

松嫩平原西部土壤盐碱化特征研究^①

张晓光^{1,2}, 黄标^{1*}, 梁正伟³, 赵永存¹, 孙维侠¹, 胡文友¹

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 中国科学院大学, 北京 100049;

3 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012)

摘要: 大尺度的盐化和碱化特征及其关系研究, 对于充分认识苏打盐碱土特征和农业高效利用具有重要意义。本文以松嫩平原西部典型县市为研究区, 在采集 126 份土壤样品的基础上, 测定其盐化与碱化指标, 分析了该地区盐碱化特征。松嫩平原西部盐渍土盐分组成总体上以苏打(Na_2CO_3)和小苏打(NaHCO_3)为主。 Na^+ 离子占土壤阳离子总量的比例多在 70% 以上, CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 离子在阴离子中占优势。电导率(y)和土壤全盐含量(x)建立的回归方程为 $y = 0.0985x + 0.1742$ ($R^2 = 0.941$), 用电导率来表示土壤含盐量具有可行性。采集的样品中, 盐渍化土壤所占的比例比较大, pH 强碱性土壤比例较高。pH 与总碱度呈指数关系 ($R^2 = 0.9677$), 土壤盐化的同时发生着碱化现象。不同土壤类型, 盐土的电导率最高, 其次是碱土和草甸土, pH 均较高。耕地的盐碱化程度好于草地。本研究可以为松嫩平原盐碱土改良与利用以及区域生态环境建设提供理论基础。

关键词: 松嫩平原; 盐碱化; 表层土壤

中图分类号: S15

土壤盐碱化是造成土地退化和阻碍农业高效利用的主要原因之一。东北盐碱土是世界三大苏打盐碱土之一^[1-2], 由于土壤盐碱化造成了土壤的板结, 土地肥力下降, 严重影响了农田质量^[3-5]。虽然进行了大量的治理工作, 取得了一定的成效^[2], 但是盐碱化现象仍然突出。目前关于东北地区苏打盐碱土的相关方面已经做过大量的报道。20 世纪 50—60 年代主要是苏打盐碱化存在状态和动态过程研究^[3], 1970—1990 年代主要是盐碱化土壤的成因、治理和次生盐渍化防治的研究^[4-5], 而 90 年代以来一方面以生态地球化学观点进行系统的理论总结和研究^[6], 另一方面是利用遥感和地理信息系统技术进行土地盐碱化的监测^[7]。目前围绕盐碱地的生态环境改良和利用研究如火如荼, 尤其是盐碱地如何农业高效利用成为研究热点。而弄清土壤盐碱化特征是盐碱地农业高效利用的前提。

围绕着松嫩平原西部盐碱地在小区域、典型景观单元盐碱化特征的研究颇多^[8-9], 而更大尺度的盐化和碱化特征及其关系研究, 对于充分认识苏打盐碱土特征和农业高效利用具有重要意义。因此, 本文以

吉林省西部典型县市为研究区, 进行大尺度全面采样、分析, 为整个松嫩平原盐碱土改良与利用以及区域生态环境建设提供理论基础, 对于盐渍化监测、改良具有重要的指导意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

选择吉林省西部典型县市作为苏打盐碱地研究区, 包括白城地区下辖的所有县市(大安市、镇赉县、通榆县、洮南市和洮北区)和松原市下辖的乾安县。地理位置在 $44^\circ 13' 57'' \sim 46^\circ 18' 00'' \text{N}$, $121^\circ 38' 00'' \sim 124^\circ 22' 50'' \text{E}$ 之间。如图 1 所示, 研究区总面积为 293.02 万 hm^2 。该地区属于温带大陆性季风气候, 年均降水量只有 400 ~ 450 mm, 而年均蒸发量达 1 200 mm。降水量小而蒸发量大导致气候干旱, 再加上特殊的地形、水文地质条件和人类活动等影响使得该地区土壤盐渍化现象比较严重, 是典型的苏打盐渍土代表区^[10]。该研究区环境背景下形成的土壤类型主要有黑钙土、淡黑钙土、栗钙土、草甸土、盐土、碱土、风沙土、沼泽土等, 土壤类型比较复杂。其中, 大安市、镇赉县、通

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001-01)资助。

* 通讯作者(bhuang@issas.ac.cn)

作者简介: 张晓光(1983—), 男, 山东济南人, 博士研究生, 主要从事盐碱地农业资源利用和地理信息系统及遥感应用方面的研究。E-mail: zhangxg_66@sina.com

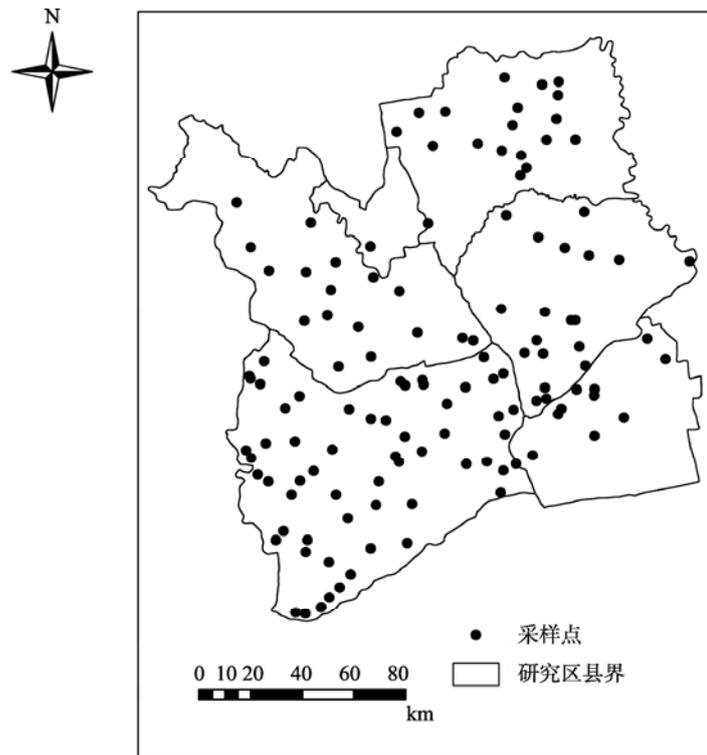


图 1 东北典型盐渍土区的采样点

Fig.1 Sampling plots in typical saline soil district of northeast China

榆县、洮南市和乾安县境内，盐碱化土壤面积，分别为 30.37、18.84、36.55、8.16、18.03 万 hm^2 ^[11]。占到研究区总面积的 38.21%，比例很大，严重阻碍了当地农业发展。

1.2 样品采集和测试

1.2.1 样品采集 在研究区先进行网格布点，然后根据土壤类型图确保每一类土壤类型都有样点布设。共设置了 126 个样点。在取样的同时保证各种土地利用类型均有采样。在每个采样点作 S 型或者梅花型 5 ~ 7 次重复取土，然后混合均匀，在混合均匀的土壤中取出 1 ~ 2 kg 装入塑料袋中，并贴好标签，带回实验室以供分析测试。同时记录所采样地点的土地利用类型，以备分析。

1.2.2 土壤样品处理和测试 将采集的土壤样品在实验室进行风干处理，挑出其中的杂草和植物根系及砖瓦块，分别磨细过 10 目、60 目、100 目，主要用于测定土壤的盐碱理化性质。测定指标包括电导率、pH、可溶性盐离子含量以及土壤含盐量等。为了提高研究效率和节约成本，本文根据 pH 分级阈值 (7.5、8.5、9.5) 对所有样本按值的大小分组，从每一组随机至少选取 5 份土壤样本进行盐分离子测试，共测试 21 份土壤样本。测定时的水土比均为 5 : 1。

土壤电导率使用电导法测定，土壤 pH 用水土

比 5 : 1 的土壤悬浊液，用电位法测定。土壤含盐量 (g/kg) 以阳离子 (K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}) 和阴离子 (CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}) 的质量分数总量计算，其中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 使用原子吸收分光光度法测定， Na^+ 、 K^+ 使用火焰光度法测定； Cl^- 、 SO_4^{2-} 使用离子色谱法测定， CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 使用双指示剂中和滴定法测定。具体的测试方法可参见文献[12]。

1.3 数据处理与分析

收集获取的 126 份土壤样品测试数据，分别对土壤含盐量、电导率、土壤 pH 用 Excel 进行统计分析。用 SPSS13.0 对土壤电导率与含盐量进行回归分析，并建立回归方程，通过比较方程的精度判别方程适用性。用 Pearson 相关系数表征离子间以及与含盐量、电导率、土壤 pH 之间的相关性。

2 结果与分析

2.1 土壤盐分离子特征

松嫩平原西部盐渍土盐分组成总体上以苏打 (Na_2CO_3) 和小苏打 (NaHCO_3) 为主。 Na^+ 离子是东北盐渍化土壤中的主要阳离子， CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 离子在阴离子中占优势，与前人的众多研究成果基本一致^[9]。 Na^+ 离子占土壤阳离子总量的比例多在 70% 以上，最高可达 99%； HCO_3^- 占土壤阴离子总量的比例也

很高, $(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$ 和 $(\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ 的比值一半以上的样品均大于 8, 最高可达 148, 但是也有极小部分样品的比值小于 1, 说明存在一部分硫酸盐、氯化物盐。土壤盐分的这种基本组成状况, 造成该区土壤碱化特征明显, 土壤理化性质严重恶化。

土壤可溶性 Na^+ 、 HCO_3^- 离子含量与土壤含盐量的相关性极为显著(表 1), 相关系数分别是 0.90 和 0.79。这同样说明了该地区土壤盐分含量及化学性状主要受 Na^+ 、 HCO_3^- 控制。

2.2 土壤盐分特征

2.2.1 土壤电导率和含盐量关系

土壤含盐量的大小可以反映盐渍化的程度, 由于全盐含量的不易测性, 而电导率的测定可靠、经济、快速, 通常用电导率来指示盐渍化程度。且目前用电导率来表示土壤中盐分的盐渍化研究也比较普及^[13-16]。本文所测的

部分样品八大离子总和即全盐含量和电导率进行回归分析, 建立回归方程。根据土壤含盐量和电导率之间的关系来分析电导率所代表的盐渍化程度。如图 2 所示, 电导率(y)和土壤全盐含量(x)建立的回归方程 R^2 达到 0.941, 呈极显著的正相关, 说明该区用电导率来表示土壤含盐量具有可行性。

李彬等^[9]建立大安市盐碱土实验站重度苏打碱土电导率(y)和含盐量(x)之间的回归方程为: $y = 0.201 + 0.092x (r = 0.991)$, 与本文研究有所差异。原因可能是本文针对更多的土壤类型以及研究范围更大所致。苏打碱土盐分组成复杂, 除 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 外, 尚含有少量的氯化物和硫酸盐, 受碱化影响, 土壤颗粒高度分散^[9,16], 因此要获得该区电导率与土壤含盐量之间更为准确的结果, 尚需进一步深入研究。

表 1 土壤盐分离子的相关性

Table 1 Correlation coefficients between different ions and soil salt content

盐分离子	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	总盐量
Mg^{2+}	0.75**								
K^+	0.27	0.15							
Na^+	-0.42	-0.34	-0.34						
Cl^-	-0.37	-0.36	-0.45	0.74**					
SO_4^{2-}	0.43	0.26	-0.22	0.53*	0.24				
CO_3^{2-}	-0.18	-0.12	-0.12	-0.41	-0.49	-0.45			
HCO_3^-	-0.45	-0.08	-0.02	0.55*	0.05	0.11	0.09		
总盐量	-0.48	-0.27	-0.37	0.90**	0.56*	0.39	-0.07	0.79**	
pH	-0.58*	-0.20	-0.23	0.79**	0.40	0.19	-0.14	0.86**	0.60**

注: *代表在 $P < 0.05$ 水平显著相关; **代表在 $P < 0.01$ 水平显著相关。

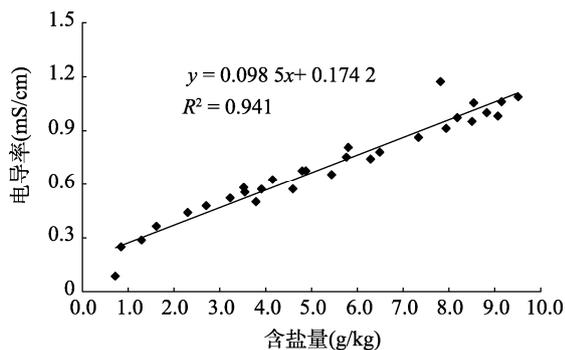


图 2 土壤含盐量与电导率的关系

Fig.2 Relationship between soil salt content and EC

2.2.2 土壤盐分(电导率)特征

对所有土样的电导率进行分析, 其描述性统计特征如表 2 所示。由表可看出, 电导率最大值为 3.139 mS/cm, 最小值仅为 0.0257 mS/cm, 其平均值是 0.579 mS/cm。变异系数超过了 100%, 说明发生了强烈的变异。

通过上文建立的回归模型, 根据苏打盐渍土的盐分含量分级标准^[10], 将电导率也进行分级。大致 < 0.2727 mS/cm 的为非盐渍化, 为方便计算, 取值为 0.27 mS/cm。0.27 ~ 0.47 mS/cm(1 ~ 3g/kg)为轻度盐渍化, 0.47 ~ 0.67 mS/cm(3 ~ 5 g/kg)为中度盐渍化, 0.67 ~ 0.86 mS/cm(5 ~ 7 g/kg)为重度盐渍化, > 0.86 mS/cm 为盐土。5 种级别的盐化土壤所含有的样点数分别为 62、13、11、12、28(表 3), 说明东北地区盐渍化土壤所占的比例还是非常大的。

2.3 土壤碱化指标

表征土壤碱化的指标有很多, 如 pH、交换性钠饱和度(ESP)、钠吸附(SAR)、总碱度等。本文利用土壤 pH 和总碱度等指标进行碱化特征分析。

2.3.1 pH

测试土样的 pH 描述性统计特征如表 2 所示。由表可看出, 最大值为 10.54, 最小值为 6.73, 平均值是 9.146。

表 2 土壤电导率和 pH 描述性统计
Table 2 Descriptive statistics of EC and pH

	样本(n)	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数(%)
EC(mS/cm)	126	0.0257	3.139	0.579	0.689	119
pH	126	6.73	10.54	9.146	0.921	10.07

表 3 不同盐渍化级别的样点统计
Table 3 Numbers of samples of different salinization classification

盐化分级	非盐化	轻度	中度	重度	盐土
样点个数	62	13	11	12	28
EC 范围(mS/cm)	<0.2727	0.27 ~ 0.47	0.47 ~ 0.67	0.67 ~ 0.86	>0.86

根据碱化程度的一般划分标准,采集的126份样本的水浸 pH 结果(表 4)分布情况为:pH 10.0 以上 33 个点, pH 9.5 ~ 10.0 是 18 个点, 9.0 ~ 9.5 之间 16 个点, 8.5 ~ 9.0 之间 18 个点, 8.5 ~ 7.5 之间 38 个点, < 7.5 仅 3 个点。各样点土壤的碱化度分布较为分散, 这充分反映了所取样本能够代表不同的盐碱程度。

表 4 不同碱化级别的样点统计

Table 4 Numbers of samples of different alkalization classification

碱化分级	中性	碱性	强碱性	极强碱性
样点个数	3	38	34	51
pH 范围	<7.5	7.5 ~ 8.5	8.5 ~ 9.5	> 9.5

2.3.2 土壤总碱度与 pH 之间指标相关性 总碱度是指土壤溶液或灌溉水中, 碳酸根和碳酸氢根含量之和, 即总碱度(cmol/L)=[CO₃²⁻]+[HCO₃⁻], 或者用碳酸根和碳酸氢根含量之和占阴离子的重量百分数来表示^[17-18]。

土壤总碱度与 pH 之间的分析结果(图 3)表明, 总碱度与 pH 之间存在着显著的指数关系, 总碱度越大, pH 越高。即使在总碱度很低的情况下, 土壤也拥有较高的 pH, 说明已经发生碱化。这是由于 Na₂CO₃ 和 NaHCO₃ 的存在, 造成土壤碱化后不可逆性增强; HCO₃⁻ 离子引起 pH 显著升高, 使土壤中的大部分钙、镁离子以碳酸盐的形态沉淀下来^[17-18], 从而大大提

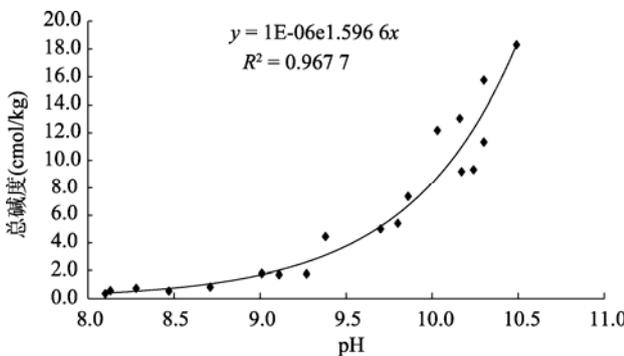


图 3 pH 和总碱度的关系
Fig. 3 Relationship between total alkalinity and pH

高了 Na 离子的交换能力, 进而又使得大量的 OH⁻ 产生, 因此土壤具有很高的 pH^[18]。

2.4 盐化和碱化关系

一般认为在盐效应的影响下, 土壤溶液中较高的盐浓度抑制碱性钠的水解, 从而使土壤碱化程度降低^[18]。本文的研究结果显示(图 4), 土壤 pH 随土壤含盐量的增加而增大, 电导率和土壤 pH 更趋近于指数模型($R^2 = 0.5368$)。从纵坐标对应的 pH 可以看出, 在土壤电导率 < 0.5 mS/cm 时, 土壤即开始强烈碱化, pH 在 9.0 以上。

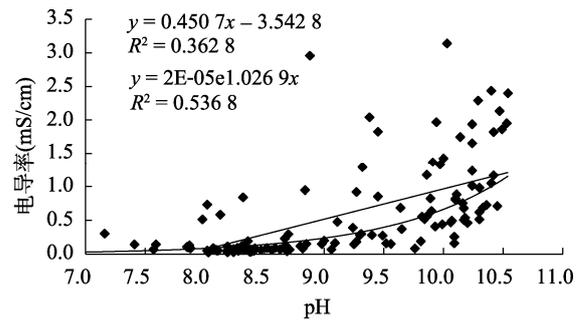


图 4 EC 和 pH 的关系
Fig. 4 Relationship between soil EC and pH

通过表 1 的相关性可知, pH 与 Na⁺ 和 HCO₃⁻ 呈极显著的正相关($r=0.79, r=0.86$), 而与 Ca²⁺ 成负相关。土壤中的碱性物质主要包括钙、镁、钠的碳酸盐和重碳酸盐, 以及胶体表面吸附的交换性钠。土壤碱性反应是由于土壤中有弱酸强碱的水解性盐类存在, 其中最主要的是碳酸根和重碳酸根的碱金属(Na、K)及碱土金属(Ca、Mg)的盐类存在。碱性物质的水解反应是造成该类型土壤 pH 高的主要原因^[17,19], 其中 CaCO₃ 和 MgCO₃ 的溶解度很小, 在正常 CO₃²⁻ 分压下, 它们在土壤溶液中的浓度很低^[18], 所以 CaCO₃ 和 MgCO₃ 不是导致土壤 pH 变高的原因, 而 Na₂CO₃、NaHCO₃⁻ 等是水溶性盐类, 出现在土壤溶液中后, 交换性 Na⁺ 水解呈强碱性反应, 这也是碱化土的重要特征。在这一反应中, H⁺ 取代了 Na⁺ 而失去活性,

结果产生了 OH^- , 使土壤的 pH 升高。说明了 pH 高的原因是由于碳酸氢钠的存在导致, 因而盐化的同时发生着碱化现象。

2.5 主要土壤类型的盐碱化特征

根据第二次土壤普查所划分的土壤类型, 研究区涉及到的主要土壤类型有黑钙土、淡黑钙土、栗钙土、草甸土、盐土、碱土、风沙土、沼泽土等 8 类。从表 5 可以看出, 各类土壤按平均值计算, 盐土的电导率最高, 其次是碱土和草甸土。从变异系数来看(表 5), 除了草甸土的电导率变异系数低之外, 其他土壤类型的变异系数都很大, 黑钙土、淡黑钙土、盐

土、风沙土和碱土的盐分变异系数均在 100% 左右, 说明草甸土的盐分主要和该土壤类型所表现的特征有关系, 而其他土壤类型的盐分除了内部因素影响外, 还存在由其他因素导致的盐分变异。

pH 除了黑钙土和栗钙土略低于 8, 其他土壤类型都高于 8, 最大是盐土、碱土、草甸土, 其次是淡黑钙土和沼泽土等。pH 的变异系数每个土壤类型都较低, 说明碱化与土壤类型有较强的相关性。盐土、碱土和草甸土的盐化和碱化水平在所有土壤类型中都是最高, 说明该地区土壤盐化过程中伴随着土壤碱化的过程, 两者相互影响。

表 5 不同土壤类型的 EC(mS/cm)和 pH 描述性统计
Table 5 Descriptive statistics of EC and pH in different soil types

土壤类型	指标	样本数	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数(%)
黑钙土	EC	5	0.08	0.73	0.27	0.27	99.00
	pH	5	6.73	8.30	7.66	0.67	8.82
淡黑钙土	EC	31	0.03	2.04	0.51	0.68	132.79
	pH	31	7.85	10.42	9.01	0.81	8.99
栗钙土	EC	5	0.05	0.14	0.09	0.03	38.41
	pH	5	7.59	8.08	7.89	0.19	2.41
草甸土	EC	20	0.09	3.14	0.79	0.90	13.96
	pH	20	7.87	10.53	9.32	0.79	8.45
盐土	EC	8	0.07	2.29	0.94	0.77	81.81
	pH	8	8.24	10.42	9.78	0.78	7.95
碱土	EC	41	0.03	2.43	0.69	0.68	97.47
	pH	41	8.19	10.54	9.59	0.70	7.33
风沙土	EC	11	0.03	1.05	0.17	0.30	172.89
	pH	11	8.03	10.40	8.70	0.82	9.47
沼泽土	EC	3	0.23	0.71	0.51	0.248	48.92
	pH	3	8.13	10.45	9.08	1.21	13.36

2.6 不同土地利用类型盐碱化特征

实际调查发现东北盐碱地的土地利用类型主要为耕地、草地、较少稀疏的林地。其中耕地的种植作物为向日葵、玉米、豆类、极少数水稻等, 草地的植物长势一般从稀疏到茂盛均有分布。因为调查到的林地所占面积小, 故将其划分到草地利用类型一类。

分别计算草地和耕地的电导率和 pH, 如图 6 所示, 草地 pH 平均为 9.6, 而耕地平均为 8.4, 电导率也是草地大于耕地。一方面可能是因为每年人工投入耕地的化学肥料较多, 同时秸秆还田的实施使得耕地有机质含量增加, 耕地的盐碱化程度就会优于草地。另一方面草地多进行放牧, 过度放牧后草地得不到恢复, 多出现碱斑; 每年长势良好的草原实施牧草收割, 草地有机养分的投入低于耕地, 得不到过多的补给, 因而盐碱化程度大于耕地。

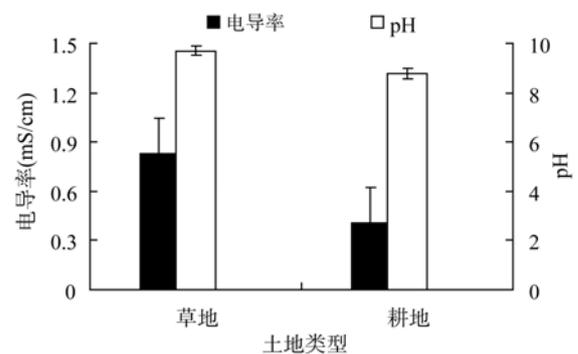


图 5 两种土地利用情况下土壤盐渍化特征
Fig.5 Soil salinization characteristics of grassland and farmland

2.7 苏打盐碱土农业治理和利用对策

根据研究结果, 松嫩平原西部以苏打盐分为主, 盐化严重, 盐化的同时也发生着碱化现象。这些特点给盐渍土治理带来了很大的障碍, 要根据这些特点

趋利避害,进行有效的治理。首先,建立完善的排水系统,及时将灌区内多余积水排出去,这样就可以降低地下水位,减少土壤次生盐碱化发生。其次,注重养地,合理利用土地,增加农田肥料,平衡土壤养分,改善土壤理化性质。另外,还要防止草原过度放牧、开垦,避免草原生态系统功能得不到修复而退化。同时,要注重利用现代新技术,进行生物治理^[11],进行作物基因改良,选择耐盐碱植物品种,克服盐碱障碍,最终达到盐碱地高效利用的目的。

3 结论

(1) 松嫩平原西部盐渍土盐分组成总体上以苏打(Na_2CO_3)和小苏打(NaHCO_3)为主。 Na^+ 离子是东北盐渍化土壤中的主要阳离子,占土壤阳离子总量的比例多在70%以上, CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 离子在阴离子中占优势。从相关性来看,土壤可溶性 Na^+ 、 HCO_3^- 离子含量与土壤含盐量的相关性极为显著($r = 0.90$, $r = 0.79$),同时和pH的相关性也分别达到显著水平($r = 0.79$, $r = 0.86$),说明土壤盐化的同时发生着碱化现象。

(2) 电导率(y)和土壤全盐含量(x)建立的回归方程为 $y = 0.0985x + 0.1742$ ($R^2 = 0.941$),用电导率来表示土壤含盐量具有可行性。基于样点统计,所采集样品中盐渍化土壤所占的比例还是非常大的。pH大多在碱性以上,强碱性土壤比例较高,与总碱度呈指数关系($R^2 = 0.9677$)。

(3) 从不同土壤类型来看,盐土的电导率最高,其次是碱土和草甸土,pH在各类土壤中均较高。不同的土地利用类型,耕地的盐碱化程度要好于草地,可能与养分的补给有关。本研究为松嫩平原盐碱土改良与利用以及区域生态环境建设提供理论基础,对于盐渍化监测、改良具有重要的指导意义。

参考文献：

- [1] 王遵亲,祝寿泉,俞仁培. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 63-65
- [2] 刘兴土. 松嫩平原退化土地整治与农业发展[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 60-135
- [3] 王春裕. 中国东北盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 53-277
- [4] 裘善文, 张柏, 王志春. 中国东北平原西部荒漠化现状、成因及其治理途径研究[J]. 第四纪研究, 2005, 25(1): 63-73
- [5] 李建东, 郑慧莹. 松嫩平原盐碱化草地治理及其生物生态机理[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 58-263
- [6] 宋长春, 何岩, 邓伟. 松嫩平原盐渍土壤生态地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 64-96
- [7] 张树文, 杨久春, 李颖, 张养贞, 常丽萍. 1950s 中期以来东北地区盐碱地时空变化及成因分析[J]. 自然资源学报, 2010, 25(3): 435-442
- [8] 李彬, 王志春, 梁正伟, 迟春明. 吉林省大安市苏打碱土盐化与碱化的关系[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(2): 151-155
- [9] 李彬, 王志春, 迟春明. 吉林省大安市苏打碱土含盐量与电导率的关系[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(4): 168-171
- [10] 吉林省土壤肥料总站. 吉林省土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 195-211
- [11] 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
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 152-200
- [13] 蔡阿兴, 陈章英, 蒋正琦, 宋荣华. 我国不同盐渍地区盐分含量与电导率的关系[J]. 土壤, 1997, 29(1): 54-57
- [14] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 837-845
- [15] 郭全恩, 王益权, 郭天文, 刘军, 南丽丽. 半干旱盐渍化地区果园土壤盐分离子相关性研究[J]. 土壤, 2009, 41(4): 664-669
- [16] 刘广明, 杨劲松. 土壤含盐量与土壤电导率及水分含量关系的试验研究[J]. 土壤通报, 2001, 32: 85-87
- [17] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 171-179
- [18] 李学垣. 土壤化学[J]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 213-278
- [19] 李红寿, 汪万福, 武发思, 安黎哲. 盐分对极干旱土壤水分垂直分布与运转的影响[J]. 土壤, 2011, 43(5): 809-816

Study on Salinization Characteristics of Surface Soil in Western Songnen Plain

ZHANG Xiao-guang^{1,2}, HUANG Biao^{1*}, LIANG Zheng-wei³, ZHAO Yong-cun¹,
SUN Wei-xia¹, HU Wen-you¹

(1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*; 2 *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*; 3 *Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China*)

Abstract: It is important to study soil salinization-alkalinization characteristics in large scale district for fully understanding the characteristics of this soil and efficient agriculture. Based on 126 collected soil samples in 6 typical counties of western Songnen Plain, salinization and alkaline indexes were determined and the features in the area were analyzed. In general the soil salt of western Songnen Plain mainly were Na_2CO_3 and baking soda (NaHCO_3), the proportion of Na^+ accounted for more than 70% of the total amount of soil cations, CO_3^{2-} and HCO_3^- gave priority to in total anions. Regression equation ($y = 0.0985x + 0.1742$) was established between electrical conductivity (y) and soil total salt content (x) with $R^2=0.941$, which showed the feasibility of describing soil salinity by electrical conductivity. The proportion of saline soil with high soil pH in all samples was higher. An exponential relationship ($R^2=0.9677$) between total alkalinity and pH was obtained. Soil salinization happening at the same time when basification phenomenon happened. Solonchak soil had the highest electrical conductivity, followed by Solonetz soil and meadow soil, pH value of all soil types were high. The soil salinity of cultivated land was lower than grassland. This study could provide theoretical basis for improving and utilizing saline-alkalic soil, and regional ecological environment construction of Songnen Plain.

Key words: Songnen Plain, Soil salinization-alkalization, Surface soil