

トルコ共和国イズミール地方における CWSI を用いたスマート農業の綿花栽培の応用 Development of Cotton Production by CWSI Application with UAV in Izmir, Turkey

石田裕也*, ゴットソン アマム サムエル*, 加藤 亮**
Yuya ISHIDA*, Samuel Godson-Amamoo*, Tasuku KATO**

はじめに

トルコ共和国のエーゲ地方は国内有数の綿花栽培地域であり、2021/2022 には国内生産量の 1/4 にあたる 201 トンが生産された (ICAC,2022)。しかし、人口増加に伴う都市開発や工業化により水需要が高まるとともに地下水や表流水の減少に加え、農業水の使用料の値上がりも記録されている。より効率的な灌漑方法として点滴灌漑やスプリンクラー灌漑が挙げられるが、土質の特徴やパイプの不具合などの原因が圃場内の不平等な有効水分量の分布を引き起こしている。

植物の水ストレスをモニタリングする方法として、熱探知カメラを用いた葉表面温度の測定がある。また、ドローン技術の発達によりカメラを搭載できるようになり、広域での観測が可能となった。今回の研究では熱探知カメラを用いて、綿花栽培圃場内で高い水ストレスを示す箇所を特定する。その結果と水使用効率を基に、圃場内に灌漑される水量をコントロールし改善されたか見る。

研究の方法

栽培試験はトルコ共和国イズミール地方の International Agricultural Research and Education Center (北緯 38.63° 東経 27.04°) の約 1 ヘクタールの実験圃場で行われた。2023 年 6 月下旬から 2024 年にかけて栽培試験を行った。灌漑量の差が水ストレスに及ぼす影響を調べるため、実験圃場内に 5 つの区画(I₀、I₄₀、I₇₀、I₁₀₀、I₁₂₀)を設けた。灌漑は、土壌水分量が有効圃場容水量の半分近くになった時に点滴灌漑にて行われた。

当研究では、熱探知カメラとマルチスペクトルカメラをドローンに取り付け、実験圃場の上空 50m にて飛行しながら毎週撮影した。土壌水分量計を各区画に設置し、毎時記録した。圃場内の土をサンプリングし、圃場容水量としおれ点を採土法にて求めた。

Idso(1981)は葉の表面温度 (T_c) と大気温度 (T_a) の差を用いて、作物に対する水ストレス (Crop Water Stress Index, 以下 CWSI)を定量化した⁽²⁾。土壌水分量や飽差の減少により、蒸発散頻度の低下とともに潜熱が減少し T_c が上昇する。CWSI において、ストレス状態の温度差を上限、非ストレス時を下限と定義し、観測された温度差によって CWSI の値が変化する。その温度差が大きくなるほど、つまり水ストレスが大きくなるほど CWSI 値が 1 に近づき、小さく場合は 0 に近い。CWSI は以下の式で定義される。

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a)_m - (T_c - T_a)_l}{(T_c - T_a)_u - (T_c - T_a)_l} \dots (1)$$

*東京農工大学(Tokyo University of Agriculture and Technology), **東京農工大学大学院連合農学研究所 (United Graduate School of Agricultural Science, Tokyo University of Agriculture and Technology)

Keywords : 乾燥地灌漑、水効率、マッピング、水ストレス、リモートセンシング

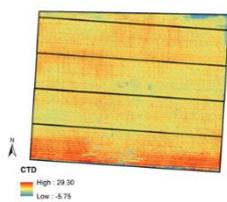


図 1. 温度差の熱画像
(7月8日)

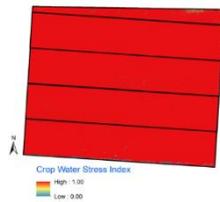


図 2. CWSI 分布
(7月8日)

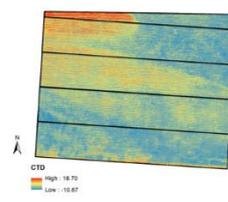


図 3. 温度差の熱画像
(8月28日)

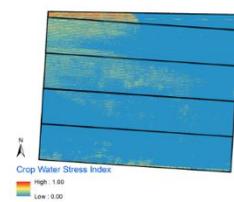


図 4. CWSI 分布
(8月28日)

$(T_c - T_a)_m$ は観測時の温度差(°C)、 $(T_c - T_a)_{ul}$ はストレス時の温度差(°C)、 $(T_c - T_a)_{ll}$ は非ストレスの温度差(°C)である。

結果

図 1～4 は赤外線カメラで撮影された熱画像であり、各図内の 5 つの区画は上から I_0 、 I_{40} 、 I_{70} 、 I_{100} 、 I_{120} である。図 1 と 3 は圃場内で観測された温度と気温の差、図 2 と 4 は式(1)から計算された CWSI の分布であり、それぞれ 7 月 8 日、8 月 28 日に撮影された。図 3 は図 1 と比べると全体的に T_c が低いことが見て取れる。これは 8 月 25 日に灌漑、8 月 27 日に降雨イベント(20.2mm)があり蒸発散頻度の上昇のためであると考えられる。また、図 4 撮影時には図 2 よりも土壌水分が多く水ストレスによる影響が小さかったため、全体的に CWSI 値が 0 に近かった。

しかし区画内でも箇所によって CWSI 値のばらつきが見られた。この理由の 1 つとして圃場内の土質の違いが考えられ、Katerji (2009)が行った実験では、ローム質土壌よりもクレイ質土壌で多くの作物で蒸発散量が低下し、土壌中の水分の伝搬性に起因すると推察されている⁽³⁾。

結論

図 1～4 は圃場全体を撮影されているため葉と土壌の表面温度を分ける必要がある。マルチスペクトル画像を用いて植生指標(NDVI)を用いて植生と土壌を判別し、植生の部分だけを抽出する。それ以降に撮影された熱画像も同様に処理し CWSI 分布を求め、生育段階ごとの水ストレスの変化を、蒸発散量を加味して注目する。加えて圃場内の土壌図を作り、土壌性質が CWSI 値に及ぼす影響を調べる。また、収量と灌漑量から水使用効率を求め、最適な灌漑量を求める。次年度はスプリンクラー灌漑で栽培し、今年度の水ストレスへの分布・応答データを基に、灌漑量を変えてプロット内の CWSI 値のばらつき具合を見る。

引用文献

- International Cotton Advisory Committee (ICAC), TÜRKİYE COUNTRY REPORT, 80th Plenary Meeting of the ICAC, 2022.
- Idso S.B., Jackson R.D., Pinter P.J., Reginato R.J., Hatfield J.L., Normalizing the Stress-Degree-Day Parameter for Environmental Variability, *Agricultural Meteorology*, 24 45–55. 1981.
- Katerji N., Mastrorilli M., The effect of soil texture on the water use efficiency of irrigated crops: Results of a multi-year experiment carried out in the Mediterranean region, *Eur. J. Agron.*, 30 95–100, 2009.