

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

佐久間文雄*・片桐澄雄・多比良和生・梅谷 隆・檜山博也**

茨城県農業総合センター園芸研究所 319-0292 茨城県岩間町

Effects of Defoliation and Fruit Thinning on Occurrence of Watercore Fruit in Japanese Pear
(*Pyrus pyrifolia* Nakai) 'Hosui'

Fumio Sakuma*, Sumio Katagiri, Kazuo Tahira, Takashi Umeya and Hironari Hiyama**

Horticultural Institute, Ibaraki Agricultural Center, Iwama, Ibaraki 319-0292

Summary

Effects of defoliation and fruit thinning on the occurrence of watercore fruit in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) 'Hosui' were examined.

1. Defoliation significantly reduced the occurrence of watercore fruit. However, at harvest, the fruit were small and had a green ground color. Furthermore, they had a lower specific gravity and soluble solids concentration, and firmer flesh than those of the control.

2. Trees which were thinned excessively, leaving only 2, 4 and 8 fruits per m² canopy, had a higher incidence of watercore fruit.

The fruit at harvest were larger than those of the control, which had 12 fruits per m² canopy, but they had lower specific gravity and greener ground color.

Watercore occurred especially around the stalk cavity and below the skin; these symptoms are similar to those of fruit produced under abnormal climate conditions such as a cool summer.

Thus, watercore of Japanese pear 'Hosui' is considered to be caused by higher source-sink ratio of the tree.

Key Words: Japanese pear, watercore, defoliation, thinning, source-sink ratio.

緒 言

ニホンナシのみつ症組織部、細胞間隙や細胞質には、健全部に比べてソルビトールが多く含まれる(山木, 1982)。ソルビトールはバラ科植物に多く含まれる糖アルコールで、葉で合成されて果実へ転流される(Marlow・Loesher, 1984)。みつ症組織部、細胞間隙にソルビトールが多く含まれる原因としては、葉より転流してきたソルビトールが果肉細胞内に取り込まれずに細胞間隙に蓄積したか、または一旦は細胞内に取り込まれながら、フルクトースやグルコースに転換されずに、細胞より浸出したと考えられる(山木, 1982)。従って、みつ症発生には葉におけるソルビトールの生合成と果実への転流、ソルビトールの果肉細胞内への取り込みとソルビトールからフルクトースやグルコースなどへの転換、または果肉細胞壁や細胞膜の活性等、主として source-sink の関係がみつ症発生にかかわっているものと考えられる。事実リングでは、Marlow・Loesher (1984) は

高い source-sink 比がみつ症発生の要因となることを明らかにしており、Perring (1971) はみつ症発生の一要因として、強度な摘果をあげている。このようにリングでは source-sink 比とみつ症発生との関係が報告されているが、ニホンナシでは研究事例が見られない。

これまでに筆者ら(佐久間ら, 1995 b)は、ニホンナシ '豊水' の樹体および果実をビニールによって被覆するとみつ症発生が助長され、これは高温による果実肥大と成熟促進のためと報告した。一方現地調査結果から、単位面積当たりの葉数が多く、新梢伸長が旺盛な園や著しく着果を制限して果実肥大を促進した樹でみつ症発生が多いことを認め(佐久間ら, 1995 a)、みつ症と source-sink 比との関係を示唆した。

そこで、本研究では摘葉・摘果処理により source-sink 比を人為的に変えてみつ症発生との関係を検討するとともに、みつ症発生の原因解明と耕種的防止法を確立しようとした。

材料および方法

摘葉処理

1989年、旧茨城県園芸試験場(茨城県阿見町)に植

1996年11月8日 受付, 1997年8月4日 受理.

*現在: 茨城県農業総合センター生物工学研究所

**現在: 退職

栽された17年生ニホンナシ‘豊水’ (*Pyrus pyrifolia* Nakai) 4樹を供試した。6月16日に果そう葉以外のすべての葉を新梢ごと摘除した。また、翌年7月4日に前年摘葉した1樹に対し、同様の方法で再度摘葉処理を実施した。着果量は、処理・無処理樹ともに樹冠面積1m²当たり12果にそろえた。

さらに摘葉時期がみつ症発生に及ぼす影響を検討するために、'90年に18年生‘豊水’を供試し、主枝単位で5月10日摘葉、7月17日摘葉、および無処理区を設けた。摘葉の方法は、前述したように果そう葉のみを残し、他のすべての葉を新梢ごと摘除した。

摘果処理

'91年旧茨城県園芸試験場(茨城県阿見町)に植栽された19年生‘豊水’2樹を供試し、樹冠面積1m²当たり12果の対照区(標準着果)に対し、樹冠面積1m²当たり4果の強摘果区(少着果)を各1樹設けた。摘果は満開後22日に予備摘果、満開後64日に仕上げ摘果を実施し、所定の着果量に仕上げた。

さらに同'91年にみつ症が例年著しく多発生している現地(茨城県下妻市)の‘豊水’高接ぎ11年生樹を供試し、樹冠面積1m²当たり12果の標準着果区と樹冠面積1m²当たり8果の強摘果区を樹単位に設けた。

果実の品質評価

果実は、およそ満開後140日(収穫始期)、150日(盛期)、160日(終期)に、1樹当たり30果を無作為に抽出、収穫した。果実品質は果実重、果肉比重、地色、硬度、糖度(Brix)、酸度について調査した。比重は空気中および水中での果実重を測定し、水中での浮力を求めて算出した。地色は農林水産省果樹試験場作製のカラーチャートを基準にして表示した。硬度はマグネステラー型果実硬度計により、糖度(Brix)は屈折糖度計、酸度はpH計によってそれぞれ測定した。

みつ症の評価

みつ症発生程度については、果実を梗あ部、赤道部、蒂(てい)あ部の3ヵ所で横断し、各切断面のみつ症を次のみつ指数基準に従って評価した。

みつ指数0: 健全なものおよび果芯部から放射線状に出ているうっすらとしたみつ症状様なもの。

みつ指数1: 果皮直下にうっすらとしたみつ症状が認められるか、または1cm²未満の境界明瞭なみつ症状が認められる。

みつ指数2: 1cm²以上の透明で境界明瞭なみつ症状が認められるか、またはみつ症状の小斑点が切断面のかなりの面積を占める。

みつ指数3: 2の症状がさらに拡大して、梗あ部・蒂あ部で切断面の1/4以上、赤道部では1/8以上の境界明瞭なみつ症状が認められる(第1図)。

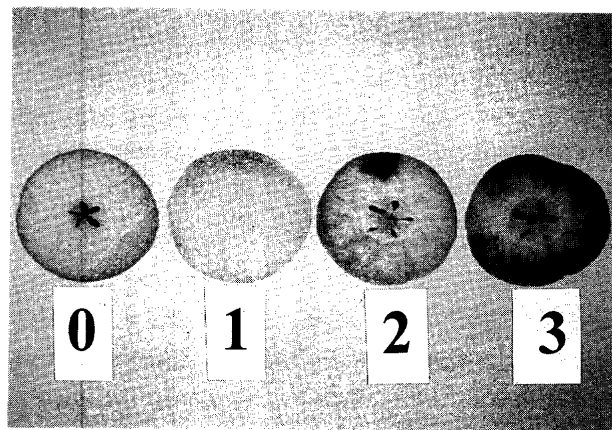


Fig. 1. Japanese pear 'Hosui' fruit showing various degrees of watercore. Numerals in the figure represent watercore index. 0=healthy. 1=slight injury. 2=moderate injury. 3=severe injury. Fruits with the index of 2 and 3 have no commercial value.

いずれかの切断面にみつ指数3の発生がみられる場合は3、すべての切断面でみつ指数2以下の場合は平均した値(小数点以下切り上げ)とし、みつ指数2、3をみつ症重症果とした。

平均みつ指数は

$\Sigma(\text{各みつ指数} \times \text{発生果数}) \div \text{調査総果数}$

重症果発生率は

$\text{重症果数} \times 100 \div \text{調査総果数}$

の式から算出した。

結 果

摘葉処理とみつ症発生との関係

摘葉処理によって果実は1年目に20~40g、2年目には100g程度小さくなった。地色値は'90年摘葉区が小さく、やや成熟が抑制された。比重は大きな差ではないが摘葉区がやや高かった。果実硬度は摘葉区がやや高かった。糖度は無処理区が1%程度高かった(第1表)。

みつ症発生は、'89年の満開後144日ではほとんど差がみられなかったが、158日にはみつ症重症果発生率が無処理区の平均11.7%に対して、摘葉区は1.7%と少なかった。'90年も同様に満開後150、160日ともに摘葉区においてみつ症重症果の発生が少なかった(第1表)。

摘葉時期が早い区でみつ症発生が少なかったが、大きな差ではなかった。すなわち満開後157日では差がみられず、満開後164日のみつ症重症果発生率は5月摘葉区の6.7%に対して、7月摘葉区は10.0%、無処理区は13.3%となった(第2図)。

摘果強度とみつ症発生との関係

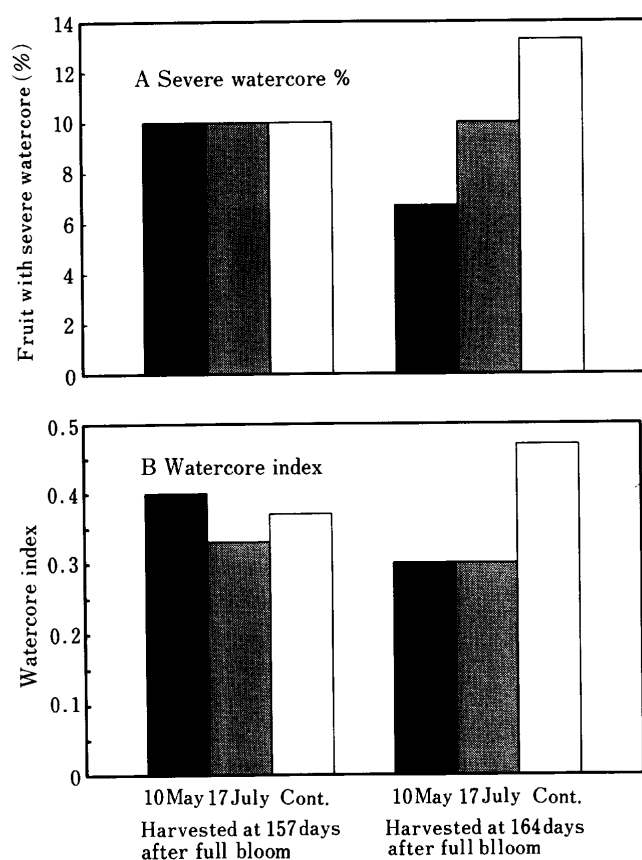
'89年9月20日に17年生‘豊水’1樹を供試し、樹上のすべての葉を摘除した結果、二次伸長し、年内に一部開花し、大半の花芽が枯死した。翌年この樹は樹冠面積1m²当たり2果しか着果しなかった。この果実は大き

Table 1. Effect of defoliation on fruit quality and the occurrence of watercore.

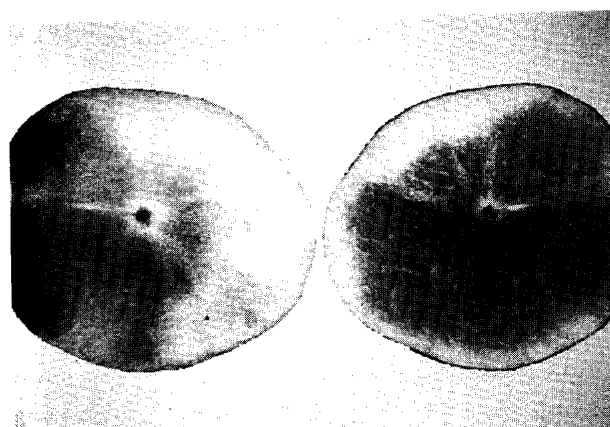
Treatment	Year	Days after FB ^z	Fruit weight (g)	Specific gravity	Ground color	Flesh firmness (kg)	Brix (%)	pH	Watercore index	Fruits with severe watercore (%)
Defoliation	1989	144	434	1.033	3.2	1.8	11.8	4.67	0.18	3.3
		158	496	1.020	4.2	1.4	12.4	4.74	0.20	1.6
	1990	150	322	1.024	3.1	2.0	11.0	4.66	0.13	0
		160	374	1.019	3.5	1.9	12.0	4.66	0.13	0
Control	1989	144	459	1.044	3.4	1.6	12.4	4.69	0.11	3.3
		158	453	1.010	4.1	1.2	12.8	4.68	0.36	11.7
	1990	150	430	1.023	3.5	1.8	12.6	4.55	0.30	10.0
		160	483	1.013	4.4	1.5	13.4	4.64	0.50	6.7

^z Full Bloom**Table 2.** Interaction between defoliation in the previous year (1989) and severe fruit thinning on fruit quality and occurrence of watercore fruit in 1990^y.

Treatment	Fruit weight (g)	Specific gravity	Ground color	Flesh firmness (kg)	Brix (%)	pH	Watercore index	Fruits with severe watercore (%)
Thinning ^z	445	0.996	3.9	1.3	12.8	4.69	1.70	53.3
Control	417	1.015	4.4	1.4	13.3	4.70	0.47	6.7

^z Defoliation in the previous year (1989) and severe fruit thinning (2 fruits/m² canopy).^y Data were recorded 160 days after full bloom.**Fig. 2.** Effect of times of defoliating on the occurrence of (A) severe watercore in Japanese pear 'Hosui' and (B) watercore index.

Open column: control, tree not defoliated; solid column, tree defoliated on 10 May; semi-solid column, tree defoliated on 17 July.

**Fig. 3.** Fruit of Japanese pear 'Hosui' exhibiting watercore caused by severe thinning, leaving two fruits per 1 m² canopy.

く、地色値の増加が進まず、果色が緑色のままであった。また、果実比重が無処理区 1.015 に対し、処理区では 0.996 と低下した。みつ症は、無処理区の重症果発生率が 6.7% に対し、処理区では 53.3% と著しく発生した (第 2 表)。症状は梗あ部周辺に多く、果皮直下から全面に広がっていた (第 3 図)。このみつ症の様相は、地色値が小さく着色が進まないままに果肉先熟となる、冷夏年に異常発生したみつ症の様相に似ていた。

'91 年には、樹冠面積 1 m² 当たり 4 果に強摘果した区の果実は満開後 152 日で比重が低く、みつ症重症果が 40% 以上と多発生した (第 3 表)。現地 (茨城県下妻市) での結果も同様で、満開後 146 日において強摘果区の果実は大きく、みつ症重症果が 36.7% と多発生した (第 3 表)。

Table 3. Effect of excessive fruit thinning on quality and occurrence of watercore fruit^x.

Treatment	Place	Days after FB ^z	Fruit weight (g)	Specific gravity	Ground color	Flesh firmness (kg)	Brix (%)	pH	Watercore index	Fruits with severe watercore (%)
Thinning ^z	Ibaraki	141	460	1.015	4.1	1.3	13.0	4.82	0.63	20.0
	Exp.	145	427	1.010	4.4	1.2	13.2	4.81	0.89	26.6
	Station	152	498	0.991	4.3	1.0	12.6	4.81	1.33	45.0
	Shimotsuma	139	423	1.021	4.9	1.3	12.4	4.88	1.17	40.0
	City	146	461	1.016	4.2	1.1	11.7	4.79	1.07	36.7
Control ^y	Ibaraki	141	457	1.010	4.7	1.3	13.0	4.72	0.40	6.7
	Exp.	145	489	1.011	4.6	1.2	13.0	4.81	0.53	13.3
	Station	152	478	1.006	3.9	1.2	12.3	4.64	0.13	0
	Shimotsuma	139	394	1.023	4.9	1.4	12.6	4.76	1.13	46.7
	City	146	437	1.019	4.2	1.3	11.8	4.76	0.30	3.3

^z 4 fruits/m² canopy (Ibaraki Exp. Station) and 8 fruits/m² canopy (Shimotsuma City).^y 12 fruits/m² canopy^x Results in 1991

考 察

ニホンナシのみつ症は果実成熟の一過程、過熟現象であり、細胞壁の崩壊と光合成代謝産物であるソルビトールの細胞間隙への浸出であることが明らかにされている(山木, 1982)。ニホンナシ‘豊水’では、例年でも満開後150日を過ぎたカラーチャート地色5の過熟果には、みつ症の発生がみられる(長門ら, 1982)。しかし、7~8月が低温の年には成熟前の果実に異常に発生する(松浦・青木, 1981)。

ニホンナシのみつ症発生は、根の障害(長柄, 1989; 田辺, 1992)やエチレンの生成(Greene ら, 1977)、カルシウムの減少(川瀬・関本, 1991; Marlow・Loescher, 1984; Perring, 1984; 田中ら, 1992)等との関連性が多く報告されてきた。その中で川瀬・関本(1991)や田中ら(1992)は、カルシウム剤によって‘豊水’のみつ症発生を抑制することができると報告した。また、筆者らはジベレリンと‘豊水’のみつ症発生との関係を検討し(佐久間ら, 1995b; 梅谷・佐久間, 1993)、ジベレリン生合成阻害剤であるパクロブトラゾール(PP-333)がみつ症発生を効率的に抑制することを明らかにした。しかし、カルシウム剤のみつ症抑制効果は不安定(梅谷・佐久間, 1993)であり、またパクロブトラゾールのナシに対する適用は現在未登録のため実用化されていない。そこで、耕種的防止法の検討・確立が必要である。

従来、高接ぎ更新樹で樹齢が進み、樹勢が低下した樹にみつ症発生が多いことが経験的に知られている(大友, 1983)。しかし、着果量や果実肥大とみつ症発生の関係は明らかでなかった(大友, 1983)。筆者らは、現地調査から‘豊水’のみつ症は単位面積当たりの葉枚数が多く、新梢伸長が旺盛な樹や著しく着果を制限して果実肥大を促進した樹で発生が多いことを認め、みつ症と source-sink 比との関係を示唆した(佐久間ら, 1995a)。

リンゴにおいては、高い source-sink 比がみつ症発生の要因となることが明らかにされている(Marlow・Loescher, 1984; Perring, 1971)。しかし、ニホンナシでは source-sink 比とみつ症発生との関係は検討されていない。そこで本報告では摘葉および摘果処理により source-sink 比を人為的に変えてみつ症発生との関係を検討した。

摘葉処理とみつ症発生との関係

果そう葉を残して他の葉を新梢ごと摘除した結果、みつ症発生が抑制された。リンゴや西洋ナシでは、夏季剪定によって果実内のカルシウム含量が増加し、種々の果肉障害が減少することが報告されている(Forshey ら, 1992)。また、高辻・青葉(1984)はニホンナシ‘長十郎’で新梢伸長を抑制した結果、果実へのカルシウム転流が増加して硬化障害発生率が低下したことを認めている。さらに多比良ら(1995)は、夏季剪定がニホンナシ‘豊水’のみつ症発生を抑制することを報告している。これらのことから、本実験で新梢ごと摘葉してみつ症発生が抑制されたのは、果実へのカルシウム転流が増加した結果と考えられる。

カルシウムは、細胞内においてカルモジュリンと結合して細胞のシグナル伝達などをとおして、様々な生理作用を調節する2次メッセンジャーとしての働きを持つ(Alberts ら, 1994)。田中ら(1992)はカルモジュリン阻害剤処理によって‘豊水’のみつ症発生を助長し、Ca-EDTA 処理によって抑制したと報告している。

摘果強度とみつ症発生との関係

樹冠面積1m²当たり2果と着果量が極端に少ない樹の果実は著しく大きく、地色が進まず、果色が緑色のままであった。また、果肉比重が低下し、みつ症が著しく発生した。これは地色値が小さく着色が進まないまま、果肉先熟となる冷夏年の異常発生の様相に似ていた。さらに、樹冠面積1m²当たり12果の標準着果に対して4果または8果と強度な摘果を行った結果、著しくみつ症

が発生した、みつ症重症果を多発(50%以上)している現地下妻市の園は、例年樹冠面積 1 m^2 当たりの着果数が3~4果と強摘果を行っており(佐久間ら, 1995 a), このことから摘果強度とみつ症発生との関係が示唆される。

県下20園での樹冠面積 1 m^2 当たりの着果数と葉果比の関係を求めたところ(佐久間ら, 1995 a), 両者に有意な相関が認められた。回帰式は葉果比 $=93.243-3.863 \times$ 樹冠面積 1 m^2 当たりの着果数 ($r=0.678$, 5%水準で有意差有り) で、この回帰式から推定すると、樹冠面積 1 m^2 当たりの着果数12果は葉果比46.8, 8果は62.3, 4果は77.7となる。ただし、樹冠面積 1 m^2 当たりの着果数4果における葉果比77.7はやや小さすぎるように考えられる。

摘葉処理によって、果実比重および硬度が高くなり、糖度が低下して成熟が抑制された。一方強摘果処理によって、地色値は小さいが比重および硬度が低下し、糖度が高まり成熟が促進された。みつ症発生は成熟度と密接な関係があることから、成熟が抑制された摘葉処理でみつ症発生が抑制され、成熟が促進された強摘果処理でみつ症発生が助長されたと考えられる。また Shear (1975) は、リングで着果制限による果実肥大促進とみつ症発生に関係のあることを認め、Marlow・Loesher (1984) は、高い source-sink 比が果実の成熟を促進するためにみつ症発生を助長すると考察した。

また、急激な生長は果実内へのカルシウムの取り込みを低下させ、各種の生理障害の発生を助長することが報告されている (Bangerth, 1979; Marlow・Loesher, 1984; Shear, 1975)。このことから、本実験の強摘果によるみつ症発生は、果実の急激な肥大によってカルシウムの吸収蓄積が抑制された結果と考えられる。

以上のように、ニホンナシ「豊水」のみつ症発生は、高い Source-Sink 比により生じることが示唆された。

摘 要

ニホンナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす摘葉・摘果強度の影響を検討し、以下の結果を得た。

1. 摘葉処理によって、みつ症発生は抑制された。摘葉は果実肥大、着色および成熟を抑制した。この果実は果肉比重・硬度がやや高く、糖度が若干低下した。
2. 樹冠面積 1 m^2 当たり12果の標準着果に対し、2果、4果または8果と強度な摘果を行った過少着果区「豊水」では、みつ症が多発した。これらの果実は大きく、果肉比重が低下し、果色は緑色のままであった。みつ症は梗基部周辺に多く発生し、果皮直下から全面に広がっていた。これらの症状は、地色値が小さく着色が進まないまま果肉先熟となる、冷夏年のみつ症発生の様相に似ていた。以上のことから、ニホンナシ「豊水」のみつ症は、Source に対して Sink が小さすぎる場合に生じる生理障

害であると考えられた。

引用文献

- Alberts, B., D. Bray, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts and J. D. Watson. 1994. Molecular biology of the cell. 3rd Ed. p. 749-751. Garland and Pub. Inc., New York, London.
- Bangerth, F. 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. Ann. Rev. Phytopathol. 17: 97-122.
- Forshey, C. G., D. C. Elfving, R. L. Stebbins. 1992. Training and pruning apple and pear trees. p. 62. Amer. Soc. Hort. Sci. Alexandria, Virginia.
- Greene, D. W., W. J. Lord and W. J. Bramlage. 1977. Mid-summer applications of ethephon and daminozide on apples. II. Effect on 'Delicious'. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(4): 494-497.
- 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.
- Marlow, G. C. and W. H. Loescher. 1984. Watercore. Hort. Rev. 6: 189-251.
- 松浦永一郎・青木秋広. 1981. ニホンナシ「豊水」の成熟特性と収穫適期判定. 第2報 1980年の不良天候下における成熟の特異性. 栃木農試研報. 27: 107-112.
- 長柄 稔. 1989. ナシ. 農業技術体系. 果樹編. 3. ナシ・西洋ナシ. p 枝 323-328 の4. 農文協. 東京.
- 長門寿男・吉岡四郎・関本美知・新堀二千男. 1982. ニホンナシ「幸水」「豊水」の成熟特性とカラーチャート利用による収穫適期の判定. 千葉農試報. 23: 59-74.
- 大友忠三. 1983. ナシ「豊水」の果肉障害. 技術と普及. 4: 79-83.
- Perring, M. A. 1971. Watercore in apples. p. 161-162 Ann. Rep. E. Malling Res. Sta. for 1970.
- Perring, M. A. 1984. Lenticel blotch pit watercore splitting and cracking in relation to calcium concentration in the apple fruit. J. Sci. Food Agric. 35: 1165-1173.
- 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. 1995 a. ニホンナシ「豊水」のみつ症発生要因の解明. みつ症発生に及ぼす樹勢要因の影響. 茨城農総セ園研報 3: 1-10.
- 佐久間文雄・梅谷 隆・多比良和生・片桐澄雄・檜山博也. 1995 b. 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: 243-249.
- Shear, C. B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. HortScience 10: 361-365.
- 多比良和生・佐久間文雄・片桐澄雄・檜山博也. 1995. ニホンナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす夏季せん定の影響. 園学雑 64 (別2): 134-135.
- 高辻豊二・青葉幸二. 1984. ナシの生理障害に関する研究 (第5報) 新梢管理と袋掛けが硬化障害発生に及ぼす影響. 昭59春. 園学発表要旨. 118-119.
- 田辺賢二. 1992. ニホンナシ栽培の問題点と展望. 平成4秋園芸学会シンポジウム要旨. 4.
- 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: 183-190.
- 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. 茨城農総セ園研報. 1: 11-22.
- 山本昭平. 1982. ニホンナシ果実の生理障害 (ボケ, 石ナシ, みつ症状果など) における生化学的特徴. 昭57秋園芸学会シンポジウム要旨. 7-16.