

ライシメータで測定したダイズ栽培圃場の蒸発散速度を再現する
水ストレス応答関数の推定
Estimation of the Water Stress Response Function of Soybean
based on Evapotranspiration Rates Measured by a Weighing Lysimeter

○鈴木萌香・坂井 勝・取出伸夫
Moka Suzuki, Masaru Sakai and Nobuo Toride

はじめに 植物根の吸水による蒸散は、土の乾燥に伴い低下する。乾燥ストレスを考慮した植物根の吸水には Feddes (1976) のモデルが広く用いられる。

$$T_a(t) = \int_{-L}^0 S_a(z,t) dz = T_p(t) \int_{-L}^0 \alpha(h(z)) \beta(z) dz$$

ここで、 T_a は実蒸散速度、 S_a は実吸水速度、 $\alpha(h)$ は土中水圧力 h に依存する水ストレス応答関数、 $\beta(z)$ は吸水強度分布、 T_p は可能蒸散速度、 L は根群域の深さ、 t は時間、 z は位置（上向き正）である。ダイズの $\alpha(h)$ について、坂井ら (2018) はガラス室内でのポットを用いたダイズ栽培実験により、土の乾燥が進むにつれ乾燥ストレスへの抵抗性が強まる形へ変化することを示した。そこで本研究では、ダイズ栽培圃場に設置したライシメータで蒸発散速度を観測し、より現場に近い条件のもとで、水ストレス応答関数 $\alpha(h)$ を推定することを目的とした。ライシメータ内の土中水分移動の数値計算を行い、測定した実蒸発散量 ET_a や土中水圧力 h の低下を再現する水ストレス応答関数 $\alpha(h)$ を推定した。

ダイズ栽培実験 三重大学附属農場のダイズ栽培圃場にライシメータを設置し、2018/6/14 から測定を行った。直径 30 cm、高さ 30 cm のライシメータに不攪乱土を採取し、フクユタカを直播後 (6/12 播種)、重量変化から実蒸発散量 ET_a を求めた (図 1)。この時、5、15、25 cm 深に設置した MPS-2 で土中水圧力 h を測定した。また、別途測定した各気象データから、ペンマン式を用いて日可能蒸発散量を求め、時間蒸発散量が 1 時間当たりの日射量に比例すると仮定し、可能蒸発散量 ET_p の日変化を求めた。

水ストレス応答関数の推定 2018/7/30~8/5 の無降雨期間における降雨後の乾燥過程を対象として、 $\alpha(h)$ の推定を行った。この期間のダイズの草高は約 45 cm、被覆率は約 75% であった。まず、(a) ダイズが大きいため地表蒸発は十分に小さいと仮定し、日可能蒸発散量と日実蒸発散量の比 ET_a/ET_p と h の深さ方向の平均値の関係から、対象期間の平均的な $\alpha(h)$ を求めた。さらに、(b) 対象期間について根の吸水を含む土中水分移動の数値計算を行い、逆解析により測定した ET_a と h を再現するように 1 日ごと異なる $\alpha(h)$ を推定

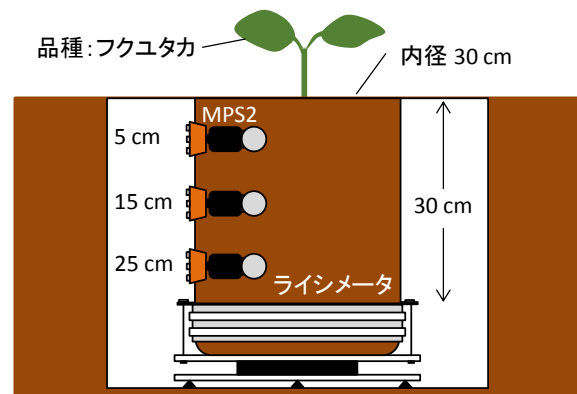


図1. ライシメータを用いたダイズ栽培実験の概要図
Fig.1 Illustration of soybean cultivation experiment

した。初期条件には全層 $h = -100 \text{ cm}$ を与えた。圃場の層位に合わせて $0 \sim 20$ 、 $20 \sim 30 \text{ cm}$ 深の 2 層の成層土とし、裸地状態の蒸発速度と圧力変化を再現するように別途決めた不飽和水分移動特性をそれぞれの層に与えた。上端境界条件には、可能蒸散量 T_p と可能蒸発量 E_p の割合を $9 : 1$ と仮定し、可能蒸発量 ET_p の日変化を分配して与えた。下端境界条件は水分ゼロフラックスとした。また、 $\beta(z)$ は $0 \sim 30 \text{ cm}$ 深で均一とした。数値計算には HYDRUS-1D を用いた。

結果と考察 図 2 にペンマン式で求めた可能蒸発散速度 ET_p と測定した実蒸発散速度 ET_a の変化を、図 3 にそのときの各深さの土中水圧力 h の変化を示す。比較的湿潤な 7/30~8/1 は ET_p と ET_a が等しく、 h がおよそ $-2,000 \text{ cm}$ 以下となる 8/2 以降、乾燥ストレスにより ET_a が ET_p に比べ徐々に低下した。ここで、各日で計算した ET_a/ET_p と h の関係を図 4 に示す。直線で回帰すると、 $h = -2,000 \text{ cm}$ からストレスを受け、 $h = -11,600 \text{ cm}$ で根の吸水が 0 となる形を示した (図 4 破線)。対象期間の平均 $\alpha(h)$ による蒸発散速度の計算値を、図 2(a) に示す。7/30~8/3 の計算値は実測値をよく再現した。さらに乾燥が進んだ 8/4 以降は、計算値が実測値を過小評価した。そこで、8/4 以降、図 4 (b) の様に乾燥耐性を高めた $\alpha(h)$ を用いて 1 日ごと数値計算を行ったところ、圧力の測定値に対しては過小評価したものの、蒸発散速度の実測値に対する再現性が向上した (図 2(b))。この結果から、ガラス室でのポット実験と同様に、圃場においても、ダイズは土の乾燥が進行するにつれ、乾燥ストレスへの抵抗性が強まる傾向があることが示唆された。

引用文献：坂井勝，大西一平，取出伸夫：ポット栽培実験における蒸散速度の日変化に基づく水ストレス応答関数の推定，平成 30 年度農業農村工学会講演会講演要旨集，pp.330~331 (2018)

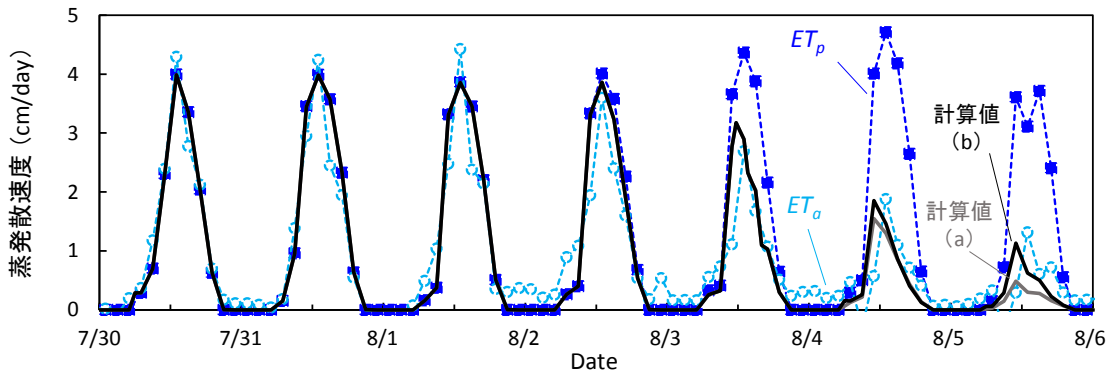


図2. 蒸発散速度の経時変化 (a) 平均 $\alpha(h)$ 、(b) 1 日ごと逆解析によって求めた $\alpha(h)$ を用いた計算結果
Fig.2 Observed and simulated evapotranspiration rates

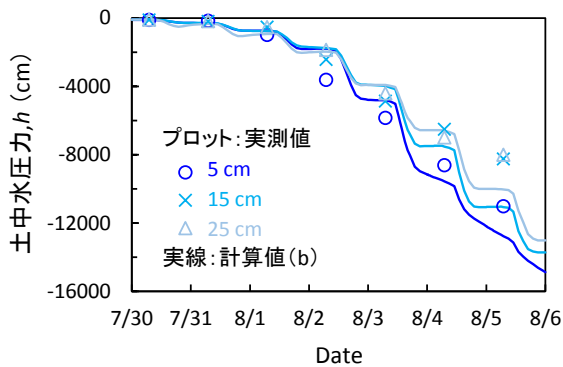


図3. 各深さの土中水圧力変化
Fig.3 Observed and simulated pressure heads

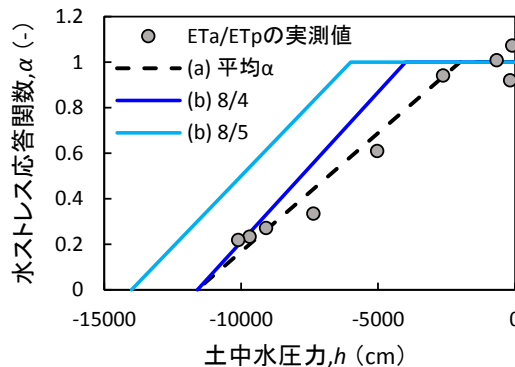


図4. 水ストレス応答関数と土中水圧力の関係
Fig.4 Relationship between water stress and pressure head