

作物根による土壌物理性の変化が土壌水分動態に与える影響

Effect of changes of soil physical properties induced by crop roots on soil water distribution

○濱田耕佑*, 凌祥之**, 谷口智之**, 望月秀俊*, 竹村武士*

Kosuke Hamada, Yoshiyuki Shinogi, Tomoyuki Taniguchi, Hidetoshi Mochiduki, Takeshi Takemura

1. はじめに 農業において作物生産性の維持・向上および灌漑水の節減の両立は喫緊の課題である。この課題に取り組む上で土壌水分動態の予測は不可欠であり、これまでに様々な取り組みがなされている(例えば宮本ら, 2017)。土壌水分動態は土壌物理性に影響を受けることが知られており、さらに作物根が根群域周辺の土壌物理性を変化させることが報告されている(Scholl *et al.*, 2014)。しかし、これまでの土壌水分動態予測手法で作物根の土壌物理性に対する影響を考慮した例はない。この影響を取り入れることで水管理手法の更なる高度化が期待される。本研究では、作物根による土壌物理性の変化が土壌水分動態に与える影響を明らかにすることを目的として、土壌水分動態予測モデルの構築を行った。

2. 土壌水分動態予測モデルの構築 次式の二次元場における土壌中の水分および熱輸送の基礎方程式を導入し、土壌水分動態を予測した。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_w \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_w \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(D_T \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_T \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{\partial K}{\partial z} + S + Ir \quad (1)$$

$$C_v \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + L \rho_l \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{wv} \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{wv} \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) \right\} \quad (2)$$

ここで、 D_T : 温度勾配に関わる水の拡散係数($m^2 s^{-1} K^{-1}$), D_w : 水分勾配に関わる水の拡散係数(m^2

s^{-1}), D_{wv} : 水分勾配に関わる水蒸気の拡散係数($m^2 s^{-1}$), T : 地温(K), K : 不飽和透水係数($m s^{-1}$), ρ_l : 水の密度($g m^{-3}$), θ : 体積含水率($m^3 m^{-3}$), S : 作物根による吸水項($m^3 m^{-3} s^{-1}$), Ir : 灌水量($m^3 m^{-3} s^{-1}$), L : 水の蒸発潜熱($J g^{-1}$), C_v : 体積熱容量($J m^{-3} K^{-1}$), λ : 土壌全体の熱伝導率($W m^{-1} K^{-1}$)である。

計算領域下端における境界条件として、自由排水の条件を以下の式で与えた。

$$\frac{q}{\rho_l} = -K \quad (3)$$

ここで、 q : 液状水および水蒸気の輸送量($g m^{-2} s^{-1}$)である。

式(1), (2)および(3)を導入し、鉛直二次元場におけるシミュレーションモデルを構築した(図1)。式(1)および(2)を有限差分法で解き、図1の各接点の体積含水率および地温を求めた。式(3)を用いて、計算領域下端からの排水量を推定した。灌水チューブを想定した地点から灌水量を、作物からの蒸散量として根による吸水速度を与えた。作物根による土壌物理性への影響を考慮するために、計算領域内の地点ごとの土壌物理性を変化させた。

3. 検証実験 九州大学ガラス室内にて、2015年7~11月にかけて、アクリルのスリット(50×70×10 cm)を用いて検証実験を行った。スリットに島尻マージ土壌を $1.35 g cm^{-3}$ となるように一様に詰め、オクラ(*Abelmoschus esculentus*)を中央部に移植した。深さ5, 15, 30および40 cm

*農研機構 西日本農業研究センター/Western Region Agricultural Research Center, NARO

**九州大学大学院農学研究院/Faculty of Agriculture, Kyushu University

キーワード: 地中灌漑, 節水灌漑, 土壌水分分布

に土壌水分・地温センサーを埋設するとともに深さ 25 cm にテンシオメータを設置し、pF2.2 に達した際に深さ 50 cm に設けた灌水チューブから水分を供給した。実験前に作物根を含まない初期状態の土壌サンプルを採取するとともに、実験終了後、スリット内の土壌を採土し、水分特性曲線、飽和透水係数および作物根含有率を測定した。得られた土壌物理性はモデルの計算領域に地点ごとに適用した。

4. 結果および考察 図 2 は体積含水率の計算値および実測値を比較したものである。計算値は実測値の変動傾向を概ね捉えており、構築したモデルの妥当性が確認された。このモデルを用いて、土壌物理性の変化を考慮した場合(Case 1)および土壌物理性の変化を考慮しない場合(Case 2)の土壌水分分布を比較したところ、Case 1 では灌漑された水分の上向きの移動が促進されることが示唆された。次に、Case 1 および Case 2 の計算領域下端からの排水量を定量化したところ、Case 1 では下端からの排水量が約 30%抑制されることが明らかになった(図 3)。以上より、作物根が土壌物理性を変化させることにより、下方への水分損失を減少させつつ根群域への土壌水分の上昇を促進することが確認された。

5. まとめ 本研究では作物根による土壌物理性の変化が土壌水分動態に与える影響を明らかにするために、土壌水分動態予測モデルを構築した。モデルによって得られた土壌水分の計算値は実測値とよく一致しており、モデルの妥当性を確認することができた。このモデルを採用し、Case 1 および Case 2 の土壌水分分布ならびに計算領域下端からの排水量を比較したところ、作物根が土壌物理性を変化させることにより、根群域周辺の土壌水分状態を改善することが明らかになった。本研究により、作物根の作用を取り入れた新たな節水灌漑手法の確立に資する成果が得られた。

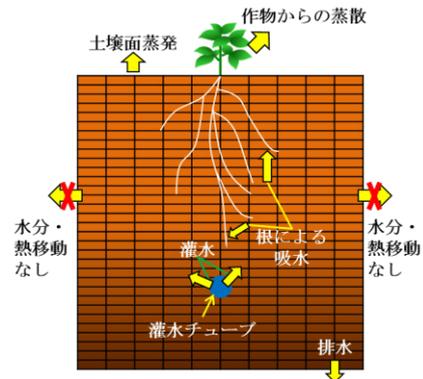


図 1 シミュレーションモデルの概要
Schematic view of the simulation model.

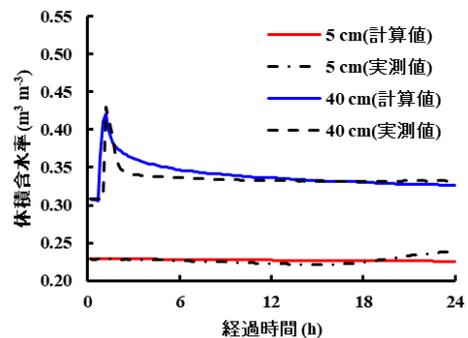


図 2 体積含水率の計算値および実測値の比較
Comparison of simulated and measured volumetric water content.

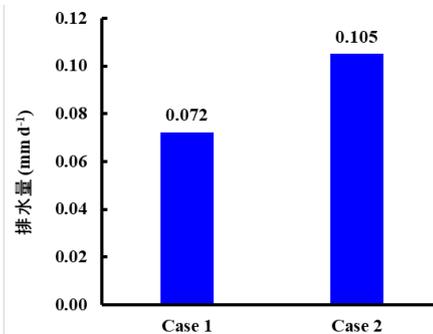


図 3 計算領域下端からの排水量の比較
Comparison of the amount of drainage from the bottom boundary under Case 1 and Case 2.

引用文献

- 宮本ら (2017) HYDRUS を用いた湿潤地域におけるマルチ栽培下の土壌水分動態解明, 土壌の物理性, 136, 3-14
- Scholl P. *et al.* (2014) Root induced changes of effective 1D hydraulic properties in a soil column, *Plant soil*, 381, 193-213