

长期膜下滴灌棉田土壤水盐空间分布特征研究

朱海清, 虎胆·吐马尔白, 马合木江·艾合买提, 赵永成, 朱冬桥
(新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 为分析播种前膜下滴灌棉田土壤不同深度水分和盐分的分布特征,对1998年开始利用膜下滴灌种植技术的棉田进行大规模网格取土,主要分析了棉田土壤水盐空间分布特征。研究结果表明:在生育期初播种前,棉田土壤0~5、5~20、20~40、40~60、60~80及80~100 cm对应土层中,水分变异系数小于盐分变异系数,且都属于中等变异性;土壤各层水分和盐分含量总体都呈现出表层土壤水分和盐分含量较低,深层土壤水分和盐分含量较高的分布规律;在0~100 cm土层中,随着深度增加,水分和盐分含量呈现出先增大后减小的趋势;设置排盐沟,能够使土壤盐分向排盐沟运移,有助于棉田改良。

关键词: 膜下滴灌; 生育期初; 变异系数; 水盐分布

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)03-0221-06

Study on spatial distribution characteristics of soil moisture and salinity in cotton field for long time drip irrigation under film

ZHU Haiqing, HU Dan · Tumaerbai, Mahemujiang · Aihemaiti, ZHAO Yongcheng, ZHU Dongqiao
(College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: In order to analyze the distribution characteristics of soil moisture and salinity at different depths before sowing in cotton field of drip irrigation under film, The paper a lot of samples got by the way of large scale grid in cotton field where cottons were cultivated by use of drip irrigation under film since 1998. It primarily analyzed the spatial distribution characteristics of soil moisture and salinity in field. The results showed that before sowing, in the soil layers of 0-5, 5-20, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100cm, the variation coefficient moisture is less than that of corresponding salinity, and both belong to the moderate variability; soil moisture and salinity in each layer generally present low content on surface and high in deep; among the soil layer of 0-100cm, with the increase of depth, the moisture and salinity content show the trend of increase first and that of decrease then; setting ditch of salt drainage can make soil salinity migrate to the direction of salt drainage ditch and improve cotton field.

Key words: drip irrigation under film; beginning of growth period; variation coefficient; distribution of soil moisture and salinity

1 研究背景

土壤盐渍化和灌溉引起的次生盐渍化问题是制约干旱区农业生产发展的主要障碍,也是影响绿洲生态环境稳定的重要因素^[1]。针对土壤盐渍化问题,新疆早在20世纪70年代中期就已经引进膜下滴灌技术。膜下滴灌技术是将覆膜种植与滴灌技术

相结合的一种新型灌溉技术,为盐碱地区水土资源的开发利用提供了新的研究思路和方法^[2]。宁松瑞等^[3]认为短期内膜下滴灌可以将浅层土壤盐分淋洗至深层,保证棉花正常生长,但是,从长远来看,该技术却无法将盐分从根区土体中排出,棉田始终处于积盐状态,土壤盐碱化程度不断增加。有些学者认为长期膜下滴灌条件下不同年限的棉田随着种

收稿日期:2014-11-11; 修回日期:2014-11-26

基金项目:国家自然科学基金项目(51469033);新疆维吾尔自治区“十二五”重大专项(201130103-3);新疆水利水电重点学科资助

作者简介:朱海清(1989-),男,湖北黄冈人,在读硕士研究生,研究方向:地下水及土壤水盐运移理论。

通讯作者:虎胆·吐马尔白(1961-),男,新疆乌鲁木齐人,博士,教授,博导,研究方向:地下水土壤水盐运移理论及节水灌溉理论。

植年限增加盐分累积逐渐增加,30 ~ 60 cm 深度是棉田盐分最大聚集区^[4]。徐英等^[5]研究了秋浇前和夏灌前水分和盐分的空间分布,认为夏灌前土壤水分属弱变异性,秋浇前属中等(偏弱)变异性,土壤盐分均属中等变异性。近几年来,国内外学者对棉花膜下滴灌条件下生育期的水盐分布特征研究比较多^[6-8],而对非生育期的水盐分布特征研究却不多见。为此,以新疆石河子 121 团 6 连膜下滴灌棉田(1998 年开始进行膜下滴灌)为研究对象,基于大尺度采样获得的实验数据,分析土壤不同深度的水盐分布特征,为新疆棉田膜下滴灌种植和盐碱土改良提供一定的理论依据。

2 材料与方法

2.1 试验区概况

本试验在新疆石河子 121 团 6 连试验站进行。该团位于天山北麓,准噶尔盆地南缘,地处欧亚大陆腹地(44°46′55″N,85°32′50″E)。该地区夏季炎热,冬季寒冷,干旱缺水,多风少雨,光照充足,蒸发强烈,海拔 300 ~ 400 m,年平均气温 6.5 ~ 7.2℃,一年中最高气温出现在 7 月,最低气温出现在 1 月,年降水量为 141.8 mm,年蒸发量为 1 826.2 mm,年均日照数约为 2 862 h,无霜期平均为 167 d,具有典型的大陆性荒漠气候特点。该地区属于玛纳斯河下游古老的冲击平原地带,沙丘间为原始荒地,地下水埋深 3m 左右,土壤质地为沙壤土。该地区没有冬灌,所以,在生育期初土壤中水分运动基本属于垂向蒸发-入渗补给型。

2.2 试验方法

本次试验取样时间为 2014-03-28 - 2014-03-31,选取膜下滴灌种植年限为 16 a(即从 1998 年开始采用膜下滴灌种植棉花)、面积为 12 hm² 的棉田作为研究对象,在试验区边缘沿南北方向设有一条排盐沟。采样方案如下:沿试验区东西方向(300 m)、南北方向(400 m)每隔 50 m 用分层取土法采集表层 100 cm 深度(分 6 层:0 ~ 5,5 ~ 20,20 ~ 40,40 ~ 60,60 ~ 80,80 ~ 100 cm)内的土样,网格规格为 50 m × 50 m,网格角点利用 GPS 精确定位,每层共计取样 60 个,总计取样 360 个。取样后及时利用烘干法测出土壤的质量含水率,然后将干土样粉碎,过 2 mm 筛,制取土水比为 1: 5(取 18 g 土与 90 g 蒸馏水)的土壤浸提液,利用上海雷磁仪器厂生产的 DDSJ - 308A 电导率仪测定溶液含盐率。

2.3 数据处理

本研究采用域法对离群值进行修正,域法区间为 $[u - 3s, u + 3s]$,其中, u 为样本均值, s 为样本标准差,在区间以外的数据均定义为离群值,对离群值进行剔除处理^[9]。应用 SPSS Statistics 19.0 软件进行样品的描述性分析,采用 Surfer 11.0 绘制含水率和含盐率等值线图。

3 结果与分析

3.1 各土层土壤含水率和含盐率的统计特征

3.1.1 各土层含水率的统计特征 为研究生育期初土壤各层含水率和含盐率空间分布情况,在分析数据时,将同一土层、不同取样点的数据作为分析研究对象。由于离群值的存在会影响变量的分布特征,并造成变量连续表面的突变,因此,在进行统计分析之前,首先要对离群值进行检验并剔除。通过离群值检验之后发现在 0 ~ 100 cm 土层中,土壤含水率样本值中未出现离群值,而土壤含盐率样本值中除 40 ~ 60、80 ~ 100 cm 层外均存在离群值,经修正后的土壤含水率及含盐率统计分析结果见表 1 和表 2。

表 1 试验区土壤各层含水率统计表

土层/ cm	样本 数/个	均值/ (g · g ⁻¹)	标准差/ (g · g ⁻¹)	极小值/ (g · g ⁻¹)	极大值/ (g · g ⁻¹)	变异 系数
0 ~ 5	60	0.109	0.051	0.028	0.233	0.472
5 ~ 20	60	0.189	0.025	0.127	0.229	0.131
20 ~ 40	60	0.216	0.055	0.112	0.356	0.255
40 ~ 60	60	0.212	0.068	0.029	0.300	0.322
60 ~ 80	60	0.201	0.071	0.055	0.366	0.351
80 ~ 100	60	0.179	0.056	0.069	0.282	0.311

注:0.109 代表含水率为 10.9%。

从表 1 可以看出,在 0 ~ 100 cm 土层中,土壤含水率自地表至 100 cm 土层深度,其均值呈现出随深度增加先增大后减小的趋势,含水率最大值 0.216 出现在 20 ~ 40 cm 层,最小值 0.109 出现在 0 ~ 5 cm 层。在生育期初,由于温度逐渐升高,融雪水入渗到土层当中,使土层内含水量增加,又由于蒸发作用影响使表层水分减少,下层土壤水分上移,从而 0 ~ 40 cm 层含水率表现为增加、40 ~ 100 cm 层含水率表现为减小的趋势。棉花种子出苗的适宜土壤含水率为 0.18 ~ 0.20^[10],试验区采用机械播种,其深度为 5 cm 左右,而表层(0 ~ 5 cm)含水率值为 0.109,试验区采用“干播湿出”的棉花播种模式,因此,应适

当加大灌水定额,改善土壤墒情,以利种子发芽。

通常变异系数 C_v 值反映样点的离散程度, $C_v < 0.1$ 为弱变异性, $0.1 \leq C_v \leq 1$ 为中等变异性, $C_v > 1$ 为强变异性^[11]。由表 1 可知,各土层含水率的变异系数在 0.1~1 之间,属于中等变异性。变异系数最大值出现在 0~5 cm 土层,其值为 0.472,这是由于表层土壤受外界因素影响较大。5~80 cm 层,随土层深度增加,变异系数 C_v 值逐渐增大,说明水平剖面土壤含水率的变异随深度增加而逐渐增强,这与生育期初土壤的冻结和融化过程有关。

3.1.2 各土层含盐率的统计特征 从表 2 可以看出,0~100 cm 土层中,土壤含盐率自 0~100 cm 土层深度,随深度增加含盐率均值大体上呈现出先增大后减小的趋势,最大值 0.686% 出现在 40~60 cm 层。土壤内的盐分主要集中在 40~100 cm 土层,含盐率 60~80 cm 层比 40~60 cm 层减少 4.08%,含盐率 80~100 cm 层比 60~80 cm 层减少 6.53%。因此,40~60 cm 层以下,随着深度增大含盐率均值逐渐减小,且深度越大含盐率降幅也越大。在生育期初,随着气温升高,融雪水将表层盐分淋洗至下层,使下层土壤含盐率高于上层,加之土壤蒸发及温度梯度作用,使下层土壤水分上移,盐随水动,从而在 40~100 cm 土层中,随深度增加含盐率均值呈现逐渐减小的趋势。

表 2 试验区土壤各层含盐率统计表						
cm, 10 g/kg						
土层	样本数	均值	标准差	极小值	极大值	变异系数
0~5	59	0.273	0.263	0.041	1.233	0.963
5~20	59	0.241	0.224	0.040	0.920	0.930
20~40	59	0.563	0.469	0.064	2.023	0.832
40~60	60	0.686	0.633	0.043	2.442	0.922
60~80	59	0.658	0.628	0.047	2.655	0.954
80~100	60	0.615	0.550	0.051	1.951	0.894

注:0~5、5~20、20~40 及 60~80 cm 土层样本值中均剔除一个离群值;0.273 代表含盐率为 2.73g/kg。

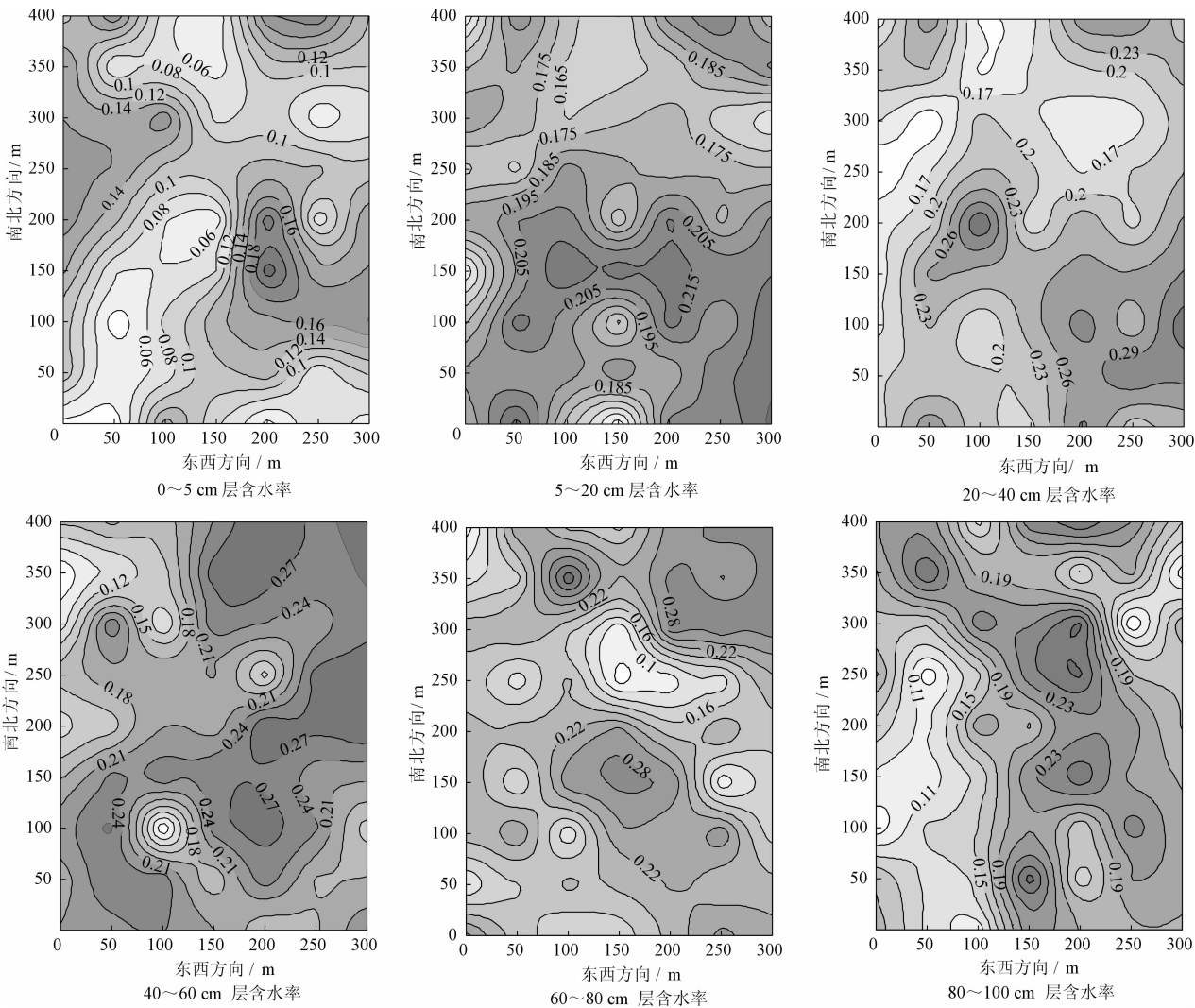
根据新疆土壤盐碱化的分级标准,将土壤分为非盐化土(土壤盐分质量分数 <3 g/kg)、轻盐化土(土壤盐分质量分数 3~6 g/kg)、中度盐化土(土壤盐分质量分数 6~10 g/kg)、重度盐化土(土壤盐分质量分数 10~20 g/kg)、盐土(土壤盐分质量分数 >20 g/kg)^[12],根据此分级标准确定含盐量级别。0~20 cm 层,其含盐率均值 <3 g/kg,属于非盐化土;20~40 cm 层,其含盐率均值 <6 g/kg,属于轻盐

化土;40~100 cm 层,其含盐率均值在区间 6~10 g/kg 内,属于中度盐化土。由于在整个生育期内 73.3% 的棉花根系主要分布在 0~40cm 土层^[13],0~40 cm 土层的含盐率低于 0.21% 时,产量基本不受影响;含盐率为 0.25%~0.33% 时,减产幅度不大^[14]。该研究区域生育期初 0~5、5~20 及 20~40 cm 层土壤含盐率均值分别为 0.273%、0.241% 和 0.563%,而在棉花生育期内,由于膜下滴灌作用的影响,0~60 cm 层土壤呈脱盐状态^[15],故上述 3 个土层的含盐率在生育期内还会降低。由此可见,经过多年膜下滴灌的改良调控作用,121 团试验地的含盐率已经基本控制到有利于作物正常生长的水平。

对比上述表 1、2 可知,0~100 cm 各土层含盐率变异系数都分布在区间[0.832,0.963]内,各层含盐率变异系数都大于对应土层含水率变异系数,但变异系数都处于中等变异性区间。含水率和含盐率变异系数最大值都出现在 0~5 cm 层,说明表层的水盐分布受外界的影响更大。

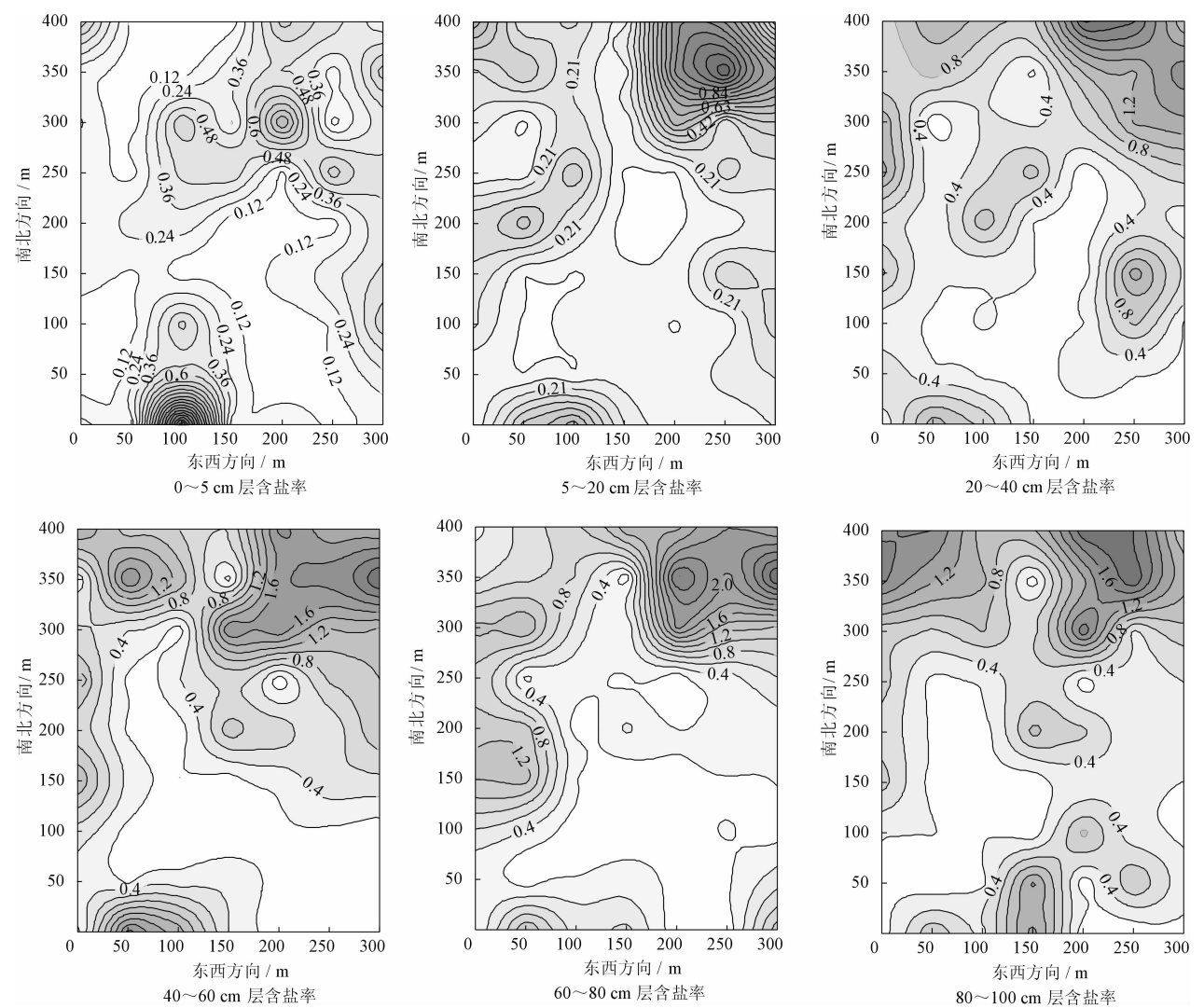
3.2 各土层土壤含水率和含盐率空间分布特征

3.2.1 各土层含水率空间分布特征 图 1 为 6 个土层含水率分布图。由图和表 1 可以看出:在 0~5 cm 层,含水率变异系数 C_v 值为 0.472,在整个水平区域内水分分布差异比较大,最大值 0.22 出现在东西方向 200 m 与南北方向 150 m 的交汇处;在 5~20 cm 层,含水率变异系数 C_v 值为 0.131,水分分布比较均匀,区域内含水率值差异比较小,最大值 0.225 出现在东西方向 150 m 与南北方向 150 m 的交汇处;在 20~80 cm 层,水分在整个区域内的分布无明显规律,其值忽大忽小,但西南角区域内的含水率值一直处在区间[0.26,0.28]内;在 80~100 cm 层,由东西方向 0~100 m 和南北方向 0~300 m 组成的矩形区域,其土壤含水率较低,为 0.1 左右,而在东西方向 100~250 m 和南北方向 0~400 m 组成的矩形区域内,其土壤含水率值较高约 0.2。结合表 1 和图 2,可以得出 5~20 cm 层的含水率变异系数较小,其含水率分布比较均匀,20~80 cm 层的含水率较高;在 0~100 cm 层内西南角区域内的含水率值一直比较高,达 0.26 左右。其原因可以归结于,在生育期初,经过土壤冻融循环之后,随着气温升高,融雪水入渗到土壤当中,使土壤中含水率增加,又由于蒸发作用的影响,使表层含水率减少,底层水分上移,使 20~80 cm 层含水量增加。



布,这就是南北方向 350 ~ 400 m 和东西方向 0 ~ 300 m 组成的区域内含盐量较高的原因;第四,在东西方向 200 ~ 300 m 和南北方向 250 ~ 400 m 的区域内,有

一块开垦年限才 3 ~ 4 a 的棉田,此区域内的土壤经过棉花膜下滴灌改良时间较短,效果不是很明显,故此区域内的含盐量比较高。



图中单位为 10g/kg,即 0.24 代表含盐率为 2.4g/kg

图 2 各土层含盐率分布图

结合图 1 和图 2 可知,边界相邻区域内的含水率和含盐率比其他区域内的要高,西南角的含水率和含盐率是整个区域内最高的,此区域内含水率和含盐率值具有较好的同步性,及增减趋势相似,这与该区域内的高土壤含盐率有关。

4 结 语

在生育期初播种前,土壤中的盐分主要集中在 40 ~ 100 cm 土层,因此春季翻耕的最适宜深度为不大于 40 cm;土壤表层 0 ~ 5 cm 的含水率低于种子出苗的适宜含水率,故春季机械播种时,应适当加大灌水定额,改善土壤墒情,以利种子发芽。然而,在生育期

初播种前,整个冬季的冻融和春季强烈的地表蒸发,势必对土壤水盐的空间分布产生很大影响,故对土壤冻融过程的研究将有利于进一步了解土壤的水盐空间分布,并对春季播种具有一定的指导意义。此外,限于资料的时段性限制,今后将对试验田进行较长时期的观测,从而更全面彻底的对长期膜下滴灌棉田水盐分布特征和影响程度进行系统科学的分析。

参考文献:

[1] 李玉义,张凤华,潘旭东,等. 新疆玛纳斯河流域不同地貌类型土壤盐分累积变化[J]. 农业工程学报,2007,23 (2):60 - 64.

- [2] 刘新永,田长彦,马英杰,等. 南疆膜下滴灌棉花耗水规律以及灌溉制度研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(1):108-112.
- [3] 宁松瑞,左 强,石建初. 新疆膜下滴灌棉田水盐运移特征研究进展[J]. 灌溉排水学报,2014,33(2):121-125.
- [4] 虎胆·吐马尔白,谷新保,曹 伟,等. 不同年限棉田膜下滴灌水盐运移规律实验研究[J]. 新疆农业大学学报, 2009,32(2):72-77.
- [5] 徐 英,陈亚新,周明耀. 不同时期农田土壤水分和盐分的空间变异性分析[J]. 灌溉排水学报,2005, 24(3):30-34.
- [6] 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[J]. 节水灌溉, 2011(8):29-31.
- [7] 王一民,虎胆·吐马尔白,弋鹏飞,等. 盐碱地膜下滴灌水盐运移规律试验研究[J]. 中国农村水利水电,2010(10):13-17.
- [8] 李 敏,李 毅,曹 伟,等. 不同尺度网格膜下滴灌土壤水盐的空间变异性分析[J]. 水利学报,2009, 40(10):1210-1218.
- [9] 甘海华,彭凌云. 江门市新会区耕地土壤养分空间变异特征[J]. 应用生态学报, 2005, 16(8):1437-1442.
- [10] 王 辉. 农学概论[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2009.
- [11] 雷志栋,杨诗秀,谢森传. 土壤水动力学[M]. 北京:清华大学出版社,1988.
- [12] 新疆维吾尔自治区农业厅,新疆维吾尔自治区土壤普查办公室. 新疆维吾尔自治区土壤[M]. 北京:科学出版社,1996:151-521.
- [13] 李少昆,王崇桃,汪朝阳,等. 北疆高产棉花根系生长规律的研究: I. 根系的构型与动态建成[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 1999, 3(Z1):15-25.
- [14] 孙三民,蔡焕杰,安巧霞. 新疆阿拉尔灌区棉花苗期耐盐度研究[J]. 人民黄河, 2009, 31(4):81-82.
- [15] 牟洪臣,虎胆·吐马尔白,苏里坦,等. 干旱地区棉田膜下滴灌盐分运移规律[J]. 农业工程学报, 2011,27(7):18-22.

(上接第 220 页)

程中推广使用。在阿拉沟水库中选择胶凝砂砾石作为溢洪道基础结构,这是胶凝砂砾石筑坝技术的一种拓广应用。现场检测结果表明尽管骨料级配具有随机性而未严格控制,但胶凝砂砾石的主要物理力学性能是稳定的,溢洪道结构的安全性可以得到保证,阿拉沟溢洪道胶凝砂砾石基础结构的实践为同类工程提供了一个成功的范例。由于这种技术尚处在起步和发展中,有些问题仍需做进一步研究。

参考文献:

- [1] 贾金生,马锋玲,李新宇,等. 胶凝砂砾石坝材料特性研究及工程应用[J]. 水利学报,2006,37(5):578-582.
- [2] 冯 炜,贾金生,马锋玲. 胶凝砂砾石坝筑坝材料耐久性研究及新型防护材料的研发[J]. 水利学报,2013,44(4):500-504.
- [3] 陈振华,林胜柱,魏建忠,等. 胶凝砂砾石筑坝技术新进展[J]. 水利科技,2011(4):29-32.
- [4] 冯 炜,贾金生,马锋玲. 胶凝砂砾石材料配合比设计参数的研究[J]. 水利水电技术,2013,44(2):55-58.
- [5] 田育功,唐幼平. 胶凝砂砾石筑坝技术在功果桥上游围堰中的研究与应用[J]. 水利规划与设计,2011(1):51-57.
- [6] 魏建忠,吴祖廷,吴友旺,等. 新型贫胶硬填料筑坝技术研究应用[C]//. 中国水力发电工程学会碾压混凝土筑坝专业委员会、中国水利学会碾压混凝土筑坝专业委员会. 中国碾压混凝土筑坝技术,北京,2010.
- [7] 孙明权,杨世锋,柴启辉. 胶凝砂砾石坝基础理论研究[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版),2014,35(2):43-46.
- [8] 刘录录,何建新,刘 亮,等. 胶凝砂砾石材料抗压强度影响因素及规律研究[J]. 混凝土,2013(3):77-80.
- [9] 中华人民共和国水利行业标准. SL678-2014. 胶结颗粒料筑坝技术导则[S]. 北京:中国水利水电出版社.
- [10] 刘学章,李 宪. 胶凝砂砾石坝特点及国外已建工程简介[J]. 广西水利水电,2011,(3):75-79.