

# 蛍光ランプの照射によるイチゴ果実の着色促進効果

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者名	東尾,久雄 廣野,久子 佐藤,文生 徳田,進一 浦上,敦子
発行元	日本食品保蔵科学会
巻/号	37巻1号
掲載ページ	p. 3-7
発行年月	2011年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 蛍光ランプの照射によるイチゴ果実の着色促進効果

東尾久雄<sup>\*1§</sup>・廣野久子<sup>\*2</sup>・佐藤文生<sup>\*3</sup>  
徳田進一<sup>\*3</sup>・浦上敦子<sup>\*3</sup>

\*1 茨城大学農学部

\*2 農業・食品産業技術総合研究機構野菜茶業研究所

\*3 農業・食品産業技術総合研究機構野菜茶業研究所

## Effect of Irradiation with Fluorescent Lamp on the Color Enhancement of Strawberry Fruit

HIGASHIO Hisao<sup>\*1§</sup>, HIRONO Hisako<sup>\*2</sup>, SATO Fumio<sup>\*3</sup>,  
TOKUDA Shinichi<sup>\*3</sup> and URAGAMI Atsuko<sup>\*3</sup>

\*1 College of Agriculture, Ibaraki University, 3-21-1, Chuo, Ami-cho, Ibaraki 300-0393

\*2 National Institute of Vegetable and Tea Science, 2769, Kanaya, Idoi, Shimada, Shizuoka 428-8501

\*3 National Institute of Vegetable and Tea Science, 3-1-1, Kannondai, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8666

We investigated the effect of irradiation with 3 different types of fluorescent lamps (FL20S・BLB, FL20S・W, and FLR20S・FB) on the color enhancement of strawberry fruits. Visible light as well as Ultraviolet (UV) rays enhance the color of strawberry fruits. The effect of UV light on anthocyanin synthesis in the strawberry fruit differs greatly with the degree of ripeness of the irradiated fruit. In the fruit advanced to about half or more of the surface, coloring was inhibited with UV light. The analysis of the intensities of the UV radiation emitted by the fluorescent lamps revealed that the intensity sufficient for enhancing the color of unripe strawberry fruit was approximately  $0.14 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

(Received Sep. 6, 2010; Accepted Oct. 13, 2010)

**Key words**: fluorescent lamp, UV, strawberry, color, anthocyanin

蛍光ランプ, UV, イチゴ, 着色, アントシアニン

イチゴ果実の着色は糖度に加えて重要な品質構成要素となっていることから、その改善のために様々な生産技術の開発が進められ、イチゴ果実の着色が自然光に含まれる紫外線 (UV) で促進されることが明らかにされている。筆者らも、365nmに放射エネルギーのピークをもつブラックライト蛍光ランプを着色し始めた果実に24時間程度照射するとその後のイチゴ果実の着色が促進されることを明らかにし、やや未熟な硬い果実に処理すれば、収穫・調整・流通時の物理的損傷の軽減に適用できる可能性を示唆した<sup>1), 2)</sup>。

一方、赤～紫色を呈する植物色素アントシアニンは自然界に多く分布しており、ソルガムのアントシアニンは可視光の赤色光で生成促進されることが示されている<sup>3)</sup>。また、リング果実<sup>4)</sup>およびバラ<sup>5)</sup>の着色においては可視

光がUVと相乗的に作用することが明らかにされている。これらの知見はイチゴ果実の着色が可視光線によっても促進される可能性のあること、UVと可視光との併用処理でUV単独処理以上の効果が期待できることを示唆する。

そこで、市場に流通する各種蛍光ランプをイチゴ果実に照射し、果実着色への影響を評価した。また、UVを遮断するUV除去塩化ビニルフィルム (以下、「UVカットフィルム」と呼称) を用い、果実着色に及ぼす蛍光ランプ照射に含まれるUVの影響について解析を試みた。

## 実験方法

### 1. 供試材料

実験には「とよのか」を用いた。2005年2～3月に茨

\*1 〒300-0393 茨城県稲敷郡阿見町中央3-21-1

§ Corresponding author, E-mail: hhisao@mx.ibaraki.ac.jp

\*2 〒428-8501 静岡県島田市金谷猪土居2769

\*3 〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1

城県つくば市観音台の野菜茶業研究所つくば野菜研究拠点内ハウスで栽培し、試験当日朝に一齐収穫し直ちに実験に供した。果実は果重10~20gのものを選果し、目視により果実表面の着色程度で4段階(熟度1:着色開始, 熟度2:1/3着色, 熟度3:1/2着色, 熟度4:ほぼ全面着色)に分類し、各着色程度の果実を各4個体、計16個体を選抜・供試した。

実験で用いた蛍光灯は3種である。いずれのランプも東芝ライテック(株)製のものを購入して供した。供試ランプの選定に当たっては、スペクトル分布特性(Fig.1参照)を基に赤色光放射が多い蛍光灯として、食肉展示用蛍光灯FL20S・FBを選定した。また、比較対照の蛍光灯として白色蛍光灯FL20S・Wおよび前報で報告したUV蛍光灯のブラックライト蛍光灯FL20S・BLBを併せて供試した。なお、蛍光灯から放射されるUVの影響を調べる場合には、400nm以下の紫外線をほぼ完全に遮断する厚さ0.13mmのUVカットフィルム(商品名「カットエースクリン・キリナイン」)で蛍光灯から放射されるUVを遮断した。

果実への蛍光灯の照射は20℃に設定したインキュベーター(サンヨー, MIR-553)内において、果実表面より22cmの高さに蛍光灯4本をランプ中心間距離10cmで並列に設置し、ステンレストレイ(底寸235×155mm)に熟度別に4列に並べたイチゴ果実の日裏面に対して24時間行った。処理終了後直ちにイチゴ果実の乾燥を避けるためにトレイを厚さ0.03mmのポリエチレン袋に包み、暗黒で24時間保管した。なお、蛍光灯照射期間中も20℃暗黒に保管したイチゴ果実を対照とした。

蛍光灯照射時における蛍光灯からの放射エネルギーのスペクトル分布は波長別光エネルギー分析装置(米国ライカ, LI-1800C, 計測波長域:300~800nm)を用いて照射面中央部にて計測した。

## 2. アントシアニン含量の測定

イチゴ果実のアントシアニン含量は果実を日表面側と日裏面側(蛍光灯の照射面)に果実中央より2分割し、照射面側をカッターナイフで裁断し、室温にて5%ギ酸溶液中に一晩浸漬した。その後、ろ紙(No.2)を使ってろ過し、ろ液を100mlに定容した。そして、530nmの吸光度を分光光度計(島津, GDU-30C)にて計測し、イチゴ果実の主要なアントシアニンであるシアニジン3-グルコシドのモル吸光係数よりアントシアニン含量を算出し、生重100gに換算して表示した<sup>6)</sup>。

## 実験結果

### 1. 各種蛍光灯の分光特性とUVカットフィルムによるUV除去効果の確認

供試した蛍光灯の放射エネルギーのスペクトル分布について波長別光エネルギー分析装置を使ってイチゴ果実の照射条件で測定した結果をFig.1に示す。供試した蛍光灯について測定した300~400nmのUV強度を

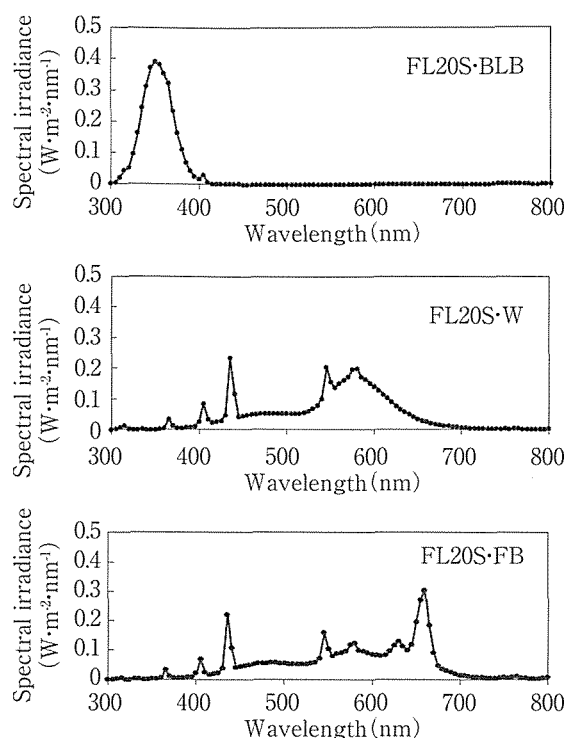


Fig.1 Irradiation spectra of FL20S・BLB, FL20S・W, and FLR20S・FB

Spectral irradiance was measured at a distance of 22cm.

The total UV (300~400nm) spectral irradiance ( $W \cdot m^{-2}$ ) was as follows: FL20S・BLB: 3.43, FL20S・W: 0.14, and FL20S・FB: 0.11.

The total red (600~700nm) spectral irradiance ( $W \cdot m^{-2}$ ) was as follows: FL20S・BLB: 0, FL20S・W: 0.93, and FL20S・FB: 2.13.

比較すると、ブラックライト蛍光灯で最も多く放射され、そのピーク波長は350nm付近にあった。一方、白色蛍光灯および食肉展示用蛍光灯はほぼ同量のUVを放射し、そのピーク波長はいずれも365nm付近に認められた。しかし、Fig.1の下段に示すように、これらのランプから放射されるUV強度は0.11~0.14 $W \cdot m^{-2}$ 程度とごくわずかであった。一方、赤色光を放射する600~700nmの総放射エネルギー強度は、Fig.1の下段に示すように、食肉展示用傾向ランプが最も強く、660nmにピーク波長が認められた。しかし、白色蛍光灯の場合には赤色領域の放射が弱く、ピーク波長はみられなかった。また、ブラックライト蛍光灯の放射の中には赤色光を含む可視光は含まれていなかった。

一方、UVカットフィルムによるUVの遮断程度を白色蛍光灯の照射時に確認したところ、Fig.2に示すように、385nm以下のUVが遮断されていた。

### 2. 各種蛍光灯の照射がイチゴ果実の着色に及ぼす影響

Fig.3は異なる熟度の‘とよのか’果実に市販蛍光灯を照射した結果である。熟度1および2の果実に対して照射処理した場合には、いずれの蛍光灯におい

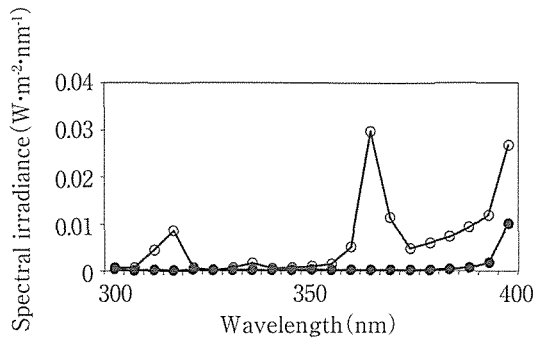


Fig. 2 Removal effect of UV irradiation with UV cut film

○: FL202·W ●: FL202·W+UV cut film

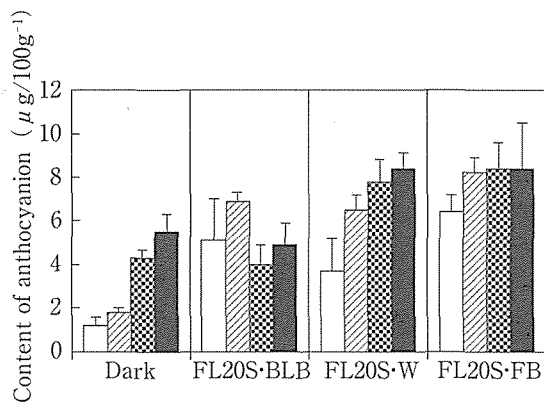


Fig. 3 Effect of FL20S·BLB, FL20S·W, and FL20S·FB on the coloration of 'Toyonoka' strawberry fruit in the different ripening stages

□: Stage1 ▨: Stage2 ▩: Stage3 ■: Stage4

The contents of anthocyanin were analyzed after incubation in dark for 24h followed by irradiation with lamp for 24h. The control fruits were analyzed after incubation in dark for 48h. The bars in the figure indicate standard error (SE). (n = 4)

でも着色が促進された。しかし、着色が進んだ熟度 3 および 4 の果実では、白色蛍光ランプおよび食肉展示用蛍光ランプの照射で着色促進がみられたものの、ブラック蛍光ランプでは、着色促進効果がみられなかった。

### 3. 各種蛍光ランプによる照射がUVカットフィルムで被覆したイチゴ果実の着色に及ぼす影響

蛍光ランプによる果実着色促進効果を解析するため、ブラックライト蛍光ランプ、食肉展示用蛍光ランプおよび白色蛍光ランプをUVカットフィルムで被覆し、果実に同様に処理を行い、果実に含まれるアントシアニン含量への影響を調べた。Fig. 4は実測値であり、Fig. 5はFig. 4の結果を踏まえてUVカットフィルム有無の影響を相対比率として示したものである。

Fig. 4および5に示したように、ブラックライト蛍光ランプを照射した場合には、果実熟度でUVカットフィルム被覆による影響は大きく異なり、着色初期の熟度 1

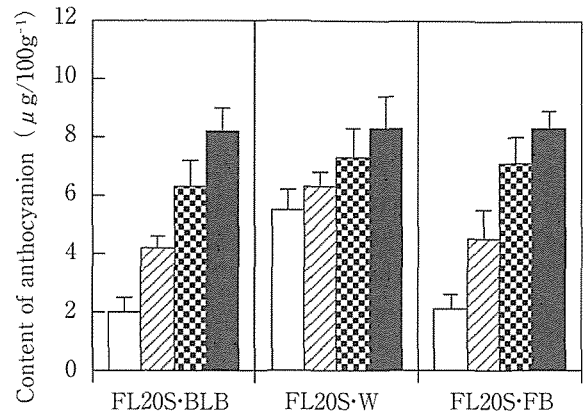


Fig. 4 Irradiation effect of FL20S·BLB, FL20S·W, and FL20S·FB covered with UV cut film on the coloration of 'Toyonoka' strawberry fruit in the different ripening stages

□: Stage1 ▨: Stage2 ▩: Stage3 ■: Stage4

The contents of anthocyanin were analyzed after incubation in dark for 24h followed by irradiation with lamp for 24h. The bars in the figure indicate SE (n = 4)

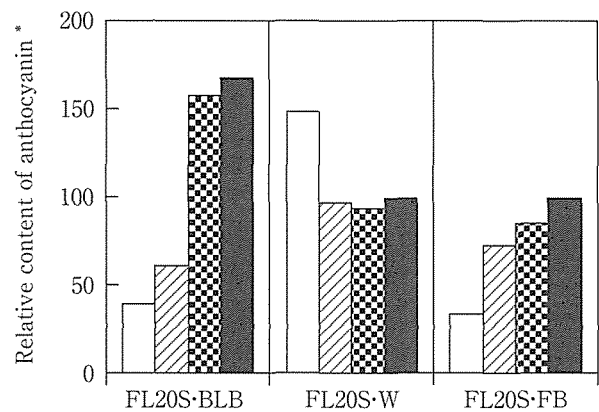


Fig. 5 Irradiation effect of FL20S·BLB, FL20S·W, and FL20S·FB covered with UV-cut film on the coloration of 'Toyonoka' strawberry fruit in the different ripening stages

□: Stage1 ▨: Stage2 ▩: Stage3 ■: Stage4

\*: the anthocyanin content of the fruit irradiated with fluorescent lamp without UV cut film was considered as 100.

および 2 の果実では被覆すると無被覆の場合と比べて着色が抑えられ、着色が進んだ熟度 3 および 4 ではUVカットフィルムで被覆するとむしろ無被覆の場合と比べて着色が促進された。しかし、白色蛍光ランプを照射した場合には、熟度 1 の果実に対する照射で無被覆と比べて着色が顕著に促進され、他の果実熟度では被覆の影響は認められなかった。一方、食肉展示用蛍光ランプの場合には、着色初期の果実でUVカットフィルムによる被覆で着色が抑えられたものの、着色が進むと被覆による影響はみられなくなった。

## 考 察

UVはその波長域によりUV-A、UV-BおよびUV-Cに分類され、それぞれの領域で生物に対するUV作用が異なるが、生育中のイチゴ果実の着色には360nm付近のUVの関与していることが吉村<sup>8)</sup>により明らかにされている。これまでに、筆者らは放射するUV領域が異なる3種類のUV蛍光ランプを収穫後のイチゴ果実に照射し、UV-BおよびCは着色進行を阻害すること、UV-A領域のUVを放射するブラックライト蛍光ランプの照射が着色を開始した収穫後のイチゴ果実着色促進に有効であることを明らかにした。また、その場合、品種によっては、処理果実の熟度にかかわらず着色促進効果が認められ、完熟時のアントシアニン含量よりも高くなることを示した<sup>1), 2)</sup>。他方、可視光に含まれる赤色光照射が園芸作物のアントシアニン合成誘導に有効であることが明らかにされている<sup>3), 4)</sup>。そこで、市販蛍光ランプの中から赤色光を多く放射するランプを選定し、ブラックライト蛍光ランプによるイチゴ果実の着色促進効果と比較することとした。その結果、熟度1および2の果実では、いずれの供試蛍光ランプによっても着色が促進されることが明らかとなった。また、熟度3および4の‘とよのか’果実では、前報<sup>2)</sup>と同様にブラックライト蛍光ランプ照射で処理効果が認められなかったものの、白色蛍光ランプおよび食肉展示用蛍光ランプでは果実着色の促進される傾向が認められた。

ところで、UVカットフィルムは紫外線の影響を軽減するフィルムとして開発され、野菜生産現場においても広く利用されている。本フィルムは文字どおり、UVをほぼ完全にカットするが、他の領域の可視光線については波長域にかかわらず一律90%程度に光量を減ずる<sup>7)</sup>。そこで、蛍光ランプの照射によるイチゴ果実の着色促進効果とUVとの関係を明らかにするため、供試蛍光ランプから放射されるUVをUVカットフィルムにより遮断することで各蛍光ランプの放射光に含まれるUVと着色促進効果との関係を調べることにした。その結果、やや未熟な果実、とりわけ熟度1の果実に対する処理において、白色蛍光ランプと比べてブラックライト蛍光ランプおよび食肉展示用蛍光ランプの照射でアントシアニン含量が低くなることが認められた。また、ブラックライト蛍光ランプによる照射の場合には処理果実の熟度で反応が異なり、処理果実の熟度が進むとブラックライト蛍光ランプの作用は逆転し、被覆した果実において着色が促進され、UV照射により果実着色の阻害されていることが推察された。ブラックライト蛍光ランプの放射光には、Fig. 1に示した放射エネルギー分布にみられるように、主としてUV-Aが放射されるが、イチゴ果実の着色を阻害するUV-B領域のUVも含まれている。このため、熟度が進むと放射光に含まれるUV-Bによる着色阻害が起こっていることが推定された。しかし、その詳細を明らか

にするためには、さらに詳細な検討が必要である。また、食肉展示用蛍光ランプの場合、未熟な果実へのUVカット処理で着色促進効果が減少したことから、これらの熟度の果実においては主として蛍光ランプの放射光に含まれるUVにより着色促進効果が発現していると考えられた。また、食肉展示用蛍光ランプの放射UV強度から、イチゴ果実の着色促進に必要なUV強度は $0.14\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 程度であると推定された (Fig. 1の備考を参照)。一方、白色蛍光ランプの場合には、UVカットフィルムによるUVカットの効果はみられず、むしろ熟度1の果実で着色が顕著に促進されていることから、この熟度の果実における白色蛍光ランプによる着色促進には蛍光ランプの放射光に含まれるUVのかかわりは少なく、可視光に起因すると考えられた。また、食肉展示用蛍光ランプの場合の試験結果を踏まえると、赤色以外の波長域の光質もイチゴ果実の着色促進に関与していることが推察された。

本論文においては、蛍光ランプの照射により着色が促進された果実の糖度および食味についての試験結果がない。このため、イチゴ果実の蛍光ランプによる着色促進が果実熟度の促進によるのか、着色のみが促進されるのかについて明確に答えることはできない。しかし、UV-Aの照射を受けても果実硬度に影響を及ぼさないことは先に報告している<sup>2)</sup>。また、UV照射した果実の酸度や糖含量の測定、食味試験の予備試験結果からは、同程度の着色果実と比較し、UV照射により着色させた果実は硬く、糖含量が低く、食味に酸味が残る試験結果を得ている (未発表)。したがって、蛍光ランプの照射は果実の着色のみに作用していると考えられるが、今後、確認する必要がある。

本研究を通じて、ブラックライト蛍光ランプ以外の蛍光ランプの中にもイチゴ果実の着色促進に有効な蛍光ランプのあること、着色促進に有効なUV強度はそれほど多くを必要としないことが明らかとなった。また、可視光の中に着色促進作用を有する波長域のあることを明らかにすることができた。イチゴ果実は食味の点からできるだけ熟度を進ませて収穫することが望ましいが、輸送中の物理的な損傷を受け受けやすくなる。特に、収穫が高温暖期となる夏秋どりイチゴでは難しい。その点、蛍光ランプによる着色促進技術はやや未熟な硬い果実を収穫し、輸送することを可能にする。ただし、完熟時に酸味が残るため、生食用ではなく、加工用途に適用が限定される技術である。その場合、10℃程度の低温下での併用処理でも出庫後に効果が発現すること<sup>2)</sup>から収穫調整後の予冷との組み合わせ処理が想定される。また、加工利用時の着色の均一化・着色向上技術として適用することも考えられる。また、青果物に含まれるアントシアニンは食卓に彩りを添えるだけでなく、最近ではその生理機能が注目されている。本技術がアントシアニンを合成する赤ネギ、赤カブ、ナス、芽物野菜、リンゴ、サクランボなどの果実類、さらには花き類などの収穫後処理技

術の一つとしてこれら農産物の品質向上（着色および機能性向上）へと広く応用されることが期待される。

### 要 約

イチゴ果実の着色は供試した白色蛍光ランプ、食肉展示用蛍光ランプのいずれを照射しても着色し始めた果実の着色を促進した。その着色促進には、UVのみならず可視光線も関与していた。また、UVの作用は処理する果実熟度で大きく異なり、着色し始めた果実ではアントシアニン合成に促進的に作用し、着色が果実表面の1/2程度およびそれ以上に進むと抑制的に作用することが推察された。一方、イチゴ未熟果実の着色促進に有効なUV強度は供試した蛍光ランプのUV領域の総放射エネルギー量より、 $0.14\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 程度で十分と思われた。

**謝 辞** 本研究において供試した蛍光ランプの放射エネルギーのスペクトル分布は波長別光エネルギー分析装置によって測定したものである。機器を貸与していただいた農研機構・花き研究所のご厚意に感謝申し上げます。

### 文 献

- 1) HIGASHIO, H., HIROKANE, H., SATO, F., TOKUDA, S. and URAGAMI, A.: Effect of UV irradiation after the harvest on the content of flavonoid in vegetables, *Acta Hort.*, **672**, 1007~1012 (2005)
- 2) 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ランプ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，園学研，**8**，503~507 (2009)
- 3) YATSUHASHI, H., HASHIMOTO, T. and SHIMIZU, S.: Ultraviolet action spectrum for anthocyanin formation in bloom sorghum first internodes, *Plant Physiol.*, **70**, 735~741 (1982)
- 4) ARAKAWA, O., HORI, Y. and OGATA, R.: Relative effectiveness and interaction of ultraviolet-B, red and blue light in anthocyanin synthesis of apple fruit, *Physiol. Plant*, **64**, 323~327 (1985)
- 5) MAEGAWA, S., TERABUN, M. and NAKAMURA, N.: Effects of ultraviolet and visible light on flower pigmentation of 'Ehigasa' roses, *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **49**, 251~259 (1980)
- 6) 日本食品科学工学会：新・食品分析法（光琳，東京），新・食品分析法編集委員会編，5-9-3 アントシアニン，pp.653~656 (1996)
- 7) 大林 厚：新訂園芸用被覆資材（園芸情報センター，東京），（社）日本施設園芸協会・21世紀施設園芸研究会監修，1-1 被覆資材の種類と特性，pp.19~28 (2004)
- 8) 吉村昭信：イチゴ‘とよのか’の着色に及ぼす環境の影響（第1報）被覆資材の紫外線透過特性と果実の着色との関係，奈良農試研報，**26**，31~38 (1995)  
(平成22年9月6日受付，平成22年10月13日受理)