

乾燥地圃場における持続的農業確立のための水・塩動態の検討
Discussion on water and solute dynamics for sustainable irrigated agriculture
in semi-arid region

野口 拓馬*・西村 拓**・加藤 誠**・劉 新民***

Takuma Noguchi*・Taku Nishimura**・Makoto Kato**・Liu Xinmin***

1. はじめに

地球の人口は 60 億を越え、8 億もの飢餓人口が存在する。この人口を養うためには全耕作地の 17%で世界の総食料供給量の 1/3を生産している灌漑農地の拡大・維持が重要になる。一方で灌漑圃場では、不適切な水管理などによって塩類集積等の問題が発生し、毎年新たに約 150 万 ha の灌漑農地で作物生産が困難な状態となっている。

本研究では半乾燥地圃場の塩・水の動態を把握することで栽培に必要な水量を検討し、節水を目指すとともに塩による害の防止、緩和の方法を検討する。そして、2次元土中水分移動予測汎用プログラム HYDRUS-2D を用いて、持続的な節水灌漑の提案を目指す。

2. 方法

試験圃場は中国甘粛省武威市郊外九墩の灌漑水量が異なる 2 つのとうもろこし畑である (N 38°10'30.5"E 102°46'47.9")。慣行の灌漑計画(年間 1020mm)を実行している圃場を慣行圃場、灌漑水量を減らして栽培を行っている圃場(年間 810mm)を節水圃場と呼ぶ。

データロガ(Campbell Scientific 社, CR10X)を両圃場に設置し、熱電対、圧力変換器、誘電率土壌水分センサおよび 4 電極センサ(自作, 井上ら, 1994)を接続し、土壌の温度、マトリックポテンシャル、体積含水率および土壌の電気伝導度(ECa)を 2004 年 10 月から 12 月および 2005 年 4 月から 10 月にかけて測定を行った。

各センサを埋設する層を、慣行圃場では深さ 10-15cm、23-28cm、45-50cm、節水圃場では深さ 10-15cm、31-41cm、50-55cmとした。また、両圃場とも深さ 80cm に 4 電極センサのみを 1 本ずつ埋設した。各調査対象深さからかく乱試料およびかく乱試料を採取し、土粒子密度、含水比、保水性、ECa(1:5 法)を測定した。また、灌漑用水の EC を EC 計で測定した。さらに土壌水の EC 値(ECw)を、1:5 法で測定した ECa と含水比から求めた。また、マルチステップ流出法により、van-Genuchten モデル(1987) および van Genuchten - Mualem モデル(1980)の各パラメータを得た。

マルチステップ流出法から得た各パラメータが試験圃場の土壌物理性を十分に再現していることを確認し、節水灌漑計画作成のための HYDRUS-2D のシミュレーションに代入した。根による吸水を表現するモデルには Feddes モデル(1978)を用い、パラメータにはとうもろこしの特性値(Wesseling, 1991)を代入した。作物の根の深さを 30cm、根の密度が最大である深さを 15cm とし、有効土層を 50cm と仮定した。土壌表面にはビニルマルチが施されているので、シミュレーションでは土壌表面からの蒸発はないものとした。株と株の間隔はおよそ 30cm であったので、モデルの幅は 30cm とした。モデル下端は自

* 国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency)

キーワード:

**東京農工大学大学院 (Tokyo University of Agriculture and Technology)

節水灌漑、灌漑排水、

***中国科学院蘭州砂漠研究所 (Ranzhou Institute of Desert Research, China) 塩類集積

由排水境界とし、下端からの流出水量を計算した。また、作物の生長に必要な光合成と蒸散には相関があるので、根による吸水量を計算し、数値計算の評価指標とした。

3. 結果と考察

表 1 はマルチステップ流出法から得た各パラメータであり、図 1 はその結果とかく乱試料を用いて測定した保水曲線である。

表 2 は慣行圃場と節水圃場の電気伝導度である。ECa、ECwとも慣行圃場が高い。

灌漑水の EC を NaCl 当量に変換し投入水量から圃場への投入塩量(A)を算出した。次に ECw から土壌中に残留している塩量(B)を推定し、投入塩量と推定残留塩量の比(B/A)をとった結果を表 3 に示した。塩分の土壌残留率が両圃場とも 3 割程度であることから、投入水量が圃場間の電気伝導度の違いに反映していると考えられる。節水灌漑を行うことで、灌漑効率が上昇するだけでなく、土壌 EC を低下させると考えられる。

慣行の灌漑計画が 1 度に 12cm の灌漑を行うのに対し、提案する節水灌漑計画は 5cm、3.5cm とした。灌漑間隔も慣行灌漑計画が 2 回目の灌漑まで 47 日間、その後 20 日ごとに行っていたのに対し、14 日ごと、10 日ごととした。灌漑効率はこれまでの 52.5% から 93% および 98.3% に上昇した。この新しい灌漑計画を実行することで 1 年間に 3500t/ha および 3750t/ha の節水となる。

4. まとめ

乾燥地の持続的な灌漑農業確立には土壌に含まれる塩の量を抑制し、かつ、水の節約が求められる。本研究では中国甘肅省武威市九墩の灌漑圃場を研究対象とし、対象圃場の塩集積を抑制するためには投入水量を減少させることが有効であると考え、栽培に必要な最低水量を数値計算により決定した。シミュレーションの中に試験圃場の深さ 50cm までの土層を再現できたと考えている。

参考文献

井上光弘ら, 1994, 4 電極法による土壌カラム内の電気伝導度測定とその応用, 土壌の物理性, 70, pp.23-28

Simunek et al 1999, The HYDRUS-2D Software Package for Simulating the Two-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media, USSSL Agricultural Research Service

表 1 マルチステップ流出法から得たパラメータ

θ_r [cm ³ /cm ³]	θ_s [cm ³ /cm ³]	α	n	Ks [cm/day]	l
0.0731	0.4008	0.0141	2.4260	5.5143	0.0016

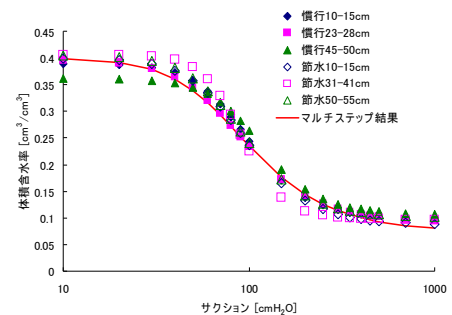


図 1 マルチステップ流出法と実測の保水曲線

表 2 慣行圃場と節水圃場の電気伝導度

	慣行圃場			節水圃場		
	10-15cm	23-28cm	45-50cm	10-15cm	31-41cm	50-55cm
EC(1:5法) [dS/m]	0.17	0.13	0.13	0.10	0.09	0.11
Ca [NaCl g/l]	0.12	0.09	0.09	0.07	0.06	0.08
含水比 [%]	0.03	0.03	0.11	0.03	0.05	0.10
ECw [dS/m]	27.33	20.90	5.91	15.63	9.78	5.38
Cw [NaCl g/l]	19.01	14.53	4.11	10.87	6.80	3.74

表 3 投入塩量と残留塩量の比

	A 投入塩分量 (kg/ha)	B 土中残留塩 分量(kg/ha)	残留割合 (B/A)
慣行圃場	12136.89	3730.81	0.31
節水圃場	9638.12	2610.94	0.27

表 4 灌漑効率と提案計画の節水量

	投入水量 [cm ³]	吸水量 [cm ³]	灌漑効率 [%]	節水量 [t/ha]
慣行灌漑	2700	1418.7	52.5	
提案灌漑① (毎14日, 5cmずつ)	1650	1535	93.0	
提案灌漑② (毎10日, 3.5cmずつ)	1575	1547.6	98.3	