

DOI: 10.11766/trxb201305070219

玛纳斯河流域表层土壤盐分空间变异特征研究*

颜 安¹ 蒋平安² 盛建东^{1†} 王新军¹ 王 泽²

(1 新疆农业大学草业科学与环境学院, 乌鲁木齐 830052)

(2 新疆农业大学干旱区荒漠研究所, 乌鲁木齐 830052)

SPATIAL VARIABILITY OF SURFACE SOIL SALINITY IN MANAS RIVER BASIN

Yan An¹ Jiang Pingan² Sheng Jiandong^{1†} Wang Xinjun¹ Wang Ze²

(1 College of Pratacultural and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

(2 Institute of Arid Desert, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

关键词 土壤盐分; 地统计学; 空间变异; 玛纳斯河流域

中图分类号 S156 文献标识码 A

玛纳斯河流域作为新疆开垦面积最大的人工绿洲,是自治区重要的粮、棉糖生产基地。该流域受区域母质、气候、地形、水文等因素影响,分布着不同类型的盐渍土^[1],加之不完善的农业基础设施以及传统的灌溉方式使各灌区地下水位日益升高,造成土壤严重次生盐渍化,严重影响着该区农业的可持续发展^[2]。土壤盐分的空间变异状态在一定程度上反映了土壤耕作层内的土壤盐渍化程度和状态,土壤资源的科学利用和管理是建立在对区域土壤属性空间变异性正确理解基础之上^[3],因此,研究和认识玛纳斯河流域表层土壤盐分含量及分布特征对于指导人们根据土壤盐分变异规律和变化动态进行改良和防治,保证土地质量,提高农业产量具有重要意义^[4-6]。

近年来,国内外学者在土壤盐分的空间变异研究方面做了大量工作。Jordan 和 Navarro^[7]对干旱、半干旱地区土壤盐分在地质和环境因素影响下的空间变化进行了研究。Douaik 等^[8]对匈牙利东部田间土壤盐分的空间变异进行了分析。Miyamoto 等^[9]研究了盐碱水灌溉后,土壤盐渍化的程度变化以及盐分离子的空间变异系数的变化情况。何雨

江等^[10]对南疆棉田表层土壤盐分的空间变异特征进行了分析。姚荣江等^[11]对海涂围垦区土壤盐分空间变异进行模拟比较。杨奇勇等^[12]研究了不同阈值下土壤盐分的空间变异特征等。目前,针对干旱区内陆河流域盐渍土壤含盐量的空间异质性研究相对较少^[13]。本研究选取玛纳斯河流域典型盐渍土分布区玛纳斯灌区和莫索湾灌区作为研究区,通过野外调查,采样分析,并应用 GIS 技术和地统计学方法定量研究了玛纳斯河流域表层土壤 0~20 cm 和 20~40 cm 两个层次土壤盐分的空间变异特征,分析了盐分空间分布特征的主要原因,为流域生态安全管理提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于玛纳斯河东侧,包括玛纳斯河流域的玛纳斯灌区和莫索湾灌区,处于天山北麓中段,准噶尔盆地南缘的山前冲积平原,地理坐标为 44°08'~44°50'N, 85°53'~86°22'E,总面积约 120 km²。研究区自南向北,地势逐渐降低,地貌从低山

* 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2012211B26)资助

† 通讯作者, E-mail: sjd_2004@126.com

作者简介:颜安(1983—),男,四川资阳人,博士研究生,讲师,主要从事农业资源与环境研究。E-mail: zryanan@163.com

收稿日期:2013-05-07;收到修改稿日期:2013-08-30

丘陵到山前倾斜平原冲洪积扇,呈有规律的变化。流域内年均气温在 4 ~ 7 ℃,极端最高气温为 42 ~ 43 ℃,极端最低气温为 -43.1 ~ -39 ℃,年均降水量 100 ~ 200 mm,年均蒸发量 1 500 ~ 2 100 mm,无霜期 147 ~ 191d,属典型的温带大陆性干旱半干旱气候。在自然条件下,玛纳斯河流域灌区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,绿洲盐渍化土地主要分布在洪积冲积扇扇缘、冲积平原、干三角洲等部位,尤以地下水位较高、地下水量较丰富,且流动不畅的洪积冲积扇扇缘及冲积平原上部盐渍化严重^[14]。

1.2 样品采集与分析

本研究以 2012 年 8 月 19 日 MODIS 卫星影像数据为参考,结合玛纳斯县土地利用基础资料,应用 GPS 定位技术,在玛纳斯灌区、莫索湾灌区内布置观测点(见图 1)。观测点的布置综合考虑了当地地质地貌特点、植被类型以及土地利用方式等因素,在此基础上尽可能规则分布,以便于进行统计分析。研究确定了 50 个采样点,相邻两个样点之间距离不超过 5 km,每个样点上用土钻采集表层土壤样品,取样深度为 0 ~ 20 cm 和 20 ~ 40 cm,每层取 2 个样品,混合后用四分法取大约 500 g 的土样带回实验室。

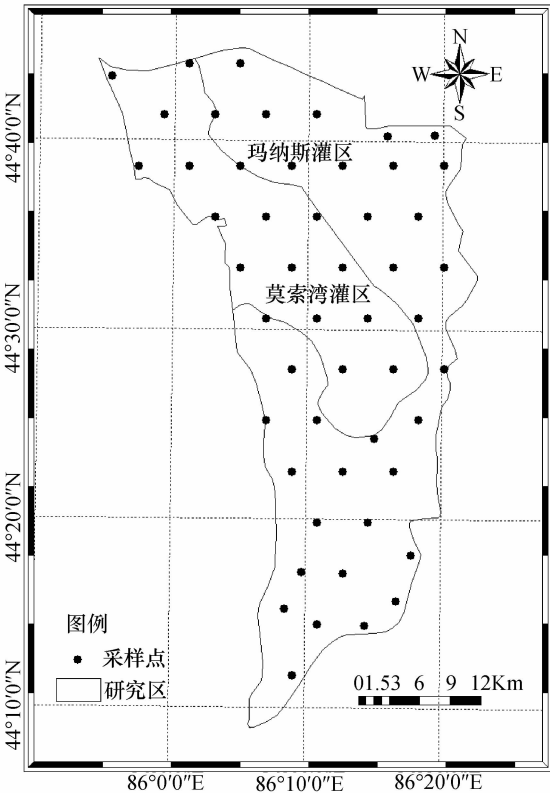


图 1 研究区及土壤采样点分布图

土壤样品室内分析采用文献[15]的方法进行测试分析,先对土壤样品进行自然风干、磨碎,过 0.15 ~ 1 mm 的细筛,制备 1:5 的土水质量比浸提液,测定土壤全盐含量。

1.3 数据处理

采用 SPSS16.0 对研究数据进行经典统计,运用 GS + 7.0 进行半方差函数计算,Kriging 插值以及空间分布图利用 ArcGIS9.3 软件实现。

2 结果与讨论

2.1 表层土壤盐分的统计特征值

从表 1 可以看出,表层土壤 0 ~ 20 cm、20 ~ 40 cm 两个层次的土壤盐分含量均为非正态分布。在变异函数的计算中一般要求数据符合正态分布,否则可能存在比例效应^[16],因此,需要对非正态分布的变量进行转换处理,将数据转化为正态分布或近似正态分布,本研究采用对数转换进行数据处理。

表 1 中,两层土壤盐分的变异系数分别为 77% 和 74%,属于中等变异性^[17]。从均值来看,20 ~ 40 cm 的土壤盐分含量为 3.36 g kg⁻¹,低于 0 ~ 20 cm 的土壤盐分含量,两个层次土壤盐分的最大值也相差较大。

2.2 半方差函数的结构分析

对表层土壤盐分含量进行半变异模型模拟时,首先计算出 $\gamma(h) - h$ 散点图,分别用不同的模型进行拟合,得到最优模型参数值,然后用交叉验证的方法来修正模型参数。最后得到的半方差函数模型见表 2 和图 2。

表 2 中, C_0 为块金效应; $C_0 + C$ 为基台值; A_0 为变程, $\frac{C_0}{(C_0 + C)}$ 为空间异质性程度(如果该值比较高,说明由随机部分引起的空间异质性程度较大;相反,则表明由空间自相关部分引起的空间异质性程度较大;如果该比值接近 1,则说明该变量在整个尺度上具有恒定的变异)。由表 2 可知,玛纳斯河流域表层土壤的盐分含量的空间异质性程度分别为 5% 和 16%,具有强烈的空间相关性。同时这一比值也说明各层土壤含盐量的空间变异性是随机因素与结构因素共同作用的结果,但在整个研究尺度上由结构性因素引起的空间异质性明显高于随机因素。随机因子包括土地利用、作物栽培等。结构因子则包括土壤形成过程中的地形、母质、地下水位等。此外,0 ~ 20 cm 和 20 ~ 40 cm 的

土壤盐分含量的半方差函数模型类型均为高斯模型,其决定系数 R^2 均达到了显著水平,说明所得到

的理论模型可靠。0 ~ 20 cm 和 20 ~ 40 cm 土壤盐分的变程相差不大且均大于 5 km。

表 1 土壤盐分的统计特征值 (g kg^{-1})

土壤层次 (cm)	分布类型	最小值 (g kg^{-1})	最大值 (g kg^{-1})	均值 (g kg^{-1})	标准差 (g kg^{-1})	方差	变异系数 (%)	偏度系数	峰度系数
0 ~ 20	非正态	1.00	16.00	5.42	4.19	17.56	77	1.05	0.05
20 ~ 40	非正态	1.00	10.75	3.36	2.48	6.17	74	1.22	0.71

表 2 土壤盐分变异函数模型参数

土壤层次 (cm)	理论模型	块金值 C_0	基台值 $C_0 + C$	$\frac{C_0}{C_0 + C}$	变程 A_0 (km)	决定系数 R^2	残差 RSS
0 ~ 20	高斯模型	0.01	18.49	0.05	5.28	0.79	71.6
20 ~ 40	高斯模型	0.01	6.34	0.16	5.53	0.70	11.8

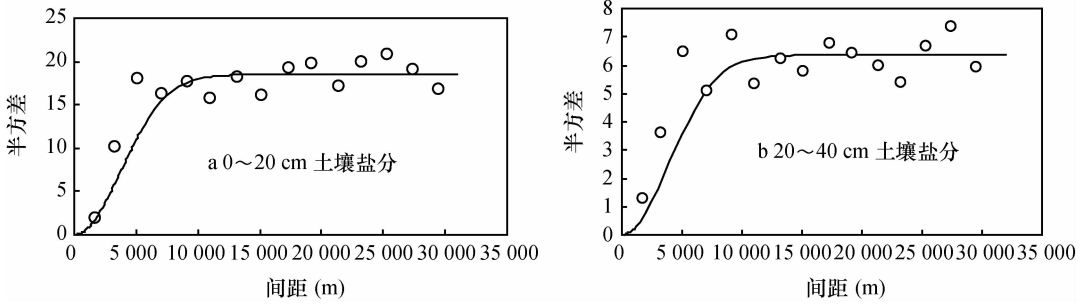


图 2 土壤盐分半方差函数图

2.3 Kriging 插值分析

为了更直观地反映整个田块土壤盐分的空间分布状况,根据所得到的半方差函数模型,利用

Kriging 最优内插法,绘制研究区表层土壤盐分的空间分布图(图 3)。

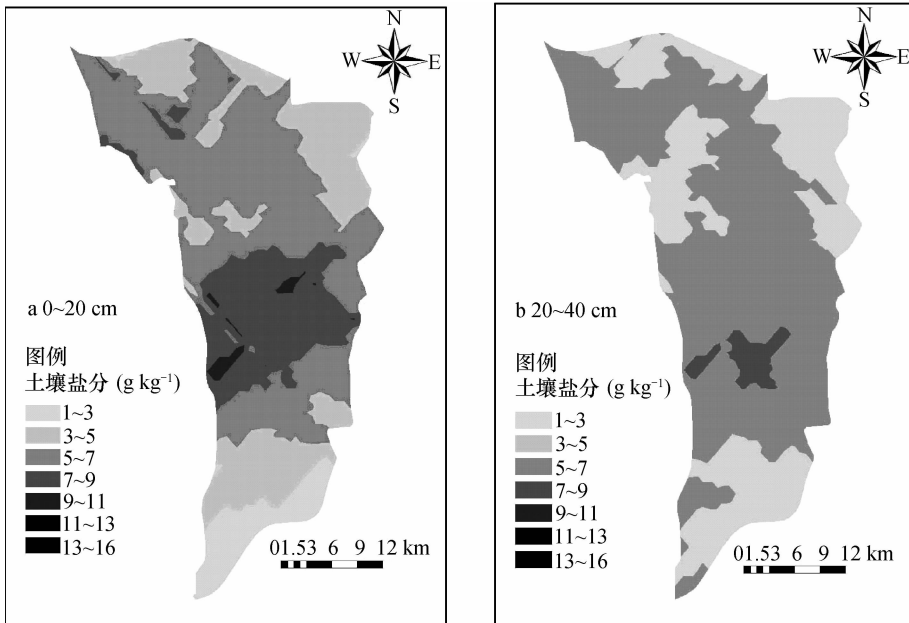


图 3 土壤盐分含量空间插值分布图

土壤表层盐分含量插值图(图 3),显示了上表层(0~20 cm)和下表层(20~40 cm)土壤含盐量的分布状况。可以看出土壤盐分主要分布在灌区中部及北部大部分地区,盐分含量集中在 $5\sim 10\text{ g kg}^{-1}$ 之间,灌区南部盐分含量相对较低,低于 3 g kg^{-1} 。上表层土壤盐分在空间上分布呈现条带状分布,盐分含量自南向北逐渐升高,至中部到北部区域又有下降的趋势,盐分含量升高和下降的梯度较为明显。下表层土壤盐分的空间分布特征与上表层相似,集中分布在中部和北部区域,只是大于 10 g kg^{-1} 的区域较上表层有所减少。

研究区内土壤盐分的空间分布特征是自然条件和人为因素综合作用的结果。前人研究表明,玛纳斯河流域位于天山北麓,山前丘陵主要为第三纪红色地层,含有较多的易溶性盐类和石膏,盐分随地表和地下径流带到盆地,成为平原地区土壤盐分的主要来源^[18]。在温带大陆性干旱半荒漠和荒漠气候的作用下,常年干旱少雨,特别是进入 7、8 月份,研究区气温较高,蒸发强烈,土壤剖面中淋溶微弱,土壤水多以上升水流为主,也使得研究区表层土壤积盐显著。地形因子是间接的生态因子,它通过对光、温度、水分、养分等的重新分配而对植物的生长、土壤的性能起作用^[19]。研究区地势由东南向西北倾斜,玛纳斯河自南向北流,致使西北区域成为水盐汇集的中心,也是导致土壤盐分含量较高的原因之一。除此之外,灌溉和农作物种植等人为驱动因素也影响着研究区土壤盐分的空间分布特征。自 20 世纪 90 年代后期,大力推广的膜下滴灌由于其良好的节水和压盐效果,土壤中盐分逐年下降,但随着滴灌年限的增加,土壤平均脱盐率逐年降低^[20]。农作物通过根系的生长来改善土壤的结构和渗透性能,从而改变土壤积返盐的速度,影响农田土壤盐分状况。植物在相应的条件下对土壤盐分具有一定的吸收能力^[21],植物蒸腾直接影响土壤的盐分状况,玛纳斯河流域主要种植棉花、葡萄和玉米,其种植面积及种植历史都影响着盐分的空间分布状况^[22]。

3 结 论

玛纳斯河流域表层土壤两个层次(0~20 cm, 20~40 cm)的盐分含量均不服从正态分布,变异系数分别为 77% 和 74%,属于中等变异程度;盐分含量具有强烈的空间相关性,分别为 5% 和 16%。高

斯模型可以较好的拟合表层土壤盐分的空间结构,其决定系数达到了显著水平,上表层和下表层土壤盐分的变程相差不大,模拟结果具有良好的对比性。土壤盐分主要分布在灌区中部及北部大部分地区,盐分含量集中在 $5\sim 10\text{ g kg}^{-1}$ 之间,灌区南部盐分含量相对较低。表层土壤盐分含量自南向北逐渐升高,至中部到北部区域又有下降的趋势,盐分含量升高和下降的梯度较为明显。

参 考 文 献

- [1] 赖先齐,刘建国,张凤华,等. 玛纳斯河流域绿洲农业弃耕地生态重建的研究. 石河子大学学报,2004,22(1):27—30
- [2] 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
- [3] 连纲,郭旭东,傅伯杰,等. 黄土高原小流域土壤养分空间变异特征及预测. 生态学报,2008,28(3):946—954
- [4] 姚荣江,杨劲松,姜龙,等. 基于聚类分析的土壤盐渍剖面特征及其空间分布研究. 土壤学报,2008,45(1):56—65
- [5] 刘付程,史学正,于东升,等. 太湖流域典型地区土壤全氮的空间变异特征. 地理研究,2004,23(1):63—70
- [6] 李亮亮,依艳丽,凌国鑫,等. 地统计学在土壤空间变异研究中的应用. 土壤通报,2005,36(2):265—268
- [7] Jordan M M,Navarro P J. Spatial dynamics of soil salinity under arid and semi-arid conditions geological and environmental implications. Environmental Geology,2004,45:448—456
- [8] Douaik A,Toth T,Serre M, et al. Space-time mapping of soil salinity using probabilistic Bayesian maximum entropy. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2004, 18: 219—227
- [9] Miyamoto S,Chacon A,Hossain M, et al. Soil salinity of urban turf areas irrigated with saline water. Landscape and Urban Planning,2005,71:233—241
- [10] 何雨江,靳孟贵,刘延锋,等. 南疆棉田表层土壤盐分的空间变异特征分析与应用. 地质科技情报,2010,29(6):89—93
- [11] 姚荣江,杨劲松,韩建均. 海涂围垦区土壤盐分空间变异模拟的比较研究. 土壤学报,2012,49(2):275—281
- [12] 杨奇勇,杨劲松,李晓明. 不同阈值下土壤盐分的空间变异特征研究. 土壤学报,2011,48(6):1109—1115
- [13] 王玉刚,肖笃宁,李彦. 流域尺度绿洲土壤盐分的空间异质性. 生态学报,2007,27(12):5262—5270
- [14] 赖先齐. 绿洲盐渍化弃耕地生态重建的研究. 北京:中国农业出版社,2007:9—20
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京:中国农业出版社,2005
- [16] Yao R J,Yang J S. Quantitative analysis of spatial distribution pattern of soil salt accumulation in plough layer and shallow groundwater in the Yellow River Delta. Transactions of the CSAE, 2007,23(8):45—51
- [17] 胡克林,李保国,林启美,等. 农田土壤养分的空间变异性特征. 农业工程学报,1999,15(3):33—38
- [18] 许志坤. 新疆玛纳斯地区土壤次生盐渍化的原因及其防治措施. 土壤学报,1966,14(2):214—220

- [19] 朱德兰, 吴发启. 不同地形部位土壤水分的年变化分析. 中国水土保持科学, 2003, 1(4): 28—31
- [20] 李玉义, 柳红东, 张风华, 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
- [21] 赵可夫, 范海, 江行语. 盐生植物在盐渍土壤改良中的作用. 应用与环境生物学报, 2002, 8(1): 31—35
- [22] 颜安, 王泽, 盛建东. 不同因子对玛纳斯河流域农田土壤盐分的影响. 新疆农业大学学报, 2013, 36(4): 329—333

(责任编辑: 汪枳生)