

新疆叶尔羌河流域土壤盐渍化特征研究

任加国¹ 郑西来¹ 许模² 李甲亮¹

(1 中国海洋大学环境科学与工程学院 山东青岛 266003; 2 成都理工大学 成都 610059)

摘 要 以新疆叶尔羌河流域为例,分析了该地区土壤盐渍化的类型、程度、特征、成因以及与地下水埋深的关系。盐渍化程度分析为该区农业发展提供了科学依据;3种土壤盐分组成剖面涵盖了新疆地区典型的土壤盐化类型,为提出针对性的解决方案提供可靠保证;剖析了土壤盐渍化成因及与地下水埋深的关系,指出控制土壤盐分的关键是合理的淋洗与排水、建立明渠排水与竖井排灌相结合的灌溉方式。为新疆及其他类似地区评价与解决土壤盐渍化问题提供了新思路。

关键词 叶尔羌河; 流域; 土壤; 盐渍化

中图分类号 S156.4⁺1

土壤盐渍化问题是干旱区可持续发展和改善环境质量的战略问题^[1]。中国干旱区面积占全国总面积的 1/3, 盐碱土广泛分布^[2]。土壤的盐渍化问题和灌溉引起的土壤次生盐渍化问题是干旱区农业发展的主要障碍, 也是影响绿洲生态环境稳定的重要因素。绿洲农业是干旱区人类生存与发展的命脉, 新疆是我国重要农垦地区, 占新疆土地总面积 4.27 % 的绿洲承载着全疆 95 % 以上的人口, 其盐碱土总面积 847.6 万 km², 现有耕地中 31.1 % 的面积受到盐碱危害。干旱气候条件造就了新疆土壤盐渍化严重, 盐碱土种类多, 被称为“世界盐碱土的博物馆”^[3]。

新疆盐渍化研究在 20 世纪 60 ~ 70 年代取得了一定成绩, 但近 10 年来处于停止状态, 在理论和方法上未有突破^[4]。随着人口的增加, 耕地面积不断扩大和水资源严重短缺, 盐渍化问题日益突出, 对绿洲农业的可持续发展已构成严重威胁。因此, 进行新疆地区土壤盐渍化特征研究十分必要。叶尔羌河流域是新疆最大灌区 (图 1), 土壤盐渍化问题非常典型^[5], 开展该区土壤盐渍化特征研究有利于干旱区盐渍化的特征分析。

1 土壤盐渍化特征分析

1.1 盐渍化分类^[6,7]

根据流域地处内陆干旱半干旱区的地理环境,并参考有关盐渍化的文献资料,综合新疆盐渍土的特点,将流域内地表以下 50 cm 内的耕作层盐分组

成作为评定基础，盐渍土类型和盐渍化程度划分见表 1 和表 2。

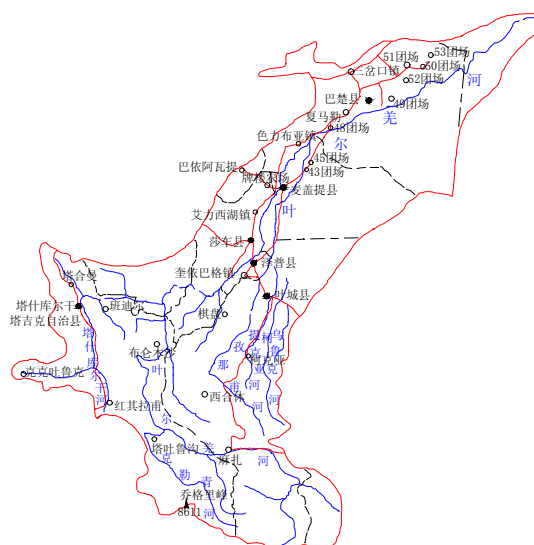


图 1 叶尔羌河流域示意图

Fig. 1 Sketch of Yeerqiang River valley

表 1 盐渍化类型划分表

Table 1 Classification of salinization

$\frac{C(Cl^-)}{2C(SO_4^{2-})}$	盐渍化类型	备注
> 2	氯盐渍土	C (Cl ⁻) 指 1 kg 土
$2 \sim 1$	亚氯盐渍土	中含该离子的物
$0.3 \sim 1$	亚硫酸盐渍土	质的量 (mmol)
< 0.3	硫酸盐渍土	

表 2 盐渍化程度划分表

Table 2 Salinization degrees

含盐量 (1 kg 土中所 含盐分的质量 (g))	盐渍化程度
< 5.0	非盐渍化土
5.0 ~ 10.0	轻度盐渍化
10.0 ~ 15.0	中度盐渍化
15.0 ~ 20.0	重度盐渍化
> 20.0	盐土

1.2 土壤盐渍化程度评价^[8]

根据盐渍化程度不同, 将流域分成 5 个区域:

(1) 非盐渍化区: 在流域内广泛分布于山前冲洪积平原和冲积平原区, 含盐量一般在 0.7 ~ 3.8 g/kg 之间。地下水埋深冲洪积扇 > 30 m, 细土平原 5 m 左右, 地下水的类型主要有 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 、 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 和 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型, 地下水矿化度一般 < 1 g/L, 适宜农作物生长。

(2) 轻度盐渍化区: 在叶尔羌河上游地区呈岛状零星分布, 在中游麦盖提附近呈带状分布, 含盐量在 6.0 ~ 8.0 g/kg 之间, 盐渍土类型以亚硫酸和亚氯盐渍土为主。该区内地下水埋深一般 < 10 m, 地下水类型以 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型为主, 地下水矿化度一般 1 ~ 3 g/L, 较适宜农作物生长。

(3) 中度盐渍化区: 零星分布于叶尔羌河中游, 含盐量在 11.0 ~ 13.0 g/kg 之间, 盐渍土类型以亚硫酸和亚氯盐为主。该区内地下水埋深一般 < 5 m, 地下水类型以 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型为主, 地下水矿化度一般 1 ~ 3 g/L, 该区对农作物生长有一定危害。

(4) 重度盐渍化区: 零星分布于叶尔羌河下游, 含盐量在 15.0 ~ 20.0 g/kg 之间, 盐渍土类型以亚硫酸和亚氯盐为主。该区内地下水埋深一般 < 5 m, 地下水类型以 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型为主, 地下水矿化度一般 1 ~ 3 g/L, 该区对农作物生长有极大损害。

(5) 盐土区: 在叶尔羌河两岸呈零星分布, 在叶尔羌河东岸麦盖提县呈片状分布, 含盐量一般在 20.0 ~ 50.0 g/kg, 最高可接近 100 g/kg, 盐渍土类型以氯盐和亚氯盐为主。该区内地下水埋深一般 < 3 m, 地下水类型以 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 和 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型为主, 地下水矿化度一般 > 3 g/L, 该区农作物不能生长。

1.3 土壤盐渍化基本特征

研究区土壤盐分在淋滤、蒸发等作用影响下,

呈现以下 3 种特征^[9]:

(1) 脱盐型: 由于受地表水灌溉和大气降水影响, 土壤表层盐分在淋滤作用下, 随入渗水向下运移, 在深部逐渐出现盐分富集, 在土壤盐分垂直剖面上就表现为上部盐分低, 下部含盐量高的特点 (图 2)。脱盐型土壤盐分剖面主要出现在地下水埋深 < 5 m, 且下部有透水性较弱地层区域。

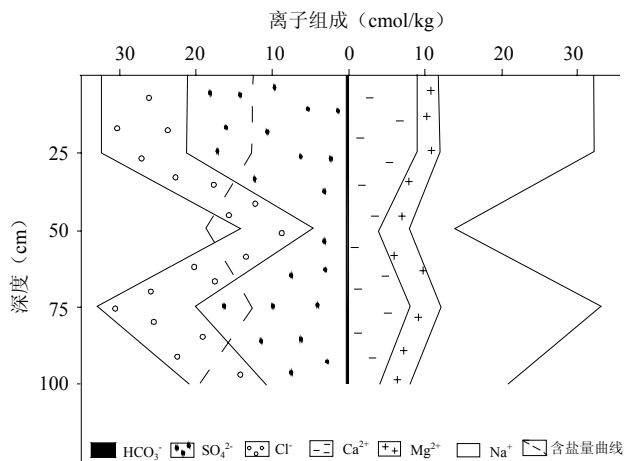


图 2 T346 盐分组成剖面图

Fig. 2 Section of T346 salinity composition

(2) 聚盐型: 由于受蒸发作用影响, 盐分大量集中于表土层, 在土壤盐分垂直剖面上表现为上部盐分含量高, 下部盐分少的特点 (图 3)。聚盐型土壤盐分剖面出现在地下水埋深较浅 (< 5 m)、地层中有较多亚砂土-亚黏土等细颗粒的地区。

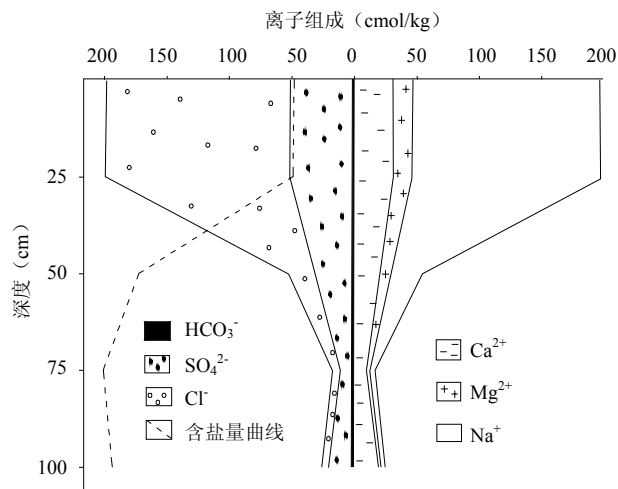


图 3 T352 盐分剖面图

Fig. 3 Section of T352 salinity composition

(3) 混合型：由于灌溉和大气降水入渗，盐分由地表向下运移聚积。同时，在土壤毛细作用及地下水蒸发作用下，盐分又向地表运移，在土壤盐分剖面上表现为上部和下部盐分含量低，中部盐分含量高的特点。若排水系统完善，中部含量高的盐分被淋滤携带向下部运移，并有部分随毛细水上升到上部，在土壤剖面上就表现为上部和下部盐分含量高，中部盐分含量低的特点（图 4）。

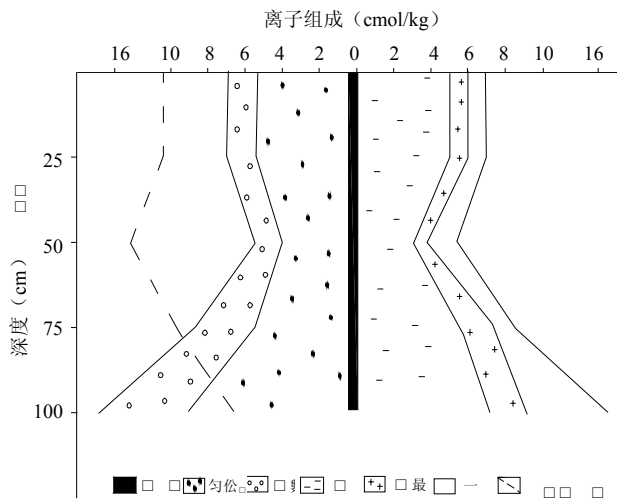


图 4 T363 盐分组成剖面图

Fig. 4 Section of T363 salinity composition

2 土壤盐渍化成因分析

流域土壤盐渍化形成与转化主要受下列条件的影响与制约：

(1) 原生盐分：土壤母质中原生盐分来源于含盐地层的风化，随风而来的盐分、生物累积盐分和火山活动带来的盐分。在一些人类活动强度较弱区，受蒸发作用影响，盐分聚集于地表，而表层盐分又不易被地表水或地下水携带向外运移，于是就形成了原生盐渍化土壤^[10]。

(2) 气候条件：大气降水是地表水和地下水的

主要来源，直接补给土壤水，当大气降水数量较大时，可使土壤发生自然淋洗作用。大气蒸发能使土壤水分汽化，成为土壤水盐向表层运行的动力，并使土壤发生积盐。流域降水稀少，淋洗微弱，干旱多风，蒸发强烈，土壤水分以蒸发浓缩运动为主，土壤和地下水盐分随之上升，地表发生大量积聚^[11]。

(3) 地形条件：地形高低的差异，实质上是反应了土壤土质的粗细、排列的差异和水文状况及水文地质条件的差异。山前冲洪积扇地势高、地下水位深，土质颗粒粗、地下径流强烈、自然排水通畅，一般不会发生土壤盐渍化。冲积平原和地势较低洼地区地下水位高、径流迟缓、蒸发强烈，土壤极易发生盐渍化。

(4) 水文地质条件：地层岩性、地下水的补径排对盐渍土形成具有重要影响。地层颗粒细，毛细上升高度大，极易将盐分携带到地表，产生积盐；地下水补给源充沛，径流激烈，排泄条件通畅，地下水埋深大，不易产生盐渍化。反之，则较易产生盐渍化。新疆耕地大部分处在冲洪积扇扇缘以下地势平缓地带，地下水径流不畅，土壤极易积盐。

(5) 人类灌溉活动：研究区内为灌溉农业，灌溉方式和灌溉定额不合理，加之排水系统不完善，大量盐分随灌溉水进入农田，促使地下水水位升高，在毛细作用下，产生土壤次生盐渍化^[12]。

3 土壤积盐与地下水埋深的关系

由不同埋深带地下水蒸发量（表 3）可见，地下水蒸发强度随着埋深的增加而迅速减少。80 % 以上的蒸发量发生在地下水埋深为 0~2 m 的地段（该水位埋深区间的面积只占总面积的 30 %），而 97 % 以上的蒸发量发生在地下水埋深 0~3 m 的地区。由此可见，灌区地下水位抬高到 3 m 以内的危害相当大。

叶尔羌河流域地下水埋深 > 5 m 的地区，几乎没有盐渍化现象。而在地下水埋深 < 3 m 的地方，

表 3 不同埋深条件地下水的蒸发量

Table 3 Evaporation rates of groundwater at different burying depths

项目	0~1 m	1~2 m	2~3 m	3~5 m	合计
分布面积 (km ²)	1028.3	2693.3	4975.9	3700.1	12397.6
百分比 (%)	8.29	21.72	40.14	29.85	100
地下水蒸发量 (×10 ⁸ m ³)	15.87	7.98	4.33	0.80	28.98
百分比 (%)	54.78	27.53	14.93	2.76	100

方, 盐渍化现象比较普遍。

冲洪积扇区地下水埋深大部分 $> 5\text{ m}$, 地下水的矿化度大部分 $< 1.0\text{ g/L}$; 冲积平原区, 地下水埋深变浅, 地下水矿化度上升, 一般为 $1 \sim 3\text{ g/L}$, 部分为 $5 \sim 10\text{ g/L}$, 个别地段 $> 10\text{ g/L}$ 。

一般说来, 地下水埋深较浅的地方, 地下水的矿化度往往高一些, 土壤也比较容易积盐。研究区内地下水埋深 $< 5\text{ m}$ 的分布区面积为 12397.6 km^2 , 年蒸发地下水量 $28.98 \times 10^8\text{ m}^3$ 。引入灌区的地表水主要是淡水, 除少量渠系等的水面蒸发外, 大部分渗入补给地下水而后以蒸发等的形式消耗。进出灌区地表水的矿化度按监测数据计算, 进出灌区地下水的矿化度分别按 0.3 g/L 和 6 g/L 估算, 则地下水年蒸发 $28.98 \times 10^8\text{ m}^3$ 引起的年积盐量高达 $100 \sim 150\text{ 万 t}$ 。由此可见, 在没有排水的条件下, 即使引入灌区的水质很好, 灌区积盐作用也不会停止。

因此, 解决该区土壤盐渍化问题关键是降低地下水位以及合理地淋洗, 建立明渠排水与竖井排灌相结合的灌溉方式^[13, 14], 达到排水与降低地下水位的目。

4 结论及建议

(1) 新疆叶尔羌河流域土壤盐渍化典型, 在地形条件、水文地质条件、人类活动及地下水水位埋深等方面与其他绿洲地区相似, 对该区土壤盐渍化问题的研究有助于了解新疆地区土壤盐碱化的类型、机理与成因。

(2) 地下水蒸发造成积盐, 只有采取明渠排水与竖井排灌相结合的方式, 合理地开采地下水, 降低地下水水位, 才能达到减少蒸发的目的, 同时缓解干旱季节缺水问题。

(3) 不合理的灌溉与排水造成积盐, 对于不同的土壤和土地条件下淋洗所需水量应进行量化, 建立完善的排灌系统, 强化渠系防渗, 推行喷灌高效节水技术。

(4) 新疆地区土壤盐渍化研究, 应以盐碱土的形成、分布和演变规律为基础, 重点开展盐渍化与可持续农业及对生态环境作用的研究; 重点解决有限水资源条件下盐碱土的改良及干旱区灌溉农业防

止土壤盐渍化过程的理论、技术与方法; 充分利用耐盐耐旱植物, 培育和筛选抗盐碱的品种, 提高盐碱地生产力。

参考文献

- 1 Zhou SW, Zhang GY, Zhang X. Exchange reaction between selenite and hydroxylion of variable charge soil surfaces: 1. Electrolyte species and pH effects, *Pedosphere*, 2003, 13 (3): 227 ~ 232
- 2 田长彦, 周宏飞, 刘国庆. 21 世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议. *干旱区地理*, 2000, 23 (2): 176 ~ 181
- 3 关欣, 张凤荣, 李巧云, 钟骏平. 南疆平原典型荒漠样区耕种土壤基层分类的探讨. *土壤*, 2003, 35 (1): 53 ~ 57
- 4 约瑟夫·沙赫维特. 中国新疆塔里木河流域的可持续灌溉农业. *干旱区地理*, 2000, 4 (2): 174 ~ 176
- 5 许模, 任加国, 张强. 新疆叶尔羌河流域水资源保护规划报告. 新疆喀什地区叶尔羌河管理处, 2001
- 6 龚子同, 陈志斌, 张计霖. 世界土壤资源参比基础 (WRB): 建立和发展, *土壤*, 2003, 35 (4): 271 ~ 278
- 7 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤系统分类 (首次方案). 北京: 科学出版社, 1991
- 8 夏卫生, 雷廷武, 刘贤赵, 刘纪根, 潘英华. 土壤水分特征曲线的推算. *土壤学报*, 2003, 40 (2): 311 ~ 315
- 9 赵鸿斌, 何长德. 论竖井排灌工程在塔里木河流域治理中的作用. *地质灾害与环境保护*, 2001, 12 (4): 89 ~ 121
- 10 王启基, 王文颖, 王发刚, 李晓明. 柴达木盆地弃耕地成因及其土壤盐渍地球化学特征. *土壤学报*, 2004, 41 (1): 44 ~ 48
- 11 刘广明, 杨劲松. 地下水作用条件下土壤积盐规律研究. *土壤学报*, 2003, 40 (1): 65 ~ 69
- 12 李平, 赵鸿斌, 田原, 何长德. 塔里木河流域土地盐渍化改良与竖井排灌工程. *地质灾害与环境保护*, 2002, 13 (6): 48 ~ 51
- 13 周启友, 岛田纯. 土壤水空间分布结构的时间稳定性. *土壤学报*, 2003, 40 (5): 683 ~ 690
- 14 Moustakas NK, Barouchas PE. Free oxide distribution in poorly and well drained soils developed on calcareous alluvial deposits. *Pedosphere*, 2003, 13 (4): 345 ~ 351

SALINIZATION CHARACTERISTICS OF THE SOIL IN YEERQIANG RIVER VALLEY, XINJIANG

REN Jia-guo¹ ZHENG Xi-lai¹ XU Mo² LI Jia-liang¹

(1 *Institute of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao, Shandong* 266003;

2 *Chengdu University and Technology, Chengdu, 610059*)

Abstract Taking the Yeerqiang River Valley, Xinjiang as an example, types, degrees, characteristics, and causes of soil salinization were analyzed in relation to groundwater table in this district. Analysis of soil salinization degrees offered a scientific basis for agricultural development in this district; Three soil salinity composition section maps covered all the classic types of soil salinization in Xinjiang, offering reliable foundation for proposing solutions of pertinence to the problem of soil salinization. Causes of soil salinization in relation with groundwater table were analyzed. On such a basis, it was pointed out that keys to controlling soil salinization is rational leaching and drainage, and build-up of an irrigation system combining open drainage ditches and the shaft irrigation wells. The study opens up new approaches to appraising and solving the problem of soil salinization in Xinjiang and other similar areas.

Key words Yeerqiang River, Valley, Soil, Salinization