

白菜畑における土壌水分動態解析

Numerical simulation of soil water flow in a Chinese cabbage field

諸泉利嗣・小森 隆・三浦健志

MOROIZUMI Toshitsugu・KOMORI Takashi・MIURA Takeshi

1. はじめに

畑地灌漑事業において、計画日消費水量は、蒸発散量から根群域下層からの上向き補給水量を差し引いて算出される。蒸発散量は気象データから計算される蒸発散位に作物係数を掛けて求められるが、上向き補給水量の実測は難しいのが現状である。それゆえ、水移動モデルを用いて上向き補給水量を推定することは非常に有効な方法の1つである。

本報告では、岡山県内の白菜畑における土壌水分の動態を水移動モデルを用いて数値解析し上向き水分フラックスを推定するとともに、モデルの現地圃場への適用性と問題点について検討した。

2. 数値解析

1) 基礎式：土壌中の水分移動は、次式に示す1次元 Richards 式を用いた。

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

ここに、 h ：圧力水頭、 θ ：体積含水率、 t ：時間、 x ：鉛直座標、 K ：不飽和透水係数、 S ：植物根からの吸水強度である。数値解析コードには HYDRUS¹⁾を用いた。

2) 境界条件と初期条件：式(1)に関する上端境界条件は、降雨強度および熱収支ボーエン比法で求めた蒸発散強度を与えた。予備解析の結果から、降雨は植皮の50%が降雨遮断に寄与するとした。また、蒸発散強度は、植皮率に応じて蒸発量と蒸散量に配分した。下端(深さ80cm)では動水勾配が1の自由排水条件とした。初期条件は解析開始時の実測値を線形補間して与えた。

3) 不飽和土壌特性値：van Genuchten-Mualem 式を採用した。式中のパラメータは、当初、室内実験で求めた土壌水分保持曲線にフィットするようにして求めたものを用いたが、降雨後の乾燥過程で体積含水率を過大評価する傾向にあった。そこで、植皮率がまだ小さい9月25日～30日における実測の体積含水率に計算値が最も適合するように逆解析を用いて決定した。飽和透水係数は室内実験により求めた。

4) 吸水モデル：植物の根による吸水モデルには、植生に関する情報が不足している場合に、その簡便さから有効と考えられる Feddes らのモデル^{1), 2)}を用いた。

3. 観測概要³⁾

測定は、岡山県東南部の邑久郡牛窓町の白菜畑において2000年9月下旬から12月上旬にかけて実施した。白菜の品種は優黄、定植は9月18日、収穫は11月17日であった。生育ステージの区分では、被度が10%以下とされている播種・定植期は測定開始3日後までで、生育期(被度：70～80%以上)が始まるのは測定開始20日後の10月11日頃と考えられる。

測定項目は、微気象関係の他に、土壌水分量、降水量及び蒸発計蒸発量である。土壌水分量の計測には ADR 水分計を用い、深さ 5、15、25、35cm の 4 深度の水分量を測定した。降水量と蒸発量の測定には、分解能 1g、最大計測可能重量 34kg の台秤を用い、水を入れた容器の重量を連続計測した。重量増加分は降水量、減少量を蒸発量として整理した。

4. 結果と考察

解析期間は、通日で 267(9/23) ~ 322(11/17)日の 56 日間とした。

1) 体積含水率変化 (Fig.1(a)) :

深さ 5cm と 15cm における計算値は、実測値との間に若干の差が見られるものの、降雨があると増加し、降雨後蒸発散によって減少するという実測値の傾向を良好に再現した。308 ~ 309 日にかけて計算値が実測値を大きく上回ったが、これは、これ以前の降雨に伴う体積含水率の変化から見て、降雨強度の値に問題があったと考える。実測値と計算値の RMSE は、深さ 5cm で 0.030、深さ 15cm で 0.017、深さ 15cm で 0.021、深さ 35cm で $0.008 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ であった。

2) 水分フラックス変化 (Fig.1

(b)) : 深さ 10cm と 20cm ではいずれの深さにおいても下向き水分フラックスは、降雨により一旦は下向きになるものの降雨後速やかに上向きに転じるという変化パターンを示した。上向き

水分フラックスの大きさは、深さ 10cm で $0.5 \sim 1.0 \text{ mm} \cdot \text{day}^{-1}$ 程度、20cm で $0.2 \sim 0.8 \text{ mm} \cdot \text{day}^{-1}$ 程度であった。深さ 40cm では、水分フラックスは解析期間中常に下向きであった。一方、深さ 0 ~ 40cm の土壌水分減少量と熱収支ボーエン比法により求めた蒸発散量との差から、深さ 40cm より下層からの水分移動量を水収支的に算出した結果、上向き補給水量は $0.97 \sim 1.83 \text{ mm} \cdot \text{day}^{-1}$ となり³⁾、計算値とは大幅に異なる結果となった。

5. おわりに

今後の課題は、上向き補給水量の推定精度の向上、植皮率の増大に伴う遮断降雨量の正確な評価などである。

参考文献 1) Simunek, J. et al. (1998): Research Report No.144, U.S. Salinity Lab. (USDA-ARS), 2) 初井和朗・野坂次朗・矢野友久 (1992): 水文・水資源学会誌 5(3) 13-21, 3) 三浦健志・諸泉利嗣: 農土論集投稿中。

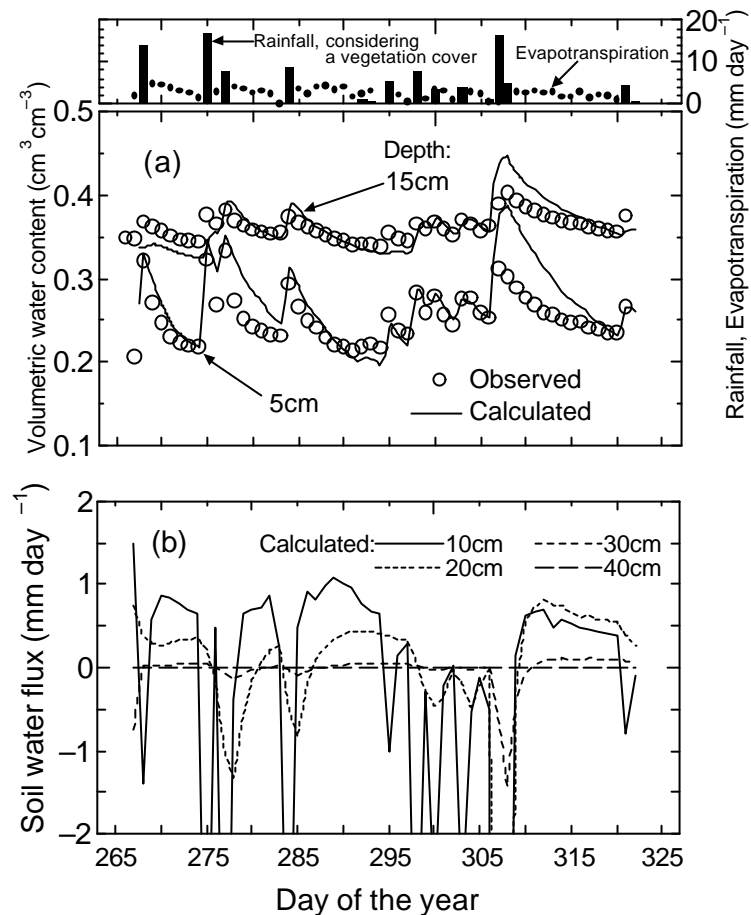


Fig. 1 Temporal changes of (a) volumetric water content at the depths of 5 and 15cm, and (b) calculated soil water flux at the depths of 10, 20, 30, and 40cm, with rainfall and evapotranspiration, 267 ~ 322, 2000.