

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

吉村 昭信

Effect of Environment on Fruit Coloring of 'Toyonoka' Strawberry (1)

Relationship between Spectral Characteristic for Ultraviolet

Transmissivity of the Film and Fruit Coloring

Akinobu YOSHIMURA

Summary

Effects of the films with different transmissivity for the ultraviolet rays on the anthocyanin level and brix in the 'Toyonoka' strawberry were studied. Plants were grown in the greenhouse covered with the film which intercepted the radiation below 350nm, 370nm and 400nm, in addition to the normal film. Anthocyanin level of the fruits was the maximum when plants were grown under the normal film, and was decreased by the films reduced to under 350nm, 370nm and 400nm gradually. On the other hand, brix of the strawberry fruit did not differ as a result of the films used covering the greenhouse. Accordingly, only anthocyanin level was influenced quantitatively by the ultraviolet rays.

Both anthocyanin level and brix had seasonal variations. For the anthocyanin level, the variation did not correspond to the solar spectral energies. In relation to finding this fact, it was suggested that the production of the anthocyanin at the epidermis of the environment 'Toyonoka' strawberry was not controlled by only the ultraviolet rays, but also the other factors, for example the temperature of the fruits.

Key words : strawberry, anthocyanin, brix, ultraviolet rays

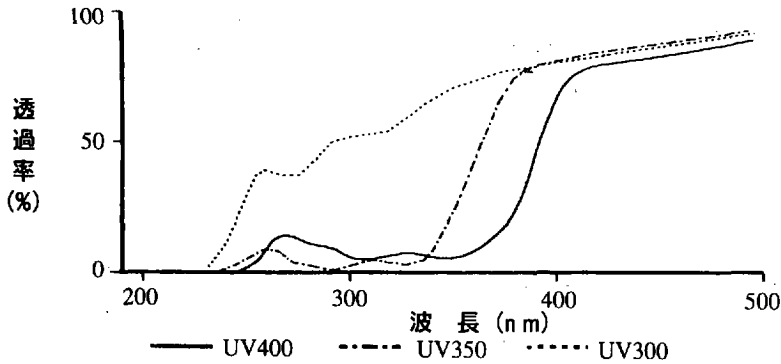
緒 言

イチゴ 'とよのか' は、奈良県下においても近年栽培面積が大幅に増加し、促成用品種の主流を占めるに至った。比較的大果系であり、果実の品質が優れていることから、以前の主力品種の '宝交早生' や、'とよのか' より早く普及が始まっていた '女峰' から急速に転換が進んだが、その一方で品種特性として、着色不良果の発生が品種の普及当初より問題とされてきた。そのため 'とよのか' の栽培ではいくつかの着色向上対策が示されている。その一つに、人為的に葉柄を立ちあげる '玉だし' という作業があり、基本作業となっている。

果実の着色と果実周囲の環境条件については、ブドウ¹⁴⁾、リンゴ¹⁾、ナス⁸⁾ やトマト¹³⁾ などで研究が行われており、果実の受光量と色素生成との関係が報告されて

いる。イチゴでは温度の影響が強いと言われる²⁾ が、光がイチゴの着色にどのような影響を及ぼすかは明らかではない。そのため 'とよのか' の '玉だし' 作業が果実表面に光を当てることを目的としているのか、あるいはその結果として果実温の上昇をねらっているのかは不明である。

農業用軟質フィルムは、紫外線吸収剤の添加により比較的自由に透過波長を変えられることができる。本研究では、試作された紫外域の光線透過性が異なるいくつかのフィルムを用いて 'とよのか' を栽培し、果実の着色に関する資料を得たので報告する。



第1図 実験1に供試した被覆資材の波長別透過特性 (記号の説明は本文参照)

Fig. 1. Spectral characteristics of covering materials used for test 1
(The mean of symbols are explained in the text)

材料及び方法

供試品種は‘とよのか’である。実験は本農業試験場内圃場において、1991年度及び1993年度に行った。

実験1. 紫外線が果実着色及び糖度の季節変動に及ぼす影響

供試した3種類のフィルムの、紫外域における光線透過特性を第1図に示した(測定:日立ダブルビーム分光光度計U-2000型)。

いずれも厚さ0.075mmであり、以下本文においては300nm以上の紫外線を透過するフィルムをUV300、350nm以下の紫外線を透過しないフィルムをUV350、紫外線を透過しないフィルムをUV400と呼ぶことにする。実験に使用したハウスは幅2.5m、長さ4m、高さ1.8mである。各フィルムについて1棟を被覆し、反復は行ななかった。本実験ではUV350の製造が遅れたために、フィルム被覆を始めた1991年10月20日の時点では、3棟同一のポリオレフィン系特殊フィルムを使用し、11月28日から処理を開始した。

苗は1991年7月1日に鉢上げし、液肥OK-F-1で育成したものを9月20日に定植した。栽植方式はうね幅110cm、株間20cm、条間25cmの2条千鳥植えとした。施肥は化成肥料IB-S1号を用いて10aあたり窒素8kgを基肥として施用し、追肥は液肥OK-F-1を適宜与えた。

交配は数日ごとに毛筆を用いて手作業で行った。

収穫はUV300区における果実の着色程度を基準とし、UV350区、UV400区においては、遠観で最も着色が進んでいると思われた果実について各区数果から10果程度調

査を行った。過熟果は調査から除外した。

調査項目は、第一花房ならびに第二花房の開花日、果実糖度及び果実表皮のアントシアニン量である。開花日は、各区20個体について各花房の第一花開花日の平均を求めた。糖度は、果実高1/2で切断し、先端部と基部を押しつぶして採取した果汁のBrix示度を測定した。アントシアニン量の測定は、前川⁶⁾の方法に従った。すなわち、コルクボーラーを用いて果実赤道面上の表層から直径13.8mm、厚さ約1mmの円形切片を1片切り取り、1%塩酸メタノール10mlで1昼夜暗黒下で抽出後、この抽出液における508nmの吸光度をアントシアニン量とした。

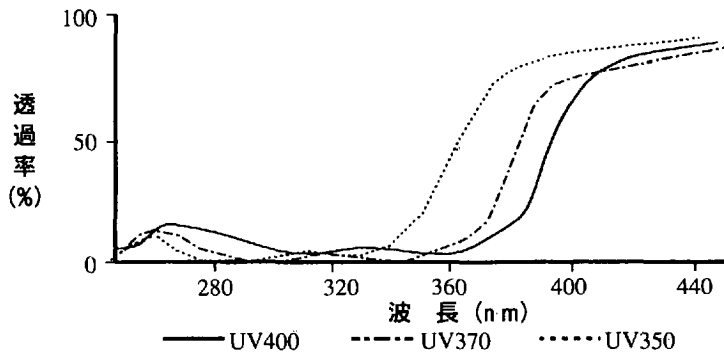
実験2. 交配時期と紫外線が着色に与える影響

供試したフィルムの紫外線透過特性を第2図に示した。以下実験1と同様に透過特性によってUV350、UV370、UV400と呼ぶ。使用したハウスは実験1と同じものである。

苗は1993年7月1日に鉢上げしたものを液肥OK-F-1で育成し、9月24日に定植した。栽植方式及び施肥方法は実験1に準じた。マルチングは10月15日、ハウス被覆による処理開始は10月22日である。

交配日と収穫・試料調整日との関係は第1表に示したとおりである。交配は毛筆を用い、交配した花には、交配日を記入したラベルを1花ずつとりつけた。

調査項目は果実表皮のアントシアニン量であり、その抽出は実験1の方法に準じた。



第2図 実験2に供試した被覆資材の波長別透過特性 (記号の説明は本文参照)

Fig. 2. Spectral characteristics of covering materials used for test 2
(The mean of symbols are explained in the text)

第1表 実験2における 'とよのか' の交配から収穫・試料調整までの期間の組み合わせ

Table 1. Combination of the period from the artificial pollination to the harvest and preparation in test 2

試験区名	交配日	収穫・調整日	測定日	期間
1.7調査区	1993.11.14	1994.1.6	1994.1.7	53日
	11.16			51日
	11.19			48日
1.14調査区	1993.11.16	1994.1.13	1994.1.14	58日
	11.19			55日
	11.22			52日
1.21調査区	1993.11.19	1994.1.20	1994.1.21	62日
	11.22			59日
	11.25			56日

結 果

実験1. 紫外線が果実着色及び

糖度の季節変動に及ぼす影響

処理区別の開花日を第2表に示した。UV350区の第一花房第一花開花日はUV300区よりも4日、UV400区よりも5日遅れた。一方、第二花房第一花開花日を見ると、UV400区においてUV300区に比べて5日、UV350区に比べて6日早まった。さらに第一花房開花日から第二花房開花日までの期間を比較すると、紫外線を除去しているUV350区とUV400区は紫外線が入射するUV300区よりも3~4日短かった。

次に、第3図にイチゴ果実表層のアントシアニン量の1月下旬から5月までの変化を示した。UV300区では、1月21日には0.923で最大値を示したが、その後低下して

3月4日には0.503で最小値となった後、再び増加した。UV350とUV400区においても同様の傾向を示した。また、2月6日をのぞいたすべての調査において、UV300区が最もアントシアニン量が多く、UV350、UV400区の順に減少した。

第4図に糖度の季節的变化を示した。UV300、UV350、UV400区のいずれの区においても、2月24日調査においてそれぞれ9.5、9.7、10.1と最高値を示し、その後低下して、4月14日調査時点でそれぞれ7.8、7.2、7.9と最低値となった。しかし試験区間には明らかな傾向は認められなかった。

実験2. 交配時期と紫外線が着色に与える影響

紫外線透過性が異なるフィルムで被覆したハウスで栽培した 'とよのか' のアントシアニン量の推移について、

成熟日数を変えた場合の結果を第5図に表した。1月7日では、成熟日数48日の場合、UV350区が0.508、UV370区が0.268、UV400区が0.147であった。その後いずれの処理区でもアントシアニン量は増加し、成熟日数51日にはそれぞれ0.805、0.700、0.471、同53日には0.985、0.831、0.744となった。1月7日では常にUV350区が最も着色が良く、次いでUV370区であり、UV400区は最もアントシアニン生成量が少なかった。ここでもフィルムの紫外線透過特性と着色との間に実験1と同様に、より短い波長の紫外線を透過するフィルムを用いるほど果実の着色が良くなるという傾向が明らかに認められた。

ところが1月14日では、成熟日数52日においてUV370区が0.287と最もアントシアニン量が多く、一方同58日では0.634と他の2区より低くなり、フィルムの紫外線透過特性と着色との間に明瞭な関係を見いだせなかった。また処理区間におけるアントシアニン量の差が、1月7日と比較して明らかに減少していた。

さらに1月21日では、UV400区は成熟日数56日の0.147から同62日に0.444へやや増加したが、UV350区とUV370区においては、成熟日数56日から62日の間でアントシアニン量にほとんど変化がみられなかった。

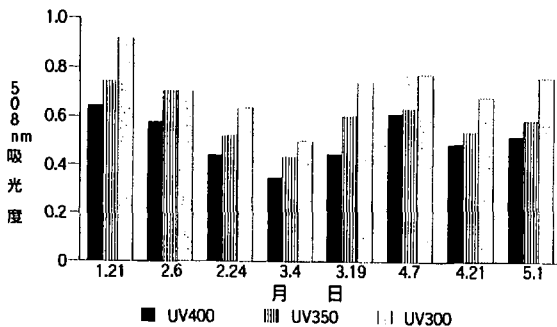
考 察

紫外線が植物の生育に作用することは良く知られている⁴⁾。実験1では、イチゴの開花に関して、紫外線が影響を及ぼすことが示唆された。

第一花房、第二花房共に第一花開花日は処理区間で異なっていたが、前述したように本実験では被覆処理開始が11月末と遅いことから、第一花房開花日の処理区間の差については、フィルムの紫外線透過特性の影響ではないと思われる。しかし紫外線を除去した区の方が、第一花房開花から第二花房開花までの期間が短縮される傾向

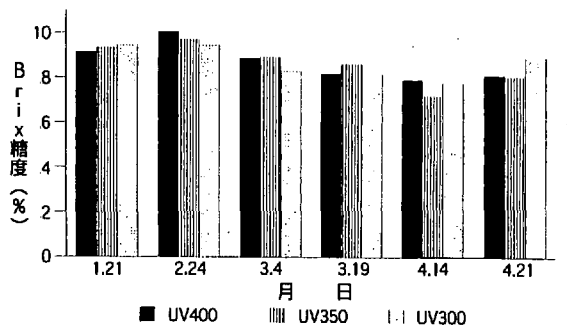
第2表 紫外線透過特性の異なるフィルムを用いて栽培された‘とよのか’の開花日
Table 2. Flowering date of the strawberry ‘Toyonoka’ covered with the films which have different characteristics for the transmissivity of the ultraviolet rays

項目	uv300	uv350	uv400
第一花房第一花開花日	10/27	10/31	10/26
第二花房第一花開花日	12/21	12/22	12/16
第一花房と第二花房の開花日の差	5 5日	5 2日	5 1日



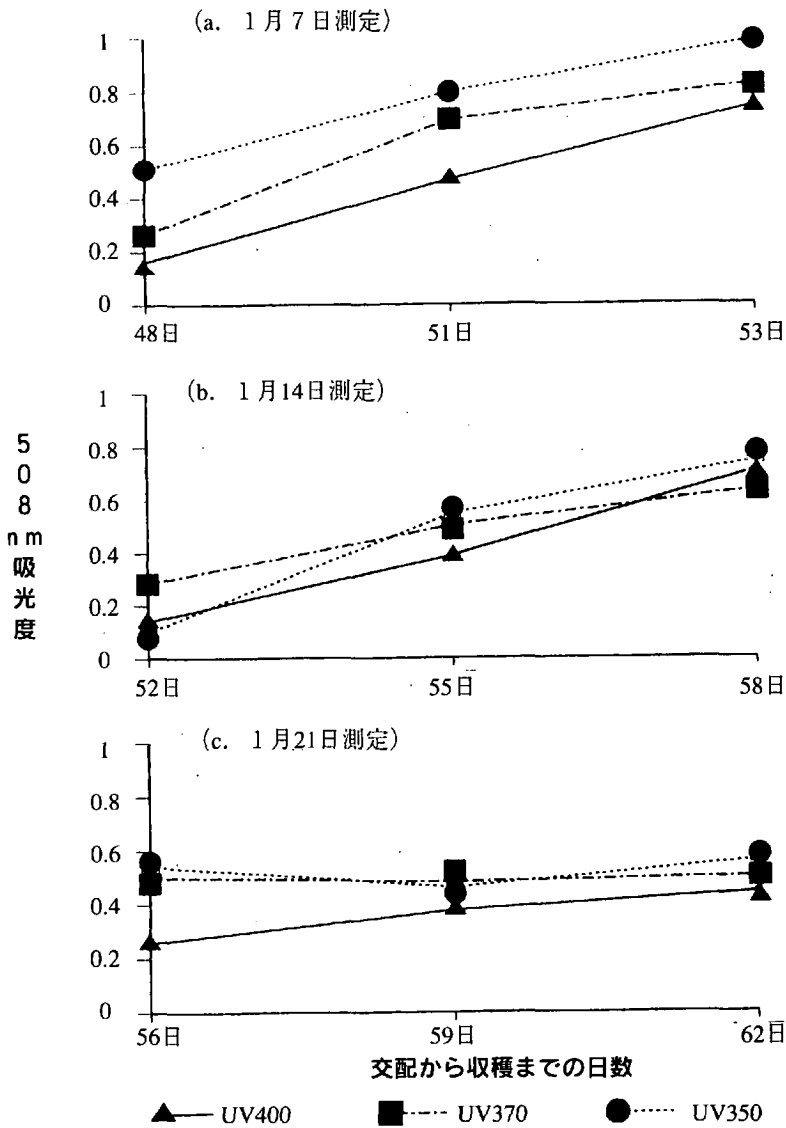
第3図 紫外線透過特性が異なるフィルムで被覆した‘とよのか’のアントシアニン量の変化

Fig.3. Seasonal variation of anthocyanin level in the fruits of ‘Toyonoka’ covered with the films that have different transmissivity for ultraviolet rays



第4図 紫外線透過特性が異なるフィルムで被覆した‘とよのか’のBrix糖度の変化

Fig.4. Seasonal variation of brix in the fruits of ‘Toyonoka’ covered with the films that have different transmissivity for ultraviolet rays



第5図 交配から収穫までの日数が紫外線透過性の異なるフィルムで被覆した‘とよのか’の着色に及ぼす影響
 Fig.5. Effects of period from the pollination to the harvest on anthocyanin level in ‘Toyonoka’ covered with the films showed Fig.2.

が認められた。

したがって、紫外線除去によってイチゴの生育が促進されたことが予想されるが、開花の早晩は花芽分化期とその後の発育速度によって決まり、紫外線がどの段階にどの程度の作用を及ぼしたのかは明らかではない。

第3図から明らかなように、いずれの調査時期でも紫外線を透過するUV300区が最もアントシアニン量が多く、次いでUV350区であり、紫外線を透過しないUV400区は常に紫外線を透過する場合より少なかった。これらのことから、紫外線によってイチゴの着色が促進されることが明らかに認められた。さらに各調査日ごとに処理区間を比較すると、たとえば1月21日調査におけるUV350区の値0.747は、UV300区の0.923とUV400区の0.644の間の約37%となる。同様にして比較すると、2月24日調査では約42%、3月19日調査では約53%を示しており、2月6日調査をのぞいてUV350区はUV300区とUV400区の中間的な値を示した。さらにフィルムを透過する紫外線の波長を限定した実験2においても、1月7日調査時点では交配後の日数に関わらず、より短い波長の紫外線を透過する場合にアントシアニン量が増加する傾向が明らかに認められた。これらのことから‘とよのか’の着色には紫外線が量的に作用を及ぼしていることが考えられる。

果実表皮のアントシアニン量が、果実の受光量の増大に伴って増加するという現象は、リンゴやナスで報告されている^{1) 8)}。中でもリンゴでは、特定波長の光とアントシアニン生成との関係が明らかにされている。前川⁷⁾は‘とよのか’のアントシアニン生成には、紫外線のエネルギー量が大きく関わっていることを報告した。本実験では、特に紫外線の波長に注目して‘とよのか’のアントシアニン生成との関わりを明らかにしようとしたが、370nm以下の光を波長に関して段階的に除去することによって、アントシアニン量も段階的に変化した。すなわち、アントシアニン生成に特異的な作用を及ぼす波長があるのではなく、果実の紫外線の受光量がアントシアニン量を決定していることが示唆された。

‘とよのか’は、他に比べてアントシアニン量が少ない品種の一つであることが報告されており⁶⁾、‘とよのか’生産上アントシアニン生成を阻害する要因はできる限り排除すべきである。今回の実験結果から、果実着色に関して紫外線の重要性が明らかにされた。施設内に入射する紫外線量を増加させる方法としてまず考えられるのは、施設の被覆に用いるフィルムの紫外線透過性を向上させることである。市販外張りフィルムの中には汎用農業用塩化ビニールフィルムのように紫外線透過性が劣る

種類の物がみられるため、そのようなフィルムは‘とよのか’栽培では使用を避けるべきである。また余り注意が払われないのが、内張りフィルムの汚れや流動性能の低下による光線透過量の減少である。生産現場においては内張りフィルムを数年用いることがあるが、それは好ましいことではない。

糖含量に関して西村ら¹⁰⁾は、‘女峰’において収穫時期による変化が大きく、3月に比べて1、2月で高いことを報告しており、本実験の結果と一致している。

しかし糖度に関しては、全期間においてアントシアニン量がフィルムの紫外線透過性が劣化するのに伴って減少するような一定の傾向は認められなかった。ブドウ果実では、果房の遮光によって糖度が減少することが知られているが、その際の遮光率は40~60%以上であり、かなり光量を減らさないと糖度には影響を与えないことが報告されている⁹⁾。本実験の結果から、紫外線は‘とよのか’の糖度には影響を及ぼさないものと考えられた。アントシアニン量と糖度の結果を考えあわせると、‘とよのか’では果実が日陰に放置されるといった受光量の少ない場合に生じる着色の不良に関わらず糖度に差が現れない、つまり着色の程度が糖度の指標にはならないと言うことができる。

実験1では、アントシアニン量は1月から3月上旬にかけて次第に低下し、3月に最低となった後、再び増加する傾向が認められた。さらにこの季節的な変動は、フィルムの紫外線透過特性の違いに関わらず同様に認められた。

‘とよのか’の着色は、催色期から成熟期までの期間が有効積算温度で約80℃日であるとされ¹²⁾、これは冬期のハウス内の気温で5~6日に相当する。また、果実着色には着色開始後の環境の影響が大きいことが報告されている⁵⁾。実験1において着色が低下するのは1月21日調査開始後から3月4日調査までである。6日間の着色期間を推定しても、1月中旬から2月末までの環境条件に影響を受けたものと考えて良い。この期間においては、地上に達する太陽放射は増加傾向にあり¹¹⁾、紫外線に関しても同様に増加を始めている。したがって第3図にみられる着色の季節的な変動は太陽放射に含まれる紫外線強度に起因しているのではなく、他の要因が作用しているものと考えられる。

さらに実験2においては、第1回目の調査から第3回目の調査までに2週間しか経過しておらず、その間のハウス内外の紫外線強度にはほとんど変化がなかったと考えられる。したがってハウス内のイチゴ果実が受光する紫外線量に関して、フィルム特性による差異の他には

時間的な変動はなかったと思われる。にもかかわらず調査が後になるほどフィルムの紫外線透過特性とアントシアニン量の間にはっきりとした傾向が失われていく。これらのことから、‘とよのか’のアントシアニン生成には紫外線だけではなく、別の要因が働いていることが推察される。

これまでに‘とよのか’の着色には、光よりも温度の方がより強い支配を及ぼすことが報告されている^{2) 3) 5)}。本試験においては、実験1および実験2ともアントシアニン生成に関してフィルムの紫外線透過性だけでは説明ができない現象を観察した。そのことが直ちに着色と温度との関連を示唆するものではないが、今後は紫外線と温度の交互作用を明らかにする必要がある。

摘 要

紫外線の透過特性が異なるフィルムを用いたハウス内で‘とよのか’を栽培し、果実の着色指標としてのアントシアニン量及び糖度との関係を検討した。

1. アントシアニン量は1月から低下して、3月上旬に最低になった後再び増加するという季節の変動を示した。
2. 紫外線透過特性が異なるフィルム別では、季節の変動にも関わらず常に最も紫外線を透過する区が最も着色が良く、次いで350nm以上を透過する区で、紫外線不透過区は最も悪かった。
3. 糖度にもアントシアニン量と同様の季節的な変動がみられたが、フィルムの紫外線透過性との間に関係は認められなかった。
4. さらにフィルムの紫外線透過特性を変えてアントシアニン量を測定すると、370nm以上を透過した場合、350nm以上を透過する区と不透過区の中間の値を示した。したがって‘とよのか’の着色には紫外線は量的に作用すると考えられた。
5. 1月から3月にかけてアントシアニン量が減少することは紫外線だけでは説明できないため、温度との関係も示唆された。

謝 辞

本実験に用いた各種の紫外線除去フィルムは、住友化学工業株式会社の協力で試作していただいたものであ

り、フィルム作成にご尽力いただいた同社機能開発研究所中西美都子氏に感謝の意を表します。

引用文献

- 1 荒川 修 1990. リンゴ果実のアントシアニン生成 (1) 農及園 65:246-250
- 2 伏原 肇・室岡正敏 1986. 促成イチゴの着色不良果発生に関する研究(第1報) 果実の着色に及ぼす温度の影響 園学要旨 昭61秋:226-227
- 3 ——・高尾宗明 1991. 促成イチゴの着色不良果発生に関する研究(第2報) 着色不良果の発生に及ぼす環境条件の影響 福岡農試研報 B-11:1-4
- 4 稲田勝美 1984. 光と植物生育 養賢堂 308-310
- 5 高野 浩・常松定信 1992. イチゴ‘とよのか’の果実着色促進に関する研究(第1報) 果実着色における温度と光の強さの影響 園学雑 61別2:446-447
- 6 前川寛之 1992. イチゴ品種“とよのか”の着色に関する研究(第1報) 着色特性の品種間差異および“とよのか”の果実成熟に伴う着色様相の変化 奈良農試研報 23:13-20
- 7 —— 一. イチゴ品種“とよのか”の着色に関する研究(第2報) 果実日裏面の受光程度および受光波長分布と着色の関係 奈良農試研報 23:21-26
- 8 松丸好次・上浜龍雄 1971. 光質及び光の強度がナスの果色におよぼす影響 埼玉園試研報 2:1-11
- 9 内藤隆次 1965. ブドウ果実の着色に関する研究(第5報) 黒色種および赤色種の果色ならびに色素含量に及ぼす光度の影響 園学雑 33:213-220
- 10 西村仁一・吉岡 宏・花田俊雄 1992. イチゴ果実の色調と硬さに及ぼす夜温・光の影響 園学雑 61別2:450-451
- 11 SAKURATANI, T. 1986. Diurnal and Seasonal Changes in Solar Spectral Radiation at Kannondai, Tsukuba Bull. Natl. Inst. Agro-Environ. Sci., 1:37-50
- 12 佐藤 裕・山川 理・本多藤雄 1986. イチゴ果実成熟過程における品質の品種間差異 野菜試報 C9:23-30
- 13 高橋敏秋・中山昌明 1959. トマト果実の着色に関する研究(第3報) 果実の色素含量に及ぼす光線の影響について 園学雑 28:165-169
- 14 苔名 孝・宇都宮直樹・片岡郁雄 1979. 樹上果実の成熟に及ぼす温度環境の影響(第2報) ブドウ‘巨峰’果実の着色に及ぼす樹体及び果実の環境温度の影響 園学雑 48:261-266