

モモ果実における“水浸状果肉褐変症”の特徴

高田大輔¹・内倉康幸²・今井理夫²・福田文夫²・笹邊幸男³・藤井雄一郎³・大塚雅子³・久保田尚浩^{2*}¹ 岡山大学大学院自然科学研究科 700-8530 岡山市津島中² 岡山大学農学部 700-8530 岡山市津島中³ 岡山県農業総合センター農業試験場 709-0801 岡山県赤磐市神田

Characterization of a “Water-soaked Brown Flesh” Disorder in Peach Fruit

Daisuke Takata¹, Yasuyuki Uchikura², Masao Imai², Fumio Fukuda², Yukio Sasabe³, Yuichiro Fujii³,
Masako Otsuka³ and Naohiro Kubota^{2*}¹The Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, Tsushima, Okayama 700-8530²Faculty of Agriculture, Okayama University, Tsushima, Okayama 700-8530³Agricultural Experiment Station, Okayama Prefectural General Agriculture Center, Kanda, Akaiwa, Okayama 709-0801

Summary

This study characterized the “watercore-like” disorder in which the flesh of mature fruit in peach (*Prunus persica* Batsch) exhibits a water-soaked brown discoloration. There were varietal differences in the incidence of the disorder with ‘Kawanakajima Hakuto,’ ‘Beni Shimizu’ and ‘Hana Shimizu’ exhibiting higher rates. The incidence of disorder in ‘Hana Shimizu’ fruit ranged from 23 to 54 % over the three years. In all cultivars, the disorder was highest on the side opposite to the fruit suture, then both cheeks and the suture, in that order. Fruit with the disorder showed higher weight, and total sugar, sucrose, sorbitol, water soluble pectic substances and total phenolic contents but lower flesh firmness, total amino acid concentrations and hydrochloric acid soluble pectic substances compared to normal fruit. The highest concentration of total soluble solids was observed at the portion of both cheeks of the fruit, followed by the opposite side of the suture and the suture. Symptoms of the disorder were prominent in mature fruit. We propose that “water-soaked brown flesh” be considered a common term for this disorder based on the fact that the symptoms of “watercore-like” disorder as it is commonly known in Okayama were similar to those of “watercore” or “internal browning” disorder, which is the popular term used in other peach producing areas in Japan.

Key Words: fruit firmness, pulp disorder, sugar content

キーワード： 果肉硬度，果肉障害，糖含量

緒言

近年，岡山県下のモモ栽培では‘華清水’を中心に，成熟果実の果肉が水浸状になる“あん入り症”の発生が問題になっている（久保田ら，2004）。これが発生した果実すなわち“あん入り果”は，岡山では“みつ入り果”とも呼ばれ，果肉の不特定部分が不定形の水浸状あるいは褐色に変化する（岡山県うまいくだものづくり推進本部，2003）。これは，山梨県（齊藤ら，2002）や長野県（山西，1998）の“みつ症”，熊本県の“果肉褐変症”（東・岡田，2001）などと同じ障害である可能性が高いが，その詳細は

明らかでない。

リンゴやニホンナシでは，モモの“あん入り症”と類似の果肉障害に関する報告が数多くある。例えば，リンゴのみつ症は果肉や果心組織の一部が水浸状になる症状で，デリシャス系品種や‘ふじ’などに発生しやすい（山田，2002）。また，ニホンナシの‘豊水’に発生しやすいみつ症は成熟期に樹上で果肉が水浸状になる障害である（山田，2002）。これら障害については，その特徴だけでなく発生の条件や機構に関する研究が数多くあるが（猪俣ら，1993；河原ら，2005；Yamada・Kobayashi，1999），モモの“あん入り果”に関する報告は少ない。

本報では，モモの“あん入り症”の発生を防止するための基礎資料を得ることを目的に，この障害の特徴を明らかにするとともに，発生の品種および年次間の差異，並

2005年5月19日 受付，2005年8月17日 受理。

本報告の一部は園芸学会平成16年度秋季大会で発表した。

* Corresponding author. E-mail: nkubota@cc.okayama-u.ac.jp

びに障害発生の時期について調査した。

材料および方法

実験は、2002~2004年に行った。

2002年：岡山県総社市の経済栽培園に栽植されている野生モモ台10年生の‘華清水’2樹を供試し、7月13日と16日に岡山県の栽培指針に準じた熟度(岡山県うまいくだものづくり推進本部, 2003)で樹冠内から無作為に収穫した。果実重を測定した後、果実を4方向(縫合線側、縫合線の反対側、果実側面の右側と左側(縫合線の右側と左側))から縦に切断し、部位別に“あん入り”発生の有無と程度(0: 正常, 1: 果肉の一部が水浸状褐変, 2: 果肉の約半分が水浸状褐変, 3: 果肉の半分以上が水浸状褐変の4段階, 第1図)を調査した。また、既報(高田ら, 2005)に準じ、果実側面(右側)中央部の果汁糖度(屈折計, アタゴN1)と各部位の果肉硬度(圧縮試験器, 東洋ポールドウインSTM-T-50F)を測定した。

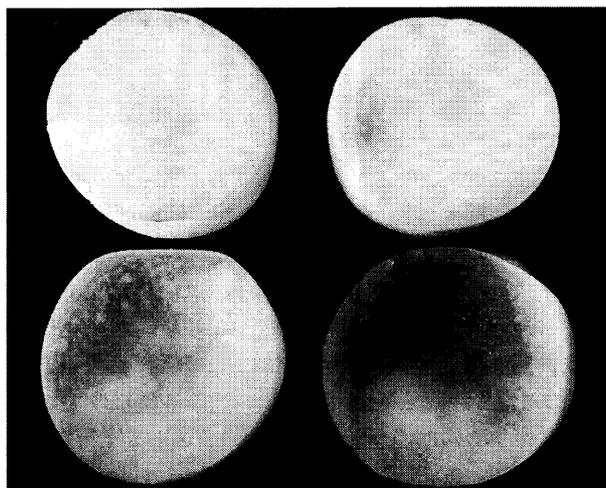
2003年：岡山大学農学部研究ほ場に栽植されている‘紅清水’(7年生1樹)と‘川中島白桃’(3年生3樹), 岡山県農業総合センター農業試験場に栽植されている‘華清水’(9年生2樹)‘清水白桃’(5年生1樹)および‘白麗’(5年生1樹), 並びに総社市の経済栽培園に栽植されている‘華清水’(11年生2樹)の収穫果を供試した。台木は、両園とも‘華清水’が野生モモ, その他の品種は‘筑波4号’であった。収穫日は、‘華清水’が7月7日~16日, ‘紅清水’が7月20日, ‘清水白桃’, ‘川中島白桃’および‘白麗’が8月6日であった。障害果の発生率が高かった‘華清水’, ‘紅清水’および‘川中島白桃’については, “あん入り”程度ごとに果肉硬度の均一(0.5 kg~1.0 kg)な果実を選び, 果肉硬度を測定した4部位の糖度を測定するとともに, 2重ガーゼで搾汁した。果汁をイオン交換樹脂

CG120(H⁺型)とIRA45(OH⁻型)を連結したカラムで分画した後, 糖含量を高速液体クロマトグラフィー(ポンプ: 日立, L-6000, 検出器: 日立, L-7490, カラム: Shodex, SP0810, カラム温度: 80°C, 溶離液: 蒸留水, 流量: 1 mL・min⁻¹)で, アミノ酸含量を完全自動型アミノ酸分析計(日本電子, JLC-300)で測定した。障害の発生時期を明らかにするため, 農業試験場と経済栽培園の‘華清水’計4樹を用いて, 果実発育第1期末から完熟期まで経時的に各樹4果を採取し, 障害発生の有無を調査した。

2004年: 農業試験場と経済栽培園に栽植されている‘華清水’(2園5樹)の収穫果について, 2002年と同様の調査を行った後, 縫合線の反対側の果肉を用い, ペクチン含量(元村・大川, 1995)とフェノール含量(Kubota, 1996)を測定した。

結果および考察

“あん入り果”は‘川中島白桃’と‘紅清水’, ‘華清水’に多かったのに対し, ‘清水白桃’と‘白麗’では少ないか全く発生せず, 発生率に品種間差のあることが明らかとなった(第1表)。「川中島白桃」では, “あん入り”と類似の症状である“みつ症”(齊藤ら, 2002; 山西, 1998)や“果肉褐変症”(東・岡田, 2001)の発生が多いことが報告されている。また, 齊藤ら(2002)や山西(1998)は, モモの“みつ症”は‘白鳳’, ‘浅間白桃’, ‘あかつき’などの中晩生品種に発生しやすいとしている。しかし, 中晩生品種でも‘長沢白鳳’では“果肉褐変症”の発生が比較的少ないこと(東・岡田, 2001)や本実験で供試した‘華清水’は早生品種であるにも関わらず“あん入り果”の発生が多いことなどから, これら障害の発生の品種間差異についてはさらに広範な品種で調査する必要がある。ニホンナシのみつ症発生は年次によって大きく異なるとされている(猪俣ら, 1993)。本実験の‘華清水’においても, 障害発生の年次変動が認められたが, この原因は本実験からは明らかでなかった。障害の発生は, いずれの品種とも縫合線の反対側に最も多く, 左右の側面部がこれに次ぎ, 縫合線側で最も少なく(第1表), 生産者や技術者の間で一般にいわれていることと符合した。安川



第1図 モモ‘華清水’の“あん入り”の程度

0: 正常(左上), 1: 果肉の一部が褐変(右上), 2: 果肉の約半分が褐変(左下), 3: 果肉の大半が褐変(右下)
各果実とも上側が果梗部で右側が縫合線側

第1表 モモ5品種の収穫果における“あん入り果”の発生率と程度別割合

年	品種	調査果実数	全体の発生率(%)	部位別の発生率(%)			程度別割合 ¹⁾ (%)			
				縫合線側	側面部 ²⁾ 左側	側面部 ²⁾ 右側	縫合線の反対側	1	2	3
2002	華清水	107	54.2	15.0	— ^{x)}	43.9	54.2	58.6	25.9	15.5
2003	華清水	108	23.1	7.4	15.7	18.5	20.4	24.0	40.0	36.0
	紅清水	46	58.7	19.6	41.3	41.3	58.7	59.3	25.9	14.8
	清水白桃	20	10.0	0.0	0.0	0.0	10.0	100.0	0.0	0.0
	川中島白桃	29	79.3	31.0	65.5	51.7	72.4	19.0	14.3	66.7
	白麗	20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2004	華清水	117	37.6	5.1	26.5	25.6	35.9	53.3	33.3	13.3

²⁾ 果頂部を上にして縫合線を中心に左側と右側

¹⁾ 1(軽微)~3(甚大), 第1図参照

^{x)} 調査せず

(2003)も、モモの“みつ症”は主に果肉中央部に発生し、縫合線部での発生は少ないとしている。“あん入り”発生が果実内の部位によって異なる原因は明らかでないが、後述するように発生率の高い縫合線の反対側や果実側面部は糖度も高いことから、“あん入り”発生の部位による違いには果実内での糖蓄積の差異が関係しているかも知れない。

本実験において、障害果は正常果と比べて果実重と糖度が優れ、果肉硬度が低かった(第2表)。この結果は、既に報告されているモモの“みつ症”や“果肉褐変症”の特徴とほぼ一致した(東・岡田, 2001; 齊藤ら, 2002; 山西, 1998; 安川, 2003)。このような“あん入り果”の特徴は正常果よりも熟度が進んでいることを意味しており、この障害が一種の過熟現象である可能性を示唆している。ニホンナシでもみつ症果は、果肉が先熟する傾向にあり、果肉硬度も低いとされている(猪俣ら, 1993)。

障害果の発生率が高かった‘華清水’、‘紅清水’および‘川中島白桃’の障害果について、各部位の糖度を調査し

第2表 モモ3品種の収穫果における“あん入り”程度別の果実重、糖度および果肉硬度

年	品種	あん入りの程度	果実重 (g)	糖度 ^z (°Brix)	果肉硬度 (kg)		
					縫合線側	側面部 (右側)	縫合線の反対側
2002	華清水	0	260.4 b ^y	9.5 c	— ^x	1.43 a	1.03 a
		1	264.6 ab	10.7 b	—	0.49 b	0.49 b
		2	276.0 ab	12.3 a	—	0.38 b	0.40 b
2003	華清水	0	306.5 b	10.2 b	2.11 a	2.97 a	2.00 a
		1	307.8 ab	12.6 a	0.78 b	1.29 b	0.73 b
		2	343.5 a	12.7 a	1.10 b	1.27 b	0.68 b
	紅清水	0	304.8 a	12.1 b	1.64 a	1.38 a	1.57 a
		1	318.8 a	13.5 a	0.67 b	0.36 b	0.42 b
		2	300.5 a	13.9 a	1.30 a	1.10 a	0.90 ab
	川中島白桃	0	319.6 a	14.0 a	0.43 b	0.55 b	0.59 b
		1	368.6 a	12.8 b	3.34 a	3.43 a	2.56 a
		2	368.7 a	14.4 a	1.10 b	0.79 c	1.65 b
2004	華清水	0	375.5 a	14.9 a	3.15 a	1.70 b	1.09 bc
		1	375.4 a	15.1 a	1.92 b	1.19 bc	0.67 c
		2	267.2 b	11.9 c	1.89 a	2.17 a	1.91 a
	華清水	1	311.9 a	13.2 b	1.17 b	1.14 b	1.01 b
		2	298.6 a	14.6 a	1.05 b	0.97 bc	0.72 b
		3	338.8 a	14.8 a	0.82 b	0.66 c	0.73 b

^z果実側面(右側)の果肉中央部を測定

^y同一年度、同一品種内において異なる文字間に5%水準で有意差あり(Tukey検定)

^x調査せず

第3表 モモ3品種の“あん入り果”における各部位の糖度

年	品種	糖度 (°Brix) ^z			
		縫合線側	側面部		縫合線の反対側
			左側	右側	
2003	華清水	10.6 c ^y	13.0 a	13.1 a	11.9 b
	紅清水	11.1 b	13.3 a	13.5 a	13.5 a
	川中島白桃	12.7 b	14.9 a	14.5 a	14.1 a
2004	華清水	12.2 b	14.3 a	14.4 a	13.9 a

^z各品種とも“あん入り”程度1~3の果実の平均値

^y各品種内において異なる文字間に5%水準で有意差あり(Tukey検定)

た結果、いずれの品種とも左右の側面部と縫合線の反対側で高い一方、縫合線側で低かった(第3表)。この結果は、モモ果実の糖度を部位別に調査した加藤の報告(1984)と一致した。前述のように、“あん入り果”の発生が縫合線の反対側や側面部で多かったことから、部位別の糖含量の差は“あん入り”の発生と密接に関係していると推察される。本実験において主要な糖はスクロースとフルクトースで、グルコースとソルビトールは著しく少なかった(第4表)。障害果ではスクロースとソルビトールが正常果よりも多かった。しかし、齊藤ら(2002)は、モモの“みつ症”果ではスクロースの含量は正常果と差がない一方、ソルビトールの含量は高いとしている。ニホンナシやリンゴでもみつ症発生部位はソルビトールが多いとされている(Williams, 1966; Yamakiら, 1976)が、一方リンゴのみつ症発生とソルビトール蓄積の間には関係がないとの報告もあり(Yamada・Kobayashi, 1999)、両者の関係については更に検討する必要がある。

本実験において‘華清水’の最も主要なアミノ酸はアスパラギンで、次いでアラニン、セリン、グルタミンなどが多かった(第5表)。各部位とも、組成比と障害発生との関係は明確でなかったが、障害果では全アミノ酸とアスパラギンの含量が正常果に比べて有意に少なかった。モモ果実の全アミノ酸含量とアスパラギン含量は果実の成熟にともなって増加し、完熟期にピークに達した後、過熟期に入ると減少するとされている(垣内ら, 1981)。これらの事実は、前述の低い果肉硬度とともにこの障害が一種の過熟現象であることを示唆しているかも知れない。なお、‘紅清水’と‘川中島白桃’の“あん入り果”における糖とアミノ酸の含量と組成も‘華清水’と同様の結果で、これらに品種による差はなかった(データ省略)。

‘華清水’における水溶性ペクチンは障害程度の激しい果実が正常果よりも有意に多かったのに対し、塩酸可溶性ペクチンはこの逆であった(第6表)。齊藤ら(2002)も‘白鳳’について、これと同様の結果を得ている。全フェノール含量は、障害果が正常果よりも有意に多かったが、程度による差は認められなかった(第6表)。これは、Leeら(1990)がモモの酵素的褐変で報告しているように、障害の進行にともなうポリフェノールの酸化が関係しているかも知れない。

‘華清水’について“あん入り”の発生する時期を調査したところ、“あん入り”症状は収穫熟度に達した果実で初めて認められた(データ省略)。ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生には開花80~100日後の温度が関係するとされていること(猪俣, 1993)、モモの“みつ症”発生にも成熟期の温度が関係するとの考えがあること(山西, 1998)などから、その問題解決にはこうした側面からの解析も重要と考える。

以上のように、モモの“あん入り果”は縫合線の反対側や果実側面部に発生しやすく、また正常果に比べて果実

第4表 モモ‘華清水’収穫果の各部位における“あん入り”程度別の糖含量とその組成比

部位	あん入りの程度 ^z	糖含量 (mg · mL ⁻¹) と組成比 ^y				
		スクロース	フルクトース	グルコース	ソルビトール	全糖
縫合線側	0	52.2 c ^x (71.8)	19.3 a (26.5)	1.2 a (1.7)	t ^w	72.9 b (100)
	1	55.5 b (70.1)	21.6 a (27.3)	t	2.1 b (2.7)	79.2 ab(100)
	2	70.0 a (74.3)	20.8 a (22.2)	1.3 a (1.5)	2.1 b (2.0)	94.2 a (100)
	3	70.8 a (72.7)	21.3 a (21.9)	0.9 a (0.9)	4.4 a (4.5)	97.4 a (100)
側面部 (右側)	0	66.2 b (76.0)	20.3 a (23.3)	t	0.6 b (0.7)	87.1 b (100)
	1	75.8 a (73.1)	21.2 a (20.4)	t	6.7 a (6.5)	103.7 a (100)
	2	72.5 ab(70.6)	21.8 a (21.2)	1.8 a (1.7)	6.6 a (6.4)	102.7 a (100)
	3	82.1 a (75.7)	22.3 a (20.6)	1.5 a (1.4)	2.5 at(2.3)	108.4 a (100)
縫合線の反対側	0	57.3 c (75.8)	18.3 b (24.2)	t	t	75.6 b (100)
	1	65.4 bc(75.9)	20.8 ab(24.1)	t	t	86.2 b (100)
	2	87.7 a (76.3)	22.8 a (19.8)	t	4.4 a (3.8)	114.9 a (100)
	3	70.8 b (71.7)	22.4 a (22.7)	1.2 (1.2)	4.4 a (4.5)	98.8 ab(100)

^z 程度0については障害果と同程度の硬度の果実を用いた^y 括弧内は組成比^x 各部位における各糖含量の異なる文字間に5%水準で有意差あり (Tukey検定)^w trace (微量)

第5表 モモ‘華清水’収穫果の各部位における“あん入り”程度別のアミノ酸含量とその組成比

部位	あん入りの程度 ^z	アミノ酸含量 (μmol · mL ⁻¹) と組成比 ^y						全アミノ酸
		アスパラギン	アラニン	セリン	グルタミン	γ-アミノ酪酸	その他	
縫合線側	0	10.4 a ^x (74.8)	0.9ab (6.5)	0.6 a (4.3)	0.6 a (4.4)	0.3 a (1.9)	1.1 a (8.1)	13.9 a (100)
	1	9.3 b (78.7)	0.7 b (6.0)	0.5 a (4.3)	0.5 a (4.2)	0.3 a (2.3)	0.5 b (4.5)	11.8 b (100)
	2	8.9 b (75.4)	0.9 b (7.6)	0.6 a (4.8)	0.5 a (4.6)	0.3 a (2.6)	0.6 b (5.0)	11.8 b (100)
	3	9.3 b (73.8)	1.1 a (8.7)	0.6 a (4.8)	0.6 a (4.8)	0.3 a (1.7)	0.6 b (6.2)	12.6 ab(100)
側面部 (右側)	0	9.7 a (75.8)	0.6 a (4.7)	0.6 a (4.7)	0.5 a (3.9)	0.4 a (2.7)	1.1 a (8.2)	12.8 a (100)
	1	9.4 a (79.0)	0.6 a (4.9)	0.5 a (4.4)	0.5 a (4.1)	0.3 a (2.8)	0.6 b (4.8)	11.9 ab(100)
	2	7.3 b (76.3)	0.6 a (6.3)	0.5 a (5.1)	0.4 a (4.0)	0.3 a (2.8)	0.5 b (5.5)	9.6 b (100)
	3	8.0 ab(76.2)	0.5 a (4.8)	0.4 a (3.9)	0.5 a (4.7)	0.3 a (3.0)	0.8 ab (7.4)	10.5 b (100)
縫合線の反対側	0	9.1 a (74.0)	0.9 ab (7.3)	0.6 a (4.9)	0.7 a (5.7)	0.3 a (2.4)	0.7 b (5.7)	12.3 a (100)
	1	7.3 b (74.4)	0.6 b (6.3)	0.5 a (5.1)	0.5 a (5.0)	0.3 a (3.3)	0.6 b (5.9)	9.8 b (100)
	2	6.9 b (69.7)	0.8 b (8.1)	0.6 a (5.8)	0.4 a (4.3)	0.3 a (3.9)	0.8 ab (8.2)	9.9 b (100)
	3	5.3 b (57.0)	1.2 a (13.0)	0.6 a (6.6)	0.5 a (5.2)	0.3 a (3.4)	1.4 a (14.8)	9.3 b (100)

^z 程度0については障害果と同程度の硬度の果実を用いた^y 括弧内は組成比^x 各部位における各アミノ酸含量の異なる文字間に5%水準で有意差あり (Tukey検定)

第6表 モモ‘華清水’の収穫果における“あん入り”程度別のペクチン含量とその組成比および全フェノール含量

あん入りの程度 ^z	ペクチン含量 ^y (mg · g ⁻¹ FW) と組成比 ^x				全フェノール含量 (μg · g ⁻¹ FW)
	WS	PS	HS	全ペクチン質	
0	1.30 b ^w (54.6)	0.14 a (5.9)	0.94 a (39.5)	2.38 b (100)	375.1 b
1	1.42 ab(57.9)	0.13 a (5.7)	0.88 ab(36.4)	2.43 ab(100)	445.2 a
2	1.49 a (62.1)	0.13 a (5.2)	0.80 ab(32.7)	2.42 ab(100)	446.6 a
3	1.66 a (64.1)	0.17 a (6.6)	0.76 b (29.3)	2.59 a (100)	464.5 a

^z 程度0については障害果と同程度の硬度の果実を用いた^y WS: 水溶性ペクチン, PS: ヘキサメタリン酸ナトリウム可溶性ペクチン, HS: 塩酸可溶性ペクチン^x 括弧内は組成比^w 列内の異なる文字間に5%水準で有意差あり (Tukey検定)

が大きい傾向であり、全糖、スクロース、ソルビトールおよび水溶性ペクチン含量が高い一方、果肉硬度や塩酸可溶性ペクチン含量が低かった。これらの結果は、岡山県以外の産地で報告されているモモの果肉障害、すなわち山梨(齊藤ら, 2002)や長野(山西, 1998)の“みつ症”, 熊本の“果肉褐変症”(東・岡田, 2001)などの特徴とほぼ一致することから、これらは同一の障害と結論づ

けられる。本障害は、収穫熟度に達した果実の果肉が褐変をとまなう水浸状の症状を呈するのが最大の特徴で、収穫時には褐変しないが長期間の貯蔵中に褐変化しやすいリンゴのみつ症とは特徴が異なった。また、仁果類のリンゴやニホンナシでみつ症の英名として用いられている“Water-core”を核果類のモモに適用した場合、障害の発生部位に齟齬をきたす。そこで、本障害は“水浸状果肉褐変症 (Water-soaked brown flesh)”と呼称するのが適当と考える。

摘 要

モモの成熟果の果肉が水浸状になって褐変する“あん入り症”について、その特徴ならびに障害発生の品種および年次間差などを調査した。障害発生率は‘川中島白桃’, ‘紅清水’および‘華清水’で高かった。‘華清水’では発生率が年によって変動した。障害発生は、いずれの品種も縫合線の反対側に多く、側面部がこれに次ぎ、縫合線側で少なかった。障害果は正常果よりも果実重が優れ、全

糖, スクロース, ソルビトール, 水溶性ペクチンおよび全フェノールの含量が多い一方, 果肉硬度, 全アミノ酸含量および塩酸可溶性ペクチン含量が少なかった. 糖含量は果実の部位によって異なり, 側面部で最も多く, 縫合線の反対側がこれに次ぎ, 縫合線側で少なかった. 障害果は果実が収穫熟度に達して初めて認められた. 以上の結果から, モモの“あん入り症”は他産地で報告されている“みつ症”や“果肉褐変症”と同一の障害であると考えられ, 共通の用語として“水浸状果肉褐変症”を提案した.

謝辞 本研究を行うに当たり, モモ果実を提供して頂いた栽培農家の各位に謝意を表します. また, 圧縮試験器の使用に便宜をはかって頂いた岡山大学農学部教授稲葉昭次博士, 同助教授久保康隆博士および同助手中野龍平博士に厚く御礼申し上げます.

引用文献

- 東 光明・岡田眞治. 2001. 中晩生モモの果肉褐変症に関する研究. 第1報. 果実形質と果肉褐変症との関係. 九農研. 63: 228.
- 猪俣雄司・村瀬昭治・長柄 稔・篠川侶雄・及川 悟・鈴木邦彦. 1993. ニホンナシ‘豊水’のみつ症の発生条件の解明に関する研究. 園学雑. 62: 257-266.
- 垣内典夫・時田鉄二・田中敬一・松田好祐. 1981. モモ果実の熟度と呼吸, エチレン生成及び諸成分との関係. 果樹試験報 A. 8: 57-77.
- 加藤公道. 1984. 果実品質を左右する条件. p. 43-48. 農業技術体系. 果樹編6(モモ, ウメ, スモモ, プルーン, アンズ). 農文協. 東京.
- 河原 拓・千 種粥・田邊賢二・田村文男・板井章浩. 2005. ニホンナシ‘秋栄’果実のみつ症発生機構に関する研究. 鳥取大農日本梨開発実験室報告. 12:1-30.
- Kubota, N. 1996. Phenolic content and L-phenylalanine ammonia-lyase activity in peach fruit. p. 81-95. In: H. F. Linskens and J. F. Jackson (eds.). *Modern Methods of Plant Analysis*. Vol. 18. Fruit Analysis. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.
- 久保田尚浩・内倉康幸・高田大輔・福田文夫・笹邊幸男・藤井雄一郎. 2004. モモ果実の生理障害“あん入り症”の特徴. 園学雑. 73(別2): 130.
- Lee, C. Y., V. Kagan, A. W. Jaworski and K. Brown. 1990. Enzymatic browning in relation to phenolic compounds and polyphenoloxidase activity among various peach cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 38: 99-101.
- 元村佳恵・大川 亘. 1995. 植物有機成分分析実験. 2. 炭水化物の定量. p. 288-297. 日向康吉・羽柴輝義編. 植物生産農学実験マニュアル. ソフトサイエンス社. 東京.
- 岡山県うまいくだものづくり推進本部. 2003. 果樹栽培指針. 全国農業協同組合連合会岡山県本部. 岡山.
- 齊藤典義・古屋 栄・猪俣雅人. 2002. モモ果実に発生した障害「みつ症」の特徴. 園学雑. 71(別1): 210.
- 高田大輔・田上健太郎・福田文夫・久保田尚浩. 2005. モモ果実の生理障害“赤肉症”の特徴. 園学雑. 74: 407-413.
- Williams, M. W. 1966. Relationship of sugars and sorbitol to watercore in apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 88: 67-75.
- 山田 寿. 2002. 生理障害・自然災害・病虫害. p. 218-234. 水谷房雄編. 最新果樹園芸学. 朝倉書店. 東京.
- Yamada, H. and S. Kobayashi. 1999. Relationship between watercore and maturity or sorbitol in apples affected by preharvest fruit temperature. *Scientia Hort.* 80:189-202.
- Yamaki, S., I. Kajiura, M. Omura and K. Matsuda. 1976. Watercore in Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder var. ‘Culta’ Rehder). II. Chemical changes in watercored tissue. *Scientia Hort.* 4: 271-277.
- 山西久夫. 1998. モモの果実品質に及ぼす気象の影響. 果実日本. 53(5): 42-45.
- 安川博之. 2003. モモ果肉障害の要因と耕種的防止対策. 農研だより. 92(夏): 2-3.