

カキ ‘刀根早生’ 促成栽培果実の収穫後の軟化発生

播磨真志^{1,2}・中野龍平³・山本貴司^{1*}・小松英雄^{1**}・藤本欣司^{1***}・北野欣信^{1****}・
久保康隆³・稲葉昭次³・富田栄一^{4*****}

¹ 和歌山県農林水産総合技術センター果樹園芸試験場紀北分場 649-6531 和歌山県那賀郡粉河町粉河

² 岡山大学大学院自然科学研究科 700-8530 岡山市津島中

³ 岡山大学農学部 700-8530 岡山市津島中

⁴ 和歌山県農林水産総合技術センター果樹園芸試験場 643-0022 和歌山県有田郡吉備町奥

Postharvest Fruit Softening in Forcing-cultured ‘Tonewase’ Japanese Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.)

Shinji Harima^{1,2}, Ryohei Nakano³, Takashi Yamamoto^{1*}, Hideo Komatsu^{1**}, Kinji Fujimoto^{1***},
Yoshinobu Kitano^{1****}, Yasutaka Kubo³, Akitsugu Inaba³ and Eiichi Tomita^{4*****}

¹ Kihoku Branch, Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries,
Kokawa-cho Naga, Wakayama 649-6531

² Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, Tsushima-naka, Okayama 700-8530

³ Faculty of Agriculture, Okayama University, Tsushima-naka, Okayama 700-8530

⁴ Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kibi-cho Arida,
Wakayama 643-0022

Summary

Postharvest fruit softening after removal of astringency was studied in forcing-cultured Japanese persimmon ‘Tonewase’ (*Diospyros kaki* Thunb.).

1. No significant difference in the fruit softening rate was observed among the fruits in which astringency was removed by on-tree ethanol application or by the constant temperature of short duration (CTSD) method after harvest and the control fruit.

2. The rate of fruit softening after removal of astringency varied with each greenhouse. The structure and respiration rate in the root system, mineral composition, and water potential in leaf had no relationship with the rate of postharvest fruit softening.

3. Irrespective of forcing-cultured or open field, the days of treatment, and early harvest resulted in rapid fruit softening after removal of astringency by CTSD method. Harvesting later than 120 days after anthesis when fruit growth phase shift from phase II to phase III delayed the fruit ripening rate.

4. High temperature treatment during fruit growth from July to October accelerated postharvest fruit softening after removal of astringency by CTSD method.

In conclusion, postharvest fruit softening is closely dependent on fruit maturity at harvest. Exposure to high temperature during the maturation stage affects maturity indices and physiological activity in fruit, resulting in rapid fruit softening.

Key Words: forcing culture, fruit softening, persimmon, shelf-life.

緒 言

2000年4月20日 受付. 2000年7月10日 受理.

本報告の一部は園芸学会平成11年度春季大会において発表した.

* 現在: 和歌山県農業大学校

** 現在: 和歌山県伊都地域農業改良普及センター

*** 現在: 和歌山県農林水産総合技術センター企画普及部

**** 現在: 和歌山県農林水産総合技術センター果樹園芸試験場

***** 現在: 和歌山県農業協同組合連合会

‘平核無’の早生変異系統である‘刀根早生’は、早生で肉質良好など優良な特性を持つ渋ガキ品種である。和歌山県や奈良県ではこの‘刀根早生’を加温ハウスで栽培し、7月から8月にかけて出荷する早期出荷栽培が行われている。この栽培法は、栽培農家にとって早期出荷による高

価格を期待できるだけでなく、労力分散による経営規模拡大を可能とするなど、多くの利点がある。しかしながら、ハウス栽培‘刀根早生’果実をCTSD法 (Constant Temperature Short Duration, Matsuo et al., 1976; 古田・明田川, 1981)で脱渋すると数日以内に果実軟化が多発する場合があります。流通・販売上の大きな障害となっている。一方、露地栽培‘刀根早生’果実ではCTSD脱渋を行っても、流通中の軟化発生は少ないが、年次によっては多発する場合もある。‘刀根早生’ハウス栽培農家の多くは、早期軟化の問題を回避するために、杉浦ら(1975)が開発した樹上脱渋法を応用し、収穫約2週間前に果実を固形アルコールを入れたポリエチレン袋(ポリ袋)で包み、数時間後にポリ袋を取り除く樹上脱渋を行っている。この方法によって流通中の果実軟化は回避できるが、高温のハウス内でのポリ袋かけ作業は過酷な環境下での重労働であり、この作業が栽培規模の拡大や産地の確立を強く阻害している。

これまでに、カキ果実の脱渋後の軟化については、板村(1986)が露地栽培‘平核無’果実を用いた一連の研究を行っている。それによると、未熟な果実ほど軟化しやすく、果実の軟化速度は熟度によって大きく異なること、その熟度による違いは果実の呼吸活性やエチレン生成能で表される生理活性の変化に基づくことが示されている。また、板村ら(1996)は‘刀根早生’ハウス栽培果実でも同様の結果を得ている。石丸ら(1998)は、ハウス栽培‘刀根早生’果実のCTSD脱渋条件を検討し、炭酸ガス処理の途中から炭酸ガス濃度を漸次低下させると果肉軟化を抑制できる場合があることを示唆しているが、実用化技術には至っていない。

本研究では、ハウス栽培‘刀根早生’果実における軟化抑制技術の開発に向けた基礎資料とするために、露地栽培果実と対比しながら、種々の条件でのハウス栽培果実を用い、早期軟化果実発生の実態調査を行った。さらに、ハウス栽培と露地栽培の最も大きな違いである温度環境に着目し、生育中の高温処理が脱渋後の果実軟化に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

実験 1. 脱渋方法と‘刀根早生’果実の軟化

和歌山県果樹園芸試験場紀北分場のハウス栽培(1998年1月26日加温開始。満開日:3月28日)‘刀根早生’果実に樹上脱渋処理を8月8日に行った。8月23日に果実を20果ずつ収穫し、25℃下で保持し軟化率を調査した。樹上脱渋処理しなかった果実を同じ日に収穫し、CTSD脱渋処理(25℃, 16時間)した果実と無脱渋果実を対照として用いた。軟化判定は触感により行い、軟化し始めを軟化とした(軟化判定は以下の実験2~4も同様)。触感で軟化始めと判定された果実を非貫入式果実硬度計(富士工業製, ハンディ HIT CT-400~500)で測定したところ、

いずれも測定値は10付近の値を示した。

実験 2. 栽培農家間の‘刀根早生’果実軟化様相の違い

和歌山県橋本市内のカキ‘刀根早生’ハウス栽培園6園(加温開始は1998年1月下旬)について、各園当たり3樹から1998年8月19日に果実を採取した。果皮色(カキ‘平核無’カラーチャートを使用)で果頂部4、果基部2程度の果実を1樹につき20果選び、CTSD脱渋処理(25℃, 18時間)した後、25℃で保持し軟化率を調査した。また、各園の樹の根群分布と根の呼吸活性、葉の無機成分として、全窒素、P、K、CaおよびMg含量ならびに葉の水ポテンシャルを測定した。

実験 3. 加温時期が異なるハウス栽培および露地栽培‘刀根早生’果実の収穫熟度と果実軟化

橋本市内の‘刀根早生’ハウス栽培園の果実を供試した。加温開始時期は、早期加温が1996年12月28日、普通加温が1997年1月23日、後期加温が2月20日であり、満開日はそれぞれ2月28日、3月25日、4月7日であった。果実の横径を調査するとともに、満開後100日目頃から約10日間隔で20果ずつ採取した。CTSD脱渋処理(25℃, 16時間)した後、25℃下で保持し軟化率を求めた。また、紀北分場栽植の露地‘刀根早生’成木(満開日:5月10日)の果実を供試して、同様の調査を行いハウス果実と比較した。

実験 4. 7~10月の高温処理が‘刀根早生’果実の軟化に及ぼす影響

紀北分場内の鉢植え(100 liter)の‘刀根早生’若木4樹を供試した。露地条件での満開日は5月9日であった。1997年7月1日から10月14日まで小型アクリルハウスに2樹を搬入し高温処理区とし、残りの2樹は露地区とした。高温処理区では最高気温が40℃以上にならないように換気を行った。果実の横径を満開後50日目から測定するとともに、果実を満開後111日目から約10日間隔で各区10果ずつ採取し、CTSD脱渋処理(25℃, 16時間)した後、25℃下で保持し軟化率を求めた。

結果および考察

脱渋方法と‘刀根早生’果実の軟化

ハウス栽培‘刀根早生’果実の軟化の要因を探る第1段階として、農家で最も有効な軟化抑制策とされている樹上脱渋を行った果実とCTSD脱渋果実および無脱渋果実の軟化様相を比較した。その結果、軟化果実の割合が急増するのは、無脱渋果実で収穫後4日目、樹上脱渋果とCTSD脱渋果では5日目であり、収穫日を起点とした場合には脱渋方法による軟化様相に違いはほとんどみられなかった(第1図)。ただし、実際の流通においては、樹上脱渋果は収穫日にすぐに出荷されるのに対し、CTSD脱渋果は渋味が感じられなくなる脱渋完了までにおよそ3

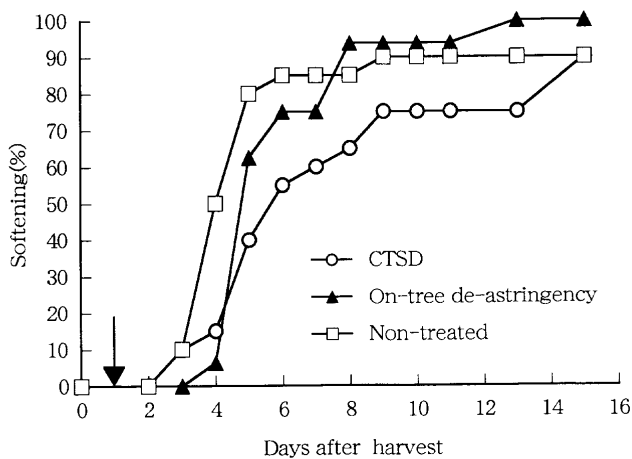


Fig. 1. Softening curves of 'Tonewase' Japanese persimmon fruit removed astringency by an on-tree ethanol or off-tree carbon dioxide treatments. Intact fruit in a polyethylene bag, containing ethanol (solid wax impregnated), were exposed to for six hours in a heated greenhouse two weeks before harvest. Carbon dioxide treatment was carried out according to CTSD method. Arrow shows the end of CTSD procedure. Control fruit were not treated. Fruit softening was monitored at 25 °C.

日を要するために、果実軟化の急増直前が出荷日に当たり、流通中に軟化が多発することになると考えられる。従って、実用的な軟化抑制策とされている樹上脱渋は、実際には果実軟化を抑制しているのではなく、軟化が発生する前に販売されるという、いわゆる「みかけの軟化対策」技術であると考えられる。また、今回の調査では、無脱渋果実でも、樹上およびCTSD脱渋果実とほぼ同時かまたは、むしろやや早く軟化することから、脱渋処理がストレスとして作用し、軟化促進の要因になっているとは考えられない。従って、ハウス栽培「刀根早生」果実の軟化促進要因は脱渋処理ではなく、栽培・生育条件に関連する生理・生態的要因を考える必要があると考えられた。

栽培農家間の「刀根早生」果実軟化様相の違い

実際のハウス栽培「刀根早生」果実の軟化発生様相は、農家によって大きく異なることが知られている。そこで、和歌山県内の「刀根早生」ハウス栽培6園より果実を採取し、CTSD脱渋果実の軟化様相を比較するとともに、樹体生育に関わる数種の要因について検討した。第2図に示したように、6園の内、3園の果実は収穫後3~4日目で軟化果実の割合が急増したのに対し、他の3園では12日目でも軟化発生はごくわずかであった。このように、軟化様相の農家による違いは明確に認められたが、生態的および生理的要因として調査した根群の形態的様相と呼吸活性、また葉の無機成分と水ポテンシャルには軟化様相との関連性はみられなかった(データ省略)。また、数年にわたって農家による軟化様相の違いを調査したところ、ある年に軟化発生がほとんどなかった農家でも、次年度は多発するなど年次変動が大きかった。

以上から、本調査では栽培過程における軟果発生に至る決定的な要因は見い出されなかったが、今後、さらに検討を要する。梅野ら(1999)は、カキ「西条」の樹上軟化の調査で、樹上軟化する樹では健全樹と比較して葉、へ

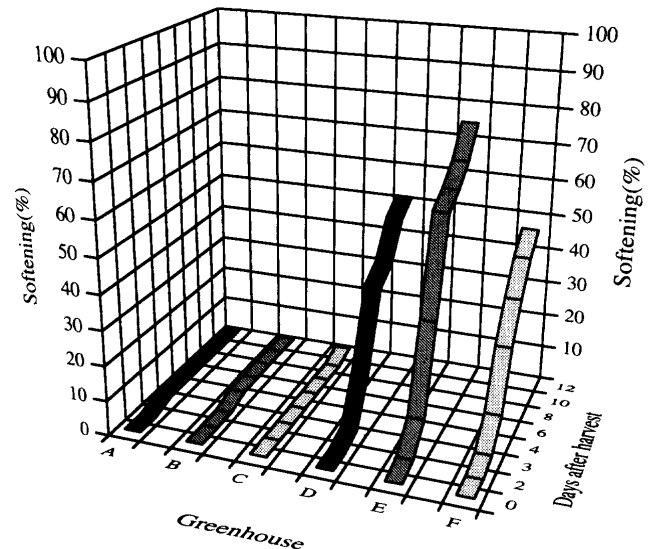


Fig. 2. Fruit softening rates of 'Tonewase' Japanese persimmon grown in six heated greenhouses. Heating of every greenhouses started on late January. Fruits, which were harvested on August 19, were treated with carbon dioxide to remove astringency according to CTSD method. Fruit softening was monitored at 25 °C.

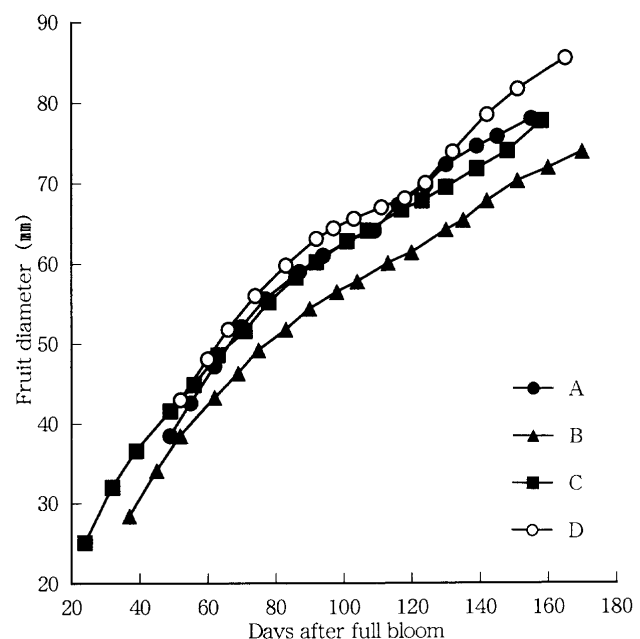


Fig. 3. Growth curves of 'Tonewase' Japanese persimmon grown in greenhouses and in the open field.

A: Greenhouse. Heating started on December 28, 1996.

Full bloom on February 28.

B: Greenhouse. Heating started on January 23, 1997. Full bloom on March 25.

C: Greenhouse. Heating started on February 20, 1997. Full bloom on April 7.

D: Open field. Full bloom on May 10, 1997.

タおよび果実のいずれでも Mn 含有率が低くなっていることを報告している。今回の無機成分調査には Mn は含まれていなかったため、‘刀根早生’ハウス栽培でも今後、Mn 含量に注目した調査を行う必要がある。

収穫熟度と果実軟化

一般に、果実は未熟な段階で収穫されるほど成熟・老化段階に達するまでの期間が長く、貯蔵性が優れることが知られてる。特に、クライマクテリック型果実では、収穫熟度が進むほど成熟エチレン生成開始までの期間が短縮され貯蔵期間も短くなることから、エチレン生成が貯蔵性を決定する重要な要因であると考えられている (Wills ら, 1998)。ところが、高田 (1982; 1983) は、カキ‘富有’果実を種々の発育段階で採取し、呼吸活性とエチレン生成を調査したところ、未熟な段階で収穫するほど、エチレン生成開始までの期間が短く、エチレン生成や呼

吸活性の最大値も高くなることを見出した。板村 (1985; 1986) は‘平核無’果実でも、未熟な段階で収穫した果実ほどエチレン生成能からみた「生理活性」が高く、果実軟化が急速であるが、収穫熟度が進むとエチレン生成能も低下し果実軟化も緩慢になることから、流通中の果実軟化の抑制には‘早採り’を避けることが重要であると指摘している。このように、カキはエチレン生成や軟化特性が特殊な果実であるのかもしれない。そこで、加温時期の異なるハウス栽培‘刀根早生’果実と露地栽培果実を用いて、収穫熟度と軟化様相との関係を調査した。

カキ果実の生長は二重 S 字曲線を描くことが知られている (平田・林, 1978; 中川, 1978; 鄭ら, 1990)。今回の調査では第 3 図に示したように、露地栽培果実の場合、満開後 120 日頃は果実生長からみると発育段階の第 II 期から第 III 期への移行時期に当たっていた。同様に、早期加

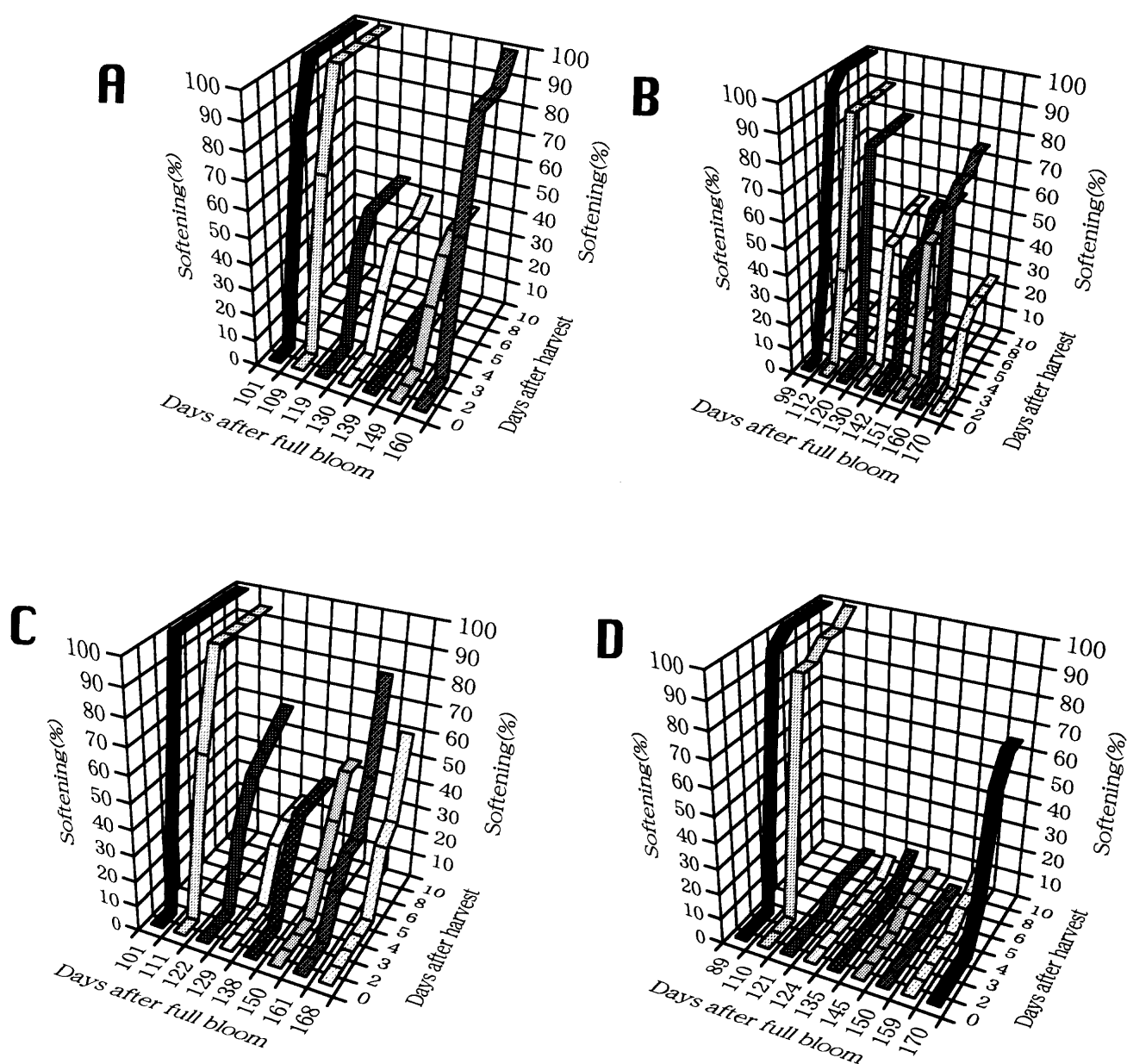


Fig. 4. Fruit softening rates of ‘Tonewase’ Japanese persimmon grown in greenhouses and in the open field. Fruits, which were harvested at various stages of development, were treated with carbon dioxide to remove astringency according to CTSD method. Fruit softening was monitored at 25 °C. See legends in Fig. 3.

温ハウス栽培の果実では満開後 110 日頃が发育段階第 II 期から第 III 期への移行時期に相当していたが、普通加温および後期加温栽培の果実では、満開後 120 日以降でも果実生長が停滞し再び生長が盛んになる第 III 期が不明確であった。中條 (1982) は、カキの果実肥大の適温は 20~25℃であり、30℃以上の高温は果実肥大を抑制することを指摘している。今回の調査では、普通加温と後期加温の果実では満開後 120 日目がそれぞれ夜温も 25℃を越える 7 月下旬および 8 月中旬に当たっていたのに対し、早期加温や露地栽培では、少なくとも夜温は 25℃を越えない 6 月下旬と 9 月上旬であった (第 3 図)。このように普通加温と後期加温果実でみられた第 II 期から第 III 期への移行の不明確さには、温度要因が関連していると推察される。

このような发育中の温度特性を持つ果実の収穫後の軟化様相について調べた (第 4 図)。その結果、全般的にはいずれの栽培法の果実でも、満開後 120 日以内に収穫した果実は収穫後 4 日以内にほとんどが軟化したのに対し、それ以降の収穫では果実の軟化速度が緩慢になる時期があり、その後、満開後 160 日以降に収穫した果実では、過熟段階に達しているためか再び軟化が急速になる傾向がみられた。板村ら (1996) も '刀根早生' ハウス栽培果実を熟度別に収穫し、収穫後の軟化様相を調査したところ、収穫適期にあたる時期までは収穫後 6~11 日で軟化した

が、適期以降に採取した果実では軟化に要する日数が約 30 日までに延長したことを示した。栽培法別には、果実軟化は、露地栽培ではハウス栽培果実より少なかった。ハウス栽培の果実では、軟化速度が緩慢になる時期でも 20~50% の果実は収穫後 3~5 日以内に軟化した。これらの結果から、ハウス栽培でも収穫熟度が果実の軟化様相

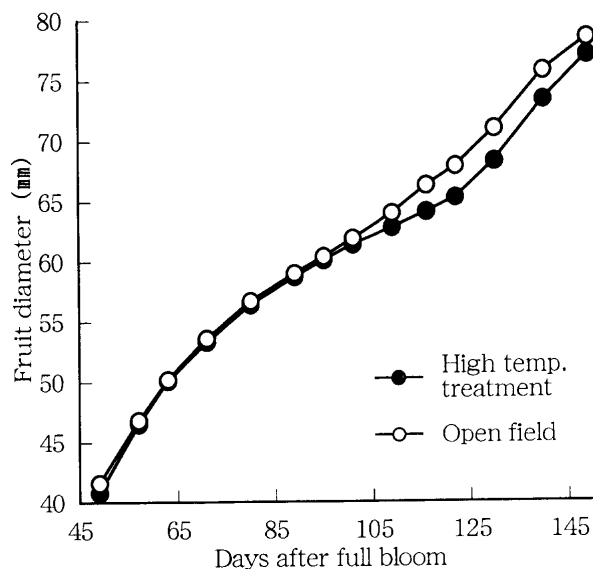


Fig. 5. Growth curves of 'Tonewase' Japanese persimmon grown under high temperature in a greenhouse from July 1 to October 14; the control was grown on the open field.

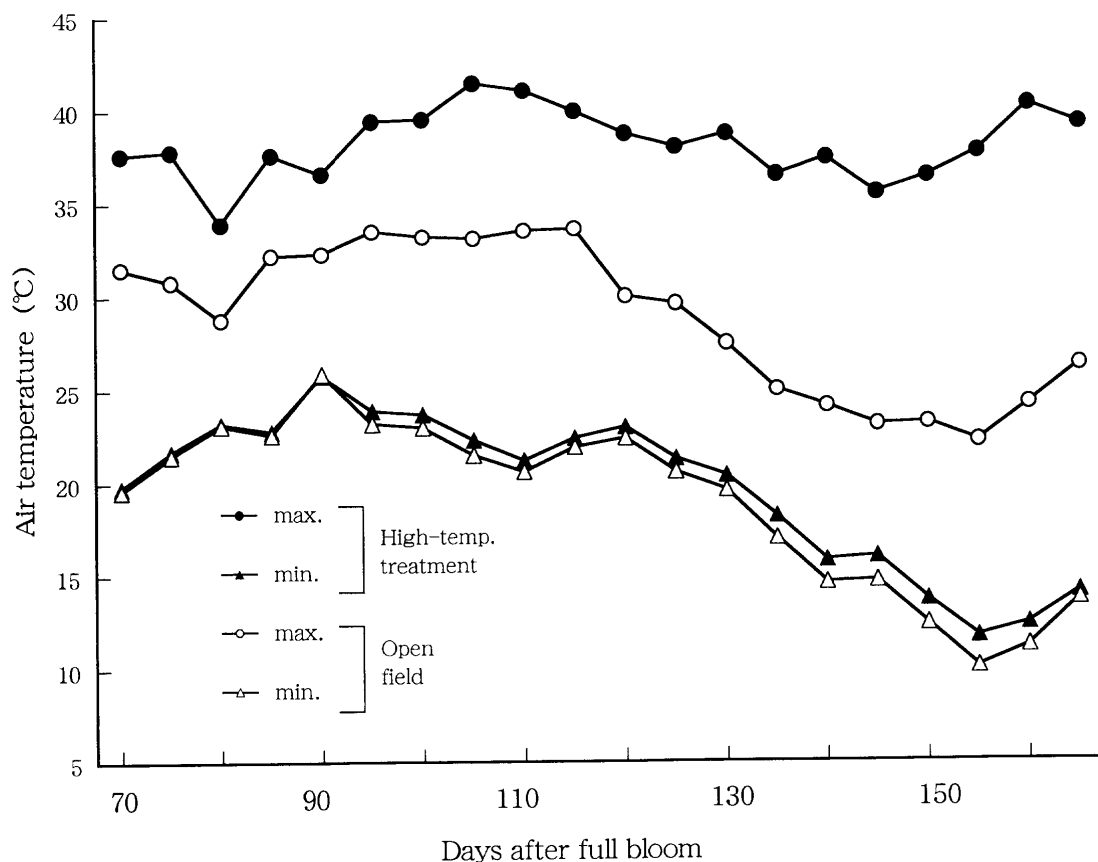


Fig. 6. Maximum and minimum temperatures in greenhouse used for high temperature treatment and those in the open field. Each plot is the average temperature for five days. Greenhouse was ventilated by an exhaust fan when temperature exceeded 40℃.

に大きな影響を与え、一定期間内の収穫果では、軟化割合や速度が低下する傾向は認められたが、露地栽培と比較すると明らかに軟化程度が大きかった。しかし、全ての果実が軟化するわけではないことを考えると、ハウス栽培では個々の果実の軟化特性の変異が大きくなる特徴があるように思われた。今回の調査では、開花が最も多い時期を満開日としたが、ハウス栽培樹では開花が不揃いで開花期間が約2週間程度に及んだのに対し、露地栽培では開花期間は1週間以内であった。従って、満開日を基準にすると、ハウス栽培果実では同一収穫日でも、実際の開花日からの日数はかなり異なる果実が混ざっていることが考えられ、このことがハウス栽培果実の軟化変異幅を大きくしているのかもしれない。

果実肥大期の温度条件と果実軟化

前述したように発育中の温度要因もハウス栽培果実の軟化割合を大きくしていると考えられたので、露地条件下で満開後52日まで発育させた後、ハウス内に搬入し高温条件下で生育させた鉢植え樹と、一貫して露地条件下で生育させた樹の果実生長と収穫後の軟化様相を比較した。果実肥大は高温処理区でも露地区と大きな変化はみられず、果実生長の第III期も明確にみられた(第5図)。ただし、今回の高温処理では最低気温は露地区と変わらなかったため、実験3での果実生長様相の結果と併せて考

えると、果実生長には昼温よりむしろ夜温の影響が大きいかもしれない(第6図)。一方、果実軟化の調査(第7図)では、満開後125日~145日に収穫した露地栽培果実では軟化程度はわずかであったが、高温処理樹から満開後125日及び130日に収穫した果実は大部分が急速に軟化し、満開後145日収穫果実でのみ顕著に軟化が抑制された。このように、高温処理果実でも、収穫後の軟化割合が少なかった発育段階もみられたが、その期間は一時的なものであった。従って、ハウス栽培‘刀根早生’では、成熟期に樹上で高温にさらされることによって、軟化しやすい生理状態が慣行収穫期まで続くことが推察される。この点に関連して、和歌山県の調査では、成熟期に当たる9月期の温度が年々上昇傾向にあり、それと呼応して露地栽培の‘刀根早生’果実の軟化割合が増加していることが示されている(小島, 2000)。

以上のことから、ハウス栽培‘刀根早生’果実の収穫後の軟化には、収穫果の熟度の変異幅と成熟期の温度条件が大きく影響していると考えられた。筆者らは、予備的な調査において、カキ果実を有孔ポリ袋で包装すると軟化しやすい幼果でも軟化が顕著に遅延することを見出し、この‘軟化しやすい未熟な’生理状態が水ストレスに対する感受性に関連することを示唆する結果を得ている(中野ら, 1999)。今後、ハウス栽培‘刀根早生’果実の軟

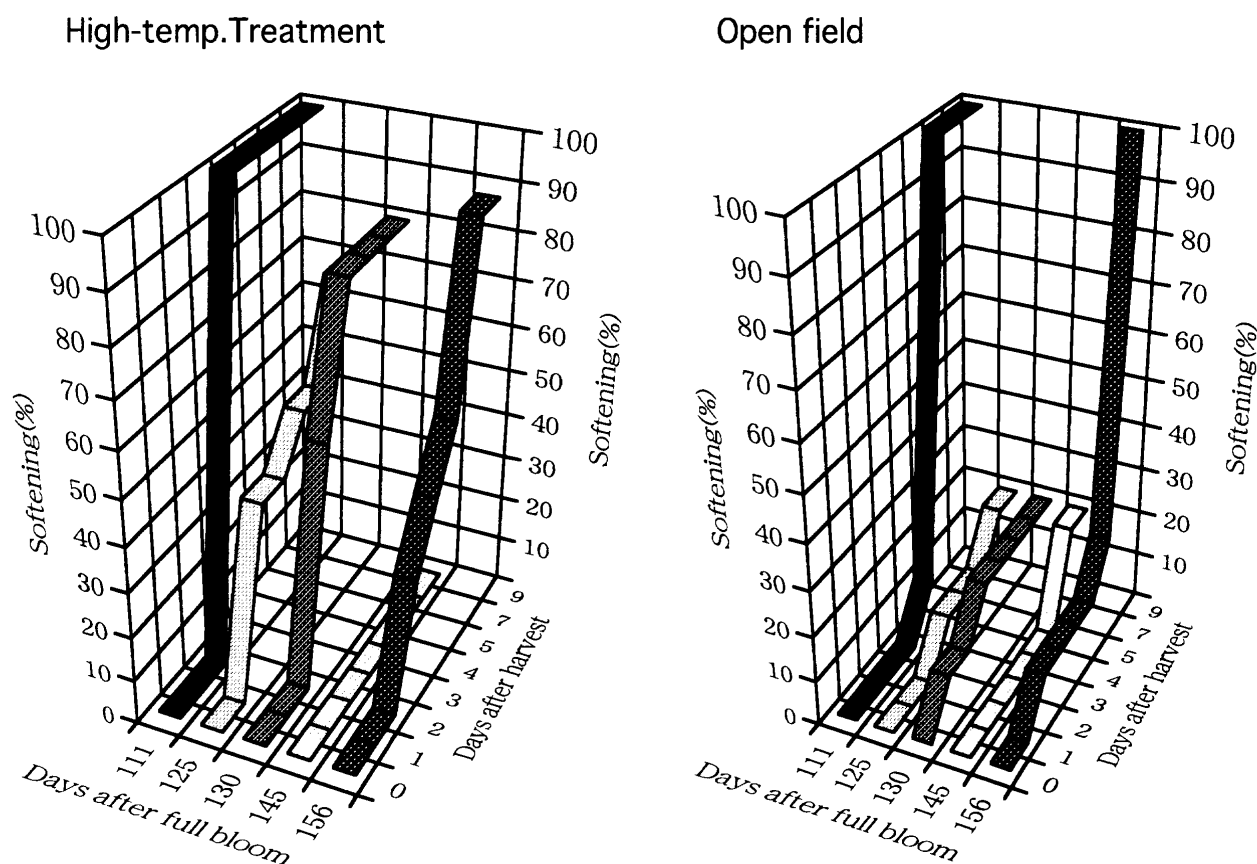


Fig. 7. Comparison of fruit softening rates of 'Tonewase' Japanese persimmon grown in a heated greenhouse and in the field which were harvested at various stages of development and treated with carbon dioxide to remove astringency according to CTSD method. Fruit softening was monitored at 25 °C. See legends in Fig. 5.

化機構について、より詳細に検討するとともに、実用的な軟化抑制技術を確立する予定である。

摘 要

カキ‘刀根早生’のハウス栽培果実の脱渋後の軟化発生の実態について調査し、その要因について検討した。

1. 無脱渋、樹上脱渋およびCTSD脱渋処理果実の日持ち性について検討したところ、収穫日を基準とした果実の軟化様相には差がなかった。

2. ‘刀根早生’ハウス栽培6園におけるCTSD脱渋後の軟化の発生は、園地により大きな差が認められたが、各園の軟化発生程度と根群分布、葉中無機成分含量、葉の水ポテンシャルおよび根の呼吸活性には相関は認められなかった。

3. 加温時期の異なるハウス栽培および露地栽培果実を経時的に採取しCTSD脱渋後の軟化様相を調査したところ、いずれの栽培法でも未熟な段階で収穫した果実では脱渋後、急速に軟化した。満開後120日以降に収穫した果実では軟化の発生が一時的に少なくなった。この時期は露地果実では果実生長第II期から第III期への移行する時期と一致していた。

4. 鉢植え個体を7~10月にハウス内に搬入する高温処理は、収穫後の果実軟化の割合を増加させた。

以上より、ハウス栽培‘刀根早生’では、成熟期の高温が果実を「軟化しやすい」生理状態にすると考えられた。

引用文献

- 中條利明. 1982. 富有カキ果実の発育ならびに品質に及ぼす温度条件に関する研究. 香川大農紀要. 37: 1-63.
- 古田道夫・明田川太七郎. 1981. 渋カキ(平核無)の脱渋処理法の改善. 農及園. 56: 773-778.
- 平田尚美・林 真二. 1978. カキ果実の発育ならびに成熟に関する生理学的研究. IV 富有カキ(有核種)および平核無(無核種)における果実の形態学的研究. 鳥大農研報. 30: 14-25.
- 石丸 恵・山本貴司・茶珍和雄. 1998. ハウスカキ‘刀根早生’果実のCO₂脱渋におけるCO₂濃度の漸次低下処理が果

実硬度に及ぼす影響. 園学雑. 67: 812-814.

板村裕之. 1985. カキ平核無果実における脱渋後の軟化に関する研究. 京都大学学位論文.

板村裕之. 1986. 成熟段階の異なるカキ‘平核無’果実のアルコール脱渋に伴う軟化と呼吸量及びエチレン生成量の関係. 園学雑. 55: 89-98.

板村裕之・谷川 卓・藤本欣司・山本貴司・山村 宏. 1996. カキ‘刀根早生’促成栽培果実の軟化とエチレン生成との関係. 園学雑. 65(別1): 74-75.

小島延英. 2000. 平成11年度産たねなし柿販売経過と課題. 和歌山の果樹51(2): 12-15.

Matsuo, T., J. Shinohara and S. Ito. 1976. An improvement on removing astringency in persimmon fruits by carbon dioxide gas. Agr. Biol. Chem. 40: 215-217.

中川昌一. 1978. 果樹園芸原論. P.236-249. 養賢堂. 東京.

中野龍平・播磨真志・久保康隆・稲葉昭次. 1999. 有孔ポリエチレン包装によるハウスカキ‘刀根早生’果実の収穫後の軟化抑制. 園学雑. 68(別1): 327.

杉浦 明・原田 久・苫名 孝. 1975. カキ果実の脱渋性に関する研究. 第1報. エタノール処理による樹上脱渋(その1). 園学雑. 44: 265-272.

高田峰雄. 1982. 発育ステージの異なるカキ果実の呼吸, エチレン生成及び成熟に対するエチレン処理の影響. 園学雑. 51: 203-209.

高田峰雄. 1983. 種々の発育段階で採取したカキ果実の呼吸, エチレン生成および成熟. 園学雑. 52: 78-84.

梅野康行・倉橋孝夫・竹下 治・持田圭介・板村裕之. 1999. カキ‘西条’における樹上軟化と無機成分含有率との関係. 園学雑. 68(別2): 183.

Wills, R., B. McGlasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. Postharvest. An introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals. p.33-46. University of New South Wales Press Ltd. Sydney.

鄭 国華・平 智・米森敬三・杉浦 明. 1990. 温度条件の異なる地域におけるカキ果実の発育および成熟様相の相違. 園学雑. 59: 471-477.