

学位論文要旨

カンキツ類における水分生理に基づく高品質果実生産に関する研究

岩崎光徳*

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所カンキツ研究領域（口之津）
859-2501 長崎県南島原市

Studies on cultivation of high-quality fruit based on water relations in Citrus

Mitsunori IWASAKI*

Citrus Research Division Kuchinotsu, Institute of Fruit Tree Science, National Agriculture
and Food Research Organization
Kuchinotsu, Minamishimabara, Nagasaki 859-2501, Japan

序 論

本研究は、カンキツ類の生産の維持・拡大を目的に、消費者の求める高糖度なカンキツ果実の生産技術の開発を、水分生理に基づいて行った。カンキツ類の高糖度果実生産の対策として、根圏土壌への降雨を遮断することで、樹体に乾燥ストレスを付与するシートマルチ栽培の技術確立と、新しい台木品種の作出が二つの重要な柱となる。前者は、資材費や労働の負担があることから、先進的な生産者に限定されるが、増糖効果は高いことから、高単価で取引される所謂ブランド果実を生産することができる。一方、後者は、特別な資材や労力を必要としないことから、生産者を限定しないものの、前者に比べると増糖効果は低いことから、カンキツ類全体の糖度を底上げする技術として位置づけられる。本研究は、前者のシートマルチ栽培の技術確立について、高糖度果実生産のための効果的な水管理方法の確立と（第1章）、その制御技術の開発を試み（第2章）、後者の台木品種の作出については、高糖度果実生産に適した台木の効率的な選抜方法の開発を行った（第3章）。

第1章 高品質果実生産のための水管理方法の検討

効果的な水管理方法を確立するため、高糖度化を必要とする早生ウンシュウミカン、‘不知火’および‘はれひめ’について、葉内最大水ポテンシャル（以降 ψ_{max} ）による積算水分ストレス法を用いて、乾燥ストレスと重要果実形質（糖度、酸度、果実肥大）の関係を時期別に解明することを試みた。

1. 早生ウンシュウミカンの乾燥ストレスが果実品質に及ぼす影響

早生ウンシュウミカンでは、シートマルチ栽培等による夏秋季の乾燥ストレスは果実糖度を上昇させる一方で、減酸や果実肥大を抑制させることから、不適当な乾燥ストレスは商品価値の低下にもつながる。そこで、高品質果実生産に適したストレス時期と強度の解明を試みた。時期の解明には、 ψ_{max} による積算水分ストレス法を用いて、果実発育期の乾燥ストレスを定量化し、糖度、酸度および果実肥大との関係を月別に相関分析した。増

* Corresponding author. E-mail: iwanori@affrc.go.jp

糖量と積算水分ストレス（以降 S_{ψ} ）との間には、7月中旬～収穫期までのいずれの月についても、正の相関があり、その増糖効果は、7月中旬～8月が10月以降に比べて強いことが明らかとなった。減酸量と S_{ψ} との間には、相関は認められなかった。果実肥大量と S_{ψ} の間には、7月中旬～収穫期のいずれの月についても負の相関があった。以上のように、積算水分ストレス法は、これまで判然としなかった乾燥ストレスと果実品質との関係を詳細に明らかにすることができた。この結果をもとに、増糖効果の高い7月中旬から約2か月間、 ψ_{\max} で $-0.7 \sim -1.0$ MPa の乾燥ストレスを維持した処理区は、乾燥ストレスを付与していない湿潤区に比べて、収穫時の果実糖度は2.8度有意に高くなり、酸度は0.16%高いものの有意な差ではなく、適度な大きさの高品質果実が生産された。

2. ‘不知火’の乾燥ストレスが果実品質に及ぼす影響

2月中旬以降に収穫される‘不知火’は、水腐れ症や鳥害、寒害を回避するため、早期に収穫するケースが散見され、糖度の不十分な果実となることが多い。そこで、積算水分ストレス法を用いて、果実発育期の乾燥ストレスと果実品質の関係を時期別に明らかにした。増糖量と S_{ψ} との間には、8～9月に正の相関がみられた。減酸量と S_{ψ} との間には、8～9月に負の相関があった。果実肥大量と S_{ψ} との間には、8～9月と12月以降に負の相関があった。この結果をもとに、増糖効果のある8～9月に乾燥ストレスを付与した処理区は、湿潤区に比べて、早期収穫した場合の果実糖度は2.3度有意に高く、酸度に有意差は認められなかったが、果実横径は5%低下した。果実の小玉化による商品性の低下が懸念される場合は、果実肥大と負の相関がある着果量を調整することで対応できると示唆される。

3. ‘はれひめ’の乾燥ストレスが果実品質に及ぼす影響

‘はれひめ’は、シートマルチ栽培を用いた高糖度果実生産が図られている。しかし、効果的な水管理方法は明らかでない。そこで、積算水分ストレス法を用いて効果的なストレス時期を明らかにするとともに、乾燥ストレス付与による果汁内成分の影響を検証した。増糖量と S_{ψ} との間には、8～10月に正の相関があり、増糖効果は8月が10月に比べて強いことが明らかとなった。また、減酸量と S_{ψ} との間には、10～11月に負の相関があった。果実肥大量と S_{ψ} との間には、10月に負の相関

があった。この結果をもとに、増糖効果の高い8～9月に ψ_{\max} で $-0.7 \sim -1.0$ MPa の乾燥ストレスを付与した処理区は、湿潤区に比べて、収穫期の果実糖度は2.5度高い13.4度で、酸度に有意な差は無く、高品質な果実が生産された。収穫時の果汁内糖組成は、処理区間で差異はみられなかったが、乾燥区的全糖量は湿潤区の約1.6倍となった。乾燥区のクエン酸は湿潤区に比べ約1.3倍で、リンゴ酸は約0.7倍だった。乾燥区の果汁は、湿潤区に比べ9種類のアミノ酸で濃度が高いものの、食味に影響する閾値に達したアミノ酸はアスパラギン酸のみであった。以上のことから、8月上旬から約2か月間の乾燥ストレス付与は、多くの果汁内成分の濃度を上昇させ、特に糖成分の上昇は食味に好影響をもたらし、商品性を向上させると示唆される。

第2章 カンキツにおける TDR 水分計を用いた枝内水分測定法の開発

第1章で利用した ψ_{\max} を用いた乾燥ストレスの診断は、果実品質との関係は高いものの、現場での利用は難しい。そこで、これに代わる技術として TDR (Time Domain Reflectometry, 時間領域反射) 法を利用した枝内水分の測定技術の開発を試みた。TDR 法とは、測定物に電気パルスを印加し、その反射波形の時間を測定する手法であり、物質内の水分量を検知することができる技術である。

1. TDR 枝内水分測定法の確立

TDR 枝内水分測定法において、枝の体積含水率との関係、測定に適した部位の検証、異なる水管理における果実品質との関係を明らかにした。カンキツの枝に挿入したステンレス釘による TDR 水分計の測定値は、実測による枝体積含水率（以降 VWC）と高い負の相関関係 ($r^2 \geq 0.995$) を示し、TDR 枝内水分測定法より VWC を算出できることを明らかにした。次に、主幹部（あるいは主枝部）の測定が、側枝部に比べて環境変化が小さいことから、安定した値を測定できることが明らかとなった。異なる水管理条件下における、推定 VWC と果実糖度の変化には、対応した関係がみられたことから、TDR 枝内水分測定法が高品質果実生産のための乾燥ストレス診断技術として利用できると示唆された。

2. TDR 枝内水分測定法の精度向上と自動連続モニタリング

TDR 枝内水分測定法の精度向上のため、TDR 計の温

度依存性、プローブの挿入深度の誤差、樹皮厚の違いによる測定の影響を補正または修正することを試みた。温度依存性については、枝内温度と TDR 値の間の高い相関関係から、補正式を導き出した。プローブの挿入誤差と樹皮厚の違いによる影響は、樹体水分が安定する時期の TDR 測定値を基準点とする平準化を行うことで精度向上を試みた。測定時の気温が30℃以上で土壌が湿潤状態の期間は、枝内水分が安定して高いことから、この時期を基準点に平準化を行った。 ψ_{\max} と TDR 値との相関係数は、平準化によって高くなり、温度補正についても若干上昇した。次に、TDR 測定値を補正した値 (R_{rev}) と、その測定時の気温を変数とした重回帰分析による ψ_{\max} の予測式の決定係数は0.712と高かった。よって、第1章で明らかになった ψ_{\max} の基準をもとに、 R_{rev} を用いた水分管理ができると示唆される。また、本法を用いた自動連続モニタリングは、樹体水分の変動を詳細に明らかにできたことから、水の動態解明や自動灌水技術に利用できると考えられる。

第3章 高品質果実生産を目的とした 台木育成のための選抜指標の開発

1. 台木の枝内水分通導性を利用した樹冠拡大能力の早期予測法

高品質果実として重要な形質である果実糖度は、台木の持つ樹冠拡大能力と負の相関関係となることから、交配実生の樹冠拡大能力を早期に予測する技術の開発を試みた。供試材料は、果樹研究所で交雑した11系統と、対

照品種にカラタチの3系統と‘シングル’シトルメロを用いた。それらの台木に接いだ7年生ウンシュウミカン樹の樹冠拡大と、5か月齢の実生の特性を比較した。その結果、7年生の樹冠拡大を表す幹周と実生の枝内水分通導性との間に正の相関 ($r^2=0.633$) が認められ、対照品種はほぼその回帰直線上にあった。このことから、樹冠拡大能力の予測に、実生の枝内水分通導性が利用できると考えられる。また、本方法は、交雑種子の獲得から1年以内に検定でき、年間に数百個体を評価できることから、高品質果実生産に適した台木の効率的な育成に寄与できると示唆される。

総合考察

第1章に示した積算水分ストレス法の応用は、早生ウンシュウミカン、‘不知火’および‘はれひめ’の高品質果実生産に適した乾燥ストレスの付与時期と強度を明らかにし、シートマルチ栽培等の水管理に活用可能である。第2章では、TDR 枝内水分測定法を開発し、生産現場で測定可能な樹体水分測定技術として利用できることを明らかにした。本法の測定値と枝内体積含水率の間には、負の相関 ($r^2 \geq 0.995$) があり、温度補正と平準化を行った補正值 R_{rev} は、 ψ_{\max} と正の相関 ($r^2=0.712$) が認められた。第3章では、実生苗の枝内水分通導性により、個々の台木が有する樹冠拡大能力の予測が可能であることを示した。果実糖度と負の相関関係を示す樹冠拡大能力を予測することで、高糖度な果実生産に適した台木の選抜を効率化できる。