

カキ ‘西条’ における樹上軟化発生率の年次変動とマンガン含量の関係

梅野康行¹・持田圭介¹・倉橋孝夫¹・竹下 修^{2a}・板村裕之^{3*}¹ 島根県農業技術センター 693-0035 島根県出雲市芦渡町² JA 全農島根県本部 699-0631 島根県簸川郡斐川町³ 島根大学生物資源科学部 690-0823 島根県松江市西川津町Annual Fluctuation of On-tree Fruit Softening Rate and Manganese Contents
in Japanese Persimmon ‘Saijo’ TreeYasuyuki Togano¹, Keisuke Mochida¹, Takao Kurahashi¹, Osamu Takeshita^{2a} and Hiroyuki Itamura^{3*}¹Shimane Agricultural Technology Center, Izumo, Shimane 693-0035²Shimane Head Quarters of National Federation of Agricultural Co-operative Associations, Hikawa, Shimane 699-0631³Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Matsue, Shimane 690-0823

Abstract

The annual fluctuation and difference among fields or among trees during on-tree fruit softening (OTFS) of the Japanese persimmon ‘Saijo’ were investigated. The mineral concentrations, especially the Mn concentration, were compared between OTFS trees and healthy trees in order to obtain basic information about OTFS. The annual fluctuation and difference among fields of OTFS were found over a four-year period (1995 to 1998). Comparing the concentrations of the main minerals in the flesh, the Mn concentration in fruit from the OTFS tree was about 1/3 of that from healthy trees, except in 1998 when the OTFS rate was markedly higher and there were significant differences at a 5% level in 1996 and 1997 as well. Negative correlation between Mn concentration in each organ; fruit, calyx and leaf, of tree and the OTFS rate was found at a 1% significance level. There was a tendency for the OTFS rate to increase as the Mn concentration in each organ decreased. The Mn concentrations in the flesh, calyx and leaf of trees with a high OTFS rate were less than 20, 180 and 300 ppm, respectively.

Key Words : soil, weather

キーワード : 土壌, 気象

緒 言

島根県の特産果樹の渋ガキ ‘西条’ は糖度が極めて高く、きめ細やかな舌触りで美味であることから、市場での評価が高く、主に九州北部、瀬戸内、京阪神の各市場に出荷されている。しかし、わが国の渋ガキの主要品種である ‘平核無’ や ‘刀根早生’ に比べ脱渋後の軟化が極めて速く、店頭販売では商品性が3～4日しか維持できないため、販路を拡大する上で大きな問題になっている。さらに、十数年前からは収穫直前に樹上で軟化する現象が多発し、減収や秀品率の低下を招き、その防止対策が課題になっている。

カキ果実軟化に関して、板村 (1986) は ‘平核無’ の果実軟化とエチレン生成が密接に関連しているとし、果実の採取後あるいは脱渋後の果実軟化はエチレンによって引き

起こされるとしている (板村ら, 1991)。さらに ‘平核無’ の幼果を用いた試験で葉が健全なまま着生しているならば、樹上でエチレン生成はほとんど起こらないことを明らかにした (板村ら, 1989) 。 ‘西条’ においても、本来ならば樹上に着生している果実からはほとんど発生しないエチレンが何らかの原因で生成され、樹上軟化が引き起こされていると考えられる (松本ら, 2007) が、詳細な調査はほとんど行われていない。また、樹上軟化の発生実態や樹体特性についても不明な点が多い。

本報では、カキ ‘西条’ における樹上軟化発生率の年次変動と園地間差を調査し、同時に果肉中無機成分含量と樹上軟化発生率との関係を検討した。また、各器官別無機成分含有率と樹上軟化発生率との相関関係も調査した。

材料および方法

1. 樹上軟化発生率の年次変動と園地間差 (調査 1)

樹上軟化の調査は 1995～1998 年の 4 年間行った (一部の例外を除く)。調査園は、島根県内全域から松江市枕木町の A 園、松江市秋鹿町の B 園および C 園、出雲市の D 園

2007 年 1 月 15 日 受付. 2008 年 5 月 29 日 受理.

本報告の一部は園芸学会平成 11 年度秋季大会において発表した。

* Corresponding author. E-mail: itamura@life.shimane-u.ac.jp

* 退職

およびE園，浜田市のF園およびG園，益田市のH園の計8園を選び，1園当たり2～9樹を供試した。調査に利用した‘西条’果実は，1995年（以下95年）のBおよびD園では1樹当たり15果，C園は全着果果実を対象にし，1996年（以下96年）はA，BおよびD園は1樹当たり15果，それ以外の園は全着果果実（100～150果）とした。さらに，1997年（以下97年）はA，BおよびD園では1樹当たり15果，C，EおよびF園は30果，それ以外の園では全着果果実（100～150果）とし，1998年（以下98年）はA，BおよびD園では1樹当たり15果，C，EおよびF園は20果で，残りの園は全着果果実（100～150果）を対象にした。調査果数を設定した樹では，予めラベルを取りつけた果実について，全着果果実を対象にした樹では全着果果実を対象に，樹上軟化の発生を収穫盛期に調査した。樹上軟化発生率は岩田ら（1969）の示したI～IVの4段階の判定基準のうちIII以上の果実を軟化果実とし，調査果数に対する割合で示した。

2. 軟化発生樹と健全樹の果肉中無機成分含量の比較 (調査2)

調査園は95年は調査1で利用したC園と松江市秋鹿町のI園，96および97年は同様にCとE園とし，98年は出雲市東福町のJ園とした。各園とも調査対象の樹は，樹上軟化発生率の高低で選定した。樹上軟化発生率を，県下全般に樹上軟化発生率の少なかった97年は5%以上，それ以外の年は10%以上の樹を軟化発生樹と判定した。一方，健全樹は各年ともそれ未満の発生率の樹とした。調査本数は95年，96年および98年がそれぞれ3樹ずつとし，97年は5樹とした。樹上軟化発生率は，CおよびE園は調査1で示したとおりの調査果実数で，I園は全着果数で，J園は

15果を対象として項目1と同様に計算した。果実の採取は，95年10月16日，96年9月24日，97年10月1日および98年10月5日に行い，果数は各樹5果とした。また，その果実は各年とも軟化の発生していない成熟前の健全果を任意に採取した。採取した果実はヘタを取り除いて細かく切りきざみ，直ちに90°Cの恒温乾燥器内に搬入し数週間乾燥させた後粉碎し，果肉のN，P，K，Ca，Mg，MnおよびB含量を比色法（富士平SPAD-SFP2）で分析した。

3. 器官別Mn含量と樹上軟化発生率との関係（調査3）

調査は96年に島根県西部に位置する浜田市と益田市の4園を設定して行った。供試樹は各園からそれぞれ9樹を選定した。果実，葉の採取は成熟前の9月24日に1樹当たり果実5果，葉10枚について行った。果実は中庸な結果枝から平均的な大きさの果実を任意に採取し，葉は1結果枝の中央に近い葉1枚を任意に採取した。果実はヘタと果肉に分け，葉とともに直ちに90°Cの恒温乾燥器に搬入して数週間乾燥させた後粉碎し，それぞれMn含量を原子吸光度法（日立ゼーマンZ-6000）で分析した。樹上軟化調査は，全着果果実に対して9月上旬から収穫期まで定期的に行い，樹上軟化発生率と果肉，ヘタおよび葉のMn含量との相関を調査した。樹上軟化の判断は調査1と同様に行った。

結 果

1. 樹上軟化発生率の年次変動と園地間差および樹間差

園地別の樹上軟化発生率の年次変動を第1表に示した。樹上軟化発生率の園地間差について，松江市秋鹿町のBおよびC園は樹上軟化常発園であり，樹上軟化多発年であった98年の発生率はそれぞれ67.7および76.7%と極めて高く，樹上軟化少発年であった97年の発生率もそれぞれ17.8

第1表 島根県内における主要生産地の園地別樹上軟化発生率の年次変動

所在地	園地 ^v	樹齢	土質	樹上軟化発生率 (%) ^w			
				1995年	1996年	1997年	1998年
松江市枕木町	A	15年生	粘土	—	0.0 c	0.0 b	14.5 d ^y
松江市秋鹿町	B	15年生	壤土	27.0 a	36.0 ab	17.8 a	67.7 a
松江市秋鹿町	C	11年生	壤土	13.8 ab	34.3 a	8.6 a	76.7 a
出雲市東福町	D	15年生	植壤土	0.0 b	19.0 b	1.3 b	55.5 ab
出雲市東郷町	E	9年生	植壤土	—	5.4 bc	0.5 b	36.7 bc
浜田市治和町	F	8年生	粘土	—	0.7 bc	1.1 ab	12.2 cd
浜田市国分町	G ^z	15年生	植壤土	—	—	2.0 b	15.1 cd
益田市遠田町	H	10年生	粘土	—	—	0.0 b	6.5 d
平均				13.6 ab	15.9 ab	3.8 b	35.6 a ^x

^zハウス栽培

^y同一年度内の異なるアルファベットは，Kruskal-Wallis検定により5%水準で園地間に有意差あり

^x樹上軟化発生率平均値の異なるアルファベットは，Kruskal-Wallis検定により5%水準で年次間に有意差あり

^w園地，年度によって調査果数が異なる

調査対象果実を全果にした園：C園（1995年）

C，E，F園（1996年）

G，H園（1997，1998年）

上記以外の園は調査対象果実は15～30果とした

^v園地Aの‘西条’の系統は“出雲型”，B～Hの‘西条’の系統は“B型”

および8.6%と他の園地に比べ高かった。これらに対し、松江市枕木町のA園、浜田市のG園、益田市のH園の発生率は97年が0~2.0%、98年においても6.5~15.1%と低く、これらの園とBおよびC園との間に有意差が認められた。次に、樹上軟化発生率の年次間差について各供試園の平均値で比較すると、97年は3.8%と極めて低く、次いで95および96年が10%台であったのに対し、98年は35.6%と極めて高く、97年との間に有意差が認められた。

2. 樹上軟化発生率と果肉中無機成分含量

軟化多発樹と健全樹の果肉中無機成分含量を第2表に示した。95~98年までの4年間の樹上軟化発生率は軟化多発樹で20.3~55.0%、健全樹で0.2~5.0%であった。また、両樹において果肉中無機成分含量を比較すると、各年とも軟化多発樹と健全樹のN, P, K, Ca, MgおよびB含量に明らかな差は認められなかった。Mn含量について、95~97年の樹上軟化少発年では、軟化多発樹のMn含量が健全樹の1/3程度であり、96および97年は有意差が認められ、95年は有意差はないものの同様の傾向が認められた。しかし樹上軟化多発年であった98年は、軟化多発樹および健全樹でそれぞれ33.3および36.0 ppmであり、Mn含量と

樹上軟化発生率に関連性はみられなかった。

3. 樹上軟化発生率と器官別Mn含量との関係

96年における果肉、ヘタおよび葉のMn含量と樹上軟化発生率との相関を第1図に示した。果肉、ヘタおよび葉のMn含量と樹上軟化発生率との間には1%水準で負の相関が認められ、各器官ともMn含量の低い樹ほど、樹上軟化発生率が高くなる傾向が認められた。また、樹上軟化発生率20%以上の樹のMn含量は果実では20 ppm以下、ヘタでは180 ppm以下、葉では300 ppm以下であった。なお、樹上軟化多発年であった98年においても、7月15日のヘタ中Mn含量と樹上軟化発生率との間に1%水準で有意な相関関係が認められた ($y = -0.2504x + 135.09, r = 0.713$)。

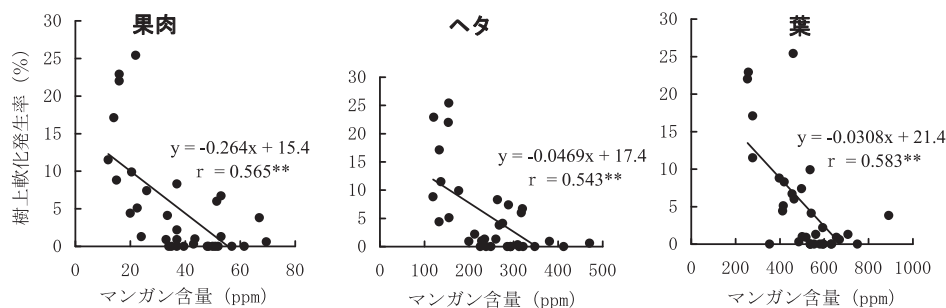
考 察

近年、県下各地で多発している‘西条’の樹上軟化は、秀品率の低下や減収を招き、大きな問題になっている。そのため、樹上軟化の発生原因を解明し、早急に軽減対策を確立することが重要となっている。これまで、この樹上軟化は、果実発育後期の長雨とその後の高温や強風による蒸散、水ストレスによる果実のエチレン生成が原因であるこ

第2表 樹上軟化多発樹と健全樹における果肉中無機成分含量 (1995~1998年)

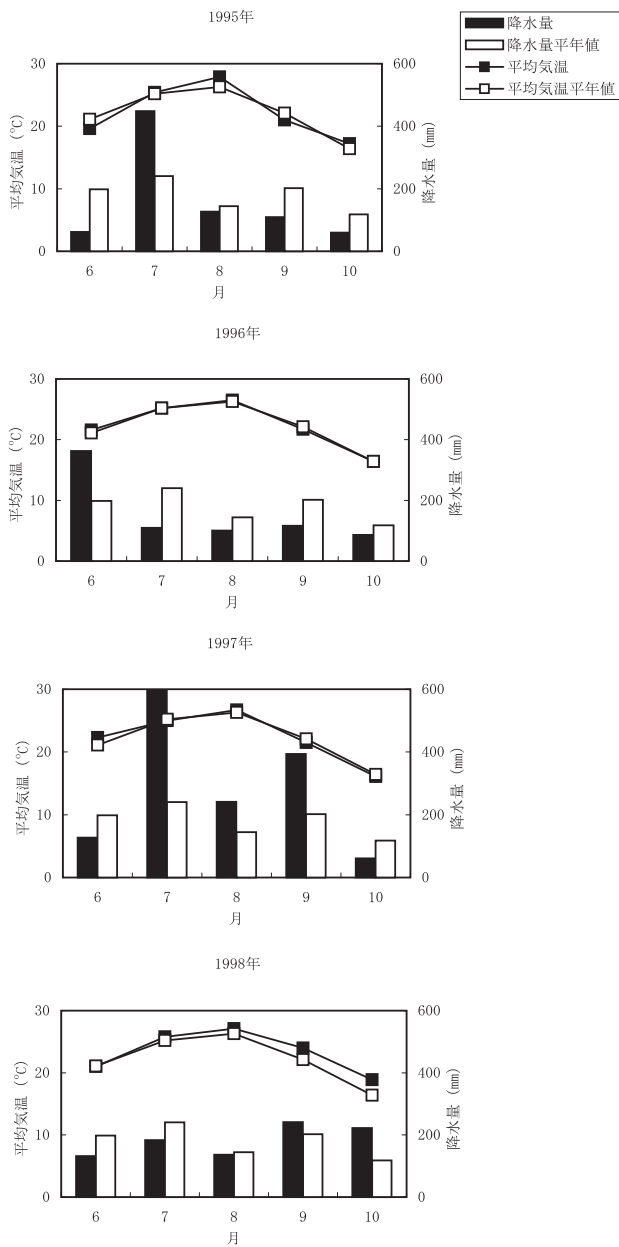
年次		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	B (ppm)	樹上軟化発生率 (%)
1995	樹上軟化多発樹	0.26	0.15	0.97	0.07	0.05	7.3	42.1	30.2
	健全樹	0.35	0.15	1.05	0.08	0.05	28.0	33.6	0.2
	有意性 ^z	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	—
1996	樹上軟化多発樹	0.37	0.15	1.02	0.13	0.06	14.4	14	33.2
	健全樹	0.31	0.15	1.14	0.14	0.07	41.2	10.7	0.9
	有意性	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	—
1997	樹上軟化多発樹	0.29	0.15	1.25	0.10	0.06	12.0	12.9	20.3
	健全樹	0.31	0.16	1.25	0.10	0.06	32.0	14.3	1.4
	有意性	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	—
1998	樹上軟化多発樹	0.25	0.15	1.01	0.12	0.06	33.3	16.9	55.0
	健全樹	0.27	0.13	1.07	0.12	0.07	36.0	15.3	5.0
	有意性	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	—

^zt検定により n.s. : 有意差なし, * : 5%水準で有意差あり



第1図 ‘西条’における器官別マンガン含量と樹上軟化発生率との関係 (1996年)

** : 1%水準で有意差あり



第2図 1995～1998年における6～10月の平均気温と降水量（松江地方気象台観測データ）

とが指摘されている（持田・板村，2007）。

まず，樹上軟化の年次変動について考察する．年次別に各園の樹上軟化発生率を平均してみると，95年は13.6%，96年は15.9%，97年は3.8%で，98年は35.6%を示した．このことから，98年は樹上軟化多発年，97年は少発年，95および96年は少発年であるものの，97年より発生が多い年であると考えられ，樹上軟化の発生程度には年次変動のことが明らかになった。

樹上軟化発生と気象条件との関係を考えてみると，97年（ほとんど発生が認められなかった）は，8月の降水量が241 mmであり（第2図），樹上軟化が発生した他の年と比べて多かった．カキの成木は深根性のため土壤乾燥の影響を受け

にくい，本来生理的に乾燥に弱い樹種であり（小林，1975），8月の降雨が少ないと土壤乾燥の影響（水ストレス）を受け，それが樹上軟化の一因となるものと思われる．多発年の98年は8月の降水量が少なく乾燥ストレスを受けた上に9および10月にまとまった降雨（9月：241 mm，10月：222.5 mm）（第2図）があったことで，さらにストレスが加わり樹上軟化が多発したものと推察される．

持田・板村（2007）は圃場栽培条件で，連続的な降雨中は果実からのエチレン生成が比較的少なく，大雨後晴天が10日程度続いた場合に細根の活性が低下し，果実のエチレン生成が著しく多くなることで樹上軟化が発生したと報告し，あわせて，Englishら（1995）の野生種トマトで，湛水処理により根で生成したACC（1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸）の転流が促進され，その後葉柄内のACC酸化酵素活性が高まり，エチレン生成が促進された例を紹介している．98年はこの報告とは逆に8月の土壤の乾燥後，まとまった降雨によるストレスが根の活性低下を引き起こしたことが樹上軟化の原因と考えられ，気象条件の差が年次変動に影響したと思われる．

カキの生理的落果と樹上軟化の発生メカニズムを同一に考えることはできないが，生理的落果に関しては，梶浦（1942），高橋ら（1971），寿松木ら（1988），薬師寺・長谷（1991）など気象条件との関係を論じた報告が多く，樹上軟化と同様，乾燥，降雨などの関連を示唆している．

また，園地間差に着目してみると，BおよびC園は樹上軟化の比較的多発しやすい園，それに対しA，F，GおよびH園は発生しにくい園と考えられる．また，DおよびE園はこれらの中間的な発生の園と考えられる．このように樹上軟化は年次変動があるだけでなく，園地間差の大きいことが明らかになった．少発年の97年にも発生し98年には多発したBおよびC園は土壤が前作が桑園の壤土であり，排水が良く8月の高温時の土壤乾燥が激しいものと思われる．一方で，多発年でも発生が少ないかほとんどないA，FおよびHの土壤は，粘土質であり保水性が良く8月の少雨時も土壤乾燥による水ストレスがかからないことが，その原因であると思われる．

次に果肉中の無機成分含量についてみると，96および97年の樹上軟化発生樹と健全樹のMn含量との間には5%水準で有意差が認められた（第2表）．このことは，同一園内でも樹上軟化発生樹では健全樹に比べ，果肉内Mn含量が低いことを示しており，根群の発達など樹体条件や土壤条件の違いがMnの吸収に影響を与えることで樹体間差異が生じていると推察された．土壤の交換性Mn濃度と樹上軟化発生率は $y = -0.195x + 9.37$ ， $r = 0.173$ であり相関が認められなかった．これはMnが可給態化するために土壤pHが低いことが必要なことと関連すると思われる（持田ら，2008）．いずれにしても，第1図に示したように，各器官のMn含量と樹上軟化発生率の間には負の相関がみられ，樹上軟化発生率の高い樹のMn含量は果肉では20 ppm以下，

ヘタでは 180 ppm 以下、葉では 300 ppm 以下であることが多かった。ただし、98 年は果肉内 Mn 含量が 33.3 ppm と比較的高い値であったにもかかわらず樹上軟化が発生した。これは、Mn 含量が高くて、たとえば根へのストレスがかなり強い場合は、エチレン生成を抑制することができないためだと思われる。換言すると、ある程度の強度のストレスの範囲内であれば、Mn 含量の多寡がエチレン生成の抑制に影響を及ぼすが、それ以上のストレスがかかれば、Mn 含量が高くともエチレン生成を抑制できず、樹上軟化を誘導すると考えられる。

Mn が関与するカキの生理障害には‘松本早生富有’などにみられる Mn 過剰が原因とされる緑斑症がある(青葉・金野, 1984; 飯室ら, 1980, 村田ら, 1974; 傍島ら, 1980)。これらの報告では、‘松本早生富有’の健全樹の葉の Mn 含量は約 200 ~ 1,700 ppm に分布しており、障害発生樹では、約 500 ~ 4,000 ppm に分布していた。一方、田中・鈴木(1966)はカキ‘富有’の落葉と斑点を伴った黄化症状を示した葉の Mn 含量は 30 ppm 以下であり、健全園の健全樹は 70 ~ 1,844 ppm であることから、黄化症状は Mn 欠乏が原因であるとしている。本調査における‘西条’の葉の Mn 含量は第 1 図に示したように約 200 ~ 890 ppm に分布していた。従って、‘西条’の軟化多発樹の葉内 Mn 含量の分布は、‘松本早生富有’に見られる緑斑症を起こす含量ほど高くはなく、‘富有’の黄化症状を示すほど低い値ではなかった。

ではなぜ、樹体内 Mn 含量が低いと樹上軟化が発生するのであろうか。Itamura ら (1997) は‘平核無’の幼果を用いて 2 価の金属イオンが ACC 酸化酵素活性に及ぼす影響を調査したところ、5 mM の Mn²⁺ で 45.8%、1 mM で 24.6% の抑制効果があったとしている。このことは、樹体が何らかのストレスによってエチレンの発生しやすい状態になったとしても、果肉の Mn 含量の高い樹では Mn がエチレン生成系における ACC 酸化酵素活性を低下させるため、樹上軟化が発生しにくくなることを示唆している。従って、樹体内の Mn 含量を高めることができれば、樹上軟化の発生を軽減できる可能性が示唆された。

しかし、97 年における健全樹の果肉中 Mn 含量は 32.0 ppm で、98 年の軟化多発樹の果肉内 Mn 含量は 33.3 ppm とほぼ同程度の値であったことから(第 2 表)、Mn 含量を具体的にどの程度まで高めれば樹上軟化が抑制されるのかは、樹体へのストレスの程度や与えられる時期などによると考えられ、今後詳細に検討していく必要がある。

摘 要

カキ‘西条’の樹上軟化における年次変動、園地および樹体間差を調査した。樹上軟化に関する基礎的資料を得るため、軟化多発樹と健全樹の無機成分含量、特に Mn に着目して比較した。1995 ~ 1998 年の 4 年間における樹上軟化発生には年次変動があり、園地間差がみられた。果肉中の主な無機成分について比較したところ、多発した 1998 年

を除き、各年とも樹上軟化発生樹の Mn 含量が健全樹の 1/3 程度で、1996 および 1997 年には 5% 水準で有意差が認められた。果実、ヘタおよび葉の各器官別 Mn 含量と樹上軟化発生率の間には 1% 水準で負の相関が認められ、各器官とも Mn 含量が低くなるにつれ、樹上軟化発生率が高くなる傾向が認められた。樹上軟化発生率の高かった樹の各器官の Mn 含量は果肉では 20 ppm、ヘタでは 180 ppm、葉では 300 ppm 以下であった。

引用文献

- 青葉幸二・金野三治. 1984. 果樹園の微量金属元素に関する研究 X カキ果実の緑はん症とマンガン吸収との関連性. 果樹試報. A11: 55-70.
- English, P. J., G. W. Lycett, J. A. Roberts and M. B. Jackson. 1995. Increased 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase activity in shoots of flooded tomato plants raises ethylene production to physiologically active levels. *Plant Physiol.* 109: 1435-1440.
- 飯室 聡・小野良允・杉本好弘・福長信吾・黒田喜佐男. 1980. カキ(松本早生富有)の緑斑症に関する研究. 奈良農試研報. 11: 1-14.
- 板村裕之. 1986. 成熟段階の異なるカキ‘平核無’果実のアルコール脱渋に伴う軟化と呼吸量及びエチレン生成量の関係. 園学雑. 55: 89-98.
- 板村裕之・今掘志朗・北村利夫・福嶋忠昭. 1989. 幼果期の摘葉処理がカキ果実のエチレン生成に及ぼす影響. 島根大農研報. 23: 11-15.
- 板村裕之・北村利夫・平 智・原田 久・伊藤教善・高橋芳浩・福嶋忠昭. 1991. カキ‘平核無’果実の軟化とエチレン生成および呼吸の関係. 園学雑. 60: 695-701.
- Itamura, H., Y. Ohno and H. Yamamura. 1997. Characteristics of fruit softening in japanese persimmon ‘Saijo’. *Acta Hort.* 436: 179-188.
- 岩田 隆・中川勝也・緒方邦安. 1969. 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係(第 1 報)カキ果実における呼吸の climacteric の有無. 園学雑. 38: 84-91.
- 梶浦 実. 1942. 柿の生理的落果に関する研究 III 降雨及び乾燥と落果との関係. 園学雑. 13: 1-14.
- 小林 章. 1975. 適地生産 果樹環境論. p. 209-210. 養賢堂. 東京.
- 松本敏一・板村裕之・倉橋孝夫・牧 慎也・松本真悟. 2007. カキ‘西条’における環状剥皮、摘葉、湛水処理が果実の樹上および収穫後軟化に及ぼす影響. 園学研. 6: 119-123.
- 持田圭介・板村裕之. 2007. カキ‘西条’における樹上軟化発生の原因と早生系統間差. 園学研. 6: 97-103.
- 持田圭介・倉橋孝夫・梶野康行・板村裕之. 2008. Mn の土壌施用と pH 調整によるカキ‘西条’の樹上軟化防止効果. 園学研. 7: 33-38.

- 村田隆一・大石良平・沖島秀史. 1974. 松本早生富有の緑斑症とマンガンの関係. 滋賀農試研報. 16: 89-96.
- 傍島善次・石田雅士・弦間 洋・堀口尚男. 1980. カキの緑斑症果の発現機作に関する研究. 京都府大報(農学). 32: 8-19.
- 寿松木 章・岩永秀人・村上ゆり子・間芋谷 徹. 1988. カキ果実の生理落果とエチレン発生量との因果関係. 園学雑. 57: 167-172.
- 高橋英吉・井上祐吉・永澤勝雄. 1971. カキの落果に関する生理学的研究 II 平核無の生理的落果におよぼす光及び環状剥皮の影響. 千葉大園学報. 19: 13-21.
- 田中宏一・鈴木鉄男. 1966. カキのマンガン欠乏に関する研究. 愛知園試研報. 4: 31-41.
- 薬師寺 博・長谷嘉臣. 1991. カキ‘富有’の早期落果と植物ホルモン量に及ぼす種子含有数及び遮光の影響. 果樹試報. 19: 49-59.