

土中水分変化から推定したダイズ根の吸水速度分布について Root Water Uptake Distribution Based on Change of Soil Water Contents

○坂井 勝* 成毛千尋* 取出伸夫*
Masaru Sakai Chihiro Naruke Nobuo Toride

はじめに 植物の蒸散にともなう根の吸水量の評価は、畑地の水管理には不可欠である。現在広く使われている根の吸水モデルは、吸水強度分布と水分状態による水ストレス応答関数、さらにその時の可能蒸散速度の3つの要因により吸水速度分布を計算できる。

$$S(z) = a(h)b(z)T_p \quad (1)$$

ここで $S(z)$ は各深さの吸水速度 (day^{-1})、 $a(h)$ は水ストレス応答関数 (-)、 h は土中水圧力 (cm)、 $b(z)$ は吸水強度分布 (cm^{-1})、 z は深さ (cm)、 T_p は可能蒸散速度 (cm day^{-1}) である。吸水強度分布には根密度分布が用いられることが多いが、十分に検討されていない。そこで本研究では、水ストレスがない湿潤土壌でダイズ栽培のポット実験を行い、土中水分移動の数値計算と比較することで、吸水強度分布と根密度分布の関係を評価することを目的とした。

ポット試験 Fig. 1 に実験装置の概要を示す。試料には、三重大学附属農場内の畑の表土 (2 mm 篩通過分) を用いた。1/5000 a のワグネルポット 2 個に、それぞれ乾燥密度 1.2 g cm^{-3} で高さ 18 cm まで試料を充填し、深さ 3、9、15 cm に TDT 水分計とテンシオメータを設置した。一方のポットにはダイズ (美里在来) を播種し、生育のためマリOTT管でポット下端から定期的に灌水を行った。ポット表面には、地表面からの蒸発を防ぐためにマルチを施した。十分に生育後、下端からの給水により試料を飽和し、重量変化を電子天秤で測定することで蒸散速度を求めた。もう一方のポットには播種を行わず、重量測定を行うことで地表面からの蒸発速度を求めた。ポット試験は、三重大学生物資源学部内のガラス室において、7月25日～9月11日の73日間行った。実験終了後、ダイズ栽培ポットから深さ 3 cm 間隔で根を採取し、スキャナーと画像解析ソフトを用いて根長を測定することで、根密度分布を求めた。

数値計算 9月8日の灌水後の2日間の蒸散過程について、根の吸水を含む水分移動の数値計算を HYDRUS-1D を用いて行った。本実験では、土壌が十分に湿潤であると仮定し、水ストレス応答関数が $a(h) = 1$ となるように設定した。計算の初期条件には実測の水分分布を、上端、下端にはそれぞれゼロフラックス境界条件を与え、可能蒸散速度 T_p には実測の蒸散速度 T_a を与えた。また吸水強度分布 $b(z)$ には、測定した根密度分布を正規化して用いた。さらに、計算結果に基づき、実測の水分変化を再現する $b(z)$ を求めた。なお、計算に必要な不飽和水分移動特性は van Genuchten-Mualem モデルを用い、そのパラメータは別途測定した水分特性曲線と、ダイズ非栽培ポットの土中水分移動に対する逆解析から決定した ($\theta_r = 0$ 、 $\theta_s = 0.47$ 、 $\alpha = 0.12$ 、 $n = 1.16$ 、 $K_s = 11.98 \text{ cm day}^{-1}$ 、 $l = -5.73$)。

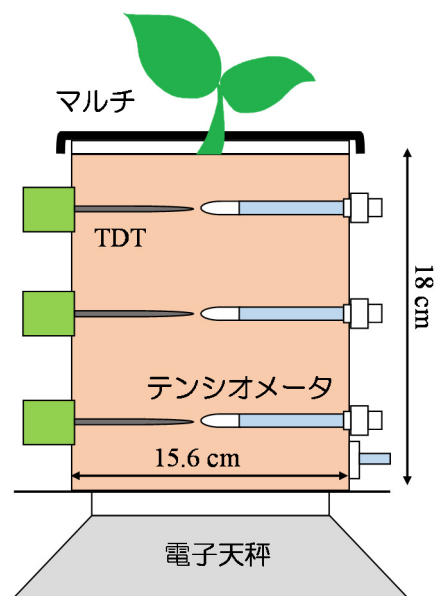


図1 ポット試験の概略図
Fig. 1 Schematic illustration of experimental setup.

* 三重大学大学院生物資源学研究科 Graduate school of Bioresources, Mie University
キーワード: 根の吸水 吸水強度分布 数値計算

結果と考察 Fig. 2に灌水直後の9月9日と10日における、1時間毎の蒸散速度の時間変化を示す。夜間の蒸散速度はほぼゼロであり、12時～15時の間で最大値を示した。実験終了時に測定した根密度分布の実測値をFig. 3に示す(実線)。値は、各深さの根密度の和が1となるように、正規化した。根密度は深さ3～6 cm、6～9 cmの順に大きく、下層ほど小さな値を示した。Fig. 4に灌水直後の9月9日の水分分布の実測値を示す(プロット)。根の吸水にともない、水分量は0時から時間とともに全層で減少し、特に深さ9 cmで乾燥が進んだ。この水分変化に対し、まず実測根密度分布(Fig. 3)を吸水強度分布 $b(z)$ として与え、数値計算を行った。Fig. 4aに、水分分布の計算値を示す。計算値は実測水分分布を比較的良好に再現した。しかし、深さ3 cmで実測値を過少評価し、深さ9 cmで過大評価した(Fig. 4a)。水ストレスなし($a(h) = 1$)を仮定しているため、実蒸散速度が吸水強度分布に従って、各深さに分配される。そのため、根密度が大きい深さ3～6 cmで吸水速度を過大評価し、逆に深さ6～9 cmで吸水過小評価した。そこで、土中水分変化を再現するように(Fig. 4b)吸水強度分布を補正したところ、地表面付近の深さ0～3 cmで吸水がほぼゼロで、深さ6～9 cmで大きい分布が得られた(Fig. 3、破線)。これは、根量が多い深さと吸水速度が大きい深さが、必ずしも一致しないことを示している。地表から深さ6 cmに分布する根に比べ、深さ6～9 cmに分布する比較的新しい根の方が活発に吸水する性質があることが示唆された。

今後の課題 今後は反復実験も含め、根の生長段階も考慮に入れた吸水強度分布の評価が必要である。

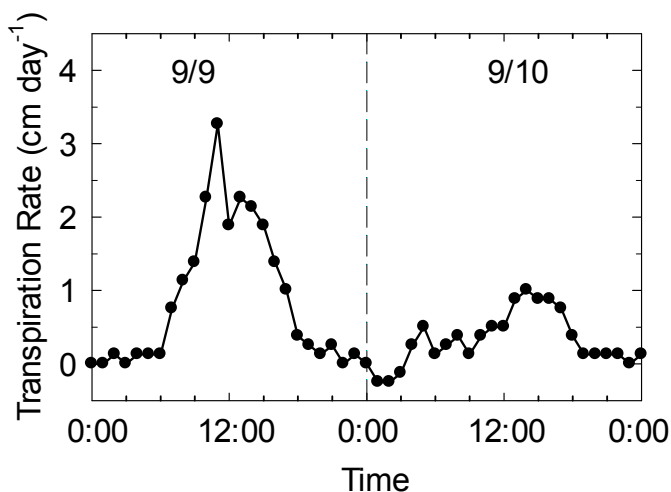


図2 9月9日から10日の蒸散速度
Fig. 2 Transpiration rates on September 9th and 10th.

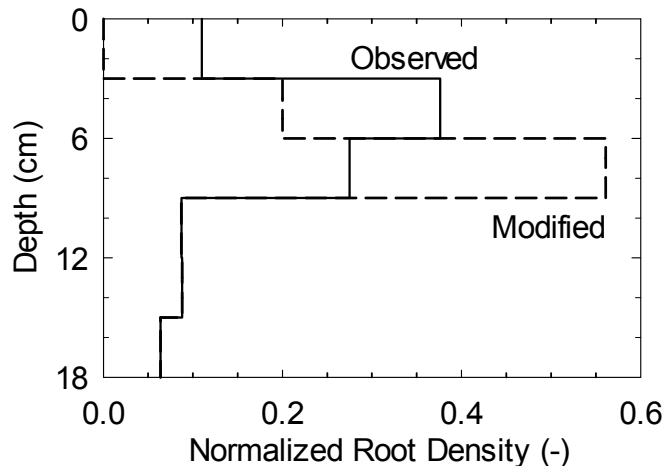


図3 正規化した吸水強度分布
Fig. 3 Normalized Root Density Distribution.

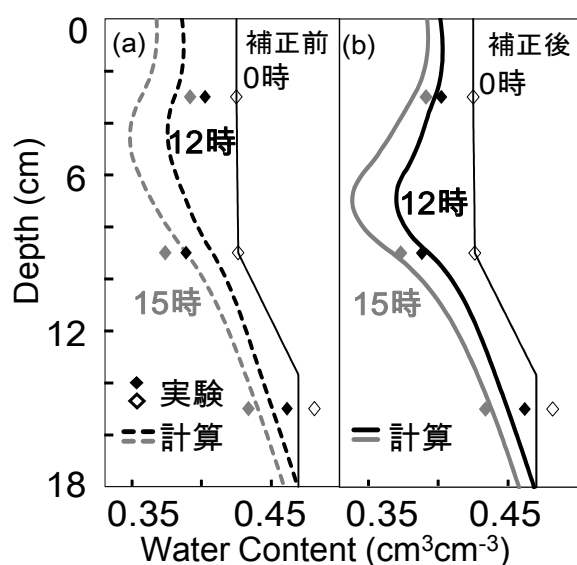


図4 9月9日の水分分布の変化
Fig. 4 Soil water content profiles on September 9th.