

海河低平原不同地貌土壤盐分特征研究^①

杨萍果¹, 杨苗², 毛任钊³

(1 山西师范大学生命科学学院, 山西临汾 041000; 2 山西农业大学文理学院, 山西太谷 030801;

3 中国科学院遗传发育生物学研究所农业资源研究中心, 石家庄 050021)

摘要: 以河流冲积扇、河流冲积扇与滨海平原过渡带、滨海平原 3 种主要地貌类型, 分析了海河低平原区土壤盐分含量、盐基离子组成及电导率的变化规律。结果表明: 河流冲积扇耕层虽明显脱盐, 但由于底土含盐量高, 仍存在土壤盐渍化的威胁, 阴离子以 Cl^- 和 SO_4^{2-} 为主; 相反, 河流冲积扇与滨海平原过渡带、滨海平原表土含盐量较高, 而底土含盐量较低, 阴离子以 Cl^- 为主; 土壤盐分中阳离子含量以 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 为主, 盐分组成主要的可溶性盐为 NaCl , 其次是 Na_2SO_4 和 CaCl_2 。

关键词: 海河低平原; 电导率; 土壤盐分; 离子组成

中图分类号: S156.41

土壤盐渍化是制约低平原区农业生产发展、生态环境的主要因素。由于不同地区成土母质及盐渍化成因不同, 土壤总体盐分状况、盐基离子组成及电导率与土壤含盐量的关系不同, 而且随季节的不同而变化^[1-4]。含盐量受区域性气候蒸发力、地形、地下水埋深和盐源分布等因素制约, 旱季蒸发积盐与雨季淋溶脱盐两种过程交替发生。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于海河低平原区沧州市内, 地理位置东经 $115^{\circ}42' \sim 117^{\circ}50'$, 北纬 $37^{\circ}28' \sim 38^{\circ}57'$, 总土地面积 140.01 万 hm^2 , 土壤面积 116.97 万 hm^2 , 耕地面积 94.41 万 hm^2 , 盐碱地面积占土壤的 29.1%。海拔 $2 \sim 17 \text{ m}$, 气候属于暖温带半湿润大陆季风气候区, 年均气温 12.3°C , 降雨量受海洋气候影响, 自西向东逐渐减少, 呈明显梯级分布, 年均降雨量 $500 \sim 600 \text{ mm}$, 年均蒸发量 $2\,062.4 \text{ mm}$, 蒸发量大于降雨量, 地下水矿化度以 $2 \sim 5 \text{ g/L}$ 咸水居多。成土母质主要为冲积物, 还有部分湖相和海相沉积物。土壤为褐土、风沙土、潮土、沼泽土、盐土、滨海盐土、碱土等 7 个土类, 土壤亚类以盐化潮土、盐化草甸土为主, 表层为轻中壤质地。该研究为海河低平原盐渍区土壤的科学管理、改良及利用提供一定的理论依据。

1.2 研究方法

本研究选择海河低平原区, 10 月份采集土样, 沿北纬 38° 纬度线共采集 70 个土样, 取土深度 $0 \sim 10$ 、 $10 \sim 20$ 、 $20 \sim 30$ 、 $30 \sim 40$ 、 $40 \sim 60$ 、 $60 \sim 80$ 和 $80 \sim 100 \text{ cm}$, 从西南向东北选择: 小集 (X) 代表河流冲积扇、腾庄 (T) 代表河流冲积扇与滨海平原过渡带、黄骅 (H) 代表滨海平原, 探讨海河低平原不同地貌土壤盐分离子组成、累积变化规律。每个区域均取混合土样, 按土层分别混合所得。土样风干、磨碎过 1 mm 孔筛, 按土水比 $1:5$ 提取, 电导率采用电导率仪 (DDS-320 型) 测定, HCO_3^- 采用双指示剂滴定法测定, Cl^- 用硝酸银滴定法测定, SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 用 EDTA 容量法测定, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 量为差减法计算, 盐分总量采用离子加和法, 同时用电导率进行容量法盐分总量校正^[5]。

2 结果与讨论

2.1 土壤盐分垂直分异规律

为了了解土壤剖面盐分垂直分异规律, 作出典型剖面土壤盐分分布图 1。由图 1 可知, 河流冲积扇 X 和河流冲积扇与滨海平原过渡带 T 剖面表层盐分含量较低, 耕层含盐量 $0.4 \sim 3 \text{ g/kg}$, 属于轻度盐渍化, 下层盐分含量较高, 即存在盐分下层聚集的漏斗效应, 面临次生盐碱化的威胁; 而滨海平原 H 剖面表层盐分

①基金项目: 山西省自然科学基金项目 (2010011044-3) 和国家重点基础研究发展计划项目 (2005CB121106) 资助。

作者简介: 杨萍果 (1974—), 女, 山西襄汾人, 博士, 副教授, 主要研究土壤环境质量及其空间变异性。E-mail: lfypg@126.com

含量较高, 下层盐分含量较低, 由于滨海地区地下水位上升, 加上强烈的蒸腾作用, 地下深层盐分上移聚集, 导致严重土壤盐渍化发生。冲积平原经各种土壤改良措施的综合治理, 表层虽明显脱盐, 但由于部分地段目前地下水埋深上升至临界深度以下, 再加上底土含盐量很高, 稍不注意, 就会返盐, 因此仍处于脱盐不稳定或脱盐积盐交替状态; 滨海平原长期处于较高水位、高矿化度地下水控制下, 该部位部分地区短期内仍处于持续积盐状态会导致土壤盐渍化发生。

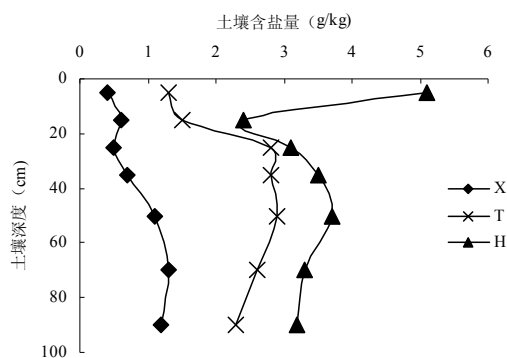


图 1 海河低平原不同地貌土壤剖面盐分分布

Fig. 1 Soil salt profiles in different landforms of low Haihe River

H 剖面含盐量从 2.4 g/kg 到 5.1 g/kg, 总盐含量高且变化幅度大 (图 1), 土壤含盐量沿滨海平原向河流冲积扇逐渐降低, 土壤中盐分的运移同时存在着

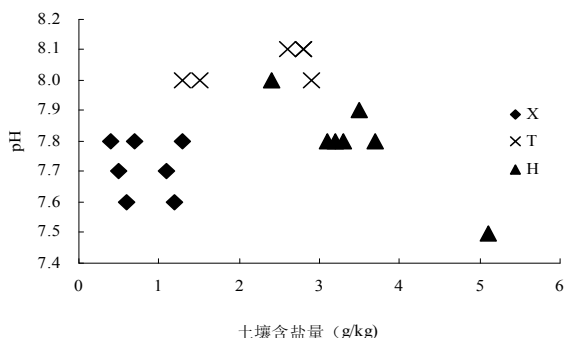


图 2 土壤含盐量与 pH 值的关系

Fig. 2 The relationship between soil salt content and pH value

2.3 不同地貌类型含盐量及其组成变化特点

从表 1 可知, X 剖面各种阴离子的含量均低于 T 和 H 剖面, 阴离子组成中 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 分别占阴离子总量的 34.06%、36.96% 和 28.99%; T 剖面阴离子组成中 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 分别占阴离子总量的 25.70%、59.58% 和 14.72%; H 剖面阴离子组成中 HCO_3^- 、 Cl^- 、

明显的向底层迁移和向表层聚集两种方式。因为降雨及灌水增加了盐分离子的向下淋洗量, 从而使整个土壤剖面以至在 80~100 cm 的土壤底层, 含盐量仍显著高于表层; 另一方面, 土壤蒸发量大, 盐离子又会随着土壤水分的向上运动而逐渐向表层迁移和聚积, 出现明显的表聚现象。与黄河三角洲土壤盐分的分布规律一致^[6], 盐分分布表现出离海岸线距离越近 (远) 土壤盐分越高 (低) 的规律, 其空间分布是与微地形和气候条件密切相关的。

2.2 土壤含盐量与 pH 值和电导率 EC 的关系

由图 2 可知, pH 值的变化规律: $T > H > X$, 即滨海和河流冲积扇过渡带 pH 值最高, 其次是滨海平原, 最低的是河流冲积扇。pH 值与土壤盐分总量没有明显的相关性。由于土壤 pH 值受母质、生物、气候、人为措施以及盐基饱和度的影响较大, 土壤在积盐的过程中, 胶体表面吸附有一定数量的交换性 Na, 但因土壤溶液中可溶性盐浓度较高, 阻止交换性 Na 水解, 所以, 土壤的 pH 一般都小于 8.5^[7-8]。

电导率的变化趋势是 $H > T > X$ (图 3), 即从东向西沿滨海平原向河流冲积扇, 电导率逐渐降低, 与土壤盐分总量有显著的线性相关性。回归方程为:

$$EC = 4.374S - 0.0906 \quad (R^2 = 0.9695)$$

式中: S 为土壤全盐含量 (%); EC 为 1:5 土水比土壤浸提液电导率 (dS/m)。

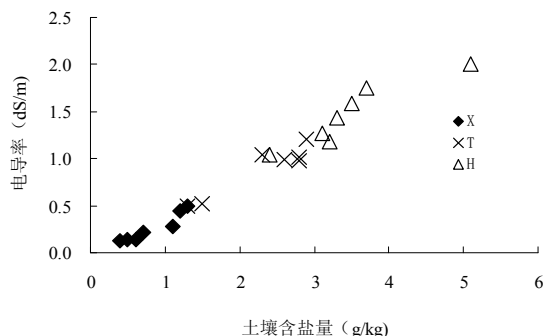


图 3 土壤含盐量与电导率的关系

Fig. 3 The relationship between soil salt content and electrical conductivity

SO_4^{2-} 分别占阴离子总量的 9.37%、84.83% 和 5.80%。总之, 海河低平原不同地貌类型, 盐分阴离子组成都以 Cl^- 为主, 从河流冲积扇到滨海平原 SO_4^{2-} 逐渐减少。

从表 2 可知, X 剖面各种阳离子的含量均低于 T 和 H 剖面, 阳离子组成中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 分别占阳离子总量的 19.09%、28.63% 和 52.28%; T 剖面

表1 不同土壤剖面阴离子的组成及其含量 (cmol/kg)

Table 1 Anion distributions in different soil profiles

土层 (cm)	HCO ₃ ⁻			Cl ⁻			SO ₄ ²⁻		
	X	T	H	X	T	H	X	T	H
0~10	0.3	0.7	0.45	0.15	0.7	6.25	0.1	0.25	0.875
10~20	0.35	0.7	0.6	0.15	0.85	2.7	0.175	0.325	0.275
20~30	0.25	0.75	0.55	0.2	2.05	4.2	0.15	0.725	0.175
30~40	0.35	0.75	0.4	0.25	2.35	5.2	0.25	0.575	0.125
40~60	0.35	0.8	0.45	0.35	2.75	5.4	0.475	0.475	0.175
60~80	0.35	0.85	0.45	0.8	2.25	4.8	0.45	0.45	0.125
80~100	0.4	0.95	0.65	0.65	1.8	3.6	0.4	0.35	0.45

表2 不同土壤剖面阳离子的组成及其含量 (cmol/kg)

Table 2 Cation distributions in different soil profiles

土层 (cm)	Ca ²⁺			Mg ²⁺			Na ⁺ +K ⁺		
	X	T	H	X	T	H	X	T	H
0~10	0.15	0.125	0.55	0.15	0.125	0.675	0.05	1.4	6.0
10~20	0.15	0.125	0.15	0.2	0.1	0.175	0.15	1.75	3.2
20~30	0.15	0.125	0.225	0.225	0.275	0.35	0	3.45	3.95
30~40	0.125	0.125	0.225	0.225	0.2	0.4	0.4	3.6	4.6
40~60	0.15	0.125	0.2	0.325	0.25	0.475	0.7	3.75	4.85
60~80	0.25	0.1	0.175	0.375	0.225	0.325	0.8	3.35	4.5
80~100	0.175	0.1	0.175	0.225	0.175	0.375	1.05	2.9	4.05

阳离子组成中 Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺+K⁺ 分别占阳离子总量的 3.69%、6.03% 和 90.28%; H 剖面阳离子组成中 Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺+K⁺ 分别占阳离子总量的 4.77%、7.79% 和 87.44%。

总之, 水溶性离子含量都是滨海平原 H 剖面最高, 因为距海越近, 土壤盐渍化较严重, 分布于滨海平原的样点多为盐土和重度盐渍土, 是在海水和高矿化地下水综合作用下形成的原生盐碱地。而河流冲积平原的样点多为轻度盐渍土。

3 结论

不同地貌类型含盐量变化趋势不同。河流冲积扇土壤表土含盐量较低, 含盐量随着土壤剖面深度的增加而增加, 随着深层盐分上移, 仍处于脱盐不稳定或脱盐积盐反复型状态; 相反, 河流冲积扇和滨海平原过渡带、滨海平原 2 种地貌类型, 表土含盐量较高, 含盐量随着土壤剖面深度的增加而减少。

不同地貌类型土壤含盐量与 pH 值没有明显的相关性, 与电导率有显著的线性相关关系; 盐分阴离子组成都以 Cl⁻ 为主, 从河流冲积扇到滨海平原 SO₄²⁻ 逐

渐减少; 滨海平原 HCO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺+K⁺ 离子的累积明显高于河流冲积扇, 盐分的大量累积以及离子的相对富集对于土壤-植物的养分供需平衡以及土壤环境质量的演变都将产生不利影响, 如何控制盐分累积, 协调养分的供需平衡成为保证设施作物高产、优质的关键。

参考文献:

- [1] 刘春卿, 杨劲松, 陈小兵, 刘广明. 新疆玛纳斯河流域灌溉水质与土壤盐渍状况分析. 土壤, 2008, 40(2): 288-292
- [2] 李玉义, 张风华, 潘旭东, 陈阜, 赖先齐. 新疆玛纳斯河流域不同地貌类型土壤盐分累积变化. 农业工程学报, 2007, 23(2): 60-64
- [3] 余海英, 李廷轩, 周健民. 典型设施栽培土壤盐分变化规律及潜在的环境效应研究. 土壤学报, 2006, 43(4): 571-576
- [4] 姚荣江, 杨劲松, 姜龙. 黄河三角洲土壤盐分空间变异性与合理采样数研究. 水土保持学报, 2006, 20(6): 89-94
- [5] 鲍士旦. 土壤农化分析. 中国农业出版社, 2000: 163-165
- [6] 翁永玲, 官鹏. 黄河三角洲盐渍土盐分特征研究. 南京大学学报(自然科学), 2006, 42(6): 602-610

- [7] 曾礼, 郑子成, 李廷轩, 张锡洲, 王永东, 余海英. 设施土壤水-盐运移的研究进展. 土壤, 2008, 40(3): 518-522
- [8] 毛任钊, 田魁祥, 松本聪. 盐渍土盐分指标及其与化学组成的关系. 土壤, 1997, 29(6): 326-330

Study on Soil Salt Characteristics of Different Landforms in Low Haihe River Plain

YANG Ping-guo¹, YANG Miao², MAO Ren-zhao³

(1 College of Life Sciences, Shanxi Normal University, Linfen, Shanxi 041000, China;

2 College of Arts & Sciences, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China;

3 Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, CAS, Shijiazhuang 050021, China;)

Abstract: Soil salt contents, salt composition and electrical conductivity changes of three kinds of landforms in low Haihe River, i.e., alluvial plain, transition between alluvial and coastal plain, coastal plain were studied. The results showed that in the alluvial plain the desalinization in surface layer was noticeable, but salt content in the subsoil layer was still high, predominant salt anion in the soil were Cl^- and SO_4^{2-} . In transition between alluvial and coastal plain as well as coastal plain, salt content of top soil was high, predominant salt anion in the soil was Cl^- . Na^+ and K^+ were predominant salt cations in the soil, which indicated that the dominant soluble salt was NaCl , followed by Na_2SO_4 and CaCl_2 .

Key words: Low Haihe River plain, Electrical conductivity, Soil salt, Ion composition