

盘锦红海滩土壤理化性质和土壤酶调查

刘欢^{1,2}, 何洁^{1,2}, 樊晓茹^{1,2}, 刘远^{1,2}, 魏海峰^{1,2}, 吴彤^{1,2},
赵嘉欣^{1,2}, 王腾腾^{1,2}

(1. 大连海洋大学 海洋科技与环境学院, 近岸海洋环境科学与技术辽宁省高校重点实验室, 辽宁 大连 116023; 2. 辽宁省海洋生物资源恢复与生境修复重点实验室, 辽宁 大连 116023)

摘要: 近年来, 我国滩涂湿地退化十分严重, 其中盘锦红海滩的翅碱蓬也呈现了大面积退化和死亡得现象。本文以盘锦红海滩不同时间、不同区域的土壤为例, 对土壤理化性质和土壤酶进行研究, 通过测定翅碱蓬生长的土壤中 pH、盐度、氧化还原电位、总磷、总氮、氨氮、硝酸盐氮和土壤酶理化性质, 来探查翅碱蓬退化的原因。实验结果表明: 不同区域 4 月份土壤样品的 pH、盐度、氧化还原电位、总氮、总磷和亚硝酸盐氮含量较 3 月份土壤样品相比均有所降低, 其中总磷和亚硝酸盐氮下降明显; 氨氮、硝酸盐氮变化无明显规律。翅碱蓬生长繁茂区土样的土壤酶与退化区相比差别不大; 当气温升高时, 各地区酶活性均有所提高。

关键词: 翅碱蓬; 湿地土壤; 土壤理化性质; 土壤酶

中图分类号: X5 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2018)05-0046-08

DOI: 10.11759/hyxx20171025001

滩涂湿地是陆地与海洋的过渡地带, 拥有众多动植物资源, 具有不可替代的生态功能, 被称为“地球之肾”。但近年来由于干旱少雨、围垦造田、浅海石油开发、陆源污染物排放、滩涂养殖等人为干扰, 湿地面积呈下降的趋势, 直接影响到滨海湿地生物多样性以及生态系统服务功能^[1]。盘锦红海滩翅碱蓬赖以生存的生态环境发生了改变, 造成生长发育不良不能形成正常的种子, 造成恶性循环, 致使湿地植被退化尤为严重^[2]。土壤作为植物生长的基本环境条件, 土壤理化性质的优劣将直接影响着植物的生长情况^[3]。Giresset 等^[4]发现, 随盐度的增加土壤有机物的降解效率显著降低, Kastner^[5]研究显示, 盐度的增大会抑制土著微生物及接种的外源微生物对石油的降解。王艳等^[6]研究发现, 滩涂翅碱蓬的减少使土壤中 C、P 元素明显降低, 进而显著影响到了 N、P 和有机质的生物地球化学循环。因此土壤的理化性质的改变与植物的成长状况密不可分。土壤质量状况直接影响植物群落的生态演替过程, 决定着生态系统的结构、功能和生产力水平^[7]。关松荫等^[8]研究表明, 可用土壤酶活性诊断水土是否遭到污染, 土壤的土壤酶活性大小也可以在一定程度上反映植物的生长状况及不同区域土壤的状态。本文通过测定盘锦红海滩不同区域(翅碱蓬生长茂盛区、退化区和

光滩区)、不同时间土壤的 pH、盐度、氧化还原电位、总磷、总氮等理化性质和土壤中土壤酶活性, 来初步探查翅碱蓬退化的原因, 测定不同层次土壤来探究可否通过人工降滩减少翅碱蓬死亡。

1 材料和方法

1.1 材料

土壤取自辽宁省盘锦市红海滩三个区域(图 1), 土样为表层土壤(深度约 5、15、25 cm), 区域分别为翅碱蓬茂盛区(A、B)、翅碱蓬退化区(C、D、F)和翅碱蓬光滩区(E)。

1.2 测定方法

1.2.1 测定土壤理化性质

用玻璃电极-甘汞电极 pH 计法测定土壤 pH、氧

收稿日期: 2017-10-25; 修回日期: 2018-07-24

基金项目: 盘锦红海滩湿地退化与生态修复项目(PHL-XZ-2017013-002); 辽宁省自然科学基金资助项目(2015020616)

[Foundation: Natural Science Foundation of Liaoning, No.2015020616; Wetland Degradation and Ecological Restoration Program of Panjin Pink Beach, No.PHL-XZ-2017013-002]

作者简介: 刘欢(1993-), 女, 四川广安人, 硕士研究生, 研究方向: 海洋化学, 电话: 13842643792, E-mail: 1521479481@qq.com; 何洁, 通信作者, 博士, 副教授, 研究方向为海洋生态环境修复, 电话: 13019437437, E-mail: hejie@dou.edu.cn

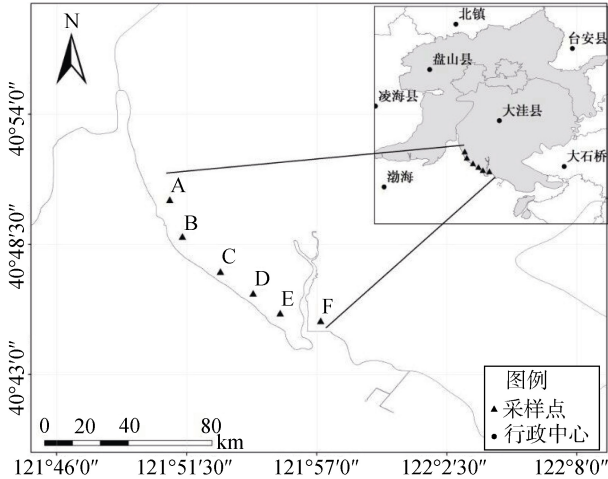


图 1 取样地点示意图

Fig. 1 Sampling site diagram

化还原电位, 用烘干法测定土壤盐度, 用分光光度法(GB17378.5-2007)测定土壤总磷, 用凯氏滴定法(GB17378.5-2007)测定土壤总氮, 用氯化钾溶液提取-分光光度法(HJ634-2012)测定土壤氨氮和亚硝酸盐氮, 用土壤硝态氮试剂盒-可见分光光度法测定土壤硝酸盐氮。

1.2.2 测定土壤酶

用三苯基四氮唑氯化物(TTC)比色法测定土壤中脱氢酶活性, 利用土壤碱性磷酸酶可催化磷酸苯二钠水解生成苯酚和磷酸氢二钠测定土壤中碱性磷酸酶活性, 用紫外分光光度法测定土壤中过氧化氢酶活性, 用靛酚蓝比色法测定土壤中脲酶活性。

2 结果与分析

2.1 土壤理化性质

2.1.1 土壤 pH

图 2 为不同区域不同时间土壤 pH。由图 2 经过对比可得, 4 月份四个地区土壤样品的 pH 平均值较 3 月份相比均有所下降, 茂盛区下降幅度较大, 四个地区的土壤 pH 仍然呈碱性。土壤 pH 是土壤重要的理化性质之一, 土壤 pH 对土壤的理化性质、植物生长、微生物活动以及土壤中养分存在的有效性和形态都有很大的影响^[9]。土壤中的 pH 主要取决于土壤溶液中的氢离子的浓度, pH 是分析植物生长与土壤性质的一个重要指标^[10]。3 月份翅碱蓬还未生长, 而 4 月份翅碱蓬开始生长, 因此土壤的 pH 有所下降。由于植物在生长过程中植物的根系会产生分泌物, 其中包含小分子有机酸和氢离子, 它们的产生

增加了土壤中的氢离子的含量, 从而会酸化土壤, 使土壤的 pH 下降^[11]。但 4 个不同区域的 pH 值相差不大。

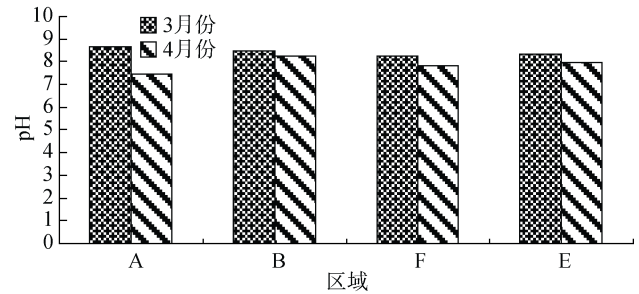


图 2 不同区域不同时间土壤 pH

Fig. 2 Soil pH at different times in different regions

2.1.2 土壤盐度

图 3 为不同区域不同时间土壤盐度值。由图 3 经过对比可得, 4 月份四个地区土壤样品的盐度值较 3 月份相比均略有所下降, 翅碱蓬耐盐性较强, 为湿生草本植物, 但如果土壤盐度含量超出范围, 会出现离子失衡、生理干旱和代谢循环紊乱等问题, 对成长产生较大的危害^[12]。翅碱蓬需要经过一定的脱盐过程来清除体内过多的盐分以避免植物产生盐害问题^[13]。赵强等人的实验成果说明, 适宜翅碱蓬成长的土壤含盐量在 10~16 g/kg, 但当土壤的含盐量大于 16 g/kg 时, 翅碱蓬的成长受到抑制甚至会发生死亡现象, 当土壤盐度小于 10 g/kg 时翅碱蓬也能成长, 但叶片颜色由红转绿, 长势不佳^[12]。同时土壤盐度与土壤水分也密切相关, 3、4 月份进入春季, 降雨增多, 也有可能引起湿地土壤的盐度略有下降, 但盐度值仍在适当的范围内。由图 3 可知, 光滩区盐度值较茂盛区稍高一些, 且超过了翅碱蓬最适生长的盐度范围, 盐度可能为翅碱蓬退化的因素之一。

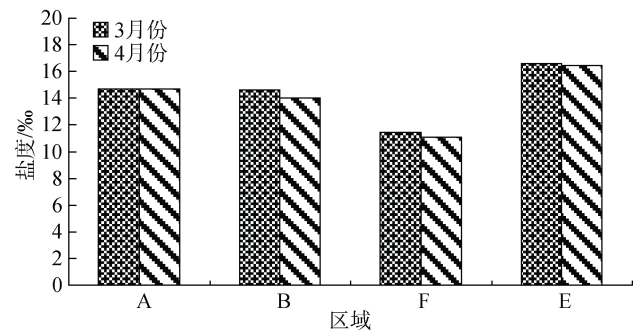


图 3 不同区域不同时间土壤盐度值

Fig. 3 Soil salinity values at different times in different regions

2.1.3 土壤总氮

图 4 为不同区域不同时间土壤总氮值。由图 4 经过对比可得, 4 月份四个地区土壤样品的总氮含量较 3 月份相比都明显下降, 其中退化区(F)下降幅度最大。土壤总氮也包括无机态和有机态两大部分, 氮元素是植物成长的重要要素之一, 植物体内的氮元素大部分来自土壤, 氮元素在土壤肥力中起很大的作用, 并且在一定程度上影响湿地植物的群落组成, 湿地生态系统的生产力、稳定与健康^[9]。被不同植被覆盖的土壤中营养元素的含量普遍存在着很大的差异^[14-15], 而同一植被不同的退化阶段, 湿地营养元素的含量也存在较大的差异^[16]。东北黑土地土壤总氮平均值为 2.6 g/kg。实验结果表明, 四个地区不同阶段的土壤样品的总氮含量都随着时间的增加而下降。土壤中总氮含量偏低, 随着翅碱蓬的生长, 总氮含量反而越来越少, 这十分不利于翅碱蓬的生长。光滩区总氮含量较茂盛区低了很多, 而氮是植物生长的重要元素之一, 总氮含量可能为红海滩退化因素之一。

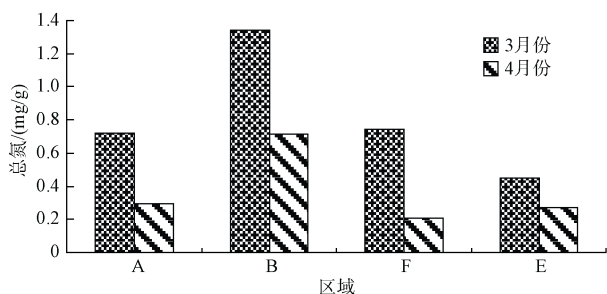


图 4 不同区域不同时间土壤总氮值

Fig. 4 Soil total nitrogen at different times in different regions

2.1.4 土壤总磷

图 5 为不同区域不同时间土壤总磷值。由图 5 经过对比可得, 4 月份四个地区土壤样品的总磷含量较 3 月份相比都明显降低且降低幅度很大。磷是植物必须的三大营养元素之一, 土壤总磷分为无机态和有机态两大组分, 土壤总磷含量若过低可能造成供磷不足^[9]。供磷不足将导致植物生长状况不良。土壤中磷的来源大部分是土壤成土母质和动植物残体的腐败, 它不仅能够影响滩涂植被的群落分布, 还能够进一步影响湿地的初级生产力即湿地植物的生长^[22]。影响土壤中有效磷含量的因子有许多, 如: pH、土壤水分、土壤有机质、植物根系分泌的质子、微生物活动的质子和有机酸等等^[23]。植物主要吸收

HPO_4^{2-} 和 H_2PO_4^- , 但土壤中二者的含量不高, 不足以满足植物的生长, 所以在许多土壤中磷限值是影响植物生长的一个重要原因^[24]。全国总磷平均水平为 0.56 mg/g^[9], 然而不论 3 月份还是 4 月份, 四个地区土壤的总磷含量都远低于全国总磷的平均水平, 土壤中总磷含量过低将影响植物的生长。实验结果表明, 光滩区总磷较茂盛区低很多, 盘锦红海滩湿地翅碱蓬的退化可能与湿地土壤总磷含量过低有关。

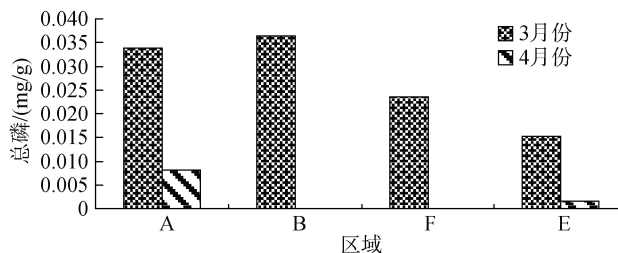


图 5 不同区域不同时间土壤总磷值

Fig. 5 Soil total phosphorus at different times in different regions

2.1.5 土壤的氧化还原电位

图 6 为不同区域不同时间土壤氧化还原电位值。由图 6 经过对比可得, 4 月份四个地区土壤样品的氧化还原电位比 3 月份有所升高, 但茂盛区(B)升高程度不大。土壤能够向植物提供养分, 因此土壤中的养分强度和养分补给速度都是影响作物吸收养分的主要因素, 龚兆胜等人认为, 根据广义的氧化还原理论^[25], 不管是氧化还原过程, 还是非氧化还原过程, 土壤溶液中的养分有效度都可以用广义的氧化还原电位度量^[26]。影响氧化还原电位的因素主要有: 土壤透气性、土壤水分状态、植物根系的代谢作用和土壤中易降解的有机质含量。4 月份随着植物的生长土壤的透气性会增加, 土壤的透气性增加会使土

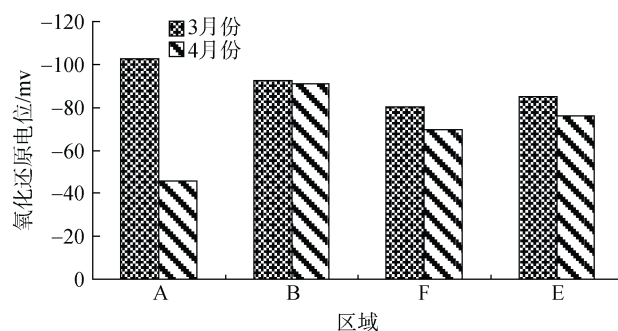


图 6 不同区域不同时间土壤氧化还原电位值

Fig. 6 Soil oxidation-reduction potential value at different time in different regions

壤的氧化还原电位值升高, 氧化性增加。土壤的氧化还原性对植物的生长起至关重要的作用, 而且土壤中的各种生物化学过程也受土壤氧化还原电位的制约^[21]。四个地区土样的氧化还原电位都为负值, 这表明盘锦红海滩的土壤水分过大, 土壤通气性较差, 土壤中易降解的有机质含量偏低从而导致翅碱蓬根系的代谢较弱。

2.2 土壤酶活性

2.2.1 土壤脲酶活性

图 7 为不同区域不同时间脲酶酶活性的对比。图 7 显示了各采样点春季一个月前后土样中脲酶活性的差异。3 月份采集的土样, 各采样点脲酶活性大小为 $D > A > B \approx F > C \approx E$ 。4 月份采集的土样, 脲酶活性均较之 3 月份明显提高, 且各地酶活性大小为 $C > A \approx E > B \approx D > F$, 且茂盛区与退化区相差不大。脲酶的专一性很强, 只催化土壤中的尿素转化为氨, 反映了土壤中的氮元素水平^[27], 对土壤中单循环有重要影响。脲酶除了附着在土壤团粒上, 还存在于土壤有机质的间隙里^[8]。这说明翅碱蓬生长茂盛区氮素水平较高, 而退化区不同区域脲酶活性差异大, 说明退化程度和恢复程度各不相同。光滩区四月份脲酶活性增幅明显, 仍旧可能与其他生物活动旺盛有关。

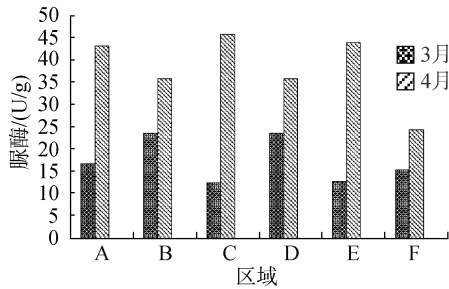


图 7 不同区域不同时间脲酶酶活性的对比

Fig. 7 Comparison of soil urease activity of each sampling point in March and April

2.2.2 土壤脱氢酶活性

图 8 为不同区域不同时间土壤脱氢酶活性的对比。图 8 显示了 6 个采样站时间间隔一个月前后的地土壤脱氢酶活性。3 月份的土样中, 脱氢酶活性大小为 $E > F > D > C > B > A$, 但各地区之间总体差别不大, 活性最高为 38.12(U/g), 最低为 30.62(U/g)。4 月份的土样中, 脱氢酶活性均较之三月份明显提高, 且各地酶活性大小为 $E > C > A > D > F > B$ 。土壤脱氢酶属于氧化还原酶类的一种, 氧化还原酶类催化的反

应很多与吸收或释放能量有关, 是土壤中能量流动方面的重要一环^[8, 28]。土壤脱氢酶能够激活某些氢原子使其被适当的氢受体转移, 从而将原来的物质氧化, 其活性大小可看做土壤中微生物活性和功能多样性的指标^[29], 不同环境不同退化程度的土壤中脱氢酶活性存在差异。秦华等^[29]在 DEHP 对土壤脱氢酶活性及微生物功能多样性的影响的研究中发现, 土壤脱氢酶活性与土壤微生物活性之间为正相关。酶活性的排序改变, 说明各地区随季节时间推移, 酶活性提高的程度各不相同。从图 8 中可以看出, 退化区与光滩区的脱氢酶活性更大, 说明光滩区春季土壤有机质含量较高, 表明滩涂微生物和底栖动物活动旺盛, 脱氢酶活性也较高。

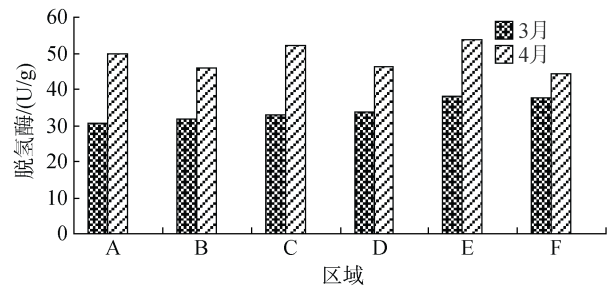


图 8 不同区域不同时间土壤脱氢酶活性的对比

Fig. 8 Comparison of soil dehydrogenase activity of Each sampling point in March and April

2.2.3 土壤碱性磷酸酶活性

图 9 为不同区域不同时间碱性磷酸酶活性的对比。图 9 显示了各采样点一个月前后土样中碱性磷酸酶的活性。3 月份采集的土样中, 各采样点碱性磷酸盐活性比较为: $D > F > A > B > E > C$; 4 月份采集的土样中, 各采样点碱性磷酸盐活性比较为: $D \approx B > C > F > A > E$ 。实验结果显示, 4 月份土壤中碱性磷酸酶活性随着翅碱蓬生长不断增强。磷酸酶是水解酶类的一种,

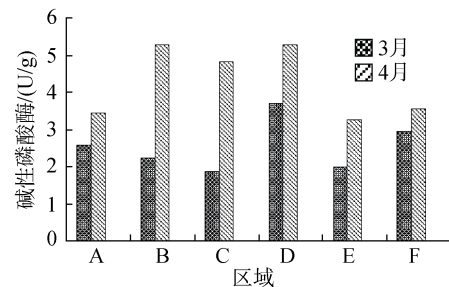


图 9 不同区域不同时间碱性磷酸酶活性的对比

Fig. 9 Comparison of soil Alkaline Phosphatase activity of each sampling point in March and April

水解酶类能够将大分子物质水解为易被植物吸收的小分子物质,这对于土壤中的碳和氮循环具有重要作用^[28]。磷酸酶对土壤磷素的有效性具有重要作用,戚继微^[30]等研究表明,磷酸酶活性与土壤中速效磷的含量成正相关而与全磷含量无相关性。在翅碱蓬生长期,茂盛区与接近茂盛区的退化区酶活性涨幅较大,而光滩区与接近光滩区的退化区涨幅较小,这也预示着随着时间的推移光滩区及周围地区翅碱蓬长势不容乐观。

2.2.4 土壤过氧化氢酶活性

图 10 为不同区域不同时间过氧化氢酶活性的对比。图 10 显示了各采样点春季一个月前后土样中过氧化氢酶活性的差异。3 月份采集的土样中,各采样点过氧化氢酶活性大小差别不大,基本分布在 3 mg/g 左右。4 月份采集的土样中,过氧化氢酶活性均较之 3 月份明显提高,且各地酶活性大小为 D≈B>F>E>A≈C,即 D 作为退化区,过氧化氢酶却最高,与碱性磷酸酶活性一致,同样可以用冯章瑞^[31]的研究加以解释。A 作为翅碱蓬生长茂盛区,其过氧化氢酶活性却不及退化区,该区域存在潜在退化迹象和风险,应加强保护。过氧化氢酶是酶促土壤中过氧化氢生成氧气和水的土壤酶,它是在有机物质的生物化学氧化过程和生物呼吸过程中形成的,因此其活性大小反映了土壤的生物活性强度,即与土壤呼吸强度和土壤微生物活动有关^[32]。过氧化氢酶能够破坏土壤中对生物体有毒害作用的过氧化氢,从而保护生物体提高生物活性^[33]。土壤中一般来说具有较高的过氧化氢酶活性^[34]。

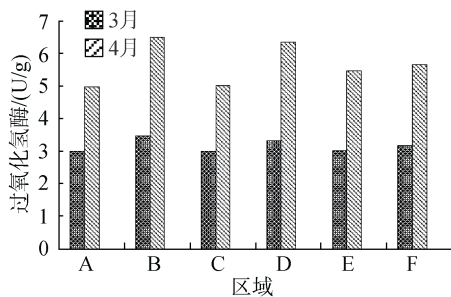


图 10 不同区域不同时间过氧化氢酶活性的对比

Fig. 10 Comparison of soil catalase activity of Each sampling point in March and April

3 结论

盘锦红海滩不同区域的土壤 pH、总磷、总氮都

呈下降趋势,其中总磷下降程度很大;土壤氧化还原电位呈上升趋势;土壤盐度没有太大变化,人工降滩并没有很大意义。盘锦红海滩翅碱蓬的退化可能与土壤总磷含量过低有关。3 月份总氮与总磷也成正比关系,4 月份翅碱蓬生长较快,土壤中总氮与总磷大幅下降,随着时间推移会越来越来,翅碱蓬缺少重要营养元素导致大面积死亡。

所有区域的土壤酶活性相差不大,在翅碱蓬生长期 4 月份土壤酶活性均高于 3 月份,气温回升,土壤酶活性提高。4 月份 pH 较 3 月份有所下降,在一定 pH 范围内,土壤微生物的活性增高,从而使土壤酶活性增高。说明温度湿度及 pH 有利于翅碱蓬根系、微生物及其他各种土壤动物的生存和生理活动。

参考文献:

- [1] 李雪. 碱蓬草在盘锦红海滩公园建设工程中的应用[J]. 中国园艺文摘, 2017(1): 113-114.
Li Xue. Application of *S.heteroptera* in construction of Panjin Red Beach Park[J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2017(1): 113-114.
- [2] 徐波. 红海滩湿地生态环境保护与措施[J]. 生态农林, 2017(12): 71-72.
Xu Bo. Ecological environment protection and measures of red beach wetland[J]. Ecological agroforestry, 2017(12): 71-72.
- [3] 王金爽. 翅碱蓬应用于生态修复的研究进展[J]. 农业科技与装备, 2015, 10: 5-7.
Wang Jinshuang. Research Progress of Suaeda Heteroptera Applying on Ecological Restoration[J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2015, 10: 5-7.
- [4] Giresse P, Cahet G. Organic fluxes of cameroonian rivers into the gulf of guinea: A quantitative approach to biodegradation in estuary and plume[J]. Oceanologica Acta, 1997, 20(6): 837-849.
- [5] Kastner M, Breuer-Jammali M, Mahro B. Impact of inoculation protocols, salinity and pH on the degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons(PAH-Is) and survival of PAH-degrading bacteria introduced into soil[J]. Appl Environ Microbiol, 1998, 64: 359-362.
- [6] 王艳, 刘汝海, 高会旺, 等. 退化过程中翅碱蓬湿地营养元素变化特征研究[J]. 环境科学与技术, 2013, (6): 12-15.
Wang Yan, Liu Ruhai, Gao Huiwang et, al. Changing Characteristics of Nutrients in Different Suaeda heteroptera Wetlands[J]. Environmental Science & Technology, 2013, (6): 12-15.
- [7] Vitousek P M, Matson P A, Cleve K V. Nitrogen availability and nitrification during succession, primary,

- secondary and old field series[J]. *Plant and Soil*, 1989, 115: 229-239.
- [8] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
Guan Songyin. Soil enzyme and its research method[M]. Beijing: Agricultural Publishing House, 1986.
- [9] 李程程. 双台子河口湿地植物—土壤生态化学计量特征及其相关性研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2015.
Li Chengcheng. Study on Ecological Stoichiometry characteristics and correlation of plants and soil in the wetland of Shuangtaizi Estuary[D]. DaLian: DaLian Maritime University, 2015.
- [10] 李江明, 黄训东, 李远强, 等. 用不同方法测定海底沉积物的 pH 值[J]. *仪器仪表与分析监测*, 2005, 83(3): 33-40.
Li Jiangming, Huang Xundong, Li Yuanqiang, et, al. Determine pH Value of the Marine Sediment with Different Methods[J]. *Instrumentation Analysis Monitoring*, 2005, 83(3): 33-40.
- [11] 陈龙池, 廖利平, 汪思龙, 等. 根系分泌物生态学研究[J]. *生态学杂志*, 2002, 21(6): 57-62.
Chen Longchi, Liao Liping, Wang Silong, et, al. A Review for R esearch of R oot Exudates Ecology[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2002, 21(6): 57-62.
- [12] 赵强, 李忠波. 盘锦“红海滩”退化与翅碱蓬耐盐性探讨[J]. *北方水稻*, 2003, (5): 42-44.
Zhao Qiang, Li Zhongbo. Degradation of red beach in Panjin and salt tolerance of Suaeda heteroptera[J]. *Northern Rice*, 2003, (5): 42-44.
- [13] 赵可夫, 李法曾, 樊守金, 等. 中国的盐生植物[J]. *植物学通报*, 1999, 16(3): 201-207.
Zhao Kefu, Li Fazeng, Fan Shoujin, et, al. Halophytes in China[J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 1999, 16(3): 201-207.
- [14] 吕瑞恒, 刘勇, 于海群, 等. 北京山区不同林分类型土壤肥力的研究[J]. *北京林业大学学报*, 2009, 31(6): 159-163.
Lü Ruiheng, Liu Yong, Yu Haiqun, et, al. Soil fertility of different forest types in the mountainous area of Beijing[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2009, 31(6): 159-163.
- [15] 李朝生, 杨晓晖, 于春堂, 等. 鄂尔多斯高原北部不同植被类型下土壤性状的分异[J]. *水土保持学报*, 2006(5): 48-51.
Li Chaosheng, Yang Xiaohui, Yu Chuntang, et, al. Heterogeneity of Soil Characteristic about Different Vegetation Types in North of Ordos Plateau[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006(5): 48-51.
- [16] 林学政, 沈继红, 刘克斋, 等. 种植盐地碱蓬修复滨海盐渍土效果的研究[J]. *海洋科学进展*, 2005, 23(1): 65-69.
Lin Xuezheng, Shen Jihong, Liu Kezhai, et, al. Study on Remediation Effects of *Suaeda salsa* L. Planting on Coastal Saline Soil[J]. *Advances In Marine Science*, 2005, 23(1): 65-69.
- [17] 谢腾芳, 薛立, 王相娥. 土壤-植物-大气连续体系中氮的研究进展[J]. *生态学杂志*, 2009, 28(10): 2107-2116.
Xie Tengfang, Xue Li, Wang Xiang. Nitrogen in soil-plant-atmosphere continuum: A review[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(10): 2107-2116.
- [18] 史崇文, 盛若虹. 氨氮转化研究[J]. *山西化工*, 1995(4): 15-16.
Shi Chongwen, Sheng Ruohong. Study on the transformation of ammonia nitrogen[J]. *Shanxi Chemical Industry*, 1995(4): 15-16.
- [19] 史红星, 刘会娟, 曲久辉, 等. 无机矿质颗粒悬浮物对富营养化水体氨氮的吸附特性[J]. *环境科学*, 2005, 26(5): 72-76.
Shi Hongxing, Liu Huijuan, Qu Jiuhui, et, al. Property of Adsorption about Ammonium on Suspended Mineral Matters in Eutrophic Water[J]. *Environmental Science*, 2005, 26(5): 72-76.
- [20] 聂发辉, 李娟花, 刘占孟. 鄱阳湖湿地土壤对氨氮的吸附性能研究[J]. *华东交通大学学报*, 2015, 33(2): 136-142.
Nie Fahui, Li Juanhua, Liu Zhanmeng. Study on Wetland Soil Adsorption of Ammonia Nitrogen in Poyang Lake[J]. *Journal of East China Jiaotong University*, 2015, 33(2): 136-142.
- [21] 付素静. 干旱荒漠区典型土壤硝酸盐分布特征及硝化反硝化作用研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2012.
Fu Sujing. Nitrate distribution and nitrification and denitrification in typical desert soils[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2012.
- [22] 李玉霞, 周华荣. 干旱区湿地景观植物群落与环境因子的关系[J]. *生态与农村环境学报*, 2011, 27(6): 43-49.
Li Yuxia, Zhou Huarong. Relationship Between Wetland Landscape Plant Communities and Environment Factors in Arid Zone[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2011, 27(6): 43-49.
- [23] 章永松, 林咸永. 有机肥(物)对土壤中磷的活化作用及机理研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 1998, 4(2): 151-155.
Zhang Yongsong, Lin Xianyong. Studies on activation of phosphorus by organic manure in soils and its mechanisms[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 1998, 4(2): 151-155.
- [24] 林世玲. 硫肥和 pH 值的变化对土壤有效磷含量和作物产量的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2011.
Lin Shiling. Effects of sulphur fertilizer and pH value

- on soil available P content and crop yield[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2011.
- [25] 龚兆胜, 赵正平. 广义氧化还原[J]. 化学通报, 2002, 65(8): 567-574.
Gong Zhaosheng, Zhao Zhengping. Generalized oxidation-reduction[J]. Chemical Bulletin, 2002, 65(8): 567-574.
- [26] 龚兆胜, 洪常青, 黄红苹. 土壤养分位与广义氧化还原电极电势[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(4): 462-465.
Gong Zhaosheng, Hong Changqing, Huang Hongping. Potentials of Soil Nutrient and Electrade Potentials for Generalized Oxidation and Reduction Reactions[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2004, 19(4): 462-465.
- [27] 胡玉婵. 不同植被恢复模式对山核桃林地土壤生物活性的影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2016.
Hu Yuchan. Effect of different vegetation restoration model on soil biological activities in the *Carya cathayensis* Stands[D]. Hefei: Anhui Agriculture University, 2016.
- [28] 邵文山, 李国旗. 土壤酶功能及测定方法研究进展[J]. 北方园艺, 2016, 9: 188-193.
Shao Wenshan, Li Guoqi. Research progress in soil enzyme function and determination method[J]. Northern Horticulture, 2016, 9: 188-193.
- [29] 秦华, 林先贵, 陈瑞蕊, 等. DEHP对土壤脱氢酶活性及微生物功能多样性的影响[J]. 土壤学报, 2005, 5: 127-132.
Qin Hua, Lin Xiangui, Chen Ruirui, et, al. Effects of DEHP on dehydrogenase activity and microbial functional diversity in soil[J]. Acta Pedologica Sinica, 2005, 5: 127-132.
- [30] 齐继薇, 刘长发, 刘远, 等. 双台河口潮滩湿地不同植被沉积物脲酶、蛋白酶、磷酸酶活性及其与氮、磷含量关系[J]. 水生态学杂志, 2014, 4: 1-7.
Qi Jiwei, Liu Changfa, Liu Yuan, et, al. Activities of Urease, Protease, Phosphatase and Their Relationships with Contents of Nitrogen and Phosphorus in Sediments of Tidal Flat Wetland Vegetation of Shuangtai Estuary[J]. Journal of Hydroecology, 2014, 4: 1-7.
- [31] 冯瑞章, 周万海, 龙瑞军, 等. 江河源区不同退化程度高寒草地土壤物理、化学及生物学特征研究[J]. 土壤通报, 2010, 2: 263-269.
Feng Ruizhang, Zhou Wanhai, Long Ruijun, et, al. Characteristics of Soil Physical, Chemical and Biological Properties on Degraded Alpine Meadows in the Headwater Areas of the Yangtze and Yellow Rivers, Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2010, 2: 263-269.
- [32] 王翔. 安太堡露天矿复垦地植被恢复对土壤酶活性和微生物区系影响的研究[D]. 太原: 山西大学, 2012.
Wang Xiang. Effect of Vegetation Restoration on Soil Enzyme Activities and Microbial Diversity after Surface Mine Reclamation in Antaibao[D]. Taiyuan: Shanxi University, 2012.
- [33] 陈翔. 脱氢酶在环境监测中的应用概况[J]. 解放军预防医学杂志, 1997, 15(6): 459-462.
Chen Xiang. Application of dehydrogenase in environmental monitoring [J]. Journal of Preventive Medicine of Chinese People's Liberation Army, 1997, 15(6): 459-462.
- [34] Dinesh R, Dubey P R, Shyam G P. Soil Microbial Biomass Anenzyme Activities Influenced by Organic Manure Incorporation into Soils of a Rice-rice System[J]. Agron Crop Sci, 1998, 181: 173-178.

A preliminary study on the reasons for the degradation of *S. heteroptera*——Soil physical and chemical properties and soil enzyme investigation

LIU Huan^{1, 2}, HE Jie^{1, 2}, FAN Xiao-ru^{1, 2}, LIU Yuan^{1, 2}, WEI Hai-feng^{1, 2}, WU Tong^{1, 2}, ZHAO Jia-xin^{1, 2}, WANG Teng-teng^{1, 2}

(1. School of Marine Technology and Environment, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China; 2. Key Laboratory of Nearshore Marine Environmental Science and Technology in Liaoning Province, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

Received: Oct. 25, 2017

Key words: *S. heteroptera*; wetland soil; soil physical and chemical properties; soil enzyme

Abstract: In recent years, the degradation problem of intertidal wetland is increasingly more serious in China, among them, the *S. heteroptera* of Panjin red beach have showed the widespread degradation and the phenomenon of death. In this paper, we have treated the different soil in Panjin Red Beach at different time period as example to search for the soil physical and chemical properties. Data was collected through measuring the soil pH, salinity, oxidation and reduction potential, total phosphorus, total nitrogen, ammonia nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen and soil enzymes and other physical and chemical properties to explore the factors, which lead to the degradation of saponin. The experimental result showed that compared with the soil sample of March, the contents of pH, salinity, redox potential, total nitrogen, total phosphorus and nitrite of April were lower. What's more, differently form the inapparent variation regularity of ammonia nitrogen and nitrate nitrogen, the data of total phosphorus and nitrite Nitrogen decreased significantly. There was no significant difference between the soil enzyme and the degraded area of the soil in the lush area of the *S. heteroptera*. In addition, we found that the enzymatic activity of the soil was increased due to the improvement of the temperature.

(本文编辑: 康亦兼)