

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

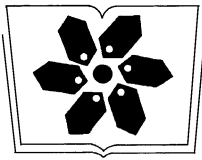
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 11 期 Vol.31 No.11 **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 11 期

2011 年 6 月 (半月刊)

目次

微生物介导的碳氮循环过程对全球气候变化的响应·····	沈菊培, 贺纪正 (2957)
巢湖蓝藻水华形成原因探索及“优势种光合假说”·····	贾晓会, 施定基, 史绵红, 等 (2968)
我国甜菜夜蛾间歇性暴发的非均衡性循环波动·····	文礼章, 张友军, 朱 亮, 等 (2978)
庞泉沟自然保护区华北落叶松林的自组织特征映射网络分类与排序·····	张钦弟, 张金屯, 苏日古嘎, 等 (2990)
上海大莲湖湖滨带湿地的生态修复·····	吴 迪, 岳 峰, 罗祖奎, 等 (2999)
芦芽山典型植被土壤有机碳剖面分布特征及碳储量·····	武小钢, 郭晋平, 杨秀云, 等 (3009)
土壤微生物群落结构对中亚热带三种典型阔叶树种凋落物分解过程的响应·····	张圣喜, 陈法霖, 郑 华 (3020)
中亚热带几种针、阔叶树种凋落物混合分解对土壤微生物群落碳代谢多样性的影响·····	陈法霖, 郑 华, 阳柏苏, 等 (3027)
桂西北喀斯特峰丛洼地表层土壤养分时空分异特征·····	刘淑娟, 张 伟, 王克林, 等 (3036)
重金属 Cd 胁迫对红树蚬的抗氧化酶、消化酶活性和 MDA 含量的影响·····	赖廷和, 何斌源, 范航清, 等 (3044)
海南霸王岭天然次生林边缘效应下木质藤本与树木的关系·····	乌玉娜, 陶建平, 奚为民, 等 (3054)
半干旱黄土丘陵区不同人工植被恢复土壤水分的相对亏缺·····	杨 磊, 卫 伟, 莫保儒, 等 (3060)
季节性干旱对中亚热带人工林显热和潜热通量日变化的影响·····	贺有为, 王秋兵, 温学发, 等 (3069)
新疆古尔班通古特沙漠南缘多枝桉柳光合作用及水分利用的生态适应性·····	王珊珊, 陈 曦, 王 权, 等 (3082)
利用数字图像估测棉花叶面积指数·····	王方永, 王克如, 李少昆, 等 (3090)
野生大豆和栽培大豆光合机构对 NaCl 胁迫的不同响应·····	薛忠财, 高辉远, 柳 洁 (3101)
水磷耦合对小麦次生根特殊根毛形态与结构的影响·····	张 均, 贺德先, 段增强 (3110)
应用物种指示值法解析昆崙山植物群落类型和植物多样性·····	孙志强, 张星耀, 朱彦鹏, 等 (3120)
基于 MSIASM 方法的中国省级行政区体外能代谢分析·····	刘 晔, 耿 涌, 赵恒心 (3133)
不同生态区烟草的叶面腺毛基因表达·····	崔 红, 冀 浩, 杨惠娟, 等 (3143)
B 型烟粉虱对 23 种寄主植物适应度的评估和聚类分析·····	安新城, 郭 强, 胡琼波 (3150)
杀虫剂啶虫脒和毒死蜱对捕食蜘蛛血细胞 DNA 的损伤作用·····	李 锐, 李生才, 刘 佳 (3156)
杀真菌剂咪鲜安对蓼花臂尾轮虫的影响·····	李大命, 陆正和, 封 琦, 等 (3163)
长、短期连续孤雌生殖对蓼花臂尾轮虫生活史和遗传特征的影响·····	葛雅丽, 席貽龙 (3170)
专论与综述	
区域景观格局与地表水环境质量关系研究进展·····	赵 军, 杨 凯, 邵 俊, 等 (3180)
露水对植物的作用效应研究进展·····	叶有华, 彭少麟 (3190)
葡萄座腔菌科研究进展——鉴定, 系统发育学和分子生态学·····	程燕林, 梁 军, 吕 全, 等 (3197)
人工林生产力年龄效应及衰退机理研究进展·····	毛培利, 曹帮华, 田文侠, 等 (3208)
树木年轮在干扰历史重建中的应用·····	封晓辉, 程瑞梅, 肖文发, 等 (3215)
植物中逆境反应相关的 WRKY 转录因子研究进展·····	李 冉, 娄永根 (3223)
研究简报	
三江源地区高寒草原土壤微生物活性和微生物量·····	任佐华, 张于光, 李迪强, 等 (3232)
3 种黑杨无性系水分利用效率差异性分析及相关 <i>ERECTA</i> 基因的克隆与表达·····	郭 鹏, 夏新莉, 尹伟伦 (3239)
猕猴桃园节肢动物群落重建及主要类群的生态位·····	杜 超, 赵惠燕, 高欢欢, 等 (3246)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 298 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-06



封面图说: 盘锦市盘山县水稻田——盘锦市位于辽宁省西南部, 自古就有“鱼米之乡”的美称。这里地处温带大陆半湿润季风气候, 有适宜的温度条件和较长的生长期以供水稻生长发育, 农业以种植水稻为主, 年出口大米达 1 亿多公斤, 是国家级水稻高产创建示范区和重要的水稻产区。

彩图提供: 沈菊培博士 中国科学院生态环境研究中心 E-mail: jpshe@reccs.ac.cn

上海大莲湖湖滨带湿地的生态修复

吴迪¹, 岳峰¹, 罗祖奎², 王天厚^{1,*}

(1. 华东师范大学生命科学学院 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室, 上海 200062;

2. 凯里学院环境与生命科学学院, 贵州 凯里 556011)

摘要: 采用改变土地利用模式、水系改造和植被配置等技术开展了上海青浦大莲湖湿地修复示范工程。从 2008 年 8 月到 2010 年 3 月跟踪调查了土地利用方式、鸟类群落、两栖爬行类、水质等多类指标来对示范工程进行评估。结果表明, 实验区生态系统的生境结构和生物多样性组成都发生了明显的变化。实验区内土地利用由主要以人工养殖鱼塘和林地为主的人工湿地(人工鱼塘占 50%, 林地占 25%), 转变为以开放性水域和乔灌木相结合的半自然状态下的自然湿地(明水面面积占 30%, 各类植被群落占 50%, 人工鱼塘完全消失), 植被从只有片段化林地转变为乔木、灌木丛、草本植物及各类水生植物相结合的格局; 工程后鸟类种类和数量均高于工程前(新记录到 11 种鸟类), 鸟类多样性指数和均匀性指数也有明显增加, 其中目标鸟类——雁鸭类新增 6 种, 种类和数量都呈显著增加; 两栖爬行类种类变化不大, 共记录到 6 科 12 种, 但整体数量比工程前增长了 59.1%; 水质指标的变化也很突出, 与工程前人工鱼塘相比, 实验区内水体中总氮(TN)、硝态氮(NO₃-N)、总磷(TP)、叶绿素 a(Chla)、高锰酸钾指数(COD_{Mn})等主要指标均有显著下降($P < 0.05$), 水质改善显著。由此说明, 修复工程改善了大莲湖湖滨带湿地的生态环境, 生物多样性得到较好的恢复, 呈现出良好的湿地修复效果。

关键词: 湖滨带湿地; 生态修复; 示范工程; 生物多样性; 水质

Ecological effects of lakeside wetlands restoration in Dalian Lake, Shanghai

WU Di¹, YUE Feng¹, LUO Zukui², WANG Tianhou^{1,*}

1 School of Life Sciences, Shanghai Key Laboratory of Urbanization and Ecological Restoration, East China Normal University, Shanghai 200062, China

2 School of Environmental and Life Sciences, Kaili University, Kaili 556011, China

Abstract: Lakeside wetland (aquatic-terrestrial zone) is a kind of important inter-land between the aquatic ecosystem and land terrestrial ecosystem, its main functions are as follows: keeping biodiversity of the lake wetland ecosystem, working as a buffer zone, protecting the lakeshore against the lake water erosion and so on. However the lakeshore system is also very vulnerable, in recent years, intensive human activities have resulted in deterioration of lake water, destruction of aquatic ecosystem, and especially destruction of lakeshore structure and function. In order to understand how to preserve the ecological functions of the lakeshore wetland properly, an ecological pilot project was carried out in Dalian Lake, Shanghai, and some scientific studies concerning about the restoration of ecological environment and the protection of biodiversity were also developed in the same time. This project covered the wetland ecological restoration process such as changing the land use pattern, developing the new drainage transformation, and reforming the vegetation distribution. From August 2008 to March 2010, parameters including land use pattern, bird populations, amphibian populations, reptile communities and water quality were collected in the restoration area to assess the effects of the project. The results showed that, the conservation value and biodiversity index have been increased significantly due to the redistribution of the different ecological habitats. During the restoration period, this demonstration area which was dominated by intensive fish ponds (50%) and woods (25%) was reformed into a much more complicated landscape with open water (30%), multi-vegetation communities (50%) and with no fish ponds left anymore. A diverse ecological area which was characterized by

基金项目: 上海市科委重大科技支撑项目(08DZ1203200, 08DZ1203202); 上海市科委临港新城滨海湿地营造关键技术研究(10DZ1211000)

收稿日期: 2010-12-09; **修订日期:** 2011-04-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: thwang@bio. encu. edu. cn

vegetation succession with forest, shrub, herbaceous plants and aquatic plants was established instead of small fragmentation of patch woods before the project. The statistic analysis on the total number of species and individuals of the bird communities also showed an positive increase although not in a large part ($P>0.05$), additionally, eleven bird species were newly recorded after the project, the Shannon-Wiener index (H') and Pielou index (J) also showed a significant increase after the project, the total individual number and species of the targeted species- Geese and Ducks got a significant increase (6 species were newly recorded). On the part of amphibian and reptiles, totally twelve species of amphibians and reptiles were found both before and after the project, but the total number of individuals recorded after the project increased 59.1% comparing with the numbers recorded before the project. In terms of water quality, there was also a significant improvement, the levels of TN, NO_3^- , TP, Chl. a and COD_{Mn} significantly decreased ($P<0.05$) in the restoration area comparing with those in the intensive fish ponds, which indicated that the general water quality in the project area had been significantly improved after the project.

This study shows that after the implement of the ecological restoration project, the environment and habitat qualities in the lakeside wetlands of Dalian Lake have been improved significantly, and the pilot project would become a case study to promote a reasonable management on lakeside wetlands around Taihu Lake region located in low Yangtze River region.

Key Words: lakeside wetlands; ecological restoration; pilot project; biodiversity; water quality

湖泊湿地是世界上生物多样性最丰富的生态系统之一,其生态服务价值是农田的百倍,经济产出价值是农田的数倍,是地球生命体自调节自平衡的重要系统^[1-2]。湖滨带作为一种水陆生态交错带类型,是湖泊湿地的重要组成部分,在湖泊流域生态系统中发挥着保持生物多样性、缓冲带、护岸等重要作用。但随着人口的急剧增加,人类各种工农业活动对湖泊干扰不断加剧,世界范围内的湖泊生态系统尤其是湖滨带生态系统退化严重,湖滨带退化往往造成植被破坏、生物多样性下降、水质恶化等严重问题。因此与湖泊湿地生态修复密切相关的湖滨带退化生态系统恢复与重建已成为当今恢复生态学研究的重要内容之一^[3]。我国是一个多湖泊的国家,全国共有 1 km² 以上的湖泊 2759 个,其中约三分之一为淡水湖泊,且绝大多数为浅水湖泊^[1]。因此对湖泊的重要缓冲区——湖滨带的保护与恢复研究就显得尤为重要。湖滨带的生态恢复与重建就是在湖滨带调查、类型划分和主要环境因子调查的基础上,按照生态学规律,人工调控湖滨带结构,使受害或退化生态系统重新获得健康。目前国内外对生态系统恢复与重建的研究主要集中在土壤生态系统、海洋生态系统以及湖泊内的水生生态系统等方面,而对湖滨带生态系统的恢复与重建研究较少^[4]。美国从 1975 年开始华盛顿湖湖泊恢复的研究,内容包括湖泊营养状况分类、恢复计划实施的可行性研究及恢复项目实施的效应评价等,由于生态恢复计划的实施,湖泊富营养化水质的控制与改善取得了明显的效果^[5]。加拿大也开展了针对大湖的修复计划^[6],中国生态学会已将恢复生态学作为生态学五大优先关注或资助的领域之一^[7]并已相继开展了一系列生态工程的研究实验。中国科学院南京地理与湖泊研究所以改善水质和修复湖滨带生态系统为目标在江苏太湖和云南滇池开展了湖滨带生态恢复工程^[8-9],中国科学院地理研究所、动物研究所和生态环境研究中心在对白洋淀生态系统特征进行深入研究基础上,提出了白洋淀区域水污染控制、水域生态系统恢复的综合技术方案^[10]。

上海地区的湖泊湿地主要是淀山湖区域的湖泊群。该区域是黄浦江上游重要的水源地,提供了水源涵养和水质净化、土地资源储备、生物多样性保育等功能^[11]。而近年来周围不合理的开发利用使湖泊湿地生态环境恶化,生物多样性下降^[12]。为了应对日益严重的环境恶化问题,进一步贯彻《上海市“十一五”规划纲要》中关于黄浦江上游水源地保护计划,开展了以大莲湖为核心的“上海西郊淀山湖湿地生态恢复区”湿地修复工程。大莲湖是天然湖泊湿地与人工鱼塘湿地组成的混合湿地,通过拦路港、北横港等与淀山湖及其他水系沟通,近年水质污染问题严重,生态系统退化,生物多样性降低,是典型的受损湖泊湿地。作为淀山湖区域湖泊湿地的典型代表,大莲湖湖滨带湿地的生态修复对于淀山湖区域和黄浦江上游水源地的生物资源保育、水

环境保护和净化具有重要的示范意义^[13-14]。

本文基于大莲湖受损湖滨带湿地修复工程试验,对比了湖滨带湿地生态系统修复工程前后在土地利用、植被、生物多样性(鸟类、两栖及爬行类)、水质等方面指标的差异,定量评估了修复效果,旨在为该区域的湖滨带湿地生态系统修复和保护积累经验 and 资料并为淀山湖区域湖滨带湿地的修复提供示范。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

淀山湖区域处于太湖流域下游与黄浦江上游之间的湖荡低洼地带,总面积 340.44 km²,其中天然湖泊 21 个,湿地总面积占 32.7%。湿地类型主要包括淡水湖泊、沼泽、河网、鱼塘和水上森林。区域内植被类型主要包括池杉(*Taxodium ascendens*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)和香樟(*Cinnamomum camphora*)及少量芦苇(*Phragmites. australis*)群落。该区域全年平均日照时数为 1930 h,全年平均气温为 15.8℃,年平均降水量为 1149 mm,常年平均有霜日为 37.8 d,周边水系属于感潮极弱地区,年平均高潮(水)位 2.68 m,年平均低潮位 2.03 m。

大莲湖地理位置为 31°02′57.47″—31°05′06.96″N, 120° 57′36.25″—121°00′53.55″E,属于天然湖泊与鱼塘人工湿地混合湿地,是上海市水源地核心保护区域,正在进行湿地修复工程的 14.6 km²大莲湖示范区属于太湖流域水环境综合治理范围,也是世界自然基金会(WWF)水源地保护项目示范点(图 1)。近年来大量的围湖造田导致大莲湖水域面积从 1.474 km²锐减至目前的 0.9 km²^[13],湖滨带湿地被人工鱼塘及民居取代,大量的人工投料使区域内水质基本上处在Ⅲ类到Ⅳ类之间并仍有继续恶化的趋势,富营养化问题严重,这都严重影响到黄浦江取水口的水质安全。

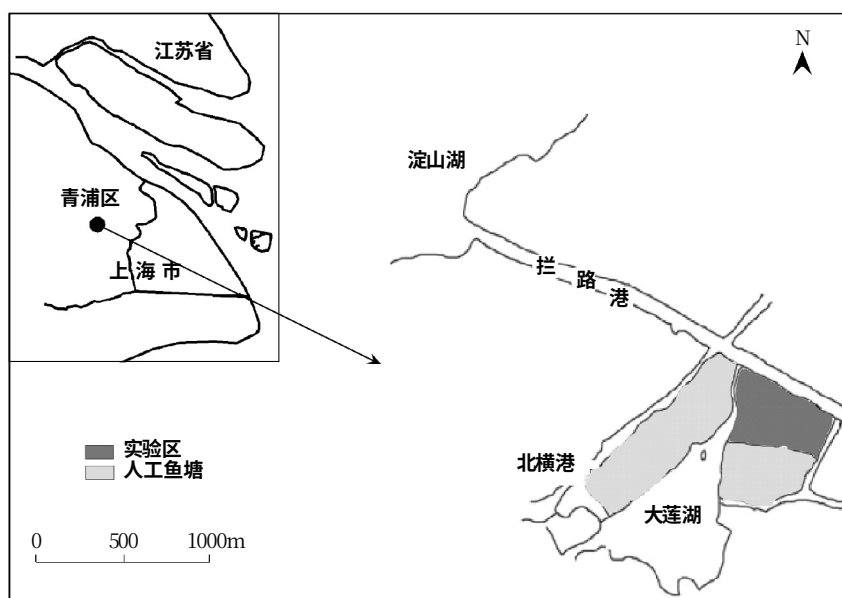


图 1 大莲湖湖滨带湿地修复工程位置图

Fig. 1 Location of ecological restored demonstration project in lakeside area of Dalian Lake

1.2 研究方法

1.2.1 鸟类调查方法

2008 年 11 月至 2010 年 6 月,在工程试验区每个季节进行 5 次野外调查。调查时由两人组成的小组携带单筒、双筒望远镜,对工程区内人工湿地和自然湿地采用样方法(样方大小为 100 m×100 m)进行调查,林地调查采用样方法(50 m×50 m)调查,每次调查依据既定路线按顺序走完所有 6 个样方。所用单筒望远镜为

20—60 倍,双筒望远镜为 8 倍;调查在每个月的中旬进行,时间多选在晴天的 07:00—10:00,结合工程之前所得的鸟类调查数据进行分析。

1.2.2 两栖爬行类调查

在 2009 年和 2010 年的 4 月、7 月和 9 月对大莲湖的两栖爬行类进行野外调查,每天调查时间为 20:00—22:00。按照生境分类记录样线内发现的两栖爬行类,生境类型分为:池杉林(水森林)、人工鱼塘、抛荒鱼塘、水稻田、天然湖泊堤岸等。所有样线设置为:200m×3m,其中,鱼塘和天然湖泊堤岸观察为岸边陆地宽 1 m 和水面宽 2 m 的范围。工程前后每类生境对应月份调查次数相同,工程前后调查样线重复,结合前期两栖爬行类调查数据分析。

1.2.3 土地利用方式调查

为了更加准确的记录工程前后土地利用方式的变化,利用 GPS 和测距仪实地测定示范区各生境类型的面积以及植被群落的分布情况,同时分析土地利用的指标变化。

1.2.4 水质调查

在大莲湖修复工程内选取 10 个固定水样采集点,10 个取样点在整个示范区水域中均匀分布,由于实验开始时示范区内人工鱼塘施工已经开始,选取与工程区域相邻的一组人工鱼塘(图 1)作为对照区设立 10 个取样点,作为修复区鱼塘施工之前的对照(在施工之前该区域人工鱼塘的养殖模式和年度变化都相同,因此可认为鱼塘的水质情况大体相同)。从 2009 年 3 月—2010 年 3 月,每 3 个月对以上样点进行水质的取样和指标跟踪监测,用有机玻璃采样器在每个采样点 0.5 m 处采集水样,分别用不同保存剂固定后在 24 h 内进行分析测定。监测的水质指标包括:pH、硝态氮(NO_3^- -N)、铵态氮(NH_4^+ -N)、电导率(EC)、叶绿素(Chl. a)、溶解氧(DO)、总磷(TP)、总氮(TN)和高锰酸钾指数(COD)。各指标具体分析方法采用霍元子等人研究所用方法^[15]。

1.3 工程设计

1.3.1 湿地生境恢复

工程于 2008 年 11 月份开始实施,到 2009 年 6 月份整体生境改造基本完成,但后续植树及维护等工作仍在继续。工程总面积 39.9 hm^2 ,根据修复项目要求及大莲湖湿地修复的目的,综合考虑水位、植被组成及盖度、水系沟通等多种生态要素进行人为生境改造,工程措施包括疏浚淤泥,清除含高营养盐的表层沉积物质进而降低内源污染,深挖并拓宽水塘、疏通水系、增加人工小岛和土堆、围建土堤及浅滩开挖来对湿地的地形、地貌进行改造,开挖约 12 hm^2 的开放性水域并最终产生了 7 个面积较大的水塘,水塘最深约为 6—7 m,岸堤成斜坡形下降;沟通水系共 9 条总长度为 2000 m(图 2)。

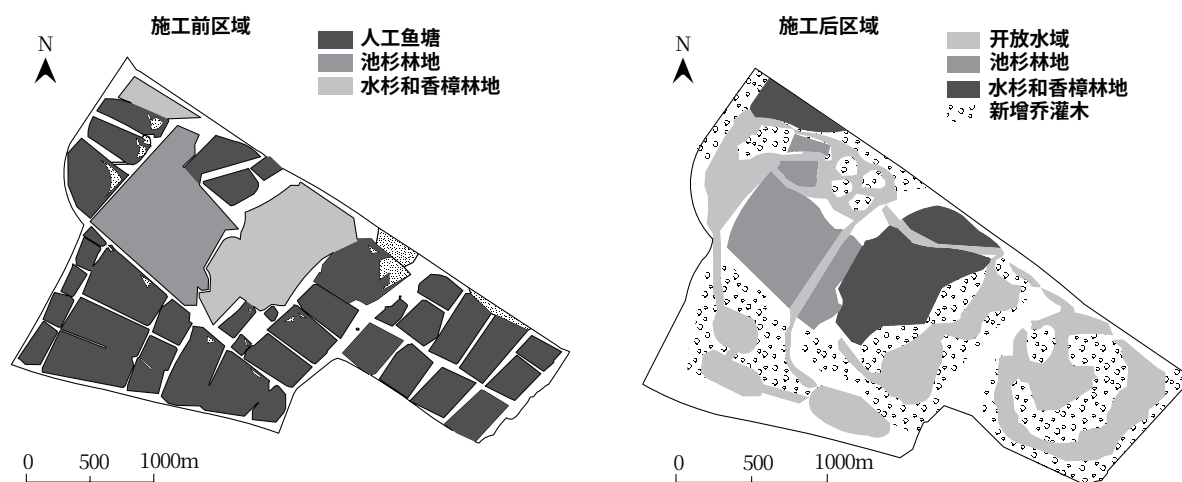


图 2 实验区工程前后主要生境变化图

Fig. 2 The comparison of habitat before and after the demonstration project

1.3.2 湿地生物恢复

按照自然湖泊湿地的植被配置,在示范区进行植被重建及引入,在原有水生植被和人工林的基础上,增加池杉(*Taxodium ascendens*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)等大型乔木的种植面积,随着人工鱼塘被自然水域所代替,重新引入美人蕉(*Canna indica*)、莲(*Nelumbo nucifera*)、浮萍(*Lemna minor*)、苦草(*Vallisneria natans*)、荇菜(*Nymphoides peltatum*)、蒲草(*Typha angustifolia*)等水生植物群落。植被配置形成了乔木、灌木、草本植物、挺水植物、浮水植物、沉水植物一系列完善的植被演替类型,具有更好的层次感和连贯性。另外,根据大莲湖示范区特点,以上层鱼类、中下层鱼类和底层鱼类的放流相结合,相继放养鲫鱼(*Carassius auratus*)、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)、鲤鱼(*Cyprinus carpio*)、鲢鱼(*Cirrhinus molitorella*)、子陵吻鰕虎鱼(*Rhinogobius giurinus*)、麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*)、棒花鱼(*Abbottina rivularis*)、鳊鱼(*Rhodeus Rhodeinae*)等土著鱼类,通过食物链对水质起到很好的净化效果并为鸟类提供更多的食物资源。另外根据湿地物种保育的要求,优化了群落结构配置,特别针对雁鸭类等水禽的生境偏好,分别设计了不同水深和不同植被的多样化生境。

1.4 数据分析方法

由于施工时间所限,采用2008—2009年冬季与2009—2010年冬季、2009年春季与2010年春季的数据。用Microsoft Excel 2003对所用到的数据进行统计,采用Shannon-Wiener指数(H')、优势度指数(C)和Pielou指数(J)分别测度鸟类群落的 α 多样性、优势度和均匀度^[16]。计算公式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$$C = \sum_{i=1}^S (P_i)^2$$

$$J = H' / H'_{\max}$$

式中, S 为总的物种数; P_i 为第 i 物种个体数与所有物种个体总数的比值; $H'_{\max}$ 为 $\ln S$ 。

用Excel 2003统计两栖爬行类数量级各相关指标。用单因素方差分析来检验修复工程1年间不同区域水质的差异显著性,相关性分析来确定不同水质指标之间的关系。

2 结果与分析

2.1 生境变化

工程前试验区内土地利用主要以人工养殖鱼塘为主(图2),共有大小鱼塘30个,占总面积的50.1%(表1),约8000余株的池杉林和以香樟、水杉为主的苗圃林,占总面积的25.3%。施工后区域内人工鱼塘被6大开放性水域代替,明水面的面积占到了总面积的29.6%,大型乔木的面积从工程前的25.3%增长到工程后的44.6%,水生植物从无到有,工程后的面积占总面积的2.8%,而根据修复工程的要求,芦苇的面积有所下降,工程后由于不同水域之间沟通的需要,河道的面积从之前的16.5%上升到18.1%。从土地利用的情况来看,随着工程的实施,实验区由以前人类主导的人工鱼塘湿地转变成了半自然状态下的自然湿地,生态系统的结构和生境的配置符合自然湿地的要求,为生物多样性的恢复提供了良好的基础。

表1 修复工程前后生境类型的面积分布

Table 1 Approximate distribution of the different habitats of the project before and after the restoration

生境类型 Habitat types	修复前面积/m ² Before restoration/m ²	所占百分比/% Before restoration/%	修复后面积/m ² After restoration/m ²	所占百分比/% After restoration/%
人工鱼塘 Intensive fish ponds	200000	50.1	—	—
林地 Woodlands	101000	25.3	101000	25.3
芦苇丛 Reeds	32000	8.1	19540	4.9
河道 Riverway	66000	16.5	72000	18.1
新增植树 New planted woods	—	—	77000	19.3
开放性水域 Opening water	—	—	118283	29.6
新增水生植物 New planted aquatic Plant	—	—	11177	2.8

2.2 鸟类

施工之前,实验区内共记录到鸟类 65 种(其中未识别鸟类 3 种,以下所有计算未识别鸟类均包括在内),隶属 11 目 27 科,占淀山湖群区域鸟类 183 种^[17]的 35.52%。在工程一年后的 2009 年冬季和 2010 年春季共记录到鸟类 71 种,隶属 11 目 32 科,其中与工程前相比新记录到的水鸟有 11 种,陆鸟 10 种,包括:牛背鹭(*Bubulcus ibis*)、大麻鵝(*Botaurus stellaris*)、罗纹鸭(*Anas falcata*)、斑嘴鸭(*Anas poecilorhyncha*)、白眉鸭(*Anas querquedula*)、赤膀鸭(*Anas strepera*)、白眼潜鸭(*Aythya nyroca*)、白秋沙鸭(*Mergellus albellus*)、普通鵟(*Buteo buteo*)、红隼(*Falco tinnunculus*)、骨顶鸡(*Fulica atra*)、鹤鹑(*Tringa erythropus*)、白腰草鹑(*Tringa ochropus*)、斑鱼狗(*Ceryle rudis*)、金腰燕(*Hirundo daurica*)、楔尾伯劳(*Lanius sphenocercus*)、八哥(*Acridotheres cristatellus*)、喜鹊(*Pica pica*)、纯色鹧鸪(*Prinia inornata*)、中华攀雀(*Remiz consobrinus*)、金翅雀(*Carduelis sinica*)等。对比工程前后的优势度指数、多样性指数和均匀性指数可以看出(图 3),工程后鸟类群落多样性和均匀性比工程前有了显著提高,优势度指数有所下降,优势度指数值越大,表明优势种的作用越大,摄取资源的能力越强,多样性相应减少,其值越小,说明群落内物种间的差别越小^[18]。从鸟类生态类群组成来看,工程区前后最多的都是涉禽和鸣禽,而在工程后实验区游禽,目标鸟类——雁鸭类新增加 6 种,并新纪录到猛禽 2 种,并在 2009 年 9 月份发现上海市新分布物种白胸翡翠 4 只^[19]。总体看来实验区鸟类种类、数量都是工程后比工程前要高(图 4),说明工程后的生境和植被配置能更好地起到鸟类生物多样性保育的效果。

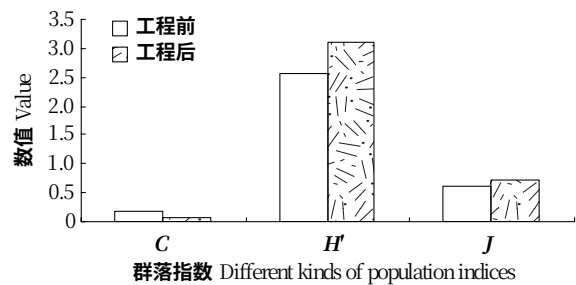


图 3 工程前后实验区鸟类群落指数的对比

Fig. 3 The comparison of indices of bird's community before and after the project

C 为优势度指数, H' 为多样性指数, J 为均匀性指数

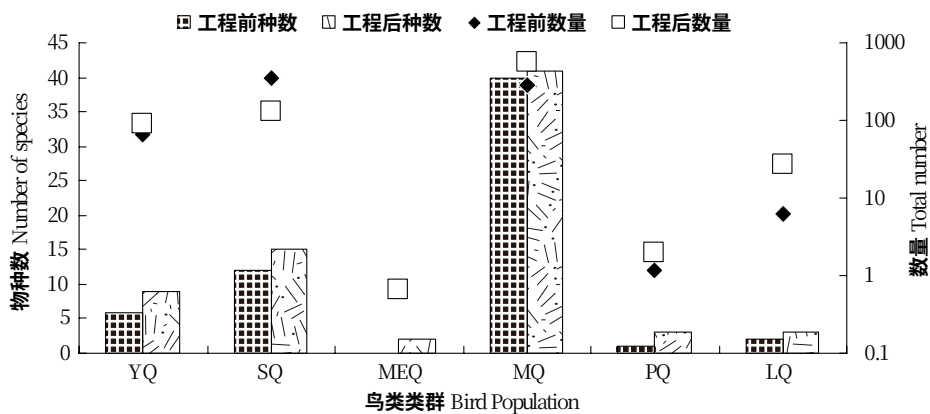


图 4 实验区工程前后鸟类物种数和数量对比

Fig. 4 The comparison of birds' species and individual number before and after the demonstration project

数量坐标轴经过标准化处理; YQ: 游禽 Swimming birds; SQ: 涉禽 Waterfowls; MEQ: 猛禽 Raptor; MQ: 鸣禽 Songbirds; PQ: 攀禽 Scansores; LQ: 陆禽 Terrestrial bird

2.3 两栖爬行类

2.3.1 两栖类

共调查到两栖动物 5 种,分别为中华大蟾蜍(*Bufo bufogargarizans*)、泽蛙(*Rana limnocharis*)、金线蛙(*Rana plancyi*)、黑斑蛙(*Rana nigromaculatta*)和饰纹姬蛙(*Microhyla ornata*)。两年的调查结果表明,工程前和工程后两栖动物物种数量百分比从大到小的次序均依次为:泽蛙、金线蛙、中华大蟾蜍、黑斑蛙、饰纹姬蛙。但是同一物种调查到的总个体数均为工程后高于工程前的数量(图 5),其中,工程后数量与工程前数量相差最大为泽蛙,相差最小的为中华大蟾蜍。

2.3.2 爬行类

共调查到爬行动物 7 种,分别为多疣壁虎(*Gekko japonicus*)、赤链蛇(*Dinodon rufozonatum*)、乌梢蛇(*Zaocys dhumnades*)、红点锦蛇(*Elaphe rufodorsata*)、黑眉锦蛇(*Elaphe taeniura*)、枕纹锦蛇(*Elaphe dione*)和短尾蝮(*Gloydius brevicaudus*)。2a 的调查结果表明,工程前和工程后爬行动物物种数量最多的前 3 种均为:赤链蛇、乌梢蛇和红点锦蛇。除了多疣壁虎工程前比工程后记录到的数量多,其他种类的爬行动物在工程后记录到的总数量都不少于工程前记录到的总数量(表 2)。

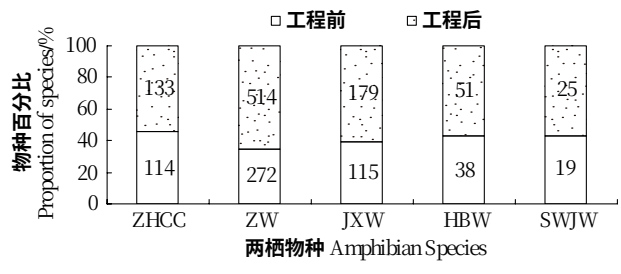


图 5 试验区工程前后两栖动物数量比较

Fig. 5 The comparison of amphibian species in the project area before and after the project

ZHCC 中华蟾蜍,ZW 泽蛙,JXW 金线蛙,HBW 黑斑蛙,SWJW 饰纹姬蛙

表 2 工程前后实验区爬行类物种和数量对比

Table 2 The comparison of the number and species of Reptilia in the demonstration area before and after project

类别 Class	物种名 Species	记录个体总数 Total number of individual	
		工程前 Before project	工程后 After project
爬行纲 Reptilia	壁虎科 Gekkonidae		
	1. 多疣壁虎 <i>Gekko japonicus</i>	1	0
	游蛇科 Colubridae		
	2. 赤链蛇 <i>Dinodon rufozonatum</i>	8	10
	3. 乌梢蛇 <i>Zaocys dhumnades</i>	8	8
	4. 红点锦蛇 <i>Elaphe rufodorsata</i>	6	6
	5. 黑眉锦蛇 <i>Elaphe taeniura</i>	1	2
	蝮科 Viperidae		
	6. 枕纹锦蛇 <i>Elaphe dione</i>	1	1
	7. 短尾蝮 <i>Gloydius brevicaudus</i>	2	2
合计 Total	3 科 7 种 3 families and 7species	27	29

2.4 水质

通过对 2009 年 3 月精养鱼塘与 2010 年 3 月人工修复区域主要指标的具体变化情况分析,由图 6 可以看出,示范工程修复后水体中叶绿素 a(Chl. a)、含氮指标、总磷(TP)、化学需氧量(COD)、溶解氧(DO)等指标均有显著下降(P 值均小于 0.05)。在施工后 COD 含量较低,说明经过改造后水中有机物的浓度显著下降;另外电导率呈现缓慢上升的趋势,主要原因是该地区土壤经过多年养鱼积累了较多的有机质底泥,并且在施工重新灌水后底泥中大量的易溶性盐类释放到了水体中,根据以往的研究,随着时间的推移,电导率也会逐渐恢复并接近自然水平^[20]。

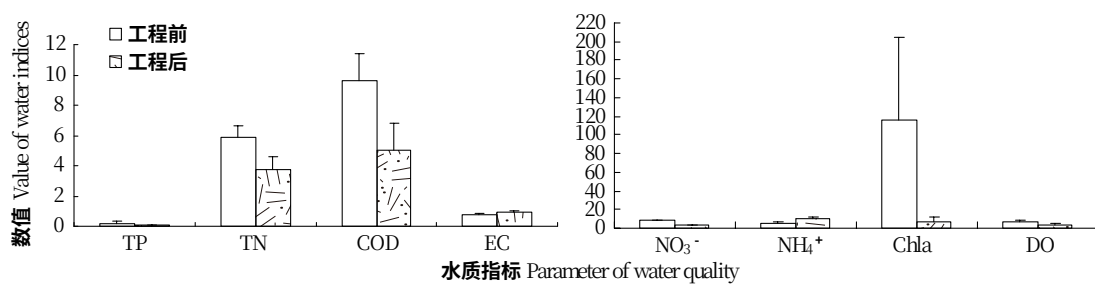


图 6 工程前后实验区水质指标变化对比

Fig. 6 The comparison of 8 water quality indices in the demonstration area before and after the project

3 讨论

3.1 生境多样性与生物多样性恢复效果

湖滨带是湿地景观和湖泊生态系统中生物多样性最为丰富的地区之一,根据对整个示范区生物多样性的

调查分析,该区域生境受人造的干扰很大,而人类活动也是湖滨带受到严重生态破坏的主要原因^[3]。威胁鸟类生物多样性的因素主要包括生境单一、水深过大、植被配置不合理、人为干扰等,威胁两栖爬行类多样性的因素主要有水质污染、生境单一、水生植被及灌草丛的缺乏及农药等人为干扰。

(1) 鸟类在整体物种数量及个体数量上都有大幅度上升,尤其是作为目标鸟类的雁鸭类等游禽物种增加明显,由施工之前的 1 种增加到 7 种。有研究表明,水域、裸地和植被是影响自然湿地中游禽分布的 3 个重要生境单元^[21],是游禽栖息的基本景观要素,工程后实验区明水面占总面积的 29.6%,鱼苗等食物资源的投放及人为干扰因素的降低是导致雁鸭类种类数量增加的有利因素^[22]。

虽然实验区工程后鸟类的种类和数量都比工程前高,但工程前也有多种鸟类在工程后没有记录到,例如白额燕鸥、须浮鸥等游禽,苍鹭、针尾沙锥等涉禽在工程后都没有发现,这可能与不同鸟类所依赖的环境有关^[23],由于实验区部分区域地形塑造和植被培育尚未完全完成,光滩(泥滩)面积不稳定,所以鸕鹚类没有明显变化;涉禽的数量在工程后下降了 50% 左右,涉禽形态特征和生活习性决定了其不能在过深的水域取食和栖息^[24],人工鱼塘被开放性水域代替也使鹭科鸟类丧失了部分觅食地,根据以往研究来看,随着浅滩生境的逐渐稳定和鸟类饵料丰富度逐渐增加,涉禽的数量会逐渐升高^[25]。总体来说,随着工程前生境单一及破碎化状况的改变,鸟类生物多样性和均匀度都有所提高,目标鸟类——雁鸭类的种类数量有显著增加,通过多样化的生境单元组合能达到招引更多鸟类类群的目标^[26]。

(2) 对两栖类的调查结果显示实验区内工程后比工程前数量上都有所增加,但 *T*-test 显示差异均未达到显著水平($P>0.05$),种类没有发生变化。但是在各不同小生境中数量有显著变化,池杉林中的泽蛙、金线蛙和黑斑蛙;原人工鱼塘中的蟾蜍、泽蛙、金线蛙和黑斑蛙都显著增加。这与施工前后的微生境变化有密切关系,工程前水森林边缘地表为长满低矮杂草的旱地,工程后部分转换为浅水(5—10 cm)湿地生境,使泽蛙的数量上升,金线蛙和黑斑蛙也从无到有。原人工鱼塘在工程前岸堤周边 50% 为水泥板,堤岸上长满杂草和少量灌木,并且鱼塘水质较差,工程后的开放性水域周边为泥地,堤岸边人工种植少量的茭白、睡莲等水生植物,水质较好,这都是适宜两栖类生存的生境。两栖动物对温度和湿度的依赖性大,该地区温暖湿润的气候本应是其理想的栖息场所,但是由于植被的破坏,生境片段化严重以及严重的人类干扰影响了两栖动物的栖息和生存,导致物种数量和多样性较低^[27],实验区正式针对影响两栖动物的主要因素进行了生境修复,因此虽然在少量的生境中个别两栖动物物种数量略有下降,但从整个生境看,工程后每种两栖动物数量均比工程前有不同程度的增加。

实验区工程前后,除了天然湖泊堤岸发现的爬行动物种类和数量相对较丰富,其他生境中爬行动物的丰富度都较低。工程前后爬行动物丰富度变化较大的生境主要为天然湖泊堤岸和原人工鱼塘,这两种生境中的各种两栖动物在工程前后数量也均有变化,所以蛇类的变化可能会与其食物来源——蛙类的变化有一定关系,这还需要进一步的数据收集。

3.2 生境改造对水质的影响

水质是湿地的重要因子之一,也是影响湿地动植物多样性的一个关键因子,因此水质的变化也是评估湿地修复效果的重要方面^[28]。从水体 1a 的变化趋势来看,人工修复区总氮、总磷、化学需氧量、叶绿素等指标均呈现显著下降趋势(P 均小于 0.05),说明水质到目前为止已经有一定程度的改善,相关性分析得叶绿素含量与 TP 呈显著相关($F=0.615, P=0.007$),而与 TN 无显著相关关系($F=0.236, P=0.346$),COD 的变化也与 TP 具有显著的相关性($R=0.581, P=0.011$),而与 TN 无明显相关性($R=0.244, P=0.329$),说明总磷可能是该区域水体的主要限制因子。结合总氮的变化来看,人工养鱼的饲料投喂以及鱼类的排泄物可能是该区域总氮和总磷的重要来源,因此当投喂饲料和精养鱼塘鱼类排泄物这些主要营养来源多数被去除以后,氮磷指标的含量会显著下降。溶解氧含量在人工修复区比精养鱼塘显著降低($P=0.00$),且变化与叶绿素呈显著的相关性($F=0.515, P=0.0029$),在精养鱼塘较高是因为测定时间选在下午,而鱼塘叶绿素较高的光合作用产生的氧气使含量上升。人工修复区溶解氧含量的降低是由于水体中浮游植物较少,并且在下午随着温度的升高

也使水溶解氧的能力下降所致。已有研究表明^[29-30],水生植物对氮磷具有良好的净化效果,人工修复区内大量种植的水生植物能对水中营养物质吸收更快,也使进入水体中的氮、磷含量减少,提高了修复区的水质状况。而实验区的水质并不是在改造完成后就转好,而是经过一个短暂的恶化期后逐渐趋向改善,这与以往研究结论相似^[20],因为修复区域原有的含丰富营养物质的底泥仍然存在,底泥在修复初期大量释放入水体中,导致水质指标短时恶化,随着时间的推移会逐步恢复到自然状态。从总体看来,经过一年的工程修复之后,随着水生植被群落结构的趋于稳定、水系的沟通以及污染物来源的减少,实验区内水质与之前相比有了明显改善。

3.3 结语

本文通过对湿地修复工程实施 1a 之后湿地生态系统土地利用、动植物多样性、水质等多项指标的监测分析,可以看出修复后的湿地生态系统与之前人工鱼塘占主体的人工湿地生态系统相比,生境破碎化和人为干扰等严重影响湖滨带正常发挥生态功能的因素逐渐减少,生境和生物多样性都有明显的增加,人工修复的效果正在逐步显现。由于在修复过程中,生态系统达到平衡是一个缓慢的过程,具有时滞效应^[26,31],在初始阶段生物组分的分布会呈现出很大的时空变异特征,因此在调查过程中部分区域的鸟类多样性出现下降、两栖爬行类种类数量的波动以及水质指标的短暂反弹并不能否认湿地修复的效果。一旦生态系统达到稳定平衡的状态,生物多样性会回升到一个较高的水平,湿地的水质和植被状况也会逐渐达到一个健康自然的湿地生态系统的水平。另外,这种短期的湿地修复评估研究虽然提供了生态修复组分的第一手资料,但是由此得出的结论在生态系统恢复未达到平衡状态时,有待进一步研究^[26],因此对实验区的长期连续性监测对于受损湿地修复措施和管理策略的评估仍然是非常有必要的。

References:

- [1] Wang S M, Dou H S. Lakes in China. Beijing: Science Press, 1998: 55-55.
- [2] An S Q. Wetland Ecology Engineering — Optimization Model for Wetland Resource Utilization and Protection. Beijing: Chemical Industry Press, 2003: 2-5.
- [3] Yan C Z, Jin X C, Zhao J Z, Ye C, Wang Z Q. Ecological restoration and reconstruction of degraded lakeside zone ecosystem. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(2): 360-364.
- [4] Lu H W, Zeng G M, Jin X C, Jiao S. Theories, technologies and applications of ecological restoration and reconstruction on aquatic-terrestrial ecotone. Urban Environment and Urban Ecology, 2003, 16(6): 91-93.
- [5] Lane R R, Day J W, Kemp G P, Demcheck D K. The 1994 experimental opening of the Bonnet Carre spillway to divert Mississippi River water into Lake Pontchartrain, Louisiana. Ecological Engineering, 2001, 17(4): 411-422.
- [6] Hartig J H, Thomas R L. Development of plans to restore degraded areas in the Great Lakes. Environmental Management, 1988, 12(3): 327-347.
- [7] Peng S L. The restoration of degraded ecosystems and restoration ecology. China Basic Science, 2001, (3): 18-24.
- [8] Xu P Z, Qin B Q. Degeneration of ecosystem of lakeside zone around Taihulake and planning for its rehabilitation. Water Resources Protection, 2002, (3): 31-36.
- [9] Yan C Z, Ye C, Liu W X. Study on eco-reconstruction program for aquatic-terrestrial ecotone of lake Erhai in Yunnan Province. Shanghai Environmental Science, 2003, 22(7): 459-464.
- [10] Zhang S, Tang Y J. The Research of Water Pollution Control in Baiyangdian Area. Beijing: Science Press, 1995: 42-45.
- [11] Chen D C, Chen D C. Eco-Economics system and protecting environment from pollution in Qing Pu district. Ecological Economy, 2001, 12: 74-75.
- [12] Sun Z Z, Wu W N, Lin H S, Liu S M. The water quality monitoring on Dianshanhu Lake and upper reach of Huangpu River for fishery. Fisheries Science and Technology Information, 1998, 25(5): 220-223.
- [13] Zhang H W, Zhu X D, Che Y, Zhuo Y W, Hu W. Approach for ecological restoration of Dalian Lake based on regional development and water source protection. China Water and Wastewater, 2009, 25(18): 6-9.
- [14] Zhu X L, Yang Z Y. The empirical analysis of factors affecting displaced fishermen's occupation transfer in Shanghai's Dianshan Lake water resources protection district. Journal of Agrotechnical Economics, 2008, (3): 106-112.
- [15] Huo Y Z, He W H, Luo K, Wang Y Y, Zhang Y J, Tian Q T, He P M. Bioremediation efficiency of applying *Daphnia magna* and submerged plants: A case study in Dishui Lake of Shanghai, China. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(2): 495-499.
- [16] Luo Z K, Wu F Q, Liu J W, Xiang G X, Wang T H. Harrier Cirus biodiversity and its environment impact study in Shahu Nature Reserve in Hubei, China. Acta Ecologica Sinica, 2009, 20(5): 2331-2339.
- [17] Ge Z M, Zhou X, Wang K Y, Chen L T, Wang T H. Ecological planning and benefits analysis on deteriorated lake wetlands — A case study of

- west suburbs wetland(Shanghai). *Ecological Economy*, 2009, (4): 30-36.
- [18] Hou Y, Guo Z G, Long R J. Changes of plant community structure and species diversity in degradation process of Shouqu wetland of Yellow River. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(1): 27-32.
- [19] Yue F, Luo Z K, Wu D, Ren W L, Wang T H. New recording of halcyon smyrnensis in Dalian Lake, Shanghai. *Chinese Journal of Zoology*, 2009, 44(6): 16.
- [20] Wu F C, Deng X J, Lu H Z, Peng S L, Zou J. Supervision and analysis of water quality in Dongting Lake recovery area. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(1): 134-140.
- [21] Zhao P, Yuan X, Tang S X, Wang T H. Species and habitat preference of waterbirds at the eastern end of Chongming Island (Shanghai) in winter. *Zoological Research*, 2003, 24(5): 387-391.
- [22] Tang J, Lu C H, Yuan A Q. The Species Composition, Abundance and distribution in habitat of geese and ducks in the eastern Hongzehu wetland natural reserve. *Chinese Journal of Zoology*, 2007, 42(1): 94-101.
- [23] Lu W W, Tang S X, Shi H L, Ding Z F, Bo S Q, He X. Relationship between avian community and habitat in Shanghai urban woodlots in winter. *Chinese Journal of Zoology*, 2007, 42(5): 125-130.
- [24] Hervey B. Shorebirds leaving the water to defecate. *Auk*, 1970, 87(1): 160-161.
- [25] Bregnballe T, Amstrup O, Bak M B. The restoration of Skjern River. Summary of monitoring results 1999 – 2003 (in Danish with English summary). National Environmental Research Institute Technical Report, 2005, 531: 96-96.
- [26] Gao W, Lu J J. A restoration trial of bird habitat on the intertidal flats in the Yangtze Estuary and its short-term effects. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(5): 2080-2089.
- [27] Yu X D, Luo T H, Wu Y M, Zhou H Z. A Large-Scale pattern in species diversity of amphibians in the Yangtze River basin. *Zoological Research*, 2005, 26(6): 565-579.
- [28] Zhang Y Z, Wang X. A review of ecological restoration studies on natural wetland. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(2): 309-314.
- [29] Nakamura K, Shimatani Y. Water purification and environmental enhancement by the floating island. *Proceedings of Asia Water quality 97 in Korea*, 1997: 888-895.
- [30] Xu D F, Xu J M, Wang H S, Luo A C, Xie D C, Ying Q S. Absorbility of wetland plants on N and P from eutrophic water. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2005, 11(5): 597-601.
- [31] Hughes F M, Colston A, Mountford J O. Restoring riparian ecosystems: the challenge of accommodating variability and designing restoration trajectories. *Ecology and Society*, 2005, 10(1): 10-12.

参考文献:

- [1] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志. 北京: 科学出版社, 1998: 55-55.
- [2] 安树青. 湿地生态工程——湿地资源利用与保护的优化模式. 北京: 化学工业出版社, 2003: 2-5.
- [3] 颜昌宙, 金相灿, 赵景柱, 叶春, 王中琼. 湖滨带退化生态系统的恢复与重建. *应用生态学报*, 2005, 16(2): 360-364.
- [4] 卢宏伟, 曾光明, 金相灿, 焦胜. 湖滨带生态系统恢复与重建的理论、技术及其应用. *城市环境与城市生态*, 2003, 16(6): 91-93.
- [7] 彭少麟. 退化生态系统恢复与恢复生态学. *中国基础科学*, 2001, (3): 18-24.
- [8] 许朋柱, 秦伯强. 太湖湖滨带生态系统退化原因以及恢复与重建设想. *水资源保护*, 2002, (3): 31-36.
- [9] 颜昌宙, 叶春, 刘文祥. 云南洱海湖滨带生态重建方案研究. *上海环境科学*, 2003, 22(7): 459-464.
- [10] 章申, 唐以剑. 白洋淀区域水污染控制研究//第一集 水陆交错带水环境特征与调控机理. 北京: 科学出版社, 1995: 42-45.
- [11] 陈德昌, 陈德川. 青浦区生态经济系统和环境保护问题. *生态经济*, 2001, (12): 74-75.
- [12] 孙振中, 吴维宁, 林惠山, 刘淑梅. 淀山湖、黄浦江上游渔业水质监测. *水产科技情报*, 1998, 25(5): 220-223.
- [13] 张宏伟, 朱雪诞, 车越, 卓元午, 胡伟. 基于区域发展与水源保护的大莲湖生态修复途径. *中国给水排水*, 2009, 25(18): 6-9.
- [14] 朱晓丽, 杨正勇. 上海淀山湖水源保护区渔民转产转业影响因素的实证分析. *农业技术经济*, 2008, (3): 106-112.
- [15] 霍元子, 何文辉, 罗坤, 王阳阳, 张饮江, 田千桃, 何培民. 大型藻类引导的沉水植被生态修复对滴水湖水质的净化效果. *应用生态学报*, 2010, 21(2): 495-499.
- [16] 罗祖奎, 吴法清, 刘家武, 向国祥, 王天厚. 沙湖自然保护区鸕属鸟类多样性及其影响因子. *生态学报*, 2009, 29(5): 2331-2339.
- [17] 葛振鸣, 周晓, 王开运, 陈乐天, 王天厚. 受损湖泊湿地生态修复规划与效益分析——以上海西郊湿地为例. *生态经济*, 2009, (4): 30-36.
- [18] 后源, 郭正刚, 龙瑞军. 黄河首曲湿地退化过程中植物群落组分及物种多样性的变化. *应用生态学报*, 2009, 20(1): 27-32.
- [19] 岳峰, 罗祖奎, 吴迪, 任文玲, 王天厚. 上海市大莲湖发现白胸翡翠. *动物学杂志*, 2009, 44(6): 16-16.
- [20] 吴甫成, 邓学建, 吕焕哲, 彭世良, 邹君. 洞庭湖退耕还湖区水质监测与分析. *水土保持学报*, 2003, 17(1): 134-140.
- [21] 赵平, 袁晓, 唐思贤, 王天厚. 崇明东滩冬季水鸟的种类和生境偏好. *动物学研究*, 2003, 24(5): 387-391.
- [22] 唐剑, 鲁长虎, 袁安全. 洪泽湖东部湿地自然保护区雁鸭类种类组成、数量及生境分布. *动物学杂志*, 2007, 42(1): 94-101.
- [23] 陆玮玮, 唐思贤, 史慧玲, 丁志峰, 薄顺奇, 何鑫. 上海城市绿地冬季鸟类群落特征与生境的关系. *动物学杂志*, 2007, 42(5): 125-130.
- [26] 高伟, 陆健健. 长江口潮滩湿地鸟类适栖地营造实验及短期效应. *生态学报*, 2008, 28(5): 2080-2089.
- [27] 于晓东, 罗天宏, 伍玉明, 周红章. 长江流域两栖动物物种多样性的大尺度格局. *动物学研究*, 2005, 26(6): 565-579.
- [28] 张永泽, 王璿. 自然湿地生态恢复研究综述. *生态学报*, 2001, 21(2): 309-314.
- [30] 徐德福, 徐建民, 王华胜, 罗安程, 谢丹超, 应求实. 湿地植物对富营养化水体中氮、磷吸收能力研究. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(5): 597-601.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 11 June, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Responses of microbes-mediated carbon and nitrogen cycles to global climate change	SHEN Jupei, HE Jizheng (2957)
Formation of cyanobacterial blooms in Lake Chaohu and the photosynthesis of dominant species hypothesis	JIA Xiaohui, SHI Dingji, SHI Mianhong, et al (2968)
Unbalanced cyclical fluctuation pattern of intermittent outbreaks of beet armyworm <i>Spodoptera exigua</i> (Hübner) in China	WEN Lizhang, ZHANG Youjun, ZHU Liang, et al (2978)
Self-organizing feature map classification and ordination of <i>Larix principis-rupprechtii</i> forest in Pangquangou Nature Reserve	ZHANG Qindi, ZHANG Jintun, Suriguga, et al (2990)
Ecological effects of lakeside wetlands restoration in Dalian Lake, Shanghai	WU Di, YUE Feng, LUO Zukui, et al (2999)
Soil organic carbon storage and profile inventory in the different vegetation types of Luya Mountain	WU Xiaogang, GUO Jinping, YANG Xiuyun, et al (3009)
Response of soil microbial community structure to the leaf litter decomposition of three typical broadleaf species in mid-subtropical area, southern China	ZHANG Shengxi, CHEN Falin, ZHENG Hua (3020)
The decomposition of coniferous and broadleaf mixed litters significantly changes the carbon metabolism diversity of soil microbial communities in subtropical area, southern China	CHEN Falin, ZHENG Hua, YANG Bosu, et al (3027)
Spatiotemporal heterogeneity of topsoil nutrients in Karst Peak-Cluster depression area of Northwest Guangxi, China	LIU Shujuan, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (3036)
Effects of cadmium stress on the activities of antioxidant enzymes, digestive enzymes and the membrane lipid peroxidation of the mangrove mud clam <i>Geloina coaxans</i> (Gmelin)	LAI Tinghe, HE Binyuan, FAN Hangqing, et al (3044)
The edge effects on tree-liana relationship in a secondary natural forest in Bawangling Nature Reserve, Hainan Island, China	WU Yuna, TAO Jianping, XI Weimin, et al (3054)
Soilwater deficit under different artificial vegetation restoration in the semi-arid hilly region of the Loess Plateau	YANG Lei, WEI Wei, MO Baoru, et al (3060)
The diurnal trends of sensible and latent heat fluxes of a subtropical evergreen coniferous plantation subjected to seasonal drought	HE Youwei, WANG Qiubing, WEN Xuefa, et al (3069)
Ecological adaptability of photosynthesis and water use for <i>Tamarix ramosissima</i> in the southern periphery of Gurbantungut Desert, Xinjiang	WANG Shanshan, CHEN Xi, WANG Quan, et al (3082)
Estimation of leaf area index of cotton using digital Imaging	WANG Fangyong, WANG Keru, LI Shaokun, et al (3090)
Different response of photosynthetic apparatus between wild soybean (<i>Glycine soja</i>) and cultivated soybean (<i>Glycine max</i>) to NaCl stress	XUE Zhongcai, GAO Huiyuan, LIU Jie (3101)
Effects of water and phosphorus supply on morphology and structure of special root hairs on nodal roots of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	ZHANG Jun, HE Dexian, DUAN Zengqiang (3110)
Applications of species indicator for analyzing plant community types and their biodiversity at Kunyushan National Forest Reserve	SUN Zhiqiang, ZHANG Xingyao, ZHU Yanpeng, et al (3120)
Societal metabolism for chinese provinces based on multi-scale integrated analysis of societal metabolism (MSIASM)	LIU Ye, GENG Yong, ZHAO Hengxin (3133)
Comparative gene expression analysis for leaf trichomes of tobacco grown in two different regions in China	CUI Hong, JI Hao, YANG Huijuan, et al (3143)
Performance evaluation of B biotype whitefly, <i>Bemisia tabaci</i> on 23 host plants	AN Xincheng, GUO Qiang, HU Qiongbo (3150)
Studies of hemocytes DNA damage by two pesticides acetamiprid and chlorpyrifos in predaceous spiders of <i>Pardosa astrigera</i> Koch	LI Rui, LI Shengcai, LIU Jia, (3156)
Effects of the fungicide prochloraz on the rotifer <i>Brachionus calyciflorus</i>	LI Daming, LU Zhenghe, FENG Qi, et al (3163)
Effects of long- and short-term successive parthenogenesis on life history and genetics characteristics of <i>Brachionus calyciflorus</i>	GE Yali, XI Yilong (3170)
Review and Monograph	
Review of the relationship between regional landscape pattern and surface water quality	ZHAO Jun, YANG Kai, TAI Jun, et al (3180)
Review of dew action effect on plants	YE Youhua, PENG Shaolin (3190)
Advances in Botryosphaeriaceae: identification, phylogeny and molecular ecology	CHENG Yanlin, LIANG Jun, LÜ Quan, et al (3197)
Advances in research on the mechanisms of age-related productivity decline of planted forests	MAO Peili, CAO Banghua, TIAN Wenxia, et al (3208)
The application of tree-ring on forest disturbance history reconstruction	FENG Xiaohui, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (3215)
Research advances on stress responsive WRKY transcription factors in plants	LI Ran, LOU Yonggen (3223)
Scientific Note	
The soil microbial activities and microbial biomass in Sanjiangyuan Alpine grassland	REN Zuohua, ZHANG Yuguang, LI Diqiang, et al (3232)
The differences of water use efficiency (WUE) among three <i>Populus deltoids</i> clones, and the cloning and characterization of related gene, <i>PdERECTA</i>	GUO Peng, XIA Xinli, YIN Weilun (3239)
Arthropod community reestablishment and niche of the main groups in kiwifruit orchards	DU Chao, ZHAO Huiyan, GAO Huanhuan, et al (3246)

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 11 期 (2011 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 11 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	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
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



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