

ブドウ果実の着色に及ぼす成熟期の紫外光照射の影響

久保田 尚 浩・土 屋 幹 夫^{a)}

(農業生産システム学講座)

Effects of Irradiation with Ultraviolet-A Lamp on Coloration of Grape Berries during Maturation

Naohiro Kubota and Mikio Tsuchiya^{a)}

(Department of Agricultural Production Systems)

The objective of this study was to investigate the effects of irradiation with ultraviolet-A (UV-A) on berry growth, the total soluble solids and titratable acidity of the juice, and anthocyanin contents of berry skins in 'Gros Colman' (*Vitis vinifera*) and 'Pione' (*V. labruscana* × *V. vinifera*) grapes. Clusters of mature 'Gros Colman' and 'Pione' vines grown in glass or plastic film houses were irradiated with UV-A lamp in the daytime for 10 and 4 weeks during maturation, respectively. In 'Gros Colman' grapes, irradiation with UV-A markedly increased anthocyanin content in berry skins with the days after irradiation, and anthocyanin level in the skin of clusters irradiated with UV-A was four times that of control clusters at four weeks after treatment. At harvest, berries from exposed-side of UV-A irradiated clusters had the highest anthocyanin in the skin followed in descending order by exposed-side of non-irradiated clusters (control), and non-exposed-side of control and UV-A irradiated clusters. By contrast, anthocyanin content in the skin of 'Pione' grapes was not affected by irradiation with UV-A throughout the experiment. In both cultivars, no significant differences in either berry growth, the contents of total soluble solids or titratable acidity of the juice were observed among the treatments. Based on the results, the relationship between coloration of grape berries and UV-A irradiation during maturation is discussed.

Key words : grapes, berry coloration, anthocyanin, ultraviolet, irradiation

緒 言

品種にもよるが、着色系ブドウ品種の栽培では、果実の着色不良が大きな問題である。例えば、岡山県の特産である「グロー・コールマン」は、豊産性であるが着色しにくく、品質の均一化を図る上で大きな障害となっている。その対策として、実際栽培では成熟開始後の結果枝基部の葉の除去や反射マルチの利用によって着色を促したり、ウイルスフリー苗木を導入したりすることが行われているが、十分な効果を上げるには至っていない。

ブドウ果実の着色については、これまでも環境条件^{4,15,24}、栄養条件^{16,21}、栽培条件^{10,13,17}などの面から多くの研究が行われてきた。環境要因のうち光条件は着色に大きく影響するとされているが、ブドウ果実の着色と光条件との関係をみたこれまでの報告の多くは、光量(光強度)との関連で調査されたものであり^{5,14,19}、光質とくに波長400 nm以下の紫外光

Received October 1, 2001

a)旧作物機能調節学

(Department of Eco-physiology for Crop Production)

(ultraviolet: UV) と着色との関係についてはほとんど調査されていない。近年、近紫外光(near UV)を全く与えないで生育させたナスは紫黒色を呈さず²³⁾, また紫外光の人為的照射がリンゴ果実のアントシアニン生成を促す²⁾など、紫外光が果実の着色に重要な役割を果たしていることが明らかにされている。

紫外光は、一般にその波長域から UV-A (320-400 nm), UV-B (280-320nm) および UV-C (280nm 以下)に分けられ¹²⁾, このうちアントシアニン色素の生成には UV-A や UV-B が有効とされている。すなわち、リンゴ³⁾や甘果オウトウ^{1,7,22)}では、UV-B の照射によって果実のアントシアニン生成が促されることが報告されている。甘果オウトウの場合、UV-A でアントシアニンの生成が優れる品種もあるが、多くの品種では UV-A よりも UV-B の効果が大きいとされている^{11,22)}。しかし、実際栽培での UV-B の利用は人体の健康面で問題がある。

本実験では、ブドウ果実の着色向上を目的に、果実発育第3期すなわち成熟期に紫外光、とくに UV-A を照射し、果実の着色や糖含量に及ぼす影響を調査した。

材料と方法

1. 材料と処理方法

1) ‘グロー・コールマン’

岡山市一宮地区の農家のガラス室で栽培されている成木の‘グロー・コールマン’1樹を供試した。これから2本の垂主枝を選び、そのうちの1本の5果房について、果房の真横20cmの位置に最大波長352nmの蛍光灯(松下電器, ブラックライトブルー FL20S・BL-B)を設置し、成熟開始期から収穫期までの10週間(1991年9月27日~12月6日), 昼間だけ照射した。なお、実験に用いた蛍光灯の波長別光エネルギーを紫外線強度計(ライカ, LI-1000, 受光部 LI-190SA)で測定したところ、UV-A および UV-B がそれぞれ6.25, 0.93 (Wm⁻²)であった。別の垂主枝の5房を対照果房とし、照射果房, 対照果房の各々3果房から紫外光を照射している側の果実を各果房2果ずつ約1週間間隔で採取した。12月6日に全ての果房を収穫し、照射果房, 対照果房ともに、照射側と無照射側に分けて果実をサンプリングした。

2) ‘ピオーネ’

岡山大学農学部研究室圃場のビニルハウスに栽植

されている成木の‘ピオーネ’のうち、収穫期に達しているにも関わらず着色のよくない1樹を供試した。その4果房について、‘グロー・コールマン’と同様に前述の蛍光灯を果房の真横に設置し、1991年9月21日から10月19日までの4週間, 昼間だけ照射した。紫外光を照射していない別の4房を対照果房とし、各々3果房から経時的に2果ずつ採取した。10月19日に全ての果房を収穫し、‘グロー・コールマン’と同様のサンプリングを行った。

2. 調査方法

サンプリングした果実について、重さを測定した後、2重ガーゼで搾汁後果汁の糖含量(糖度計〔アタゴ, N1〕による屈折計示度)と滴定酸含量(0.1N-NaOHで滴定した後、酒石酸換算)を調査するとともに、果皮のアントシアニン含量を測定した。アントシアニン含量は、各々の果実から直径9.5mmのコルクボーラーで果皮を打ち抜き、そのディスク1枚を試験管に入れ、1%塩酸メタノール5mlを加えて冷蔵庫内で12時間抽出した後、分光光度計(島津, UV-1200)で530nmの吸光度を測定することにより求めた。

結 果

1. ‘グロー・コールマン’

処理期間中の果実重の変化は極めて小さく、また UV-A 照射の影響もほとんど認められなかった (Fig. 1)。

果汁の糖含量は、照射果房, 対照果房ともに処理開始以降収穫時まで緩やかに増加し続けたが、調査日による変動が大きかった (Fig. 2)。一方、滴定酸含量は処理開始時に最も多く、その後は収穫時まで減少し続けた (Fig. 3)。糖含量, 滴定酸含量ともに、処理期間を通して UV-A 照射の影響はほとんど認められなかった。

果皮のアントシアニン含量の変化を Fig. 4 に示した。アントシアニン含量は、対照果房では処理開始後4週間はほとんど増加しなかったのに対し、照射果房では処理開始1週間後に増加がみられ、4週間後には対照果房の約4倍に達した。その後、アントシアニン含量は照射果房, 対照果房ともに収穫時まで増加し続けたが、処理期間を通して常に対照果房よりも照射果房で多かった。

収穫時の糖含量と滴定酸含量は、照射側, 無照射

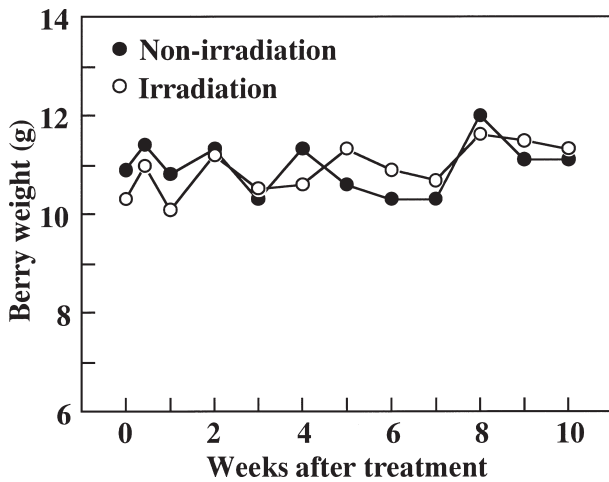


Fig. 1 Effect of UV-A irradiation during maturation on berry growth of 'Gros Colman' grapes grown in a glasshouse.

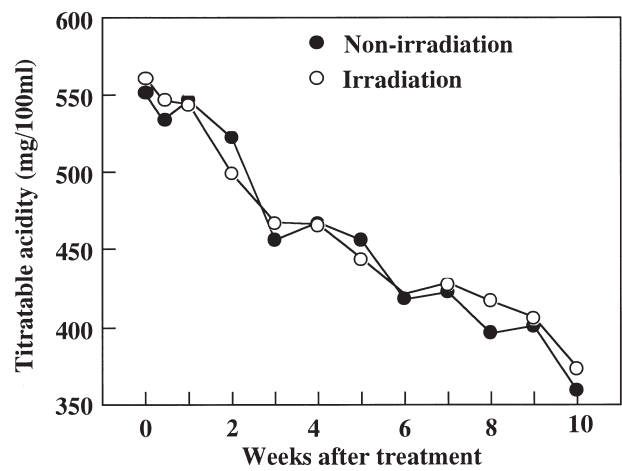


Fig. 3 Effect of UV-A irradiation during maturation on the content of titratable acidity of the juice in 'Gros Colman' grapes grown in a glasshouse.

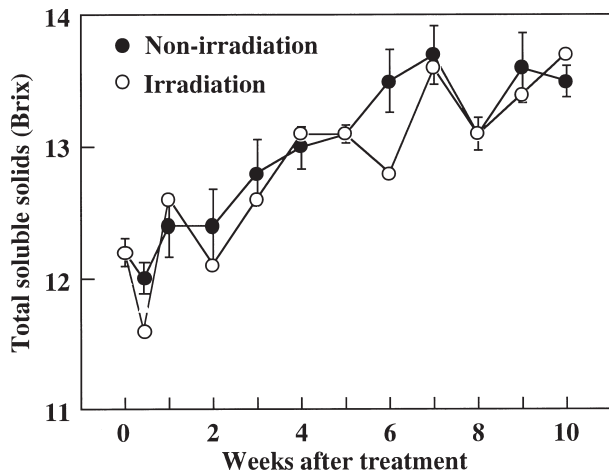


Fig. 2 Effect of UV-A irradiation during maturation on total soluble solids contents of the juice in 'Gros Colman' grapes grown in a glasshouse. Vertical bars indicate SE (n=6).

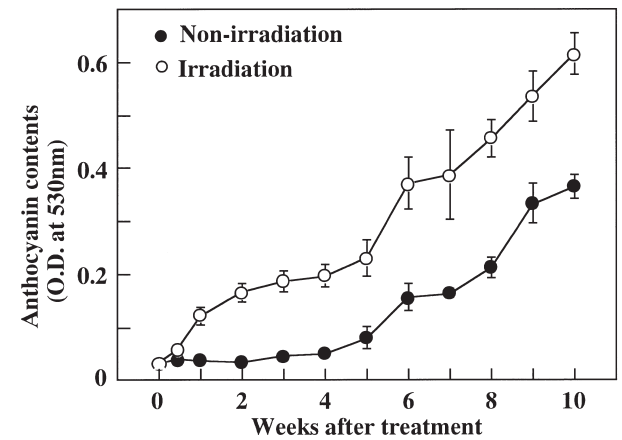


Fig. 4 Effect of UV-A irradiation during maturation on anthocyanin content of the skin in 'Gros Colman' grapes grown in a glasshouse. Vertical bars indicate SE (n=6).

側ともに、照射果房が対照果房よりも僅かに多かったが、有意な差ではなかった。照射果房のアントシアニン含量は、照射側では対照果房の照射側よりも約70%多く、また無照射側では対照果房の照射側と無照射側のほぼ中間であった (Table 1).

2. 'ピオーネ'

処理期間中の果実重、果汁の糖含量と滴定酸含量、および果皮のアントシアニン含量には処理区間にほとんど差がなかったため、収穫時の結果だけを Table 2 に示した。収穫時にも、これらに UV-A 照射の影響はほとんど認められず、また照射果房における照射側と無照射側との間にも差がなかった。

考 察

本実験において、'グロー・コールマン' の成熟開始期から収穫時まで、果房に直接 UV-A を照射したところ、果実の着色が著しく促進された。この結果は、リンゴ²⁾や甘果オウトウ^{1,7,22)}だけでなく、'グロー・コールマン' と '巨峰' について果実切片の培養条件下でアントシアニン生成に及ぼす紫外光 (UV-A, UV-B) 照射の影響を調査した片岡らの報告⁹⁾とも一致した。UV-A 照射の着色促進効果は処理開始 1 週間後に認められ、ブドウ果皮のアントシアニン生成に及ぼす紫外光照射の影響が極めて大きいことが推察さ

Table 1 Effect of UV-A irradiation during maturation on berry weight, total soluble solids and titratable acidity of the juice, and anthocyanin content of the skin at harvest in 'Gros Colman' grapes grown in a glasshouse^{a)}

Treatment	Berry weight (g)	Total soluble solids (Brix)	Titratable acidity (mg/100 ml)	Anthocyanin (O. D. at 530 nm)
Non-irradiated cluster (Control)				
Exposed side	11.1	13.5	359.4	0.334b ^{b)}
Non-exposed side	10.9	13.1	360.9	0.224c
Irradiated cluster				
Exposed side	11.3	13.7	373.6	0.577a
Non-exposed side	10.2	13.7	377.9	0.262c

^{a)} All fruit clusters were harvested on December 6, 1991.

^{b)} Mean separation within column by Duncan's multiple range test ($p=0.05$).

Table 2 Effect of UV-A irradiation during maturation on berry weight, total soluble solids and titratable acidity of the juice, and anthocyanin content of the skin at harvest in 'Pione' grapes grown in a plastic film house^{a)}

Treatment	Berry weight (g)	Total soluble solids (Brix)	Titratable acidity (mg/100 ml)	Anthocyanin (O. D. at 530 nm)
Non-irradiated cluster (Control)				
Exposed side	13.4 ^{b)}	14.4 ^{b)}	377.3 ^{b)}	0.027 ^{b)}
Non-exposed side	12.2	15.8	403.9	0.036
UV-A irradiation cluster				
Exposed side	12.9	14.9	391.4	0.035
Non-exposed side	13.1	14.2	382.0	0.031

^{a)} All fruit clusters were harvested on October 19, 1991.

^{b)} Not significant.

れた。処理開始4週間後には、対照果房の果実がまだアントシアニンをほとんど生成していないため、UV-Aを照射した果房のアントシアニン含量は対照果房の4倍にも達したが、収穫時には両者の差は2倍以下であった。

フェノール化合物であるアントシアニン色素の生成には、フェニルアラニンアンモニアラーゼ(PAL)が重要な役割を担っており、PAL活性とアントシアニン生成との間に密接な関係のあることがブドウ^{8,20)}やリンゴ⁶⁾で報告されている。また、Arakawaらは、UV-Bを照射したリンゴ果実での優れたアントシアニン生成にはPAL活性の増大が関係していることを明らかにしている³⁾。本実験においても、UV-Aの照射によってアントシアニン含量が増加した背景にはPAL活性の増大があったものと思われるが、この点については今後の検討が必要である。

本実験において、UV-A照射は'グロー・コール

マン'果実の着色を著しく促進したが、一方収穫期に達しているにも関わらず着色のよくない'ピオーネ'について同様の処理を行ったところ、着色は全く促進されなかった。このような違いが生じた原因として、'ピオーネ'ではUV-Aの照射時期が遅過ぎたこと、'ピオーネ'は'グロー・コールマン'の栽培されているガラス室よりも紫外光の透過率の高いビニルハウスで栽培されていたことなどが考えられる。しかし、'グロー・コールマン'では、UV-Aを照射した果房でも無照射側の果実のアントシアニン含量は対照果房の無照射側の果実と大差ないこと、成熟期間の後半だけの照射でも着色が著しく促進されること¹⁸⁾などを総合すると、紫外光に対するブドウ品種間での反応性の違いが関係しているように思われる。一般に、着色系ブドウは、果実着色に際しての光に対する反応性の違いから、直光着色品種と散光着色品種に大別される。すなわち、土屋はブドウ果実に

遮光程度の異なる袋を掛け、その際の果実の着色状態から、太陽光を直接受けた場合にのみ完全に着色する品種群と散乱光でもよく着色する品種群に分け、前者を直光着色品種、後者を散光着色品種とした²⁵⁾。この分類法によれば、本実験で供試した‘グロー・コールマン’は直光着色品種群に属し、一方‘ピオーネ’は散光着色品種群に属する。これから推察すると、ブドウ果実に対する紫外光の着色促進効果は散光着色品種よりも直光着色品種で大きいことが考えられる。先に述べたように、‘グロー・コールマン’の栽培では、成熟開始後に結果枝基部の葉を摘んで果房に直接光を当てることが行われているが、このような本品種の特長からみて、合理的な着色促進技術であるといえる。

本実験では、果皮のアントシアニン含量だけでなく、果実の肥大および果汁の糖含量や酸含量に及ぼす UV-A 照射の影響についても調査した。その結果、‘グロー・コールマン’、‘ピオーネ’ともに果実重、果汁の糖および酸含量のいずれにおいても、UV-A 照射の影響は全く認められなかった。Kataoka らは、収穫後の甘果オウトウ ‘佐藤錦’ に UV-A を48時間照射したところ、着色は著しく促進されたが、果実の糖含量や硬さには影響しなかったとしている⁷⁾。本実験とは材料だけでなく処理条件が大きく異なるが、本実験の結果から推察して、樹上での UV-A 照射もまたブドウ果実の肥大や果汁の糖および酸含量に影響することなく、果皮のアントシアニン生成だけを促進させると考えられる。

以上を総合すると、ブドウ果房に対する成熟開始期からの UV-A 照射は、果実の大きさおよび果汁の糖含量や酸含量に影響することなく、アントシアニン生成だけを促進させるが、その効果は品種によって異なり、散光着色品種よりも直光着色品種で大きいことが推察された。なお、着色促進に最も効果的な UV-A 照射の時期、期間、時間帯および方法などについては、UV-A 照射によってアントシアニン生成が促される機構の解明とともに、今後に残された課題である。

要 約

ブドウ果実の着色に及ぼす紫外光の影響を明らかにするため、成熟開始後に‘グロー・コールマン’では10週間、‘ピオーネ’では4週間、UV-A を昼間だ

け照射した。‘グロー・コールマン’の場合、照射果房のアントシアニン含量は、処理開始1週間後には対照果房よりも多くなり、4週間後には対照果房の約4倍に達した。収穫時のアントシアニン含量は、照射果房の照射側で最も多く、次いで対照果房の照射側、および照射果房と対照果房の無照射側の順であった。しかし、‘ピオーネ’では処理期間を通して、UV-A 照射によるアントシアニンの増加は認められなかった。いずれの品種においても、UV-A 照射は果実重、果汁の糖および酸含量には影響しなかった。以上の結果を基に、ブドウ果実の着色と UV-A 照射との関係について考察した。

謝 辞

本実験を行うに当たり、ブドウ‘グロー・コールマン’樹を使用させて頂いた岡山市松尾の果樹栽培農家岸 清氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) Arakawa, O. : Effect of ultraviolet light on anthocyanin synthesis in light-colored sweet cherry, cv. Sato Nishiki. *J. Japan. Soc. Hortic. Sci.*, **62**, 543-546 (1992)
- 2) Arakawa, O., Y. Hori and R. Ogata : Relative effectiveness and interaction of ultraviolet-B, red and blue light in anthocyanin synthesis of apple fruit. *Physiol.Plant.*, **64**, 323-327 (1985)
- 3) Arakawa, O., Y. Hori and R. Ogata : Characteristics of color development and relationship between anthocyanin synthesis and phenylalanine ammonia-lyase activity in ‘Starking Delicious,’ ‘Fuji’ and ‘Mutsu’ apple fruits. *J. Japan. Soc. Hortic. Sci.*, **54**, 424-430 (1986)
- 4) Buttrose, M. S., C. R. Hale and W. M. Kliever : Effect of temperature on the composition of Cabernet Sauvignon berries. *Amer. J. Enol. Vitic.*, **22**, 71-75 (1971)
- 5) Crippen, D. D. and J. C. Morrison : The effects of sun exposure on the phenolic content of Cabernet Sauvignon berries during development. *Amer. J. Enol. Vitic.*, **37**, 243-247 (1986)
- 6) Farager, J. D. and D. J. Chalmers : Regulation of anthocyanin synthesis in apple skin (III) Involvement of phenylalanine ammonia-lyase. *Aust. J. Plant Physiol.*, **4**, 133-141 (1997)

- 7) Kataoka, I., K. Beppu, A. Sugiyama and S. Taira : Enhancement of coloration of 'Satohnishiki' sweet cherry fruit by postharvest irradiation with ultraviolet rays. *Environ. Control in Biol.*, **34**, 313-319 (1996)
- 8) Kataoka, I., Y. Kubo, A. Sugiura and T. Tomana : Changing in L-phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin synthesis during berry ripening of three grape cultivars. *J. Japan. Soc. Hortic. Sci.*, **52**, 273-279 (1983)
- 9) 片岡郁雄・楠木良次・井上 宏：ブドウ‘グロー・コールマン’果粒のアントシアニン蓄積に及ぼす紫外光の影響。園芸学会雑誌, **61**(別1), 82-83 (1992)
- 10) Kataoka, I., A. Sugiura and T. Tomana : Effect of abscisic acid and defoliation on anthocyanin accumulation in Kyoho grapes. *Vitis*, **21**, 325-332 (1982)
- 11) 加藤恵理・平 智・渡辺俊三：オウトウ果皮のアントシアニン蓄積におよぼす紫外光と赤色光および照射温度の影響。園芸学会雑誌, **64**(別1), 120-121 (1995)
- 12) 河本康太郎：UV とは。UV と生物産業 (照明学会編), pp. 1-10, 養賢堂, 東京 (1998)
- 13) Kingston, C. M. and C. W. Epenhujisen : Influence of leaf area on fruit development and quality of Italia glasshouse table grapes. *Amer. J. Enol. Vitic.*, **40**, 130-134 (1989)
- 14) Kliewer, W. M. : Effect of temperature and light intensity on coloration of *Vitis vinifera* L. grapes. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.*, **95**, 693-697 (1970)
- 15) Kliewer, W. M. : Berry composition of *Vitis vinifera* cultivars as influenced by photo- and nycto-temperatures during maturation. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.*, **98**, 153-159 (1973)
- 16) Kliewer, W. M. : Influence of temperature, solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. *Amer. J. Enol. Vitic.*, **28**, 96-103 (1977)
- 17) Kliewer, W. M. and R. J. Weaver : Effect of crop level and leaf area on growth, composition and coloration of 'Tokay' grapes. *Amer. J. Enol. Vitic.*, **22**, 172-177 (1971)
- 18) 松田佳子・久保田尚浩・杉山明正・片岡郁雄：ブドウ果粒のアントシアニン含量とその組成に及ぼす紫外光(UV-A)の影響。園芸学会雑誌, **66**(別2), 224-225 (1997)
- 19) 内藤隆次：ブドウ果実の着色に関する研究 — とくに光度との関係について —。京都大学学位論文, pp. **81**, (1966)
- 20) Roubelakis-Angelakis, K. A. and W. M. Kliewer : Effects of exogenous factors on phenylalanine ammonia-lyase activity and accumulation of anthocyanins and total phenolics in grape berries. *Amer. J. Enol. Vitic.*, **37**, 275-280 (1986)
- 21) 竹下 修・沢田真之輔・高橋国昭・村上英行・多久田達雄・榊野利雄・上野良一・石井卓爾・河野良洋：ジベレリン処理テラウエアの着色障害に関する研究 — 主として混在型障害の発生原因と防止対策について —。島根農試研報., **19**, 1-71 (1984)
- 22) 平 智・加藤恵理・渡辺俊三：紫外光がオウトウ果皮のアントシアニン蓄積におよぼす影響。園芸学会雑誌, **63**(別1), 200-201 (1994)
- 23) 手塚修文・三谷真喜子・永田美智恵：植物の生育に及ぼす近紫外光(near UV)の影響。園芸学会雑誌, **60**(別2), 318-319 (1991)
- 24) 苫名 孝・宇都宮直樹・片岡郁雄：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’果実の成熟に及ぼす樹体及び果実の環境温度の影響。園芸学会雑誌, **48**, 261-266 (1979)
- 25) 土屋長男：実験葡萄栽培新説 (増補版), pp. 354, 山梨県果樹園芸会, 山梨 (1980)