

doi:10.3969/j.issn.1674-8530.2013.09.015

盐碱地排水沟水体盐分变化规律

潘延鑫, 罗纨, 贾忠华, 李进, 陈远

(西安理工大学教育部西北水资源与环境生态重点实验室, 陕西 西安 710048)



潘延鑫

摘要: 为了研究陕西卤泊滩盐碱地排水沟在排水出路受阻, 上游灌区退水导致排水沟周期性较高水位运行条件下的水体盐分变化情况, 选择研究区3条排水沟, 进行野外水盐监测试验, 测定了排水沟水体盐分随时间的变化规律. 研究表明: 在当前条件下影响研究区排水沟水量的主要因素为干旱蒸发和上游灌区退水. 干早期排水沟水量较少, 上游灌区低含盐量的退水进入研究区排水沟内, 致使水量显著增大, 在研究区下游排水沟内水深达1.15 m; 排水沟水体电导率值在干旱季节较高, 盐分从上游至下游呈现出一定的富集现象; 上游监测点水体电导率基本维持在2~14 ms/cm, 下游水体电导率值高达25.2 ms/cm; 研究区上游灌区退水在排水沟内大量蓄积, 使得排水沟水体电导率值降低至1.9 ms/cm, 稀释率高达10倍, 表明退水可以稀释排水沟中的盐分水平, 维持排水沟水体盐分平衡, 达到排盐效果.

关键词: 排水沟; 盐分平衡; 电导率; 退水; 盐碱地

中图分类号: S276.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-8530(2013)09-0811-05

潘延鑫, 罗纨, 贾忠华, 等. 盐碱地排水沟水体盐分变化规律[J]. 排灌机械工程学报, 2013, 31(9): 811-815.

Variation characteristics of salinity in water of drainage ditches in saline lands

Pan Yanxin, Luo Wan, Jia Zhonghua, Li Jin, Chen Yuan

(Northwest Key Laboratory of Water Resource and Environment Ecology, Ministry of Education, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: The drainage ditches in the saline lands around Lupuotan Lake, Shaanxi Province are periodically full of water due to the blockage of drainage outlet and received huge amount of irrigation water returned from two upstream irrigation districts, causing a change in salinity concentration in the water body of the drainage ditches. To reveal the actual variation characteristics of salinity, the salinity in the water of three drainage ditches was monitored over two years. The results showed that the increase in salinity was apparent in the drainage ditches during the dry season from upstream to downstream in the studied lands, and the electrical conductivity of water in the upstream ditches was varied between 2 and 14 ms/cm, but it was as high as 25.2 ms/cm in the downstream ditches. The fresh water from two upstream irrigation districts was recharged into the drainage ditches regularly, and the salt accumulation was destroyed. As a result, the salinity was diluted by more than 10 times and the electrical conductivity of that water was lowered down to 1.9 ms/cm. Such periodic dilutions allow a relatively low salinity level to be kept and a salt balance to be maintained in the water body of the drainage ditches studied.

Key words: drainage ditch; salt balance; electric conductivity; irrigation return flow; saline-alkali land

收稿日期: 2012-12-24; 网络出版时间: 2013-09-16

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1814.TH.20130916.1057.010.html>

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51079122); 陕西省教育厅专项科研项目(2010JK712)

作者简介: 潘延鑫(1985—), 男, 甘肃靖远人, 博士研究生(pyx509@126.com), 主要从事农业水资源与环境保护研究.

罗纨(1967—), 女, 新疆霍城人, 教授, 博士生导师(通信作者, wluo@mail.xaut.edu.cn), 主要从事农业水资源保护研究.

在干旱半干旱地区,农业的发展需要灌溉,同时也离不开排水.科学研究和生产实践表明,农田排水是防止土地退化^[1]、改良盐碱地^[2]和涝渍中低产田^[3-4]的重要手段.人类发展生产的经验证明,完善地灌溉农田历来都取决于卓有成效的排水工程.作为排水工程的农田排水沟对农业面源污染的控制^[5-6]和管理^[7-8]有着举足轻重的作用.大量研究表明农田排水沟不仅具有排水功能,还具有人工湿地的生态功效^[9-11].近年来国外关于排水沟溶质迁移的研究已取得一些成果^[12-14],但还处于发展阶段,而国内在此方面鲜有报道^[15-17].尤其是在干旱半干旱农业区,盐碱地排水中含有大量的盐分,排水沟内的迁移转化问题研究更为复杂,值得积极探索与研究.

陕西卤泊滩盐碱地改良区在历史上曾为古湖泊洼地,土壤盐分累计较多,近代被开垦为农田,但盐渍化问题一直未能解决.在后期通过土地平整和健全灌排系统措施,实施盐碱地深度治理的过程中,受到经济因素和环境保护要求限制,通往滩外的排水干沟未能疏通.由于地势较低,到了灌溉季节除了本区部分排水以外,还有大量来自上游灌区的灌溉退水进入区内排水沟和一些下游洼地.这些含盐量很低的灌溉退水,进入排水沟内后稀释了原有的高含盐水,排水沟底泥与上覆水体间的盐分交换对于区内盐分平衡及其运移产生了一定的影响^[18].为了找出研究区现有排水条件下排水沟水体盐分的动态变化规律,文中根据卤泊滩排水沟水体盐分的监测结果,分析卤泊滩农田排水沟水体盐分分布情况,探讨盐碱地排水沟水体盐分的变化规律及其影响因子,以便为干旱半干旱区农业生态保护

和盐碱地治理提供理论依据.

1 研究区概况及监测设计

1.1 研究区概况

研究区位于陕西省蒲城县和富平县交界处的卤泊滩盐碱地改良区,地理位置为东经 $109^{\circ}18' \sim 109^{\circ}42'$,北纬 $34^{\circ}43' \sim 34^{\circ}50'$,东西长为 $5 \sim 30$ km,南北宽为 $1.5 \sim 7.0$ km,总面积为 $8\,160$ hm^2 .其中蒲城县内 $7\,067$ hm^2 ,占全滩总面积的 86.6% ;富平县内 $1\,093$ hm^2 ,占全滩总面积的 13.4% .区内属于半干旱大陆性气候,多年平均降雨量为 498 mm,一年内降雨多集中在7—9月份;全年蒸发量 $1\,000 \sim 1\,300$ mm,为降雨量的 $2.0 \sim 2.3$ 倍;年平均气温 13.4 $^{\circ}\text{C}$,夏季最高气温 41.8 $^{\circ}\text{C}$;土壤为典型的硫酸盐盐碱土,pH值为 8 .

1.2 监测设计

为了研究排水沟水体盐分动态变化情况,在研究区的3条排水干沟上布置了16个采样点,如图1所示.采样点的布设采取大致均分和便于测量取样又统筹兼顾整个研究区的原则,干沟监测点均布设于排水沟渠所架设的石桥上,同时监测排水沟水位,并将排水沟断面简化为梯形,对其中水量进行计算.为保证取水样的成功,每个监测点位每次取2个水样,以供平行测试.取样成功后采用专门的水样瓶封装运回实验室,通过哈西 Sension156 电导仪进行测量,水体中盐分质量分数用电导率值表示.图中箭头代表水流方向,上游灌区退水自西边 M20 进入卤泊滩,流入 M 沟,当水量较大时,部分水量沿相反方向进入 N 沟与 P 沟的下游.

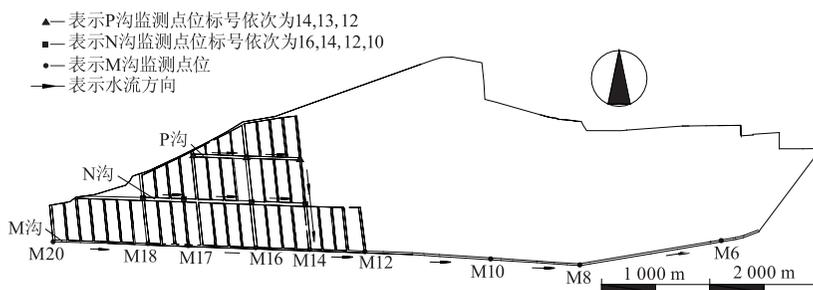


图1 排水沟水体盐分监测点位布设图

Fig. 1 Layout of sampling points for monitoring salinity in water

对2009年7月3日、7月14日、7月30日、8月13日、9月3日、9月28日和10月22日共7次监测采集的500个水样电导率数据进行统计分析.试验期月降雨量(P_m)和月蒸发量(ET_m)如图2所示,其

中蒸发量采用研究区实测的降雨量,气温、湿度和风速等气象资料按FAO-56推荐的Penman-Monteith公式进行计算.计算结果显示,研究区降雨量集中在7—9月份,且蒸发量较大.

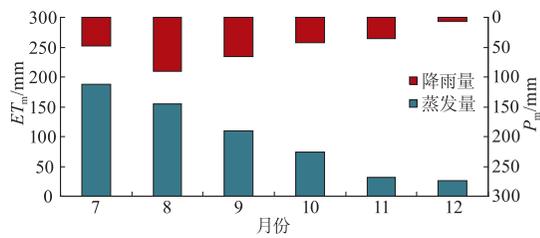


图2 研究区月蒸发与降雨统计资料

Fig. 2 Monthly evaporation and rainfall data in studied areas

2 结果与分析

2.1 排水沟不同时期水量分析

根据监测期内的降雨和排水沟中的水量,选取3次典型的采样分别为干旱(7月3日)、降雨(7月30日)和退水(9月3日)进行分析.将排水沟断面简化为梯形,计算出的排水沟水量如图3所示.由图可以看出,干旱期降雨量少,蒸发强烈,区内没有外来水源补给,导致排水沟中水量极少;降雨期内累计降雨量为30.5 mm,由于前期农田土壤较为干旱,排水量很少,沟内水量没有明显增大;秋季退水期,来自上游灌区的退水在排水沟内大量蓄积,使得沟内水量明显增大,同时沿着干沟排水水流汇集方向(P沟→N沟→M沟),沟底高程逐渐降低,水深增加,水量也逐渐增大.由此可以看出,影响排水沟中水量的主要因素是干旱蒸发和上游灌区的退水,并且由于地形因素,退水后排水沟中水深分布不均匀,其中M沟下游水深达1.15 m.

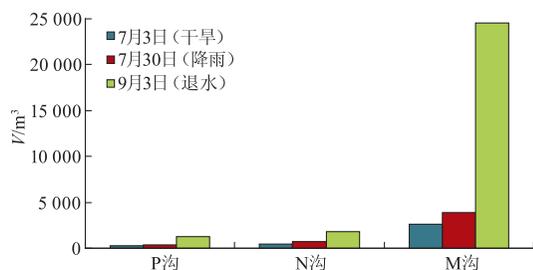


图3 各排水沟不同时期水量

Fig. 3 Volume of water in drainage ditches during different times

2.2 排水沟不同时期水质分析

图4显示不同监测时期3条排水沟从上游到下游各监测点位电导率值的变化情况.从图中可以看出,各排水沟在不同时期水量的不同造成了水质的差别.在干旱期由于蒸发强烈,排水沟水量减少,盐分浓缩,各排水沟从上游到下游监测点位电导率值沿程有逐渐增大的趋势,表明排水沟盐分在下游有

一定的富集;降雨期由于淡水的补充,使得排水沟内水量有一定的增大,但因补给的水量有限,排水沟中水体盐分质量分数仍然处于相对较高的水平;上游灌区退水发生后,排水沟内水量明显增大,排水沟下游水体电导率显著降低,表明退水可以稀释排水沟内水体盐分质量分数.

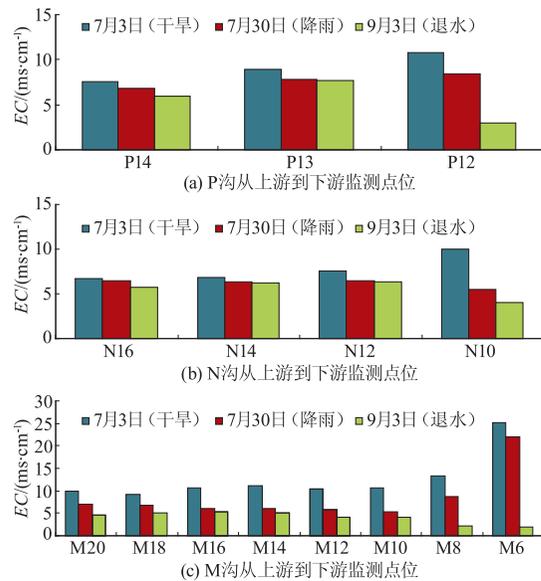


图4 排水沟不同时期电导率值

Fig. 4 Measured electrical conductivity in drainage ditches at various locations and different times

图4中,P沟和N沟各监测点位电导率值基本维持在2~12 ms/cm.上游各监测点位不同时期电导率值变化不大,主要由于2条排水沟上游基本不受区外退水的影响;下游监测点位处的电导率值波动较大,这是由于此处属于排水沟水的汇集点,排水沟盐分随水流迁移至此,干旱时排水沟内水分蒸发盐分浓缩,电导率值升高;当退水发生时,区外退水可补给此处水量,稀释了水体盐分质量分数,电导率值相应降低.

M沟上游各监测点位电导率值基本维持在2~14 ms/cm,而在下游监测点位水体电导率发生了显著变化.结合排水沟水量监测结果分析,2009年7月3日,由于长期的干旱气候,使得排水沟内的水量大量蒸发,沟内盐分浓缩,电导率增大到25.2 ms/cm;而在退水发生时,排水沟水位大幅上涨,水量显著增大,其中盐分质量分数明显减小,表现为水体电导率值急剧下降;9月3日上游灌区退水发生时,沟内聚集了大量的退水,水位明显上升,水量增大,特别是在下游产生了大面积的明水水面,水体电导率值降低至1.9 ms/cm.

2.3 排水沟水质统计分析

在干旱半干旱地区,农田排水系统主要功能是维持灌区水盐平衡和控制土壤盐渍化,对于承担盐碱地排水任务的农田排水沟系统而言,盐分过多累积对其生态功能造成了一定的威胁.如何通过合理的管理手段控制排水沟盐分累积的不利影响是一个迫切需要解决的难题,目前,定期引入淡水进行冲洗来降低排水沟中水体的盐分水平已经开始实

施^[19-20].表1显示了排水沟监测点位水样电导率统计结果,表中 EC_{\min} , EC_{\max} 分别为电导率最小值和最大值, EC_a 为电导率平均值.由表可以看出,卤泊滩盐碱地排水中的盐分在排水沟内随着水流运动的方向迁移至下游,水体电导率值达到9.8 ms/cm,表明盐分在下游有一定的富集;区外低含盐量退水周期性的注入可以稀释排水沟内盐分质量分数,达到排盐效果.

表1 排水沟监测点位水样电导率统计数据表
Tab.1 Data sheet of measured electrical conductivity in drainage ditches at different locations

沟名	监测点位	$EC_{\min}/(\text{ms} \cdot \text{cm}^{-1})$	$EC_{\max}/(\text{ms} \cdot \text{cm}^{-1})$	$EC_a/(\text{ms} \cdot \text{cm}^{-1})$	标准偏差	变异系数
P 沟	P14	5.00	7.61	6.288	0.805	0.13
	P13	5.39	8.04	6.761	0.861	0.13
	P12	2.13	11.18	6.747	2.661	0.39
N 沟	N16	4.60	7.95	5.798	0.803	0.14
	N14	4.83	8.07	6.298	0.785	0.12
	N12	5.16	9.14	6.540	0.882	0.13
	N10	2.77	10.02	6.534	1.967	0.30
M 沟	M20	1.64	9.98	6.045	2.209	0.37
	M18	2.86	9.30	6.238	1.713	0.27
	M17	3.07	7.45	5.816	1.256	0.22
	M16	3.63	11.54	6.728	2.155	0.32
	M14	2.16	12.13	6.318	2.494	0.39
	M12	2.52	10.66	5.952	2.205	0.37
	M10	2.23	11.87	6.294	2.668	0.42
	M8	1.91	13.19	5.825	3.047	0.52
M6	1.90	25.20	9.833	7.475	0.76	

3 结 论

文中通过对研究区排水沟水体水量与水质监测研究得到如下结论:

1)排水沟水量分析表明干早期由于蒸发强烈、降雨量稀少、研究区排水沟内无退水补给,导致排水沟水量较少;降雨期由于累计降雨量小,排水沟内水量无明显增大;退水期来自上游灌区的退水在排水沟内大量蓄积,使得沟内水量明显增大,沿着干沟排水水流汇集方向水量也逐渐增大;影响排水沟中水量的主要因素是干旱蒸发和上游灌区的退水,并且由于地形因素,退水后排水沟中水深分布不均,其中M沟下游水深可达1.15 m.

2)排水沟水质分析表明排水沟在不同时期水量不同造成了水质的差别.干早期蒸发强烈,排水沟水量减少,盐分浓缩,排水沟从上游到下游监测点位电导率值沿程逐渐升高,其中M沟下游水体电导率值最高达到了25.2 ms/cm,盐分在下游有一定程度的富集;降雨期排水沟内水量有一定的增大,

但是由于补给水量有限,排水沟中水体盐分质量分数仍然处于相对较高的水平;退水期排水沟内蓄积了大量低含盐量的退水,降低了排水沟内盐分水平,其中M沟下游水体电导率值降低到1.9 ms/cm,退水稀释排水沟内盐分质量分数可达排盐效果.

参考文献 (References)

- [1] 赵建宁,张贵龙,刘红梅,等.农田排水氮磷拦截潜流坝的设计与运行[J].农业工程学报,2013,29(2):88-92.
Zhao Jianning, Zhang Guilong, Liu Hongmei, et al. Design and operation of subsurface flow dam for intercepting nitrogen and phosphorus of farmland drainage [J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(2): 88-92. (in Chinese)
- [2] 王少丽.基于水环境保护的农田排水研究新进展[J].水利学报,2010,41(6):697-702.
Wang Shaoli. Advancement of study on farmland drainage technology based on water environment protection [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2010, 41(6): 697-702. (in Chinese)

- [3] 孙晓静,王志春,赵长巍,等. 盐碱地农田排水对查干湖承泄区的水质影响评价[J]. 农业工程学报,2011,27(9):214-219.
Sun Xiaojing, Wang Zhichun, Zhao Changwei, et al. Impact assessment of saline-sodic agricultural drainage on water quality in vented area of Chagan lake [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(9): 214-219. (in Chinese)
- [4] Ale S, Bowling L C, Owens P R, et al. Development and application of a distributed modeling approach to assess the watershed-scale impact of drainage water management [J]. Agricultural Water Management, 2012, 107(7): 23-33.
- [5] 景卫华,罗纨,贾忠华,等. 砂姜黑土区多目标农田排水系统优化布置研究[J]. 水利学报,2012,43(7):842-851.
Jing Weihua, Luo Wan, Jia Zhonghua, et al. Optimization of agricultural drainage system design with multiple objectives in a vertisol soil district of China based on DRAINMOD simulations [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2012,43(7):842-851. (in Chinese)
- [6] Luo W, Jia Z, Fang S, et al. Outflow reduction and salt and nitrogen dynamics at controlled drainage in the Yinnan irrigation district, China [J]. Agricultural Water Management, 2008,95(7): 809-816.
- [7] Kröger R, Moore M T, Locke M A, et al. Evaluating the influence of wetland vegetation on chemical residence time in Mississippi Delta drainage ditches [J]. Agricultural Water Management, 2009, 96(3): 1175-1179.
- [8] Herzon I, Helenius J. Agricultural drainage ditches, their biological importance and functioning[J]. Biological Conservation, 2008, 141(5):1171-1181.
- [9] 李强坤,胡亚伟,孙娟. 农业非点源污染在排水沟中的迁移转化研究进展[J]. 中国生态农业学报,2010,18(1):210-214.
Li Qiangkun, Hu Yawei, Sun Juan. Migration and transformation of agricultural non-point source pollutants in drainage ditches [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010,18(1):210-214. (in Chinese)
- [10] Dages C, Voltz M, Bsaibes A, et al. Estimating the role of a ditch network in groundwater recharge in a Mediterranean catchment using a water balance approach [J]. Journal of Hydrology, 2009,375(3/4):498-512.
- [11] Ahiablame L M, Chaubey I, Smith D R, et al. Effect of tile effluent on nutrient concentration and retention efficiency in agricultural drainage ditches [J]. Agricultural Water Management, 2011, 98(8): 1271-1279.
- [12] Kröger R, Pierce S C, Littlejohn K A, et al. Decreasing nitrate-N loads to coastal ecosystems with innovative drainage management strategies in agricultural landscapes: An experimental approach [J]. Agricultural Water Management, 2012, 103(1): 162-166.
- [13] Shabaga J A, Alan R H. Groundwater-fed surface flow path hydrodynamics and nitrate removal in three riparian zones in southern Ontario, Canada [J]. Journal of Hydrology, 2010,388(1/2):52-64.
- [14] Borin M, Tocchetto D. Five year water and nitrogen balance for a constructed surface flow wetland treating agricultural drainage waters [J]. Science of the Total Environment, 2007,380(1/2/3):38-47.
- [15] 姜翠玲,裴海峰. 底泥盐分释放对北塘水库水质咸化的影响[J]. 环境科学与技术,2007,30(9):39-47.
Jiang Cuiling, Pei Haifeng. Effect of salt release from sediment on water quality of Beitang reservoir [J]. Environmental Science and Technology, 2007,30(9):39-47. (in Chinese)
- [16] 姜翠玲,裴海峰. 北塘水库底泥盐分释放的影响因子研究[J]. 环境科学与技术,2007,30(10):1-4.
Jiang Cuiling, Pei Haifeng. Impact factors on salt release from Beitang reservoir sediment [J]. Environmental Science and Technology, 2007,30(10):1-4. (in Chinese)
- [17] 潘延鑫,罗纨,贾忠华,等. 农田排水沟水体与底泥中盐分迁移研究[J]. 水土保持学报,2012,26(5):182-185
Pan Yanxin, Luo Wan, Jia Zhonghua, et al. Salinity variation in water and the sediments of drainage ditches in a saline agricultural environment [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2012,26(5):182-185. (in Chinese)
- [18] Jia Z, Luo W, Xie J, et al. Salinity dynamics of wetland ditches receiving drainage from irrigated agricultural land in arid and semi-arid regions [J]. Agricultural Water Management, 2011, 100(1): 9-17.
- [19] Amer K H. Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels [J]. Agricultural Water Management, 2010, 97(10): 1553-1563.
- [20] 潘延鑫,罗纨,贾忠华,等. 盐碱地排水沟蓄水后底泥与水体盐分交换试验[J]. 农业工程学报,2013,29(2):81-87.
Pan Yanxin, Luo Wan, Jia Zhonghua, et al. Experiment on salt exchange between sediments and ponding water in drainage ditches of saline farmland [J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(2): 81-87. (in Chinese)