

干旱区长期膜下滴灌农田耕层土壤盐分变化*

孟超然¹ 颜林² 张书捷³ 危常州^{1†}

(1 石河子大学农学院/新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆石河子 832003)

(2 新疆生产建设兵团第八师一四七团, 新疆石河子 832045)

(3 新疆农垦科学院科技信息研究所, 新疆石河子 832003)

摘要 新疆地处干旱地区, 水资源短缺, 膜下滴灌作为有效的节水灌溉技术在新疆农业生产中广泛使用。但新疆同时是盐碱化普遍发生的地区, 采用滴灌技术后, 传统灌溉的灌溉洗盐过程随之消失, 且该地区灌溉水矿化度较高, 对土壤盐分有一定的补充作用, 因此滴灌技术虽然节水增产效果明显, 但长期滴灌可能导致土壤盐分积累, 降低土壤质量。通过监测一个长期膜下滴灌、面积约为 224 km² 的农场 15a 农田土壤盐分含量, 对长期膜下滴灌土壤盐分含量的变化进行研究, 研究结果可为膜下滴灌土壤盐分管理提供科学依据。以位于新疆北部玛纳斯河流域的新疆生产建设兵团第八师 147 团农田为研究对象, 通过收集该团场自 1996 年至 2010 年记录的农田耕层盐分和养分指标的分析数据, 利用统计学知识及地理信息系统技术, 对不同滴灌年限下土壤耕层盐分变异特征及土壤耕层盐分与其他土壤指标的相关性进行研究。研究表明: (1) 在滴灌的第一个 3 年周期内, 土壤耕层盐分平均含量从 3.13 g kg⁻¹ 降低至 3.00 g kg⁻¹, 降幅达 4.2%, 但经 12 年滴灌年限, 土壤耕层盐分从 3.13 g kg⁻¹ 升高至 4.81 g kg⁻¹, 升高了 53.7%; (2) 在五个监测周期 (15 a) 内, 土壤盐分含量明显上升, 研究区土壤耕层盐分含量集中分布在 4~10 g kg⁻¹, 土壤耕层多为中度盐化土和重度盐化土; (3) 长期膜下滴灌导致土壤耕层盐分发生重新分配, 全团范围内农田盐分含量分布接近正态分布。本研究条件下, 长期膜下滴灌会造成土壤耕层盐分积累, 滴灌水携带的盐分对土壤盐分有一定的补充作用; 采用 2~3 年进行一次大水洗盐以及培肥土壤、提高土壤有机质含量对防止滴灌土壤积盐具有重要作用。

关键词 长期膜下滴灌; 耕层土壤; 盐分含量; 147 团

中图分类号 S156.4^{†1} **文献标识码** A

1996 年新疆建设兵团开始试验膜下滴灌技术, 至 1999 年开始大面积应用, 拉开了膜下滴灌技术迅猛发展的序幕^[1]。经过多年的研究与实践, 膜下滴灌技术逐渐趋于成熟和完善, 并成为了新疆地区采用面积最大的节水栽培技术^[2]。膜下滴灌能在提高土地和水资源利用率的同时显著提高作物产量。滴灌条件下与盐分有关的增产机理为: 以滴头为圆心, 形成一个直径 15~30 cm 的淡化

脱盐区域, 有利于作物生长^[3-4]。但由于滴灌技术理论上具有“浅灌、勤灌、湿润范围小”的特点, 与淹灌相比滴灌条件下没有洗盐过程, 不能排除田间土壤盐分^[5], 而且新疆地区土壤母质含盐量高, 加之灌溉水矿化度高, 灌溉水蒸发和蒸腾后, 其所含盐分即留在土壤中, 因此在没有洗盐过程存在时, 灌溉对土壤盐分可能有一定的补充作用。除此之外, 由于西北地区蒸发量大而

* 国家重点研发计划 (2017YFD0201808)、国家自然科学基金项目 (31471947) 资助 Supported by the National Key Research and Development Program of China (No. 2017YFD0201808), the National Natural Science Foundation of China (No. 31471947)

† 通讯作者 Corresponding author, E-mail: czwei@shzu.edu.cn

作者简介: 孟超然 (1990—), 男, 河南开封人, 硕士研究生, 主要从事新型肥料与现代施肥技术研究。E-mail: chaoranmeng@163.com

收稿日期: 2017-04-27; 收到修改稿日期: 2017-07-01; 优先数字出版日期 (www.cnki.net): 2017-07-25

降水稀少的特征，土壤水分以向土壤上层运动为主^[6]，在长期滴灌条件下深层盐分可能随水分向土壤上层积累^[7]。土壤盐分是作物生长的重大障碍因素^[8]，因此研究长期膜下滴灌土壤耕层盐分积累对系统认识和掌握干旱区滴灌背景下耕地质量和建立科学灌溉制度具有重要的意义。本研究以新疆生产建设兵团第八师147团为样本，分析从1996年至2010年0~20cm层土壤盐分的时间和空间变异特征及其主要原因，阐明长期膜下滴灌地区的土壤盐分运动规律，为土壤管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

新疆生产建设兵团第八师147团位于玛纳斯

河流域中部、玛纳斯河东侧，处于天山北麓中段准噶尔盆地南缘的山前冲积平原（图1），南北长26 km，东西宽8.5 km，总面积约224 km²。研究区自南向北地势逐渐降低，地貌为山前倾斜平原冲洪积扇，坡降0.02%且稳定。流域内年均气温为5.2℃，极端最高气温为43℃，极端最低气温为-43.1℃，年降水量为100~200 mm，年均蒸发量为1500~2100 mm，无霜期为147~152 d，属典型的温带大陆性干旱半干旱气候。在自然条件下，辖区内土壤淋溶和脱盐过程十分微弱，土壤中的可溶性盐形成大面积盐土，其中以地下水位较高、地下水量较丰富，且流动不畅的洪积冲积扇缘及冲积平原上部盐渍化最严重^[9]。

147团位于天山北坡泉水溢出带，地下水位埋深一般在6~8 m，土壤盐分含量较高且盐分类型复

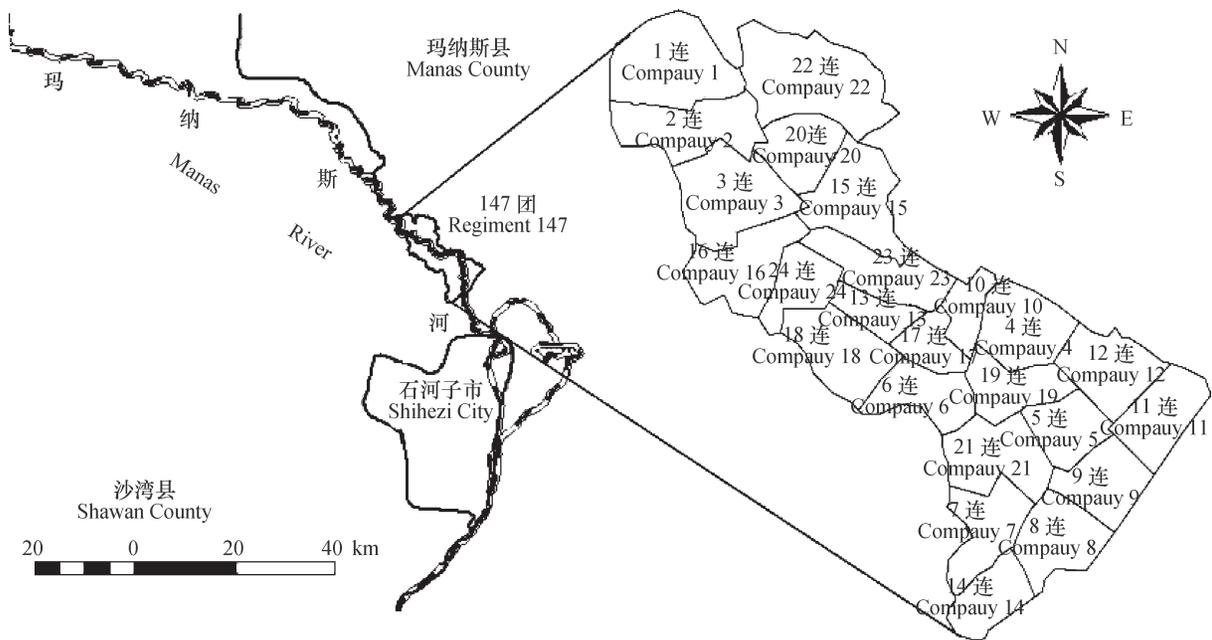


图1 研究区地理位置图

Fig. 1 Geographical position of the study area

杂，有“北疆盐碱土博物馆”之称。147团成立以来，通过逐年开垦，目前有耕地 14×10^3 hm²，通过大水洗盐、排渠排盐、有机质改良、打破板结层等措施^[10]，土壤盐分逐年下降，农业生产稳步提高。该团从1999年为节约水资源，从常规灌溉转为膜下滴灌，棉花是147团的主要作物，种植面积占总耕地面积的95%以上，全部实现农业机械化生产，100%实行膜下滴灌^[11]。粮食作物主要为玉

米，油料作物、甜菜、苜蓿等也有小面积种植。由于该团土壤盐分较重，团场常年在秋季取土进行土壤盐分和氮磷钾含量监测。本研究利用团场长期盐分监测资料，分析常年滴灌农田耕层土壤盐分含量变化特征，为评价干旱区膜下滴灌土壤盐分变化及准确进行土壤盐分管理提供依据。

1.2 数据采集与处理

147团农科中心自1996年开始采用三年一个周

期对全团所有农田耕层土壤进行样品采集,并用残渣烘干—质量法(水土比为5:1)测定土壤水溶性盐含量,用常规方法测定土壤pH及有机质、碱解氮、速效磷、速效钾含量,进行长期土壤养分和盐分监测。本研究根据1996—2010年的监测结果,利用ArcView 3.3对全团条田规划利用现状图进行数字化和唯一化编号,通过地址匹配的方法将各监测周期土壤盐分含量数据导入GIS系统。共得到1996—1998年(S1)、1999—2001年(S2)、2002—2004年(S3)、2005—2007年(S4)和2008—2010年(S5)5个周期15年的土壤耕层指标动态数据。其中S1为漫灌时期土壤盐分含量,S2~S5为不同滴灌年限土壤盐分含量。S1~S5样本数量分别为354、291、284、255、199个,均在秋季进行土壤样品的采集。与漫灌相比,滴灌样本数量逐周期减少,主要原因是采用滴灌后排碱渠等传统农业设施废弃,且将小条田合并为大田块。

1.3 数据处理

用Microsoft Office 工具Excel进行数据整理;Statistics 18.0对样本数据作描述性统计分析;ArcView3.3进行研究区和采样点矢量地图的制作;ArcMap10.2进行插值分析、栅格运算、空间分析及分布图的制作。

2 结果

2.1 土壤耕层盐分统计特征

表1为土壤耕层盐分的统计特征值,对比峰度系数与偏度系数可知S1~S5周期中土壤耕层盐分含量均呈明显的偏态分布;S4、S5周期土壤耕层盐分含量平均值明显高于S1、S2和S3,且除S2之外呈明显的逐年增高趋势;对五个周期盐分含量平均值进行多重比较发现,S1、S2、S3周期的土壤耕层盐分含量无显著差异,而S4与S5较S1、S2、S3土壤耕层盐分含量显著升高。随着膜下滴灌年限延长,土壤耕层盐分含量的标准差明显较大。S1~S5监测周期内土壤耕层盐分含量的变异系数范围为65.1%~85.2%,属中等变异强度。峰度系数和偏度系数随滴灌年限延长逐步降低,显示全团土壤盐分含量逐渐接近正态分布,且盐分含量趋于平均分布。

2.2 不同监测周期土壤盐分含量及其分布

为了更直观地反映整个147团研究区域土壤耕层盐分含量及其变化特征,利用GIS软件ArcMap10.2进行Kriging插值。参考石元春和辛德惠^[12]制定的土壤盐分分级标准,盐分含量 $\geq 10 \text{ g kg}^{-1}$

表1 147团土壤耕层盐分统计特征

Table 1 Statistical characteristics of soil salinity in the plow layer of the farmland in Regiment 147

时间 Time (yyyy—yyyy)	周期 Period	样点数 Sample number	平均值 Mean (g kg^{-1})	标准差 Standard deviation (g kg^{-1})	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness	变异系数 CV (%)
1996—1998	S1	354	3.13 c	2.36	8.20	2.35	75.4
1999—2001	S2	291	3.00 c	2.02	6.27	2.33	67.7
2002—2004	S3	284	3.31 c	2.32	4.55	2.05	70.1
2005—2007	S4	255	3.79 b	3.23	1.44	1.48	85.2
2008—2010	S5	199	4.81 a	3.13	-0.03	0.75	65.1

为盐土、 $4 \sim 10 \text{ g kg}^{-1}$ 为重度盐化土、 $2 \sim 4 \text{ g kg}^{-1}$ 为中度盐化土、 $1 \sim 2 \text{ g kg}^{-1}$ 为轻度盐化土、 $< 1 \text{ g kg}^{-1}$ 为非盐化土,得到S1~S5土壤耕层盐分含量分布图(图2)。

由图2可知,干旱条件下,采用膜下滴灌技术土壤耕层存在明显的盐分积累现象。重度盐化土在S1、S2周期主要分布在该团东北部的3连、15连、

20连,S3周期也出现在东南部的7连、8连、9连、11连,至S4、S5周期已广泛分布在全团大部分区域,S1~S4监测周期内不存在的盐土和非盐化土在S5周期也出现了。

利用ArcMap10.2空间分析工具,对各级盐分图斑面积及其所占比例进行计算,得到表2结果。可以看出S1~S4周期中,中度盐化土占据较大比

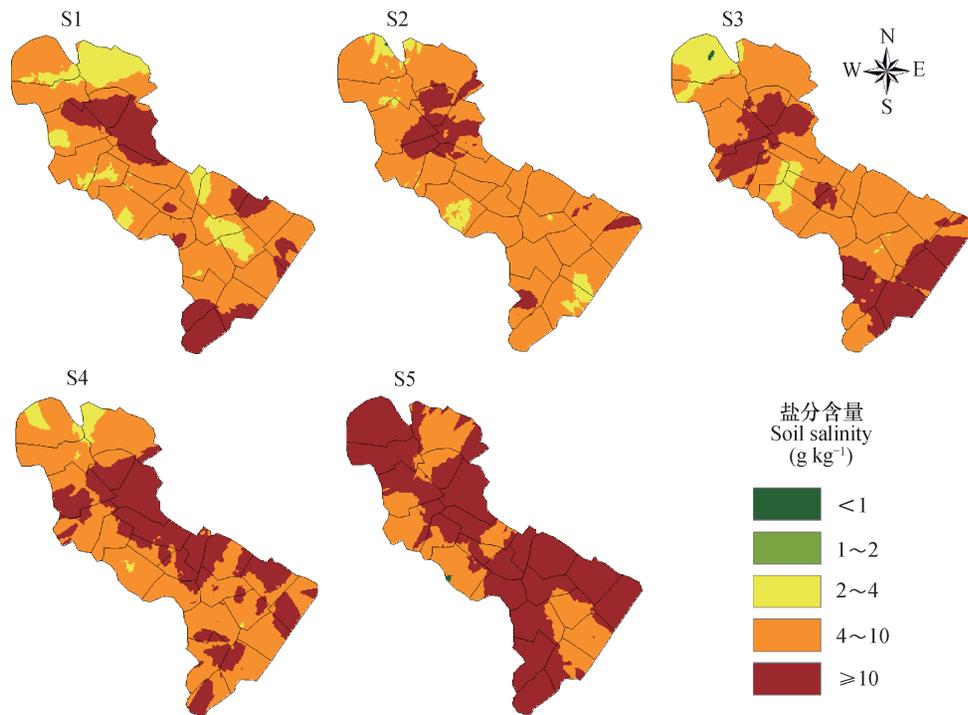


图2 147团S1~S5土壤耕层盐分含量空间分布

Fig. 2 Distribution of soil salt content in the plow layer in Regiment 147 relative to monitoring period

表2 147团S1~S5各级盐分图斑面积统计

Table 2 Areas of salinity patches relative to salinity grade of Regiment 147 relative to monitoring period

周期 Period	非盐化土 Non-saline soil		轻度盐化土 Slightly salinized soil		中度盐化土 Moderately salinized soil		重度盐化土 Severely salinized soil		盐土 Saline soil	
	面积 Area (km ²)	比例 Proportion (%)	面积 Area (km ²)	比例 Proportion (%)	面积 Area (km ²)	比例 Proportion (%)	面积 Area (km ²)	比例 Proportion (%)	面积 Area (km ²)	比例 Proportion (%)
	S1	0	0	32.4	14.6	143.8	64.2	47.5	21.2	0
S2	0	0	10.5	4.7	187.7	83.8	25.8	11.5	0	0
S3	0	0	17.9	8.0	147.2	65.7	58.9	26.3	0	0
S4	0	0	7.4	3.3	135.3	60.4	81.3	36.3	0	0
S5	2.2	0.1	7.4	3.3	71.7	32.0	139.1	62.1	5.6	2.5

例，分别为64.2%、83.8%、65.7%、60.4%，至S5周期，则是重度盐化土所占比例最大，为62.1%。除S2周期外，重度盐化土面积及其所占比例在S1~S5周期内呈逐渐增大趋势。

2.3 不同滴灌年限土壤耕层盐分变化

利用ArcMap10.2栅格分析工具对膜下滴灌实施以来的四个监测周期（S2~S5）与漫灌监测周期（S1）土壤耕层盐分含量进行栅格减法运算，规定结果 ≤ -3 、 $-3 \sim -0.5$ 、 $-0.5 \sim 0.5$ 、 $0.5 \sim 3$ 和 ≥ 3

时分别为土壤耕层盐分显著降低、降低、持平、增高和显著增高，得到不同滴灌年限下147团土壤耕层盐分含量的升降变化图（图3）。其中S2~S1为滴灌3年、S3~S1为滴灌6年、S4~S1为滴灌9年、S5~S1为滴灌12年。由图可以看出，在滴灌3年时，研究区较大区域的土壤耕层盐分含量呈降低趋势，随滴灌年限的增加，研究区土壤耕层盐分含量增高的区域面积逐渐增大，至滴灌12年时，研究区大部分区域的土壤耕层盐分含量均有增高趋势。

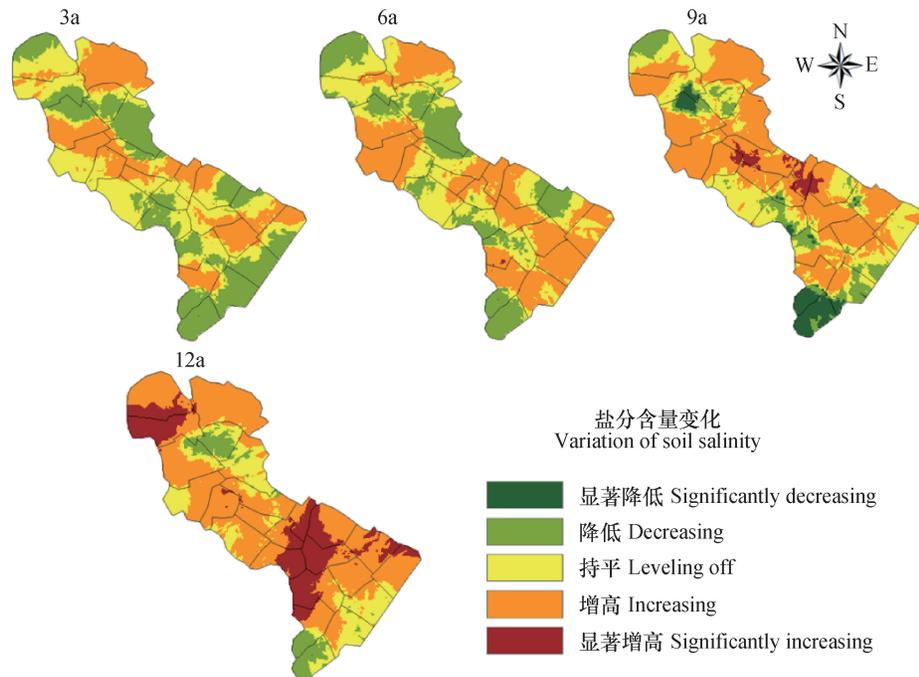


图3 不同滴灌年限下土壤耕层盐分变化

Fig. 3 Variation of soil salinity in the plow layer relative to drip-irrigation history

根据监测周期内土壤耕层盐分统计特征值, 可知在滴灌年限为3年、6年、9年和12年时, 研究区土壤耕层盐分含量的平均值分别增高了-4.2%、5.8%、21.1%和53.7%, 呈明显地随滴灌年限增加而增大的趋势。

2.4 研究区土壤耕层盐分局部动态

根据已有的分区数据, 利用ArcMap10.2的空间分析工具, 以连队为单位对Kriging插值结果进行分区统计, 得到147团各连队土壤耕层盐分平均值在整个监测周期和各滴灌年限的变化(表3)。结果发现, 大部分连队五个监测周期土壤耕层盐分平均含量最大值出现在滴灌年限较长的S4、S5周期, 仅有14连出现在S1周期, 这可能与局部作物类型不同有关。土壤耕层盐分含量增高的连队数在滴灌年限为3年、6年、9年、12年时分别为10、15、19、22, 呈明显地随滴灌年限增加而增加的趋势, 土壤耕层盐分含量增加的百分比也有同样的变化趋势。

2.5 土壤盐分含量与土壤属性的相关性

对S4~S5周期土壤盐分含量与有机质、碱解氮, 速效磷、速效钾含量及土壤pH等指标之间的相关性进行分析, 得到表4的结果。可以看出, S4周期与土壤盐分含量有显著相关性的指标分别为有机质、碱解氮、速效钾、pH, S5周期分别为碱解

氮、速效钾、pH。综合两周期检验结果可知, 耕层盐分与速效钾、碱解氮呈显著正相关关系, 且相关性速效钾 > 碱解氮; 耕层盐分含量与pH呈显著负相关关系。虽然这些指标与土壤盐分均有极显著的相关性, 但相关系数均较小, 属中或弱相关。

3 讨论

本研究中较长(12 a)年限的滴灌造成147团几乎所有连队土壤耕层盐分含量明显积累, 与滴灌技术本身的固有特点及灌溉水水质有关。147团棉田平均灌溉定额约为 $5670 \text{ m}^3 \text{ hm}^{-2}$ [13], 灌溉水矿化度约为 0.4 g L^{-1} , 其中 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 等可驻留离子矿化度约为 0.22 g L^{-1} [14-15], 每年由灌溉水带入土壤的盐分离量为 1247 kg hm^{-2} 。本研究区如以每公顷农田0~60 cm土层干土质量为7020 t, 土壤初始盐分含量为 3.13 g kg^{-1} (S1时期)计算, 则每公顷农田0~60 cm土层盐分质量为21973 kg, 每年灌溉水带入土壤的盐分占比为5.6%, 因此可以认为灌溉水携带盐分与长期滴灌农田耕层盐分积累有关。也有研究 [16] 认为, 随着滴灌年限增加, 土壤耕层的盐分含量降低, 耕层以下的盐分含量将逐步增加, 但该研究只是对同一块滴灌农田进行4a跟踪监测, 滴灌年限较短。牟洪臣等 [17] 的研究也发

表3 147团土壤耕层盐分局部变化

Table 3 Variation of soil salinity in the plow layer of certain parts of Regiment 147

连队号 Company No.	各监测周期土壤耕层盐分含量 Soil salt content in the plow layer relative to monitoring period (g kg ⁻¹)					不同滴灌年限盐分含量变化 Variation of soil salt content relative to drip-irrigation history (%)			
	S1	S2	S3	S4	S5	3a	6a	9a	12a
	1	2.41	2.16	1.98	2.52	4.91	-10.4	-17.8	4.5
2	2.77	2.54	2.74	2.82	5.89	-8.5	-1.3	1.7	112.6
3	3.37	3.46	3.59	4.11	4.14	2.6	6.6	21.8	23.0
4	2.30	2.98	3.22	6.31	5.91	29.7	39.9	174.4	157.2
5	2.14	3.17	3.21	3.54	3.67	47.8	50.0	65.4	71.1
6	3.57	3.05	3.07	3.17	6.79	-14.4	-14.0	-11.0	90.2
7	4.16	3.67	4.19	4.37	5.52	-11.8	0.5	4.9	32.6
8	3.86	2.45	4.68	3.35	4.15	-36.5	21.2	-13.2	7.5
9	2.40	2.33	2.34	2.36	3.20	-3.2	-2.8	-2.0	33.2
10	3.12	2.99	3.26	3.74	6.05	-4.1	4.6	20.0	93.9
11	3.52	3.57	4.40	4.20	5.26	1.5	25.1	19.5	49.4
12	3.74	3.63	3.16	4.36	6.33	-2.7	-15.3	16.8	69.3
13	2.55	3.08	3.06	4.50	4.06	20.4	19.9	76.3	58.9
14	5.79	3.56	3.71	3.52	4.79	-38.5	-35.9	-39.3	-17.3
15	5.23	4.17	3.99	6.60	5.58	-20.4	-23.7	26.2	6.7
16	2.56	3.30	4.24	3.76	3.48	28.8	65.6	46.8	35.9
17	3.51	3.16	3.94	4.14	6.44	-9.9	12.3	18.0	83.6
18	3.35	2.51	5.11	3.13	3.63	-25.0	52.7	-6.6	8.4
19	2.30	2.62	2.92	3.44	6.53	14.0	26.9	49.6	184.2
20	4.54	4.30	4.08	4.88	4.08	-5.3	-10.0	7.5	-10.0
21	3.00	2.72	3.33	3.23	5.89	-9.3	10.9	7.8	96.6
22	2.07	2.96	2.48	2.89	4.02	42.7	19.5	39.3	93.8
23	3.20	3.45	2.89	5.87	4.36	7.9	-9.7	83.5	36.3
24	2.19	2.83	2.86	3.31	4.23	29.4	30.9	51.1	93.3

表4 147团土壤耕层指标相关分析矩阵

Table 4 Matrix of correlation coefficients between soil indices of the plow layer in Regiment 147

	有机质 Organic matter	碱解氮 Alkali N	速效磷 Avail P	速效钾 Avail K	pH	全盐 Total salt
有机质 Organic matter		0.401**	0.234**	0.436**	0.042	-0.085*
碱解氮 Alkali N	0.329**		0.223**	0.308**	0.010	0.151**
速效磷 Avail P	0.099*	0.087		0.359**	0.065	0.048
速效钾 Avail K	0.289**	0.490**	0.152**		0.057	0.229**
pH	0.025	-0.227**	-0.186**	-0.290**		-0.317**
全盐 Total salt	-0.070	0.368**	0.041	0.462**	-0.285**	

注：表格内斜线右上方为S4周期的土壤指标分析数据，左下方为S5周期的土壤指标分析数据。*在 $p < 0.05$ 水平下显著相关，**在 $p < 0.01$ 水平下显著相关 Note: The data above the diagonal line are those measured during S4, while the data below the diagonal line are those measured during S5. *Significant at $p < 0.05$ level, ** significant at $p < 0.01$ level

现,膜下滴灌技术使用初期可使土壤盐分含量下降。本研究中147团在滴灌初期(S2)出现土壤耕层盐分含量的平均值及重度盐化土面积的降低,也验证了这个观点,说明较短年限的膜下滴灌可以降低土壤耕层盐分含量。

本研究发现147团土壤耕层盐分含量偏度系数和峰度系数均显著降低,接近于正态分布,表明膜下滴灌条件下,土壤盐分含量分布趋于平均。可能是本地区水资源大量开采,导致地下潜水位降低,地下水补充盐分作用微弱^[18],并且滴灌量较低,导致盐分主要在土壤耕层迁移和重新分布^[19]。由于资料局限,缺失20cm深度以下土壤盐分含量数据,因此还需要对灌溉湿润锋范围内的盐分分布进行细致地研究。

本研究中,耕层土壤盐分含量与有机质含量呈弱负相关,而与土壤pH呈极显著负相关,反映了有机质对改良盐碱土的重要作用^[20],pH与土壤盐分含量极显著负相关,可能与化肥的长期大量施用有关。土壤盐分含量还与有效钾含量呈极显著正相关,反映了钾既是养分元素又是盐分元素的特征。土壤盐分与有效磷含量几乎无相关性,而与碱解氮含量显著正相关,可能与本地氮肥用量较大有关,也可能与盐分较重土壤作物吸收氮素数量较低^[21]而导致较大土壤氮残留有关。

鉴于本研究结果,滴灌虽然是一种节水灌溉技术且具有显著增产作用,但是长期滴灌仍然导致土壤耕层盐分积累。因此为了保证土壤健康,在一定周期内(如2~3年)进行一次大水漫灌进行土壤洗盐非常必要。土壤有机质含量与耕层盐分含量呈负相关,滴灌背景下为了防止土壤积盐和土壤退化,应重视土壤培肥和有机肥施肥。

4 结 论

膜下滴灌在较短的滴灌年限内可以降低土壤耕层盐分含量,但长期的膜下滴灌会造成土壤耕层盐分积累;膜下滴灌是一种局部灌溉,长期膜下滴灌(12a)导致土壤耕层盐分积累,土壤耕层盐分含量集中分布在4~10 g kg⁻¹,土壤耕层多为中度盐化土和重度盐化土,长期滴灌导致土壤盐分分布趋于平均,盐分含量分布从偏态分布接近于正态分布。

参 考 文 献

- [1] 马英杰,何继武,洪明,等.新疆膜下滴灌技术发展过程及趋势分析.节水灌溉,2010(12):87—89
Ma Y J, He J W, Hong M, et al. Development process and trend of drip-irrigation in Xinjiang (In Chinese). Water Saving Irrigation, 2010(12):87—89
- [2] 顾烈烽.新疆生产建设兵团棉花膜下滴灌技术的形成与发展.节水灌溉,2003(1):27—29
Gu L F. Formation and development of mulched drip irrigation for cotton in Xinjiang Production and Construction Group (In Chinese). Water Saving Irrigation, 2003(1):27—29
- [3] 杨传杰,罗毅,孙林,等.灌溉水矿化度对玛纳斯流域棉花生长影响的试验研究.资源科学,2012,34(4):660—667
Yang C J, Luo Y, Sun L, et al. Experimental study on the impacts of the irrigation water salinity on cotton growth in Manas River oasis, Xinjiang (In Chinese). Resources Science, 2012, 34(4):660—667
- [4] 孙林,罗毅,杨传杰,等.不同灌溉量膜下微咸水滴灌土壤盐分分布与积累特征.土壤学报,2012,49(3):428—436
Sun L, Luo Y, Yang C J, et al. Salt distribution and accumulation in soils different in rate of under-mulch drip irrigation with brackish water (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2012, 49(3):428—436
- [5] 王振华,杨培岭,郑旭荣,等.膜下滴灌系统不同应用年限棉田根区盐分变化及适耕性.农业工程学报,2014,30(4):90—99
Wang Z H, Yang P L, Zheng X R, et al. Soil salinity changes of root zone and arable in cotton field with drip irrigation under mulch for different years (In Chinese). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(4):90—99
- [6] 赵耕毛,刘兆普,陈铭达,等.不同降雨强度下滨海盐渍土水盐运动规律模拟实验研究.南京农业大学学报,2003,26(2):51—54
Zhao G M, Liu Z P, Chen M D, et al. Simulation on water and salt movement in seashore saline soil under different rainfall intensities (In Chinese). Journal of Nanjing Agricultural University, 2003, 26(2):51—54
- [7] 孙建,乔英,朱珠,等.地下水动态及与土壤盐渍化的关系——以新疆兵团二二四团场为例.湖北农业科学,2012,51(9):1763—1766
Sun J, Qiao Y, Zhu Z, et al. Relationship between water table and salinization of soil—A case of Farms

- 224, Xinjiang Production and Construction Group (In Chinese). Hubei Agricultural Sciences, 2012, 51 (9): 1763—1766
- [8] 罗梦媛, 王雪梅. 干旱区典型绿洲耕层土壤肥力特征研究——以库车县为例. 西南农业学报, 2015, 28 (1): 299—303
Luo M Y, Wang X M. Study on topsoil nutrient characteristics in typical oasis of arid area—A case of Kuqa County (In Chinese). Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28 (1): 299—303
- [9] 余冬立, 刘营营, 邵明安, 等. 黄土坡面不同植被冠层降雨截留模型模拟效果及适用性评价. 农业工程学报, 2012, 28 (16): 115—120
She D L, Liu Y Y, Shao M A, et al. Simulated effects and adaptive evaluation of different canopies rainfall interception models in Loess Plateau (In Chinese). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28 (16): 115—120
- [10] 罗巨海, 颜林, 魏署光. 一四七团场地下水动态与改良措施. 石河子科技, 1995 (3): 40—42
Luo J H, Yan L, Wei S G. Dynamics and improving measures for groundwater of Farms 147 (In Chinese). Shihezi Science and Technology, 1995 (3): 40—42
- [11] 袁苏江. 石河子一四七团籽棉高产关键技术. 新疆农垦科技, 2011, 34 (3): 8—8
Yuan S J. Key technique for high yield cotton in Farms 147, Shihezi (In Chinese). Xinjiang Farmland Reclamation Science & Technology, 2011, 34 (3): 8—8
- [12] 石元春, 辛德惠. 黄淮海平原的水盐运动和旱涝盐碱的综合治理. 北京农业大学学报, 1984, 11 (2): 216
Shi Y C, Xin D H. Water-salt movement in Huang-Huai-Hai Plains and comprehensive treatment for drought, flood and salinized soil (In Chinese). Journal of Beijing Agricultural University, 1984, 11 (2): 216
- [13] 阮玉莲, 罗巨海, 孙盈萍, 等. 石河子一四七团棉花气象条件及优质高产因素分析. 新疆农垦科技, 2013, 36 (2): 12—13
Ruan Y L, Luo J H, Sun Y P, et al. Meteorological conditions and factors for high yield of cotton in Farms 147 Shihezi Xinjiang (In Chinese). Xinjiang Farmland Reclamation Science & Technology, 2013, 36 (2): 12—13
- [14] 刘春卿, 杨劲松, 陈小兵, 等. 新疆玛纳斯河流域灌溉水质与土壤盐渍状况分析. 土壤, 2008, 40 (2): 288—292
Liu C Q, Yang J S, Chen X B, et al. Quality of irrigation water and soil salinity of the Manas River Valley in Xinjiang (In Chinese). Soils, 2008, 40 (2): 288—292
- [15] 王振华. 典型绿洲区长期膜下滴灌棉田土壤盐分运移规律与灌溉调控研究. 北京: 中国农业大学, 2014
Wang Z H. Salt movement trends in cotton fields with long-term drip irrigation under mulch in typical oasis and irrigation management (In Chinese). Beijing: China Agricultural University, 2014
- [16] 李明思, 刘洪光, 郑旭荣. 长期膜下滴灌农田土壤盐分时空变化. 农业工程学报, 2012, 28 (22): 82—87
Li M S, Liu H G, Zheng X R. Spatio temporal variation for soil salinity of field land under long-term mulched drip irrigation (In Chinese). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28 (22): 82—87
- [17] 牟洪臣, 虎胆·吐马尔白, 苏里坦, 等. 不同耕种年限下土壤盐分变化规律试验研究. 节水灌溉, 2011 (8): 29—31
Mou H C, Hudan T, Su L T, et al. Experimental research on salty soil profile transfer law under different farming times (In Chinese). Water Saving Irrigation, 2011 (8): 29—31
- [18] 李玉义, 柳红东, 张凤华, 等. 新疆玛纳斯河流域灌溉技术对土壤盐渍化的影响. 中国农业大学学报, 2007, 12 (1): 22—26
Li Y Y, Liu H D, Zhang F H, et al. Assessment on the effect of irrigation technology on soils alinization in Manas River Valley, Xinjiang (In Chinese). Journal of China Agricultural University, 2007, 12 (1): 22—26
- [19] 魏光辉, 杨鹏年. 干旱区不同灌溉方式下棉田土壤水盐调控研究. 节水灌溉, 2015 (6): 26—30
Wei G H, Yang P N. Study on water-salt regulation in cotton field under different irrigation methods in arid area (In Chinese). Water Saving Irrigation, 2015 (6): 26—30
- [20] 刘云, 孙书洪. 不同改良方法对滨海盐碱地修复效果的影响. 灌溉排水学报, 2014, 33 (4): 248—250
Liu Y, Sun S H. Effects of ameliorative measures on physicochemical properties of saline soil in coastal areas (In Chinese). Journal of Irrigation and Drainage, 2014, 33 (4): 248—250
- [21] 邹芳刚, 郭文琦, 王友华, 等. 施氮量对长江流域滨海盐土棉花氮素吸收利用的影响. 植物营养与肥料学报, 2015, 21 (5): 1150—1158
Zou F G, Guo W Q, Wang Y H, et al. Effects of nitrogen application rate on the nitrogen uptake and utilization of cotton grown in coastal saline fields of Yangtze River Valley (In Chinese). Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2015, 21 (5): 1150—1158

Variation of Soil Salinity in Plow Layer of Farmlands under Long-term Mulched Drip Irrigation in Arid Region

MENG Chaoran¹ YAN Lin² ZHANG Shujie³ WEI Changzhou^{1†}

(¹ College of Agronomy, Shihezi University/Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture, Xinjiang Production and Construction Group, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

(² The 147th Farms, Xinjiang Production and Construction Group, Shihezi, Xinjiang 832045, China)

(³ Research Institute of Technology and Information, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract 【Objective】 In Xinjiang, an arid region, water scarcity has promoted extensive use of drip irrigation under plastic film mulch in agricultural production as an effective water-saving technique in this region. However, Xinjiang is also a region where soil salinization is common. With the extensive replacement of conventional irrigation with drip irrigation, the benefit of the former washing salts off the soil disappeared. Moreover, the irrigation water in this region is quite high in mineralization and ready to supply the soil with salt. So, although the effect of drip irrigation saving water and increasing yield is quite obvious, long-term adoption of the technique may lead to salt accumulation in the soil, thus lowering soil quality. This paper is oriented to explore impacts of 15-year long-term drip irrigation on soil salinity or soil salt content of the field in an attempt to provide certain scientific basis for management of soil salt under mulched drip irrigation in this region. 【Method】 A tract of farmland, around 224 km² in area was delineated in Regiment 147, Division Eight of the Xinjiang Production and Construction Corp, in the Manas River Basin, North Xinjiang for the study. The data of salt contents and soil available nutrient contents in the plow layer accumulated during the years from 1996 to 2010 of the tract of farmland were analyzed statistically with the aid of GIS technology to characterize variation of soil salt in the plow layer and relationship between soil salt and other soil indices in the plow layer relative to irrigation history. 【Result】 Results show: (1) soil salt content in the plow layer decreased from 3.13 g kg⁻¹ to 3.00 g kg⁻¹ or by 4.2% in the first 3 years of drip irrigation, but it rose back up to 4.81 g kg⁻¹ or 53.7% at the end of the study; (2) after 15 years of drip irrigation, soil salt content in the plow layer of the study region increased significantly, varying mainly in the range of 4 ~ 10 g kg⁻¹, and a large proportion of the plow layer soil could be sorted as moderately or heavily salinized soil; and (3) long-term mulched drip irrigation in the arid region led to redistribution of soil salt in the plow layer, approaching to normal distribution in the scope of the regiment as a whole. 【Conclusion】 Under the condition of the study, long-term mulched drip irrigation has led to salt accumulation in the plow layer, because the water used in drip irrigation carries some salt, which may serve as supplement to soil salinity. It is, therefore, recommended to flood the field to wash soil salt off every two or three years in areas under long-term mulched drip irrigation, and to build up soil fertility and soil organic matter content, which may play a positive role in controlling soil salt accumulation due to drip irrigation in this region.

Key words Long-Term mulched drip irrigation; Soil plow layer; Soil salt content; Regiment 147