

# 玛纳斯河流域不同地貌单元弃耕地土壤 盐分差异研究\*

杨学涛<sup>1</sup> 李品芳<sup>1†</sup> 侯振安<sup>2</sup> 范 远<sup>1</sup>

(1 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193)

(2 石河子大学农学院资源与环境科学系, 新疆石河子 832003)

## TEMPORAL AND SPATIAL VARIABILITY OF SOIL SALINITY IN DESERTED CROPLAND AS AFFECTED BY LANDFORM IN THE MANASI RIVER VALLEY

Yang Xuetao<sup>1</sup> Li Pinfang<sup>1†</sup> Hou Zhen'an<sup>2</sup> Fan Yuan<sup>1</sup>

(1 College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

(2 Department of Resources and Environmental Science, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

**关键词** 玛纳斯河流域; 地貌类型; 弃耕地; 土壤盐分; 盐渍化类型; 空间分布

**中图分类号** S156.4 **文献标识码** A

玛纳斯河流域位于天山北麓经济带的中心,其内部开垦了新疆面积最大的人工绿洲,同时还是我国第四大灌溉农业区<sup>[1]</sup>。由于特殊的地理环境及水土开发利用不当,灌区土壤盐渍化发展,大面积耕地被迫弃耕<sup>[2]</sup>。盐渍化问题成为除水之外制约绿洲农业发展的主要因素<sup>[1]</sup>,严重影响着区域的生态环境和农业可持续发展。

玛纳斯河流域是典型的山盆系统,由山地、山前丘陵、平原及河流尾间湖泊等主要地貌单元构成<sup>[3]</sup>。不同地貌单元土壤积盐强度、离子组成和空间分布存在差异<sup>[2]</sup>。了解土壤盐分含量及空间分布特征是改良和利用盐渍土的前提,在掌握土壤盐分积聚特征的基础上,才能因地制宜、更好地开发利用盐渍土。本文在玛纳斯河流域,选择冲洪积扇、冲积平原和干三角洲等地区五块撂荒多年的弃耕地,分析土壤盐分的空间分布及盐渍化类型的差异,并对土壤盐分积聚特征进行探讨,以期对弃耕地的生态重建和水土资源开发利用提供理论依据。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

玛纳斯河流域(43°27'~45°21'N, 85°01'~86°32'E)位于天山中段北麓,准噶尔盆地南缘,总面积 $2.43 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。大于10℃积温3 400~3 800℃,年平均气温6~6.9℃,冬冷夏热,年均降雨量100~600 mm,年均蒸发量1 600~2 000 mm,属典型的大陆性干旱气候<sup>[4]</sup>。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 样地选择** 经实地考察并结合文献资料,在玛纳斯河流域内选取了5块典型样地:冲洪积扇中部(MAF)、冲洪积扇缘带(EAF)、冲积平原中部(MAP)、冲积平原下部(BAP)和干三角洲区(DEL)(图1)。各研究样地均为20世纪70年代开垦后因不适宜耕种而撂荒,至今已有30 a以上的弃耕史。受区域性因素的制约,各样地自然生态特性差异明显(表1),研究期间流域内气象资料见表2。

\* 国家重点基础研究发展计划(973项目)(2009CB825101)资助

† 通讯作者, E-mail: pfl@cau.edu.cn

作者简介: 杨学涛(1985—), 山东郓城人, 硕士研究生, 研究方向为土壤退化与防治。 E-mail: xtyang2009@163.com

收稿日期: 2011-12-22; 收到修改稿日期: 2012-03-10

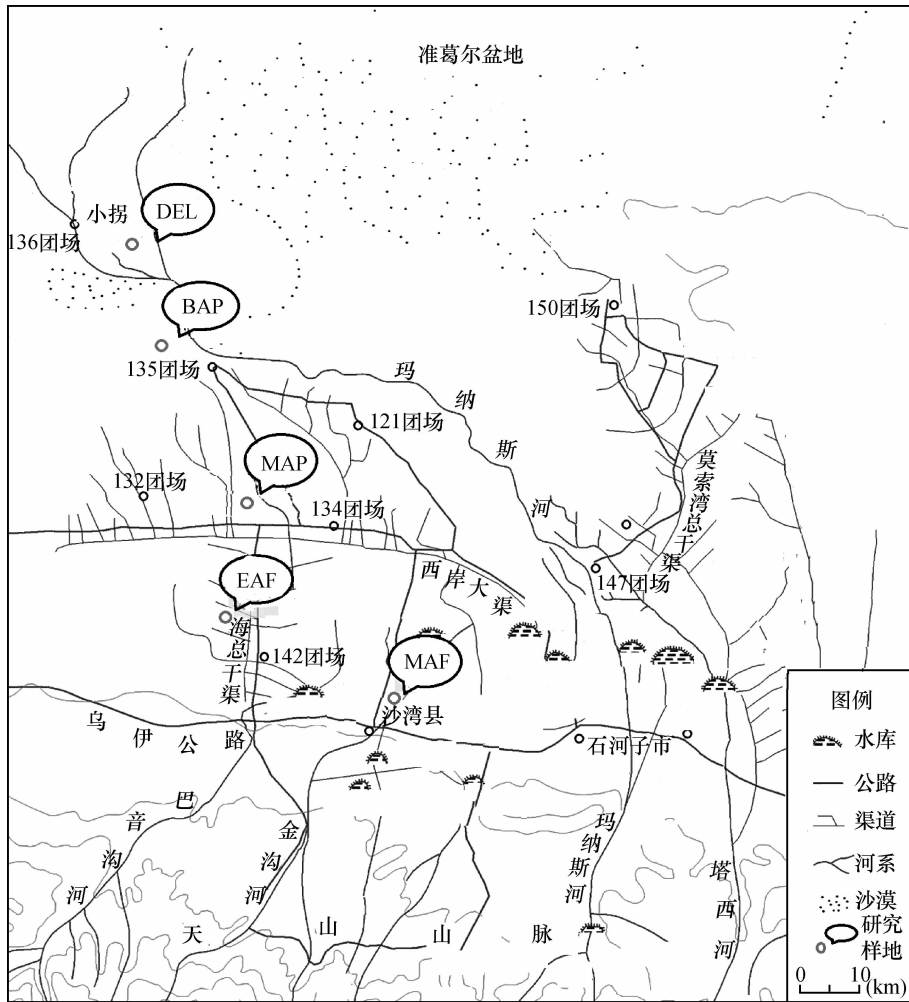


图 1 研究区位置与土壤样点 (MAF-冲洪积扇中部,EAF-冲积洪积扇缘,MAP-冲积平原的中部, BAP-冲积平原的下部,DEL-干三角洲。下同)分布示意图(根据参考文献[5]改绘)

表 1 研究样地生境概况

地貌类型	海拔 (m)	地表特征	主要植被类型	土壤质地		土壤容重( $g\ cm^{-3}$ )	
				0~10 cm	10~20 cm	0~10 cm	10~20 cm
冲洪积扇中部	447	多见石砾散布	地肤、骆驼刺	粉质壤土	壤土	1.27	1.45
冲洪积扇缘	400	有盐结霜	猪毛菜、芦苇	粉质黏壤土	粉质黏壤土	1.18	1.38
冲积平原中部	335	有盐结皮	花花柴、滨藜	粉质壤土	壤土	1.48	1.53
冲积平原下部	295	网状坚实龟裂	猪毛菜、怪柳	粉质黏壤土	黏土	1.47	1.64
干三角洲	276	微龟裂	猪毛菜、琵琶柴	壤土	粉质壤土	1.39	1.57

表 2 2010 年研究期间流域气象资料

月份	冲洪积扇区			冲积平原及干三角洲地区		
	平均气温 ( $^{\circ}C$ )	降雨量 (mm)	蒸发量 (mm)	平均气温 ( $^{\circ}C$ )	降雨量 (mm)	蒸发量 (mm)
6	24.3	30.7	265.8	25.4	10.8	346.2
7	24.3	34.4	231.6	25.1	8.7	291.4
8	23.1	19.1	210.5	24.0	15.1	273.1
9	18.3	8.7	171.0	18.8	4.3	209.9
10	10.2	27.7	86.9	10.5	32.5	96.2

注:资料来源于新疆维吾尔自治区石河子气象局乌兰乌苏、炮台气象站。6月份降雨主要集中在22日~23日、25日,7月份降雨主要集中在11日~12日、23日,8月份降雨主要集中在11日、17日,9月份降雨主要集中在13日,10月份降雨主要集中在7日~8日、20日~22日

**1.2.2 土壤样品采集与处理** 在各样地中部地势平坦处选定一个  $20\text{ m} \times 20\text{ m}$  的研究样区,分别于2010年7月15日、8月10日、9月5日、9月30日和10月25日,按  $0 \sim 10$ 、 $10 \sim 20$ 、 $20 \sim 40$ 、 $40 \sim 60$ 、 $60 \sim 80$ 、 $80 \sim 100\text{ cm}$  分层采集土样,随机选定三点,作为同一样区的三个重复。采集的土样经风干、除杂、磨碎、过  $1\text{ mm}$  筛后备用。

**1.2.3 指标测定与数据分析** 过筛土样按  $5:1$  水土质量比浸提后测定电导率及盐分离子。各指标均采用常规土壤化学分析方法测定<sup>[6]</sup>。实验数据为三个重复的平均值,用 SPSS16.0 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤表层盐分的空间分布差异

图2显示不同地貌单元弃耕地  $0 \sim 20\text{ cm}$  土层盐分随采样时间的分布情况。从图2可知,不同地貌单元土壤盐分含量大致是冲洪积扇中部(MAF)

$<$ 干三角洲地区(DEL)  $<$ 冲积平原下部(BAP)  $<$ 冲积平原中部(MAP)  $<$ 扇缘带(EAF)。扇缘带土壤盐分含量最高,均在  $8.0\text{ dS m}^{-1}$  以上,其次是冲积平原中部(MAP),在  $5.0\text{ dS m}^{-1}$  以上,且这两个区域表层  $0 \sim 10\text{ cm}$  盐分含量均高于  $10 \sim 20\text{ cm}$  土层,具有明显的表聚特征。冲洪积扇中部土壤含盐量最低,大致在  $0.5\text{ dS m}^{-1}$  以下,且和冲积平原下部、干三角洲等地貌单元一致,表层  $0 \sim 10\text{ cm}$  盐分含量低于  $10 \sim 20\text{ cm}$  土层。

各样区内表层土壤盐分的时间动态情况是冲洪积扇中部、冲积平原下部及干三角洲地区在  $7 \sim 9$  月份变化较小,而在  $10$  月份呈明显变化,主要表现为  $0 \sim 10\text{ cm}$  土层盐分下降, $10 \sim 20\text{ cm}$  土层明显升高;扇缘带和冲积平原中部土壤盐分变化趋势相似,8月份以后土壤盐分含量逐渐升高,在  $9$  月  $30$  日达到最大值, $10$  月份土壤盐分呈下降趋势,扇缘带  $0 \sim 20\text{ cm}$  土层盐分整体降低,而冲积平原中部  $10 \sim 20\text{ cm}$  土层盐分含量有所增加。

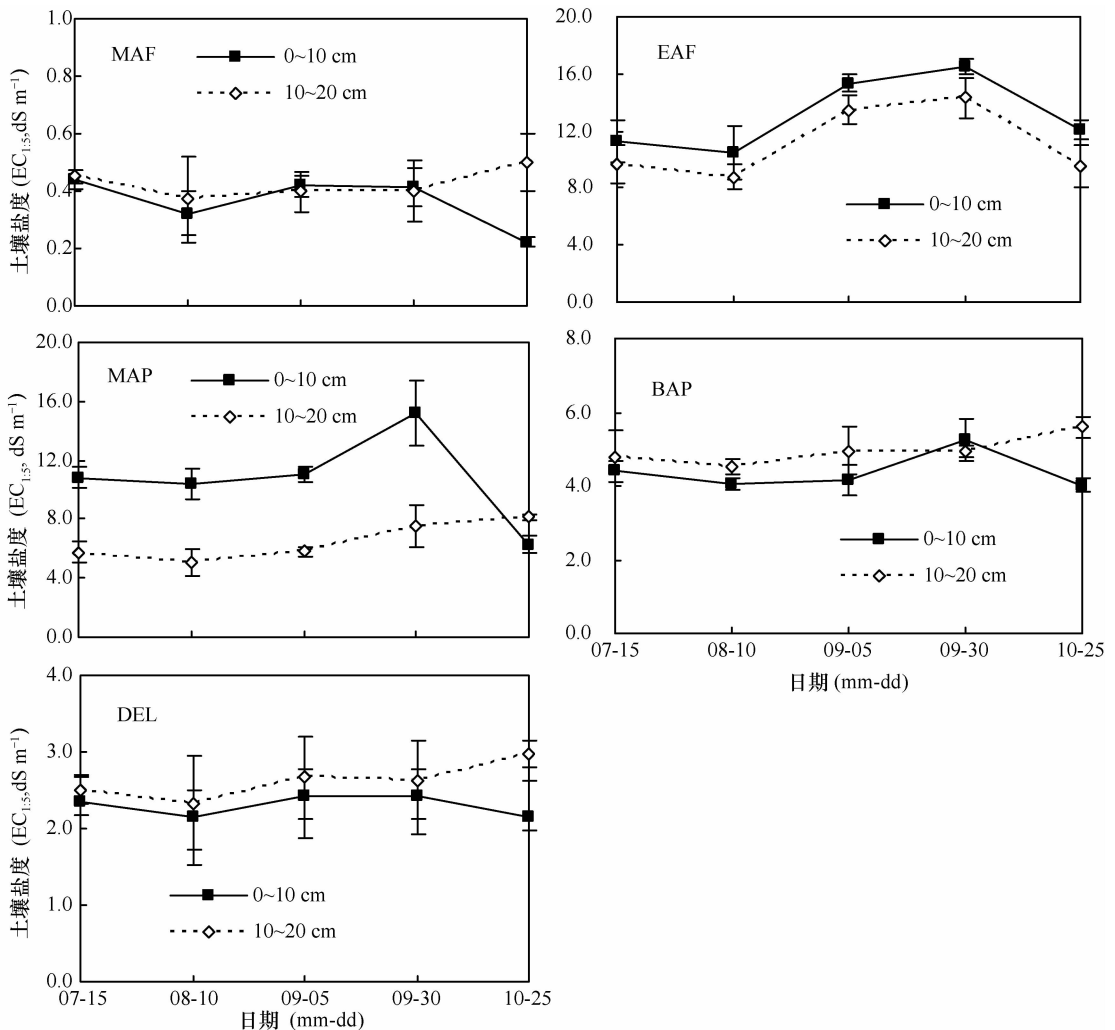


图2 不同地貌单元  $0 \sim 20\text{ cm}$  土层盐分的动态变化

## 2.2 土壤剖面盐分特征分析

流域主要地貌单元土壤剖面(0~100 cm)盐分分布状况见图3。冲洪积扇中部土壤盐分含量最低,1 m 土层平均含盐量约为  $1 \text{ dS m}^{-1}$ ;扇缘带土壤盐分含量最高,剖面平均含盐量  $8.65 \sim 11.52 \text{ dS m}^{-1}$ 。自扇缘带经冲积平原区到三角洲地区,土壤盐分含量逐渐降低。总的趋势是自流域中游到下游,剖面土壤盐分先升高后降低。

研究期间冲积平原中部和扇缘带盐分表聚系数较大,分别为 2.34 和 1.41(表3)。冲积平原中部 10 cm 以下土壤盐分急剧降低,20~100 cm 各土层盐分含量差异较小。扇缘带 1 m 剖面各土层盐分含量均较高,变化范围为  $7.07 \sim 16.54 \text{ dS m}^{-1}$ 。冲洪积扇中部土壤盐分累积在土体中部,40~60 cm 土层含盐量占整个剖面的 37.44% 以上,盐分表聚系数最小,平均约为 0.29。冲积平原下部到三角洲地区表层土壤盐分逐渐减低,但剖面盐分呈现由上

到下逐渐增加的趋势,存在明显的盐分下移和底聚特征,其表聚系数分别为  $0.65 \sim 0.87$ 、 $0.75 \sim 0.86$ (表3)。盐分表聚现象发生在冲积平原中部和扇缘带,而这两个区域盐渍化程度最为严重,说明盐分表聚系数大的地方其土壤盐渍化程度也高。

## 2.3 不同地貌类型区弃耕地土壤的盐渍化类型

不同盐分离子的化学特性不同,其在土体中的迁移速率存在差异<sup>[7]</sup>。本文以  $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$  的毫克当量比对弃耕地不同土层盐渍土进行归类<sup>[8]</sup>。其结果表明,冲积平原中部 1 m 深度各土层  $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$  毫克当量比值最大( $6.15 \sim 19.48$ ),远大于冲洪积扇缘带( $0.01 \sim 0.46$ ) (表4)。流域表层土壤在冲积平原中部为氯化物型盐渍土,其他地貌单元则以硫酸盐或氯化物硫酸盐型为主;而下层土体自流域中游到下游则由氯化物硫酸盐型盐渍土过渡到以氯化物型为主。

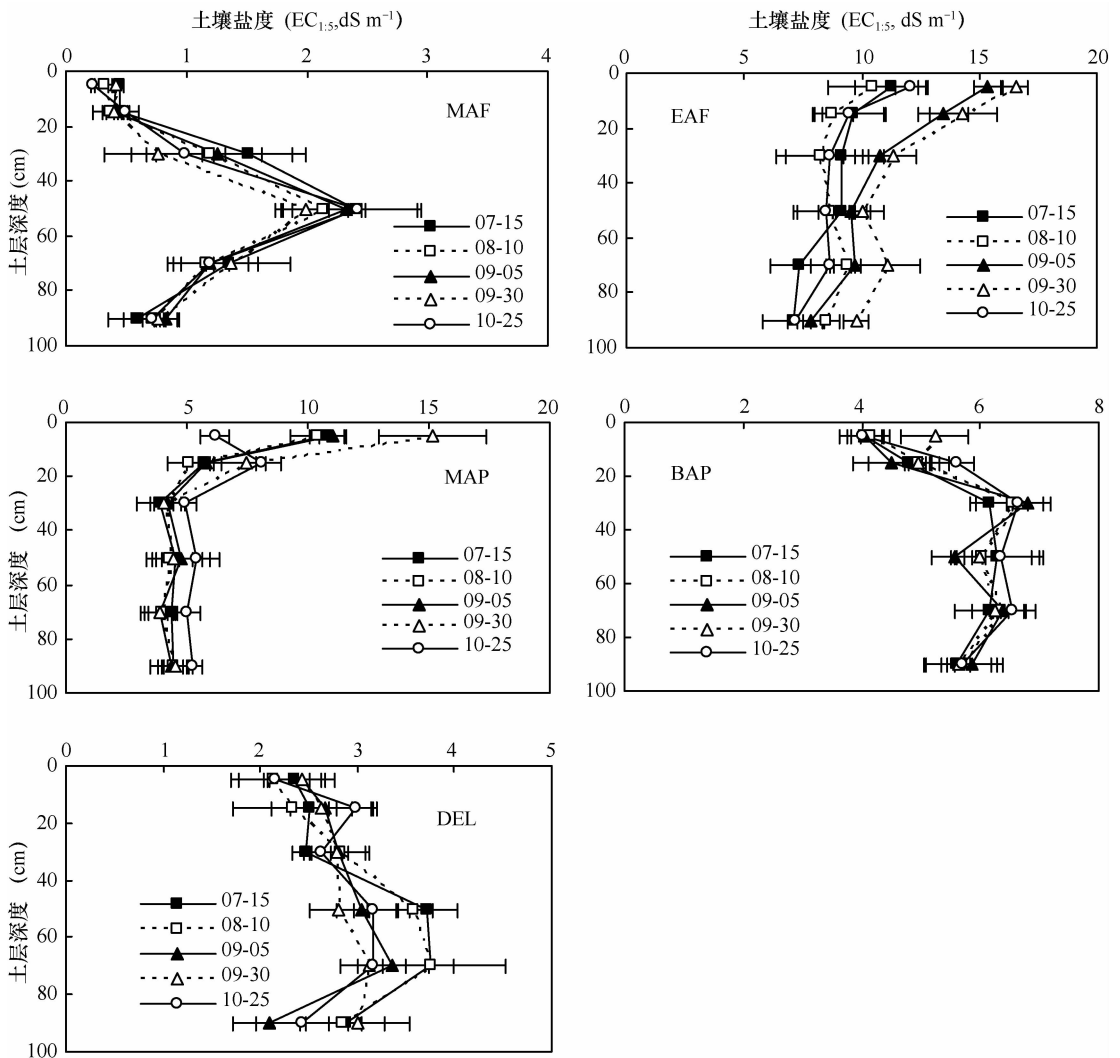


图3 不同地貌类型区0~100 cm 土层盐分的动态变化

表 3 不同地貌类型区不同时间土壤盐分表聚系数

日期(mm-dd)	地貌类型				
	MAF	EAF	MAP	BAP	DEL
07~15	0.33	1.35	2.42	0.74	0.75
08~10	0.27	1.20	2.39	0.68	0.68
09~05	0.32	1.55	2.46	0.69	0.86
09~30	0.36	1.51	3.31	0.87	0.84
10~25	0.18	1.44	1.13	0.65	0.75
均值	0.29	1.41	2.34	0.73	0.78

表 4 不同地貌类型区土壤盐渍化类型

土层深度(cm)	土壤氯离子/硫酸根毫克当量比值( $Cl^-/SO_4^{2-}$ )				
	MAF	EAF	MAP	BAP	DEL
5	0.37 ± 0.10	0.01 ± 0.01	16.77 ± 4.98	0.70 ± 0.08	0.22 ± 0.04
15	0.29 ± 0.15	0.01 ± 0.00	19.48 ± 7.72	0.86 ± 0.08	0.23 ± 0.10
30	0.20 ± 0.05	0.04 ± 0.02	17.39 ± 4.80	2.36 ± 0.22	0.56 ± 0.25
50	0.39 ± 0.08	0.12 ± 0.08	6.15 ± 0.83	4.06 ± 0.30	0.88 ± 0.14
70	0.52 ± 0.18	0.29 ± 0.13	7.28 ± 0.96	3.34 ± 0.02	1.38 ± 0.37
90	0.42 ± 0.17	0.46 ± 0.17	12.06 ± 2.09	3.03 ± 0.04	1.51 ± 0.66

盐渍化类型	氯化物-硫酸盐型	硫酸盐型 氯化物-硫酸盐型	氯化物型	氯化物-硫酸盐型 氯化物型	氯化物-硫酸盐型 硫酸盐-氯化物型
-------	----------	------------------	------	------------------	----------------------

注:表中数值为 5 次取样的平均值

## 3 讨论

### 3.1 不同地貌单元土壤盐分的空间分布特征

玛纳斯河流域降水稀少,自然条件下土壤淋溶作用弱,土壤盐分的积脱变化在表层土壤较为明显(图 2),在 1 m 剖面土壤中的分布状态相对稳定(图 3)。有研究报道,半湿润季风区的土壤剖面水盐运动主要发生在 1 m 土体中<sup>[9]</sup>,这说明土壤盐分的动态变化与该区气候条件关系密切。冲洪积扇缘带剖面土壤盐分的动态变化可能与其特殊的地貌部位有关。扇缘带又叫泉水溢出带,土质黏、颗粒细、地下水埋深较浅(1~3 m<sup>[10]</sup>),黏质土较强的毛管作用使得土体中的盐分随着毛管水的运动而上移,地下水位的升降直接引起土壤盐分的积脱变化<sup>[11]</sup>。

盐分表聚系数在一定程度上可以反映土壤盐分的动态变化,高表聚系数所反映的土壤盐分动态是盐分的表聚性趋势,低表聚系数较则体现为一定的淋溶性。本研究中冲积平原中部和冲洪积扇缘带的表聚系数较高(表 3),这可能与该区地下水埋深、矿化度较高有关,在强烈的蒸发作用下深层

土体及地下水中的盐分随毛管水向上运移聚集在地表,形成盐结霜或盐结皮(表 1)。

冲积平原下部和干三角洲地区处于流域下游,临近沙漠,土质偏沙,较弱的毛管作用减缓了盐分的上移。冲洪积扇中部临近山前,较多的降雨将盐分淋溶下移,同时该区域地下水矿化度小于 0.5 g L<sup>-1</sup>、埋深 10~50 m<sup>[10]</sup>,基本不存在盐渍化威胁。扇缘带和冲击平原中部仍处于持续积盐过程中,它们与冲积平原下部及干三角洲地区均存在盐渍化威胁<sup>[12]</sup>。

### 3.2 不同地貌类型区土壤盐渍化类型

玛纳斯河流域盐渍化土壤中阴离子以  $SO_4^{2-}$  和  $Cl^-$  为主,表层土壤以硫酸盐或氯化物硫酸盐型为主,下层土体中自流域中游到下游则由氯化物-硫酸盐型过渡到以氯化物型为主(表 4),已有的研究也呈类似结果<sup>[13]</sup>。其原因可能与离子的溶解度有关,硫酸盐的溶解度低,在土体中迁移慢,氯化物的溶解度高,移动性强,更易向流域下游及土体下部迁移。玛纳斯河水系中除玛纳斯河外诸多较小径流量的河流,由于渗漏和蒸发及灌溉引水,大多在冲积平原区逐渐消亡,因此氯离子多聚集在冲积平原区。另一方面,自流域中游到下游地下水矿化度逐

渐升高,且 NaCl 的比例增大<sup>[14]</sup>,也影响了土壤的盐渍化类型。

扇缘带和冲积平原中部土壤盐分含量较高,而且地下水埋深浅、矿化度高,自然条件下仍以积盐过程为主,尤其是冲积平原中部,盐分聚集于地表,多为氯化物型盐渍土,对植被影响较大。盐渍化弃耕地土壤中较高的盐分含量会影响土壤结构、微生物活动、土壤有机质的分解与转化以及植物水分和养分的吸收<sup>[15]</sup>。尽管干三角洲地区土壤盐渍化相对较轻,且盐分聚集在土体下层,但农业利用应避免大水漫灌,注意排水,防止深层盐分上移。对于扇缘带和冲积平原区,合理地排水以使地下水位降低至临界深度以下是防治土壤盐渍化的重要途径。

## 4 结 论

本研究通过玛纳斯河流域主要地貌单元土壤盐分空间分布的调查和分析,主要得出如下结论:

1) 玛纳斯河流域土壤盐渍化现象普遍。基本趋势是自流域中游到下游土壤盐分先升高再降低,呈现冲积洪积扇缘带(EAF) > 冲积平原中部(MAP) > 冲积平原下部(BAP) > 干三角洲地区(DEL) > 冲洪积扇中部(MAF)。

2) 玛纳斯河流域盐渍土以硫酸盐或氯化物硫酸盐为主,其中氯化物硫酸盐型居多。冲洪积扇区为硫酸盐或氯化物硫酸盐型,冲积平原区以氯化物型为主,干三角洲地区上层土体为氯化物硫酸盐型,下层土体为硫酸盐氯化物型。

## 参 考 文 献

- [1] 封玲. 玛纳斯河流域弃耕地诱发的荒漠化及生态重建研究. 古今农业, 2007(2): 1—8
- [2] 赖先齐, 刘建国, 张风华, 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: 自然科学版, 2004, 22(1): 27—31
- [3] 史兴民, 杨景春, 李有利, 等. 玛纳斯河流域地貌与地下水的关系. 地理与地理信息科学, 2004, 20(3): 56—60
- [4] 周晓洁, 魏萍. 玛纳斯河流域水文特征浅析. 安徽农学通报, 2008, 14(23): 61—62
- [5] 农八师石河子市地方志编委会. 农八师垦区石河子市志. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1994: 64—68
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析. 第3版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 178—200
- [7] 杨金国, 范爱武, 陈丽湘, 等. 单体及多种盐分在土壤中的运移. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2010, 38(9): 116—119
- [8] 王遵亲, 等. 中国盐渍土. 北京: 科学出版社, 1993: 130—136
- [9] 孟繁华, 肖振华, 尤文瑞. 山东打渔张灌区粉砂壤土水盐动态的研究. 土壤肥料, 1992(5): 43—46
- [10] 邵景力, 崔亚莉, 李慈君. 玛纳斯河流域山前平原地下水资源分析及合理利用开发的研究. 干旱区地理, 2003, 26(1): 6—11
- [11] 李开丽, 陈杰, 檀满枝, 等. 封丘县土壤盐分的演变特征研究. 土壤, 2010, 42(6): 966—971
- [12] 李玉义, 张风华, 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. 农业工程学报, 2007, 23(2): 60—64
- [13] 涂锦娜, 王绍明, 杨岩, 等. 玛纳斯河流域下游土壤的盐分特征分析. 新疆农业科学, 2011, 48(3): 565—571
- [14] 赖先齐. 中国绿洲农业学. 北京: 中国农业出版社, 2005: 27—40
- [15] 李法虎. 土壤物理化学. 北京: 化学工业出版社, 2006: 235—238