

群落温度の観測と数値計算を用いたミカンの水ストレスの推定 Estimating water stress of Mandarin orange based on canopy temperature measurement and numerical simulation

○坂井 勝* 和中久実* 藤山 宗** 伊藤良栄***
 Masaru Sakai Kumi Wanaka So Fujiyama Ryoei Ito

1. はじめに 三重県南部の御浜町は、「年中みかんがとれるまち」として柑橘栽培が盛んである。ミカン栽培では糖度を上げるために、マルチによる雨水の浸入防止と点滴灌水(マルドリ方式)で適度な水ストレスを与える。そのため、水ストレス状態の把握が適切な水管理に重要である。

水ストレス状態を推定する手法の一つに、群落温度の測定がある。作物が水ストレスを受けると、根の吸水にともなう葉からの蒸散が低下し、潜熱消費が減少するため、葉温が上昇する。本研究では、群落温度の観測からミカンの水ストレス状態を推定することを目的とした。そのために、ミカン畑において放射温度計で群落温度の観測を行った。そして、気象条件を反映した群落熱収支モデルおよび土壌水分・熱移動モデルを用いた数値計算で、非水ストレス条件下および非蒸散条件下の群落温度を計算することで、作物水分ストレス指数(CWSI)を計算した。

2. 方法 2-1. 現場観測 2024/5/29 から、三重県御浜町のミカン畑(味一号、樹高約1m)において現場観測を行った。対象圃場は砂礫質で、埋設した専用シートで雨水の根域への流入や根の伸長を防ぐシールディング・マルチ(S.マルチ)栽培を行っている。地表面のマルチは7/19以降に展開された。赤外放射温度計SI431(Apogee社製)を、群落温度のみを測定するように樹冠から30cm離れた位置に設置した。土壌水分センサーTEROS12と水ポテンシャルセンサーTEROS21を点滴灌漑点の直下10、25cm深にそれぞれ埋設した。センサー類は複合型気象計測ユニット

ATMOS41とともにデータロガーZL6proに接続し、30分間隔で記録した。

2-2. 計算方法 HYDRUS-1Dと、土壌面と植披層の熱収支を考慮する群落熱収支モデル(2層モデル)の連結プログラムを用いて、群落温度 T_c を計算した。

$$\begin{aligned} Rn_g &= H_g + L_w E_g + G_s \\ Rn_c &= H_c + L_w E_c \end{aligned}$$

ここで、 Rn_g と Rn_c は土壌面と植披層に対する純放射量、 H_g と H_c は土壌面一大気間と植披面一大気間の顕熱フラックス、 $L_w E_g$ と $L_w E_c$ は蒸発と蒸散の潜熱フラックス、 G_s は土中熱フラックスである。

計算土層は100cmとし、地表面から15cm深まで均一な吸水強度分布を与え、観測した気象データを与えて計算を行った。放射温度計の測定対象をミカンの群落のみとしたことから、計算に用いる放射透過率 τ は0とした。そのため、土壌面熱収支式の各項目は、無視できるほど小さくなる。仮想的に湿潤な非ストレス条件下(下端境界:80cm, 初期圧力:水理学的平衡条件)と、乾燥した非蒸散条件下(下端境界:自由排水, 初期圧力:-20,000cm)の2種類の計算を行い、それぞれ群落温度の最低値 $T_{c\min}$ と最高値 $T_{c\max}$ を得た。群落温度の観測値 $T_{c\text{obs}}$ と計算値を用いて作物水分ストレス指数(CWSI)を計算した。

$$CWSI = \frac{(T_{c\text{obs}} - T_{c\min})}{(T_{c\max} - T_{c\min})}$$

ここでCWSIの計算には、10時～16時の観測値と計算値を用いた。

*三重大学大学院生物資源学研究科 Graduate school of Bioresources, Mie Univ., **三重大学みえの未来図共創機構 Mie Regional Plan Co-creation Organization, Mie Univ., ***三重大学全学共通教育センターCenter of General Education, Mie Univ., キーワード:ミカン, 水ストレス, 群落温度, 熱収支式, HYDRUS-1D

3. 結果 図1に土壌水分量の観測値を示す。地表面マルチを展開した7/19以降、土壌水分は農家の灌水で増減した。土壌が比較的湿潤で、ミカンが水ストレスを受けていないと考えられる7/16～17の群落温度 T_c の観測値と計算値を図2(a)に示す。非ストレス条件の計算結果 $T_{c\min}$ は観測値 $T_{c\text{obs}}$ と良く一致し(誤差 $\pm 2^\circ\text{C}$)、非蒸散条件の計算結果 $T_{c\max}$ は $T_{c\text{obs}}$ より 25°C 程度高い値を示した。一方、土壌が乾燥してストレスを受けていると考えられる7/23～29では、 $T_{c\text{obs}}$ は $T_{c\min}$ と $T_{c\max}$ の間で推移した。

図3に計算したCWSIと観測したpF値を示す。CWSIは日変動し、日中13時～16時に最大値を示した。10、25 cmの両深度とも $pF > 3.5$ となった7/23～29ではCWSIは0.5～0.8の高い値を示し、灌水時には0.2～0.5に低下した。ここから群落温度の観測から、ミカンの水ストレス状態が推定できる可能性が示された。今後は、乾燥時の $T_{c\text{obs}}$ を再現する数値計算を行うことで、ミカン樹の吸水・蒸散特性を定量的に評価することが課題である。

【謝辞】本研究は、三重大学地域共創展開センタープロジェクト「御浜町のスマートヴィレッジ化構想」、および JSPS 科研費 24K09124 の助成を受けたものです。

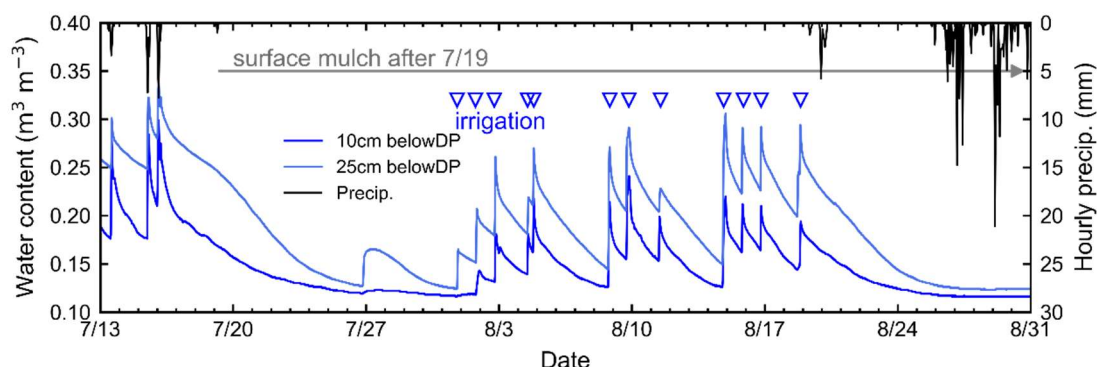


図1. 時間降水量と灌水点下の土壌水分量の観測値

Fig. 1 Observed hourly precipitation and soil water contents below a drip irrigation point.

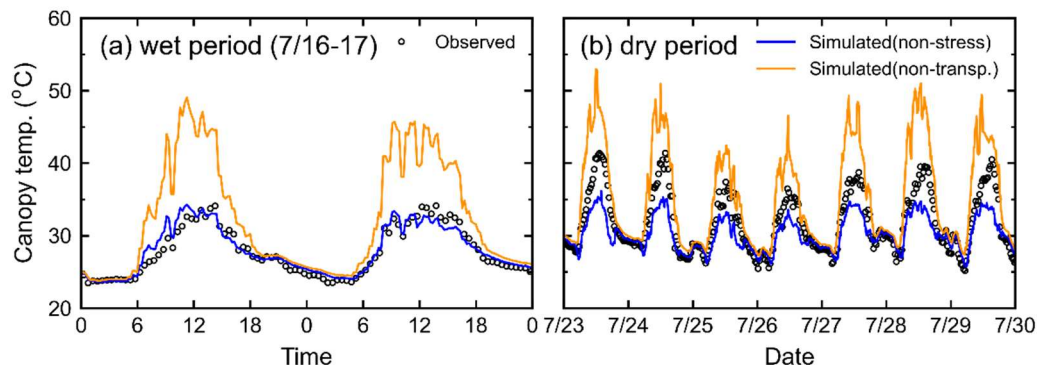


図2. (a)湿潤期間と(b)乾燥期間における群落温度の観測値と計算値

Fig. 2 Observed and simulated canopy temperature in (a) wet period and (b) dry period.

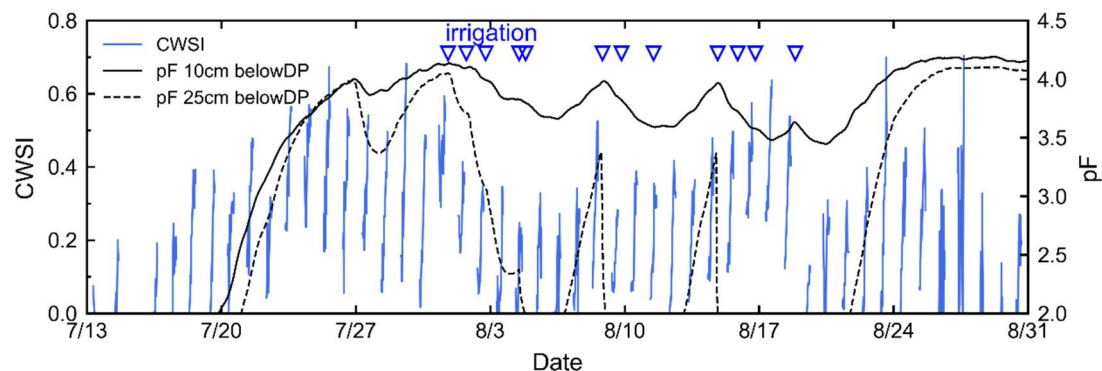


図3. 作物水分ストレス指数(CWSI)とマトリックポテンシャルの変化

Fig. 3 Calculated crop water stress index (CWSI) and observed matric potentials.