

果実の成熟・品質の制御 ー果肉の水浸症状発生の制御ー

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所 樫村芳記

1. はじめに

リンゴなど多くの果実は、柔組織によって果肉が形成されている。柔組織は、薄い細胞壁で囲まれた多面体状の柔細胞で構成されているが、果肉では果実の成熟に伴ってこれらの細胞間に隙間が生じる。リンゴ等の果実では、通常、このような細胞間隙は空気で満たされているが、何らかの原因により空気ではなく水分で満たされると、果肉は透明感のある水浸状を呈する。気泡を多く含んだ氷は白く濁って見えるが、気泡を含まない氷は透き通って見えることと同様である。

リンゴ果実におけるこのような症状は、一般に「みつ」、「みつ入り」と呼ばれる。リンゴのみつは熟度の進んだ果実ほど入りやすいため、我が国では完熟果実、高品質果実であることを示すものとして肯定的に捉えられている。ただし、著しくみつの入った果実は、貯蔵中に果肉褐変を起こしやすく、貯蔵向け果実の生産においては生理障害の一つと見なされる。なお、リンゴの水浸症状は、未熟な果実でも発生することがあり「早期みつ」等と呼ばれる。

一方、日本ナシでは、「豊水」等の成熟果実において気象条件により水浸症状が多発することがあり、本症状は「みつ症」と呼称される。みつ症発生部位は、流通中に変色し、時には組織が崩壊し空洞を生じることもあるため、発生果実

の商品性は皆無に等しい。

また、近年、モモにおいても熟度の進んだ果実で果肉が水浸状を呈し、褐変する障害の発生が増加しており大きな問題となっている。本障害は、日本ナシのみつ症に類似していることから、同様に「みつ症」と呼ばれることが多い。

以上のように、リンゴ、日本ナシ、モモの果実では、果肉に水浸症状が発生することがあり、商品性低下につながることも多いため、発生機構の解明や発生制御技術の開発が進められている。ここでは、これらの水浸症状について、発生の様態や生理活性物質の影響等を主体に、これまでに得られている知見について概説する。

2. リンゴ

リンゴ果実におけるみつの発生程度は品種によって大きく異なり、我が国の主力品種である「ふじ」は最もみつの発生しやすい品種の一つである。一方、「つがる」や「王林」等ではほとんど発生しない。みつは、多くの場合は成熟果実の果心部付近に発生するが、果実の熟度とは関係なく夏季の高温期に果肉部に発生することもある。通常、リンゴのみつと言えば前者を指し、後者は「早期みつ early watercore」、「高温誘導みつ症 high temperature-induced watercore」等として区別される(福田, 1989; Yamada et al., 2005)。ここでも、この区分

にしたがって解説する。

1) みつ

①発生の様態

欧米では、リンゴ果実に発生するみつを‘watercore’と呼ぶが、必ずしも果心 (core) に発生するわけではなく、がく維管束や花弁維管束から果肉 (皮層) 内に放射状に広がる場合も多い (Brown, 1943)。みつの入りやすい部位は、品種によって異なり、「ふじ」では主に果心部に、「デリシャス」や「紅玉」では主に果肉部に発生する (福田ら, 1979)。また、このようなみつの入り方は、産地によっても異なり、ニュージーランド国内の寒冷地と暖地における「ふじ」のみつ入りを比較すると、寒冷地では果心部主体にみつが入るのに対し、暖地では主に果肉内に放射状に発生する (Clark et al., 1998; Harker et al., 1999)。みつ入りは成熟期の低温によって促進されるが (Williams and Billinsley, 1973; 苦名・山田, 1988; Yamada et al., 1994; Yamada and Kobayashi, 1999), 「ふじ」では、果心部のみつ入りは、果肉部のみつ入りに比べて低温による促進程度が大きいことが実験的に明らかにされており (写真-1) (檜村ら, 1992), 産地によるみつの入り方の違



写真-1 成熟期の気温がリンゴ「ふじ」のみつ入りに及ぼす影響
(左: 昼温 20℃-夜温 10℃、
右: 昼温 15℃-夜温 5℃)

いは、温度条件の相違に依るものと推測される。

リンゴのみつは、樹上でのみ発生し、貯蔵後は急激に消失するが、収穫時におけるみつ入りの程度が著しいほど貯蔵中に果肉の褐変を生じやすい (Lord and Southwick, 1964)。このような、みつ入り果において貯蔵中に発生する内部褐変は「みつ褐変 watercore breakdown」と呼ばれる (Smock, 1977)。みつ褐変は、みつが消失した後に増加し (Lord and Damon, 1966; Bramlage and Thompson, 1967), 褐変部位にみつが残存することは少ない。なお、褐変部位にみつを含む場合のみをみつ褐変と呼ぶこともある (福田, 1977)。みつの入った果実はアセトアルデヒド含量が高く、褐変との因果関係が疑われているが、詳細は明らかとなっていない (Smagula and Bramlage, 1977)。

みつの入った果肉組織では、細胞間隙にソルビトールやショ糖が蓄積する傾向が認められる (Williams, 1966)。特に、リンゴ等バラ科植物における主要な転流糖であるソルビトールの含量はみつ発生部位で顕著に高い。このため、リンゴのみつは、ソルビトールの蓄積により細胞間隙の浸透圧が高まる結果、水分が引き寄せられることにより発生するものと考えられている。細胞間隙にソルビトールが蓄積する機構としては、①細胞膜等の劣化による細胞内からのソルビトールの溶出、②細胞内におけるソルビトール代謝活性の低下による取り込み量の減少、③ソルビトールの細胞内への取り込み活性の低下などが考えられている。①については、「ひめかみ」に低温処理を行ってもみつ入りは促進されるものの K^+ の溶出速度には影響が見られないなど否定的な知見が多い (Yamada and Kobayashi, 1999)。また、果実における

ソルビトール代謝の鍵となるソルビトール脱水素酵素の活性には、みつが入りやすい品種と入りにくい品種との間で差は認められず、みつ入りとの関係は明らかでない (Marlow and Loescher, 1985)。一方、みつの入った果実では、細胞へのソルビトール取り込みを担っているソルビトール・トランスポーターの遺伝子発現が抑制されていることが報告されている (Gao et al., 2005)。このように、みつ入りの機構については未だ不明な点が多く、今後の研究に待つところが多い。

②生育調節剤による発生制御

みつ入りは、果実の成熟が進むに伴い進展することから、果実の成熟を促進あるいは遅延する生

理活性物質の影響を受ける。リンゴは、典型的なクライマクテリック型果実であり、成熟はエチレンによって促進される。このため、エチレン発生剤であるエテホンはみつ入りを促進し、エチレン生合成阻害剤である aminoethoxyvinylglycine (AVG) や aminoxy acetic acid (AOA) はみつ入りを抑制する (表-1, 表-2) (Couey and Williams, 1973; Drake et al., 2005)。エテホン同様に果実の成熟を促進する 2,4-DP や NAA などのオーキシン様生理活性物質もみつ入りを促進する (表-3) (福田ら, 1985)。一方、ジベレリン生合成阻害剤であるダミノジッドは、みつ入りを遅延させるが、これも果実成熟を遅らせる結果

表-1 エテホンおよびエチレン生成抑制剤がリンゴ「デリシャス」のみつ入りに及ぼす影響

	みつ入り指数 (0~5)	果肉硬度 (lb)	糖 度	酸含量 (g/100ml)	果心内エチレン濃度 (μ l/l)
無 処 理	2.4	16.0	12.3	0.36	27.90
エテホン (300ppm) ^z	4.0	17.3	13.2	0.37	83.90
AVG (4mM) ^x	0.8	16.1	11.5	0.39	0.08
AOA (5mM) ^x	1.8	15.9	12.3	0.37	2.66

^z成分濃度 ^y収穫 29 日前に散布。

(樫村, 未発表)

^x収穫 17 日前から 4 日毎に計 5 回散布。

表-2 AVG およびエテホンがリンゴ「デリシャス」のみつ入りに及ぼす影響

	みつ入り果率 (%)	果心内エチレン濃度 (mg/l)
無 処 理	8.0	2.9
AVG ^z	3.0	0.2
AVG ^z +エテホン150mg/L ^y (2WBH ^x)	13.0	0.3
AVG ^z +エテホン300mg/L ^y (2WBH ^x)	10.0	0.7
AVG ^z +エテホン150mg/L ^y (1WBH ^x)	7.0	0.3
AVG ^z +エテホン300mg/L ^y (1WBH ^x)	12.5	0.3

^z濃度 125mg/L で収穫 4 週間前に散布。

(Drake et al., 2005)

^y成分濃度 ^xエテホンを収穫の 2 週間前又は 1 週間前に散布。

表-3 オーキシン様生理活性物質がリンゴ「デリシャス」のみつ入りに及ぼす影響

	みつ入り指数 (0~4)	果肉硬度 (lb)	糖 度	酸含量 (g/100ml)
無 処 理	2.5	15.3	12.1	0.31
2,4-DP 30ppm $\times$ 2 ^z	3.5	15.6	12.9	0.31
2,4-DP 45ppm $\times$ 2 ^z	3.7	15.9	13.0	0.32
NAA 20ppm ^y	3.2	15.3	12.5	0.32

^z収穫 25 日前および 15 日前に散布。

(福田ら, 1985)

^y収穫 15 日前に散布。

表-4 Daminozide がリンゴ「デリシャス」のみつ入りに及ぼす影響

処理濃度 ^z (ppm)	みつ発生果率(%)			果肉硬度 (lb)	糖 度
	満開後日数				
	160	167	174	(満開160日後)	
0	56	78	89	17.1	11.8
1000	8	35	57	18.9	11.2
2000	16	50	74	19.0	11.2

^z 満開 14 ~ 20 日後に散布.

(Batjer and Williams, 1966)

表-5 ホウ素がリンゴ「紅玉」のみつ入りおよび果肉褐変に及ぼす影響

^z ホウ素資材 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (78%) + $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (20%)) の 0.12% 水溶液を満開日から 5 日毎に散布.
(Bramlage and Thompson, 1962)

散布回数 ^z	みつ発生果率 (%)	果肉褐変果率(%)	
		貯蔵期間(週)	
		8	15
0	0.0	2.6	3.4
2	0.4	2.2	4.0
3	2.6	5.0	7.0
4	3.6	2.6	8.6
5	4.6	8.2	21.6

表-6 ホウ素およびカルシウムがリンゴ「ふじ」のみつ入りに及ぼす影響

	みつ入り指数 (0~5)	果肉硬度 (lb)	糖 度	酸含量 (g/100ml)
無 処 理	3.3	11.7	13.7	0.352
Ca 散布 ^z	3.3	11.4	13.6	0.355
Ca+B 散布 ^y	4.4	13.6	13.2	0.318

^z 5月27日、6月6日、6月20日、8月4日、8月26日に0.4%ギ酸カルシウムをそれぞれ散布.^y 5月27日、6月6日に0.4%ホウ酸および0.4%ギ酸カルシウムの混合液を、

6月20日、8月4日、8月26日に0.4%ギ酸カルシウムをそれぞれ散布.

(福元ら, 1989)

と考えられる (表-4) (Batjer and Williams, 1966)。ダミノジッドは、エテホンによるみつ入り促進も抑制する (Greene et al, 1977)。

また、リンゴのみつ入りはホウ素によって促進されることが明らかにされている (表-5, 表-6) (Bramlage and Thompson, 1962; 福元ら, 1989; 福元, 1992)。ホウ素処理はみつ入りだけでなく、酸含量の減少、エチレン生成の増加も促進するが、果肉の軟化は抑制する。なお、ホウ素の処理は、果心褐変等の過剰障害を引き起こすおそれがあるため注意を要する。過剰障害を引き起こすことなく「ふじ」のみつ入りを促進するには、8月下旬から9月上旬に0.1%のホウ素を葉面散布するとともに、連年処理を避けることが適当とされている (福元, 1992)。

カルシウム剤は、日本ナシのみつ症を軽減することが報告されているが、リンゴのみつ入りに対する影響はほとんど認められない (表-6) (福田, 1977; 福元ら, 1989)。

2) 早期みつ

早期みつは、7月~9月の高温期に発生すること、樹冠外周部に着生した果実に発生が多いことなどから高温障害の一種ではないかと考えられている。海外では、早期みつでも発生部位が褐変することが報告されているが、我が国では、ほとんどが収穫期までに消失し、褐変することもないため実害を生じることはない (福田, 1989)。早期みつの発生程度にも品種間差があり、主要品種では「つがる」、「王林」などで発生し、成熟期にみつが入りやすい「ふじ」で

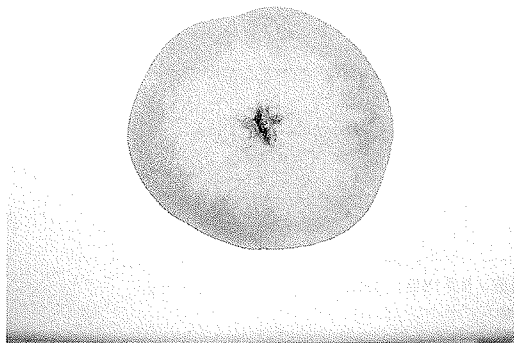


写真-2 日本ナシ「豊水」のみつ症

は発生しない (Yamada et al., 2005)。早期みつにおいても、成熟期のみつと同様に発生に伴うソルビトール含量の増加が報告されている (Yamada et al., 1998 ; Yamada et al., 2001)。

3. ナシ

我が国における主力品種の一つである「豊水」では、成熟果実において水浸症状が激発することがある (写真-2)。本症状は、維管束周辺に発生が多いこと、発生部位にソルビトールが蓄積すること、成熟に伴い発生すること、貯蔵中に消失することなどリンゴのみつと類似点が多いことから「みつ症 watercore」と呼ばれる (Kajiura et al., 1976)。ただし、「豊水」のみつ症発生部位は、リンゴとは異なり短期間のうちに褐変するだけでなく、組織が崩壊して空洞を生じることもある (Kajiura et al., 1976)。このため、みつ症発生果の商品性は著しく低く、生産現場では大きな問題となっている。一方、「新高」でも同様な障害の発生が問題となっているが、「豊水」のみつ症は成熟期の低温によって促進されるのに対し、「新高」では8月～9月の高温乾燥で促進されることから、地球温暖化による発生の増加が懸念されている。

1) 「豊水」

①発生の様態

「豊水」のみつ症は、果皮直下の果肉、特にていあ部側の果皮直下に発生することが多い (写真-2)。症状が激しい場合を除き、外観から発生の有無を判別することは困難である。

みつ症は冷夏の年に多発する傾向にある (山崎, 1983)。夏季の低温は、地色の変化よりも果肉の成熟を促進するため、いわゆる「果肉先熟 (外観よりも果肉の成熟が先行した状態)」となる結果、みつ症の発生が増加するものと考えられている。7月 (満開80～100日後) に高温処理と低温処理を行い、地色の同じ果実を比較すると、みつ入り、比重や果肉硬度の低下何れもが低温により促進されたことから (猪俣ら, 1993)、この時期の低温は果肉の成熟を特異的に促進し、みつ入りを助長するものと考えられる。なお、低温に遭遇させる前の6月に高温処理するとみつ症の発生がさらに促進される傾向が報告されている (猪俣ら, 1993)。みつ症発生と気象条件との関係を統計的に解析した結果からも、みつ症の発生率は、満開91～100日後の最高気温が低いほど高く、満開11～20日後又は満開21～30日後の最低気温が高いほど高いとの相関関係が認められている (川瀬ら, 1995)。なお、みつ症の発生を促進する7月の低温処理やジベレリン (以下、「GA」)、エテホンの処理は、何れも果肉組織からのK⁺溶出速度の上昇時期を早めることから、みつ症発生には膜の透過性が関与する可能性が示唆される (猪俣ら, 1993)。

気温の影響ほど明確ではないが、みつ症は、黒ボク土壌で発生が多く、灰色低地土では少ない傾向が報告されている (折本・佐久間, 1993)。また、発生を促進する栽培条件としては、過剰

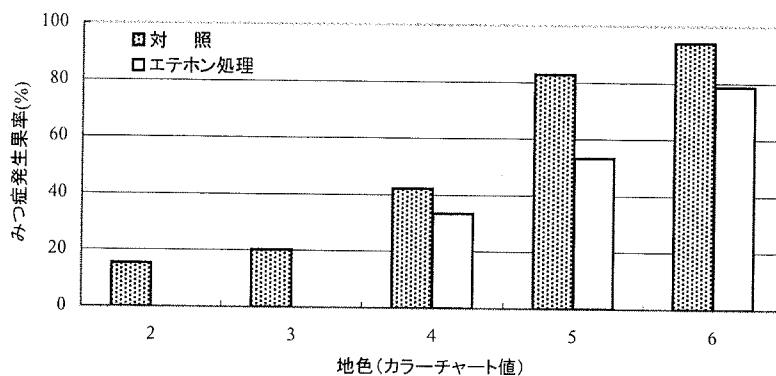
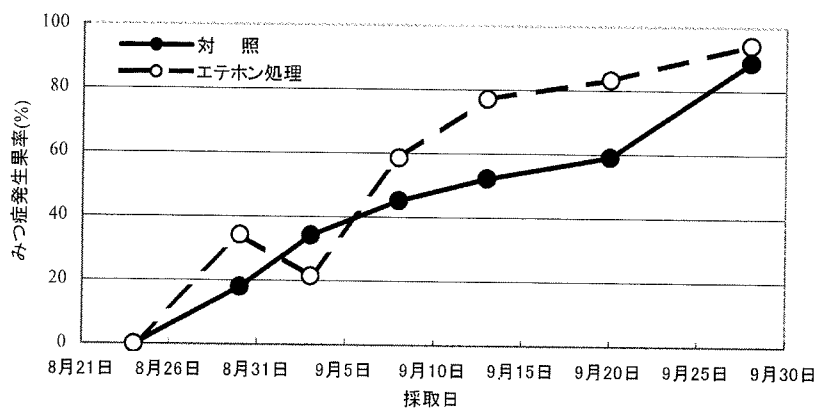


図-1 エテホンが日本ナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす影響

※ エテホン(成分濃度で100ppm)を満開114日後に散布。

(木村ら, 1977)

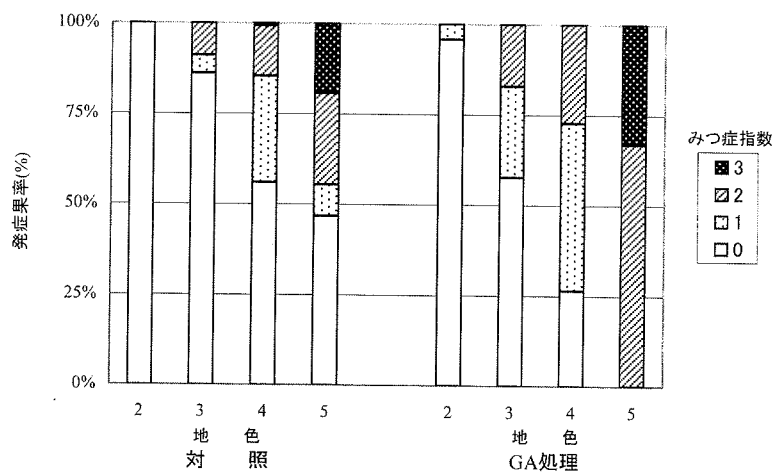


図-2 GA処理が日本ナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす影響

※ GA処理はGA36%を含む粘着テープを5月15日に果梗部へ貼付。

(猪俣ら, 1993)

な施肥(佐久間ら, 1996)や強度の摘果(佐久間ら, 1998)が指摘されている。

②生育調節剤による発生制御

「豊水」のみつ症も、リンゴのみつと同様にエテホンによって発生が促進される(図-1)(木村ら, 1977; 猪俣ら, 1993; 猪俣ら, 1999)。ただし、エテホン処理した果実と無処理の果実について地色を揃えて比較すると、みつ症の発生は、むしろ処理果実で少ない傾向にある(図-1)(木村ら, 1977)。したがって、エテホンは成熟を促進することによりみつ症の発生時期を前進させるものであり、発生傾向を高めるものではないと考えられる。また、植物体内の生合成系におけるエチレンの前駆物質である1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC)も成熟を促進し、みつ入りを助長することが報告されている(佐久間ら, 1999; 梅谷ら, 1999)。

一方、塗布剤が日本ナシの成熟促進、果実肥大促進に用いられるGAは、みつ症発生を顕著に促進することが明らかにされている(図-2)(猪俣ら, 1993)。GA処理は、エテホンとは異なり同じ地色の無処理果と比較してもみつ症発生率が高く(図-2)(猪俣ら, 1993)、果肉の成熟を特異的に促進するものと考えられる。夏季の低温は果実のGA含量を高めることから(猪俣ら, 1996)、このような気象条件下におけるみつ症の多発にはGAが関与していることが推測される。GAのみつ症発生促進効果は、処理濃度が高いほど高く(図-3)、満開4~6週後の処理で特に効果が高い(図-4)(佐久間ら, 1995)。なお、この処理時期は、ジベレリン塗布剤の使用時期として登録されている期間(満開30~40日後)と一致する。

みつ症の発生はGAにより助長されることが

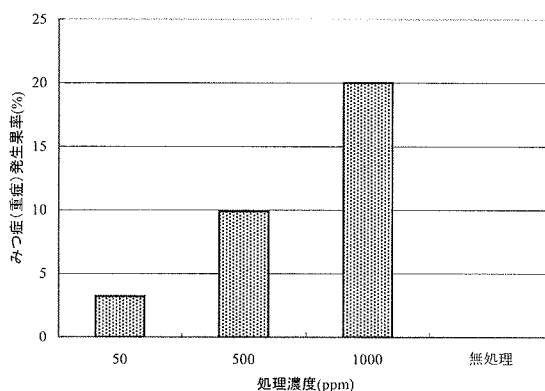


図-3 GAの処理濃度が日本ナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす影響

※ ジベレリン溶液を果実に散布。

(佐久間ら, 1995)

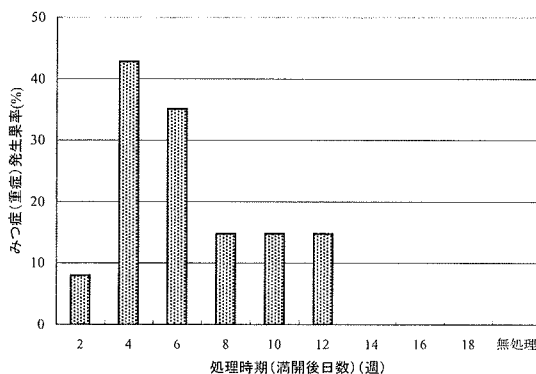


図-4 GAの処理時期が日本ナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす影響

※ ジベレリン塗布剤を果梗に30mg塗布

(佐久間ら, 1995)

ら、ジベレリンの生合成阻害剤による発生制御について検討がなされ、パクロブトラゾール(前川・輪田, 1992; 梅谷・佐久間, 1993; 佐久間ら, 1995; 猪俣ら, 1996)やプロヘキサジオンカルシウム塩(猪俣ら, 1996)の処理で顕著な抑制効果が認められている(図-5)。ただし、パクロブトラゾールは、新梢伸長の抑制に加えて、果実重の減少等の品質低下を招くとの問題が指摘されている(猪俣ら, 1996)。一方、プロヘキサジオンカルシウム塩も新梢伸長や果実肥大を抑制するが、満開6週後及び8週後に2回

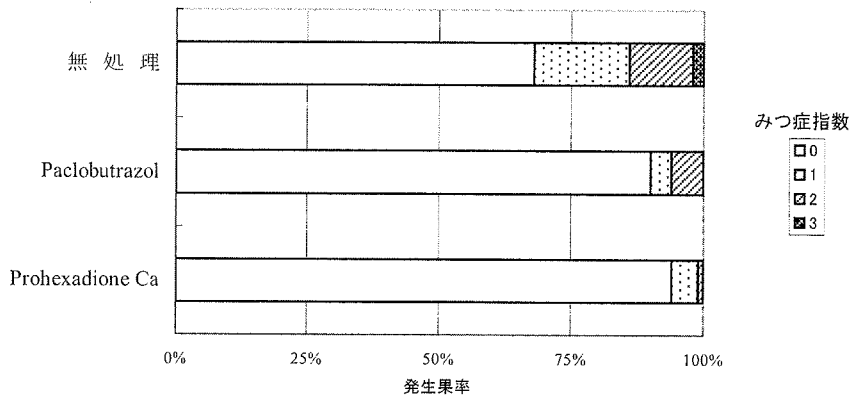


図-5 ジベレリン生合成阻害剤が日本ナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす影響

^{a)} Paclobutrazol : 500ppm 溶液を満開1ヶ月後から8月19日まで10日間間隔で果実に塗布。
 Prohexadione Ca : 1000ppm 溶液を満開2週後から2週間間隔で4回主枝全体に散布。
 発生果率 : 8月22日から9月17日までの間に収穫した果実全体における比率。
 (猪俣ら, 1996)

処理することにより、新梢伸長や果実品質に大きな影響を及ぼすことなくみつ症を抑制できるとされている(猪俣ら, 1996)。プロヘキサジオンカルシウム塩の処理は、組織からの K^+ 溶出速度を低下させることから(猪俣ら, 1996)、成熟に伴う膜の透過性の上昇を遅延させることによりみつ症の発生を抑制している可能性が考えられる。

ジベレリン生合成阻害剤ほど顕著ではないが、カルシウム剤にもみつ症発生を抑制する効果が認められる。カルシウム剤の処理効果にはばらつきが見られるが、散布するよりもペースト状にして果梗に塗布する方が効果が高い傾向にある(表-7)(田中ら, 1992)。塗布剤としては、アミノ酸キレートカルシウム(川瀬・関本,

表-7 カルシウム資材およびカルモジュリン阻害剤が日本ナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす影響

			みつ症発生程度 (0~3)
カルシウム資材	対 照		0.53
	塩化Ca (0.1%)	8月6日及び15日に散布	0.34
		8月15日に果梗部に塗布	0.17
	対 照		0.50
	酢酸Ca (0.1%)	8月15日に果梗部に塗布	0.13
		クエン酸Ca (0.1%)	0.27
		8月15日に果梗部に塗布	0.20
	グルコン酸Ca (0.1%)	8月15日に果梗部に塗布	0.20
		対 照	0.33
		Ca-EDTA (0.1%)	0.34
カルモジュリン阻害剤	対 照	8月6日及び15日に散布	0.07
		8月15日に果梗部に塗布	0.10
	Lidocaine (0.1%)	8月6日及び15日に散布	0.10
		8月15日に果梗部に塗布	0.20
	対 照		0.03
	Chlorpromazine (0.1%)	8月6日及び15日に散布	0.10
		8月15日に果梗部に塗布	0.00
	対 照		0.23
	Trifluoperazine (0.1%)	8月6日及び15日に散布	0.89
		8月15日に果梗部に塗布	0.89

(田中ら, 1992)

1991), 塩化カルシウム, 酢酸カルシウム, クエン酸カルシウム, グルコン酸カルシウム, カルシウム-EDTA (田中ら, 1992) などで効果が認められている。一方, 散布剤としては, 炭酸カルシウム (前川・輪田, 1992; 梅谷・佐久間, 1993; 猪俣ら, 1999), 硫酸カルシウムと塩化カルシウムの混合剤 (牛島ら, 2000), 有機酸キレートカルシウムと塩化カルシウムの混合剤 (平原, 2003) などで効果が認められているが, 実用的な抑制効果を得るためには複数回にわたる重複散布が必要である (表-8)。ただし, 散布が重なると果実表面に剤の粒子が残存することがあるため, 炭酸カルシウムを用いる場合は, 満開2週後から2週間間隔で5回散布することが実用的とされている (猪俣ら, 1999)。なお, 炭酸カルシウムは, 果実に直接散布することが

必要である (前川・輪田, 1992)。

カルシウム-EDTA の塗布処理は, エテホンによるみつ症発生促進作用を打ち消すため (表-9), カルシウムは成熟を遅延させることによりみつ症発生を抑制する可能性が示唆される。一方, 猪俣ら(1999)は, 難溶性の炭酸カルシウムは果実に吸収されにくいと考えられることから, 果実の蒸散を促進することでみつ症発生を軽減しているのではないかと推測しているが, カルシウムが生理活性を示す上で重要なタンパク質であるカルモジュリンの作用を阻害する trifluoperazine を処理するとみつ症発生が助長されることから (田中ら, 1992), カルシウムが直接みつ症発生に関与している可能性も考えられる。

表-8 炭酸カルシウムが日本ナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす影響

	みつ症発生程度 (0~3)	果肉硬度 (lb)	地 色 (カラーチャート値)	比 重
9月9日収穫果				
無 処 理	0.53±0.08	3.0±0.2	3.4±0.2	1.004±0.003
2回散布 ^z	0.29±0.05	3.0±0.1	3.5±0.2	1.004±0.001
5回散布 ^z	0.16±0.04	2.9±0.1	3.6±0.1	1.004±0.003
8回散布 ^z	0.03±0.01	3.1±0.1	3.4±0.1	1.007±0.001
9月16日収穫果				
無 処 理	0.54±0.10	2.8±0.1	4.2±0.2	0.986±0.005
2回散布 ^z	0.21±0.07	2.6±0.2	4.2±0.2	0.987±0.007
5回散布 ^z	0.20±0.05	2.8±0.1	4.1±0.2	0.986±0.005
8回散布 ^z	0.09±0.03	3.3±0.2	4.2±0.3	0.985±0.007

^z炭酸カルシウムの3%溶液を満開2週後から2週間間隔で各回数, 主枝全体に散布。

(猪俣ら, 1999)

表-9 エテホンおよびカルシウム資材が日本ナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす影響

	みつ症発生程度 (0~3)	果肉硬度 (lb)	糖 度
対 照	0.20±0.04	3.3±0.1	11.9
エテホン ^z	2.73±0.11	2.7±0.1	12.3
エテホン ^z +Ca-EDTA ^y	0.25±0.10	3.5±0.1	11.9

^z8月22日に25ppm (成分濃度) 溶液を果面全体に散布。

^y8月22日にCa-EDTA(0.1%ペースト)を果梗に塗布。

(田中ら, 1992)

表ー 10 アミノ酸キレートカルシウムペースト²が日本ナシ「新高」の水ナシ果（みつ症）発生に及ぼす影響

処理時期	水ナシ果重症果率 (%)	水ナシ果指数 (0～3)	果肉硬度 (kg)
満開60日後	35.7	1.6	1.11
満開90日後	35.3	1.6	1.15
無処理	66.7	2.1	1.13

²カルシウムをラノリンペーストにアミノ酸キレートの形態でCaOとして3.5%含有させた剤。

(木村ら, 1993)

2) 「新高」

①発生の様態

「新高」は我が国における日本ナシ生産量の約1割を占める主要な晩生品種であるが、九州等の西南暖地を中心に「豊水」のみつ症と同様な障害が発生し、問題となっている。本障害は、「水なし」、「煮え」、「焼け果」などと呼ばれていたが、近年は「豊水」と同じく「みつ症」という呼称が用いられることが多い。

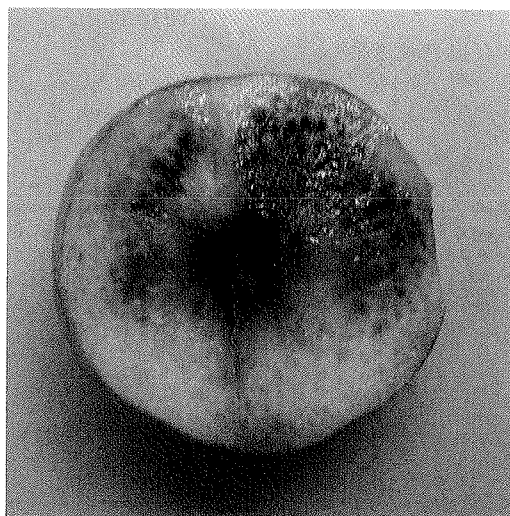
本障害は、収穫の1ヶ月前頃よりていあ部付近の果肉や果心部周辺に発生し、成熟の進行に伴い拡大する（木村ら, 1993）。「豊水」とは異なり、夏季が高温少雨な場合に多発する（木村ら, 1993；各務, 2000）。特に8月上旬（満開120日後頃）以降の高温・土壌乾燥が発生を促進し（岡田ら, 2005）、この時期に適度な灌水や遮光を行うことにより発生を軽減できる（大分県農業技術センター, 2002）。

②生育調節剤による発生制御

「新高」におけるみつ症の発生も「豊水」と同様にGA処理で促進され、カルシウム剤の果梗塗布や散布により抑制される（表ー10）（木村ら, 1993；各務, 2000；大分県農業技術センター, 2002）。ただし、カルシウム剤の抑制効果は、樹や年次によるふれが大きいことに加え、多発条件では十分な効果を得ることが難しいため、灌水等の栽培管理を徹底することが不可欠である（大分県農業技術センター, 2002）。

4. モモ

近年、モモでは、成熟の進んだ果実において、果肉の一部が水浸状となって褐変する障害の発生が増加しており、大きな問題となっている（写真ー3）。発生部位が褐変した果実は「腐った果実」との誤解を与えかねず、商品性は皆無と言ってもよい。本障害は、「あん入り果」、「煮え果」、「水浸状果肉褐変症」などとも呼ばれるが、発生初期には必ずしも褐変が見られないことに加え、維管束周辺から発生し周囲に広がること、樹上でのみ発生すること（齋藤ら, 2002；藤丸ら, 2005；坂下ら, 2007）、発生部位が褐変し、時には組織が崩壊し空隙を生じることなど日本ナシ「豊水」のみつ症と類似点多いことから、「みつ症」という呼称が適当と考えられる。



写真ー3 モモ「あかつき」のみつ症

みつ症は、「川中島白桃」等の中晩生品種で発生しやすいとの報告が多い（山西，1998；東・岡田，2001；藤丸ら，2005）。しかしながら，早生種でも収穫が遅れると発生が認められるなど，日本ナシのみつ症ほど明確な品種間差異は認められない。中晩生品種は，比較の日持ち性が良好なため，熟度の進んだ果実を収穫する傾向にあることからみつ症が問題になりやすいものと考えられる。

みつ症は，大果で，果肉が軟らかく，糖度の高い果実，つまり熟度の進んだ果実で発生が多い傾向にあり，概ね果肉硬度2.0kg以下，糖度12度以上になると発生が急激に増加する（東・岡田，2001；齋藤ら，2002；安川・久木崎，2003；藤丸ら，2005；坂下ら，2007；岩谷ら，2007；久保田ら，2004；高田ら，2005）。

モモのみつ症も，日本ナシのみつ症と同様，成熟に伴い発生する果肉障害であることから，現在，エチレン生合成阻害剤等成熟を遅延させる薬剤やカルシウム剤を利用した発生制御の可能性について検討が進められている。

5. おわりに

リンゴのみつや日本ナシ，モモのみつ症は，多くの場合，果実の成熟に伴って発生することから，果肉の老化現象の一つとも考えられる。このため，成熟を促進するエテホンやGAは発生を促進し，エチレンやGAの生合成を阻害する薬剤は発生を抑制する。また，作用機構には不明な点が多いが，日本ナシでは，カルシウム剤にもみつ症発生を抑制する効果が認められている。しかしながら，いずれの樹種でも本症状の詳細な発生機構は解明されておらず，日本ナシ等比較的生育調節剤の効果に関する知見が蓄積している樹種であっても，経済性，作業性，新梢

伸長等への影響などの面において解決すべき課題が多く，実用的かつ効果的な発生制御技術は確立されていない。

地球温暖化等に伴い，リンゴではみつ入りの低下，日本ナシの「新高」やモモではみつ症の発生増加等が危惧されており，これらの発生制御技術の開発は，今後，ますます重要な課題になってくるものと思われる。

引用文献

- Batjer, L.P. and M.W. Williams. 1966. Effects of N-dimethyl amino succinamic acid (Alar) on watercore and harvest drop of apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 88:76-79.
- Bramlage, W.J. and A.H. Thompson. 1962. The effects of early-season sprays of boron on fruit set, color, finish, and storage life of apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 80:64-72.
- Bramlage, W.J. and A.H. Thompson. 1967. Loss of watercore and development of internal breakdown during storage of 'Delicious' apples, as determined by repeated light transmittance measurements of intact apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 90:475-483.
- Brown, D.S. 1943. Notes and observation from a study of water core in Illinois apples during the 1942 season. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 42:267-269.
- Clark, C.J., J.S. MacFall and R.L. Bielecki. 1998. Loss of watercore from 'Fuji' apple observed by magnetic resonance imaging. *Scientia Horticulturae* 73(4):213-227.
- Couey, H.M. and M.W. Williams. 1973. Preharvest application of ethephon on scald and quality of stored 'Delicious'

- apples. HortScience 8(1):56-57.
- Drake, S.R., T.A. Eisele, M.A. Drake, D.C. Elfving, S.L. Drake and D.B. Visser. 2005. The influence of aminoethoxyvinylglycine and ethephon on objective and sensory quality of 'Delicious' apples and apple juice at harvest and after storage. HortScience 40(7):2102-2108.
- 福田博之. 1977. 'デリシャス' 果肉かつ変障害発生に対するカルシウムの影響. 果樹試報 C. 4:13-23.
- 福田博之. 1989. リンゴのミツ症状. 化学と生物 27(5):340-344.
- 福田博之・久保田貞三・巢山太郎. 1979. 透過光によるリンゴ果実のクロロフィル含有量, ミツ症及び果肉かつ変測定法確立に関する研究. 果樹試報 C. 6:27-54.
- 福田博之・工藤和典・檜村芳記・瀧下文孝・増田哲男・西山保直. 1985. リンゴの収穫前落果防止剤 2,4-DP に関する二, 三の試験. 果樹試報 C. 12:53-60.
- 福元將志. 1992. ホウ素の葉面散布でミツ入り完熟を目指す. 現代農業 64(9):260-263.
- 福元將志・額田光彦・岩淵幸治・佐藤恭子. 1989. リンゴの果実品質に及ぼすホウ素およびカルシウム散布の影響. 園学雑. 58(別1):148-149.
- Gao, ZF, S. Jayanty, R. Beaudry and W. Loescher. 2005. Sorbitol transporter expression in apple sink tissues: Implications for fruit sugar accumulation and watercore development. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 130(2):261-268.
- Greene, D.W., W.J. Lord and W.J. Bramlage. 1977. Mid-summer applications of ethephon and daminozide on apples. 2. Effect on 'Delicious'. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(4):494-497.
- Harker, F.R., C.B. Watkins and P.L. Brookfield. 1999. Maturity and regional influences on watercore development and its postharvest disappearance in 'Fuji' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124(2):166-172.
- 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. 九州農業研究 63:228.
- 平原雄一. 2003. カルシウム資材散布による日本ナシ「豊水」のみつ症防止効果. 果実日本 58(1):61-63.
- 藤丸治・東光明・岡田眞治. 2005. 中晩生モモの「みつ症」の発生要因. 熊本県農業研究センター研究報告 13:93-99.
- 猪俣雄司・村瀬昭治・長柄 稔・篠川佗雄・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(2):257-266.
- 猪俣雄司・村瀬昭治・長柄 稔・篠川佗雄・鈴木邦彦. 1993. ニホンナシ「豊水」のみつ症の発生と膜の透過性との関係. 園学雑. 62(2):267-275.
- 猪俣雄司・及川悟・八重垣英明・鈴木邦彦. 1996. ニホンナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼすジベレリン及びジベレリン生合成阻害物質の影響. 果樹試報. 29:51-65.
- 猪俣雄司・八重垣英明・鈴木邦彦. 1999. ニホンナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす被袋, 炭酸カルシウム剤処理および果実-外気温の差の影響. 園学雑. 68(2):336-342.
- 岩谷章生・藤丸 治・岡田眞治・中満一晴. 2007. 晩生モモ「川中島白桃」における果肉異常軽減のための収穫時期の判定法. 平成18年度九州沖縄農業研究成果情報

- 各務裕史. 2000. ナシ‘新高’の果肉障害「煮え」、「みつ」、「すいり」－原因と対策を探る－. 果樹 54(5):10-12.
- Kajiura, I., S. Yamaki, M. Omura and I. Shimura. 1976. Watercore in Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder var. ‘Culta’ Rehder). 1: Description of the disorder and its relation to fruit maturity. *Scientia Horticulturae* 4: 261-270.
- 榎村芳記・工藤和典・金子勝芳・吉岡博人. 1992. 成熟期の気温がリンゴ‘ふじ’果実の品質ならびに貯蔵性に及ぼす影響. 園学雑. 61(別1): 102-103.
- 川瀬信三・関本美知. 1991. ニホンナシ豊水のみつ症の発生に及ぼすキレートカルシウム及びカルシウム拮抗剤の効果と深耕の影響. 園学雑. 60(別1):98-99.
- 川瀬信三・関本美知・長門壽男・石田時昭・一鉢田済. 1995. ニホンナシ‘豊水’のみつ症の発生と予測. 千葉農試研報. 36:67-75.
- 木村和彦・真鍋紇・渡辺勇. 1993. ニホンナシ‘新高’の生理障害に関する研究(第2報) 水ナシ果発生に及ぼす気象条件と果実内カルシウム含量との関係. 高知農業技術センター研究報告 2:65-74.
- 木村伸人・岡田詔男・青木松信・河湊明夫. 1977. ニホンナシ「豊水」のエスレルによる熟期促進とカラーチャートによる収穫適期の判定. 愛知農総試研報 B. 9:112-118.
- 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.
- Lord, W.J. and R.A. Damon, Jr. 1966. Internal breakdown development in water-cored Delicious apples during storage. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 88:94-97.
- Lord, W.J. and F.W. Southwick. 1964. The susceptibility of two Delicious strains to some pre- and post-harvest physiological disorders. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 84: 65-71.
- 前川哲男・輪田健二. 1992. 有袋栽培ナシ豊水のみつ症防止対策. 平成3年度研究成果情報(関東東海農業)
- Marlow, G.C. and W.H. Loeschner. 1985. Sorbitol metabolism, the climacteric, and watercore in apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110(5):676-680.
- 岡田眞治・大崎伸一・北村光康. 2005. ニホンナシ‘新高’のみつ症発生に及ぼす環境要因. 熊本県農業研究センター研究報告 13:83-92.
- 大分県農業技術センター. 2002. 日本ナシ「新高」のみつ症発生防止技術. 平成13年度九州沖縄農業研究成果情報
- 折本善之・佐久間文雄. 1993. ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生圃土壌の実態. 茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告 1:23-43.
- 齋藤典義・古屋 栄・猪股雅人. 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.
- 坂下亨・山下泰生・福田哲生. 2007. モモ「なつおとめ」におけるみつ症発生の特徴. 平成18年度近畿中国四国農業研究成果情報
- 佐久間文雄・片桐澄雄・折本善之・多比良和生・梅谷隆・鈴木陽子・檜山博也・石塚由之. 1996. ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす断根・施肥の影響. 茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告 4:10-15.
- 佐久間文雄・片桐澄雄・多比良和生・梅谷隆・檜山博也. 1998. ニホンナシ‘豊水’のみつ症

- 発生に及ぼす摘葉・摘果強度の影響. 園学雑. 67(3):381-385.
- 佐久間文雄・梅谷隆・桧山博也. 1999. ニホンナシ‘豊水’の果実発育, 品質, みつ症発生に及ぼす1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸(ACC)の散布時期の影響. 茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告 7:1-5.
- 佐久間文雄・梅谷隆・多比良和生・片桐澄雄・桧山博也. 1995. ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす果実生長初期の高温とジベレリンの影響. 園学雑. 64(2):243-249.
- Smagula, J.M. and W.J. Bramlage. 1977. Measurement of acetaldehyde in senescing apple fruits(watercore, fruit disorder). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(3):318-320.
- Smock, R.M. 1977. Nomenclature for internal storage disorders of apples. HortScience 12: 306-308.
- 高田大輔・内倉康幸・今井理夫・福田文夫・笹邊幸男・藤井雄一郎・大塚雅子・久保田尚浩. 2005. モモ果実における“水浸状果肉褐変症”の特徴. 園芸学研究 4(4):429-433.
- 田中敬一・猪俣雄司・川瀬信三・関本美知・永村幸平・川上千里. 1992. ニホンナシ(*Pyrus pyrifolia* Nakai var. *culta* Nakai)みつ症の発生機構とCa-EDTAによる防止効果. 園学雑. 61(1):183-190.
- 苫名 孝・山田 寿. 1988. 栽培地を異にしたリング果実の品質と気温との関係. 園学雑. 56(4):391-397.
- 梅谷隆・佐久間文雄. 1993. 生育調節物質によるニホンナシ‘豊水’みつ症発生防止効果. 茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告 1:11-22.
- 梅谷隆・佐久間文雄・桧山博也. 1999. ニホンナシ‘豊水’のエチレン発生とみつ症発生に及ぼす1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸(ACC)の影響. 茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告 7:6-10.
- 牛島孝策・林 公彦・千々和浩幸. 2000. ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼすカルシウム混合剤葉面散布とジベレリン果梗塗布剤の影響. 九州農業研究 62:249.
- Williams, M.W. 1966. Relationship of sugar and sorbitol to watercore in apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88:67-75.
- Williams, M.W. and H.D. Billinsley. 1973. Watercore development in apple fruits as related to sorbitol levels in the tree sap and to minimum temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98(2):205-207.
- Yamada, H., M. Kamio and S. Amano. 2005. Varietal differences in susceptibility to early or high temperature induced watercore in apples. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 74(2):115-120.
- Yamada, H. and S. Kobayashi. 1999. Relationship between watercore and maturity or sorbitol in apples affected by preharvest fruit temperature. Scientia Horticulturae 80(3-4):189-202.
- Yamada, H., J. Minami, S. Amano and K. Kadoya. 2001. Development of early watercore in ‘Orin’ apples (*Malus pumila*) grown in warmer regions and its physiology. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 70(4):409-415.
- Yamada, H., Y. Hasegawa and K. Mito. 1998. Watercore induced by preharvest high fruit temperature in watercore-resistant ‘Tsugaru’ apples. Environment control in

biology 36(4):209-216.

Yamada, H., H. Ohmura, C. Arai and M. Terui.

1994. Effect of preharvest fruit temperature on ripening, sugars, and watercore occurrence in apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(6):1208-1214.

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.

山崎利彦. 1983. 豊水のミツ症状. 果実日本 38 (2):34-35.

安川博之・久木崎孝弘. 2003. モモ果肉障害(みつ症)の発生要因と営農的防止対策. 平成14年度近畿中国四国農業研究成果情報

SU抵抗性雑草防除の 切り札!!

水稲用一発処理除草剤

ホームランキング

一発で
すててOK!

一畝りです
すててOK!

バックです
すててOK!





1キログラム剤 75/1キログラム剤 51 フロアブル/Lフロアブル ジャンボ/JLジャンボ

SU抵抗性雑草防除は おまかせ!!

水稲用一発処理除草剤

ゴウワン

一発で
すててOK!

一畝りです
すててOK!

バックです
すててOK!

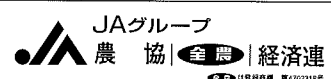


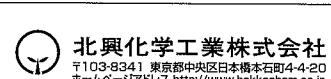


1キログラム剤 75/1キログラム剤 51 フロアブル/Lフロアブル ジャンボ/JLジャンボ



●ノビエ2.5葉期まで効果がある(ジャンボ剤は2葉期まで) ●ノビエに対する効果がなが〜く続く ●稲への安全性が高い





2007年版

〈最新〉除草剤・生育調節剤解説

企画・編集／(財)日本植物調節剤研究協会

B5判 203頁 本体5,000円(税別)

最近の水田除草剤25剤、畑地除草剤3剤を集め、最新情報に基づいて、特長、使い方、性質などを解説するほか、登録における試験の成績も紹介。使用基準についてもできるだけ、最新情報を収録。

全国農村教育協会
〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
Tel.03-3833-1821 Fax.03-3883-1665
(出版部直通Tel.03-3839-9160 Fax.03-3839-9172)
<http://www.zennokyo.co.jp>