カキ ‘西条’ における樹上軟化発生の原因と早生系統間差

持田圭介^{1*}・板村裕之²

¹ 島根県農業技術センター 693-0035 島根県出雲市芦渡町 2440

² 島根大学生物資源科学部 690-0823 島根県松江市西川津町 1060

Cause of Pre-harvest Fruit Softening and Comparison among Early-Ripening Strains of Japanese Persimmon ‘Saijo’

Keisuke Mochida^{1*} and Hiroyuki Itamura²

¹Shimane Agricultural Technology Center, Izumo, Shimane 693-0035

²Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Matsue, Shimane 690-0823

Abstract

Pre-harvest fruit softening, so-called “On-tree early softened fruit”, in which maturation is abruptly accelerated and over-ripened prior to harvest for certain physiological reasons, was compared among 6 strains of the “Early B” types of Japanese persimmon ‘Saijo’. We also examined the cause and methods of preventing this phenomenon. Pre-harvest fruit softening was less frequently observed in the “Endo”, “Yamasaka”, and “Abe” strains than in “Koto” strain, even in years with heavy rain during July to September. In these strains, relatively higher activities were found in the fine roots, and except in “Koto”, there were lower levels of ethylene evolution in the fruit during early September to late October. A remarkable ethylene evolution was observed in fruit on about day 10 of flooding treatment, then heavy falls of leaf and fruit were observed. On the contrary, however, shaded trees did not show increased ethylene production in fruit, and caused few or no falling leaves and fruit. This was also observed in untreated trees. Accordingly, the disorder might be promoted not by shortage of sunshine, but by high moisture in the soil. Soil moisture in late July to October was little changed by a “White porous water proof sheet” covering the soil under the tree crown, the pF value of soil at a depth of 15 cm was 2.3 through out the period. Ethylene release from fruit, and the occurrence of pre-harvest fruit softening were considerably reduced by mulching with a water proof sheet. From the above results, it was considered that the pre-harvest fruit softening was induced mostly through the following 2 process; ① At the late stage of fruit maturity, flooding condition by continuous rainfall blocks aeration in root, and the ethylene precursors (ACC) are accumulated in fruit. ② Thereafter, waters are actively vaporized from fruits by exposure to high temperature during the following fine and windy days, and ethylene release in fruit under water stress, resulting in rapid fruit softening.

Key Words : ethylene, flooding, root activity, white porous water proof sheet

キーワード : エチレン, 細根活性, 多孔質マルチ, 湛水

緒 言

中四国地方の特産であるカキ ‘西条’ には多くの系統があり (磯田, 1983), 河野ら (1980) は島根県内で栽培されている ‘西条’ を主として果形および熟期により 6 系統に分類した。

このうち, 栽培面積の最も多い早生系 ‘西条’ “B 型” 系統は, 島根県においては 10 月上旬～下旬に収穫されるが, 年次によっては収穫前 40 日頃の 8 月下旬から未熟状態で軟熟, 落果する樹上軟化が多発する。この現象は, 後期生理落果の一つであり, 多発年には数十%の発生率となる樹もみられる。カキの収穫前果実軟化は, ヘタムシや強風によ

る果実への直接傷害や, 落葉病などの早期落葉に起因する場合もあるが, 果実内エチレン生成量の増加が原因で発生する場合もあり, それらは明確に区別されている。後者の場合, 成熟前に果実のエチレン生成が異常に高まることが主な原因とされており (竹下ら, 1996), ‘西条’ 特有の生理障害と考えられる。本論文では, この ‘西条’ 特有の樹上軟化の発生原因を究明し, 対策技術の開発に結びつけることを目的としている。樹上軟化障害は, 果実肥大第 II 期以降降雨の多い年に多発することが経験上指摘されており, 地下部の過湿によるストレスや日射不足による同化養分生成量の減少が原因と推定される。この樹上軟化発生程度には系統間差が認められ, 特に樹勢の弱い系統で発生が顕著に多いことから, その原因について湛水と遮光処理により検討した。さらに, 多孔質マルチ樹冠下全面被覆による樹上軟化障害防止効果を検討したところ一定の知見が得られ

2006 年 2 月 17 日 受付. 2006 年 6 月 2 日 受理.

* Corresponding author. E-mail: mochida-keisuke@pref.shimane.lg.jp

たので報告する。

材料および方法

実験 1：樹上軟化発生の系統間差異に関する調査

供試樹は、旧島根県農業試験場開発営農科圃場において、1988年に同一の山柿樹から採取した種子を播種し、その実生に接ぎ木した‘西条’早生“B型”系である“安部”、“遠藤”、“Bわい性”、“山坂”、“古藤”、“和田”の6系統を用いた。各供試系統の反復樹数は、“安部”系3樹、“遠藤”系3樹、“Bわい性”系2樹、“山坂”系9樹、“古藤”系5樹、“和田”系6樹で、調査は2002～2003年に行い、樹齢は調査初年度が13年生であった。主要栽培管理は、島根県果樹栽培指針に準じて行った。シルバー有孔マルチ（商品名ネオポリシャイン、以下シルバーマルチ）の樹冠下被覆は、毎年8月下旬に土地面積の51.4%に対して行った。かん水は、降水が10日程度なかった場合に30mm程度スプリンクラーで行った。

各供試樹の樹上軟化発生率の推移は、障害発生数を8月20日以降10月10日まで樹単位で調査し、全着果数で除して求めた。果実のエチレン発生量は、各系統とも平均的な生育を示した各3樹（“Bわい性”系は2樹）について、2002年と2003年の8月25日～10月20日に1樹当たり4果を1～2週間ごとに採取して、直ちに本体ソーダガラス製、蓋PP製600ml容器に密封し、20℃で24時間インキュベートした後、ヘッドスペースガスをガスクロマトグラフィー（島津製GC-14A、検出器：FID）で測定した。

細根の活性は二見（1990）の方法に準じ、以下の手順で測定した。2002年9月8日、2003年7月8日および2003年9月4日にエチレン発生量調査と同一樹から細根10g程度を採取し、丁寧に水洗いしてペーパータオルで水分を拭き取り、1gを秤量した後 α -ナフチルアミン40ppmを含む1/10Mリン酸緩衝液（pH7.0）中に浸漬し、時々攪拌しながら30℃で3時間反応させた。反応前後の α -ナフチルアミン濃度を分光光度計（510nm）で測定した。残りの細根は、90℃に設定した通風乾燥器内で定量になるまで乾燥させ乾物率を求め、細根の活性を乾物1g当たりの α -ナフチルアミン酸化力で表した。

実験 2：湛水および遮光処理が樹上軟化に及ぼす影響

25リットルポット植栽の4年生‘西条’“B型”樹（台木：山柿）を用い、処理区は「湛水＋遮光」区、湛水区、遮光区および対照区（無処理）とし、各区5樹を用いた。供試ポットは、2003年2月19日に雨よけハウス内へ搬入して管理した。主な生育期は、発芽期3月8日、開花盛期5月15日であった。摘果は、葉果比が15～20になるよう6月11日に行った。湛水処理は、8月18日～9月22日に、水を充填した60リットルポットに各供試ポットを入れて行った。遮光処理は、8月18日～10月20日に、遮光率75%の黒色寒冷紗をポット上面及び側面に、樹から50cm程度空間をあけて被覆した。樹上軟化発生率および落葉率

は、処理開始後5日間隔で1か月間調査を行った。果実のエチレン発生量は、各供試樹とも樹上に着果した健全果3果を8月28日に採取し、実験1と同様の方法で分析した。

実験 3：土壌湿度が樹上軟化に及ぼす影響

供試樹は、旧島根県農業試験場圃場植栽の13年生‘西条’“B型”“山坂”系8樹（台木：山柿、実験1供試樹とは別の樹）を用いた。処理区は、多孔質シート（商品名タイベックハード；以下多孔質マルチ）の樹冠下全面被覆およびシルバーマルチの部分被覆（被覆率51.4%）とし、各4樹を用いた。マルチの被覆は、多孔質マルチが2003年7月29日、シルバーマルチが同8月27日とし、収穫終了時まで被覆状態とした。多孔質マルチ区のかん水は、8月上旬～9月中旬に2回、地下15cmのpF値が2.6に達した時点で約10mm、マルチを巻き上げて行った。シルバーマルチ区のかん水は、実験1と同様に行った。マルチ被覆期間中の平均土壌水分含量は、多孔質マルチ区がpF2.3、シルバーマルチ区がpF1.8であった。果実のエチレン発生量は、各供試樹から1樹当たり5果を2003年9月29日に採取し、実験1と同様の方法で測定した。樹上軟化発生率は、実験1と同様の方法で求めた。

結 果

実験 1：樹上軟化発生の系統間差異調査

2002、2003両年の8月上旬から10月下旬までの降水量と果実エチレン発生の関係を第1図に示した。2002年は、8月中旬に57mmの降水量がみられたものの、その後9月にかけて26日間降雨がなかった。9月13～17日に日降水量10mm以上の降雨が3日みられ、9月24日の“古藤”系におけるエチレン発生量が約 $0.005 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ で他系統より高まったものの、絶対量としては非常に僅かであった。10月には散発的に日降水量10mm以上の降雨がみられたものの、エチレン発生量は低く推移した。そして、樹上軟化も皆無であった（データ省略）。2003年は、8月上旬に日降水量10mm以上の降雨が連続的に6日間あり、この間136mmの降水量に達した。この降雨後8日目の8月25日に果実エチレン発生量を測定した結果、各系統で $0.06 \sim 0.12 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ のかなり高い発生が認められた。特に、“安部”、“和田”、“山坂”の各系統でやや高い傾向であった。次いで、8月下旬から9月中旬にかけ、連続あるいは断続的に約20日間降雨があり、この間の降水量は162mmに達した。この長期降雨のほぼ中間の時期に当たる9月8日の果実エチレン発生量は、各系統とも $0.06 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 以下の比較的低いレベルを示した。しかし、9月22日には“古藤”系の果実エチレン発生量が約 $0.15 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 、“Bわい性”系では $0.09 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ で、他の系統より明らかにエチレン発生が高まった。その後、正常果の収穫が始まる10月上旬から収穫末期の10月下旬までは、日降水量10mm以下の降雨が散発的にあったものの、全ての系統で果実のエチレン発生量は低く10月20日には

第1図 カキ‘西条’“B型”6系統樹におけるエチレン発生量と降水量の推移

²分散分析により有意差なし

³異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意

0.02 $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 以下のレベルになった。さらに、樹上軟化の発生に系統間差異が認められた。すなわち、“古藤”系では9月25日をピークに計約6%の樹上軟化が認められたのに対し、その他の系統では目立ったピークはみられず計2%以下と低く推移した(第2図)。

2002年9月上旬、2003年7月上旬および9月上旬の6系統における細根の α -ナフチルアミン酸化力を第3図に示した。夏季晴天の続いた2002年9月は、いずれの系統でも細根の生理的活性が高く、夏季高温乾燥による細根の活性低下は認められなかった。一方、長梅雨で多雨寡日照であった2003年には、7月の段階で各系統の細根活性が前年9月に比べ著しく低下し、特に“遠藤”、“山坂”、“和田”系では1/2近くまで低下した。さらに、同年9月上旬の時点では、“安部”、“遠藤”、“山坂”3系統の細根活性は7月とほとんど差がみられなかったが、“Bわい性”、“古藤”、“和田”の3系統では、7月より活性が低下し、特に“和田”および

第2図 カキ‘西条’“B型”6系統樹における樹上軟化発生率推移の系統間差(2003年)

²縦棒は標準誤差を示す

第3図 カキ‘西条’“B型”6系統樹(台木:山柿)の細根活性(2002, 2003年)

²横棒は標準誤差を示す

“古藤”系で著しかった。

実験2: 湛水、遮光処理と樹上軟化発生との関係

極端な湛水、遮光条件が果実の樹上軟化発生と落葉に及ぼす影響について第4図に示した。樹上軟化および落葉の発生は、ともに湛水区が著しく、処理開始10日後には果実の83%、葉の90%が脱落した。次いで、「湛水+遮光」区で発生が多かったが、樹上軟化、落葉とも湛水区より発生がやや遅延した。しかし、「湛水+遮光」区、湛水区ともに処理30日後には全果実、全葉が脱落した。これに対し、遮光および対照区では樹上軟化、落葉とも成熟期までほとんど発生がみられなかった。

処理開始後10日のエチレン発生量を第5図に示した。湛水区および「湛水+遮光」区のエチレン発生量は極めて高く、それぞれ5.37 $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ と4.22 $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ であった。遮光、対照両処理区ではエチレンはほとんど発生しなかった。

実験3: 土壌湿度と樹上軟化発生との関係

マルチの種類および被覆方法の違いが樹上軟化発生に及

第4図 遮光および湛水処理がカキ‘西条’“B型”ポット植栽樹の樹上軟化発生と落葉に及ぼす影響（2003年）

^z縦棒は標準誤差を示す

^y遮光処理は8月18日～10月20日、湛水処理は8月18日～9月22日に行い、処理開始後の軟果および落葉について示した

第5図 湛水および遮光処理がカキ‘西条’“B型”ポット植栽樹果実のエチレン発生量に及ぼす影響（2003年）

^z遮光処理は8月18日～10月20日、湛水処理は8月18日～9月22日に行った

^y異符号間は Tukey の多重検定により 5%水準で有意

^x各処理開始後10日目（8月28日）に測定

第6図 土壌湿度と13年生カキ‘西条’果実のエチレン発生量、樹上軟化発生の関係（2003）

^z8月上旬～9月中旬に pF2.6 で2回かん水（各10mm）を行った

^y8月下旬～10月下旬に無降水10日間後30mmかん水を行った

^x横棒は標準誤差を示す

^wt検定により *; 5%水準で有意差有り, n.s.; 有意差無し

^v8月29日に測定した

^u8月20日～10月5日に調査した

ぼす影響について第6図に示した。果実のエチレン発生量は、多孔質マルチ区が $0.05 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ でシルバーマルチ区の $0.11 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ に対し明らかに発生が抑制された。樹上軟化発生率は、有意ではなかったが、シルバーマルチ区で多孔質マルチ区よりも多い傾向にあった。

考 察

これまで、樹上で未熟果が軟化する原因については、果実内のエチレン生成レベルがある閾値以上に高まること（板村ら，1998）、Mn 欠乏（梅野ら，1999）などが報告されている。早生系‘西条’では、特に樹上軟化が発生しやすいが、実際に栽培されている早生系‘西条’には多くの系統があること、栽培圃場の土質、地下水位、排水の良否などの立地条件や土壌管理が異なること、年次による発生の多少があることなどから、栽培過程において軟化発生に至る決定的な要因の特定は困難であった。本実験では同一園で栽培した、早生系“B型”6系統を調査対象にしたこと、対照的な降雨条件に恵まれたことから、樹上軟化発生要因についてかなり明らかにすることができた。すなわち、果実発育第II期から第III期の夏季～初秋の高温時に連続的な降雨があり、地下部が通気不足になると樹上軟化が発生することが確認できた。このことは、鉢植え個体の地下部を湛水処理すると、10日後にほとんどの果実が軟化、落果することからも確認された。植物体の地下部が湛水状態におかれ、通気不足になるとエチレンが生成しやすくなるという報告は多い（English ら，1995; Mckersie, 1996; Tamura ら，1996; Voeselek ら，1991）。野生種トマトでは、湛水処理により根から新梢への道管流による ACC の転流が促進され、湛水後6～12時間で葉柄内の ACC 酸化酵素活性が高まり、エチレン生成が促進される（English ら，1995）。また、木本類でも耐水性が異なる台木を用いたナシ樹を湛水処理すると、耐水性の低い台木ほど細根中の ACC やエチレン生成量が多く、湛水処理3日目には最高になり、その後徐々に低下するが、葉中の ACC やエチレン生成は湛水処理5日目以降になって増加することが報告されている（Tamura ら，1996）。本実験における早生系‘西条’の地下部湛水処理では、果実のエチレン生成の高まりはこれらの報告より遅く、処理開始後10日目であった。また、湛水処理個体を遮光すると、果実のエチレン生成は若干抑えられる傾向がみられた。圃場栽培条件では、連続的な降雨中は果実からのエチレン生成が比較的少なく、大雨後晴天が10日間程度続いた場合に果実のエチレン生成が著しく多くなり樹上軟化が発生した。このような果実のエチレン生成、軟化発生には系統間差があり、“古藤”系は他の系統より樹上軟化が発生しやすいことが認められた。

一般に、植物組織が嫌気条件下におかれると、無気呼吸をつづけ、二酸化炭素と水を排出する。それと同時に、エタノールやアルデヒド類が生成される。また、そのような条件下では、エチレン前駆物質である ACC も生成される。

生育中のカキ樹体への湛水処理では、地下部がこのような嫌気条件下におかれる。一方、カキ果実の脱渋も嫌気条件下で行われるが、温度が高いほどアルコール脱水素酵素の活性が高まり、脱渋と軟化が早くなる。また、脱渋後の軟化の難易は品種によって大きな相異があることから、収穫前の樹上軟化発生の要因は、地下部の通気不足だけではなく、果実側の要因も考慮する必要がある。

和歌山県や奈良県では、‘刀根早生’の7～8月出荷用早期加温ハウス栽培が行われているが、収穫後数日で軟化する場合があり、流通上の大きな問題として指摘されているが(播磨ら, 2001), この収穫後の早期軟化は、果実から蒸発散する水ストレスにより生成されるエチレンが密接に関係していることが確認された(中野ら, 2001)。以上のような報告をもとにすると、樹上軟化発生の要因には次の過程が考えられる。①成熟期の高温時に、地下水位が高く排水不良の園では、湛水するような降雨があると地下部が通気不足となり、根の障害程度によってはエタノールやACCが生成される。②降雨後に高温、乾燥条件にあうと、葉やヘタからの蒸散が激しく、水ストレスによりACC酸化酵素が活性化され、果実内のエチレンレベルが高まり、急激に果実が軟化する。

このように、‘西条’果実が樹上軟化に至るには2つのステップが考えられるが、特に第1ステップでの地下部の状態が重要な要因であることは、夏季少雨年に樹上軟化発生が皆無であったことから推察できる。しかし、この仮説を証明するためには、今後ACCの測定等、さらに検証する必要がある。

本研究では、実験2の湛水処理に比べて、実験1の‘西条’“B型”各系統と実験3の対照区におけるエチレン生成量は著しく少なかった。これは、実験1および実験3が、土壌改良を徹底し暗きょ排水も埋設しており、例年樹上軟化の発生が比較的少ない島根農試圃場植栽の成木を用いた試験であり、長期降雨期間中においても実験2のポット植栽樹のような完全な湛水状態にならなかったことによるものと考えられる。一方、現地の栽培圃場では土壌改良や排水対策をほとんど行っていない例が多く、そのような園では排水不良やそれに伴う樹勢低下がみられ、毎年樹上軟化が発生しやすくなっているものと考えられる。板村ら(1998)は、樹上軟化多発園における収穫期直前のエチレン生成量は1 ppm程度まで高まり、収穫初期の10月上旬までに20～30%の果実が樹上で軟化することを確認している。従って、実験1でエチレン生成量が約 $0.15 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ と多く、樹上軟化発生率が6.2%で他系統より有意に高かった“古藤”系においては、土壌改良や排水対策を施さない場合、現地の樹上軟化多発樹同様にエチレン発生量および樹上軟化発生率が著しく高まる可能性がある。

多雨年の2003年7月上旬には、連続6日間を含め断続的に12日間の降水があり、7月の降水量は約350 mmに達し、平年より55%多かった。この段階で、少雨の前年9月

より各系統の細根活性は大きく低下したが、中でも“遠藤”、“和田”系は前年9月の1/2近くまで低下した。“Bわい性”、“安部”の両系統は、前年9月の段階ですでに他系統よりやや細根活性が低かったが、2003年7月には“古藤”系でやや高いのを除けば、各系統間に大きな差は認められなかった。その後、8月上旬と8月下旬～9月中旬に2回の連続的な降雨があり、9月上旬には“和田”、“古藤”系でさらに著しい細根の活性低下がみられた。本実験に用いた‘西条’早生“B型”6系統はすべて同一台木を用いているにも関わらず、細根の障害程度には系統間で大きな差がみられた。特に、7月以降の長雨後、細根活性の低下が著しい“古藤”系では、果実のエチレン生成が高まり、軟化が多発した。このことは、長雨による細根活性の低下が果実のエチレン生成量の増加、さらには樹上軟化発生を誘発することを裏付けており、特にわい化性がみられ根域が浅いと思われる“古藤”系のような樹で、このような現象が生じやすいと考えられる。しかし、細根の活性が最も低下した“和田”系では、8月下旬以降の長雨後に果実のエチレン生成は高まらず、軟化発生率も低かった。このような矛盾が生じた原因としては、地上部と地下部の生育が相互に影響しているためと考えられた。本実験で用いた山柿台の各系統は、植栽後10年以上経過し、地上部、地下部とも生育に差を生じている。中でも、“和田”系は樹勢が極めて強く、新梢の2次伸長、徒長枝の発生が8月まで続いた。このことから、樹勢の強さは地下部にまで及んでいたと推測され、根域の深さや根の太さ別分布割合も他の系統と異なっていたものと推察される。文室ら(1989)は、‘西村早生’の強勢系統はわい性系統と比較し、1か月程度長く葉のジベレリン様活性を高く維持しているとしている。ジベレリンは、着生果実のエチレン生成そのものに対しては抑制効果を示さないものの、若い葉の着生は果実の熟度の進行を抑制する効果が認められている(板村ら, 1994)。従って、強勢系統の“和田”系で、8～9月の長雨後に細根の活性が著しく低下したにも関わらず、果実のエチレン生成が少なく、軟化発生が抑制された原因は、葉の衰弱、老化および果実の成熟が他系統より遅れたために、同時期の他系統と比較してACC酸化酵素活性が低かったためと推察される。さらに、“和田”系で地下部が障害を受けても果実のエチレン生成が高まらない最大の要因は、系統間の遺伝的な相異にあると思われる。本実験で供試した‘西条’早生“B型”6系統は、それぞれ熟期や樹勢に違いがみられ、中でも“和田”系は、地下部の湛水環境に続く地上部のストレス(風、高温、葉やヘタの蒸散)が加わっても果実のエチレン生成が高まらなかった。このことから、樹上軟化の防止には、系統間の軟化発生の難易や台木をさらに検討し、選抜することが重要である。

樹上軟化の発生には湛水の他、寡日照条件が引き金になっている可能性も否めない。しかし、後期落果と日射量との関係については、発生する品種が希なこともありこれ

まで報告がみられない。本実験において、着色始期以降の遮光処理は、対照とほぼ同様に樹上軟化はほとんどみられず、エチレン生成量もわずかであった。成熟期の日射量不足は、湛水のように直接的に根にストレスを与えるものではなく、日射不足による体内炭水化物含量の低下による器官間競合が大きな問題となる。本実験では、同化養分の sink として大きなウェイトを占める果実において糖度不足が顕著であり、新梢および細根中炭水化物含量も著しく少なかった（データ省略）。したがって、‘西条’における成熟期の日射量不足は、樹体内に蓄積した炭水化物を消耗するものの、エチレン生成を促すようなストレスにはなり得ないと考えられた。それよりはむしろ、湛水樹への遮光は樹体周辺温度を下げ、果実の水分蒸散を軽減したことが果実のエチレン生成および樹上軟化を抑制する効果があったと考えられる。

樹上軟化の発生は、土壌の過湿状態の長期化により促進されると考えられたことから、白色多孔質シートマルチを樹冠下に全面被覆し、降雨による表面水を強制的に排除することによる防止効果を検討した。現地の‘西条’栽培園では、一般に着色促進や汚損果防止を目的としてシルバーマルチを土地面積の 1/2 ～ 2/3 に被覆するが、反射光による日焼けのおそれがあるため、平均気温が 30℃ を下回る 9 月上旬以降に行っている。これに対し、多孔質マルチは反射光が散乱し、果面温度が上昇する恐れがないことから夏季の敷設が可能である。この多孔質シートの長期全面被覆による樹上軟化発生抑制効果について検討した。多孔質マルチ区の土壌水分は平均 pF 値 2.3 で推移し、乾湿の変化が小さかったことから、根のストレスが少なかったと推察され、果実のエチレン発生量が明らかに抑制され、樹上軟化の発生も少ない傾向にあった。このように、樹上軟化の防止対策としては、7～9 月の高温期における長雨時に細根の活性を低下させないため、耕土を深くし地下水位を下げ、排水を良くすることや、本実験で効果が認められた多孔質マルチの長期全面被覆が有効な手段になりうると考えられる。さらに、長雨後に晴天が続いたり、台風等強風により、急激に葉の蒸散量が増加することによるストレスにより、エチレン生成が増加しないよう、防風ネットの設置や間歇的な枝葉への散水等の対策を講ずることが重要である。

摘 要

カキ‘西条’の早生 6 系統における樹上軟化発生の系統間差とその原因および防止方法について検討した。

7～9 月の降雨が多い年においても、“遠藤”、“山坂”および“安部”の各系統は細根活性の低下がみられず、果実のエチレン発生量が低く推移し、樹上軟化の発生が少なかった。

湛水処理後 10 日頃に、果実のエチレン発生量が極めて多くなり、その後著しい落葉と落果がみられた。これに対し、遮光処理では、果実のエチレン発生量が少なく、落葉

および落果は対照区と同程度に少なかった。したがって、樹上軟化発生は土壌の過湿により促進されるものの、日射不足はほとんど影響を及ぼさないと考えられた。

7 月下旬以降の多孔質マルチの土壌全面被覆によって、土壌の水分変動が少なくなり、pF 値 2.3 程度で推移した。それにより、果実のエチレン発生が抑えられ、樹上軟化発生が抑制される傾向がみられた。

以上より、樹上軟化は次の 2 過程が続いて生じた場合に起こりやすいと考えられた。①果実発育後期の長雨により地下部の通気不足が生じる②その後の高温や強風による蒸散、水ストレスによる果実のエチレン生成が高まる。

引用文献

- English, P. J., G. W. Lycett, J. A. Roberts and M. B. Jackson. 1995. Increased 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase activity in shoots of flooded tomato plants raises ethylene production to physiologically active levels. *Plant Physiol.* 109: 1435–1440.
- 播磨真志・中野龍平・山本貴司・小松英雄・藤本欣司・北野欣信・久保康隆・稲葉昭次・富田栄一. 2001. カキ‘刀根早生’促成栽培果実の収穫後の軟化発生. *園学雑.* 70: 251–257.
- 文室政彦・村田隆一. 1989. カキ‘西村早生’わい性系統の生理生態的特性（第 2 報）生長特性と内生生長調節物質の関係. *滋賀農試研報.* 30: 57–65.
- 二見敬三. 1990. 根活性診断法. *植物栄養実験法.* p. 49–59. 博友社. 東京.
- 磯田竜三. 1983. 中国・四国地方における西条ガキの系統について. *広島農短大報.* 7: 165–180.
- 板村裕之・足立朋子・山村 宏. 1998. カキ‘西条’果実の樹上軟化とエチレン生成および細胞壁分解酵素活性の変化. *園学雑.* 67 (別 2) : 475.
- 板村裕之・福嶋忠昭・北村利夫・原田 久・平 智・高橋芳浩. 1994. 摘葉およびジベレリン処理がカキ‘平核無’果実のアルコール脱渋後の軟果に及ぼす影響. *園学雑.* 62: 867–875.
- 河野良洋・伊藤武義・小豆沢斉. 1980. 西条柿の系統選抜に関する研究（第 1 報）島根県産西条柿の果実型について. *島根農試研報.* 16: 56–68.
- Matsuo, T., J. Shinohara and S. Ito. 1976. An improvement on removing astringency in persimmon fruits by carbon dioxide gas. *Agric Biologic Chem.* 40: 215–217.
- Mckersie, B. D. 1996. Anaerobic Stress: Flooding and Ice-Encasement. p. 1–28. University of Guelph, Ontario.
- 中野龍平・播磨真志・久保康隆・稲葉昭次. 2001. 有孔ポリエチレン包装によるカキ‘刀根早生’ハウス促成栽培果実の軟化抑制. *園学雑.* 70: 385–392.
- 竹下 修・倉橋孝夫・梶野康行・小豆沢 斉・板村裕之. 1996. カキ‘西条’の果実軟化発生樹の特性. *園学雑.*

65 (別 2) : 146–147.

Tamura, H., K. Tanabe, M. Katayama and A. Itai. 1996. Effects of flooding on ethanol and ethylene production by pear rootstocks. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 65: 261–266.

梶野康行・倉橋孝夫・竹下 修・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.

Voesenek, L. A. C. J., A. J. M. vanderSman, F. J. M. Harren and C. W. P. M. Blom. 1991. エチレンと湛水耐性—植物ホルモン生理学と植物生態学の融合— (豊増知伸・鈴木義人訳). 植物の化学調節. 26: 156–171.