

# 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

## Estimation of the Water Stress Response Function based on Diurnal Transpiration Rate in Pot Experiments

○坂井 勝\* 大西一平\* 取出伸夫\*

Masaru Sakai Ippei Ohnishi Nobuo Toride

**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。

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

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から、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。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ストレスを与える乾燥ポットの蒸散速度を、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、乾燥ポットについて数値計算を行い、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2mmふるい通過分を1/2000aワグネルポット2個に乾燥密度1.2 g/cm<sup>3</sup>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 $\theta$ 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乾燥過程を計算対象とした。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 $T_p$ を与えた。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実験の $h$ と $\theta$ の測定値から求め、飽和透水係数 $K_s$ は別途測定した。 $\alpha(h)$ 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に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た逆解析の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。

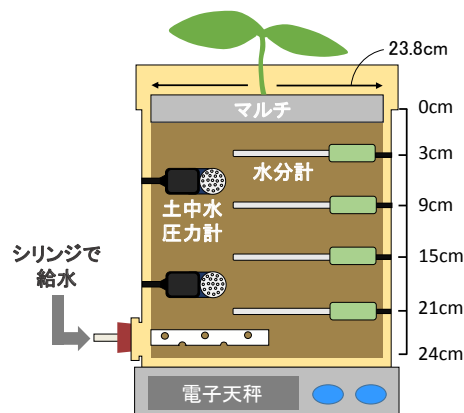


図1 ポット栽培実験の概略図  
Fig.1 Schematic illustration of pot experiment

\*三重大学大学院生物資源学研究所 Graduate school of Bioresources, Mie University.

キーワード 蒸散速度 植物根の吸水 水ストレス応答関数 数値計算 土壌環境と植物根系

**4. 結果と考察:** 両ポットのデントコーンとダイズは、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。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  $T_p$  に比べ徐々に低下した。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、 $T_d/T_p$  に基づく期間中一定な  $\alpha(h)$  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、期間中一定な  $\alpha(h)$  の場合、 $T_a$  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。

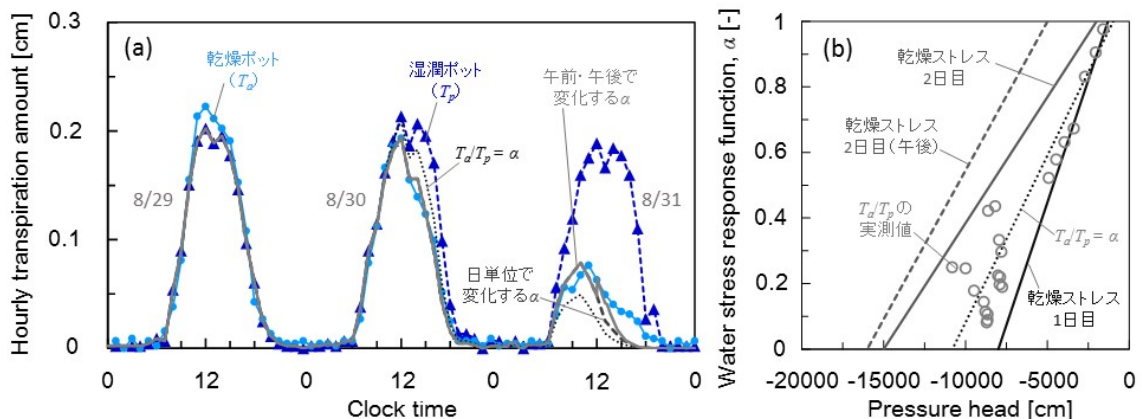


図2 デントコーンの蒸散速度の変化(a)と推定した水ストレス応答関数 (b)  
Fig.2 Transpiration rate (a) and estimated stress response function of dent corn

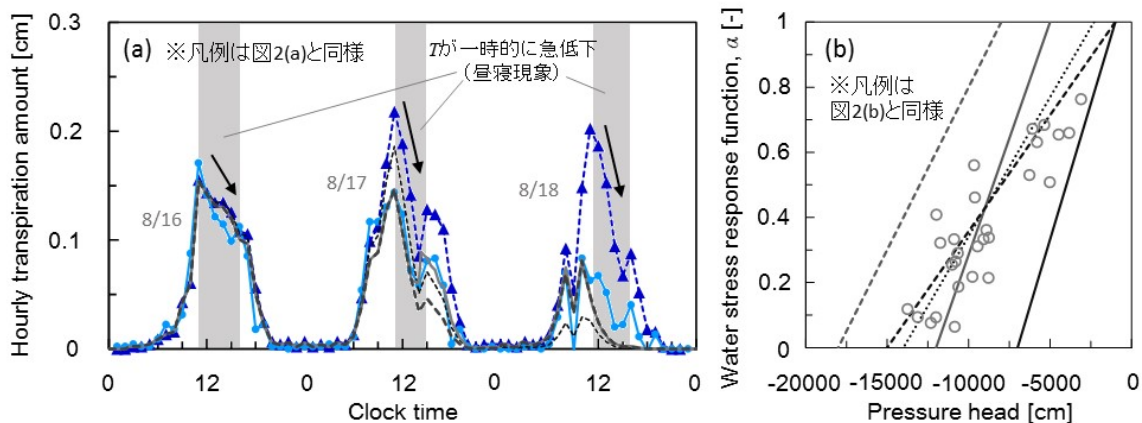


図3 ダイズの蒸散速度の変化(a)と推定した水ストレス応答関数 (b)  
Fig.3 Transpiration rate (a) and estimated stress response function of soybeans