

玛纳斯河流域土壤盐渍化影响因素研究

郑琦, 王海江*, 李万涛, 余露, 邵奇

(新疆石河子大学农学院农业资源与环境系, 新疆 石河子 832000)

摘要:为了探讨区域盐渍化过程和分布特征,本文通过野外调查和室内分析,研究了新疆玛纳斯河流域海拔高度、地貌类型、地下水埋深、土地利用类型和不同种植年限对土壤盐分含量变化的影响。结果表明:玛纳斯河流域土壤盐分含量随海拔高度的变化呈现先降低后升高再降低的趋势,高盐分含量主要集中在海拔350~400 m,海拔高度与土壤盐分含量之间没有很好的变化趋势;土壤盐分含量在不同地貌类型的分布状况为:冲积洪积扇缘带>冲积平原中部>冲积平原下部>冲积洪积扇中部>干三角洲地区,冲积洪积扇缘带与冲积平原中部的土壤剖面盐分有表聚和底聚现象,冲积平原下部土壤剖面中间层盐分含量较高;地下水埋深对土壤盐分含量变化影响明显,随着地下水埋深的变浅,土壤盐分含量显著增加;不同土地利用方式下,土壤含盐量具有显著性差异,荒地土壤盐分含量最高,表层和底层盐分高于中间层,耕地0~100 cm土层盐分含量均较低;随着滴灌年限的增加,0~100 cm土层盐分含量均呈现降低趋势,滴灌1年与3年表层盐分含量差异不显著,其他土层差异显著,滴灌8年与10年的各层土壤盐分含量差异均不显著。综上,玛纳斯河流域土壤盐分含量受地貌类型、地下水状况、土地利用类型和滴灌年限因素影响显著,盐分在土壤剖面上也表现出不同的分布特征。

关键词:流域;土壤;盐渍化;影响因素

中图分类号:S153.6

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2016)03-0214-07

doi: 10.13254/j.jare.2015.0263

引用格式:

郑琦, 王海江, 李万涛, 等. 玛纳斯河流域土壤盐渍化影响因素研究[J]. 农业资源与环境学报, 2016, 33(3): 214-220.

ZHENG Qi, WANG Hai-jiang, LI Wan-tao, et al. Factors Influencing Soil Salinization in Manasi River Basin, China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2016, 33(3): 214-220.

Factors Influencing Soil Salinization in Manasi River Basin, China

ZHENG Qi, WANG Hai-jiang*, LI Wan-tao, YU Lu, SHAO Qi

(Agronomy Department of Agricultural Resources and Environment, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract: The objective of this study is to learn more about the distribution of salinized soil in the Manasi River Basin and the factors influencing soil salinization in the region. The following factors are considered: elevation, landform, groundwater depth, land use, and years of drip irrigation. The results showed that soil salt content increased as elevation increased to 350~400 m and then declined. However, the differences in salt content among different elevations were not significant. Soil salt content decreased in the following order: edge of the alluvial fan> central part of the alluvial plain> lower part of the alluvial plain> center of the alluvial fan> dry delta. At the edge of the alluvial fan and in the central part of the alluvial plain, soil salinity was greatest in the uppermost and lowermost depths of the soil profile. In the alluvial plain, the middle depth had the highest salt content. Groundwater depth had significant effect on the soil salt content. The soil salt content increased significantly as groundwater depth increased. There was significant difference in soil salt content among land use types. The salt content was highest in wasteland soil. The middle soil depth under wasteland had less salt than the upper and lower soil depths. In the cultivated field, the soil salt content in the 0~100 cm depth was low. As the number of years of drip irrigation increased, soil salt content in the 0~100 cm depth decreased. Soil salt content in the surface depth after 1 years of drip irrigation was not significantly different from that after 3 years drip irrigation. Soil salt content after 8 years of drip irrigation was not significantly different from that after 10 years of drip irrigation. In conclusion, soil salt content in the Manasi River Basin was significantly affected by landform, groundwater depth, land use, and the number of years of drip irrigation. These factors also significantly affected the distribution of salt in the soil profile.

Keywords: basin; soil; salinity content; influence factor

收稿日期:2015-11-04

基金项目:国际科技合作项目(2015DFA11660);兵团科技项目(2014AB002);石河子大学校级项目(gxjs2012-zdgg03-02, RCZX201522)

作者简介:郑琦(1992—),女,新疆乌鲁木齐人,硕士研究生,主要从事盐渍化土壤方面的研究。E-mail:973913270@qq.com

*通信作者:王海江 E-mail:whj-219@163.com

土壤盐渍化是指易溶性盐分在土壤表层积累的现象或过程,20世纪60年代以来,世界各国对土壤退化问题给予了极大的关注和重视。其中,土地盐渍化是当今世界土地退化的主要问题之一^[1]。据统计,全球土壤盐渍化面积为 $9.55 \times 10^8 \text{ hm}^2$ ^[2],随着人类活动对全球环境变化影响的加剧和粮食需求的日益紧张以及耕地资源的日趋匮乏,土壤盐渍化已经对现代农业的可持续发展造成了严重影响^[3-5]。因此,分析土壤盐分积累过程的影响因素是理解土壤盐渍化过程的基础,并且对于更好地预防和治理土壤盐渍化具有十分重要的作用。

大量研究表明,土壤中盐分积累过程是一系列作用于不同时空尺度上自然和人为因素相互叠加作用的结果^[6]。张芳等^[7]研究发现在区域尺度上,盐分随着海拔高度的降低而增高,且地形因素对表层(0~20 cm)和表层(20~60 cm)土壤盐分分布格局影响较大,随着深度的增加,其相关性下降。Miyamoto等^[8]通过研究发现长久用盐碱水灌溉是造成土壤盐分含量增加的最主要原因。杨学涛等^[9]通过对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,发现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,分布状况为冲积洪积扇缘带>冲积平原中部>冲积平原下部>干三角洲地区>冲积洪积扇中部。王玉刚等^[10]在新疆三工河流域平原研究发现,表层(0~20 cm)土壤盐分含量分布表现为耕地土壤盐分含量较其他土地利用类型下含量较低,自然和人为活动对不同土地利用类型盐分累积均有显著作用,并随着地貌单元自南向北盐分均值含量增加;颜安等^[11]以玛纳斯河流域内玛纳斯灌区和莫索湾灌区为研究区,研究分析土壤质地、作物类型及地形因子对农田土壤盐分的影响。该研究发现研究区农田表层土壤的盐分含量大小为:粘壤土>粉壤土>砂壤土;不同作物种植条件下农田土壤盐分状况表现为:棉花地>葡萄地>玉米地;不同地形部位农田土壤盐分含量表现为:冲积洪积扇下部>冲积洪积扇中部>沙漠边缘>冲积洪积扇上部;不同海拔农田土壤盐分随着海拔的升高呈先增加后降低的趋势。谷海斌等^[12]通过对玛纳斯灌区和石河子灌区土壤采样分析研究发现,2个灌区土壤总盐含量沿着玛纳斯河呈现出规律性分布,流域下游灌区土壤的总盐含量相对较高。以往研究大都针对1~2种因素分析区域盐渍化过程和分布特征,本文将以前新疆干旱区玛纳斯河流域为研究对象,结合多年收集的数据资料,综合不同土

壤盐分影响因素对该流域的土壤剖面特征和空间分布进行分析,为土地的科学治理、合理利用以及盐渍化土壤改良提供一定的理论参考和依据。

1 材料与方法

1.1 玛纳斯河流域概况

玛纳斯河流域位于新疆天山北麓,准噶尔盆地南缘^[13],其地理位置为 $43^{\circ}5' \sim 45^{\circ}58' \text{ N}$, $84^{\circ}42' \sim 86^{\circ}33' \text{ E}$,南起天山山脉,依连哈比尔尕山山脉,北接古尔班通古特大沙漠,流域地势南高北低,景观类型由高至低依次为高山冰川、森林、草甸、干草原和荒漠草原^[14]。流域总面积 $19\,800 \text{ km}^2$,其中山区面积 $5\,150 \text{ km}^2$,平原面积 $14\,650 \text{ km}^2$;在平原面积中,耕地面积为 $3\,540 \text{ km}^2$ 。流域内共有大小5条内陆河流,均发源于天山北麓依连哈比尔尕山山脉,从东至西依次为:塔西河、玛纳斯河、宁家河、金沟河、巴音沟河,流向均为由南向北流入准噶尔盆地^[15]。流域内五大水系主要依赖冰川融化和降水补给,并且在山区形成径流,在平原区消耗与转化^[14]。南部山区发育的河流进入盆地后,所携带土壤逐渐沉积,依次形成冲积洪积扇、冲积平原区、干三角洲等地貌部位^[16]。

玛纳斯河流域属温带大陆性干旱气候区,具有冬冷夏热、日温差大、降水稀少、蒸发量大的特点^[17]。年平均气温 $6 \sim 6.9^{\circ} \text{ C}$,平均无霜期为 $147 \sim 191 \text{ d}$,年均降水量 $110 \sim 200 \text{ mm}$,其中区域南部中高山带一般年均降水量为 $400 \sim 600 \text{ mm}$,低山丘陵区 $344 \sim 428 \text{ mm}$,山前倾斜平原为 197.2 mm ,靠近沙漠边缘的干三角洲仅 107.9 mm 左右,年均蒸发量为 $1\,500 \sim 2\,100 \text{ mm}$ 。

1.2 自然影响土壤盐分的要素监测

根据玛纳斯河流域地质地貌特征和气象站点具体位置,选取监测基础设施条件较好的石河子灌区、莫索湾灌区,于2011—2013年借助灌区的长期定位观测站对各地下水位监测点的潜水埋深、地下水位和水质进行监测,同时收集地下水样品,采用电导率法^[18]测定各位点土壤盐分含量。选取流域典型冲积洪积扇缘带北五岔镇棉田,采用地下水监测井于2011—2013年对棉花整个生育期(4—9月份)的地下水埋深、土壤盐分变化进行动态监测。依据不同海拔高度和地貌类型,选取土壤采集样点石总场(海拔 430 m)、147团(海拔 375 m)、148团(海拔 350 m)、150团(海拔 326 m)和北五岔镇(海拔 390 m),并实地调查各采样点地形位置和海拔高度,每月定点监测土壤盐分含量变化。

1.3 人为影响土壤盐分的要素监测

针对研究区人为措施对土壤盐分含量变化的影响,重点对土地利用方式、种植年限设置定位试验,其中土地利用方式选取同一灌区的耕地、林地、草地和荒地;种植年限则选取同一灌区、单一种植同种作物开垦后1、3、5、8年和10年的农田,并保证其灌溉方式、土壤质地和其他农业管理措施一致;对选取的定位监测点测定土壤盐分的初始盐分含量和不同生育期土壤盐分变化情况。

1.4 土壤样品的采集及数据分析处理

土壤样品的采集按0~20、20~40、40~60、60~80 cm和80~100 cm的深度,用土钻进行分层取土,装入铝盒作为供试样品,所采土壤样品室内自然风干,样品风干后粉碎过1 mm筛孔,以1:5的土水比制备浸提液,采用电导率法^[18]分析测定土壤盐分含量;利用Microsoft Excel 2003和SPSS11.5统计软件对数据进行相关统计与分析。

2 结果与讨论

2.1 地形影响因素

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]。图1是玛纳斯河流域土壤盐分在不同海拔高度下的区域分布图。从图1可知,玛纳斯河流域土壤盐分含量随海拔高度的变化呈现先降低(270~320 m)后升高(320~430 m)再降低(430~550 m)的大体趋势。在不同海拔高度,土壤盐分含量高的主要集中在海拔350~430 m,土壤最高盐分含量为 $8.66 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$,最低的为 $0.28 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$,说明在此区域土壤盐分含量变化幅度较大。海拔430~550 m的土壤盐分含量小

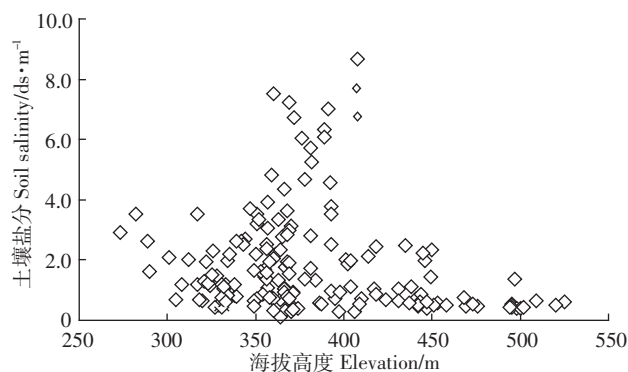


图1 土壤盐分在不同海拔高度下的区域分布图

Figure 1 Soil salinity at different elevations in the Manasi River Basin

于海拔270~320 m的土壤盐分含量,由此可见,随着海拔逐渐升高,土壤盐分含量总体较低。这一趋势与颜安等^[1]的研究结果基本一致,但其研究结论盐分含量最高的分布在400~500 m,这或许跟区域采样点的分布和数量有关系^[20]。

图2是不同海拔高度定点观测团场的土壤剖面盐分含量图。各监测点海拔高度分别为石总场(430 m)、147团(375 m)、148团(350 m)和150团(326 m)。1 m土体盐分含量最高的在147团,最低的在石总场。不同监测点的土壤盐分主要分布在0~20、60~80、80~100 cm土层,表层和底层盐分含量较高,20~40、40~60 cm土层盐分含量相对较低。在147团0~20 cm土层土壤平均含量为 $1.86 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$,20~40 cm与40~60 cm土层土壤平均含量差异不大,分别为1.56、1.65 $\text{ds} \cdot \text{m}^{-1}$,而60~80 cm与80~100 cm土层平均盐分含量较高,分别为2.04、2.43 $\text{ds} \cdot \text{m}^{-1}$,由此可见,土壤盐分含量分布发生表聚与底聚现象。不同团场在同一土层的土壤盐分含量不同,147团(375 m)土壤盐分含量最高,其次148团(350 m)与150团(326 m),最后海拔高的石总场(430 m)土壤盐分含量较低,其中海拔较高的148团与海拔较低的150团的盐分含量差异不大。本研究表明地形的高低与土壤盐分含量和分布并没有很好的变化规律。

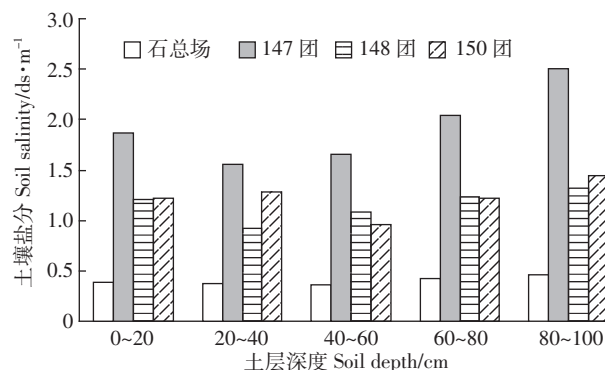


图2 玛纳斯河流域不同海拔高度下土壤盐分含量剖面图

Figure 2 Salt distribution at different depths in soil profiles at four locations in the Manasi River Basin

2.2 地貌类型影响因素

玛纳斯河流域南高北低,南部山区发育的河流进入盆地后,所携带土壤逐渐沉积,依次形成冲积洪积扇、冲积平原区、干三角洲等地貌部位。不同地貌类型土壤、植被等明显不同,因此其土壤的盐分状况也不同^[21]。图3是玛纳斯河流域不同地貌类型下土壤盐分

含量剖面分布图。由图 3 可知,玛纳斯河流域土壤盐分含量在不同地貌类型的分布状况大致为:冲积洪积扇缘带>冲积平原中部>冲积平原下部>冲积洪积扇中部>干三角洲地区,位于冲积扇中上部地下水位低,土壤盐分少,冲积洪积扇缘带地下水埋深较浅,地下水矿化度较高,是流域盐分的主要集聚区^[16]。不同地貌类型土壤剖面含盐量和分布差异较大,冲积洪积扇缘带与冲积平原中部的土壤含盐量在不同土层呈现明显的先下降后升高的趋势,冲积洪积扇缘带最高含盐量在表层 0~20 cm,为 3.32 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$,最低含盐量在土层中部,为 2.07 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$;冲积平原中部的土壤最高含盐量在表层,为 3.03 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$,最低含盐量也在土层中部,为 1.60 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$;冲积平原下部土壤盐分主要集中在 40~60 cm,呈现先升高再降低的趋势,其表层含盐量最低,为 1.03 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$;冲积洪积扇中部与干三角洲土壤盐分含量剖面分布变化趋势不明显,各层土壤盐分含量变幅不大,底层土壤盐分含量较高。

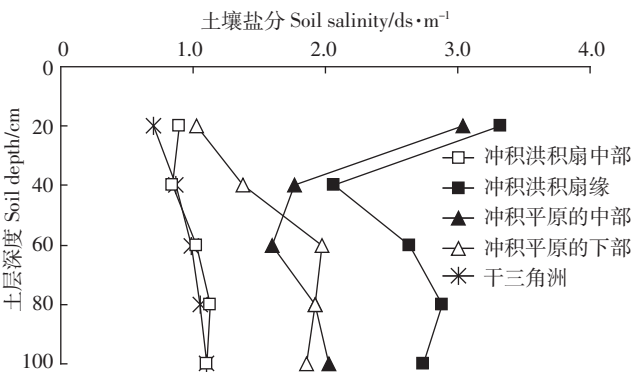


图 3 玛纳斯河流域不同地貌类型下土壤盐分含量剖面分布图
Figure 3 Salt distribution in the soil profile as affected by different landforms in the Manasi River Basin

2.3 地下水埋深影响因素

地下水位埋深是影响土壤含盐量的重要因素^[22],“盐随水来,盐随水去”,土壤盐分主要通过潜水蒸发由地下水带至土壤耕层,由于蒸发进入土壤中的水分较多也会携带较多的盐分,使土壤积盐^[23]。图 4 是玛纳斯河流域土壤盐分含量与地下水埋深的线性关系图。由图 4 可知:土壤盐分含量的变化与地下水埋深的动态变化密切相关(相关系数 $R^2=0.61$),该区域土壤盐分含量随着地下水埋深的增大呈现减小的趋势。当地下水位埋深在 0~10 m 时,趋势更为明显,当地下水位埋深为 1.58 m 时,土壤盐分含量为 6.5 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$;当地下水位埋深为 9.6 m 时,土壤盐分含量为 1.18 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$ 。

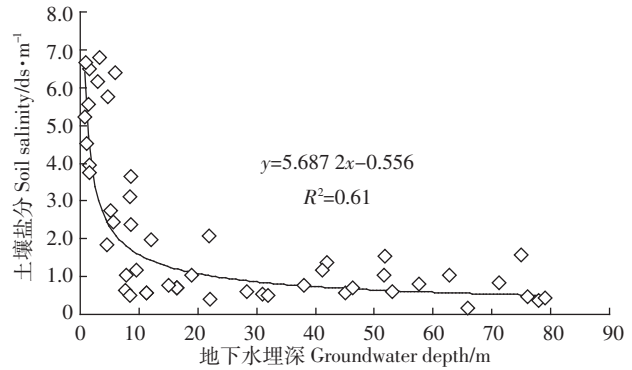


图 4 区域土壤盐分含量与地下水埋深
Figure 4 Relationship between soil salt content and groundwater depth in the Manasi River Basin

m^{-1} ;当地下水位大于 10 m 时,土壤盐分含量较低,并趋于平缓,地下水埋深降低到一定程度时,土壤盐分不再向上聚积^[24]。

图 5 是玛纳斯河流域北五岔棉田土壤盐分含量和地下水埋深随时间的变化关系图。从图 5 中我们可以看出,2011 年该地区土壤含盐量总体较高,土壤平均盐分含量大于 6 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$,地下水埋深整个生育期在 1 m 左右;2012 年度研究区地下水埋深下降,4 月地下水埋深为 1.72 m,土壤盐分含量为 5.74 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$,8 月地下水埋深继续下降,土壤盐分含量减少到 4.37 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$;整个生育期土壤盐分含量持续减少主要跟这一时期地下水埋深变深和连续的农业灌溉产生淋洗有直接关系。2013 年度也基本上表现出同样的趋势,地下水埋深跟土壤盐分含量呈现较好的相关性,6 月的地下水埋深抬升至 0.81 m,土体盐分含量也由 4.53 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$ 迅速增加到 5.24 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$ 。

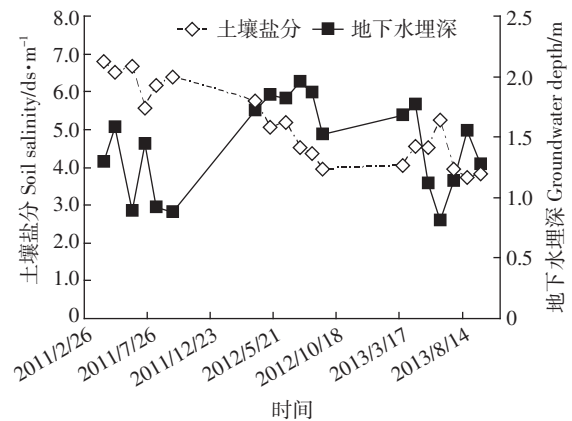


图 5 土壤盐分与地下水埋深的定点观测
Figure 5 Temporal changes in soil salinity and groundwater depth at a fixed-point in the Manasi River Basin

2.4 土地利用类型影响因素

不同的土地利用类型也是影响土壤盐分变化的重要因素之一^[10]。图 6 为玛纳斯河流域在不同的土地利用方式下的土壤含盐量。由图 6 可见,在玛纳斯河流域,不同的土地利用方式下的土壤含盐量具有显著性差异,其土壤盐分含量特征表现为:荒地>林地>草地>耕地。未开荒的荒地土壤含盐量远高于其他 3 种土地利用方式,荒地平均土壤含盐量为 $9.83 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$,林地为 $3.72 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$,草地为 $2.02 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$,耕地为 $0.54 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$,说明土地的开发利用模式对土壤盐渍化有较明显的影响。

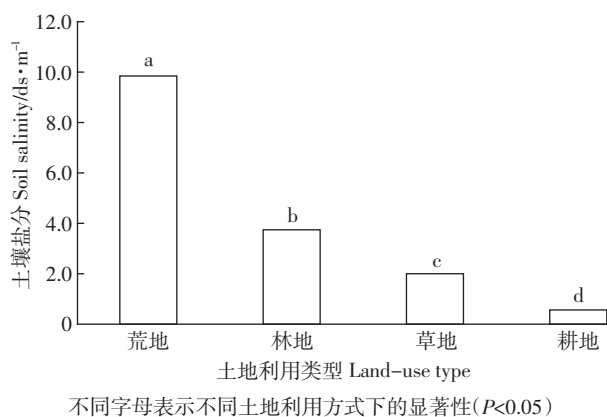


图 6 玛纳斯河流域在不同的土地利用方式下的土壤含盐量
Figure 6 Soil salt content as affected by different land use types in the Manasi River Basin

图 7 是不同土地利用类型下的土壤含盐量剖面分布图。由图 7 可见,同种土地利用类型下不同土层盐分含量有明显的变化趋势。荒地各层土壤盐分含量显著高于其他土地利用类型,表聚和底聚现象明显^[25],其不同土层间土壤含盐量呈现先降低后升高的

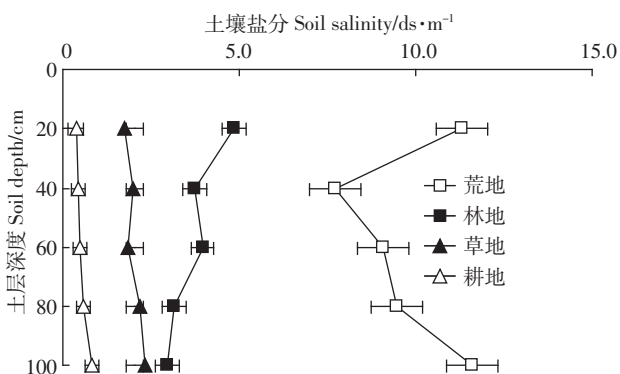


图 7 不同土地利用类型下的土壤含盐量剖面分布图
Figure 7 Salt distribution in the soil profile as affected by different land use types in the Manasi River Basin

趋势,较高值在 0~20 cm 与 80~100 cm 土层之间,分别为 $11.31 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$ 与 $11.61 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$,最小值在 20~40 cm 土层,为 $7.72 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$ 。草地与耕地的盐分含量随土层变化差异不大,底层土壤盐分含量略高于表层。总体可见,不同的土地利用方式(林地、草地和耕地)对土壤表层盐分含量影响较为明显。

2.5 种植年限影响因素

不同的种植年限对土壤盐分含量也有一定的影响^[26]。表 1 是滴灌模式下不同种植年限对土壤盐分含量及其分布的影响。由表 1 可见,在滴灌方式下连续种植不同年限土壤盐分含量存在显著性差异,且随着种植年限的增长,土壤盐分含量基本呈现逐渐减小的趋势^[27]。滴灌 1 年土壤盐分含量在表层 0~20 cm 减少较为明显,连续种植 1 年和 3 年,土壤盐分含量在土壤表层变化差异不大,但在 20~100 cm 土层均有显著性差异;连续种植 3~8 年,各土层土壤盐分含量变化均差异显著,土壤盐分含量呈现明显的降低趋势;连续种植 8 年和 10 年的土壤盐分含量差异不显著。由表 1 可知,滴灌 1~10 年,随着滴灌年限的增加,表层(0~20 cm)土壤盐分含量由 $2.52 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$ 降低到 $0.28 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$,80~100 cm 土层由 $4.22 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$ 降低到 $0.41 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$,说明土层深度的增加,滴灌模式对盐分含量降低的趋势更明显,差异更显著。

表 1 滴灌模式下不同种植年限对土壤盐分含量及其分布的影响

Table 1 Salt distribution in the soil profile as affected by the number of years of drip-irrigation

滴灌年限/ 年	土壤盐分含量/ $\text{ds} \cdot \text{m}^{-1}$				
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	60~80 cm	80~100 cm
10	0.28d	0.24d	0.32d	0.37d	0.41d
8	0.24d	0.20d	0.36d	0.33d	0.34d
5	1.87c	1.56c	1.96c	2.03c	2.34c
3	2.31b	2.1b	2.27c	2.87b	3.12b
1	2.52b	3.21a	3.74b	3.86a	4.22a
初始盐分	4.65a	3.44a	4.13a	3.97a	4.31a

注:不同字母表示不同年限的显著性($P<0.05$)。

3 结论

本文从海拔高度、地貌类型、地下水埋深、土地利用类型以及种植模式 5 个方面对玛纳斯河流域的土壤盐分含量分布作了一定研究,得出结论如下:

(1)玛纳斯河流域的土壤盐分含量变化随着海拔高度的升高大致呈现先降低后升高再降低的趋势,并

且盐分含量高的主要集中在海拔350~400 m。我们通过对不同海拔高度下的团场定点监测,研究发现1 m土体盐分含量最高的在147团,最低的在石总场;不同监测点的土壤盐分主要分布在0~20、60~80、80~100 cm土层,表层和底层盐分含量较高,20~40、40~60 cm土层盐分含量相对较低。各团场几乎都存在表聚与底聚现象,而地形的高低对土层之间的土壤含盐量变化并没有很好的趋势。

(2)玛纳斯河流域不同地貌类型土壤盐分含量特征表现为:冲积洪积扇缘带>冲积平原中部>冲积平原下部>冲积洪积扇中部>干三角洲地区。冲积洪积扇缘带与冲积平原中部的土壤含盐量在不同土层呈现明显的先下降后升高的趋势,表现为明显的盐分表聚与底聚现象;冲积平原下部土壤盐分主要集中在40~60 cm,呈现先升高再降低的趋势,其表层含盐量最低;冲积洪积扇中部与干三角洲土壤盐分含量剖面分布变化趋势不明显,各层土壤盐分含量变幅不大,表层土壤盐分含量较高。

(3)从大的区域数据来看,当地下水位埋深小于10 m时,土壤盐分含量随着地下水埋深的增大呈现减小的趋势,地下水埋深大于10 m时,土壤盐分含量较低,并趋于稳定。定点监测作物生育期内土壤盐分与地下水埋深关系也表明,地下水埋深跟土壤盐分含量呈现较好的相关性,随着地下水埋深的变浅,土壤盐分含量明显增加。

(4)不同土地利用方式下,该区域的土壤含盐量具有显著性差异,其土壤盐分含量特征表现为:荒地>林地>草地>耕地。未开荒的荒地土壤含盐量远高于其他3种土地利用方式,且其不同土层间土壤含盐量呈现先降低后升高的趋势,具有明显的盐分表聚和底聚现象;林地随着土层的增大,盐分含量呈现降低趋势;草地与耕地的盐分含量随土层变化差异不大,底层土壤盐分含量略高于表层。

(5)在滴灌方式下连续种植不同年限土壤盐分含量存在显著性差异,且随着种植年限的增长,土壤盐分含量呈现逐渐减小的趋势,土层深度的增加,滴灌模式对盐分含量降低的趋势更明显,差异更显著。连续滴灌种植1年与3年,表层土壤盐分含量差异不显著,底层差异显著;连续种植3~8年,各层土壤盐分含量差异显著并明显降低;连续种植8年和10年的差异不显著。

参考文献:

[1] 乔木,周生斌,卢磊,等.新疆渭干河流域土壤盐渍化时空变化

及成因分析[J].地理科学进展,2012,31(7):904-910.

QIAO Mu, ZHOU Sheng-bin, LU Lei, et al. Causes and spatial-temporal changes of soil salinization in Weigan River basin, Xinjiang [J]. *Progress in Geography*, 2012, 31(7):904-910. (in Chinese)

[2] Szaboles L. Salinization of soil and water and its relation to desertification[J]. *Desertification Control Bulletin*, 1992, 5(21):32-37.

[3] Schoups G, Hopmans J W, Yong C A, et al. Sustainability of irrigated agriculture in the San Joaquin Valley, California[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005, 102(43):15352-15356.

[4] Darwish T, Atallah T, El-Moujabber M, et al. Salinity evolution and crop response to secondary soil salinity in two agro-climatic zones in Lebanon[J]. *Agricultural Water Management*, 2005, 78(1/2):152-164.

[5] 高婷婷,丁建丽,哈学萍,等.基于流域尺度的土壤盐分空间变异特征——以渭干河-库车河流域三角洲绿洲为例[J].生态学报,2010,30(10):2695-2705.

GAO Ting-ting, DING Jian-li, HA Xue-ping, et al. The spatial variability of salt content based on river basin scale: A case study of the delta oasis in Weigan-Kuqa Watershed[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(10):2695-2705. (in Chinese)

[6] 范晓梅,刘高焕,唐志鹏,等.黄河三角洲土壤盐渍化影响因素分析[J].水土保持学报,2010,24(1):139-144.

FAN Xiao-mei, LIU Gao-huan, TANG Zhi-peng, et al. Analysis on main contributors influencing soil salinization of Yellow River Delta[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 24(1):139-144. (in Chinese)

[7] 张芳,熊黑钢,田源,等.区域尺度地形因素对奇台绿洲土壤盐渍化空间分布的影响[J].环境科学研究,2011,24(7):731-739.

ZHANG Fang, XIONG Hei-gang, TIAN Yuan, et al. Impacts of regional topographic factors on spatial distribution of soil salinization in Qitai Oasis[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2011, 24(7):731-739. (in Chinese)

[8] Miyamoto S, Chacon A, Hossain M, et al. Soil salinity of urban turf areas irrigated with saline water[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2005, 71:233-241.

[9] 杨学涛,李品芳,侯振安,等.玛纳斯河流域不同地貌单元弃耕地土壤盐分差异研究[J].土壤学报,2012,49(6):1241-1246.

YANG Xue-tao, LI Pin-fang, HOU Zhen-an, et al. Temporal and spatial variability of soil salinity in deserted cropland as affected by land-form in the Manasi River Valley[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2012, 49(6):1241-1246. (in Chinese)

[10] 王玉刚,李彦,肖笃宁.土地利用对天山北麓土壤盐渍化的影响[J].水土保持学报,2009,23(5):179-183.

WANG Yu-gang, LI Yan, XIAO Du-ning. Effects of land use type on soil salinization at northern slope of Tianshan mountain[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2009, 23(5):179-183. (in Chinese)

[11] 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[J].新疆农业大学学报,2013,36(4):329-333.

YAN An, WANG Ze, SHENG Jian-dong. Effects of different factors on soil salt content of farmland in Manasi River Basin[J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2013, 36(4):329-333. (in Chinese)

- [12] 谷海斌, 盛建东, 武红旗, 等. 灌区尺度土壤盐渍化调查与评价——以石河子灌区和玛纳斯灌区为例[J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(2): 95–100.
- GU Hai-bin, SHENG Jian-dong, WU Hong-qi, et al. Survey and evaluation on soil salinization of irrigation area scale: A case study of irrigation area in Shihhotze and Manasi [J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2010, 33(2): 95–100. (in Chinese)
- [13] 唐湘玲, 吕新, 李俊峰, 等. 近 50 年玛纳斯河流域径流变化规律分析[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(5): 124–129.
- TANG Xiang-ling, LV Xin, LI Jun-feng, et al. Runoff characteristics of Manasi River Basin in the past 50 years [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2011, 25(5): 124–129. (in Chinese)
- [14] 艾尔肯·艾白不拉, 徐海量, 凌红波, 等. 玛纳斯河流域土地利用与土壤类型空间分布的关系[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(22): 9275–9280.
- ABAYDULLA Arkin, XU Hai-liang, LING Hong-bo, et al. On relationship between land use and soil types spatial distribution in Manas River Basin[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2013, 41(22): 9275–9280. (in Chinese)
- [15] 吉磊, 何新林, 刘兵, 等. 近 60 年玛纳斯河径流变化规律的分析[J]. 石河子大学学报, 2013, 31(6): 765–769.
- JI Lei, HE Xin-lin, LIU Bing, et al. Runoff characteristics of Manas River in the past 60 years[J]. *Journal of Shihezi University*, 2013, 31(6): 765–769. (in Chinese)
- [16] 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[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 60–64.
- LI Yu-yi, ZHANG Feng-hua, PAN Xu-dong, et al. Changes of salt accumulation in soil layers with different landforms in Manas River Valley in Xinjiang Region of China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23(2): 60–64. (in Chinese)
- [17] 朱宏伟, 夏军, 曹国栋, 等. 盐渍化弃耕地土壤盐分动态及其影响因素[J]. 土壤, 2013, 45(2): 339–345.
- ZHU Hong-wei, XIA Jun, CAO Guo-dong, et al. Dynamic change of soil salinity in salinization abandoned farmland and affecting factors[J]. *Soils*, 2013, 45(2): 339–345. (in Chinese)
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- BAO Shi-dan. Soil and agricultural chemistry analysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000. (in Chinese)
- [19] 朱德兰, 吴发启. 不同地形部位土壤水分的年变化分析[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(4): 28–31.
- ZHU De-lan, WU Fa-qi. Study on annual variation of soil moisture in different positions of topography[J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2003, 1(4): 28–31. (in Chinese)
- [20] 杨奇勇, 杨劲松. 基于 GIS 的土壤盐分空间变异及盐分监测样点合理布设研究[J]. 灌溉排水学报, 2011, 30(2): 10–14.
- YANG Qi-yong, YANG Jin-song. Spatial variability and optimization of observation sampling for soil salinity by GIS[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2011, 30(2): 10–14. (in Chinese)
- [21] 张风华, 赵强, 潘旭东, 等. 新疆玛纳斯河流域绿洲土壤特性空间分异与合理开发模式[J]. 水土保持学报, 2005, 19(6): 53–56.
- ZHANG Feng-hua, ZHAO Qiang, PAN Xu-dong, et al. Spatial differentiation and exploration direction of soil characteristic in Valley of Manas River in Xinjiang[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2005, 19(6): 53–56. (in Chinese)
- [22] 韩茜, 熊黑钢. 奇台县绿洲农田土壤盐渍化影响因素及逆向演替特征研究[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(7): 168–175.
- HAN Qian, XIONG Hei-gang. Study on influence factors and characters of reversal evolvement of farmland soil salinization in Qitai oasis[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2009, 23(7): 168–175. (in Chinese)
- [23] 管孝艳, 王少丽, 高占义, 等. 盐渍化灌区土壤盐分的时空变异特征及其与地下水埋深的关系[J]. 生态学报, 2012, 32(4): 1202–1210.
- GUAN Xiao-yan, WANG Shao-li, GAO Zhan-yi, et al. Spatio-temporal variability of soil salinity and its relationship with the depth to groundwater in salinization irrigation district[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(4): 1202–1210. (in Chinese)
- [24] 阿依古丽·买买提. 玛纳斯河流域灌区土壤盐化空间格局及其影响因素研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2013.
- MAIMAITI Ayiguli. Spatial pattern of salt affected soil in irrigation area of Manas River Basin and its influence factors[D]. Urumchi: Xinjiang University, 2013. (in Chinese)
- [25] 李朝阳. 长期膜下滴灌棉田土壤盐分分布特征研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2013.
- LI Zhao-yang. Study on the salt distribution of cotton fields which irrigation under the film in long term[D]. Shihezi: Shihezi University, 2013. (in Chinese)
- [26] 王振华, 郑旭荣, 李朝阳. 不同滴灌年限土壤盐分分布与变化初步研究[C]//现代节水高效农业与生态灌区建设(上), 2010.
- WANG Zhen-hua, ZHENG Xu-rong, LI Zhao-yang. The Initially research on the distribution of the soil salinity with different drip Irrigation Years[C]//Efficient Water-saving Irrigation Area of Modern Agriculture and Ecological, 2010. (in Chinese)
- [27] 李明思, 刘洪光, 郑旭荣. 长期膜下滴灌农田土壤盐分时空变化[J]. 农业工程学报, 2012, 28(22): 82–87.
- LI Ming-si, LIU Hong-guang, ZHENG Xu-rong. Spatiotemporal variation for soil salinity of field land under long-term mulched drip irrigation[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(22): 82–87. (in Chinese)