

Hydrus-1D を用いたトウモロコシ畑における水分移動解析

Water balance analysis in a maize field using Hydrus-1D

長 裕幸*・小林 哲夫**
Hiroyuki Cho*・Tetsuo Kobayashi**

1. はじめに

広域の水循環モデリングを行う場合,最小単位として圃場スケールレベルにおける水分収支を明らかにすることは,全体の精度を高める上で必要なステップである。従来,水文学的には,土壌をブラックボックスとし過去のデータをベースにインプット水分に対するアウトプットの予測がなされてきた。これに対し,近年,欧米で最も普及している水分・溶質移動解析ツールである Hydrus-1D(無料)及び 2D(有料)は精密な有限要素数値解析ソフトであるが,その操作オプションの簡便さ,多様さを考えると,水分収支解析に対し十分対処し得る性能を有していると思われる。Hydrus は 1 次元及び 2 次元浸潤方程式の数値解を求めており,タンクモデル等とは基本的に異なるレベルでの解析であるが,圃場内土壌の複雑さ(土性,土層)を考えると,たとえ 1 次元でも,領域内一様な土壌物理パラメータの設定は難しく,むしろ領域内水分収支を満足させる最適値の推定が予測の視点から必要であると考えられる。

本研究では,中国黄土高原において,実際の農家から借り受けたトウモロコシ畑を試験圃場とし,旧来からの灌漑方法で栽培を行っている地区を対象に,Hydrus-1D による圃場での水分収支解析を試みた。

2. 測定装置及び方法

試験圃場は,中国内蒙古自治区托克托県,標高 995m,41.5 × 35m のトウモロコシ畑で,圃場中央にタワーと三脚型の weather station を設置し,データロガー及び TDR100(キャンベル社製)を太陽電池により作動させた。土壌水分に関しては,圃場内 3 箇所において 10, 20, 40cm の深さに直径 4.76mm,長さ 30cm,3 ロッド型プローブを水平に設置し,30 分間隔でモニタリングを行った。圃場内中央で,TDR プローブと同じ深さに設置されたサーミスタ温度計による地温の測定値を用いて比誘電率の温度補正を行い,圃場内 1 箇所ですamplingした土壌を用いた室内でのキャリブレーションにより,体積水分率に変換した。降水は圃場中央で転倒柵雨量センサーにより測定,圃場内 2 箇所の観測井に設置した圧力型水位センサーにより地下水位を測定した。

3. 解析方法

本研究では,まず,圃場内 1 箇所における sampling 土壌の実測値を van Genuchten パラメータの初期値として与えた。次に,上端の境界条件として,降水量(実測値),蒸発量(推定値)。下端の境界条件として地下水位(実測値)を与えた。解析期間は,2003 年における各降雨イベントで分けた中から,特徴の異なる 4 期間(Fig. 1 の矢印)を選んだ。今回は,土壌のヒステリシスを考慮していないので,降雨開始前の土壌水分分布を初期条件とした。蒸発量を,0 から 0.1cm/day 単位で 1cm/day 間で変化させた。解析は, $z = 10, 20, 40\text{cm}$ で測定した土壌水分量を目的関数として与え,逆解析で最適土壌水分移動パラメータ, s, n, K_s を決定した。この計算では,根からの吸

*佐賀大学農学部(Saga Univ.), JST

(水分移動,保水性,van Genuchten 式,水収支・水

**九州大学農学研究院(Kyushu Univ.), JST

循環)

水項 S は与えておらず、全て蒸発項で処理している。次に、最も相関係数の高いパラメータを用いて、7月における実測の根群分布を用いて Feddes Model により、蒸発項と蒸散項の分離を試みた。

4. 結果及び考察

まず Fig. 1 に 2003 年度に観測した Point 2 における 4月27日(117)から10月2日(274)の測定結果を示す。Table 1 に、実測値及び黄土、シルトの値を示す。また Table 2 に各期間における相関係数の高い値上位2つを示す。これより、観測初期における値は不安定であるが、後期になると相関もかなり高くなったことが分かる。顕著なのは、

K_s の値で、実験値よりも1 オーダ小さかった。Fig. 2 に実測値との比較を示すが、特に地表付近での整合性は非常に高い。従って、水分収支的にはこの水分移動パラメータが妥当であると考え、根の吸水項を入れて計算を行い、蒸散項を分離してみた。Fig. 3 にその結果を示すが、深くなるに従い実測値との適合が良くないのは、根群分布の情報をどの程度考慮するか依存すると考えられる。

Table 1 Soil physical properties and van Genuchten parameters for objective soils.

	粘土	シルト	砂	乾燥密度	間隙率	Q_r	Q_s	n	K_s	l	
黄土	24.1	73.4	2.4	1.26		0.084	0.493	0.0062	1.60	21.51	0.5
実測	10.3	67.5	22.2	1.35	0.501	0.053	0.400	0.0048	1.70	42.17	0.5
シルト						0.034	0.460	0.0160	1.37	6.00	0.5

Table 2 Results of inverse analyses for measured values at Point 2.

DOY(2003)	観測地点	境界条件		蒸発量(cm/day)	逆解析結果				R^{**2}
		降雨	地下水位		Q_s	alpha	n	K_s	
133-145	2	実測値	実測値	0.8	0.60	0.0064	1.55	0.00	0.992
	2	実測値	実測値	他はnot converge					
147-165	2	実測値	実測値	0.8	0.60	0.0033	2.93	0.07	0.991
	2	実測値	実測値	0.8	0.60	0.0066	3.00	35.01	
217-230	2	実測値	実測値	0.9	0.59	0.0083	3.00	5.56	0.869
	2	実測値	実測値	0.8	0.60	0.0084	3.00	6.11	
247-259	2	実測値	実測値	0.7	0.40	0.0033	2.38	1.94	0.968
	2	実測値	実測値	0.8	0.40	0.0031	2.60	1.92	

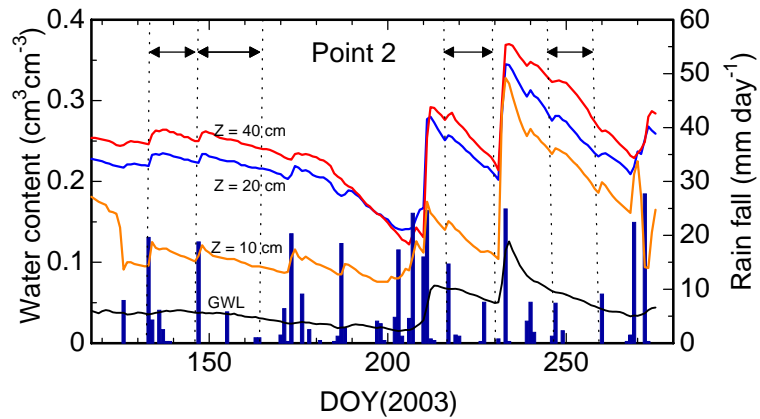


Fig. 1 Water content change in the soil measured at Point 2.

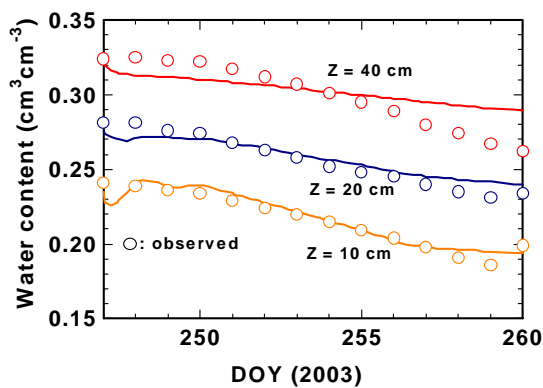


Fig. 2 Results of inverse analyses and measured values.

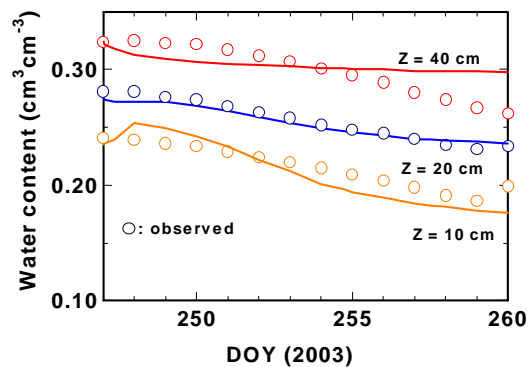


Fig. 3 Calculation by estimating root water uptake($r2H=0.4$, $E_{vp}=0.3$ cm/day).

