

デジタル画像を用いたウンシュウミカンの水分ストレス評価に関する基礎的検討 Fundamental study on evaluation of water stress in satsuma mandarin using digital images

○中桐貴生* 名嘉大助** 堀野治彦* 中村公人*** 櫻井伸治*

○Takao NAKAGIRI*, Daisuke NAKA**, Haruhiko HORINO*,
Kimihiro NAKAMURA***, Shinji SAKURAI*

1.はじめに ミカン果実の品質は灌水管管理に強く影響を受ける。しかし、灌水管管理は現在、農家自身による勘への依存が基本となっており、農家はとくに高品質果実の安定生産の観点からこれを不安に感じ、客観的な灌水管管理指標を強く求めている。農家による樹体の水ストレス判断は、樹体様相の視覚情報(色や形状の変化)に基づくことから、ミカン樹の画像情報から水分ストレスを推定できると思われる。本研究では、その第一歩として、画像の可視光情報のみに着目し、画像解析による水分ストレスの定量評価の可能性について基礎的な検討を行った。

2.研究方法 大阪府立大学(堺市)構内にある圃場で栽培されている8本のウンシュウミカン樹(興津早生)を対象に、2020年12月の中旬から下旬にかけて、樹体のデジタル画像撮影(スマホのカメラ機能を用いて12時~14時の間に実施)と葉の水ポテンシャル測定を行った。撮影ではカメラの設定や撮影方向の違いによる影響について検討するため、1本の樹木に対し、東西南北及び樹体直上の5方向から、2通りのカメラ設定(シャッター速度1/1000秒、ISO感度200、ホワイトバランス「昼光」に固定した場合と、オートにした場合)と2通りの保存形式(JPGおよびDNG)を組み合わせた計20パターンの画像を取得した。なお、DNGとはRAWデータのまま圧縮されずに保存される形式である。撮影終了後、各樹体から8枚の葉を無作為に採取して、プレッシャーチャンバーで水ポテンシャルを測定し、その平均値を撮影時における当該木の水ポテンシャル ψ_T とした。取得された画像について、OpenCVを利用して、画像全体におけるRGBおよびH(色相)・S(彩度)・V(明度)の各値の平均と分散をそれぞれ算出し、12種類(6×2)の色指標とした。また、マスク処理により、画像における樹体以外の部分を除外したのものについても同様に12種の色指標値を算出した。なお、マスク処理の際の閾値については、試行錯誤的にTable 1に示す値を用いた。加えて、撮影時における日射量の違いによる影響についても検討するため、各色指標値をキャンパス内学舎屋上で計測した日射量で除したものも求めた。各色指標と ψ_T の相関分析を行い、さらに複数の色指標を説明変数として重回帰式による ψ_T の定量推定を試みた。

3.結果および考察 (1)撮影方法の検討 得られた計960種(撮影方法、日射量補正の有無、マスクの有無の20×2×2で計80パターンにおける12種の色指標)のデータについて、 ψ_T との単相関分析を行った。その結果得られた相関係数 r を絶対値の大きい順に整理すると、Table 2に示すように、上位9つが0.6以上と比

Table 1 Threshold for mask processing of digital images

属性	下限	上限
H	28	80
S	16	255
V	0	255

* 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 Grad. School of Life and Environmental Sciences, Osaka Pref. Univ.

** 農林水産省農村振興局 Rural Development Bureau, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

*** 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

較的高い相関性を示し、それらの色指標は RGB いずれかの平均値であった。また、この表に示された上位 6 つに共通する撮影・処理条件はカメラ設定固定、DNG 形式、(真上から)下向き、日射量補正ありとなっており、マスク処理は別にして今回検討を行った中では、この撮影法および処理法が“最適”と思われた。マスク処理なしを加えた同“最適”法で撮影・処理された画像の各色指標における、 ψ_T との r を Fig. 1 に改めて整理した。既述の RGB の平均以外では S の平均および分散が 0.4 以上とやや高い値を示す程度であった。Table 3 は、撮影方向以外は上で“最適”と判断した撮影・処理法で取得された画像における RGB 各平均の $|r|$ の平均値を方向別にマスク処理の有無で比較したものである。いずれの方向についても両者で大差はなく、むしろ、マスク処理を行った方が、わずかではあるが $|r|$ が小さくなる場合も見られた。すなわち、当初はマスク処理を行った方が ψ_T との相関は高くなると予想されたが、必ずしもそうはならなかった。また、下向きとそれ以外で $|r|$ に比較的大きな差が生じた。これは、下向きの画像にはほぼ対象樹の樹冠のみが写っていたのに対し、それ以外では空や他の植生なども写り込んでおり、マスク処理でもその影響を的確に除去できなかつた可能性も考えられる。

(2)重回帰分析 (1)で“最適”と判断した撮影・処理方法で取得した画像における指標を説明変数として、重回帰式を用いて ψ_T の推定を試みた。なお、変数選択についてはステップワイズ法を用いた。 ψ_T の予測値と実測値の比較を Fig. 2 に示す。説明変数間に強い多重共線性が示されるものも多く、選択されたのは G の平均、B の分散と H の平均の 3 変数のみだったが、重相関係数は 0.76 と比較的高い値が得られた。植物生理との応答が良いとされる近赤外光で撮影した画像情報の追加や、水分ストレスによる生理応答がより敏感となる時期を対象とした検討によって推定精度がさらに向上する可能性がある。

4.おわりに 画像の可視光情報のみからでも、ミカン樹の水ポテンシャルをある程度追跡できることが分かった。樹体を経時的に定点撮影すれば、しおれといったような形状変化に関する情報の抽出が期待でき、こうした形状情報や非可視光画像による情報も加えれば、樹体の水分ストレス評価の精度が高められると考えられる。

Table 2 Photographing and processing conditions with high $|r|$ value

順位	$ r $ 値	色指標	カメラ設定	保存形式	撮影方向	日射量補正	マスク処理
1	0.722	G平均	固定	DNG	下	あり	あり
2	0.716	G平均	固定	DNG	下	あり	なし
3	0.716	R平均	固定	DNG	下	あり	あり
4	0.705	R平均	固定	DNG	下	あり	なし
5	0.697	B平均	固定	DNG	下	あり	あり
6	0.674	B平均	固定	DNG	下	あり	なし
7	0.635	G平均	固定	JPG	西	なし	なし
8	0.619	R平均	固定	JPG	西	なし	なし
9	0.601	G平均	オート	JPG	東	なし	なし
10	0.597	R平均	オート	JPG	東	なし	なし

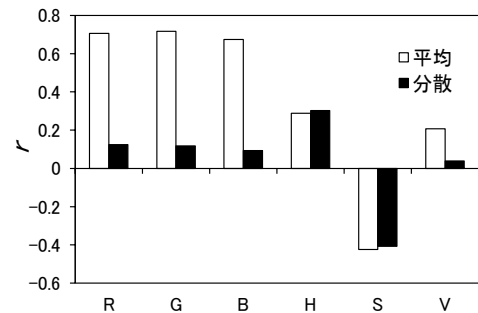


Fig. 1 The r value of each color index obtained by the optimum photographing and processing method

Table 3 $|r|$ values for average value of each RGB values with or without mask processing

方向	RGB各平均の $ r $ 平均値	
	処理なし	処理あり
下	0.70	0.71
西	0.45	0.40
東	0.35	0.36
南	0.35	0.32
北	0.29	0.28

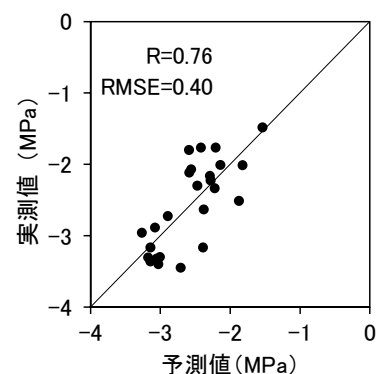


Fig. 2 Comparison of measured and estimated values of ψ_T