

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

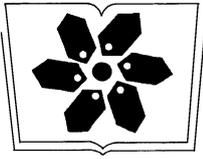
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第20期 Vol.31 No.20 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 20 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

- 洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性..... 王宝强,薛俊增,庄 骅,等 (5865)
- 天津近岸海域夏季大型底栖生物群落结构变化特征..... 冯剑丰,王秀明,孟伟庆,等 (5875)
- 基于景观遗传学的滇金丝猴栖息地连接度分析..... 薛亚东,李 丽,李迪强,等 (5886)
- 三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护..... 刘吉平,吕宪国 (5894)
- 江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制 王 千,金晓斌,周寅康 (5903)
- 广州市主城区树冠覆盖景观格局梯度..... 朱耀军,王 成,贾宝全,等 (5910)
- 景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例 林 佳,宋 戈,宋思铭 (5918)
- 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划..... 李 晖,易 娜,姚文璟,等 (5928)
- 苏南典型城镇耕地景观动态变化及其影响因素..... 周 锐,胡远满,苏海龙,等 (5937)
- 放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式..... 韩大勇,杨永兴,杨 杨,等 (5946)
- 放牧胁迫下若尔盖高原沼泽退化特征及其影响因子..... 李 珂,杨永兴,杨 杨,等 (5956)
- 近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响..... 蓝文陆 (5970)
- 万仙山油松径向生长与气候因子的关系 彭剑峰,杨爱荣,田沁花 (5977)
- 50 年来山东塔山植被与物种多样性的变化 高 远,陈玉峰,董 恒,等 (5984)
- 热岛效应对植物生长的影响以及叶片形态构成的适应性..... 王亚婷,范连连 (5992)
- 遮荫对濒危植物崖柏光合作用和叶绿素荧光参数的影响..... 刘建锋,杨文娟,江泽平,等 (5999)
- 遮荫对 3 年生东北铁线莲生长特性及品质的影响..... 韩忠明,赵淑杰,刘翠晶,等 (6005)
- 云雾山铁杆蒿茎叶浸提液对封育草地四种优势植物的化感效应..... 王 辉,谢永生,杨亚利,等 (6013)
- 杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布及多样性的影响 吴统贵,吴 明,虞木奎,等 (6022)
- 藏北高寒草原针茅属植物 AM 真菌的物种多样性..... 蔡晓布,彭岳林,杨敏娜,等 (6029)
- 成熟马占相思林的蒸腾耗水及年际变化..... 赵 平,邹绿柳,饶兴权,等 (6038)
- 荆条叶性状对野外不同光环境的表型可塑性..... 杜 宁,张秀茹,王 炜,等 (6049)
- 短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较..... 张继义,赵哈林 (6060)
- 滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应..... 单奇华,张建锋,阮伟建,等 (6072)
- 退化草地阿尔泰针茅与狼毒种群的小尺度种间空间关联..... 赵成章,任 珩 (6080)
- 延河流域植物群落功能性状对环境梯度的响应 龚时慧,温仲明,施 宇 (6088)
- 臭氧胁迫使两优培九倒伏风险增加——FACE 研究 王云霞,王晓莹,杨连新,等 (6098)
- 甘蔗//大豆间作和减量施氮对甘蔗产量、植株及土壤氮素的影响 杨文亭,李志贤,舒 磊,等 (6108)
- 湿润持续时间对生物土壤结皮固氮活性的影响..... 张 鹏,李新荣,胡宜刚,等 (6116)
- 锌对两个品种茄子果实品质的效应..... 王小晶,王慧敏,王 菲,等 (6125)
- Cd²⁺ 胁迫对银芽柳 PS II 叶绿素荧光光响应曲线的影响 钱永强,周晓星,韩 蕾,等 (6134)
- 紫茉莉对铅胁迫生理响应的 FTIR 研究 薛生国,朱 锋,叶 晟,等 (6143)

结缕草对重金属镉的生理响应	刘俊祥,孙振元,巨关升,等 (6149)
两种大型真菌子实体对 Cd ²⁺ 的生物吸附特性	李维焕,孟凯,李俊飞,等 (6157)
富营养化山仔水库沉积物微囊藻复苏的受控因子	苏玉萍,林慧,钟厚璋,等 (6167)
一种新型的昆虫诱捕器及其对长足大竹象的诱捕作用	杨瑶君,刘超,汪淑芳,等 (6174)
光周期对梨小食心虫滞育诱导的影响	何超,孟泉科,花蕾,等 (6180)
农林复合生态系统防护林斑块边缘效应对节肢动物的影响	汪洋,王刚,杜瑛琪,等 (6186)
中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变	程琳,李锋,邓华锋 (6194)
城市综合生态风险评价——以淮北市城区为例	张小飞,王如松,李正国,等 (6204)
唐山市域 1993—2009 年热场变化	贾宝全,邱尔发,蔡春菊 (6215)
基于投影寻踪法的武汉市“两型社会”评价模型与实证研究	王茜茜,周敬宣,李湘梅,等 (6224)
长株潭城市群生态屏障研究	夏本安,王福生,侯方舟 (6231)
基于生态绿当量的城市土地利用结构优化——以宁国市为例	赵丹,李锋,王如松 (6242)
基于 ARIMA 模型的生态足迹动态模拟和预测——以甘肃省为例	张勃,刘秀丽 (6251)
专论与综述	
孤立湿地研究进展	田学智,刘吉平 (6261)
甲藻的异养营养型	孙军,郭术津 (6270)
生态工程领域微生物菌剂研究进展	文娅,赵国柱,周传斌,等 (6287)
我国生态文明建设及其评估体系研究进展	白杨,黄宇驰,王敏,等 (6295)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 440 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 49 * 2011-10	



封面图说: 壶口瀑布是黄河中游流经秦晋大峡谷时形成的一个天然瀑布。此地两岸夹山,河底石岩上冲刷成一巨沟,宽达 30 米,深约 50 米,最大瀑面 3 万平方米。滚滚黄水奔流至此,倒悬倾注,若奔马直入河沟,波浪翻滚,惊涛怒吼,震声数里可闻。其形其声如巨壶沸腾,故名壶口。300 余米宽的滚滚黄河水至此突然收入壶口,有“千里黄河一壶收”之说。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

单奇华, 张建锋, 阮伟建, 唐华军, 沈立铭, 陈光才. 滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应. 生态学报, 2011, 31(20): 6072-6079.
Shan Q H, Zhang J F, Ruan W J, Tang H J, Shen L M, Chen G C. Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 6072-6079.

滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应

单奇华^{1,*}, 张建锋¹, 阮伟建², 唐华军², 沈立铭³, 陈光才¹

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 富阳 311400; 2. 余姚市泗门镇农业农村办, 余姚 315470;
3. 余姚市林业特产技术推广总站, 余姚 315400)

摘要:为揭示滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的应激性变化规律,以滨海盐碱地生态改良而成的林带土壤为研究对象,改良前土壤为空白对照和农田与荒地土壤为过程参照,研究了滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应敏感性、响应过程和响应度。结果显示:滨海盐碱地土壤含盐量、有机质和全氮指标对综合生态改良措施响应敏感性强,响应迅速,规律性强且响应度大。土壤全磷和有效磷指标对综合生态改良措施有响应但规律性不强。土壤脱氢酶活性指标试验期内对综合生态改良措施有一定的响应度。土壤 pH 值、全钾、有效钾和过氧化氢酶指标试验期内对综合生态改良措施无明显响应。表明滨海盐碱地生态改良措施在初期(2a 内)已显成效,该地区土壤的含盐量、有机质和全氮指标易受生态改良,而土壤酸碱度调控较难,其它指标的生态调控性还需要进一步研究。

关键词:土壤质量指标;综合改良;应激性;杭州湾

Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land

SHAN Qihua^{1,*}, ZHANG Jianfeng¹, RUAN Weijian², TANG Huajun², SHEN Liming³, CHEN Guangcai¹

¹ Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forest, Fuyang 311400, China

² Agriculture and Rural Office of Simen Town, Yuyao 315470, China

³ Yuyao Forestry Technology Extension Station, Yuyao 315400, China

Abstract: To probe the irritability of soil quality indicators on comprehensive amelioration measures applied in coastal salt-affected land of Hangzhou bay, the soil profiles in the ameliorated zone were investigated by comparisons with controls, those in the same zone before amelioration activity as temporal controls and in the wasteland and farmland nearby as procedure controls, revealing the response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures through three aspects as sensitivity, process and responsivity. The results showed that soil salt content, organic matter and total nitrogen (TN) were susceptible to the comprehensive amelioration measures and had a regularly changing tendency. Soil total phosphorus (TP) and available phosphorus were also sensitive to comprehensive amelioration measures but the tendency was not steady. Soil dehydrogenase activity was somewhat responsive to comprehensive amelioration measures. But soil pH, total potassium (TK), available potassium and catalase activity had no obvious responses to comprehensive amelioration measures in the period of 2 years. It was concluded that the comprehensive amelioration measures had already affected positively the quality of soil in coastal salt-affected land only after afforestation in 2 years. Salt content, organic matter and total nitrogen of soil in coastal saline land were approved to be modified easily through ecological measures, but soil pH in the same area was hard to be ameliorated. In addition, it must be pointed out that the effect of eco-control ways on the other soil indicators still needed to further probe.

基金项目:浙江省林业科研项目(08A02);林业公益性行业科研专项(201104055);林业科技支撑计划(2009BADB2B0304-2)

收稿日期:2011-06-17; **修订日期:**2011-07-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sqhua1980@sina.com

Key Words: soil quality indicators; comprehensive amelioration measures; irritability; Hangzhou bay

我国大陆海岸线长达 18 000 km,北起鸭绿江口,南至北仑河口,范围涉及 150 余个县,总面积 2 270 km²,是一个滨海盐碱地资源丰富的国家^[1]。滨海盐碱地是在海洋和陆地的相互作用下由大量泥沙沉积而形成的连接陆地和海洋的缓冲地带,地貌以平原、河口三角洲和滩涂为主,绝大多数属泥质海岸带,土壤类型主要为滨海盐土类、潮土类和水稻土类^[2]。杭州湾位于中国浙江省东北部,西起澉浦,东至扬子角,由钱塘江注入,是一个喇叭形海湾。杭州湾南岸面积每年不断增加,属于淤涨型滩涂^[3-4]。该地区土壤没有明显发育层次^[5],土壤盐碱化严重,养分贫瘠,地下水位仅 1.2—1.4 m。土地利用方式近海至内陆依次为荒滩地、农业用地、建筑用地和工业用地等。

国内科研人员在滨海盐碱地治理的基础研究(土壤的盐分组成和空间分布特征,养分特征和生物特性等)^[6-10]、理论研究^[11-13]、技术开发(综合治理模式)^[14-15]和材料选择与研制(酸性无机肥、有机肥、绿肥、耐盐树种和作物等)^[16-18]等方面都做了大量的工作。当前,治理盐碱地的主导理论为陈恩风教授等提出的“以排水为基础,培肥为根本”。在这一理论的引导下滨海盐碱地的生态治理措施主要可分为农业综合措施(如农业耕作措施、农业植被措施和农业养殖措施)^[19-20]和林业综合措施(如生态防护林网建设和湿地建设)^[21-22]。由于滨海盐碱地各区域形成的时间不同,以及分布位置、高程和质地等因素的差异,使得滨海盐碱地各区域土壤演化程度不一,由近海至内陆依次大致可分为滨海盐土、强盐渍化土、中度盐渍化土、轻度盐渍化土和脱盐潮土,对应的植物群落依次为光板地、盐蒿群落、獐毛草群落、茅草-芦苇群落和人工栽培植物^[23],其中盐蒿群落、獐毛草群落和茅草芦苇群落所在地是林业综合措施治理滨海盐碱地的主要目标区域。通常认为在滨海盐碱地上综合实施台地降水、开沟洗盐、增施有机肥、地下隔离、地上覆盖、套种绿肥和营造生态防护林等措施能有效降低土壤盐分含量^[2,23],增加土壤肥力,提高水土保持量^[5,24]。然而,这一理想结果的前提必须是综合生态措施的成功实施并长期保存,但滨海盐碱地的特殊性在于其常受海水倒灌、寒潮、台风、暴雨和干旱等极端气候和地理因素的影响,同一地点常出现土壤含盐量高低反复和治理措施受损的现象,致使滨海盐碱地生态改良工作初期困难较大。滨海盐碱地土壤质量各指标在生态改良后短期内的应激性变化对人工种植植物的生长和自然植物的群落演替意义重大,是生态修复成功的关键期,加强这一时期内土壤质量指标与改良措施之间的关系研究很有必要。本文以综合措施生态改良而成的林带土壤为研究对象,以综合生态措施修复前土壤质量指标为空白对照,邻近农田和荒地作为过程参照,研究了滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应敏感性、响应过程和响应程度,以揭示滨海盐碱地土壤质量指标对综合生态改良措施的应激性变化规律,为滨海盐碱地综合生态改良提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验点概况

试验点位于浙江省余姚市滨海滩涂盐碱地(北纬:30°13'30.07",东经:121°0'39.72"),约 3.5 km 长的地段。余姚市地处宁绍平原中心,总体地貌呈南部低山丘陵,中部水网平原和北部滨海平原分布(山地丘陵、平原(含海涂)、水域(含海域)面积比例为 53:29:18),总面积 1 527 km²。气候属于北亚热带季风气候区,四季分明,年平均气温 16.2℃左右,日照 1 792 h 左右,相对湿度约 78%,全年无霜期 230 d 左右,初霜从 11 月中旬开始,终霜在 3 月下旬,年平均年降水量 1 425 mm 左右,一年中 11 月到翌年 2 月是降水量最少时期,6 月和 9 月是两个雨量高峰,7—8 月受副热带高压控制,以晴热干旱天气为主,多年平均蒸发量为 961.4 mm,自然灾害以旱、涝和台风为主,一般每年 2—3 次涝灾,1—2 次台风,每年都有不同程度的旱情发生^[25]。研究区土壤类型可归为滨海盐土类——潮滩盐土亚类^[2]。试验点原始土地利用方式为荒地(海岸线至内陆 1.5—3 km 的范围,分布着芦苇(*Phragmites australis*)、柽柳(*Tamarix chinensis*)和碱蓬(*Suaeda glauca*)等耐盐野生植物)和农田(距离海岸线>1.5 km 的范围,以种植榨菜 *Brassica juncea* var. *tumida* 为主)。荒地和农田之间无任何缓冲带,生态脆弱,农业生产直接受到旱、涝和台风等自然灾害的危害。

1.2 试验设计

在试验点荒地和农田之间设计一条长约 3.5km×宽约 30m 的缓冲带,利用综合生态改良措施如物理措施(开沟、整地和客土等)、化学措施(施用化学酸性肥料)和生物措施(施用有机肥、套种绿肥和营造生态林带等)等对缓冲带土壤进行生态改良。将整个研究区分为荒地、林带(生态改良区域)和农田 3 个处理。荒地和农田的研究区位于林带两侧,与林带平行,等长,宽均约 300m 的空间范围内。以综合生态措施修复前土壤质量指标为空白对照,农田和荒地为过程参照,研究综合生态改良措施下滨海盐碱地土壤质量指标的响应规律。

1.3 综合生态改良措施

2008 年秋冬至 2009 年早春,在浙江省余姚市实施综合措施生态改良滨海盐碱地工程。工程实施前分析试验点土壤质量状况,结果显示:生态改良前土壤容重平均为 1.24 g/cm³,非毛管孔隙度为 6.94%,毛管孔隙度为 40.19%,通气度为 8.73%,最佳含水率下限为 21.61%,砂粒含量为 90.34%,粉粒含量为 3.76%,粘粒含量为 5.9%,土壤基本化学性质见表 1。

表 1 试验点土壤背景值

Table 1 Chemical properties of soil before afforestation

指标 Indicators	含盐量 Salt content /%	pH	有机质 Organic matter /(g/kg)	全氮 Total N /(g/kg)	有效磷 Available P /(mg/kg)	有效钾 Available K /(mg/kg)
荒滩地 Wasteland	0.96	8.22	5.30	0.29	9.60	188.00
生态改良地(林带) Ameliorated(forest) land	0.52	8.75	5.1	0.34	6.2	222

1.3.1 物理改良措施

开沟:沟渠设计标准和参数为以每 100m 为一个标准段,每 5m 横向设置一条二级排水沟,规格为上宽 40 cm×深 30cm×下宽 30 cm;每间隔 100m 纵向开一条一级排水沟,规格为上宽 80 cm×深 60cm×下宽 40 cm。

地形处理:填洼台地以利于降低地下水位,在台地(规格长 100 m×宽 5m)上除草和整地,将清理后杂草翻入底层作为阻隔层防止返盐,利用开沟的土方在每一块种植地因势造形做成龟背状以利排水。

客土改良:在种植坑内利用邻近 329 国道复线工程中的农耕地表土进行点状客土改良。

1.3.2 化学改良措施

在种植坑底部施用化学酸性肥料如过磷酸钙和磷酸二氢钾以活化和提高土壤中的钙质,拟降低土壤的 pH 值,肥料与植物根部用土壤隔离,不能直接接触。

1.3.3 生物改良措施

套种绿肥如田菁(*Sesbania cannabina* Pers.)、大麦(*Hordeum vulgare*)、野豌豆(*Vicia sepium* L.)和天蓝苜蓿(*Medicago lupulina* L.)以培肥土壤,利用绿肥在土壤中的降解以降低生态改良地土壤的酸碱性。种植坑底部施入砻糠(2.5 kg/坑)或腐熟商品有机肥(乔木为 5 kg/坑,灌木为 2.5 kg/坑),同样注意有机肥与植物根部不能直接接触。

在经过上述措施处理过的台地上定植生态树种,树种为意杨(*Populus euramevicana* cv. 'I-214'),胸径 Φ3cm、栎树(*Koelreuteria paniculata*), Φ3cm、国槐(*Sophora japonica* L.), Φ3cm、女贞(*Ligustrum lucidum* Ait), Φ3cm、无患子(*Sapindus mukurossi* Gaertn), Φ4cm、绒毛白蜡(*Fraxinus velutina* Torr), Φ3cm、金丝垂柳(*Salix × aureo-pendula*), Φ4cm、中山杉(*Ascendens mucronatum*), Φ3cm、红叶石楠(*Photinia serrulata*),地径 D 3cm、珊瑚朴(*Celtis julianae* Schneid), Φ6cm、夹竹桃(*Nerium oleander*),高度 H 150cm、海滨木槿(*Hibiscus hamabo* sieb et zucc), D 3cm。种植坑规格:乔木为 50cm×50cm×50cm,灌木为 40cm×40cm×40cm;适当密植:乔木树种密度(株行距)为 2.5m×2m,灌木树种密度为 1m×1m;种植模式:多树种混交,多层次复合,以乔木为主体搭配灌木;做好后期抚育工作。试验期内试验点未发生灾害性气候。

1.4 样品采集与处理

2009 年 10 月份(编号为 I),2010 年 5 月份(编号为 II)和 2010 年 10 月份(编号为 III)3 次在试验点分别采集荒地、林带和农田土壤样品。每一样点以蛇形布点法,按照随机、等量和多点混合的原则采集表层(0—20cm)土壤样品,3 次重复。同时用环刀取土,测定土壤基本物理性质。土壤样品在实验室自然风干,剔除细根,研磨并分别过尼龙筛(孔径:2cm、1cm 和 0.25cm)备用。

1.5 测定方法

土壤 pH,用 25ml 去离子水浸提过 2mm 筛的风干土壤样品(10g),pH 计法;土壤含盐量:电导率法;土壤颗粒组成:过 2mm 筛土样,比重计法;土壤孔隙度和容重:环刀法;土壤有机质:重铬酸钾外加热法;土壤全氮:凯氏消煮法;全磷:氢氧化钠碱熔-钼锑抗比色法;土壤有效磷:碳酸氢钠浸提钼蓝比色法;全钾:氢氧化钠碱熔-火焰光度法;有效钾:1mol/L 乙酸铵浸提-火焰光度法^[26];过氧化氢酶:高锰酸钾滴定法,以每克土壤的 0.02mol/L KMnO_4 的毫升数表示;脱氢酶:2,3,5-三苯基四唑化氯(TTC)比色法,以每克土壤的 2,3,5-三苯基甲潜的毫克数表示^[27-28]。用标准土样(GBW07403(GSS-3))校准测定值,标准土样购自国家标准物质中心。

1.6 数据处理

方差分析、*t*-test 用 SAS8.0,图像处理用 Origin7.0 和 Excel 软件。

2 结果与讨论

根据时间变异性,土壤质量指标可分为极稳定性指标如土壤质地、厚度、含石量和土壤水分物理常数等,稳定性指标如无机化学组成(全量组成,N、P 除外)、土壤容重和结构性等,中度稳定指标如酸碱度、有机质、全氮、全磷和阳离子交换量等,以及不稳定指标如土壤含水量、温度、速效养分状况和生物活性等^[29]。土壤质量的中度稳定指标和不稳定指标对外界环境的变化感应敏感,是研究土壤质量与外界环境在短期内相互作用关系的适选指标。因此,本文主要选取并研究了土壤质量的中度稳定指标和不稳定指标对滨海盐碱地综合生态改良措施的响应敏感性、过程和响应度。

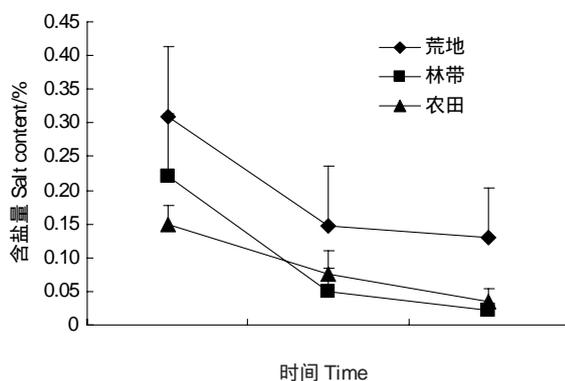


图 1 不同处理土壤含盐量随时间变化趋势

Fig. 1 Vary of soil salt with different treatments and time

I:2009 年 10 月; II:2010 年 5 月; III:2010 年 10 月

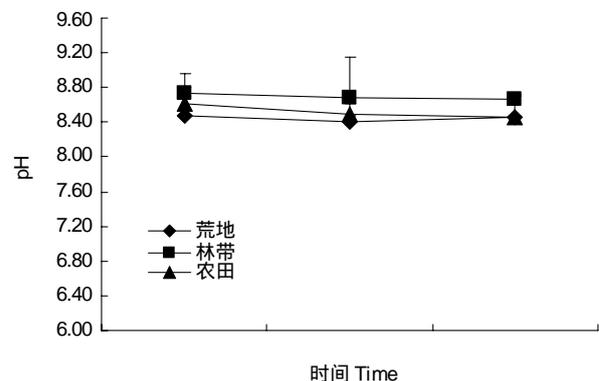


图 2 不同处理土壤 pH 值随时间变化趋势

Fig. 2 Vary of soil pH with different treatments and time

含盐量和酸碱度是滨海盐碱地土壤区别于其它类型土壤的两项指示性指标,也是影响该地植物生长的最重要的障碍性指标。滨海盐碱地土壤含盐量受潮汐和地下水位升降等偶然因素的影响较大,常出现土壤反盐现象。研究显示:与改良前(表 1)比较,滨海盐碱地经过生态改良后当年(编号为 I)被改良土壤含盐量即显著下降(*t*-test, $P < 0.05$),在随后的一年(2009 编号为 I 至 III)内土壤盐分含量演化趋势为荒地、林带和农田土壤的含盐量都有降低趋势,其中林带和农田土壤含盐量降低幅度达显著性水平(ANOVA, $P < 0.05$),至 2010 年 5 月份(编号为 II)林带含盐量已处于最低(图 1)。改良措施实施后 2a 被改良地表土含盐量水平就跟多年经营的农田土壤基本持平或更小,综合生态改良措施迅速、有效地降低了区域内土壤含盐量^[30]。表明

滨海盐碱地土壤含盐量指标对综合生态改良措施的敏感性强,响应迅速、过程规律性强且响应度大。

滨海盐碱地土壤酸碱度保持稳定(pH 值在 8.41—8.73 之间),不同处理在不同时间内对土壤 pH 值的影响不大(图 2)。土壤含盐量与土壤 pH 值有一定相关性,即含盐量升高土壤 pH 值变大,但反之未然即土壤含盐量降低土壤 pH 值未必变动。在本试验中就观察到了这一现象,综合生态改良措施有效地降低了土壤的含盐量,但不能影响土壤的 pH 值,赵秀芳等和崔心红等^[6,31]观察到了同样的现象。表明滨海盐碱地土壤 pH 值对综合生态改良措施在试验期内无响应。杭州湾地区滨海盐碱地土壤的含盐量与土壤酸碱度没有显著相关性,这是一个值得研究的问题。

通常情况,土壤有机质与全氮(TN)含量成正相关性。研究显示:滨海盐碱地土壤有机质和全氮含量有着相同的变化趋势,不同处理土壤有机质和全氮含量高低循序依次为农田、林地和荒地。农田因为有规律地耕作和施肥措施使得土壤有机质和全氮含量维持在一个稳定的范围,并明显高于林带和荒地土壤(ANOVA, $P < 0.05$)。林带和荒地有机质和全氮含量初期比较接近,但随着时间的推移,林带和荒地的有机质和全氮含量曲线逐渐分离,最终表现为林带高于荒地的趋势(图 3 和图 4)。与背景值比较(表 1),林带土壤有机质和全氮含量迅速显著升高(t -test, $P < 0.05$)。滨海盐碱地土壤有机质和全氮含量对综合生态改良措施响应迅速、过程稳定且响应度大,呈现出逐渐升高趋势。

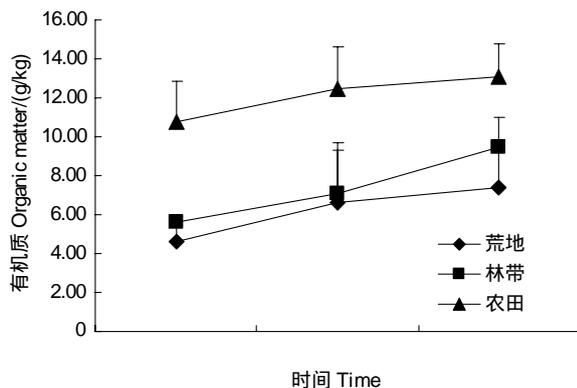


图 3 不同处理土壤有机质随时间变化趋势

Fig. 3 Vary of organic matter with different treatments and time

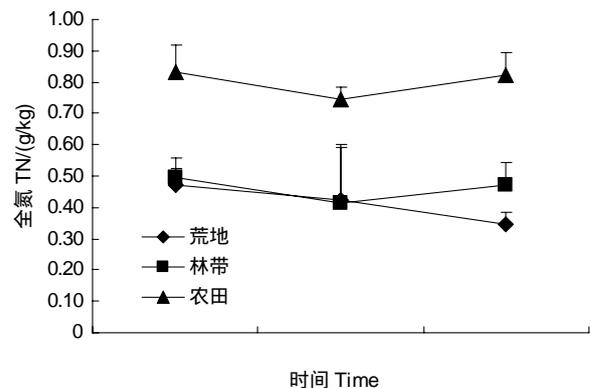


图 4 不同处理土壤全氮随时间变化趋势

Fig. 4 Vary of total nitrogen with different treatments and time

土壤磷素主要来源于矿物分解和人为磷肥的施入。由于农耕的原因研究区域内农田土壤全磷(TP)和有效磷(Available P)含量明显高于林带和荒地土壤(ANOVA, $P < 0.05$)。林带和荒地全磷和有效磷含量变化趋势基本保持一致。试验期内滨海盐碱地土壤全磷含量有升高趋势,而有效磷含量先升后降趋势不统一(图 5 和图 6)。与背景值比较(表 1),生态修复后,林带土壤有效磷含量与原先没有显著性差异,碱性环境可能是导致土壤磷元素这一变化特征的主要原因^[32-33],克服碱性环境或许是活化盐碱地土壤磷元素的关键技术手段。滨海盐碱地土壤磷元素对综合生态改良措施有响应,但其变化规律和影响因素还需进一步研究。

试验期内研究区不同处理土壤全钾(TK)含量差异不大(图 7),但整体显著性下降(ANOVA, 荒地 $P < 0.05$, 林带和农田 $P < 0.01$),土壤全钾有规律整体下降是一个短期内的突发情况还是长期的规律性变动还有待研究。试验期内荒地土壤有效钾(Available K)含量与背景值(表 1)无显著性差异,但试验期内荒地土壤有效钾有升高趋势(图 8),且均显著性高于同期林带和农田土壤(ANOVA, $P < 0.01$)。与背景值比较(表 1),林带土壤有效钾含量显著降低(t -test, 2009, $P < 0.01$)。林带和农田间土壤有效钾含量没有显著性差异,且均长期保持数值稳定。滨海盐碱地土壤钾元素对综合生态改良措施试验期内无明显响应。

姚艳平等^[23]研究发现沿海滩涂盐碱地有效磷和有效钾含量会因种草、耕作和淋洗等因素的消耗,比原始土样及自然风化土样有所下降。而本研究未能找出在不同处理下滨海盐碱地土壤有效磷和有效钾含量的变化规律。

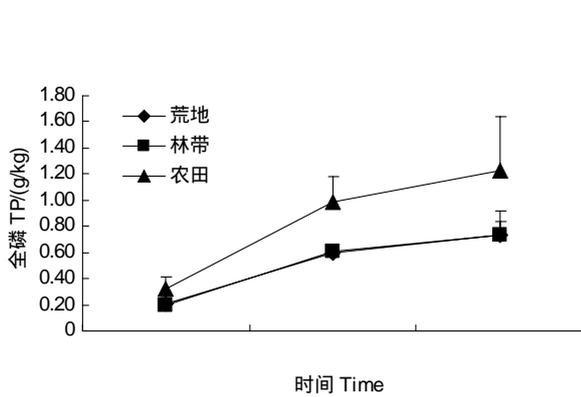


图 5 不同处理土壤全磷随时间变化趋势

Fig. 5 Vary of TP with different treatments and time

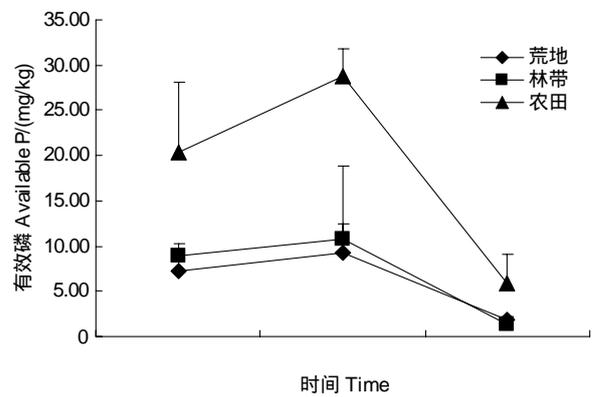


图 6 不同处理土壤有效磷随时间变化趋势

Fig. 6 Vary of available P with different treatments and time

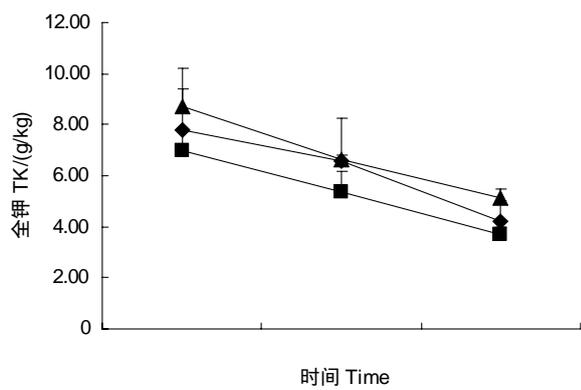


图 7 不同处理土壤全钾随时间变化趋势

Fig. 7 Vary of TK with different treatments and time

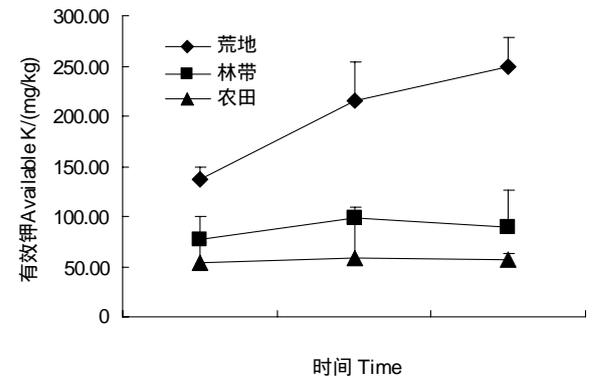


图 8 不同处理土壤有效钾随时间变化趋势

Fig. 8 Vary of available K with different treatments and time

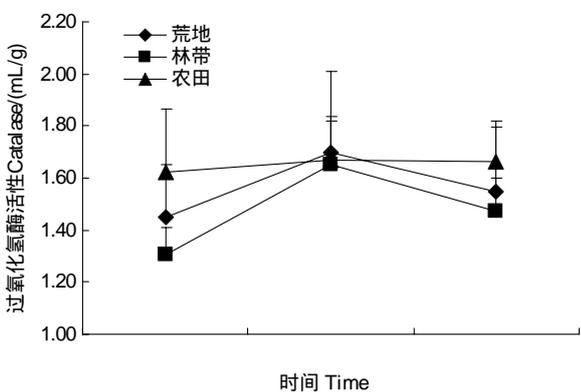


图 9 土壤过氧化氢酶活性随时间变化趋势

Fig. 9 Vary of catalase with different treatments and time

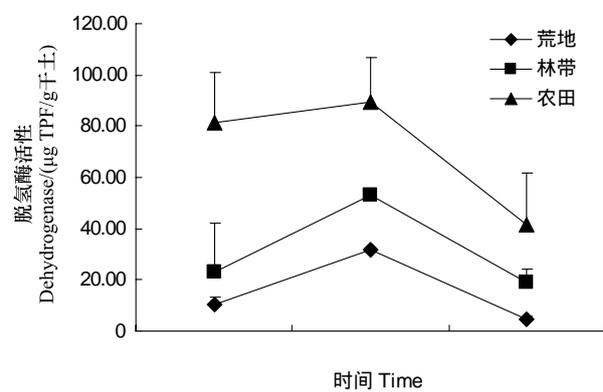


图 10 土壤脱氢酶活性随时间变化趋势

Fig. 10 Vary of dehydrogenase with different treatments and time

过氧化氢酶能表征土壤的主要养分状况,土壤类型和养分是影响过氧化氢酶活性的主要因素^[27]。滨海盐碱地不同处理间土壤过氧化氢酶活性差异不大,不同时期各处理土壤过氧化氢酶活性均维持稳定。土壤过氧化氢酶活性对综合生态改良措施试验期内没有响应。

通常认为,土壤中测得的脱氢酶活性多表征土壤微生物的瞬时代谢活性^[27]。在不同时期各处理土壤脱

氢酶活性均保持稳定,在时间尺度上无明显变化,但不同处理间农田土壤脱氢酶活性最高,其次为林带,荒地最低(ANOVA, $P < 0.05$),综合生态改良措施有效地提高了土壤的脱氢酶活性并维持其在一个稳定的数值范围。表明土壤脱氢酶活性对综合生态改良措施短期内有一定的响应度且过程平稳。

3 结论

综合生态措施实施 2a 内有效地降低了区域内土壤含盐量,提高了土壤有机质和全氮含量,短期内对土壤 pH 值、磷元素、钾元素和土壤酶活性的改良效果不明显。试验点土壤的含盐量与酸碱度没有关联性。

滨海盐碱地土壤含盐量、有机质和全氮指标对综合生态改良措施敏感性强,响应迅速,规律性强且响应度大。土壤全磷和有效磷指标对综合生态改良措施有响应但规律性不强。土壤脱氢酶活性指标试验期内对综合生态改良措施有一定的响应度。土壤 pH 值、全钾、有效钾和过氧化氢酶指标试验期内对综合生态改良措施无明显响应。滨海盐碱地土壤的含盐量、有机质和全氮指标易受生态改良,而土壤酸碱度调控较难,其它指标的生态调控性还需要进一步研究。

References:

- [1] Li G Y, Gao G X, Yin Z D. Summary on the domestic and foreign dynamic research of protection forest system structure benefit. *Research of Soil and Water Conservation*, 1995, 2(2): 70-78.
- [2] Lu H, Li R A. Soil evolution on the South of Hangzhou gulf and its exploiting and utilization. *Chinese Journal of Soil Science*, 2009, 40(2): 218-220.
- [3] Wu M, Shao X X, Hu F, Jiang K Y. Effects of reclamation on soil nutrients distribution of coastal wetland in South Hangzhou Bay. *Soils*, 2008, 40(5): 760-764.
- [4] Fan L J, Shao X X, Wu Z, Huang Y Q. Effects from different plantation on the characteristics of new innings in Hangzhou Bay. *East China Forest Management*, 2008, 22(1): 24-27.
- [5] Li J L, Li W F, Yang X P, Zhang D F, Tong Y Q. The impact of land use change on quality evolution of soil genetic layers on the coastal plain of south Hangzhou Bay. *Journal of Geographical Sciences*, 2008, 18(4): 469-482.
- [6] Zhao X F, Yang J S, Yao R J. Characteristics of soil salinization in mudflat of North Jiangsu Province based on canonical correspondence analysis. *Acta Pedologica Sinica*, 2010, 47(3): 422-427.
- [7] Liu G M, Yang J S, Jiang Y. Salinity characters of soils and groundwater in typical coastal area in Jiangsu Province. *Soils*, 2005, 37(2): 163-168.
- [8] Wu L Y, Cao B H, Huang Y X, Shao W, Xie W K, Li T. Studies on the seasonal changes of soil enzyme activity in *Robinia pseudoacacia* and *Ailanthus altissima* mixed stands in Coastal Saline Soil. *Forest Research*, 2010, 23(6): 889-894.
- [9] Zhang W W, Chen X B, Zhao X J, Piao Z, Zhou C L, Yin S X. Culturability of bacteria in mudflat soils and optimization of culture schemes. *Acta Pedologica Sinica*, 2010, 47(3): 529-535.
- [10] Wu T G, Wu M, Xiao J H. Ecophysiology of dominant plant species during succession in Hangzhou Bay wetlands. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2008, 28(8): 1683-1688.
- [11] Li D S, Yang J S, Yao R J. Application of ecological risk analysis to soil salinization risk assessment of coastal tidal flat in North Jiangsu Province. *Acta Pedologica Sinica*, 2010, 47(5): 857-863.
- [12] Wang X, Chen W Q, Zhang L P, Jin D, Lu C Y. Estimating the ecosystem service losses from proposed land reclamation projects: a case study in Xiamen. *Ecological Economics*, 2010, 69(2): 2549-2556.
- [13] Wu C H, Cai F, Zhao G T, Zheng Y L, Lu H Q. Impact of coastal engineering constructions on the topographic and morphological evolution of Quanzhou Bay, Fujian, China. *Ocean and Coastal Management*, 2011, 54(7): 544-555.
- [14] Zhang J F, Song Y M, Xing S J, Ma B Y, Xi J B. Saline soil amelioration and forestation techniques. *Journal of Northeast Forestry University*, 2002, 30(6): 124-129.
- [15] Yu G, Zhang J Y. Analysis of the impact on ecosystem and environment of marine reclamation — a case study in Jiaozhou Bay. *Energy Procedia*, 2011, 5: 105-111.
- [16] Zhang J L, Wang Z Y, Zhang Q. Application of fermented residue in remediation of saline soil. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(S1): 184-187.
- [17] Wang Y Z, Liao J W. Study on city afforestation measure in salt-affected soils. *Northern Horticulture*, 2006, (4): 139-141.
- [18] Zhang J F, Zhang X D, Zhou J X, Liu G H, Li D X. World resources of saline soil and main amelioration measures. *Research of Soil and Water Conservation*, 2005, 12(6): 28-30.
- [19] Zheng B Z. Approaches in melioration and utilization of saline land in Shanxi Province. *Chinese Journal of Soil Science*, 2000, 31(3): 102-103.
- [20] Ren W, Luo T B, Wang B J, Su F C. Biological improvement of saline and alkaline land in Xinjiang. *Agricultural Research in the Arid Areas*,

2004, 22(4): 211-214.

- [21] He G P, Chen Y T, Huang Y Q, Fan L J. Dynamics of soil salinity and moisture contents on saline and alkaline land of seabeach after plantation in Hangzhou Bay. *Forest Research*, 2006, 19(2): 257-260.
- [22] Koo B J, Je J G, Woo H J. Experimental restoration of a salt marsh with some comments on ecological restoration of coastal vegetated ecosystems in Korea. *Ocean Science Journal*, 2011, 46(1): 47-53.
- [23] Yao Y P, Ye M. Formation of soil of coastal beach area and restoration of reclamation land. *Soils*, 1996, 28(6): 316-318.
- [24] Li J L, Tong Y Q, Yang X P, Xu J Q, Zhang D F. Soil conservation of agro-ecosystems and its eco-economic value in south coast of Hangzhou Bay. *Research of Soil and Water Conservation*, 2005, 12(4): 202-205.
- [25] Shen N P, Hu J J, Chen G, Yuan W J. A study on overall planning of the coast protective forest system construction in Yu'yao city. *East China Forest Management*, 2010, 24(1): 62-65.
- [26] Department of Science and Technology, State Forestry Administration, P R China. *Forestry Criteria (No 3)*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1991:102-225.
- [27] Zhou L K. *Soil Enzymology*. Beijing: Science Press, 1987: 102-225.
- [28] Yan Y X. *Soil Fertility Research Methods*. Beijing: China Agriculture Press, 1988:243-280.
- [29] Shan Q H, Yu Y C, Zhang J C. Evaluation on forest soil quality in urban. *China Forestry Science and Technology*, 2007, 21(5): 12-15.
- [30] Barrett-Lennard E G. Restoration of saline land through revegetation. *Agricultural Water Management*, 2002, 53(1/3): 213-226.
- [31] Cui X H, Zhu Y, Zhang Q, Fan L J, Luo G X, Huang Y Q. Effect of cotton stalk isolator layer in soil on garden plants and soil characters of coastal saline soils. *Scientia Silvae Sinicae*, 2009, 45(1): 31-34.
- [32] Mokwunye U. The influence of pH on the adsorption of phosphate by soils from the Guinea and Sudan savannah zones of Nigeria. *Soil Science Society of America Journal*, 1975, 39(6): 1100-1102.
- [33] Haynes R J. Effects of liming on phosphate availability in acid soils. *Plant and Soil*, 1982, 68(3): 289-308.

参考文献:

- [1] 李广毅, 高国雄, 尹忠东. 国内外关于防护林体系结构研究动态综述. *水土保持研究*, 1995, 2(2): 70-78.
- [2] 陆宏, 厉仁安. 杭州湾南岸土壤演变及其开发利用研究. *土壤通报*, 2009, 40(2): 218-220.
- [3] 吴明, 邵学新, 胡锋, 蒋科毅. 围垦对杭州湾南岸滨海湿地土壤养分分布的影响. *土壤*, 2008, 40(5): 760-764.
- [4] 范林洁, 邵学新, 吴周, 黄一青. 不同地被覆盖对新围海涂土壤性质的影响. *华东森林经理*, 2008, 22(1): 24-27.
- [6] 赵秀芳, 杨劲松, 姚荣江. 基于典范对应分析的苏北滩涂土壤春季盐渍化特征研究. *土壤学报*, 2010, 47(3): 422-427.
- [7] 刘广明, 杨劲松, 姜艳. 江苏典型滩涂区地下水及土壤的盐分特征研究. *土壤*, 2005, 37(2): 163-168.
- [8] 吴丽云, 曹帮华, 黄彦新, 邵伟, 解文科, 李涛. 滨海盐碱地刺槐臭椿混交林土壤酶活性季节动态研究. *林业科学研究*, 2010, 23(6): 889-894.
- [9] 张雯雯, 陈新兵, 赵秀锦, 朴哲, 周春霖, 殷士学. 江苏沿海滩涂土壤中细菌培养方法的优选. *土壤学报*, 2010, 47(3): 529-535.
- [10] 吴统贵, 吴明, 萧建华. 杭州湾湿地不同演替阶段优势物种光合生理生态特性. *西北植物学报*, 2008, 28(8): 1683-1688.
- [11] 李冬顺, 杨劲松, 姚荣江. 生态风险分析用于苏北滩涂土壤盐渍化风险评估研究. *土壤学报*, 2010, 47(5): 857-863.
- [14] 张建锋, 宋玉民, 邢尚军, 马丙尧, 郝金标. 盐碱地改良利用与造林技术. *东北林业大学学报*, 2002, 30(6): 124-129.
- [16] 张金龙, 王振宇, 张清. 开发利用发酵残渣改良盐碱土的研究. *农业环境科学学报*, 2007, 26(Z1): 184-187.
- [17] 王玉珍, 缪金伟. 盐碱地城市绿化措施研究. *北方园艺*, 2006, (4): 139-141.
- [18] 张建锋, 张旭东, 周金星, 刘国华, 李冬雪. 世界盐碱地资源及其改良利用的基本措施. *水土保持研究*, 2005, 12(6): 28-30.
- [19] 郑必昭. 山西省盐碱地改良利用探讨. *土壤通报*, 2000, 31(3): 102-103.
- [20] 任崑, 罗廷彬, 王宝军, 苏逢春. 新疆生物改良盐碱地效益研究. *干旱地区农业研究*, 2004, 22(4): 211-214.
- [21] 何贵平, 陈益泰, 黄一青, 范林洁. 杭州湾海涂造林后土壤盐分和水动态变化. *林业科学研究*, 2006, 19(2): 257-260.
- [23] 姚艳平, 叶玫. 如东沿海滩涂土壤形成与垦区土壤改良. *土壤*, 1996, 28(6): 316-318.
- [24] 李加林, 童亿勤, 杨晓平, 许继琴, 张殿发. 杭州湾南岸农业生态系统土壤保持功能及其生态经济价值评估. *水土保持研究*, 2005, 12(4): 202-205.
- [25] 沈娜娉, 胡娟娟, 陈高, 阮伟建. 余姚市沿海防护林体系建设总体规划的探讨. *华东森林经理*, 2010, 24(1): 62-65.
- [26] 中华人民共和国林业部科技司编. *林业标准汇编(三)*. 北京: 中国林业出版社, 1991: 102-225.
- [27] 周礼恺. *土壤酶学*. 北京: 科学出版社, 1987: 102-225.
- [28] 严昶升主编. *土壤肥力研究方法*. 北京: 农业出版社, 1988: 243-280.
- [29] 单奇华, 俞元春, 张金池. 城市林业土壤质量评价. *林业科技开发*, 2007, 21(5): 12-15.
- [31] 崔心红, 朱义, 张群, 范林洁, 罗国雄, 黄一青. 棉花秸秆隔离层对滨海滩涂土壤及绿化植物的影响. *林业科学*, 2009, 45(1): 31-34.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31 ,No. 20 October ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

- Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port
..... WANG Baoqiang, XUE Junzeng, ZHUANG Hua, et al (5865)
- Variation characteristics of macrobenthic communities structure in tianjin coastal region in summer
..... FENG Jianfeng, WANG Xiuming, MENG Weiqing, et al (5875)
- Analysis of habitat connectivity of the Yunnan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) using landscape genetics
..... XUE Yadong, LI Li, LI Diqiang, WU Gongsheng, et al (5886)
- Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain LIU Jiping, LÜ Xianguo (5894)
- Dynamic analysis of coastal region cultivated land landscape ecological security and its driving factors in Jiangsu
..... WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang (5903)
- Landscape pattern gradient on tree canopy in the central city of Guangzhou, China
..... ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (5910)
- Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security; a case study of Jiansanjiang land reclamation area ...
..... LIN Jia, SONG Ge, SONG Siming (5918)
- Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern
..... LI Hui, YI Na, YAO Wenjing, WANG Siqi, et al (5928)
- Changes of paddy field landscape and its influence factors in a typical town of south Jiangsu Province
..... ZHOU Rui, HU Yuanman, SU Hailong, et al (5937)
- Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China
..... HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5946)
- Characteristics and influence factors of the swamp degradation under the stress of grazing in the Zoige Plateau
..... LI Ke, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5956)
- Variation of organic pollution in the last twenty years in the Qinzhou bay and its potential ecological impacts LAN Wenlu (5970)
- Response of radial growth Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) to climate factors in Wanxian Mountain of He'nan Province
..... PENG Jianfeng, YANG Airong, TIAN Qinhua (5977)
- Vegetation and species diversity change analysis in 50 years in Tashan Mountain, Shandong Province, China
..... GAO Yuan, CHEN Yufeng, DONG Heng, et al (5984)
- Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute WANG Yating, FAN Lianlian (5992)
- Effects of shading on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in leaves of the endangered plant
Thuja sutchuenensis LIU Jianfeng, YANG Wenjuan, JIANG Zeping, et al (5999)
- Effects of shading on growth and quality of triennial *Clematis manshurica* Rupr.
..... HAN Zhongming, ZHAO Shujie, LIU Cuijing, et al (6005)
- Allelopathic effect of extracts from *Artemisia sacrorum* leaf and stem on four dominant plants of enclosed grassland on Yunwu
Mountain WANG Hui, XIE Yongsheng, YANG Yali, et al (6013)
- Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China
..... WU Tonggui, WU Ming, YU Mukui, et al (6022)
- Species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi of *Stipa* L. in alpine grassland in northern Tibet in China
..... CAI Xiaobu, PENG Yuelin, YANG Minna, et al (6029)
- Water consumption and annual variation of transpiration in mature *Acacia mangium* Plantation
..... ZHAO Ping, ZOU Lvliu, RAO Xingquan, et al (6038)
- Foliar phenotypic plasticity of a warm-temperate shrub, *Vitex negundo* var. *heterophylla*, to different light environments in the
field DU Ning, ZHANG Xiuru, WANG Wei, et al (6049)

An case study on vegetation stability in sandy desertification land; determination and comparison of the resilience among communities after a short period of extremely aridity disturbanc	ZHANG Jiyi, ZHAO Halin (6060)
Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land	SHAN Qihua, ZHANG Jianfeng, RUAN Weijian, et al (6072)
Fine-scale spatial associations of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Stellera chamaejasme</i> population in alpine degraded grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6080)
The response of community-weighted mean plant functional traits to environmental gradients in Yanhe river catchment	GONG Shihui, WEN Zhongming, SHI Yu (6088)
Ozone stress increases lodging risk of rice cultivar Liangyoupeijiu; a FACE study	WANG Yunxia, WANG Xiaoying, YANG Lianxin, et al (6098)
Effect of sugarcane//soybean intercropping and reduced nitrogen rates on sugarcane yield, plant and soil nitrogen	YANG Wenting, LI Zhixian, SHU Lei, et al (6108)
Effect of wetting duration on nitrogen fixation of biological soil crusts in Shapotou, Northern China	ZHANG Peng, LI Xinrong, HU Yigang, et al (6116)
Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties	WANG Xiaojing, WANG Huimin, WANG Fei, et al (6125)
Rapid light-response curves of PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of <i>Salix leucopithecia</i> subjected to cadmium-ion stress	QIAN Yongqiang, ZHOU Xiaoxing, HAN Lei, et al (6134)
Physiological Response of <i>Mirabilis jalapa</i> Linn. to Lead Stress by FTIR Spectroscopy	XUE Shengguo, ZHU Feng, YE Sheng, et al (6143)
Physiological response of <i>Zoysia japonica</i> to Cd ²⁺	LIU Junxiang, SUN Zhenyuan, JU Guansheng, et al (6149)
Biosorption of Cd ²⁺ using the fruiting bodies of two macrofungi	LI Weihuan, MENG Kai, LI Junfei, et al (6157)
Factors regulating recruitment of <i>Microcystis</i> from the sediments of the eutrophic Shanzai Reservoir	SU Yuping, LIN Hui, ZHONG Houzhang, et al (6167)
A new type of insect trap and its trapping effect on <i>Cyrtotrachelus buqueti</i>	YANG Yaojun, LIU Chao, WANG Shufang, et al (6174)
Photoperiod influences diapause induction of Oriental Fruit Moth(Lepidoptera: Tortricidae)	HE Chao, MENG Quanke, HUA Lei, et al (6180)
Influence of edge effects on arthropods communities in agroforestry ecological systems	WANG Yang, WANG Gang, DU Yingqi, et al (6186)
Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities	CHENG Lin, LI Feng, DENG Huafeng (6194)
Comprehensive assessment of urban ecological risks; the case of Huaibei City	CHANG Hsiaoifei, WANG Rusong, LI Zhengguo, et al (6204)
The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009	JIA Baoquan, QIU Erfa, CAI Chunju (6215)
A projection-pursuit based model for evaluating the resource-saving and environment-friendly society and its application to a case in Wuhan	WANG Qianqian, ZHOU Jingxuan, LI Xiangmei, et al (6224)
Research on ecological barrier to Chang-Zhu-Tan metropolitan area	XIA Benan, WANG Fusheng, HOU Fangzhou (6231)
Optimization of urban land structure based on ecological green equivalent; a case study in Ningguo City, China	ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (6242)
Dynamic ecological footprint simulation and prediction based on ARIMA Model; a case study of Gansu Province, China	ZHANG Bo, LIU Xiuli (6251)
Review and Monograph	
A prospect for study on isolated wetland	TIAN Xuezhi, LIU Jiping (6261)
Dinoflagellate heterotrophy	SUN Jun, GUO Shujin (6270)
Research progress of microbial agents in ecological engineering	WEN Ya, ZHAO Guozhu, ZHOU Chuanbin, et al (6287)
The progress of ecological civilization construction and its indicator system in China	BAI Yang, HUANG Yuchi, WANG Min, et al (6295)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 20 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 20 2011

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营
许 可 证 京海工商广字第 8013 号

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel:(010)62941099
www.ecologica.cn
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元