

カンキツ類の果皮障害の発生原因とその防止対策

近 泉 惣次郎*

Studies on Causal Factors and Preventive Measures of Rind Disorders in Citrus Fruits

Sojiro CHIKAIZUMI*

目 次

緒 言	14	第4節 貯蔵温度およびポリエチレンフィルム 個包装の効果	63
第1章 早生ウンシュウの日焼け症	16	第5節 考 察	69
第1節 症状, 発生の時期および温度	16	第6節 摘 要	72
第2節 油胞組織の褐変物質	21	第6章 ‘清見’ タンゴールのこはん症	74
第3節 考 察	26	第1節 ポリ個包装の効果	74
第4節 摘 要	28	第2節 樹上並びに収穫後の発生	78
第2章 ネーブルオレンジの裂果	29	第3節 発生原因	82
第1節 症状および発生時期	29	第4節 考 察	86
第2節 栽培条件の違いと裂果	32	第5節 摘 要	88
第3節 考 察	36	第7章 ‘宮内’ イヨの果皮障害	90
第4節 摘 要	36	第1節 症状および発生原因	90
第3章 アンコールのこはん症	38	第2節 考 察	95
第1節 症状および発生原因	38	第3節 摘 要	96
第2節 考 察	43	第8章 ‘清見’ タンゴール果実の 水腐れ類似症	97
第3節 摘 要	43	第1節 水腐れ類似症状および発生原因	97
第4章 ‘大谷’ イヨの果皮障害	45	第2節 考 察	102
第1節 症状および発生原因	45	第3節 摘 要	103
第2節 考 察	49	第9章 ‘宮内’ イヨ果実の冷風害	104
第3節 摘 要	51	第1節 症状および発生原因	104
第5章 ハッサクのこはん症	52	第2節 考 察	110
第1節 栽培条件の違いと発生	52	第3節 摘 要	111
第2節 生育環境の相違と発生	55	総 括	112
第3節 植物油およびワックス処理の効果	60	参考文献	115
		英文摘要 (Summary)	120

2007年3月27日受領

2007年4月1日受理

*柑橘学研究室 (Laboratory of Citriculture)

緒 言

カンキツ類の果実に発生する果皮障害には病害、虫害、農薬の害、養分欠乏または過剰による障害、物理的な害（例えば風害）そして生理的な害と非常に多い。これらを大きく分類すると、(A) 病虫害；①病害，②虫害，③ウイルス病。(B) 生理障害；①裂果，②日焼け症，③ユズハダ果，④浮皮，⑤ス上がり，⑥回青，⑦水腐れ病，⑧こはん症，⑨さめはだ病，⑩その他。(C) 災害；①寒害，②潮害，③暴風害，④公害。(D) 養分欠乏または過剰；①ホウ素，②マンガン，③銅，④その他。(E) 農薬の害；①ダイホルタン，②ボルドー，③殺虫，殺ダニ剤の害，④その他。(F) その他；になる。これらの中で，病害，虫害，養分欠乏または過剰による障害，農薬の害および物理的な害の多くはカンキツ類の栽培中に主に発生し，原因が明らかである。ところが，日焼け症，裂果そしてこはん症等の生理障害では，発生原因が明らかになっていないものが多い。

日焼けは主にウンシュウミカンに発生し，特に早生系統にその発生が多い。それゆえ，日焼けは早生ウンシュウミカンを栽培する上で大きな問題の一つであった。そこで，早生ウンシュウミカンにおける日焼けの原因と発生過程を明らかにする目的で本研究を行った。次に，裂果はカンキツ類の中で特にネーブルオレンジの果実に多く発生するため，ネーブルオレンジの栽培が安定しない大きな原因の一つである。この裂果の原因を明らかにするため，露地栽培と施設栽培（ビニールハウス栽培）における裂果の発生状況を調査することによって発生原因を明らかにした。

ウンシュウミカンは味がよく，皮はむきやすく，種子がなく食べやすいため日本人に最も好まれる果実である。さらに，早生から晩生まで系統も非常に多く，貯蔵性もよく，缶詰め，ジュースなどの加工性にも優れている。その上，日本の気候風土にも適し，栽培しやすい等の，多くの利点を持った品種である。品質的に非常に優れているため，ウンシュウミカンの生産量は戦後急激に増加し，1972年（昭47年）には350万トンにも達した。その後，1979年まで，毎年350万トン前後の生産が続いた。いかに品質的に優れた果実でも，生産過剰になると価格は低迷し暴落した。さらに，時を同じくして，急激な日本の経済成長によって国民の食生活が豊かになると共に果物に対する嗜好の多様化が起きた。そこで，ウンシュウミカンの生産過剰対策の一つとして，ウンシュウミカンから他のカンキツ類への品種転換を中心とした生産調整がはかられた。特に中晩柑類への高接による更新，あるいは外国からの

新品種の導入が盛んに行なわれた。これらの品種の栽培面積が増加するに伴い，栽培上あるいは貯蔵上の問題点も多く発生するようになった。中でも，中晩柑類が結実期になると樹上の果実や貯蔵中の果実にこはん症と呼ばれる障害が発生し，栽培上あるいは貯蔵上の大きな問題となった。こはん症は果実の果面にちょうど虎の斑紋によく似た斑点が発生し果面が陥没した症状を呈する。そして，斑点部分が褐変するため商品価値が低下する。特に中晩柑類や外国導入品種は味が良い上に，外見の良さが要求されるため，外見が悪くなると商品価値がほとんどなくなってしまふ。しかし，こはん症の発生原因はほとんど明らかにされていない。さらに，果皮障害であるこはん症に対する名称もヤケ症，こはん症，褐変症あるいは黄斑症などと呼称された。こはん症に対する定義として，高橋（1969）は生理的および原因不明の病害の一つとしてコハン（虎斑）病を取り上げ，生理的のもののみられ，主として採取2週間後，貯蔵果に現れ，果実が樹上にある間にも発生すると述べている。また，岩崎（1974）はコ斑病（虎斑病）とは生理的な病害であり，盛夏の候果実が緑色のころから貯蔵中まで発生すると述べている。また，その原因として，つぶされた油胞から噴出する油が，周囲の表皮細胞に浸潤して，これを侵すためにおこる病害であると述べている。農水省の1976年の「常緑果樹に関する試験研究打ち合せ会議」において，貯蔵中に果皮が不規則な模様状に褐変する生理障害を「こ（虎）班症」と総称すると定義づけた（伊庭，1985）。しかし，この定義では，果皮の褐変現象を起こすものをこはん症と定義したためナツダイダイの低温障害（岩田ら，1968，1969）までもこはん症となり，こはん症には色々な種類の生理障害が含まれることになった。換言すれば，こはん症は貯蔵中に発生する褐変症状に対して付けた総称のため，品種によって原因の異なる場合も十分に考えられる。すなわち，褐変現象の原因が明らかになれば，名称もこはん症から原因に適した名称に変更する必要がある。松本（1991）によると，こ斑症はカンキツ果皮の生理障害で，中晩生カンキツにその発生が多く収穫後，貯蔵中あるいは出庫後に果皮が斑点状あるいは円形状に不規則に褐変する症状をいうと述べると共に，その発生原因については，低温による障害，果皮の未成熟，果皮の乾燥，果皮からの揮発性物質の揮散などが上げられているが，十分に解明されていないと記述している。富田（1991）によると，コハン症は樹上で発生するものにウンシュウミカン，アンコールなどがあり，ウンシュウミカンでは窒素栄養の不足，アンコールでは高温障害や台木の影響がある。収穫後に発生するものにネー

ブル、ハッサク、ウンシュウミカン、立花オレンジ、ブタンなどがあると述べている。また、発生原因は明らかではなく、低温障害、果皮の未熟、乾燥などが考えられていると述べている。宮田は(2000)こはん症とは、樹上であるいは貯蔵中に果皮の一部が不規則に小陥没(ピッティング)を起こし、時として褐変をも伴う、果実の生理障害のことを総称したものであると記述している。以上の様に、こはん症に対する定義が曖昧である上に、その発生原因はほとんどが明らかでないとして述べている。さらに、用語としても、「コハン症」、「こ斑症」、「コ斑病(虎斑病)」、「こ(虎)斑症」、「コハン(虎斑)病」あるいは「こはん(虎斑)症」が用いられている。本研究において、どの用語を用いればよいかについて熟慮した結果、「こはん症」が適切であると考え、この用語を用いることにした。

こはん症の発生はハッサク、ネーブルオレンジ、‘宮内’イヨ、‘大谷’イヨ、‘清見’タンゴール、ポンカン、セミノールそして河内晩柑などのほとんど全ての中晩柑類に認められている。中でも、ハッサクの果実に発生するこはん症に関する研究は多く、ポリエチレン袋による個包装について(近泉, 2001; 東地ら, 1990; 小川・坂井, 1979)、温湯処理では川田・北川(1987)、ワックス処理との関係では、Chikaizumi(1995)らの報告が認められる。さらに、低温から高温への変温によってもこはん症が発生することが明らかになっている(山下, 1967. 近泉, 2001)。果皮内成分との関係では藤田・東野(1984, 1985a, b, 1988)の報告が認められる。ネーブルオレンジでは近泉ら(1985, 1998, 1999)、石田ら(1975, 1977)、牧田・小中原(1984, 1985)、牧田(1987)、白石ら(1981)の報告が認められる。‘清見’タンゴールのこはん症に関しては近泉・松本(1991)、長谷川・矢野(1990)および牧田・岡田(1991)の報告がある。セミノールでは果実の袋掛け、遮光処理、開花時期や着色時期の違いと果皮障害の発生との関係についての秋田ら(1984, 1986)の報告がある。さらに、佐藤ら(1980)はチアベンダゾール(TBZ)処理や貯蔵温度の違いについて、白石ら(1981, 1982)は栽培条件との関係について報告している。セミノールの予措の効果については、山脇・邨田(1987)の報告がある。ポンカンでは予措の効果について、邨田・山脇(1987)の調査や佐野・松下(1988)が組織形態的に観察した結果がある。さらに、佐野ら(1988)の夏秋季の土壤水分と果皮障害の発生との関係を見た報告がある。ナルトミカンの果皮障害に関しては浜田ら(1980, 1983)、浜田・谷口(1989a, b)一井・浜田(1977, 1979)の報告がある。以上の様に、こはん症の発生に関する研究は非

常に多く認められるが、発生原因が複雑なためか、あるいは貯蔵中に主にこはん症が発生するため、その原因を貯蔵環境にあると考えて研究を進めているものが多い。また、こはん症の定義(伊庭, 1985)からすると低温障害(Chilling injury)までもがこはん症に含まれることになる(Eaks, 1960, 1965, 1980)。低温障害はLyons(1973)によると、熱帯および亜熱帯の植物が10℃~12℃以下の凍結の発生しない低温にさらされると生じる生理的機能障害であると定義されている。カンキツ類は亜熱帯性の果樹であるため、当然ながら低温障害の被害を受けることになる。しかしながら、こはん症と低温障害との区別は非常に難しい問題である。いずれにしろ、こはん症の発生原因を明らかした研究は非常に少ないか、ほとんど認められない。

そこで、ハッサク、アンコール、‘大谷’イヨ、‘宮内’イヨ、‘清見’タンゴールなどの果実に発生する果皮障害の発生原因を明らかにすると共に防止対策を確立することを目的に研究を行った。特に、こはん症の発生原因は複雑なため、主たる原因を主因、主因となるものを助長する働きを持つものを誘因、そして障害を受けやすい素質を素因とに分けて研究を進めた。これらの三条件が重なりあって原因となることを明らかにすると共に症状の発生までの過程についても考察を加えた。そして、こはん症の原因が品種によって異なっていること、肉眼的に同じ症状でも、品種によって症状に対する原因が異なっていることも明らかにした。さらに、日焼け、裂果およびこはん症の研究中にも新しい果皮障害の発生が認められ、これらが栽培上重要であるにもかかわらず、原因が分からなかった。そこで新しい果皮障害の原因を解明し、これらの新しい障害に対して‘宮内’イヨの“冷風害”、‘清見’タンゴールの“水腐れ類似症”と呼称して研究を進めた。そして、若干の知見を得たので報告する。

本論文のとりまとめにあたり、終始懇切なご指導および有益な御助言と御校閲の労を賜った愛媛大学農学部教授水谷房雄博士に哀心より感謝を申し上げる。本研究を行うにあたり、えひめ中央農業協同組合の柳沢幸四郎氏から果樹園の選定など多大の助言と援助をいただいた。また本研究に対し、常に激励と有意な御助言をいただいた愛媛大学農学部名誉教授門屋一臣博士に心から感謝の意を表す。

第1章 早生ウンシュウの日焼け症

第1節 症状、発生の時期および温度

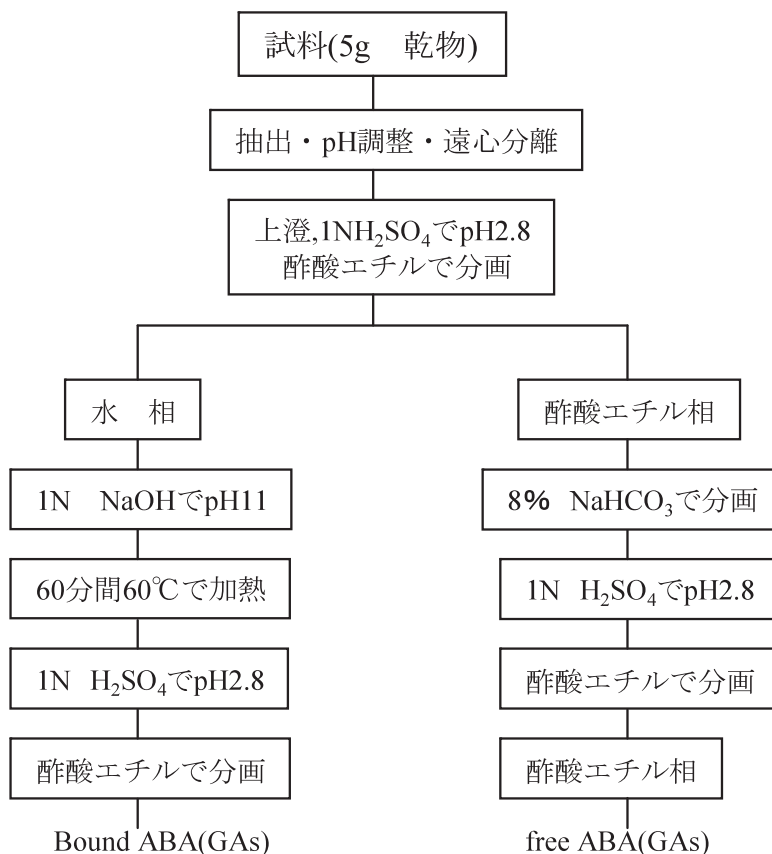
緒 言

カンキツ類の果実には日焼け症を生ずるものが多いが、特に早生ウンシュウで日焼け症の発生が著しい。また、早生ウンシュウのハウス栽培が増えてきたが、このハウス栽培でも日焼け症の発生が栽培上の大きな問題の一つになっている。ハウス栽培でみられる日焼け果の発生率は数%であるが、多いときには数10%に及ぶことがあり、日焼け症の防止対策が強く求められている。日焼け症の発生した果実では、果皮が褐変するばかりでなく、果肉もす上がり症状を呈するために、商品価値が著しく失われてしまう。そこで、日焼け症の防止対策として袋掛けが一般に行われている。袋掛けは日焼けの生ずる前、すなわち、8月中旬から9月上旬に行う。この袋掛けの作業は8月の暑い時期に行われるので大変な作業である。したがって、日焼け症発生のメカニズムを解明し、それに基づいた防止対策を確立することができれば、栽培者の健康管理上益するところが大きい。日焼けという名が示すように、原因が強い太陽光線の照射である可能性が大きい。しか

し、7月下旬から8月上、中旬の強い日射を受けても、果実が未熟の段階では日焼け症の発生がみられない。すなわち、強い太陽光線に加えて、それを受ける果実の生理状態が日焼け症の発生に密接に関係しているものと考えられる。そこで、同一園で継続して日焼け症発生の実態を調査すると共に、日焼け症の発生した果実の生理的並びに形態的な特徴について調査した。

材料および方法

供試材料は、愛媛大学農学部附属農場に栽培されている15年生の‘宮川早生’ウンシュウ138樹である。供試園は傾斜角約10度の西向き斜面上に位置している。松山の平均気温は松山気象台の気象表によった。果面温度の測定は、銅-コンスタントの熱電対を用いて行った。果皮表面および油胞組織の、走査電顕観察のための試料作製法は以下のものである。すなわち、試料の固定には、グルタルアルデヒドおよびパラホルムアルデヒドを含む Karnovsky (1965) の固定液を作成し、室温で24時間固定した後、水洗し、更に、アルコールとアセトンによる脱水を行い、最後に臨界点乾燥器にかけて試料を作成した。また、ジベレリン様物質と ABA は、果皮を凍結乾燥した後粉碎し、その5gを1回の分析に使用した。手順は第1図に示すとおり



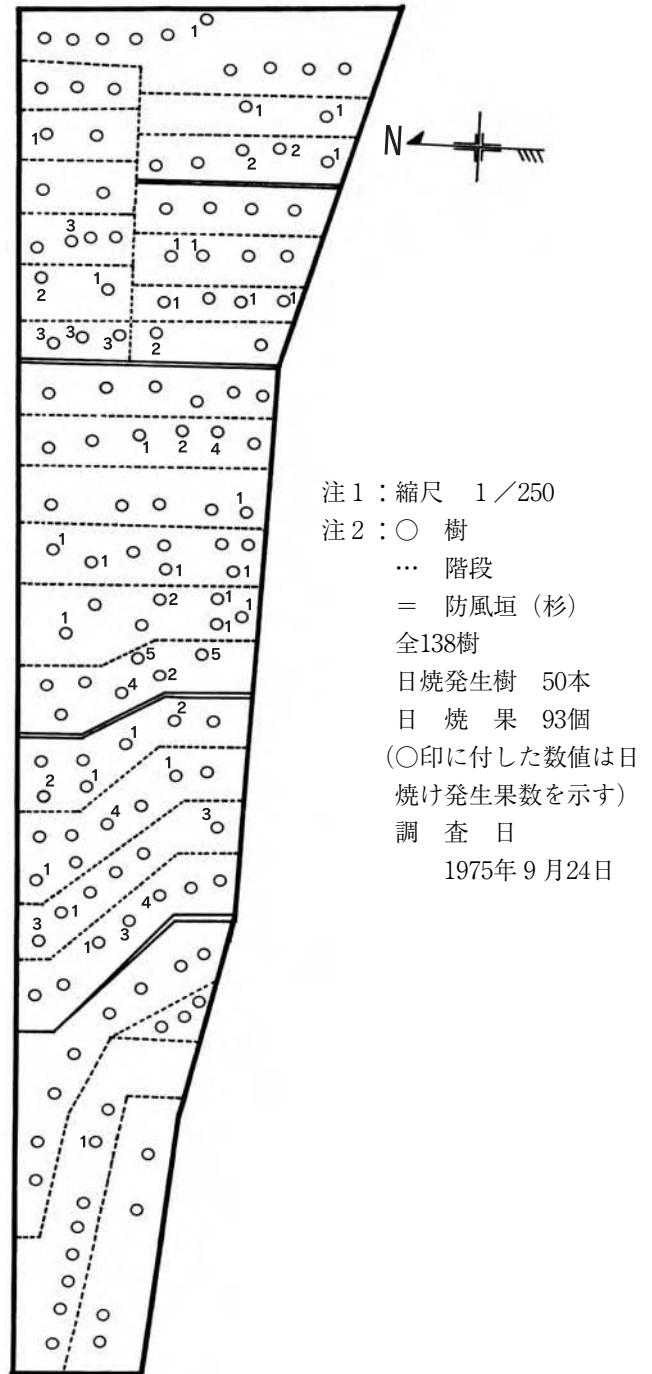
第1図 アブシジン酸 (ABA) およびジベレリン様物質 (GAs) の抽出手順

である。ジベレリン様物質は大麥胚乳テストで、ABAはガスクロマトグラフィーで分析した。なお、ガスクロマトグラフィーの分析条件は次のとおりである。すなわち、検出器はECD、カラムは3mm×2mのガラスカラムを使用し、充てん剤10%SE30 ChromosorbWAW-DMCS、検出器と注入部の温度250℃、N₂流量60ml/分に設定した。糖の抽出は、果皮の乾燥粉末1gを円筒ろ紙に取り、ソックスレー抽出器により80%エタノールを用いて抽出した。また、抽出液はエタノールを除いた後、硫酸亜鉛と水酸化バリウムで除たん白を行い、Somogi-Nelson (Somogyi, 1952) 法によって糖の定量を行った。酸の抽出は、果皮の乾燥粉末20gを円筒ろ紙に取り、ソックスレー抽出器により80%エタノールで4時間抽出した。さらに、残さは80%エタノールで4時間の抽出を2回繰り返した。得られた抽出液はロータリーエバポレーターを用い、40℃の減圧下でエタノールを留去した後、蒸留水を加えて100mlに定容した。この液を用い、0.1規定の水酸化ナトリウムによる中和滴定法で果皮の遊離酸含量を求めた。クロロフィルおよびカロチノイド含量を定量するため、果皮20gをそれぞれ用いた。クロロフィルは80%アセトンで3回反復抽出し、アセトン溶出物をエチルエーテルに移すため、エチルエーテルを加えて数回抽出を繰り返した。さらに、エチルエーテル層は水で数回洗浄後、無水硫酸ナトリウムを加え、暗所で30分間保存し脱水した。脱水後エチルエーテルで一定に定容し、分光光度計を用い642.5nmと660nmの吸光度を測定した。なお、全クロロフィル含量は次の式により算出した。全クロロフィル (mg・g⁻¹) = 7.12OD₆₆₀ + 16.8OD_{642.5}。カロチノイドはアセトンとヘキサンで3回反復抽出を行った。アセトンとヘキサンの抽出液は水を加え洗浄した。分層後ヘキサン層は乳化をさけながら水で3回洗浄した。ヘキサン層に90%メチルアルコールを加えて振とう後に、20%水酸化カリウムを加えて振とうし、液が透明になるまで静置した。得られたメチルアルコールは一定に定容後、分光光度計を用い、OD_{487.5nm}の吸光度を測定する方法で総カロチノイド含量を求めた。

結果

第2図は、調査に使用した果樹園内に栽植されている早生ウンシュウ樹（丸印）の配置図である。図の中の数値は、1975年に発生した1樹当りの日焼け果の発生個数である。図が示すように、日焼け症状は全園に一樣に発生するのではなく、樹によるばらつきが認められた。また、第1表は、第2図に示した果樹園における5か年間の日焼け発生個数を集計したものであ

る。1975年および1977年には日焼けが多く発生したのに対し、1976年、1978年および1979年には日焼け果がほとんど発生しなかった。すなわち、同一園についても、日焼け症発生に関する年次差が極めて大きいことが明らかとなった。このような年次差が旬別平均気温と密接に関係している可能性があるため、松山市における旬別平均気温を第3図に示し、年次別の日焼け発生の多少と対比してみた。平均気温の高い年に必



注1：縮尺 1/250
 注2：○ 樹
 … 階段
 = 防風垣 (杉)
 全138樹
 日焼け発生樹 50本
 日 焼 果 93個
 (○印に付した数値は日
 焼け発生果数を示す)
 調 査 日
 1975年 9月24日

第2図 調査に使用した果樹園の見取り図と‘宮川早生’ウンシュウの栽培図

ずしも日焼け症の発生が多くない。例えば、1978年は平均気温が非常に高かったにもかかわらず、日焼け果

の発生はむしろ少なかった。

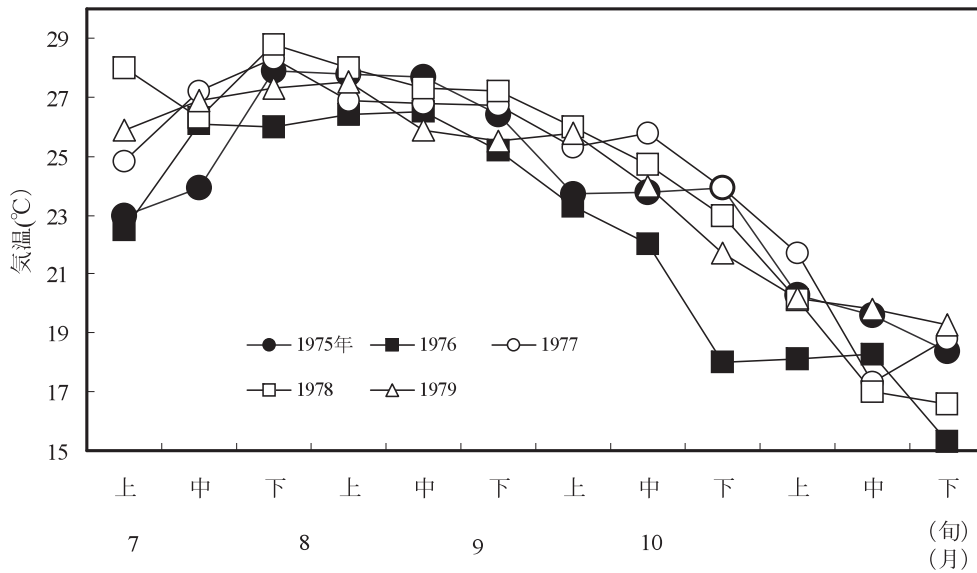
第2表は、1975年9月24日に日焼け症発生果実の樹冠上位別の分布状態を調査した結果である。総数93個のうち、南側に面した果実69個、東側15個、西側7個、北側に2個分布していた。北側の場合、樹の上部に1個と、西側に近い1個のみであった。この結果から、日焼け症が、強い日光の照射する位置にある果実に多く発生することが明らかとなった。以上のようなほ場での観測データから、日焼け症の発生には強い日射が必要であるが、ただそれだけで発生するのではなく、果実の ageing と密接に関係していることが推定できた。

そこで次に、日焼け症の発生果の果皮の特徴を調査

第1表 調査園における5ヶ年の日焼け症の発生果数

年	日焼け症の発生果数
1975	93
1976	5
1977	139
1978	8
1979	2

調査園：愛媛大学農学部附属農場
 調査本数：138樹
 樹齢：15年生樹



第3図 松山における5ヶ年間の旬別平均気温

第2表 樹冠上の方位別における日焼け症の発生果数

方位	個数	備 考
東	15	上部…………… 3個
西	7	
南	69	
北	2	上部…………… 1個

調査日：1975年9月24日

第3表 日焼け症の発生果実における果肉のす上がり個数

す上がり果	正 常 果	計
15	5	20

第4表 日焼け症の発生果実における油脂組織の褐変

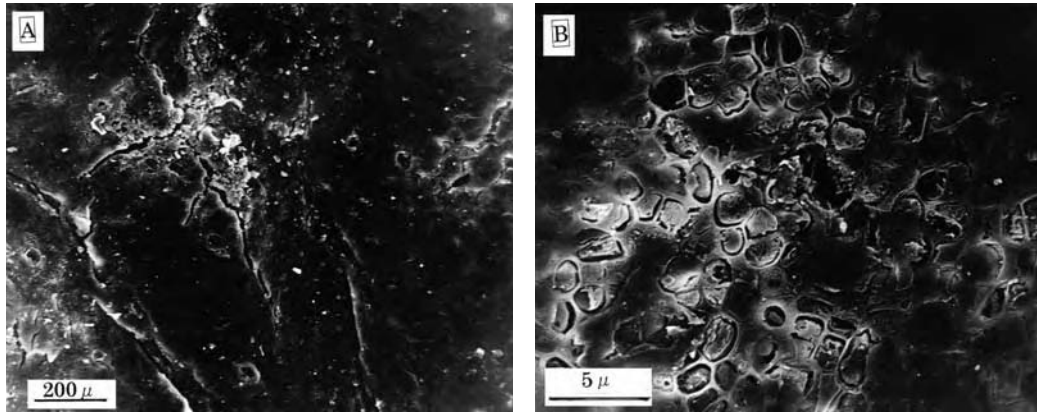
調査個数	初生油胞組織(凹)	次生油胞組織(凸)
80	42	38

第5表 日焼け症の発生部における果皮の硬度 (kg・cm⁻³)

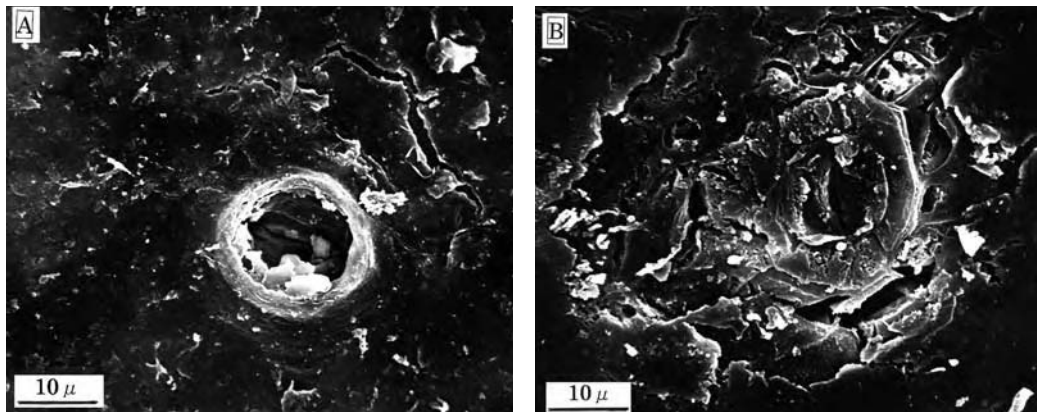
個体番号	対 照 区	日焼け部
1	0.40	1.40
2	0.22	2.30
3	0.55	2.70
4	0.30	0.80
5	0.08	0.90
6	0.40	0.80
7	0.18	2.00
8	0.10	1.80
9	0.20	1.20
10	0.30	1.50
11	0.30	0.70
12	0.05	1.70
13	0.40	1.00
14	0.18	1.80
15	0.19	1.80
平 均	0.26	1.60

し、ageing との関係および、障害発生のメカニズムを解明する手掛かりを得る目的で次の調査を行った。第3表は、10月23日に採取した日焼け発生果20個について、果肉のす上がり状態を調べた結果である。これらの20個のうちの15個で果肉がす上がり状態を呈していた。すなわち、日焼け果のうちの75%の果実です上が

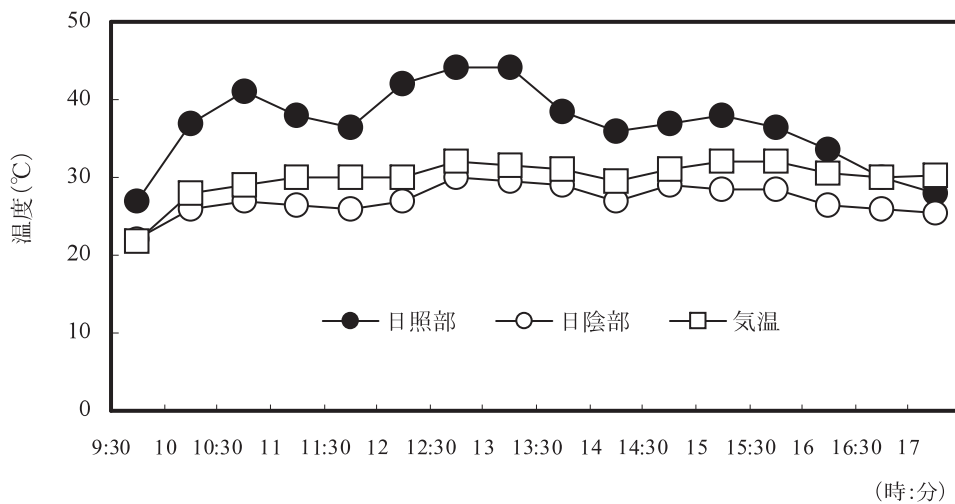
りを生じ、外観だけでなく、果肉についても商品価値を失っていることが明らかとなった。また、日焼け果では油胞組織が褐変するが、この褐変する部分が初生油胞組織なのか、あるいは、次生油胞組織なのかを調査した結果を第4表に示す。褐変した油胞80個を調べたところ、初生油胞組織が42個、また、次生油胞組織



第4図 日焼け症発生部の果皮表面の走査電顕像



第5図 日焼け症発生部の気孔の走査電顕像



第6図 果皮表面の温度と気温の日変化
調査日：1975年8月29日

第6表 同じ日射条件の果皮の緑色部, 黄変部および日焼け症発生部の表面温度 (°C)

	緑色部	黄変部	日焼け発現部
1	43.0	44.0	47.5
2	43.0	43.0	47.5
3	43.5	44.0	48.5
4	40.5	45.0	48.5
5	42.0	47.0	46.0
6	38.0	44.0	47.5
7	42.0	45.0	47.0
8	42.0	43.0	44.0
9	42.0	43.0	45.5
10	44.0	44.0	46.0
平均	42.0	44.2	46.8

(1975年9月22日13-14時)

が38個であった。この結果からは、油胞の障害発生部位について、初生油胞と次生油胞のいずれが崩壊するとも断定できない。次に、障害を受けた部分の果皮が硬くなるので、硬度計で果皮の硬さを測定した結果を第5表に示す。

平均的にみて、対照区の果実の果皮で $0.26\text{kg}\cdot\text{cm}^{-3}$ であるのに対して、日焼け部では $1.56\text{kg}\cdot\text{cm}^{-3}$ で、約6倍も硬くなっている。更に、日焼け症発生部の果皮の表面および気孔周辺部を走査電顕で観察したものが第4図と第5図である。図が示すように、果皮の表面に小さな線状のき裂が生ずると共に、気孔は障害を受けてその通導機能を失っていることが明らかとなった。このような果皮表面にみられる特徴が、日焼け症の発生とどのような関係を持つかという点については、

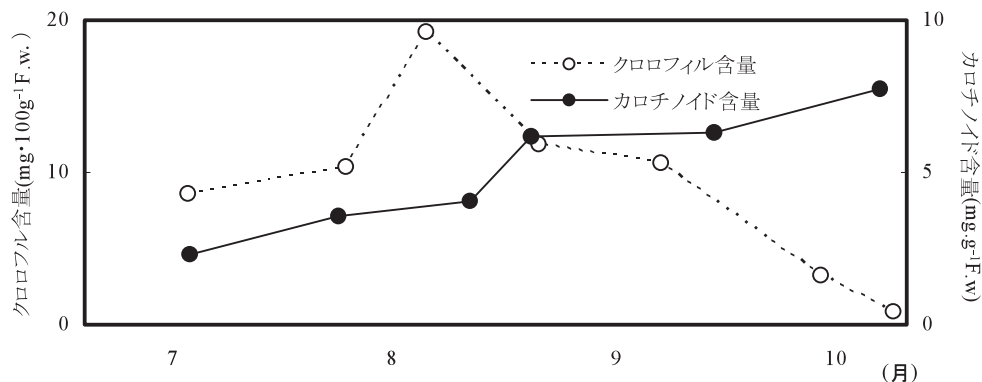
今後生理学的な観点から順次解明してゆく必要がある。

次に、樹上での果実表面の温度が、強い日射を受けたあと、どのような変化を示すかについて調査した。第6図は、1975年8月29日に、日射部および日陰部の果皮表面の温度と、気温の日変化を測定した結果を示している。すなわち、気温が 30°C 前後を示す場合、日射部の果皮温度は 40°C 前後に高まり、気温よりも約 10°C 高い値を示すことが分かった。また、逆に、日陰部では気温よりも $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ も低い値を示した。そこで、同じ日射部の果面で、表面が緑色の部分、日射によって黄変した部分および日焼け症を発生した部分の温度を測定したものを第6表に示す。その結果をみると、平均温度が緑色部で 42°C 、黄変部で 44.2°C 、また、日焼け症発生部で 46.8°C であった。すなわち、日射によって果皮に円形の黄変を生ずると、その部分の熱吸収が一層多くなり、他の緑色部よりも温度が 2.2°C 高くなる。更に、障害を受けた日焼け発生部では、黄変部より 2.6°C も高くなっていた。そこで、果皮の一部が日射により黄変した場合に、この黄変部がその後次第に日焼け症状へと進行するのではないかと考え、黄変部の日焼け発生率を調査した。その結果を第7表に示す。この表からみて、強い日射により果皮の一部が黄変した果実では、その 33.3% から 64.7% のものが日焼け症を発生することが分かった。

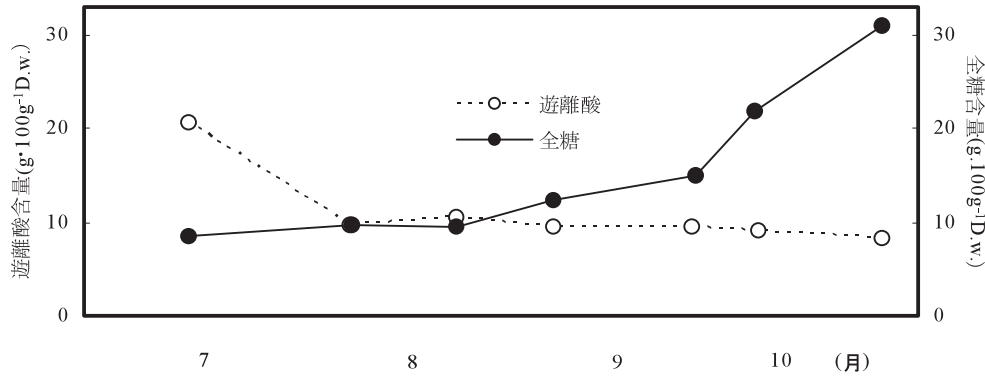
前述した5か年の実態調査の結果、早生ウンシュウの日焼け症が、松山では、8月上旬から10月上旬の期間内に生ずることが明らかとなったが、この時期は、果実が成長過程から成熟段階へ移り変わる過渡期に当

第7表 果皮一部が黄変した果実のその後の日焼け発生率

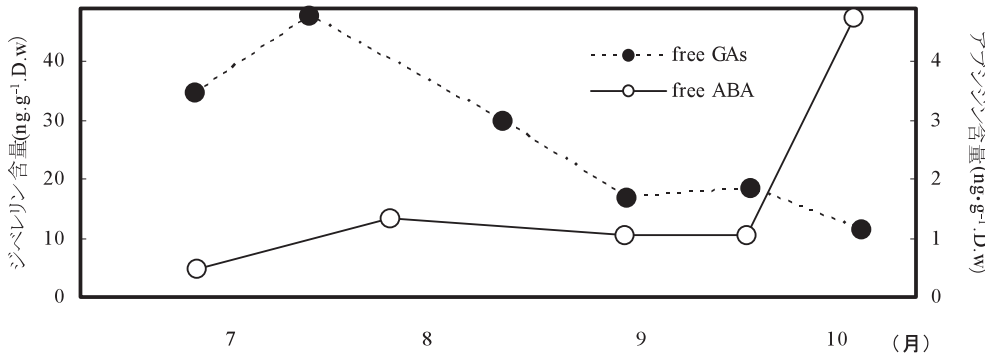
調査月日	全個数	正常果数	日焼け果数	日焼け発生率(%)
9月4日	16	10	6	37.5
9月10日	17	6	11	64.7
9月16日	81	53	28	34.6
9月22日	42	28	14	33.3



第7図 早生ウンシュウ果皮におけるクロロフィルおよびカロチノイド含量の経時的変化



第8図 早生ウンシュウ果皮における全糖および遊離酸含量の経時的変化



第9図 早生ウンシュウ果皮における free GAs および free ABA 含量の経時的変化

たる。そして、この時期に果皮組織の内部で生ずる生理・生化学的な変化が、日射に対する果実の感受性を高めるのではないかと推定し、果皮のクロロフィル、カロチノイド、全糖、遊離酸、ABA および、ジベレリン様物質について経時的に定量し、その結果を第7, 8, および第9図に示した。これらの図から、日焼け症の発生期にはクロロフィルの急激な減少と、逆にカロチノイド含量の増加が起こると共に、全糖含量が増加し、更に、ジベレリン様物質が減少し、また、ABAが増加し始める。したがって、日焼けの発生が、単に日射の影響だけでなく、果皮の感受性、すなわち、ageing と密接に関係しているように思われた。

第2節 油胞組織の褐変物質

緒言

第1節において、早生ウンシュウの日焼け症が果実の発育過程の特定の時期だけに発生し、さらに、果実を取り巻く環境条件の差異によってもその発生が大きく左右されることを明らかにした。これまでの日焼け症に関する研究では、日焼け症の発生と、強い日射および果面温度との関係について調査した報告(別府ら, 1974; 近泉ら, 1980; 倉岡ら, 1962; 大垣・富田,

1960; 大垣ら, 1962; 大垣ら, 1962; 佐金, 1970; 貞松, 1973; 下大迫・栗山, 1977; 鳥潟ら, 1968; 弥富, 1938)が多いが、日射を受ける側の果実の形態および生理的な変化と、日焼け症の発生との関係について行われた研究はほとんど見られない。そこで、本研究では、日焼け症が発生した果実について形態のおよび生理的な特徴を調査し、それらが日射の直接の結果によるものか、あるいは、日焼け症の発生に伴って二次的に生じたものかを明らかにすることによって、早生ウンシュウの日焼け症発生メカニズムを解明しようとした。

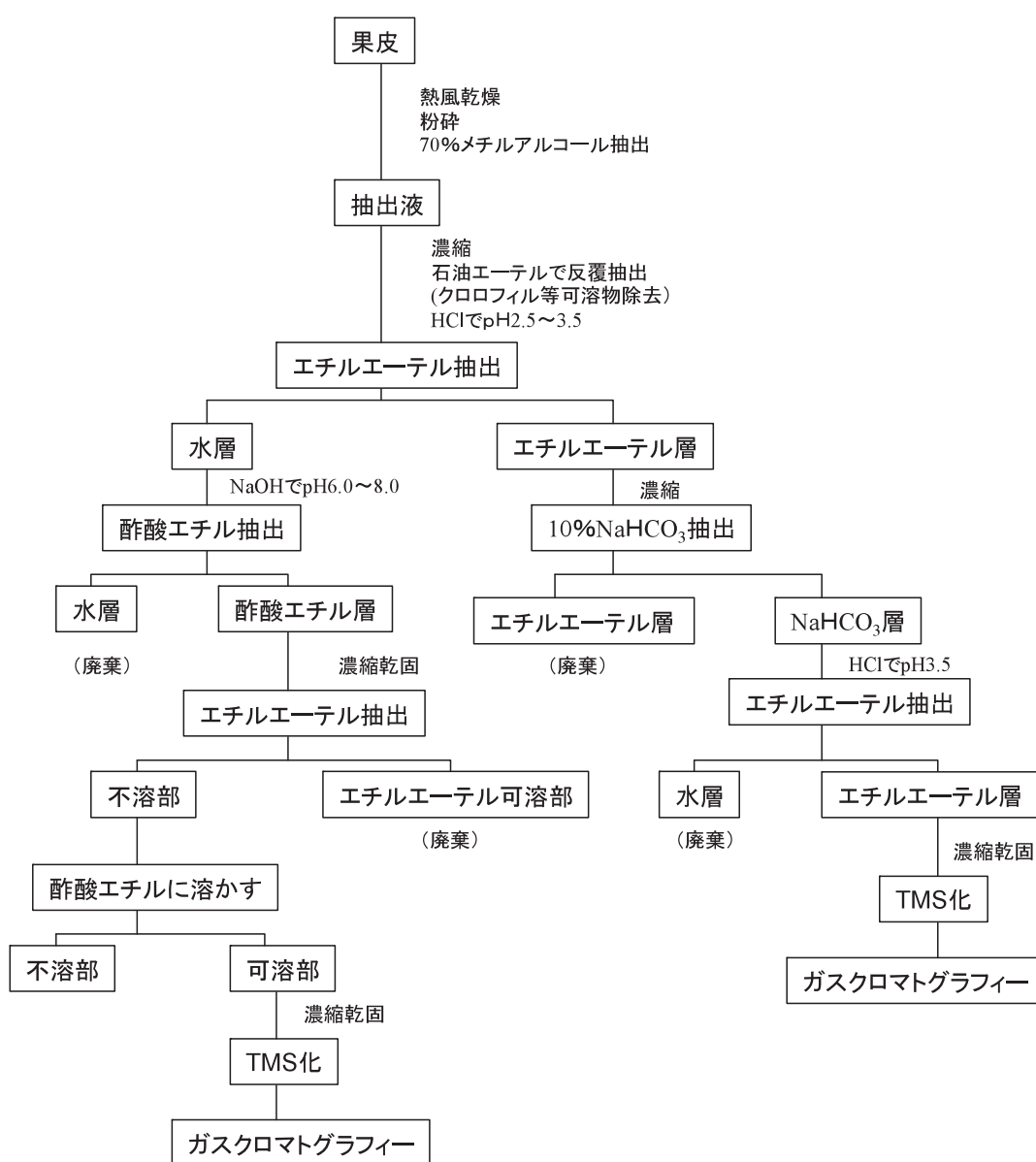
第1節において、日焼け症発生果の主な特徴として、1) 果肉のす上がり、2) 果皮の肥厚、3) 果皮表面の褐変、4) 油胞組織の褐変、5) 日焼け症発生初期の果皮の黄変、6) 日焼け部果皮の緑色の残存をあげた。さらに、果肉のす上がりと果皮の肥厚が日焼け症の発生に伴って二次的に生じたものであることを明らかにした。そこで、今回は、油胞組織の褐変と日焼け症発生との関係について検討を加えた。

材料および方法

愛媛大学附属農場で栽培されている‘宮川早生’ウンシュウの果実を実験材料として使用した。光学顕微

鏡で観察するため液化炭酸ガスを用いて組織の凍結切片を作成し、これを染色して検鏡した。染色には以下の染色液を用いた。1) スダンⅢ (スダンⅢのアルコール飽和溶液), 2) スダンブラック B (スダンブラック B 0.7g を70%アルコール100ml に溶解), 3) ルテニウム赤 (0.02%水溶液), 4) 鉄吸収反応液 (FeCl_3 の10%の水溶液, フェロシアン化カリウム2%水溶液に塩酸2%溶液), 5) フロログルシン塩酸 (フロログルシン1g を18%塩酸100ml に溶解), 6) モレイ反応液 (1%過マンガン酸カリ水溶液, 15%塩酸溶液, 5%重炭酸ナトリウム水溶液), 7) ジアゾ反応液 (スルファニル酸ナトリウム23g と亜硝酸ナトリウム7g を120ml の水に溶解し, 硫酸溶液17ml を水でうすめて100ml とした中に注入し冷却放

置), 8) ニトロソフェノール反応液 (水酢酸, 亜硝酸ナトリウム10%水溶液, 20%水酸化ナトリウム水溶液)。なお, 精油成分の分析は, 日焼け部および健全部の組織をそれぞれ10g ずつ採集し, 暗所で塩化メチレン50ml に約72時間浸漬することにより抽出した精油成分を用いた。次に塩化メチレンを, 40℃, 減圧下で約10ml になるまで濃縮し, これに蒸留水200ml を加えて水蒸気蒸留 (15~20mmHg) を行った。留出する精油成分は, 氷水およびドライアイスを加えたアセトンを含む2個のトラップを用いて捕集した。この両トラップによって捕集された約150ml の留出液に塩化ナトリウムを飽和させ, 再度塩化メチレンで抽出した精油成分を5ml になるまで減圧濃縮した。ガスクロマトグラフは, 日立製の063型水素炎イオン化検出器



第10図 早生ウンシュウの果皮のフェノール系化合物の抽出および分離

を用いた。カラムは2 m×3 mmφ のガラス製のものを用い、充填剤は15% SE30 ChromosorbWAW-DMCS 100メッシュを使用した。カラム温度は50~250℃ (3℃/分)の昇温式とし、気化部および検出器の温度は280℃にセットした。キャリアーガス(窒素)の流速は60ml/分で行った。記録紙の送り速度は5 mm/分であった。

次に、フェノール様化合物の抽出および分離操作は、銚塚・大島(1961)らの手法に従ったが、一部を改良し、その手順を第10図に示した。果皮は熱風乾燥後細かく粉碎し、日焼け部および健全部について、それぞれ20gずつ使用した。TMS化の操作は、ジオキサン8 mlに試料15mgを溶かし、ヘキサメチルジシラザン1 mlとトリメチルクロロシラン1 mlを加えて30秒間激しく振とうした後10分間放置し、その上澄液10μlをガスクロマトグラフに注入した。ガスクロマトグラフとカラムは、精油成分分析と同一のものを用いた。充填剤は1.5% SE30 ChromosorbWAW-DMCS 60~80メッシュを使用した。展開時のカラム温度は、150~250℃(10℃/分)の昇温式とし、気化部および検出器の温度は250℃にセットした。キャリアーガス(窒素)の流速は60ml/分で、記録紙の送り速度は5 mm/分であった。

パーオキシダーゼは、常法に従って(山本・桃谷, 1971)粗酵素液を抽出し、ゲルエレクトロフォーカシング法によってこの粗酵素液を電気泳動してアイソザイムバンドを調べた。

走査電顕観察のための試料作成は以下のとおりである。試料の固定には、グルタルアルデヒドおよびパラホルムアルデヒドを含むKarnovsky(1965)の固定液を使用し、室温で24時間固定した後水洗し、アルコールとアセトンによる脱水を行い、臨界点乾燥機にかけて試料を作成した。

リグニン是他の細胞壁成分に比べると特に紫外線の吸収が強いので、顕微分光計測法(Asada・Matsumoto, 1971)によってその存在が確認される。そこで、日焼け部と健全部の両組織は凍結マイクロームを用いて約20μmの切片とし、石英スライドガラス上に10%グリセリン溶液で封入後、顕微分光光度計(MSP-U, オリンパス社製)を用いて細胞壁の紫外線吸収スペクトルを測定した。なお、測定ピンホールは直径1~2 μmのものを使用した。

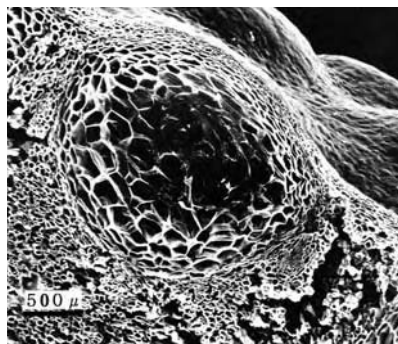
結果

第11図は早生ウンシュウの幼果期における健全な油胞組織の走査電顕像である。幼果期には油胞組織は少し隆起した状態を示し、果皮の表面でみると、この油

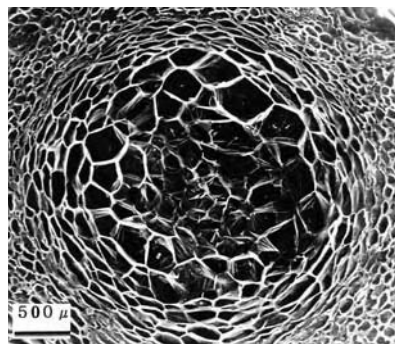
胞組織を取り囲むようにして気孔が分布している。第12図は健全な油胞組織の走査電顕像である。個々の細胞が蜂の巣状に配列している。また、第13図は健全な油胞組織の走査電顕像であるが、日焼け症が発生する時期のもので、健全な油胞組織でもこの時期になると、その中心部の細胞が自己崩壊を起こし、大きな空洞状を呈するものも認められる。第14図は日焼け症発生部の油胞組織の走査電顕像である。日焼け症発生部では、油胞組織の表面が陥没し、褐変物質の集積(矢印)が認められる。第15図も日焼け部の油胞組織に特徴的に認められるもので、油胞表面が大きく陥没し、油胞組織が完全に空洞化し、褐変物質が集積した状態を示している。第16図は隣接した油胞組織の中の一つが陥没および褐変し、他は健全に近い状態にあるものの走査電顕像で、日焼け症発生部の油胞組織でも、褐変物質の集積が認められないものもある。しかし、日焼け部の油胞組織では一般に褐変物質が集積して、油胞組織が特異な形態を示すので、この褐変にはどのような物質が関与しているのかを検討した。第8表は、油胞組織の褐変部位の呈色反応および呈色反応により推定される呈色物質を示した。呈色反応の結果、スベリン様物質、リグニン、フェノール類およびポリフェノール類が集積していることが推定できた。しかし、ペクチン質の反応はまったく認められず、ペクチンがペクチン層の表面に沈着しているものと推察された。

呈色反応で、フェノール系化合物が集積している可能性が推定できたので、第10図の手順に従って組織からフェノール系化合物を抽出して検討を加えた。第17図と第18図は、健全部と日焼け症発生部の酢酸エチル抽出区分のガスクロマトグラムである。ガスクロマトグラムのパターンは健全部と日焼け症発生部でまったく同じであった。第19図と第20図は、健全部と日焼け症発生部のエチルエーテル抽出区分のガスクロマトグラムである。エチルエーテル抽出区分についても、日焼け症発生部のガスクロマトグラムのパターンは健全部のそれと同じであった。したがって、ある特殊なフェノールが日焼け症の発生部に集積するのではないことが明らかとなった。

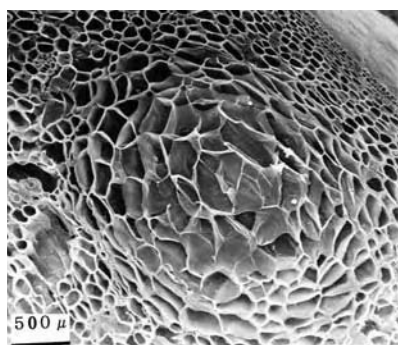
カンキツ類の油胞組織には精油が多く蓄積されている。この精油が日焼け症の発生した油胞組織の褐変物質の生成に関与しているかどうかを検討するために、健全部と日焼け症発生部の精油成分を分析した。第21図と第22図は健全部および日焼け症部のガスクロマトグラムである。精油成分の主なピークから6種類の存在が確認できたが、分析の結果、図に示すように、精油成分の組成は日焼け症発生部と健全部で変わらず、その含有量は日焼け症発生部で少なくなっていた。



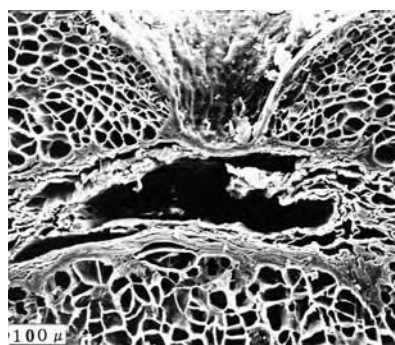
第11図 幼果期の油胞組織の走査電顕像



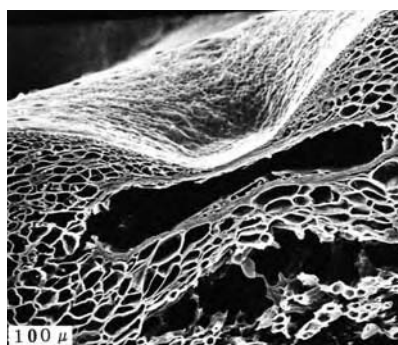
第12図 健全な油胞組織の走査電顕像



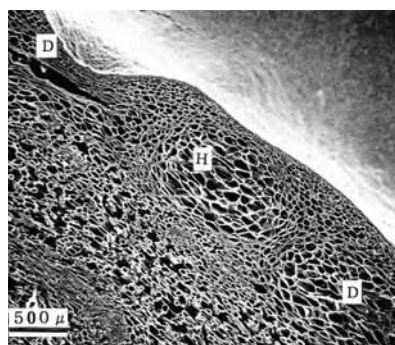
第13図 健全な油胞組織の走査電顕像



第14図 日焼け症発生部の油胞組織の走査電顕像



第15図 日焼け症発生部の油胞組織の走査電顕像



D：褐変している油胞組織
H：褐変していない油胞組織

第16図 日焼け症発生部の油胞組織の走査電顕像

次に、フロログルシン塩酸による呈色反応で、リグニンの生成が推定できたので、顕微分光光度計を用いて紫外線吸収スペクトルを測定すると、第23図に示すとおり、日焼け部の細胞壁では280nm付近に極大値が認められたが、健全部では明瞭な極大値が認められなかった。日焼け症発生果では一般に、油胞組織の褐変や、果皮表面の小さな亀裂の発生の他に、日射による高温障害で果皮表面が褐変する。このような褐変には酸化還元酵素が関与しているものと推定される。そこで酸化還元酵素の一つであるパーオキシダーゼの活性について検討した。第24図はアルベド (A) およびフラベド (F) のパーオキシダーゼアイソザイムバンドをデンシトメーターによって測定したものである。

アルベドにはバンドはまったく認められなかった。しかし、フラベドには数個の明瞭なバンドが認められた。すなわち、果皮中のパーオキシダーゼはフラベドだけに存在することを示している。第25図は日焼け初期の被害部および健全部のアイソザイムバンドを示すが、被害部では健全部と比べて数種のバンドの増加がみられる。すなわち、パーオキシダーゼ活性が、日焼けの発生と共に高くなることを示唆している。

次に、第9表が示すように、健全部の油胞組織の果皮表面に現れた部分の直径が1.06mmであるのに対して、日焼け症発生部のそれは0.82mmであった。すなわち、強日射によって、日焼け症が発生した果皮の部分では果皮の生長が止まり、健全部では果皮の生長が

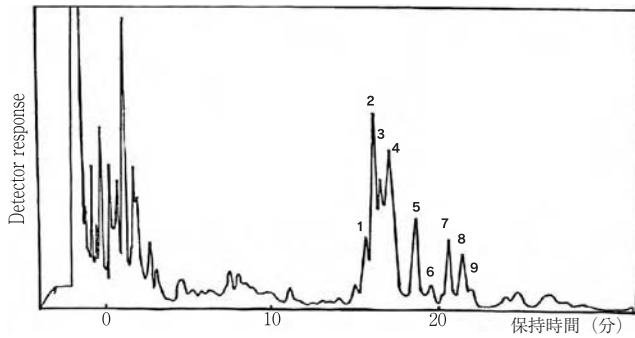
第8表 油胞組織の褐変部の呈色反応

染色試薬	呈色反応	呈色物質
スダンⅢ	+	スベリン様物質
スダンブラック B	+	スベリン様物質
ルテニウム赤	-	ペクチン質
鉄吸収反応	-	ペクチン質
フロログルシン塩酸	+	リグニン, フェノール類
モイレ反応	+	フェノール類
ジアゾ反応	+	ポリフェノール類
ニトロフェノール反応	+	ポリフェノール類

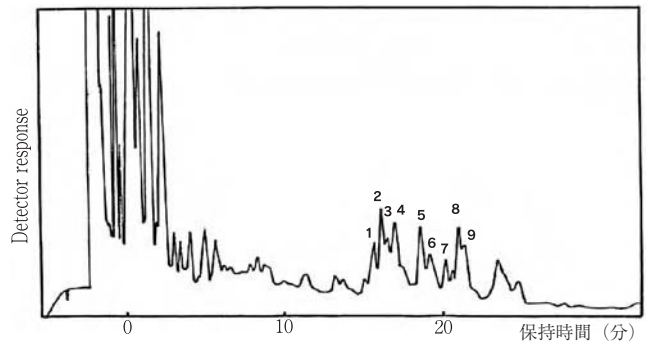
第9表 健全部および日焼け症の発生部の果面に現われた油胞組織の部位の直径

健全部(mm)	日焼け症の発生部(mm)
1.06	0.82

注：100個の平均値（調査日1983年7月16日）加温ハウス栽培の早生ウンシュウ

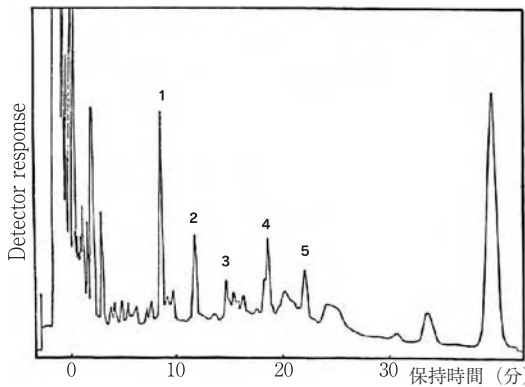


第17図 健全部のフェノール系化合物のガスクロマトグラム

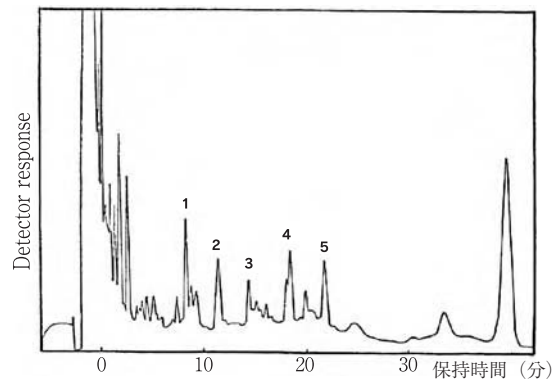


第18図 日焼け症発生部のフェノール系化合物のガスクロマトグラム

(酢酸エチル抽出区分) 注：図の数字はパターン認識のためのピークで未同定

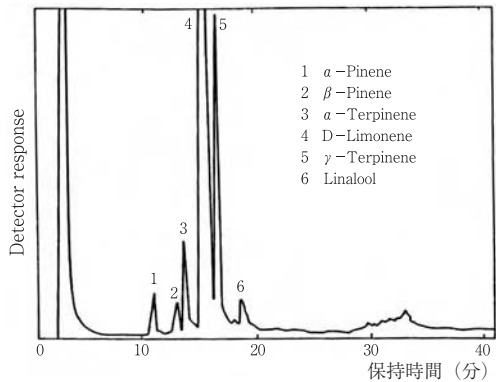


第19図 健全部のフェノール系化合物のガスクロマトグラム

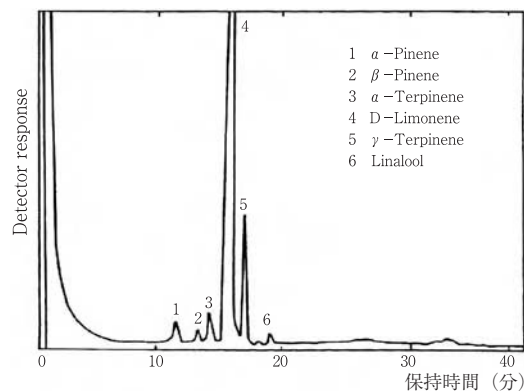


第20図 日焼け症発生部のフェノール系化合物のガスクロマトグラム

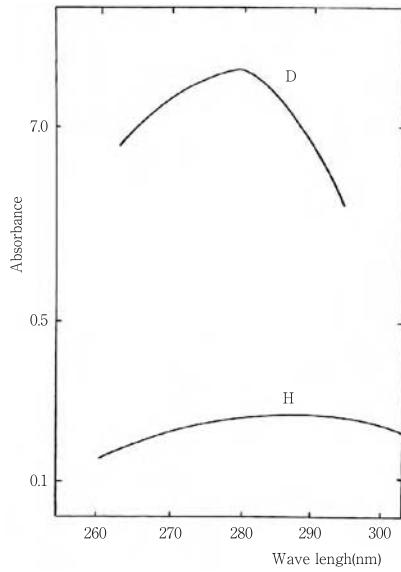
(エチルエーテル抽出区分) 注：図の数字はパターン認識のためのピークで未同定



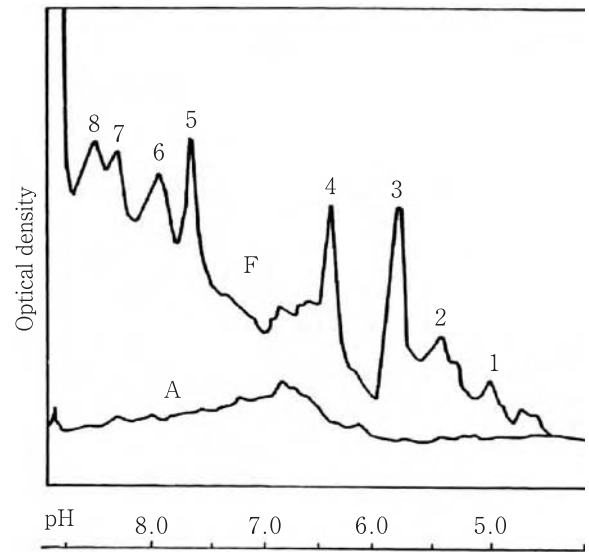
第21図 健全部の精油成分のガスクロマトグラム



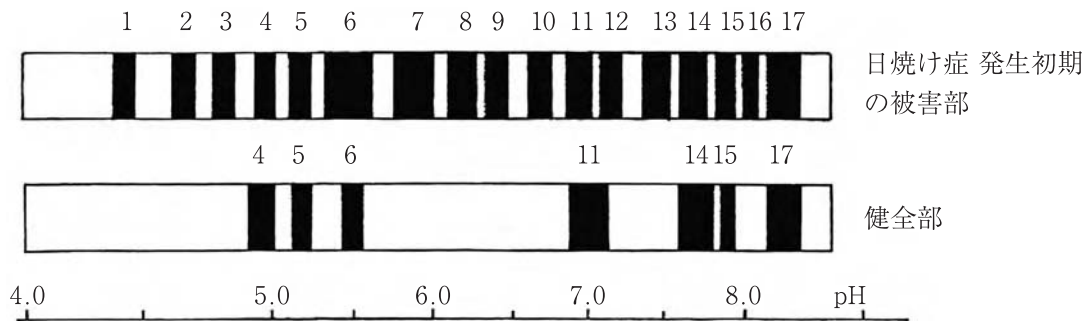
第22図 日焼け症の精油成分のガスクロマトグラム



第23図 日焼け症発生部と健全部の細胞壁のUV吸収曲線
注：褐変している組織 (D)，健全な書式 (H)



第24図 アルベドおよびフラベドのシダーゼアイソザイムバンド
注：アルベド (A)，フラベド (F)



第25図 日焼け症の発生初期の被害部と健全部のパーオキシダーゼアイソザイムバンド

なお継続していることを示している。

第3節 考 察

カンキツ類の日焼けに関する研究は古く、弥富(1938)がカンキツの種類と日焼けおよび裂開果との関係について、日焼けの被害のはなはだしいもの、被害が中位のもの、および被害が少ないか、全くないものの3段階に分類した。その後も、日焼け症の発生と、強い日射および温度との関係について調査した結果が多数報告されている(大垣・富田, 1960; 大垣ら, 1962a, b; 佐金, 1970; 貞松, 1973; 松本, 1975; 鳥潟ら, 1968; 下大迫・栗山, 1977)。しかし、日射を受ける側の果実の形態、および生理的な変化と、日焼け症の発生との関係について行われた研究はほとんどみられない。別府ら(1974)は、早生ウンシュウについて日焼け症の発生の実態調査を行い、日焼け症の発

生が水田転換園に少なく、山頂付近や山の陵線に沿った部分に多いことを報告している。倉岡ら(1962)は、日焼けの発生と気象条件との関係について調査し、白色光を果面の温度が48℃以上になるようにして数時間当てると、日焼け類似症状が発生するとし、また、微風が日焼けを防止する上で重要な役割を果たしていると述べている。大垣ら(1960, 1962a, b)は、8月25日以前、および、9月25日以後では、高温多照が日焼け症発生の原因にならないと報告している。台木試験については、佐金(1970)が、カラタチ台よりもユズ台を用いた場合に日焼けの発生率が高まると報告している。このように、個々の要因と日焼け症発生についての調査報告は多い。

しかし、個々の要因を組み合わせる日焼け症の発生について研究したものはほとんどない。そこで、諸要因の作用を総合できるような研究を進めるために、本実験では栽培管理を同一にした園で、5年間継続し

て日焼け症の発生を調査し、同一園での樹間、および年次間の変動を明確にした。栽培上では、日焼けの発生にとって、日射が主因であるという点については、どの報告も共に認めており、本実験でも同じ結果を得た。しかし、単に果面の温度が高まるだけ、すなわち、強い日射を受けるという条件だけでは、日焼け症が発生しないことを本実験で明らかにした。更に、本研究は、日焼け果の果皮にみられる種々の特徴について調査し、それらがこの障害に対して直接的に関係するものであるかどうかを検討し、生理的並びに形態的に、日焼け発生のメカニズムにアプローチした。

果肉のす上がりは、果皮が障害を受けた後に二次的に発生するものである。また、果皮の肥厚および硬化も二次的に発生した特徴である。これに対して、表皮組織のき裂や気孔組織の崩壊、あるいは、油胞組織の褐変などは日焼け症の発生に伴う直接的な現象であると推定できる。これまでも、日焼け症を発生した部位の果面温度を測定したデータは多いが、これらはいずれも、日焼け症発生前の、果皮がようやく黄変し始めたときの果皮温度の測定ではない。それに対して、本実験では、同じ日射部でありながら、局部的に温度差があること、また、果皮の一部が黄変した果皮について、その約50%がその後日焼け症を発生することを明らかにした。今後はこの結果に基づいて、日焼け発生のメカニズムを、形態的、生理的、生化学的により深い立場で解明する必要がある。

既に述べたように、松山における早生ウンシュウの日焼け発生期は、8月下旬から10月上旬である。強い日光の降り注ぐ7月から8月中旬には、まだ日焼け症が発生せず、また、10月中旬以降に、成熟の進んだ果皮組織に強い光を照射しても日焼け症を発生しない。これらのことから、日焼けの発生が果実の ageing, すなわち、果皮組織の成長過程から成熟段階への移行と関係があると考えられる。そこで、この日焼け症の発生に関係した ageing の指標を得るために、果皮に含まれる数種類の化学成分を経時的に分析した。その結果、日焼け症の発生期には、果皮内に含まれる成熟に関連した成分が急激に変化することが明らかになり、これらの変化に関連した内的要因が、果皮が強い日射に対して感受性を強めるように作用することを推定した。今後更に各種の化学成分を分析することによって、よりの確な指標を得る必要がある。

果樹類では一般に、強い日射を受けて果実に日焼け症を発生することが多い。しかし、果皮に油胞組織が存在するのはカンキツ類だけであり、日焼け症による油胞組織の褐変現象は、カンキツ類特有のものと考えてよい。これまで、この褐変現象は肉眼的な観察によ

って、油胞組織が褐変あるいは陥没した状態であることが報告(大垣ら, 1962a, b) されているに過ぎない。そこで、形態的な面から、この現象を詳細に観察するため、走査型電子顕微鏡によって健全部および日焼け症発生部の電顕像を得た。その結果、幼果期の果実の油胞組織では、組織の中心部まで油胞で構成されているのが認められたが、age が進むにつれて、特に日焼け症発生期には一般に中心部の細胞が自己崩壊を起こし、健全な油胞組織でも空洞化が進行するようになる。すなわち、日焼け症が発生する時期には、次生油胞以外の油胞組織で空洞化が生ずる時期と考えられる。また、幼果期には、油胞組織は液状を呈していたものが、日焼け症の発生期にはそれがゲル状にかわる。この時期に強い日射を受けて、空洞化している細胞が崩壊しやすく、また、褐変現象が起きやすい状態にあるものと考えられる。日焼け症の発生期は、油胞組織の内部で大きな生理的变化が起きる時期で、強い日射に対する感受性が強まり、障害を受けやすくなるために、油胞組織に褐変現象が生ずるものと思われる。油胞組織における褐変部分の呈色反応から、スベリン様物質、リグニン、フェノール類およびポリフェノール類の集積を認めた。これらのうちで、まずフェノール系化合物について、早生ウンシュウ果皮の健全部と日焼け部のガスクロマトグラフを得たが、日焼け部に特異的なフェノール系の化合物は認められなかった。このことから、強い日射を受けた果面が日焼け症を起こし、その結果として、特殊なフェノール類が生成されるのではないことが明らかとなった。次に、油胞組織における細胞壁の UV 吸収を見たところ、日焼け部細胞壁では280nm 付近に吸収極大が認められた。280nm 付近に吸収極大を有する物質としては芳香族化合物があげられるが、この部位での新たなフェノール類の形成が認められなかったことと、フロログルシン塩酸でこの細胞壁が染色したことから、この吸収極大はリグニン生成によるものと考えられる。すなわち、油胞組織が熱ストレスによる障害に伴って細胞壁にリグニンを生成したものと考えられる。Furgus・Goring (1970) は280nm 付近に吸収極大を持つリグニンはグアヤシル型であり、270nm 付近のものはシリングル型であると報告している。新生するリグニンはグアヤシル型であろうと推定された。しかし、どちらの型のリグニンであるかは、これらの細胞壁から化学的に抽出された物質の分析を待たなければならない。また、日焼け症発生部で、280nm 付近に吸収極大を有するポリフェノールの反応が陽性であったことから、これらの物質が細胞壁中に存在することも考えられるので、さらに詳細な検討を必要とする。次に精油を抽出して

検証した結果、健全部と日焼け部における精油成分の相違は認められず、むしろ精油成分が果面から揮散したため、油胞組織の褐変には精油成分は関与していないものと考えられた。ただし、呈色反応からスベリン様物質およびポリフェノール化合物が集積している可能性が考えられるので、これについてもさらに検討を加える必要がある。

早生ウンシュウの日焼け症発生に伴って生ずる油胞組織の褐変が、ほかのカンキツに認められるかどうかを検討し、類似の症状がハッサクやネーブルのこはん症でも認められることを報告した（近泉ら、1983）。さらに‘普通’イヨの潰瘍性こはん症でも Baba・Asada（1970）によって認められている。特に、ハッサクおよびネーブルでは高温、強日射の関与しない貯蔵中にもこはん症が発生し、類似の褐変が生ずることから、この褐変物質は果皮内部の生理障害に伴って生成するものと推定できる。また、表皮の褐変にはポリフェノールオキシターゼやパーオキシターゼ等の酸化還元酵素が関与しているものと推定し、日焼け症の発生に伴うパーオキシターゼ活性を調べた。パーオキシターゼ活性は日焼け症の発生とともに強くなっているが、果実の ageing と共にパーオキシターゼアイソザイムの数は、減少し活性も低下するので、パーオキシターゼ活性の高い時期に日焼け症が発生するものと考えられ、その発生期を推定する ageing の指標として利用できるものと考えられる。

日焼け症が発生した果実の油胞表面、すなわち、果面に現れた部分の直径を測定した結果、日焼け部では油胞組織が障害を受けたために生長が抑制されたものと推定した。

第4節 摘 要

早生ウンシュウの日焼け発生については、愛媛大学農学部附属農場の果樹園を使用して1975年から1979年にわたって調査した。早生ウンシュウの日焼け発生果数は年次による差の大きいことが分かった。8月中、下旬に強い日射によって果皮の一部が黄変した果実では、日焼け症にかかる果実が約50%に達し、このような果実の黄変は日焼け症発生の前徴であることが分かった。日焼け発生果実の特徴として、油胞組織の褐変、果面のき裂、気孔の崩壊、果肉のす上がりおよび果皮の肥厚の生ずることが明らかとなった。日焼けの発生する期間は、8月下旬から10月上旬までであった。したがって、日焼けの発生が強い日射だけでなく、果実の ageing と密接に関係していることを推定した。そこで果皮の ageing に関係すると思われる全糖含量、

遊離酸含量、クロロフィル含量、カロチノイド含量、ジベレリンおよびアブシジン酸含量について経時的な分析を行った。その結果、これらの物質が日焼け発生期に大きく変化していることが明らかとなった。さらに、油胞組織の褐変部分の呈色反応から、スベリン様物質、リグニン、フェノール類およびポリフェノール類の存在を認めた。日焼け症の発生に伴う油胞組織の精油成分の組成的な変化は認められず、日焼け部で精油含量の減少する傾向を示した。

日焼け部と健全部のフェノール様化合物について比較検討したが、組成的な違いは認められなかった。パーオキシターゼアイソザイムのバンドについて調べたが、アルベドにはパーオキシターゼ反応がまったく認められなかった。日焼け症の発生と共にアイソザイムのバンド数の増加が認められた。日焼け部と健全部の油胞について、果面に現れた部分の直径を測定したところ、健全部の1.06mm に対して日焼け部は0.82mm で小さく、日焼け症の組織が強い日射を受けて、日焼け症を起こした時点で成長阻害されることが明らかとなった。

第2章 ネーブルオレンジの裂果

第1節 症状および発生時期

緒言

我が国におけるネーブルオレンジ栽培の歴史は比較的古く、1889年（明治22年）和歌山県に‘ワシントン’ネーブルオレンジの苗木2本がアメリカから導入されたのが最初である。それ以来栽培が急激に広がって、1917年（大正6年）にはその面積が約2,300ヘクタールに達した。しかし、その後急激に減少して、1967年（昭和42年）には、わずかに700ヘクタール前後の栽培面積となった。ところが、1970年頃から、ウンシュウミカンの生産過剰時代を迎え、その解決策の一つとして、イヨカン、甘ナツカン、ネーブルオレンジ等の中晩柑類への品種更新が進められ、またビニールハウス等による施設栽培が普及した。その結果、ネーブルオレンジの栽培面積が1980年（昭和55年）に再び約3,800ヘクタールまで増加した。ネーブルオレンジを導入して以来、このような栽培面積の増減が繰り返されてきた大きな原因の一つは、ウンシュウミカンの生産過剰対策に加えて、ネーブルオレンジが、その果実の品質は良いが、栽培が非常に難しいという特性を持つためである。すなわち、生産量が安定しないため、その主な原因として、着花は多いが結果歩合が低く、また結果したものも裂果しやすい上に、貯蔵中の果実にこはん症が発生して商品性が低下しやすいという3点を挙げることができる。裂果は早生ウンシュウ、グレープフルーツ、バレンシアオレンジ、ブンタン等の果実にも発生するが、ネーブルオレンジで特に被害が大きい。例えば、ネーブルオレンジの加温ハウス栽培では、着いた果実の30%から50%に裂果が発生することがある。一方、露地栽培では、裂果が8月中旬から発生し始めて、収穫直前まで続き、10%近くの

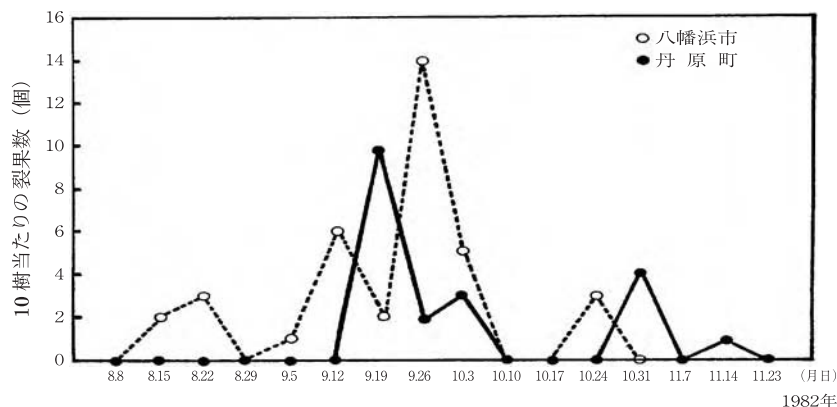
果実が被害を受ける。今まで、裂果発生の原因が、主に水分供給のアンバランスおよび、果実を取り巻くその他の環境要因によるものと考えられていた。しかし、その発生の傾向は複雑で、防止対策はもとより、発生機構の解明もまだ確立されていない状態である。そこで今回は、ネーブルオレンジの裂果に関係すると考えられる2, 3の要因について、防止対策を確立するために必要なデータを得る目的で調査を行った。

材料および方法

本調査では、愛媛県八幡浜市の真穴地区と、丹原町の中川地区の2か所に調査園を設定した。真穴地区では‘森田’ネーブル、‘清家’ネーブルおよび‘大三島’ネーブル（それぞれ高接ぎ後2年）の各10樹を、また、中川地区では‘大三島’ネーブル（高接ぎ後5年）の10樹を調査の対象として選んだ。これらの調査樹から1週間ごとに裂果した果実を採取し、その果実について、縦径、横径、裂果の程度、裂果部位、2重果の大小等について記録した。また、裂果した果実の着生位置、結果枝の種類すなわち有葉果と直花果について調査を行った。

結果

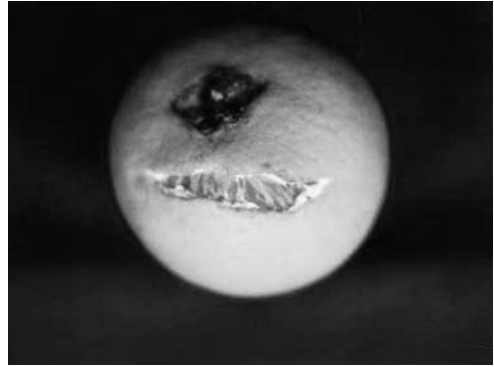
第26図は、前記の両地区において、1982年8月から毎週1回、経時的に裂果の発生について調査した結果を示したものである。八幡浜市の真穴地区の調査園では、8月15日から裂果が発生し始めて、9月初旬ないし10月初旬の間が発生のピークとなり、10月10日を過ぎて、着色が進むに従って裂果が減少する傾向を示した。また、系統的にみると、早生に属する‘清家’ネーブルおよび‘大三島’ネーブルに比べて、中生系統に属する‘森田’ネーブルでは遅くまで裂果の発生が認められた。さらに、丹原町の調査園では八幡浜より裂果の始まる時期が遅くなる傾向を示した。この図が



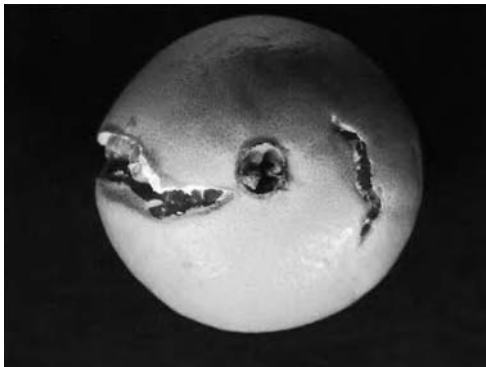
第26図 ネーブルオレンジの裂果の波相



第27図 ヘソ部近くで裂開した果実 (タイプI)

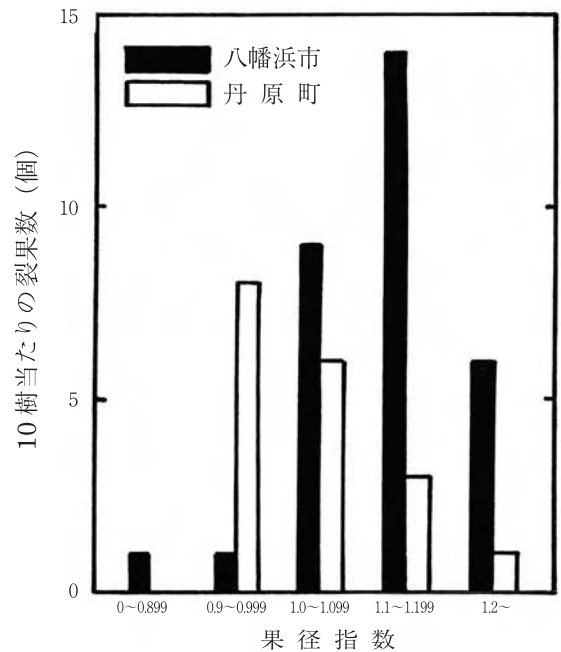


第28図 赤道近くで裂開した果実 (タイプII)



第29図 不規則に裂開した果実 (タイプIII)

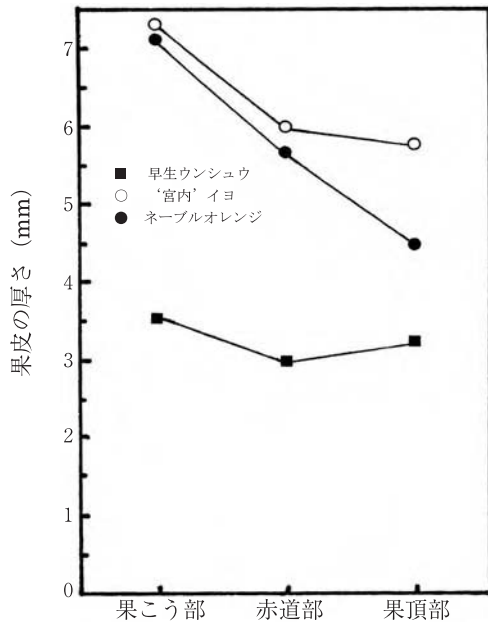
示すように、一般の露地栽培では、8月初旬までの幼果期には、まだ裂果が発生しない。すなわち、裂果は果実の肥大成長期から成熟期にかけて発生することが分かった。また、裂果が多発する前には、かなりの雨が降った。例えば、八幡浜地区では、8月15日の裂果に対しては、8月9日から13日に54mmの雨が、また、9月12日の裂果に対しては、9月6日から25日にかけて180mmの雨が対応して降っている。すなわち、裂果の発生がいずれも、ある程度以上の降雨の後で起こり、また裂果数も増加した。丹原地区についても同様であった。第27、28および29図は裂果の発生状態を示したものである。第28図は一般に裂果開始初期に認められるもので、果皮がまだ緑色の段階で発生する。果実が大きく2等分して、2重果の所で裂けた状態を呈するものである。このパターンは砂じょうの成長に伴う膨圧の増加によって生ずるものと考えられる。また、第28図は果実の赤道部付近に裂開を生じたもので、第27図と比べて裂果の程度が軽く、着色期に多く認められた。第29図は、一部の砂じょうが局部的に肥大して生じたもので、成熟の後期に多く認められた。このように、多くの果実を観察した結果、裂果を三つのタイプに分けることができた。第30図は果径指数と裂果の発生との間の関係を示したものである。この場合、果径指数は横径÷縦径によって算出した。丹原地



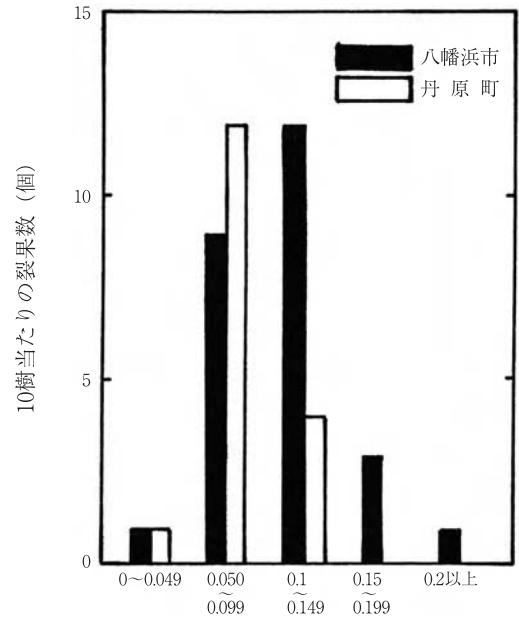
第30図 果径指数と裂果数との関係

区では果径指数の大きいものほど裂果が少ない傾向を示したが、八幡浜地区では逆の傾向が認められ、結局、果径指数と裂果との間には相関が無いものと考えられた。

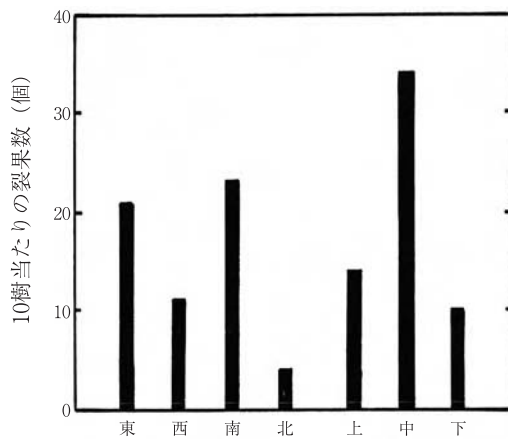
次に、裂果の調査中、果皮の厚さが果実上の部位によって異なることを観察したので、数種のカンキツ類について、果皮の厚さの分布を測定した結果を第31図に示した。材料として、‘宮川早生’ウンシュウ、‘宮内’イヨおよび‘白柳’ネーブルオレンジを用いた。‘宮川早生’ウンシュウと‘宮内’イヨでは果こう部、赤道部および果頂部の間で果皮の厚さに大差ないが、ネーブルオレンジでは果こう部が一番厚く、果頂部が極端に薄くなっている。また、ネーブルオレンジの果皮の厚さと裂果の関係を第32図に示したが、この場合は果皮率と裂果との関係で表した。果皮率を求めるとき、果実の赤道部付近に裂開を生じた果実では、赤道部の果皮の厚さを (横径-赤道部の果皮の厚さ×2)



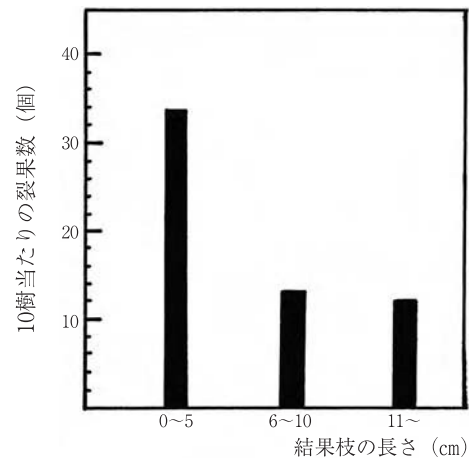
第31図 果実の種類別、部位別にみた果皮の厚さ分布



第32図 果皮率と裂果数との関係



第33図 着果位置 (方位, 樹冠内における上, 中下) と裂果数との関係
注: 裂果数は八幡浜と丹原の合計



第34図 結果枝の長さ と裂果数との関係
注: 裂果数は八幡浜と丹原の合計

で割った数値を、また、へそ部の裂開を生じた果実では、果こう部の果皮の厚さを (縦径-果こう部の果皮の厚さ-果頂部の果皮の厚さ) で割った数値を用いた。その結果、果皮率0.05から0.15の果実で裂開するものが多く、0.15以上では少ないことが明らかになった。第33図は樹上の着果位置および方位の違いと裂果発生との関係について示したものである。着果方位については、調査園が平坦地であったため、東西南北における結果割合は、東側で23.4%、西側で23.9%、南側で26.1%、また、北側で26.7%であったにもかかわらず、東側と南側で裂果が多く、北側で少なかった。また、樹上の着果位置では、中段の果実に多く発生する傾向が認められた。しかし、一般に樹冠上の上段には着果

数が多く、このデータだけでは樹上の着果位置と裂果との関係を明らかにすることはできなかった。第34図は結果枝の長さ と裂果発生との関係について調べたものである。着果割合が0~5cm区で61.5%、着果割合が6~10cm区で26.3%、また、11cm以上の区で12.2%であったため、裂果割合で6~10cmの結果枝を持った果実でわずかに少ない傾向を示したが、大きな差は認められなかった。第10表は'宮内'イヨ、ハッサクおよびネーブルオレンジの砂じょう数の多少を比較調査したものである。ネーブルオレンジでは各じょうのうちに含まれる砂じょう数が非常に多く、'宮内'イヨやハッサクの3倍ないし5倍であることが明らかとなった。従って、ネーブルオレンジの裂果を左

第10表 ‘宮内’ イヨ、普通ウンシュウおよびネーブルオレンジのじょうのう数と砂じょう数

	‘宮内’イヨ	ハッサク	普通ウンシュウ	ネーブルオレンジ
1. 果実中のじょうのう数	10	11	9	14(42)
2. じょうのう中の平均砂じょう数	251	180	313	655(71)
3. 果実中の全砂じょう数	3,041	2,341	2,815	9,170(2,994)

注：表中ネーブルオレンジの（ ）内数字は2重果の数を示す。

第11表 カンキツ類の種類別にみた果実の比重

ロット	ネーブル	ハッサク	‘宮内’イヨ	普通ウンシュウ
NO.1	0.93	0.88	0.91	0.82
NO.2	0.93	0.88	0.87	0.85
NO.3	0.97	0.86	0.90	0.79
NO.4	0.98	0.87	0.84	0.83
NO.5	0.95	0.93	0.86	0.83
NO.6	0.98	0.88	0.98	0.75
NO.7	0.93	0.84	0.80	0.81
NO.8	0.96	0.85	0.84	0.76
NO.9	0.97	0.86	0.87	0.70
NO.10	0.97	0.80	0.80	0.67
平均	0.96	0.87	0.87	0.78

注：1. 1982年12月17日に調査

2. 1リットルのビーカーを満水にして果実を入れて、こぼれた水の重さで容積を求め測定した。

右する要因として、この砂じょう数の多少が重要な役割を果たしていることが推察される。第11表は‘宮内’イヨ、ハッサク、普通ウンシュウおよびネーブルオレンジの果実の比重を測定した結果である。果実10個平均で、ネーブルオレンジの比重が0.96、‘宮内’イヨ、ハッサクでは0.87、普通ウンシュウは0.78であった。以上のように、ネーブルオレンジでは砂じょう数が多く、しかも果実中の含水容積率の高いことが明らかになった。

第2節 栽培条件の違いと裂果

緒言

ネーブルオレンジの大きな欠点の一つに果実の裂果がある。裂果は早生ウンシュウ、グレープフルーツ、バレンシアオレンジ、ブンタン等の果実でも認められているが、ネーブルオレンジの場合、これらの品種よりも顕著で栽培上の大きな問題点の一つとなっている。ネーブルオレンジの裂果の発生は年によって多少の差はあるものの、一般の露地栽培では8月中旬から始まり、収穫直前まで続く。しかし、その発生機構は複雑で十分には明らかにされておらず、したがって、その防止対策もまだ確立されていない。しかしながら、カンキツ果の裂果に関する研究は古く、Cook (1913) が裂果の発生原因は、果皮と果肉の成長のアンバランスによるものであるとすると共に、Coit (1915) が、

土壌水分含量の違いや果実をとりまく温度および相対湿度の変化に加えてネーブルオレンジでは他のカンキツよりも果皮が薄いために裂開が生じやすいと述べている。また、弥富 (1938) が裂開果の生ずる原因は、土壌の乾燥が甚だしく、かつ乾燥期間が長期にわたった後多量に給水した場合に裂開果を生ずると述べると共に、カンキツ類の裂開の程度を、1) 裂開の被害の甚だしいもの、2) 裂開の被害が中位のもの、3) 裂開の被害が無いか甚だ少ないものの3段階に分類した。この分類によると、ネーブルオレンジは被害中位のものとなる。さらに、Erickson (1957) が‘ワシントン’ネーブルの果皮内無機成分含量と裂果の発生との関係について明らかにしている。すなわち、裂果を起こした果実は正常な果実に比べて、果皮組織中にリン酸が多く含まれ、逆にカリ含量が少ない傾向を示している。そこで、本研究では、栽培条件の相違が裂果発生に及ぼす影響を明らかにし、防止対策に役立つ基礎資料を得る目的で調査を行った。

材料および方法

今回の調査において、加温栽培区のビニール被覆条件を示すと、1月中旬から6月中旬までビニールで施設全体を被覆し、6月中旬から7月下旬までは屋根すなわちアーチ部だけビニール被覆を行った。また、温度管理は1月から2月中旬までは最低10℃、最高25℃に施設内の温度を保ち、2月中旬以後は最低15~20℃、最高25~30℃に保った。無加温ハウス区のビニール被覆は、2月中旬から5月中旬までとし、5月中旬から7月下旬までは施設のアーチ部だけビニール被覆を行った。また、水管理として、7日に1回ずつ20mmの灌水を行った。対照区には露地栽培されているものを用いた。水管理は行わず、自然の降雨にまかせた。裂果発生時期の各月の降水量は9月67mm、10月50mmそして11月は26mmであった。調査樹には、各区とも‘白柳’ネーブルオレンジの15年生樹を用いた。加温区と無加温区はそれぞれ3樹を、対照区は5樹を使用した。それぞれの調査樹の果実について、着果方位、着果部位、結果枝の長さ、結果枝の葉数および果梗枝の直径を記録した。また、裂果した果実は毎週1回採取し、その果実の横径と縦径を記録した。

結果

第12表は各区における‘白柳’ネーブルオレンジの裂果数を示したものである。加温ハウス区では1617果中254果が裂果し、その割合は15.7%であった。無加温ハウス区では471果中30果が裂果し、その割合は6.4%であった。露地区は496果中13果で、その割合は2.6%であった。この結果、施設化し、加温した区ほど発生割合が多いことが明らかとなった。第13表は、加温ハウス区の裂果した果実をタイプ別に分類したものである。分類方法は次の通りである。タイプⅠは果皮がまだ緑色の段階に多く発生するもので、果実が縦に大きく2等分して、2重果のところまで裂開した状態を呈するものである。このパターンは砂じょうの成長に従う膨圧の増加によって、じょうのうとじょうのうとの間が裂開した状態を呈する。タイプⅡは、果実の

赤道部付近で裂果したもので、着色期に発生する。そして、縦には裂開が少なく横に裂開する。タイプⅢは1部の砂じょうが局部的に肥大して、果皮が小さく裂開したもので、果実の成熟後期に多く認められるタイプである。加温ハウスの場合、裂果総数254果について、タイプ別の発生をみると、8月ではタイプⅠが85果、タイプⅡは0果でタイプⅢは1果であった。9月期も8月期と同様に、タイプⅠが89果、タイプⅡが2果、タイプⅢが1果であった。成熟期に入った10月期ではタイプⅠが減少し39果、タイプⅡが12果、タイプⅢが25果であった。このことから、成熟期になるとタイプⅠが減少し、タイプⅡとタイプⅢが増加することが明らかとなり、この3つのタイプの分類法で裂果した果実を分類できることが分かった。第14表は各処理区における結果方位と裂果数の関係について示したものである。しかし、結果方位と裂果数の関係については明らかな差は認められなかった。次に、第15表は各処理区における、着果部位と裂果の関係について調査した結果である。この結果、加温ハウス区では上部（樹冠の上1/3、地上から160cm以上）で、24.7%、中部（地上から80~160cm）で15.3%、下部（地上から0~80cm）で7.5%と上部に着果したもののほど裂果が多いことが明らかとなり、無加温ハウス区では中部が7.9%と多く、対照区では加温区と逆の傾向を示した。

第16表は結果枝の長さで裂果について各処理区ごとに調査した結果である。この結果から、結果枝の長さが加温ハウス区において、5.0cm以下では13%、5.0

第12表 温度条件の違いがネーブルオレンジの裂果の発生とその割合におよぼす影響

	調査果数	裂果数	裂果割合(%)
加温ハウス区	1617	254	15.7
無加温ハウス区	471	30	6.4
対照区	496	13	2.6

第13表 加温ハウスネーブルオレンジの裂果のタイプとその発生割合

	8月	9月	10月
Ⅰ	85	89	39
Ⅱ	0	2	12
Ⅲ	1	1	25

第14表 ネーブルオレンジの温度条件の違いと結果方位による裂果発生数およびその割合

		東	南東	南	南西	西	北西	北	北東
加温ハウス区	調査果数	271	65	279	133	196	161	359	153
	裂果数	50	8	35	17	28	25	61	30
	裂果割合(%)	18.4	12.3	12.5	12.7	14.2	15.5	17.0	19.6
無加温ハウス区	調査果数	47	37	100	40	38	54	87	68
	裂果数	3	6	5	1	0	3	5	7
	裂果割合(%)	6.4	16.2	5.0	2.5	0	5.6	5.7	10.3
対照区	調査果数	95	42	89	41	50	31	74	74
	裂果数	5	1	2	0	2	1	1	1
	裂果割合(%)	5.3	2.8	2.2	0	4.0	3.2	1.4	1.4

第15表 ネーブルオレンジの温度条件の違いと着果部位による裂果数およびその割合

着果部位	上 部			中 部			下 部		
	調査果数	裂果数	裂果割合(%)	調査果数	裂果数	裂果割合(%)	調査果数	裂果数	裂果割合(%)
加温ハウス区	372	92	24.7	872	134	15.3	373	28	7.5
無加温ハウス区	153	8	5.2	253	20	7.9	65	2	3.1
対照区	109	2	1.8	296	8	2.7	91	3	3.3

第16表 ネーブルオレンジの温度条件並びに結果枝の長さによる裂果の割合

	5.0(cm)以下			5.0~10.0(cm)			10.0~15.0(cm)			15.0(cm)以上		
	調査果数	裂果数	結果割合 (%)	調査果数	裂果数	結果割合 (%)	調査果数	裂果数	結果割合 (%)	調査果数	裂果数	結果割合 (%)
加温ハウス区	737	96	13.0	715	127	17.7	138	29	21.0	27	2	7.4
無加温ハウス区	323	18	5.6	113	9	8.0	31	3	9.7	4	0	0
対照区	398	8	2.0	72	2	2.8	18	3	16.7	8	0	0

第17表 ネーブルオレンジの温度条件並びに果梗枝径による裂果数とその割合

果梗枝径	6.0(mm)以下		6.0~7.0(mm)		7.0~8.0(mm)		8.0(mm)以上	
	調査果数	裂果数	調査果数	裂果数	調査果数	裂果数	調査果数	裂果数
加温ハウス区	302	33(10.9)	854	123(14.3)	379	85(22.4)	57	13(22.8)
無加温ハウス区	43	0(0)	126	7(5.6)	212	11(5.2)	90	12(13.3)
対照区	15	2(13.3)	50	1(2.0)	173	5(2.9)	258	5(1.9)

注 () 内はその割合 (%)

第18表 裂果のタイプ別の違いと果径

裂果タイプ	処理	縦径(cm)	横径(cm)
I	加温ハウス区	6.47	6.56
	無加温ハウス区	7.46	7.81
	対照区	7.58	7.95
II	加温ハウス区	7.35	7.32
	無加温ハウス区	—	—
	対照区	—	—
III	加温ハウス区	5.64	5.44
	無加温ハウス区	7.66	8.00
	対照区	6.34	7.37

~10.0cm で17%, 10.0~15.0cm で21%であった。ただし、15.0cm 以上の結果枝に関しては調査数も少なく、十分とはいえない。以上のことから、結果枝の長さとの間に密接な関係があるとは考えられない。第17表は‘白柳’ネーブルオレンジの果梗枝径と裂果について調査した結果である。この結果、果梗枝径と裂果との間にも密接な関係は認められなかった。第18表は各タイプ別に縦径と横径を測定し、その平均値を示したものである。この結果、タイプ別の違いと縦径および横径との間には密接な関係は認められない。しかし、この表から裂果した果実の縦径は小さいもので5.64cm 以上であり、横径は5.44cm 以上で発生していることが分かった。すなわち、果実の ageing と裂果とは関係のあることを示している。砂じょう数がネーブルで特に多く、その多い砂じょうへの急激な水分の移行によって裂果が発生するのではないかと推定に基づき正常果と裂果した果実の砂じょう数に関する2, 3の調査を行った結果を第19, 20, 21表に示した。本来ならできる限り多くの果実を調査することが望ま

しいが、当調査には多大の労力を必要とするため、調査果は代表的な大きさの果実各2果とした。また、便宜上調査果実を第19, 20, 21表において、A, B, C および D とした。第19表では、調査した果実の重量、横径、縦径および果形指数を示した。第20表は正常果と裂開した果実のじょうのう数と砂じょう数について調べた結果である。じょうのう数は15個と20個であった。果実1個あたりの総砂じょう数は10,000から12,000個であった。2重果部(へそ)と区別するため一般的に果肉部と称している部分をじょう肉部とした。その結果、じょう肉部のじょうのう数は10~13個で、その砂じょう数は9,600から11,000個であり、1じょうあたりの砂じょう数は740から1,000個にも及ぶことが明らかとなった。また、二重果部のじょうのう数は2個から9個であった。二重果部の砂じょう数は480から800個であり、1じょうのう当たりの砂じょう数も90から240個と非常に多いことが分かった。第21表は正常果と裂開をおこした果実の砂じょうの長さを測定した結果である。じょう肉部および二重果部の砂じょうの長さを10.0mm 以下、10.0~15.0mm そして15.0mm 以上について、その数と割合を示した。この結果、じょう肉部では10.0mm 以下、10.0~15.0mm までの割合がほぼ等しいが、二重果部では10.0mm 以下がその砂じょうの80~99%も占めることが明らかとなった。また、15.0mm 以上の砂じょうは、じょう肉部でもわずかで約1%しか占めていないことが明らかとなった。第35図は各処理区における裂果の波相を示したものである。加温処理区では8月20日から10月22日まで裂果が生じているが、無加温区および対照区では9月24日から12月17日まで裂果が発生している。加

温区ほど裂果の発生が早くなっていることが明らかとなった。このことから、果実の ageing と裂果とは関係があることを示している。

第19表 正常果と裂果の重量と果径の比較

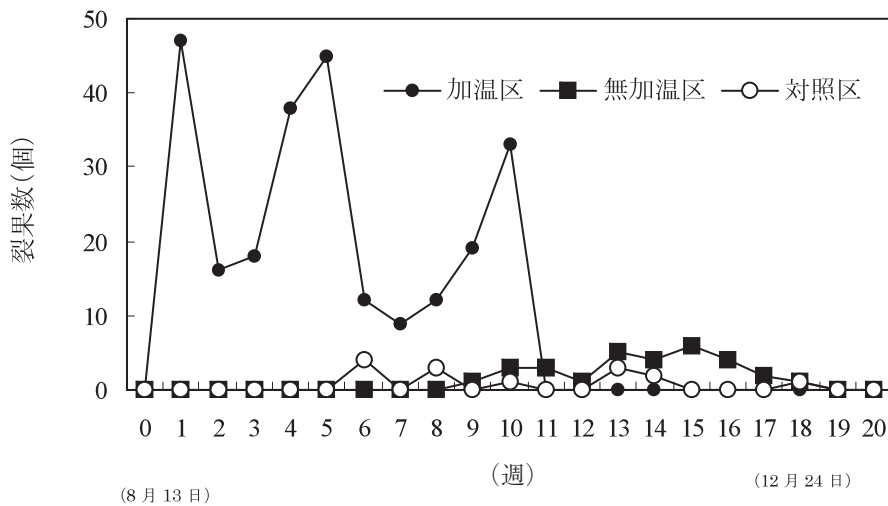
		重量 (g)	横径 (cm)	縦径 (cm)	果径指数 (横系÷縦径)
正常果	A	340.15	8.84	8.15	1.08
	B	283.65	8.21	7.87	1.04
裂果	C	274.00	8.15	7.52	1.08
	D	286.53	8.22	7.84	1.05

第20表 正常果と裂果した果実のじょうのう数と砂じょう数

	総じょうのう数	総砂じょう数	じょう肉部			二重果部			
			じょうのう数	砂じょう数	じょうのう当り砂じょう数	じょうのう数	砂じょう数	じょうのう当り砂じょう数	
正常果	A	15	10148	13	9661	743	2	487	244
	B	17	11592	10	10789	1079	7	803	115
裂果	C	15	11659	11	10803	982	4	856	214
	D	20	12200	11	11361	1033	9	839	93

第21表 正常果と裂果の砂じょうの長さとお数

		じょう肉部の個数 (%)			二重果部の個数 (%)		
		10.0mm 以下	10.0~15.0mm	15.0mm 以上	10.0mm 以下	10.0~15.0mm	15.0mm 以上
正常果	A	5245 (54)	4167 (43)	249 (3)	398 (82)	89 (18)	0 (0)
	B	5354 (49)	5407 (50)	28 (1)	792 (99)	11 (1)	0 (0)
裂果	C	6228 (57)	4520 (42)	55 (1)	824 (96)	32 (4)	0 (0)
	D	5832 (51)	5436 (48)	93 (1)	772 (92)	67 (8)	0 (0)



1984年

第35図 各処理区における温度条件とネーブルオレンジの裂果の波相

第3節 考 察

カンキツ果実の裂果に関する既発表の論文は少なく、弥富（1983）が裂開果の生ずる原因は、土壤の乾燥が甚だしく、かつ乾燥期間が長期にわたった後多量に給水した場合に裂開果を生ずると述べると共に、カンキツ類の裂開の程度を、1）裂開の被害の甚だしいもの、2）裂開の被害が中位のもの、3）裂開の被害が無いが甚だ少ないものの3段階に分類した。この分類によると、ネーブルオレンジは被害中位のものとなる。裂果に関するもう一つの論文は、Erickson（1957）が‘ワシントン’ネーブルオレンジの果皮内無機成分含量と裂果の発生との関係を調査したものである。それによると、裂果を起こした果実は正常な果実に比べて、果皮組織中にリン酸が多く含まれ、逆にカリ含量が少ない傾向を示したと述べている。以上の2論文以外にカンキツ果の裂果に関する論文はほとんど認められない。ネーブルオレンジは、その名が示すように、2重果（へそ）を持っているのが特徴で、この2重果があるために裂果が起りやすいと言われている。しかし、今回の調査によると、2重果を有しているために裂果が起りやすいのではなく、果肉、特に砂じょうの膨圧が高まるときに裂果することが明らかになった。さらに、裂果の発生が幼果期でなくて、肥大成長期から成熟期にかけて起き、また、裂果のタイプが発生する時期によって異なることが明らかになった。なお、裂果を三つのグループに分類できるので、今後は各グループのそれぞれについて発生メカニズムを明らかにし、それぞれの防止対策を確立する必要がある。

今までは、裂果の発生が、果皮と果肉間の吸水生長のアンバランスによって生ずるとされていたが、ネーブルオレンジではむしろ、各じょうのうちに含まれる砂じょう数が非常に多いため砂じょうの肥大生長に伴って生ずる大きな膨圧が、果皮組織を破壊して裂果を発生することを明らかにした。2重果についても同様に、裂果を起こしやすい果実ではへその砂じょう数が多く、これらの砂じょうによる急激な水の吸収を押さえることによって、果実の裂開を防止できる可能性がある。また、ネーブルオレンジでは、果皮の厚さが果実上の部位によって異なっているのも大きな特徴で、裂果を防止するためには、果皮を厚くする肥培管理技術の開発も必要である。

一般の栽培家の間で、ネーブルオレンジはその名が示すように二重果（へそ）を持っているのが特徴で、この二重果があるために裂開が起りやすいと言われていた。しかし、今回の調査でも、裂果のタイプを三つのグループに分類したが、どのグループにも二重果

が原因となって裂開した果実は認められなかった。すなわち、ネーブルオレンジの裂果の原因が二重果によるものではないことが明らかになった。また、裂果の発生が幼果期でなくて、果実の肥大成長期から成熟期にかけてであり、裂開のタイプも発生時期によって異なることも明らかになった。すなわち、果実の ageing と裂果発生との関係を明らかにすることができた。また、今までは、弥富（1938）により裂果の発生が、果皮と果肉の吸水のアンバランスによって生ずるとされていたが、ネーブルオレンジではむしろ、各じょうのうちに含まれる砂じょう数が非常に多いため、砂じょうの肥大に伴って生ずる膨圧が果皮組織を破壊して裂開を生ずるものと考えられる。この点から考えるなら、施設栽培のネーブルオレンジでは裂果の防止対策を確立することが可能であると考えられる。そこで、加温ハウス、無加温ハウス区を設けて、対照区（露地）と比較することにより、栽培条件の違いと裂果との関係を明らかにすることができたなら裂果の発生機構の解明も前進するものと考えられる。特に、加温ハウスおよび無加温ハウス区で裂果率が高くなっており、弥富（1938）が指摘しているように、乾燥期間が長期にわたった後多量に給水した場合に裂開果を生ずるという点において、施設化された環境では十分に灌水も行っており、さらに自然の降雨を遮断しているので裂果が少ない傾向を示すべきである。しかし、結果はその逆であった。それゆえ、今後は施設内の土壤水分管理と裂果との関係も明らかにしていく必要がある。果実の結果方位、結果部位、結果枝の長さおよび果梗枝径と裂果との間には密接な関係が認められなかった。すなわち、果実の結果条件と裂果との間には密接な関係がないことが明らかになった。砂じょう数が他のカンキツ類よりもネーブルオレンジでは2から3倍も多いことを明らかにしたので、次に、砂じょうの長さ別の割合を明らかにした。長さ1.5cm以下の砂じょうが99%も占めていることが分かった。すなわち、これらの砂じょうへの水分移動とそれによって起こる急激な膨圧の上昇により裂開が生ずるのでは無いかと推察することができた。今後は施設化された、すなわち、制御可能な施設内の土壤水分含量の経時的な変化、施設内の相対湿度および温度等を測定することにより裂開の原因がさらに明らかになるものと考えられる。

第4節 摘 要

ネーブルオレンジの裂果について、経時的な発生のパターンおよび ageing との関係性を明らかにすると共に裂果の発生と栽培条件の違いとの関係を明らかにし、

その発生機構と防止対策を確立する目的で調査を行い次の結果を得た。

裂果の形質から次の3タイプに分けた。(1)果皮がグリーの間中に発生し、果実が2等分に大きく割れるタイプ(タイプⅠ)、(2)着色開始期に赤道面で縦あるいは横に割れるタイプ(タイプⅡ)および、着色後期に砂じょうの一部が肥大して小さな亀裂を果面に生ずるタイプ(タイプⅢ)。ネーブルオレンジでは、各じょうのうちに含まれる砂じょう数が、他のカンキツ類に比べて3ないし5倍も多く、裂果がこの特性に起因して生ずることを明らかにした。ネーブルオレンジの果皮の厚さを部位別に測定した結果、果こう部が厚く、果頂部が極端に薄くなっていることが分かった。ネーブルオレンジの比重が0.96であるのに対して、ハッサクと‘宮内’イヨのそれは約0.87であり、ネーブルオレンジでは果実中の含水容積率の高いことが、裂果の発生率を高めているものと推察した。‘白柳’ネーブルオレンジの裂果率は加温ハウス区で15.7%、無加温ハウス区6.4%、そして対照区(露地)2.3%であった。

加温ハウス区における裂果タイプ別の発生時期を明らかにした。8月と9月はタイプⅠが多く、10月になってタイプⅡとタイプⅢが多く発生することが分かった。結果方位および結果部位と裂果との間に密接な関係は認められなかった。結果枝の長さおよび果梗枝径と裂果との間にも密接な関係が認められなかった。ネーブルオレンジの果実1個あたりの砂じょう数とその長さを測定し、砂じょうの長さ別の割合を明らかにした結果、長さ15mm以下のものが99%を占めた。

第3章 アンコールのこはん症

第1節 症状および発生原因

緒 言

アンコール(*Citrus nobilis* Lour. × *C. deliciosa* Ten.)はキングマンダリンと地中海マンダリンの交雑種で、カリフォルニア大学のフロスト氏により1954年に作出された晩生カンキツである。アンコール果実の優れた特徴として、1) 可溶性固形物含量は12から15%と高い、2) 果皮が滑らかで濃紅である、3) キングマンダリンとよく似た特有の芳香を有している、4) 出荷時期が4月から6月で他の赤色系カンキツ類が少ない季節であるなどの諸点をあげることができる。さらに、種子は単胚性であるため、交雑育種を行う場合に親品種として用いることができる。以上の利点に加えて、アンコールを導入した契機の一つに、ウンシュウミカンの生産過剰対策がある。すなわち、消費者の嗜好の変化によってウンシュウミカンの価格が低迷し、ウンシュウミカンから他のカンキツへの品種転換を主体とした生産調整が迫られていた。そこで、外国からの導入品種であるアンコールが転換品種の一つとして、無加温の施設栽培用に使われ、1981年から全国各地のカンキツ産地でその施設栽培が行われるようになり、その栽培面積は約50ヘクタールに達した。ところが果実が結実を始めた最初の年に、樹上果実の大部分(70%以上)で果皮障害による斑点が発生した。1果当たりの斑点数が多く、果実の品質低下が著しく、まったく商品価値を失った果実も多く認められた。果面に発生した斑点の症状から、栽培者はこの果皮障害を“こはん症”、“緑斑症”、“黄斑症”、あるいは“コルク症”などと称したが、この斑点の発生原因は全く分からない状態であった。アンコール栽培では施設に多額の投資をしているため、果皮障害の発生原因の解明と防止対策の確立がアンコールの経済栽培上不可欠の大きな問題となった。そこで、本研究では、アンコール果実に発生する斑点の発生原因の解明と防止対策の確立を目的として、1983年から継続して調査研究を行った。

材料および方法

実験材料には、愛媛県松山市の鷹ノ子町と勝岡町並びに、同県丹原町の高松と田野林の無加温ハウス内で栽培されているウンシュウミカンに高接後1年から4年を経過したアンコール樹を用いた。

実験1. 果実の肥大と果皮障害の発生

樹上での果皮障害の発生開始期を明らかにするために、生理落果終了後の1983年7月10日にランダムに選んだ

300果に紙ラベルを付け、斑点の発生果数を経時的に調査した。また、果皮障害の発生と果実の肥大との関係を明らかにするために、果実の横経と縦経を経時的に測定した。

実験2. 開花結実期の違いと果皮障害の発生

開花結実期の違いと果皮障害の発生との関係を明らかにするため、4月に開花した果実200個と7月に開花した果実200個について発生の実態調査を行った。

4月と7月開花期としたのは、アンコールの無加温施設栽培での主な開花期は4月中旬から下旬にかけてであるが他のカンキツ類と異なり、7月にもかなりの開花結実が認められる。そこで、本研究では4月に開花結実した果実を一期果とし、7月に開花結実した果実を二期果と定義した。一期果と二期果をそれぞれ1983年12月10日に収穫し、果皮障害の発生について調査した。

実験3. 果実の日照部(日射の強度)と果皮障害の発生

果面が受ける日射の強さと果皮障害の発生との関係を明らかにするため、1983年9月10日に高接ぎ後2年を経過した3樹から樹冠外周の日照果実100個を選び、それぞれの果実の陽光面と日陰面とについて果皮障害並びに、果皮障害の発生によって生じた斑点数の多少を調査した。日照部と日陰部の果面温度を0.1mmの銅-コンスタンタンの熱電対で測定した。

実験4. 施設の被服資材の違いと果皮障害の発生

アンコールは無加温の施設栽培品種であるので、施設のアーチ部にビニール近赤外線除去フィルム(カット波長760~3000nm)そしてアルミ蒸着寒冷紗(商品名:クラクール)を被服した区を設けた。また、何も被覆しない区を対照区とした。さらに、各処理区の果実の表面温度を測定した。

実験5. 油胞組織の崩壊、斑点の面積および油胞組織から抽出した精油成分の果皮への注入と果皮障害の発生

油胞組織の崩壊数を調査すると共に斑点部分の面積を測定した。なお、油胞組織の崩壊は実態顕微鏡で観察した。フラベド組織から精油成分を抽出し、マイクロシリンジで健全な果皮に注入した。

実験6. 果皮表面の観察

果皮表面の観察は走査電子顕微鏡(SEM)によった。試料として4mm²のデスクを作成しアルコールで脱水後、4%グルタルアルデヒド、0.1M カコジレイトバッファー(pH 6.9)で24時間固定した。また、表面あるいは油胞組織のクロス切片を実態顕微鏡と光学顕微鏡で観察した。

結 果

実験 1. 果実の肥大と果皮障害の発生

アンコールの斑点の面積は約 1 cm² で、1 果当たりの斑点数は 1 から 12 個であった (第 36 図)。こはん症は 8 月下旬から発生し 9 月、10 月にピークに達し、その発生は 12 月まで認められた (第 37 図)。10 月下旬に果実は成熟過程になり、11 月下旬には果皮色もグリーンからオレンジ色となり成熟する。果皮障害の発生は果実の発育過程で主に発生する。すなわち、果実の肥大期に発生し、成熟期になると発生はあまり認められなくなる。

実験 2. 開花結実期の違いと果皮障害の発生

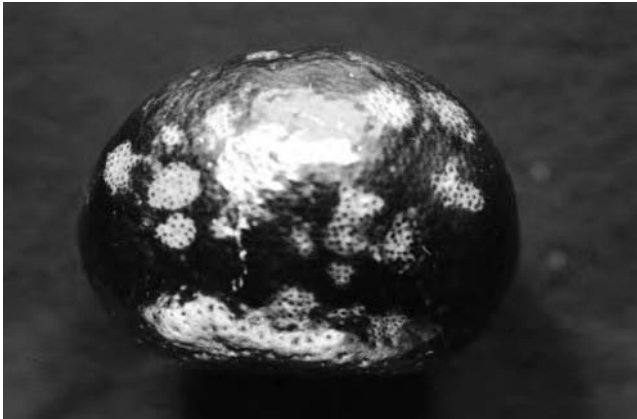
4 月に開花結実した果実 (一期果) は 200 中 127 果にこはん症が発生したが、7 月開花の果実 (二期果) では 200 果中僅かに 11 に果皮障害が認められた (第 22 表)。斑点数も一期果では合計 691 個であったが二期果では僅か 11 個であった。この観察の結果からこはん症の発生は一期果だけに発生することが明らかである。

実験 3. 果実の日照部 (日射の強度) と果皮障害の発生

日照部の果実では 100 果中 67 個に果皮障害が発生し、斑点総数も 203 個であったが、日陰部の果実では果皮障害の発生がわずかに 100 果中 5 個で、斑点総数も 5 個であった (第 23 表)。さらに、果皮障害の発生部は同一果実でも日照部に発生し、その裏側の日陰部には発生がほとんど認められない。

実験 4. 施設の被服資材の違いと果皮障害の発生

施設の被服資材の違いが果皮障害の発生に及ぼす影響について調査したが、何も被覆しない対照区では 50 果中 37 個に果皮障害の発生が認められたが、近赤外線除去フィルム区で 50 果中 9 個、アルミ蒸着寒冷紗区では 50 果中 4 個であった。この結果、施設のアーチ部に日射を遮る資材で覆うと果皮障害の発生を抑制することができる (第 24 表)。次に、これらの被服資材の違いが果実の表面温度に及ぼす影響を調査したが 8 月が 9 月よりも遙かに温度が高かった (第 38 図 a, b)。ビ



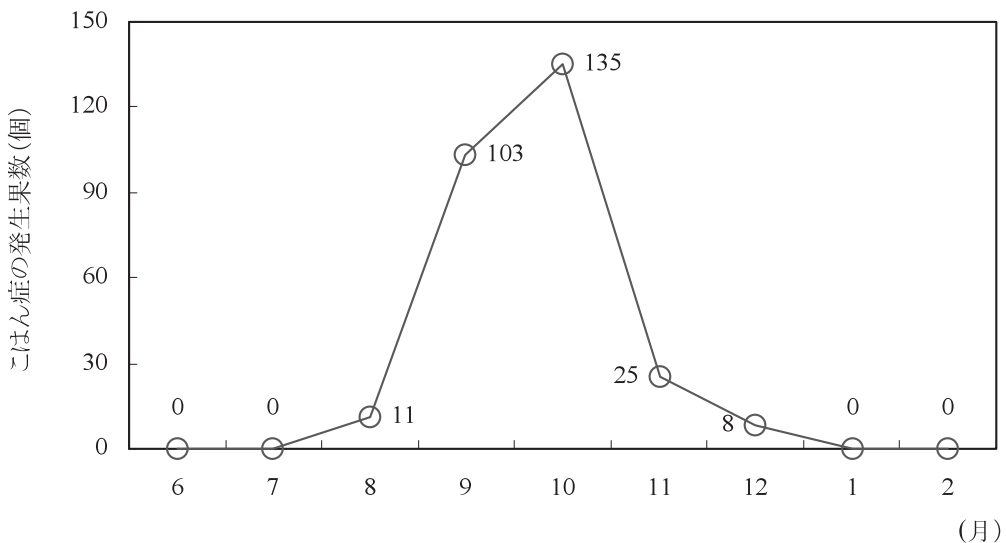
第 36 図 ‘アンコール’ 果のこはん症

第 22 表 開花期の違いがこはん症の発生に及ぼす影響

開 花 期	調査果数	健全果	こはん症発生果	総斑点数
4 月 (一期果)	200	73	127	691
5 月 (二期果)	200	189	11	11

第 23 表 1 個の果実の陽光面と日陰面におけるこはん症の発生

調査果数	部 位	健全部	こはん症発生部	総斑点数
100	陽光面	33	67	203
	日陰面	95	5	5



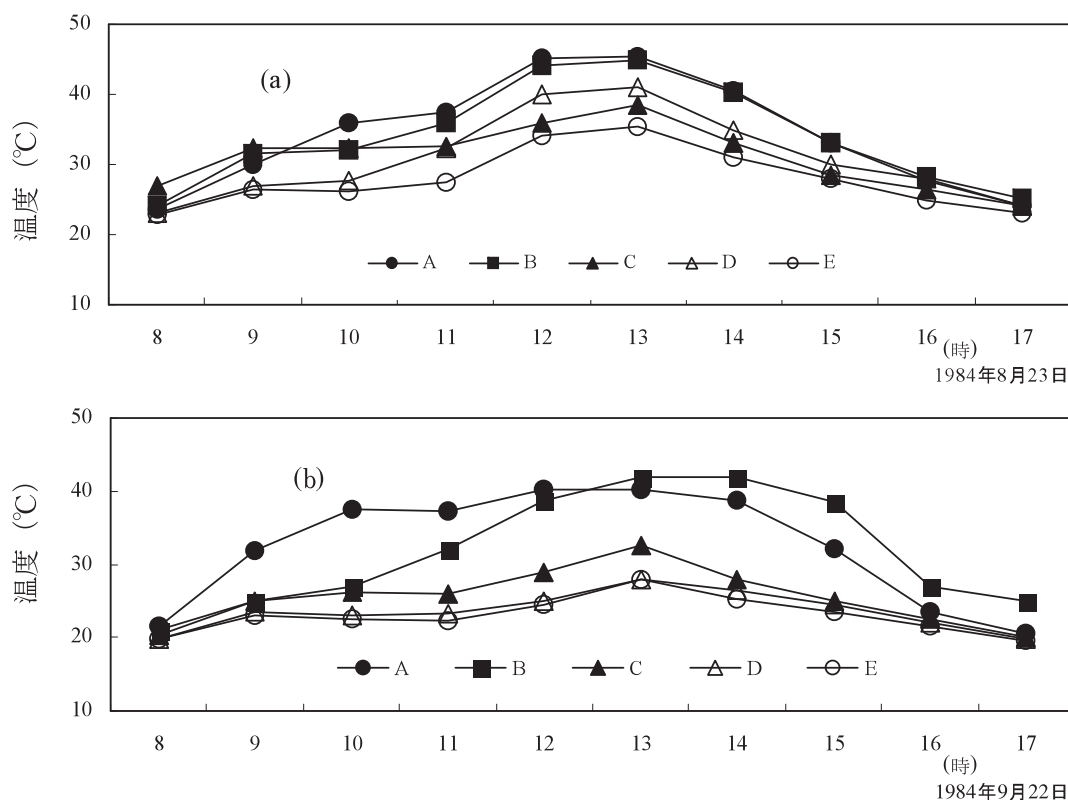
第 37 図 ‘アンコール’ 果のこはん症の発生時期

第24表 施設のアーチ部に用いた被覆資材の違いがこはん症の発生に及ぼす影響

	A ²		B		C		D	
	日照部	日陰部	日照部	日陰部	日照部	日陰部	日照部	日陰部
調査果数	50	50	50	50	50	50	50	50
健全果数	46	49	41	46	18	44	10	37
こはん症発生果数	4	1	9	4	32	6	40	13
総斑点数	11	1	13	4	101	8	148	16
発生果1果当たり斑点数	2.8	1	14	1	3.1	1.3	3.7	1.2

A² アルミ蒸着寒冷紗, B: 近赤外線除去フィルム

C: ビニール D: 対照区 (無被覆)

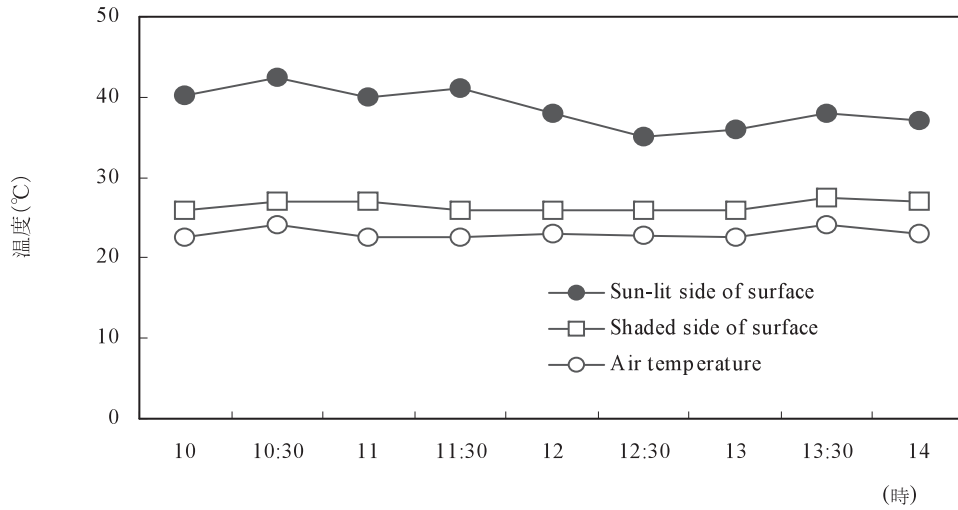
第38図 栽培施設のアーチ部に異なる被覆資材を用いた場合の果面温度の日変化
A: 対照区, B: ビニール, C: 近赤外線除去フィルム, D: アルミ蒸着寒冷紗, E: 気温

ニール被服区と対照区の果面温度は45℃以上であったにも関わらず8月には果皮障害の発生が認められなかった。9月にはビニール区と対照区では果面温度が38℃以上であったのに対して、近赤外線除去フィルム区とアルミ蒸着寒冷紗区では30℃であった。また、同じ果実でも直接日射を受ける部分は38℃であったが、その裏側の日陰部では30℃であった(第39図)。1984年10月に4日間連続して果面温度を測定したところ、5から41℃のふれが認められた(第40図)。100個の斑

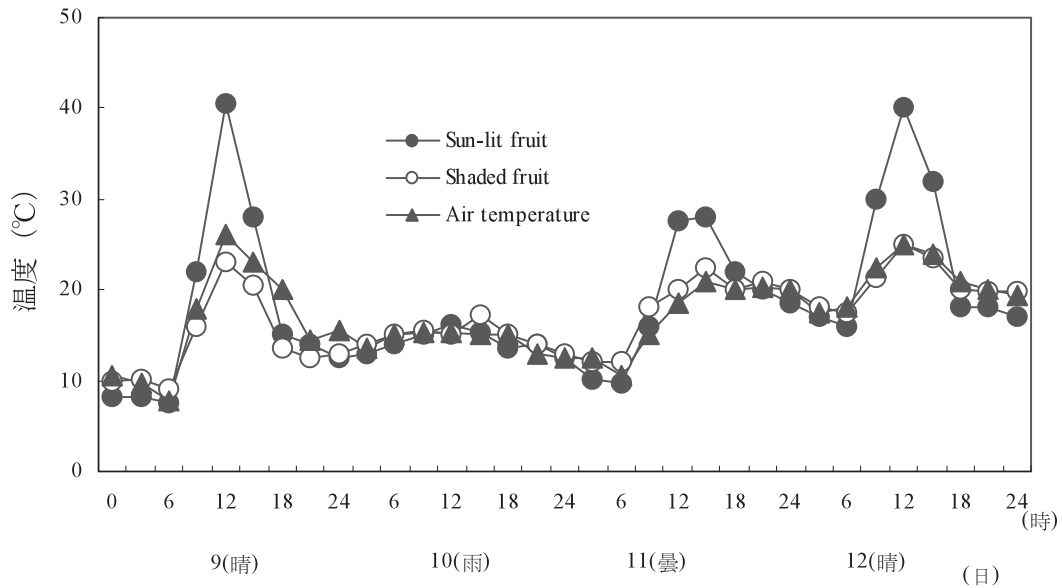
点の面積を測定したが0.45から1.13cm²であった。また、100個の平均面積は0.82cm²であった(第25表)。

実験5. 油胞組織の崩壊, 斑点の面積および油胞組織から抽出した精油成分の果皮への注入と果皮障害の発生

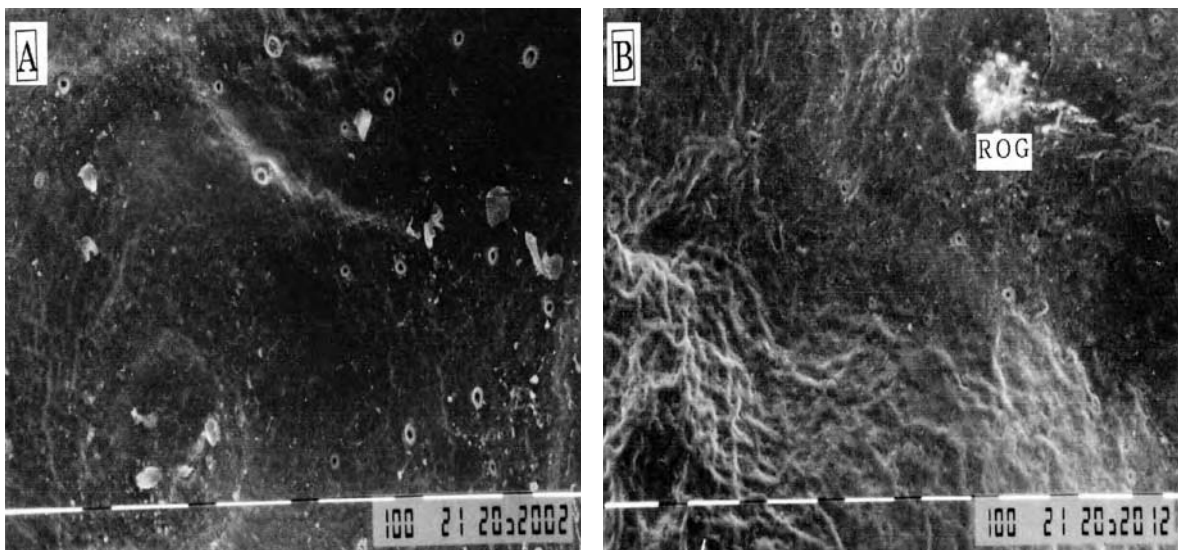
アンコールの果実から精油成分を抽出し果皮に処理したところこはん症とよく似た果皮障害が24から48時間で発生した(第40図)。人為的に精油成分を処理後に発生した斑点の面積を測定したところ100, 200およ



第39図 同じ果実の日照部と日陰部の果面温度 (測定日：1984年10月13日)



第40図 こはん症の発生時期における4日間の果面温度の日変化 (調査日：1984年10月9日～12日)



第41図 ‘アンコール’ 果の健全部 (A) とこはん症の発生部 (B) の走査顕微鏡像 (×100)

崩壊した油胞組織 (ROG)

び1000nl 処理区でそれぞれ0.89cm²、2.76cm²と4.90cm²であった(第26表)。

実験6. 果皮表面の観察

アンコールの斑点部分を走査電子顕微鏡(SEM)で観察したところ1斑点あたり1ないし2個の油胞組織

第25表 1個の斑点の面積

斑点の面積 ^z	0.82±0.11cm ²
比較的大きな斑点の面積 ^y	1.13±0.06cm ²
比較的小さな斑点の面積 ^y	0.45±0.02cm ²

^z: 100個の斑点の平均面積

^y: 30個の斑点の平均面積

第26表 ‘アンコール’の果面に精油成分を処理して得られた斑点の面積

アンコールの果実より抽出した精油成分の処理量	人工的に処理して得られた斑点の面積 ^z
100nl	0.89±0.12cm ²
200nl	2.76±0.15cm ²
1000nl	4.90±0.10cm ²

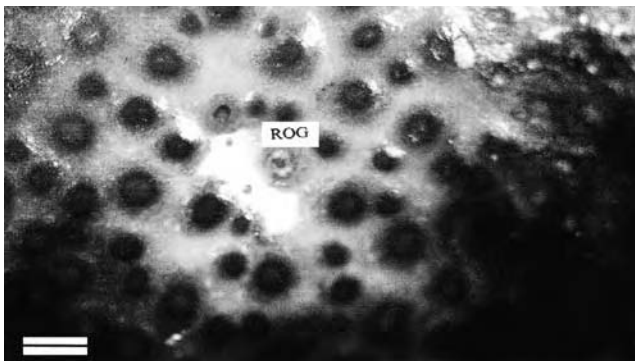
^z: 10個の斑点の平均面積

の崩壊が認められた(第41図)。そこで、1個の斑点について油胞組織の崩壊が何個認められるかを調べた結果1個の斑点には1個の油胞組織の崩壊しているのが全体の85%であった(第27表)。油胞組織が崩壊し精油成分が漏出した部分は窪んだ斑点となり健全な部分とはっきりした区別ができた。また、窪んだ部分が白くなっていた(第42図)。油胞組織の横断面を観察したところ明らかに油胞組織の崩壊が認められた(第43図)。果皮の正常な組織(A)と障害部の組織(A)の図を第44図に示す。障害部の組織は数層の崩壊した細胞が重なった状態になっていた。

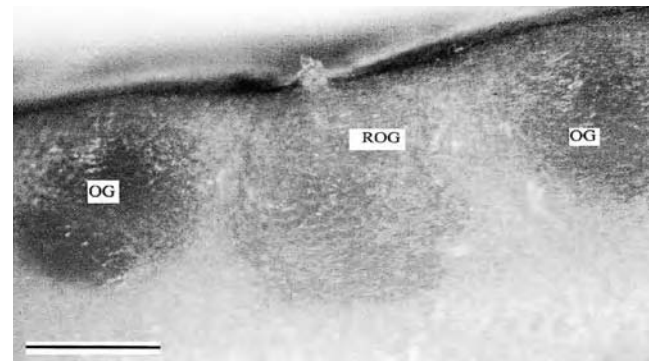
第27表 ‘アンコール’のこはん症の斑点における油胞組織の崩壊数^z

斑点1個当たりの油胞組織の崩壊数	斑点数
0	8
1	85
2	7
≥3	0

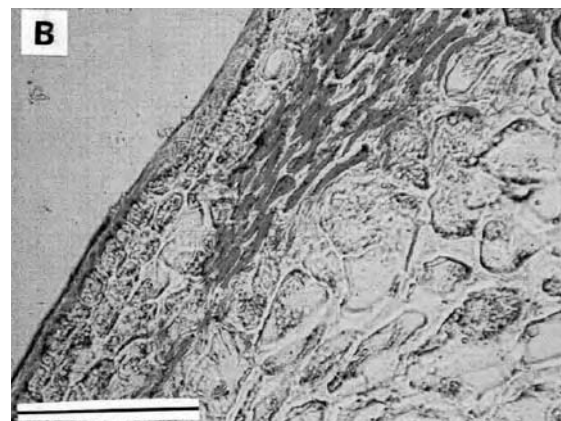
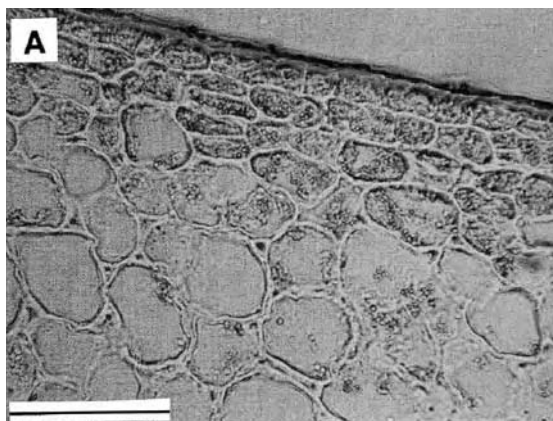
^z: 100個の斑点について調査



第42図 ‘アンコール’果のこはん症の発生部における斑点の実体顕微鏡像
崩壊した油胞組織の表面(ROG)
図中のバーは30μm



第43図 ‘アンコール’果の崩壊した油胞の横断面の実体顕微鏡像
崩壊した油胞組織(ROG)、健全な油胞組織(OG)
図中のバーは30μm



第44図 ‘アンコール’果の健全部(A)とこはん症の発生部(B)の光学顕微鏡像 図中のバーは30μm

第2節 考察

アンコールの果皮障害は樹上で発生する。その症状は、最初油胞組織の周囲がすこし陥没した円形の斑点となる。そして、果実のエイジ (age) が進むに従って斑点部分が脱緑する場合と、脱緑されずにそのまま残るものとに分かれる。さらに、斑点部分がコルク化するものもある。コルク化した部分が褐変化するのも多く認められる。このような症状はユズ (*Citrus junos* Sieb. ex Tanaka) の‘こはん症’と類似している。ユズのこはん症の発生原因は一般にウイルスであると考えられている。それゆえ、アンコールの果皮障害の原因もウイルスによるものではないかと考えられていた。しかし、ウイルスフリーの健全樹でも果皮障害の発生することが中谷ら (1987) によって明らかにされている。したがって、アンコールの果皮障害の発生原因はウイルス以外のものに求めるべきである。しかしながら、この障害が生理障害なのか、あるいは病虫害によるものかが不明である上に、障害の発生時期についても不明な点が多かった。そこで、最初に発生時期を明らかにしようと試みた。調査の結果によると、果実がある一定の発育ステージ (ageing) に達した時に初めて障害の発生することが分かった。すなわち、主として果実が肥大期から成熟期に移行する8月の下旬から11月上旬にかけての期間中に発生する。この期間は高温日射に対して生理的に果皮の感受性が強い時と考えられる。さらに、一期果には果皮障害が多く認められるのに対して、二期果では果皮障害の発生が認められない。この理由として、二期果は果実の発育ステージが一期果よりも2ヶ月遅れていることが考えられる。二期果が果皮障害の発生するステージに達した時には、果実を取り巻く環境、特に温度、光、水分などの諸条件が一期果のそれらとは著しく異なっている。これらの事実は、果皮障害の発生が果実の発育段階、すなわち組織の成熟程度に依存していることを示す。次に、同一果実についてみると、陽光面で多く発生し、日陰面ではほとんど認められない。このことから、アンコールの果皮障害の発生には高温日射が関与していることが分かった。さらに、施設の被服資材の違いを検討した結果からも、日射をより多く遮断する資材ほど果皮障害の発生を少なくできるという結果を示した。このように、アンコールの果皮障害は高温ストレスが原因になっていることが明らかとなった。しかし、高温ストレスと言っても筆者ら (近泉・松本, 1983; 近泉, 1990) が‘宮川早生’ウンシュウで明らかにした日焼け症の場合とはその症状が異なっている。そこで、アンコールの果面温度の日変化などについて測定を行っ

た。その結果、果皮障害の発生が少ない果実ほど、果面温度が低く、その果面温度は30℃前後であった。これに対して、果皮障害の発生した果実の果面温度は40℃前後であった。また、発生時期の果面温度を経時的に測定した結果から、果面が高温日射に4~5時間さらされた後に発生することも明らかである。このように、アンコールの果皮障害の発生原因が高温日射によるストレスであることは明らかである。秋田ら (1983) はハッサクのこはん症の発生も樹冠外周の果実に多く発生することを認めていると共に樹勢の弱い樹にも発生が多いと述べている。Langridge (1963) は植物の成長過程における極端な温度の影響として毒物質の蓄積や代謝異常によって成長が阻害されるとしている。また、Sawamuraら (1984) は7種類のカンキツのこはん症の発生について調査し、成熟段階にこはん症の発生が認められると述べている。さらに、Sawamuraら (1987) は油胞組織の周りのアスコルビン酸の酸化が斑点発生と関係があるのではないかと述べている。果皮表面の観察からアンコールの果皮障害の発生には油胞組織からの精油成分の漏出が関係していることが分かった。すなわち、果面が強い日射を受けて40℃前後の高温となり、そのため、果面からの蒸散により急激に果皮細胞から水分が奪われた後、細胞の水分が十分に補給されない状態に保たれると油胞組織から、精油成分が漏出して隣接した柔組織細胞の細胞膜を崩壊させ、その結果、細胞が壊死し、壊死した部分が斑点となることが分かった。このような、油胞組織から精油成分が漏出して果皮の組織を崩壊させることが報告されている (Fawcett, 1916; Eaks, 1969; 真鍋・安岡, 1982; 牧田, 1986)。アンコールの果皮表面に油胞組織から精油成分が漏出して、果皮の細胞を崩壊させることによってできる斑点がアンコールの果皮障害であり、この障害に対して、アンコールのこはん症と命名した (Chikaizumi, 2000)。

第3節 摘要

アンコール果の果皮障害の発生は果皮組織の ageing と密接な関係を有しており、果径が4 cm 以上になる9月から10月の2ヶ月間に発生するが、その場合4月開花の果実に発生し、7月開花の果実には発生しなかった。この症状は果実の陽光面に発生するが、日陰面では発生が見られなかった。この陽光面の果面温度は38℃以上の高温となっており、この温度が4~5時間続くと果皮障害が発生した。そこでハウスのアーチ部を遮熱資材で被覆し、果面温度を30℃以下に保ったところ果皮障害の発生はかなり軽減された。果皮障害の

発生部をみると、油胞組織の果皮表面部に小さな亀裂が生じており、この部分から精油成分の漏出が認められた。この漏出した精油成分は果皮の柔細胞を破壊し緑色の斑点症状を誘起した。その後、この緑色斑点は時間の経過につれ黄色ないしは褐色に変色しコルク化した。アンコール果実から抽出した1油胞相当量の精油成分を人為的に果皮に注入したところ、自然に発生する果皮障害と同様の斑点症状の発生が認められた。アンコールの果皮表面に油胞組織から精油成分が漏出して、果皮の細胞を崩壊させることによってできる斑点がアンコールの果皮障害であり、この障害に対してアンコールのこはん症と命名した。

第4章 ‘大谷’ イヨの果皮障害

第1節 症状および発生原因

緒言

‘大谷’イヨ (*Citrus iyo hort. ex Tanaka*) は愛媛県北宇和郡吉田町の大谷政幸氏によって、1962年に‘宮内’イヨの芽状変異として発見され、1970年に種苗登録された品種である。‘大谷’イヨの果実は果面がきわめて滑らかで、しかも光沢がある上に果皮色は紅橙を呈し非常に美しいことである。また、果肉の品質は‘宮内’イヨと変わらず、高級果実としての条件を十二分に備えた品種である。それゆえ、発見された当時は‘宮内’イヨに変わる新しい品種として期待された。ところが、栽培面積が急激に増加するに従って、‘大谷’イヨの栽培上の問題点が多く発生し、特に、1) 樹勢が弱い、2) 単位面積当たりの収量が少ない、3) 着色期から貯蔵中にかけて果面に果皮障害が発生する、などの欠点が指摘されるようになった。中でも、果皮障害の発生は栽培および貯蔵上での最も重要な問題となったが、この原因が明らかでなかった。果皮障害の呼称として一般に“こはん症”が用いられた。こはん症はカンキツでは主に中晩柑類に発生するが、その発生の原因が解明されていない生理障害の一つである。しかも、‘大谷’イヨは栽培の歴史も浅く、こはん症に関する研究も少ない。‘大谷’イヨのこはん症に関する研究として、船上ら (1982, 1986) が高温による予措処理並びに高温高湿条件下での貯蔵がこはん症の発生に及ぼす影響について調査している。また、長谷川・伊庭 (1986) らも20℃で果実を予措後に10℃で貯蔵すると、こはん症の発生が抑制されることを明らかにした。近泉ら (1987) は高温がこはん症の発生に及ぼす影響を明らかにした。さらに、高原ら (1988) によって、着色期の低温および果皮温度の日較差がこはん症の発生に及ぼす影響を調査した報告が認められる。しかしながら、これらの研究は主に貯蔵中におけるこはん症の発生に関する優れた調査であるが、こはん症の発生原因については明らかになっていない。そこで、本研究では‘大谷’イヨのこはん症の発生原因を明らかにする目的で、樹上の果実が受ける環境条件の中でも、特に日射との関係について調査を行った。さらに、樹上で受けた日射が貯蔵中に発生するこはん症との関係を明らかにすると共に、貯蔵中の低温との関係についても調査した。また、その防止対策についても検討を加えた。

材料および方法

実験1. 高温並びに日射と果皮障害の発生

実験材料には、愛媛県八幡浜市で栽培されている7年から8年生の‘大谷’イヨの樹を用いた。高温並びに日射がこはん症の発生に及ぼす影響を調査するため、アルミニウム蒸着寒冷紗で袋を作成し、1986年8月15日に陽光部の果実45個に袋をかけた。なお、アルミニウム蒸着寒冷紗の袋の遮光率は50%である。果実は同年12月9日に収穫し、温度5℃、相対湿度95%の条件下で貯蔵を行った。さらに、前年度の調査結果を再確認するため、1987年8月30日にアルミニウム蒸着寒冷紗で陽光部の果実に袋を掛けた区を設けた。収穫は同年12月24日に行い、貯蔵条件は1986年と同様にした。兩年とも対照区として、樹冠外周の地上部から1ないし2mの高さに結果している陽光部の果実を選び、果実の陽光部分にマジックインキで印を付けた。貯蔵中の果実の果皮障害の発生部位を明らかにするため、陽光部、日陰部そして陽光部と日陰部の境界部の3ヶ所について障害の発生の有無並びに総斑点数を調査した。さらに収穫期に、樹上で果皮障害の発生の認められた果実と認められなかった果実について、それぞれ貯蔵中にその後の果皮障害の発生状況について調査した。

次に、果実を低温で貯蔵し、果皮障害の発生について調査した。なお、実験材料には愛媛大学農学部の実験圃場で栽培されているウンシュウミカンに高接ぎした10年生の‘大谷’イヨを用いた。果実が樹上で低温に遭遇していない果実を低温処理するため、収穫前の1ヶ月間の最高と最低温度につて測定した。そして、果実が12℃以下の低温に遭遇していないことを確認後、1999年10月7日に果実を収穫した。また、果実は地上部から1ないし2mの樹冠外周に結果しているものを選び、マジックインキで日照部に印を付けた。なお、対照区の果実も地上部から1ないし2mの樹冠外周に結果しているものを選んだ。収穫後果実は水洗いし、乾燥後は腐敗防止と殺菌のため10μlのペノミル (0.05%) をへたの部分に処理した後、ポリ個包装 (低密度ポリエチレン0.02mm) して5℃と20℃で貯蔵した。対照区の果実はポリ個包装を行わなかった。

実験2. 温度処理と果皮障害の発生

1985年11月27日に、樹上で低温 (5℃以下) に遭遇する前の果実を収穫して実験に用いた。さらに、果実は樹冠内部にあって、高温や強い日射の影響をうけていないものを選んだ。-2℃で3日と7日間処理を行った区を設け、低温処理後は8℃、相対湿度45%で貯蔵した。また、果実を20℃、相対湿度45%で5日間の処理を行い、さらに、-2℃で3日間の処理した区を

設けた。処理後は5℃、相対湿度45%で貯蔵を行った。

実験3. エチレン処理後ポリエチレン個包装（ポリ個包装）した果実の果皮障害の発生

1985年11月29日に松山市で栽培されている‘大谷’イヨの果実を収穫後、直ちに20℃で、エチレングス50ppmで48時間の処理し、処理後ポリ個包装（低密度ポリエチレン0.02mm）した果実について果皮障害の発生状態を調査した。さらに、1986年12月18日に果実を収穫後直ちに20℃で5日間と8日間の予措処理を行い、処理後は5℃で貯蔵し、50日間貯蔵後に果皮障害の発生について調査した。

実験4. ‘大谷’イヨの果皮障害の種類

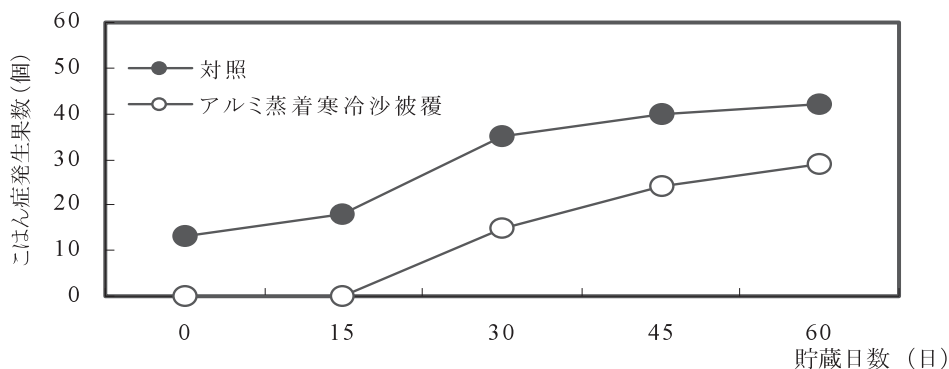
愛媛県南宇和郡吉田町の宇和青果農業協同組合に依頼して、農家で実際に貯蔵中に発生した果皮障害の果実の提供を受けた。それらの中から無作為に50果を選び、肉眼で症状について観察し、症状の違いによって果皮障害の種類別に分類した。

結 果

実験1. 高温並びに日射と果皮障害の発生

アルミニウム蒸着寒冷紗で袋を作成し、1986年8

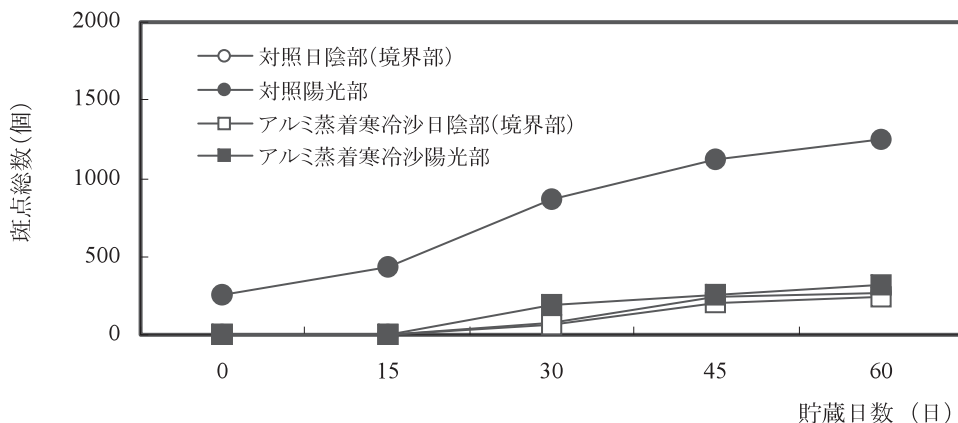
月15日に果実を被覆した区を設け、高温並びに日射が果皮障害の発生に及ぼす影響について調査した。その結果を第45図と第46図に示す。袋掛けをしていない対照区の果実では、収穫時に45果実中13果に障害の発生が認められた。ところが、アルミニウム蒸着寒冷紗で果実を被覆した区では、収穫時には障害の発生がほとんど認められなかった。この障害の症状について第53図-1に示す。図に示すように強い日射をうけた果皮表面が黄緑色に変化していた。この障害の特徴として、強い日射をうけた部分、すなわち果面の陽光部だけに発生し、その裏側で日の当たらない部分には認められなかった。アルミニウム蒸着寒冷紗で袋掛けをした果実の果面温度を1986年8月27日に測定した結果を示す（第47図）。アルミニウム蒸着寒冷紗で袋掛けをした日照部の果面温度は対照区より1ないし4℃も低かった。さらに、アルミニウム蒸着寒冷紗の袋内の照度、光合成有効放射および放射熱を測定した結果を第28表に示す。袋内の照度は対照区の二分の一であった。これらの結果から、樹上での果皮障害の発生原因は強い日射であり、一種の日焼けであることが明らかになった。そこで、この障害に対して‘大谷’イ



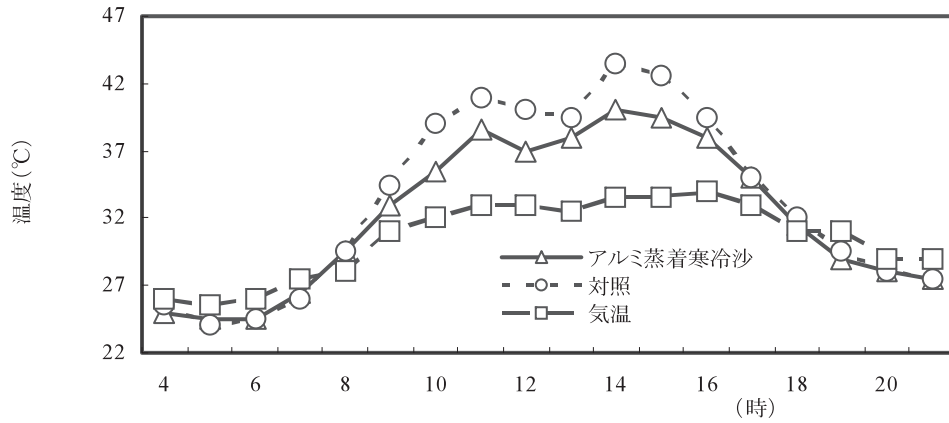
第45図 アルミ蒸着寒冷紗被覆が‘大谷’イヨのこはん症の発生に及ぼす影響

注1：1986年12月9日収穫，収穫後5℃で貯蔵

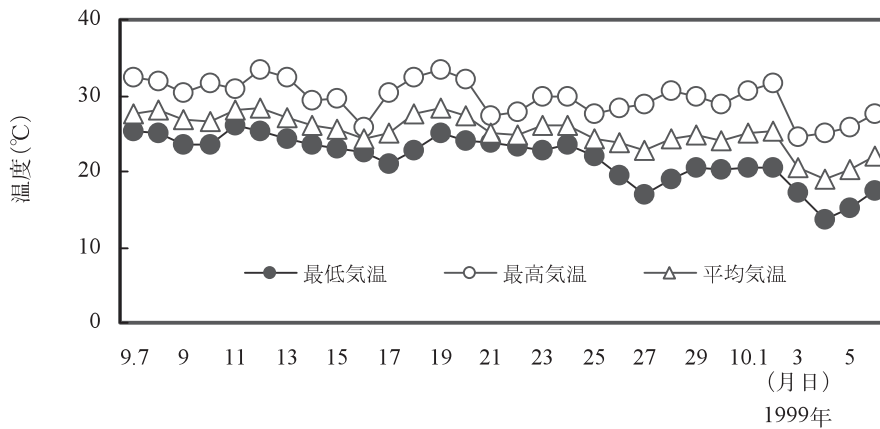
注2：調査果数各45個



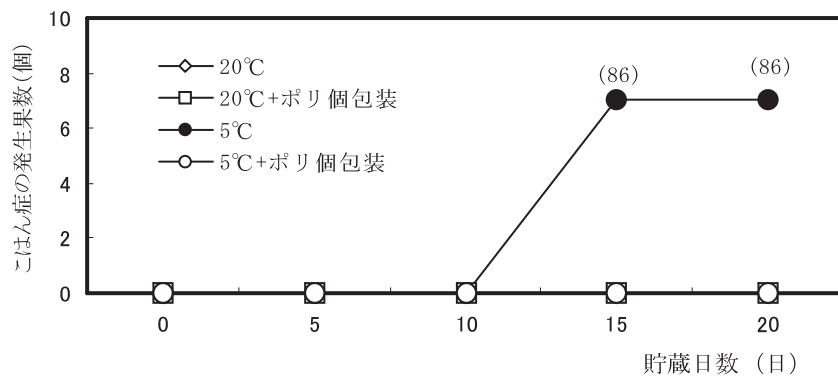
第46図 アルミ蒸着寒冷紗被覆が‘大谷’イヨのこはん症の発生果の斑点総数に及ぼす影響



第47図 アルミ蒸着寒冷紗被覆が‘大谷’イヨ果実の果面温度に及ぼす影響
1986年8月27日(晴)



第48図 収穫前の最低、最高および気温の変化



第49図 低温処理とポリエチレン個包装が‘大谷’イヨのこはん症の発生に及ぼす影響
注：図中の数字は斑点総数

第28表 アルミ蒸着寒冷紗の袋内の照度，光合成有効放射および放射熱

	照度 (Lux)	光合成有効放射 ($\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$)	放射熱 ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)
アルミ蒸着寒冷紗	34,000~35,000	500	460
対 照 区	60,000~63,000	1,500~1,700	780

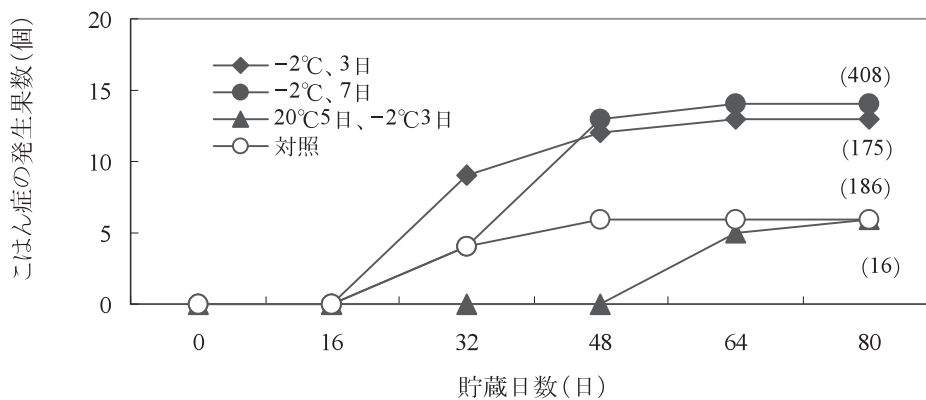
測定日：1986年8月27日 13：40~14：30

ヨの“日焼け症”と命名した。さらに、収穫時に肉眼的に丁寧に果実を観察して障害の発生の認められなかった果実を5℃で貯蔵した結果、果皮表面の日照部に小さな斑点が多数発生したが、日陰部には斑点の発生が認められなかった(第53-2図)。この症状は樹上で発生した“日焼け症”とは異なった形状を呈していた。さらに、アルミニウム蒸着寒冷紗で袋掛けをした区では斑点数も対照区のそれよりもはるかに少なかった。第48図に低温とポリ個包装が障害の発生に及ぼす影響について調査した結果を示す。果実は樹上で低温(12℃以下)に遭遇していない果実を1999年10月7日に収穫して用いた。第49図は果実が樹上で低温に遭遇したかどうかを確認するため、収穫前の1ヶ月間の最高と最低温度につて測定した結果を示す。この結果12℃以下の低温に遭遇していないことが明らかになったので、果実を収穫して低温の処理を行った。20℃の

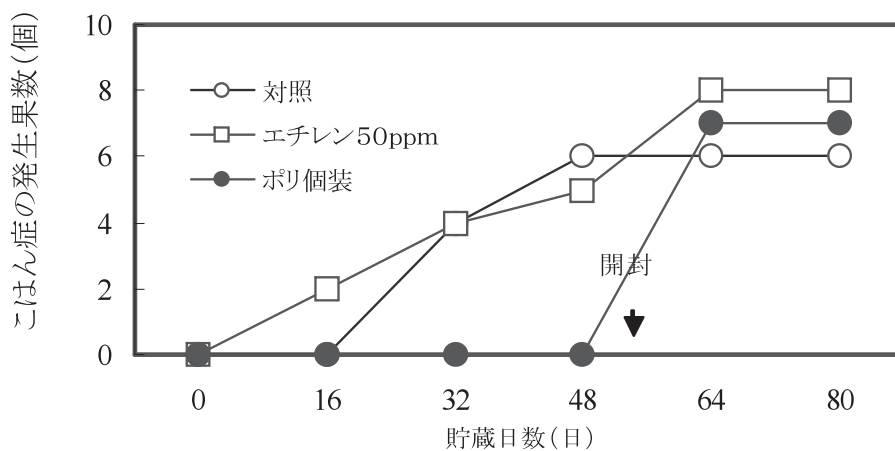
貯蔵では果皮障害の発生は認められなかったが、5℃で貯蔵した結果、ポリ個包装果実には認められなかったのに対して対照区の果実にはその発生が認められた。ピットイングの発生は貯蔵後20日目には認められた。この障害は収穫後の予措処理によっても抑制された。この症状に対して“こはん症”と命名した。

実験2. 温度処理と果皮障害の発生

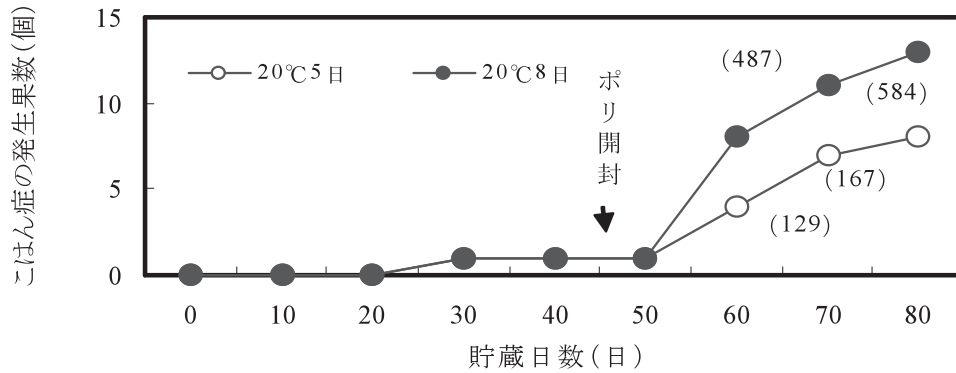
-2℃で3日間および7日間の処理後8℃で貯蔵した果実の果皮障害の発生について調査した結果を第50図に示す。3日と7日間-2℃で処理したが処理期間には関係なく低温による障害が発生した。また、総斑点数は、-2℃で3日間の処理では175個であったが、-2℃で7日間の処理では408個と2倍以上の違いが認められた。20℃で5日間の予措を行った後に-2℃で3日間の処理を行ったところ極端に障害の発生と斑点数が抑制された。この症状については第53図-3に



第50図 予措および低温処理が‘大谷’イヨのこはん症の発生に及ぼす影響
11月27日収穫



第51図 エチレンおよびポリ個装処理が‘大谷’イヨのこはん症の発生に及ぼす影響
注1: 11月27日収穫
注2: 12月16日まで8℃, それ以後4℃で貯蔵
注3: ポリ個装は48日目に無袋
注4: 各区20果



第52図 20°C予借とポリ個装処理が‘大谷’イヨのこはん症の発生に及ぼす影響

注1：処理後は5°Cで貯蔵

注2：調査果数各20個

注3：()内は斑点総数

示すが、明らかに“日焼け症”や“こはん症”とは違った症状を呈している。この障害の特徴は油胞組織の周りのフラベド細胞が壊死後に崩壊し、崩壊部分が赤くあるいは褐色になる。果面が赤くただれた火膨れ症状を呈するためこの障害を“ヤケ症”と命名した。

“ヤケ”は火膨れを“症”は生理障害を意味する。

実験3. エチレン処理後ポリエチレン個包装（ポリ個包装）した果実の果皮障害の発生

‘大谷’イヨの果実を収穫後に、50ppmのエチレンで20°C、48時間の処理後に果実をポリ個包装した結果について第51図に示す。この結果、エチレン処理がこはん症の発生に及ぼす影響は認められなかった。すなわち、20°Cの高温で処理すると果皮障害の発生を抑制するが、エチレン処理の効果は認められなかった。ポリ個包装と予借処理がこはん症の発生に及ぼす影響を調査した結果を第52図に示す。ポリ個包装は貯蔵中の果皮障害の発生を抑制する効果が認められた。

実験4. ‘大谷’イヨの果皮障害の種類

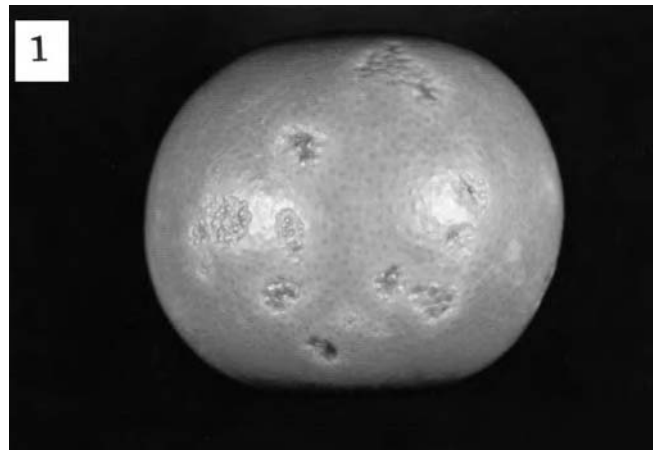
農家で実際に貯蔵中に発生した‘大谷’イヨの果皮障害の果実を収集し、それらの中から無作為に50果を選び症状別に果実を分類した。収集した果皮障害の果実は2種類に分類できた。一つは“こはん症”で、高温並びに日射が原因であるもの、他の一つは“ヤケ症”で貯蔵中の低温や過湿が原因であるものである。今回の実験あるいは調査で得られた‘大谷’イヨに発生する果皮障害の症状と農家の貯蔵庫内で発生した果皮障害の症状が一致した。

第2節 考察

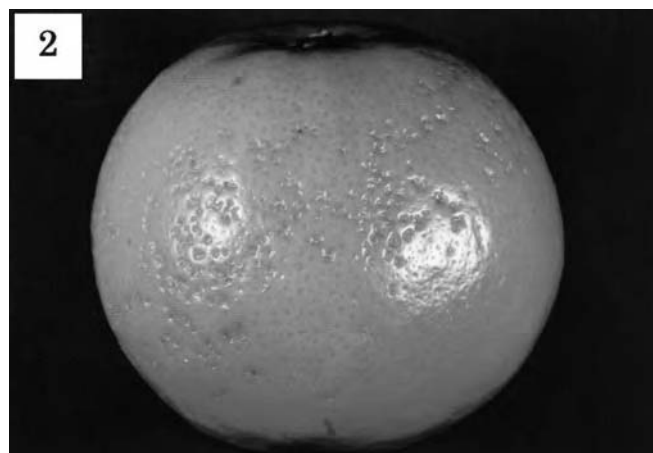
‘大谷イヨ’の果皮障害は樹上および貯蔵中の果実に発生する。樹上で発生する果皮障害はアルミ蒸着寒

冷紗の袋で果実を被覆することによって抑制された。そこで、果面温度を測定したところ、アルミ蒸着寒冷紗で被覆した果面の温度は38°C以下であったが、対照区の日照部における果面温度は38°C以上であった。袋掛けの時期が8月中下旬でこの障害の防止効果が認められたことから、この障害は9月以降に強い日射を受けると発生することが分かった。すなわち、果実が肥大期から成熟期にかけて果面が強い日射を受けると、その部分が緑から黄緑色に変化し、さらにフラベド組織が崩壊し、わずかに陥没した斑点となり、斑点はしだいに脱緑され、黄褐色や暗緑色となって様々な形状を呈する。これらのことから、樹上で発生する果皮障害は強い日射を受けた部分の温度が高くなって起きる一種の日焼け症であることが分かった。この症状は早生ウンシュウミカンで明らかにした日焼けと同じ症状である（近泉・松本，1983；近泉，1990）。そこで、この症状に対して“日焼け症”と命名した。

5°Cで貯蔵したところ日焼け症とは異なった症状の発生が認められた。この障害の特徴は小さなピットングが多数果面に発生することである。発生部は果実が樹上で受けた日照部であることを本研究で明らかにすることができた。収穫時には、肉眼的な観察では健全な果実と変わらないが、貯蔵中にこの症状は果面の日照部に発生し、日陰部には全く発生しない。それゆえ、当然ながらこの障害は樹冠外周の果実に多く発生することになる。Langridge (1963) が指摘しているように、極端な高温は細胞内の代謝異常などを引き起こし、毒物質が蓄積され細胞が崩壊すると述べているが、‘大谷イヨ’でも代謝異常が発生するののかも知れない。しかし、この点については明らかにすることができなかった。また、秋田ら (1983) はハッサクのこはん症でも樹冠外周の果実に発生が多いと述べている。



(1) は樹上の果実に発生し，発生部は果面の日照部位だけに発生（“日焼け症”）



(2) は5℃で貯蔵中に発生し，小さなピッティングが果実の日照部分だけに多数発生（“こはん症”）



(3) は-2℃，相対湿度95%で貯蔵中に発生し火膨れ症状呈する（“ヤケ症”）

第53図 大谷イヨの果皮障害の症状について

Sawamura ら (1984) は7種類のカンキツのこはん症の発生について調査し，成熟段階にこはん症の発生が認められると述べると共に，Sawamura ら (1987) は油胞組織の周りのアスコルビン酸の酸化が斑点の発生と関係があるのではないかと指摘している．レモンにおいても油胞組織から精油成分が漏出し，精油成分に

よって細胞が崩壊することが報告されている (Eaks, 1969)．しかし，‘大谷’イヨでは油胞組織の崩壊は認められないため，精油成分が漏出することによって障害が発生することはないと考えられる．収穫後に20℃で予措処理を行うと‘大谷’イヨの貯蔵中の障害を軽減することができた．この点では船上ら (1982) や長

谷川・伊庭（1986）らの結果と一致した。カンキツ類の低温障害（CI）は貯蔵中の低温（0～12℃）で発生するため‘大谷’イヨの貯蔵中の障害も低温障害の一つと考えられたが、‘大谷’イヨでは貯蔵中に発生する斑点は果実が樹上で受けた日射部だけに発生し、同一の果実でも日射部の反対側の日陰部には発生しないため低温障害ではないことが明らかになった。収穫後－2℃の低温で処理すると新しい障害の発生が認められた。この症状は‘宮内’イヨの果実を低温貯蔵すると認められる症状と同様であった（近泉ら，1988）。そこでこの症状に対して“ヤケ症”と呼称した。エチレン処理を行ったが‘大谷’イヨの果皮障害の防止効果については認められなかった。ポリ個包装によって‘大谷’イヨの果皮障害の抑制効果が認められたが、除袋すると障害の発生が認められた。一般の農家の貯蔵庫で発生した‘大谷’イヨの果皮障害の発生果の提供をうけ、それらについて症状別に分けたところ、二種類に分類することができた。一つは“こはん症”で他の一つは“ヤケ症”である。これらは今回の実験あるいは調査で得られた‘大谷’イヨに発生する果皮障害の症状と農家の貯蔵庫内で発生した果皮障害の症状が一致した。

第3節 摘要

‘大谷’イヨの果皮障害は主に貯蔵中に発生するが樹上の果実にも認められた。障害果の症状別に、それらの原因を明らかにした。‘大谷’イヨの果皮障害には3種類あることが明らかになった。一つは果実が受ける高温並びに日射が主因となった障害である。この障害は樹上の果実に発生する。そこで、この障害に対して“日焼け症”と呼称した。2つ目は収穫時には肉眼的に見て健全な果実でも、貯蔵中の果実に発生し、その発生部位は樹上で受けた果面の陽光部で、多数のピッティングが発生した。この障害に対して“こはん症”と呼称した。他の一つは、貯蔵中に発生するが、この原因は貯蔵中の低温が主因であり、－2℃の貯蔵によって発生した。この障害は果面が赤くただれた火膨れ症状を呈するため“ヤケ症”と呼称した。“日焼け症”は高温や日射を軽減する袋かけにより防止できた。20℃の予措処理とポリ個包装を組み合わせることにより貯蔵中に発生する“こはん症”や“ヤケ症”の果皮障害の発生を抑制することができた。

第5章 ハッサクのこはん症

第1節 栽培条件の違いと発生

緒 言

カンキツ類の貯蔵中に果皮が不規則な模様で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 (*Citrus hassaku hort. ex Tanaka*) 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 (第54図)。近泉ら (1980) は形態的な観察から、ハッサク果実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。

ハッサク果実は一般に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 (近泉, 2001)。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 (1967) は常温並びに低温 (5℃) 貯蔵中におけるハッサク果実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、ハッサク果実のこはん症は20℃で最も多く発生することが明らかで (近泉, 2001)、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。ハッサク果実のこはん症の発生が、ポリエチレンフィルム個装 (ポリ個包装) 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効果のあることが認められている (Chikaizumi ら, 1995; 小川ら, 1975)。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 (1979) 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 (秋田ら, 1983; 近泉, 2001; 近泉ら, 1997; Chikaizumi ら, 1995; 藤田・東野, 1988; 長谷川・伊庭; 1978; 長谷川ら, 1979; 伊庭ら, 1981; Kanlayanarat ら, 1988a, b; 川田・北川, 1987; Manago, 1988; 吉松・内山, 1980)。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、ハッサク果実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、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、果実をポリ個包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包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。ポリ個包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放置されている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のを用いた。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日にハッサク果実を収穫し、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実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実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日にハッサク果実を収穫した。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

樹上のハッサク果実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29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。ポリ個包装処理区では48%から54.7%の果実にこはん症が発生した。

実験 2. 栽培条件の違いがこはん症の発生に及ぼす影響

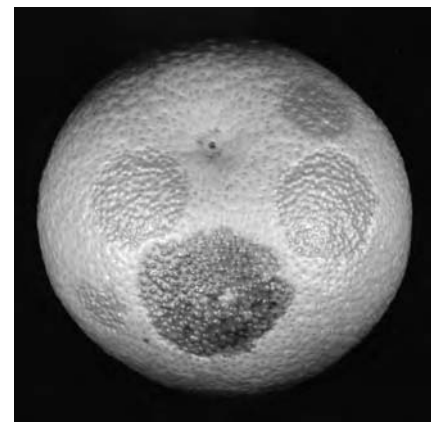
こはん症の発生割合が放任区では70%であったが対照区のそれは50%で、放任園で高い傾向が認められた(第54図)。こはん症の発生した果実の1果当たりの平均斑点数も放任区では5.6個であったが対照区のそれは3.6個であった(第55図)。果実の可溶性固形物含量、離酸含量、果皮硬度、果皮の厚さおよび果肉歩合を分析した結果を第30表に示す。可溶性固形物および遊離酸含量は放任区で僅かながら高かった。逆に果皮硬度は対照区で僅かに硬く、果皮の厚さも対照区の方が厚かった。果肉歩合は対照区で77.1%であったが放任区のそれは80.2%であった。果皮の無機成分を分析した結果、放任区で果皮中のチッ素とカルシウム含量が対照区のそれらより少なく、逆にカリウム含量は放

第29表 ハッサク果実の樹上におけるこはん症の発生

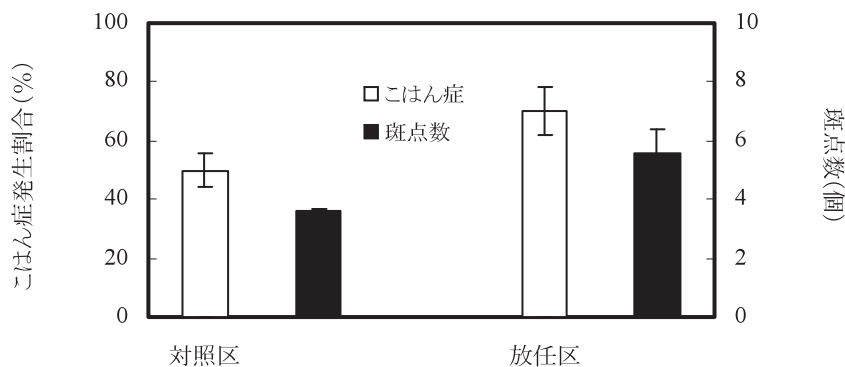
調査項目	年度	調査果実数	こはん症発生果数(%)
樹 上	1998	300	0(0)
	1999	300	0(0)
収穫後室温で貯蔵 (対 照 区)	1998	300	218(72.7)
	1999	300	204(68.0)
収穫後室温で貯蔵 (ポリ個装区)	1998	300	164(54.7)
	1999	300	144(48.0)

注1:対照およびポリ個装果実の収穫日:12月25日

注2:こはん症発生調査日:5月10日



第54図 ハッサク果実のこはん症

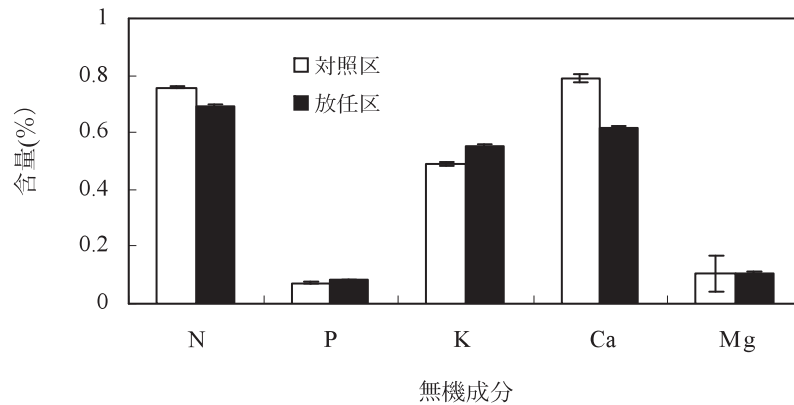


第55図 栽培条件の違いがハッサク果実のこはん症の発生と斑点数に及ぼす影響
図中の縦バーは標準誤差(3反復)

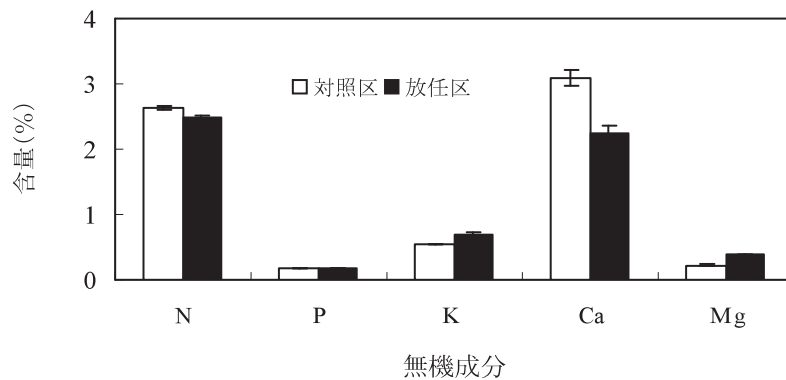
任区のほうが対照区より高かった。またリンとマグネシウム含量は両区とも同じで差が認められなかった(第56図)。葉中のカルシウムとチッ素含量は対照区より放任区が少なかった。しかし、カリウムとマグネシウム含量は放任区の方が対照区より高かった(第57図)。土壌中の無機成分含量を分析した結果、全ての成分において放任区で少なく、特にカリウムとカルシウム含量では顕著な差が認められた(第31表)。

実験 3. 収穫時期の違いがこはん症の発生に及ぼす影響

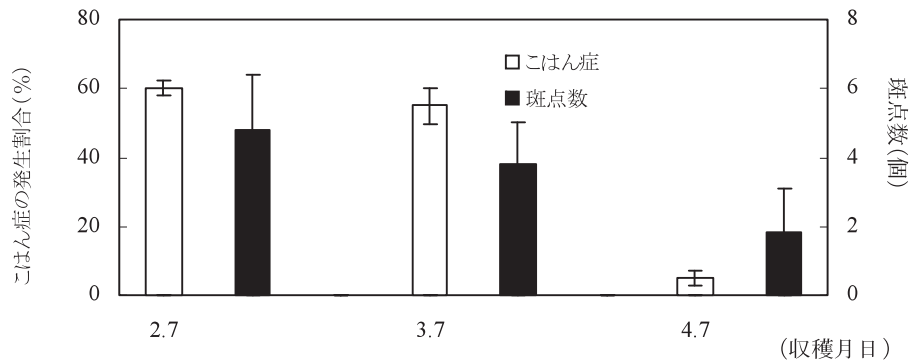
果実の収穫を2月7日、3月7日および4月7日に行い、20℃で貯蔵しこはん症の発生を調べたが、果実の収穫時期が遅くなるに伴ってこはん症の発生割合と1果当たりの斑点数は減少した。特にこはん症の発生割合が4月7日の収穫では5%と非常に少なかった(第58図)。



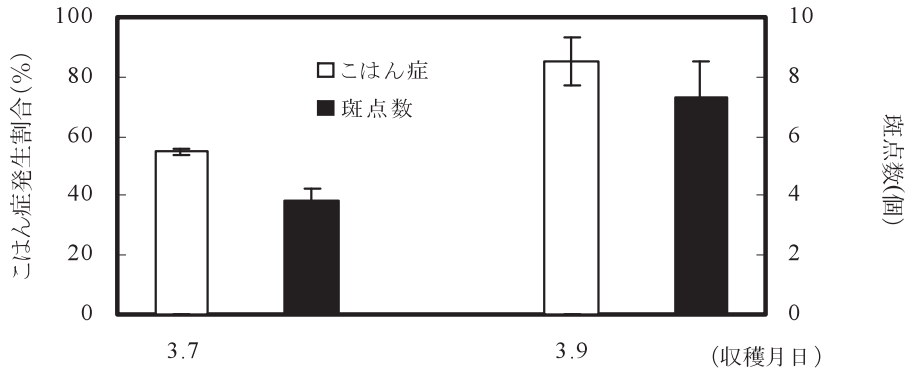
第56図 栽培条件の違いがハッサク果皮の無機成分含量に及ぼす影響
図中の縦バーは標準誤差(3反復)



第57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)



第58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59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)

第30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 (kg·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	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31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	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実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59図)。

第2節 生育環境の相違と発生

緒言

カンキツ類の貯蔵果実に発生する果皮障害の一つにこはん症があり、果皮が不規則な模様に変化する生理障害である。油胞組織と油胞組織の間が陥没し、ちょうど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発生が多く、その割合は貯蔵果実の数10%にも及ぶこともある。それゆえ、これらの果実を貯蔵する上で、こはん症の発生を防止あるいは抑制することが重要な技術の一つとなっている。しかしながら、その発生の原因が大部分の中晩柑類で分かっていない。

ハッサク果実の成熟期は2月から3月であるが、果実は冬季の寒害あるいは隔年結果の防止をはかるため12月中に収穫される。収穫された成熟前の果実は貯蔵

中に追熟し、完熟状態になったものが3月から5月にかけて出荷される。このため、ハッサク果実の貯蔵は長期間となる。さらに、貯蔵中あるいは出庫後にこはん症が多く発生し、商品価値を著しく低下させる。ハッサク果実のこはん症の発生に関して最初に調査したのは山下(1967)で、貯蔵中におけるハッサク果実のこはん症の発生の実態調査および発生に及ぼす温湿度との関係、さらにポリエチレンフィルム個装によるこはん症の防止効果について報告している。その後、多くの研究がなされているが、そのほとんどは障害が貯蔵中に発生するため、貯蔵中の果実をとりまく環境要因がこはん症の発生に及ぼす影響の調査や、あるいはこはん症を熱帯および亜熱帯果実に多く認められる低温障害として取り扱っている(藤田・東野, 1985a, b; 藤田・東野, 1988; 長谷川・伊庭; 1978; 伊庭ら, 1981; 伊庭ら, 1985; Kanlayanarat ら, 1988a, b; 川田・北川, 1987; 北川・樽谷, 1980; 真子, 1984; 宮田・橋本, 1988; 邨田・山脇, 1987; 小川ら, 1979; 小川・坂井, 1979; 白石ら, 1981; 吉松・内山, 1980)。

ハッサク果実のこはん症の発生には貯蔵中の要因だけでなく、果実が発育中に受ける環境要因の関与も考えられる。しかしながら、これらとこはん症との関係

について調査した研究は比較的少なく、秋田ら(1983)の着果位置の違いとこはん症の発生について、あるいは小川ら(1979)の園地の違いとこはん症の発生についての報告が認められるだけである。そこで、本研究では、結果樹の違い、果実の結果位置、果実重の違い、日射量の多少、土壌の違い等がこはん症の発生に及ぼす影響について調査を行った。

材料および方法

供試材料には、愛媛県松山市東野で栽培されている栽植後10年から15年のハッサク樹を用いた。なお、ハッサク樹は1981年から1991年まで継続して同一園のものを用いた。

I. 栽培条件の違いとこはん症の発生

- (1) 結果樹の違いとこはん症の関係を明らかにするため、果樹園の中からランダムに5樹を選び、果実を全て収穫し実験に用いた。
- (2) 着果方位とこはん症の発生を調査するため東、西、南および北側の地上1mから2mの部位に着果していたそれぞれ50果を収穫した。
- (3) 収穫時に果実を果面が粗いものと、滑らかなものに分け、各区50果を選別して調査した。また、収穫時に果実重が250g以下、250~350gおよび350g以上の3区に分け、それぞれ50果を選別して調査した。
- (4) 水田後地に栽培されている樹の果実を粘土質区、畑地の花こう岩質土壌で栽培されている樹の果実を花こう岩区とし、それぞれ150果を供試した。
- (5) 収穫時期の違いとこはん症の発生との関係を明らかにするため、10月1日、10月20日、11月10日および11月30日に果実各20個を収穫し、同時に20℃の恒温器に果実を貯蔵し経時的にこはん症の発生を調査した。

II. 日射および果面温度の違いとこはん症の発生

- (1) 果実が受ける日照量の違いとこはん症の発生を調査するために、樹上で常に日射を受けている果実を日照果区、木漏れ日すなわち、葉や方位の関係で日光が時々当たり当たらなかつたりする実を日照中果区とした。また、防風林の隣とか樹冠内部で直接日射をほとんど受けることがなかった果実を日陰果区とした。
- (2) 果面温度の測定
果面温度の測定には果実が直接日射を受ける日照部と受けない日陰部について放射温度計(505, ミノルタカメラ社製)を用いて測定した。

個々の果実の果面温度の違いを明らかにするため1990年12月8日の12時暗から13時の間に無作為に選んだ500果の果面温度を測定した。

III. こはん症の発生部における果皮色

果皮色の測定には、色彩色差計(CR-200, ミノルタカメラ社製)でこはん症の発生した果実200個の発生部と健全部について測定した。

IV. ステムピッキング病の発生樹より収穫した果実のこはん症の発生

ステムピッキング病の発生樹より収穫した果実のこはん症の発生について調査するため、枝のステムピッキングを調査すると共に葉の萎凋状態からウイルス病樹を確認して果実を収穫した。ステムピッキング病の発生樹より収穫した果実の重量と横径および縦径を測定した。ステムピッキング病の発生樹より収穫した果実のこはん症の発生調査は1990年4月6日と1994年4月6日の2回行った。また、本調査でステムピッキング病の発生樹より収穫した果実の斑点は、くさび型であることが明らかになったので、こはん症の発生した果実600個について、くさび型斑点の割合を調査した。

結 果

I. 栽培条件の違いとこはん症の発生

5本の結果樹について収穫果実のこはん症の発生を調べたところ、樹によって25%から90%と発生率が異なった(第32表)。

ハッサク果実の着果方位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結果を第33表に示す。その結果、東側に結果した果実のこはん症の発生割合が他の方位に結果したものよりわずかに少なく、その割合は38%であった。しかしながら、西、南および北側に結果した果実のこはん症の発生割合に差は認められなかった。

収穫時における果面の粗滑とハッサク果実のこはん症の発生との関係を調査したところ、果面の滑らかな果実は68%、粗な果実では64%にこはん症が発生し、こはん症の発生率の差は認められなかった(第34表)。また、果実が250g以下では発生割合が42%、250~350gで60%、350g以上の果実で94%であり大きい果実ほどこはん症の発生が多かった(第35表)。しかし、1果当りの平均斑点数はそれぞれ5.3, 9.1, 6.1であり、中程度の大きさの果実で斑点数が多かった。

ハッサク樹の栽培土壌の違いと果実のこはん症の発生について調査した結果を第36表に示す。発生割合は花こう岩土壌で81.3%、水田転換園で71.3%であり、花こう岩土壌でやや高かった。

収穫時期の違いとこはん症の発生についてみると、果皮色がまだ緑で成熟期に入っていない10月に収穫した果実ではこはん症の発生が認められなかったが、11

第32表 結果樹の違いとハッサク果実のこはん症の発生

樹	調査果数	こはん症の発生果数 (%)	斑点総数 (1果実当たり斑点数)
1号樹	20	6(30.0)	26(4.3)
2号樹	20	7(40.0)	9(1.3)
3号樹	20	18(90.0)	88(4.9)
4号樹	20	5(25.0)	6(1.0)
5号樹	20	14(70.0)	29(2.1)

第33表 ハッサク果実の着果方位の違いとこはん症の発生

方位	調査果数	こはん症の発生果数 (%)	斑点総数 (1果実当たり斑点数)
東	50	19(38.0)	78(4.1)
西	50	28(56.0)	116(4.1)
南	50	25(50.0)	138(5.5)
北	50	26(52.0)	110(4.2)

第34表 ハッサク果実の果面の粗滑とこはん症の発生

果面	調査果数	こはん症の発生果数 (%)	斑点総数 (1果実当たり斑点数)
粗	50	34(68.0)	120(3.5)
滑	50	32(64.0)	160(5.0)

第35表 ハッサク果実の果実重の違いとこはん症の発生

果実重	調査果数	こはん症の発生果数 (%)	斑点総数 (1果実当たり斑点数)
250g以下	50	21(42.0)	111(5.3)
250~350g	50	30(60.0)	272(9.1)
350以上	50	47(94.0)	285(6.1)

第36表 栽培土壌の違いとこはん症の発生

土壌	調査果数	こはん症の発生果数 (%)	斑点総数 (1果実当たり斑点数)
砂質土	150	122(81.3)	606(5.1)
粘土質	150	107(71.3)	202(1.9)

第37表 果実が受ける日射量の違いとこはん症の発生

日射程度	調査果数	こはん症の発生果数 (%)	斑点総数 (1果実当たり斑点数)
強日射	200	136(68.0)	799(11.8)
弱日射	200	128(64.0)	575(4.5)
日陰	200	77(38.5)	288(3.7)

月の収穫果実には発生が認められた(第60図)。

II. 日射および果面温度の違いとこはん症の発生

樹上で果実が受ける日射量の多少とハッサク果実のこはん症の発生との関係を示したのが第37表である。日照果ではこはん症の発生率が68%で、1果当りの平均斑点数も11.8個で最も多く、次いで日照中果でそれぞれ64%、4.5個であった。日陰果では最も少なくそ

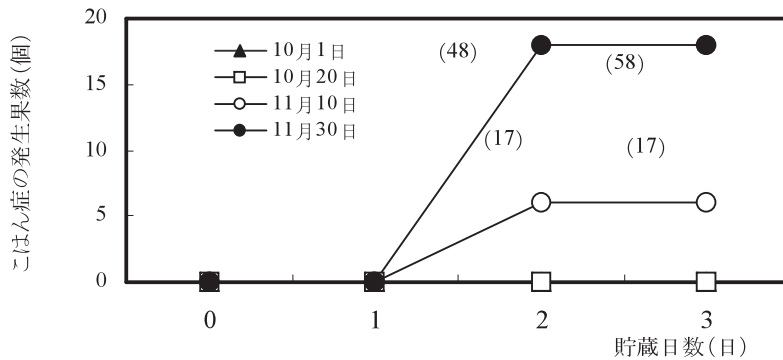
れぞれ38%、3.7個となり、日照量の多いほど発生率も高く斑点数も多くなった。

ハッサク果実の果面温度の日変化を測定した結果を第61-A図に示す。その結果、果実の結果位置により日射を受ける時間も異なり、午前中に40℃を示すが、午後は20℃前後になり、逆に午後40℃以上になる果実もあり、午前中に最も高温を示すもの、あるいは午

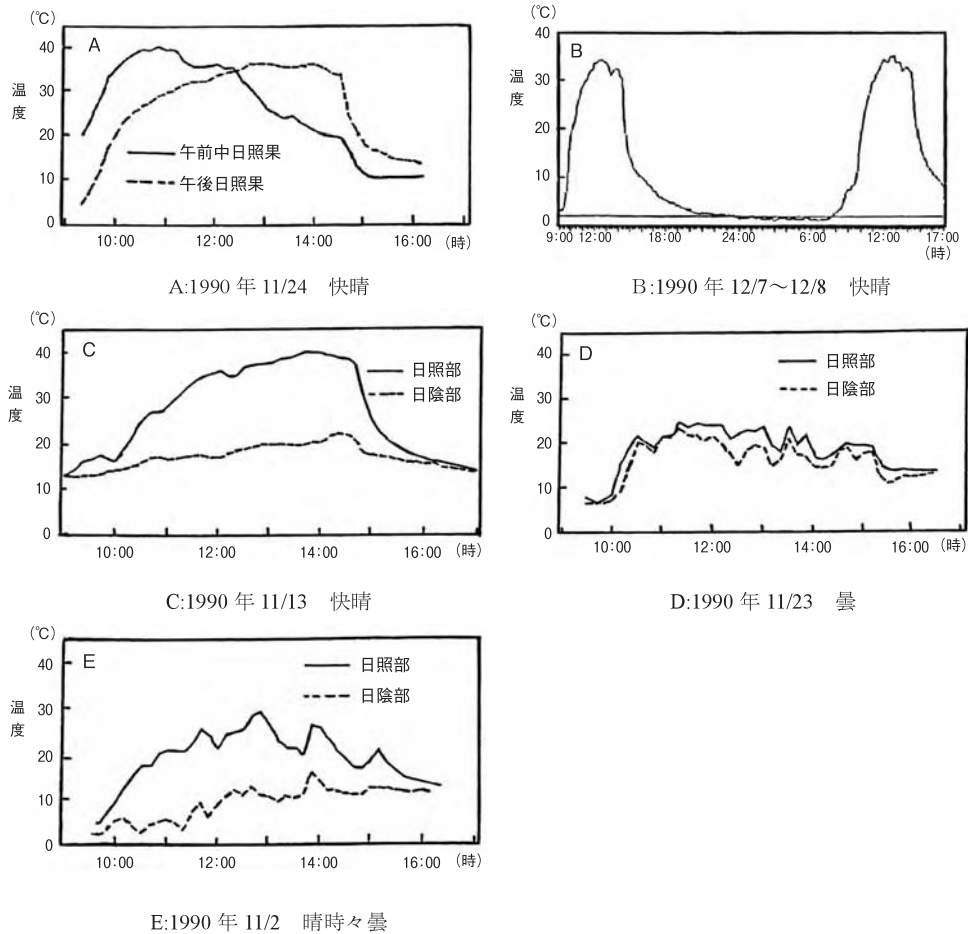
後に最も高温を示す果実があることが確認された。第61-B図は日照部の果面温度の日変化を示したものであるが果面温度は日照時には約37℃前後の高温から夜間は5℃前後の低温となり32℃もの大きな日較差が認められた。次に、同一果実の日照部とその裏側である日陰部の温度の日変化を示したのが第61-C、D図である。第61-C図は晴の日の日変化を示したもので、日照部と日陰部の温度差が10℃から20℃であった。一

方、曇の日は日照部と日陰部でほとんど温度差はなかった(第61図-D)。また、晴時々曇の日における果面温度は、快晴の日と違って日照部と日陰部での温度差が小さかった(第61図-E)。

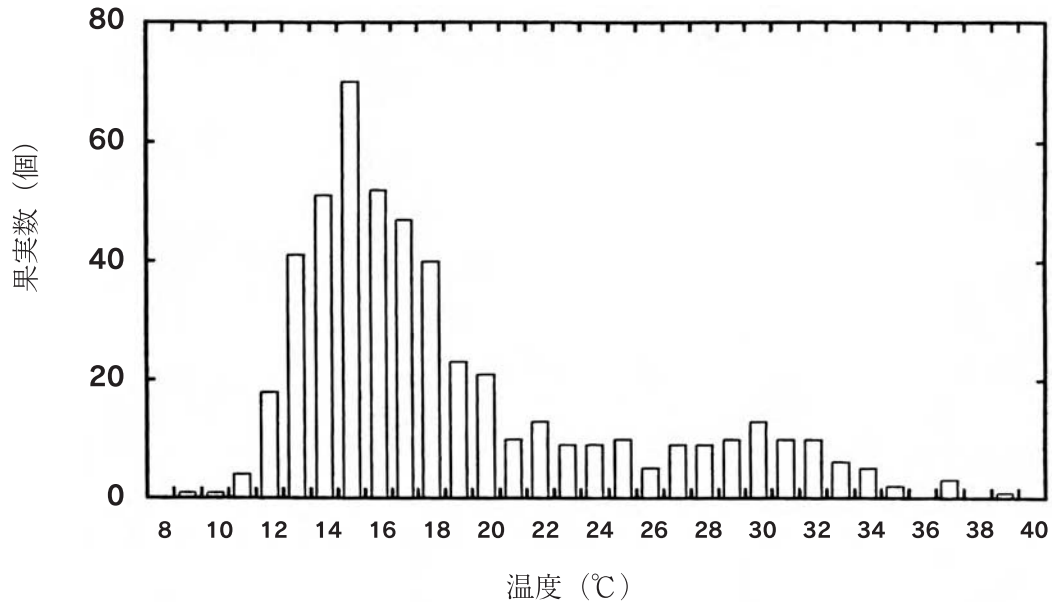
ハッサク果実500個の果面温度を測定して得られた温度の分布を示したのが第62図である。その結果、12~20℃の範囲の果面温度の果実が多くを占めた。



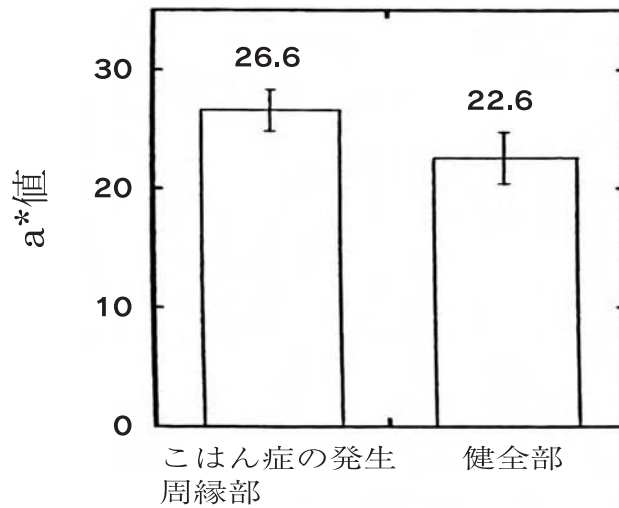
第60図 ハッサク果実の収穫時期の違いがこはん症の発生に及ぼす影響
 注：各区とも収穫と同時に50日間5℃で貯蔵後、20℃に変温
 誌調査図中 () 内の数字は総斑点数を示す。



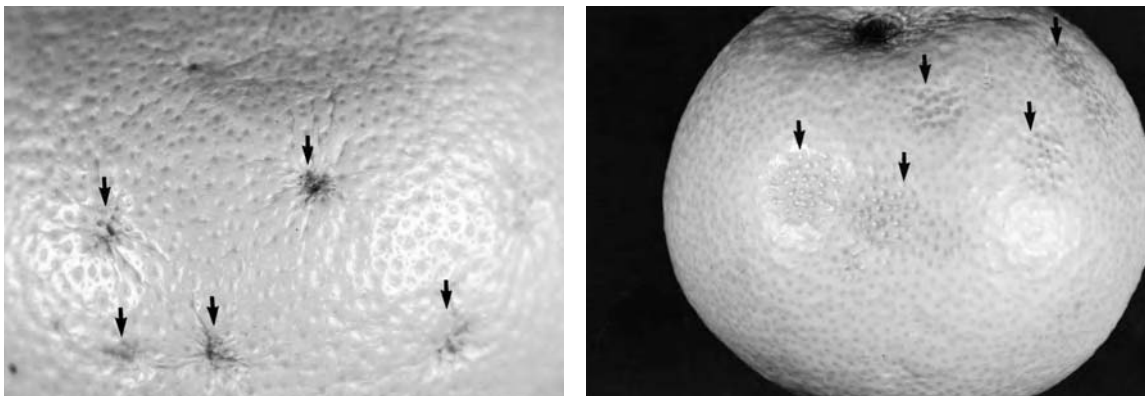
第61図 ハッサク果実の果面温度の経時的変化



第62図 ハッサクの樹上果実の果面温度分布
 注：調査果実数 500個，調査日時：1990年12月8日 12～13時



第63図 ハッサク果のこはん症が果皮色に及ぼす影響
 注：調査果実数 200個



第64図 ウイルス罹病樹より得られた果実の斑点 (A) と健全樹のハッサク果のこはん症 (B) (矢印：斑点)

第38表 ウイルス罹病樹より得られた果実の重量と果経径

	果実重(g)	横 径	縦 径
対照区	293.2±9.2	9.1±0.09	7.4±0.07
罹病区	127.6±7.6	6.6±0.15	5.3±0.13

第39表 ウイルス罹病樹より得られた果実の果皮障害

	調査果数	果皮障害こはん症の発生果数 (%)	斑点総数 (1果実当たり斑点数)
対照区	50	26(52.0)	124(4.8)
罹病区	50	37(74.0)	589(15.9)

調査年月日：1990. 4. 6

第40表 ウイルス罹病樹より得られた果実の果皮障害の発生

日射程度	調査果数	果皮障害こはん症の発生果数 (%)	斑点総数 (1果実当たり斑点数)
対照区	30	17(56.7)	44.6(2.6)
罹病区	30	23(76.7)	118 (5.1)

調査年月日：1994. 4. 6

第41表 ハッサク果実の果皮障害（こはん症）におけるくさび型斑点の発生

調査果実数	健全果実数	果皮障害こはん症の発生果数 (%)	くさび型斑点の発生果数
600	147	453(75.7)	66(14.6)

Ⅲ. こはん症の発生部における果皮色

こはん症の発生部と発生していない部分の色差計による a*値を測定した結果を第63図に示す。その結果、こはん症の発生部の a*値は26.6であったが、健全部のそれは22.6で、発生部の a*値が4も大きな値であった。

Ⅳ. ステムピット病の発生樹より収穫した果実のこはん症の発生

ステムピット病の発生樹より収穫した果実の重量と横径および縦径を測定した結果を第38表に示した。その結果、果実重は127.6gと健全果の半分以下であり、非常に小さい果実ばかりであった。ステムピット病の発生樹より収穫した果実のこはん症の発生についての調査は1990年4月6日と1994年4月6日の2回行い、第39, 40表に示した。その結果、2ヶ年とも斑点の発生割合については同様の結果を得た。また、ウイルス罹病果実では斑点がこはん症とは異なりくさび型に陥没するのが認められた（第64図）。次に、ステムピット病の発生樹より収穫した果実の斑点はくさび型斑点であることが明らかになったので、果実600個についてその発生の割合を調査した結果を第41表に示した。その結果、600果実中453果実にこはん症が発生し、その内66果実にくさび型斑点が認められた。

第3節 植物油およびワックス処理の効果

緒 言

ハッサクは1860年頃に広島県因島市のお寺の境内に、偶発実生として発生した。お寺の住職によって、八朔の頃から食されるとして、八朔と命名された。果肉は淡黄色で、果汁はやや少なく、糖および酸含量の調和がとれ、消費者に好まれる味のため、明治末期から、少しずつ栽培面積も増え、1991年には栽培面積5,700ヘクタール、収穫量107,500トンでウンシュウミカン、宮内イヨ、ナツダイダイに次ぐ生産量であった。しかし、2005年には栽培面積、収量とも減少し、1991年の約半分の51,400トンになった。今後も減少傾向は続くものと思われる。その原因として、果実に対する消費者の嗜好の変化や、大量の果実の輸入が考えられる。また、栽培上の一番の問題点として、貯蔵中に発生するこはん症がある。こはん症はカンキツ類でも、中晩柑類に多く発生するが、ハッサク果実のこはん症の症状は虎の斑紋に類似しており、こはん症と呼称するにふさわしい形状を呈する。こはん症に関する研究は多いが、中でもハッサク果実のこはん症に関する研究が最も多く認められる（秋田ら、1983；宮田・橋本、1988；長谷川ら、1981；Manago, 1988；小川ら、1979；白石ら、1981；Kanlayanarat ら、1988a, b；山下ら、

1967；藤田ら，1988；川田・北川ら，1987；吉松ら，1980；伊庭ら，1985；北川ら，1980；邨田ら，1987；小川，1979；川田ら，1987）。以上の様に，多くの報告があるにもかかわらず，ハッサク果実のこはん症の発生原因が分からないのが現状である。こはん症の発生原因の解明が難しいのは，発生部位が一定でなく，しかも果面全体に症状が発生するわけでもなく，部分的に斑点となって現れるためである。さらに，斑点部の果皮表層下数層の細胞の崩壊が認められるが，その崩壊の原因が明かでない。しかしながら，ポリ個包装によってこはん症の発生を抑制するとの小川・坂井（1979）の報告がある。ポリ個包装の効果として，果実からの蒸散量の抑制が考えられる。そこで，このことに着目して，二三の植物油およびワックス処理によってハッサク果実のこはん症の発生が抑制あるいは防止できると考え，本研究を行った。

材料および方法

供試材料には愛媛県松山市で栽培されているハッサク樹の果実を用いた。果実は1985年12月24日に収穫した。収穫した果実は市販の洗剤に2分間浸した後水洗いした。水が切れた後果実は腐敗防止のため0.05%のベノミルをへたに10μl 処理した後5℃，相対湿度90%で貯蔵した。実験に用いた植物油はサフラワー油，コーン油並びにそれらの主成分であるリノール酸である。ワックスは市販のフルーツ用ワックスを用いた。処理方法は油または油と水との懸濁液中に1分間浸漬する方法をとった。そして，サフラワー油の処理濃度は10，20および100%，コーン油は20と100%を，リノール酸は100%を用いた。処理後は5℃で貯蔵し，その後20℃，70%の相対湿度に移してこはん症の発生割合と斑点数について調査した。また，コーン油で処理した果実の呼吸量をCO₂赤外線ガスアナライザーで分析した。

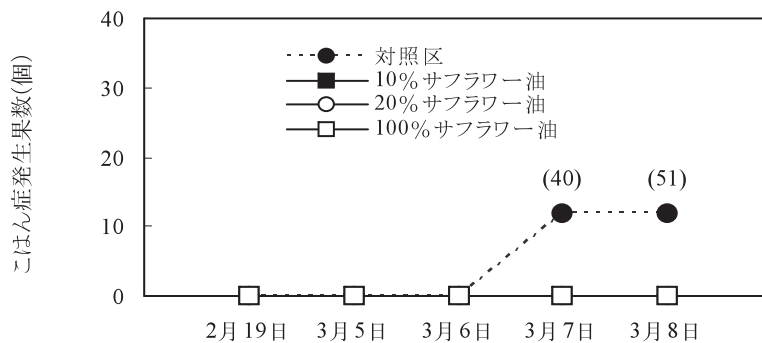
次に，1987年12月25日に果実を収穫した。果実は1985年と同様の処理を行った後，5℃，相対湿度90%で貯蔵した。果実をワックス処理後は5℃で貯蔵し，その後20℃，70%の相対湿度に移してこはん症の発生割合と斑点数について調査した。またハッサク果実の半分はサフラワー油を処理し，残りの半分は無処理としてこはん症の発生を調査した。

結果

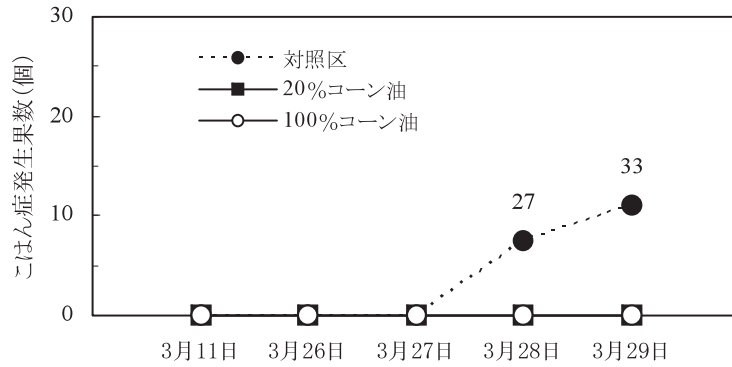
ハッサク果実におけるサフラワー油10%，20%および100%の処理を行った結果を第65図に示す。サフラワー油処理区ではこはん症の発生は認められなかった。すなわち，サフラワー油は10%でもこはん症の発生を防止する効果が認められた。次に，コーン油20%と100%の処理をした結果を第66図に示す。コーン油20%および100%処理によってこはん症の発生が防止できた。この結果，コーン油の濃度は20%でも十分にこはん症の発生を防止できることが明らかとなった。第67図にハッサク果実におけるリノール酸100%処理の結果を示す。リノール酸の処理によってもこはん症の発生は認められなかった。

果面の半分はサフラワー油100%を処理したところ，処理した部分では発生が認められなかったのに対し，無処理の部分ではこはん症の発生が認められた（第68図）。

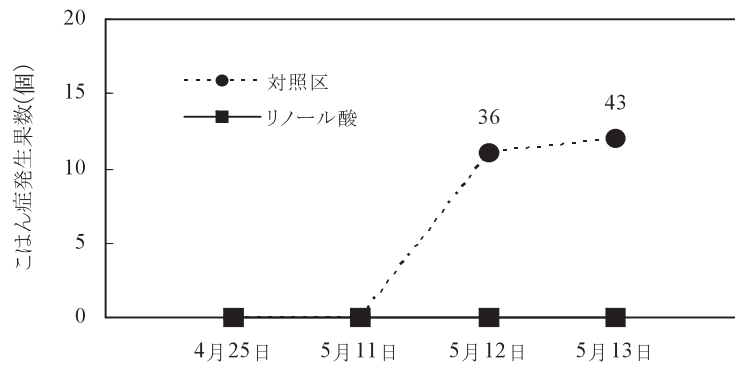
ハッサク果実に対するワックス処理とこはん症の発生について調査した結果を第69図に示す。この結果，ワックス処理ではこはん症の発生が認められたが，その発生は非常に少なかった。すなわち，ワックス処理によってもこはん症の抑制効果は認められた。コーン油20%と100%で処理した果実の呼吸量について測定した結果を第70図に示す。処理区の呼吸量が対照区のそれより低かった。



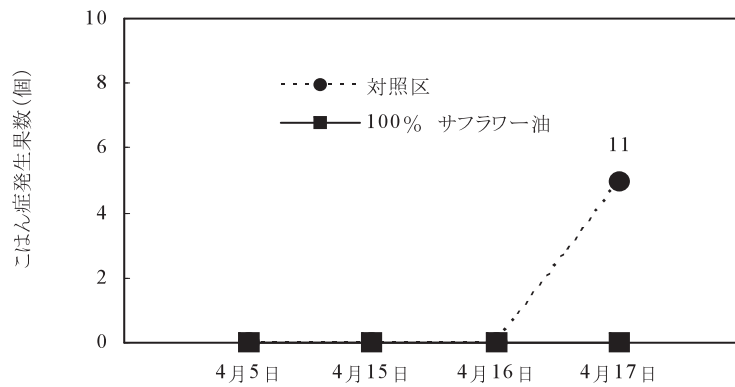
第65図 サフラワー油の処理がハッサク果実のこはん症の発生に及ぼす影響
注：図中の数字は斑点総数を示す。



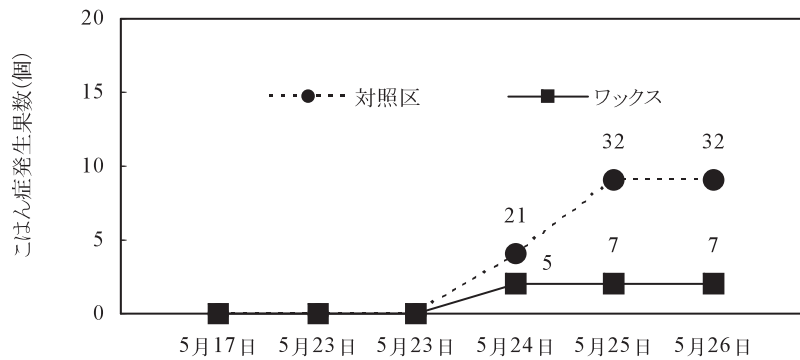
第66図 コーン油処理がハッサク果実のこはん症の発生に及ぼす影響
注：図中の数字は斑点総数を示す。



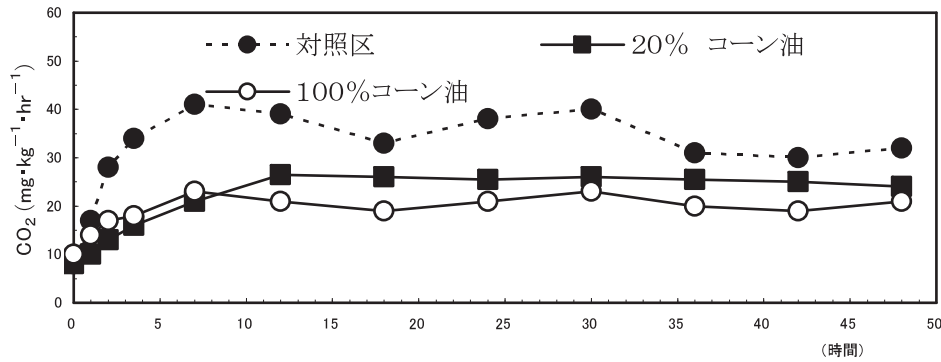
第67図 リノール酸の処理がハッサク果実のこはん症の発生に及ぼす影響
注：図中の数字は斑点総数を示す。



第68図 ハッサク果皮の半面にサフラワー油の処理がこはん症の発生に及ぼす影響
注：図中の数字は斑点総数を示す。



第69図 ワックスの処理がハッサク果実のこはん症の発生に及ぼす影響
注：図中の数字は斑点総数を示す。



第70図 コーン油の処理がハッサク果実の呼吸量に及ぼす影響

第4節 貯蔵温度およびポリエチレンフィルム個包装の効果

緒言

カンキツ類果実の貯蔵中に、果皮が不規則な模様に変化するこはん症と呼ばれる生理障害がある。油胞組織と油胞組織の間が陥没し、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、その割合は貯蔵果実の数10%にも及ぶことがある。中でも、ハッサク (*Citrus hassaku hort. ex Tanaka*) 果実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。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。しかし、その発生の原因は明らかでない。

ハッサク果実は冬季の寒害あるいは落果等を避けるため12月中に収穫されることが多い。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）あるいは低温（5℃）で貯蔵され、3月から5月にかけて出荷されている。常温貯蔵では3月からこはん症が多く発生する。一方、低温貯蔵庫（5℃）で貯蔵している限りこはん症の発生は認められない。しかし、果実を低温から常温に出庫するとこはん症が発生する。この点から山下（1967）は常温並びに低温（5℃）貯蔵中におけるハッサク果実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。その後、さらに多くの研究がなされている（秋田ら、1983；藤田・東野、1985；長谷川・伊庭、1978；長谷川ら、1979；伊庭ら、1981；Kanlayanaratら、1988a, b；川田・北川、1987；真子、1984；Manago、1988；小川ら、1979；小川・坂井、1979；吉松・内山、1980）。しかし、ハッサク果のこはん症の発生メカニズムは明らかにされていない。

近泉ら（1980）は形態的な観察から、ハッサク果実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。しかし、果皮下数層の細胞組織が崩壊する原因は明らかでない。また、サフラワー油、コーン油などの植物油をハッサク果実に処理することでこはん症の発生が防止あるいは抑制された（近泉ら、1995）。さらに、ステムピッチング発生樹より収穫した果実に発生する斑点は“くさび型”であることを明らかにした（近泉ら、1997）。また、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（小川ら、1975）。しかし、ポリエチレンフィルムによる個装がこはん症の発生の防止あるいは抑制に及ぼす機作については明らかでない。

そこで、本報告ではこはん症の発生に温度が及ぼす影響について詳細に調査すると共にポリエチレンで果実を個装したときの、袋内の温度、相対湿度、酸素並びに炭酸ガス濃度の変化等について調査した。さらに、ハッサク果実の果皮表面には気孔、油胞細胞などがあるが、特に気孔がこはん症の発生と関係があるのではないかと考え、ハッサク果実の気孔数を調査すると共にこはん症発生部の気孔の開閉についても検討を加えた。また、気孔の開閉に関与していると考えられるアブシジン酸（ABA）含量も測定した。

材料および方法

実験材料

供試材料には愛媛県松山市で栽培されている10年から20年生のハッサク樹に結実した果実を用いた。なお、果実は1982年から1998年まで継続して同一園のものを用いた。

1. こはん症の発生と温度

貯蔵温度の違いがこはん症の発生に及ぼす影響を調

査するため、1998年12月25日に果実を収穫し、5℃で貯蔵した。1999年1月25日に5℃から5、10、15、20、25、30および35℃の恒温器に果実を移した。調査果実数は各20個の3反復とし、10日間貯蔵した後こはん症の発生果数および斑点総数を調査した。また、1982年12月27日に果実を収穫し5℃で貯蔵していた果実を、1983年4月20日に15および25℃の恒温器内に移し、こはん症の発生を経時的に調査した。調査果実数はそれぞれ20個とした。一方、収穫時より果実120個を20℃に保ちこはん症の発生を調査した。また、収穫後5℃で1983年5月31日まで貯蔵しその後20℃に果実を移し、2、5、10、24時間保った後、5℃にもどしてこはん症の発生を調査した。調査果実数は各処理区とも20個とした。1997年12月25日に収穫した果実を20℃で7日間貯蔵し、こはん症の発生しなかった果実120個を再び5℃で7日間貯蔵後20℃へ変温し、こはん症の発生を調査した。

2. ポリエチレンフィルム個包装（ポリ個包装）がこはん症の発生に及ぼす影響

ポリ個包装がこはん症の発生を防止あるいは抑制する効果について調査するため、1986年12月26日に収穫後直ちにポリエチレンフィルムで個装し、密封のためヒートシールした果実と無処理の果実（対照区）170個を20℃で1987年1月8日まで貯蔵し、こはん症の発生について調査した。さらに、長期間の貯蔵でもこはん症の発生が抑制されるかを明らかにするため、1997年12月25日に果実を収穫後直ちにポリ個包装し常温貯蔵した。調査には1020個の果実を用い1998年3月17日と5月17日にこはん症の発生割合を調査した。なお、ポリエチレンフィルムは低密度で厚さ0.02mm、横250mm×縦350mmのものを使用した。さらに、果実を1982年12月27日に収穫しポリ個包装後5℃で1983年4月23日まで貯蔵した。そして、20℃に変温後、0、5、10、24、32および48時間後にポリエチレン袋を除袋し、こはん症の発生を調査した。なお、調査果実数はそれぞれ20個を用いた。

ポリ袋内の温度の測定には銅-コンスタンタン線0.1mmの熱伝対により、相対湿度の測定にはセンサー式の湿度計（HM-14型、Vaisara社製）を用いて測定した。ポリ個包装が果実の減量割合に及ぼす影響を明らかにするため、1998年12月30日に果実を収穫後直ちにポリ個包装を行い10日目ごとに果実重を測定した。なお、果実の貯蔵は5℃で行った。

アブシジン酸（ABA）の分析は、Allen・Hall（1981）、Guinnら（1986）およびHubic・Reid（1980）の手法を一部改良して、以下の方法で行った。すなわち、果皮のフラベド部分を生体で1.0g取り、粉碎後80%メ

タノール30mlで12時間振とうした。次に、エバポレーターを用いて35℃で減圧濃縮し、メタノールを除去した。さらに、残った約10mlの水相を分液ロートに移し、ヘキサン10mlで2回洗浄し、クロロフィルや脂質等を抽出除去した。さらに、Sep-Pak C₁₈カートリッジで精製し、ジクロロメタン可溶性酸性画分を得て、高速液体クロマトグラフ（LC-6A、島津製作所社製）による分析を行った。分析に使用したカラムはShim-Pack CLS ODS150mm×6.0φである。分析条件はカラム温度40℃、波長254nm、流速1ml・min⁻¹で行った。溶出溶媒は、リン酸バッファー：アセトニトリル=2：1で、そのpHを3.4に調整したものを用いた。酸素濃度はセラミック酸素センサー（藤倉電線社製）を果実と共にポリ袋に封入し20℃で測定した。炭酸ガスの排出量は、果実を5℃から20℃に変温した時の経時変化を植物同化作用測定装置（ASS-1600型、日立堀場社製）を用いて測定した。

気孔の観察には、走査型電子顕微鏡を用いた。その観察のための試料作成法は以下のとおりである。すなわち、試料の固定には、グルタルアルデヒドおよびパラホルムアルデヒドを含むKarunovsky（1965）の固定液を用い、室温で24時間固定した後、水洗し、さらに、アルコールとアセトンによる脱水を行い、最後に臨界点乾燥器にかけて試料を作成した。

結 果

1. こはん症の発生と温度

貯蔵温度の違いがハッサク果実のこはん症の発生に及ぼす影響について調査した（第71図）。こはん症が最も多く発生した温度は20℃で、貯蔵果実の70%に達した。次いで、15℃で60%、25℃で45%、10℃で約40%であった。しかし、5℃の低温と35℃の高温では、こはん症の発生が認められなかった。果面に発生した斑点総数も20℃で最も多く20果当たり約47個で、15℃と25℃では約34個であった。

5℃で貯蔵した果実を15℃および25℃の恒温器に移した後、こはん症の発生について経時的に調査した結果を第72図に示す。変温後の貯蔵温度の違いにより、こはん症が発生するまでの時間が異なっていた。すなわち、5℃から25℃へ変温すると1日後にはこはん症が発生し、15℃への変温では3日後からこはん症が発生し、5日後でもこはん症の発生が認められた。第73図はハッサク果実を1982年12月27日に収穫し20℃で貯蔵した時のこはん症の発生について調査した結果である。20℃で貯蔵すると1日後にはこはん症の発生は認められないが、2日後から4日後の間に発生し、それ以後はこはん症の発生が認められなかった。こはん症

の発生果数は120果中84果で、その内53果が2日目に29果が3日目に発生し、4日目では2果の発生であった。また、果面に現れた斑点数は総数365個で、その内訳は2日目に184個、3日目に155個、4日目は28個であった。なお、5日目以後はこはん症の発生が認められなかった。しかし、注意深く観察した結果、非常に小さな斑点が5℃から20℃に変温後24時間以内に観察された。変温後24時間目では斑点1個当たりの平均面積は $7.2 \pm 0.2 \text{mm}^2$ であったが48時間後には $79.3 \pm 0.2 \text{mm}^2$ に拡大した。第74図は5℃で貯蔵した果実を20℃に移しそれぞれ2、5、10、24時間保った後、5℃に戻し、その後経時的にこはん症の発生を調査した結果である。20℃で2時間、5時間および10時間保持した区ではこはん症が発生しなかった。24時間の保持でもわずかで、しかも連続して20℃で貯蔵した果実では2日後にこはん症が発生したが、5℃に戻した場合には3日目から5日目にこはん症が発生した。

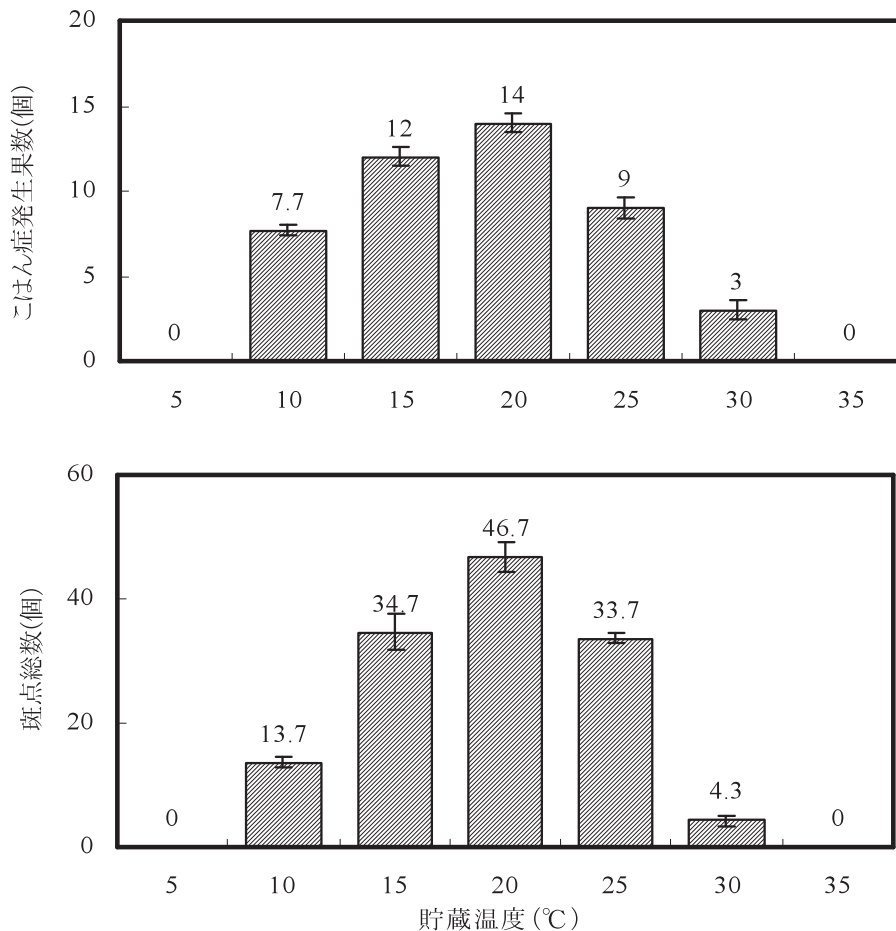
一方、収穫後直ちに20℃で7日間貯蔵し、こはん症の発生しなかった果実120個を再び5℃7日間貯蔵後20℃へ変温し、こはん症の発生を調査したが全く認め

られなかった。

2. ポリエチレンフィルム個包装（ポリ個包装）がこはん症の発生に及ぼす影響

ポリ個包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、ポリ個包装区ではわずか7.1%であった。さらに、ポリ個包装果実を長期間常温で貯蔵して、こはん症の発生について調査した。収穫と同時にポリ個包装を行うとこはん症の発生は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。

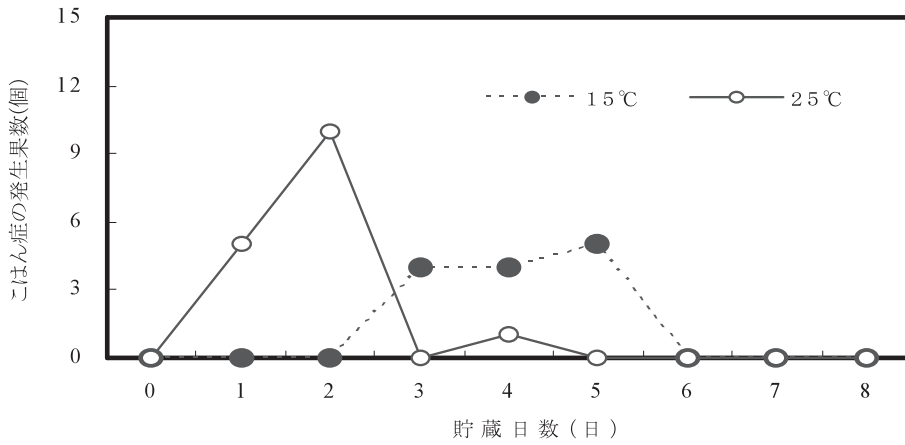
ポリ個包装した果実を5℃で長期間貯蔵後に20℃に変温後、除袋するまでの時間とこはん症発生との関係について調査した結果を第75図に示す。20℃に変温と同時に除袋すると、無処理の果実と同様にこはん症の発生が認められた。20℃に5時間保持した後に除袋した場合にも2日目にこはん症が発生することが分かった。しかし、10時間後に除袋するとこはん症の発生はわずかに1果で、斑点数も1個であった。24時間保持



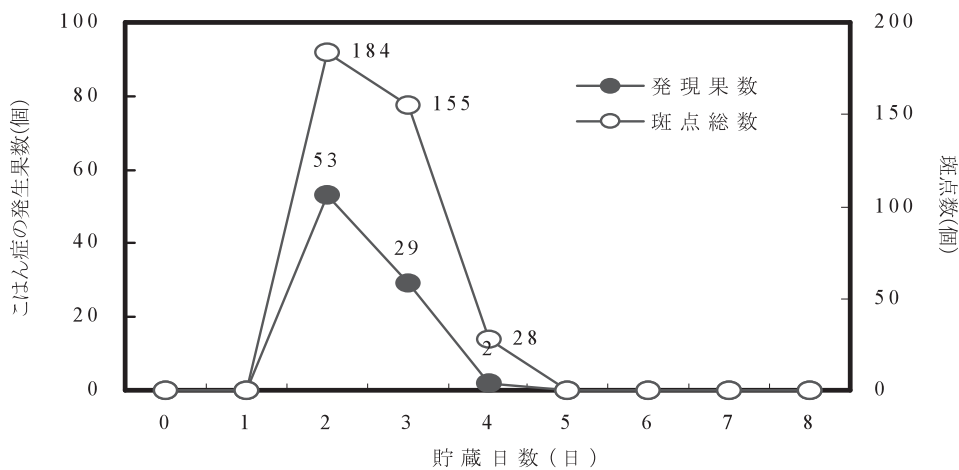
第71図 貯蔵温度の違いがハッサク果実のこはん症の発生に及ぼす影響
注：各処理区当たり調査果実数20果（3反復）

後に除袋した場合も同様であった。20℃で32時間以上保持後に除袋した場合にはこはん症の発生が認められなかった。第76図に果実をポリ個包装した時の袋内の温度変化を示す。ポリ袋内では温度変化が少なかった。ポリ個包装果実の減量割合を測定した結果を第77図に

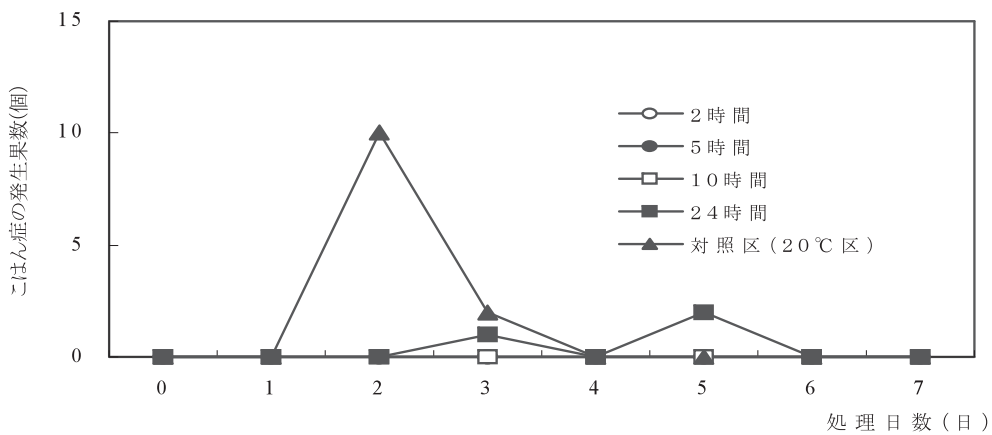
示す。ポリ個包装果は40日後でもわずか0.86%の減量に対し、対照区では6%の減量でポリ個包装果の約7倍であった。第78図はポリエチレンフィルムの袋内の相対湿度を経時的に測定した結果を示した。袋内の相対湿度は徐々に増加し7時間後に90%以上を示し安定



第72図 5℃から各処理温度へ変温後のハッサク果実のこはん症の発生
注：調査果実数各20個



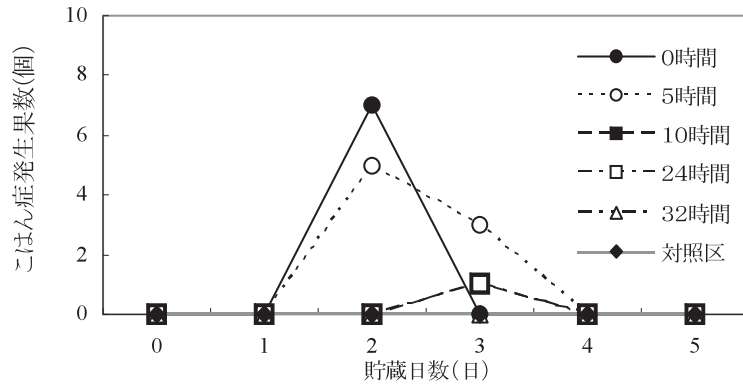
第73図 20℃におけるハッサク果実のこはん症の発生
注：調査果実数各120果



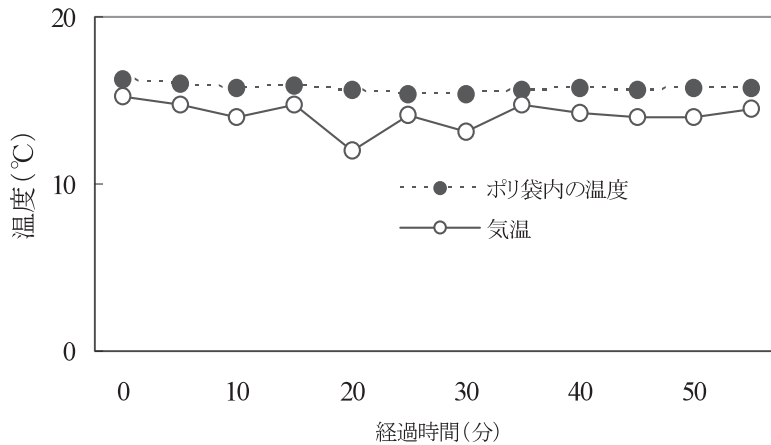
第74図 ハッサク果実の20℃における保持時間の長短とこはん症発生

した。第79表はポリ袋内の酸素濃度を経時的に測定した結果である。袋内の酸素濃度は5時間後まで減少し、約16%で一定の値を示した。第80図は長期間ポリ個包装した果実を20℃へ変温した時の袋内のCO₂発生速度を示した。対照区でのCO₂量は30~50mg・kg⁻¹・hr⁻¹であったが、ポリ個包装区では200~450mg・kg⁻¹・hr⁻¹で非常に多量のCO₂の排出が認められた。

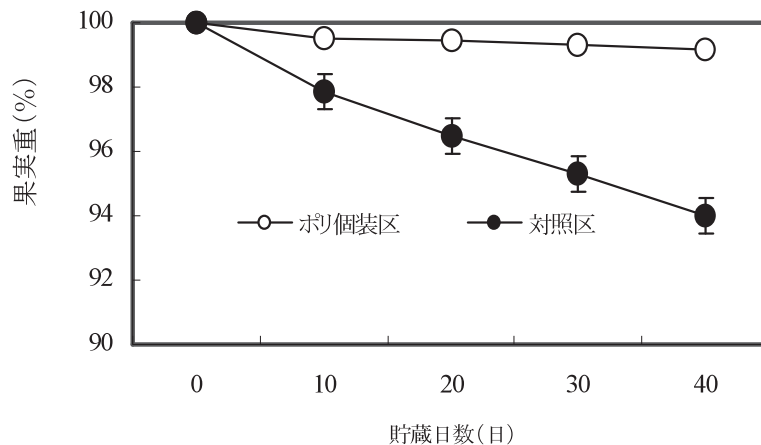
次に、ポリ個包装した状態で20℃の温度に48時間保った後、ポリエチレンフィルムを除袋後の呼吸量を経時的に測定した結果を第81図に示す。除袋した直後はCO₂の発生速度は120mg・kg⁻¹・hr⁻¹と非常ABAに高かったが、その発生量は急激に減少し一定の値を示した。対照区の果実の呼吸量は5℃から20℃へ変温後には急激に増加し、その後は一定の値を示した。第82



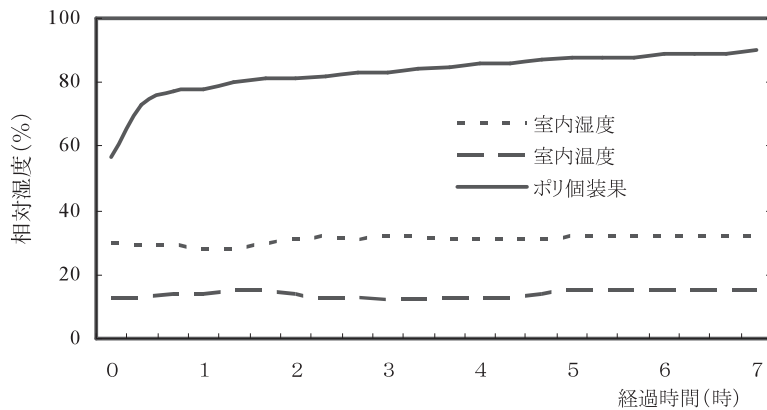
第75図 5℃でのポリ個装果を20℃に変温後、除袋するまでの処理時間の長短とこはん症の発生
注：調査果実数各20個



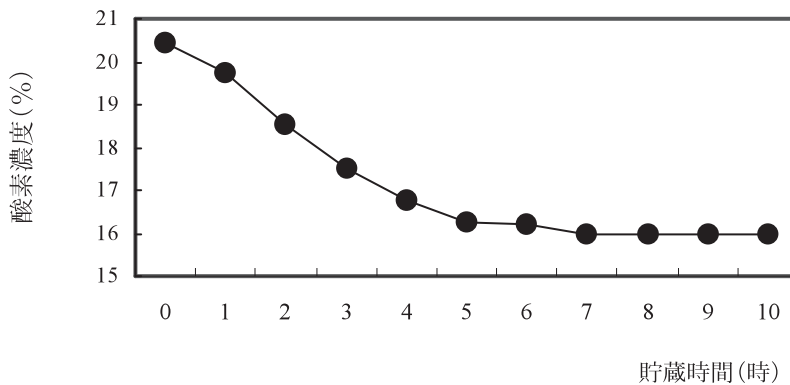
第76図 ハッサク果実をポリ個装した時の袋内の温度変化



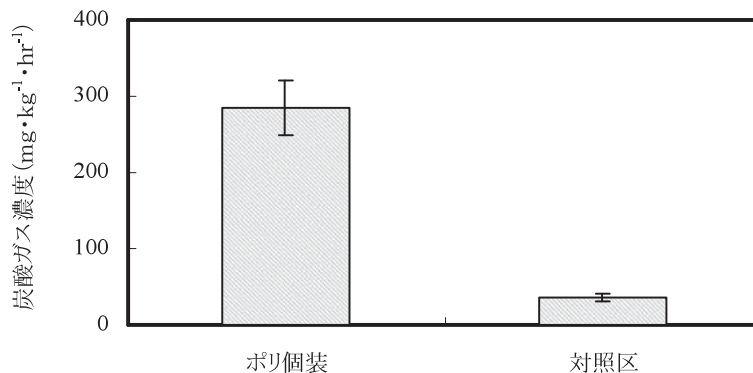
第77図 ポリ個装ハッサク果実の減量割合



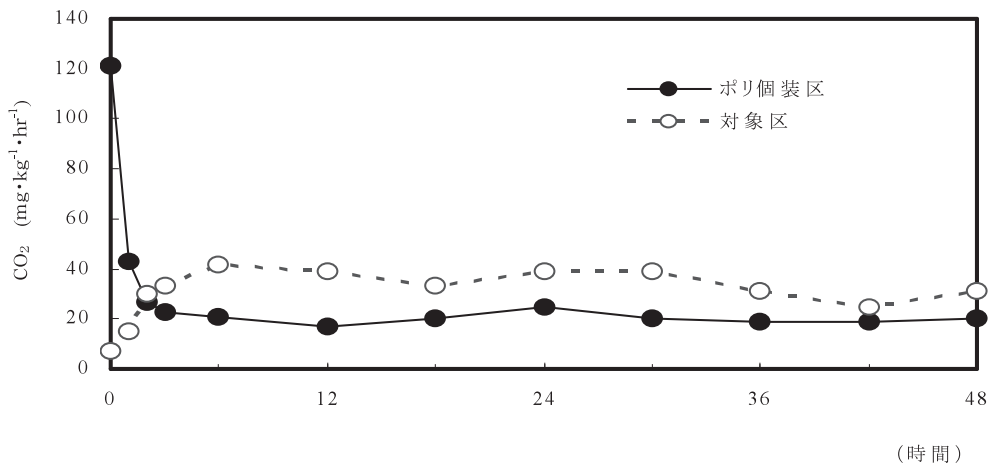
第78図 ハッサク果をポリ袋で個装した後の袋内の相対湿度の経時的変化



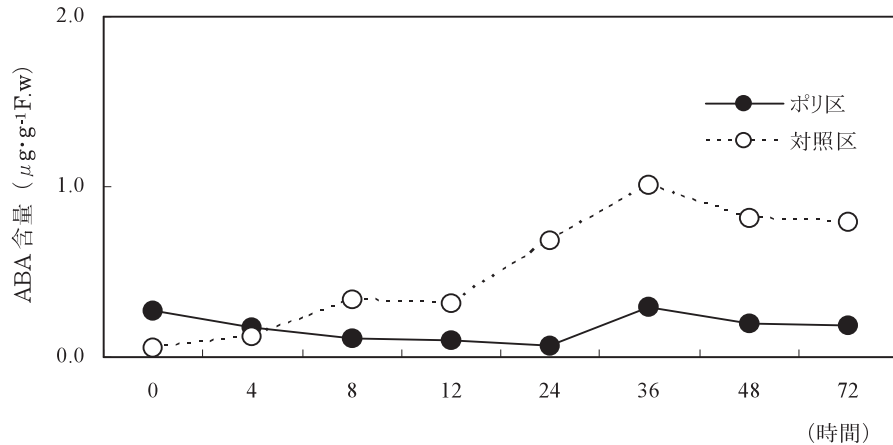
第79図 ポリ個装内の酸素濃度の経時的変化



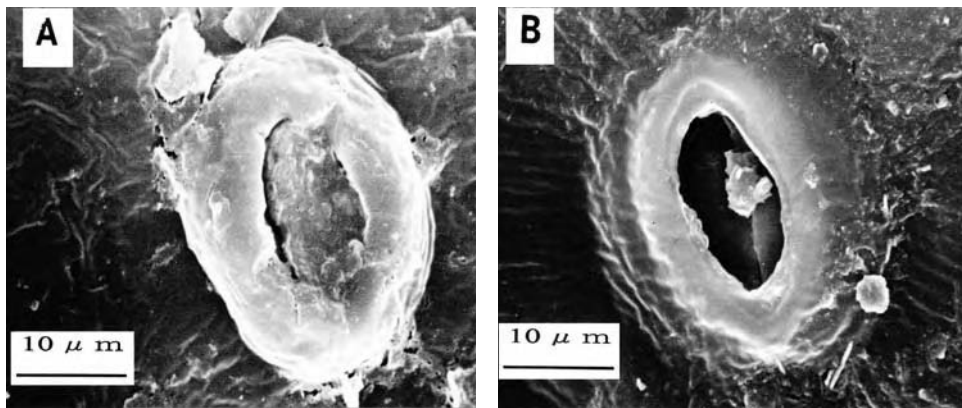
第80図 ハッサクのポリ個装果実の炭酸ガス濃度
注：10個のポリ個装果実について測定



第81図 ハッサク果実における個装20℃48時間処理後の呼吸量の経時変化



第82図 ポリ個装がハッサク果皮中の ABA 含量に及ぼす影響



第83図 ハッサク果面のこはん症の発生部 (B) と健全部 (A) の気孔

図にはハッサク果皮中の ABA 含量の測定結果を示す。ABA 含量はポリ個包装果が低い値を示した。ハッサク果実 1 果当たりの気孔数を調査したところ、1 果当たり 804800 ± 82609 個であった。第83図にはこはん症発生部の気孔の形態を示した。こはん症の発生部では気孔が開いていたが、健全果の気孔は表面をワックスで覆われ閉じていた。

第5節 考察

ハッサク果実のこはん症は貯蔵中に発生することが報告されている (山下, 1967)。それゆえ、ハッサク果実のこはん症の発生に関する研究の多くが貯蔵上の問題として取り扱われている (藤田・東野, 1985a, b; 長谷川・伊庭, 1978; 川田・北川, 1987; 小川・坂井, 1979; 山下, 1967; 吉松・内山, 1980)。しかし、樹上の果実にこはん症が発生するかどうかについての報告はほとんど認められない。ところが、‘清見’タンゴール (近泉・松本; 1991)、ネーブルオレンジ (近泉ら, 1999) 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。そこで、ハッサク樹

の栽培条件および生育環境の違いがこはん症の発生に及ぼす影響を明らかにすると共にハッサク果実の発育環境がこはん症の発生に及ぼす影響について調査した。さらに、ハッサク果実の貯蔵中におけるこはん症の発生について調査を行った。

ハッサク樹の栽培条件の違いがこはん症の発生との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。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。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について十分には解

明でできなかった。

ハッサク樹はウイルスの被害が顕著であり、被害樹は幹にウイルス特有の萎縮が現れ、果実も正常果の三分の一から四分の一の大きさにしかならない。ステムピッキング病の発生樹より収穫した果実に、くさび型に陥没した斑点が認められたが、これはこはん症の斑点とは異なっていた。この点は、今回得られた新しい知見の一つである。ステムピッキング病の発生樹より収穫した果実の斑点はくさび型斑点であることが明確になったので、果実600個についてその発生の割合がどの程度認められるのかを調査したが、その内66果にくさび型斑点が認められた。ウイルス罹病樹より得られた果実には特有の斑点が認められたので、ハッサク果実のこはん症とは別にこの斑点については考える必要がある。すなわち、このくさび型斑点に対し、ハッサク果実の“ウイルス罹病性斑点”と命名してもよいと考えられる。

発育中の果実を取りまく環境条件とこはん症の発生との関係を明らかにする目的で、結果樹の違い、果実の結果位置、日射量の多少、土壌の違い、果実重の違い等とこはん症の発生との関係について調査を行った。栽培土壌の違いによるこはん症の発生には差が認められなかったが、伊庭ら（1985）によると、ハッサク果実のこはん症の発生は年により、あるいは果樹園の違いでも大きな差があると指摘している。着果位置の方位とこはん症の発生では、わずかに東側で少なかったが、方位による大きな違いは認められなかった。しかし、着果位置の違いがハッサク果実のこはん症の発生に差が認められることを秋田ら（1983）が報告している。樹上で果実が受ける日射量の違いとハッサク果実のこはん症の発生をみたが、日照果と日照中果でこはん症の発生割合が高く、ほとんど直射日光を受けない日陰果では比較的少ないことから、日射量あるいは日照時間の多少がハッサク果実のこはん症の発生に影響していると思われる。今回の調査では日射量に対して大まかな分類を行ったが、果実の発育期間を通じて日射量を測る必要があると考えられた。日射量あるいは日照時間の多少がハッサク果実のこはん症の発生と密接な関係にあるとすれば、気象環境要因の中でも直接関係があるのが果面温度であると思われる。そこで果面温度を測定したが、日照部と日陰部の果面温度に大きな差があった。高温を受けた果皮の部分の生理的機能や形態が変化し、それが低温貯蔵後に発生するこはん症の原因になっている可能性も考えられる。果面の粗滑とこはん症の発生との間には密接な関係は認められなかった。果面が滑らかな果実では油胞組織と油胞組織の間が離れており、その部分が陥没しこはん症が

発生しやすいのではないかと考えられたが、果面の粗滑はこはん症の発生には影響しないことが分かった。果実重とこはん症の関係では、250g以下の小さな果実ではこはん症の発生が比較的少なかったが、小さい果実ほど果皮も未熟で、低温などに対し感受性が強くこはん症の発生も多いと思われたが、逆に、大きい果実にその発生が多かった。

次に、放任園における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。こはん症の発生周縁部と健全部の着色について色差計を用いて調査したところ、発生周縁部で a^* 値が高かった。こはん症発生周縁部が健全部よりもくすんだ赤みを呈したのは、こはん症の発生に伴って障害によるエチレンが発生し、そのエチレンによって着色が促進されたものか、あるいは、この部分では健全部と果皮の形態や形質が異なっていたかについては明らかにすることができなかった。収穫時期とこはん症の発生について調査したところ、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。さらに、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月の収穫果実にはこはん症の発生割合が低くなった。収穫時期の違いでは、10月に収穫した果実にこはん症の発生が認められず、11月の果実ではこはん症の発生が認められた。これは、こはん症の発生には果実の ageing が関係しているものと考えられた。

また、ハッサクでは、樹上の果実にはこはん症の発生が認められなかった。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。この点から、ハッサク果実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。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できれば、こはん症の発生の原因を明らかにできる可能性がある。

さらに樹上で果実が低温に遭遇直後に収穫し20℃で

貯蔵すると、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、この低温に遭遇した果実を4月まで結果させておいて、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。

ハッサク樹の栽培条件の違いや、果実の発育環境の違いが貯蔵中に発生するこはん症との関係を明らかにすることができたので、ハッサク果実の貯蔵条件や貯蔵方法とこはん症の発生について調査した。ハッサクでは貯蔵果実の50%から70%にこはん症が発生し、貯蔵温度の違いがこはん症の発生割合に影響を及ぼしていることが明らかになった。すなわち、5℃の低温および35℃の高温ではこはん症の発生が認められなかった。すでに、山下(1967)により5℃の低温ではこはん症が発生しないことが報告されているが、35℃の高温域でもこはん症の発生が認められないことが、今回の調査で明らかとなった。このことから、ハッサク果のこはん症は主に10℃から35℃の特定の温度範囲で発生すると考えられる。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も明らかにした。

次に、5℃で貯蔵していた果実を15℃に変温すると3日から5日目にかけてこはん症の発生が認められたが、20℃ではこはん症の発生が2日目と3日目に主に発生し、4日目以後はほとんど発生しなかった。さらに、25℃では1日目から2日目にこはん症が発生した。ハッサク果を5℃から高温に変温すると、こはん症の発生までの時間的な違いがあり、高温区ほど早く発生することが明らかになった。すなわち、ハッサク果実のこはん症の発生には、温度に対する一定の感応期間があることが明らかになった。また、斑点の1個当たりの面積を測定したが、20℃では変温後24時間目では7.2mm²であったものが48時間目には79.3mm²と約10倍に拡大し、その後の拡大はほとんど認められなかった。このことから、果実を20℃に保つと、果皮表層下の5から9層にある細胞の崩壊を引き起こす生理的な変化が24時間以内に生じるものと考えられた。24時間以後は健全な細胞からの連鎖的な脱水反応で面積が拡大したものと考えられる。さらに、20℃における保持時間の長短がこはん症の発生に及ぼす影響を調査したところ、10時間以内に果実を低温に移すとこはん症の発生は認められなかった。このことから、貯蔵あるいは販売中に果実が高温に遭遇しても、10時間以内に速やかに低温に戻すことでこはん症の発生は防止できることが明らかになった。この方法はハッサク果実のこはん症の発生防止対策法として非常に、有効な手段となるものと考えられる。さらに、20℃でこはん症の

発生が認められない果実を用いて、5℃と20℃の変温を繰り返し行ったが、こはん症の発生は認められなかった。

ハッサク果実のこはん症は貯蔵中に果実温が10℃以上になると発生すると言われている(山下, 1967)。特に果実温が20℃~25℃では48時間以内にこはん症が発生し、その発生率は約70%に達する。それゆえ、常温貯蔵庫では出荷時期の3月から5月にかけては、貯蔵中に果実温が10℃以上になることがしばしばあるためこはん症が発生する。また、低温貯蔵庫では、果実を低温(5℃)で貯蔵している限りこはん症は発生しないが、果実を出荷するために貯蔵庫から出庫後に10℃以上の温度に遭遇すると発生することになる。

貯蔵温度の違いとこはん症の発生について明らかにできたので、果実の包装と果皮の皮膜方法について検討を加えた。ポリエチレンフィルムを青果物の貯蔵試験に最初に用いたのはSmith(1945)で、リンゴの貯蔵に有効であると報告されている。その後、各種の青果物の貯蔵にポリエチレンフィルムが用いられるようになった。日本では最初に樽谷ら(1973)により青果物のポリ個包装の効果が認められた。そこで、この点に着目し、収穫と同時にポリ個包装を行い5℃で貯蔵し、5℃以上の高温に変温したがこはん症の発生は極めて少なく、ポリ個包装によりこはん症が抑制あるいは防止されることが明らかとなった。この点では山下(1967)や小川・坂井(1979)の結果とも一致した。しかし、収穫後直ちにポリ個包装をしないで、数時間果実を放置した後にポリ個包装を行うとこはん症の発生が認められた。このことから、ハッサク果実の果皮はこはん症の発生に対して非常に感受性が強いと考えられた。ポリ個包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、ポリ個包装区ではわずか7.1%であった。さらに、収穫と同時にポリ個包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(近泉, 2001)。今回の調査でもポリ個包装処理区では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、ポリ個包装はこはん症の発生の防止効果があるのでなく、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包装内の湿度特性を調べたが、ポリ個包装後、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(近泉, 2001)。すなわ

ち、ポリ個包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。そこで、ポリ個包装した果実を5℃から20℃へ変温後、除袋する時間を変えてこはん症の発生を調査したが、20℃へ変温と同時に除袋した場合は無処理果と同様の結果となった。5時間後に除袋した結果も無処理果と同様の傾向を示した。しかし、24時間後にポリ個包装を除袋した場合はこはん症の発生が無処理果のそれと比較して非常に少なかった。32時間後ではこはん症の発生は認められなかった。また逆に、5℃から20℃に変温1時間後にポリ個包装を行ったが、こはん症の発生防止効果は認められなかった。ポリ個包装果を5℃から20℃に変温し、変温後10時間以上個装した状態を保った後に除袋すると、こはん症の発生を抑制できることが明らかになった。従って、果実の出庫および出荷時にこの点に注意すれば、こはん症の発生はかなり防止することができる。ポリ個包装した果実を5℃で長期間貯蔵後に20℃に変温し、ポリ袋内のCO₂を経時的に測定した結果、CO₂の排出量は対照区のそれより10倍であった。これは5℃で長期間の貯蔵中にクチクラや気孔などの果皮内部に蓄積されていたCO₂が急激に排出されたものと考えられる。なぜなら、5℃で貯蔵した果実を20℃へ変温する前にポリ個包装を行いCO₂の排出量を測定すると、対照区のCO₂の排出量よりもむしろポリ個包装区の方が少なかったからである。また、5℃の果実を20℃へ変温すると、変温後6時間目までは呼吸量は急激に増加した。変温後の急激な呼吸量の変化が細胞内の生理的变化を引き起こし、これらの変化がこはん症の発生と関係している可能性が考えられる。この理由として、植物油が果面の被膜効果を果たし、果皮から外気へのCO₂の排出を抑制しているものと考えられた。これらのことから、CO₂は気孔や果皮などの果実内に蓄積されているものと考えられる。こはん症発生部で気孔の開いたものが認められた。しかし、健全部の気孔は閉じていた。これはおそらく、急激な温度の変化により水分が急激に蒸散したため、その蒸気圧によって気孔表面を覆っていたワックスが取りのぞかれたのではないかと考えられた。この点については、今後さらにサンプルを多く取り検討していきたい。呼吸量は果実の発育ステージによっても異なることから、この点についても検討を加える必要がある(Anaroni, 1968; 牧田・小中原, 1985)。また、ABA含量もポリ個包装果実で低い値を示したが、このABAが気孔の開閉を左右しているかどうかについても今後さらに検討していきたい。

ポリ個包装以外でも、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があることを長谷川ら(1979)が明らかにしている。グレープフルーツでも果実に植物油を処理することによって、低温障害を軽減することができることを明らかにしている(Hameed・Huff, 1984)。これらの事実から、ハッサク果実の果皮から水分やガス類の蒸散等を抑制する被膜物質によりこはん症の発生が抑制されると推定される。そこで、ハッサク果実に植物油の処理を行い、こはん症の発生との関係について調査した。植物油として、コーン油とサフラワー油を選んだ。また、これらの主成分であるリノール酸を用いた。さらに、ワックス(一般的な主成分は天然ロウ、モルモリン脂肪酸塩、天然多糖類等)処理を行いこはん症の発生を調査した。コーン油とサフラワー油共にこはん症の発生が認められなかった。また、ワックス処理ではManago(1988)の結果と同様にこはん症の発生は極端に少なかった。すなわち、これらのことから、植物油そしてワックス処理によりこはん症の発生防止効果があることが明らかとなった。リノール酸処理によって植物油と同様の効果を得ることができたので、植物油を用いなくてもリノール酸処理で十分であることが明らかとなった。ハッサク果実にこれらの処理をすることによるこはん症の防止効果として考えられるのは果面の被膜効果である。すなわち、リノール酸やワックスが果面を被膜し、果実からの水分の蒸散、排出される炭酸ガスやエチレンなどの揮発性物質の抑制が考えられる。加えて、リノール酸やワックスが気孔内部やクチクラ間に浸透し、蒸散あるいは揮散物質を抑制していることが考えられる。ハッサク果実の半分にサフラワー油の処理を行った場合も処理部には斑点は発生しなかったが無処理の部分には発生した。

第6節 摘要

(1) 栽培条件の違いとこはん症の発生

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実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。

ハッサク果実の生育環境の相違が貯蔵中のこはん症の発生に及ぼす影響について調査を行った。結果樹によって果実のこはん症発生に25%から90%の違いがあった。着果方位、栽培土壌の違いおよび果面の粗滑で

は大きな差は認められなかった。果実重が大きいものほど、また収穫時期が遅いほど発生が多かった。樹上で受ける日射量の多いほど発生が多かった。こはん症の発生周縁部は健全部のより赤色が強かった。ウイルス罹病樹より得られた果実の斑点は果面にくさび型に陥没することが明らかになった。

(2) ハッサク果実に対する植物油のコーン油、サフラーワー油そして植物油の主成分であるリノール酸の処理並びにワックス処理とこはん症の発生

サフラーワー油、コーン油そしてリノール酸によりこはん症の発生は認められなかった。果実の半分にはサフラーワー油処理を行った結果、処理部には発生は認められなかったが、処理していない部分には発生した。ワックス処理でもこはん症の発生が極端に減少したが、わずかに発生が認められた。果実の呼吸量は、コーン油処理で対照区より低かった。

(3) ハッサク果実のこはん症の発生に貯蔵温度およびポリエチレンフィルム個装が及ぼす影響

果実を5℃で長期間貯蔵し、5℃以上の温度へ変温後のこはん症の発生並びに温度感応について明らかにすると共に、ポリ個包装による防止効果についても併せて明らかにした。

5℃から10, 15, 20, 25, 30および35℃へ変温したが、5℃, 35℃ではこはん症の発生は認められず、10℃から30℃でこはん症の発生が認められた。5℃から15℃および25℃に変温したがこはん症の発生には変温した温度によって時間的ずれがあった。すなわち、変温後の温度が高いほど早くこはん症が発生した。また20℃でのこはん症の発生は24時間後から48時間後に認められ、96時間以後では認められなかった。20℃処理でこはん症の発生しない果実を、5℃と20℃の繰り返し変温処理を行ったが、こはん症の発生は認められなかった。

ポリ個包装果実はこはん症の発生が抑制された。特に、収穫と同時にポリ個包装するとこはん症の発生が著しく防止できた。20℃処理中にポリ個包装を除袋した場合は5時間後ではこはん症の発生が認められたが、32時間後ではこはん症は発生しなかった。

ハッサク果実のこはん症の発生とCO₂の排出量との関係を明らかにした。5℃から20℃へ変温した場合、呼吸量は急激に増加しその後一定の値となった。5℃でポリ個包装して長期間貯蔵した果実ではCO₂排出量が対照果の10倍以上であった。次に、ポリ袋内の温度並びに相対湿度を測定した。温度にはあまり差がなかったが、相対湿度は95%から100%を示した。果実の減量割合ではポリ個包装で著しい減量防止効果を示した。ABA含量はポリ個包装でやや少なかった。ハ

ッサク果実1個当たりの気孔数は約80万個で、こはん症の発生部の気孔は開いていた。

第6章 ‘清見’ タンゴールのこはん症

第1節 ポリ個包装の効果

緒 言

清見は1949年に園芸試験場東海支場（現果樹試験場興津支場）において、トロビタオレンジの花粉を‘宮川早生’ウンシュウに交配して得られたタンゴールである（西浦ら，1979）。それゆえ‘清見’タンゴールは果皮にオレンジの香りを、また果肉にウンシュウミカンの特徴を併せ持ち、加えて多汁性で種子も少なく、品質的に優れたカンキツである。さらに、出荷期が4月から6月にかけて比較的カンキツ類の少ない時期で、市場においても高価格で取り引きされている。これらの点から、全国的にも、また愛媛県においても、1980年以来、‘清見’タンゴールの生産量が年々増加している。ところが、‘清見’タンゴールの果実には、樹上であるいは貯蔵中にこはん症が発生し（長谷川・矢野，1990；田中ら，1989；田中ら，1990）栽培管理上における大きな問題点の一つで、多発時には、収穫果の50%以上に被害を及ぼすことがある。それゆえ、こはん症の発生機構の解明とその防止対策を確立することができれば、栽培面積がさらに増加するものと思われる。小川・坂井（1979）や東地ら（1990）はハッサク果実の貯蔵ではポリエチレン袋による個装が効果的であると述べている。そこで‘清見’タンゴールについても、ポリエチレン袋の個装によるこはん症の防止効果について検討を加えると共に、果実の品質に及ぼす影響についても調査した。さらに、果皮中のアブシジン酸（ABA）含量を測定して、ABAとこはん症の発生との関係についても検討を加えた。

材料および方法

実験材料には、愛媛県三崎町で生産された‘清見’タンゴールの果実を用いた。果実は、3月上旬に収穫すると同時にポリ個包装し、常温貯蔵を行い、3月27日にこはん症の発生していない健全な果実を選別して、5℃の低温で貯蔵し、随時出庫してこはん症の発生について調査を行った。すなわち、出庫時に健全な果実を選び、ポリ個包装区と対照区（無袋）を設けて、出庫後のこはん症の発生やヘタ枯れの程度を調査し、また、果実の減量、果汁の糖度（可溶性固形物含量）、遊離酸含量、果皮色並びに果皮中のABA含量を経時的に測定した。ポリエチレン袋は、18cm×24cm、厚さ0.02mmの低密度ポリエチレン袋を使用した。

こはん症の発生を調査するため、ポリエチレン袋で個装したポリ個包装区と対照区（無袋）を設け、各区

20果をそれぞれ調査に用いた。調査は、温度変化が自然な常温と、温度を20℃の一定に保った恒温器内の果実について行った。また、予措の程度とこはん症発生との関係について調査するため、2%と5%の減量予措区および無予措区を設けた。各処理区にそれぞれ20果をあて、20℃の一定温度で調査を行った。なお、果実の減量、果汁の糖度、遊離酸含量およびABA含量については、果実を出庫後20℃に移し、ポリ個包装区および対照区を設け、経時的に3果ずつサンプリングして測定に用いた。ABAの分析は、Allen・Hall（1981）、Guinnら（1986）およびKerry・Reid（1980）の手法を一部改良して、以下の方法で行った。すなわち、果皮のフラベド部分を生体で1.0gとり、粉碎後80%メタノールで12時間振とうし、不要成分を抽出除去した後にSep-Pak C₁₈カートリッジで精製し、ジクロロメタン可溶性酸性分画を得、HPLC分析を行った。分析に使用したカラムはShim-Pack CLS ODS 150mm×6.0mmφ、分析条件はカラム温度40℃、波長254nm、流速1 ml・min⁻¹で行った。展開溶媒は、リン酸バッファー：アセトニトリル＝2：1で、そのpHを3.4に調整した。果皮色は、10℃無袋、20℃無袋および20℃ポリ個袋の3区を設け、1週間ごとに色彩色差計（CR-200、ミノルタカメラ社製）を用いて、1区当たり10個の果実の赤道面を、1果当たり3ヶ所ずつ測定しその平均値を求めた。

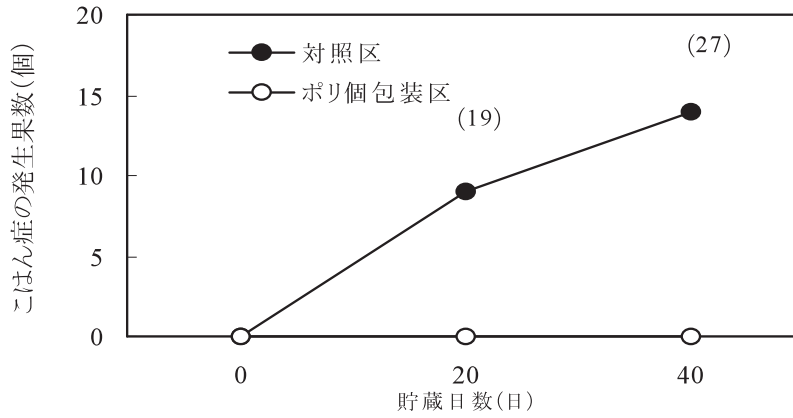
結 果

3月27日に貯蔵庫から出庫すると同時に、ポリ個包装区と対照区（無袋）を設けて、常温におけるその後の‘清見’タンゴール果実のこはん症の発生について調査した結果を第84図に示す。対照区では出庫後20日間で全体の45%の果実にコハンが発生した。さらに、その後の20日間でも25%の果実にコハンが発生した。すなわち、常温で‘清見’タンゴール果実を放置すれば、約70%の果実にこはん症の発生することが明らかになった。しかし、ポリ個包装を行った果実ではコハンの発生が認められなかった。第85図は、対照区とポリ個包装区について20℃におけるこはん症の発生を調査した結果を示す。20℃では対照区で約50%の果実にこはん症が発生したが、ポリ個包装区では、わずか10%であった。減量予措の程度とこはん症の発生について調査した結果を第86図に示す。5%予措区でこはん症の発生が認められ、2%予措区並びに対照区（無予措）ではこはん症の発生が認められなかった。また、こはん症以外の障害として、‘清見’タンゴール果実の鮮度の指標となるヘタ枯れの発生について、ポリ個包装の効果を検査した結果を第42表に示す。ポリ個包

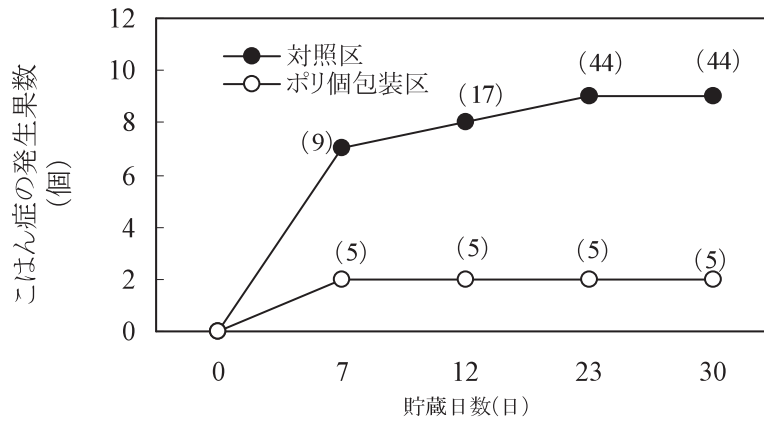
第42表 20℃における‘清見’タンゴールヘタ枯れ発生果数

状態	健全	ヘタ枯れ
ポリ個装区	11(55)	9(45)
対照区	6(30)	14(70)

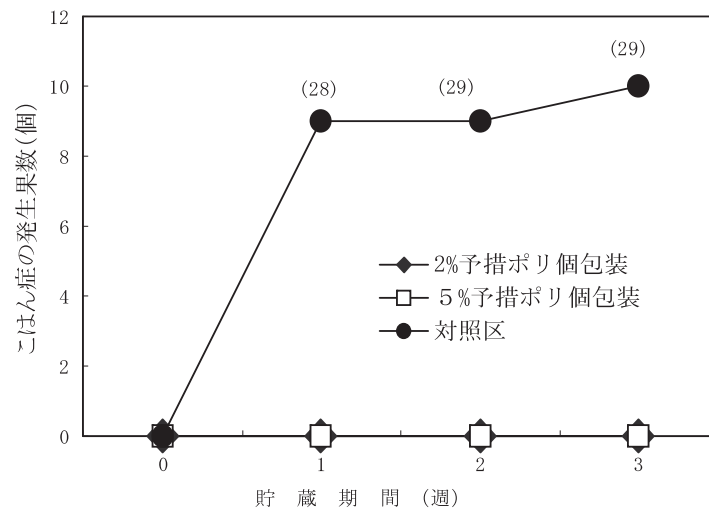
注：3月上旬収穫，常温ポリ個装貯蔵果実を5月10日出庫，20℃に移し6月4日調査。（ ）は発現率。



第84図 ‘清見’タンゴール果実の常温におけるこはん症の発生
注：（ ）内は斑点総数



第85図 20℃における‘清見’タンゴール果実のこはん症の発生
（ ）内は斑点総数

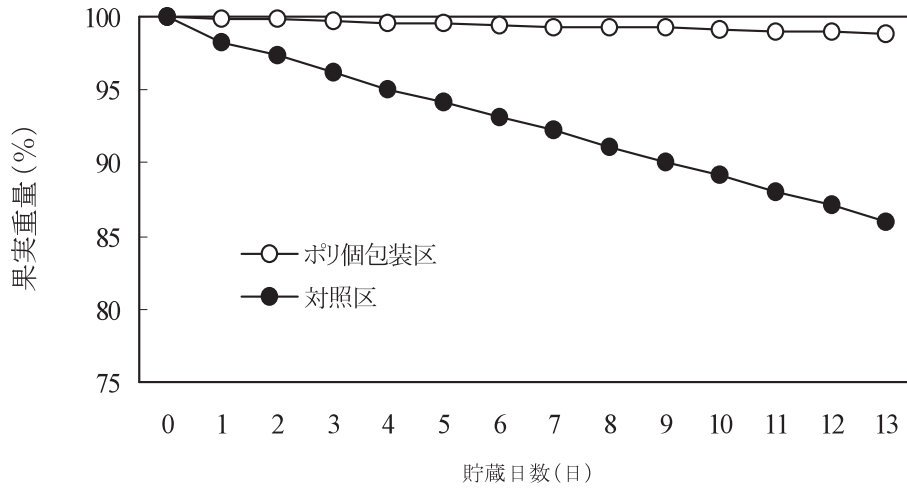


第86図 ‘清見’タンゴール果実の予措とこはん症の発生
（ ）内は斑点総数

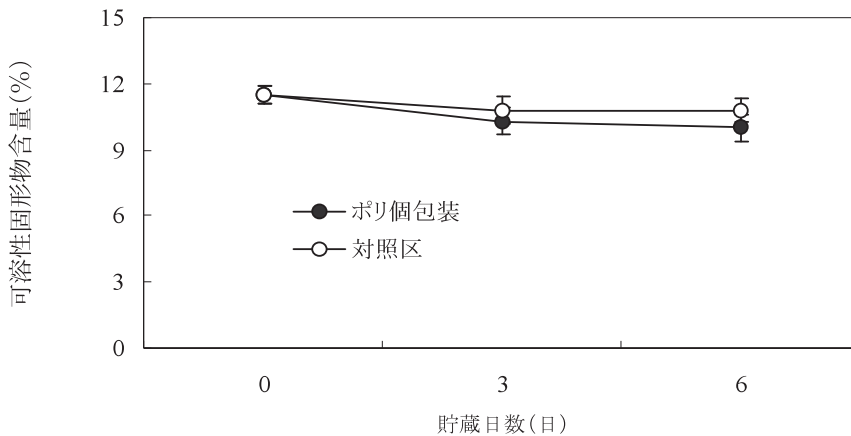
装処理にはヘタ枯れ防止効果もあり、こはん症の防止効果と併せてヘタ枯れを防止する有効な貯蔵法であることが明らかになった。第87図に、‘清見’タンゴール果実を20℃でポリ個包装したときの果実の減量を示す。ポリ個包装区では対照区に比べて果実中の減量が極端

に少なく、1日当たりの減量が果実100g 当たり0.1g 以下であるのに対して、対照区では100g 当たり約1g で、ポリ個包装区の減量は対照区の1/10以下であった。

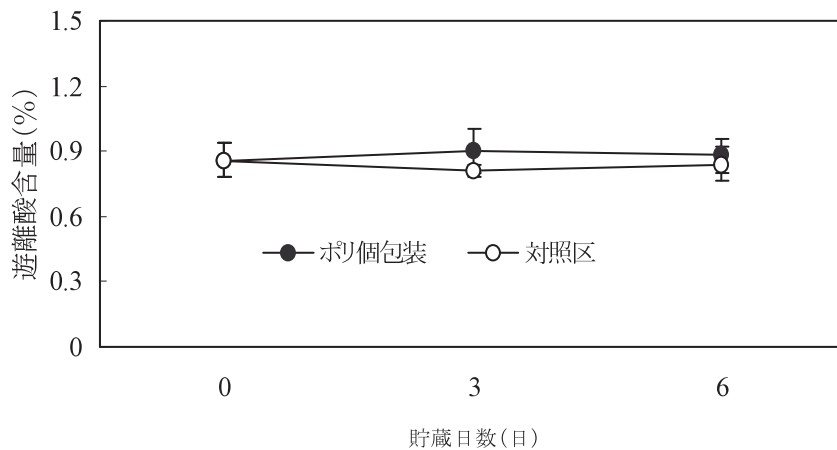
20℃でのポリ個包装果と対照果実の品質変化、すなわち、果汁の可溶性固形物と遊離酸含量を経時的に測



第87図 20℃における‘清見’タンゴールのポリ個包装果の果実重量の変化



第88図 ‘清見’ポリ個包装果の可溶性固形物含量の経時的変化



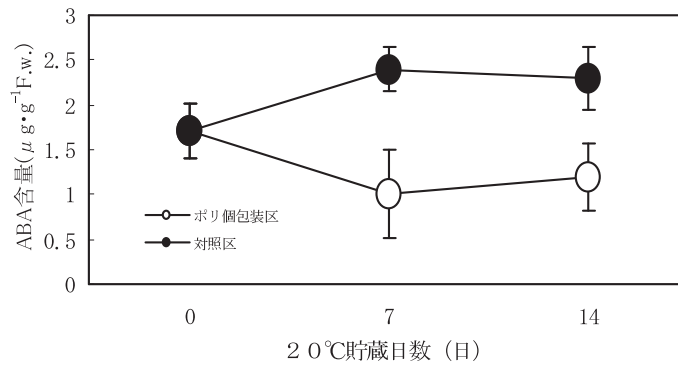
第89図 ‘清見’タンゴールのポリ個包装果の遊離酸含量の経時的変化

定した。第88図および第89図に可溶性固形物含量と遊離酸含量の変化を示す。すなわち、ポリ個包装区では可溶性固形物含量が高く、遊離酸含量が低い傾向を示した。しかし、測定値の間には有意な差を認めることができなかった。

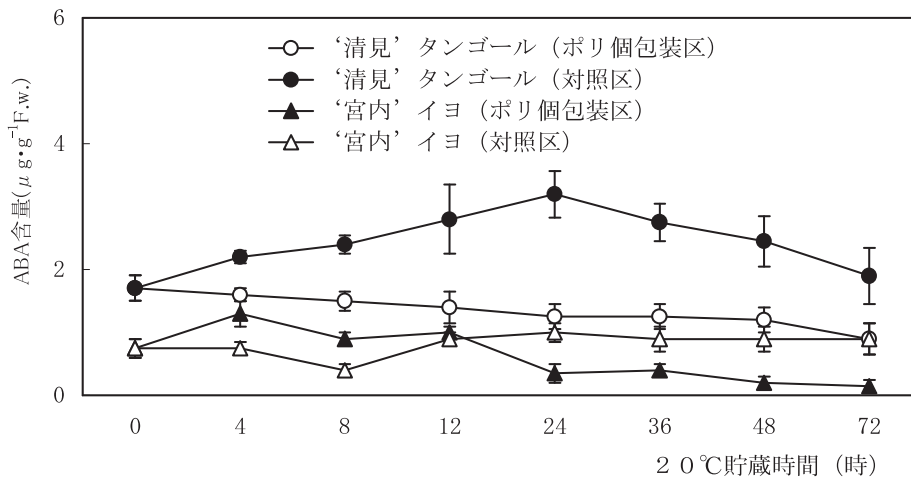
果皮中の ABA 含量の経時的变化を第90図に示す。ポリ個包装区では ABA 含量が対照区の約 1/2 であ

った。しかし、その含有量をハッサクや‘宮内’イヨと比較すると、第91図および第92図に示すように、ハッサクと‘宮内’イヨで得られた測定値の約2.5倍を示し、‘清見’タンゴールでは ABA 含量の高いことが明らかになった。

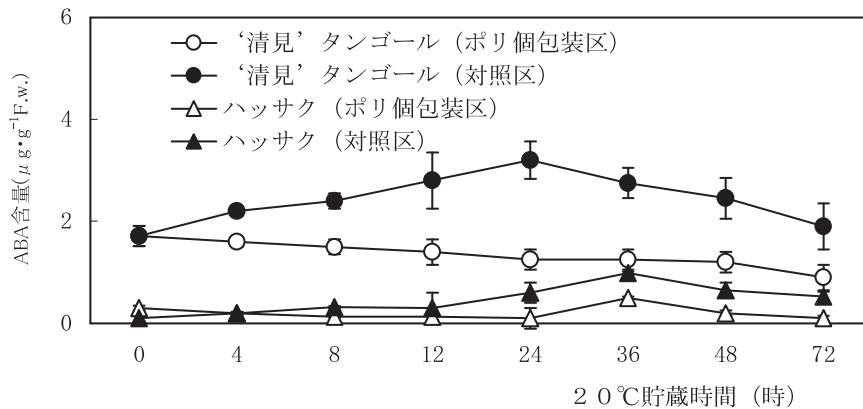
果皮色の経時的变化を調査した結果を第93図に示すが、各処理区間では大きな差は認められなかった。



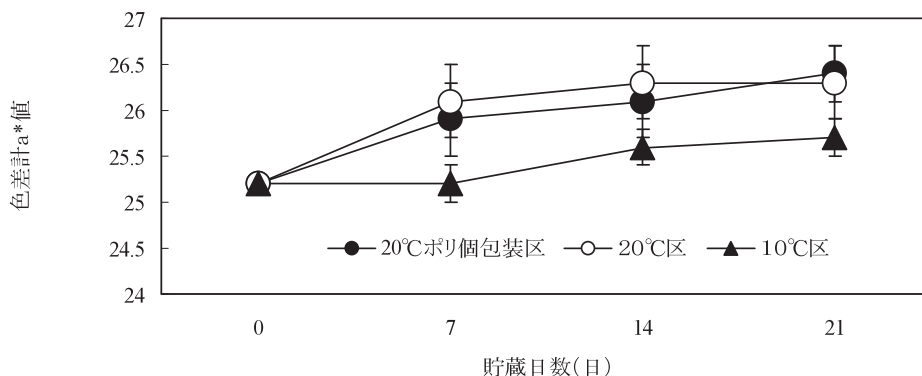
第90図 ‘清見’タンゴール果実を5℃から20℃へ変温後の果皮中 ABA 含量の経時的变化



第91図 ‘清見’タンゴールおよび‘宮内’イヨ7果実を5℃から20℃へ変温後の果皮中 ABA 含量の経時的变化



第92図 ‘清見’タンゴールおよびハッサク果実を5℃から20℃へ変温後の果皮中 ABA 含量の経時的变化



第93図 清見果実を5℃から変温後の果皮色の経時的変化

第2節 樹上並びに収穫後の発生

緒言

清見は日本で最初に育成されたタンゴールで、品質的にも非常に優れたカンキツである(西浦ら, 1979)。それゆえ、全国的にその栽培面積も年々増加している。しかし、‘清見’タンゴールの栽培面積が増加するにしたがって、栽培管理上の問題点として、1) 樹上あるいは貯蔵中にこはん症が多く発生する、2) 鳥害と霜害防止のための袋掛けをする必要がある、3) 隔年結果性が強い、などが指摘されるようになった。中でも、こはん症(長谷川・矢野, 1990; 田中ら, 1989; 田中ら, 1990)の発生が最も大きな問題で、その発生が多い場合には収穫果の数十%にも及ぶことがある。

また、こはん症の発生機構が明らかでないために、その防止対策も不十分で、‘清見’タンゴールのこはん症の発生原因を早急に明らかにする必要がある。東地ら(1990, 1991)はこれまでに、ポリ個包装がハッサクと‘清見’タンゴールのこはん症の発生と果実の品質に及ぼす影響について調査し、ポリ個包装が貯蔵中の‘清見’タンゴール果実に認められるこはん症の発生を抑える働きを持つことを明らかにした。そこで今回は、樹上でこはん症が発生する時期を明らかにすると共に、収穫時期の違いが貯蔵中のこはん症の発生と果実の品質に及ぼす影響についても検討を加えた。

材料および方法

実験材料には、愛媛県三崎町で栽培されている‘清見’タンゴールの果実を用いた。

1) 樹上果実のこはん症の発生調査

樹上でのこはん症の発生を調査するため、1990年12月3日から1991年の3月12日まで25日ごとに、同一の果樹園で果実を無作為に100果選び、こはん症の発生を調査した。また、こはん症と類似した斑点を果面に生ずるヨコバイ類の吸汁痕についても調査を行った。

2) 貯蔵中の果実のこはん症の発生調査

収穫時期の違いとこはん症発生との関係についても、1990年12月3日から25日ごとに2月15日まで果実を20個ずつ収穫して、収穫と同時に20℃の恒温器に移した後の斑点の発生について調査した。また、果実の落下衝撃とこはん症発生との関係を調査するため、果実20個を30cmの高さから板の上に落下させ、打撲部分に印をつけて、20℃の恒温器に移した後、こはん症と類似の症状が発生するかどうかを調査した。

3) 果実の品質調査

果実の品質については、25日ごとに果汁の糖含量(可溶性固形物)、遊離酸含量(適定酸)そして果皮色について測定を行った。さらに、‘清見’タンゴールの果実は他のカンキツ類よりも特に果皮が萎凋しやすく、そのため、品質の低下をおこしやすい。この果皮の萎凋に対してABAが関与しているのではないかと推定し、経時的にABAの分析を行った。ABAの分析は、Allenら(1981)、Guinnら(1986)およびHubic・Reid(1980)の方法を一部改良して行った。手順として、果皮のフラベド部分を生体重で1gとり、粉砕後80%メタノールで12時間振とうした。次に、エバポレーターを用いて35℃で減圧濃縮し、メタノールを除去した。さらに、残った約10mlの水相を分液ロートに移し、ヘキサン10mlで2回洗浄し、クロロフィルや脂質等の不要成分を抽出除去した後にSep-Pak C₁₈カートリッジで精製し、ジクロロメタン可溶性酸性分画を得、HPLC分析を行った。分析に使用したカラムはShim-Pack CLS ODS(150mm×6.0mmφ)である。分析条件はカラム温度40℃、波長254nm、流速1ml・min⁻¹で行った。溶出溶媒は、リン酸バッファー:アセトニトリル=2:1で、そのpHを3.4に調整したものを用いた。果皮色の測定には色彩色差計(CR-200, ミノルタカメラ社製)を用いた。

第43表 ‘清見’ 果実のこはん症とヨコバイ類による果皮障害の樹上での発生

収穫日 項目	12月3日	12月28日	1月21日	2月15日	3月12日
こはん症 発生果数	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (7)	4 (8)
ヨコバイ類 による被害	8 (8)	7 (7)	3 (4)	4 (5)	7 (7)

注：調査果実数 100果

() 内は斑点の総数

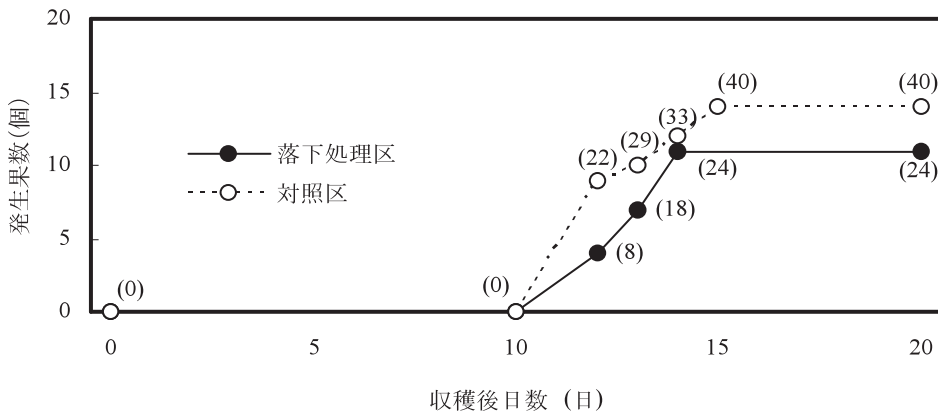
結果

‘清見’ タンゴール果実の樹上におけるこはん症の発生と、ヨコバイ類などの昆虫による被害について調査した結果を第43表に示す。

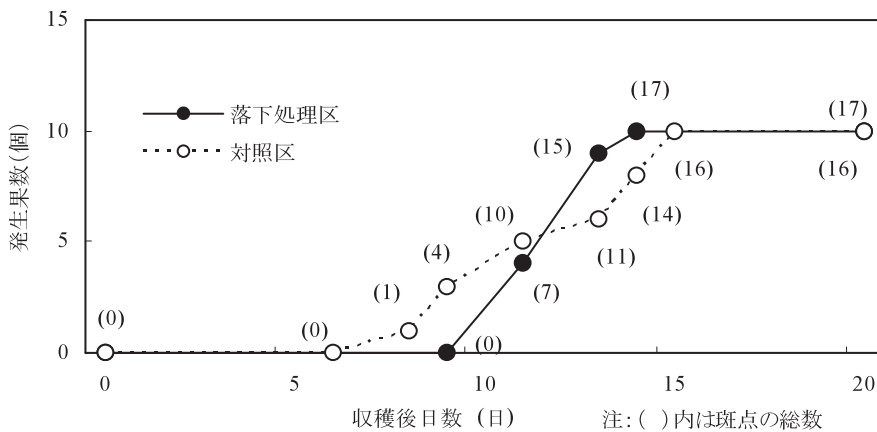
樹上でのこはん症の発生は1月21日までは認められなかったが、2月15日に100果中2果に、また、3月12日では100果中4果についてこはん症が認められた。一方、ヨコバイ類などの昆虫による吸収痕は、100果中の3黒から8果について認めることができた。清見’ タンゴールの果実は12月に袋掛けをするため、当然ながら、これらの吸収痕は12月3日以前につけられ

たものである。

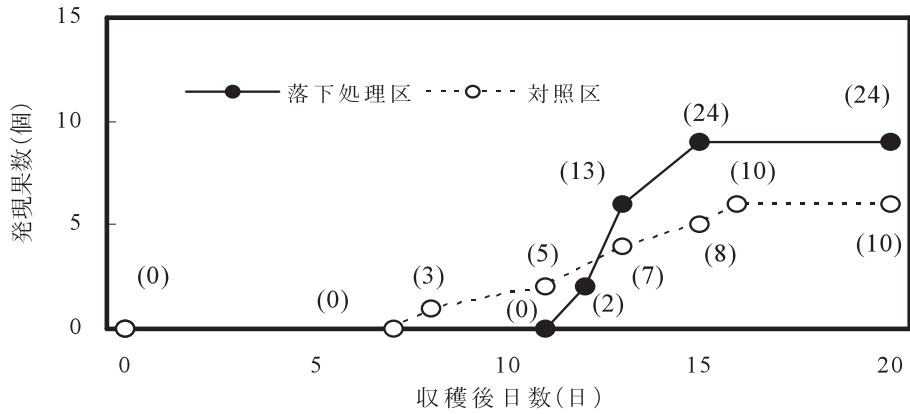
収穫時期の違いとこはん症発生との関係について調査した結果を第94, 95, 96図および第97図に示す。また、落下衝撃を加えた果実のこはん症の発生を調査した結果も併せて第94図から第97図に示してある。これらの図に示す通り、こはん症の発生は、果実を20℃に保った後、早い場合は7日目から発生したが大部分の果実では10日目から発生した。そして、こはん症の発生果数も20果中9果から14果であった。すなわち、45%から70%の果実にこはん症が発生したことになる。また、収穫時期が遅い果実ほど斑点の総数は少なくな



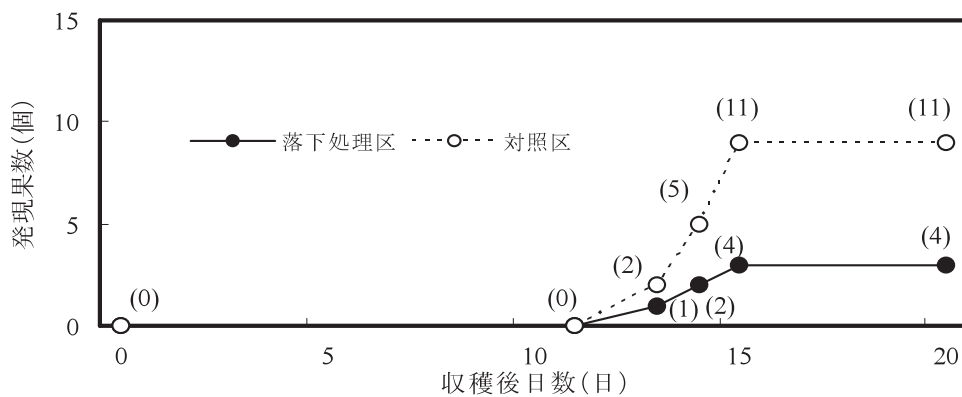
第94図 12月3日収穫の‘清見’ タンゴール果実の20℃でのこはん症の発生



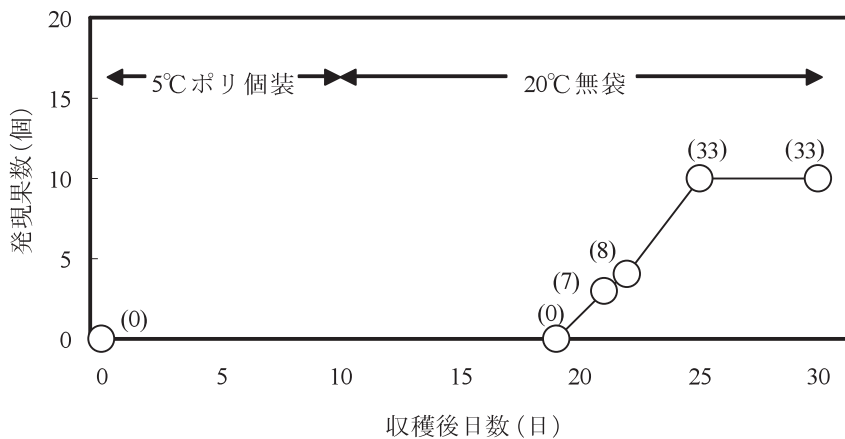
第95図 12月28日収穫の‘清見’ タンゴール果実の20℃でのこはん症の発生



第96図 1月21日収穫の‘清見’タンゴール果実の20℃でのこはん症の発生
注：()内は斑点の総数



第97図 2月15日収穫の‘清見’タンゴール果実の20℃でのこはん症の発生
注：()内は斑点の総数



第98図 ‘清見’タンゴール果実の変温処理とこはん症の発生
注：()内は斑点の総数

った。しかし、収穫時期の違いとこはん症発生との間には明らかな関係は認められない。次に、収穫直後に落下衝撃を加えた果実についても同様の調査を行ったが、第94図から第97図に示す通り、落下衝撃を加えない果実との間に明らかな差は認められなかった。

第98図は収穫後直ちにポリ個包装して5℃で10日間

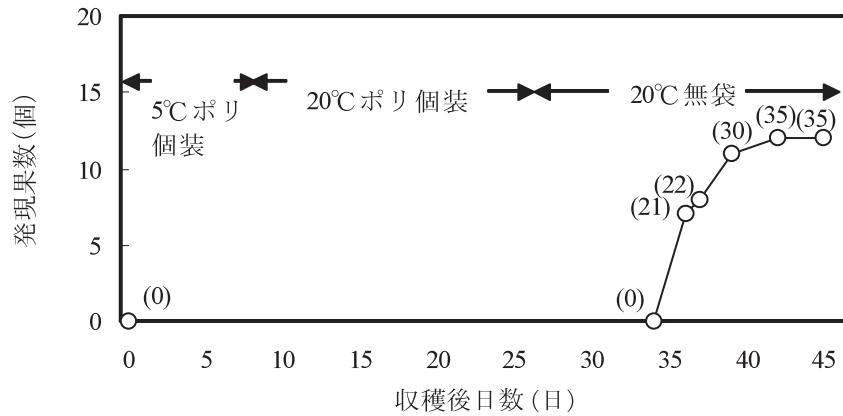
貯蔵した後、無袋にして20℃へ移した場合の結果を示し、また第99図はポリ個包装の状態でも20℃に移し15日間保った後、さらに無袋にして20℃に保った果実のこはん症の発生について調査した結果を示している。すなわち、ポリ個包装から20℃無袋にすると約10日間でこはん症が発生するが、20℃ポリ個包装の状態ではこ

はん症の発生が認められなかった。しかし、20℃ポリ個包装果を20℃無袋に移すとはん症の発生が認められた。

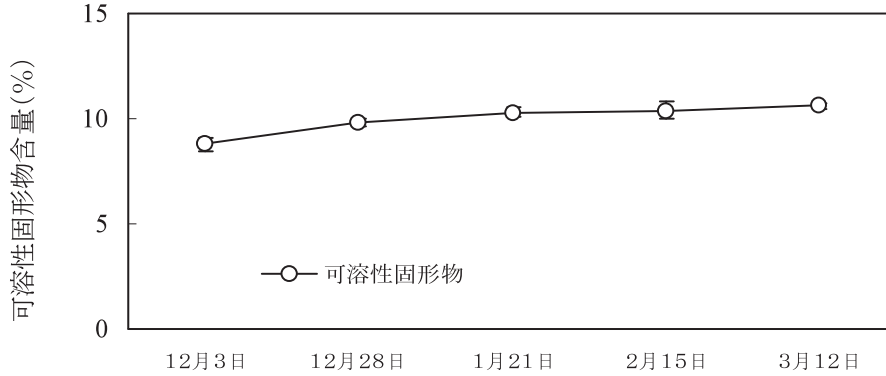
果汁の可溶性固形物含量と遊離酸含量の経時的变化を調査した結果を第100図および第101図に示す。可溶性固形物含量は12月3日には8.8%であったが、3月12日には10.6%まで増加した。一方、遊離酸含量は12月3日には1.51%で、1月21日までは減少したが、そ

れ以降はあまり変化しなかった。収穫時期の違いと果皮色の変化を測定した結果を第102図に示している。色差計の a*値は12月3日に6.01であったが、その後2月15日まで急激に増加し、3月12日には25.92になった。

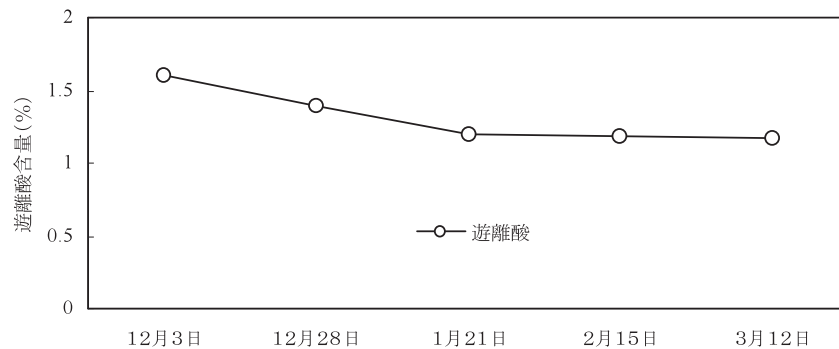
ABA 含量の経時的变化を測定した結果を第103図に示す。ABA 含量は1月21日までは増加の傾向を示したが、それ以降はわずかに減少する傾向を示した。



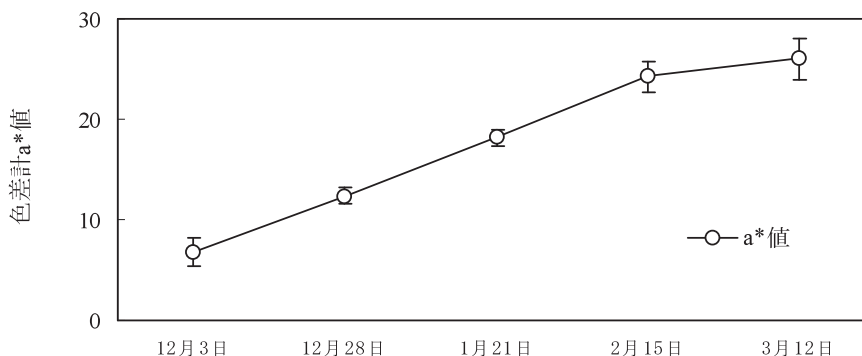
第99図 ‘清見’ タンゴール果実の変温処理とはん症の発生
注：() 内は斑点の総数



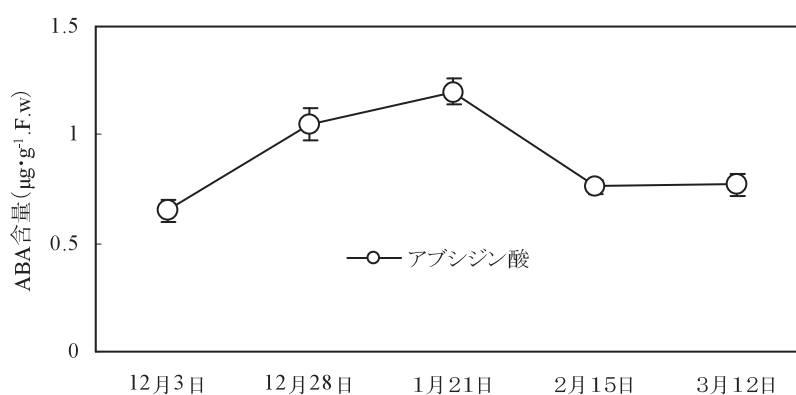
第100図 ‘清見’ タンゴール果実の可溶性固形物含量の経時的变化



第101図 ‘清見’ タンゴール果実の遊離酸含量の経時的变化
注：図中のバーは標準誤差を示す



第102図 ‘清見’ タンゴールの果皮色の経時的変化
注：図中のバーは標準誤差を示す



第103図 ‘清見’ タンゴール果実の ABA 含量の経時的変化
注：図中のバーは標準誤差を示す

第3節 発生原因

緒言

‘清見’ タンゴールは晩成の品質的に優れたカンキツ類の一つである(荒木ら, 1989)。また, 単胚性であるためカンキツ類の育種において重要である。清見は, 1949年に園芸試験場東海支場(現果樹試験場興津支場)において, ‘トロビタ’ オレンジ (*Citrus sinensis* Osbeck forma Trovita) の花粉を ‘宮川早生’ ウンシュウ (*Citrus unshiu* Marc. var. *praecox* Tanaka) に交配して得られたタンゴールである(西浦ら, 1983)。1980年以來, ‘清見’ タンゴールの栽培面積が年々増加し, 果実が結実期になると, こはん症と呼ばれる果皮障害が発生し栽培上の大きな問題となった。こはん症は最初ピッチングとして果面に認められ, しだいに大きな褐色の斑点となるため, 商品価値がなくなる。しかしながら, こはん症の発生原因は明らかでない。‘清見’ タンゴールのこはん症に関する研究は貯蔵中の果実についてのものが多い(近泉・松本, 1991; 長谷川・

矢野, 1990; 牧田・岡田, 1991)。‘大谷’ イヨ (*Citrus iyo* hort. ex Tanaka, var. Ootani) の貯蔵中に発生する果皮障害の原因が, 果実が樹上で受けた日射によることを始めて明らかにした(近泉, 1987)。そこで, ‘清見’ タンゴールのこはん症の発生も果実が樹上で受ける日射が関係しているのではないかと考えて本研究を行った。

材料および方法

実験材料には, 愛媛県三崎町および松山市で生産された‘清見’ タンゴールの果実を用いた。

実験1. 果面の日照部におけるこはん症の発生

(a) 1990-1991年. 愛媛県三崎町で一般に栽培されている‘川野’ ナツダイダイ (*Citrus natsudaidai* Hayata) に高接ぎされた6年生の‘清見’ タンゴールの果実を用いた。なお, 果実は樹冠の2部分から収穫した。第一のグループは地上から1~2mの高さの樹冠外周の果実を収穫した。これらの果実を日照部の果実とした。第二のグループは地上部に近く, しかも防風林等

の日射を受けていない果実を収穫した。これらの果実を日陰部の果実とした。果実は1990年12月28日に収穫し、常温で貯蔵した。また、果実の結果位置にこだわらずに、果実を無作為に収穫し、こはん症の発生を調査した区を設けた。こはん症の発生についての調査は1991年5月5日に行った。

(b) 1994-1995年。1994年10月10日に果実の日照部にマジックインキでマークをした。そして1994年12月20日にこれらの果実を収穫して20℃で貯蔵した。1995年1月20日に日照部と日陰部に分けてこはん症の発生について調査した。

実験2. 果面の日照部と日陰部の物理的、化学的特徴

(a) 果皮表面温度と蒸散量

日照部と日陰部の50個の果実の果面温度を放射温度計(505, ミノルタカメラ社製)で1990年10月20日に測定した。加えて、1991年11月15日に熱伝対によって日照部と日陰部の果面温度を測定した。

(b) 日照部と日陰部の果実からの蒸散量を測定した。測定には松井らの(1980)方法を少し改良した。なお、空気の流量は毎分1.5リットルで行った。

(c) 果皮における無機成分、デンプン含量と糖含量

日照部と日陰部の果実の果皮をアルベドとフラベドに分けた後乾燥した。各器官の無機成分およびデンプン含量の定量には、各器官を乾燥したものをオートミルで粉碎して用いた。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、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。デンプン含量の定量は、7.8N 過塩素酸で抽出し、ヨードヨードカリ液で発色させ、620nmの吸光度を測定するCarter・Neubert(1954)の手法で行った。糖含量を測

定するため、果皮より抽出した試料をピリジン1mlに溶解し、ヘキサメチルジシラザン0.2mlとトリメチルクロロシラン0.1mlを加え、室温で1時間TMS化し、ガスクロマトグラフ(GC-14A, 島津製作所社製)で分析した。ガスクロマトグラフの測定条件は次の通りである。検出器:FID(水素イオン化検出器)、カラム:ガラスカラム(3.2mm i.d.×2m)、充填剤:SE 52 5%Chromosorb WAW DMCS。検出器および注入口温度:275℃, N₂流量:60ml/分, H₂流量:30ml/分, 空気流量:25ml/分。

(d) 果皮硬度と果皮色

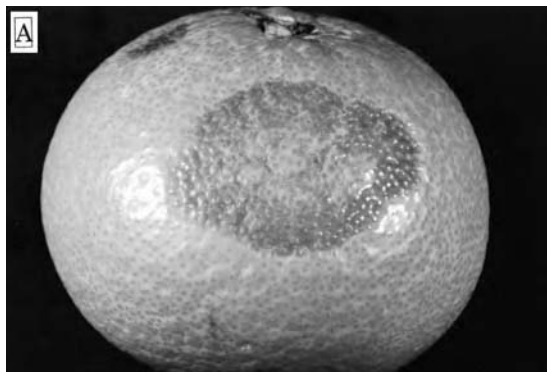
果皮色は色彩計(CR-200, ミノルタカメラ社製)を用いて測定した。フラベドのカロチノイドの抽出にはMinguez-Mosquera・Hornero-Mendez(1993)の方法を少し改良して行った。カロチノイドの測定は高速液体クロマトグラフ(HPLC)を用い、カラムはジーエルサイエンス社製C₁₈ ODS-2(4.6×250mm)を用いた。ガードカラムは本体カラムの詰まりを防ぐために取り付けた。5μlの抽出液を用いクロマトグラフ(SPD-6 AV, 島津製作所社製)によって分析した。

三崎町で栽培されていた果実を1994年12月20日に収穫し、果皮の粗い果面と滑らかな果面とに分けてこはん症の発生について調査した。果面の粗滑は肉眼的にみて次の2種類に分類した。1)油胞組織が突出して粗い果面と2)凹凸がなく滑らかな果面に分けた。

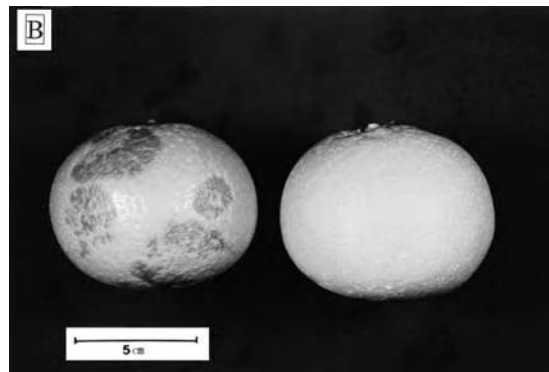
結果

斑点の形態的特徴

‘清見’タンゴールの果実に発生したこはん症の斑点の症状である(第104図-A)。斑点は円形、楕円形、ピッチングあるいは不規則な形状を呈する。

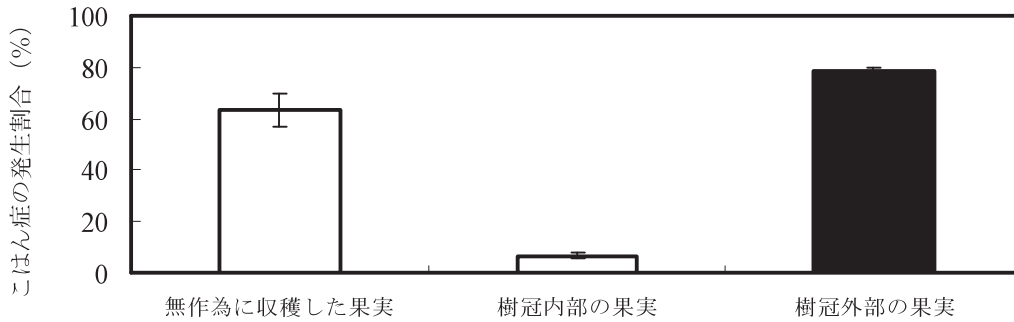


A: ‘清見’タンゴールのこはん症の発生斑点

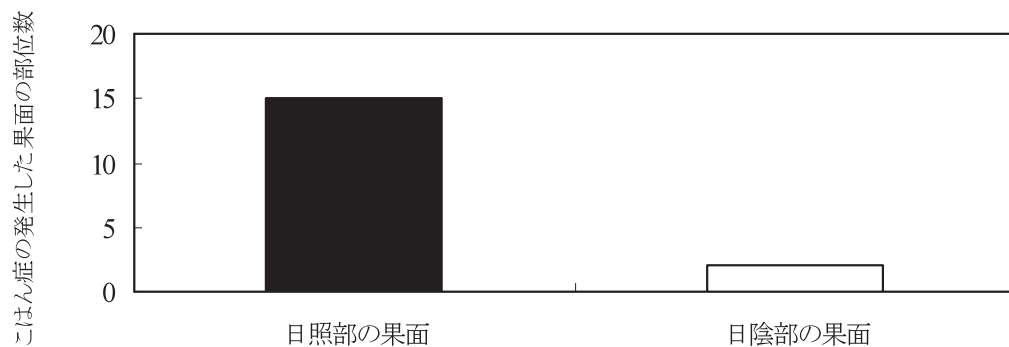


B: 左 日射部の果実で果面は滑らかでこはん症が発生する
右 日陰部の果実で果面は粗くこはん症が発生しない

第104図 ‘清見’タンゴール果実のこはん症



第105図 ‘清見’ タンゴールの果実の結果部位の違いとこはん症の発生
注：収穫日1990年12月28日，こはん症の調査日1991年4月5日。
図中の縦バーは標準誤差



第106図 同一果実の日照部と日陰部におけるこはん症の発生部位
注：1994年12月20日に20果実を収穫し，20℃で貯蔵後，1995年1月20日に調査

実験1. 果面の日照部におけるこはん症の発生

樹冠外周から収穫した日照部の果実では約78%にこはん症が発生したが，樹冠内部の日陰部の果実ではわずかに6.7%であった（第105図）。また，無作為に収穫した果実では63%にこはん症の発生が認められた。収穫時に肉眼的に観察して，健全な果実を20℃で貯蔵したところ，果実の日照部に20個中15個にこはん症が発生したが，その裏側の日陰部では20個中わずか2個であった（第106図）。

実験2. 果面の日照部と日陰部の物理的，化学的特徴

(a) 果皮表面温度と蒸散量

1990年10月20日の快晴の日に果面温度を測定したが，日照部の果面温度は 36.4 ± 2.4 ℃であったが，日陰部のそれは 20.0 ± 0.5 ℃であった。同様に1991年11月15日の快晴の日に果面温度を測定したが，日照部の果面温度は34℃であったが日陰部のそれは15℃であった（第107図）。また，日陰部の果面温度は気温とほぼ同じで，その差はわずかに0.5℃であった。次に，快晴の日における日照部の果実からの蒸散量を測定したところ果実100g当たり10時から15時では3.3gであったのに対して日陰部のそれは1.0gであった（第44表）。晴れのち曇りの日の測定では，日照部で1.9gに対し

第44表 ‘清見’ タンゴールの日照部と日陰部の果実の蒸散量の違い

果実	気象条件			
	快晴	晴れのち曇り	曇りのち雨	夜間
日照部果実	3.3	1.9	0.8	1.5
日陰部果実	1.0	0.9	0.8	1.2

注：測定日：1991年9月11-13日

昼間：10-15時：夜間18時-午前6時

表中の数字は100g当たりの蒸散量 (g)

て日陰部のそれは0.9gであった。夜間の蒸散量は日照部も日陰部も同じ値であった。

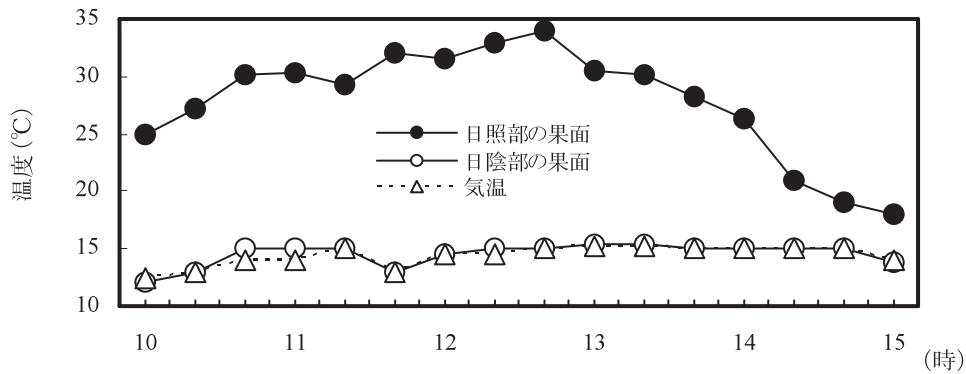
(b) 果皮中の無機成分，デンプンと糖含量

日照部と日陰部の果皮中の無機成分含量には違いが認められなかった（第45表）。フラベドにおけるデンプン含量は日陰部より日照部が高かった。ところが，アルベド組織にはデンプンが含まれていなかった（第108図）。フラベド中における糖含量は日照部と日陰部でほとんど違いが認められなかった（第109図）。アルベド組織では，日照部の果糖と蔗糖含量がわずかではあるが日陰部より少ない傾向を示した。しかし，ブドウ糖含量は日照部で日陰部よりわずかに多かった（第109図）。

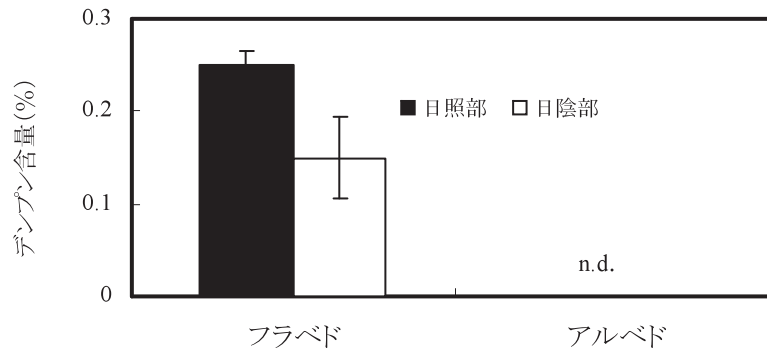
第45表 日照部と日陰部のフラベドおよびアルベドの無機成分含量

	日照部の果面		日陰部の果面	
	フラベド	アルベド	フラベド	アルベド
窒素(%)	0.90±0.07	0.63±0.03	0.95±0.14	0.62±0.13
カルシウム(%)	0.80±0.08	0.51±0.02	0.79±0.04	0.50±0.04
リン酸(%)	0.13±0.02	0.12±0.08	0.11±0.03	0.07±0.01
マグネシウム(%)	0.16±0.03	0.06±0.02	0.15±0.03	0.06±0.03
カリウム(%)	0.69±0.11	0.30±0.08	0.83±0.11	0.35±0.07

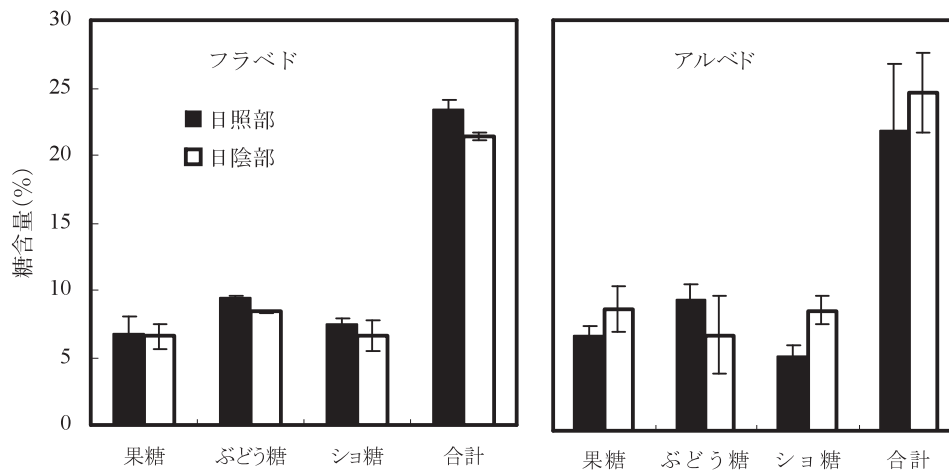
注：数値は乾物重%，±SE



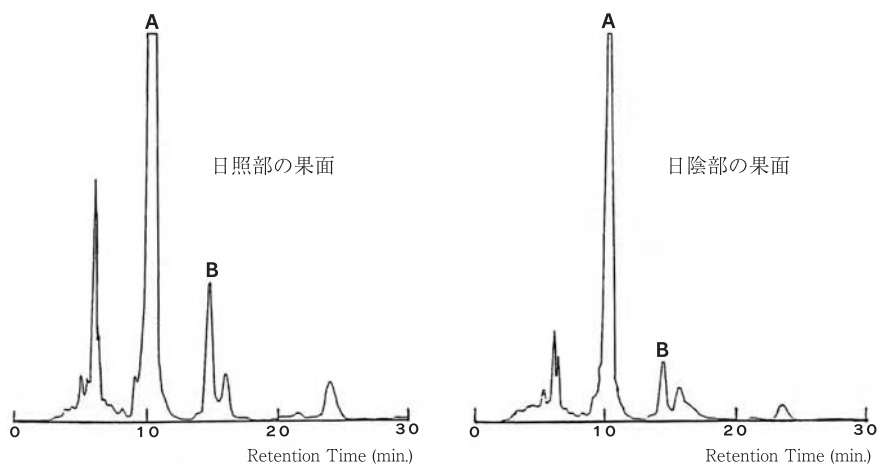
第107図 同一‘清見’タンゴールの果実における日照部と日陰部の果面温度
注：測定日1991年11月15日



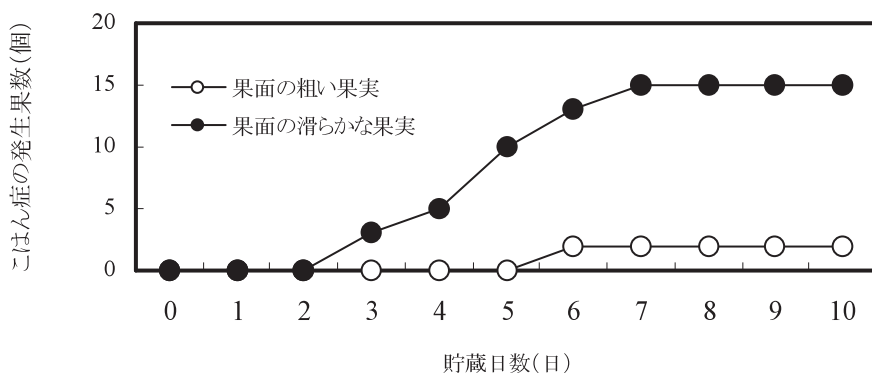
第108図 ‘清見’タンゴール果の日照部と日陰部のデンプン含量
注：図中の縦バーは標準誤差，n.d.：認められなかった。



第109図 日照部と日陰部の糖含量
注：図中の縦バーは標準誤差



第110図 ‘清見’ タンゴールの日照部と日陰部の果面のカロチノイドについて
注：A はビオラキサンチン，B はゼアキサンチン，他のピークは未同定



第111図 ‘清見’ タンゴール果実の果面の粗滑とこはん症の発生
注：収穫日：1994年12月20日、調査果実数各20個

(c) 果皮色と果皮の粗滑

果皮色を示す a^* 値は障害部で 28.0 ± 1.0 であったが、健全部の a^* 値は 22.5 ± 2.0 であった。液体クロマトグラフによるカロチノイドの組成について分析したが、わずかに日照部でそれが高かった（第110図）。日照部の果面を観察したところ、どの果面も滑らかであることを見いだした。逆に日陰部の果面は油胞組織が突出して粗いことが分かった（第104図-B）。そこで滑らかな果面をした果実について、こはん症の発生を調べたところ20果中15個にその発生が認められた。ところが、粗い果面を持った果実ではわずか2個であった（第111図）。

第4節 考 察

‘清見’ タンゴールのこはん症に関する研究は（長谷川・矢野，1990；東地ら，1991；田中ら，1989；田中ら，1990），貯蔵果実の温度や生理についてのものが多い。そこで、樹上でこはん症が発生するのかがどう

か、また、発生割合はどの程度なのかを明らかにした。その結果、樹上でもこはん症が発生し、その時期は主に2月以降で、その割合は約4%であった。しかし、貯蔵中の発生割合でも年次差（長谷川・矢野，1990）が認められるので、今後も継続して調査する必要がある。また、ヨコバイ類の吸収痕（大串，1972）についても併せて調査したが、その発生割合は約7%で、1果当たりの吸収痕も約1個と非常に少なく、商品価値を悪くするほどではないことがわかった。もし、吸収痕が多く商品価値のなくなったものは、12月の袋掛けの時に摘除すればよく、この点でも問題とはならない。さらに、樹上におけるこはん症発生の観察中に、果実の果梗部に小さな亀裂が発生し、その部分が褐色斑、コルク形成、あるいは浸水症状となる水腐病（鳥潟，1968）とよく似た症状が認められた。そこで、この新しい障害に対して水腐れ類似症として、こはん症の発生とは別に原因に関する調査をすることとした。

長谷川・矢野（1990）らが‘清見’ タンゴールの果実が落下した場合、果面の打撲部分にこはん症と類似

の症状が発生することを報告しているが、収穫時期別に30cmの高さから落下衝撃を果実に与えたところ、落下部分にはこはん症の類似症状を認めることはできなかった。この点では、高さを30cmに設定したが、さらに高い所からの落下が必要なのかも知れない。果実を網の上などに置くと、果実自身の重力がかかった部分にはこはん症の類似症状が発生した。

ポリエチレン包装による青果物の鮮度保持および減量の防止効果についての研究は古く、1945年に Smith (1945) がリンゴの貯蔵に用いたのが最初である。その後 Dana (1954) や Hardenburg (1956) の研究により、ポリエチレン包装の実用化が図られた。日本でも、樽谷ら (1973) が青果物の蒸散とポリエチレン包装について調査を行い蒸散抑制に効果があることを認めている。その後、ポリ個包装はカンキツ類では、ハッサクやナツダイダイなどの中晩柑類の貯蔵法として採用されている。特に、ハッサクではこはん症の発生を抑制するため、非常に有効な対策の一つとなっている (小川・坂井, 1979; 東地ら, 1990近泉, 2001)。

‘清見’タンゴールの果実でもポリ個包装は貯蔵果に発生するこはん症に対して抑制効果を持つことを東地ら (1991), 長谷川ら (1990), 田中ら (1990) が明らかにしている。さらに、ポリ個包装がこはん症の発生を抑制する機構およびポリ個包装中はこはん症の発生が非常に少ないが、除袋後におけるこはん症の発生についても明らかにした。その結果除袋後はこはん症の発生が認められた。ハッサクでは、ポリ個包装を除袋後でもこはん症の発生が少ないが、‘清見’タンゴールでは多く発生することから、両者のこはん症の発生原因が異なっていると考えられる。ポリ個包装で‘清見’タンゴールのこはん症の発生が抑制されているのは、ポリエチレン袋の特性が、こはん症発生メカニズムに深く関わっていることを暗示する。すなわち、ポリ個包装果では、果実の減量が著しく抑えられ、無袋果の1/10以下であった。果実重の減少はその大部分が水分によるものと考えられるので、ポリ個包装が果面からの水分の蒸散を抑えていることは明らかである。すなわち、ポリエチレン袋は果実の水分蒸散を抑制しており、このことがこはん症の斑点の広がりを抑えているのではないかと推定された。この点で、除袋後もこはん症が発生しないハッサク果とは異なっていた。そこで、次に減量予措とこはん症の発生との関係について調査した。減量予措の役割としては、果実からの水分蒸散のコントロールやキュアリング効果並びに追熟効果が考えられる。5%予措区でこはん症の発生が認められたが、2%予措区と無予措区では発生しなかったことから、こはん症の発生に対して、果皮組

織の脱水過程が重要な役割を果たすものと考えられ、強度の減量予措がむしろ逆効果となることが分かった。ポリ個包装はこはん症の発生に対して抑制効果を持つことが明らかになったので、次に、ポリ個包装が果実の品質に及ぼす影響について調査した。その結果、有意な差は認められなかったものの、ポリ個包装果では無袋果よりも糖度が低く、遊離酸含量が高い傾向を示した。これは、ポリ個包装によって果皮表面からの水分の蒸散が抑えられ、さらにポリ袋内の炭酸ガス濃度の上昇によって組織の呼吸が抑えられるのに対して、無袋区では、水分蒸散による濃縮効果と、呼吸による酸の消費によって、このような結果が得られたものと思われる。

次に、果皮色については、今回の処理区間では有意な差は認められなかった。今後は、さらに細かく分けた温度区を設定して調査することにより、品質的に重要な果皮色に対して、より好適な貯蔵条件を明らかにできるものと考えられる。さらに、今回の調査中、‘清見’タンゴールの無袋果では果皮のしおれが他のカンキツよりも激しく、外観を著しく損ねることが判明した。このことから‘清見’タンゴールの貯蔵にはポリ個包装が不可欠であろうと思われる。

いっぽう、一般的に ABA は組織の老化や水分ストレスに伴う気孔の開閉などに関与するといわれている。したがって、果実からの水分蒸散に ABA が関与しているのではないかと推定し、その含有量とこはん症発生との関係を明らかにする目的で、果皮中の ABA の分析を行った。今回の測定結果によると、ポリ個包装区では対照区と比べて ABA 含量が少ない値で推移した。これはポリ個包装が水分の蒸散を抑え、対照区に比べ水分ストレスを受けにくかったと考えられる。しかし、ABA もさることながら、ポリ袋内と外とは水ポテンシャルが異なるため、果実面からの水分損失に大きく影響していることも考えられると共に、気孔からの蒸散だけでなく、クチクラ蒸散も考えられるので、これらの点については今後検討する必要がある。また、‘清見’タンゴールの果皮中の ABA 含量は、‘宮内’イヨやハッサク果で測定された値より2倍以上高い傾向を示したが、これは清見の果皮が特にしおれやすいことと関係があるように思われた。

収穫と同時に果実を20℃に移し、こはん症の発生について調査したが、収穫時期とこはん症発生との間には明らかな関係は認められなかった。また、収穫時期の違いに関係なく、いずれの場合も果実を20℃に移した後、約10日目にはこはん症が発生することが明らかになった。その理由は、果皮の脱水による乾燥萎縮によるものではないかと推定できるが、この点については

今後明らかにして行く予定である。

次に、‘清見’タンゴールの果実は12月下旬に収穫していた。それゆえ果実は十分には成熟しておらず、貯蔵によって追熟をはかる必要があった。本研究ではこはん症の発生と共に果実の品質についても調査を行った。そこで、収穫時期の違いと果実の品質について検討を加えたが、特に着色については12月と3月の収穫果では大きな違いが認められた。すなわち、果実の赤色を示す a^* 値が12月では約5であったのに対して3月12日では約25であった。また、果汁の糖含量も経時的に増加の傾向を示した。酸含量は少し減少したが、1月21日以後は大きな変化は認められなかった。特に、食味の点で、3月収穫果ではじょうのうが柔らかく、舌ざわりの点で大きく違っていた。この点では、こはん症の研究とは別に3月に果実を収穫することを産地に提案でき、大変嬉しい結果となった。ところが、3月に果実を収穫するため、12月中下旬にヒヨドリ等の鳥害を防止する目的で1個1個の果実に袋掛けを行っている。その労力は大変なもので、1農家当たりの‘清見’タンゴールの栽培面積は40アールが限界であると言われているため、労力的な面で改善を図る必要がある。

‘清見’タンゴールの果実に発生するこはん症は樹上あるいは貯蔵中に認められる。しかし、こはん症の発生は樹上では非常に少なく、ほとんどが貯蔵中に発生することを明らかにした。障害部はわずかに窪み、その部分の細胞は崩壊し斑点となる。斑点の形は円形、楕円形、ピッチングあるいは不規則な様々な形状を呈する。貯蔵中に発生するこはん症の発生部について調査したところ、果実が樹上で受けた日照部分に発生することが明らかとなった。このことから、‘清見’タンゴールのこはん症は貯蔵中に発生するが、その原因は果実が樹上で受けた強い日射によることが分かった。強い日射を受けた日照部の果皮では生理的な変化が生じていると考えられる。いずれにしろ、‘清見’タンゴールの果実に発生するこはん症の原因（主因）は強い日射であることを解明した。Purvis (1980, 1984) はグレープフルーツでの低温障害の発生にも樹上で受ける日射が関与していると報告している。すなわち、樹冠外周の日照部から収穫したグレープフルーツの果実は樹冠内部の果実より障害に対して感受性が強いと述べている。また、McDonald ら (1993) は日照部が日陰部より果面のワックスの形状が違うことを報告している。大変興味深い点であるが、本研究ではワックスについては観察することができなかった。果面温度を10月下旬に測定したところ、日射部で36.4℃であったが日陰部で20.0℃であった。同じ果実でも日射

部と日陰部での温度差が8から19℃と大きかった。このような温度差は果皮の生理的な代謝に間違いなく影響を与えていると思われる。Langridge (1963) は極端な温度差は毒物質の蓄積や代謝異常が起き成長の阻害が生じると述べている。日照部の果実における蒸散量が日陰部より3倍も多く、果皮の水分代謝に影響を与えていると思われるが、蒸散量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はできなかった。日照部と日陰部の果皮中の無機成分含量には違いが認められなかったことから、無機成分含量はこはん症の発生には影響を与えていないことが明らかとなった。また、デンプン含量もわずかな違いが認められたが、こはん症の発生に影響を与えているとは考えられない。カロチノイドの成分や a^* 値の違いとこはん症の発生との関係は十分には解明することができなかった。さらに、興味深いことに、日照部分の果皮は滑らかであったが日陰部の果皮は油胞が突出しており、粗い果面をしていることを明らかにした。ウンシュウミカンでは果皮の粗滑に関して久保・平塚 (1998, 1999, 2000) による詳細な研究が認められる。ウンシュウミカンの果皮の粗滑は主に油胞組織の発達と関係しており、粗い果実では成熟期になっても様々な大きさの油胞組織が存在するが、滑らかな果実では比較的均一な油胞組織であると述べている。また、果皮の粗滑は下皮組織細胞の分裂程度およびその配列も大きく関与していると報告している。さらに、ジベレリンやベンジルアデニンの塗布処理によっても果皮は粗くなると述べている。ところが、‘清見’タンゴールの果皮の粗滑に関する研究は認められない。‘清見’タンゴールでも、果皮の粗滑の発生時期や油胞組織の発達と果皮の粗滑との関係が明らかになれば、こはん症の発生原因の手がかりが得られると考えられるので、今後はこの点について解明する必要がある。

第5節 摘 要

- (1) ポリ個包装が‘清見’タンゴールの果実のこはん症の発生と果実の品質に及ぼす影響
ポリ個包装は、貯蔵中の‘清見’タンゴール果実に認められるこはん症の発生を抑える働きを持つことが明らかになった。ポリ個包装果は、対照区の果実と比較して貯蔵中の減量が1/10以下で、ポリ個包装が果実からの水分蒸散を抑える効果を持つことが明らかになった。予措とこはん症の発生について調査したところ、2%減量予措区ではこはん症の発生が認められず、5%予措区でこはん症が発生した。ポリ個包装果の品質については、対照区との間で有意な差が認められな

かった。ポリ個包装を行った清見の果皮中の ABA 含量は、対照区の果実の 1/2 以下で、ポリ個包装を行うことによって ABA の増加が抑えられることが明らかになった。

(2) ‘清見’タンゴール果実の樹上並びに収穫後のこはん症の発生と収穫期が果実の品質に及ぼす影響
樹上でのこはん症の発生時期は 1 月下旬以後で、その発生割合は 2～4% であった。

収穫時期の違いとこはん症の発生との間には明らかな関係は認められなかった。収穫と同時に果実を 20℃ へ移した後 10 日目から無袋の果実 45 から 70% にこはん症の発生が認められた。ポリ個包装して常温貯蔵していた果実を無袋にして 20℃ に保つとこはん症が発生した。収穫時期の違いと果実の品質について調査したが、収穫時期が遅いほど品質はよくなった。

(3) ‘清見’タンゴール果実のこはん症の発生原因とその防止対策

貯蔵中の果実に発生する‘清見’タンゴールのこはん症は、果実が樹上で受けた日射並びに日照が原因の一つであることを初めて明らかにした。すなわち、収穫時には肉眼的にみて健全な果実であるが、果実が樹上で受けた果面の陽光部に、貯蔵中にこはん症が発生し、日射を受けていない日陰の果実ではその発生がほとんど認められなかった。陽光部の果面温度は同じ果実の日陰部のそれより 10℃ 以上高かった。快晴の日における果実からの蒸散量は陽光部で日陰部の 3 倍、夜間でも 25% も高かった。このことから陽光部の蒸散量とこはん症の発生は密接な関係があるものと思われた。果皮の陽光部と日陰部における無機成分含量には有為な差は認められなかったが、デンプン含量と全糖含量はわずかであるが陽光部のフラベドで高かった。果皮の a* 値およびカロチノイド組成については、こはん症の発生した陽光部でわずかながら高かった。観察の結果、陽光部の果皮表面は滑らかであるが日陰部の果面は油胞と油胞の間が陥没した粗い果面であり、果面の滑らかな部分に主にこはん症が発生し、果面の粗い果実にはその発生がほとんど認められなかった。

第7章 ‘宮内’ イヨの果皮障害

第1節 症状および発生原因

緒 言

‘宮内’イヨの栽培面積は12,000ha、果実の生産量18万トンである。カンキツ類では、ウンシュウミカンに次ぐ第2位の生産量を占める重要なカンキツ類の一つである。‘宮内’イヨの成熟期は2月から3月であるが、寒さによる被害を避けるため、あるいは隔年結果を防止する目的で12月中下旬に収穫される。収穫した果実は貯蔵中に成熟を促進し品質の向上がはかられる。果実は常温で貯蔵され1月下旬から3月に出荷されるため、その貯蔵は40日から100日と長期間である。各栽培農家は固有の貯蔵庫を所有しているため、貯蔵庫の構造や貯蔵技術も様々である。‘宮内’イヨは貯蔵中における問題も少なく、果皮障害も毎年極わずかながら発生していたが、それは全く問題にならない程度であった。ところが、1984年2月上旬に、貯蔵中の果実に果皮障害が発生し、その被害は貯蔵果実の10%以上にも及んだ。貯蔵庫の構造の違いやその設置場所によって発生割合も異なり、多い貯蔵庫では30%以上の果実が被害を受けた。そのため、経済的な損失は莫大なものとなった。ところが‘宮内’イヨは果皮障害の発生が少ない品種であったため、貯蔵中における果皮色や品質に対する研究は別府ら(1979)、日野ら(1990)、河野ら(1982a, b, 1983)や渡部・門屋(1991)など多いが、果皮障害に対する研究はほとんど認められなかった。果皮障害の呼称として、“ヤケ症”あるいは“こはん症”が用いられた。果皮障害が特定の地域だけでなく、‘宮内’イヨの全栽培地域で発生したことから、この障害の発生原因は貯蔵中の果実を取りまく環境要因の変化によるものと考えられた。さらに、貯蔵庫の構造の違いによって果皮障害の発生割合に違いが認められた。この点に着目し、‘宮内’イヨのこの障害の発生原因を解明する目的で本研究を行った。そこで、果皮障害の症状、発生時期の気温の日変化、低温、過飽和の相対湿度、予借処理と障害の発生、樹上での低温遭遇と障害の発生との関係、エチレン、炭酸ガスおよび窒素ガス処理が果皮障害に及ぼす影響、加温ハウス栽培の果実と果皮障害の発生、貯蔵庫内の温度および相対湿度の変化が果皮障害の発生に及ぼす影響について調査した。その結果、‘宮内’イヨの貯蔵中における果皮障害の発生原因を明らかにすることができた。

材料および方法

実験材料には愛媛県松山市で栽培されている15から20年生の‘宮内’イヨの果実を主に用いた。

実験1. 果皮障害果の症状および障害発生時期の気温の日変化

1983年度産の‘宮内’イヨに発生した障害果実の提供をえひめ中央農協より受けた。果皮障害の発生した果実の症状を肉眼的な観察によって分類した。次に、果皮障害の発生時の圃場における気温を測定した。温度の測定には0.1mmの銅-コンスタンタンの熱電対を用いた。

実験2. 果実の低温および過湿処理、樹上での果実の低温遭遇と果皮障害の発生

果実を+1℃および-1℃で10日間保った区を設けた。なお、果実の着色程度によって6分(色差計 a^* 値=25.8±3.3)と9分(a^* 値=32.4±2.5)の2種類に分けて処理を行った。

樹上で果実が0℃以下の低温に遭遇後に収穫し、貯蔵中の果実に樹上で受けた低温が果皮障害の発生に及ぼす影響について調査した。そこで、0℃以下の低温に果実が遭遇した後に収穫した区と低温に遭遇前に果実を収穫した区(対照区)を設けた。

また、果実20個をビニール袋内に10日間密閉し、過湿(相対湿度100%以上)状態に保った区を設けた。果実20個をビニール袋内に10日間密閉し加湿状態(相対湿度100%)に保った区を設けた。

実験3. 予借処理が果皮障害に及ぼす影響

20℃で3日と6日間の予借処理を行った区を設けた。なお、果実の減量割合は約3%とした。

実験4. エチレン、炭酸ガスおよび窒素ガス処理が果皮障害に及ぼす影響

エチレン、炭酸ガスおよび窒素ガスの処理を行った区を設けた。処理方法として、ビニール袋に‘宮内’イヨの果実を入れ袋内のエチレン濃度が5%になるように調整して密封した。また、炭酸ガスおよび窒素ガスの処理方法として、ビニール袋に‘宮内’イヨの果実を入れ袋内のガス濃度100%で5日間保った。さらに、1984年12月5日に果実を収穫し、2月7日まで4から6℃で貯蔵した果実を用いて、ビニールに果実を密封後25℃に保った区、炭酸ガス100%区、エチレンガス5%区、窒素ガス100%区およびビニール袋に果実を密封し室温(12℃)で貯蔵した区を設けた。

実験5. 加温ハウス栽培の果実と果皮障害の発生

松山市勝岡町の加温ハウスで栽培されている10年生の‘宮内’イヨの果実を用いた。加温方法は、施設をビニールで1月下旬に被覆し、加温の開始は2月1日から行い、最高温度25℃、最低温度15℃に設定した。

その後は、3日ごとに1℃ずつ上げて出蕾期の2月中旬から下旬まででは最高温度27℃、最低温度17℃に設定した。2月下旬の開花期になると温度を1℃ずつ下げ最高温度24℃、最低温度14℃に設定した。花が満開になった後は最高温度25℃以上にならないよう換気扇で調節した。また、生理落果の終了後は最高温度28℃、最低温度を18℃に設定した。調査に用いるため1984年11月12日に果実を収穫した。果実は収穫時には完全に成熟に達していた。果実を-2℃で15日間処理を行った後、ポリ個包装した区を設けた。-2℃の低温処理を行わない区を対照に設けた。なお、貯蔵期間は10日間とした。

実験6. 貯蔵庫内における温湿度の経時的変化

貯蔵庫内の温度や相対湿度の調査には、えひめ中央農協管内の貯蔵庫を用いた。

1983年度産の貯蔵果実に果皮障害が発生しなかった貯蔵庫、逆に発生が多かった貯蔵庫を用いて庫内の温度と相対湿度を経時的に測定した。温度と相対湿度の測定位置は20kg入りのコンテナを8段に積み上げた部分を上部(地上2.4m)、1番下のコンテナを下部

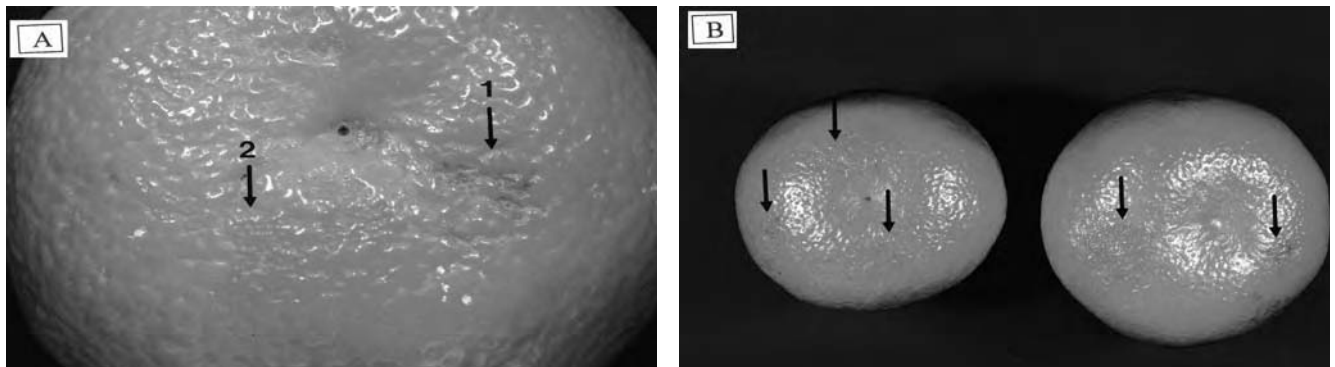
(地上0.15m)に設定し温度と相対湿度を測定した。果皮障害の発生しなかった貯蔵庫は壁に発砲スチロールを吹き付け、空気の換気も入出量を同量に設定したものをを用いた。また、果皮障害の多く発生した貯蔵庫は標高80mの所に位置し、ウンシュウミカン用の貯蔵庫を一部改良したものをを用いた。

貯蔵庫内の温度と相対湿度の測定には、壁取り付け型温湿度センサー(HN-Q200, チノー社製)を用いた。

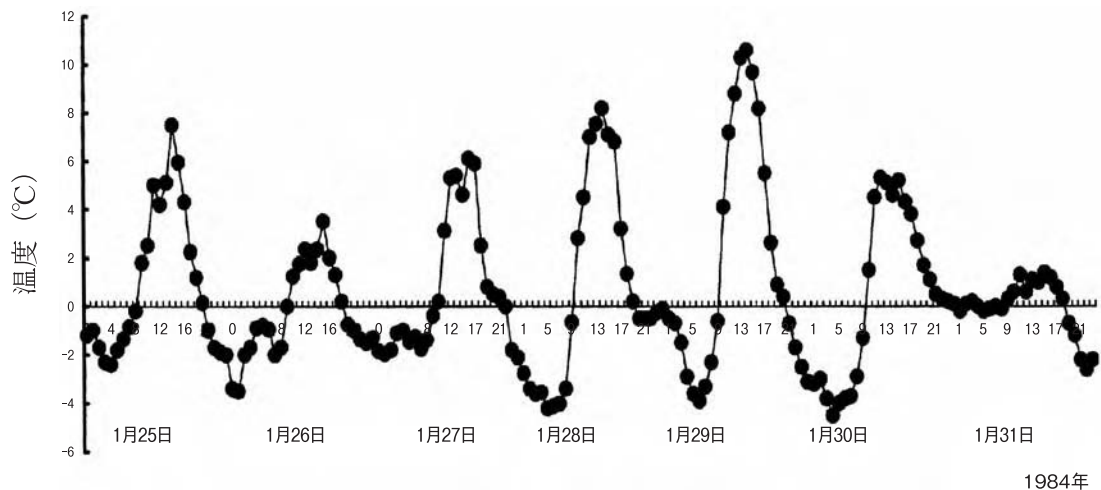
結果

実験1. 果皮障害果の症状とその発生時期の気温の経時的変化

肉眼的な観察から、二種類の症状が認められた。一つは油胞と油胞の間が陥没した症状を呈し、症状が進むと斑点部分が褐変する(第112図-A)。他の一つは人間が火傷をすると皮膚が赤く火ぶくれ状態を呈する症状と非常によく似た症状が果面に生じる(第112図-B)。そこで、これらの症状に対し、最初のを“こはん症”, 赤く火膨れした症状に対して“ヤケ症”と呼称した。果皮障害の発生時の気温を測定した結果



第112図 ‘宮内’ イヨ果実のこはん症 (A) とヤケ症 (B)



第113図 ‘宮内’ イヨの貯蔵中における果皮障害の発生時期の気温の変化

を第113図に示す。夜間の気温が7日間も0℃以下の日が続き、特に、-4℃から-6℃の日が3日以上も連続で発生し、しかも日中の最高気温が最も高い日でも10℃で、その他の日でも4℃から8℃であった(第113図)。

実験2. 果実の低温および過湿処理、樹上で果実の低温遭遇と果皮障害の発生

第113図から、一般の貯蔵庫の温度が0℃前後であったと考えられた。さらに第113図の結果から‘宮内’イヨの果皮障害の発生には低温が関与していると考えられたので、果実を+1℃および-1℃で10日間の処理を行った。なお、果実の着色程度が6分(色差計

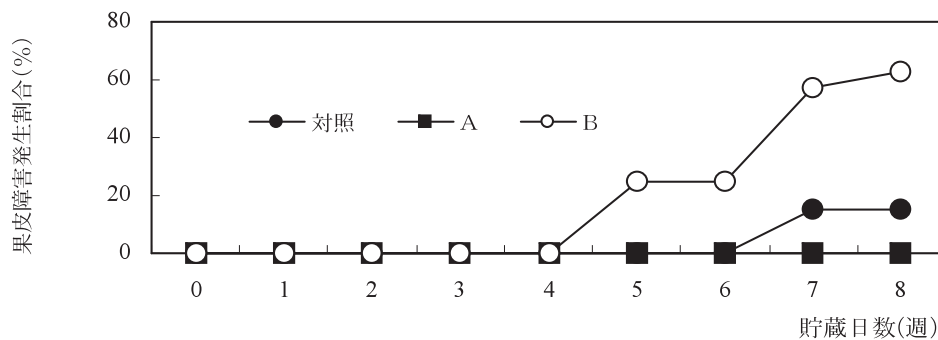
a*値=25.8±3.3) および9分(a*値=32.4±2.5)の果実を用いて調査したが、いずれの区も果皮障害が発生した(第46表)。果実を+1℃で処理した区では20果中3果に、-1℃処理区では20果中11果、着色の良い区でも10果に障害の発生が認められた(第46表)。

樹上で0℃以下の低温に遭遇した果実と低温に遭遇する前に収穫した果実について、20℃の予借処理を行った区を設け果皮障害の発生について調査し、その結果を第114図に示す。

低温に遭遇した果実は予借処理を行ったにも関わらず果皮障害の発生割合が低温に遭遇する前に収穫した果実より非常に高かった(第115図, 第116図, 第117

第46表 ‘宮内’イヨの低温およびポリ個装処理並びに着色の違いと果皮障害の発生

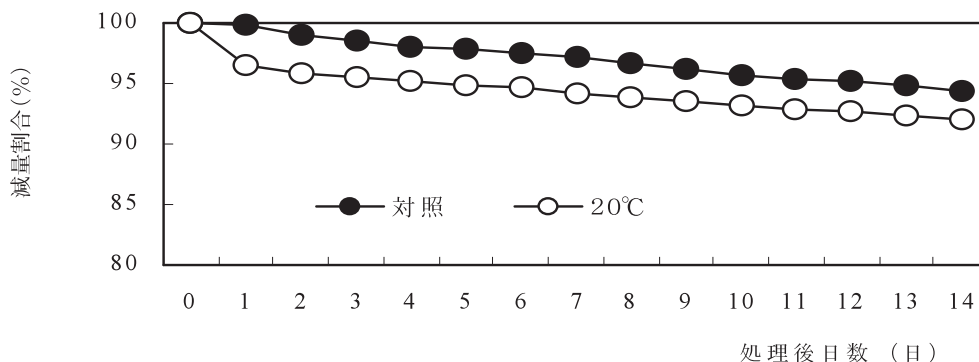
処理条件	調査果数	発生果数	発生割合(%)
+1℃	20	3	15
+1℃(ポリ個装区)	20	1	5
-1℃	20	10	50
-1℃(ポリ個装区)	20	1	5
-1℃(6分着色果)	20	11	55
-1℃(9分着色果)	20	10	50



第114図 果実が樹上で低温に遭遇前と後の果実のコハン症の発生

注 対照：12月25日収穫10℃貯蔵

A：12月25日収穫(低温遭遇前), 20℃48時間予借 B：1月18日収穫(低温遭遇後), 20℃48時間予借
調査果実数各40個



第115図 ‘宮内’イヨ果実の20℃で予借後の減量割合

図)。

次に、果実をビニール袋に10日間密閉し過湿状態を保ったが果皮障害の発生は認められなかった。ところが、過湿状態で長期間貯蔵後に室温に戻すと急激に果皮障害の発生が認められた。この障害はヤケ症と類似した症状を呈した(第47表)。

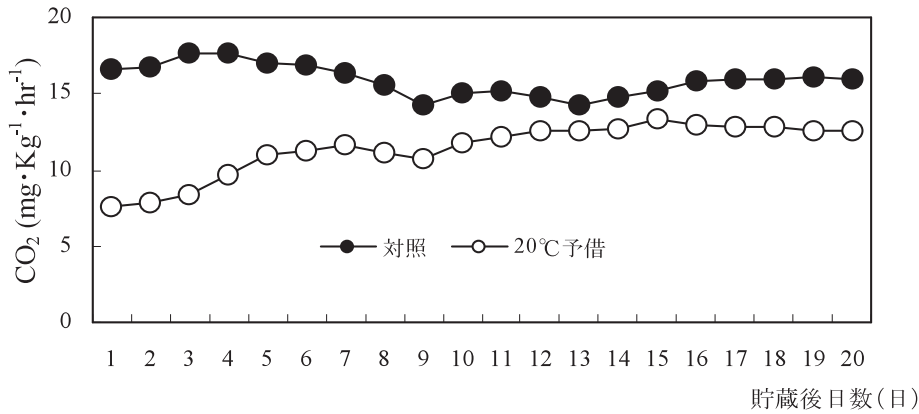
実験3. 果実の予借処理が果皮障害に及ぼす影響

20℃で3日と6日間の予借(減量割合約3%)を行

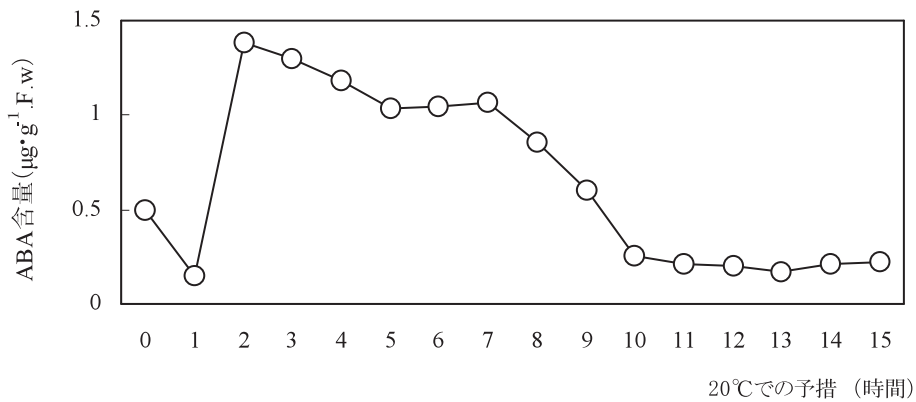
った区を設けたが果皮障害の発生が軽減された(第48表)。

実験4. エチレン、炭酸ガスおよび窒素ガス処理が果皮障害の発生に及ぼす影響

エチレン、炭酸ガスおよび窒素ガスの処理を行った区を設けたが、いずれの処理区とも果皮障害の発生は認められなかった(第49表)。この結果、エチレン、炭酸ガスおよび窒素ガスが‘宮内’イヨの果皮障害の



第116図 ‘宮内’イヨの20℃処理後における呼吸量の変化



第117図 5℃貯蔵果実を20℃で予借中におけるABA含量の経時的変化

第47表 ‘宮内’イヨの加湿処理と果皮障害の発生

処 理 条 件	調査果数	発生果数	発生割合(%)	腐敗果数
ポリ個装, ビニール	20	3	15	3
0℃, ビニール	15	7	47	1

第48表 ‘宮内’イヨの20℃予借と果皮障害の発生

処 理 条 件	調査果実	発生果実	発生割合(%)
20℃ 3日間	50	2	4
20℃ 6日間	50	1	2
対照(無処理)	50	6	12

第49表 ‘宮内’イヨ果実に対する二、三のガス処理と果皮障害の発生

処 理 条 件	調査果数	発生果数	発生割合(%)
炭 酸 ガ ス	20	0	0
エチレンガス	20	0	0
窒 素 ガ ス	20	0	0
対 照	20	3	15

発生には関与していないことが明らかとなった。

実験5. 加温ハウス栽培の果実と果皮障害の発生

加温ハウス栽培の果実を-2℃で15日間処理を行った後ポリ個包装した区を設けて果皮障害の発生を調査したがハウス栽培の果実はいずれの処理によっても果皮障害の発生が認められなかった(第50表)。

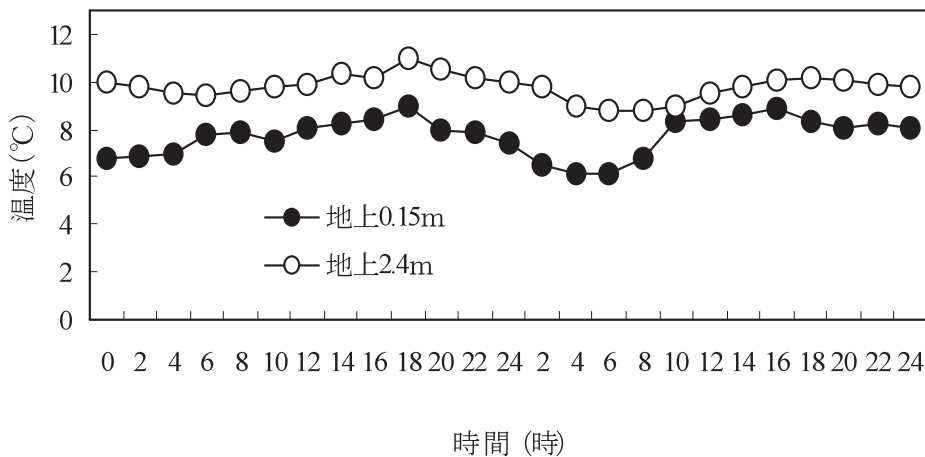
実験6. 貯蔵庫内における温湿度の経時的変化

温度の測定位置は20kg入りのコンテナを8段(地上2.4m)に積み上げた状態で、下部は1番下のコン

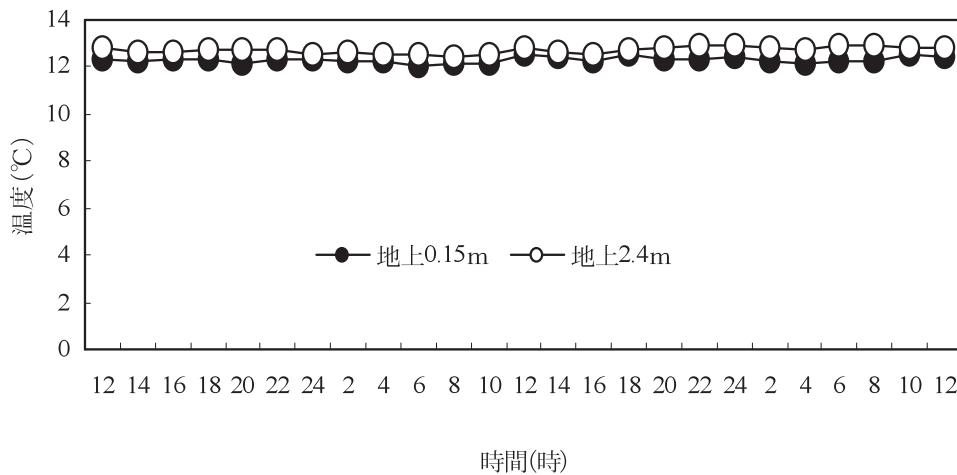
テナ内(地上0.15m)の温度を測定した(第118および119図)。農家の貯蔵庫内の温度と湿度を測定したが果皮障害の発生した貯蔵庫は外気の温度の影響を直接受けていた(第120図)。しかし果皮障害の発生しなかった貯蔵庫内は外気の温度の影響を受けることなく庫内の温度は12℃、相対湿度は95から100%と一定の値であった(第121図)。

第50表 加温ハウス栽培の‘宮内’イヨの低温処理と果皮障害の発生

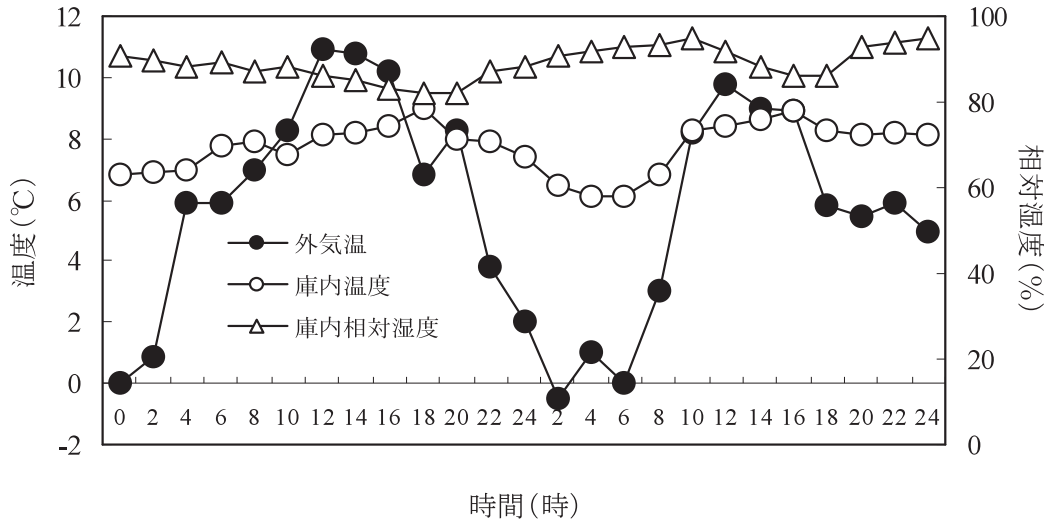
処 理 条 件	栽培条件	調査果数	発生果数	発生割合(%)
-2℃ 5日間	ハ ウ ス	60	0	0
-2℃ 10日間	ハ ウ ス	60	0	0
-2℃ 5日間	露地(対照)	60	5	8
-2℃ 10日間	露地(対照)	60	13	22



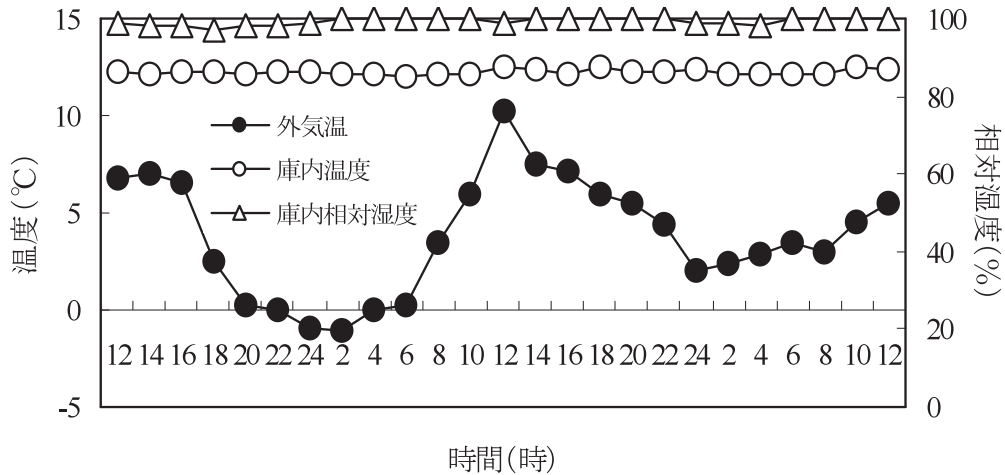
第118図 貯蔵庫内の温度の変化



第119図 貯蔵庫内の温度の変化



第120図 貯蔵庫内の温度と相対湿度の経時的変化



第121図 貯蔵庫内の温度と相対湿度の経時的変化

第2節 考察

‘宮内’イヨは栽培および貯蔵が比較的容易で作りやすい品種であると言われていた。それゆえ、他の中晩柑に比べ貯蔵中の果皮障害の発生は非常に少なかった。ところが、1983年度産の‘宮内’イヨの貯蔵果実に果皮障害が発生し大きな問題となった。その発生時期は1984年2月上旬であった。発生した果実の果面は油胞と油胞の間が部分的に陥没し、症状が進むと褐変し商品価値がなくなる。

障害発生時期の気温を経時的に測定したが、7日間継続して低温が続き、特に夜間は0℃以下の日が続いた。そこで、この点に着目し、低温が果皮障害の発生に及ぼす影響を調査した結果、0℃前後の処理で障害が発生し、1983年度産の‘宮内’イヨに発生した果皮障害と同様の症状の発生を認めた。さらに、樹上で

0℃以下の低温に遭遇した果実と遭遇前に収穫した果実について調査したが、低温に遭遇した果実に障害が多く発生した。これらのことから、‘宮内’イヨの果皮障害の発生原因（主因）は低温であることが明らかになった。

果実をビニール袋に10日間密閉し加湿状態を保ったが、果皮障害の発生は認められなかった。しかし、多湿状態で長期間貯蔵後、室温の状態に保つと急激に果皮障害が発生した。この症状は一般に呼称されていた‘ヤケ症’と同様の症状を呈していた。

‘宮内’イヨの果実を収穫と同時に20℃前後の温度で約3%の減量になるような予借を行うと障害の発生が抑制されることが分かった。カンキツ類の予借の効果については石田ら(1975)、別府ら(1979)や邨田・山脇(1987)の報告がありそれらの結果と一致した。エチレン、炭酸ガスおよび窒素ガスの処理を行ったが

果皮障害の発生は認められなかった。‘宮内’イヨはガスに対しては非常に強い耐性があることが分かった。

加温ハウス栽培の‘宮内’イヨは低温処理を行っても障害の発生が全く認められなかった。1983年度産の‘宮内’イヨの果実に障害がほとんど認められなかった貯蔵庫と多発した貯蔵庫の温湿度について測定したが、障害の発生した貯蔵庫内の温度および湿度は外気の温度の影響を直接受けていた。ところが、障害の発生しなかった貯蔵庫内の温度は外気の温度の影響を全く受けず庫内の温度湿度ともに一定であった。さらに、‘宮内’イヨの貯蔵庫内の温度、湿度、酸素ガスなどのガス濃度を測定し、果実を安全に貯蔵できる‘宮内’イヨの貯蔵管理システムを確立した(石井ら, 1989; 近泉ら, 1989a, b)。

第3節 摘 要

貯蔵中の‘宮内’イヨの果実に発生する果皮障害の原因を明らかにすると共にその防止策を確立することができた。‘宮内’イヨの果実に発生する果皮障害には二種類の症状が認められる。一つは油胞と油胞の間が陥没した症状を呈し、症状が進むと斑点部分が褐変するので“こはん症”と命名した。他の一つは人間が火傷をすると皮膚が赤く火ぶくれ状態を呈する症状と非常によく似た症状が果面に生じるので“ヤケ症”と命名した。-1℃の低温処理によりこはん症やヤケ症の発生が認められた。エチレン、炭酸ガスおよび窒素ガスを処理したがこはん症の発生は認められなかった。果実の減量が約3%の予措処理によって、こはん症の発生が抑制された。加温ハウス栽培の‘宮内’イヨの果実には、こはん症の発生が認められなかった。貯蔵庫の構造の違いによって、こはん症の発生割合が異なった。こはん症の発生しなかった貯蔵庫内の温度は12℃前後の一定に保たれ、相対湿度も95から100%で一定であった。一方、障害の多く発生した貯蔵庫では庫外の気温等の影響を直接うけ温度および相対湿度が外気の変化と共に変化していた。

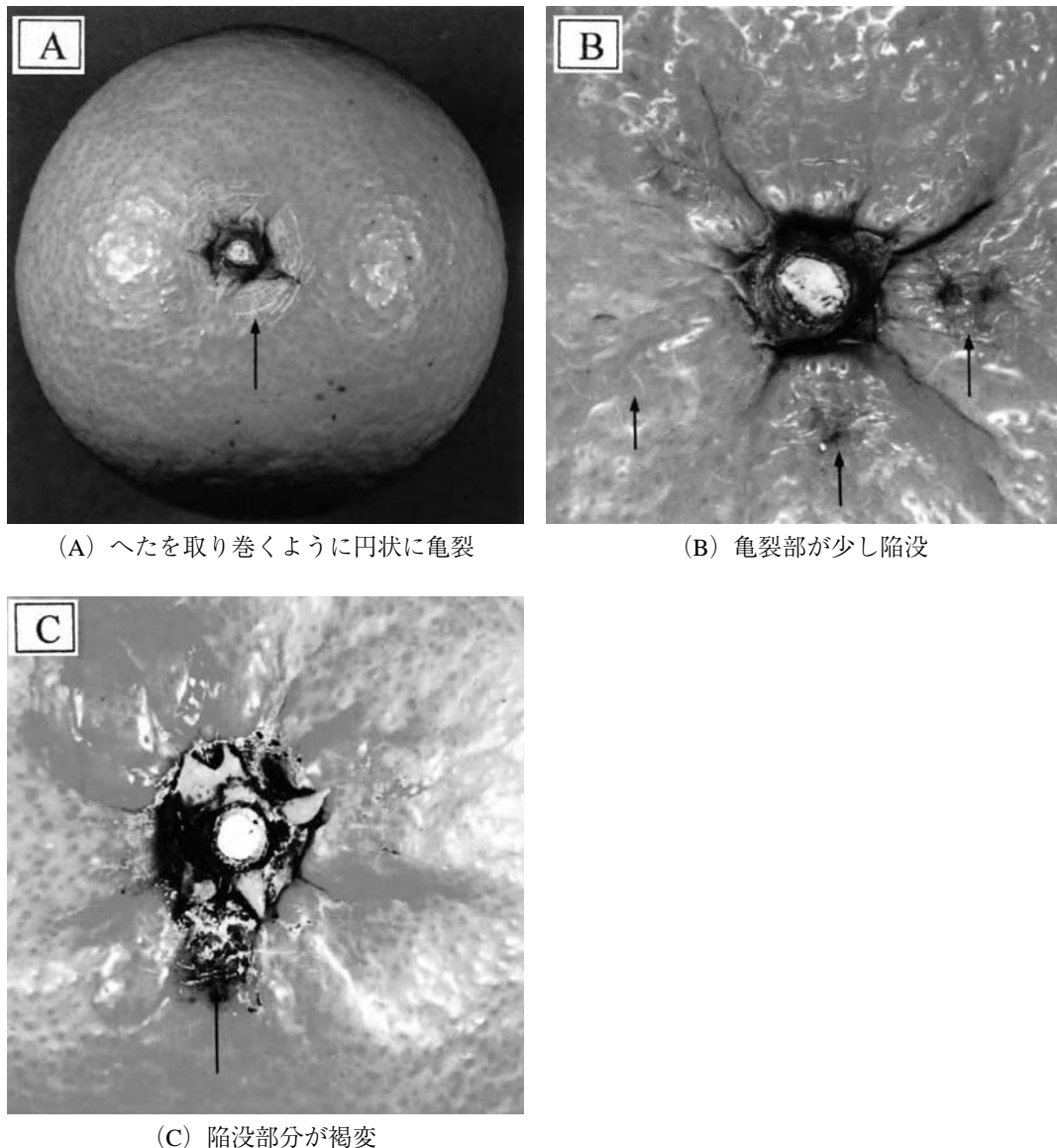
第8章 ‘清見’ タンゴール果実の水腐れ類似症

第1節 水腐れ類似症状および発生原因

緒言

‘清見’は1949年に園芸試験場東海支場（現果樹研究所カンキツ研究部興津）において、‘宮川早生’ウンシュウに‘トロビタ’オレンジの花粉を交配して得られた我が国最初のタンゴールである（西浦ら，1983）。それゆえ，果実はオレンジの香りを有すると共にウンシュウの特性である多汁性を備え持っている。加えて，種子も少なく品質的に非常に優れたカンキツ類の一つといえる（吉田，2003）。その上，果汁原料としての加工適性も優れている（荒木ら，1989）。このような‘清見’タンゴールの品質の良さに着目した

愛媛県伊方町三崎では1988年度から本格的にこの品種の栽培を始めた。その結果，1993年度には栽培面積が188ヘクタールに達し，果実1,660トンを生産する‘清見’タンゴールの全国第1位の産地となった。‘清見’タンゴールの栽培が始まった頃は寒害による被害を避けるため果実を12月下旬から1月初旬に収穫し長期間の貯蔵を行っていた。ところが寒害および鳥害の防止対策として，果実に袋をかける新しい栽培方法が取り入れられ，3月中下旬まで果実を樹上で越冬させることが可能となった。この結果，新しい果皮障害が3月の収穫果実に多く認められるようになった。これまで，‘清見’タンゴールを栽培する上で問題となっていた果皮障害に，こはん症の発生があった（近泉・松本，1991；Chikaizumi, 2003；長谷川・矢野，1990；牧田・岡田，1991）。こはん症は主に貯蔵中に発生し，多い



第122図 ‘清見’ タンゴールの水腐れ類似症

場合は収穫果実の50%以上にも達する (Chikaizumi, 2003). こはん症の症状の特徴として, 油胞組織と油胞組織の間が陥没し, 果面に虎の斑紋によく似た斑点が生じることである. こはん症の発生原因は非常に複雑であるが, 多くの優れた研究の成果によって, その発生原因がほぼ明らかになると共に防止対策も確立されつつある (近泉・松本, 1991; Chikaizumi, 2003; 長谷川・矢野, 1990; 東地ら, 1991; 牧田・岡田, 1991).

新しい果皮障害はこはん症の症状とは異なり, 果梗部に放射状あるいは円形状に小さな亀裂が多数発生し, その部分がコルク化するか, 次第に亀裂部が褐変あるいは腐敗する (第122図-A, B, C). この障害はナツダイダイ (井上, 1967), ポンカン (北島・梶原, 1965) およびネーブルオレンジ (Reuther, 1978) でも発生が認められている水腐れ病と類似した症状を呈している. そこで, この障害に対し水腐れ類似症と呼称した. 最近では‘清見’を交雑親とした‘朱見’や‘天草’ (第123図-1, 2) に認められると共に‘南香’と‘天草’の交雑種である‘愛媛果試第28号’にも同様の症状が認められている (三堂ら, 2005). さらに, ‘不知火’でも同様の症状が発生することが知られている (河瀬ら, 1999). しかし, この障害の発生原因は全く明らかになっていない. そこで, 最初に水腐れ類似症の発生時期について調査した. 次に, この障害は果皮に付着する雨滴と関係があると考えられたので, 果皮の切片を作成後, 水に浅く浸漬し, 果面に亀裂が発生するかどうかについて調査した. さらに, 水滴を果面に付着する処理並びに果実全体を水に沈める処理を行い, 亀裂の発生の有無について調査した. また, この障害は果実の ageing と関係があると思わ

れたので, 果皮色, 果皮硬度および水溶性ペクチン含量を経時的に測定した. 果皮の部位 (果梗部, 赤道部および果頂部) 別に 1 mm^2 当たりの気孔数を, 油胞組織は 1 cm^2 当たりの数について測定した. また, 果皮の部位 (果梗部, 赤道部および果頂部) 別の厚さについても測定した.

材料および方法

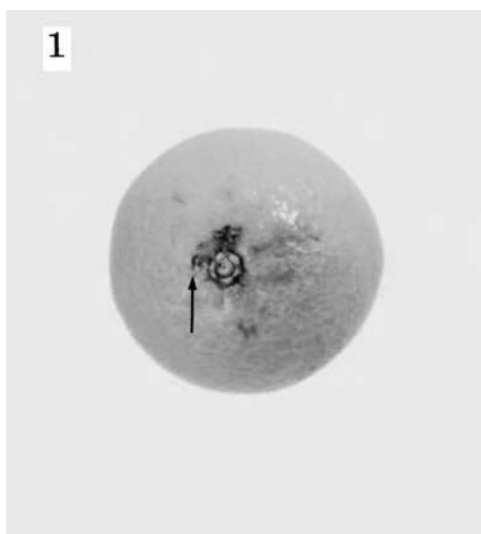
実験材料には, 愛媛県伊方町三崎で栽培されている15年生の‘清見’タンゴールの果実を主に用いた.

実験1. 水腐れ類似症の症状と発生時期

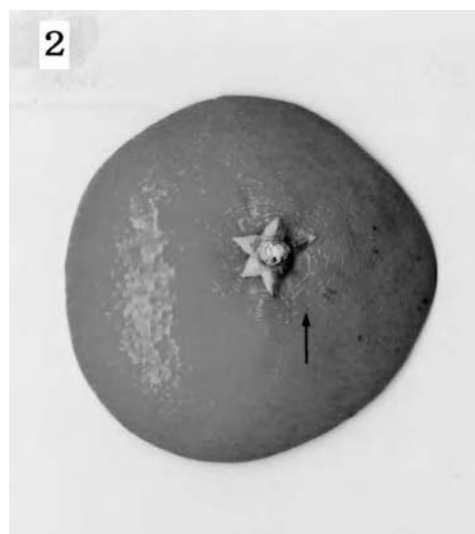
水腐れ類似症の代表的な症状を図に示した. 2003年10月17日, 11月17日, 12月17日, 2004年1月17日, 2月17日および3月17日にそれぞれ果実200個を収穫し, 水腐れ類似症の発生およびその割合について調査した. また, ‘清見’タンゴールの果皮障害にはこはん症と水腐れ類似症が認められるが, この二種類以外にも障害の発生が認められるかどうかについて検討を加え, それらの種類と発生割合について調査した. 調査には市販の果実250個を用い2004年4月25日に行った. 1995, 1996および1997年度産の果実を用い, 収穫年度の違いが水腐れ類似症の発生割合に及ぼす影響について調査した.

実験2. 果皮片を水に浸漬, 水滴を果面に付着する処理および果実全体を水に浸漬する処理による亀裂の発生

2003年10月17日, 11月17日, 12月17日, 2004年1月17日と2月17日にそれぞれ果実を収穫し, 部位 (果梗部, 赤道部および果頂部) 別にコルクボーラーで打ち抜いた 1 cm^2 の円形の果皮片を作成した. 果皮片は24時間水に浅く浸漬する処理を行い, 亀裂の発生とその



第123図-1 ‘朱見’の水腐れ類似症



第123図-2 ‘天草’の水腐れ類似症

割合について調査した。水滴を果面に付着した後および果実全体を水に沈める処理を行い、2時間毎に亀裂の発生について観察した。24時間後までは2時間毎に調査したが、その後は1日毎に亀裂の発生とその割合を調査した。

実験3. 果実の果皮色の経時的变化

色彩色差計(CR-300, ミノルタカメラ社製)を用いて果皮のa*値を測定した。

2003年11月17日, 12月17日, 2004年1月17日, 2月17日と3月17日に果実を収穫後, 直ちにa*値を測定した。

実験4. 果皮の部位別の厚さ, 果皮硬度および水溶性ペクチン含量

果皮の部位(果梗部, 赤道部および果頂部)別の厚さを測定した。さらに, 果皮の部位(果梗部, 赤道部および果頂部)別の果皮硬度および水溶性ペクチン含量を測定した。なお, 果皮硬度は果実硬度計(FHR-5型, 竹村電機製作所社製)を用いて測定した。また, 水溶性ペクチン含量は三浦ら(1963)の方法に従って定量した。なお, 果実の収穫は2003年11月17日, 12月17日, 2004年1月17日, 2月17日および3月17日に行った。

実験5. 果実の部位の違いと気孔数, 油胞数

果皮の部位(果梗部, 赤道部および果頂部)別に1mm²当たりの気孔数を, 油胞組織は1cm²当たりの数を測定した。

結果

実験1. 水腐れ類似症の症状と発生時期

水腐れ類似症の代表的な症状を第122図に示す。ヘタを中心にして果梗部に小さな亀裂が円状に多数生じる。その部分がコルク化して白色になり, これ以上は

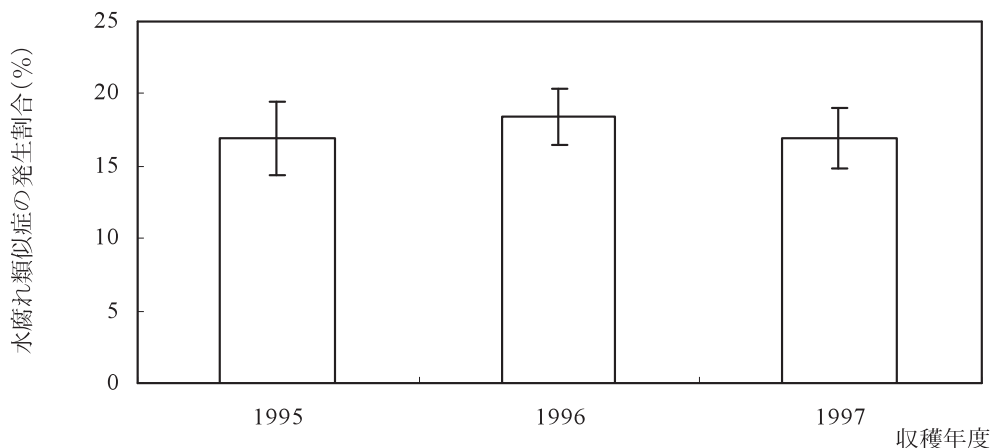
障害が進まない(第122図-A)。第122図-Aと同様にコルク化して白色になり裂開部が癒着したもの, 癒着しない部分は細胞が壊死し, 壊死部が褐変する(第122図-B)。壊死部がひどくなると黒色に変色すると共に凹状に陥没した陥没斑になる症状が認められる(第122図-C)。

‘清見’タンゴールの果実に発生する果皮障害には, こはん症と水腐れ類似症の二種類の症状が認められた。しかし, 他の症状は認められなかった。次に, これらの発生割合を調査した結果, 水腐れ類似症は10.4±4.1%の果実に, こはん症は22.6±4.3%の果実に認められた。

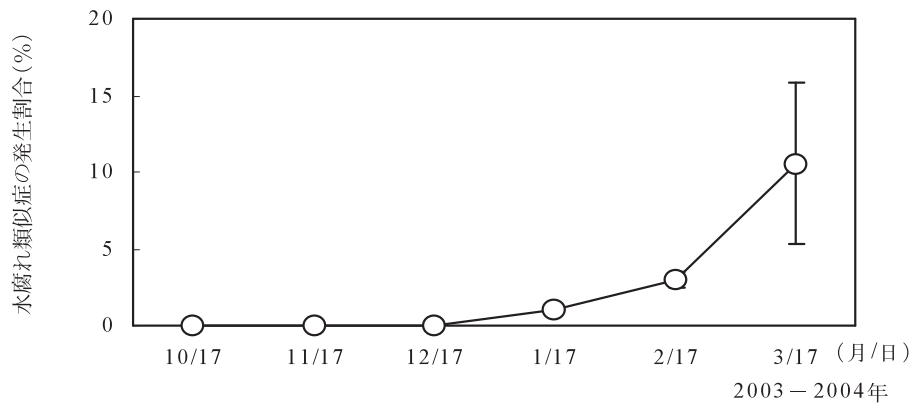
収穫年度の違いが水腐れ類似症の発生割合に及ぼす影響について調査した結果を第124図に示す。水腐れ類似症の発生率は15%~20%であった。次に水腐れ類似症の発生時期を調査した結果を第125図に示す。水腐れ類似症の発生は12月17日には認められなかったが, 1月17日になると極僅かであるが認められた。2月17日には約3%, 3月17日には約10%の果実にその発生が認められた。また, 症状の発生部位は果梗部だけで赤道部と果頂部には認められなかった。

実験2. 果皮片を水に浸漬, 水滴を果面に付着する処理および果実全体を水に浸漬する処理による亀裂の発生

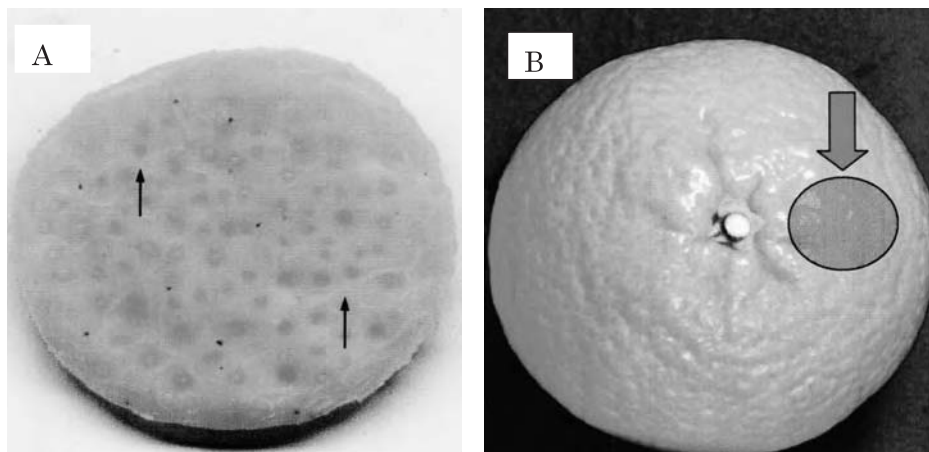
果皮片を作成し水に浅く浸漬する処理によって, 果皮表面に小さな亀裂が発生した(第126-A図)。そこで, 果実の部位(果梗部, 赤道部および果頂部)別に果皮片を作成して亀裂の発生を調査したが, 亀裂の発生は10月および11月には認められなかった。しかし, 12月から2月にかけて亀裂の発生は多くなり果梗部で90%以上の切片に亀裂が認められた。なお, 赤道部, 果頂部でも2月になると70%以上の果皮片に亀裂の発



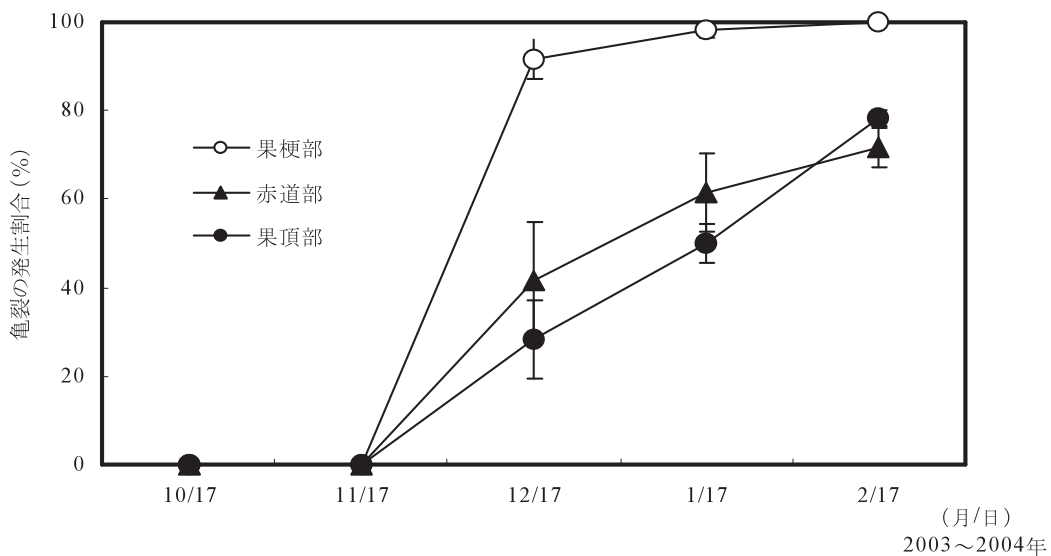
第124図 ‘清見’タンゴール果の水腐れ類似症の発生割合
調査日3月20日 調査果数20果の3反復, 図中の縦バーは標準誤差



第125図 ‘清見’ タンゴールの水腐れ類似症の発生時期
調査果実数：50個の4反復，図中の縦バーは標準誤差



第126図 果皮の切片の亀裂 (A) と水滴処理の模式図 (B)



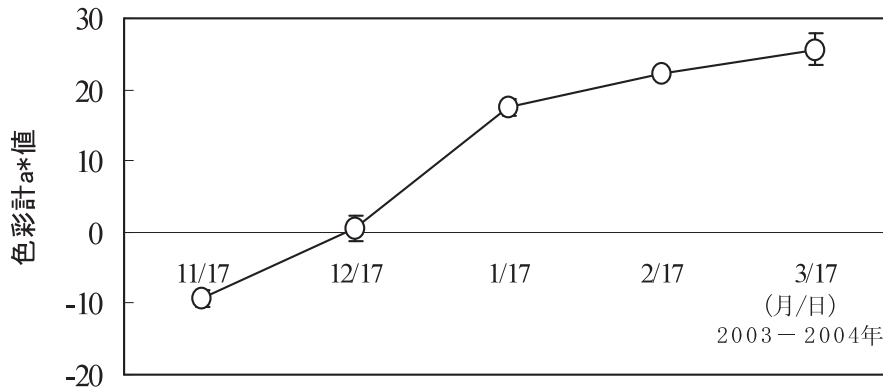
第127図 果皮片の水浸漬処理による果面の亀裂の発生およびその割合

第51表 果皮片の水浸漬処理および果梗部水滴処理による果面の亀裂の発生時間とその割合

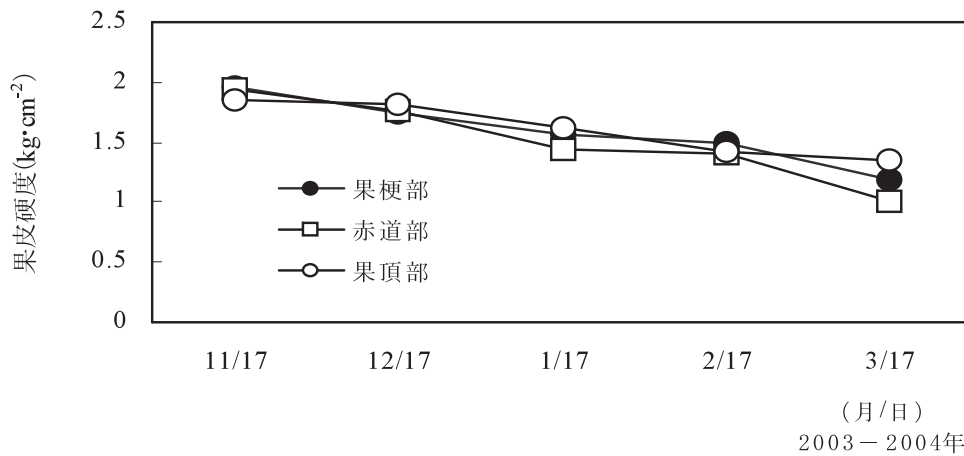
	処 理 時 間 (hr)												
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
果 実 ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
切片 ³ 果梗部	0	0	0	0	6.1	11.5	21.7	24.2	54	58.1	61.3	78.8	100
水 滴 ⁴	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

² 果実全体を水中に沈める処理，処理果数20個，³ 果皮片は30個

⁴ 果梗部水滴処理：処理果数20個，表中の数字は亀裂の発生割合（%）



第128図 収穫時期の違いが果皮色 a*値に及ぼす影響
図中の縦バーは標準誤差



第129図 果皮硬度の経時的変化
図中の縦バーは標準誤差

生が認められた（第127図）。次に果皮片，水滴を果面に付着する処理および果実全体を水に沈める処理を行い2時間ごとに亀裂の発生について観察した（第51表）。この結果，果皮片では亀裂が8時間後に発生したが，水滴の付着および果実全体を水に沈める処理区では24時間後でも発生が認められなかった。そこで，水滴の付着および果実全体を水に沈める処理を継続して行ったが3日後でも水滴を付着した区では亀裂の発生が認められなかった。果実全体を水に沈める処理によって2日後に20%の果実に亀裂の発生が認められ，5日後には40%の果実に亀裂が発生した。24時間水に

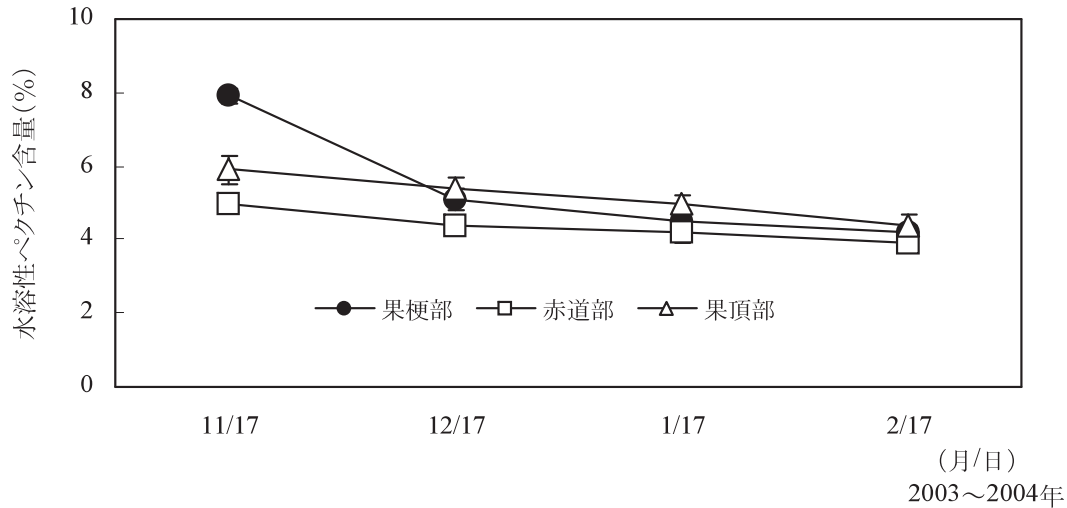
浸漬する処理によって1 cm²当たりの吸水量は，果皮片で512±15mgであったが，果実ではわずか10±0.3 mgであった。

実験3. 果実の果皮色の経時的変化

果皮の a*値は成熟が進むに従って高くなった（第128図）。

実験4. 果実の部位別の果皮の厚さ，果皮硬度および水溶性ペクチン含量

果皮の厚さは果梗部4.8mm，赤道部が4.2mmと薄く，果頂部は4.5mmであった（第52表）。果皮は成熟につれて柔らかくなった（第129図）。水溶性ペクチン



第130図 水溶性ペクチン含量の経時的変化

第52表 ‘清見’ タンゴール果面の部位の違いと気孔数，油胞数および果皮の厚さについて

	気孔数(個/mm ²)	油胞数(個/cm ²)	果皮の厚さ(mm)
果梗部	24.2±1.3	33.6±1.1	4.8±0.2
赤道部	30.9±2.6	38.2±1.41	4.2±0.1
果頂部	33.6±3.3	46.6±1.6	4.5±0.2

含量は成熟が進むにつれて漸減した（第130図）。

実験5. 果実の部位の違いと気孔数，油胞数

気孔数と油胞組織数は共に果頂部で最も多く，気孔数は1mm²当たり33.6個，油胞組織数は1cm²当たり46.6個であった（第52表）。

第2節 考 察

‘清見’ タンゴールの果実に新しい果皮障害の発生が認められた。この新しい障害の症状は果梗部を取り巻く様に小さな亀裂や果面が凹陷した斑点が生ずる。しかし，この障害の発生時期や原因が明らかでない。この障害はナツダイダイ等（井上，1967；北島・梶原，1965）で認められている水腐れ病と類似した症状を呈しているため本論文では水腐れ類似症と呼称した。井上（1967）によるとナツダイダイの水腐れ病は最初に亀裂が生ずると述べている。‘清見’ タンゴールでも果梗部周辺に小さな多数の亀裂の発生が認められた。さらに，‘清見’ タンゴールと同様の障害が‘朱見’，‘天草’ および ‘不知火’（河瀬ら，1999）の果実に認められると共に，‘南香’ と ‘天草’ の交雑種である ‘愛媛果試第28号’ にも認められるようになった（三堂，2005）。これらの品種はいずれも ‘清見’ を交雑親としたもので，この障害の素因は遺伝的な形質であ

ると考えられる。

水腐れ類似症の発生時期を明らかにすることができた。10月および11月の収穫果実には発生が認められなかった。また，12月下旬には僅かながら認められたが主に2月以後にその発生が認められた。このことから果実の成熟が進むほどこの障害は多く発生することが明らかである。井上（1967）によるとナツダイダイではこの時期が果実の2次肥大の最盛期であると述べている。‘清見’ タンゴールでも2次肥大期と考えられるがこの点については今後詳しく調査したいと考えている。いずれにしても，この障害は果実の ageing と深い関係がある。

果皮片を作成し水に浸すと小さな亀裂が果皮表面に発生した。亀裂の発生は10月や11月に収穫した果実には認められなかった。しかし，12月から2月に収穫した果実には亀裂が認められた。また，果実の果梗部に水滴の付着処理や健全な果実を24時間水に浸漬する処理を行ったが亀裂の発生は認められなかった。さらに，果実の果梗部に水滴の付着処理を3日間行っても亀裂が発生しなかった。このことから，単に果実に水滴が付着しただけでは亀裂が発生しないと考えられる。それゆえ，この障害は最初に亀裂が発生するが，その発生の原因が果面に水分が付着することによって生ずるものでないことが明らかである。井上（1967）は果梗

部のくぼみに雨滴がたまり、この水が果皮組織に侵入し、フラベド細胞を膨潤させることにより亀裂が発生すると述べているが、本実験の結果では果梗部に水滴の付着処理を3日間行っても亀裂が発生しなかったことから考えると、この点では井上(1967)の結果とは異なっている。

果皮は成熟につれて軟化するため、果皮の軟化は‘清見’タンゴールの成熟度を示す特徴の一つと考えられる。果皮の厚さは果梗部で僅かに厚かったが部位による大きな違いがないため、この障害の発生には果皮の厚さは関係がないと思われる。果皮の a^* 値は成熟につれて高くなり、水溶性ペクチン含量は成熟が進むにつれて漸減した。

これらの結果から、果皮の硬度、 a^* 値および水溶性ペクチン含量は果実の成熟度を判定する指標と考えられると共に水腐れ類似症の発生時期を推定する指標となる。すなわち、これらは果実の発育の進行や果皮組織の成熟を支配している要因でありこの障害の発生の誘因の一つと考えられる。

気孔数と油胞組織数は果頂部で最も多かったがこの障害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。

井上(1967)によるナツダイダイの水腐れ病の発生機構を要約すると以下の様である。果皮が二次肥大開始→果皮細胞の水分含量増大→降雨により水滴付着→気孔より水分を吸収しフラベド細胞が膨潤するため外層が裂開→亀裂部よりさらに水が侵入し亀裂増大→コルク形成、癒症あるいはスス病の病原菌類の菌糸や塵埃などが亀裂部に沈積することから黒変や腐敗に至る過程を示している。‘清見’タンゴールの水腐れ類似症の調査結果を総合すると、果実の果梗部に亀裂の発生→亀裂増大→コルク形成、癒症あるいは亀裂部の細胞の崩壊による亀裂増大→黒変や腐敗による水浸状斑点となり症状が拡大すると考えられる。これらのことから、ナツダイダイの水腐れ病の発生と‘清見’タンゴールの水腐れ類似症の発生では、最初に亀裂が発生する点では同じであると考えられる。

しかし、この様な障害に対して水腐れ病と呼称するのが適切かどうかについて検討する必要があると思われる。なぜならば、井上(1967)は和文を水腐れ病とし、英文を Water Spot Injury としており、この障害の最初の症状が亀裂であることから病とするのは問題であると思われる。さらに、ネーブルオレンジにおいても(Ruther, 1978)、Water Spot はアルベド細胞内の水分過剰による果皮細胞の膨潤が原因であると述べており、この障害は病気でないことは明らかである。加えて、Sinclair(1984)も Water Spot は果皮細胞の

膨潤が原因であると述べており、この障害は病気でないことは明らかである。また、改訂の園芸学用語集(1987)においても水腐れは Water spot あるいは Water rot を用いており、病を用いるのは適切でないと考えられる。そこで、この障害に対し‘清見’タンゴールの水腐れ症が適当であると考えられる。

第3節 摘要

‘清見’タンゴールの果実に発生する果皮障害の一つである水腐れ類似症(この果皮障害について、本研究ではこの様に呼称した)について、症状の特徴、発生時期、水滴処理による果面の亀裂の発生の有無、成熟と関係が深いと思われる果皮色、果皮硬度および水溶性ペクチン含量等について調査研究を行った。この障害は主に2月以降から発生し収穫時期の3月に最も多く認められる。果皮片を水に浸漬する処理を行うと亀裂の発生が認められた。しかし、果実に水滴が付着しても亀裂が発生しないことが明らかになった。果実の成熟指標の一つである水溶性ペクチン含量は成熟が進むに従って減少した。果皮も同様に成熟が進むに従って軟らかくなった。果皮の赤みを示す a^* 値は成熟につれて高くなった。気孔数と油胞組織数は果頂部で最も多かった。果実の成熟が進むにつれて水腐れ類似症の発生率が増すことから、この発生は果実の成熟と密接な関係があるものと考えられる。水腐れ類似症は今回の結果から、ナツダイダイの水腐れ病と同じ症状と考えられる。この障害の名称としては‘清見’タンゴールの水腐れ症が適当と思われる。

第9章 ‘宮内’ イヨ果実の冷風害

第1節 症状および発生原因

緒 言

‘宮内’ イヨは中晩柑類の中では比較的果皮障害の少ない品種と考えられていた。しかし、1983年度産の‘宮内’ イヨでは貯蔵中に果皮障害が発生し、その割合は貯蔵果実の約10%にも達した。貯蔵庫の構造の違いによって発生割合も異なり、貯蔵果実の30%以上が被害を受けた農家も多く認められた。この果皮障害の原因は低温と過湿であることを近泉ら（1988）が指摘した。また、‘宮内’ イヨのこの障害に対する呼称も一般にはヤケ症とかこはん症とよばれていたが低温が主因であるものをこはん症、過湿が主因であるものをヤケ症とに分類した。さらに、この果皮障害の防止対策は次の通りである。すなわち、果実を収穫と同時に2から3%減量の予措を行った後、貯蔵庫内の温度を8℃から15℃で相対湿度を80から95%に保つことである。相対湿度（果実から蒸散された水分）の調節には、貯蔵庫に換気扇を取り付け、果実の貯蔵量に対応した定期的な換気を行うことである。以上の方法により、‘宮内’ イヨの貯蔵中に発生する果皮障害の原因の解明と防止対策が確立され、果皮障害が発生しても極めてわずかなので大きな問題とはならないのが現状である。

ところが、‘宮内’ イヨの樹上果実に新しい果皮障害が発生し、しかも、樹冠外周の品質のよい果実に被害が多く、収穫時の大きな問題となっている。‘宮内’ イヨは約20万トンの生産量があり、その2から3%に障害が発生しても、農家の受ける経済的な損失は大きなものである。まして、10%以上の被害となれば、農家の受ける損失は莫大なものとなる。それゆえ、この果皮障害は‘宮内’ イヨ栽培上の重要な問題の一つである。近泉ら（1988）は、この障害の原因は風であるとし、1988年に初めて冷風害（cold wind injury）と呼称した。この障害はこはん症に似た症状を呈し、冷風が強く当たる果面の赤道部に発生するのが特徴で、‘宮内’ イヨの新しい果皮障害として定義づけた。しかし、観察が進むにつれて、11月下旬から12月上旬に発生する場合には赤道部に発生が多く、12月中下旬以降に発生する場合には赤道部だけでなく果頂部にも発生することが分かった。樹上果実に発生する新しい果皮障害に対し‘宮内’ イヨの冷風害と名付けたが、障害の発生割合、風速と障害の発生、果実の結果位置と障害発生などについて十分に明らかになっていない。そこで、これらの点を明らかにすると共に、11月下旬

から1月上旬まで、果樹園に風速計を設置し、風速と果皮障害（冷風害）の発生との関係等について調査した。

材料および方法

(1) 冷風害の発生割合

樹上での障害果（冷風害）の発生割合を明らかにすることを目的に3か年の調査を行った。調査に用いた‘宮内’ イヨの樹と園は次のとおりである。1990年度は愛媛大学教育学部の圃場に栽培されている5年生の果実を、1991年度は愛媛県松山市の農家の傾斜地で栽培されている10年生樹の果実を、そして1992年度は愛媛県北条市の農家で栽培されている10年生樹の果実を用いた。3か年とも、11月20日にランダムに選んだ果実150個にラベルを付けた。そして、翌年の1月16日に収穫し障害果（冷風害）の発生を調査した。

(2) 果実の結果位置の違いと冷風害の割合

果実の結果方位と障害果の発生割合を調査するため、樹冠の東西南北に結実した果実をそれぞれ50個選んだ。次に、樹冠の位置、すなわち上部（地上部より2m以上）、中間部（地上部より1から2mの間）と下部（地上部より1mまで）に結実した区を設けた。また、樹冠外周に結実した果実を外なり果とし、樹冠内部に結実した果実を内なり果とした区を設けた。

(3) 袋掛けと冷風害の発生割合

‘宮内’ イヨの果実に紙袋を掛けた。紙袋掛けは1992年10月20日、11月10日と11月20日に樹冠外周で、しかも地上部より1m以上に結実した果実50個に行った。対照区は袋掛けした果実と日照条件の同じ果実を選んだ。

(4) 冷風害発生時の風速と温度

風速を11月下旬から1月中旬まで毎日連続で測定した。測定には、風速計（アネモマスター6141型、日本科学工業社製）を用いた。温度の測定には自記温度計を用いた。

(5) 果実からの蒸散量の測定

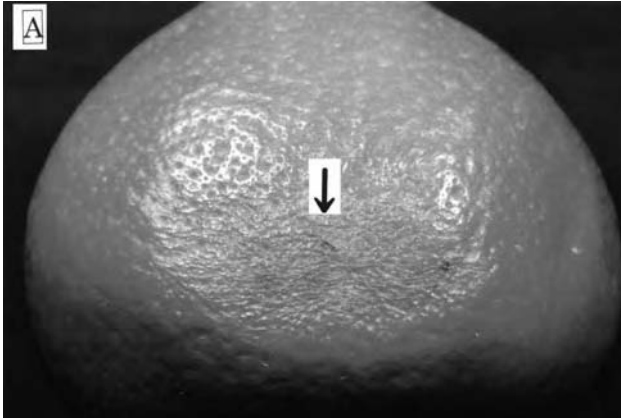
9月と12月に日射部と日陰部の果実の蒸散量を測定した。蒸散量の測定方法は果実全体をポリ袋で覆い、袋の一端から小型のエアーポンプにより1.5l/分の空気を送り込み、他の一端に装着したCaCl₂を含んだ管に水分を吸着させた。また、気温、果面温度および照度についても測定した。果面温度や気温は熱伝対を用いて経時的に測定した。

結果

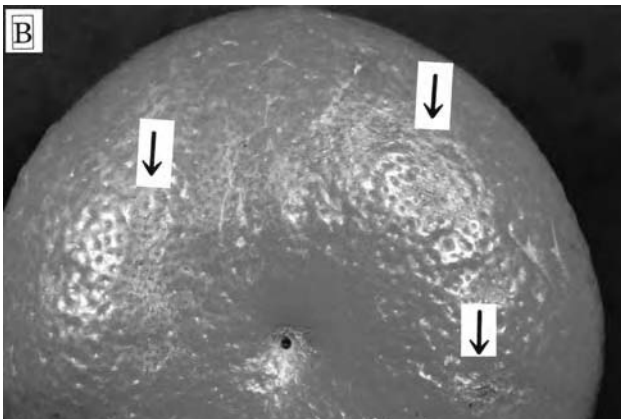
冷風害の発生

(1) 冷風害の発生割合

第131図は‘宮内’イヨの樹上果に発生した冷風害の図である。障害果は果実の赤道部に円形あるいは楕円形に脱水されたような症状を呈するのが特徴である。



A：代表的な冷風害（矢印）



B：初期の症状（矢印）

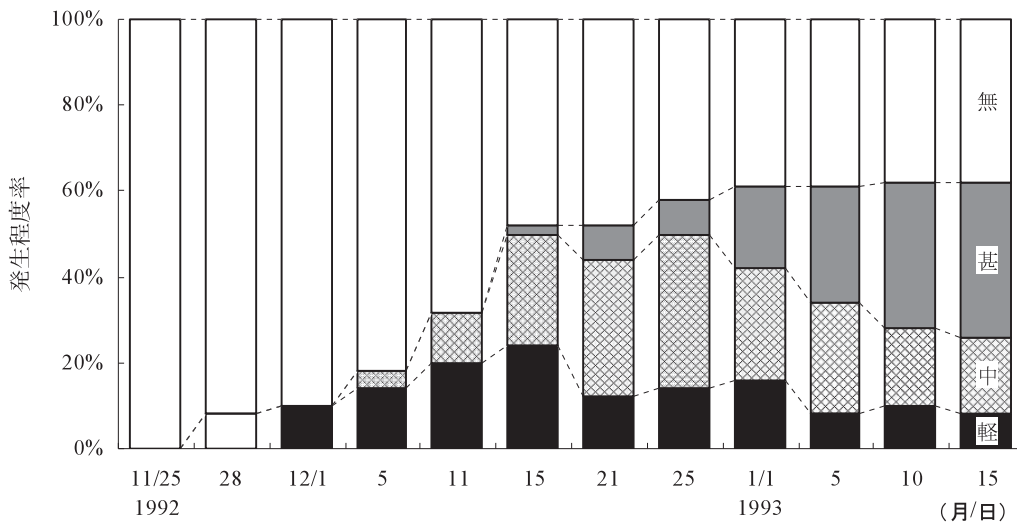
第131図 ‘宮内’イヨの冷風害

次に、1990年、1991年と1992年度産の‘宮内’イヨの樹上での障害果の発生割合について調査した結果を第53表に示す。1990年度産では150果中41果に障害が認められ、その割合は27.4%、1991年度産では150果中61果で、その割合は40.7%、1992年度産では150果中57果で、その割合は38.0%であった。また、第132

第53表 ‘宮内’イヨ樹上での果皮障害（冷風害）の発生

年	項目	調査果数 (%)	健全果数 (%)	障害果数 (%)
1991	調査果数	150	109	41
		(100)	(72.6)	(27.4)
1992	調査果数	150	89	61
		(100)	(59.3)	(40.7)
1993	調査果数	150	93	57
		(100)	(62.0)	(38.0)

調査日：1991年 1月16日
 ：1992年 1月16日
 ：1993年 1月16日



第132図 ‘宮内’イヨの冷風害の発生とその程度

図に障害の発生とその程度について経時的に調査した結果を示す。その結果、発生初期には被害の軽度、中度の果実であったものが時間の経過とともに被害の程度が甚になることが分かった。

(2) 果実の結果位置の違いと冷風害の割合

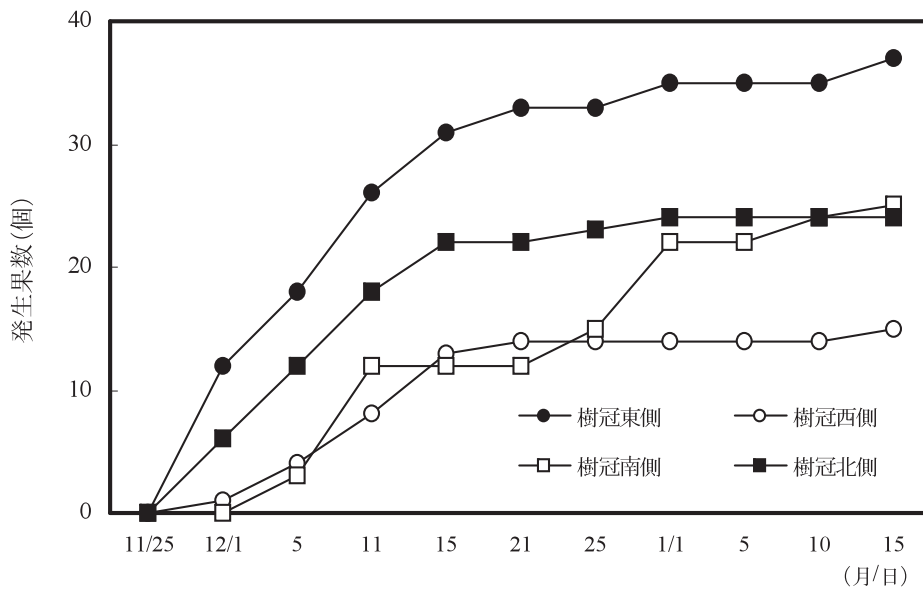
第133図に結果部位の違いと冷風害の発生との関係を調査した結果を示す。樹の東、南と北側で発生が多く、西側でやや発生が少なかった。第134図に結果部位別（東西南北）の外なり果における、同一果実の日射部とその反対側の果面の日陰部における冷風害の発生を調査した結果を示す。この結果、東、南と北側の日射部で発生が多く、日陰部では発生は認められなかった。結果部位別（東西南北）の内なり果で、外側に面した果面を日射部とし、その反対側の果面を日陰部

とした果実の障害の発生を調査した結果を第135図に示す。この結果より第134図と同様に日射部で発生が認められたが、日陰部では発生が認められなかった。第54表に結果部位（樹冠上部、樹冠中部と樹冠下部）の違いと障害の発生との関係を調査した結果を示す。その結果、樹冠上部と中部では発生が多く、下部では

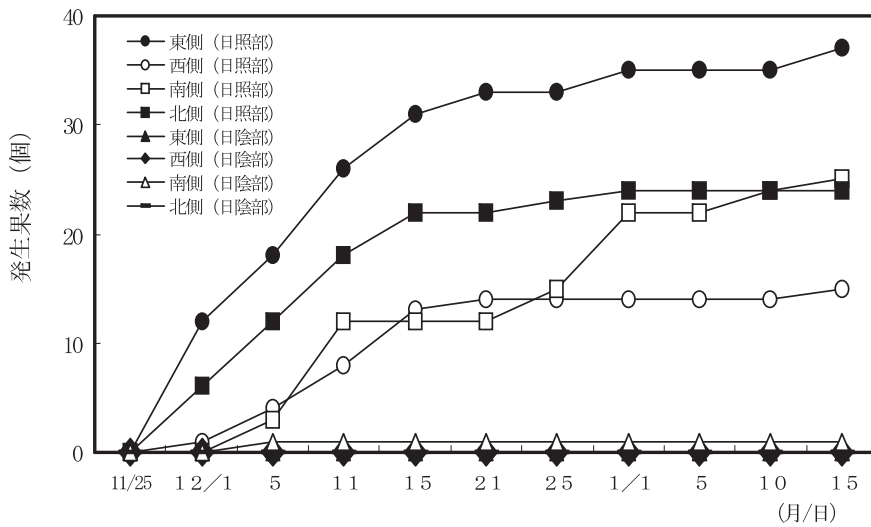
第54表 結実部位と果皮障害の発生率

	発 生 率 (%)			
	軽	中	甚	無
樹冠上部	31.8	15.9	18.2	34.1
樹冠中間部	17.1	14.9	8.5	59.6
樹冠下部	22.6	4.8	3.2	69.4

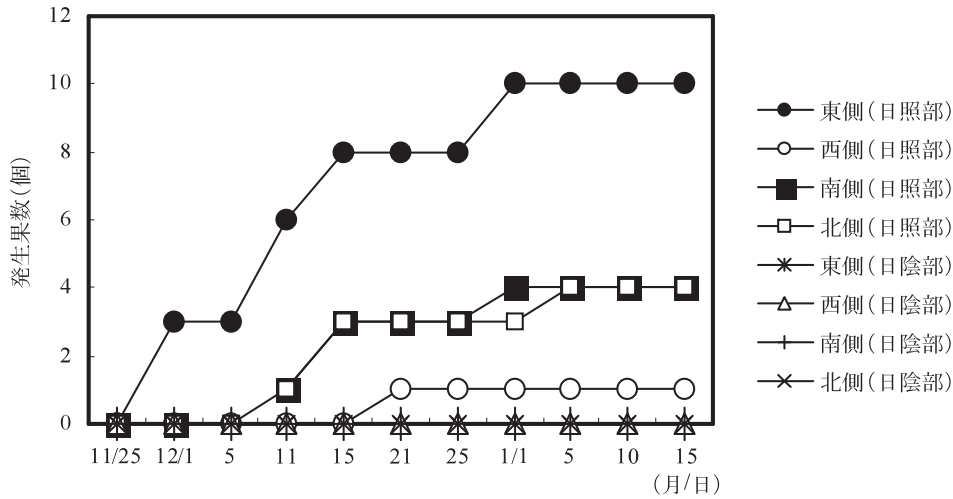
調査日：1993年1月15日



第133図 結果部位の違いが冷風害の発生に及ぼす影響



第134図 結果部位の違いが冷風害に及ぼす影響 (外なり果)



第135図 結果部位の違いが冷風害に及ぼす影響 (内なり果)

発生が少なかった。被害程度も樹冠上部と中部ではひどいものが多かった。

(3) 袋掛けと冷風害の発生割合

第136図は袋掛けの時期の違いと冷風害の発生との関係について調査した結果である。10月20日、11月10日と11月20日に袋掛けを行ったが、いずれの区においても果皮障害の発生は認められなかった。

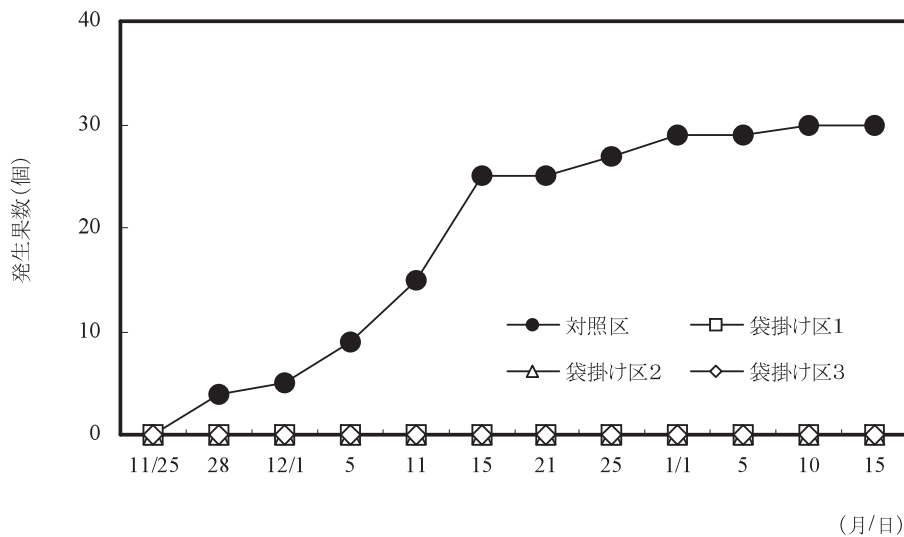
(4) 冷風害の発生時の風速と温度

1991年12月28日に比較的強い風が吹き、その後に障害果実が多く発生した。そこで、12月28日の風速を測定した結果を第137図に示す。また、第138図に果皮障害の発生が認められない時の風の状態を示す。第137図において、風速は3m/秒以上で、しかも、連続的に風速が認められた。次に1992年12月11日にも強い風が吹き、その後に障害果実が発生したことから、12月11日の風速を測定した結果を第139図に示す。この結果、

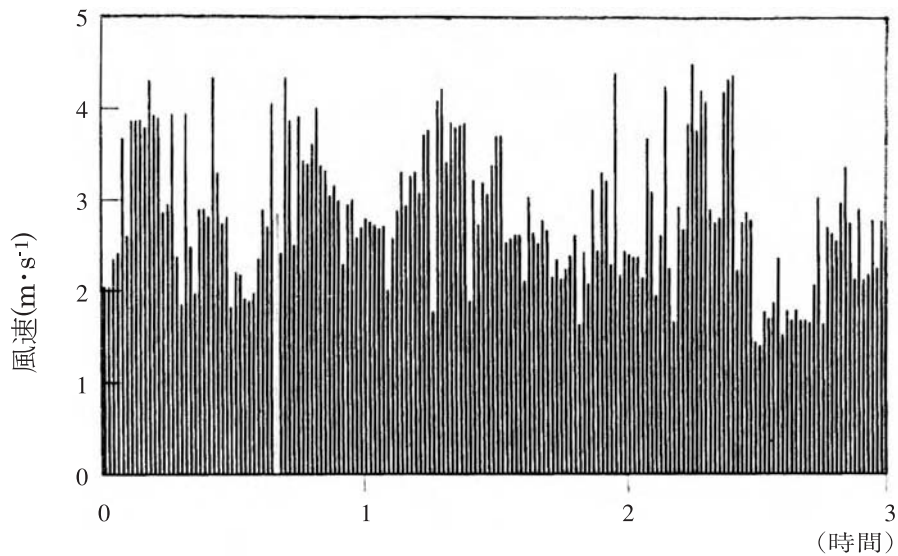
1991年12月28日と同様に、3m/秒以上の風速が連続的に認められた。次に、第140図と141図に果皮障害発生前と発生時の1時間ごとの気温と風速の変化を示す。この結果、発生時には気温も8℃以下であった。第142図に日射部と日陰部の果面温度の経時的変化を示す。日射部では果面温度が日陰部より10℃以上の高い値を示した。日陰部の温度は気温とほとんど同じであった。第143図に夜間の果面温度を示したが、日射部でわずかに日陰部より温度が低かった。

(5) 果実からの蒸散量の違い

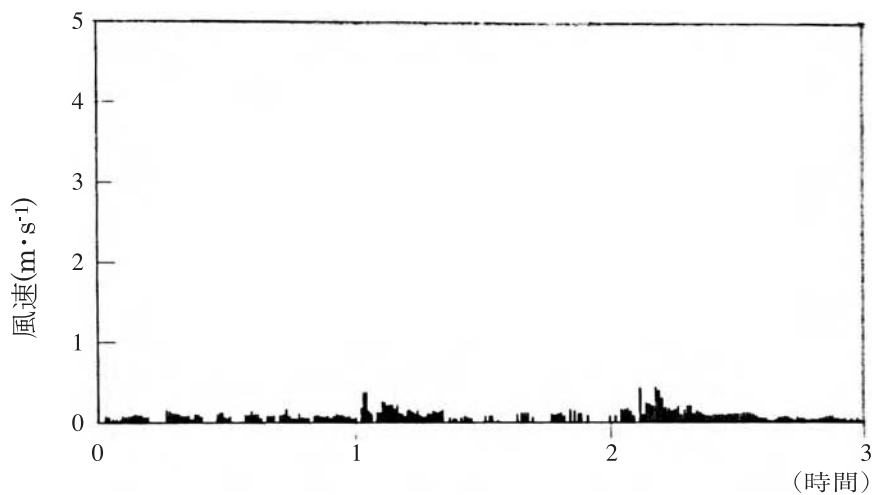
第55表と第56表に‘宮内’イヨの日射果と日陰果の蒸散量の違いについて示す。この結果、9月の快晴日では、日射果の蒸散量は日陰果の約2倍も多いことが明らかとなった。しかし、12月下旬には蒸散量も9月よりはるかに少なく、快晴日でも日射果と日陰果の蒸散量の大きな違いは認められなかった。



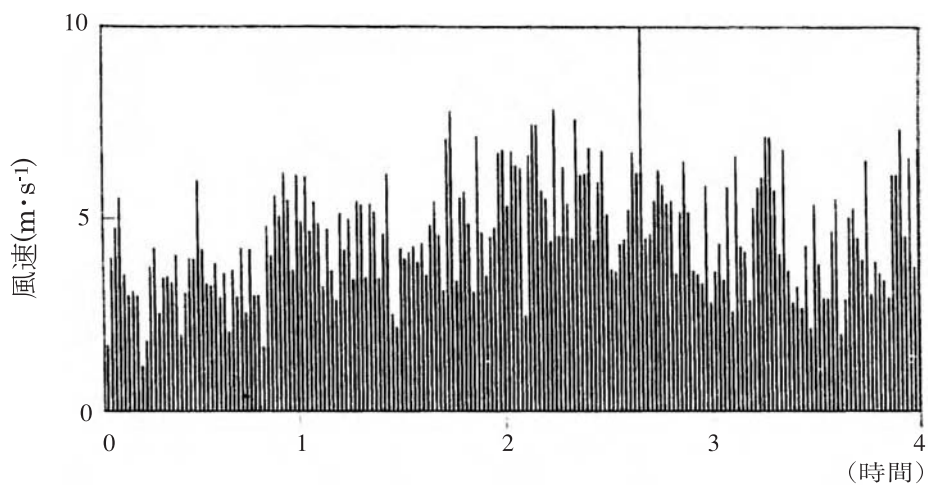
第136図 袋掛けが冷風害の発生に及ぼす影響



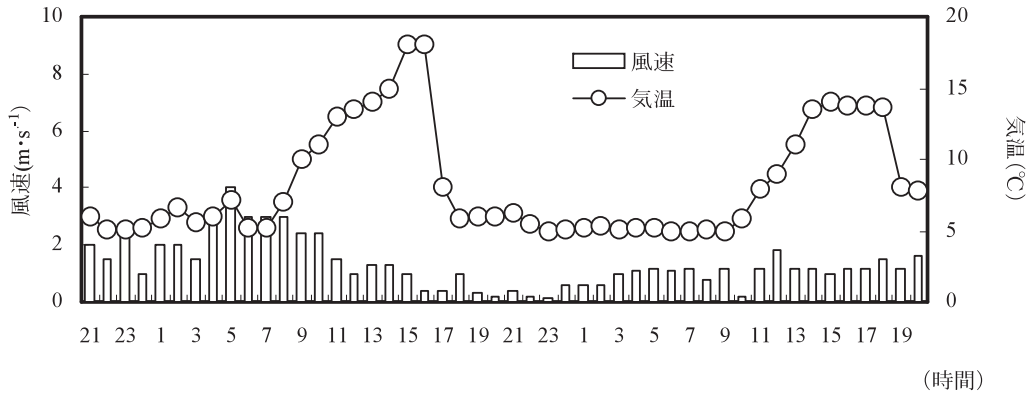
第137図 ‘宮内’ イヨの冷風害の発生時の風速の経時変化
調査日：1991年12月28日



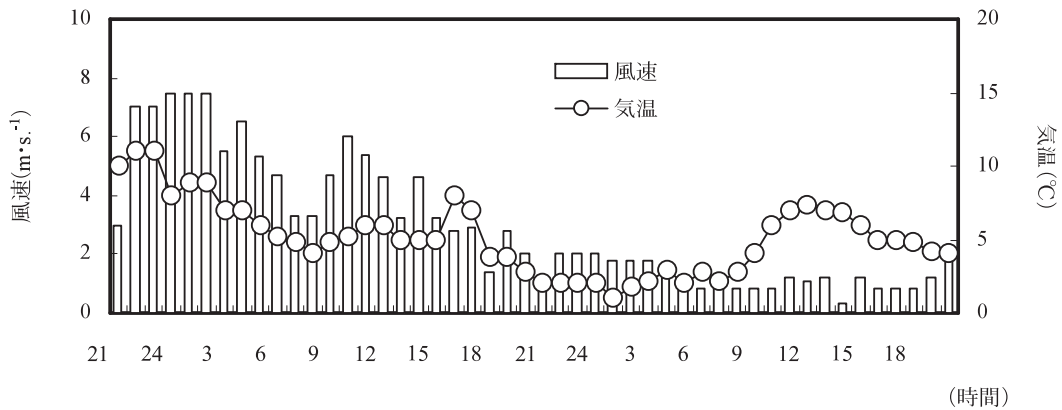
第138図 平常の風速の経時的変化



第139図 ‘宮内’ イヨの冷風害の発生時の風速の経時変化
調査日：1992年12月11日



第140図 ‘宮内’ イヨの冷風害の発生以前の気温と風速



第141図 宮内イヨの冷風害の発生時の気温と風速

第55表 気象条件の違いと‘宮内’イヨ果面からの蒸散量

	快 晴	晴 れ 時々曇り	曇 り 時々雨	夜 間	果実重量
日射果	6.3 (3.4)	5.5 (3.0)	2.2 (1.1)	2.7 (1.5)	185.6
日陰果	3.6 (1.9)	2.2 (1.2)	1.5 (0.8)	2.5 (1.3)	188.1

調査日：9月18日－10月5日

調査時間：AM10－15時

夜間は PM 6－AM 6 時

1 果当りの数で表示

() 内：果実100g 当りの蒸散量

第56表 気象条件の違いと‘宮内’イヨ果面からの蒸散量

	快 晴	晴 れ 時々曇り	曇 り 時々雨	夜 間	果実重量
日射果	1.4 (0.5)	1.5 (0.5)	1.4 (0.5)	1.9 (0.7)	278.3
日陰果	1.0 (0.4)	1.0 (0.4)	1.0 (0.4)	1.5 (0.6)	251.9

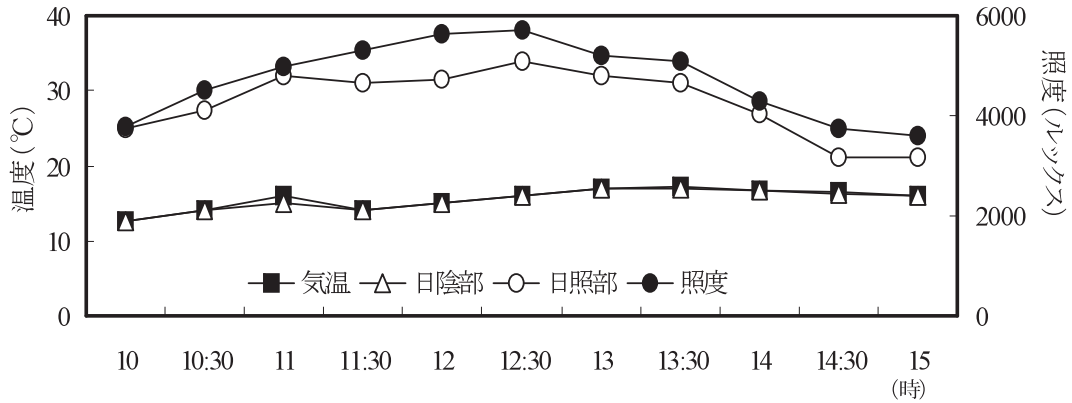
調査日：12月25日－30日

調査時間：AM10－15時

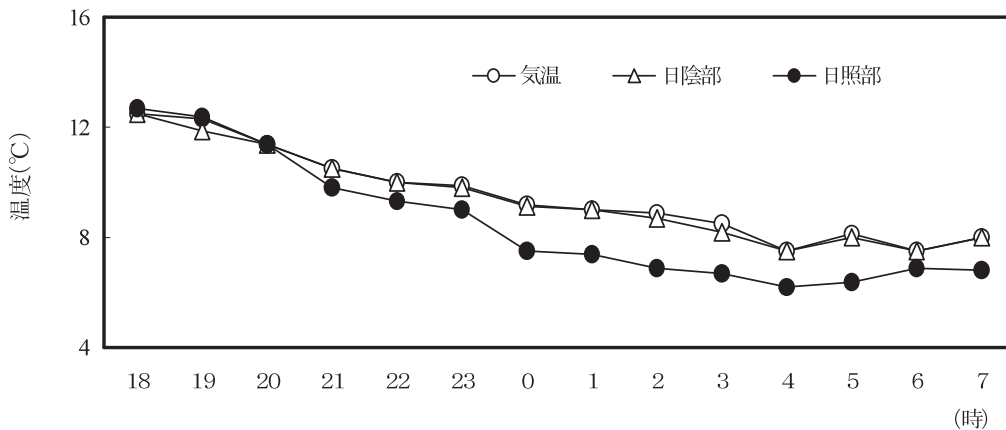
夜間は PM 6－AM 6 時

1 果当りの数で表示

() 内：果実100g 当りの蒸散量



第142図 宮内イヨ果実の日照部と日陰部の温度並びに照度の経時的変化



第143図 ‘宮内’ イヨ果実の夜間の日照部と日陰部の温度の経時的変化

第2節 考察

‘宮内’イヨの樹上果に発生する新しい果皮障害に対する初めての記述は近泉ら(1988)によるものである。その記述は次のとおりである。「昭和62年12月上旬に愛媛県下で、イヨカンの樹上で新しい果皮障害が発生し、果実の2~3%が被害を受け、多い場合は20%に達する園もあった。原因は冷風(cold wind injury)によるものであると推定し、ここでは、この様に呼ぶことにした。これはこはん症に似た症状であるが、冷風が強く当たる果面の赤道部に発生するのが特徴で、‘宮内’イヨの新しい果皮障害として研究を続けてゆきたい。」以上のように記述したが、この果皮障害の原因も不明の点が多く防止対策も明らかになっていない。

そこで、最初に果皮障害の発生時期について調査した。果皮障害の発生時期は果実の収穫前あるいは収穫期であり、この時期は‘宮内’イヨ果実の成熟初期に当る。さらに、その結果部位は樹冠外周の果実で、しかも、果実の発生部位は主に赤道部である。また、赤道部でも、日陰部ではなく日照部だけに発生すること

がわかった。すなわち、日射(果面温度)がこの果皮障害の発生には関与していることが明らかである。

次に、10月20日、11月10日と11月20日に紙袋を果実に掛けたが、障害果の発生は認められなかった。同様に、高木ら(1992)も紙袋を掛けることによる果皮障害の防止効果があることを報告している。11月20日に紙袋を掛けても障害の発生が認められないことから、この障害の発生時期は紙袋を掛けた後であることがこの点からも明らかである。また、袋掛けにより障害を防止できることから、この障害の原因は果実を取り巻く環境要因にあることが推定できる。すなわち、袋掛けは風や日射等の果実を取り巻く環境要因から果実を保護する役割を果たし、その結果、果皮障害の発生が防止されたものと推定された。

そこで、風速を連続的に測定したが、常に果皮障害の発生前には比較的強い風があった。その風速は3m/秒以上で、しかも数時間以上も連続していた。また、カンキツの樹冠内外の風速分布については武智(1973)による詳しい報告があり、風速は樹冠上部と外周で強く樹冠内部では弱いことを明らかにしている。このことから、果皮障害の発生が樹冠上部や外周に多いこ

とが理解できる。

日射部では果皮障害の発生が認められたが日陰部ではその発生が認められなかった。日射部と日陰部の果実からの蒸散量を測定したが、日射部の果実では日陰部の果実の約2倍以上の蒸散量があった。すなわち、日射部は日陰部よりも蒸散ストレスを受けやすいことが明らかで、給水と蒸散のバランスが崩れると日射部では果皮障害が発生するものと思われる。カンキツ樹の吸水と蒸散との関係について、玉井ら(1957, 1961)はカンキツ樹の吸水量の季節変化を調べ、冬季のカンキツ樹の吸水量は非常に少なく、吸水量の日変化も認められないことを明らかにすると共に、冬季にカンキツの根の吸水量が異常に減退する地温は約10℃であると指摘している。さらに、カンキツの根部の冷却に伴う吸水と蒸散との関係を調査した結果、蒸散量が吸水量の数倍に達し、低温条件下では体内水分収支に不均衡が生じやすいことを明らかにしている。この点から、‘宮内’イヨでも果実の収穫期には急激に温度が下がり、根の吸水力が減少するにもかかわらず、日射部の果実では蒸散量が増大する上に、風によっても蒸散が急激に促進され、水分のアンバランスが生じ、日射部で障害が発生するものと思われる。

今回の調査から、果皮障害は、(1)果実(果皮)の成熟初期に、(2)11月から12月に比較的強い日射を受けた果面で、(3)日射を受けた果面に3 m/秒以上の風速を数時間継続して受けた後に発生することが明らかになった。

最後に、‘宮内’イヨの樹上果に発生する果皮障害に対して冷風害と呼称したが、この呼称が一般の栽培者にも用いられるようになっている。

第3節 摘要

‘宮内’イヨの樹上で発生する果皮障害(冷風害)の原因を明らかにした。‘宮内’イヨの果皮障害(冷風害)発生の割合は20から40%にも達することが分かった。果皮障害の発生部位は果実の赤道部で、しかも日射部ある。果皮障害(冷風害)の発生時の風速は3 m/秒以上で、数時間連続してこの風速があり、その後発生することが分かった。

障害の発生は樹冠の外なり果の日射部に多く、内なり果の日射部は少なかった。しかし、外なり果、内なり果とも日射部の反対側の果面、すなわち日陰部では発生は認められなかった。さらに、障害果の多くは樹冠上部と赤道部であり、樹冠下部ではほとんど発生が認められなかった。10月と11月に紙袋を果実に掛けた結果、果皮障害(冷風害)の発生を防止することがで

きた。同一果実の日射部で果面温度が日陰部より10℃以上高く、夜間は日射部がやや低かった。樹上果実の日射部と日陰部の9月と12月における蒸散量を明らかにした。9月では蒸散量も多いが、12月では少なかった。また、日射部では日陰部の約2倍以上の蒸散量があった。

総 括

カンキツ類の果実に発生する障害には病害、虫害、農薬の害、養分欠乏による障害、物理的な害並びに生理的な害がある。果皮障害の中でも、病害、虫害、養分欠乏による障害等は、ほとんどその原因が明らかである。ところが逆に、生理障害の発生原因は明らかになっていないものが多い。果実の生理障害は果肉と果皮の大きく分けて二種類の障害に分類できる。果肉の障害には粒化症（ス上がり）、粒化症以外のス上がりとして、①萎縮性ゼリー化症、②砂じょう乾燥症、③寒害によるス上がり等がある。果皮の障害には日焼け症、裂果、浮皮、水腐れ症、こはん症、褐変症、油胞黒変症、黄斑症、ユズハダ果、回青等がある。

日焼け症は主にウンシュウミカンに発生するが、特に早生系統にその発生が多い。それゆえ、日焼け症は早生ウンシュウミカンを栽培する上で大きな問題の一つである。そこで、早生ウンシュウにおける日焼けの原因と発生過程を明らかにした。次に、裂果はネーブルオレンジ類の果実に特に多く発生するため、ネーブルオレンジ類の栽培が安定しない大きな原因の一つである。この裂果の原因を明らかにするため、露地栽培と施設栽培（ビニールハウスの加温栽培）における裂果の発生について調査し、二三の知見を得た。ウンシュウミカンの生産過剰対策の一つとして、ウンシュウミカンから中晩柑類への高接による更新、あるいは外国からの新品種の導入が盛んに行われた。これらの品種の栽培面積が増加するに伴い、栽培上あるいは貯蔵上の問題点も多く発生するようになった。中でも、中晩柑類が結実期になると樹上の果実や貯蔵中の果実にこはん症と呼ばれる障害が発生し、栽培上あるいは貯蔵上の大きな問題となった。そこで、中晩柑類に発生するこはん症の発生原因と防止対策の確立について調査研究を行った。さらに、こはん症とは異なる新しい果皮障害の発生が‘清見’タンゴールと‘宮内’イヨに認められたので、これらの発生原因と防止対策についても調査研究を行い二三の新しい知見を得た。

(1) 早生ウンシュウの日焼け症

日焼け症は、この名が示すとおり強日射により果面が障害を受ける生理障害である。果面が数時間にわたって強日射にさらされ、果面温度が40℃前後まで上昇し、その部分が緑から黄緑になる。さらに、黄緑部が強日射を受けると、果面温度はさらに高くなり、果皮表面が乾燥状態を呈し、乾燥に伴って果面に多数の小さな亀裂の発生、油胞組織や気孔組織が崩壊する。さらに、黄緑部が肥厚し、果肉はス上がりする。これが

日焼け症の発生であることを明らかにした。また、日焼け症の発生は果皮の ageing と深く関わっており、日焼け症の発生時期は果実の肥大成長期から成熟期で果皮内の成分が大きく変化する時に発生し、果実の発育初期や完全に成熟した果実では強日射を受けても日焼け症は発生しないことが分かった。

(2) ネーブルオレンジの裂果

ネーブルオレンジの果実の裂開の形質的特徴から次の3タイプに分類することができた。①果皮色が緑の期間中に発生し、果実が2等分に大きく割れるタイプ、②着色開始期に赤道面で縦あるいは横に割れるタイプ、および③着色後期に砂じょうの一部が肥大して小さな亀裂を果面に生ずるタイプ。裂果は果皮と果肉組織の肥大速度のアンバランスによって裂開が発生すると言われていたが、その原因として、各じょうのうちに含まれる砂じょう数が、他のカンキツ類に比べて3ないし5倍も多く、裂果がこの特性に起因して生ずることを明らかにした。ネーブルオレンジの果皮の厚さを部位別に測定した結果、果こう部が厚く、果頂部が極端に薄くなっていることが分かった。ネーブルオレンジの比重が0.96であるのに対して、ハッサクと‘宮内’イヨのそれは約0.87であり、ネーブルオレンジでは果実中の含水容積率の高いことが、裂果の発生率を高められているものと推察した。また、本来土壌水分の調節ができる加温ハウス栽培で裂果率が高かったことから、土壌水分の多少が裂果に関与しているのではなく、裂果の原因は果肉組織の砂じょうの急激な肥大が原因であると考えられる。

(3) アンコールのこはん症

アンコール果の果皮障害の発生は果皮組織の ageing と密接な関係を有しており、果径が4 cm 以上になる9月から10月の2ヶ月間に発生するが、その場合4月開花の果実に発生し、7月開花の果実には発生しなかった。この症状は果実の陽光面に発生するが、日陰面では発生が見られなかった。陽光面の果面温度は38℃以上の高温となっており、この温度が4～5時間続くと果皮障害が発生した。そこでハウスのアーチ部を遮熱資材で被覆し、果面温度を30℃以下に保ったところ果皮障害の発生は軽減された。果皮障害の発生部をみると、油胞組織の果皮表面部に小さな亀裂が生じており、この部分から精油成分の漏出が認められた。この漏出した精油成分は果皮の柔細胞を破壊し緑色の斑点症状を誘起した。その後、この緑色斑点は時間の経過につれ黄色ないしは褐色に変色しコルク化した。アンコール果実から抽出した1油胞相当量の精油成分を人

為的に果皮に注入したところ、自然に発生するこはん症と同様の斑点症状の発生が認められた。アンコールの果皮表面に油胞組織から精油成分が漏出し、果皮の細胞を崩壊させることによってできる斑点がアンコールの果皮障害であり、この障害に対して、アンコールの‘こはん症’と命名した。防止対策として果面温度を38℃以下に下げることが出来る資材を施設のアーチ部に被覆したところ、対照区の陽光部では健全果の割合が僅か20%であったが、アーチ部に被覆した区ではその割合が70%以上になった。

(4) ‘大谷’イヨの果皮障害

‘大谷’イヨの果皮障害は主に貯蔵中に発生するが樹上の果実にも認められる。‘大谷’イヨの果皮障害には3種類あることを明らかにした。一つは果実が受ける高温並びに日射が主因となった障害である。原因は高温日射で、果面温度が38℃以上になると、果面の日照部に発生する。樹上で、果実の日照部が黄変し、黄変部が肥厚し早生ウンシュウミカンの日焼け症と同じ症状であるため ①“日焼け症”と命名した。収穫時には肉眼的に見て健全な果実であるが、貯蔵中に果実が樹上で受けた果面の陽光部に多数のピッティングが発生する。この障害に対して ②“こはん症”と命名した。他の一つは、貯蔵中に発生し、貯蔵中に果実が-2℃前後の低温に遭遇すると発生した。この障害の主因は低温であり果面が赤くただれた火膨れ症状を呈するため ③“ヤケ症”と命名した。“日焼け症”は高温や日射を軽減する袋かけにより防止できた。20℃の予措処理とポリ個包装を組み合わせることにより、貯蔵中に発生する“こはん症”や“ヤケ症”の発生を抑制することができた。

(5) ハッサクのこはん症

栽培条件および生育環境の違いがハッサク果実のこはん症の発生に及ぼす影響を調査したところ、果実が樹上にある限りこはん症の発生は認められなかった。また、5年間無肥料および無農薬の状態の放任園のハッサク果実ではこはん症の発生割合が対照区より20%も高く、その原因として土壌および果皮中の窒素含量が少ないことが考えられた。さらに、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。また、果実を低温に遭遇後収穫し20℃で貯蔵したところ、こはん症の発生割合は低温に遭遇前に収穫した果実と比較して20%も高くなった。ところが、低温に遭遇した果実をそのまま樹上においておき4月に収穫したところ、こはん症の発生は少なかった。このことから低温はハッサク果実のこはん症の発生に関与する誘因の一つと

考えられる。結果樹によって、こはん症の発生割合が25%から90%の違いがあった。着果方位、栽培土壌の違いや果面の粗滑ではこはん症の発生割合に大きな差は認められなかった。果実の重量が大きいものほど、また樹上で受ける日照量の多いほどこはん症の発生割合が高い傾向にあった。こはん症の発生周縁部は健全部より赤みが強かった。ウイルス罹病樹の果実の斑点はくさび型であることは新しい知見であるが、トリステザウイルスとこはん症の発生との関係については今後の課題として残った。

次に、コーン油、サフフラワー油そして植物油の主成分であるリノール酸の処理並びにワックス処理によってこはん症の発生が抑制された。これらはいずれも果皮からの蒸散やガス成分の揮散を抑制する働きがある物質である。しかし、これらの成分は果皮に浸透して、果皮の傷みが発生するので応用技術としては問題として残った。

5℃で貯蔵していた果実を20℃に変温後に、こはん症の発生は24時間から48時間の間に生じ、96時間以後では発生があまり認められない。それゆえ、こはん症が発生する生理的な変化が変温後の0~24時間の間に生じるものと考えられる。また、5℃から10、15、20、25、30および35℃へ変温したが、10℃から30℃の温度域でこはん症が発生した。さらに、5℃から15℃および25℃に変温したが、こはん症の発生は15℃で遅く25℃に変温すると早く発生が認められた。すなわち、変温後の温度が高いほど早くこはん症が発生した。特に、5℃と35℃ではこはん症の発生が非常に少なかった。これらのことから、こはん症の発生と変温による温度の違いが認められることから、蒸散や呼吸量の違いもこはん症の発生の誘因であると考えられる。

ポリ個包装とこはん症の発生との関係について調査したところ、収穫と同時にポリ個包装するとこはん症の発生がほとんど認められなかった。これらのことから、ハッサク果実のこはん症の発生には果皮からの水分の蒸散と関係がある様に思われた。そこで、ポリ個包装内の特徴について明らかにした。ポリ袋内の温度並びに相対湿度を測定したが温度は外気と差が認められなかったが、相対湿度は95%から100%で高く保たれていた。果実の減量の割合はポリ個包装で非常に少なかった。5℃でポリ個包装して長期間貯蔵した果実ではCO₂の排出量が対照果の10倍以上であった。ポリ個包装後、5℃で約4ヶ月間貯蔵後に、20℃に変温し、0、5、10、24、32および48時間後にそれぞれポリエチレン袋を除袋し、こはん症の発生を調査したが、24時間以内に除袋した場合にはこはん症の発生が認められたが、32時間以後に除袋するとこはん症の発生が

ほとんど認められなかった。

ハッサク果実1個当たりの気孔数は約80万個で、こはん症の発生部の気孔は開いていた。この点については今後さらに詳しく検討してゆきたい。

ハッサク果実のこはん症の発生原因である主因について明らかにすることができなかつた。しかしながら、いくつかの誘因については解明することができた。

(6) ‘清見’ タンゴールのこはん症

樹上でのこはん症の発生時期は1月中旬以後で、その発生割合は2～4%であった。

‘清見’ タンゴールの貯蔵中の果実に発生するこはん症は、果実が樹上で受けた日射並びに日照が主因であることを初めて明らかにした。収穫時には肉眼的にみて健全な果実であるが、果実が樹上で受けた果面の陽光部に、貯蔵中にこはん症が発生し、日射を受けていない日陰の果実ではその発生が認められない。陽光部の果面温度は同じ果実の日陰部のそれより10℃以上高かった。快晴の日における果実からの蒸散量は陽光部で日陰部の3倍も高かった。このことから陽光部の蒸散量とこはん症の発生とは密接な関係があるものと思われた。陽光部の果皮表面は滑らかであるが日陰部の果面は油胞と油胞の間が陥没した粗い果面であり、果面の滑らかな部分にこはん症が発生し、果面の粗い果実にはその発生が少ないことを明らかにした。ポリ個包装はこはん症の発生を抑える働きを持つが、ポリ個包装でもこはん症は発生する。油胞組織からの精油成分の漏出は認められず、‘清見’ タンゴールのこはん症の発生には精油成分が関与していないことが分かった。こはん症の発生とは直接関係ないが、収穫時期が遅くなるほど果皮の赤みの増加、糖含量の増加と酸含量の減少により、果実の品質が良くなった。このデータが基礎となり、12月に未熟な果実を収穫していたが、3月に成熟した状態で品質の良い果実を収穫できるようになったことに貢献できた。

(7) ‘宮内’ イヨの果皮障害

‘宮内’ イヨの貯蔵中に発生する果皮障害の原因を明らかにした。0℃前後の低温によりこはん症が発生する。加温ハウス栽培の‘宮内’ イヨの果実にはこはん症の発生が認められない。加温ハウス栽培の‘宮内’ イヨの果実は収穫時に完全に成熟しており、低温に対しても十分に耐性ができているものと思われる。次に、貯蔵庫の構造の違いによってこはん症の発生割合が異なった。庫内の温度が12℃前後で一定に保たれ貯蔵庫ではこはん症がほとんど発生しなかつた。このような貯蔵庫では相対湿度も95から100%で一定であった。

一方、障害の多く発生した貯蔵庫では外気温の影響を直接うけ温度および相対湿度が変化していた。貯蔵庫の温湿度の測定からもこはん症の発生原因は低温であることが分かった。ヤケ症は過湿状態に置かれた果実を乾燥状態に移すと発生することを明らかにした。収穫直後に20℃で、果実の減量割合が2～3%となる予借の処理を行うとこはん症とヤケ症の発生が抑制された。

(8) ‘清見’ タンゴール果実の水腐れ類似症

‘清見’ タンゴールの果実に発生する新しい果皮障害の一つである水腐れ類似症（この果皮障害について、本研究ではこの様に呼称した）の発生時期等を明らかにした。この障害は主に2月以降から発生し収穫時期の3月に最も多く認められる。果皮片を水に浸漬する処理を行うと亀裂が発生し、その発生は12月以降に収穫した果実の果皮片に認められた。果実の成熟指標の一つである水溶性ペクチン含量は経時的に減少した。果皮硬度も経時的に軟化した。果皮色を示すa*値は成熟につれて高くなった。気孔数と油胞組織数は果頂部で最も多かつた。果実の成熟が進むにつれて水腐れ類似症の発生率が増すことから、この発生は果実の成熟と密接な関係があるものと考えられる。水腐れ類似症は今回の結果から、ナツダイダイの水腐れ病と同じ症状と考えられる。この障害の名称としては‘清見’ タンゴールの“水腐れ症”が適当と思われる。

(9) ‘宮内’ イヨ果実の冷風害

‘宮内’ イヨの樹上で発生する果皮障害（冷風害）の原因を明らかにした。

冷風害の発生割合は20から40%にも達することが分かった。冷風害の発生部位は果実の赤道部で、しかも日射部である。冷風害の発生時の風速は3m/秒以上で、この風速が数時間連続してあり、その後発生することが分かった。障害の発生は樹冠の外なり果の日射部に多く、内なり果の日射部は少なかつた。しかし、外なり果、内なり果とも日射部の反対側の果面、すなわち日陰部では発生は認められなかつた。さらに、障害果の多くは樹冠上部と赤道部であり、樹冠下部ではほとんど発生が認められなかつた。同一果実の日射部で果面温度が日陰部より10℃以上高く、夜間は日射部がやや低かつた。樹上果実の日射部と日陰部の9月と12月における蒸散量を明らかにした。9月では蒸散量も多いが、12月では少なかつた。また、日射部では日陰部の約2倍以上の蒸散量があった。10月と11月に紙袋を果実に掛けた結果、冷風害の発生を完全に防止することができた。

参 考 文 献

- 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.
- 秋田忠夫・佐藤 隆・白石利雄・佐藤瑞穂. 1986. 開花時, 着色時の早晚とセミノールの生理障害発生. 園学要旨. 昭61秋: 444-445.
- 秋田忠夫・佐藤瑞穂・白石利雄・佐藤 隆. 1984. 袋掛けの有無, 遮光栽培とセミノール果の生理障害発現との関係. 園学要旨. 昭59秋: 432-433.
- Albrigo, L. G. 1972. Distribution of stoma and epicuticular wax on oranges as related to stem end rind breakdown and water loss. J. Amer. Hort. Sci. 97: 220-223.
- Allen, J. G. and K. J. Hall. 1981. Rapid method for the determination of abscisic acid applied to apple leaves. J. Chrom. 205: 199-201.
- Anaroni, Y. 1968. Respiration of oranges and grapefruits harvested at different stages of development. Plant Physiol. 43: 99-102.
- Asada, Y. and I. Matsumoto. 1971. Microspectrophotometric observations on the cell walls of Japanese radish (*Raphanus sativus*) root infected radish by peronospora parasitica. Physiol. Plant. 1: 377-383.
- 荒木忠治・泉 嘉郎・高野祐子・榊原英公・上野 勇. 1989. タンゴール‘清見’の成分特性と果汁加工適性. 果樹試報. B16: 41-66.
- Baba, H. and Y. Asada. 1970. Comparative anatomy and ultrastructure of some diseases appearing on peels of citrus fruits. Mem. Coll. Agr. Ehime Univ. 15: 1-19.
- 別府英治・石田善一・渡部悦也・大和田厚・向井 武. 1979. 伊予柑の予借, 貯蔵方法に関する研究. 愛媛果試報. 7: 1-18.
- 別府英治・渡部悦也・山口勝市. 1974. 早生ウンシュウの日焼け障害実態調査. 園学中四国支部要旨. 昭49: 4.
- Carter, G. H. and A. M. Neubert. 1954. Rapid determination of starch in apples. J. Agr. Food Chem. 21: 1070-1072.
- 近泉惣次郎. 1990. ワセウンシュウの日焼けに関する研究. 油胞組織の褐変物質. 愛媛大学農学部紀要. 34: 337-347.
- Chikaizumi, S. 2000. Mechanisms of rind-oil spot development in 'Encore' (*Citrus nobilis* Lour. × *C. deliciosa* Ten.) fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 69: 149-155.
- 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.
- Chikaizumi, S. 2002. Occurrence of rind disorders of 'Ootani' iyo (*Citrus iyo* hort. ex Tanaka, var. Ootani) fruit during the pre-harvest and storage periods. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71: 13-18.
- Chikaizumi, S. 2003. Causal factors of "Kohansho" disorder in 'Kiyomi' tangor fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 72: 306-311.
- 近泉惣次郎・天野勝司・秋好広明・渡部潤一郎・松本和夫. 1985. カンキツ類のこはん症の発生機構とその防止対策. ネーブルオレンジのこはん症の発生と温度, ポリ個包装及びエチレン処理との関係について. 園学要旨. 昭60秋: 428-429.
- 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.
- 近泉惣次郎・日野 昭・水谷房雄. 1998. '白柳' ネーブルオレンジのこはん症の発生に及ぼすカルシウム剤, カルシウム拮抗剤, 石灰硫黄合剤及びアブシジン酸の影響. 愛媛大学農学部農場報告. 19: 9-15.
- 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) 果のこはん症発生との関係. 愛媛大学農学部農場報告. 20: 7-14.
- 近泉惣次郎・許仁玉・松本和夫・二宮泰造. 1987. 柑橘類果実のこはん症の発生原因とその防止対策. ('大谷' イヨのこはん症の発生に及ぼす高温の影響). 園学要旨. 昭62秋: 94-95.
- 近泉惣次郎・石井孝昭・東地正登・門屋一臣. 1989a. イヨカンの貯蔵管理システムの確立. (第2報) 貯蔵庫内の温湿度およびガス濃度の変化. 農業および園芸. 64: 1091-1094.
- 近泉惣次郎・石井孝昭・東地正登・門屋一臣. 1989b. イヨカンの貯蔵管理システムの確立. (第3報) 貯蔵庫内の絶対湿度および相対湿度の経時変化. 農業および園芸. 66: 59-62.
- 近泉惣次郎・門田 章・柳沢幸四郎・桐野 直. 1993. 宮内イヨの果皮障害 (冷風害). 農業および園芸. 68: 44-50.
- 近泉惣次郎・松本和夫. 1983. 早生ウンシュウの日焼けに関する研究. 1. 日焼け症発生果の症状, 発生時期及び温度について. 愛媛大学農学部紀要. 28: 201-210.
- 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こはん症の発生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.
- 近泉惣次郎・渡部潤一郎・秋好広明・松本和夫・山岡和徳. 1988. カンキツ類のこはん症の発生機構とその防止対策. '宮内' イヨのこはん症の発生と低温及び過湿との関係について. 園学要旨. 昭63春: 496-497.
- 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.
- 近泉惣次郎・渡部潤一郎・門屋一臣・松本和夫. 1980. カンキツ類のこはん症発生に関する形態的観察. 園学中四国支部要旨. 昭55年: 23.
- Coit, J. E. 1915. Citrus Fruits. The Macmillan Co., New York. p. 520.
- Cook, A. J. 1913. California Citrus Culture. California State Printing Office, Sacramento. p. 121.
- Dana, Malcolm. 1954. Prevent loss of quality by using polyethylene for apple storage. Wisc. Hort. 45: 67-69.
- Eaks, I. L. 1960. Physiological studies of chilling injury in citrus fruits. Plant Physiol. 5: 632-636.
- Eaks, I. L. 1965. Effects of chilling on the respiration of oranges and lemons. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87: 181-186.
- Eaks, I. L. 1969. Rind disorders of oranges and lemons in California. Proc. First Int. Citrus Symp. Riverside, Calif. 3: 1343-1350.
- Eaks, I. L. 1980. Effects of chilling on respiration and

- volatiles of California lemon fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 : 865-869.
- 井上 宏. 1967. ナツダイダイの果実発育に関する研究, とくに水腐れ病の発生機構を中心として. 香川大学農学部紀要. 23 : 1-59.
- 園芸学会編. 1987. 改訂園芸学用語集. p. 107. 養賢堂. 東京.
- Erickson, L. C. 1957. Compositional differences between normal and split Washington navel oranges. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70 : 257-260.
- Fawcett, H. S. 1916. A spotting of citrus fruit due to the action of oil liberated from the rind. Calif. Agr. Exp. Sta Bul. 266 : 259-270.
- Freeman, B, L. G. Albrigo and R. H. Biggs. 1979. Ultrastructure and chemistry of cuticular waxes of developing in citrus leaves and fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 : 801-808.
- 藤田修二・東野哲三. 1984. カンキツ類の果皮障害に関する生化学的研究. (第1報) こはん症発症果皮における褐変反応機構の吸収スペクトルによる検討. 園学要旨. 昭59秋 : 434-435.
- 藤田修二・東野哲三. 1985a. カンキツ果実の果皮障害に伴う褐変とその果皮抽出液の吸収スペクトルとの関係. 園学雑. 54 : 109-115.
- 藤田修二・東野哲三. 1985b. 低温貯蔵したハッサク果実の出庫後の変温に伴うこはん症の発生とその際の果皮化学成分及び酸化酵素活性の変化. 園学要旨. 昭60秋 : 430-431.
- 藤田修二・東野哲三. 1988. ハッサクこはん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.
- 船上和喜・西山富久・石田善一. 1982. 大谷伊予柑の果皮障害に関する研究. (第1報) 貯蔵処理が果皮障害の発生に及ぼす影響. 園学要旨. 昭57秋 : 124-125.
- 船上和喜・西山富久・石田善一. 1986. 大谷伊予柑の果皮障害に関する研究. (第2報) 高温予措・貯蔵およびビニールハウスによる予措・貯蔵とこはん症の発生. 園学要旨. 昭61秋 : 440-441.
- Furgus, B. J. and D. A. Goring. 1970. The location of guaiacyl and syringyl lignins in birch xylem tissue. Holzforschung. 24 : 113-117.
- Grierson, W. 1981. Physiological disorder of citrus fruit. Proc. Int. Citriculture. 764-767.
- Guinn, G., G. L. Brummett and R. C. Beier. 1986. Purification and measurement of abscisic acid and indoleacetic acid by high performance liquid chromatography. Plant Physiol. 81 : 997-1002.
- 浜田憲一・水田泰徳・谷口 保・一井隆夫. 1983. ナルトミカンの生理障害(果皮黄斑症)に関する研究. (第6報) 貯蔵温度および落下衝撃処理と障害発生との関係について. 園学要旨. 昭58秋 : 414-415.
- 浜田憲一・谷口 保. 1989a. ナルトミカンの生理障害(果皮黄斑症)の発生に及ぼす開花時期の早晚, 幼果に対するジベレリン処理および着果位置の影響. 園学雑. 57 : 585-590.
- 浜田憲一・谷口 保. 1989b. ナルトミカンの生理障害(果皮黄斑症)の発生に及ぼす採取時期, 貯蔵温度および貯蔵前の加温処理の影響. 園学雑. 57 : 702-707.
- 浜田憲一・谷口 保・上岡誉富. 1980. ナルトミカンの生理障害(果皮黄斑症)に関する研究. (第4報) 障害対策貯蔵技術の確立ならびに貯蔵中の温湿度条件と障害発生に関する二三の知見. 園学要旨. 昭55秋 : 386-387.
- Hameed, J. A. and A. Huff. 1984. Reduction in chilling injury to stored grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) by vegetable oils. Sci. Hort. 24 : 53-58.
- Hardenburg, R. E. 1956. Polyethylene film box liners for reducing weight losses and shriveling of Golden Delicious apples in storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 67 : 82-90.
- 長谷川美典・伊庭慶昭. 1986. 大谷伊予柑の長期貯蔵について. 果樹試報. B13 : 55-70.
- 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.
- 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.
- 長谷川美典・矢野昌充. 1990. タンゴール‘清見’のこはん症発生実態と防止法の検討. 園学雑. 59 (別1) : 620-621.
- 東地正登・近泉惣次郎・松本和夫. 1990. ハッサクポリ個装果の生理的变化とこはん症の発生. 園学雑. 59 (別1) : 624-625.
- 東地正登・近泉惣次郎・松本和夫. 1991. ポリ個装が清見果実のこはん症発現と果実品質に及ぼす影響. 愛媛大学農学部紀要. 35 : 179-187.
- 日野 昭・李 三玉・川原 茂・門屋一臣. 1990. ポリエチレン包装, ワックス処理及び温度がイヨカン果実の貯蔵に及ぼす影響. 愛媛大学農学部紀要. 34 : 327-336.
- Hubic, K. T. and D. M. Reid. 1980. A rapid method for the extraction and analysis of abscisic acid from plant tissue. Plant Physiol. 65 : 523-525.
- 伊庭慶昭. 1985. 果実の成熟と貯蔵. p. 86-96. 養賢堂. 東京.
- 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.
- 一井隆夫・浜田憲一. 1977. ナルトミカンの果実障害と障害リグニンの生成について. 園学要旨. 昭52秋 : 66-67.
- 一井隆夫・浜田憲一. 1979. ナルトミカンの果皮組織における n-ヘキサナールの生成. 果皮の老化と生理障害(果皮黄斑症)に関連して. 園学要旨. 昭54秋 : 52-53.
- 石井孝昭・近泉惣次郎・門屋一臣. 1989. イヨカンの貯蔵管理システムの確立. (第1報) 酸素および半導体ガスセンサの利用. 農業および園芸. 64 : 759-760.
- 石田善一・渡部悦也・別府英治. 1975. 中晩生カンキツの果実管理に関する研究. (第1報) 伊予柑, ネーブルの予措方法について. 園芸要旨. 昭50秋 : 406-407.
- 石田善一・渡部悦也・別府英治. 1977. 中晩生カンキツの果実管理に関する研究. (第2報) ネーブルオレンジの虎斑症防止について. 園学要旨. 昭52秋 : 448-449.
- 岩崎藤助. 1974. カンキツ栽培法. p. 483-484. 朝倉書店. 東京.

- 岩田 隆・中川勝也・緒方邦安. 1968. ナツミカン果実貯蔵中の低温障害に関する生理学的研究 (第1報). 園学雑. 37: 383-390.
- 岩田 隆・中川勝也・緒方邦安. 1968. ナツミカン果実貯蔵中の低温障害に関する生理学的研究 (第2報). 園学雑. 38: 93-100.
- Karnovsky, M. J. 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixation of high osmolality for use in electron microscopy. J. Cell. Biology. 27: 137A.
- Kanlayanarat, S., C. Oogaki and H. Gemma. 1988a. 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.
- Kanlayanarat, S., C. Oogaki and H. Gemma. 1988b. Biochemical and physiological characteristics as related to the occurrence of rind-oil spot in *Citrus hassaku*. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 57: 521-528.
- 河野信寿・小原 誠・柴 茂. 1982a. 宮内伊予柑の品質向上に関する研究. (第1報) 果皮色の退色について. 園学九州支部要旨. 25.
- 河野信寿・小原 誠・柴 茂. 1982b. 宮内伊予柑の品質向上に関する研究. (第2報) 貯蔵資材および追熟温度と果実品質. 園学九州支部要旨. 26.
- 河野信寿・小原 誠・柴 茂. 1983. 宮内伊予柑の品質向上に関する研究. (第3報) 貯蔵方法と果実品質. 園学九州支部要旨. 10.
- 川田和秀. 1982. ポリ個包装によりグレープフルーツの低温障害の抑制. 園学要旨. 昭57秋: 480-481.
- 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.
- 河瀬憲次編著. 1999. デコボン (不知火) をつくりこなす. p. 87. 農文協. 東京.
- 北川博敏・樽谷隆之. 1980. ハッサクの貯蔵に関する研究. チアベンダゾール (TBZ) によるコハン症の発生抑制効果. 園学要旨. 昭55秋: 390-391.
- 北島博・梶原敏宏. 1965. 原色作物病害図説. p. 225-226. 養賢堂. 東京.
- 倉岡唯行・松本和夫・門屋一臣・向井 武. 1962. 早生ウンシュウミカン果実の日焼け防止に関する研究 (第1報) 日焼け発生と気象条件. 園学要旨. 昭37春: 6.
- 久保達也・平塚 伸. 1998. ウンシュウミカン果実の着果角度が果皮表面形態, 着色および果汁成分含量に及ぼす影響. 園学雑. 67: 51-58.
- 久保達也・平塚 伸. 1999. ウンシュウミカン果実の果皮の粗さに関する組織学的研究. 園学雑. 68: 101-107.
- 久保達也・平塚 伸. 2000. ウンシュウミカン果実の果皮の粗さとジベレリンとの関係. 園学雑. 69: 718-723.
- 鍛塚昭三・大島康義. 1961. 稲ポリフェノールの研究. (第1報) フェノールカルボン酸の分離及び同定. 農化. 35: 67-71.
- Langridge, J. 1963. Biochemical aspects of temperature response. Ann. Rev. Plant. Physiol. 14: 441-462.
- Lyons, J. M. 1973. Chilling injury in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 24: 445-466.
- 真子正史. 1984. カンキツのこはん症対策試験, ハッサクのこはん症の発生状況について. 園学要旨. 昭59春: 398-399.
- 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.
- 松本和夫. 1975. 柑橘園芸新書. p. 275-309. 養賢堂. 東京.
- 牧田好高・小中原実. 1984. ネーブルオレンジの結実および予措条件とこはん症の発生. 園学要旨. 昭59秋: 440-441.
- 牧田好高. 1985. こはん症発生果皮の組織化学的観察と果実の温湯浸漬処理がこはん症発生に及ぼす影響. 静岡柑試研報. 21: 45-47.
- 牧田好高. 1986. 精油によるカンキツ果皮の障害. 静岡柑試研報. 22: 13-19.
- 牧田好高・小中原実. 1985. ネーブルオレンジ果実の生育程度と果実呼吸および果皮障害発生. 園学要旨. 昭60春: 400-401.
- 牧田好高. 1987. ネーブルオレンジの果皮障害発生に及ぼすABA処理の影響. 園学要旨. 昭62春: 462-463.
- 牧田好高・岡田長久. 1991. タンゴール '清見' の栽培・貯蔵条件の違いが収穫後の果皮障害発生に与える影響. 園学雑. 60 (別2): 567-577.
- 真鍋紘・安岡研. 1982. 成熟期に発生するカンキツ果実のコハン症. (第1報) 発生実態及び果皮オイルとの関係. 園学要旨. 昭57春: 92-93.
- 松井弘之・小松春喜・中川昌一. 1980. 数種果樹の果実表面からの蒸散量の変化. 園学要旨. 昭55春: 114-115.
- 松本亮司. 1991. 吉田義雄・長井晃四郎・田中寛康・長谷善臣編. 最新果樹園芸技術ハンドブック. (4)こ斑症. p. 833-844. 朝倉書店. 東京.
- McDonald, R. E., H. E. Nordby and T. G. McCollum. 1993. Epicuticular wax morphology and composition are related to grapefruit chilling injury. HortSci. 28: 311-312.
- 三堂博昭・井上久雄・藤原文孝・池内温. 2005. '愛媛果試第28号' の果皮症障害とその防止. 園学中四国支部要旨. 19.
- Minguez-Mosquera M. I. and D. Hornero-Mendez. 1993. Separation and quantification of the carotenoid pigments in red peppers (*Capsicum annuum* L.), paprika, and oleoresin by reversed-phase HPLC. J. Agr. Food Chem. 41: 1616-1620.
- 三浦 洋・荻沼之考・水田 昂. 1963. ナシペクチンの性状に関する研究. 主とし洋ナシパートレットの生育ならびに追熟中におけるペクチンの性状変化について. 園学雑. 32: 27-37.
- 宮田明義. 2000. 農文協編. 果樹園芸大百科. 1. カンキツ. 6. こはん症. p. 817-824. 農山漁村文化協会. 東京.
- 宮田明義・橋本和光. 1988. カンキツ類のこはん症に対するカルシウムの影響. (第1報) ハッサクのこはん症に及ぼすカルシウム剤の効果. 園学要旨. 昭63秋: 20-21.
- 邨田卓夫・山脇和樹. 1987. 中晩生カンキツ果実の予措乾燥効果について. (その1) ポンカン, イヨカン, ネーブルオレンジ, ハッサク. 園学要旨. 昭62秋: 586-587.
- 中谷宗一・佐々木篤・新田浩通. 1987. アンコール果実に発生する緑斑症とウイルス病および台木との関係

- (予報). 園学中四国支部要旨. 17.
- 西浦昌男・七条寅之助・木原武士・山田彬雄・吉田俊雄・上野 勇・岩政正男. 1979. カンキツ新品種‘清見’について. 園学要旨. 昭54秋: 2-3.
- 西浦昌男・七条寅之助・木原武士・山田彬雄・吉田俊雄・上野 勇・岩政正男. 1983. カンキツ新品種‘清見’について. 果樹試報 B.10: 1-9.
- 小川勝利・坂井 堅. 1979. 中晩生カンキツ類の貯蔵に関する研究. 第2報. ハッサク虎斑症の発生に及ぼす予措およびポリエチレン包装の影響. 広島県果樹試報. 5: 27-38.
- 小川勝利・坂井 堅・黒川泰幸. 1979. 中晩生カンキツ類の貯蔵に関する研究. 第1報. ハッサク虎斑症の発生に及ぼす各種要因の影響. 広島県果樹試報. 5: 17-26.
- 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.
- 大垣智昭・富田英司. 1960. 早生ウンシュウの日焼け障害防止に関する試験. (第1報) 気象及び栽培上の発生条件並びに防止試験(1). 神奈川県農業試験場園芸分譲研究報告. 8: 6-10.
- 大垣智昭・関野 茂・牛山欽司. 1962a. 早生ウンシュウ果の日焼け障害防止に関する試験. (第2報) 防止試験と袋掛け期間並びに被害度と気象条件, 光線の波長との関係(2). 神奈川県農業試験場園芸分譲研究報告. 10: 17-24.
- 大垣智昭・関野 茂・牛山欽司. 1962b. 早生ウンシュウの日焼け障害防止に関する試験(第2報). 園学要旨. 昭37春: 6.
- 大串龍一編著. 1972. 原色ミカン果実の診断. p. 26-27. 農文協. 東京.
- Paull, D and C. H. Russell. 1973. Reduction of chilling of citrus fruits in cold storage by intermittent warming. J. Food Sci. 38: 871-873.
- Purvis, A. C. 1980. Influence of canopy depth on susceptibility of ‘Marsh’ grapefruit to chilling injury. HortSci. 15: 731-733.
- Purvis, A. C. 1984. Importance of water loss in chilling injury of grapefruit stored at low temperature. Sci. Hort. 23: 261-267.
- Reuther, W., E. C. Calavan and G. E. Carman. 1978. The Citrus Industry. Volume IV. p. 49-52. Revised edition, University of California.
- 佐金信治. 1970. 早生ウンシュウの日焼けに関する調査. 徳島県果樹試験場業務報告. 6-7.
- 佐野憲二・立田芳伸・松下加奈恵. 1988. 夏秋季の土壤水分がポンカンの果皮障害に及ぼす影響. 園学要旨. 昭63秋: 22-23.
- 佐野憲二・松下加奈恵. 1988. ポンカンの果皮障害発生部の組織形態的観察. 園学要旨. 昭63秋: 24-25.
- 貞松光夫. 1973. 早生ウンシュウの日焼け病の発生と防止に関する2, 3の知見. 園学要旨. 昭48秋: 102-103.
- 佐藤瑞穂・佐藤 隆・佐藤二郎・白石利雄. 1980. セミノールの生理障害に関する研究(第1報). TBZ 処理および貯蔵温度が障害果の発生に及ぼす影響. 園学要旨. 昭55秋: 400-401.
- Sawamura, M., T. Manabe, T. Kuriyama and H. Kusunose. 1987. Rind spot and ascorbic acid in the flavedo of citrus fruits. J. Hort. Sci. 62: 236-267.
- Sawamura, M., T. Manabe, S. Oonishi, K. Yasuoka and H. Kusunose. 1984. Effect of rind oils and their components on the induction of rind spot in citrus species. J. Hort. Sci. 59: 575-579.
- Sinclair, W. B. 1984. The biochemistry and physiology of the lemon and other citrus fruits. 502-503. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
- 白石利雄・佐藤 隆・佐藤瑞穂・桑田邦博. 1981. 中晩カン類の貯蔵に関する研究. (第1報) ネーブルオレンジ. ハッサクの果皮障害. 園学要旨. 昭56秋: 382-383.
- 白石利雄・佐藤二郎・佐藤 隆・佐藤瑞穂. 1981. セミノールの生理障害に関する研究. (第5報) 結果数, 結果位置および果皮温度と障害果の発生. 園学要旨. 昭56秋: 440-441.
- 白石利雄・佐藤 隆・秋田忠夫・佐藤瑞穂・桑田邦博. 1982. セミノールの生理障害に関する研究. (第8報) 採集時期, 生育温度・植物生長調節剤と障害果. 園学要旨. 昭57秋: 389-397.
- 下大迫三徳・栗山隆明. 1977. 早生ウンシュウの日焼け症防止に関する研究. (第1報) 被害発生の温度並びに着色度との関係. 園学要旨. 昭52秋: 58-59.
- Smith, E. 1945. The storage of apples in polyethylene. U. S. Agr. Marketing Service. H. T. & S. Office Rpt. 156: 5.
- Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. J. Biol. Chem. 195: 19-23.
- 高原利雄・岩垣 功・小野祐幸. 1988. 大谷伊予柑のこはん症と生育期の温度条件との関係. 園学要旨. 昭63春: 24-25.
- 高木信雄・芳野茂樹・池内 温・別府英治・向井 武. 1992. 採取期のイヨカンの果皮障害発生に対する蒸散の関与. 園学雑. 61(別2): 92-93.
- 高橋郁郎. 1969. 柑橘. P. 294-338. 養賢堂. 東京.
- 武智修. 1973. みかん園の微細気象と葉の熱収支に関する研究. 愛媛大学農学部紀要. 17: 1-44.
- 玉井虎太郎・赤松秘理・佐々木瑞生. 1957. カンキツの給水, 蒸散に対する風の影響. 園学要旨. 昭32秋: 4.
- 玉井虎太郎・上堂秀一郎. 1961. 環境制御装置による畑作の水分代謝の研究. 第1報. 水稲およびカンキツの低温処理と水分代謝. 日. 作. 学. 紀. 29: 240-244.
- 田中秀幸・佐藤 隆・白石利雄. 1989. 清見の果皮障害に関する研究. (第1報) 予措程度・貯蔵形態・貯蔵温度・採収時期と発生. 園学雑. 58(別1): 591.
- 田中秀幸・佐藤 隆・白石利雄. 1990. 清見の果皮障害に関する研究. (第2報) 呼吸と果皮障害の発生. 園学雑. 59(別1): 752.
- 樽谷隆之・野田啓良・北川博敏. 1973. 青果物のポリエチレン冷蔵法に関する研究. 第9報. 青果物の蒸散機構とポリエチレン包装. 園学要旨. 昭48秋: 392-393.
- 富田栄一. 1991. 杉浦明編. 新編果樹園芸ハンドブック. (6)コハン症. p. 171-172. 養賢堂. 東京.
- 鳥潟博高編著. 1968. 果樹の生理障害と対策. p. 83-427. 誠文堂新光社. 東京.
- 山本多聞・桃谷好英. 1971. ペルオキシダーゼ・アイソザイムのゲル・エレクトロフォーカシングによる分離と検出. 植物の化学調節. 6: 187-189.

- 弥富忠夫. 1938. カンキツ種類と日焼け及び裂開果との関係. カンキツの研究. 8 : 235-237.
- 渡部潤一郎・門屋一臣. 1991. 光質の相違がイヨカン果実の品質に及ぼす影響. 園学雑. 60 : 55-60.
- Wild, B. L. and C. W. Hood. 1989. Hot dip treatments reduce chilling injury in long-term storage of 'Valencia' oranges. HortSci. 24 : 109-110.
- 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.
- 山脇和樹・邨田卓夫. 1987. 中晩生カンキツ果実の予措乾燥効果について (その2) アマナツカン, サンポウカン, マーコット, セミノール. 園学要旨. 昭62秋 : 588-589.
- 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.
- 吉田俊雄. 2003. 高品質・単胚性カンキツ品種「清見」の育成. 育種学研究. 5 : 103-107.

Summary

Studies on Causal Factors and Preventive Measures of Rind Disorders in Citrus Fruits

Sojiro CHIKAIZUMI

The rind disorders in citrus fruits are caused by fungus or virus diseases, insect pests, agrochemical damages, nutrient imbalance (deficiency or excess), physiological factors and physical factors such as strong winds. Most causal factors have been clarified and effective preventive measures have been developed, but the mechanisms of physiological rind disorders remain to be elucidated.

In satsuma mandarin trees, the main rind disorder is sunscald caused by intense radiation. Particularly, Wase satsuma mandarin fruit are subjected to this injury resulting in severe economic losses. Splitting of fruit is one of the most important problems in navel orange growing. "Kohansho" rind disorders appear in many mid- and late-maturing citrus species and cultivars. Affected fruit lose economic values in the market. Japanese consumers highly evaluate beautiful appearance of fruit in addition to internal high fruit quality such as high Brix content and low acidity.

In this work, sunscald of Wase satsuma mandarin, splitting of navel orange, "Kohansho" disorders of several mid- and late-maturing species and cultivars ('Encore,' 'Ootani' iyo, Hassaku, 'Kiyomi' tangor and 'Miyauchi' iyo), cold wind injury of 'Miyauchi' iyo and "water spot" like disorder of 'Kiyomi' tangor were studied for elucidating their causes and developing effective preventive measures.

1. Sunscald injury of Wase satsuma mandarin

1-1. Effects of high radiation levels on the incidence and severity of sunscald injury

A series of experiments were carried out from 1975 to 1979 to determine the cause of sunscald injury. Areas of the fruit surface exposed fully to the sun tended to develop the injury symptom. In middle and late August, the affected rind surface of the fruit turned yellowish green. Such symptoms are a pre-indication of the injury, because about 50% of such fruit later developed typical sunscald injury. Gland tissues turned brown as the injury progressed and granulation developed in the endocarp of

the affected fruit. The rind became thicker and firmer than usual as a result of sunscald. In the Matsuyama area, sunscald injury occurs from the end of August to early October. It seemed that some physiological changes occurred in this period, which is associated with the increased susceptibility of the rind to intense solar radiation.

1-2. Browning of oil glands of Wase satsuma mandarin

Browning of oil gland tissues is characteristic in sunscald injury. Thus, this may give a clue for elucidating the mechanism of sunscald development in Wase satsuma mandarin fruit. By employing coloring reaction test histochemically, the local accumulation of suberin, lignin and phenolics was observed in the deteriorated brown tissues. However, there were no differences in the composition of volatile constituents between scalded and normal oil glands, although the content of essential oils tended to decrease as sunscald injury developed. No differences in the content and composition of phenolic compounds were observed between scalded and normal of gland tissues. There was no peroxidase activity in the albedo, but the flavedo showed a number of additional isozyme bands in the peroxidase extracted from the injured glands as compared with that from normal tissues. The mean diameter of protruding oil gland areas on the rind surface was 1.06 mm and 0.82 mm in the normal and affected fruit, respectively. This indicates that the growth of glands was markedly inhibited by sunscald injury.

2. Splitting of navel orange fruit

2-1. Symptom and incidence of splitting in relation to developmental stages of fruit

Splitting of navel oranges depended closely on the ageing of fruit. Splitting symptoms were classified into three types. The first type (Type I) occurred at an early stage of fruit development shortly after the pulp tissues

absorbed water rapidly. The second type (Type II) occurred at an early stage of coloration when fruit rind turned yellowish orange. The third type (Type III) was observed at later stages of maturation. The number of juice vesicles per segment was three to five times greater in navel oranges than other citrus species. The greater the number of juice vesicles, the higher the susceptibility of fruit to the splitting. Rind thickness of navel orange fruit varied markedly from stem-end to stylar-end as compared to other citrus species. The rind was thickest near the stem button and thinnest around the stylar end of fruit. The apparent specific gravity of fruit was 0.96 in navel orange and about 0.87 in Hassaku and 'Miyauchi' iyo. Fruit with greater specific gravity tended to split more easily.

2-2. Occurrence of fruit splitting under different cultural conditions

The splitting percent of 'Shirayanagi' navel orange fruit was 15.7% in a heated plastic greenhouse, 6.36% under unheated protected cultivation and 2.26% in the open field. In the heated plastic greenhouse, Type I was observed in August and September, whereas Types II and III appeared in October. No close relationship was found between fruit splitting and exposure direction to sunlight or position of fruit bearing in the tree. Neither the length of bearing shoots nor the diameter of pedicels was associated with fruit splitting. Ninety-nine % of the juice vesicles were less than 15 mm in length. The total number of juice vesicles per fruit was more than 10,000. Such large numbers of juice vesicles may contribute to the high incidence of fruit splitting caused by spasms of pulp swelling due to rapid water imbibitions.

3. Rind-spot development in 'Encore' fruit

Causes of the rind-oil spot disorder of 'Encore' fruit were examined from physiological and ecological view points. The occurrence seemed to be closely associated with physiological stages of rind tissues. The spots developed in fruit larger than 4 cm in diameter from late August to early November. Furthermore, the disorder occurred only in the fruit derived from the flowers which bloom in April but not in those from the delayed July bloom. A more severe disorder was found in the fruit bearing in the exterior canopy than in those of the interior, as well as on the sun-lit rather than on the shaded

side of the same fruit. The temperature of surface exposed to direct radiation exceeds 38°C. The affected tissue collapsed, became dehydrated and developed green pits which gradually turned into yellow or brown. The essential oils that leaked from the oil glands of the affected parts caused the spots to enlarge. An application of the essential oils extracted from the peel of 'Encore' fruit induced similar spots on healthy fruit.

4. Occurrence of rind disorder 'Ootani' iyo fruit during the pre-harvest and storage periods

Rind disorders were observed both on the tree and during storage. The disorders were classified into three types based on visible symptoms and causal factors. The first type occurred only at the sun-exposed surface of fruit on the tree and tentatively designated as "sunscald injury." The causal factor seemed to be high-temperature stress. The second type occurred at 5°C during storage. This disorder has been called "Kohansho" by growers and shippers. "Kohansho" is not apparent at harvest but appeared at the sun-exposed surface of fruit during storage. The third type was observed in fruit shortly exposed to -2°C during storage, which was tentatively called "Yakesho." "Yakesho" was apparently different from "Kohansho." These two disorders were prevented by wrapping fruit with polyethylene film bag after the pretreatment at 20°C for 2 days. However, the disorders developed after the film was removed. The exposure of fruit to 50 ppm ethylene failed to prevent the occurrence of "Kohansho" and "Yakesho."

5. "Kohansho" of Hassaku fruit

5-1. Effects of growing conditions on the occurrence of "Kohansho"

The disorder did not appear in fruit bearing on the tree but developed after the fruit were harvested and stored at room temperatures. The incidence was 20% greater in the fruit collected from an orchard without ordinary cultural practices than a commonly practiced orchard. The nitrogen content both in the soil and the rind of fruit was lower in the former than 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 one day before the cold and stored at 20°C.

5-2. Effects of environmental factors affecting fruit growth on the incidence of "Kohansho" of Stored Hassaku fruit

Fruit harvested from different trees showed a wide variation of the incidence from 25% to 90%. However, the soil types (granite or clay) and rind texture (smooth or rough) little affected the occurrence of the disorder. Early fruit harvesting tended to decrease the injury and large-sized fruit are more likely susceptible. Fruit exposed to sun light during growing season showed greater incidence than shaded fruit. The rim of injured part became a little reddish. Virus-infected trees with stem pitting produced fruit with sunken V-shaped spots on the rind, apparently different from those on "Kohansho."

5-3. Reduction of "Kohansho" in stored Hassaku fruit by vegetable oil, fatty acid and wax coating

The injury did not occur during the storage at 5°C but started to appear just after the fruit were transferred to 20°C. Coating fruit with vegetable oil emulsions markedly reduced symptoms of "Kohansho" on the surface of the fruit when applied at 10% or higher concentrations. Moreover, the disorder was not observed on the half part of fruit surface treated, whereas the non-treated side developed the symptoms. The development of injury was also somewhat suppressed by wax coating. However, visible rind damages, which are apparently different from "Kohansho," were observed on the rind during the prolonged period of storage when vegetable oils and linoleic acid were employed.

5-4. Effects of storage temperature and polyethylene bagging on the occurrence of "Kohansho"

After harvested fruit were stored at 5°C for a certain period, they were transferred to rooms held at 10, 15, 20, 25, 30 and 35°C. The fruit kept at 5°C or 35°C did not appear disorder, but those kept at between 15 to 25°C showed disorder. The "Kohansho" appeared earlier at 25°C than at 15°C. The disorder appeared 24 to 48 hr after fruit were transferred from 5 to 20°C, but the symptoms were not observed between 48 to 96 hr. Placing fruit in a

polyethylene bag reduced the degree of the disorder, especially, if wrapped immediately after the harvest. When removed fruits from their polyethylene bags at 0, 5, 10, 24, 32 and 48hr after fruits were transferred from 5 to 20°C, symptoms of the disorder occurred at 5 hr, but the fruit remained sound at 32 hr and 48hr.

The occurrence of "Kohansho" symptoms is attributed to the increase in CO₂ concentration in a polyethylene bag to a maximum level during storage at 5°C. In bagged fruit, the respiration of the fruit tissues increases the CO₂ concentration within the bag. Also the relative humidity within the bag increases from 30% to above 90%. Fruit weight decreased tightly and ABA content in the peel also reduced. The number of stomata per fruit was estimated to be 800,000 and microscopic observation revealed that the stomata in the affected areas open.

6. "Kohansho" of 'Kiyomi' tangor fruit

6-1. Effects of seal-packaging of individual fruit with polyethylene film

Seal-packaging of fruit decreased the number of spots on the rind surface during storage. Weight loss of sealed fruit was 1/10 or less than non-sealed fruit, indicating an effective reduction of transpiration rate by seal-packaging. No storage spot developed on the rind surface by the pretreatment with 2% water loss of fruit, whereas they appeared in the fruit pretreated with 5% water loss. No significant differences in the content of both total soluble solids and acid content were detected between sealed and non-sealed fruit. The level of ABA in the rind tissue of sealed fruit was lower than half that of nonsealed fruit. This indicates that seal-packaging may exert an inhibitory effect on the accumulation of ABA in the 'Kiyomi' fruit.

6-2. Occurrence of rind spot on the tree and effects of harvest time on rind spot development and fruit quality

In the 1990/1991 season, the occurrence of rind spot on the tree was observed scarcely after January 21. The percentage of affected fruit observed was only 2 to 4% on the tree. Harvest time did not affect the difference between treatment lots in the incidence of rind spots. The rind spot usually appeared 10 days after the fruit were transferred to 20°C in the open air. Seal-packaging decreased the number of fruit with rind spots, which mostly developed after the film was removed. The later

the harvest date, the deeper the rind orange color, and the more excellent the textural quality of fruit.

6-3. Causal factors of “Kohansho” disorder of ‘Kiyomi’ tangor

The disorder appeared mainly on the fruit surface exposed to sunlight that was over 10°C warmer than the shaded side which was only slightly affected. On a clear day, the transpiration rate of sun-exposed fruit was three-fold greater than that of shaded fruit, although at night it exceeded only 25%. Thus, greater water loss of sun-exposed parts is closely associated with the disorder. No significant differences were found in the mineral contents between the sun-exposed and shaded parts, although starch and total sugars were slightly higher in the flavedo of sun-exposed parts. The affected parts had a little greater a^* value and carotenoid content than the normal rind. Shaded fruit had an uneven surface under which the oil-glands protruded, whereas sun-exposed surface had smooth parts between round shaped oil-glands.

7. Causes of rind disorder of ‘Miyauchi’ iyo fruit

Rind disorders were observed during storage. The disorders were classified into two types, based on visible symptoms and causal factors. The first type occurs during storage at 5°C, and is known as “Kohansho” by growers and shippers. The disorder is not conspicuous at harvest but appears during storage where the fruit surface has been exposed to low temperatures (below -2°C). The second type is observed on the fruit exposed to high humidity during storage and is called “Yakesho,” which apparently differs from “Kohansho.” However, the rind disorders develop after the bag is removed. The two types of disorders do not occur when the fruit are pre-treated at 20°C for two days. The exposure of harvested fruit to ethylene, CO₂ and N₂ failed to prevent the disorders.

8. The occurrence of “water spot” like disorder of ‘Kiyomi’ tangor

There were no affected fruit before December but the occurrence began in January, followed by gradual increase. The disorder was 3% and 10% in February and March, respectively. This suggests that the disorder is closely associated with fruit ageing. It seemed that water enters rind through structurally weak portions such as

cracks at the stem end and fresh wounds. The rind was thickest near the stem button and thinnest around the styler end of fruit. The disorder was compared with “water spot” injury of ‘Natsudaidai’ fruit and as a result these injuries were similar physiological disorders.

9. Causes of “cold wind injury” of ‘Miyauchi’ iyo fruit

The percent of ‘Miyauchi’ iyo fruit affected by cold wind injury was 20% to 40% on the tree. The disorder was found on the sun-lit surface of fruit. The development of rind disorder occurred after the wind speed at 3m/second was continued for several hours. Severe disorder was found in the exterior canopy than in the interior, in the upper parts than lower parts, and on the sun-lit than shaded sides of the same fruit. Bagging fruit in October and November was effective to prevent the rind disorder. The rind surface temperature was about 30°C, but the shaded surface on the same fruit was only 20°C. The transpiration rate measured in November and December was two times greater in sun-exposed sides than shaded sides of the fruit.