春どり赤色リーフレタスにおける近紫外線除去フィルム被覆が 生育と着色に及ぼす影響と被覆解除後の着色の回復

佐藤文生^{1*}・山内智史²

¹ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構野菜花き研究部門野菜生産システム研究領域
305-8519 つくば市観音台

² 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター病害研究領域
305-8666 つくば市観音台

Growth, Coloration, and Subsequent Coloration after Removal of Film in Spring Red Leaf Lettuce Covered with Near Ultraviolet Ray-absorbing Film

Fumio Sato^{1*} and Norihito Yamauchi²

¹*Institute of Vegetable and Floriculture Science, NARO, Tsukuba, Ibaraki 305-8519*

²*Central Region Agricultural Research Center, NARO, Tsukuba, Ibaraki 305-8666*

Abstract

This study was carried out to investigate the effects of covering with near ultraviolet ray-absorbing (UVA) film on the growth and coloration of spring red leaf lettuce and to evaluate the subsequent coloration after removal of the film. The daily mean temperature and light quantity under the UVA film were similar to those under ultraviolet transmitting film. The growth of ‘Variety-nouaka’, ‘Black rose’, and ‘TLE-496’ was promoted by covering with UVA film, while that of ‘Red fire’, ‘Red falder’, and ‘Early span’ was not affected. Covering with UVA film decreased the leaf anthocyanin content by 30 to 40% in ‘Red fire’, ‘Red falder’, and ‘Early span’, and by 60 to 70% in ‘Variety-nouaka’, ‘Black rose’, and ‘TEL-496’. The leaf anthocyanin content at 3 days after the removal of the UVA film was higher than that just before removal in all varieties except ‘Red fire’. In ‘Variety-nouaka’ and ‘Black rose’, the increase in the leaf anthocyanin content occurred mostly until when the integrated light quantity of near ultraviolet rays reached around 600 W·h·m⁻² after the removal of UVA film.

Key Words : anthocyanin, cultivar variations, plastic-tunnel culture, UV

キーワード : アントシアニン, 品種間差, トンネル栽培, UV

緒 言

波長 390 nm 以下の光を透過しない近紫外線除去（以下、UVA）フィルムは、アザミウマ類やアブラムシ類などの害虫の活動を抑制する効果があること（太田・北村，2006）に加え、糸状菌の孢子形成を阻害する作用があることから（西ら，2006）、有効な物理的病害虫防除技術となっている。11 月～翌年 5 月にかけてトンネルを設けて露地で栽培する春どり作型のレタスの栽培では、収穫期となる 3 月～5 月にかけて気温の上昇に伴い灰色かび病（*Botrytis cinerea*）や菌核病（*Sclerotinia sclerotiorum*）が発生しやすく、これらの病害による減収が問題となっている（堀内，1998）。UVA フィルムはこれらの病害抑制にも有効で、トンネル

栽培の被覆資材に UVA フィルムを使用することで病害発生株の割合が半分以下に低下することが報告されている（西口ら，2007；山内ら，2012）。

一方、UVA フィルムの被覆は作物の生育や品質にも影響し、ハウレンソウやネギでは草丈や株重が増加し（浜本ら，2011；龍ら，1988）、キュウリでは茎の伸長や葉の展開が促進することが報告されている（橋本・前田，2003；中村ら，1980）。また、近紫外線は作物体内のアントシアニンの合成活性やその蓄積に関係する主要な環境要因のひとつで、ナス（今泉，1973；松丸ら，1971）やブドウ（小豆澤ら，2004）の施設栽培では UVA フィルムの被覆により果実の着色が損なわれることが知られている。レタスの中にも、アントシアニンの蓄積によって着色するタイプのリーフレタス（以下、赤色リーフレタス）があり、UVA フィルムを被覆して栽培した場合には、着色不良による品質の低下が懸念される。UVA フィルムの被覆がリーフレタスの生育や品質に及ぼす影響については、国外において報告がいくつかあるものの（García-Macías ら，2007；Krizek ら，1998；

2016 年 7 月 5 日 受付. 2016 年 9 月 30 日 受理.
本報告の一部は園芸学会平成 26 年度秋季大会において発表した.

* Corresponding author. E-mail: fumio.sato@affrc.go.jp

Tsormpatsidis ら, 2008, 2010), これらの報告はいずれも春から秋にかけての比較的気温の高い時期に検討したものである。厳寒期が主な栽培期間となる春どり作型のリーフレタス栽培においては, UVA フィルム被覆の影響を検討した報告はない。そこで本研究では, 着色程度が異なる赤色リーフレタス6品種を対象に, 春どり作型の栽培におけるUVA フィルムの被覆が株の生育と着色に及ぼす影響について検討した。また, レタスのトンネル栽培では栽培期間中に何時でも容易にフィルムを剥がすことができるので, 収穫直前の期間における品質改善効果を期待してUVA フィルム被覆を解除した後の着色の変化についても検討を行った。

材料および方法

1. UVA フィルム被覆が赤色リーフレタスの生育とアントシアニン含量に及ぼす影響 (試験1)

供試品種として, 赤色リーフレタス品種‘レッドファイアー’, ‘レッドファルダー’, ‘TLE-496’ (以上, タキイ種苗(株)), ‘アーリースパン’, ‘ブラックローズ’ (以上, カネコ種苗(株)), ‘バラエティ濃赤’ (ツルタのタネ(株))の6品種を用いた。各品種とも茨城県つくば市にある農業・食品産業技術総合研究機構野菜花き研究部門内の無加温パイプハウス内 (緯度 36.0285, 経度 140.1039, 標高 21 m) で2013年11月7日より200穴セルトレイを用いて育苗し, 12月10日に4葉期に達した苗を同部門内の圃場 (緯度 36.0156, 経度 140.1082, 標高 21 m) に定植した。予め圃場には, 苦土石灰を10a当たり50kgと, 普通化成肥料 (化成8号, N:P₂O₅:K₂O=8%:8%:8%, 東菱肥料(株))と緩効性化成肥料 (CDUS555, N:P₂O₅:K₂O=15%:15%:15%, ジェイカムアグリ(株))を7:5の重量比で配合したものを10a当たり窒素量として20kg施用して耕起した。その後, 厚さ0.02mmのポリエチレン系緑色フィルム (ダークグリーン, 積水フィルム(株))で被覆した幅110cm, 長さ20mの畝を6本設けた。トンネルは定植直前に設置し, その被覆資材に近紫外線除去機能のある厚さ0.075mmのポリオレフィン系フィルム (UVA区, クリントートGM, サンテラ(株)), または, 同じ厚さの近紫外線を透過するポリオレフィン系フィルム (対照区, クリントートDX, 同前)を展張した畝をそれぞれ3本設けた。各品種とも1区当たり条間27cm, 株間30cm, 4条千鳥植えで36株を定植し, 3反復とした。定植後80日目 (2014年2月28日)までは常にフィルムで覆った状態とし, その後はトンネル内の過度な温度上昇を防ぐために支柱の部分でフィルムの裾を常時約10cm程度開放して栽培した。また, UV温度レコーダー (TR-74Ui, (株)ティアンドデイ)を用いてトンネル内の地上15cm付近の近紫外線量 (波長260~400nm)と気温を測定した。本試験では, 着色が薄い‘レッドファイアー’, ‘レッドファルダー’, ‘アーリースパン’ (以降, 薄色品種)および着色が

濃い‘TLE-496’, ‘ブラックローズ’, ‘バラエティ濃赤’ (以降, 濃色品種)の間で対照区の株の生育量に大幅な違いがあったことから, 薄色品種は定植後91日目の3月17日に, 濃色品種は定植後105日目の3月31日に, 内側の条より1反復当たり10株の地上部を採取した。採取した株の重量を計測し, その中から平均的な重量の6株を選別して, 後述するアントシアニン含量の測定に用いた。

2. UVA フィルム被覆解除後の赤色リーフレタスのアントシアニン含量の変化 (試験2)

植物材料として, 試験1と同じ品種を用いた。2013年12月10日に播種して得られた小植物を2014年1月28日まで育苗し, その後UVA フィルムを展張した3本の畝に定植した。各品種とも1区当たり36株定植し, 3反復とした。育苗ならびに本圃での栽培管理は試験1に準じて行った。各品種とも薄色品種は定植後66日目の4月4日に, 濃色品種は定植後73日目の4月11日に, 内側の条より1反復当たり平均的な大きさの6株をそれぞれ採取した。その後, UVA フィルム被覆を解除してさらに3日間栽培し, 1反復当たり6株を採取した。採取した株は後述のアントシアニン含量の測定に用いた。

3. UVA フィルム被覆解除後の日数, 積算近紫外線量とアントシアニン含量との関係 (試験3)

供試品種として‘ブラックローズ’と‘バラエティ濃赤’を用いた。両品種とも2014年12月11日 (栽培I), 12月18日 (栽培II), 12月22日 (栽培III)に播種し, 2015年2月4日 (栽培I), 2月10日 (栽培II), 2月12日 (栽培III)まで育苗をそれぞれ続けた。育苗ならびに本圃での栽培管理は試験1に準じて行った。いずれの栽培においても試験1に準じてUVA フィルムを展張した畝を2本, 近紫外線を透過するフィルムを展張した畝を1本設けた。両品種とも, UVA フィルムを展張した畝には1区当たり60株を, また, 近紫外線を透過するフィルムを展張した畝には26株をそれぞれ定植して1反復とし, 各4反復を設けた。4月6日 (栽培I), 4月13日 (栽培II), 4月16日 (栽培III)に両方の畝から1反復当たり2株を内側の条より採取した。その後UVA フィルムを展張した畝では, フィルム被覆を解除して栽培をさらに続け, 被覆解除後10~11日の間に前述のように株を4回採取した。採取した株は後述のアントシアニン含量の測定に用いた。

4. アントシアニン含量の分析

採取した株を直径約15cmに束ねて株元から10cmの部分で上下に切断し, その上の部分をアントシアニンの分析に用いた。切断した株を約1cm四方の葉片に細断し, 1反復6株分 (試験1, 試験2), あるいは2株分 (試験3)を1つの試料にまとめて, 手で十分に攪拌した。その中から約20gを分取して液体窒素で凍結し, -20°Cで保存した。さらに, 試料を随時凍結乾燥し, シェイクマスター ((株)バイオメディカルサイエンス)を用いて微粉碎した。薄色品種では粉碎試料10mg当たり2mL, 濃色品種では5mLの

1%塩酸メタノールを試料に添加し、4℃、暗所下で24時間静置して色素を抽出した。抽出液を1000 gで5分間遠心分離し、上清液の530 nmの吸光度を分光光度計 (UV-1650, (株) 島津製作所) で測定した。アントシアニン含量はシアニジン相当量 ($\text{mg} \cdot \text{g DW}^{-1}$) で算出した。

結 果

1. UVA フィルム被覆が赤色リーフレタスの生育とアントシアニン含量に及ぼす影響 (試験 1)

第1図に栽培期間中のUVA区と対照区におけるトンネル内の日積算照度、日積算近紫外線量および日平均気温を示す。日積算照度は期間の平均でUVA区が310 $\text{klx} \cdot \text{h}$ 、対照区が308 $\text{klx} \cdot \text{h}$ と差がなかった。日積算近紫外線量は、対照区では日積算照度と同様に変動し、期間の平均で47.4 $\text{W} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$ であったのに対し、UVA区では曇天日にはトンネル内で近紫外線が検出されないこともあり、期間の平均で1.6 $\text{W} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$ であった。日平均気温は両区とも同様に推移し、期間の平均はいずれも9.1℃で差がなかった。

第2図にUVA フィルム被覆が赤色リーフレタス各品種の株重に及ぼす影響を示す。薄色品種の‘レッドファイアー’、‘レッドファルダ’、‘アーリースパン’では、定植後91日目の平均株重が173～195 g/株の範囲にあり、いずれの品種も試験区間に有意差が認められなかった。濃色品種では、対照区の生育が薄色品種に比べて遅かったため、調査日を薄色品種より14日遅らせて定植後105日目に調査したが、その時点においても対照区の株重は‘バラエティ濃赤’で113 g/株、‘ブラックローズ’で139 g/株、‘TLE-496’で135 g/株となり、薄色品種と比べて低かつ

第1図 UVA フィルム被覆が栽培期間中のトンネル内日積算照度 (A)、日積算近紫外線量 (B)、日平均気温 (C) に及ぼす影響 (試験 1)

た。それに対し、UVA 区の株重は‘バラエティ濃赤’で257 g/株、‘ブラックローズ’で326 g/株、‘TLE-496’で256 g/株となって高い値を示し、UVA フィルム被覆によって株重が対照区の値の1.9～2.3倍に増加した。また、いずれの品種においても株の形状についてはUVA区と対照区で大きな違いは観察されなかった。

第3図にUVA フィルム被覆が赤色リーフレタス各品種の葉のアントシアニン含量に及ぼす影響を示す。いずれの品種もアントシアニン含量はUVA フィルム被覆により低下し、薄色品種のUVA区で対照区より28～38%低い値がみられた。濃色品種のUVA区では、対照区より60～72%低い値がみられ、UVA フィルム被覆による含量低下の程度は薄色品種より大きかった。

第2図 UVA フィルム被覆が赤色リーフレタス各品種の株重に及ぼす影響 (試験 1)

左図 (A) の品種は定植後91日目 (3月17日)、右図 (B) の品種は定植後105日目 (3月31日) に調査した
図中の縦棒は標準誤差 ($n=3$) を示す

**は1%水準でt検定により各品種の処理区間に有意差があることを示し、nsは有意差がないことを示す

第3図 UVA フィルム被覆が赤色リーフレタス各品種の葉のアントシアニン含量に及ぼす影響 (試験 1)

左図 (A) の品種は定植後91日目 (3月17日)、右図 (B) の品種は定植後105日目 (3月31日) に採取した
図中の縦棒は標準誤差 ($n=3$) を示す

**は1%水準でt検定により各品種の処理区間に有意差があることを示す

2. UVA フィルム被覆解除後の赤色リーフレタスのアントシアニン含量の変化 (試験2)

試験2では、UVA フィルム被覆解除後3日までの天候は概ね良好で、その間の平均日積算近紫外線量は、解除前3日間の平均値に対し、薄色品種の試験では45倍、また濃色品種の試験では47倍にそれぞれ増加した(データ略)。第4図に各品種のUVA フィルム被覆解除時とその3日後の葉のアントシアニン含量を示す。薄色品種の被覆解除後3日目のアントシアニン含量を解除時と比較すると、‘アーリースパン’で39% ($t=2.53$, $p=0.03<0.05$)、‘レッドファルダ’で19% ($t=2.31$, $p=0.04<0.05$) それぞれ有意に高かったが、‘レッドファイアー’では同含量に有意差は認められなかった ($t=1.29$, $p=0.13>0.05$)。濃色品種の被覆解除時と解除後3日目では、‘バラエティ濃赤’で93% ($t=5.83$, $p=0.00<0.01$)、‘ブラックローズ’で39% ($t=2.83$, $p=0.02<0.05$)、‘TLE-496’で47% ($t=7.47$, $p=0.00<0.01$) それぞれ有意に高かった。

3. UVA フィルム被覆解除後の日数、積算近紫外線量とアントシアニン含量との関係 (試験3)

第5図に‘ブラックローズ’と‘バラエティ濃赤’のUVA フィルム被覆解除後日数の経過に伴うアントシアニン含量の変化を示す。被覆解除時のアントシアニン含量は、3回の栽培機会において両品種とも試験1と同様に近紫外線透過フィルムを被覆して栽培した株より低い値を示した。また、同含量は被覆解除後日数の経過に伴って増加した。アントシアニン含量の増加は、全般的に被覆解除後7日以内に集中し、それ以降の期間では含量増加が鈍化する傾向にあった。栽培IとIIでは解除後10日目、また、栽培IIIでは同11日目に収穫したが、この時点のアントシアニン

第4図 UVA フィルム被覆の解除が赤色リーフレタス各品種のアントシアニン含量に及ぼす影響 (試験2)

左図 (A) の品種は定植後66日目 (4月4日)、右図 (B) の品種は定植後73日目 (4月11日) にUVA フィルム被覆を解除した

図中の縦棒は標準誤差 ($n=3$) を示す

**は1%水準で、*は5%水準でt検定により各品種の処理区間に有意差があることを示し、nsは有意差がないことを示す

含量は‘ブラックローズ’で被覆解除時の1.9~2.3倍に、また、‘バラエティ濃赤’で3.3~3.7倍に達した。しかし、いずれの場合も近紫外線透過フィルムを被覆した株と同等の含量 (‘ブラックローズ’で26.8~32.1 mg/g DW⁻¹, ‘バラエティ濃赤’で28.4~31.2 mg/g DW⁻¹) までには至らなかった。

第6図にUVA フィルム被覆解除後の積算近紫外線量とアントシアニン含量との関係を示す。積算近紫外線量が

第5図 赤色リーフレタス‘ブラックローズ’ (A) および‘バラエティ濃赤’ (B) におけるUVA フィルム被覆解除後日数とアントシアニン含量との関係 (試験3)

栽培Iは4月6日に、栽培IIは4月13日に、栽培IIIは4月16日にUVA フィルム被覆を解除した

白抜き符号は近紫外線透過フィルムを被覆して栽培した株の被覆解除時のアントシアニン含量を示す
図中の縦棒は標準誤差 ($n=4$) を示す

第6図 赤色リーフレタス‘ブラックローズ’ (A) および‘バラエティ濃赤’ (B) におけるUVA フィルム被覆解除後の積算近紫外線量とアントシアニン含量との関係

栽培Iは4月6日に、栽培IIは4月13日に、栽培IIIは4月16日にUVA フィルム被覆を解除した

図中の縦棒は標準誤差 ($n=4$) を示す

600 W・h・m⁻² 付近に達するまではアントシアニン含量はほぼ直線的に増加したが、線量がそれ以上になると含量増加は鈍る傾向にあった。

考 察

近紫外線は作物の生育に概して抑制的な作用を示すことはよく知られており、赤色リーフレタスにおいても、人工光源下の栽培ではUV-B ランプの補光によって生育が抑制されることや(海老澤ら, 2008; Wargent ら, 2009), 自然光下の栽培ではUVA フィルム被覆による近紫外線の除去によって生育が促進することがこれまでに報告されている(García-Macías ら, 2007; Krizek ら, 1998; Tsormpatsidis ら, 2008, 2010). 一方で、結球性のレタスでは、UVA フィルムを被覆しても生育が促進されない事例もあり(西口ら, 2007; 佐藤ら, 2013), 近紫外線除去の効果は栽培時期や品種によって異なる可能性が指摘されている(稲田, 1996).

これまでに、赤色リーフレタスにおけるUVA フィルム被覆下での生育反応の品種間差は報告されていない。本試験では、薄色品種をUVA フィルムで被覆しても生育に影響がないことがわかり、濃色品種を同フィルムで被覆すると生育が促進することが判明した。この様に、UVA フィルム被覆による生育反応に品種間差があることが明らかとなった。UVA フィルム被覆による生育反応に品種間差があることは、ダイズ(Baroniya ら, 2011) やコムギ(Kataria・Guruprasad, 2012), アマランサス(Kataria・Guruprasad, 2014) で報告がなされている。これらの作物では、生育促進の程度が大きい品種ほどUVA フィルム被覆による光合成速度の増加割合が大きいことから、近紫外線による光合成器官へのダメージの受けやすさの違いが品種間差の一因と考えられている。一方で、Tsormpatsidis ら(2010) は、赤色リーフレタスではUVA フィルムを被覆しても光合成速度には影響がないことを認めており、UVA フィルム被覆による赤色リーフレタスの生育促進については別の要因による可能性を指摘している。これに関して本試験では、UVA フィルム被覆による濃色品種の葉のアントシアニン含量の低下割合は薄色品種に比べ大きく、それらの生育反応とは逆の関係にあった。アントシアニンなどのフラボノイド類は近紫外線によって合成が活発化し、表皮組織に蓄積して内部への近紫外線の侵入を防ぐ役割があるとされる(Chalker-Scott, 1999). シロイヌナズナでは、近紫外線量の増加によって体内に蓄積したフラボノイド類がオーキシンの分解や極性移動を制御することで生育抑制に関与することが報告されている(Hectors ら, 2012). このことから、赤色リーフレタスにおいても、UVA フィルム被覆によるアントシアニン含量の減少が生育促進と関係している可能性も考えられる。UVA フィルム被覆による赤色リーフレタスの生育反応の品種間差の要因については、これらのことを踏まえて今後さらに検討する予定である。

本試験では、赤色リーフレタスをUVA フィルム被覆下

で栽培するとすべての品種でアントシアニン含量が低下した。リーフレタスのトンネル栽培では、通常フィルムを紐などで支柱に押さえつけて簡易的に固定する場合が多く、紐を緩めればフィルム被覆を容易に解除することが可能である。そこで、UVA フィルムを被覆して栽培した株について、被覆解除を行って近紫外線に当て、さらに3日間栽培したところ、アントシアニン含量は‘レッドファイアー’以外の5品種で被覆解除時より高かった。これらの結果からUVA フィルム被覆によって損なわれた着色は、品種によって差はあるものの収穫前にUVA フィルム被覆を解除することで、ある程度回復すると考えられた。庄子ら(2010) は、蛍光灯下で栽培した赤色リーフレタスに青色光を照射すると、その後24時間以内にアントシアニン合成に関わる複数の酵素遺伝子の発現が高まり、2日後にはアントシアニン含量が2倍程度に増加することを報告している。本試験のアントシアニン含量の増加は近紫外線に対する反応であり、庄子ら(2010) の報告と光の波長域が異なるが、青色光の受容体であるクリプトクロムやフォトトロピンは近紫外線も受容することが知られている(徳富ら, 2015). このことから、近紫外線量の増加に対しても比較的早い段階でアントシアニンの合成が活発化すると推測される。

‘ブラックローズ’ と ‘バラエティ濃赤’ では、UVA フィルム被覆を解除すると、その10～11日後までにアントシアニン含量が1.9倍以上増加したが、近紫外線透過フィルムを被覆して栽培した株の値までには至らなかった。このときのUVA フィルム被覆を解除した株では、表面に露出した葉の上部でアントシアニンによる着色が十分に進んでいたものの、葉の基部に近い部分では着色があまり進んでいないことが観察された。被覆解除時には茎葉部がかなり繁茂していたことから、被覆を解除しても相互遮蔽によって葉の群落内部まで十分な量の近紫外線が当たりにくかったことが、その原因と推測される。また、被覆解除後の積算近紫外線量とアントシアニン含量との関係を見ると、600 W・h・m⁻² 付近に達するまでは含量が直線的に増加したものの、それ以降は増加が鈍化する傾向にあった。このことから、着色の進行が速やかに進むのは、積算近紫外線量が600 W・h・m⁻² に達するまでの期間で、それ以降で着色量の増加はあまり見込めないことが示唆された。試験期間中の日積算近紫外線量が晴天日で150～180 W・h・m⁻² であったことから、UVA フィルム被覆を解除して着色を促進する場合は、その期間として4日間程度が目安になると考えられた。

以上のことから、赤色リーフレタス栽培へのUVA フィルムの利用は着色が損なわれる問題があるものの、濃色品種では生育が促進されることが明らかとなった。第2図に示されるように、慣行の近紫外線透過フィルムを用いた濃色品種の栽培では、生育が遅くなる顕著な傾向がみられた。このため、低温で生育が遅くなる春どり作型の栽培

では、着色は薄いが低温伸長性に優れる‘レッドファイアー’などの薄色品種を用いることが多い（農研機構野菜茶業研究所，2009）。しかし，本試験の結果を踏まえると，濃色品種であってもUVAフィルムを用いて栽培すれば，生育の遅さは改善され，UVAフィルム被覆によって損なわれた着色も，濃色品種本来の着色には及ばないが，数日間の被覆解除である程度回復することができる。この場合，被覆解除後の低温による凍霜害の発生に注意する必要があるが，薄色品種よりも濃く着色する赤色リーフレタスの生産が可能になる。このように，フィルム被覆解除が容易な春どり赤色リーフレタスの栽培では，適切な品種と組み合わせることによって着色調節といったUVAフィルム利用の新たな展開があると考えられる。

摘 要

赤色リーフレタスの春どり栽培において，近紫外線除去（UVA）機能のあるフィルムの被覆が生育と着色に及ぼす影響と被覆解除後の着色の回復について調査した。栽培期間中の日平均気温と日積算照度はUVAフィルム被覆下と紫外線を透過するフィルム被覆下で差はみられなかった。薄色品種‘レッドファイアー’，‘レッドファルダー’，‘アーリースパン’の生育にはUVAフィルム被覆による影響がみられなかったが，濃色品種‘バラエティ濃赤’，‘ブラックローズ’，‘TLE-496’では同被覆により生育が促進した。UVAフィルム被覆により葉のアントシアニン含量は薄色の3品種で28～38%，濃色の3品種で60～72%それぞれ低下した。一方で，‘レッドファイアー’以外の5品種では，UVAフィルム被覆解除によってアントシアニン含量が増加した。‘ブラックローズ’と‘バラエティ濃赤’では，被覆解除後のアントシアニン含量の増加が被覆解除後の積算近紫外線量が600 W・h・m⁻²付近に達するまでの期間に集中した。

引用文献

小豆澤 齊・安田雄治・山本孝司・榎野康行. 2004. ブドウの紫外線除去栽培が樹体生育と果実収量及び品質に及ぼす影響. 島根農試研報. 35: 33-42.

Baroniya, S. S., S. Kataria, G. P. Pandey and K. N. Guruprasad. 2011. Intraspecific variation in sensitivity to ambient ultraviolet-B radiation in growth and yield characteristics of eight soybean cultivars grown under field conditions. *Braz. J. Plant Physiol.* 23: 197-202.

Chalker-Scott, L. 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochem. Photobiol.* 70: 1-9.

海老澤聖宗・庄子和博・加藤美恵子・下村講一郎・後藤文之・吉原利一. 2008. UV-B, UV-A および青色光の夜間補光がサニーレタスの成長と着色に及ぼす影響. 植物環境工学. 20: 158-164.

García-Macias, P., M. Ordidge, E. Vysini, S. Waroonphan, N. H. Battey, M. H. Gordon, P. Hadley, P. John, J. A. Lovegrove and A. Wagstaffe. 2007. Changes in the flavonoid and phenolic acid contents and antioxidant activity of red leaf lettuce (Lollo Rosso) due to cultivation under plastic films varying in ultraviolet transparency. *J. Agric. Food Chem.* 55: 10168-10172.

浜本 浩・山崎敬亮・吉田祐子・安部順一郎. 2011. 紫外線-赤色光光質変換フィルムと紫外線カットフィルムの光学的特性および葉菜類の生育に及ぼす影響の経年変化. 近畿中国四国農研セ研報. 10: 1-12.

橋本和泉・前田幸二. 2003. 近紫外線除去フィルム被覆下におけるキュウリの促成栽培. 高知農技セ研報. 12: 69-79.

Hectors, K., S. van Oevelen, Y. Guisez, E. Prinsen and M. A. Jansen. 2012. The phytohormone auxin is a component of the regulatory system that controls UV-mediated accumulation of flavonoids and UV-induced morphogenesis. *Physiol. Plant.* 145: 594-603.

堀内誠三. 1998. レタス・サラダナ. 基礎編. 障害と対策. 重要病害と耕種的防除. p. 基 303-306. 農業技術大系野菜編 6. 農文協. 東京.

今泉 寛. 1973. ナスのハウス栽培における光線 とくに紫外線の影響について. 三重農技セ研報. 2: 1-5.

稲田勝美. 1996. 着色フィルムの被覆は作物に有効か? [21]. 農業および園芸. 71: 807-810.

Kataria, S. and K. N. Guruprasad. 2012. Solar UV-B and UV-A/B exclusion effects on intraspecific variations in crop growth and yield of wheat varieties. *Field Crops Res.* 125: 8-13.

Kataria, S. and K. N. Guruprasad. 2014. Exclusion of solar UV components improves growth and performance of *Amaranthus tricolor* varieties. *Sci. Hortic.* 174: 36-45.

Krizek, D. T., S. J. Britz and R. M. Mirecki. 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. new red fire lettuce. *Physiol. Plant.* 103: 1-7.

龍 明華・大久保 敬・藤枝國光. 1988. ホウレンソウの生育と内生ジベレリン活性に及ぼす近紫外線除去の影響. 九州大農学芸雑. 42: 157-162.

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.

中村 浩・清水達夫・土田政行・山田英一. 1980. 近紫外線除去フィルム被覆がキュウリの生長と内生生長調節物質に及ぼす影響. 野菜試報 A. 7: 77-85.

西 和文・佐藤 衛・窪田昌春. 2006. PO 系紫外線カットフィルムの病害発生抑制効果とその持続性. ビニールと農園芸. 232: 8-12.

西口真嗣・小林尚司・廣瀬敏晴. 2007. 近紫外線除去フィ

- ルムによるレタス灰色かび病の防除. 関西病虫研報. 49: 29–30.
- 農研機構野菜茶業研究所. 2009. 野菜の種類別作型一覧. 野菜茶業研究所研究資料. 5: 173–177.
- 太田 泉・北村登史雄. 2006. PO系紫外線カットフィルムの虫害発生抑制効果とその持続性. ビニールと農園芸. 232: 3–7.
- 佐藤文生・山内智史・白川 隆. 2013. 紫外線除去機能を有するPOフィルムが春どりレタスの生育と品質に及ぼす影響. 園学研. 12 (別1) : 153.
- 庄子和博・後藤英司・橋田慎之介・後藤文之・吉原利一. 2010. 赤色光と青色光がレッドリーフレタスのアントシアニン蓄積と生合成遺伝子の発現に及ぼす影響. 植物環境工学. 22: 107–113.
- 徳富 哲・岡島公司・吉原静恵. 2015. 紫外光から遠赤色光まで, 多様な植物光受容体. 生物物理. 55: 181–186.
- Tsormpatsidis, E., R. G. C. Henbest, N. H. Battey and P. Hadley. 2010. The influence of ultraviolet radiation on growth, photosynthesis and phenolic levels of green and red lettuce: potential for exploiting effects of ultraviolet radiation in a production system. *Ann. Appl. Biol.* 156: 357–366.
- Tsormpatsidis, E., R. G. C. Henbest, F. J. Davis, N. H. Battey, P. Hadley and A. Wagstaffe. 2008. UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in Lollo Rosso lettuce ‘Revolution’ grown under polyethylene films. *Environ. Exp. Bot.* 63: 232–239.
- Wargent, J. J., J. P. Moore, A. R. Ennos and N. D. Paul. 2009. Ultraviolet radiation as a limiting factor in leaf expansion and development. *Photochem. Photobiol.* 85: 279–286.
- 山内智史・佐藤文生・白川 隆. 2012. 有機転換直後の春どりレタス栽培における菌核病の発生と紫外線除去フィルム被覆による防除. 関東東山病虫研報. 59: 23–25.