

黄河三角洲湿地柽柳—碱蓬群落土壤中 各离子和土壤养分剖面分析

刘晓霞¹, 张 涛², 谭小丽¹, 明丽萍³, 王伟立³

(1. 淄博市临淄区环境监测站, 山东 淄博 255400; 2. 淄博高新技术产业开发区环境监测站, 山东 淄博 255400;
3. 鲁东大学 化学与材料科学学院, 山东 烟台 264039)

摘要: 柽柳(*Tamarix chinensis*)—碱蓬(*Suaeda glauca*)是黄河三角洲地区的代表性植被,当地人们常用它们来改良盐碱地.为了探索柽柳—碱蓬改良盐碱地的机理,本文研究了黄河三角洲湿地柽柳—碱蓬群落下土壤剖面可溶性盐离子和养分的分布特征,研究结果显示该地区可溶性盐离子主要以氯离子为主,土壤为富钾土壤,可溶性盐离子和各种养分的含量具有明显的层次性,主要分布在土壤表层.本研究为进一步充分认识该地区柽柳—碱蓬群落下的土壤状况,以及保护该地区的土壤和改善土壤的盐渍化状况提供科学依据.

关键词: 黄河三角洲; 可溶性盐离子; 土壤养分; 柽柳—碱蓬; 剖面特征

中图分类号: S156.4; S856 文献标志码: A 文章编号: 1673-8020(2020)03-0258-07

近年来,土壤盐渍化问题越来越严重,已受到社会的普遍关注.目前全世界约有1/3的土地发生了土壤盐渍化,影响着生态环境,也影响了植物吸收养分的能力,严重制约着农业生产^[1-4].黄河三角洲作为滨海湿润—半湿润海浸盐渍区,属于滨海湿地生态系统,黄河三角洲的土壤母质决定了原生盐渍化土壤在区域内广泛分布,超过50%的土地为不同程度的盐渍化土壤.伴随着当地农业的发展、平原水库的修建和重灌轻排的耕作方式,加上区域本身地下水埋深浅且矿化度高,使黄河三角洲土壤次生盐渍化日趋加剧.越发严峻的土壤次生盐渍化问题也使得该区原本脆弱的生态系统发生退化,植被生境和多种珍稀野生动物栖息地遭到威胁.该地区的植被主要以耐盐植被为主,柽柳(*Tamarix chinensis*)、碱蓬(*Suaeda glauca*)是该地区的代表性植被.柽柳喜生于河流冲积平原,如海滨、滩头、潮湿盐碱地和沙荒地.碱蓬能够有效地降低土壤表层含盐量,增加土壤有机质含量,提高土壤中氮、磷、钾的含量,当地人们常利用它们来改良盐碱地.许多学者对该区域土壤盐分和湿地生态系统中土壤养分做了分析^[5-10],取得了一些具有指导意义的成果.然而对于该区域

柽柳—碱蓬植物群落下土壤中可溶性盐离子和不同土层深度下营养成分含量尚没有深入研究,本文重点对该地区土壤剖面可溶性盐离子和营养成分进行分析,探究其空间分布特征.研究结果可以为进一步充分认识该地柽柳碱蓬群落下的土壤状况,保护该地区的土壤及改善土壤的盐渍化状况等湿地环境问题提供科学依据.

1 研究区域概况

本文选择黄河三角洲自然保护区内的柽柳林场作为研究区域,该区域的具体位置为37°45′N~38°10′N,118°39′E~119°7′E,该地区为典型的温带季风性大陆性气候,夏季天气炎热,降水频繁,冬季气温会在零下,比较寒冷,并且降水较少,比较干燥.该地区的年平均气温是12.1℃,年平均降水量为552mm,大部分降水都集中在7、8月份.研究区域主要土壤类型为滨海盐土,主要植被为柽柳、碱蓬等耐盐性植物^[8].本文将从该地区采集有代表性的土壤进行研究.

收稿日期: 2020-03-20; 修回日期: 2020-06-06

基金项目: 国家自然科学基金(21901098); 山东省自然科学基金(ZR2017PB006); 鲁东大学引进人才启动基金项目(LB2017003); 国家大学生创新项目(201810451326); 山东省大学生创新课题项目(S201910451158)

第一作者简介: 刘晓霞(1983—),女,山东潍坊人,工程师,硕士,研究方向为环境监测、实验室质量管理. E-mail: xiaoxia8303@126.com

2 样品的采集与分析

2.1 样品采集

根据“典型性、代表性、一致性”的原则,选择具有代表性的柽柳—碱蓬群落下的土壤作为研究对象,同时选取长期无植被生长的空白盐碱地作为对照.根据《土壤环境监测技术规范》的规定,在种植地和对照地分别选取约 200 m × 200 m 的采样区.按照梅花点采样法在每个采样区设置五个采样点.采集土壤的混合样.即在样地内每个采样点进行剖面取样,分别取 0 ~ 5 cm, 5 ~ 10 cm, 10 ~ 30 cm, 30 ~ 50 cm, 50 ~ 100 cm 的土壤,然后相同层面的土壤进行混合作为相应层面的代表样带回实验室^[11-12].

2.2 样品分析

将采集的土壤样品经自然风干、研磨、过筛等预处理后用表 1 的方法分析各项目,包括土壤中可溶性盐离子(氯离子、碳酸根离子、碳酸氢根离子、钙离子、镁离子、硫酸根离子)和营养成分(有效磷、速效钾、土壤有机碳、土壤有机质).

表 1 分析项目及方法^[13-14]
Tab. 1 Analysis items and methods^[13-14]

分析项目	方法
氯离子	AgNO ₃ 滴定法
碳酸根离子	双指示剂中和法
碳酸氢根离子	双指示剂中和法
钙离子	EDTA 络合滴定法
镁离子	EDTA 络合滴定法
硫酸根离子	EDTA 间接滴定法
有效磷	NaHCO ₃ 浸提—钼锑抗比色法
速效钾	1% 醋酸铵浸提—火焰光度计测定
土壤有机碳	K ₂ Cr ₂ O ₇ 容量法—稀释热法测定
土壤有机质	有机碳换算法

3 土壤中各离子及土壤养分的剖面分布特征

3.1 土壤中各离子的剖面分布特征

我们分析了土壤全盐含量在剖面上的分布特征^[11],全盐是各种可溶性盐离子的总和^[15],许多可溶性盐离子是植物生长的重要养分,探究各种

盐离子的分布特征对于进一步了解土壤的理化性质具有重要的意义.

3.1.1 种植地 Cl⁻ 和 SO₄²⁻ 在土壤剖面上的分布特征

种植地 Cl⁻ 和 SO₄²⁻ 在土壤剖面上的分布特征及变化趋势见表 2 和图 1. 由表 2 和图 1 可以看出,Cl⁻ 在种植地各层土壤中的含量在 0.4% ~ 1.2% 之间,从整体上看,Cl⁻ 含量的变化趋势与前期研究发现柽柳—碱蓬群落下土壤中全盐的变化趋势是一致的^[11],其随土壤深度增加而减少.在 0 ~ 5 cm 土层内含量最高,从 10 cm 往下,含量变化范围不大,在整个剖面上 Cl⁻ 含量的平均值为 0.69%. 这主要是因为该区靠海,土壤盐渍化主要是由于海水浸渍,而海水的主要成分是 NaCl,所以表层土壤 Cl⁻ 含量较高,随土壤深度增加渗透的海水减少,Cl⁻ 含量也相应减少.

SO₄²⁻ 在种植地各土层上的含量在 0.011% ~ 0.065% 之间,平均值为 0.036%,最大值出现在 30 ~ 50 cm 的土层中,其含量变化不超过 0.054%. 随土壤深度的增加出现先增后减再增再减的趋势. SO₄²⁻ 的含量变化趋势并不稳定,这主要是由于影响 SO₄²⁻ 含量的因素有多种,从大气中沉降到土壤中的硫酸盐,岩石风化溶解于土壤溶液中的硫酸盐,还有植物以及微生物对硫酸盐的吸收等,这些因素中并不能确定哪一种占绝对优势,它们共同影响着硫酸盐的含量,因此产生了以上所描述的 SO₄²⁻ 剖面分布特征^[16].

单因素方差分析结果表明 Cl⁻ 和 SO₄²⁻ 含量与对照地差异显著 ($P < 0.05$),柽柳—碱蓬群落对土壤中 Cl⁻ 和 SO₄²⁻ 改良效果显著.

3.1.2 CO₃²⁻ 和 HCO₃⁻ 在土壤剖面上的分布特征

CO₃²⁻ 和 HCO₃⁻ 含量在种植地剖面上的变化趋势见图 2. 由表 2 和图 2 可知,种植地的 CO₃²⁻ 仅在 5 ~ 30 cm 的土层内检出,并且含量很小,在 0 ~ 5 cm 以及 30 ~ 100 cm 范围内 CO₃²⁻ 的含量都为零,CO₃²⁻ 随土层深度变化分布特征不明显,所以认为其对土壤的全盐和理化性质的影响是很小的.

种植地的 HCO₃⁻ 在各土层的含量在 0.027% ~ 0.045% 之间,平均含量为 0.034%. 在 0 ~ 30 cm 土层内,随着土层深度的变大含量变小,而在 30 ~ 50 cm 土层内,含量又较之前变大,之后随土

层深度加大又减小,其总体变化趋势是随深度的增加而减小的。 HCO_3^- 的含量受大气中 CO_2 影响较大,由于表层土壤能够充分接触大气,大气中的 CO_2 沉降到土壤可转化为 HCO_3^- ,所以 HCO_3^- 会随土壤深度增加含量减小^[17]。

单因素方差分析结果表明 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 含量与对照地差异均不显著($P > 0.05$),柽柳—碱蓬群落对土壤中 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 改良效果有限。

表2 各离子成分在土壤剖面上的分布结果

Tab.2 Distribution of ion components in the soil profile

土层/cm	Cl^- /%		CO_3^{2-} /%		HCO_3^- /%		Ca^{2+} /%		Mg^{2+} /%		SO_4^{2-} /%	
	种植地	对照地	种植地	对照地	种植地	对照地	种植地	对照地	种植地	对照地	种植地	对照地
0~5	1.23	1.57	0	0	0.045	0.054	0.039	0.047	0.054	0.065	0.011	0.013
5~10	0.56	0.68	0.0096	0.011	0.030	0.035	0.010	0.014	0.014	0.017	0.045	0.054
10~30	0.55	0.66	0.0048	0.006	0.027	0.032	0.012	0.015	0.027	0.033	0.011	0.015
30~50	0.67		0		0.042		0.024		0.022		0.064	
50~100	0.44		0		0.027		0.025		0.024		0.049	
平均值	0.69		0.0029		0.034		0.022		0.022		0.036	
标准差	0.31		0.0043		0.0087		0.012		0.015		0.024	

注:本文先通过研究种植地剖面可溶性离子变化得出可溶性离子主要分布在土壤表层,然后通过与空白地对照得出柽柳—碱蓬有效抑制盐分向土壤上层移动,对盐碱地具有良好的改良效果,故对照地只分析了0~30 cm 土层的数据。

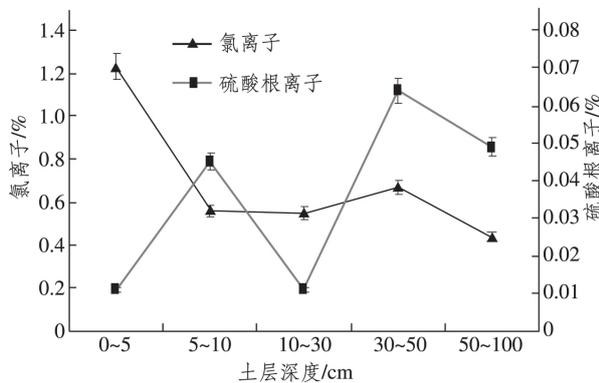


图1 Cl^- 和 SO_4^{2-} 含量在种植地剖面上的变化趋势
Fig.1 Characteristics of Cl^- and SO_4^{2-} in the soil profile

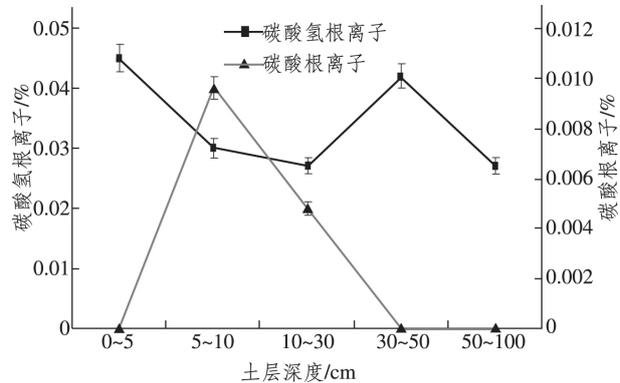


图2 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 含量在种植地剖面上的变化趋势
Fig.2 Characteristics of CO_3^{2-} and HCO_3^- in the soil profile

3.1.3 种植地 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 在土壤剖面上的分布特征

Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 是构成土壤全盐的两种重要的阳离子.从表2中我们可以看出, Ca^{2+} 在种植地各层土壤中的含量在0.0098%~0.039%之间,平均值为0.022%;而 Mg^{2+} 的含量在0.014%~0.054%,平均值为0.022%,二者的平均值相同,所以二者在土壤中的含量是接近的.从 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量在种植地土壤剖面上的变化趋势图(图3)也不难看出,二者含量随土壤深度的变化趋势具有相似性,均在0~5 cm的土层内含量最高,随后在5~10 cm土层内含量又减到最小,接着在10~30 cm土层内含量增大,在30~50 cm土层内, Ca^{2+} 含量增加了,而 Mg^{2+} 含量变小,在50~100 cm土层内,两者含量都增加.因此,二者只在

30~50 cm 土层内含量变化趋势相反,其他土层变化趋势是一致的.总体上看,随深度变大两者的含量变化是呈现先减再增的趋势.

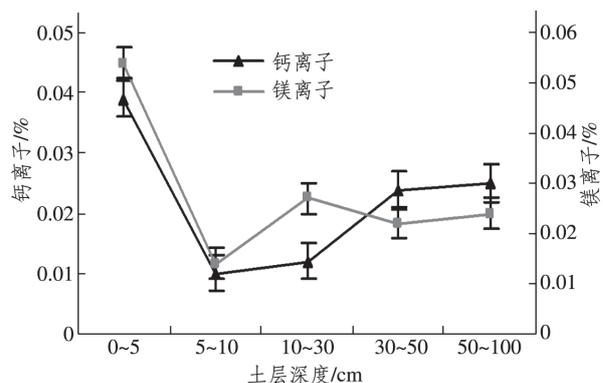


图3 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量在种植地土壤剖面上的变化趋势
Fig.3 Characteristics of Ca^{2+} and Mg^{2+} in the soil profile

单因素方差分析结果表明 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量与对照地差异显著 ($P < 0.05$), 柽柳—碱蓬群落对土壤中 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 改良效果显著。

综上, 通过对表 2 中种植地与对照地各离子分布及显著性差异分析结果比较可以看出, 柽柳—碱蓬种植地表层含盐量明显降低, 柽柳—碱蓬可有效抑制盐分向土壤上层移动, 对盐碱地具有良好的改良效果。

钙镁离子是植物生长不可或缺的两种离子, 两种离子在土壤中主要以难溶性的碳酸盐形式存在, 当土壤的酸性增强时可以转化为可溶性的钙镁离子, 在根系层植物根系吸收了微量的可溶性的钙镁离子导致钙镁离子含量下降, 而随土层深度增加, 下层土壤溶液中的可溶性钙镁离子随毛

细水上升又起到了补充作用, 所以产生了钙镁离子随土层深度先减再增的特征^[17-18]。

3.1.4 各离子含量对比

我们对各层土壤离子含量进行了分析比较, 结果见图 4。从图 4 中我们可以明显看出, 在各层土壤中含量最大的离子是 Cl^- , Cl^- 的含量超过其余离子含量的总和, 这说明该地区的积盐主要以 Cl^- 为主, 这主要是因为黄河三角洲临海, 海水浸渍使土壤盐碱化, 而海水的主要成分是 NaCl , 所以土壤中的可溶性盐离子 Cl^- 含量最大, Cl^- 在剖面上的分布特征决定了全盐在剖面上的分布特征^[19]。鉴于该地区的盐渍化主要以积 Cl^- 为主, 可以种植能够大量吸收 Cl^- 的植物改善盐渍化。

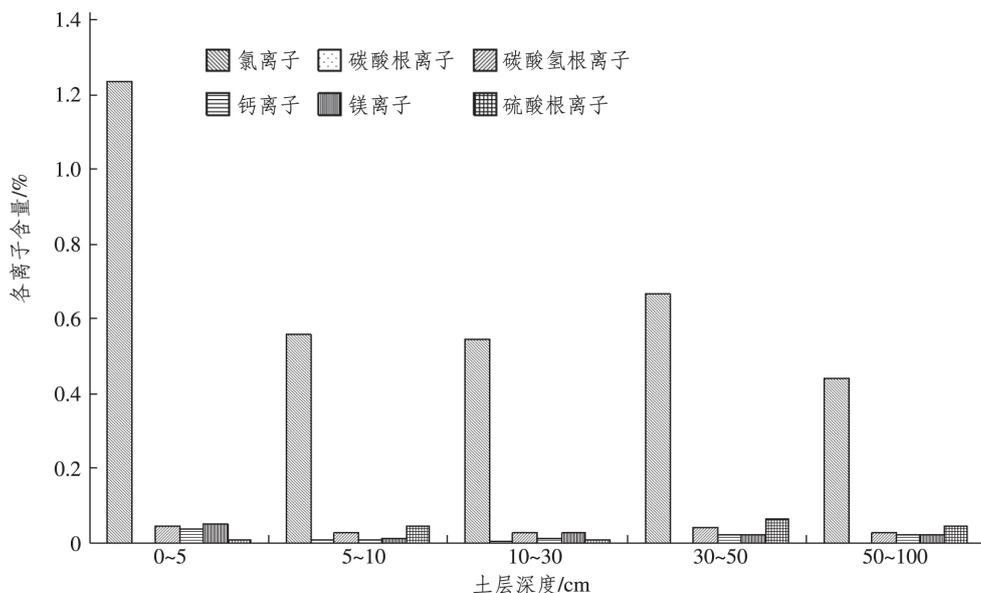


图 4 各离子含量对比图

Fig. 4 Comparison of ion content

3.2 土壤养分的剖面分布特征

3.2.1 有效磷和速效钾在土壤剖面上的分布特征

我们调查了有效磷、速效钾、有机碳和有机质在剖面上的分布(表 3)以及速效钾和有效磷含量在种植地剖面上的变化趋势(图 5)。从表 3 和图 5 可以看出有效磷在剖面上的含量在 $1.81 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \sim 7.60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 平均值为 $3.24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 在 $0 \sim 5 \text{ cm}$ 土层中含量最大, 10 cm 以下, 随着土壤深度的增加有效磷的变化幅度不大, 变化幅度都不超过 $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。所以总体来说有效磷主要分布在表层土壤中, 而次表层土壤以及更深

层次的土壤中含量很小。这主要是由于一些残枝落叶落在土壤表层经过分解向土壤释放了磷, 在根系层土壤中, 植物根系吸收利用磷, 这就造成了有效磷在剖面上随深度增加含量减小的分布特征。

柽柳—碱蓬种植地有机质和速效养分含量均高于对照地(表 3), 尤其是速效钾增加显著。单因素方差分析结果表明有效磷含量与对照地差异显著 ($P < 0.05$), 速效钾含量与对照地差异极显著 ($P < 0.01$)。由此可见, 种植柽柳—碱蓬可使土壤肥力得到有效提高。

表3 有效磷、速效钾、有机碳和有机质在剖面上的分布结果

Tab. 3 Distribution of available P, available K, organic carbon and organic matter in the soil profile

土层/cm	有效磷/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)		速效钾/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)		土壤有机碳/%		土壤有机质/%	
	种植地	对照地	种植地	对照地	种植地	对照地	种植地	对照地
0~5	7.60	3.52	499.0	91.3	0.66	0.50	1.14	0.86
5~10	1.88	0.87	444.0	100.2	0.50	0.37	0.86	0.65
10~30	2.17	1.16	401.0	86.7	0.23	0.18	0.39	0.31
30~50	1.80		490.0		0.47		0.81	
50~100	2.74		50.0		0.052		0.091	
平均值	3.24		376.8		0.38		0.66	
标准差	2.47		186.8		0.24		0.42	

注:本文先通过研究种植地剖面养分变化得出养分主要分布在土壤表层,然后通过与空白地对照得出种植柽柳—碱蓬可使土壤肥力得到有效提高的结论,故对照地只分析了0~30 cm土层的数据。

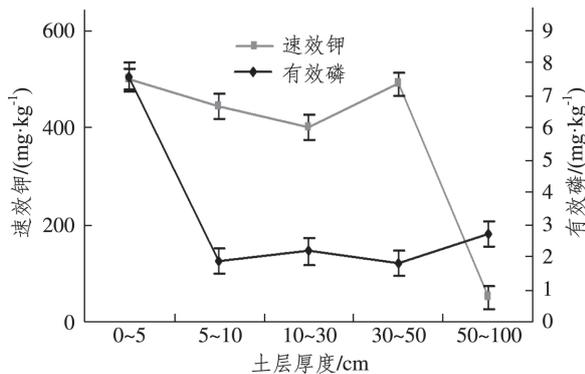


图5 速效钾和有效磷含量在种植地剖面上的变化趋势

Fig. 5 Characteristics of available K and available P in the soil profile

速效钾在土壤中的含量水平很高,其在各个剖面上的含量在50~499 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间,平均值为376.8 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.说明该地区是富钾区,该区域土壤不缺少钾.其总体变化趋势是随土壤深度的增加含量减小,并且在50~100 cm的土层急剧下降,在该土层的含量远小于它的平均含量.这可能是因为柽柳、碱蓬等植物的根系吸收了钾而使下层土壤中的钾元素未得到充分补充造成的。

3.2.2 有机碳和有机质在土壤剖面上的分布特征

土壤所含有有机质是湿地土壤营养物质的重要来源,它可以显著改善土壤状况,所以我们经常以有机质的含量来衡量土壤的肥力状况,土壤中的有机质主要是有机碳构成,在本研究中,有机质的含量也是通过有机碳换算而来,换算系数为1.724^[20].所以两者的含量变化趋势是一致的,可以通过分析其中的一项就同时得出另一项的分布特征.本文以有机碳为代表分析有机碳和有机质在土壤剖面上的分布特征^[21-22].

有机碳含量在土壤剖面上的变化趋势见图

6.由表3和图6可以看出,有机碳含量总体上是随着土壤深度的增加而减小的,其在表层土壤的含量高于底层土壤,这说明,土壤中的有机质主要集中在表层.这可能是因为表层土壤的含水量高于下层土壤,大量枯枝落叶落在表层,在表层分解从而为土壤提供丰富的碳源,而该地区生长的柽柳、碱蓬等植物也减少了有机质的流失^[22].所以有机碳和有机质在表层土壤含量比较高,随土层深度增加含量减小.有机碳含量的变化趋势与前期研究发现的变化趋势是一致的^[23].单因素方差分析结果表明有机碳含量与对照地差异显著($P < 0.05$),柽柳—碱蓬群落对土壤有机碳改善效果显著。

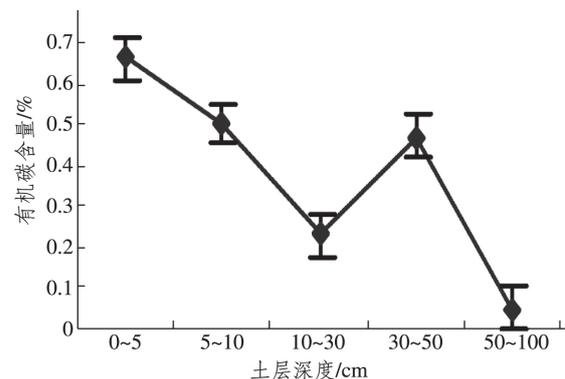


图6 有机碳含量在土壤剖面上的变化趋势

Fig. 6 Characteristics of organic carbon in the soil profile

4 结论

通过对土壤中各种可溶性盐离子的分析表明,该地区可溶性盐离子主要以氯离子为主,并且主要分布在土壤表层,这是海水浸渍土壤造成的结果;其他可溶性盐离子中,碳酸根离子(CO_3^{2-})

随土层深度变化分布特征不明显,碳酸氢根离子(HCO_3^-)总体变化趋势是随深度的增加而减小的;钙离子(Ca^{2+})和镁离子(Mg^{2+})这两种主要的阳离子含量变化趋势相似,随着土层深度增加呈现先减再增的趋势;硫酸根离子(SO_4^{2-})则出现先增后减再增再减的特征.单因素方差分析显示,可溶性盐离子含量与对照地差异显著(CO_3^{2-} 和 HCO_3^-),对于改善该地区的盐渍化可以种植能够大量吸收氯离子(Cl^-)的植物,柽柳—碱蓬可有效抑制盐分向土壤上层移动,对盐碱地具有良好的改良效果.

通过对有效磷、速效钾以及有机碳和有机质的分析,可以得出该地区土壤为富钾土壤,各种养分的含量具有明显的层次性,均主要分布在土壤表层,随着土壤深度的增加而出现含量减小的趋势.这主要是因为植物残枝落叶在表层积累提供大量有机养分,植物根系又从下部土壤吸收养分,从而造成各养分在土壤剖面上的空间分布特征.单因素方差分析显示,有效磷、速效钾、有机碳含量与对照地差异显著($P < 0.05$),种植柽柳—碱蓬可使土壤肥力得到有效提高.

参考文献:

- [1] 张海鸥. 浅谈不同材料在盐渍化土壤改良中的应用[J]. 农学报, 2019, 9(12): 39-42.
- [2] 董林水, 宋爱云, 孙景宽, 等. 黄河三角洲贝壳堤岛土壤盐分空间分异特征[J]. 水土保持学报, 2016, 30(6): 289-295.
- [3] 张晓光, 赖红羽, 李旭霖, 等. 黄河三角洲垦利县10a土壤盐分时变化研究[J]. 人民黄河, 2019, 41(4): 64-68.
- [4] 郭洋, 陈波浪, 盛建东, 等. 几种一年生盐生植物的吸盐能力[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(1): 269-276.
- [5] 陈永金, 靖淑慧, 杜婷婷, 等. 滨海湿地原生灌草群落土壤养分与盐分关系[J]. 南水北调与水利科技, 2015, 13(5): 895-900.
- [6] 孙运朋, 陈小兵, 张振华, 等. 滨海棉田土壤盐分时空分布特征研究[J]. 土壤学报, 2013, 50(5): 891-899.
- [7] 刘玉斌, 韩美, 潘彬, 等. 黄河三角洲新生湿地植物生物量和土壤含盐量空间分布[J]. 湿地科学, 2017, 15(3): 364-368.
- [8] 宋创业, 刘高焕, 刘庆生, 等. 黄河三角洲植物群落分布格局及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2008, 27(12): 2042-2048.
- [9] 毛培利, 成文连, 刘玉虹, 等. 滨海不同生境下盐地碱蓬生物量分配特征研究[J]. 生态环境学报, 2011, 20(8): 1214-1220.
- [10] 张天举, 陈永金, 刘加珍. 黄河三角洲湿地不同植物群落土壤盐分分布特征[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(11): 1915-1924.
- [11] 谭小丽, 王岩宏, 韩卫东. 黄河三角洲湿地土壤剖面理化特征分析[J]. 资源节约与环保, 2018(12): 9.
- [12] 董洪芳, 于君宝, 管博. 黄河三角洲碱蓬湿地土壤有机碳及其组分分布特征[J]. 环境科学, 2013, 34(1): 288-292.
- [13] 陈怀满. 环境土壤学[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 220-242.
- [14] 乔胜英. 土壤理化性质实验指导书[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2011: 25-36.
- [15] 黄群山, 叶源忠. 浅析武夷山山地土壤理化性质的垂直分异[J]. 太原师范学院学报(自然科学版), 2008, 7(3): 128-131.
- [16] 范庆锋, 张玉龙, 陈重, 等. 保护地土壤盐分积累及其离子组成对土壤pH的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 16-20.
- [17] 刘庆生, 刘高焕, 范晓梅. 黄河三角洲土壤盐分剖面类型时空分布研究[J]. 山东农业科学, 2010, 1(1): 57-62.
- [18] 王大伟, 白军红, 赵庆庆, 等. 黄河三角洲不同类型湿地土壤盐分的剖面分异特征[J]. 自然资源学报, 2020, 3(2): 198-208.
- [19] 杨林林, 杨培玲, 任树梅. 土壤浸提液电导率与再生水灌溉土壤化学性质关系的通径分析[J]. 中国农村水利水电, 2006(11): 5-7.
- [20] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [21] 封芙蓉, 汪秋女. 休宁县土壤养分含量变化分析[J]. 安徽农学报, 2013, 19(3): 81-82.
- [22] 王鑫, 杨德刚, 熊黑钢, 等. 新疆干旱地区4种柽柳灌丛碳贮量特征[J]. 生态学报, 2017, 37(13): 1-8.
- [23] 王岩, 陈永金, 刘加珍. 黄河三角洲湿地土壤养分空间分布特征[J]. 人民黄河, 2013, 35(2): 72-74.

Soil Soluble Salts and Nutrient Profile Analysis of *Tamarix chinensis-Suaeda glauca* Community in the Yellow River Delta Wetland

LIU Xiaoxia¹, ZHANG Tao², TAN Xiaoli¹, MING Liping³, WANG Weili³

(1. Zibo Linzi District Environmental Monitoring Station, Zibo 255400, China;

2. Environmental Monitoring Station of Zibo National High-tech Industrial Development Zone, Zibo 255400, China;

3. School of Chemistry and Material Science, Ludong University, Yantai 264039, China)

Abstract: *Tamarix chinensis-Suaeda glauca* community is the representative vegetation in the Yellow River Delta, and is mostly used to improve the saline soil by the local people. In the current study, the distribution characteristics of soluble salt ions and nutrients of the soil profile of *Tamarix chinensis-Suaeda glauca* community in the Yellow River Delta wetland were studied, and the soil condition of this community in this region was fully investigated. The research results show that chloride ion is one of the main soluble salt ions in this area, and the land is potassium-rich soil. The contents of soluble salt ions and various nutrients have obvious gradation, which are mainly distributed on the surface layer of the soil. This study provides the scientific basis for protecting the soil and decreasing the salinization of soil in this area.

Keywords: Yellow River Delta; soil soluble salts; soil nutrient; *Tamarix chinensis-Suaeda glauca* community; distribution characteristics of profile

(责任编辑 李维卫)

(上接第223页)

Abstract ID: 1673-8020(2020)03-0220-EA

Verifiable Secret Sharing Scheme Without Trusted Authority

HUANG Kehua¹, CHEN Hefeng^{2,3}

(1. Department of Primary Education, Quanzhou Preschool Education College, Quanzhou 362000, China;

2. Computer Engineering College, Jimei University, Xiamen 361021, China;

3. Key Laboratory of Fujian Universities for Virtual Reality and 3D Visualization, Xiamen 361021, China)

Abstract: A secret sharing scheme was constructed by using binary polynomial and discrete logarithms. The scheme does not need the trusted authority to generate parameters and user shares, thus avoiding the cheating of the trusted authority. After secret synthesis, it can be verified whether a user is cheating, and it can be proved that the scheme is a perfect secret sharing scheme.

Keywords: secret sharing scheme; without trusted authority; verifiable

(责任编辑 李秀芳)