

画像情報を用いたウンシュウミカン葉の水ストレス評価に関する実験的検討 Experimental Investigation for Estimating Water Stress of Mandarin Orange Tree using Digital Images of Canopy

○森宗照明* 中桐貴生** 堀野治彦** 中谷章*** 中村公人**** 櫻井伸治**

○Teruaki MORIMUNE*, Takao NAKAGIRI**, Haruhiko HORINO**,

Akira NAKATANI***, Kimihito NAKAMURA****, Shinji SAKURAI**

1. はじめに 高品質ミカン栽培には生育時期に応じた樹体の厳密な水ストレス管理が望ましい。しかし、高品質ミカンの安定生産に向けた客観的かつ実用的な灌水指標がないことから、近年農業のスマート化が進む中でも、農業従事者は今なお経験と勘に頼る灌水管理を強いられ、このことに不安を抱いている。一般に、生産者は樹体の水ストレスを視覚情報(葉の萎れ、葉の巻き、葉色の低下など)から判断して灌水管理を行っていることから、樹体の画像情報からでも水ストレスを評価できると考えられる。本研究では、栽培管理上重要とされる果実肥大・成長期(7~11月)における灌水指標の確立に向けて、ハウス内および露地で栽培されているウンシュウミカン樹を対象とし、デジタル画像を用いた樹体における水ストレス評価の可能性について検討を行った。

2. 研究方法 1) **ハウス試験** 2023年7~10月に、和歌山県果樹試験場敷地内のプラスチックハウス内で、ポット(直径:50cm, 高さ:42cm)植えウンシュウミカンの苗木3本(約7年生の「きゅうき」、樹体名:A~C)を対象に、樹体の定点撮影および水ストレス評価を行った。デジタルカメラ(画素数3280×2464)を全樹体が同一画面内に写りこむ位置に水平方向に設置し、日中のみ10~20分間隔で定点撮影を行った。また、水ストレスに関しては週1~3回、日没直後に各苗木から成熟葉を1枚採取し、プレッシャーチャンバー法で葉の水ポテンシャル ψ_L を計測し、これを各樹体の代表値とした。灌水は7~9月では1~4日に一度、10月では5~7日に一度の頻度でそれぞれ行った。

2) **露地試験** 大阪公立大学圃場で栽培しているウンシュウミカン(品種、樹齢:不明)の成木1本(樹体名:D)を対象に、ハウス試験と同様の期間・頻度で、樹体全体の定点撮影および ψ_L の計測を行った。なお、樹体Dの ψ_L については成熟葉を2~3枚採取して計測し、それらの平均を代表値とした。

3) 画像からの形状および色情報の取得

形状情報: 樹体に水ストレスがかかると萎れが生じ、葉の位置が日内で少し変位することに着目した。画像に写る特定の成熟葉を各樹体3枚ずつ選定し、日の出直後(5~7時ごろ)および日没直前(17~19時ごろ)に撮影された画像から、これらの葉先の座標(ピクセル位置)を画像解析により取得した。各葉の日の出直後からの鉛直方向の変位量(下向きを正)を平均した値をその日の変位量 s_t とした。

色情報: 水ストレスの強度に応じて葉の巻き具合、すなわち葉裏の見え方が変化することに着目し、各樹体(樹冠)に占める葉裏の視認割合 r_d を水ストレスの指標とした。日没直前(17~19時ごろ)に撮影された画像に対し、所定の色空間範囲(H:25~90, S:0~255, V:0~200)から外れるピクセルをマスキングして樹冠部分のみを抽出(樹冠以外の画像が残る場合は適宜除外)し、ピクセル数 n_C をカウントした。その後、さらに別の閾値条件(7・8月:G>80, 9・10月:G>90)を用いて葉裏部分の画像だけを抽出してピクセル数 n_B をカウントし、 n_C に対する n_B の割合 r_d を求めた。

3. 結果および考察 1) **形状情報と ψ_L との関係性** 水ストレス計測日における各樹体の ψ_L を目的変数、葉の変位量 s_t を説明変数として単回帰分析を行った。期間をI期(7~8月)、II期(9~10月)に分け、時期別に整理した。なお、樹体Dの画像はカメラの不具合により、7~8月しか取得できなかった。

* 日立造船株式会社 Hitachi Zosen Co.,Ltd

** 大阪公立大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Osaka Metropolitan University

*** 和歌山県果樹試験場 Wakayama Fruit Tree Experiment Station

**** 京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

キーワード:ウンシュウミカン, 水ストレス, デジタル画像, 定量評価

た. ハウス試験のミカンにおける s_t と ψ_L の分析結果のうち, 樹体 B の例を Fig. 1 に示す. I 期および II 期における決定係数は, それぞれ 0.88, 0.69 となり両時期とも高い相関を示した. 残りの 2 樹体でも同程度の結果 (A:0.66, 0.71 / C:0.70, 0.85) が得られ, 本実験条件下であれば, s_t からある程度の精度で ψ_L 推定の可能性が窺えた. また, ψ_L の値に着目すると, 両時期とも $-0.5 \sim -3.0$ MPa の範囲内で推移する一方, s_t の変動幅は両期で異なり, II 期は I 期の半分程度となっており, この傾向は他の 2 樹体でも同様にみられた. したがって, ψ_L の変化に伴う s_t の応答は時期によって異なると推察され, 各時期ごとに推定式を作成することが望ましいと考えられる. また, I 期における樹体 D についても同様に分析を行ったところ (Fig. 2), 決定係数は 0.38 と同時期のハウスミカンに比べると相関が低かった. これは, 樹体 D は屋外で栽培されているため, 水ストレスだけでなく風などの外的影響を強く受けたことによるものと思われる. 例えば, 風速が小さい日に限定するなどすれば, もう少し高い相関が得られる可能性がある.

2) 色情報と ψ_L との関係性 葉裏の視認割合 r_d を説明変数として上記 1) と同様の分析を行った. Fig. 3 は I 期における樹体 B を例に r_d と ψ_L との関係性を示したものである. 決定係数は 0.25 と形状情報に基づく検討結果と比べ顕著に低く, こうした傾向は全樹体でも同様であり, また II 期においては, どの樹体でも決定係数は 0.1 未満と, さらに相関が低くなった. この要因として, 当初, 水平方向からの撮影でも水ストレスに応じた葉の巻き具合に起因する葉裏の見え方の違いを十分確認できると想定していたが, 萎れの角度によっては葉裏が見えないことがあり, また, 水ストレスが緩和され樹勢が強まることで葉が立ち上がり, 裏面が見える部分がむしろ増えてしまう場合もあったことなどが考えられる.

ただし, r_d がおよそ 20 % 以上となるのは, ψ_L の値が -2.0 MPa を下回るような極度な水ストレスを受けた場合のみであったことから, 樹体が強い水ストレス状態であるか否かの判断であれば本手法でもある程度有効と思われる. なお, 形状と色情報を組み合わせることで ψ_L の推定精度にどのような影響を及ぼすかを検討するため, ψ_L を目的変数, s_t と r_d を説明変数として時期別, 樹体別に重回帰分析も行った. s_t のみで推定した決定係数と比較すると, I 期においては, 樹体 B を除き, わずかに推定精度の向上がみられるものの, II 期においてはほぼ同程度であった. ここでは, 今回取得した形状・色情報を同時に考慮したとしても, 僅かな推定精度向上に留まる結果となった.

4. おわりに 樹体(樹冠)から取得した画像情報, とくに形状情報を用いることで樹体の水ストレス状態をある程度の精度で評価できる可能性が示唆された. 今後は, 引き続きデータを蓄積し, 色情報を含め再現性の向上に努めることで, 実用化に向けた高品質ミカン栽培における灌水管理を確立できるかどうかの検討が必要であろう. なお, (株)アサヒ電子研究所から撮影に関する技術協力を得た.

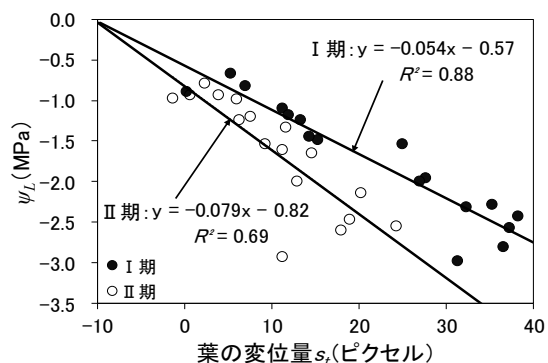


Fig. 1 Relationship between s_t and ψ_L in each period (in tree B)

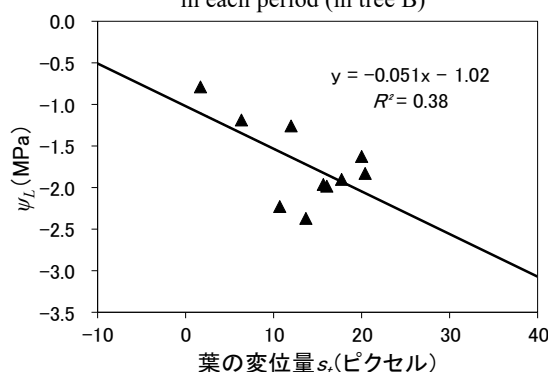


Fig. 2 Relationship between s_t and ψ_L (in the Period I, tree D)

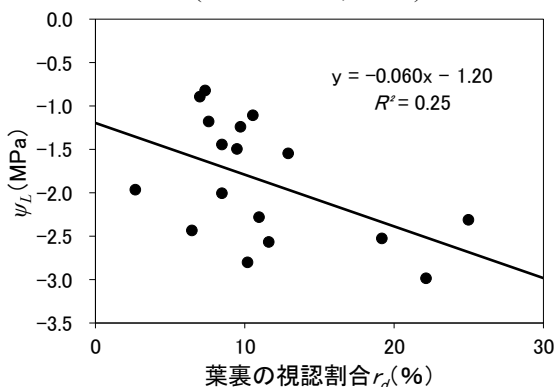


Fig. 3 Relationship between r_d and ψ_L (in the Period I, tree B)