

土中水分量から推定したダイズ生長にともなう可能蒸散速度の変化 Change of Potential Transpiration Rate in a Soybean Growing Field Based on Soil Water Contents

○岡橋卓朗* 坂井 勝 取出伸夫
Takuro Okahashi Sakai Masaru Nobuo Toride

1.はじめに:畑地の水管理には、地表面からの蒸発、植物根の吸水とそれにともなう蒸散を考慮した水分移動の把握が不可欠である。数値計算を用いて水分移動の予測を行う際、気象データに基づいた可能蒸散速度 ET_p を可能蒸発速度 E_p と可能蒸散速度 T_p に分けて計算に与える方法がある。

$$E_p = (1 - SCF) \times ET_p$$

$$T_p = SCF \times ET_p$$

ここで、 SCF (Surface Cover Fraction) は ET_p に対する T_p の割合である。植物が十分に繁茂した条件下に対し、 $SCF = 1$ の固定値を適用した研究例はあるが、植物の生長にともなう増加を考慮した例は少ない。そこで本研究では、ダイズ生長過程における圃場の水分変化量を実測し、可能蒸発・蒸散速度の割合の変化を明らかにすることを目的とした。またその結果を用いて水分移動の数値計算を行った。

2.方法 2-1.現場測定:三重大学附属農場のダイズ畑(フクユタカ)で、2014/8/26の移植後から11/18の期間、現場測定を行った。ロッド長30cmのTDRセンサーで深さ8, 18, 28, 38, 48cmの体積含水率、テンシオメータで土中水圧力、各気象データ(温湿度、風速、放射量、雨量)の測定を行った。またTDRセンサーを地表面から鉛直に挿入し、深さ0-30cmの平均体積含水率を測定した。9/11から10/16の期間は地表面にマルチを施し、蒸発を防いだ。栽培期間中、草丈の変化と、深さ5cm毎の根重量を測定した。

2-2. 蒸発散速度と SCF の推定:実蒸発散速度 ET_a は水収支式に基づいて推定した。心土層の透水係数が極めて低いため(飽和透水係数0.01 cm/day)下層への排水を無視できると仮定し、1日毎の水分減少量から日蒸発散速度 ET_a (cm/day) を求めた。

$$ET_a \approx \Delta z \cdot \Delta \theta_{0-30}$$

ここで、 $\Delta \theta_{0-30}$ は鉛直挿入したTDRによる水分減少量 (cm^3/cm^3)、 Δz は30cmである。マルチ設置期間は、 ET_a が実蒸散速度 T_a となる。さらに、土が十分に湿潤な条件では吸水を制限する水ストレスが無い場合、 $T_a = T_p$ となる。 ET_p は測定した気象データを用いてPenman-Monteith式で算出した。マルチを設置し、土が湿潤な期間を対象に、 ET_p に対する T_p の割合の時間変化を求めた。

2-3.数値計算:9/11から11/16の期間を対象に、数値計算を行った。作土層(0-15cm)と心土層(15cm以深)の水分保持曲線と不飽和透水係数は、室内実験と8/26から9/1の圃場の水分量と土中水圧力の変化に基づき推定した。初期条件には9/11の実測水分量を与えた。上端境界条件には、推定した SCF を用いて計算した圃場の E_p と T_p 、降雨を与えた。ただしマルチ設置期間は $E_p = 0$ とした。下端境界条件には自由排水を与えた。水ストレス応答関数は、Feddesモデルのカタログ値(Beans)を飽和領域でも吸水できるように修正して用いた。吸水強度分布には、実測値にVrugt et al. (2001)の関数を当てはめて用いた。

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

キーワード 水分移動 土壌環境と植物根系 根の吸水 蒸発散 数値計算

3.結果と考察：ダイズの草丈の変化を Fig. 1 に示す。9/16 から 10/4 にかけてよく伸長し、10/4 頃の着莢以降は草丈がほぼ一定であった。Fig. 2 に正規化した根密度分布を示す。表層 5 cm 付近で多く、20 cm 以深への伸長はほとんどなかった。これは心土層の硬度が高く、また栽培期間中を通して表層が十分に湿潤であったためと考えられる。根の採取日毎に目立った変化がなかったため、計算には一定値を与えた (Fig. 2 model)。Fig. 3 に各深さの水分量の実測値を示す。測定期間中、全層で水分量が高く、表層の 8 cm 深でのみ変化が見られた。これは植物根の分布 (Fig. 2) と一致する。圃場の ET_p と ET_a の時間変化を Fig. 4 に示す。 ET_a は降雨時に低下するが、9/16 から 10/4 にかけて増加した。次に、マルチ設置期間で降雨が無く、土が十分に湿潤で $T_p = T_a$ とできる

日について T_p / ET_p の変化を示し、ロジスティック曲線で回帰した (Fig. 5)。 T_p / ET_p は時間とともに増加し、10/15 には 0.6 に達した。これは草丈の増加に対応しており (Fig. 1)、葉による地表面の被覆が増加したためであると言える。このことから、 T_p / ET_p は植物の生長過程に対応しており、生長データから T_p / ET_p を推定できる可能性が示唆された。10/15 のマルチ撤去以降は、 T_p / ET_p は一定と仮定して数値計算に用いた。Fig. 3 に水分量変化の計算結果を示す。マルチの影響で降雨による水分量の増加にずれが生じたが、土中水分変化をおおまかに表現することができた。今後は、さらに根の伸長にともなう吸水強度分布の変化を考慮した水分量変化の予測が課題である。

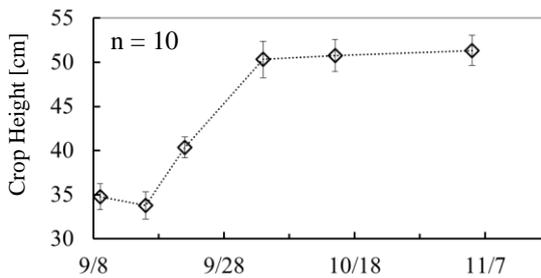


図1 ダイズの草丈
Fig. 1 Crop height.

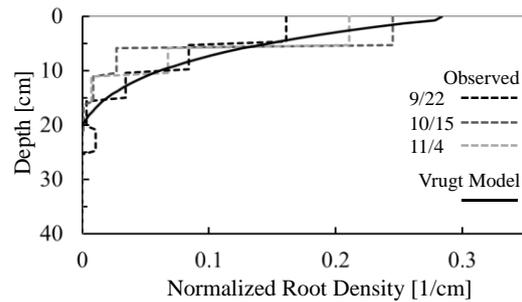


図2 正規化した根密度分布
Fig. 2 Normalized root density.

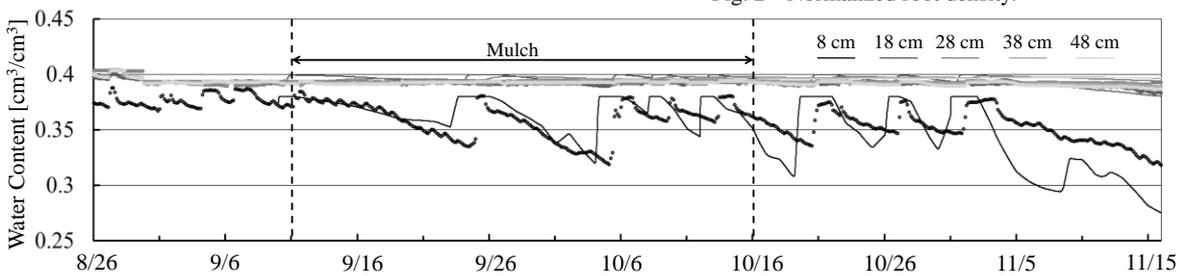


図3 水分変化の実測値(プロット)と計算値(実線)
Fig. 3 Observed (Plot) and calculated (Line) water contents.

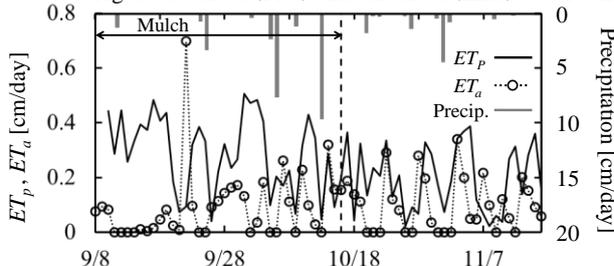


図4 可能蒸発散速度と実蒸散速度、降水量
Fig. 4 Potential and actual evapotranspiration rate, and precipitation.

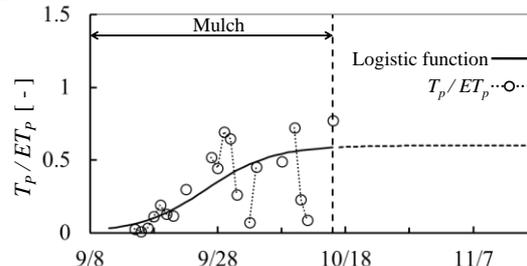


図5 可能蒸発散 ET_p に対する可能蒸散 T_p の比
Fig. 5 Ratio of T_p to ET_p .