

松辽平原土壤盐渍化现状及盐分特征分析*

王耿明^{1,2}, 姜琦刚¹, 高永志³, 邢宇¹

(1. 吉林大学 地球探测科学与技术学院 遥感应用研究所, 长春 130026; 2. 广东省地质调查院, 广州 510080;
3. 黑龙江省地质调查院, 哈尔滨 150036)

摘要: 在野外调查采样和土样化学分析基础上, 给出了松辽平原土壤盐渍化现状及特征; 利用统计分析方法, 对研究区盐分特征进行分析表明: 松辽平原盐渍土土壤含盐量较高, 盐渍化程度较重且差异较大。建立的研究区土壤电导率预测土壤离子含量和含盐量的模型, 有助于实现野外土壤离子含量和含盐量的快速经济测定。

关键词: 松辽平原; 土壤盐渍化; 盐分

中图分类号: S156.41

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)03-0105-03

The Actuality of Soil Salinization and Characteristics Analysis of Salt in Songliao Plain

WANG Geng-ming^{1,2}, JIANG Qi-gang¹, GAO Yong-zhi³, XING Yu¹

(1. The Institute of Remote Sensing Application, College of Geo-Exploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China; 2. Guangdong Province Institute of Geological Survey, Guangzhou, 510080, China; 3. Heilongjiang Province Institute of Geological Survey, Haerbin 150036, China)

Abstract: Soil salinization is one of primary environmental problems, which faces the sustainable development in Songliao Plain. On the basis of field investigation, soil sampling and chemical analysis, soil salinization actuality and characteristics are investigated. Statistical analysis was applied to explore the characters of salt in Songliao Plain. The results show that the salt content is high, soil salinization levels is serious and distinction is great. The advantage of this model of predict hydronium and salt contents by electrical conductivity is less expensive and less time consuming.

Key words: Songliao Plain; soil salinization; salt

土壤含盐量过高引起的土壤盐渍化是土壤肥力降低的重要标志,也是土地退化的重要表现形式,是一个世界性的生态问题。盐渍土不仅是一种主要的环境灾害,也是一种广泛分布的资源。我国盐渍土资源面积之大,分布之广,是世界之最。科学合理地开展利用这些资源,具有重大的经济价值和社会意义^[1]。土壤含盐量、盐分组成以及酸碱度是确定土壤盐渍化等级进行有效利用和治理的重要指标。不同地区成土母质及盐渍化成因不同,土壤总体盐分状况、盐基离子和土壤含盐量跟土壤电导率的关系不同。通过对研究区盐渍土土样的分析,揭示松辽平原土壤盐渍化现状和盐分特征,探讨适合本区的土壤电导率预测土壤离子含量和含盐量的模型,以便快速、经济地模拟和预测研究区的土壤离子含量和含盐量^[2]。

1 研究区概况

松辽平原位于大兴安岭以东,东部山地以西,北由小兴安岭隔断,南与辽河平原接壤,属于温带大陆性季风气候,春干多风、夏热多雨、秋凉爽、冬寒干,降水量从东南向西北减

少,温度和蒸发从东南向西北增加,是半湿润半干旱及农牧业的过渡区域,生态环境十分脆弱,土地盐渍化是区域农牧业发展的重要障碍因素。松辽平原盐渍地是我国五大盐渍土分布区之一,也是世界三大盐渍土分布区之一。随着环境变迁、滥垦和过度放牧的加剧,松辽平原土壤盐渍化面积不断扩大,盐渍化程度日益严重,生态环境急剧恶化。因此研究土壤盐渍化状况,对合理开发利用盐渍土资源、振兴区域经济、维持生态可持续发展具有重要意义^[3]。

2 松辽平原盐渍土特征

与我国其它几大盐渍土集中分布区相比,松辽平原盐渍土有明显的自身特点^[4]:

(1) 盐分组成以苏打(Na_2CO_3)和小苏打(NaHCO_3)为主,含有少量硫酸盐和氯化物。由于在盐化过程中伴随发生碱化过程,所以苏打盐渍土兼有不同程度的盐化和碱化特征。呈强碱性反应,代换性 Na^+ 百分率(ESP)较高,对作物危害较大。

(2) 该区属于温带大陆季风气候,受西伯利亚寒流影响,

* 收稿日期: 2007-09-22

基金项目: 中国地质调查局项目(1212010510613)

作者简介: 王耿明(1983-),男,广东梅州人,硕士研究生,主要从事遥感与GIS技术应用研究。E-mail: tiezi@126.com

有保持半年的冻土层。冬季隐蔽性积盐与春季强烈积盐都与冻融作用有直接或间接的联系。

(3) 草地盐渍化占比例高。松辽平原草原已有 60% 的草地出现不同程度的盐渍化, 而且每年以 1. 5% ~ 2% 的速度递增; 松辽平原盐渍化草地面积 240 万 hm², 占松辽平原草地的 2/3 以上; 其中西部草地有 30% ~ 50% 已变成碱斑裸地。

3 研究方法

3.1 土壤样品采集

于 2007 年 5 月 26 日至 6 月 7 日进行野外调查和采样, 共采集盐渍土样本 30 份。野外工作中利用中巴资源卫星图像来目视判读, 辅助野外考察和选点。采集的样点顾及点位空间分布的均匀性, 能代表各盐渍度等级。在松辽平原西部大片裸露盐渍土分布区取得 4 个点表层土壤混合为一个土样编号入袋, 并用 GPS 精确定位, 获取点位经纬度与高程数据, 实地记录样点土壤表面状况、地貌类型等景观描述, 用数码相机对样点区域拍照^[2]。

3.2 土样化学分析

采集的 30 份土样由中国科学院东北地理与农业生态研究所分析测试部按土壤农化分析要求^[5], 对风干过 1 mm 筛的土样按 5: 1 水土比进行浸提, 用电导仪测定浸提液 25℃ 时的电导率(EC, mS/cm)。同时测定浸出液 Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺, K⁺, SO₄²⁻, Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻ 8 大盐基离子含量。其中, CO₃²⁻, HCO₃⁻ 用硫酸滴定容量法测定; SO₄²⁻ 用硫酸钡比浊法测定; Cl⁻ 用硝酸银容量法测定; Ca²⁺, Mg²⁺ 用原子吸收分光光度法测定; K⁺, Na⁺ 用火焰光度法测定。土壤盐分为 8 大离子重量之和。pH 值的测定是按 2: 1 水土比浸提, pH 计测定。

3.3 数据处理

不同地区成土母质及盐渍化成因不同, 土壤总体盐分状况、盐基离子和土壤含盐量跟土壤电导率的关系不同。针对松辽平原土样化学分析结果, 利用 SPSS 10.0 进行统计分析, 来了解研究区土壤总体盐分状况及土样盐分等级, 通过相关性分析揭示本区土壤盐分组成。建立适用于本区由实测土壤浸出液电导率预测盐基离子和盐分的最佳模型^[2]。

4 结果分析

4.1 土壤类型分析

盐渍土类型一般以 0~ 20 cm 厚土层中含盐量多少来划分, 但土壤中含盐量是动态变化的, 不同类型盐渍土对植被生长的影响程度也不一样。将 30 个土样按我国土壤盐渍化分级标准分为 5 个等级, 即非盐渍化土、轻度盐渍化、中度盐渍化、重度盐渍化、盐土(表 1)。从各级别土样个数及空间分布说明, 土壤样品主要为盐土和重度盐渍化土, 分析结果与野外实地情况一致。

4.2 土壤 pH 值分析

土壤酸碱性是土壤理化性质的综合反映, 受土壤母质、生物、气候、人为措施以及盐基饱和度的影响较大。土壤样本 pH 值表明(表 2), 研究区土壤主要为 pH 值较高的强碱

土, 预示着土壤中出现了特殊的离子和矿物, 一般会有大量的溶解性 Na⁺ 或交换性 Na⁺ 存在, 原因是田间耕作土经过人为治理改变了土壤酸碱性^[2]。研究表明碱化土 pH 值较大, 含盐量较小, 对作物危害较大。

表 1 土样盐渍化等级分布

等级	土壤含盐量/ (g • kg ⁻¹)	样点数/ 个	空间分布	地表景观特征
盐土	> 7	15	洼地边缘	无植被生长
重度盐渍化	5~ 7	9	洼地边缘	植被生长困难
中度盐渍化	3~ 5	4	缓平坡地下部 或边缘	植被生长受抑制, 少量耐盐植被
轻度盐渍化	1~ 3	2	高地边缘 或缓平坡地	少量乔木林和 灌木林植被生长
非盐渍化土	< 1	0	高地	植被正常生长

表 2 土样 pH 值、电导率、含盐量的描述统计

描述统计	pH 值	电导率 /(ms • cm ⁻¹)	含盐量/ (g • kg ⁻¹)
mean	10.19	1.48	8.287
max	10.56	3.46	14.418
min	9.09	0.23	2.583
Std. Dev.	0.293	0.922	3.312
C _V / %	2.875	62.297	39.966

4.3 土壤电导率分析

在描述土壤盐分状况时, 常用的指标是全盐含量和土壤浸提液电导率。由于土壤水分含量不同, 用全盐含量表示土壤盐渍状况时, 与田间土壤盐分实际有效状况差异很大, 尤其是在研究土壤盐渍程度与植物生长关系时更是如此; 而土壤溶液电导率反映了一定水分条件土壤盐分的实际状况, 包含了水分含量、土壤盐分及离子组成等丰富信息, 并且该参数具有简便、快捷、可比性强等特点。目前普遍采用的浸提法具有一定的局限性: 所用的水土比与田间土壤实际水土比不可避免地存在差异, 且不同水土比下获得的土壤浸提液电导率可比性较差。因而使用电导率法测定土壤盐渍度时, 浸提液水土比例、土壤盐分离子组成、溶液盐分浓度、离子迁移速率、溶液温度和电导池常数等都会不同程度地影响土壤溶液电导率的大小^[6]。根据土壤浸出液电导率(表 2) 划分土壤盐渍化程度指标可知, 研究区土壤大部分为重度盐渍化, 说明该区土壤盐渍化程度较高。

4.4 土壤含盐量分析

土壤水溶性盐类的定量分析, 是研究土壤盐分动态变化、确定土壤盐渍化程度以及进行盐渍土改良应用的关键环节之一^[6]。土壤中含盐量变化与该区降水及气温多年变化和年内季节变化密切相关。降水及气温是影响土壤盐分动态变化的重要因素。从土壤积盐- 脱盐- 再积盐的过程可看出, 盐渍土 1 a 内可出现两次返盐期。在返盐期, 盐渍土大量形成, 并显示明显, 这 2 个时期图像对识别盐渍地最有利。由于我国土壤盐渍类型的多样性, 不同地区、不同类型土壤的电导率换算成土壤全盐含量的相关函数差异显著, 具

有区域差异性,适用土壤类型单一的情况。在一定浓度范围内,土壤浸提液的盐分浓度和其电导率呈线性正相关;当土壤浸提液盐分浓度(或全盐含量)过高时,可能会有较大的误差。研究表明电导率随着土壤全盐含量的增大速率会逐渐减缓,相应的曲线为近似抛物线状^[6]。

鉴于电导率是目前国际通用的盐分描述形式,而国内沿袭长期形成的用全盐含量表示土壤含盐量(表 2)^[8,9]。对研究区盐渍土含盐量与其电导率之间的关系进行分析有助于实现野外土壤含盐量的快速测定,可以节省大量的人力物力,具有一定的应用价值。

对土壤化学分析结果进行描述性统计分析表明:土壤较高的电导率、含盐量及其变异系数(C_v)表明研究区表层土壤总体含盐量较高,且盐渍化程度较重而且差异较大。

表 3 土样 8 大离子含量描述统计 g/kg

描述统计	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
mean	2.0004	0.02484	0.18701	0.54072	0.632	3.577	0.5837	0.7406
max	4.65828	0.09925	1.28499	1.31485	1.854	7.3932	2.4673	4.1888
min	0.28135	0.00838	0.01147	0.07225	0.072	1.2078	0.142	0.0119
Std. Dev.	1.21	0.02	0.257	0.366	0.369	1.683	0.578	0.884
$C_v/\%$	60.509	80.458	137.186	67.727	58.372	47.051	99	119.351

4.6 土壤电导率与 Na⁺ 和土壤含盐量的关系模型

在常规的土壤溶液分析试验中,发现土壤溶液离子总量和电导率的相关性是非常好的,由电导率可以预测土壤溶液中的各离子质量分数。但是,由于电导率和各种离子的相关性不同,因此,预测结果中的可信程度是不一样的。电价高和离子量大的离子,相关性好,预测结果的可信度大。以 Na⁺ 为代表(图 1),从 Na⁺ 离子含量的测定结果出发,根据离子含量和电导率之间的数值关系,得到两者之间的关系模型,以此为根据,说明可以由电导率快速推测出溶液中的其它离子含量。

$$Y = 1.3053EC + 0.1291 \tag{1}$$

式中:Y——Na⁺ 离子含量,相关系数为 0.993 7,回归方程及回归系数显著性检验水平很高,方程(1)对本区 Na⁺ 离子含量具有很高的预测精度。

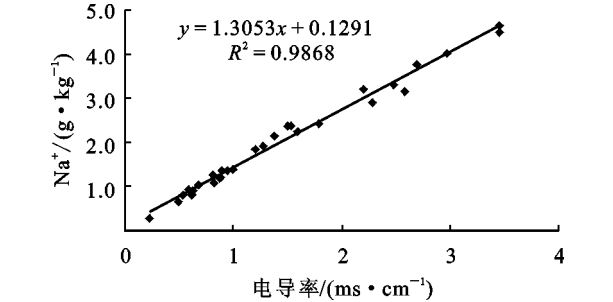


图 1 土壤电导率与 Na⁺ 含量的关系曲线

不同地区成土母质及盐渍化成因不同,电导率与土壤含盐量的关系不同。针对研究区测定出的土壤浸出液的电导率及盐分建立适用于本区电导率与土壤含盐量的关系模型,以便利用土壤浸出液电导率预测土壤含盐量。

$$Y = 0.8469EC^3 - 5.7834EC^2 + 13.851EC - 0.9562 \tag{2}$$

4.5 土壤盐分离子状况分析

盐渍土所含可溶性盐主要是钠、钙、镁、钾的氯化物或硫酸盐、碳酸盐及重碳酸盐,进行土壤可溶性盐分析对研究盐渍土盐分状况、盐渍土类型和提出因地制宜的防治方法有重要意义。

对土样盐分离子状况进行统计分析(表 3)表明:研究区土壤盐分中阳离子以 Na⁺ 为主,占阳离子总量的 72.66%,与 EC 的相关系数为 0.99,盐分离子状况表现为 Na⁺ 随电导率的增加几乎呈直线上升。阴离子以 HCO₃⁻ 为主,占阴离子总量的 64.64%,但与 EC 的相关系数较差。可见,Na⁺ 和 HCO₃⁻ 含量的百分比组成占绝对优势,表明土样中 Na⁺ 和 HCO₃⁻ 是主要的结合方式。因此,该区盐分组成是以小苏打(NaHCO₃)为主,这也表现出了松辽平原特有的土壤盐分特征。

式中:Y——盐分,相关系数接近 0.8,回归方程及回归系数显著性检验水平较高(图 2),表明方程(2)对本区土壤含盐量具有较高的预测精度。

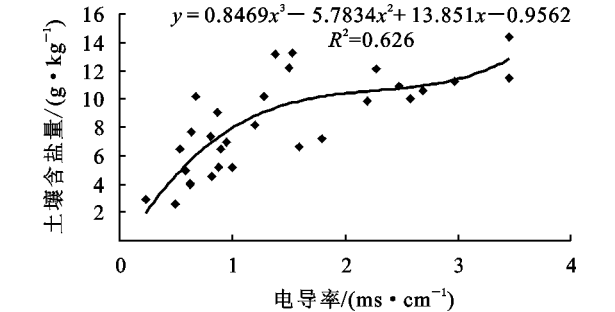


图 2 土壤电导率与土壤含盐量的关系

5 结 论

(1)在野外调查采样和土样化学分析基础上,查明了松辽平原研究区春季返盐期表层盐渍土盐分特征。土壤浸出液电导率、土壤含盐量及其变异系数表明,该研究区表层土壤总体含盐量较高,盐渍化程度较重而且差异较大。

(2)研究区土壤盐分中,阳离子以 Na⁺ 为主,占阳离子总量的 72.66%,与电导率 EC 的相关系数最高为 0.99;阴离子以 HCO₃⁻ 为主,占阴离子总量的 64.64%,表明该区盐分组成是以小苏打(NaHCO₃)为主,这是松辽平原特有的土壤盐分特征。

(3)该区域土壤盐分组成、盐基离子状况特征明显,土壤浸出液电导率与离子含量和土壤含盐量有极高的相关性。通过研究,建立适合该区域表层土壤,由 5:1 水土比浸出液电导率预测 Na⁺ 含量和土壤含盐量的模型,可以快速、经济地模拟和预测该地区的土壤离子含量和含盐量^[2]。

严重影响了当地群众生产和生活用水。工业生产的快速发展,同时也导致无定河、佳芦河等河流年平均径流量呈递减趋势,甚至出现断流。据统计,2005 年无定河(丁家沟)断流时间 16 d,佳芦河(申家湾)断流时间最长达 35 d。

3.2.6 改变水资源开发利用模式

由于未来水资源开发利用大部分的新增供水量将应用于城镇供水,因此未来水资源开发利用方式的变化主要体现在城镇供水上。城市供水的经济效益明显大于农业供水,在商品供需经济规律的支配下,芦河、红柳河库坝群,无定河流域大型国有灌区的供水对象由农业供水向城镇供水的转移将是城镇化进程中的一种必然现象。此外,随着城镇化进程的加快,采用跨流域调水、污水资源化、雨水利用等开发多种水源服务于城镇化建设也必将成为一种趋势。

3.2.7 城市防洪排水问题突出

由于城镇化建设的加快,城市防洪排水安全成为城市水资源开发利用的重要问题。随着城市化的进程,城市土地利用方式发生了结构性的改变,不透水面积的增加以及城区的扩展,削弱了调蓄当地雨洪与外洪的能力,增加了洪峰流量、洪水的频率与量级,加剧了城市洪水危险,导致洪涝灾害相当频繁^[7]。2001 年 8 月 15—19 日,榆林市连降暴雨。仅 8 月 17、18 日,全市两天之内普遍降雨量在 200 mm 以上,达到正常年份全年降雨量的 45% 以上,其中榆林城区降雨 289.5 mm,造成 800 多户居民房屋进水,300 多户房屋受灾严重,400 多人无家可归。

3.2.8 应急供水问题凸现

城市在我国的社会经济发展进程中具有极为重要的战略地位,保证其供水安全在某种意义上来说就是为全国的社会经济发展提供保障。榆林正在建设世界级能源化工基地,对供水的保证率要求比较高,一旦出现突发性事件,将严重影响人民正常生活,而且将造成巨大的经济损失和不良的社会政治影响。随着煤化工、石油化工企业的大量建设,突发性水污染事件越来越多。2005 年神木龙华集团焦油罐泄漏,造成窟野河水体严重污染,神木县城被迫停止供水 7 d,引起了下游沿河两岸人民群众的恐慌。米脂县昌盛焦化厂

氨水池渗漏,导致 2 个村庄 9 口饮用水井严重污染。因此,如何应对紧急情况下出现的供水危机,确保能源化工基地快速发展,是城镇化过程中面临的迫切问题。为防患于未然,必须对城市供水提出切实可行的应急对策与应急预案。

4 结 语

城市化是社会经济发展的必然趋势,城市化进程加快的同时给水资源开发利用也带来了一系列问题。目前榆林市正在加紧建设世界级能源化工基地,如何协调好水资源开发利用与城镇化的相互关系,已成为一项重大课题。为此,希望相关部门能够对水资源开发与城镇化的关系引起足够重视,在制定有关规划时,充分考虑二者关系,为城镇化和城镇建设的发展提供有力依据,确保能源化工基地的城镇化进程,从而实现国民经济良性循环和社会协调发展。

参考文献:

[1] 高桂芝,刘俊良,田智勇,等.城市水资源利用与城市化的关系[J].中国给水排水,2002,18(2):32-34.
[2] 方创琳,孙心亮.河西走廊水资源变化与城市化过程的耦合效应分析[J].资源科学,2005,27(2):2-9.
[3] Ma J Z, Wang X S, Edmunds W M. The characteristics of ground water resources and their changes under the impacts of human activity in the arid Northwest China: a case study of the Shiyang River Basin[J]. Arid Environ., 2005, 61(2): 277-295
[4] 丁文晖,孟宝.绿洲水资源与绿洲城镇化的关系探讨:以西北地区为例[J].内蒙古师范大学学报:自然科学汉文版,2005,34(4):502-509.
[5] 裴源生,赵勇,张金萍.城市水资源开发利用趋势和策略探讨[J].水利水电科技进展,2006,25(4):1-4.
[6] 刘金萍,李为科,郭跃.重庆城市化过程与水资源环境变化关系研究[J].重庆师范大学学报:自然科学版,2007,24(1):87-90.
[7] 刘俊,吕彤,尹志杰,等.龙湖水系与郑州市城市防洪关系研究[J].灾害学,2006,21(3):89-92.

(上接第 107 页)

参考文献:

[1] 刘庆生,刘高焕,励惠国.辽河三角洲土壤盐渍化现状及特征分析[J].土壤学报,2004,41(2):190-196.
[2] 翁永玲,宫鹏.黄河三角洲盐渍土盐分特征研究[J].南京大学学报:自然科学版,2006,42(6):602-610.
[3] 李秀军.松嫩平原西部土地盐碱化与农业可持续发展[J].地理科学,2000,20(1):51-55.
[4] 姚荣江,杨劲松,刘广明.东北地区盐碱土特征及其农业生物治理[J].土壤,2006,38(3):256-262.
[5] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.

[6] 刘广明,杨劲松,姚荣江.影响土壤浸提液电导率的盐分化学性质要素及其强度研究[J].土壤学报,2005,42(2):247-252.
[7] 张瑜斌,邓爱英,庄铁诚,等.潮间带土壤盐度与电导率的关系[J].生态环境,2003,12(2):164-165.
[8] Dehaan R L, Taylor G R. Field-derived spectra of salinized soils and vegetation as indicators of irrigation induced soil salinization[J]. Remote Sensing of Environment 2002, 80: 406-418.
[9] Metternicht G, Zinck J A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 85: 1-20.