

奎屯河流域包气带盐分分布特征与影响因素

王丽娟¹, 王文科², 王哲¹, 段磊², 荆晶², 王晓丹²

(1. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北 石家庄 050061;

2. 长安大学环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 通过对奎屯河流域包气带土壤取样分析, 探讨了土壤包气带的盐分分布特征和影响因素。结果表明, 在水平方向上, 由南至北, 表土含盐量逐渐增大。在垂直方向上, 在地下水位埋藏较浅的细土平原及冲积平原区, 包气带含盐量随深度增加逐渐减小; 在人工耕地洪泛冲积平原, 细土平原则呈随深度的增加而增加的趋势; 包气带岩性结构较单一且潜水位埋藏比较深的地区, 包气带含盐量随深度增加而出现微小波动。分析结果显示: 地形、地貌和潜水位埋深是影响该区包气带盐分分布的主控因素, 而人为的大面积灌溉又加速了积盐的过程。

关键词: 含盐量; 包气带; 分布特征; 奎屯河

中图分类号: P641.131 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)04-0429-05

Distribution Regularity and the Formative Factor Soil Salt of the Kuitun River Basin

WANG Li-juan¹, WANG Wen-ke¹, WANG Zhe², DUAN Lei¹, JING Jing¹, WANG Xiao-dan¹

(1 *Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Shijiazhuang 050061, Hebei, China;* 2 *School of Environmental Sciences and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China*)

Abstract Through analyzing the salt contents in suspended soils of the Kuitun River basin, the distribution regularity and the affecting factors of soil salt of the Kuitun River basin are studied. The surface soil salt content increases gradually from south to north in the horizontal direction. In the vertical direction of the alluvial-proluvial plain and the plain where groundwater table is shallow, the soil salt content increases with the gradual decreasing of depth. In agricultural area of the alluvial-proluvial plain and the plain, the soil salt content increases with the increasing of depth. In the area where the lithological structure of unsaturated soil is unitary and the ground water level buries quite deep, the salt content present a tendency of small undulation with the increasing of depth. It is thought that the landform and the burying depth of ground water level are the main factors affecting the distribution of unsaturated soil salinity in this area, and the powerful and widespread artificial irrigation have accelerated the accumulation process of salty.

Key words: salt content; unsaturated soil; distributed characteristic; Kuitun River

0 引言

艾比湖作为中国和国际重要湿地和典型内陆尾间盐湖, 其湖泊的萎缩及周边生态环境优劣都直接影响着区内生态安全和经济的可持续发展^[1]。由于自然因素以及人为因素的共同作用, 艾比湖流

域生态环境荒漠化速度加快, 目前沙漠化面积达 $3.8 \times 10^4 \text{ km}^2$, 流动沙丘目前正以 $10 \sim 16 \text{ km/a}$ 的速度向绿洲移动, 沙漠以平均 $39.8 \text{ km}^2/\text{a}$ 的速度扩大^[2-3]。因此, 分析土壤包气带盐分分布特征, 揭示土壤盐分运移机理为实现土壤治理和修复提供科学依据已势在必行。然而土壤荒漠化、

收稿日期: 2008-01-15

基金项目: 中国地质调查局项目(2003100100012)

作者简介: 王丽娟(1981-), 女, 吉林长春人, 工学硕士, 从事水资源与水环境研究。E-mail: wanglijuan0486@163.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

盐渍化与土壤总含盐量又密不可分,当土壤含盐量超过一定标准就成为盐渍化土壤,盐渍化土壤又在一定气候和环境的作用下形成沙化土。同时,土壤总含盐量又影响地表生态分布。因此,分析土壤包气带盐分分布特征和盐分积累的影响因素,可为水资源的合理开发利用和生态环境的良性循环提供参考。

奎屯河流域地处艾比湖流域的经济带西缘“金三角”地带,具有典型的地形、地貌特征,因此以奎屯河流域为研究区,通过对奎屯河流域的野外调查和取样分析,依托大量的试验数据分析区域土壤包气带盐分分布特征,探讨土壤盐分分布的驱动力,并讨论了影响积盐的相关因素,对该区域水土资源的改良具有重要意义。

1 研究区概况

研究区位于新疆天山北麓、准噶尔盆地西南部的艾比湖汇流区内,地理坐标北纬 $43^{\circ}40' \sim 45^{\circ}00'$,

东经 $83^{\circ}10' \sim 85^{\circ}00'$,流域面积 $17\,407\text{ km}^2$ 。研究区地处亚欧大陆腹地,属于大陆性北温带干旱气候,年降水量 $162 \sim 182\text{ mm}$,年蒸发量 $1\,710 \sim 2\,118\text{ mm}$,是降雨量的 $11 \sim 13$ 倍。

奎屯河流域从南到北穿越山区、南盆地、倾斜平原、细土平原和艾比湖湖泊区(图 1)。南部山区中高山主要由古生代岩层组成,中低山区由中、新生代碎屑岩组成,岩体破碎,裂隙节理发育,地下水沿断裂带或山麓带以泉的形式汇入河流;南盆地由中更新统的冰水沉积物组成,地下水位埋深由东北向西、西南增加;进入山前倾斜平原,第四系松散沉积物厚度为 $800 \sim 1\,400\text{ m}$,向北减薄,山前平原上部为单一结构卵砾石、砂砾石含水层;乌伊公路以北地下水溢出向北过渡为细土平原,含水层由潜水变为多层承压水系统;再向北偏西,进入艾比湖冲湖积平原。奎屯河山前以侏罗系、第三系与平原第四系接触,其北部还存在独山子隆起,形成独山子凹地储水构造^[4]。

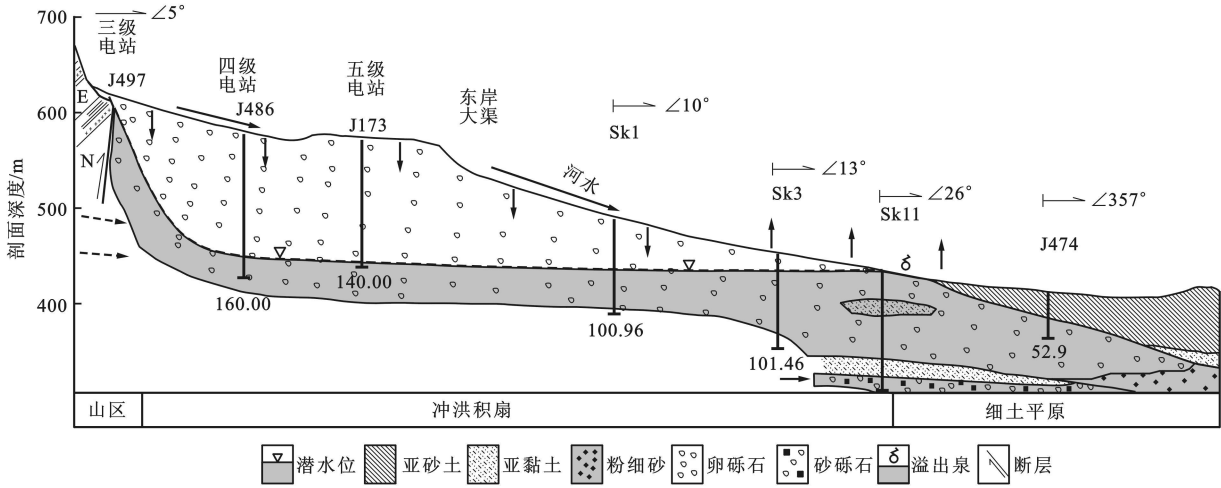


图 1 奎屯河水文地质剖面

Fig. 1 Hydrogeological Profiles of Kuitun River

2 研究方法

2.1 野外采样

根据环境状况和水系分布,在奎屯河流域布设 4 条(横向、纵向)剖面 and 取样点,路线全长 298 km ,观测点 49 个,坑探剖面 27 个,土样 227 组。

2.2 室内分析

易溶盐总量的测定采用 T 0153—93 质量法^[5]。为研究不同类型包气带土壤盐分分布规律,对每个土样都做了平行样分析。

3 土壤包气带盐分分布特征

包气带盐分分布特征受地质、地貌、气象、水文、水文地质条件和人为活动的制约,在空间上表现出一定的水平和垂直分带性。

3.1 水平分布特征

根据研究区 $0 \sim 20\text{ cm}$ 土层含盐量测定值,绘制出奎屯河流域包气带土壤含盐量等值线图, (图 2)。由图 2 可知,研究区内奎屯河与四棵树河交汇区及交汇后的下游地区,表土盐质量分数在

15×10^{-3} 以下, 奎屯河与四棵树河交汇点以上的中游地区, 表土盐质量分数普遍在 20×10^{-3} 以上, 最高处达到了 83.21×10^{-3} , 奎屯河上游地区表土含盐量较中游地区有所降低但却明显高于下游地区; 且在奎屯河上游冲积平原表土含盐量从东至西先迅速增加并在奎屯河水库处达到最大值 $44.41 \times$

10^{-3} , 然后又逐渐降低到最小值 1.92×10^{-3} , 又在洪泛冲积平原呈现增加, 但在垄状沙丘区又逐渐降低为 2.69×10^{-3} 。因此, 该流域上游的表土含盐量东西变化趋势由东向西, 随着地下水位埋深由深变浅, 含盐量呈由少到多趋势; 奎屯河下游冲积平原表土含盐量从西至东逐渐减小。

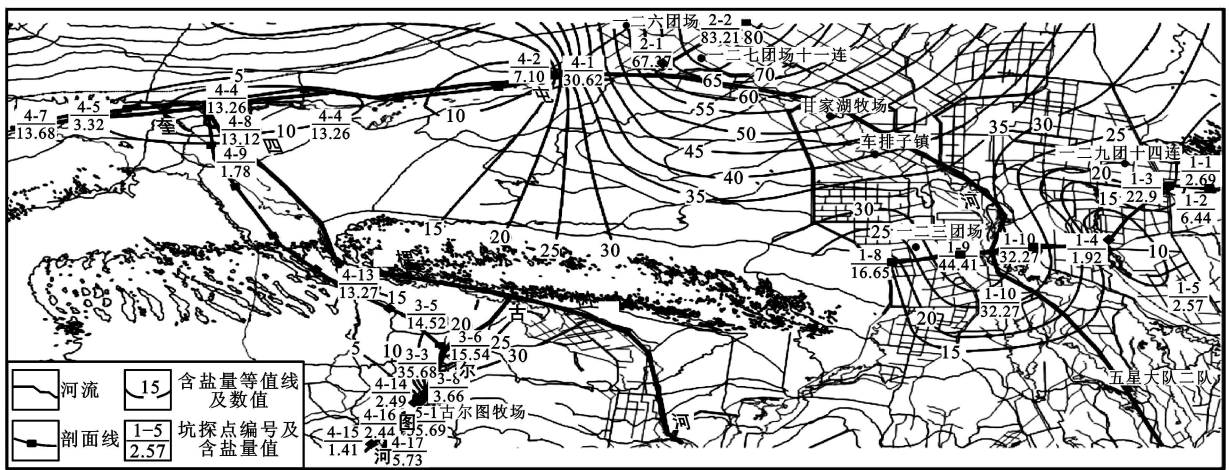


图 2 奎屯河流域包气带 0~20 cm 土壤含盐量
Fig. 2 Soil Salt Content of Kuitun River Basin from 0~20 cm

由南至北, 沿古尔图河及古尔图河与四棵树河交汇后的四棵树河下游的剖面, 从山前的砾质平原至奎屯河下游的冲积平原, 表土盐质量分数逐渐增大, 并在细土平原的高漫滩区盐质量分数达到了最大值, 为 35.23×10^{-3} , 且在流域内从砾质平原—细土平原—低洼地, 表土盐质量分数逐渐增高。

3.2 垂直分布特征

结合该地区的地形地貌、包气带岩性结构特征以及水文地质条件等, 总结出在垂直方向上 3 种典型的分布规律, 并选用典型取样点为例来加以说明 (图 3)。

3.2.1 包气带含盐量随着深度的增加而增加

27 个坑探剖面中有如图 3a1、a2 的点, 包气带盐分垂向分布特征表现出随深度波状增加的趋势。这些剖面的表层含盐量普遍很小, 都在 5×10^{-3} 以下; 深部剖面土壤盐质量分数为 $(10 \sim 50) \times 10^{-3}$; 剖面含水量变化与含盐量有相应的变化趋势^[6], 含水量大则含盐量增大, 含水量小则含盐量减小。此类型剖面一般潜水埋深较浅, 剖面含水量较高, 主要分布在有人工耕地的洪泛冲积平原、细土平原区域, 岩性结构一般为较单一的黏土, 这主要是由于洪水洗盐作用引起的。

3.2.2 包气带含盐量地表较大, 随深度增加含盐量逐渐减小

如图 3b1、b2, 27 个坑探剖面点中此类剖面包气带含盐量分布距地表 0~50 m 的范围内土壤含盐量较大, 表土盐质量分数大于 20×10^{-3} , 随深度的增加土壤含盐量呈减小的趋势。距地表深度大于 2 m 时包气带盐质量分数低于 5×10^{-3} 。

这种包气带含盐量表现出表层和亚表层土壤含盐量大、随深度增加含盐量呈波状减小的趋势, 也是全部调查点包气带盐分表现出的总趋势。此类型点主要分布在古尔图河流域以及奎屯河流域南部, 地下水位埋藏较浅的细土平原区及冲积平原区。这是由于土壤及地下水中的盐分随水分的蒸发逐渐向地表移动的结果。

3.2.3 包气带含盐量随着深度的增加微小波动

在奎屯河下游冲积平原、山前砾质倾斜平原区, 揭露如图 3c1、c2 坑探点的包气带盐分垂向分布随深度的增加, 其土壤剖面含盐量基本保持恒定。此类剖面当地下水位埋深较大时, 包气带盐质量分数仅为 $(2 \sim 6) \times 10^{-3}$; 地下水位在 2.00 m 以下时, 包气带盐质量分数为 $(20 \sim 40) \times 10^{-3}$ 。这主要是由于该类型的剖面岩性结构较单一, 且潜水位埋深多在 3.00 m 以上, 大于蒸发深度, 因此土壤积盐微弱, 土壤含盐

量较为稳定。这种类型的剖面主要分布在地下水埋藏浅、包气带岩性结构较单一的地区,或地下水位埋藏较深的冲积平原、细土平原地区。

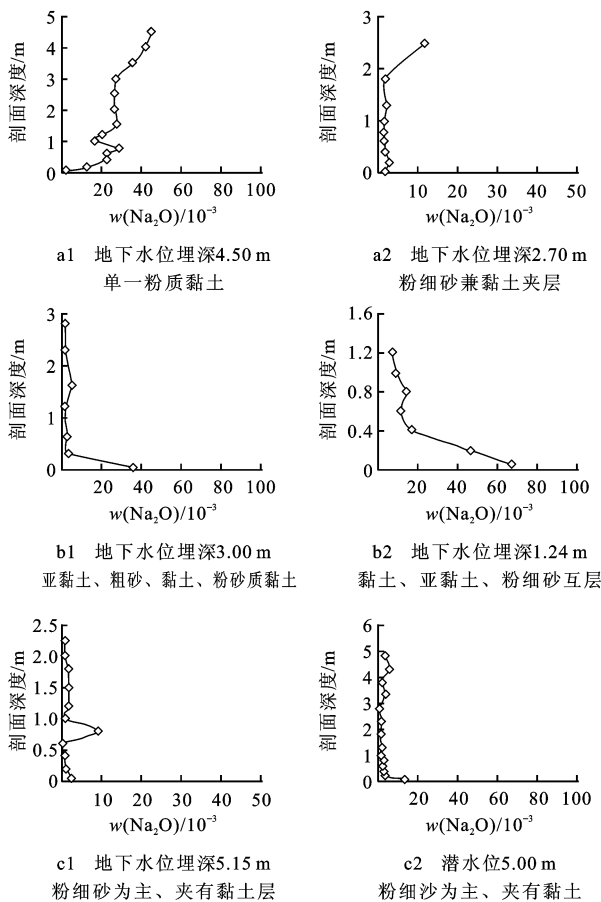


图 3 含盐量与包气带岩性结构和地下水位埋深关系
Fig. 3 Relationships Between Salt Content and Unsaturated Lithologic Characters Depth of Burial

4 包气带含盐量成因

4.1 盐分来源

易溶盐类在土壤中积聚,其主要原因是土壤母质中含有盐类。成土母质中的盐分来源于岩石矿物质,岩石矿物质经物理化学风化和生物作用及水文地球化学作用,为包气带土壤和地下潜水提供了丰富的易溶盐类。

研究区属于内陆盆地,其河流多属内陆水系,土壤母质和地下潜水中的易溶盐经地表水、地下水及灌溉排水的搬运作用在盆地的下游平原和平原三角洲汇集^[7]。

4.2 影响积盐的因素

4.2.1 气候因素

奎屯河流域年蒸发量是年降雨量的 11~13

倍,在这种干旱气候下,土壤的淋溶作用微弱,在强烈蒸发浓缩作用下潜水中的盐分和土壤水中的盐分不断运积地表,使表土含盐量增高。

4.2.2 水文地质因素

地下水位埋深:在降雨量少、蒸发量大的奎屯河流域,地下水位埋深是影响土壤含盐量的决定性因素。潜水埋深直接关系到土壤毛细水能否到达地表,使土壤积盐,同时,也在一定程度上决定土壤积盐的程度。

根据实测数据,研究区内当潜水埋深小于 2.00 m 时,地下水矿化度相对较高,是毛细水的强烈上升高度,土壤表层积盐强烈。如图 3b2,当潜水位埋深为 1.24 m 时,地表盐质量分数高达 67.37×10^{-3} ;潜水位降至 3.00~4.00 m 时,通过薄膜水和毛管水的缓慢移动,土壤仍可积盐,但土壤表层含盐量明显低于地下水位埋深小于 2.00 m 的区域,如图 3b1,当潜水位为 3.00 m 时,地表盐质量分数为 35.23×10^{-3} ;潜水位埋深大于 4.00 m,土壤表层几乎没有积盐量或有微量积盐,如图 3c1,当潜水位为 5.15 m 时,地表盐质量分数仅为 2.44×10^{-3} 。因此,潜水埋深在 2.00 m 以内,土壤表层积盐强烈,2.00 m 以下积盐现象逐渐减轻。

地下水水质:地下水水质和包气带土壤含盐量有着密切关系。当地下水中氯化钠和硫酸钠含量较高,地表会形成盐土;若地下水为碳酸钠和重碳酸钠型水时,地表则会形成碱土,使土壤迅速盐碱化,导致作物死亡。

本项目组对所取水样测试分析的结果表明,从山前冲洪积扇到细土平原前缘,潜水化学类型由 $\text{HCO}_3\text{-Ca} \cdot \text{Na}(\text{Ca})$ 、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{-Ca} \cdot \text{Na}(\text{Ca})$ 型转变为 $\text{SO}_4\text{-Ca} \cdot \text{Na}$ 、 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl-Ca}(\text{Na} \cdot \text{Mg})$ 和 $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4\text{-Na}$ 型^[8]。所以研究区地下水以氯化钠型和硫酸钠型水为主,且该区域矿化度值变化范围为 1.00~56.25 g/L;研究区东部细土平原矿化度值变化范围为 0.50~10.00 g/L。总体来说,潜水矿化度由山前冲洪积扇到沙漠边缘,逐渐升高,矿化作用明显增强。地下水矿化度与土壤含盐量之间呈近似线性关系,通常情况下土壤含盐量高则地下水矿化度也相对较高,地下水矿化度低则土壤含盐量也相对较低。

4.2.3 地形地貌因素

地形与地貌是通过控制地表、地下径流的运动和地下水位埋深来调控包气带盐分分布,它是影响土

壤积盐的主要因素之一。

从总地形上来看,奎屯河流域南岸为天山山前倾斜平原,总趋势是南高北低,东高西低,向北坡降 10×10^{-3} 左右,向西降 30×10^{-3} 。北岸为玛依勒山山前洪积平原。研究区主要位于奎屯河下游,地表地形变缓,土壤颗粒变细,水力坡降小,地下水埋深浅,属于地下水排泄区。在强烈蒸发作用下,地下水和土壤中的盐分随水分运移而汇集于地表。

4.2.4 人为因素

人为的农业灌溉影响了该区的包气带盐分分布,自20世纪50年代以来,奎屯河流域人为的垦荒种田,农田土壤次生盐渍化表现的尤为突出。

农作物的强烈蒸腾作用使土壤水分表现为上升运动,同时灌溉作用改变了这一过程,既不合理的灌溉方式和灌溉量均可能抬升了地下水位,以致在毛细作用力下地下水中的盐分会随水分上升,加剧了表层土壤盐渍化。但随灌溉时间延续,盐分又会表现为在地表以下一定深度积聚,这主要是因为长时间灌溉,表层土壤中盐分会随灌溉水入渗而有所降低,由于植物根系吸收作用,水盐向此区运动,使得在植物根系分布最多的20 cm处的土壤盐分含量升高^[9-10],水盐向此区运动,使得此区及以下的区域盐分含量增加明显。

5 结语

(1)奎屯河流域土壤含盐量在水平方向上由南至北表土含盐量逐渐增大。

(2)奎屯河流域土壤含盐量在垂直方向上分布为:在地下水位埋藏较浅的细土平原及冲积平原区,包气带含盐量随深度增加逐渐减小;在人工耕

地洪泛冲积平原、细土平原则随深度的增加而呈增加的趋势;包气带岩性结构较单一,且潜水位埋藏比较深的地区,包气带含盐量随深度增加而增加。

(3)地形、地貌和潜水位埋深是影响该区包气带盐分分布的主控因素,而人为的大面积灌溉又加速了积盐的过程。

参考文献:

- [1] 吴素芬,何文勤,胡汝骥,等.近年来新疆盆地平原区域湖泊变化原因分析[J].干旱区地理,2001,24(2):123-129.
- [2] 王文科.准噶尔盆地地下水资源及其环境问题专题研究[R].西安:长安大学,2003.
- [3] 任家国,郑西来,许模,等.新疆叶尔羌河流域盐渍化特征研究[J].土壤,2005,37(6):635-639.
- [4] 地质部新疆维吾尔自治区地质局水文地质工程地质大队.新疆博乐地区综合地质水文地质测量报告[R].乌鲁木齐:第一水文地质大队,1966.
- [5] 交通部公路科学研究所.公路土工试验规程[S].北京:人民交通出版社,1996.
- [6] 周训,方斌,曹文炳,等.西北地区额济纳绿洲非饱和带水分和盐分分布[J].地质论评,2004,50(4):384-390.
- [7] 邵琳琳,杨胜科,王文科,等.奎屯河流域水土中氟的分布规律[J].地球科学与环境学报,2006,28(4):64-68.
- [8] 王文科.天山北麓山前平原区地下水水化学与水文同位素研究[R].西安:长安大学,2006.
- [9] 周训,吴胜军,周海燕,等.甘肃西北部黑河中下游影响绿洲植被发育的某些因素[J].地质通报,2006,25(1/2):256-260.
- [10] Zhou X, Fang B, Wan L. Occurrence of Soluble Salts and Moisture in the Unsaturated Zone and Groundwater Hydrochemistry Along the Middle and Lower Reaches of the Heihe River in Northwest China [J]. Environmental Geology, 2006, 50(7): 1085-1094.