPD10A）を用い、カラムは Inertsil ODS80A（GL サイエンス，4.6  $\phi$  × 250 mm），移動相は 100 mM リン酸水：アセトニトリル = 82:18 (v/v)，検出器波長 254 nm，カラム温度 40°C，流速 0.3 ml/min とした。DPPH ラジカル捕捉活性は須田<sup>11)</sup>の方法に準じて行った。

### (3) 統計処理

一元配置の分散分析 (ANOVA) を行い、次に Sheffe's の多重比較を行った。

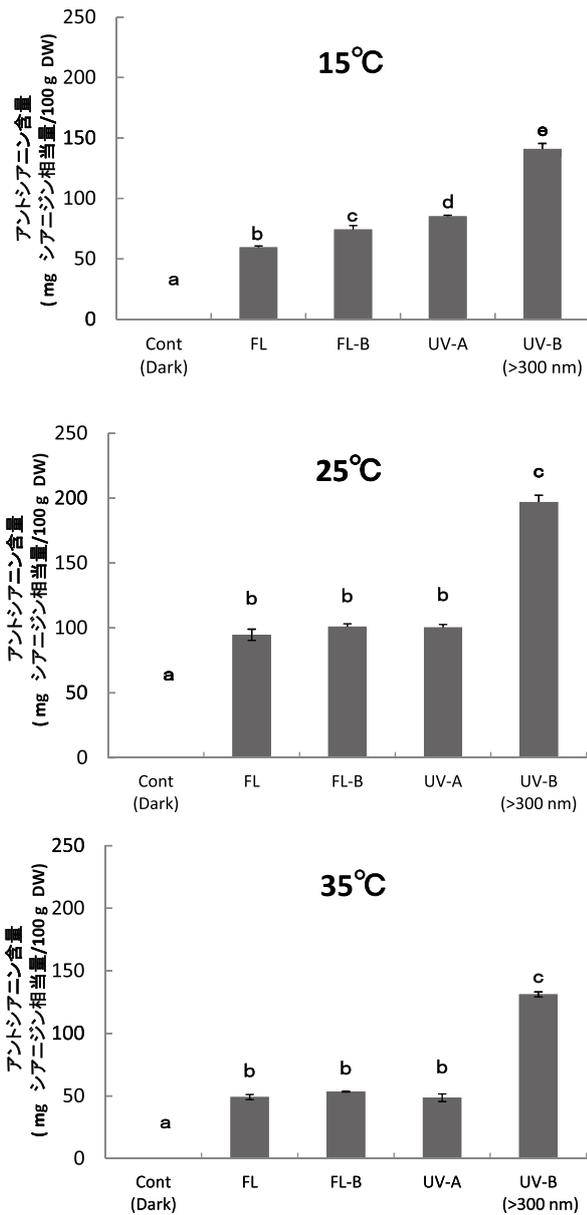
## 3. 結果

下胚軸長が 12 cm になるのに要した日数は、生育温度で異なり、15、25 および 35°C 区でそれぞれ 13、6 および 5 日であった (図 3)。ソバスプラウトの生育は、平均気温 15°C 以上が必要条件であることいわれている。本研究の処理区はいずれも 15°C 以上であったため、全処

理区でソバスプラウトの発芽および生育が良好であったが、温度が高いほど下胚軸の伸長が早い傾向が認められた (図 3)。

光質および環境温度がソバスプラウトのアントシアニン含量に及ぼす影響について調べた結果を図 4 に示した。15°C 区のアントシアニン含量は、UV-B (>300 nm) 区が最も高く、次いで UV-A，FL-B，FL の順で、Dark 区ではアントシアニンの生成は認められなかった。一方、25 および 35°C 区のアントシアニン含量は、UV-B (>300 nm) 区が最も高く、次いで UV-A，FL-B および FL が同程度、Dark ではアントシアニンの生成が認められなかった。また、生育温度間で比較すると 25°C 区 > 15°C 区 > 35°C 区の順で多かった。

光質および環境温度がソバスプラウトのルチン含量に及ぼす影響について調べた結果を図 5 に示した。15 および 25°C の光照射区のルチン含量は、Dark と比較して高かった。また、15 および 25°C 処理区では、照射する光質によりルチン含量は異なっていた。15°C 区のルチン含量は UV-B (>300 nm) > UV-A > FL-B > FL > Dark の順で多く、590 ~ 1,050 mg/100 g DW の範囲であった。25°C 区のルチン含量は UV-B (>300 nm) > FL  $\approx$  UV-A  $\approx$  FL-B > Dark の順で多く、その範囲は 950 ~ 1,670 mg/100 g DW であり、15°C 区の結果と比較すると高い傾向となった。一方、35°C 区のルチン含量は、Dark > FL > FL-B  $\approx$

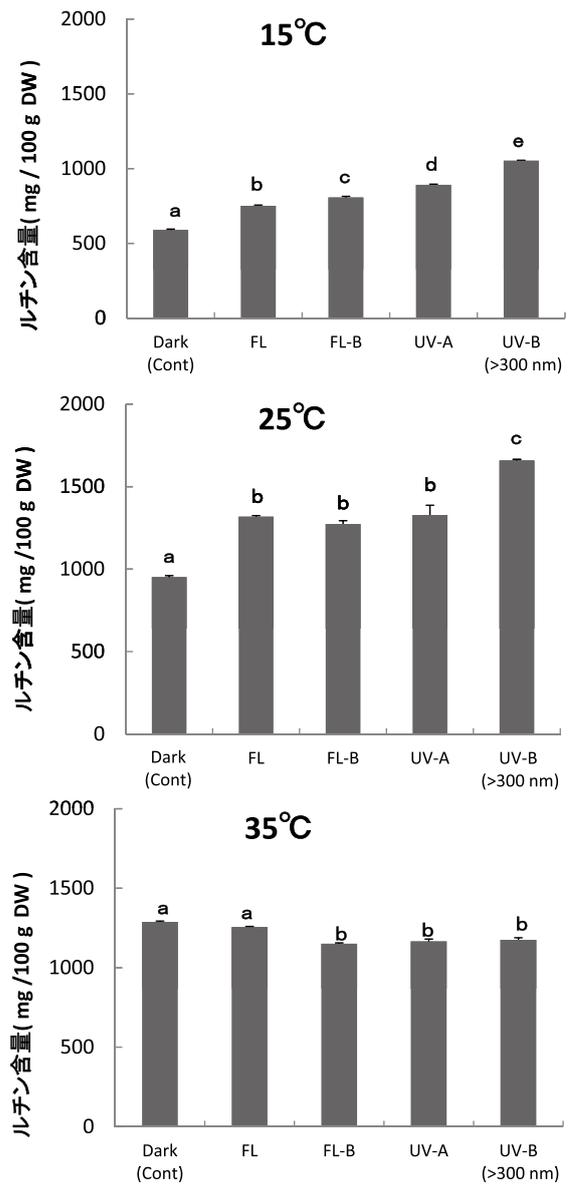


縦棒は標準偏差 (n = 3)  
a ~ e : 同一温度内の異なるアルファベット間では有意差 1% 水準であることを示す

図4 光質および環境温度がソバスプラウトのアントシアニン含量に及ぼす影響

UV-A ≒ UV-B となり, Dark が最も高かった. 光照射の有無および光質とルチン含量との関係が 15 および 25°C 区とは明らかに異なっていた. また, 35°C 区の光質によるルチン含量の幅は約 1,150 ~ 1,290 mg/100 g DW の範囲にとどまっていた.

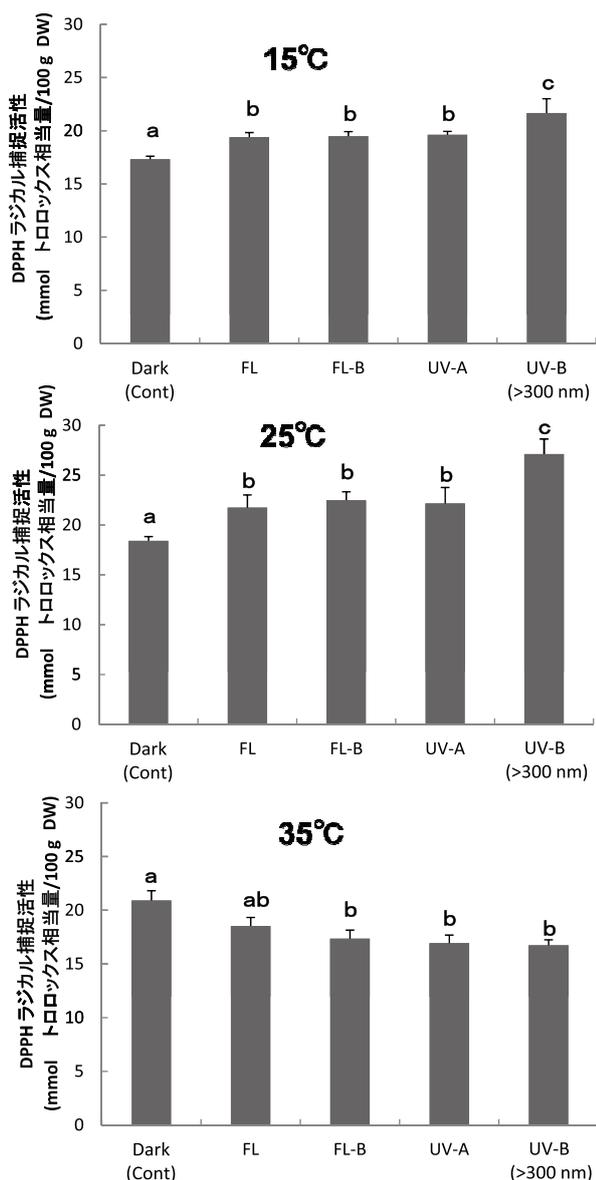
光質および環境温度がソバスプラウトの DPPH ラジカル捕捉活性に及ぼす影響について調べた結果を図 6 に示した. 15 および 25°C 区では, UV-B 区の DPPH ラジカル



縦棒は標準偏差 (n = 3)  
a ~ e : 同一温度内の異なるアルファベット間では有意差 1% 水準であることを示す

図5 光質および環境温度がソバスプラウトのルチン含量に及ぼす影響

捕捉活性が最も高く, 次に UV-A, FL-B, FL 区が同程度で, Dark 区が最も低かった. 15 および 25°C 区の DPPH ラジカル捕捉活性はそれぞれ 17 ~ 21, 18 ~ 27 mmol Trolox eq/100 g DW であり, 25°C 区の方が 15°C 区より活性が高かった. 35°C 区の DPPH ラジカル捕捉活性は, Dark が最も高く, ついで FL で, FL-B, UV-A, UV-B が同等の活性を示し, 15 および 25°C 区とは明らかに異なる傾向を示した.



縦棒は標準偏差 (n = 3)

a ~ e : 同一温度内の異なるアルファベット間で有意差 1% 水準であることを示す

図 6 光質および環境温度がソバスプラウトの DPPH ラジカル捕捉活性に及ぼす影響

#### 4. 考察

フラボノイドは UV-B の領域に吸収を示し、主に表皮細胞の液胞中に蓄積することで紫外線フィルターおよび活性酸素のスカベンジャーとして機能しているといわれている<sup>12)</sup>。渡辺・伊藤ら<sup>13)</sup>は、ソバ地上部中の主要フラボノイドは、ルチン、オリエンチン、イソオリエンチン、ピテキシン、イソピテキシンであることを明らかにしている。しかし、フラボノイド成分の種類により、紫外線照射の含量増加には差がある。著者らは、ソバスプラウトに UV-B

(>300 nm) を照射した場合、無照射と比較するとアントシアニン含量<sup>6)</sup>、ルチン含量<sup>14)</sup>が大幅に増加したと報告している。本研究ではアントシアニン、ルチン以外のフラボノイドについても分析を行ったが、光質による含量の差異は判然としなかった(データ省略)。このように UV-B (>300 nm) 照射によって含量変化が認められるフラボノイドと影響が少ない成分があるのは、UV-B 照射によって発現が促進されるカルコン合成酵素 (CHS) やフェニルアラニンアンモニアリアーゼ (PAL) をはじめとするフラボノイドの生合成に関与する酵素群の影響が考えられる<sup>2)</sup>。

本試験では、光質に加えて生育温度の違いとフラボノイド含量についても検討した。本試験で測定したフラボノイドの中で、最も生育温度による影響が現れたのはアントシアニン含量であった。高温栽培下でのアントシアニンの生成抑制に関する報告がある。リンゴ果皮では、収穫期に高温に遭遇するとアントシアニン色素が十分に蓄積されない。その理由としては、アントシアニン生合成酵素遺伝子の発現低下が関与していることが報告されている<sup>2)</sup>。ブドウ果皮については、Mori ら<sup>15)</sup>が、高温条件下ではアントシアニン生合成遺伝子の転写が抑制されるとともに、アントシアニン生合成後にアントシアニンが消失することを報告している。本実験においても、35°C 区のアントシアニン含量は 15 および 25°C 区と比較して低かったが、これはリンゴ<sup>2)</sup> やブドウ果皮<sup>9, 15)</sup> と同様に、高温栽培下でのアントシアニン生合成酵素遺伝子の発現低下が要因の一つと考えられた。また、本試験では、生育温度および光質によりルチンおよび DPPH ラジカル捕捉活性も大きく変化した。特に、35°C 区のルチン含量および DPPH ラジカル捕捉活性の結果は 15 および 25°C 区と比較して明らかに異なっていた。35°C 区のルチン含量は、Dark が照射区よりも高く、UV-B 照射による含量の増加も認めなかった。高温条件下での栽培が、ルチンの代謝経路中の遺伝子および酵素発現などの何らかの影響を及ぼしたと考えているが、アントシアニンと比較して栽培環境要因とルチン代謝の関係を示した報告は少ない。ダツタンソバ (*Fagopyrum tataricum*) を供試した実験によると、ルチンの生合成にはフラボノイドシンターゼが深く関与しており、その酵素発現遺伝子について調べたところ、FtFLS1 遺伝子が最も重要な役割を果たしていることが示されている<sup>16)</sup>。また、Suzuki<sup>17)</sup>らは、ルチン含量とルチングルコシダーゼ活性は UV-B 照射により増加し、低温処理 (-5°C) によっても増加することから、ルチンおよびルチングルコシダーゼはストレス耐性の強化に関与している可能性があると報告している。これらの報告から、UV-B (>300 nm) 照射のルチン含量増加の効果が、高温栽培下で抑制されている理由として、高温条件下での栽培によるフラボノイドシン

ターゼやルチングルコシダーゼの活性低下, FtFLS1 遺伝子の発現抑制も考えられた。一方, 15 および 25°C 処理区は, アントシアニン, ルチン含量および DPPH ラジカル捕捉活性とも暗黒条件下で栽培した Dark の含量が最も低かった。また, アントシアニン, ルチン含量および DPPH ラジカル捕捉活性とも UV-B (>300 nm) 照射の効果が顕著に表れた。15 および 25°C 区を比較すると, 15°C 区のアントシアニン, ルチン含量および DPPH ラジカル捕捉活性は, 25°C 区の数値を全体的に減少させた傾向にあるといえる。低温条件下で栽培すると, 低温遭遇によりフラボノイド含量が増加するという知見がダッタンソバspraut<sup>17)</sup>, リンゴ<sup>2,8)</sup> およびキャベツ<sup>18)</sup> などで得られている。しかし, 本試験ではこれまで報告されているこれらの報告とは異なる結果となった。本試験では供試材料であるソバspraut の下胚軸長が 12 cm に達するまで暗黒下で栽培を行った。15°C 区では 12 cm に成長するまでに 25°C 区の約 2 倍である 13 日を要した。そのため, 光照射までの成長過程におけるソバspraut の呼吸活性などの植物生理作用, 上述のアントシアニンとルチンの生合成に関わる酵素活性ならびに遺伝子発現が影響した可能性が考えられる。その原因については, 今後の検討課題と考える。

さらに, DPPH ラジカル捕捉活性は, アントシアニン含量よりもルチン含量との相関が高かった (図 4, 図 5, 図 6)。Watanabe<sup>19)</sup> は, ソバspraut に含まれるフラボノイド 5 種 (ルチン, オリエンチン, イソオリエンチン, ビテキシン, イソビテキシン) と主要アントシアニンのシアニジン 3-O-ルチノシドについて, スーパーオキシドジスムターゼ (SOD) 様活性の比較試験を行い, ルチンはシアニジン 3-O-ルチノシドよりも SOD 様活性が顕著に高いことを明らかにしている。また, 本実験によるアントシアニン含量 (0 ~ 200 mg シアニジン相当量/100 g DW) ならびにルチン含量 (590 ~ 1,670 mg/100 g DW) には著しい差がある。このことから, 本実験においてアントシアニン含量よりもルチン含量の方が DPPH ラジカル捕捉活性との相関が高かったのは, ルチンがアントシアニンよりも大幅に高いラジカル捕捉活性を有することと, ルチンのソバspraut 中の含量がアントシアニンよりも著しく高いことに起因すると考えている。

実験結果から, UV-B (>300 nm) 照射によるソバspraut のアントシアニン含量, ルチン含量ならびに DPPH ラジカル捕捉活性の増強技術は, 栽培温度によって大きく影響を受け, 25°C 付近が好ましく, 高温では効果が十分に得られないことが明らかとなった。よって, UV-B (>300 nm) 照射を利用してフラボノイド含量の高いソバspraut を栽培するためには, 25°C 付近で栽培するのが適しており, 温度管理には十分留意する必要があることが明らか

になった。

## 5. 要 約

光質および環境温度がソバspraut のフラボノイド含量に及ぼす影響を検討した。栽培温度は 15, 25 および 35°C, 光環境は, 光照射区として 3 波長, 青色, UV-A および UV-B 区, 対照として暗黒区を設け, 各処理区のソバspraut に含まれるアントシアニン含量, ルチン含量および DPPH ラジカル捕捉活性を測定した。その結果, アントシアニン含量, ルチン含量および DPPH ラジカル捕捉活性が最も高かったのは 25°C で栽培した UV-B 照射区であった。15°C で栽培した場合は, 25°C に比べてその効果は劣るものの, UV-B 照射によるアントシアニン, ルチン含量および DPPH ラジカル捕捉活性の増加が確認できた。しかし, 35°C で栽培した場合は, UV-B 照射効果はアントシアニン含量に限定された。UV-B 照射によるフラボノイド含量の増加を目指す場合, 25°C が最適であることがわかった。また, 栽培温度により, その効果が大きく左右されるので温度管理に注意する必要があることが確認された。

## 引 用 文 献

- 1) 五明紀春, 田島 眞, 三浦理代. 食品機能論. 2005, p.18-20. 同文書院. 東京.
- 2) 荒川 修. リンゴ果実の着色生理 アントシアニン生成とフラボノイド代謝. 植物の化学調. 2000, vol.35, p.149-159
- 3) 渡辺慶一, Lewes, G.S., Woolley, D. J. リンゴ果実の着色に及ぼす白色光 + UV-B および  $\alpha$ -トコフェロールの影響. 植物工場学会誌. 1999, vol.11, p.288-293
- 4) Kataoka, I.; Sugiyama, A.; Beppu, K. Role of ultraviolet radiation in accumulation of anthocyanin in berries of 'Gros Colman' Grapes (*Vitis vinifera* L.). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 2003, vol.72, p.1-6
- 5) Kreft, S.; Strukelj, B.; Gaberscik, A.; Kreft, I. Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation level: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method. J. Exp. Bot. 2002, vol.53, p.1801-1804
- 6) 鶴永陽子, 工藤章英. 光質がソバspraut のアントシアニン生成に及ぼす影響. 園芸学研究. 2005, vol.74 (別 1), p.390
- 7) 鶴永陽子, 工藤章英, 石渡 正紀. 植物のポリフェノール増収方法及び増収装置. 特開 2007-89430.
- 8) Benjamin, E. U.; Honda, C.; Bessho, H.; Kondo, S.; Wada, M.; Kobayashi, S.; Moriguchi, T. Expression analysis of anthocyanin biosynthetic genes in apple skin: Effect of UV-B

- and temperature. *Plant Sci.* 2006, vol.170, p.571-578
- 9) Yamane, T.; Jeong S. T.; Yamamoto, N. G.; Koshita, Y.; Kobayashi, S. Effects of temperature on anthocyanin biosynthesis in grape berry skins. *Am. J. Enol. Vitic.* 2006, vol.57, p.54-59
- 10) 東尾久雄, 廣野久子, 佐藤文生, 徳田進一, 浦上敦子. ブラックライト蛍光灯の照射がイチゴ果実の着色および果実硬度に及ぼす影響. *園芸学研究*. 2009, vol.8, p.503-507.
- 11) 須田郁夫. *食品機能研究法*. 2000, p.218-220. 光琳出版社. 東京.
- 12) 今村隆史, 中嶋信美. オゾン層破壊の機構と紫外線の農産物影響. *農林水産技術研究ジャーナル*. 2005, vol.28, p.45-19
- 13) 渡辺 満, 伊藤美雪. ソバ地上部の生育ステージによる抗酸化能とフラボノイド組成の変動. *日本食品科学工学会誌*. 2002, vol.49, p.119-125
- 14) 鶴永陽子, 松崎一, 松本敏一, 工藤章英, 石渡正紀, 倉光修. 光質がソバスプラウトのフラボノイド生成に及ぼす影響. *園芸学研究*. 2007, vol.6 (別 1), p.523
- 15) Mori, K.; Sugiyama, S.; Gemma, H. Regulatory mechanism of anthocyanin biosynthesis in 'Kyoho' grape berries grown under different temperature conditions. *Environ. Control Biol.* 2004, vol.42, p.21-30
- 16) Li, C.; Bai, Y.; Li, S.; Chen, H.; Han, X.; Zhao, H.; Shao, J.; Wu, Q.; Park, S. Cloning, characterization, and activity analysis of a flavonol synthase gene FtFLS1 and its association with flavonoid content in tartary buckwheat. *J. Agric. Food Chem.* 2012, vol.60, p.5161-5168
- 17) Suzuki, T.; Kim, J. K.; Yamauchi, H.; Takigawa, S.; Honda, Y.; Mukasa, Y. Effect of UV-B radiation, cold and desiccation stress on rutin concentration and rutin glucosidase activity in tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) leaves. *Plant Sci.* 2005, vol.168, p.1303-1307
- 18) 壇 和弘, 今田成雄. 光照射が低温環境下におけるキャベツ幼植物のフェノール性物質含量と脂質過酸化に及ぼす影響. *園芸学雑誌*. 2002, vol.71, p.82-86
- 19) Watanabe, M. An anthocyanin compound in buckwheat sprouts and its contribution to antioxidant capacity. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2007, vol.71, p.579-582