

灌漑水の化学的組成とその灌漑に伴う変化  
—毛烏素砂漠でのライシメータ実験—

藤山英保\*・山本太平\*\*・李品芳\*\*\*・郜燕茹\*\*\*・楊志忠\*\*\*

The Change in Chemical Composition of the Ground Water  
after Irrigated to the Grass Grown on Sandy Soil  
—Lysimeter Experiment in Mu Us Shamo of China—

Hideyasu FUJIYAMA\*, Tahei YAMAMOTO\*\*, Pin-fang Li\*\*\*

Yan-ru Gao\*\*\* and Zhizhong Yang\*\*\*

Summary

The change in chemical composition of the ground water after irrigated to the grass (*Astragalus adsurgens*) grown on sandy soil in the drainage type lysimeters in Mu Us Shamo of China. The treatments were consisted of non-irrigation, irrigation with an equal amount or a double amount of evaporation.

The electrical conductivity (EC), pH, and chemical composition of the ground water were suitable for irrigation. The amount of cations in it was  $K^+ < Na^+ < Mg^{2+} < Ca^{2+}$ , and that of anions was  $NO_3^- < Cl^- < SO_4^{2-} < HCO_3^-$ .

EC of the drainage water was low under non-irrigation and high under irrigation with an equal amount of evaporation. The ion concentration of the drainage water in both irrigation treatments was higher than that of irrigation water. The ratio in concentration of the drainage water to the irrigation water decreased in the order ; cations :  $K^+, Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+}$ , anions :  $SO_4^{2-}, Cl^-, HCO_3^-$ .

---

\* 農学部農林総合科学科資源利用化学講座

\*\* 砂丘利用研究施設乾燥地農学情報解析室

\*\*\* 中国内蒙古自治区水利科学研究所

\* Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture

\*\* Division of Arid Land Agricultural Information Analysis, Sand Dune Research Institute

\*\*\* Inner Mongolian Institute of Water conservation, China

## 結 言

乾燥地においては灌漑なしに作物を栽培することは困難である。一般に乾燥地で得られる水は灌漑用水として必ずしも好適でない場合が多く、しかも不用意な灌漑によって土壌を塩性化させた例も少なくない。

従って、乾燥地において永続的な栽培を行おうとするには作物を塩害から回避させる対策を常に考えなければならず、それにはまず、灌漑水の組成と土壌の理化学性を知ることが必要である。

本研究を行った毛烏素砂漠は黄河に三方を囲まれたオルドス高原にあり、その面積は約400万 ha である<sup>5)</sup>。流砂によって砂漠の面積は急速に拡大しており、現在、内蒙古自治区林業科学研究院を核として植林による防砂事業が進められようとしている。この地域では蒙古族による牧畜が行われているが、政策的には牧畜への依存度を減少させ、果樹、野菜、養鶏等の多角経営への転換をねらっている<sup>6)</sup>。

本研究は毛烏素砂漠で灌漑水として用いられている地下水の化学的組成とその灌漑に伴う変化を調査したものであり、灌漑を行う場合の問題点を述べた。

## 実 験 方 法

この調査は1987年に行った。内蒙古自治区の烏審旗にある毛烏素砂地開発研究センター内の砂土の圃場に設置した排水収支型ライシメータ(2 m×2 m, 深さ1 m) 3基<sup>7)</sup>とその周囲(各38m×20m)に、この地域で栽培されている豆科の多年性牧草である沙打旺(*Astragalus adsurgens*)を6月19日に播種し、

スプリンクラーによって適宜灌漑を行った。草丈が約5 cmに達した7月15日から3基のライシメータにそれぞれ無灌漑処理(1区)、蒸発計(直径70cm)蒸発量処理(2区)、またはその2倍量の灌漑処理(3区)を開始した。灌漑水には同圃場の土壌表面から約2 mの深さにある地下水を用いた。処理開始後3~5日おきに排水を採取した。灌漑水と排水に含まれるイオンの濃度は次の方法によって求めた。Mg<sup>2+</sup>とCa<sup>2+</sup>:原子吸光法, Na<sup>+</sup>とK<sup>+</sup>:フレイム光度法, アニオン:イオンクロマトグラフィー。

## 結 果 と 考 察

灌漑水の化学的組成の季節的な変化を第1表に示した。pHは常に7を越えていたが、いわゆる normal range<sup>1)</sup>である6.5~8.4の範囲であり、灌漑水として用いるのに支障はない。電気伝導度(EC)はどの時期においても使用に全く制限を必要としないとされる0.7dS/m<sup>1)</sup>の基準値を下回っており、この点では灌漑水として適しているといえる。

カチオンのなかで存在割合が最も高いのはCa<sup>2+</sup>であり、以下Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>の順に低下した。SAR(Sodium adsorption ratio)は低く、灌漑水自体のナトリウム害は考えられない<sup>1)</sup>。アニオンではHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の割合が最も高く、以下SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の順であり、りん酸イオンはほとんど含まれなかった。HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の濃度は3 meq/l前後であり、灌漑水としてはやや不適の部類に入るが<sup>1)</sup>, RSC<sup>1)</sup>(Residual sodium carbonate, (CO<sub>3</sub>+HCO<sub>3</sub>)-(Ca+Mg))は負の値となるため、問題とはならない。以上のことから、本実験で用いた地下水はそれ自体灌漑水として用い

第1表 灌漑水の性質

	pH	EC*	イ オ ン 濃 度 (meq/l)								
			Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SAR**
6/22	7.2	0.63	1.63	2.24	1.04	0.12	0.51	0.04	0.74	3.02	0.75
7/7	7.7	0.62	1.73	1.82	1.00	0.12	0.56	0.04	0.73	3.32	0.75
7/22	7.4	0.62	1.73	2.96	1.02	0.12	0.54	0.04	0.75	3.44	0.67
8/6	7.8	0.62	1.56	3.15	1.07	0.13	0.54	0.08	0.78	3.44	0.70
8/21	7.6	0.59	1.70	2.91	0.96	0.13	0.60	0.02	0.58	2.99	0.63

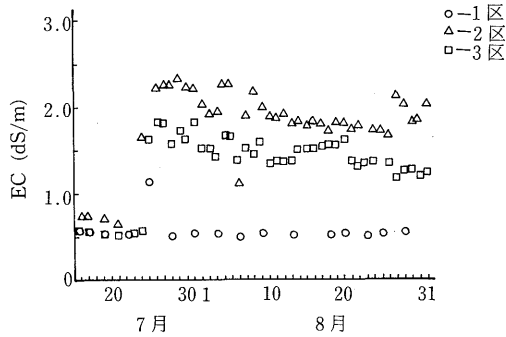
\* dS/m at 25°C

\*\* Na<sup>+</sup>/√(Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>)/2

るのに支障はないと結論できる。しかしながら、乾燥地においては灌漑水の性質のみで灌漑そのものの適否を論じることはできない。すなわち永続的な栽培を行うには灌漑することによって土壌を塩性化させないことが必須である。

そこで次にライシメータからの排水の組成について検討を加えた。

第1図は排水のECの推移を示したものである。無灌漑処理である1区のECは0.5~0.6dS/mの範囲で3処理中最も低く、変動も小さかった。このことは

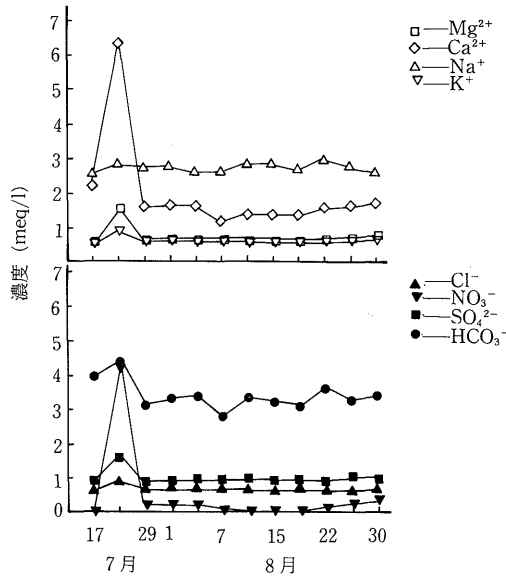


第1図 ライシメータからの排水の電気伝導度(EC)の推移

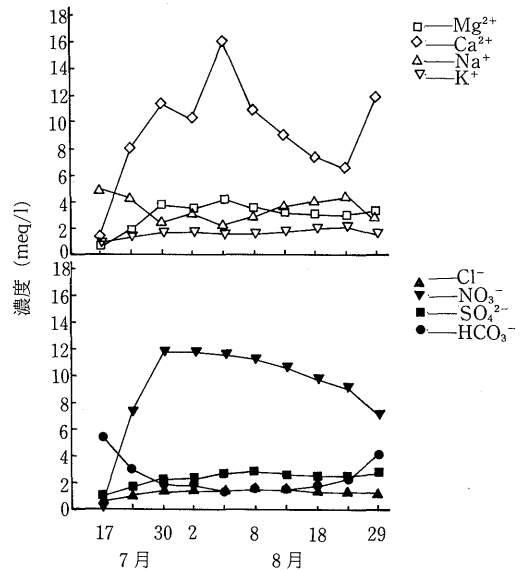
雨水(実験期間約92mm)のみが供給される条件下では土壌中で塩の濃縮が起こらなかったことを示している。次に蒸発量と等しい量の灌漑水が供給された2区では、ECは次第に上昇して灌漑水の3倍以上の2 dS/m前後で推移した。この値は耐塩性の小さい作物では収量低下が起こる範囲にある。灌漑水が良質で降雨量も比較的多かったにもかかわらず、土壌中で塩の濃縮が起こっていることがわかる。蒸発量の2倍を灌漑した3区の排水の電気伝導度は1.5dS/m前後でやはり灌漑水の値を上回ったが、2区よりも低く推移した。結果を示さなかったが、実験期間の3区の排水量は2区の4倍に近く、灌漑水の電気伝導度(EC<sub>iw</sub>)と排水の電気伝導度(EC<sub>dw</sub>)の間にはEC<sub>dw</sub>=EC<sub>iw</sub>/LF<sup>2</sup>(LF: Leaching Fraction)の関係があるので、この結果は当然である。

排水中のイオン濃度の推移を第2~4図に示した。

1区においては、ECの推移でも明らかのように各イオン濃度の変動は小さかった。カチオン濃度はK<sup>+</sup><Mg<sup>2+</sup><Ca<sup>2+</sup><Na<sup>+</sup>、アニオン濃度はNO<sub>3</sub><sup>-</sup><Cl<sup>-</sup><SO<sub>4</sub><sup>2-</sup><HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>であった(第2図)。次に2区において、カチオンではCa<sup>2+</sup>の濃度が次第に上昇し、灌漑水の濃度の5倍以上となった(第3図)。その他のカ



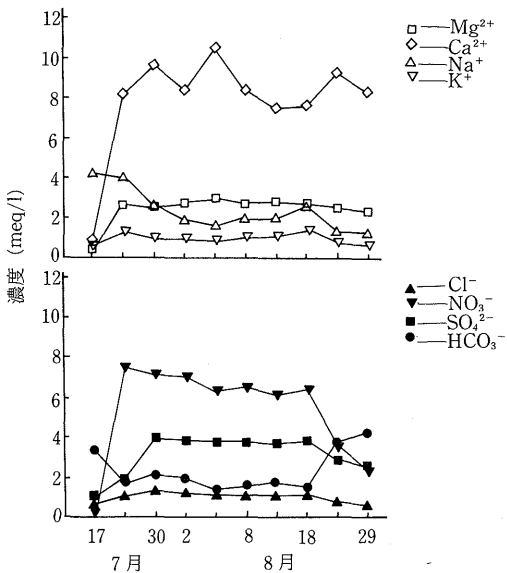
第2図 無灌漑処理区(1区)におけるライシメータ排水中のイオン濃度の推移



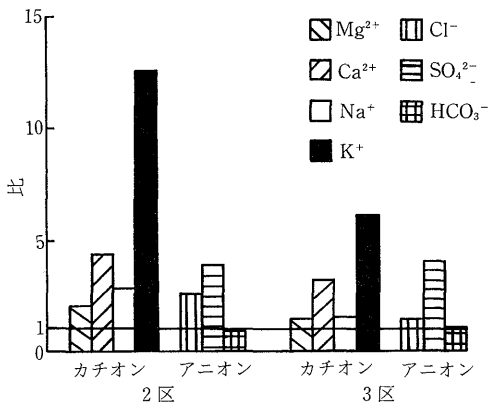
第3図 蒸発量灌漑処理区(2区)におけるライシメータ排水中のイオン濃度の推移

チオンの濃度の変動は小さかった。アニオンでは  $\text{NO}_3^-$  の濃度が次第に上昇し、7月30日前後に最高値となった後に低下した。 $\text{NO}_3^-$  が高濃度となった原因は施肥によるものと思われる。その他のアニオンの濃度の変動は小さかった。3区における排水中のイオン濃度の推移は2区と類似していた(第4図)。

2区と3区における排水と灌漑水のイオンの濃度比を第5図に示した。濃度は実験期間の平均値を用いた。なお、 $\text{NO}_3^-$  は比が著しく高くなるので省略し



第4図 (2×蒸発量) 灌漑処理区(3区)におけるライシメータ排水中のイオン濃度の推移



第5図 2区と3区における排水と灌漑水の平均イオン濃度の比

た。カチオンにおける比の順位は両処理区とも  $\text{Mg}^{2+} < \text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{K}^+$  であり、 $\text{Mg}^{2+}$  は溶脱しにくいことを示している。アニオンにおける比の順位は  $\text{HCO}_3^- < \text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-}$  となった。鳥取砂丘土壌では  $\text{Cl}^-$  は  $\text{SO}_4^{2-}$  よりも流亡しやすいことがわかっているが<sup>3)</sup>、本実験の結果は逆である。しかも  $\text{SO}_4^{2-}$  の場合、比は3区の方が高く、他とイオンでの傾向と異なっている。

このように排水の組成は灌漑水と著しく異なっており、排水が地下水に加わる場合の水質の変化、あるいは再度灌漑水として利用される場合の灌漑水の組成の変化に留意すべきである。

要 約

毛烏素砂地開発研究センターの砂土の圃場に設置した3基の排水収支型ライシメータに豆科牧草の沙打旺を栽培し、それぞれ無灌漑、蒸発量灌漑、あるいはその2倍量灌漑の処理を加えた。灌漑に用いた地下水とライシメータからの排水の化学的組成を調査し、その問題点を検討した。

結果を要約すると次のとおりである。

1) 地下水は電気伝導度、pH、イオン組成のいずれも灌漑水として用いるのに適していた。含まれるイオンの濃度 (meq/l) はカチオンでは  $\text{K}^+ < \text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+}$ 、アニオンでは  $\text{NO}_3^- < \text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{HCO}_3^-$  であった。

2) ライシメータからの排水の電気伝導度は無灌漑処理が最も低かったのに対して、蒸発量灌漑処理が最も高かった。2つの灌漑処理における排水のイオン濃度は灌漑水よりも高くなり、その度合はカチオンでは  $\text{Mg}^{2+} < \text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{K}^+$ 、アニオンでは  $\text{HCO}_3^- < \text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-}$  であった。

謝 辞

本研究は中国内蒙古自治区林業科学研究院との共同研究で得られた結果の一部をまとめたものである。共同研究の準備、計画、実施にあたっては数多くの中国側研究者のお世話になった。特に、中国側研究代表者である廖茂彩副院長には終始多大なご支援をいただいた。深く感謝の意を表する。なお、本研究の一部はトヨタ財団研究助成”中国の乾燥地における砂漠化の機構解明と動態解析—毛烏素砂漠におけ

る砂漠緑化と農業開発に関する基礎的研究—；研究代表者：松田昭美”で行われたものである。記して謝意を表する。

引用文献

- 1) FAO. 1986. Water quality for agriculture. p. 8
- 2) 同上 p. 14
- 3) 藤山英保・藤井昌彦・長井武雄. 1984. 砂丘土壌における養分の移動に及ぼすアニオン種の影響. 鳥大砂丘研報. 23: 73-78
- 4) HAGIN, J. and TUCKER, B. 1982. Fertilization of Dryland and Irrigated Soils. p. 13~14
- 5) 神近牧男・山本太平. 1986. 中国毛烏素砂漠における自然環境について—二、三の気象・土壌特性—. 鳥大砂丘研報. 27: 27-35
- 6) 内蒙古砂漠開発研究会. 1987. 中国の乾燥地における砂漠化の機構解明と動態解析(予備調査)—特に毛烏素砂漠において—. トヨタ財団助成研究報告書. p. 5-6.
- 7) 山本太平・藤山英保・李品芳・邵燕茹・楊志忠. 1988. 中国内蒙古砂漠における地下水の灌漑利用に関する研究(2)—ライシメーター試験区における二、三のリーチング特性—. 鳥大砂丘研報. 27: 29-36