

DOI: 10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2021.01.09

山东黄河北矿区土壤盐渍化特征分析

郝启勇

(山东省煤田地质规划勘察研究院, 山东 济南 250100)

摘要: 为了研究黄河北矿区土壤盐渍化现状及特征, 采用野外调查、钻探、现场采样和室内分析测试等手段获取了土壤盐分含量和地下水特征数据, 分析了区内土壤盐分含量、空间分布、垂向变化及与浅层地下水的相互关系。结果显示, 研究区土壤主要以潜在盐渍土和轻度盐渍土为主, 土壤盐分中阴离子以重碳酸根和硫酸根离子为主, 阳离子以钠和钙离子为主。土壤垂向上显示表聚性(0~20 cm), 表层盐渍化严重, 深部盐渍化程度有所降低。研究区土壤盐渍土与浅层地下水存在内在的自然直接关系, 土壤全盐量与地下水中溶解性总固体(TDS)含量呈明显正相关关系, 而与浅层地下水位埋深呈负相关关系。研究区煤炭的开发利用, 将加剧和恶化土壤盐渍化程度, 煤炭的开采需要合理确定地表塌陷的程度, 以此来倒逼煤炭的开采开发模式, 从而减缓土壤盐渍化程度。

关键词: 黄河北; 煤田; 土壤; 盐渍化; 水位埋深

中图分类号: X141

文献标志码: A

文章编号: 1003-8035(2021)01-0065-05

Soil salinization characteristics in Huanghebei mining area

HAO Qiyong

(Exploration Research Institute of Shandong Coal Field Geology Bureau, Jinan, Shandong 250100, China)

Abstract: In order to study the current soil salinization characteristics in the Huanghebei mining area, field survey in situ sampling and indoor testing were adopted to study the soil salinity content, spatial distribution, vertical variation and the correlation between shallow groundwater and soil salinization. The results show that the soil is mainly composed of potential saline soil and slightly saline soil, the anions in the soil are mainly bicarbonate and sulfate ions, and the cations are mainly sodium and calcium ions. Soil shows surface aggregation vertically, surface salinization is serious, salinization degree is reduced in the deep. There is an inherent natural direct relationship between the saline soil and the shallow groundwater. The total salt content in the soil is obviously positively correlated with the total dissolved solid content in the groundwater, while it is negatively correlated with the depth of the shallow groundwater level. The development and utilization of coal mining in the study area will aggravate the degree of soil salinization and the coal mining needs to be reasonably determined according to the degree of surface collapse, so as to reducing the degree of soil salinization.

Keywords: Huanghebei; coal fields; soil; salinization; depth of water level

0 引言

黄河北矿区包括阳谷-茌平煤田和黄河北煤田, 面积约 4 600 km², 煤炭资源总量 2.538 6×10¹⁰ t, 为国家规划的鲁西煤炭基地最后一块未大规模开发的后备资源储备基地。矿区位于山东省济南都市圈内, 区内煤炭资

源丰富, 人口密度不大, 农业经济发达。受原生地质条件的影响, 加之城市化、工业化及农田灌溉等多因素叠加影响, 区内土壤已经受到盐渍化的威胁^[1-3]。作为山东省最后一块整装能源基地, 煤田的开发建设在带动区域经济发展的同时, 也会对区域水土环境产生不良影响, 研究区内土壤盐渍化现状及特征, 将对煤田规划开

收稿日期: 2020-03-01; 修订日期: 2020-03-18

基金项目: 山东省地质勘查项目“山东省黄河北矿区地质环境承载力调查与评价”(鲁勘字(2016)143 号)

作者简介: 郝启勇(1979-), 男, 山西汾阳人, 硕士, 高工, 主要从事环境地质工作。E-mail: haoqiyong@163.com

发、区域生态环境管理和土地资源可持续利用具有重要意义。

1 研究区概况

黄河北矿区为温带季风区的海洋-大陆性气候,多年平均气温 14℃,多年平均降水量 579.5 mm,6—8 月雨量占全年降水量的 70% 左右,年平均蒸发量 1 648.1 mm。区内地貌属黄河泛滥冲积平原,地形开阔平坦,受黄河频繁决口泛滥影响,微地形复杂,主要以缓平坡地为主。

黄河北矿区含煤地层为石炭二叠系山西组和太原组。阳谷-茌平煤田煤系地层总厚 240 m,含煤 15 层,其中可采 7~8 层,可采煤厚 12.15 m,第一层主采煤层为山西组 3 煤,厚度平均 3.40 m,煤类以气肥煤为主。黄河北煤田煤系地层总厚 245 m,含煤 14 层,其中可采 7 层,可采煤厚 5.5 m,第一层主采煤层为太原组 7 煤,厚度平均 0.83 m,煤类以肥煤为主。

矿区内第四系广泛分布,最上部为全新统平原组地层,底深 15~30 m,为近代黄河冲积物,上部黄色砂质黏土、黏土质砂为主,夹富含腐殖质黑色淤泥层,下部浅黄、橙黄色砂质黏土、黏土砂。区内土壤为黄河冲积母质发育而成,土壤类型以潮土为主,盐土和风沙土小面积分布。

2 数据采集及样品分析测试

根据研究区地质条件、地形地貌和土地利用状况等因素,在水盐相对均衡期内,以 10 km×10 km 方格划分网格,每个网格按照梅花布点法采集样品,采样深度为 0~20 cm(耕作层土壤)。另外,在赋存可采煤层上方地表,垂直于地下水流向,布设 2 条剖面,施工 10 个水文地质钻孔,对 0~20 cm、40~60 cm、80~100 cm 土层分别进行采样,同时采集地下水。共采集土壤样品 77 件,地下水样品 10 件。对土壤样品进行可溶盐测试^[4],对地下水样品进行全分析测试^[5]。

3 土壤盐渍化特征

根据研究区土壤全盐量含量及对农作物的危害,将土壤盐渍化分为非盐渍土(小于 1 g/kg)、潜在盐渍土(1~2 g/kg)、轻度盐渍土(2~4 g/kg)、中度盐渍土(4~6 g/kg)和重度盐渍土(大于 6 g/kg)五类^[6-8]。

3.1 土壤盐分空间分布特征

根据分析测试结果(同时结合了中巴地球资源卫星 CBERS02B 遥感影像数据解译成果,见图 1),研究区土壤主要以潜在盐渍土和轻度盐渍土为主,其次为非盐

渍土,中度和重度盐渍土零星分布。潜在盐渍土区域呈连续面状分布,主要分布在阳谷县西南部、茌平县北部、齐河县部分地区及禹城市南部,占研究区总面积的 54.9%,这类土盐渍化程度较低,对作物生长影响不大,但如果得不到有效防控,在适当的条件下土壤中全盐量含量将会增加,转化为轻度盐渍化土。轻度盐渍土分布在中度盐渍土的外围或独立分布,主要分布在阳谷县东部、聊城市东昌府区东部、茌平县西南部、齐河城区以北及齐河潘店镇等地,占研究区总面积的 19.6%。中度和重度盐渍土主要分布在阳谷县七级镇、茌平县西部区域和聊城东府昌区等洼地地带,呈零星岛状分布,占研究区面积的 3%,该区域大部为洼地,现状主要为抛荒地,无种植农作物,土壤表层可见白色盐霜。值得注意的是,分布于聊城-东阿-阳谷一线的大片轻度盐渍土区域,赋存的煤层厚度相对较厚,埋藏较浅。

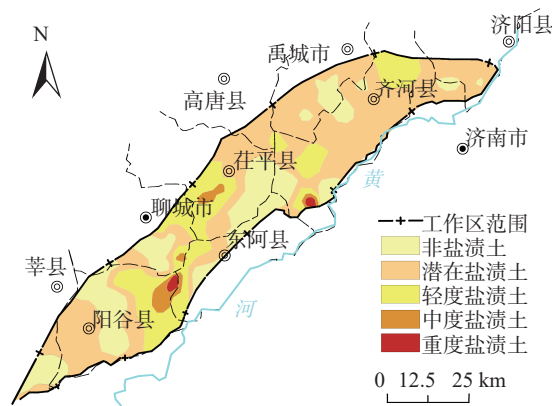


图 1 黄河北矿区土壤盐渍化空间分布特征
Fig. 1 Spatial distribution of soil salinization in Huanghebei mining area

3.2 土壤盐分离子含量及相关性特征

土壤盐分离子含量测试结果如表 1 所示,土壤 pH 中位值为 7.22,略呈碱性。土壤全盐量含量 0.99~4.47 g/kg,中位值为 1.47 g/kg。研究区土壤盐分中阳离子主要为钠离子和钙离子,钠离子含量 29.9~629 mg/kg,中位值为 216 mg/kg,钙离子含量 31.7~545 mg/kg,中位值为 171 mg/kg。阴离子主要为重碳酸根离子和硫酸根离子,重碳酸根离子含量 0.17~1.89 g/kg,中位值为 0.50 g/kg,硫酸根离子含量 0.09~1.57 g/kg,中位值为 0.31 g/kg。阴离子中硫酸根离子的变异系数最大,为 0.87。阳离子中除钾离子外(钾离子可能受施肥影响),钙离子的变异性较强,变异系数为 0.76。从变异系数看,土壤中硫酸根离子、钙离子含量变化较大,可能更易在某处形成高含量的特征。

表 1 土壤盐分离子含量统计表
Table 1 Statistical table of salt ion content in soil

	pH	SO ₄ ²⁻ /(g·kg ⁻¹)	Cl ⁻ /(g·kg ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ /(g·kg ⁻¹)	K ⁺ /(mg·kg ⁻¹)	Na ⁺ /(mg·kg ⁻¹)	Ca ²⁺ /(mg·kg ⁻¹)	Mg ²⁺ /(mg·kg ⁻¹)	全盐量(g·kg ⁻¹)
最大值	8.12	1.57	0.56	1.89	281	629	545	209	4.47
最小值	6.36	0.09	0.03	0.17	8.85	29.9	31.7	38.6	0.99
中位值	7.22	0.31	0.15	0.50	31.9	216	171	57.6	1.47
标准差	0.49	0.35	0.15	0.47	60.1	165	122.6	36.5	0.81
变异系数	0.07	0.87	0.72	0.76	1.18	0.63	0.76	0.56	0.47

对土壤盐分中各离子进行相关性分析,结果见表 2。土壤全盐量与硫酸根离子、钙、镁离子呈现正相关性,相反的与重碳酸根离子、钾离子呈现负相关,说明土壤中重碳酸根离子、钾离子含量与当地土壤盐渍化危害程度关系不大,而与硫酸根离子、钙镁离子关系

明显。表 2 也显示,土壤全盐量与钠离子含量关系不明显。从阴阳离子相关性来看,硫酸根离子与钙、镁、钠离子呈正相关,氯根离子与镁离子呈正相关,说明土壤中盐分会以硫酸钙、硫酸镁、硫酸钠、氯化镁等形态存在^[8]。

表 2 土壤盐分各离子相关系数矩阵
Table 2 The correlation coefficient matrix of soil salt ion

	全盐量	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
全盐量	1							
SO ₄ ²⁻	0.66	1						
HCO ₃ ⁻	-0.32	-0.57	1					
Cl ⁻	0.46	0.89	-0.54	1				
Ca ²⁺	0.87	0.58	-0.19	0.39	1			
Mg ²⁺	0.75	0.64	-0.15	0.54	0.78	1		
K ⁺	-0.22	-0.44	0.68	-0.39	-0.05	-0.18	1	
Na ⁺	0.17	0.51	-0.01	0.49	0.19	0.47	-0.31	1

3.3 土壤盐分垂向分布特征

土壤垂向全盐量测试结果见表 3, T5、T21 采样点垂向变化幅度较大,表层土壤(0~20 cm)含盐量高,而 40~60 cm、80~100 cm 深层土壤含盐量较低且趋于稳定,土壤存在表层盐分富集现象。局部(T13 号)采样点

表层及深层土壤含盐量均较高,可能属原生盐渍化,应与地质条件有关。整体来说,研究区土壤垂向上盐渍化变化较为复杂,表层盐渍化较为严重,深部盐渍化严重程度有所降低。

表 3 研究区土壤垂向全盐量测试结果表
Table 3 Test results of total salt content in vertical direction (g·kg⁻¹)

采样点/cm	T1	T5	T9	T13	T17	T21	T25	T29	T33	T57	平均值
0~20	1.25	4.47	0.99	2.83	1.57	3.61	1.32	1.51	1.04	1.11	1.97
40~60	1.43	1.11	1.32	2.69	1.69	1.01	1.57	1.58	1.93	1.59	1.59
80~100	1.57	1.29	1.09	2.57	1.35	1.42	2.36	1.24	2.01	1.14	1.60

3.4 土壤盐渍化与地下水关系特征

研究区浅层地下水化学特征以 HCO₃-Na·Ca、HCO₃-Ca·Na 为主,局部为 SO₄·HCO₃-Na 和 HCO₃·Cl-Ca·Na 型。地下水 TDS 含量为 716~2 830 mg/L。土壤全盐量与地下水中 TDS 含量相关系数为 0.80,可见土壤全盐量与地下水中 TDS 的含量密切相关。从水质类

型来看,土壤全盐量小于 2.5 g/kg 时,地下水水质类型多为重碳酸型,当土壤全盐量较高时,地下水水质类型由重碳酸型逐渐向硫酸根型转化。研究区浅层地下水位埋深 2.7~5.7 m,土壤全盐量与地下水位埋深相关系数为-0.60,可见,土壤盐渍化程度与研究区地下水位埋深有关,水位埋深越浅,土壤全盐量含量越高^[9](表 4)。

- Beijing: 1993. (in Chinese)]
- [6] 赵凯, 罗东海, 郭超, 等. 新疆阿拉尔地区土壤盐渍化特征 [J]. *中国煤炭地质*, 2018, 30(10): 46–49. [ZHAO Kai, LUO Donghai, GUO Chao, et al. Soil salinization features in Aral area, Xinjiang [J]. *Coal Geology of China*, 2018, 30(10): 46–49. (in Chinese with English abstract)]
- [7] 刘宏伟, 许静波, 胡云壮, 等. 淮北平原土壤盐渍化特征及其影响因素 [J]. *中国农村水利水电*, 2018(12): 20–24. [LIU Hongwei, XU Jingbo, HU Yunzhuang, et al. Distribution characteristics and affecting factors of soil salinization in Weibei Plain [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2018(12): 20–24. (in Chinese with English abstract)]
- [8] 黄璟焱, 依米提·依米提, 陈剑杰, 等. 新疆博斯腾湖东岸盐渍土分布特征 [J]. *中国地质灾害与防治学报*, 2009, 20(1): 126–130. [HUANG Jingyan, HAMID Y, CHEN Jianjie, et al. Distribution characteristics of salted soils near the eastern bank of the Bosteng Lake, Xinjiang [J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2009, 20(1): 126–130. (in Chinese with English abstract)]
- [9] 窦旭, 史海滨, 苗庆丰, 等. 盐渍化灌区土壤水盐时空变异特征分析及地下水埋深对盐分的影响 [J]. *水土保持学报*, 2019, 33(3): 246–253. [DOU Xu, SHI Haibin, MIAO Qingfeng, et al. Temporal and spatial variability analysis of soil water and salt and the influence of groundwater depth on salt in saline irrigation area [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2019, 33(3): 246–253. (in Chinese with English abstract)]
- [10] 陈建平, 朱哲, 吴丽. 基于塌陷裂缝非连续均质的土壤水分扩散物理模拟 [J]. *中国地质灾害与防治学报*, 2018, 29(2): 66–72. [CHEN Jianping, ZHU Zhe, WU Li. Physical model test on moisture diffusion in discontinuous homogeneous soil with collapse-fissure [J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2018, 29(2): 66–72. (in Chinese with English abstract)]
- [11] 冯海波, 董少刚, 张涛, 等. 典型草原露天煤矿区地下水环境演化机理研究 [J]. *水文地质工程地质*, 2019, 46(1): 163–172. [FENG Haibo, DONG Shaogang, ZHANG Tao, et al. Evolution mechanism of a groundwater system in the opencast coalmine area in the typical prairie [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2019, 46(1): 163–172. (in Chinese with English abstract)]