

咸水灌溉条件下干旱区盐渍土壤盐分变化研究^①

罗廷彬, 任 崑, 李 彦, 王宝军

(中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘 要: 新疆盐渍化土地面积大, 在盐渍化土壤上种植耐盐小麦, 利用盐化水灌溉具有重要意义。试验采用随机定位、分季节取土样、室内化学分析土壤盐分含量的方法, 研究土壤盐分时空变化, 其结果为: 当土壤盐分含量为 5~12 g/kg 时, 盐化水多次灌溉可使土壤盐分减少, 尤其在夏季晒垡灌溉后, 耕作层土壤盐分可显著降低; 土壤盐分降低显著与否, 与本身盐分含量无关; 土壤盐分变化可涉及 100 cm 深度, 但变化达显著水平的仍然是表层。

关键词: 盐渍化土壤; 盐化水; 灌溉

中图分类号: S274; S155.2⁺93

干旱区土壤盐碱化是一个严肃而广泛的问题^[1]。盐渍化土壤利用盐化水灌溉, 在水资源短缺的干旱区, 是提高生产力的重要途径之一。咸水的灌溉利用, 已有不少研究^[2-4]。通过灌溉, 土壤水、盐变化的研究可涉及更广泛的领域^[5-8]。咸水灌溉后土壤盐分增加、减少均有报导。乔玉辉等^[9]、李法虎等^[10]发现进行长期的劣质水灌溉, 土壤盐分均有增加。Sharma 等^[11]发现在有地下排水系统条件下, 用盐水 (电导为 6、9、12、18.8 dS/m) 灌溉 7 年, 土壤盐分有所增加; Muhammad Akram Kahlowan 等^[12]在有地下排水系统条件下, 施农家肥, 进行盐化水灌溉, 发现土壤剖面盐分也有增加。但郭会荣等^[13]利用含盐量 3 g/L 左右的微咸水连续灌溉, 发现土壤主要根系层盐分浓度未超过小麦的耐盐能力; 尹美娥等^[14]在黄淮海平原土壤上进行大定额灌溉, 证明砂壤土的脱盐效果比中壤土好; 赵春林等^[15]利用咸水 (含盐量 3.0~5.1 g/L) 灌溉小麦、玉米、棉花和高粱, 发现在春季“河灌”和汛期集中降雨淋洗的条件下, 作物根系层土壤不积盐; Sharma 等^[16]在砂壤土上, 用不同水平盐水 (电导为 6、9、12 和 18~

27 dS/m) 灌溉, 结果为大多数盐分聚集被雨季雨水淋溶, 没有土壤退化问题; van Hoorn 等^[16]在壤土上用不同盐化水灌溉小麦和土豆, 结果显示吸附钠增加, 吸附钙镁减少, 碳酸钙镁沉淀物减少。

新疆干旱区, 盐渍化土地面积大, 盐渍化土壤种植耐盐小麦, 用盐化水灌溉, 对新疆农业生产的发展有着重要的作用。在新疆灌溉农业区域, 盐化水直接灌溉引起的土壤盐分变化, 需要进一步研究。本文是在中国科学院新疆阜康荒漠生态观测试验站盐碱地上利用盐化水直接灌溉实验时, 监测土壤盐分变化研究的总结。

1 实验基本情况

1.1 试验地基本情况

将盐渍化地分成 7 m × 6 m 面积的小区, 小区数总计 100 个, 均种植耐盐冬小麦; 管道灌溉系统条件下, 采用新疆常规漫灌方式灌溉, 冬前灌溉 2 次, 春后灌溉 4 次; 麦收后 7 月翻地晒垡, 9 月再次播种冬麦; 灌溉水矿化度 5.22 g/L (表 1)。各小区均匀定量灌溉, 其灌溉量为 100~120 mm。

表 1 灌溉水盐分离子组成 (g/L)

Table 1 Composition of salt in irrigation water

矿化度	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺ +Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
5.22	0.00	0.39	0.96	2.26	1.18	0.19	0.24

①基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (kzcx3-sw-326) 资助。

作者简介: 罗廷彬 (1959—), 男, 重庆江津人, 副研究员, 主要从事耐盐小麦育种及生物措施改良盐碱地的研究。E-mail: luobin@ms.xjb.ac.cn

1.2 土壤取样方式

随机选定9个小区(边行小区除外),在其中心点定位取样,每次取样距离中心点30 cm,均用土钻钻取,每20 cm为1层,共取5层100 cm。春天4月灌溉第一水之前第1次取样,6月下旬小麦收获时第2次取样,待10月冬灌前第3次取样。共取土样135个,用常规化学分析方法分析土壤盐分,共获取数据1215个。

2 结果与分析

2.1 盐分离子均值变化

将9个剖面(A1~A9)、5个深度(C1~C5)、3次取样(B1~B3)、7个离子(D1~D7, CO₃²⁻未计其中)统一进行多因素无重复统计分析、Tukey法多重比较,其结果见表2。

2.1.1 剖面间均值差异 9个剖面盐分离子均值分布在5.14~12.63 g/kg之间,A9盐分离子均值最大,A8最小。A9与A5以外的剖面盐分含量差异均达显著差异水平,A5与A6、A2、A1、A4、A8,A7、A3与A2、A1、A4、A8,A6与A1、A4、A8,A1与A8均差异显著。总之,盐分离子在不同点位有较大差异。

表2 土壤盐分变化(g/kg)

Table 2 Changes in soil salinity

剖面	均值	0.05	0.01	深度	均值	0.05	0.01	样次	均值	0.05	0.01	离子	均值	0.05	0.01
A9	12.63	a	A	C2	10.03	a	A	B1	10.81	a	A	D3 (SO ₄ ²⁻)	37.53	a	A
A5	11.36	ab	AB	C4	9.88	a	A	B2	9.50	b	B	D4 (Ca ²⁺)	8.16	b	B
A7	10.42	bc	BC	C3	9.42	a	A	B3	6.73	c	C	D7 (Na ⁺)	7.90	b	B
A3	10.26	bc	BC	C5	9.24	a	A					D2 (Cl ⁻)	4.22	c	C
A6	9.08	cd	C	C1	6.48	b	B					D1 (HCO ₃ ⁻)	2.01	d	D
A2	8.56	de	CD									D5 (Mg ²⁺)	1.81	d	D
A1	7.06	ef	DE									D6 (K ⁺)	1.45	d	D
A4	6.59	fg	E												
A8	5.14	g	E												

2.1.2 层次间均值差异 土壤表层0~20 cm(C1)盐分离子均值为6.48 g/kg,最小;以下层次(C2~C5)含量差异不大,最高为20~40 cm(C2);表层与其余层次差异达极显著水平。

2.1.3 季节间均值差异 春季(B1)、麦收后(B2)、冬前(B3)盐分离子均值分别为10.81、9.50、6.37 g/kg,它们之间差异达极显著水平。春季属返盐季节,土壤返盐厉害;经过4次盐化水灌溉后,土壤盐分仍然降低显著;经翻耕夏季晒垡再灌溉后,土壤盐分降低更多一些。

2.1.4 离子间均值差异 从表2可见,盐分离子极显著地分为4组:SO₄²⁻含量最大,其均值达37.53 g/kg,比其余离子均值总和还高;Ca²⁺、Na⁺为第二,其均值分别为8.16 g/kg和7.90 g/kg;Cl⁻较多;Mg²⁺、K⁺最少。

2.2 总盐均值变化

硫酸盐为主的地区,总盐的监测分析,既可以反映盐分危害的大概程度,又可以减少离子分析的工作量。

2.2.1 各剖面总盐均值季节间差异 对各剖面总盐均值季节间差异进行方差分析,新复极差检验结果见表3。A1、A4、A6~A9等6个剖面季节间总盐均值变化没有显著差异;A2、A3、A5等3个剖面冬前总盐均值比春天显著减少。麦收时总盐均值介于二者之间,但没有显著差异。而季节间盐分变化差异显著性与否,与剖面总盐均值大小无关,与灌溉制度及耕作措施也无必然相关。

2.2.2 各季节总盐均值剖面间差异 对各季节总盐均值剖面间差异进行方差分析,新复极差检验结果见表4。9个剖面春季盐分含量可分为3组:A5、A9、A3、A7、A2均值为最大的一组,比A8极显著高,A6、A1、A4均值介于二者之间。麦收时,各剖面总盐均值有差异,但不显著;与春季相比,均值大小顺序也发生了变化。到冬前时,9个剖面盐分均值分组与春、夏不同:A9比A8极显著高,其余介于二者之间。说明春天剖面盐分返盐的促进因素与春后灌溉4次水的影响因素差异不显著,夏季晒垡加之灌溉可以极显著地降低土壤总盐。

表 3 各剖面总盐季节间变化 (g/kg)

Table 3 Seasonal changes in total salt in soil profiles

	A1			A2			A3			A4			A5		
	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01
B 1	6.27	a	A	8.54	a	A	9.29	a	A	5.89	a	A	9.90	a	A
B 2	5.14	a	A	5.71	ab	A	7.33	ab	A	4.65	a	A	8.22	ab	A
B 3	3.46	a	A	3.85	b	A	5.00	b	A	3.35	a	A	5.74	b	A

	A6			A7			A8			A9		
	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01
B 1	8.05	a	A	8.84	a	A	4.86	a	A	9.64	a	A
B 2	6.68	a	A	7.33	a	A	3.19	a	A	8.72	a	A
B 3	4.34	a	A	5.73	a	A	2.78	a	A	8.19	a	A

表 4 各季节剖面间总盐均值变化 (g/kg)

Table 4 Seasonal changes in averages of total salt between soil profiles

	B1			B2			B3				
	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01		
A 5	9.90	a	A	A9	8.72	a	A	A9	8.19	a	A
A 9	9.64	a	A	A5	8.22	a	A	A5	5.74	ab	A
A 3	9.29	a	A	A6	8.05	a	A	A7	5.73	ab	A
A 7	8.84	a	AB	A3	7.33	a	A	A3	5.00	ab	A
A 2	8.54	a	AB	A7	7.33	a	A	A6	4.34	ab	A
A 6	6.68	ab	AB	A2	5.71	a	A	A2	3.85	ab	A
A 1	6.27	ab	AB	A1	5.14	a	A	A1	3.46	ab	A
A 4	5.89	ab	AB	A8	4.86	a	A	A4	3.35	ab	A
A 8	3.19	B	B	A4	4.65	a	A	A8	2.78	b	A

2.2.3 各季节总盐层次间差异 以所有剖面各层次 (C1~C5) 总盐为统一单位进行比较, 其结果见表 5。春季 (B1)、麦收时 (B2)、冬前 (B3) 各层次盐分均值均无显著差异。B1 各层次间盐分有差

异: 最大均值为 8.56 g/kg, 最小为 5.12 g/kg; B2 最大均值为 8.05 g/kg, 最小为 4.60 g/kg; B3 最大均值为 5.76 g/kg, 最小为 3.90 g/kg。说明各季节灌溉盐化水对剖面盐分垂直分布影响不显著。

表 5 各季节层次间总盐均值变化 (g/kg)

Table 5 Seasonal changes in averages of total salt between layers of a soil profile

	B1			B2			B3			B		
	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01
C1	5.12	a	A	4.60	a	A	3.90	a	A	4.54	b	A
C2	8.56	a	A	6.75	a	A	5.76	a	A	7.02	a	A
C3	8.12	a	A	6.96	a	A	4.74	a	A	6.61	ab	A
C4	8.20	a	A	8.05	a	A	4.56	a	A	6.94	a	A
C5	7.91	a	A	6.97	a	A	4.61	a	A	6.50	ab	A

当把季节看为一整体时 (B), 表层 C1 均值最小, 与第 2、4 层差异显著; 与第 3、5 层差异不显著。说明全年灌溉可显著降低土壤表层盐分。

2.2.4 各层次总盐季节间差异 把所有剖面作为一个整体, 通过各层次总盐进行季节比较 (表 6)。表层 (C1)、第 2 层 (C2)、均值差异不显著, 即全

年灌溉对这2层土壤盐分影响不显著。第3层(C3)、第5层(C5)冬前比春季显著降低,第4层(C4)为冬前比春、夏季显著低,说明全年灌溉对该3层影响显著。

表6 各层次季节间总盐均值变化(g/kg)

Table 6 Seasonal changes in average of total salt in every layer of the soil profile

	C1			C2			C3			C4			C5		
	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01	均值	0.05	0.01
B1	5.12	a	A	8.56	a	A	8.12	a	A	8.20	a	A	7.91	a	A
B2	4.60	a	A	6.75	a	A	6.96	ab	A	8.05	a	A	6.97	ab	A
B3	3.90	a	A	5.76	a	A	4.74	b	A	4.56	b	A	4.61	b	A

3 结论

盐化水灌溉,需要作物具有一定的耐盐性能,同时还需要在盐渍化土地上实施。按新疆作物漫灌定额计算:1次灌溉水100mm,矿化度5g/L,1m²土地面积加盐0.5kg,一般作物按5次灌溉计算,1年1m²面积土地加盐2.5kg,长期灌溉,加盐数量很大。而在盐渍化土地上灌溉,土壤水分的盐分浓度比盐化水高得多,在能抗盐化水危害的情况下,对土壤是一个不完全的泻盐过程。由以上试验可知:盐渍化土壤在春季返盐时,盐分含量较高,通过春后4次盐化水灌溉,土壤剖面盐分有所下降,虽然差异不显著,但还是比较明显。通过夏天翻地晒垡再次种植冬麦灌溉后,土壤盐分降低达到显著水平。土壤盐分的这些变化,与剖面盐分含量多少没有必然联系(土壤盐分5~12g/kg范围内)。土壤盐分在深度上的变化,主要表现为表层(0~20cm)急剧下降,这可能与小麦主要根系不深有关。由此可见,盐渍化土壤灌溉盐水时,作物的正确选择和良好的耕作措施配合,可以改良土壤盐分状况。

参考文献:

- [1] Hussain N, Ali A. Mechanism of Salt Tolerance in Rice. *Pedosphere*, 2003, 13 (3): 233-238.
- [2] 丞波, 王秀兰. 表层盐化土壤区咸水灌溉试验研究. *土壤学报*, 1997, 34 (1): 53-58
- [3] 肖振华, Prendergast B. 灌溉水质对土壤水盐动态的影响. *土壤学报*, 1994, 31 (1): 8-16
- [4] 黄强, 李生秀. 咸水灌溉沙地后的水盐运移规律. *土壤学报*, 2003, 40 (4): 547-552
- [5] You WR, Meng FH. Salt-water dynamics in soils: II. Effect of precipitation on salt-water dynamics. *Pedosphere*, 1992, 2 (4): 289-306
- [6] You WR, Meng FH. Salt-water dynamics in soils: III. Effect of crop planting. *Pedosphere*. 1993, 3 (1): 7-22
- [7] 徐力刚, 杨劲松. 微区作物种植条件下不同调控措施对土壤水盐动态的影响特征. *土壤*, 2003, 35 (3): 227-231
- [8] 刘春卿, 杨劲松. 管理调控措施对土壤盐分分布和作物体内盐分离子吸收的作用. *土壤学报*, 2004, 41 (2): 230-236
- [9] 李法虎, Benhur M. 劣质水灌溉对土壤盐碱化及作物产量的影响. *农业工程学报*, 2003, 19 (1): 63-66
- [10] 乔玉辉, 宇振荣. 河北省曲周盐渍化地区微咸水灌溉对土壤环境效应的影响. *农业工程学报*, 2003, 19 (2): 75-78
- [11] Sharma DP, Rao KVGK. Strategy for long term use of saline drainage water for irrigation in semi-arid regions. *Soil and Tillage Research*, 1998, 48 (4): 287-295
- [12] Muhammad Akram Kahlowan, Muhammad Azam. Effect of saline drainage effluent on soil health and crop yield. *Agricultural Water Management*, 2003, 62 (2): 127-138
- [13] 郭会荣, 靳孟贵. 冬小麦田咸水灌溉与土壤盐分调控试验. *地质科技情报*, 2002, 21 (1): 61-65
- [14] 尹美娥. 咸水灌溉下的土壤水盐运动规律. *水利水电技术*, 2000, 7 (7): 22-23
- [15] 赵春林, 张彪. 汾河三坝灌区浅层咸水利用的试验研究. *太原理工大学学报*, 2000, 31 (5): 593-595
- [16] Sharma DP, Singh KN. Irrigation of wheat with saline drainage water on a sandy loam soil. *Agricultural Water Management*, 1991, 19 (3): 223-233
- [17] Van Hoorn JW, Katerji N. Effect of saline water on soil salinity and on water stress, growth, and yield of wheat and potatoes. *Agricultural Water Management*, 1993, 23 (3): 247-265

Changes in Soil Salinity of Saline Soil Irrigated with Saline Water in Arid Area

LUO Ting-bin, REN Wei, LI Yan, WANG Bao-jun

(*Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China*)

Abstract: Xinjiang has a vast area of the saline soil, where the cultivation of salt-tolerant wheat using saline water for irrigation is of great significance to exploitation of the resources. Soil samples were collected by season from randomly chosen stationary sampling sites for analysis of salt contents in lab to study tempo-spatial variation of soil salinity of the soil. The results display that the soil salinity of the soil, 5 ~ 12 g/kg in soil salinity, has been reduced as a result of frequent irrigation with saline water. The effect is more significant especially when the fields are deep plowed exposing the soil to insolation before irrigation in summer. Significance of the reduction of soil salinity has nothing to do with the original salt content of the soil. The variation of soil salinity may reach as deep as 100 cm, but is significant only at the surface layer.

Key word: Saline soil, Saline water, Irrigation