

群落温度の測定に基づくミカンの水ストレスの推定

Estimation of Crop Water Stress based on Canopy Temperature Measurements in an Orange Orchard

和中久実・坂井 勝

三重大学大学院生物資源学研究科

要旨(Abstract)

ミカン栽培では、糖度向上のために適度な水ストレスを与える水管理が必要である。作物が水ストレスを受けると葉温が上昇するため、群落温度の測定により水ストレスを推定できる可能性がある。本研究では、御浜町のミカン畑にて、赤外放射温度計を用いて観測した群落温度と数値計算結果を比較し、水ストレス推定を試みた。

キーワード：水ストレス、ミカン、群落温度、HYDRUS-1D

Key words: Water stress, Orange, Canopy temperature, HYDRUS-1D

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適度な水ストレスを与えるため、水ストレスの把握が適切な水管理に重要である。土壌が乾燥し作物が水ストレスを受けると、根の吸水、それに伴う葉からの蒸散が低下する。この時、水分蒸発の潜熱消費が減少するため、葉温上昇を観測することで水ストレス状態を推定できる可能性がある。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、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及び土壌水分・熱移動モデルを用いた数値計算で得られる非水ストレス下の群落温度と比較することで、水ストレス状態を判断した。

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）において現場観測を行った（図 1）。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ドイング・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 SI-431（Apogee 社製）を、群落温度のみを測定するように樹冠から 40 cm 離れた位置に設置した。土壌水分センサー TERSO-12 と土中水圧力センサー TERSO-21 を点滴灌水点の直下 10, 25 cm 深に埋設し、体積含水率、土中水圧力、地温を測定した。センサー類は複合型気象計測ユニット ATMOS-41 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 数値計算

土中水分・地温予測プログラム HYDRUS-1D と群落熱収支モデルとの結合プログラム（坂井ら、2020）を用いて、観測データに対して数値計算を行った。計算には、群落の放射透過率 τ に基づいて分割した土壌面と植披層の熱収支を考慮する 2 層モデルを用い、気象データを反映した土壌面蒸発速度 E_g と土中熱フラックス G_s 、及び蒸散速度 E_c をそれぞれ境界条件と根の吸水モデルに与えた。

$$Rn_g = H_g + L_w E_g + G_s$$

$$Rn_c = H_c + L_w E_c$$

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—大気間と植披面—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である。この計算に

より、土中の水分・地温変化に加え、群落温度や蒸散速度などが出力される。

計算土層は 100 cm 深の単層を想定し、根は 15 cm 深まで均一な分布とした。非水ストレス条件下の群落温度を得るために、下端境界条件で地下水位を 20 cm 深に設定し、可能蒸散が生じる仮想的に土壌が常に浸潤な条件下で計算を行った。ここでは、群落の放射透過率 τ は 0、樹高は 100 cm、LAI は 5 として計算を行った。

3. 結果

図 2 に 2024/7/13 から 9/1 までの (a) 降水量、(b) 土壌水分量、(c) pF、(d) 群落温度の観測値と非水ストレス下の計算値の比較を示す。また図 2 (e) に、8 時から 18 時までの観測値と計算値の差の変化を示す。7/19 までは降雨の影響で土壌は湿潤であり、水ストレスを受けていないと考えられる (図 2c)。このときの群落温度の実測値と非水ストレス下で計算した群落温度の差は小さい(平均 -0.43°C 程度、図 2e)。一方 7/19 以降は、無降雨かつマルチを展開したことで、土壌は大幅に乾燥し水ストレスを受けている可能性がある (図 2c)。土壌の乾燥が進行するにつれて、実測値は計算値を上回り (図 2d)、その差は最大で 7°C 近く、7/19~7/31 の差の平均は 2.9°C 程度であった。図 2 (b) の土壌水分量の変化から、8 月から 1 日~4 日間隔で灌水が行われたことが分かる。灌水に伴い、25 cm 深では初期萎れ点 (pF3.0) を下回り、水ストレスを受けなくなったと考えられる (図 2c)。この期間では群落温度の実測値と計算値の差は減少し、8/1~8/20 の差の平均は 1.5°C 程度であった (図 2e)。

これより、水ストレスによる群落温度の上昇を観測できたと言える。また、土壌乾燥の程度によって上昇温度が異なったため、水ストレスの度合いを予測できる可能性がある。今後は、数値計算を用いて、乾燥過程を再現する蒸散速度と可能蒸散速度を求め、蒸散比による水ストレスの定量的評価に取り組みたい。

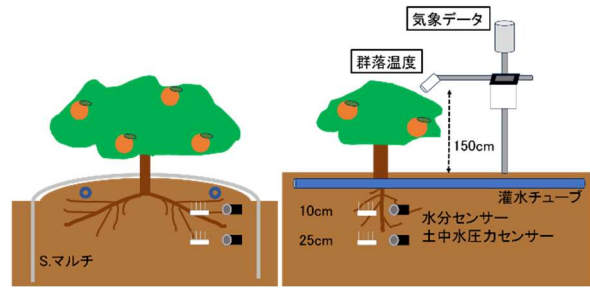


図 1 現場観測の概略図

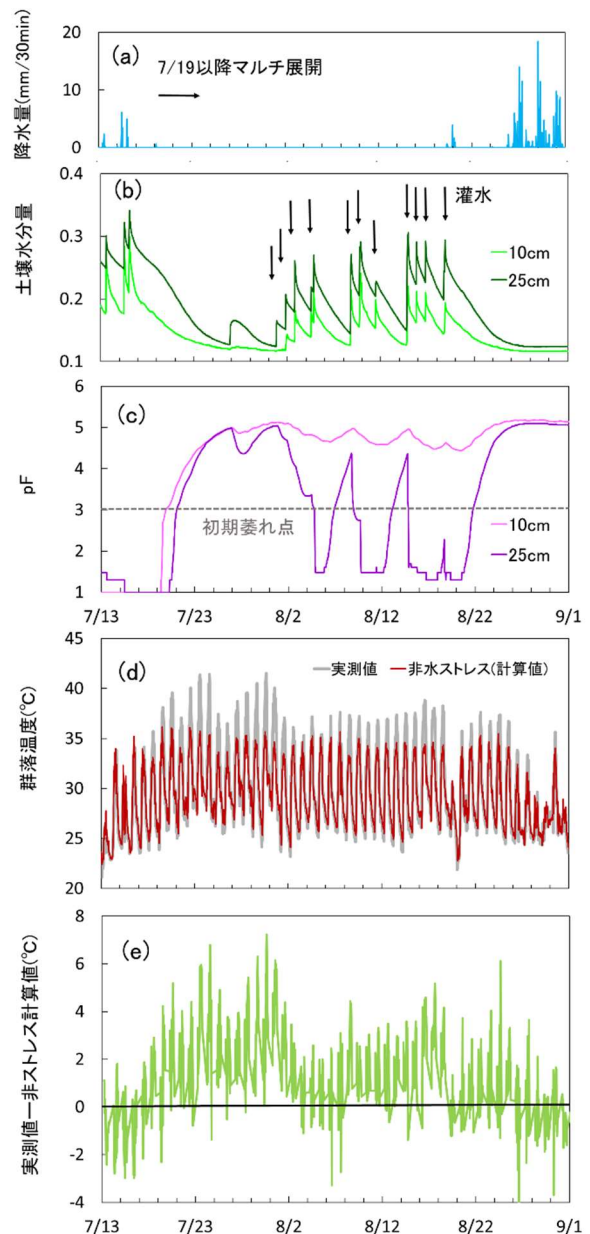


図 2 (a) 降水量、(b) 土壌水分量、(c) pF の観測値と、(d) 群落温度の観測値と非水ストレス下の計算値の比較と (e) 観測値と計算値の差

参考文献

坂井勝, 高橋由奈, 丸山篤志(2020): 群落熱収支モデルと HYDRUS-1D の連結プログラムを用いた畑地の土壌水分量・地温予測モデルの構築, 土壌の物理性, 146: 3-16.