

モモ‘白桃’果実における渋味発生と主枝の生育異常との関係

久保田尚浩・岩瀬広繁

(農地生産力開発学講座)

Received October 15, 1992

Astringency in 'Hakuto' Peach Fruits Caused by Abnormal Growth of Scaffold

Naohiro KUBOTA and Hiroshige IWASE

(Department of Agricultural Technology of Integrated Land Use)

The relationship between astringency and seasonal changes in phenolic contents, PAL activity and phenylalanine content in fruits from two abnormal scaffolds, in which the middle part of scaffold had attained a girdling-like shape, and from one normal scaffold in a 'Hakuto' peach tree (*Prunus persica* Batsch) trained to three-scaffold, was investigated. Fruits from a normal tree grown in the same orchard were also tested for comparison. The fruits harvested from abnormal scaffolds were significantly larger in size, and had a higher sugar content, compared to those harvested from the normal one. Regardless of the scaffolds, both the contents of total and higher molecular phenols in the fruits increased up to Stage 2 of fruit development and after reaching a maximum level, decreased rapidly until harvesting. Throughout the ripening of the fruit, these values were higher in the abnormal scaffolds than in the normal, especially during Stage 2. Higher PAL activity was observed in fruits from abnormal scaffolds during Stage 1, and no significant difference in PAL activity was observed between fruits from normal and abnormal scaffolds throughout Stage 2 and 3. On the other hand, phenylalanine content in the fruits during Stage 1 was lower in abnormal scaffolds than in the normal one. The changes in phenolic contents and PAL activity in the fruits from a normal tree were similar to those found in the normal scaffold. A possible cause of astringency in peach fruit as related to tree vigor, and synthesis and accumulation of phenolic compounds in the fruits is discussed.

緒 言

品種や気象条件にもよるが、モモ果実が渋味を呈することはよく知られている⁸⁾。筆者ら¹¹⁾は、モモ果実の渋味に関するこれまでの研究で、官能検査による渋味の強さと全フェノール含量との間には正の相関があること、成熟果実のポリフェノール含量が多い品種では果実発育第2期すなわち硬核期にその含量が急増することなどを明らかにした。

ところで、モモ果実の渋味の発生には樹齢や樹勢の衰弱といった内的要因が関係し、老齡樹や衰弱樹の果実は渋味を呈しやすいとされている。しかし、衰弱の著しい樹と健全な樹から収穫した果実のポリフェノール含量にはほとんど差がなく、一方側枝を環状はく皮するとポリフェノール含量が著しく増加した¹³⁾。このことから、モモ果実の渋味発生には単なる老化による樹勢の衰弱よりも環状はく皮のような樹勢低下を引き起こす要因のほうが大きく関係

していると思われた。しかしながら、このことが果実のポリフェノール含量の増加にどのように関係しているかは明らかでなかった。

本研究は、モモ果実における渋味の発生要因の解明ならびにその防止策を確立するための基礎資料を得ることを目的としたもので、本報では1樹内で環状はく皮状になった主枝とそうでない健全な主枝の果実について、ポリフェノール含量やPALすなわちL-フェニルアラニンアンモニアリアーゼ活性などの変化を調査した。

材 料 と 方 法

実験には、岡山県赤磐郡山陽町の農家に栽培されている3本主枝の‘白桃’成木の中から、主枝の2本が環状はく皮状になった1樹を供試した。すなわち、栽培園では果実の重さで枝が折れるのを防ぐために支柱と主枝をロープで結ぶことがよく行われるが、これはロープがそのまま主枝に食い込み、その部分が環状はく皮状になったものである。各々の主枝、すなわち環状はく皮状になった2本の主枝とそうでない1本の健全な主枝より、硬核期前の1991年6月1日から成熟期まで経時的に果実を採取し、果実重、ポリフェノール含量、PAL活性およびフェニルアラニン含量を測定した。また、成熟期には糖含量(屈折計示度)も測定した。なお、比較のために同じ園内に栽植されている樹齢の等しい健全樹の果実についても同様の調査を行った。

ポリフェノールの分析は、既報^{11,14)}と同様に果肉10gに水を加えて煮沸抽出した後、Folin-Denis法¹⁰⁾により行い、全フェノール含量と高分子フェノール含量を測定した。PAL活性の測定は分光光度計法によった。すなわち、既報^{12,15)}で述べたようにFaragherとChalmersの方法⁵⁾によって粗酵素液を抽出した後、KoukolとConnの方法¹⁰⁾によりt-柱皮酸の生成速度を測定した。また、フェニルアラニン含量は、一定量の果汁をCG-120(H⁺型)のカラムに通した後、吸着された画分を2Nアンモニア水溶液で溶出し、その後は常法に従い、アミノ酸自動分析計(日本電子JLC-300型)で測定した。

結 果

収穫時の果実重、屈折計示度およびポリフェノール含量をTable 1に示した。環状はく皮状主枝の果実は健全主枝や健全樹の果実に比べて著しく大きく、また屈折計示度が高かった。全フェノールおよび高分子フェノール含量も環状はく皮状主枝で多く、特に高分子フェノール含量は健全主枝や健全樹の2倍もしくはそれ以上であった。

Table 1 Fruit weight, total soluble solids and phenolic contents of fruits harvested from abnormal and normal scaffolds of a ‘Hakuto’ peach tree trained to three-scaffold

Abnormal or normal scaffolds ^z	Harvested date	Fruit weight (g)	Total soluble solids (°Brix)	Phenolic content (mg/100gFW)	
				Total	Higher molecular fraction
Abnormal scaffold 1	Aug. 5	436.8	13.5	99.6	82.9
Abnormal scaffold 2	Aug. 13	412.2	14.4	60.5	44.1
Normal scaffold	Aug. 13	303.4	11.5	36.4	21.7
Normal tree ^y	Aug. 13	289.6	11.5	40.2	24.3

^z Two of the three scaffolds in a tree were abnormal. Their middle parts were strapped by hanging ropes, and showed a girdling-like shape.

^y A normal tree in the same orchard was tested for comparison.

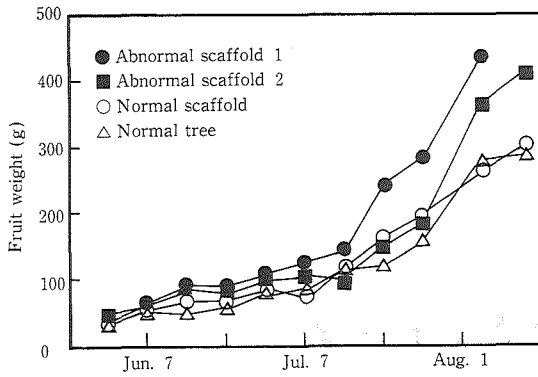


Fig. 1 Changes in fruit weight in abnormal and normal scaffolds in a 'Hakuto' peach tree trained to three-scaffold. Refer to Table 1.

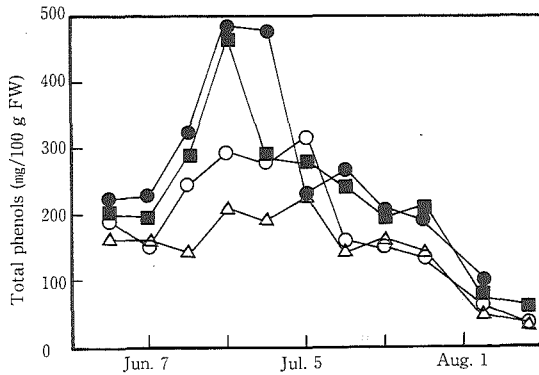


Fig. 2 Changes in total phenols in fruits from abnormal and normal scaffolds in a 'Hakuto' peach tree trained to three-scaffold. ● : Abnormal scaffold 1, ■ : Abnormal scaffold 2, ○ : Normal scaffold, △ : Normal tree. Refer to Table 1.

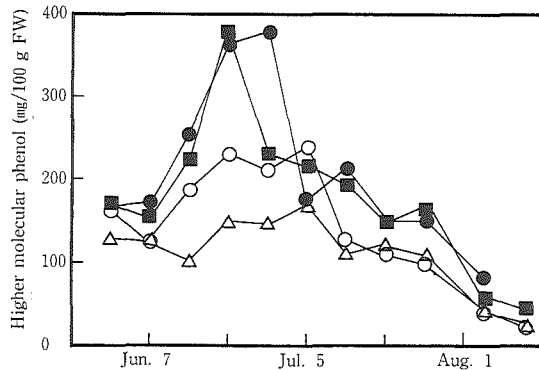


Fig. 3 Changes in higher molecular phenols in fruits from abnormal and normal scaffolds in a 'Hakuto' peach tree trained to three-scaffold. ● : Abnormal scaffold 1, ■ : Abnormal scaffold 2, ○ : Normal scaffold, △ : Normal tree. Refer to Table 1.

果実発育のパターンには環状はく皮状主枝, 健全主枝および健全樹間に大差なく, 硬核期はいずれも6月中旬から7月上旬であった. ところが, 環状はく皮状主枝では果実発育第3期の肥大が著しく, また僅かではあるが成熟が促進された (Fig. 1).

果実発育に伴う全フェノール含量と高分子フェノール含量の変化を Fig. 2 と Fig. 3 に示した. 全フェノール含量は, 環状はく皮状主枝, 健全主枝ともに果実発育第1期に少なく, その後増加して第2期 (硬核期) にピークに達した後, 第3期 (成熟期) には減少した. 第1期の6月上旬までは健全主枝よりも環状はく皮状主枝で僅かに多い程度であったが, 第2期では両者に顕著な差がみられた. すなわち, 健全主枝ではその増加が小さいのに対し, 環状はく皮状主枝では著しく大きく, ピーク時の含量は健全主枝の約2倍であった. なお, 健全樹の果実の全フェノール含量は健全主枝の場合とほぼ同様の变化を示した. 高分子フェノール含量は, 環状はく皮状主枝, 健全主枝, 健全樹ともに各々の全フェノール含量の变化とほぼ同様であったが, その割合は環状はく皮状主枝で高く推

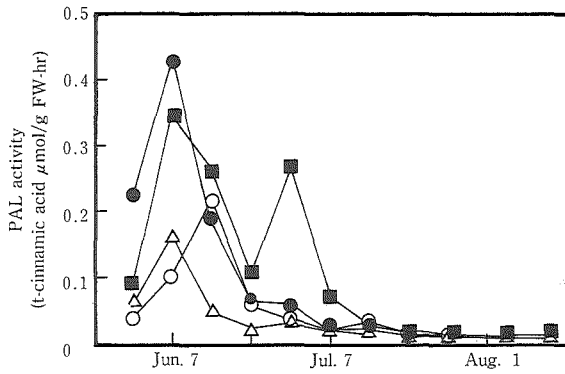


Fig. 4 Changes in PAL activity in fruits from abnormal and normal scaffolds in a 'Hakuto' peach tree trained to three-scaffold. ● : Abnormal scaffold 1, ■ : Abnormal scaffold 2, ○ : Normal scaffold, △ ; Normal tree. Refer to Table 1.

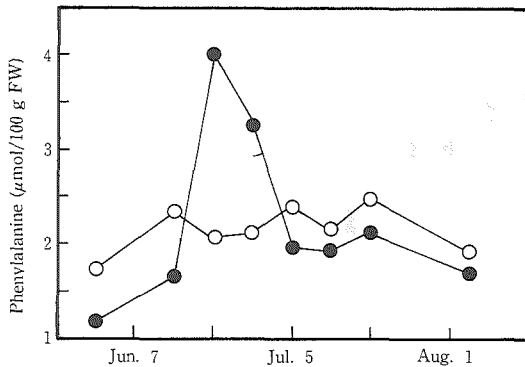


Fig. 5 Changes in phenylalanine content in fruits from abnormal and normal scaffolds in a 'Hakuto' peach tree trained to three-scaffold. ● : Abnormal scaffold 1, ○ : Normal scaffold. Refer to Table 1.

移した。

Fig. 4 に示したように、果実の PAL 活性は、環状はく皮状主枝、健全主枝、健全樹のいずれにおいても果実発育第 1 期の末期から第 2 期の初期にかけて最も高く、しかも健全主枝や健全樹よりも環状はく皮状主枝で著しく高かった。果実発育第 3 期にはいずれも活性をほとんど示さなかった。

果実のフェニルアラニン含量は、果実発育第 1 期の末期から第 2 期の初期にかけては健全主枝よりも環状はく皮状主枝で少なかった。第 2 期では逆に健全主枝で少なく、また第 3 期では両者に差がなかった (Fig. 5)。

考 察

筆者ら¹³⁾は、モモ果実の渋味と樹勢との関係を調査した前報で、渋

味の発生には単なる老化による樹勢の衰弱よりも環状はく皮のような樹勢低下を引き起こす要因のほうが大きく関係していることを推察した。しかし、環状はく皮によるポリフェノール含量の増加がどのような機作に基づくのか、また果実発育のどの時期に増加するのかについては明らかでなかった。

そこで、3 本主枝に仕立てられた '白桃' で、1 樹内で環状はく皮状になった 2 本の主枝とそうでない健全な 1 本の主枝について、果実発育に伴うポリフェノール含量の変化を調査した。その結果、健全主枝に比べて環状はく皮状主枝の果実は発育期間を通してポリフェノール含量が多く、特に第 2 期には両者に約 2 倍の差がみられ、また成熟期の含量も環状はく皮状主枝で著しく多かった。モモ果実のポリフェノール含量が果実発育の第 2 期に急増することは Craft³⁾によっても報告されている。また、筆者ら¹¹⁾は成熟果実のポリフェノール含量が多い品種では第 2 期の増加が著しいことを明らかにしたが、本実験の結果はこれと一致した。本実験において、環状はく皮状主枝の果実は健全主枝や健全樹の果実に比べて全フェノールに対する高分子フェノールの割合が高かった。筆者ら¹⁴⁾は、既報で全フェノール含量と高分子フェ

ノール含量との間に極めて高い正の相関があること、また全フェノールよりも高分子フェノールのほうが渋味の本体に近いことを述べた。これから推察すると、環状はく皮状主枝の果実は全フェノールにみられた差以上に渋味を強く感じさせていると思われるが、環状はく皮状主枝で高分子フェノールの割合が高い原因は明らかでない。

PAL はフェノール物質の生合成におけるキー酵素とされ、その活性が光や低温などの環境条件に加えてエチレンや障害に大きく左右され^{1,19)}、またその活性が高いとポリフェノール含量も多い^{9,13)}ことはよく知られている。本実験において、果実の PAL 活性は環状はく皮状主枝、健全主枝、健全樹ともに果実発育第 1 期に最も高く、その後は低下して第 3 期にはほとんど活性を示さなかった。この結果は、他品種についての筆者らのこれまでの報告¹²⁾と一致したが、本実験での大きな特徴は、活性の高い第 1 期に主枝間差が大きく現れたことである。すなわち、第 1 期の活性は健全主枝や健全樹に比べて環状はく皮状主枝で著しく高かった。一方、その基質であるフェニルアラニン含量は、果実発育第 1 期には健全主枝よりも環状はく皮状主枝でやや少なかった。このことから、本実験で用いた環状はく皮状主枝の果実におけるポリフェノール含量の増加には PAL 活性の増大が関与していると思われた。PAL 活性が障害エチレンによって増加することは既に述べたとおりであるが、本実験で供試した環状はく皮状主枝のはく皮状部位と PAL 活性の測定に用いた果実の着果部位との間にはかなりの距離がある。したがって、はく皮状の傷害によって発生したエチレンが PAL 活性を増大させたとするには無理があるように思われる。はく皮状になったことで果実自体でのエチレン生成量が増大し、そのことによって PAL 活性が高まったことも考えられるが、この点については更に検討する必要がある。

本実験で用いた環状はく皮状主枝は、一般によく行われているように果実の重さで枝が折れるのを防ぐために支柱と主枝とを結んでいたロープがそのまま主枝に食い込んだもので、長谷川と中島⁹⁾がカキ果実の品質向上を目的に行った側枝結縛に酷似している。このような事例が実際栽培に数多くあるわけではないが、モモ樹の枝幹が「いぼ皮病」や「コスカシバ」¹⁷⁾に侵されてはく皮状になった個体は多い。果樹栽培において環状はく皮は果実の肥大、成熟促進、着色向上などに有効とされ^{2,4,17,18)}、本実験でも環状はく皮状主枝の果実は健全主枝や健全樹の果実に比べて肥大が優れ、糖含量も多かった。一方、はく皮の程度が強すぎたり、はく皮が連年繰り返されると、樹勢を衰弱させることもよく知られている。これらを総合すると、モモ果実の渋味発生には環状はく皮や病害虫による枝幹の損傷のような樹勢低下をひき起こす要因が密接に関係し、このことによるポリフェノール含量の増加には PAL 活性が関与していると考えられた。

摘 要

モモ果実における渋味の発生要因の解明ならびにその防止策を確立するための基礎資料を得るために、1 樹内で環状はく皮状になった主枝と健全な主枝を有す 3 本主枝の「白桃」成木について、果実発育に伴うポリフェノール含量、PAL 活性およびフェニルアラニン含量などの変化を調査した。健全主枝に比べて環状はく皮状主枝の果実は肥大が優れ、また収穫時の糖含量が多かった。全フェノール、高分子フェノール含量ともに果実発育期間を通して健全主枝よりも環状はく皮状主枝で多く、特に果実発育第 2 期すなわち硬核期に両者の差が顕著に現れた。環状はく皮状主枝では果実発育第 1 期の末期から第 2 期の初期にかけて、果実の PAL 活性が高く、一方フェニルアラニン含量が少なかった。比較のために用いた健全樹の果実におけるこれらの変化は健全主枝の果実の変化に酷似した。以上のように、環状はく皮状主枝の果実は、果実発育の第 2 期にポリフェノール含量が急増するが、その増加には PAL 活性

が関係していることが明らかとなった。

謝 辞

アミノ酸自動分析計の使用に際しては本学農学部家畜機能調節学講座西野直樹助手のご援助を得た。記して厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Buren, J. V. : Fruit phenolics (In : The biochemistry of fruits and their products), 263—304, Academic Press, New York (1970)
- 2) Cohen, A. : Citrus fruit enlargement by means of summer girdling, *J. Hort. Sci.* **59**, 119—125 (1984)
- 3) Craft, C. C. : Polyphenolic compounds in Elberta peaches during storage and ripening, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* **78**, 119—131 (1961)
- 4) Escobar, R. F., R. Martin, P. L. Rivas and M. P. Suarez : Girdling as a means of increasing fruit size and earliness in peach and nectarin cultivars, *J. Hort. Sci.* **62**, 43—468 (1987)
- 5) Faragher, 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 (1977)
- 6) 長谷川耕二郎・中島芳和 : カキ'西条'および'前川次郎'の開花ならびに果実品質に及ぼす側枝結縛の影響, *園学雑* **60**, 291—299 (1991)
- 7) 石田雅士・久保田尚浩 : モモ (新編果樹園芸ハンドブック), 447—493, 養賢堂, 東京 (1991)
- 8) Joslyn, M. A. and J. L. Goldstein : Astringency of fruits and fruit products in relation to phenolic content (In : Advances in food research), Vol. 13, 179—217, Academic Press, New York (1964)
- 9) Kataoka, I., Y. Kubo, A. Sugiura and T. Tomanb : Changes in L-Phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin synthesis during berry ripening of three grape cultivars, *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **52**, 273—279 (1983)
- 10) Koukol, J. and E. E. Conn : The metabolism of aromatic compounds in higher plants, *J. Biol. Chem.* **236**, 2692—2698 (1961)
- 11) 久保田尚浩・島村和夫・三村博美 : モモ果実におけるフェノール含量の品種間差異及びその季節的变化, *園学要旨* 昭61春, 62—63 (1986)
- 12) 久保田尚浩・西山範子・薬師寺浩子・島村和夫 : モモ果実におけるフェノール生合成と PAL 活性との関係, *園学要旨* 昭62秋, 182—183 (1987)
- 13) 久保田尚浩・高木真吾・工藤正吾 : モモ果実の渋味発生に及ぼす樹勢の影響, *園学雑*60 (別2), 110—111 (1991)
- 14) 久保田尚浩・三村博美・薬師寺浩子・島村和夫 : モモ果実における渋味発生の果樹園, 樹体および果実内部位による差異, *岡山大農学報*, **79**, 45—51 (1992)
- 15) 久保田尚浩・工藤正吾 : モモ果実の渋味とポリフェノール含量に及ぼす土壤乾燥の影響, *園学雑* **61**, 31—37 (1992)
- 16) 中村敏郎・木村 進・加藤博通 : 食品の変色とその化学, 64—155, 光琳書院, 東京 (1967)
- 17) 岡田正道・高橋哲也 : ウンシュウミカンに対する環状はく皮の時期及び程度と樹体養分及び果実品質, *園学要旨* 昭61秋, 30—31 (1986)
- 18) 山本孝司・高橋国昭・高田 光 : 巨峰の環状はく皮に関する試験, *園学要旨* 昭61秋, 515 (1986)
- 19) 吉田精一・南川隆雄 : 高等植物の二次代謝, 37—53, 東大出版会, 東京 (1980)