

不同灌溉方式棉田土壤含盐量的分布特征 ——以玛纳斯河中游灌区为例

陈文玲^{1,2}, 冉圣宏^{1*}, 刘韬韬³

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049;

3. 中国科学院西北生态环境资源研究院沙漠室, 兰州 730000)

摘要:【目的】为干旱区节水灌溉和土壤盐渍化的预防提供依据。【方法】采用野外采样、实验室分析及统计分析等方法,并基于空间换时间的研究方法,以玛纳斯河中游灌区为例,开展了灌溉方式(荒地、漫灌、滴灌)对棉田土壤盐分分布特征的研究。【结果】各灌溉方式变化过程0~40 cm及0~100 cm剖面内各层土壤含盐量分布特征大致为:荒地最高,滴灌棉田灌溉初期次之,漫灌棉田相对最低;随滴灌年限增加,土壤含盐量呈波动上升趋势;随着土层深度增加,各样地土壤含盐量大致呈现出:荒地各层土壤含盐量均比较高,漫灌棉田土壤含盐量主要集中在20~60 cm土层,0~20、60~100 cm土层相对较少,滴灌棉田各层土壤含盐量规律不明显。不同灌溉方式棉田纵剖面土壤含盐量的变异性为:荒地最低,漫灌棉田最高,而滴灌棉田变异性位于荒地和漫灌棉田之间,并且随滴灌年限增加土壤含盐量变异性呈现出1~4 a内波动减小,4~5 a间达到最小,4~5 a后波动增大的趋势;在灌溉方式变化过程中随土层深度增加各层土壤含盐量变异性呈波动下降的趋势。【结论】综上所述可知,不同灌溉方式以及灌溉年限的变化对棉田各层土壤含盐量及其变异性会有明显的影响。

关键词:灌溉方式;土壤含盐量;变化特征;变异系数;玛纳斯河中游灌区

中图分类号:S275

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.gggs.2016.0225

陈文玲,冉圣宏,刘韬韬. 不同灌溉方式棉田土壤含盐量的分布特征:以玛纳斯河中游灌区为例[J]. 灌溉排水学报,2018,37(5):33-38.

0 引言

灌溉方式变化引起的土壤盐分变化是新疆干旱区耕地关注的主要问题之一^[1-2]。新疆地处典型干旱地区,耕地面积大,耕地的盐渍化一直广受关注。中国科学院遥感调查结果显示,2006年新疆盐渍化面积占灌区耕地面积的32.07%,新疆灌区耕地盐渍化已经威胁到绿洲的生态安全和社会经济的可持续发展^[3-5]。

20世纪90年代以来,灌溉技术的不断改进一定程度上缓解了干旱区绿洲农业水资源的紧缺状况,推动了干旱区绿洲农业的发展^[6];但是,灌溉方式变化也必然对干旱区绿洲耕地土壤盐渍化、土壤含水率等带来影响。有研究^[7-8]认为,滴灌会使得地下水位下降,从而使得土壤盐渍化程度有所减轻。但研究发现,由于耕地盐渍化的影响因素和作用机理比较复杂,加上不同区域灌溉方式也不完全相同,使干旱区灌溉方式的变化对耕地土壤盐分变化的影响在不同区域表现出了不同的趋势。如冯广平等^[9]认为超大灌水量是导致土壤恶性盐渍化的主要原因;张伟等^[10]认为滴灌方式下井水灌溉土壤盐分高于河水以及冰雪融水,不同的土壤质地棉田土壤含盐量存在差异,并且随着滴灌年限的增加,土壤盐分呈不断增加的趋势;屈忠义等^[11]认为实施节水灌溉后,0~40 cm浅层土壤表现出了明显的脱盐趋势,但土壤水分减少及地下水位的下降可能造成土壤某些阶段土壤水分的亏缺、作物种植结构和灌溉制度的改变。

收稿日期:2016-02-25

基金项目:国家自然科学基金项目(41171083,U1203181)

作者简介:陈文玲(1988-),女,硕士研究生,主要从事土地利用变化及环境效应研究。E-mail: chenwenling0409@163.com

通信作者:冉圣宏(1969-),男,副研究员,主要从事土地利用变化及其环境效应研究。E-mail: ransh@igsnr.ac.cn

目前,灌溉方式的变化对土壤盐渍化的影响尚存在争议。为此,基于以空间换时间的研究方法,分析灌溉方式变化过程中土壤含盐量的分布特征,不仅可以预测同一区域不同灌溉方式下棉田土壤含盐量的分布特征及变化趋势,还可以为干旱区节水灌溉和土壤盐渍化的预防提供一定科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

以新疆玛纳斯河中游典型灌区为例,该区位于天山北麓中段,古尔班通古特沙漠南缘。该流域地处亚欧大陆腹地,远离海洋,气候干燥,属典型的大陆性干旱气候。年平均气温4.7~5.7℃,最高气温达到43℃,最低气温-42.8℃,年平均降水量180~270 mm,年平均蒸发量1 000~1 500 mm。灌溉水主要来源于降雨及天山融水汇集的玛纳斯河水。研究区在1996年前大部分土地被开垦并且以漫灌为主,少部分土地处于撂荒阶段,自1996年后开始推广滴灌技术,先进灌溉方式的普及一定程度上缓解了水资源短缺问题,但是其对土壤含盐量及其分布也会产生一定的影响。

1.2 采样方法

为了尽量减少气候、地貌、土壤类型等自然因素对试验数据的影响,样地的选取遵循以下原则:①每一样地内不同灌溉方式下地块的气候类型、地质地貌类型、地下水文、土壤质地等自然条件保持一致或近似;②每一样地内不同灌溉方式下地块的灌溉水源均为渠水,土壤类型相同,保证地块土壤渗透率基本一致;③每块样地均有灌溉方式不同(荒地、漫灌和滴灌)的相邻地块作为对比研究,除了“湖西村”荒地属于轻度盐渍化外,其余地块均属于非盐渍化区,并且各样地的播种和摘收、棉花品种以及种植密度、滴灌覆膜情况、管理施肥措施及农业政策等均一致;④尽量避免在路边、田边、沟边以及特殊地形部位和堆肥地取样;⑤滴灌地的每个采样点都距离滴灌管带20 cm左右。基于以上原则,确定了六户地、桐树村、新斗村和湖西村4个样点,每个样点均选择灌溉方式不同的荒地、漫灌以及不同滴灌年限相邻样地采样。由于4个样点现有实际灌溉方式并不一致,其中六户地、湖西村包括荒地、漫灌和不同滴灌年限的棉田,而新斗村、湖西村只有漫灌和不同滴灌年限的棉田。其中,荒地无灌溉,水分仅依靠当地的降水补给,漫灌地年灌溉频次约为5次,总用水量平均每年约为6 000 m³/hm²,滴灌地平均年灌溉频次约为7次,总用水量平均每年约为4 650 m³/hm²。每块样地采取等边三角形重复均匀取样,即每块样地选取9个点进行采样,每3个点形成1个混合样,采样按0~20、20~40、40~60、60~100 cm分层进行。

1.3 研究方法

主要对土壤样本的八大盐离子、含水率、pH值进行分析。对从野外取回的土样(铝盒包装)立即称质量;采用5:1水土比的方法进行水溶性盐分的浸提;水溶性盐分的测定则根据《土壤农化分析(第三版)》中的方法进行^[12]:CO₃²⁻、HCO₃⁻采用双指示剂中和法测定;Cl⁻采用AgNO₃滴定法测定;SO₄²⁻采用EDTA间接络合滴定法测定;Ca²⁺和Mg²⁺采用EDTA滴定法测定;K⁺和Na⁺采用火焰光度计测定。依据土壤含盐量数据,依据变异系数进行变异性分级,变异系数<10%为弱变异;变异系数10%~100%为中等变异;变异系数>100%为强变异^[13],研究灌溉方式变化中棉田土壤含盐量的分布特征。

2 结果与分析

2.1 各样地不同灌溉方式0~40 cm土层土壤平均含盐量分布特征

表1为各样地棉田表层和根层(0~40 cm)土壤平均含盐量变化特征。由表1可知,荒地土壤含盐量最高;漫灌方式下棉田土壤含盐量最低;但实施滴灌方式后,除了六户地外,其余3块棉田随着滴灌年限的增加土壤含盐量呈波动增加的趋势。

荒地土壤含盐量最高,这可能是因为荒地无灌溉水分且植被稀疏,土壤干旱缺水,并且土壤含盐量随土壤水分的蒸发向土层上部运移,故荒地土壤含盐量较高。漫灌方式下棉田土壤含盐量最低,主要是因为漫灌方式下灌水量及灌水强度比较大,0~40 cm土层

样地	六户地	湖西村	新斗村	桐树村
荒地	3.27	6.40	-	-
漫灌	0.44	1.30	0.41	0.46
滴灌1	0.30	1.28	-	-
滴灌2	0.35	4.63	-	-
滴灌3	0.46	2.91	0.68	-
滴灌4	1.12	4.65	0.62	-
滴灌5	0.35	-	0.98	0.98
滴灌6	0.33	-	1.19	1.54
滴灌7	-	-	-	1.96

注 样地滴灌后面的数值代表该地使用滴灌的年限。

土壤脱盐效果比较明显。而滴灌棉田土壤含盐量位于荒地和漫灌棉田之间,并随滴灌年限的增加呈现出围绕着某一数值波动变化或波动增加的趋势,这主要是因为滴灌方式下单次灌水量以及灌水强度较小,土壤盐分随水分下渗量以及下渗深度较小,故土壤含盐量高于漫灌。滴灌方式下,土壤含盐量随水分向下运移较少,大部分土壤盐分随着土壤水分的蒸发或者植物的蒸腾积累在0~40 cm土层内,故随滴灌年限的增加土壤含盐量呈波动增加的趋势。六户地的土壤质地为黏土,可能土壤含盐量随着滴灌年限的增加,其盐分变化的敏感性弱于其他3块样地(湖西村样点为沙土,桐树村样点为沙壤土,新窠村样点为壤土),故短期内的滴灌其盐分值围绕着0.5 g/kg波动变化,若随着滴灌年限的继续增加,其盐分值可能呈现出波动增加的趋势,这一点有待于后续的研究。

2.2 各样地不同灌溉方式0~100 cm土层内各层土壤含盐量变化特征

图1为各样地0~100 cm土层土壤含盐量的分布特征。由图1可知,虽然4块样地不同灌溉方式下各层土壤含盐量的变化幅度以及变化特征并不完全一致,但各层土壤含盐量的变化趋势基本是一致的,即:荒地土壤含盐量最高,除六户地外,漫灌棉田土壤含盐量最低;滴灌棉田各层土壤含盐量随着滴灌年限的增加呈波动增加的趋势。这主要是因为荒地蒸发强烈且缺乏植被,土壤干旱缺水,各层土壤盐分随水分的蒸发向土层上部集聚,故0~100 cm剖面内各层土壤含盐量均较高;漫灌棉田灌水量及灌水强度大于滴灌棉田,故漫灌棉田表层土壤脱盐比较明显,且随着土层深度的增加,土壤水分下渗的动力逐渐减弱,阻力不断增大,土壤盐分在表层以下各层逐渐累积,土壤盐分主要集中在20~60 cm土层,0~20、60~100 cm土层相对较少;随着土层深度的增加,滴灌棉田0~100 cm土层内各层土壤含盐量的变化规律并不明显,这可能是因为滴灌方式下的灌水量及灌水强度相对较低,不同样地各层土壤含盐量的分布特征易受到当地特殊环境的影响,使得滴灌因素影响下的各层土壤含盐量分布特征在不同样地间的变化趋势并不一致。

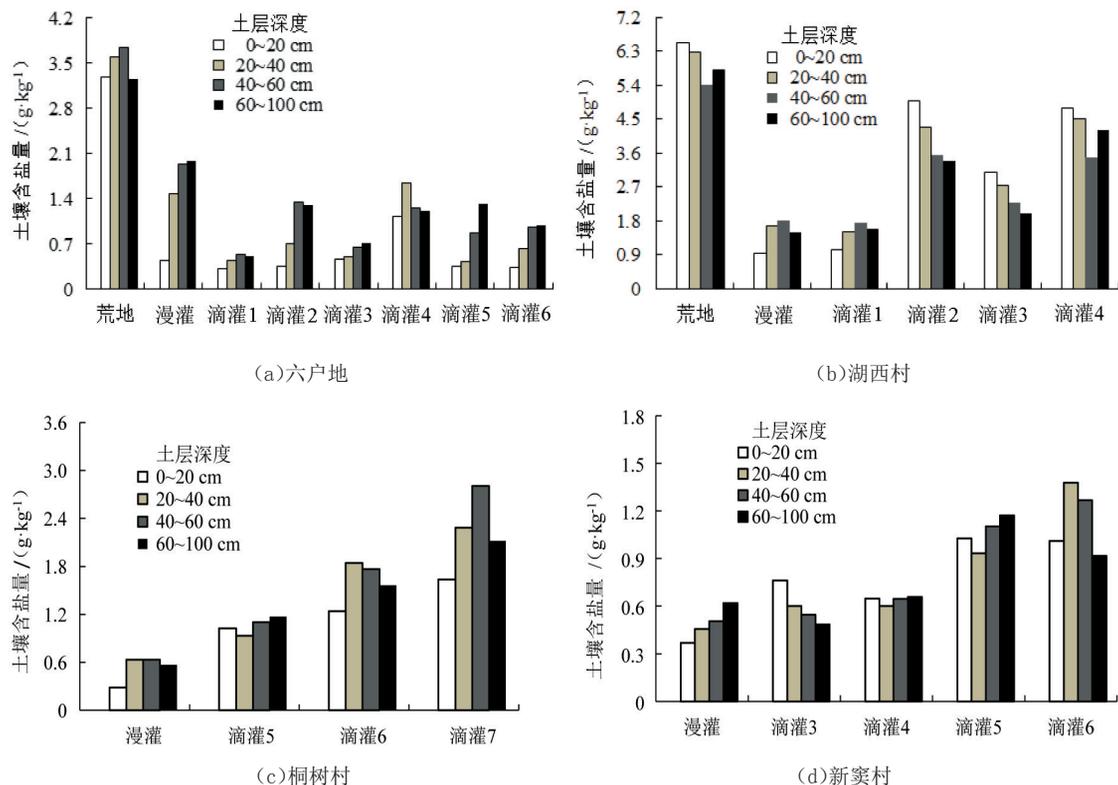


图1 各样地0~100 cm土层内各层土壤含盐量分布特征

2.3 不同灌溉方式下0~100 cm土层内土壤含盐量变异性分析

表2为各样地纵剖面各层土壤含盐量变异性特征。由表2可知,荒地纵剖面各层土壤含盐量的变异性小于10%,为弱变异。这可能是因为荒地无灌溉土壤含水率低,各层土壤含盐量高并且相对均匀,故荒地(新窠村除外)土壤含盐量的变异性最低。漫灌棉田相对于荒地以及滴灌棉田纵剖面各层土壤含盐量的变异性比较大,这可能是因为漫灌方式下棉田表层土壤脱盐以及下层土壤积盐比较明显。滴灌棉田纵剖面土壤含盐量的变异性位于二者之间,这可能是因为滴灌方式剖面层内出现脱盐和积盐层,故较荒地各层土壤

含盐量分布变异性大,但其土壤脱盐和积盐特征弱于漫灌棉田,故其各层土壤含盐量分布较漫灌棉田均匀。但是随着滴灌年限的增加,各层土壤含盐量的变异性特征并不一致,具体表现为:滴灌1~4 a内变异性呈波动减小的趋势,4 a时变异性最小,4~5 a后呈波动上升的趋势。这可能是因为灌溉方式对土壤盐分分布的影响存在一定的惯性,也就是说在滴灌初期,土壤含盐量的分布特征能体现出一定漫灌方式的影响。随着滴灌年限的增加,滴灌方式的影响居于主导地位,漫灌方式惯性的影响逐渐减弱直至消失。

表2 不同灌溉方式下0~100 cm土层内土壤含盐量变异系数

样地	六户地	湖西村	新寨村	桐树村
荒地	6.90	8.32	21.49	-
漫灌	49.2	25.65	-	31.17
滴灌1	23.01	20.46	-	-
滴灌2	52.15	18.00	-	-
滴灌3	20.04	18.87	19.83	-
滴灌4	17.71	13.08	3.97	-
滴灌5	60.88	-	9.63	9.63
滴灌6	41.85	-	18.85	16.72
滴灌7	-	-	-	21.82

2.4 不同灌溉方式各样地不同土层土壤含盐量变异性分析

图2为4块样地各层土壤含盐量的变异性。由图2可知,在灌溉方式变化过程中4块样地各层土壤含盐量的变异性随着土层深度的增加呈现出波动下降的趋势。除六户地表层外,其余各层土壤含盐量的变异性均为位于10%~100%的中等变异。表明在灌溉方式变化过程中,棉田土壤含盐量自表层至底层受灌溉方式的影响越来越弱,这可能是因为表层土壤含盐量受地表自然因素以及灌溉方式的影响程度均较大,此外,植被根系生长主要集中在0~20 cm土层,也会对其土壤含盐量产生一定影响,故0~20 cm土层土壤含盐量的变异性较大。随着土层加深,土壤含盐量受地表自然环境以及灌溉方式的影响逐渐减小,故深层土壤含盐量的变异性较小。

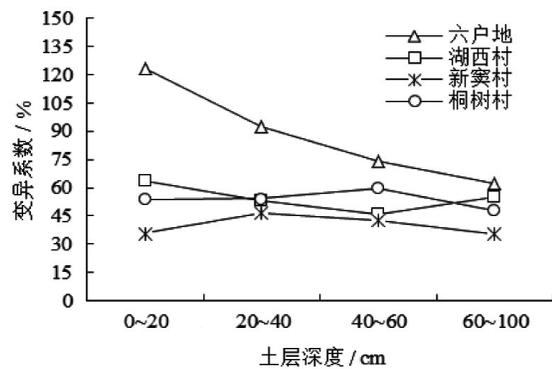


图2 不同灌溉方式各层土壤含盐量变异系数

在20~60 cm土层棉田土壤含盐量变异性存在波动,这可能是因为不同灌溉方式的灌溉特点在该层表现的比较明显。具体表现为:20~60 cm剖面层内荒地土壤含盐量高且分布均匀;漫灌方式下土壤含盐量的最大值多出现在深层(60~100 cm)或次深层(40~60 cm),而滴灌方式下土壤含盐量的最大值多出现在根层(20~40 cm)或次深层(40~60 cm)^[14]。

3 讨论

关于滴灌棉田土壤含盐量分布的研究主要集中在人为因素对土壤盐渍化的影响,即灌溉方式、灌溉定额、灌溉水源(水质)、灌溉时间(年限)等因素对土壤盐渍化过程的影响^[15-17],但不同因素对土壤盐渍化的影响存在很大的不确定性,不同学者的研究结论并不完全一致^[18-20]。原因可能是部分研究将灌溉方式、土壤类型、灌溉水源(水质)、灌溉时间(年限)等因素对土壤水盐变化的综合影响理解为是其中某种单一因素的影响。而本研究特点在于综合考虑采样点各因素的综合影响,并基于以空间换时间的研究方法,分析灌溉方式变化过程中土壤盐分的分布特征,其数据积累和研究结论具有非常重要的意义。

虽然每块样地所选棉田自然因素相似,但是各样地土壤盐分分布特征并不完全相同,这表明棉田土壤盐分分布除了受不同灌溉方式影响外还可能受其他因素影响。首先,很大程度上与所选样地细微的地理地貌因素差异相关,低海拔洼地由于囤积水源而积累大量盐分,这是影响土壤盐分分布的关键因素,而所选的每组棉田海拔以及地形确实有微小差异,这种细微的差异会在一定程度上影响土壤盐分的分布;其次也与土壤质地因素相关,桐树村和湖西村棉田土壤质地偏沙化,新寨村棉田土壤质地偏壤土,六户地棉田土壤质

地偏黏土,从而构成了不同的土壤毛细管分布特征,影响土壤水分和盐分的分布。再次,还可能受周围水源远近的影响。比如湖西村相对于新窠村和桐树村棉田距离水库比较近,所以在当地强烈蒸发的影响下土壤返盐作用比较明显,故湖西村棉田各层土壤盐分含量比较高。最后,在灌溉方式变化过程中,由于各棉田样点的地形、地貌、土壤质地、距离水源的远近以及不同农户的管理、种植行为的差异性,故其土壤含盐量变化具有一定波动性。

此外,受采样地的实际情况影响,不能自由控制棉田的种植和灌溉年限,4块样地中存在灌溉方式及灌溉时间的缺失。所以在后继相关研究工作中可实现跟踪式的研究,以进一步分析和探索棉田土壤盐分的分布规律;并且针对典型棉田地块,存在多种不同的土壤类型,同一灌溉方式在不同的土壤类型、质地下以及不同农户的管理、种植行为的差异性影响下也可能会有差异,这也有待以后进一步探讨。

4 结论

1)不同土层0~40 cm及0~20、20~40、40~60、60~100 cm土层土壤平均含盐量的分布特征为:荒地最高,滴灌棉田次之,漫灌棉田最低;且随滴灌年限增加,土壤含盐量呈波动上升趋势。

2)随着土层深度的加深,各样地土壤含盐量大致呈现出:荒地各层土壤含盐量均比较高,漫灌棉田土壤含盐量主要集中在20~60 cm土层,0~20、60~100 cm土层相对较少,滴灌棉田各层土壤含盐量规律不明显。

3)不同灌溉方式下样地0~100 cm土层内各层土壤含盐量变异特征表现为:荒地最小,滴灌棉田居中,漫灌棉田最大。棉田土壤含盐量变异系数在滴灌1~4 a内呈波动减小趋势,4~5 a间达到最小,4~5 a后呈现波动增加趋势;不同灌溉方式棉田各层土壤含盐量变异系数随土层深度的增加呈波动下降的趋势。

致谢:非常感谢石河子大学王绍明老师和赵维奇研究生对野外采样及试验数据处理给予的极大帮助!

参考文献:

- [1] 鲁春霞,于云江,关有志. 甘肃省土壤盐渍化及其对生态环境的损害评估[J]. 自然灾害学报, 2001, 10(1): 99-102.
- [2] 张飞,塔西甫拉提·特依拜,丁建丽,等. 干旱区土壤盐渍化及其对生态环境的损害评估:以新疆沙雅县为例[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(4): 55-62.
- [3] 谷海斌,盛建东,武红旗,等. 灌区尺度土壤盐渍化调查与评价[J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(2): 95-100.
- [4] 王芳芳,吴世新,乔木,等. 基于3s技术的新疆耕地盐渍化状况调查与分析[J]. 干旱区研究, 2009, 26(3): 366-371.
- [5] 李义玲,乔木,吴世新,等. 基于3S技术的新疆绿洲耕地盐渍化现状调查及治理对策研究[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(4): 642-649.
- [6] 王少丽,王修贵,丁昆仑,等. 中国的农田排水技术进展与研究展望[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(1): 108-111.
- [7] 龚江,侯振安,杨振华,等. 灌溉方式对土壤盐分、氮素分布和棉花生长的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2008, 26(3):274-279.
- [8] 李毅,王文焰,王全九. 论膜下滴灌技术在干旱-半干旱地区节水抑盐灌溉中的应用[J]. 灌溉排水, 2001, 20(2): 42-46.
- [9] 冯广平,姜卉芳,董新光,等. 干旱内陆河灌区地面灌溉条件下土壤水盐运动规律研究[J]. 灌溉排水学报, 2006, 25(3): 82-84.
- [10] 张伟,向本春,吕新,等. 莫索湾垦区不同滴灌年限及不同水质灌溉棉田盐分运移规律研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(6): 215-219.
- [11] 屈忠义,陈亚新,范泽华,等. 大型灌区节水灌溉工程实施后土壤水盐动态规律预测及效果评估[J]. 中国农村水利水电, 2007(8): 27-33.
- [12] 孙林,罗毅. 长期滴灌棉田土壤盐分演变趋势预测研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(1): 187-191.
- [13] 姚荣江,杨劲松,刘广明,等. 黄河三角洲地区典型地块土壤盐分空间变异特征研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6): 61-66.
- [14] 冉圣宏,陈文玲,刘韬韬. 灌溉方式对玛纳斯河中游灌区棉花生长季棉田土壤含盐量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(11): 11-16.
- [15] 李聪敏,王彦兵. 宁夏引黄灌区耕地土壤盐渍化现状及影响因素调查研究[J]. 地下水, 2007, 29(3): 41-43.
- [16] 高龙,田富强,倪广恒,等. 膜下滴灌棉田土壤水盐分布特征及灌溉制度试验研究[J]. 水利学报, 2010, 41(12): 1 483-1 490.
- [17] 王全九,王文焰,吕殿青,等. 膜下滴灌盐碱地水盐运移特征研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(4): 54-57.
- [18] 许尔琪,张红旗,许咏梅. 伊利新垦区土壤盐分垂直分异特征研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(7):71-77.
- [19] 马成霞,丁建丽,杨爱霞,等. 绿洲区域土壤盐渍化主要参数的空间异质性分析[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(2):144-150.
- [20] 王爱春,谭忠宁. 巴州耕地盐渍化产生原因及防治措施[J]. 新疆农业科技, 2006(2):41-42.

Spatial Distribution of Salt in Cotton Field under Different Irrigations: Taking the Irrigation District in Middle Reaches of Manas River as an Example

CHEN Wenling^{1,2}, RAN Shenghong^{1*}, LIU Taotao³

(1.Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and
Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2.Institute of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Key Laboratory of Deser, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, CAS, Lanzhou 730000, China)

Abstract: **【Objective】** Poorly managed irrigations could give rise to soil salinity and this paper is to analyse the spatial distribution of salt under different irrigation in a cotton field aimed to provide guidance for water-saving irrigation without leading to salinization in arid regions. **【Method】** We took the middle stretch of Manas River as an example, from which we measured salt content in soil samples taken across a field under different irrigation methods. **【Result】** ① Under different irrigation methods, salt contents in 0~40 cm and 0~100 cm soil were the highest in farrow land, moderate in cropland under drip irrigation, and least in field under flood irrigation; soil salt content increased as the time of the drip irrigation elapsed. ② The vertical salt distribution varied. In farrow land, salt distributed approximately uniformly, while under flooding irrigation, the salt accumulated within 20~60 cm. There was no specific pattern for salt distribution under drip irrigation. ③ The variation coefficient of salt in soil also depended on irrigations, being highest in the flooding irrigated land and least in the farrow land, with the drip irrigated land between. Temporally, the variation coefficient decreased in the first five years then increased from Year 5 in the drip irrigated land. Vertically, the average variation coefficient decreased with increasing depth. **【Conclusion】** Irrigation methods had noticeable effects on soil salinity and spatiotemporal distribution of salt in the fields.

Key words: irrigation methods; soil salinity; salt distribution; coefficient of variation; irrigation area in middle reaches of Manas River

责任编辑:白芳芳