

栽培条件の違いがハッサク果のこはん症の 発生に及ぼす影響

近 泉 惣次郎¹⁾・日 野 昭¹⁾・水 谷 房 雄²⁾

Effects of Growing Conditions on the Occurrence of “Kohansho” Disorder of
Hassaku (*Citrus hassaku* hort. ex Tanaka) Fruit

Sojiro CHIKAIZUMI¹⁾, Akira HINO¹⁾ and Fusao MIZUTANI²⁾

Summary

Effects of growing conditions on the occurrence of “Kohansho”, a physiological rind disorder of Hassaku (*Citrus hassaku* hort. ex Tanaka) fruit were investigated. The disorder did not appear in fruit bearing on the tree, but developed after the fruit were harvested and kept at room temperatures. The incidence was 20% greater in the fruit collected from an orchard without cultural practices compared with a commonly practiced orchard. The nitrogen content both in the soil and the rind of fruit in the former orchard was lower than the latter orchard. From February to April, the later the harvest time, the lesser the incidence. The occurrence of “Kohansho” was only 5% in April-harvested fruit, while 60% in February-harvested fruit. When the fruit were harvested and kept 20°C just after the trees were exposed to low temperature on a cold day (minimum 1.1°C, maximum 5.9°C, average 3.2°C), the disorder developed more severely than the fruit harvested on the previous day before the chilling exposure.

緒 言

カンキツ類果実の貯蔵中に果皮が不規則な模様に褐変するこはん症と呼ばれる生理障害がある。油胞と油胞の間が陥没し、虎の斑紋によく似た斑点が果皮に生じるのでこの名が付けられている。カンキツ類の中でも特に中晩柑類にこはん症の発生が多く認められる。中でも、ハッサク果の果面に発生する斑点は最も虎の斑紋とよく似ており、こはん症と呼ぶにふさわしい形態を呈する。筆者ら⁷⁾は形態的な観察から、ハッサク果のこはん症が果皮の表皮下数層（5～9）の細胞組織の崩壊による果皮組織の部分的な陥没現象であることを明らかにした。陥没後、その部分の組織の褐変あるいは油胞組織の崩壊が認められるようになる。

1) 柑橘学研究室 (Laboratory of Citriculture)

2) 農業 (生物) 生産管理学研究室 (Laboratory of Agricultural [Biological] Production Management)

ハッサク果実是一般に12月中下旬に収穫される。収穫した果実は常温（貯蔵庫内の温度が気温の変化によって左右される貯蔵庫）で貯蔵され、3月から5月にかけて出荷されている。ところが、この出荷期にこはん症が多く発生し、その発生割合が貯蔵果実の70%前後に達することも珍しくない²⁾。こはん症が発生すると果実の外観が悪くなるため商品価値を著しく低下させる。それゆえ、ハッサクを栽培する上でこはん症の発生原因と防止対策の確立が最も重要な課題である。このような観点から、山下¹⁶⁾は常温並びに低温（5℃）貯蔵中におけるハッサク果のこはん症の発生に関する実態調査を行い、貯蔵時の果実温（5℃）と出庫後の外気温の温度較差がこはん症の発生に関係しているのではないかと指摘した。また、ハッサク果のこはん症は20℃で最も多く発生することが明らかで、この発生に関する調査および研究は20℃で行うのが最適であることも分かった²⁾。さらに、ステムピット発生樹より収穫した果実に発生するこはん症の斑点は“くさび型”であることが明らかになっている⁴⁾。また、ハッサク果のこはん症の発生が、ポリエチレンフィルム個装（ポリ個装）だけでなくワックス処理あるいは植物油処理によって抑制あるいは防止効果のあることが認められている^{5、16)}。さらに、各種の被膜剤の処理によっても、こはん症の抑制あるいは防止効果のあることが長谷川ら¹⁰⁾によって明らかにされている。その後、さらに多くの研究がなされている^{1、2、4、5、8、9、10、11、12、13、14、17)}。以上のように数多くの研究がなされているにも関わらず、ハッサク果のこはん症の発生メカニズムはいまだに十分には解明されていない。

そこで、本実験では最初に、こはん症が樹上の果実に発生するかどうかについて調査した。あわせて果実をポリ個装したときの発生割合についても調査した。また、ハッサク樹の栽培条件の違いがこはん症の発生と関係があるのではないかと考え、5年間放任された状態のハッサク園を放任区として、正常に栽培されている園と比較調査した。さらに、収穫時期の違いがこはん症の発生に及ぼす影響について調査した。加えて、樹上の果実が低温に遭遇した直後に果実を収穫し、こはん症の発生に低温がどのように関与しているかを明らかにした。

材料および方法

実験1. 樹上果実におけるこはん症の発生

愛媛県松山市で栽培されている20年生のハッサク樹を供試材料として用いた。こはん症の発生調査は1998年および1999年の2ヶ年行った。対照区およびポリ個装区の果実は両年とも12月25日に収穫し、収穫後は常温貯蔵庫で5月10日まで貯蔵した。ポリ個装処理は果実を収穫すると同時に行った。なお、果実を5月10日まで樹上に結実させたものを樹上果実とした。また、調査果実数は各処理区共300個の果実を用いた。そして、5月10日にこはん症の発生果数およびこはん症の発生した果実の1果当たりの平均斑点数を調査した。なお、個装に用いたポリエチレンフィルム袋は低密度で、厚さ0.02mm、横250mm×縦350mmのものを使用した。

実験2. 栽培条件の違いがこはん症の発生に及ぼす影響

5年間無肥料および無農薬の状態のまま栽培されていない15年生樹のハッサク園を放任区とした。なお、下草だけは草刈り機で毎年刈り取りを行った。また、対照区には愛媛大学農学部内の圃場で栽培されている15年生のハッサク樹を用いた。果実は2000年12月25日に収穫し常温貯蔵庫で2月20日まで貯蔵した。調査果実数は各区共20個の3反復とした。こはん症の発生割合およびこはん症の発生した果実の1果当たりの平均斑点数と果実の品質について2月20日に調査した。なお、果皮の無機成分

含量を測定するため60℃で乾燥後オートミルで粉碎した。また、葉および土壌を2月20日に採取し、それぞれのチッ素、リン、カリウム、カルシウムおよびマグネシウムの含量を測定した。なお、葉は果皮と同様に乾燥後オートミルで粉碎したものをを用いた。全チッソ含量の定量はケルダール法で行った。リン含量の定量は光電光度計による比色法で行った。カリウム、カルシウムおよびマグネシウム含量の定量は原子吸光分光分析法で行った。

実験3. 収穫時期の違いがこはん症の発生に及ぼす影響

収穫時期の違いがこはん症の発生に及ぼす影響を明らかにする目的で、2月7日、3月7日および4月7日にハッサク果を収穫し、こはん症の発生割合およびこはん症の発生した果実の1果当たりの平均斑点数について調査した。なお、調査果実数は各区共20個の3反復とした。

実験4. 樹上で遭遇した低温がハッサク果のこはん症の発生に及ぼす影響

樹上で遭遇した低温がハッサク果のこはん症の発生に及ぼす影響を明らかにする目的で、低温が発生した2001年3月8日（平均気温：3.2℃、最低気温：1.1℃、最高気温：5.9℃）の翌3月9日にハッサク果を収穫した。収穫後は20℃で貯蔵し、こはん症の発生割合およびこはん症の発生した果実の1果当たりの平均斑点数について調査した。なお、対照区として、低温遭遇前の3月7日に果実を収穫した。そして20℃で貯蔵し、こはん症の発生割合およびこはん症の発生した果実の1果当たりの平均斑点数について調査した。

結 果

実験1. 樹上果実におけるこはん症の発生

樹上のハッサク果にこはん症が発生するかどうかについて1998年と1999年の2ヶ年調査を行った。その結果、両年とも樹上の果実にはこはん症が全く発生しなかった（第1表）。なお、対照区の果実では68から72.7%の果実にこはん症が発生した。ポリ個装処理区では48%から54.7%の果実にこはん症が発生した。

第1表 ハッサク果の樹上におけるこはん症の発生

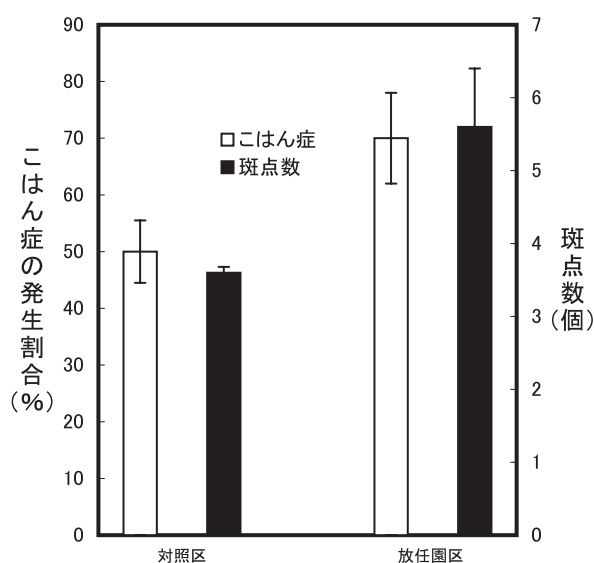
調査項目	年度	調査果実数	こはん症発生果数 (%)
樹 上	1998	300	0 (0)
	1999	300	0 (0)
収穫後室温で貯蔵 (裸果)	1998	300	218 (72.7)
	1999	300	204 (68.0)
収穫後室温で貯蔵 (ポリ個装)	1998	300	164 (54.7)
	1999	300	144 (48.0)

注：1 対照およびポリ個装果実の収穫日：12月25日

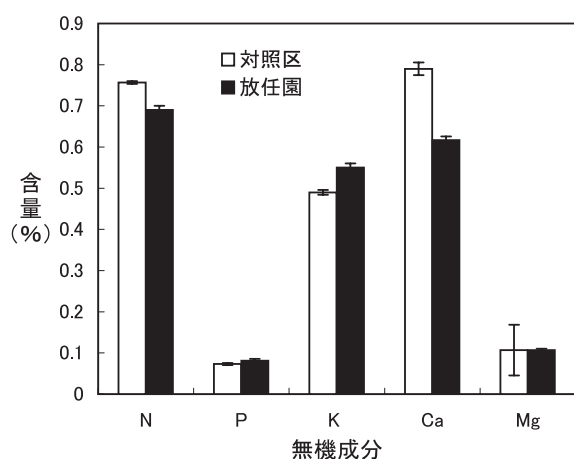
注：2 こはん症の発生調査日：5月10日

実験2. 栽培条件の違いがこはん症の発生に及ぼす影響

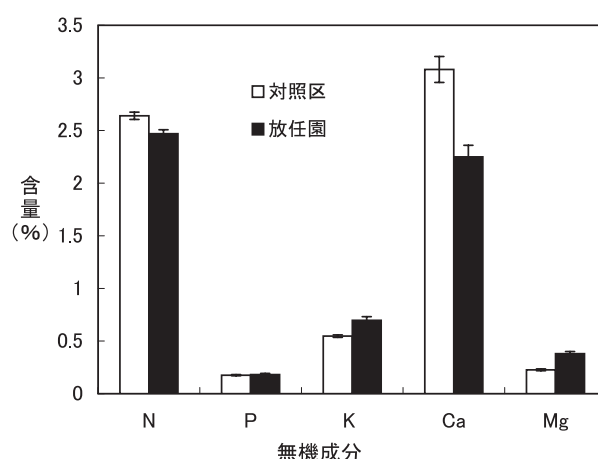
こはん症の発生割合が放任区では70%であったが対照区のそれは50%で、放任園で高い傾向が認められた（第1図）。こはん症の発生した果実の1果当たりの平均斑点数も放任区では5.6個であったが対照区のそれは3.6個であった（第1図）。果実の可溶性固形物含量、遊離酸含量、果皮硬度、果皮の厚さおよび果肉歩合を分析した結果を第2表に示した。可溶性固形物および遊離酸含量は放任区で僅かながら高かった。逆に果皮硬度は対照区で僅かに硬く、果皮の厚さも対照区の方が厚かった。果肉歩合は対照区で77.1%であったが放任区のそれは80.2%であった。果皮の無機成分を分析した結果、放任区で果皮中のチッ素とカルシウム含量が対照区のそれらより少なく、逆にカリウム含量は放任区のほうが対照区より高かった。またリンとマグネシウム含量は両区とも同じで差が認められなかった（第2図）。葉中のカルシウムとチッ素含量は放任区のほうが対照区より少なかった。しかし、カリウムとマグネシウム含量は放任区の方が対照区より高かった（第3図）。土壌中の無機成分含量を分析した結果、全ての成分において放任区で少なく、特にカリウムとカルシウム含量では顕著な差が認められた（第3表）。



第1図 栽培条件の違いがハッサク果のこはん症の発生と斑点数に及ぼす影響
図中の縦バーは標準誤差（3反復）



第2図 栽培条件の違いがハッサク果皮の無機成分含量に及ぼす影響
図中の縦バーは標準誤差（3反復）



第3図 栽培条件の違いがハッサクの葉中無機成分含量に及ぼす影響
図中の縦バーは標準誤差（3反復）

実験3. 収穫時期の違いがこはん症の発生に及ぼす影響

果実の収穫を2月7日、3月7日および4月7日に行い、20℃で貯蔵しこはん症の発生を調べたが、果実の収穫時期が遅くなるに伴ってこはん症の発生割合と1果当たりの斑点数は減少した。特にこはん症の発生割合が4月7日の収穫では5%と非常に少なかった（第4図）。

第2表 栽培条件の違いがハッサク果実の品質および形質に及ぼす影響

	Brix (%)	遊離酸含量 (%)	果皮硬度 ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$)	果皮の厚さ (mm)	果肉歩合 (%)
対照区	9.02±0.10	1.56±0.04	3.28±0.08	3.82±0.17	77.1±1.10
放任園区	9.60±0.15	1.68±0.08	3.15±0.10	2.87±0.36	80.2±1.90

表中の数字は平均値±標準誤差（3反復）

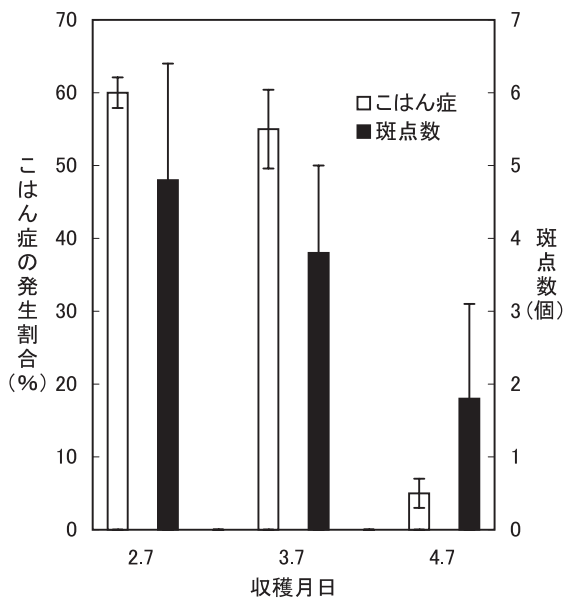
第3表 栽培条件の違いが土壌中の無機成分含量に及ぼす影響

	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
対照区	0.60±0.3	106.6±5.4	206.5±1.5	261.0±7.8	76.4±2.0
放任園区	0.34±0.8	92.0±2.4	116.2±1.4	181.6±1.2	70.0±2.1

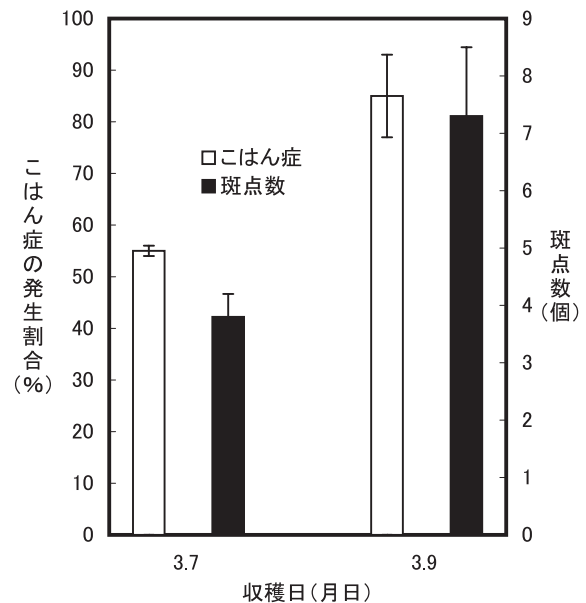
表中の数字は平均値±標準誤差（3反復）

実験4. 樹上で遭遇した低温がハッサク果のこはん症の発生に及ぼす影響

果実が樹上で低温に遭遇することによってこはん症の発生割合は55%から85%まで増加した。こはん症の発生した果実の1果当たりの平均斑点数も3.8個から7.3個に増加した（第5図）。



第4図 収穫時期の違いがハッサク果のこはん症の発生と斑点数に及ぼす影響
図中の縦バーは標準誤差（3反復）



第5図 樹上での低温遭遇がハッサク果のこはん症の発生および斑点数に及ぼす影響
図中の縦バーは標準誤差（3反復）

考 察

ハッサクでは、樹上で越冬させた果実には5月10日までこはん症の発生が全く認められなかった。ところが、12月に収穫し常温貯蔵した果実にはこはん症の発生が認められた。‘清見’タンゴール⁶⁾、

ネーブルオレンジ³⁾などの中晩柑類では、こはん症の発生が樹上の果実にも認められる。この点から、ハッサク果のこはん症の発生原因が他の中晩柑類におけるこはん症の発生原因と異なることが明らかである。すなわち、ハッサクではなぜ樹上の果実にこはん症の発生が認められないかを解明すれば、こはん症の発生原因が明らかになると思われる。また、収穫した果実だけにこはん症が発生することから、収穫後の果実の生理的、物理的あるいは化学的な何らかの変化がこはん症の発生に関与していると考えられる。特に、果実が樹上にある限りは養水分の供給が絶えず行われているが、果実を収穫するとこれらが途絶えることになる。これらの点とこはん症の発生との関係を今後明らかにしてゆく必要がある。

次に、ポリエチレンフィルムで果実を個装することで、こはん症の発生防止あるいは抑制効果が認められている¹⁵⁾。これまでに、筆者らもポリ個装した果実と無処理果それぞれ170個を20℃で貯蔵し、こはん症の発生について1月8日に調査した結果、無処理区では62.4%の果実にこはん症が発生したが、ポリ個装区ではわずか7.1%であった。さらに、収穫と同時にポリ個装を行った結果こはん症の発生は3月の調査では1020果中わずかに2果とその割合が0.2%であった。しかし、5月には55.3%の果実にこはん症が発生した²⁾。今回の調査でもポリ個装処理区では48%から54.7%の果実にこはん症が発生した。以上のことから、ポリ個装はこはん症の発生の防止効果があるのではなく、抑制効果があるものと考えられる。ポリエチレンフィルムによる個装がこはん症の発生の抑制に及ぼす機作についてはポリ個装内の湿度特性を調べたが、ポリ個装後、速やかに相対湿度が95から100%になり、その水蒸気圧によって果実からの水分の放出が抑制されていることが明らかである²⁾。すなわち、ポリ個装により水分だけでなく果実からの気体である炭酸ガスなどの蒸発も抑制され、その結果、こはん症の発生も抑制されているのではないかと推察される。

ハッサク樹の栽培条件の違いがこはん症の発生と関係があるのではないかと考え、5年間放任された状態のハッサク園と、通常に栽培されている園との比較調査を行った。こはん症の発生割合が放任区で20%も高かった。この原因として、放任園の土壌中の無機成分含量が対照区のそれらより全ての含量が少なく、特にチッ素含量が対照区の約二分の一であったことから樹の栄養の不足が考えられる。しかし、樹の栄養不足とこはん症の発生との関係については明らかにすることができなかったので、今後この点について解明する必要がある。さらに、果皮の無機成分を分析した結果、放任区で果皮中のチッ素とカルシウム含量が対照区のそれらより少なく、逆にカリウム含量は放任区のほうが対照区より高かった。またリンとマグネシウム含量は両区とも同じで差が認められなかった。これらの成分とこはん症の発生との関係についても明らかにすることができなかった。葉中のカルシウムとチッ素含量は放任区のほうが対照区より少なかった。しかし、カリウムとマグネシウム含量は放任区の方が対照区より高かったが、これらとこはん症の発生との関係も十分には解明できなかった。次に、果実の可溶性固形物含量、遊離酸含量、果皮硬度、果皮の厚さおよび果肉歩合を分析したが、可溶性固形物および遊離酸含量は放任区で僅かながら高かった。逆に果皮硬度は対照区で僅かに硬く、果皮の厚さも対照区の方が厚く、果肉歩合も放任区で高かった。しかし、これらの違いとこはん症の発生との関係については明らかにすることができなかったので、これらの点については今後解明する必要があると考えられる。

今までに、12月以前の収穫時期の違いとこはん症の発生割合について調査したが10月の収穫果ではこはん症の発生が少なく、11月下旬から12月の収穫では60%前後の果実にこはん症が発生した⁴⁾。今回の調査では1月以降の収穫時期の違いとこはん症の発生割合について調査したが、収穫時期が遅くなるほどこはん症の発生割合は低くなった。特に4月の発生割合が低くなった。この原因として果実

のエイジングとの関係が考えられる。

さらに果実を低温遭遇後に収穫し20℃で貯蔵したがこはん症の発生割合は約20%も高くなった。このことから低温はこはん症発生の誘因の一つと考えられる。しかし、低温に遭遇した果実を4月に収穫したところ、こはん症の発生割合が低くなっており、低温の影響がなくなっていたのは大変興味深い現象であった。

摘 要

栽培条件の違いがハッサク果のこはん症の発生に及ぼす影響を明らかにする目的で本研究を行った。果実が樹上にある限りはこはん症の発生が認められなかった。放任園ではハッサク果のこはん症の発生割合が20%も高く、その原因として土壌および果皮中のチッ素含量が少ないことが考えられる。また収穫時期が遅くなるほどこはん症の発生割合は低くなった。さらに、果実を低温遭遇後に収穫し20℃で貯蔵したところ、こはん症の発生割合は約20%も高くなった。このことから低温はこはん症発生の誘因の一つと考えられる。

謝辞 本研究を行うに当たり、常に激励と有意な御助言をいただいた愛媛大学名誉教授 門屋一臣 先生に心から感謝の意を表する。

引 用 文 献

- (1) 秋田忠夫・三股 正・佐藤瑞穂. 1983. 中晩カン類の貯蔵に関する研究. 第2報. ハッサクのこはん症発生と着果位置、植物生長調節物質、採集時期との関係. 園学要旨. 昭58秋: 416-417.
- (2) 近泉惣次郎. 2001. ハッサク果のこはん症の発生に及ぼす貯蔵温度およびポリエチレンフィルム個装の影響. 園学雑. 70: 333-340.
- (3) 近泉惣次郎・日野 昭・水谷房雄. 1999. 生育環境とネーブルオレンジ (*Citrus sinensis* Osbeck var. *brasiliensis* Tanaka) 果のこはん症発現との関係. 愛媛大学農学部農場報告. 20: 7-14.
- (4) 近泉惣次郎・日野 昭・秋好広明・水谷房雄. 1997. 生育環境の相違がハッサク果のこはん症の発生に及ぼす影響. 愛媛大学農学部農場報告. 18: 15-25.
- (5) Chikaizumi, S., J. Watanabe, H. Akiyoshi and F. Mizutani. 1995. Reduction of "Kohansho" disorder in stored Hassaku (*Citrus hassaku* hort. ex Tanaka) fruit by vegetable oil, fatty acid and wax coating. Bull. Exp. Farm Coll. Agr. Ehime Univ. 16: 11-17.
- (6) 近泉惣次郎・松本和夫. 1991. 清見果実の樹上ならびに収穫後のコハン症の発現と収穫期が果実品質に及ぼす影響. 愛媛大学農学部紀要. 36: 265-274.
- (7) 近泉惣次郎・渡部潤一郎・門屋一臣・松本和夫. 1980. 柑橘果実のこはん症発生に関する形態学的観察. 中四国園学要旨. 昭55: 23.
- (8) 藤田修二・東野哲三. 1988. ハッサクコハン症の発生と果皮のアスコルビン酸及びクロロゲン酸含量との関係. 園学雑. 57: 312-318.
- (9) 長谷川美典・伊庭慶昭. 1978. カンキツ類果実のこはん症に関する研究. 第1報. 発生条件と障害果実の性質について. 園学要旨. 昭53秋: 384-385.
- (10) 長谷川美典・伊庭慶昭・兵藤 宏. 1979. カンキツ類果実の被膜剤に関する研究. 第1報. 各種

- 被膜剤の特性について. 園学要旨. 昭54春：398-399.
- (11) 伊庭慶昭・長谷川美典・山下重良・藤本欣司・和田年裕・小川勝利・坂井 堅・音井 格・田辺 弘・脇川勝美・渡部悦也・向井 武・野方俊秀・金川英明・佐藤 隆・佐藤瑞穂. 1981. ハッサクのこはん症に及ぼすTBZの影響. 園学要旨. 昭56春：438-439.
 - (12) Kanlayanarat, S., C. Oogaki and H. Gemma. 1988. Occurrence of rind-oil spot of Hassaku (*Citrus hassaku* hort. ex Tanaka) fruits stored under different temperatures and relative humidities. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 57 : 513-520.
 - (13) 川田和秀・北川博敏. 1987. ハッサクのこはん症に関する研究. 温水処理、出庫温度、出庫時エチレン処理、および出庫時期について. 園学要旨. 昭62春：460-461.
 - (14) Manago, M. 1988. Studies on "Kohansho" : a physiological disorder of fruit rind in Hassaku (*Citrus hassaku* hort. ex Tanaka). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 57 : 295-303.
 - (15) 小川勝利・坂井 堅・辰巳保夫・村田卓夫. 1975. カンキツ類の貯蔵及び果実生理に関する研究. 第1報. ハッサク果実のヤケ症状発生に伴う形態的生理的变化. 園学要旨. 昭50秋：374-375.
 - (16) 山下重良. 1967. ハッサクの低温貯蔵に関する研究. 第1報. 温湿度条件と虎斑病の発生および防止について. 園学雑. 36 : 250-258.
 - (17) 吉松敬祐・内山善雄. 1980. ハッサクの虎斑症に関する研究. 第2報. 低温貯蔵果実の出庫に伴うエチレンの発生. 園学要旨. 昭55秋：388-389.