

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

大西一平

共生環境学専攻 農業農村工学講座

Keywords: 蒸散速度, 植物根の吸水, 水ストレス応答関数, 数値計算

1. はじめに 植物根の吸水による蒸散は, 土中水分量の減少に伴い低下する. 乾燥ストレスを含む植物根の吸水の予測には, 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. これまで, 作物の収量と土中水圧力の関係に基づき, 生育期間の平均的な $\alpha(h)$ が推定されてきた. しかし, より短い時間スケールの T_a や土中水分量の変化の予測に対する妥当性の検証は十分ではない. そこで本研究では, デントコーンおよびダイズを用いたポット栽培実験を行い, 乾燥ストレスを与えない湿潤ポットと乾燥ストレスを与える乾燥ポットの蒸散速度 T を, それぞれ可能蒸散速度 T_p , 実蒸散速度 T_a として測定した. そして, 乾燥ポットの土中水分移動の数値計算を行い, 測定した T_a や土中水分変化を再現する $\alpha(h)$ を推定した.

2. ポット栽培実験 2017年7月~10月に, デントコーンを用いたポット栽培実験を三重大学内のガラス室内で行った. 図1に実験装置の概略図を示す. 三重大学附属農場の畑土 2 mm フルイ通過分を 1/2000a のワグネルポット 2 個に乾燥密度 1.2 g/cm³ で 24 cm 深まで充填し, デントコーンを直播した. 発芽後, 地表面にマルチを施し蒸発を抑制した. ポットの 3, 9, 15, 21 cm 深に TDT 水分計, 6, 18 cm 深に MPS-6 土中水圧力計を設置し, それぞれ体積含水率 θ と土中水圧力 h を測定した. また, 電子天秤で測定した重量変化から

蒸散速度 T を求めた. 給水はポット下端からシリンジで行い, 頻繁に給水して湿潤状態を保つ湿潤ポットから可能蒸散速度 T_p を, 給水回数を減らした乾燥ポットから乾燥ストレス下の実蒸散速度 T_a を求めた. また, ダイズを用いた同様の実験を, 2016年7月~11月に行った.

3. 水ストレス応答関数の推定 デントコーンおよびダイズが十分成長した期間の, 乾燥ポットにおける給水後の蒸散速度や土中水分変化を計算対象とした. 境界条件は下端ゼロフラックス, 上端蒸発なしとし, 可能蒸散速度には湿潤ポットの測定値 T_p を与え, 初期条件には θ の実測値を与えた. 不飽和水分移動特性には van Genuchten モデルを用い, 水分特性曲線はポット栽培実験の h と θ の測定値に基づいて求め, 飽和透水係数 K_s は別途測定した値を用いた. $\alpha(h)$ は (1) 対象期間で一定として T_a/T_p と h の直線回帰, (2) 実測した T_a と h 分布を再現するよう 1 日ごとに分けて試行錯誤による逆解析, (3) さらに午前と午後に分けて逆解析の 3 通りを検討した. また, $\beta(z)$ は全層で均一とした. 計算には HYDRUS-1D を用いた.

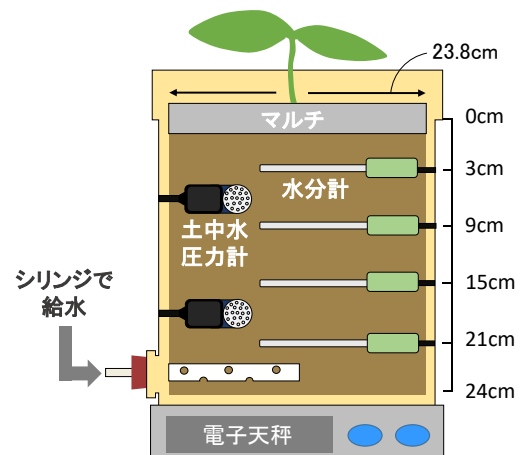


図1 ポット栽培実験の概略図

4. 結果と考察 両ポットのデントコーン, またダイズは, 発芽以降ほぼ同様の生長をした. 図 2(a)に, デントコーン栽培期間中の 8/29~8/31 の両ポットの蒸散速度 T の日変化を示す. 乾燥ポットは 8/26, 湿潤ポットは 8/29 に給水した. 両ポットの蒸散は日中に最大となり, 夜間は非常に小さかった. 8/29 は両ポットの T は等しいが, 8/30 の 10 時以降, 乾燥ポットでは乾燥ストレスにより T_a が T_p に比べ徐々に小さくなった. 乾燥ストレス後の 8/31 の T_a の日変化は, 明け方は T_p に比べて緩やかな増加をし, 10 時ごろに最大となった後, 午後は急速に低下した. 同様に, ダイズ栽培期間中の 8/16~8/18 における両ポットの T の日変化を図 3(a)に示す. ダイズの場合, 大気湿度の低下する日中に T が一時的に低下する昼寝現象が観察された. また, 乾燥ストレス後の 8/18 の T_a は, 明け方~午前 9 時頃までは T_p とほぼ等しく, 日中は T_p と同じタイミングで急激に低下した.

3 通りの $\alpha(h)$ の推定による蒸散速度の計算値について, デントコーンの場合を図 2(a)に, ダイズの場合を図 3(a)に示す. デントコーンでは, 期間中一定な $\alpha(h)$ を用いた場合でも T_a の計算値は実測値を全体的によく再現し, 日単位や午前と午後で変化する $\alpha(h)$ の場合は再現性が更に向上した. 一方ダイズでは, T_d/T_p に基づく $\alpha(h)$ の場合は T_a の実測値を再現できず, 日単位や午前と午後で変化する $\alpha(h)$ の場合に適合が改善された. 推定した $\alpha(h)$ を, それぞれ図 2(b)と図 3(b)に示す. デントコーンとダイズどちらも, 推定した日単位や午前と午後で変化する $\alpha(h)$ は, 乾燥ストレスの進行に従い, 乾燥ストレスへの抵抗性が強まる形へ変化した. 昼寝現象など周囲の環境に敏感に T が反応するダイズは $\alpha(h)$ の変動幅も大きく, 乾燥ストレスに対する抵抗性も, 直ちに現れる性質を持つと考えられる.

参考文献

Feddes et al. (1976): Journal of Hydrology, 31, 13-26

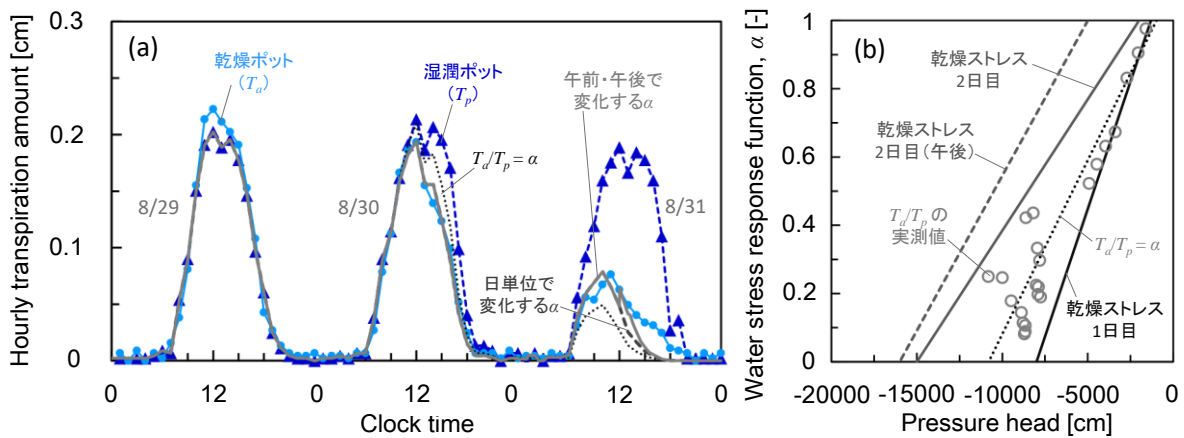


図2 デントコーンの蒸散速度の変化(a)と推定した水ストレス応答関数(b)

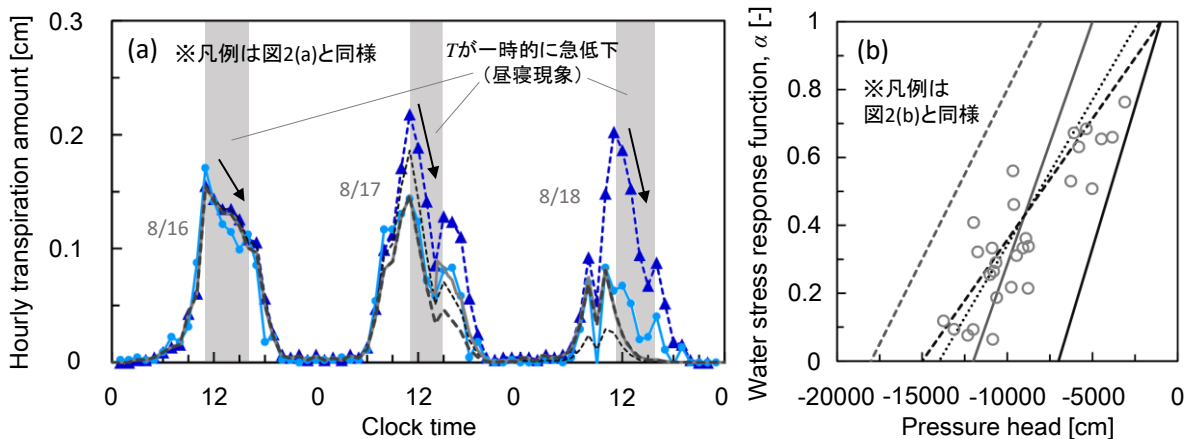


図3 ダイズの蒸散速度の変化(a)と推定した水ストレス応答関数(b)