

紫外線除去フィルムがハウス栽培のマンゴー 'アーウィン' 果実の着色に及ぼす影響

佐々木勝昭・宇都宮直樹^{1*}

近畿大学附属農場 643-0004 和歌山県湯浅町

¹近畿大学農学部 631-8505 奈良市中町

Coloration of 'Irwin' Mango Fruit Affected by Ultra Violet Cut-off Film under Plastic House Conditions

Katuaki Sasaki and Naoki Utsunomiya^{1*}

Experimental Farm of Kinki University, Yuasa, Wakayama 643-0004

¹Faculty of Agriculture, Kinki University, Naka-machi, Nara 631-8505

Summary

The effect of ultraviolet cut-off film on the coloration of fruits was investigated to clarify the role of ultraviolet rays on red coloration in 'Irwin' mango. One group of the fruits was bagged with transparent ultraviolet cut-off film and another group of fruits was exposed to natural light on the trees grown in a plastic house.

The film cut off 310-400 nm rays and greatly reduced the dose of 220-300 nm and 360-480 nm rays. When fruits were exposed to high light intensity, bagging did not affect the coloration of fruits. High light intensity, more than 10,000 lx, increased the degree of red coloration compared with that under low light intensity in both bagged and control fruits. Definite occurrence of red coloration made the fruit skin more vivid. Bagging decreased the total soluble solids in the juice of ripened fruit.

These results indicate that ultraviolet ray is not necessary for red coloration of 'Irwin' mango fruit, and the coloration of fruit may be improved with high light intensity

キーワード 着色, 光度, マンゴー果実, 紫外線

緒言

わが国ではマンゴーの導入栽培が行われるようになり、沖縄、鹿児島、宮崎県などの西南暖地において栽培が広まりつつある。これらの地域で栽培されている主要品種は 'アーウィン' で、着果安定や冬季の低温回避を目的として、ほとんどがハウス内で栽培されている。しかしながら、わが国ではマンゴー栽培の歴史が浅いため、着果を安定させたり、果実の商品価値を高めるような栽培技術が十分に確立されていない。

'アーウィン' マンゴーの果実は、カロテノイドの黄色を地色として、その上にアントシアニンを形成して赤色を発現させる。赤色発現の程度は果実の大きさとともに市場価値を決定づける大きな要因となっている。果実が赤く着色したものは市場価値が高いため、赤色発現を促進させるような栽培管理技術が望まれる。しかし、世界におけるマンゴーの主要な優良品種は黄色果実であるた

め、赤色発現に関する研究は極めて数少ない。わずかに袋掛けが 'アーウィン' 果実の赤色発現を抑制する (Utsunomiya ら, 1996)、黄色品種である 'ケンジントン' 果実では太陽光が当たる部分にピンク色が発現する (Shaffer ら, 1994) などの報告があるにすぎない。これらはマンゴー果実の赤色発現に光が関与していることを示唆している。実際、'アーウィン' のハウス栽培では樹冠内に着生した果実はほとんど赤色が発現しないまま成熟する現象が観察されている。

マンゴー果実における赤色発現はアントシアニンの形成によるものである。アントシアニンの形成には光の影響が強く (Mancinelli, 1985; Downs ら, 1965)、とくに、リンゴでは紫外線によってその形成が促進されることが報告されている (Chalmers ら, 1977, Arakawa ら, 1985; 荒川, 1988)。Utsunomiya ら (1996) は 'アーウィン' マンゴーの果皮にはリンゴの果皮で生成されるアントシアニンと類似した成分を含んでいることを示唆している。これらのことからマンゴー果実の赤色発現には紫外線が関与していることが考えられる。しかし、わが国のマンゴーはハウス栽培されており、ハウスの被覆資材の種類によっては紫外線を遮るものがあることから、マン

2001年11月28日 受付, 2002年7月25日 受理.

本研究は平成13年度園芸学会近畿支部奈良大会において発表した。

*Corresponding author.

ゴー果実の赤色発現に紫外線が必要であれば、果実の商品価値を高めるためには紫外線をよく透過させる被覆資材を選択しなければならない。本研究では、'アーウィン' マンゴーにおいて、生育期間中の果実における紫外線カットフィルムの被覆が追熟後の果実の着色に及ぼす影響を調査し、紫外線が出荷前の果実の赤色発現に必要なかどうかを検討した。

材料および方法

本研究は近畿大学附属農場(和歌山県湯浅町)のハウス内に栽植されている10~12年生'アーウィン'マンゴー樹(台木は台湾在来種)を用いておこなった。なお、ハウスの被覆資材はポリエステル(商品名・シックスライト)であった。

実験1. 1998年6月16日に、栽植されている100樹から日照条件がほぼ等しい6樹を無作為に選び、それらにおいてほぼ均一に光が当たっている発育途中の緑色果実を20個選んだ。これらのうち10個の果実には紫外線除去フィルムを被覆し(フィルム被覆区)、残りの果実は被覆を行わない対照区とした。両区ともすべての果実において光が最もよく当たっている周辺部の照度、紫外線量、温度を測定した。照度はデジタル照度計(ミノルタ, T-1M)を用いて、紫外線量は紫外線強度計(ミノルタ, UM-10)を用いて220~300 nm, 310~400 nm および360~480 nmの波長について測定した。温度の測定にはサーモメーター(佐藤計量器, SK90TRH)を用いた。これらの測定は快晴日であった7月16日, 22日, 28日, および8月1日に行った。

果実は果梗部付近が紫色から赤色に変化した時点で収穫し、25℃下で2~3日追熟させた。追熟した果実において色差計(ミノルタ, CR-300)を用いて、果梗部、赤道部および果頂部のそれぞれの果皮についてL, a, b値を測定した。測定後はそれぞれの地点において果皮より約3 mm内側から内果皮に至るまでの果肉を取り出し、その果汁中の可溶性固形物含量を屈折糖度計で測定した。

実験2: 1999年7月15日に、日照条件のほぼ等しい3樹を選び、10 klx以上(強光)とそれ以下(弱光)の光が当たっていた緑色果実を、それぞれ28個選んだ。それらのうちの14個には紫外線除去フィルムを被覆したフィルム被覆区、残りの果実は対照区とした。実験1と同様に、すべての果実において光が最もよく当たっている果実周

辺部の照度、紫外線量、温度を測定した。実験1と同様に成熟した果実を収穫し、追熟させたのちに果梗部、赤道部、果頂部における果皮の着色の程度を色差計で測定し、さらに、それらの部位における果汁中の可溶性固形物含量を測定した。なお、収穫果実は対照区では強光下と弱光下の果実がそれぞれ7個ずつであり、フィルム被覆区では強光下の果実が6個、弱光下の果実が8個であった。これらの調査項目の平均値は一元配置によるF検定を行い、ダンカン多重検定法により有意差を検定した。

結果

実験1. 本実験に用いたフィルムは波長360~480 nmの光をほとんど吸収し、さらに波長220~300 nm および360~480 nmの紫外光部の透過を著しく抑制した(第1表)。フィルム被覆区では対照区に比べてやや照度が少なくなった。フィルム内の温度はハウス内の温度に比べて、約2℃ほど高くなった。

両区における果実の着色の程度は第2表に示すとおりである。両区の果実ともa値は果梗部で最も高くなり、ついで赤道部、果頂部の順になったが、いずれの部位においてもフィルム被覆区と対照区との間にa値の差がほとんど見られなかった。b値においてもフィルム被覆処理の影響は見られなかった。L値も両区で差がなかった。追熟果実の果汁中の可溶性固形物含量はいずれの部位においてもフィルム被覆区に比べて対照区で高くなった(第3表)。

実験2: フィルム被覆区および対照区における光条件は第1図に示すとおりで、紫外線の透過量については実験1における測定結果とほぼ同様であった。また、フィルム

第1表 果実周辺部の照度, 紫外線量, 温度

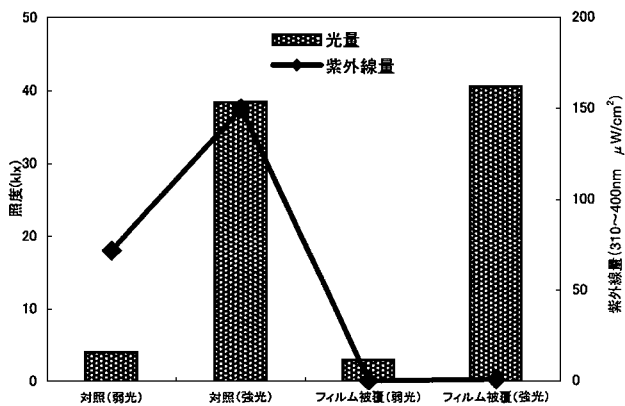
処理区	照度 (Klx)	紫外線量 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)			温度 (°C)
		220~300nm	310~400nm	360~480nm	
フィルム被覆	19.0	37.1	2.3	577.1	36.1
無処理	23.8	61.7	134.2	1760.9	34.7

第3表 追熟果実の果汁中の可溶性固形物含有率に及ぼす紫外線除去フィルム被覆の影響

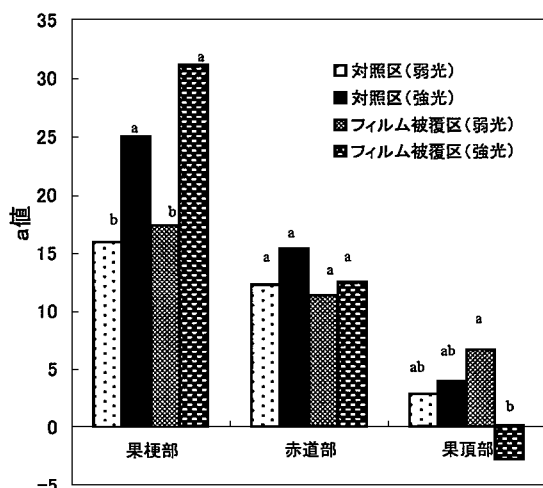
処理区	果梗部	赤道部	果頂部
フィルム被覆	14.3±1.5	13.6±2.0	13.9±2.3
無処理	16.5±2.4	16.4±1.4	16.3±1.5

第2表 追熟果実における果皮の着色程度に及ぼす紫外線除去フィルム被覆の影響

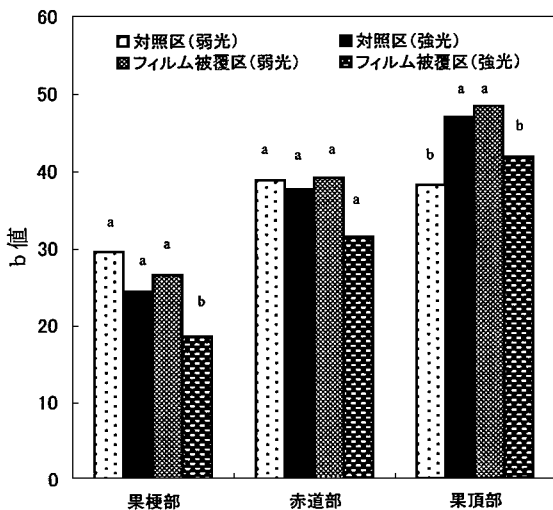
処理区	a 値			b 値			L 値		
	果梗部	赤道部	果頂部	果梗部	赤道部	果頂部	果梗部	赤道部	果頂部
フィルム被覆	30.7±5.2	13.4±5.5	-4.1±6.9	23.7±9.5	37.5±7.2	38.4±7.3	49.3±7.7	55.1±4.3	52.5±3.7
無処理	33.1±4.2	17.5±5.5	-3.5±5.1	20.3±8.3	42.0±6.9	42.4±5.1	40.4±5.3	54.7±3.6	52.5±4.8



第1図 果実周辺部の照度と紫外線量



第2図 果皮の赤色発現 (a値) に及ぼす光の影響
図中における異なるアルファベットは各部位において5%レベルでの有意差を表す



第3図 果皮の黄色発現 (b値) に及ぼす光の影響
図中における異なるアルファベットは各部位において5%レベルでの有意差を表す

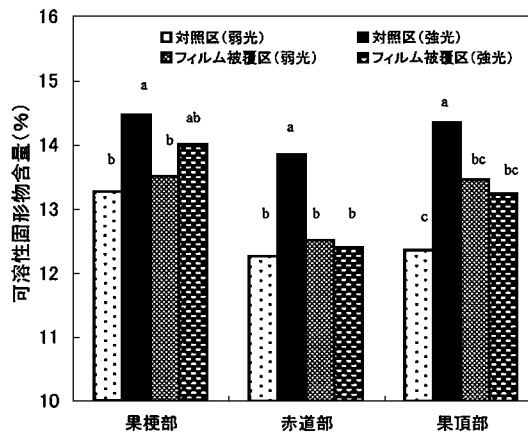
内の温度もハウス内の温度に比べ2~3℃高くなった。

果梗部ではフィルム被覆区、対照区ともに弱光下に比べて強光下でa値が高くなったが、フィルム被覆の影響は現れなかった(第2図)。赤道部においても強光下でa値が高くなる傾向が見られたが、処理間で差はみられなかった。果頂部のa値に及ぼすフィルム被覆と照度の影響は一定でなかった。フィルム被覆強光下では果頂部は緑色が残り、a値はマイナスになった。

b値は果頂部で最も大きくなり、果梗部で最も小さくなった(第3図)。果梗部のb値はフィルム被覆強光下で小さくなり、果頂部では対照区弱光下とフィルム被覆区強光下で小さくなった。赤道部ではb値に差が見られなかった。L値は照度とフィルム被覆の影響を受けなかった(データ示さず)。対照区の強光下では、いずれの部位においても可溶性固形物含量が他の処理区に比べて高くなったか、特に、赤道部と果頂部においてそれが顕著であった(第4図)。フィルム被覆区では照度は可溶性固形物含量に影響を及ぼさなかった。

考 察

本研究では、実験1, 2において紫外線除去フィルムは‘アーウィン’マンゴー果実の赤色発現に影響を及ぼさなかった。さらに、果皮の明度や地色である黄色にも影響を及ぼさなかった。リンゴの‘ふじ’や‘スターキングデリシャス’では紫外線除去フィルムで果実を被覆すると赤色発現が抑制されることが報告されている(久保ら, 1988)が、本実験では‘アーウィン’マンゴー果実ではそのような現象は起こらなかった。この結果はマンゴー果実の赤色発現に紫外線はあまり関与しておらず、アントシアニン組成がリンゴとは異なることを示唆している。さらに、紫外線除去フィルムは果皮における黄色の発現や明度にも影響を及ぼさなかった。しかしながら、本研究で用いた紫外線除去フィルムは360nmの波長を特異的に吸収する特性を持っており、240nmと400nmの波長



第4図 果汁中の可溶性固形物含量に及ぼす光の影響
図中における異なるアルファベットは各部位において5%レベルでの有意差を表す

の紫外線は吸収を抑制するものの、完全にそれらの透過を遮るものではなかった。この紫外線の波長が着色に及ぼす影響についてはさらに検討を加えるべきである。

実験2では照度が強いと赤色発現が良好になった。さらに、Utsunomiyaら(1996)はマンゴー果実への袋掛けが赤色発現を抑制することを報告している。これらのことから、マンゴー果実のアントシアニン形成には照度が関係していることが示唆された。本研究では弱光下においても赤色はある程度発現しており、強光によりアントシアニン形成がより促進されることが明らかとなった。このような照度の効果は最も赤色発現の顕著な果梗部に限られており、赤道部や果頂部の赤色発現には光はほとんど影響を及ぼさなかった。赤道部では赤色発現が果梗部に比べて弱くなり、いずれの光条件下でも果皮色の鮮やかさが少なくなった。果頂部では赤色の発現がさらに弱まり、時には緑色が残ったままであった。しかしながら、強光下の果実では果梗部のアントシアニン形成が促進されるため、果頂部においてわずかに残った緑色との対比が強まり、色調が鮮やかになった。このような果実は消費者に対するアピール性が強くなり、市場性が高くなると考えられた。

強光は果汁中の糖含量を増加させたが、紫外線除去フィルムを被覆するとその効果はなくなった。この結果は紫外線が果実の糖含量に影響を及ぼし、糖含量を高めるためには紫外線が必要であることを示唆している。しかしながら、フィルムを被覆すると果実周辺部の温度は外気温より2~3℃高くなり、果実温が高くなったことが想像された。ブドウやウンシュウミカンでは果実温の上昇によって果実中の糖含量が低下する(苫名ら, 1979; 宇都宮ら, 1982)。マンゴーにおいても同様な現象が起こったことも考えられ、果実温度についての検討が必要と思われる。

本研究における結果から、マンゴー果実の赤色発現に紫外線はそれほど関与せず、光の強さが重要であることが示された。このことからマンゴーのハウス栽培において果実の着色を鮮やかにするためには必ずしも紫外線を透過させる被覆資材を用いる必要がないことが示唆された。果実の着色を良好にし、その市場性を高めるためには、光透過性の良い被覆資材を用い、果実に強い光が当たるような栽培管理をすることが必要と考えられた。

摘 要

ハウス栽培されている10~12年生‘アーウィン’マンゴー樹において、果実の赤色発現に紫外線が必要であるかどうかを確かめるために、肥大生長期の果実に紫外線除去フィルムを被覆し、収穫後の着色に及ぼす影響を調査した。

実験に用いられたフィルムは310~400 nm紫外光部をほとんど遮断し、220~300 nmおよび360~480 nmの光

域においても透過量を著しく減少させた。しかしながら、同程度の可視光線量下では、このフィルムによる被覆は果実の着色にほとんど影響を及ぼさなかった。果実は照度が高くなると、紫外線量とは関係なく、果梗部の赤色発現が良好になり、果皮全体の色調が優れた。フィルムを被覆した果実では対照区に比べて果汁中の可溶性固形物含量が低下した。

以上の結果から、ハウス栽培している‘アーウィン’マンゴー樹では、収穫後の果実における赤色発現には紫外線は必ずしも必要でなく、強光が果実の赤色発現を促すことが示唆された。

引用文献

- 荒川 修. 1988. リンゴ数品種の着色特性 袋掛け及び光質の違いが成熟段階におけるアントシアニン生成の変化に及ぼす影響. 園学雑. 57: 373-380.
- Arakawa, O., Y. Hori and R. Ogata. 1985. Relative effectiveness and interaction of ultraviolet-B, red and blue light in anthocyanin synthesis of apple fruit. *Physiol. Plant.* 64: 323-327.
- Chalmers, D. J. and J. D. Faragher. 1977. Regulation of anthocyanin synthesis in apple skin. I. Composition of effects of cycloheximide, ultraviolet light, wounding and maturity. *Aust. J. Plant Physiol.* 4: 111-121.
- Downs, R. J., Siegelman, H. W., Butler, W. L. and Hendricks, S. B. 1965. Photoperceptive pigments for anthocyanin synthesis in apple skin. *Nature* 205: 909-910.
- 久保康隆・平 智 石尾慎史. 1988. 西南暖地におけるリンゴ数種の着色-特にアントシアニン生成とPAL活性, エチレン生成との関連について- 園学雑. 57: 191-199.
- Mancinelli, A. L. 1985. Light-dependent anthocyanin synthesis: a model system for the study of plant morphogenesis. *Bot. Rev.* 51: 107-157.
- Schaffer, B., Whaley, A. W. and Crane, J. H. 1994. Mango. p.165-197. In B. Schaffer and P. C. Anderson (eds.). *Handbook of environmental physiology of fruit crops, Vol. 2 Sub-tropical and tropical crops.* CRC press, Florida, USA.
- 苫名 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.
- Utsunomiya, N., K. Sasaki and H. Tamura. 1996. Coloration and light importance for anthocyanin development of cv Irwin mango fruit. *Proc. Inter. Con. on Tropical Fruits* 2: 149-154.
- 宇都宮直樹・山田 寿・片岡郁雄・苫名 孝. 1982. ウンシュウミカン果実の成熟に及ぼす果実温度の影響. 園学雑. 51: 135-141.