

温暖化と温州ミカンの浮皮発生とその対策

(独)農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所
カンキツ興津拠点 カンキツ研究チーム 研究員 佐藤景子

はじめに

温暖化により、カンキツに対して様々な影響が起これと考えられている。杉浦ら(2007)が2003年に行った、現時点で発生している果樹に対する温暖化の影響調査では、ウンシュウミカンでの、浮皮の増加を挙げる県が6県あった。日本における平均気温は、1990年より前20年間と後20年間を比較した場合、特に果樹の生育シーズンがスタートする直前の2,3月と秋季の9～11月の気温上昇が、後20年間に於いて顕著に上昇している(杉浦, 2010)(図-1)。今後もこの傾向が続くとすれば、秋季の9～11月はちょうどウンシュウミカンの成熟期にあたることから、成熟期の高温と多雨で発生が多くなるとされているウンシュ

ウミカンの浮皮発生の問題がいつそう大きくなる。ウンシュウミカンの浮皮については、傷つきやすく輸送性や貯蔵性が劣り、また低糖・低酸となり食味が劣ることから、古くから問題とされてきた。鳥潟ら(1955)は窒素の影響について、横尾ら(1963)は温度、湿度、土壤水分などの環境の影響や、浮皮防止剤等について研究を行った。倉岡(1961, 1962, 1966, 1975, 1976)は果皮を組織学的に観察し、浮皮の発生機構を詳細に調査したほか、ジベレリンによる浮皮抑制効果などを見いだした。その後、河瀬(1984)は環境や肥料成分の影響を詳細に研究し、その結果、炭酸カルシウム剤による浮皮抑制技術などの実用的な技術開発を進めた。このように、浮皮に関する研究は1950

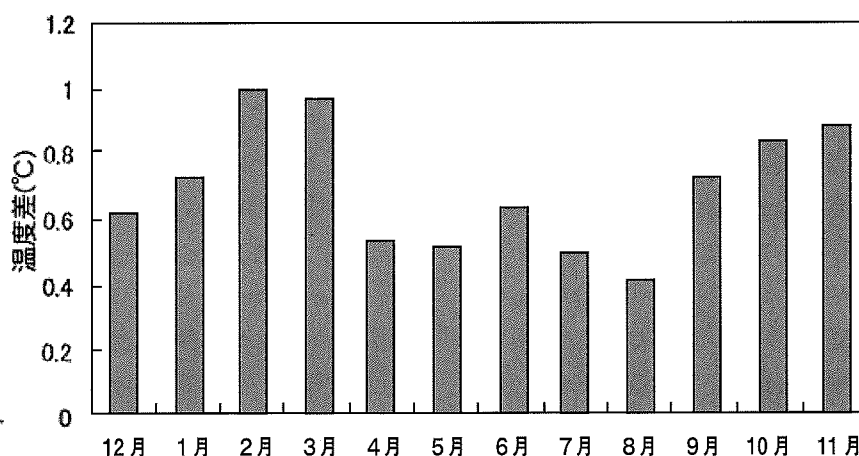


図-1 1990年の前20年間(1970～1989年)と比較したときの後20年間(1990～2009年)の日本の気温上昇 杉浦(2010)より

年代中頃から1980年代までに多数行われてきたが、温暖化の観点からの浮皮の研究はまだ始められたばかりである。そこで、今回はこれまでの浮皮の研究と現在の浮皮防止対策をまとめるとともに、温暖化と浮皮の発生に関する研究、そして今後の浮皮の研究の方向性について述べることにする。

浮皮発生の過程と組織学的特徴

浮皮は着色期以降急激に進む。横尾ら(1963)は、果肉の発育は10月中旬以後ほとんど停止するのに対して、果皮の発育はそれ以降も継続し、その結果、果肉と果皮の成長のアンバランスが生じ、果皮と果肉の空隙が大きくなることを明らかにした。さらに、倉岡ら(1962)は、組織学的に詳細な浮皮の進行過程を観察したところ、浮皮はまず、アルベド(果皮の白色部分)の崩壊が起こり、その後フラベド(果皮のオレンジ色部分)の吸水による膨張という2つの段階を経て発生することを明らかにした。すなわち、アルベド組織が崩壊し始めると、果肉と果皮の間に隙を生じ、このような果実が雨露にさらされるとフラベドが水分を吸収して、膨張し、その結果、果肉と果皮の間の空隙が増大し、浮皮が甚だしくなる。また、白石ら(1999)は、浮皮発生果における表皮下細胞壁の微細構造について調査したところ、浮皮果では細胞角隅にかなり大型の細胞間隙ができ、隣接した細胞間に離生細胞間隙の発生を観察した。細胞間隙が見られない場合でも、細胞中葉の崩壊、細胞壁自体の崩壊を認めた。また、倉岡(1975,1976)は、細胞同士の接着に関与する成分のペクチンについて分析した結果、正常果は浮皮果よりもアルベド内の全ペクチン質、水溶性ペクチン質、キレート可溶性ペクチン質が多く、酸可溶性ペク

チン質は少ないことを認めた。また、ペクチンと結合して細胞壁の強化に関わるカルシウムは正常果の方が浮皮果よりも含量が多い傾向にあった。このように、浮皮の発生には、アルベドの内のペクチン量や特性ならびにカルシウム含量と関連する結果が得られている。

環境条件と浮皮

横尾ら(1963)は、晩秋の温湿度と浮皮発生との密接な関係を検討し、浮皮は11月上旬から高湿度の条件が与えられると発現し、逆に果実周辺の空気湿度を下げると浮かず、温度だけが高いと浮皮は出なかったとしている。さらに、ビニール袋かけを行い連続的な高湿度条件の処理を行ったところ、11月下旬の10日間で顕著に浮皮になることを認めた。また、河瀬(1984)は、浮皮が起こりやすい暖地産地(九州)、浮皮が起こりにくい低温産地(東海)の気象条件を比較したところ、気象要因の大きな相違点は成熟期の相対湿度であり、一般に九州地方の結露時間は長く、結果的に浮皮の進展速度が早くなることを明らかにした。さらに果実周辺の温度および湿度と浮皮発現について調査したところ、温度が一定の場合には高湿なほど浮皮となり、湿度が一定の場合には高温なほど浮皮になることを示した。また、採取果では10℃でも高湿度になると浮くことを明らかにし、10℃は成熟期の産地気温より低いことから、実際の園地では温度条件よりも、園内の高湿結露条件が浮皮発現を左右する大きな要因と考察している。

土壌水分条件と浮皮に関しては、横尾ら(1963)は、8～9月に土壌が乾燥すると浮皮がひどく発現したとしており、栗山ら(1974)は8～10月に土壌水分が少なく、11月に土壌水分が多い場合には浮皮の発生が多くなったとして

表－1 土壤水分状態と浮皮発生程度

横尾ら(1963)

8月	9月	10月	11月	浮皮発生程度
DRY	WET	WET		×
WET	DRY	WET		△
WET	WET	DRY		○
WET	WET	WET		○

栗山ら(1974)

8月	9月	10月	11月	浮皮発生程度
DRY	WET	WET	WET	×
WET	DRY	WET	WET	×
WET	WET	DRY	WET	×
WET	WET	WET	DRY	○
DRY				×
WET				×

DRY:土壌を乾燥処理

WET:湿潤状態を保持

浮皮発生程度 ○:発生少ない、△:発生やや多い、×:発生多い

いる(表－1)。これらのことから、浮皮の発生は、発生時の土壤水分が湿潤であることだけでなく、夏季の8、9月に土壤が乾燥することも大きな要因になると考えられた。したがって、浮皮が発生しやすい気象条件は、夏季にひどく乾燥し、秋季に多雨(果実表面が高湿になり、土壤水分が湿潤になる状態)であると推測される。

施肥と浮皮

鳥潟(1955)は、夏期における過量の窒素の施与および追肥の遅延は果皮の発育を助長し、果皮重量、果皮容積、果皮歩合、果皮の厚さを増

加させ、浮皮の原因のひとつになっている。また、赤松(1970)は、窒素肥料量(年間窒素0～45kg/10a)が浮皮に及ぼす影響を6年間調査したところ、4年目以降は窒素施用量が多い区ほど浮皮の発生が多かったとしている。さらに、河瀬(1984)は、施肥量については少量区は明らかに浮皮程度が軽く、夏及び秋肥の施用時期については、6月～9月に集中施用すると浮きやすく、10月中旬(夏肥抜き秋肥施用)では影響せず、6または7月、8月、10月の3回に分けて少量ずつ施用した場合も浮皮は軽かったとしている(表－2)。

表－2 夏及び秋肥の施用時期と浮皮発生程度

河瀬(1984)

施用方法	6月	7月	8月	9月	10月	浮皮発生程度
3期分散	▲		▲		▲	○
早期集中	▲▲▲					×
中期集中			▲▲▲			×
晚期集中					▲▲▲	○
無施肥						○

▲:施肥時期

浮皮発生程度 ○:発生少ない、×:発生多い

浮皮軽減のための一般栽培管理

アルベドの厚い果実は浮皮になりやすいため、夏肥の窒素の量を控えるとともに、なるべく早期に夏肥の施用行うことが重要と考えられる。また、夏の乾燥は、前述の通り、浮皮発生を助長する傾向があるほか、夏肥の肥効を遅くしてしまうので、夏の高温乾燥期には適度に土壤水分を維持し、秋には土壤水分を少なくすることが望ましいと考えられる。吉川ら（2001）は、慣行栽培の「青島温州」において、11月の多雨により露地栽培では浮皮が多発したのに対し、周年マルチ被覆とドリップかん水を組み合わせたマルドリ栽培では、浮皮がほとんど認められない、または軽微である果実が90%を占めることを示した。マルドリ栽培では土壤水分および樹体内水分の変動が露地条件よりも緩やかであり、このことも浮皮が少ない原因のひとつなのかもしれない。

浮皮軽減に有効な植物調節剤

現在登録されている薬剤は4種類ある（表-3）。炭酸カルシウムを主成分とする「クレフノン」、塩化カルシウムと硫酸カルシウムを含む「セルバイン」、オーキシン系の植物ホルモンであるエチクロゼートが主成分の「フィガロン」、そして植物ホルモンのジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用剤である。

カルシウム剤

河瀬（1984）は、炭酸カルシウム剤の浮皮に対する作用性について、物理的な影響と生理的な影響があるとしている。物理的な作用としては、炭酸カルシウムの微粒子が果皮表面の気孔内部に入り込み、閉孔不能となり蒸散が促進されるとしている。また、気孔からの蒸散促進だけではなく、クチクラからの蒸散も促進されることが推測されている。一方、生理的作用としては、組織へのカルシウムの補給が考えられて

表-3 ウンシュウミカンにおいて使用が認められている浮皮軽減に有効な生育調節剤

農薬の種類	農薬の名称	使用方法
炭酸カルシウム水和剤	クレフノン	収穫1ヶ月前から収穫10日前までの間に2～3回散布
塩化カルシウム・硫酸カルシウム水溶剤	セルバイン	生理落果終了から着色期までに20～30日間隔で2～3回散布
エチクロゼート乳剤	フィガロン乳剤	蚬尻期(1回目)とその2週間後(2回目)に立木全面散布
ジベレリン ^{注1)} とプロヒドロジャスモン液剤の混用	ジベレリン ^{注2)} とジャスモメート液剤を混用	ジベレリン水溶液又は液剤とプロヒドロジャスモン液剤を混用し、収穫予定日の3ヶ月前(但し、収穫45日前まで)に1回散布

注1) 農薬の種類として、ジベレリンには、水溶剤と液剤がある。

注2) ジベレリンの農薬の名称として、水溶剤には、「ジベレリン明治」、「ジベレリン協和粉末」、「ジベレリン協和錠剤」、「ジベレリン明治錠剤」、「STジベラ錠」があり、液剤には、「ジベレリン明治液剤」、「ジベレリン協和液剤」がある。

いる。カルシウムはペクチンと結合して、細胞壁の強化関わっていることから、カルシウムが補給されることで果皮の軟化、脆弱化が遅れ、吸水能力を低く抑えることが要因としている。

また、白石ら(1999)は透過型電子顕微鏡を用いて、塩化カルシウム・硫酸カルシウム剤の作用について詳細に観察をおこなっている。浮皮果の表面下組織では、前述したとおり、細胞間隙の発生や細胞中葉の崩壊が明確に認められていたが、塩化カルシウム・硫酸カルシウム剤を散布し浮皮を抑制した果実では、浮皮果で認められたような微細構造の変性はまったく見られなかったとしている。おそらく塩化カルシウム・硫酸カルシウム剤でも炭酸カルシウムと同様に細胞壁へのカルシウムの供給という生理的影響が作用が働いていると推測される。

エチクロゼート「フィガロン」

エチクロゼートの浮皮抑制効果は、その代謝物が浮皮発生を促進するエチレンの発生を抑制することに関連すると考えられている。すなわち、エチクロゼート散布後、エチクロゼートのオーキシシン作用が認められる間の約1週間はエチレン生成が助長されるが、その後、エチクロゼートの代謝分解が進むに従い、エチレン生成が抑制されるようになり、その結果浮皮を抑制しているとされている(河瀬, 1984)。

ジベレリン

ウンシュウミカンの浮皮抑制に対して効果があることは、倉岡ら(1966)によって明らかにされた。しかし、着色が遅れ、緑褐色のしみのような跡(葉害)が残るのが問題とされていた。河瀬ら(1984)も実用化に向けた葉害対策試験を行っており、エチレングスによって緑色斑点を

消失させる可能性も見いだしたが、登録まで至らなかった。近年、牧田(2008)によって、低濃度のジベレリンとプロヒドロジャスモンを混合処理することで、浮皮果の発生を低下させ、収穫時には処理果実で着色の遅れはあるが、貯蔵後には着色の遅れがなくなることを示した。今年(2010年)、貯蔵や樹上完熟用のウンシュウミカンに対する浮皮軽減を目的とする使用が農業登録された。

浮皮の少ない系統の栽植

中生の主力品種である、'南柑20号'や'向山'では、浮皮の発生が著しい。これに対して、近年、'石地'や'させぼ温州'、'川田温州'などの浮皮しにくく高品質な品種が注目されている。

'石地'

広島県安芸郡倉橋町(現・広島県呉市)で杉山温州の変異樹として発見され、2002年に品種登録された。樹体の特性は、結実を始めるまでは樹勢は旺盛で枝の分岐角度が狭く、枝が直立しやすいが、結実開始後は枝梢が短く、葉も小さくなり、樹勢がやや弱めになる。枝の基部からの発芽少なく、先端の芽から複数の枝梢が発生してほうき状の枝梢になりやすい。また、花着きが良いので結果過多になりやすく、隔年結果を起こしやすい。果実の特性として、主要な温州ミカンの品種と比較して浮皮の発生がほとんど起こらない。減酸は早く、11月下旬にはクエン酸含量は1%を切り、その後はほとんど減少しない。11月下旬から12月上旬にかけて糖度の増加が大きいため、成熟期は12月上旬頃になる。11月中旬には完全着色するが、その後も12月下旬まで果皮の紅は濃くなる。栽培上の留意点としては、結実開始後は樹勢がやや弱くなり短い枝梢が多くなって、花痛みをすることによ

り隔年結果が起こりやすいことが問題になっている。翌年が表年と予想される場合には、秋冬に夏秋梢せん除や、冬に予備枝を作るなどして翌春の新梢を確保し、新梢と花をバランスよく発生させることが大切である。

‘させぼ温州’

長崎県佐世保市で‘宮川早生’の枝変わりとして発見された。糖度が14度以上で、かつうまみがある果実は「出島の華」というブランド名で販売されている。樹体の特性としては、枝の発生が多く、特に結果樹になると短い枝が発生するので、一見わい性の様に見えるが、樹勢そのものは強い。節間は詰まり、葉は細く直立し、また葉に厚みがあり、色も極めて濃いのが特徴である。花着きは良いが、生理落果、特に一次生理落果の早い時期の落果が激しいため、結実率が低いことが問題になっている。他のウンシュウミカンと比べてかいよう病にやや弱い傾向にある。果実の特性としては、浮皮は少なく、果皮は平滑で果皮色は橙色が濃く、外観は良好である。11月以降の糖度上昇が著しく、成熟期は12月上旬頃。8月上旬から成熟期まで透湿性シートマルチ栽培をすると、糖度は14度と高くなり、他の品種に比べて乾燥ストレスによる糖度上昇効果が高いのも特徴の一つである。栽培上の留意点としては、枝の発生が多く樹冠の拡大が緩慢なので、苗木の植え付け1、2年目は芽かきをこまめに行い、新梢伸長を促進しながら樹幹の拡大を図る必要がある。栽培上の最大の問題は着花は多いものの生理落果が著しく多く、結実率が低いことである。直立した枝には結実しにくいので芽かきなどで水平～斜め向きの結果母枝を確保する。また、生理落果は新梢発生が多かったり、遅延すると助長されるので、新

梢量を少なめの樹相にコントロールする必要がある。特に、若齡樹や裏年の樹など新梢の発生が多い樹では花が見えてくる遅い時期に軽いせん定をし、開花期以降に芽かき摘花、および将来かぶさり枝になるような立ち枝を除去するなど、こまめな枝梢管理を行うと結実が促進される。なお、2、3年生の大苗を定植すると直根が地下に深く入りにくいので結実が安定しやすくなる。

‘川田温州’

愛媛県で発見された宮川早生の枝変わりである。果実品質が優れているが、栽培が難しかったためほとんど普及していなかった。近年、和歌山県や愛媛県の一部で導入されてきている。樹体の特性としては、樹勢は旺盛で枝は硬く太く直立しやすい。葉も花も大きく、枝が長大となる。着花性が劣り、生理落果も多く、緑化も遅い。隔年結果性が強いので、結実1年目に新梢と花をバランスよく発生させることが重要である。果実の特性としては、果皮がしまっており、浮皮しにくいのが特徴である。果皮色は紅が薄い橙色である。果実の食味は糖度が高くうまみも感じられ、非常に優れている。成熟期は12月上旬頃。栽培上の留意点としては、隔年結果性が強く連年安定生産が難しいのが最大の問題点である。もともと着花性が優れる方ではないので、結果1年目の前年に誘引などで枝を水平からやや下垂するように整枝し、短めの春枝を発生させることが必要と考えられる。生理落果が多い傾向にあり、緑化の遅れが原因の一つと考えられるので、秋から春にかけて葉面散布などを行い、新梢の緑化を促進させることが重要と考えられる。筆者らは、ヒリュウ台を利用した川田温州はカラタチ台よりも糖度が0.5～1度程度高くな

り、生理落果も少ない傾向にあることから、ヒリュウ台を利用することは高品質果実の生産と連年安定生産に有効であることを認めた（佐藤ら、2009）。また、摘葉処理（10月）、摘葉処理（10月）＋誘引処理（3月）は着花と新梢の発生のバランスを良好にし、収量の年変動が小さい傾向にあることから、連年安定生産に有効であることも明らかにしている。

温暖化が浮皮などウンシュウミカンの果実に及ぼす影響の解明

これまでの浮皮と温度に関する研究では、成熟期の温度の影響を調査した研究がほとんどである。また、人工気象室などの環境制御下における試験では、昼温・夜温30℃といった、処理期間中一定の高温を処理したものがほとんどであり、自然条件下の温度変化に対応して、設定温度を変化させながら高温の影響を評価した試験は少ない。そこで、筆者らは8月～11月まで4ヶ月間平年気温で推移させる平年区と、それよりも常に4℃高く気温が推移するようにした高温区を設定した（佐藤ら、2010）。中生温州の‘南柑20号’を用いた実験の結果、平年区も浮皮が著しく発生したが、高温区では11月までは浮皮が抑制されていたにもかかわらず、最終の収穫時には平年区と同程度まで一気に浮皮が進んだ。また、収穫時の高温区の着色程度は不十分であったことから、十分に着色するまで樹上においた場合には、平年区の浮皮程度を大幅に上回る程度に浮皮が進むと予想された。

浮皮に関しては、関連する酵素やその遺伝子

レベルでの解析などの生化学的な発生原因の解明についてはほとんど行われていない。また、春から夏の着色期前の環境条件と浮皮発生との詳細な研究などは少ない。今後、これらの視点からの研究を進め、浮皮抑制対策を開発する研究の必要性は高いと考えられる。

引用文献

- 赤松聡ら. 1970. 園学要旨. 昭和45春:48-49.
 河瀬憲次. 1984. 京都大学位論文. 1-153.
 倉岡唯行. 1961. 園学雑. 30:189-196.
 倉岡唯行. 1962. 愛媛大紀要第6部（農学）. 8: 106-154.
 倉岡唯行ら. 1966. 園学要旨. 昭和41年春:43-44.
 倉岡唯行ら. 1975. 園学雑. 44:15-21.
 倉岡唯行ら. 1976. 園学雑. 44:375-380.
 栗山隆明ら. 1974. 福岡園試研究報告. 13:1-15.
 牧田好高. 2008. 植調. 42:223-229.
 佐藤景子ら. 2009. 園学研. 8(別1): 83.
 佐藤景子ら. 2010. 園学研. 9(別1): 55.
 白石雅也ら. 1999. 園学雑. 68:919-926.
 杉浦俊彦ら. 2007. 園学研. 6:257-263.
 杉浦俊彦. 2010. 関東東海北陸農業試験研究推進会議果樹部会平成22年度現地研究会資料. p.1-4.
 鳥潟博高ら. 1955. 園芸学研究集録. 7:42-48.
 横尾宗敬ら. 1963. 園芸試験場報告. D1:29-44.
 吉川（山西）弘恭ら. 2001. 園学雑. 70（別2）: 241.