

根の吸水モデルのパラメータの決定 : 2. 塩ストレス条件

Parameter Estimation of Root Water Uptake Models : 2. Under Salinity Stress

○藤巻晴行*, 安藤義武*, 崔 益斌*, 井上光弘**, 安部征雄*

FUJIMAKI Haruyuki, ANDO Yoshitake, CUI Yibin, INOUE Mitsuhiro, ABE Yukuo

1. はじめに

植物根による吸水と蒸散量の正確な予測は、塩類集積の防止と節水の両立の鍵である。吸水モデルはこれまでにいくつか考案されているが、品種ごとに異なるモデル中のパラメータの決定法はまだ確立されていない。また、マトリックポテンシャルと浸透ポテンシャルを水ポテンシャルの成分として同列に扱えるかどうか、なお検討の余地がある。そこで本研究では、広く用いられている Feddes(1978)の吸水モデル中のパラメータをなるべく安価かつ高い精度で推定する方法を考案し、前出と同じ品種に対して実験を行い、結果を比較した。なお、Nimah and Hanks(1973)の吸水モデルでは、根と土壌のポテンシャル差以上に透水係数の影響が大きく、塩ストレスの解析には適していないとの報告があるため、扱わなかった。

2. 実験方法

ビニールハウスに内径 29cm, 高さ 39cm の小型ライシメータを 6 本設置し、鳥取砂丘砂を充填した。5/29 に各ライシメータに大豆を 3 個ずつ播種し、10 日後に間引いて 1 本ずつとした。塩ストレスを与え始める 7/31 までは健康な個体を育てるため水道水 (EC=0.6 mS/cm) で十分な灌水を行い、肥料は灌水 2 回につき 1 回、2000 倍に希釈したハイポネックスを与えた。

ライシメータ下端にはポーラスカップを用いて約-80cm の圧力水頭を与え、排水を促し

た。各ライシメータの深さ 5, 15, 30cm に TDR プローブ (Campbell CS610) と熱電対を挿入し、体積含水率と地温の変化を測定した。7/24 に全てのライシメータに多量に灌水して土壌を飽和した。日中は土壌面を被覆し、土壌面蒸発を抑えた。日の出直後と日没直後にライシメータの重量を測定し、日蒸散量を求めた。6 本の中から 3 本 (A, B, C) を選び、塩ストレス負荷を与えることにした。日蒸散量の測定を行った集中観測期間 (7/23-8/14) の間に行った灌水はいずれも、各ライシメータにおいて、前回の灌水から蒸散により失われた水量を与えた。

7/31 の日没後に行った灌水で、塩ストレス株 (A, B, C) に対して 2,000ppm NaCl 水溶液を与え、塩ストレス負荷を開始した。その他の対照株 (D, E, F) には水道水を与えた。8/2 にも 2,000ppm NaCl 水溶液を与えたが、塩ストレス株で明らかな蒸散量の低下がなお見られなかったため、同 4, 6, 8, 10, 12 日には 3,000ppm NaCl 水溶液を与えた。対照株に対する蒸散量の比がストレス負荷前の半分以下にまで減少した 8/15 に集中観測を終了した。その後、各ライシメータから 5cm 刻みに採土し、風乾させたものをふるって根を分離した。

鳥取砂丘砂における誘電率と体積含水率の関係およびバルク電気伝導度と溶液電気伝導度の関係は 3000ppm NaCl 水溶液を用いて求めた。

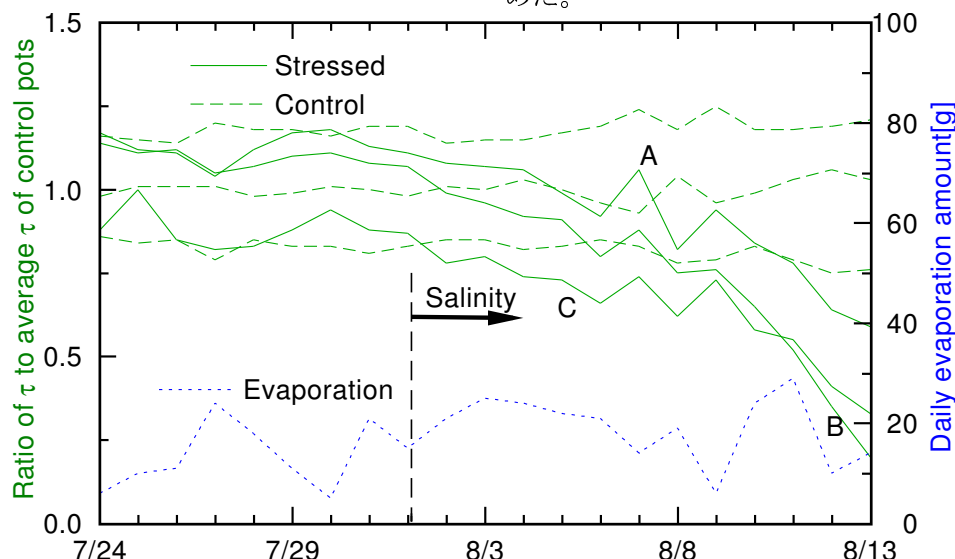


Fig.3 Temporal change in ratio of daily transpiration, τ , to average τ of control pots and daily evaporation amount from the evaporimeter.

* 筑波大学農林工学系 Univ. of Tsukuba

キーワード: 蒸散, 吸水, 畑地灌漑, 塩類集積

** 鳥取大学乾燥地研究センター Arid Land Research Center, Tottori Univ.

3. 結果と考察

各株の日蒸散量と対照株の日蒸散量の平均値との比(蒸散比)の経日変化を Fig.1 に示す。8/4 頃からストレス株の蒸散比が明らかに低下しているのがわかる。

逆解析に必要な各時刻の可能蒸散速度 T_p は、水ストレスに関する実験と同様、対照株の蒸散量から日可能蒸散量を推定し、さらに蒸散速度の日変化が日射量の日変化と同じ形状であると仮定して求めた。

根群活性係数 f_r の分布は、スキヤナで取り込んだ根の画像を解析して根表面積を測定することにより得た。一例として、ライシメータ A の f 分布を Fig.2 に示す。

浸透ポテンシャル h_o の分布は以下の手順で推定した。まず各センサー埋設深度の各測定時刻におけるバルク電気伝導度 σ_b を、校正式を用いて基準温度における土壌水の電気伝導度 σ_{w25} に変換した。

$$\sigma_{w25} = \frac{\sigma_b \left[1 + \frac{(25-T)}{49.7} + \frac{(25-T)^2}{3728} \right]}{1.2\theta^2 + 0.06\theta + 0.007} \quad (1)$$

ここで、 θ : 体積含水率、 T : 地温 (C) である。 σ_{w25} を NaCl 濃度に換算し、理想溶液を仮定して h_o に変換した。こうして求めた 3 点の深さから線形補間・補外によって各時刻の h_o の分布を得た。一例として、ライシメータ B のある時刻における h_o の分布を Fig.2 に示す。

各深さの h_o をストレス応答関数に代入し、さらにモデル中の諸式に代入して各時刻の蒸散速度を求め、これを日中の 14 時間について積分し、日蒸散量の推定値を得た。非線型最小 2 乗法により、ストレス期間の日蒸散量の推定値と実測値の標準誤差が最小となる p_2 と h_{o50} を探索した。最適化されたパラメータにおける $f_r \alpha$ の分布の一例を Fig.2 に示す。

逆解析の結果、 h_{o50} の平均値は -3,834 cm となり、同じ品種における h_{50} の平均値 -1,519 cm を大きく下回った。同様の結果が複数の研究者により報告されており、同一(断面平均)ポテンシャルにおいて、マトリックポテンシャルの方が減少係数が小さくなることが本研究においても追認された。このことは、マトリックポテンシャルと浸透ポテンシャルを単に加算することができないことを示している。

Fig.3 は最適化されたストレス応答関数である。曲線のばらつきはそれほど大きくなく、本方法の再現性おおむね良好であることを示している。蒸散量(の可能蒸散量に対する比)の計算値と実測値を Fig.4 に示す。日蒸散量の標準誤差(RMSE)は 0.30 mm/d であり、適切なパラメータを与えることにより、蒸散量をかなりの精度で予測できる可能性が示された。

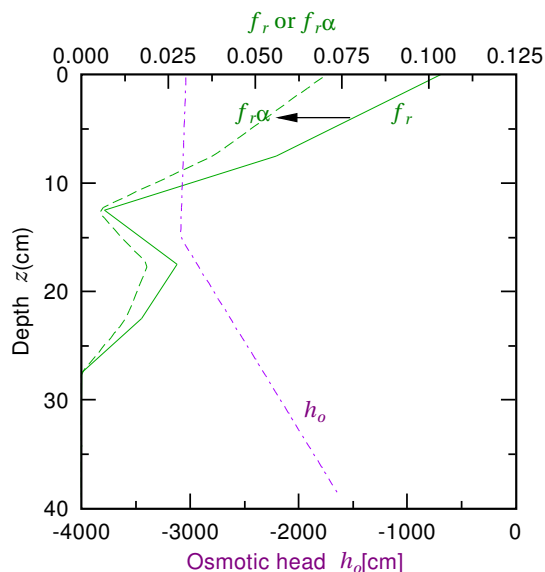


Fig.2 An example of profiles of osmotic head, root activity, and $f_r \alpha$ (C, Aug.8 12:00).

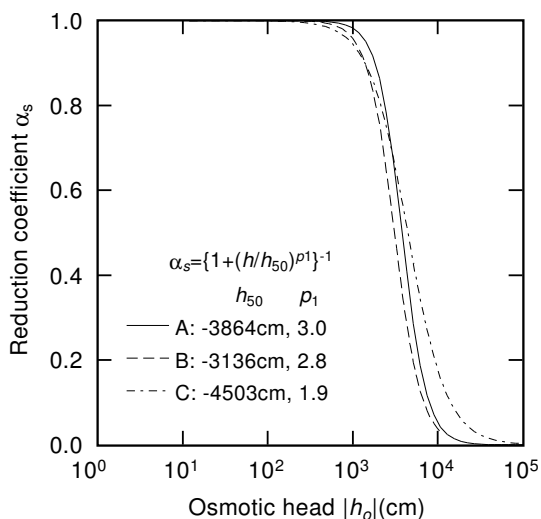


Fig.3 Salinity stress response function for the soybean

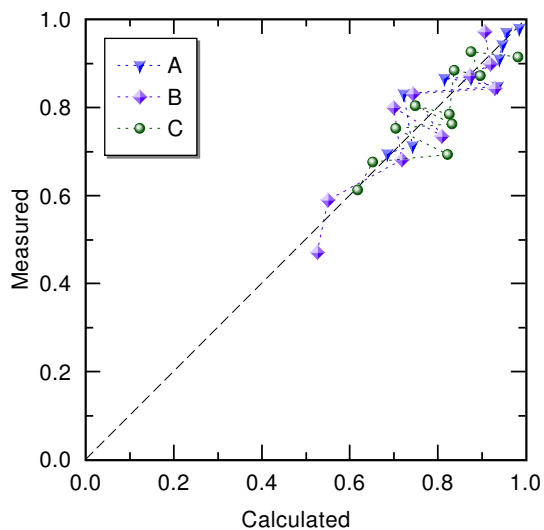


Fig.4 Comparison of measured and calculated ratio of actual to potential daily transpiration.