

## 重量ライシメータを用いたダイズ栽培実験の蒸発散と根の吸水について Soybean evapotranspiration and root uptake in a weighing lysimeter

鈴木萌香, ○取出伸夫, 三口貴久代, 坂井勝

Moka Suzuki, Nobuo Toride, Kikuyo Mikuchi and Masaru Sakai

**はじめに** 農地における根の吸水による蒸散と地表蒸発は、植物の生長段階や土の乾燥の進行によって変化する。土が乾燥すると根による吸水は制限されるが、植物には、吸水の低下を湿潤な部位で補う補填吸水やストレス耐性が増加する機能がある。しかし、蒸発と蒸散、根の吸水特性の独立した測定は難しい。根の吸水を考慮した土中水分移動は、(1)式のリチャーズ式の吸い込み項 $S$ に(2)式の Feddes モデルを用いてモデル化される。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(h) \left( \frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right] - S(z) \quad (1)$$

$$S_a = \alpha(h)\beta(z)T_p(t) \quad (2)$$

ここで、 $\theta$ は体積含水率、 $h$ は土中水圧力、 $K(h)$ は不飽和透水係数、 $S_a$ は実吸水速度、 $\alpha$ は水ストレス応答関数、 $\beta$ は吸水強度分布、 $T_p$ は可能蒸散速度、 $t$ は時間、 $z$ は位置である。本研究では、蒸発散と根の吸水の検討を目的に、ダイズ圃場に設置した重量ライシメータによる栽培実験を行った。実測した乾燥過程の蒸発散速度 $ET_a$ と土中水圧力 $h$ に対して、HYDRUS-1Dを用いた水分移動モデルの解析を行い、蒸発と蒸散を分離し、HYDRUSの補填吸水モデルの吸水特性とストレス耐性の増加について検討した。

**ダイズ栽培実験** 三重大学附属農場のダイズ栽培圃場に設置した直径 30 cm、高さ 30 cm 重量ライシメータに不攪乱土を採取し、フクユタカを直播後(2018/6/12 播種)、重量変化から実蒸発散量 $ET_a$ を求めた。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、

気象データに基づくペンマン式に対して、十分に湿潤したとき実蒸発散速度 $ET_a$ が可能蒸発散速度 $ET_p$ に等しいと仮定して作物係数を決定し、乾燥が進行する過程の日可能蒸発散量を求めた。そして、1時間当たりの蒸発散量が日射量の日変化に比例すると仮定し、 $ET_p$ の日変化を求めた(Fig. 1 点線)。

**モデル解析** 7/10~7/23(草高:40 cm, LAI:1.2, 圃場の被覆率:30%)の無降雨期間における乾燥過程を対象とした。先行研究のポット実験の水ストレス応答関数 $\alpha$ を仮定し、吸水強度分布 $\beta$ は推定される根の到達深さより0~20 cm 深で均一、20~30 cm で直線的に減少するとした。 $ET_a$ が $ET_p$ から低下する乾燥初期において蒸発の低下が蒸散の低下に比べて卓越することに注目して求めた $E_p$ と $T_p$ の割合は、 $T_p$ が40%で、圃場の被覆率30%よりやや大きな値であった(Fig. 2 黒実線)。しかし、乾燥の進行した段階では、 $ET_a$ の計算値は実測値を過小評価した。この期間の蒸発速度 $E_a$ はほぼゼロまで低下しているため、 $ET_a$ の過小評価は蒸散速度 $T_a$ の過小評価が原因である。そのため、この過小評価は、 $\alpha$ による吸水低下を補う吸水が生じていたと考えられた。そこで、 $ET_a$ を過小評価する期間に対して、HYDRUSに含まれる補填吸水モデルとストレス耐性の増加を検討した。

**1. 補填吸水モデル** Fig. 2 は、補填吸水モデルを適用したときの $E_a$ と $T_a$ の積み上げ図である。両者の和である $ET_a$ の計算値は、 $T_a$ の増加により実測値に近づいた。Fig. 3 は、7/17と7/20の吸水速度 $S_a$ 分布である。破線の補填吸水モデルは、

全層の吸水速度を一様に増加させる。7/17 までの期間、実線の補填なしの条件に比べて下層部からの吸水を増加させ、吸水の低下を湿潤な部位で補う補填吸水も生じている。Fig. 4は、25 cm 深の土中水圧力 $h$ について、補填吸水モデル(破線)と補填なし(実線)の計算値と実測値(プロット)である。補填吸水モデルは補填なしの条件に比べて下層の $h$ は低下したが、乾燥初期段階の実測値の大きな低下は再現できなかった。これは、現実には補填吸水モデル以上の下層における補填吸水が生じていたことを示す。

**2. ストレス耐性の増加** 一方、水ストレス応答関数 $\alpha$ における吸水低下の生じる土中水圧力 $h_3$ を低下させてストレス耐性を増加させた計算を行ったところ、Fig. 2 の補填吸水モデルと同様に $ET_a$ の実測値を再現できた。Fig. 3 には、 $h_3 = -9,000$  cm のときの 7/17 と 7/20 の吸水速度 $S_a$ 分布を点線で併記した。7/17 までの期間、ストレスが生じている 0~20 cm 深のみで $S_a$ が増加し、

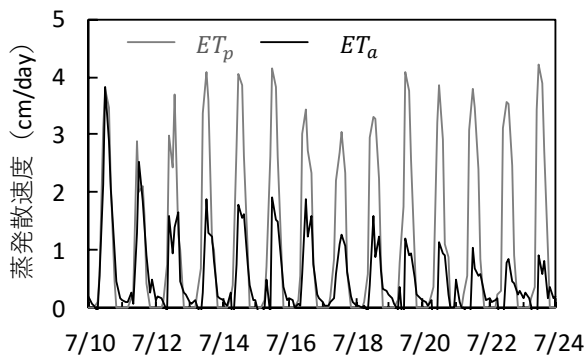


Fig.1 Daily fluctuations of potential and actual evapotranspiration

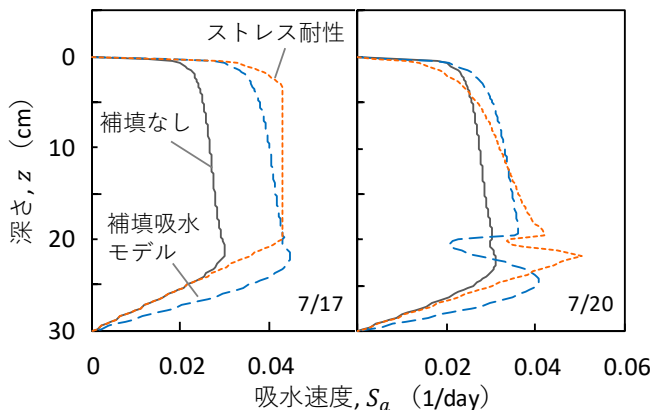


Fig.3 Root water uptake rate profiles for three uptake conditions

20 cm 以深における $S_a$ は変化しない。乾燥の進行した 7/20 の $S_a$ は下層で大きく増加し、補填吸水モデルの分布と似た形を示した。Fig. 4 の 25 cm 深の $h$ の低下は、乾燥初期は補填なしとほぼ一致し、その後、 $h$ の低下はやや大きくなった。

**3. 考察** 補填吸水モデルもストレス耐性の増加も $ET_a$ をほぼ再現できるが、補填吸水モデルにおいても、乾燥初期段階における $h$ の大きな低下は再現できない。ダイズは乾燥ストレスを受けると、上層のみが乾燥する乾燥初期は、下層の湿潤な領域からの補填吸水が優先して生じたと考えられる。一方、土層全体が乾燥した段階は、ストレス耐性を増加させて、土層全体の吸水速度 $S_a$ を増加させる。補填吸水モデルは、乾燥初期の補填吸水を過小評価するが、乾燥期間を通して補填吸水とストレス耐性の増加をおおよそ再現できるモデルである。少なくとも圃場の土中水分移動予測には、単純な補填吸水モデルは有用であると考えられる。

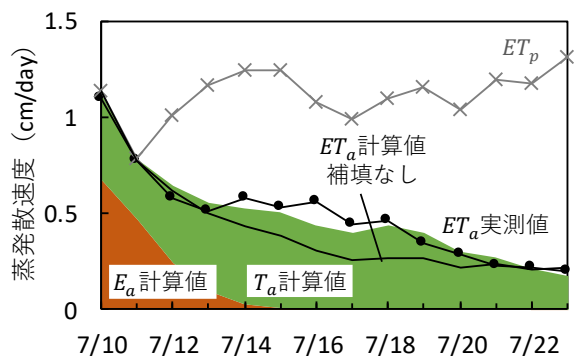


Fig.2 Evapotranspiration with and without compensated root water uptake model.

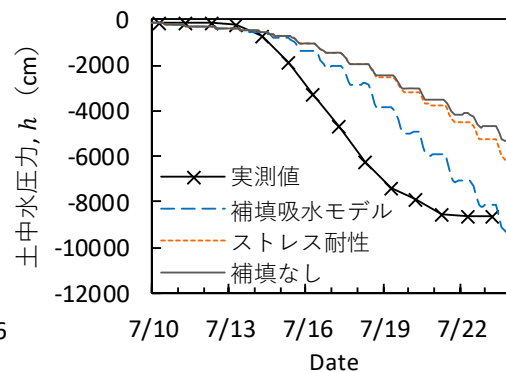


Fig.4 Observed and calculated pressure head at  $z = 25$  cm for three uptake conditions.