

## 数値解析による砂丘未熟土畑における灌水操作方法の検討 Optimization of irrigation regime in a sand dune soil field using numerical simulation

○亀山幸司\*・岩田幸良\*・宮本輝仁\*・佐々木康一\*\*

KAMEYAMA Koji, IWATA Yukiyoshi, MIYAMOTO Teruhito and SASAKI Koichi

### 1. はじめに

灌水を開始する際の土壌水分(圧力水頭)の閾値や灌水量、灌水時間などの灌水パラメータは栽培作物や栽培環境によって異なる。このため、灌水の最適化を行うためには個々の条件に応じた灌水パラメータを求める必要がある。しかし、圃場試験による灌水パラメータの取得には労力と時間を要する。このため、近年では、HYDRUS 等の土壌水分・溶質移動プログラムにより灌水パラメータを決定する試みが行われている。また、HYDRUS には、土層内のある深さの圧力水頭が閾値に達した時に予め設定された水量と時間によって間断灌漑を行うような数値解析のオプション(Triggered irrigation)もあり、様々な灌水条件のもとでの計算結果を比較検討できる。

そこで、砂丘未熟土畑を対象事例として、HYDRUS を用いて灌水操作方法の検討を行った。砂丘未熟土畑では、保水性が極端に低いため、一般的に高い土壌水分状態(圧力水頭)で作物が栽培される。砂丘未熟土畑において高水分状態を維持するように灌水を実施する場合、下方浸透が卓越することによる灌漑水の損失や肥料の溶脱が懸念される。HYDRUS では様々な灌水条件のもとで下方浸透量を計算することができるため、砂丘未熟土畑における灌漑水の浸透損失や肥料の溶脱を抑制するような灌水パラメータの決定が可能になると考えられる。

そのため、本研究では、まず、砂丘未熟土畑で行われている土壌水分を高めに維持する灌水条件下での土壌水分動態を再現する。次に、灌水パラメータを変化させたときのシナリオ解析を行い、作物の消費水量を満たしながら下方への浸透損失をできるだけ抑える灌水操作方法を検討する。

### 2. 方法

#### 2.1. 測定方法

試験圃場は、福井県三里浜砂丘地内に位置するビニールハウス温室である。2014年10月17日に基肥として化成肥料(日の本化成3号)を約  $0.1 \text{ kg m}^{-2}$  散布した後、コカブを播種した。栽培期間中、ビニールハウスの左右に固定された片側噴霧式の灌水ホースで散水灌漑を行った。コカブの栽培期間は、2014年10月19日～2015年1月12日であった。栽培期間中の土層内の体積含水率(深さ7.5, 15, 22.5 cm)、ハウス内の灌水量、日射量および温湿度を測定した。

#### 2.2. 数値解析方法

試験圃場では、畝などの顕著な凹凸はなく、散水灌漑により土壌面への水分補給が空間的に一様に行なわれていたため、土壌水分動態の数値解析を HYDRUS-1D を用いて行った。土壌断面調査により、深さ100 cm までは砂土であることが確認されたため、計算領域として深さ100 cm の土層を設定した。土壌断面調査では、水分特性曲線については深さによる大きな変動は見られなかったが、飽和透水係数については深さによる変動が見られた。このため、3層の成層を仮定し、地表面から深さ15 cm までを第1層、深さ15 cm から30 cm までを第2層、30 cm 以深を第3層とし

\* 農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

\*\* 福井県 地域農業課 Regional Agriculture Division, Fukui Prefectural Government

キーワード：灌水制御、数値解析、土壌水分動態、間断灌漑

た. 下部境界条件は自由排水条件とした.

### 3. 結果

#### 3.1. 土壌水分動態の再現性

室内実験から得られた水分特性曲線から求められた van Genuchten-Mualem モデルパラメータを用いた場合, 土壌水分量の計算値と実測値は乖離した (RMSE=0.031~0.039). 特に灌水により体積含水率が高い状況にあった栽培初期から 11 月にかけて計算値が低くなった. そこで, van Genuchten-Mualem モデルパラメータのうち曲線勾配パラメータ  $n$  を推定値として, 体積含水率の実測値と計算値の RMSE が最小になるように逆解析を行った. 推定パラメータを用いることにより RMSE は 0.007~0.009 となり, 計算結果は改善された.

#### 3.2. 試験圃場における灌水操作の最適化

コカブの栽培期間のうち, 頻繁に灌水が行われた栽培初期の 10 月 22 日から 11 月 30 日までを対象に, 作物の消費水量を満たしながら下方への浸透損失をできるだけ抑える灌水操作方法を検討した. HYDRUS-1D に組み込まれた間断灌漑オプションを使用すると, 灌水を開始する際の圧力水頭の閾値とそれを設定する深さ, および 1 回あたりの灌水量 (灌水強度と 1 回あたりの灌水時間) を設定して土壌水分動態の数値解析ができる. 数値解析結果をもとに, 積算可能蒸発散量 ( $ET_p$ ) に対する積算灌水量の割合 ( $I \cdot ET_p^{-1}$ ) と, 積算  $ET_p$  に対する積算  $ET_p$  と根による積算吸水量の差の割合 (蒸散抑制率) を算定し, 灌水操作の結果の評価指標とした (Fig. 1).  $I \cdot ET_p^{-1}$  は可能蒸発散量に対する灌水量の割合であることから, 作物の消費水量に対する灌水量の妥当性を評価できる. 蒸散抑制率は, 土壌水分低下によって生じる根の吸水抑制割合を表しており, 蒸散抑制率が大きくなると収量低下が懸念される. 計算結果を Fig. 1 に示す. 10 月から 11 月の期間のコカブ栽培の場合, 深さ 7.5cm における灌水を開始する際の圧力水頭の閾値を  $-75\text{cm}$ , 日灌水量 3.2 mm に設定することにより, 消費水量と灌水量のバランスが良く (Fig. 1 (b)), 作物根の吸水抑制が少なく (Fig. 1 (c)), 浸透損失をできるだけ抑えた (Fig. 1 (a)) 灌水を行うことができると判断された.

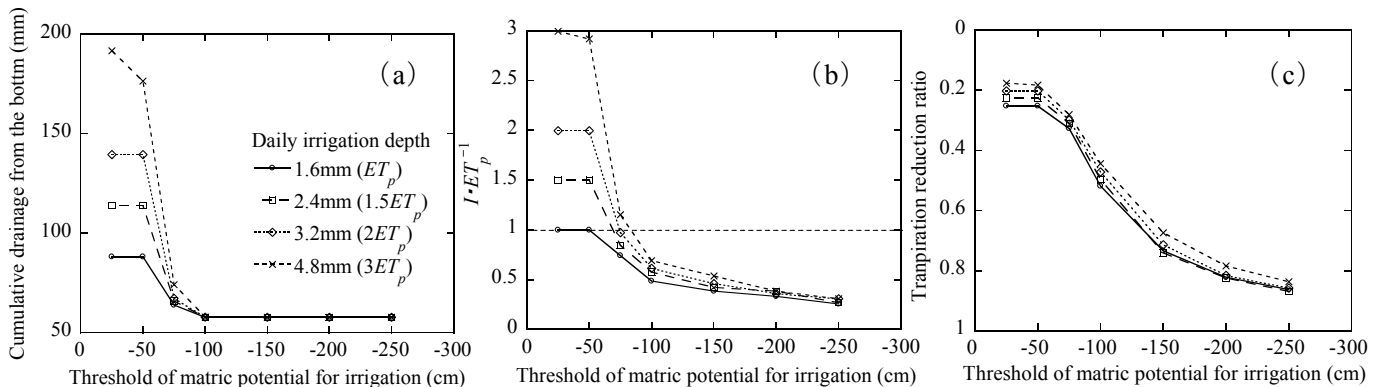


Fig. 1 日灌水量と灌水を開始する際の圧力水頭の閾値を変化させた場合の (a) 下端 (100 cm) からの積算流出量, (b) 積算灌水量に対する可能蒸発散量の割合 ( $I \cdot ET_p^{-1}$ ), (d) 蒸散抑制率の計算結果  
謝辞

福井県坂井市農家の川合芳彦氏には, 実証試験のための圃場をお借りした上, 圃場管理等でご尽力いただきました. また, 実証試験の実施に当たっては, 北陸農政局九頭竜川下流農業水利事業所にご協力・ご助言をいただきました. 本研究の一部は, 内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「次世代農林水産業創造技術」(管理法人: 生研支援センター) によって実施されました. ここに記して感謝申し上げます.

#### 参考文献

亀山幸司, 岩田幸良, 宮本輝仁, 佐々木康一(2018): HYDRUS-1D を用いた砂丘未熟土畑における灌水操作方法の検討, 土壌の物理性, 印刷中.