

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

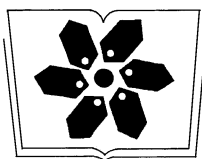
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 24 期
Vol.30 No.24
2010



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



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 30 卷 第 24 期

2010 年 12 月 (半月刊)

目 次

三江平原残存湿地斑块特征及其对物种多样性的影响	施建敏, 马克明, 赵景柱, 等 (6683)
叶片碳同位素对城市大气污染的指示作用	赵德华, 安树青 (6691)
土地利用对崇明岛围垦区土壤有机碳库和土壤呼吸的影响	张容娟, 布乃顺, 崔 军, 等 (6698)
缓/控释复合肥料对土壤氮素库的调控作用	董 燕, 王正银 (6707)
北京海淀公园绿地二氧化碳通量	李 霞, 孙 睿, 李 远, 等 (6715)
三峡库区消落带生态环境脆弱性评价	周永娟, 仇江啸, 王 姣, 等 (6726)
应用碳、氮稳定同位素研究稻田多个物种共存的食物网结构和营养级关系	张 丹, 闵庆文, 成升魁, 等 (6734)
基于弹性系数的江苏省能源生态足迹影响因素分析	杨足膺, 赵 媛, 付伍明 (6741)
中国土地利用多功能性动态的区域分析	甄 霖, 魏云洁, 谢高地, 等 (6749)
遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响	王云贺, 韩忠明, 韩 梅, 等 (6762)
臭氧胁迫对冬小麦光响应能力及 PS II 光能吸收与利用的影响	郑有飞, 赵 泽, 吴荣军, 等 (6771)
地表覆草和覆膜对西北旱地土壤有机碳氮和生物活性的影响	谢驾阳, 王朝辉, 李生秀 (6781)
喀斯特峰丛洼地旱季土壤水分的空间变化及主要影响因子	彭晚霞, 宋同清, 曾馥平, 等 (6787)
极干旱区深埋潜水蒸发量的测定	李红寿, 汪万福, 张国彬, 等 (6798)
灌木林土壤古菌群落结构对地表野火的快速响应	徐赢华, 张 涛, 李 智, 等 (6804)
稻田免耕和稻草还田对土壤腐殖质和微生物活性的影响	区惠平, 何明菊, 黄 景, 等 (6812)
造纸废水灌溉对黄河三角洲盐碱地土壤酶活性的影响	董丽洁, 陆兆华, 贾 琼, 等 (6821)
神农宫扁角菌蚊幼虫种群分布及其与环境因子的相关性	顾永征, 李学珍, 牛长缨 (6828)
三亚珊瑚礁水域纤毛虫种类组成和数量分布及与环境因子的关系	谭烨辉, 黄良民, 黄小平, 等 (6835)
淞江鲈在中国地理分布的历史变迁及其原因	王金秋, 成 功 (6845)
黄海中南部小黄鱼生物学特征的变化	张国政, 李显森, 金显仕, 等 (6854)
甲基溴消毒对番茄温室土壤食物网的抑制	陈云峰, 曹志平 (6862)
离子树脂法测定森林穿透雨氮素湿沉降通量——以千烟洲人工针叶林为例	盛文萍, 于贵瑞, 方华军, 等 (6872)
乡土植物芦苇对外来入侵植物加拿大一枝黄花的抑制作用	李愈哲, 尹 昕, 魏 维, 等 (6881)
遂渝铁路边坡草本植物多样性季节动态和空间分布特征	王 倩, 艾应伟, 裴 娟, 等 (6892)
古尔班通古特沙漠原生梭梭树干液流及耗水量	孙鹏飞, 周宏飞, 李 彦, 等 (6901)
碟果虫实种子萌发对策及生态适应性	刘有军, 刘世增, 纪永福, 等 (6910)
原始兴安落叶松林生长季净生态系统 CO ₂ 交换及其光响应特征	周丽艳, 贾丙瑞, 曾 伟, 等 (6919)
五种红树植物通气组织对人工非潮汐生境的响应	伍卡兰, 彭逸生, 郑康振, 等 (6927)
亚高寒草甸不同生境植物群落物种多度分布格局的拟合	刘梦雪, 刘佳佳, 杜晓光, 等 (6935)
内蒙古荒漠草原地表反照率变化特征	张 果, 周广胜, 阳伏林 (6943)
中国沙棘克隆生长对灌水强度的响应	李甜江, 李根前, 徐德兵, 等 (6952)
增温与放牧对矮蒿草甸 4 种植物气孔密度和气孔长度的影响	张立荣, 牛海山, 汪诗平, 等 (6961)
基于 ORYZA2000 模型的北京地区早稻适宜播种期分析	薛昌颖, 杨晓光, 陈怀亮, 等 (6970)
专论与综述	
区域生态安全格局研究进展	刘 洋, 蒙古军, 朱利凯 (6980)
植物功能性状与湿地生态系统土壤碳汇功能	王 平, 盛连喜, 燕 红, 等 (6990)
农田水氮关系及其协同管理	王小彬, 代 快, 赵全胜, 等 (7001)
虫害诱导挥发物的生态调控功能	王国昌, 孙晓玲, 董文霞, 等 (7016)
土壤微生物资源管理、应用技术与学科展望	林先贵, 陈瑞蕊, 胡君利 (7029)
问题讨论	
从演化的角度评价北京市经济系统可持续发展趋势	黄茹莉, 徐中民 (7038)
基于植物多样性特征的武汉市城市湖泊湿地植被分类保护和恢复	郑忠明, 宋广莹, 周志翔, 等 (7045)
濒危兰科植物再引入技术及其应用	陈宝玲, 宋希强, 余文刚, 等 (7055)
研究简报	
实验条件下华北落叶松和白杆苗期生长策略的差异比较	张芸香, 李海波, 郭晋平 (7064)
基于源-库互反馈的温室青椒坐果时空动态模拟	马韞韬, 朱晋宇, 胡包钢, 等 (7072)
西双版纳小磨公路及其周边道路对蛇类活动的影响	孙 戈, 张 立 (7079)
温度变化对藻类光合电子传递与光合放氧关系的影响	张 曼, 曾 波, 张 怡, 等 (7087)
黄土区六种植物凋落物与不同形态氮素对土壤微生物量碳氮含量的影响	王春阳, 周建斌, 董燕婕, 等 (7092)
食细菌线虫 <i>Caenorhabditis elegans</i> 的取食偏好性	肖海峰, 焦加国, 胡 锋, 等 (7101)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 424 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 48 * 2010-12	

基于植物多样性特征的武汉市城市 湖泊湿地植被分类保护和恢复

郑忠明^{1,2}, 宋广莹^{1,3}, 周志翔^{1,*}, 韩筱婕¹, 滕明君¹, 李智琦^{1,4}

(1. 华中农业大学, 武汉 430070; 2. 武汉市园林局, 武汉 430010; 3. 内蒙古农业大学职业技术学院, 包头 014109;
4. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要: 湿地植被多样性特征及其影响因素的调查分析是湿地植被保护与恢复策略制定的基础。借鉴生物多样性热点分析原理, 在武汉市城市湖泊湿地植物多样性调查的基础上, 研究了湖泊湿地的植被多样性特征, 探讨了城市湖泊湿地植被分类保护与恢复对策。结果表明, 武汉市湿地维管束植物的物种丰富度、植物多样性、优势度和均匀度指数在各湖泊间的变化趋势较为一致, 但在空间变化幅度上存在一定差异。按照物种丰富度、多样性、优势度、均匀度、湿地植被群丛数目, 以及典型湿地植物的物种所占比例、丰富度和优势度的差异, 可将调查涉及的 26 个典型湖泊湿地分为原生植被湖泊、次生植被湖泊、人工植被湖泊和退化植被湖泊 4 类。原生植被湖泊应建立相对严格的湿地保护区, 优先保护原有湿地植被。次生植被湖泊最多, 城市发展区内的次生植被湖泊应建立 30—100m 的植被缓冲带, 促进植被自然恢复和发育; 而农业区的次生植被湖泊应引导和规范湖泊周围的农业生产模式, 以减少人类活动干扰。人工植被湖泊应通过建立城市湿地公园, 人工促进植被的近自然恢复。而退化植被湖泊则应尽快采用生态工程法促进湿地植被生境改善, 并积极开展近自然湿地植被重建与恢复。

关键词: 湖泊湿地; 分类保护; 植物多样性; 热点分析; 武汉市

Classified conservation and restoration of vegetation in Wuhan urban lake wetlands based on plant diversity characteristics

ZHENG Zhongming^{1,2}, SONG Guangying^{1,3}, ZHOU Zhixiang^{1,*}, HAN Xiaojie¹, TENG Mingjun¹, LI Zhiqi^{1,4}

1 Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

2 Bureau of Urban Utilities and Landscaping of Wuhan Municipality, Wuhan 430010, China

3 Vocational and Technical College, Inner Mongolia Agricultural University, Baotou 014109, China

4 Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Abstract: The conservation and restoration of vegetation diversity is significant to the management of urban wetlands, underlying the effects of urbanization and global climate change. Wetland vegetation usually shows different diversity characteristics because of the difference of wetland location and human activity disturbance. Thus some differentiation approaches are necessary to the conservation and restoration of wetland vegetation at regional level. The wetland vegetation diversity and human activity disturbance should be considered as the basis of such differentiation approaches. Biodiversity Hotspots approach was usually used to reflect the effectiveness and the priority of biodiversity conservation in the planning of biodiversity conservation at large scale. And it could also serve as a new method to the conservation and restoration of wetland vegetation at small and medium scale. Based on the principals of biodiversity hotspots and plant diversity features, a classified protection framework and related countermeasures were studied, by the investigation of plant diversity for vegetation conservation and restoration of urban lake wetlands in Wuhan. The results showed that, the change trends of species richness, plant diversity, ecological dominance, and evenness of vascular plants in lake wetlands in Wuhan are

基金项目: 武汉市园林科研专项与武汉市建设科研项目(200616)

收稿日期: 2009-11-18; **修订日期:** 2010-09-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: whzhouzx@126.com

relative consistent. But, there were significant differences in plant diversity (abundance, diversity and evenness), association abundance and common wetland plants diversity (including percents of total common wetlands, abundance and dominance) between various fielded lakes. The spatial distribution of abundance of vegetation types, formation and association in different lakes were very consistent. Even though the vegetation communities were abundant in Donghu Lake, Yanxihu Lake, Sanjiaohu Lake, Yandonghu Lake and Chedunhu Lake, the majority of lakes still contain fewer plant community types. And the number of typical plant species had more obvious spatial variation. According to these characteristics, the lakes were classified into four classes, which included native vegetation lakes, secondary vegetation lakes, artificial vegetation lakes, and degraded vegetation lakes. In the native vegetation lakes, wetland natural reserves should be constructed so as to conserve the native wetland plants. The secondary vegetation lake is the most common type of lakes. Differentiated management measures should be developed according to their location. In urban area, vegetation buffer zones with the width of 30—100m should be considered to establish in order to promote restoration and development of wetland natural vegetations; while in agricultural areas, the government and managers should guide and regulate the mode of agricultural production around the lake to reduce disturbance of the human activities. Urban wetland parks should be constructed to protect the artificial vegetation lakes and promote the near-natural restoration of wetland vegetations. Some ecological engineering methods are also needed to improve wetland habitat of the degraded lakes as soon as possible, and then recover them with near-natural wetlands vegetation. The approach shown in this study could be used to determine protection levels of lake-wetland vegetation according to plant diversity and its influencing factors. It provides a basis for strategy development, selection of specific measures and the practice of management activities of wetland vegetation conservation. It is hoped that the results will be integrated into the comprehensive management of urban lake-wetland protection and restoration.

Key Words: lake wetland; classified protection; plant diversity; hotspots analysis; Wuhan

城市湿地是城市生态系统的重要组成部分,在消减洪水、改善小区域气候、吸收污染物、美化环境等方面发挥着重要的生态系统服务功能^[1]。但由于受到快速城市化、旅游、农业开垦等人为干扰活动的影响,城市湿地结构和功能不断退化,湿地植被多样性受到威胁,严重影响了城市生态环境可持续性^[2-4],城市湿地的保护与恢复已成为当前城市可持续发展所面临的战略性的课题。维管束植物是湿地生态系统的重要组成部分,其植被结构、生态功能和生态特性综合反映湿地系统的结构特点和功能特性^[5]。众多研究者从湿地植物多样性特征^[6]、植物区系分析^[7]、受损植物的修复^[8]、湿地植被结构与格局变化^[9-10]和湿地植物生态功能等方面探讨了湿地植被的保护与恢复问题,这些研究充分表明湿地植被多样性特征及其影响因素的调查分析是湿地植被保护与恢复策略制定的基础。虽然湿地系统极具脆弱性^[11],但由于干扰因素类型和强度存在差异,城市湿地植被的仍存在分类保护与修复的可能性。近年来已有学者开始将优先保护的理念引入湿地的分类保护与修复研究中,如雷霆等^[12]基于湿地维管束植物多样性特征进行了北京市湿地保护等级的划分,并提出了保护对策;Bried 等^[13]利用生物多样性热点方法中的指示物种法对美国北密西西比地区的 15 个湿地进行了评估;李瑞等^[14]建立湿地植被优先保护等级评价模型对哈巴湖自然保护区 6 大主要湿地植被优先保护等级进行评价。

生物多样性热点方法是大尺度上生物保护的重要分析方法^[15],它基于一类或多类生物物种丰富度或物种特有化程度或稀有物种、受威胁物种丰富度评估来分析区域生态保护价值^[16,17],较好地反映了生物多样性保护的有效性和优先性原则^[18]。该方法在世界各地生物多样性保护中得到广泛应用,同时也为中小尺度上湿地植被的系统保护提供了新的思路^[19],体现了具有较高植物多样性的湖泊湿地具有优先保护价值的理念。因此,基于生物多样性热点方法和湿地维管束植被多样性特征,探讨城市湿地植被的分类保护与恢复具有较高的可行性和理论价值。

武汉市是“长江湖群区”中部的特大城市^[20],湖泊湿地资源丰富,生态位置极其重要^[21]。但由于快速城市扩张和人类活动干扰,武汉市城市湿地面积急剧萎缩、湿地植被生境退化,湿地植被多样性和湿地植被功能已受到巨大威胁^[22-23],众多湖泊湿地之间因自身资源特征和所受干扰影响不同致使植被群落特征出现明显差异。为应对湖泊湿地退化问题,武汉市政府颁布了《湖泊湿地保护条例》,并制定了一系列生态治理措施,但重点在于控制湖泊面积,改善湖泊水质,缺乏对湿地植被系统保护与修复的重视。且目前关于武汉市湖泊湿地的研究主要集中在湿地景观格局变化^[22,24]、植物群落演替^[25]和个别湿地的保护利用层面^[26-27],缺乏对不同类型湿地植被分类保护的研究。本文拟借鉴生物多样性热点分析原理,在武汉市城市湖泊湿地植物多样性特征及其影响因素分析的基础上,研究武汉市城市湖泊湿地植被分类保护体系与措施,以期为武汉市城市湖泊湿地的保护与利用提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

“长江湖群区”是世界自然基金会(WWF)确定的全球重要生态区之一^[20],武汉市是该区域中部最大的城市之一(113°41′—115°05′E,29°58′—31°22′N),属亚热带湿润季风气候区,常年雨量丰沛,日照丰富,夏热冬冷,四季分明。地貌属于鄂东南丘陵经江汉平原东缘向大别山南麓低山丘陵过渡类型,中间低平,南北丘陵、港垄环抱,北部低山林立。植物区系属中亚热带常绿阔叶林向北亚热带落叶阔叶林过渡类型。据不完全统计,全市的蕨类和种子植物有 106 科、607 属、1066 种,兼具南方和北方植物区系成分^[28]。

武汉市湖泊湿地资源丰富,全市共有湖泊 164 个,仅中心城区就有湖泊 38 个,水域面积 33.33km² 以上的大型湖泊 7 个,水域面积在 5km² 以上的中型湖泊 21 个,水域面积大于 0.15km² 的湖泊 120 个^[29]。然而,由于近几十年来快速城市化扩张,武汉市湖泊湿地面积由 1978 年的 147803.54hm² 下降到 2007 年的 99953.47hm²,总面积减少了 47850.07hm²,年均减少 1650.00hm²^[22];且水体污染、富营养化现象严重,亟待保护与修复。

1.2 研究方法

1.2.1 调查取样方法

为反映城市发展和人类活动对城市湖泊湿地植被的干扰,本研究以武汉市主城区及市域内重点规划发展地区为研究区域。根据《武汉市城市总体规划(1996—2020 年)》,以武汉市三环、四环公路为界,将研究区划分为中心城区(三环以内)、近郊(三环与四环之间)和远郊(四环附近及以外)3 个圈层,选择不同圈层中 26 个典型湖泊湿地为研究对象(表 1),力求使调查数据既能全面地反映武汉城市湖泊湿地植物多样性现状,又能充分体现人类活动和其他环境变化引起的湿地植物多样性差异。

表 1 本研究所调查湖泊的区位及名称
Table 1 Location and name of lake wetlands investigated in this research

所在区域 Region	湖泊名称及编号 Lake name and serial number	湖泊数量 Lake amount
中心城区 Central city	2 东湖 8 南湖 10 墨水湖 11 外沙湖 15 龙阳湖 16 野芷湖 26 内沙湖	7
近郊 Suburb	1 汤逊湖、3 武湖、4 严西湖、5 青菱湖、6 黄家湖、9 南太子湖、12 三角湖、13 北湖、14 野湖、17 金银湖、20 张毕湖、22 北太子湖、23 塔子湖、24 竹叶海、25 五加湖	15
远郊 Outer suburb	7 严东湖、18 车墩湖、19 竹子湖、21 清潭湖	4

根据湖泊沿岸植被分布状况,参照湖泊面积、形状及可达性等因素选择调查样地,在每个湖泊设置样地 3 个(部分小型湖泊设置样地 2 个)。为客观反映样地植物群落特征,每个样地设置 3—5 条样线,样线均垂直于水陆交界线。样线上每间隔 1m 设置样方,每条样线一般设置 5—9 个样方,其中包括 1—2 个水生样方,其余样方沿水分梯度在陆地上排列,使取样范围包括浅层积水区域、水陆交界带及季节性受水分影响的地段在内的环湖近岸带区域。其中,草本调查样方面积为 1m×1m,记录样方内植物种名、盖度、平均高度等数据;灌

木调查样方面积为 2m × 2m,记录内容同草本样方;乔木调查样方面积为 10m × 10m,记录种名、株数、个体高度、胸径等,并沿对角设置 2 个灌木样方,在四角及中央共设置 5 个草本调查样方。

外业调查于 2007 年 4—7 月进行,8 月进行样地补点调查和补充采集标本。植物采用野外记录、标本采集和室内鉴定相结合的方法,重点调查环湖近岸带维管束植物的种类组成、群落类型特征及分布状况。本研究共在 26 个调查湖泊设置调查样地 74 个、样线 289 条、样方 1763 个。

1.2.2 植物多样性指标选择及计算

根据武汉地区湿地植物以草本居多的特点,本研究选择 Gleason 指数(*GL*)、Shannon-Wiener 指数(*SW*)、Simpson 生态优势度(*SN*)和群落均匀度 Pielou 指数(*PI*)等指标^[30-31],从物种丰富度、物种多样性、优势度和均匀度 4 个方面描述武汉市湖泊湿地维管束植物多样性特征(表 2)。多样性指数均用 Excel 软件计算分析。

表 2 植物多样性指标
Table 2 Plant diversity index

指数类别 Index type	指数性质 Index character	方程式 Equation	说明 Indication
Gleason 指数 (<i>GL</i>)	物种丰富度指数	$d_{GL} = \frac{S}{\ln A}$	
Shannon-Wiener 指数(<i>SW</i>)	物种多样性指数	$H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$	式中, <i>S</i> 为研究区域内物种总数; <i>A</i> 为研究区域内样方总面积, $P_i = IV_i/IV$ 为调查区域第 <i>i</i> 个物种的相对重要值; <i>n</i> 为研究区域内物种个体总数
Simpson 指数(<i>SN</i>)	生态优势度	$D = \sum_{i=1}^n P_i^2$	
Pielou 指数(<i>PI</i>)	均匀度指数	$J_{sw} = \frac{- \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i}{\ln S}$	

1.2.3 植物群落结构数量特征

根据湖泊湿地植被调查结果,从植被型、群系和群丛 3 个水平对武汉市不同湖泊湿地植物群落结构丰富度特征在 Excel 软件中进行计算。

1.2.4 湿生典型植物特征

湿生典型植物多样性对湿地生态功能及生态系统健康状况也具有较为明显的指示作用^[32],可反映湖泊湿地水陆过渡带生境的差异。参考《中国湿地植物初录》^[33]和《中国湿地植被》^[34]对湿地植物的定义,对武汉地区湖泊湿地典型维管植物进行分类统计分析。

1.2.5 基于植物多样性的湖泊湿地保护类型

借鉴生物多样性热点分析中的指示物种丰富度方法^[16],以湖泊个体为分析单元,通过分析不同分析单元间植物多样性特征差异建立湖泊湿地分类保护类型。即选择能较全面反映植物多样性、群落结构丰富度特征和典型湿地植被特征的物种丰富度、多样性、优势度、均匀度、湿地植被群丛数目,以及典型湿地植物的物种所占比例、丰富度和优势度等指数作为统计变量,在 SPSS (Version 13.0) 软件支持下,应用最小类间距离法对调查的湖泊湿地按组间联系进行系统聚类。在此基础上借鉴生物多样性热点分析方法和原理^[15-16],根据不同湖泊湿地植被多样性特征和生境生态特征提出相应的保护和恢复对策。

2 结果与分析

2.1 武汉市湖泊湿地维管束植物多样性特征

2.1.1 植物多样性空间分布特征

总体来看,武汉市湖泊湿地维管束植物的物种丰富度、植物多样性、生态优势度和均匀度个指数变化趋势较为一致,但在空间变化幅度上各指标间还存在一定差异(表 3)。

从物种丰富度看,不同湖泊湿地间表现出较大差异。由于北太子湖、严西湖、车墩湖、汤逊湖等湖泊地处远郊或近郊,水体质量较好,水域生态环境梯度显著,形成了较为完整的带状水生植物分布,人类活动多为水

产养殖、经济作物种植、旅游开发等中度干扰,同时由于被水田、池塘包围,增加了人为引入物种的机会,因而湿地物种丰富度较高;而张毕湖、内沙湖分别是早期建造的城市湿地公园和污水处理厂,岸线硬质化程度高,长期受到无序开发导致自然湿地植被严重破坏,物种丰富度较低(表3)。除内沙湖和外沙湖外,其它不同湖泊湿地间植物多样性差异不大,多样性指数较高的湖泊湿地多位于远郊。生态优势度和均匀度的空间分布趋势一致,不同湖泊间差异不大,且与多样性指数的变化与具有一致性,也说明人类活动的干扰影响了湿地近岸带环境,而生境类型的差异使湿地植被多样性指数不同。

表3 武汉市湖泊湿地维管束植物物种多样性指数

Table 3 Diversity index of vascular plant species in lake wetlands in Wuhan

湖泊编号* Lakes number	物种丰富度指数 Gleason index	物种多样性指数 Shannon-Wiener index	生态优势度 Simpson index	均匀度 Pielou index
1	16.35	3.865	0.973	0.939
2	13.34	3.485	0.962	0.936
3	13.36	3.599	0.956	0.929
4	17.57	3.839	0.964	0.945
5	10.55	3.34	0.956	0.929
6	14.13	3.728	0.970	0.936
7	15.11	3.760	0.964	0.922
8	14.35	3.57	0.966	0.940
9	9.83	3.242	0.951	0.927
10	10.86	3.296	0.951	0.923
11	6.37	2.657	0.916	0.902
12	12.36	3.434	0.959	0.929
13	12.72	3.519	0.962	0.934
14	11.12	3.416	0.957	0.920
15	10.08	3.374	0.937	0.928
16	13.40	3.427	0.960	0.922
17	8.90	3.161	0.947	0.919
18	16.35	3.847	0.975	0.937
19	13.94	3.779	0.969	0.925
20	9.31	3.023	0.943	0.928
21	14.78	3.834	0.974	0.937
22	18.44	3.772	0.969	0.927
23	12.28	3.575	0.966	0.928
24	10.66	3.150	0.946	0.927
25	13.08	3.663	0.968	0.932
26	6.14	2.698	0.920	0.916

* 湖泊编号代表的湖泊名称见表1

2.1.2 植物群落丰富度特征

不同湖泊的植被类型、群系和群丛的丰富度空间分布特征非常一致,只有东湖、严西湖、三角湖、严东湖和车墩湖等几个湖泊湿地植被群落类型较为丰富,大多数湖泊中植物群落类型较少(图1)。其中,东湖、三角湖等一些中心城区及近郊的湖泊主要通过近年来采取的减少点源和非点源污染、清除入侵水生植被、迁移富营养沉积物等人工措施保护和恢复了部分湿地植被,而远郊的严东湖、车墩湖则是由于人为干扰较小,自然植被保存完好。

2.1.3 湿地典型植物种类数量空间变化特征

湿地典型植物种类数量的空间变化较为明显,清潭湖、五加湖、竹子湖、三角湖、北湖、车墩湖、北太子湖等湿地典型植物占湿地植物总种数比例较高(图2)。这些湖泊的自然水陆过渡岸线为湿生植物生长提供了必要环境。而其它湖泊由于受到近几年湖岸建设用地扩张、垸田开发等影响湖泊湿地近岸带被人工硬化或被侵占,缺乏湿地植被适生生境的缓冲地带,湿地典型植被受到严重破坏。

与总体湿地物种丰富度相比,汤逊湖、野芷湖、南湖湿地典型植物丰富度降低,而北湖、竹子湖、青菱湖则

有所升高(图3)。湿地典型植物的优势度与丰富度也有差异(图3),两者之间相关性不明显,这与总体湿地

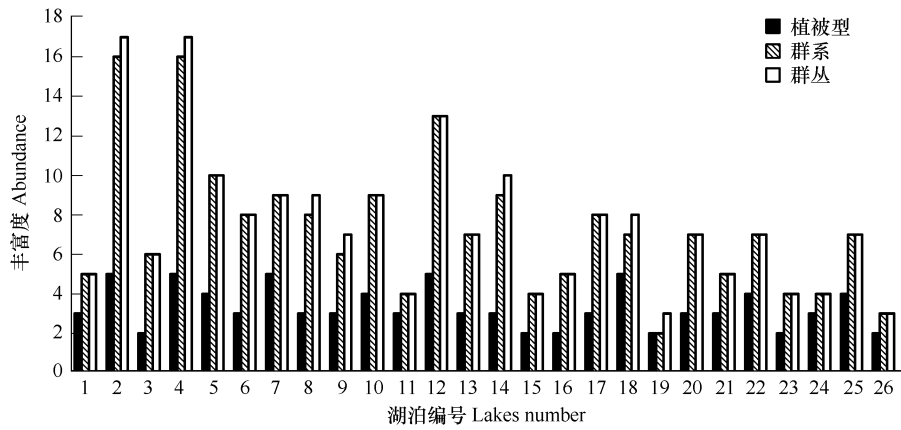


图1 武汉市湖泊湿地植物群落丰富度

Fig. 1 The abundance characteristics of plant community in lake wetlands in Wuhan

* 湖泊编号代表的湖泊名称见表 1

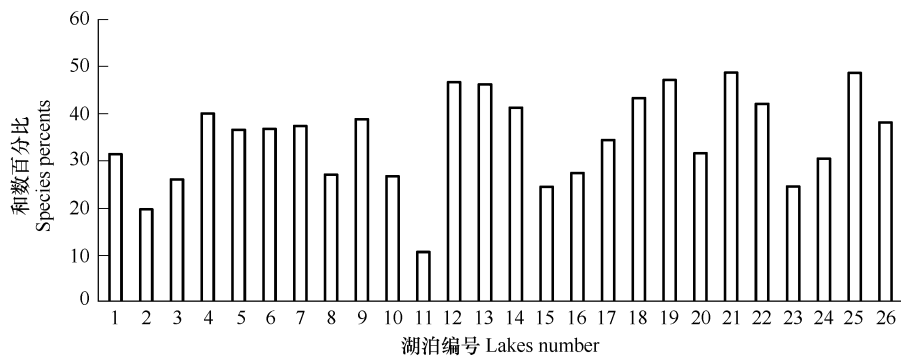


图2 各湖泊典型植物种数占武汉市湖泊植物总种数的比例

Fig. 2 Typical plant species percents to the total plant species in lake wetlands in Wuhan

* 湖泊编号代表的湖泊名称见表 1

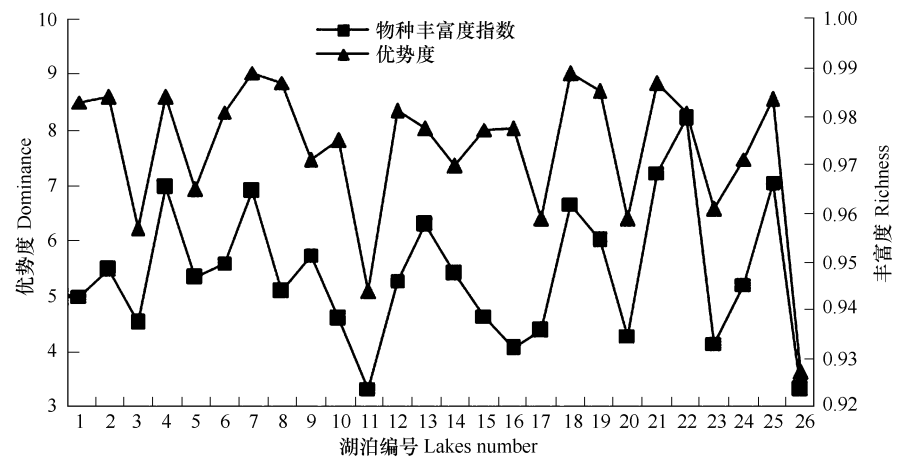


图3 武汉市湖泊湿地植物物种优势度与丰富度

Fig. 3 Dominance and richness of plant species in lake wetlands in Wuhan

* 湖泊编号代表的湖泊名称见表 1

植物物种丰富度及优势度的特征基本一致。

2.2 基于植物多样性特征的湖泊湿地植被分类

湿地植物是湿地景观最显著的标志,综合反映了湿地环境质量特征^[35]。借鉴生物多样性热点分析原理,以湿地植物物种丰富度、多样性、优势度、均匀度、湿地植被群丛数目,以及典型湿地植物的物种所占比例、丰富度和优势度等指标为基础,以湖泊湿地为基本分析单元,按组间联系对调查涉及的湖泊湿地植被进行层次法聚类(图4)。

聚类结果表明调查的湖泊湿地植被可分为4类。参照生物多样性热点原理,根据不同类别的湿地植物多样性特征、植被的人为干扰程度及保护价值分别将4类植被所在的湖泊湿地命名为原生植被湖泊、次生植被湖泊、人工植被湖泊和退化植被湖泊(表4)。

2.3 武汉市湖泊湿地植被分类保护与恢复对策

(1)原生植被湖泊 该类湖泊湿地位于远郊或人类干扰活动较少的近郊区,自然植被保存完整、湿地植被充分发育且受人为干扰较少,湖泊湿地水陆过渡区面积较大,具有较高的生态价值。建议建立相对严格的湿地保护区,优先保护原有湿地植被。

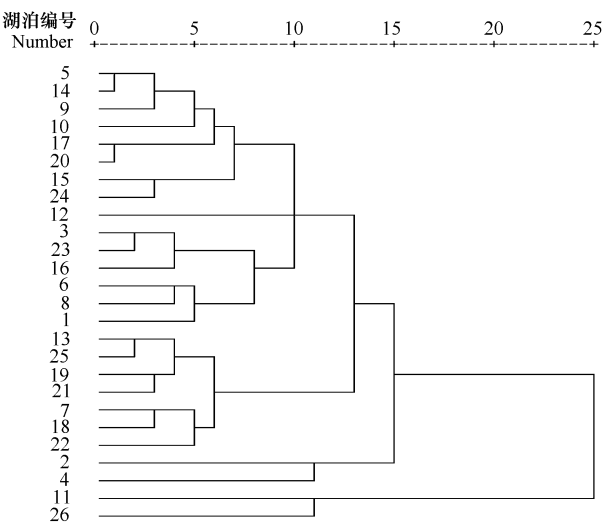


图4 武汉市湖泊湿地植物多样性聚类树形图
Fig. 4 Cluster analysis tree diagram of wetland plant diversity in lake wetlands in Wuhan
* 湖泊编号代表的湖泊名称见表1

表4 基于植物多样性的湖泊湿地类型
Table 4 Types of lake wetlands based upon vegetation diversity

湖泊湿地类型 Protection types	湖泊编号及名称 Lakes number and name	湖泊数量 Lake amount
原生植被湖泊 Native vegetation lakes	7 严东湖、13 北湖、18 车墩湖、19 竹子湖、21 清潭湖、22 北太子湖、25 五加湖	7
次生植被湖泊 Secondary vegetation lakes	1 汤逊湖、3 武湖、5 青菱湖、6 黄家湖、8 南湖、9 南太子湖、10 墨水湖、12 三角湖、14 野湖、15 龙阳湖、16 野芷湖、17 金银湖、20 张毕湖、23 塔子湖、24 竹叶海	16
人工植被湖泊 Artificial vegetation lakes	2 东湖、4 严西湖	2
退化植被湖泊 Degraded vegetation lakes	11 外沙湖、26 内沙湖	2

(2)次生植被湖泊 该类湖泊湿地数量较多,反映出武汉市湖泊湿地植被的普遍形态,多处于城市发展活跃地带或农业生产活动剧烈地区,湖泊湿地局部地段受城市扩张或农业活动的干扰,但植被仍保存较好。按照干扰因素差异,宜对其进一步分类进而采取差异化的保护措施。建议将城市发展区内的该类湖泊湿地参照保护区管理模式进行保护管理,建立 30—100m 的植被缓冲带,以减小城市建设对湿地植被生境的影响,促进植被自然恢复和发育;而对农业区的此类湖泊湿地应采取社区协同发展与保护的策略,引导和规范湖泊湿地周围农业生产模式,减小人类活动对湿地近岸带的干扰,保障湿地植被和功能自然恢复。

(3)人工植被湖泊 该类湖泊湿地数量较少,位于城乡交界区,周边居民、工厂集中、旅游活动较多或围湖垦田现象严重,湿地植被覆盖率降低,植被群落结构遭到不同形式的改变。考虑到该类湖泊湿地的现有经营措施及生态特点,建议通过建立城市自然湿地公园,尽量运用自然泊岸设计,引进乡土物种进行近自然改造,以促进近自然群落形成。

(4)退化植被湖泊 该类湖泊湿地位于中心城区,水体质量差,近岸带人为干扰活动强烈,湿地生境和植被

破坏严重,亟待消除或消减城市活动干扰,并采用生态工程法促进湿地植被生境改善,在此基础上以乡土植被种为主积极开展近自然湿地植被重建与恢复,并建立相应监测系统,对恢复情况实时跟踪。

3 讨论

基于区域内代表物种数量特征分析对湿地资源进行分类评估和优先保护是近年来出现的新趋势^[13],借鉴生物多样性热点分析基本原理,本文探讨了并应用了基于植物多样性特征的湖泊湿地分类保护方法,该方法根据植物多样性特征差异及其影响因素特征确定不同湖泊类型的湿地植被保护层次,是对湿地植被资源保护的一种尝试,可为湿地保护战略制定、具体措施选择、保护管理实践活动等提供依据。与雷霆等^[12]研究对湿地保护类型的划分不同,本文提出的方法主要依据湿地植被的分类保护与恢复;而与李瑞等^[14]的关于植被类型优先保护的研究不同的是本文提出的优先保护的体系是以湖泊湿地个体为单元,将整个区域的湖泊湿地按照植物多样性特征分为不同类型进行湿地植被保护与恢复措施的制定,因此,本方法适用于区域尺度上的湿地植被的保护与恢复。但基于植物多样性特征提出湿地植被系统保护的方法,目前并未直接考虑影响湿地植被的环境因子和其他影响因素,在具体湿地植被保护与修复的过程中还需对这些因素进行综合考虑。

本文选取了武汉市不同圈层的 26 个湖泊湿地进行维管束植物多样性研究,取样的湖泊湿地数目涵盖了武汉市规划区绝大多数湖泊,占武汉市域湖泊湿地总数的 16%,包括了各种干扰程度,取样范围也包含了从浅水到湖岸周围陆地的多种水分条件生境。因此,与以前集中于单个湖泊植被多样性的研究相比^[25-27],本研究更全面地反映了武汉市湖泊湿地维管束植被系统特征。鉴于武汉市在长江中游生态保护区中的重要地理位置,研究结果也能在一定程度上反映长江中游流域平原湖区湖泊湿地维管束植物保护需求。

尽管近年来武汉市制定和实施了众多湿地保护的措施,但湿地的保护力度与快速城市化和人类干扰活动的影响依然不成比例^[22]。人类干扰活动使湖泊湿地近岸带环境梯度呈现较大差异,继而导致湖泊湿地植被多样性明显分化。因此,本研究提出的针对性分类保护措施,不但能提高湿地管理与保护的效率,更能有效降低湿地植被恢复与保护建设(如外来物种,湖岸整治等)带来的消极影响。但这些措施的实施需要建立一个政府、立法、环保部门、其它机构组织和社区共同参与管理体制,有效协调湿地保护和恢复管理中的各种利益关系,并将湿地植被保护价值评估纳入管理中。

致谢:感谢陈龙清教授和余志博士对本文写作的帮助。

References:

- [1] Wang J H, Lu X G. Urban wetland: Its concept, ecological services and protection. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(4): 555-560.
- [2] An S Q, Li H, Guan B H, Zhou C F, Wang Z S, Deng Z F, Zhi Y B, Liu Y H, Xu C, Fang S B, Jiang J H, Li H L. China's natural wetlands: past problems, current status, and future challenges. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 2007, 36: 335-342.
- [3] Wang Y, Yao Y, Ju M. Wise use of wetlands: current state of protection and utilization of Chinese wetlands and recommendations for improvement. *Environmental Management*, 2008, 41: 793-808.
- [4] Li C H, Zhen X K, Niu S F, Cai Y P, Shen N, Pang A P. Research progress in protection and restoration of urban wetlands. *Progress in Geography*, 2009, 2(28): 271-279.
- [5] Engelhardt K A M, Ritchie M E. Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystem functioning and services. *Nature*, 2001, 411: 687-689.
- [6] Lou Y J, Zhao K Y, Ma K P. Change in floristic composition and species diversity of plant community along environment gradient in Honghe National Nature Reserve, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(9): 3883-3891.
- [7] Zhang X L, Feng A P, Sui Y Z, Xia D X. Floral characteristics and protection of vascular plants in coastal wetlands of Jiaozhou Bay. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(7): 822-827.
- [8] Yan D Q, Liu G J, Yang H J, He S Y, Lin B, Li Y X. Rehabilitation method of plant community in the damaged riverside of subtropical water head. *Journal of Beijing Forestry University*, 2007, 29(3): 40-4.
- [9] Yao C, Wan S W, Sun D L, Qin P. Ecological mechanisms of vegetation succession of coastal wetland in Yancheng Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(5): 2203-2210.
- [10] Zhou D M, Gong H L, Hu J M, Zhao K Y. Probe into the landscape pattern of freshwater wetland communities — A case study in the Honghe

- National Nature Reserve in Sanjiang Plain, China. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(1): 86-95.
- [11] Yang Z R, Wu C F, Liu Y. Evaluation of frangibility of wetland in rapidly urbanized areas: a case study of Hangzhou Bay Wetland. *Resources Science*, 2009, 31(2): 243-249.
- [12] Lei T, Cui G F, Chen J W, Zhang J R, Chen Y, Wang D G, Chen Y J. Diversity and priority conservation graded wetland vascular plants in Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 1675-1685.
- [13] Jason T B, Brook D H, Gary N E. Umbrella potential of plants and dragonflies for wetland conservation: a quantitative case study using the umbrella index. *Journal of Applied Ecology*, 2007, 44: 833-84.
- [14] Li R, Zhang K B, Liu Y F, Bian Z, Liu X D, Lu D Z, You W X. Prioritizing wetland vegetation protection in the Haba Lake Nature Reserve of Ningxia, northwestern China. *Journal of Beijing Forestry University*, 2009, 31(2): 44-49.
- [15] Keddy P A, Fraser L H, Solomeshch A I, Junk W J, Campbell D R, Arroyo M T K, Alho C J R. Wet and wonderful: the world's largest wetlands are conservation priorities. *Bioscience*, 2009, 59(1): 39-51.
- [16] Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, da Fonseca G A B, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 2000, 403(6772): 853-858.
- [17] Walter V R. Biodiversity hotspots. *TREE*, 1998, 13: 275-280.
- [18] Li Z Q, Ouyang Z Y, Zeng H Q. Assessment methods for territorial biodiversity hotspot based on species richness at broad scale. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(6): 1586-1593.
- [19] Kati V, Devillers P, Dufrene M, Legakis A, Vokou D, Lebrun P. Testing the value of six taxonomic groups as biodiversity indicators at a local scale. *Conservation Biology*, 2004, 18: 667-675.
- [20] Olson D M, Dinerstein E. The Global 200: a representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology*, 1998, 12: 502-515.
- [21] Wang X L, Cai S M, Zeng Y H. Wetland protection and utilization in Hubei Province. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2002, 11(5): 437-441.
- [22] Zheng Z M, Li H, Zhou Z X, Xu Y R, Teng M J. Landscape changes of Wuhan wetlands in 1978 — 2007 with the process of urbanization. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(8): 1619-1623.
- [23] Xiang W, Liu S, Liu S X. Investigation and analysis of distribution of wetlands in the city of Wuhan. *Wetland Science*, 2006, 4(2): 155-159.
- [24] Wang X L, Ning L M, Yu J, Xiao R, Li T. Changes of urban wetland landscape pattern and impacts of urbanization on wetland in Wuhan City. *Chinese Geographical Science*, 2008, 18: 47-53.
- [25] Yan G A, Ma J M, Qiu D R, Wu Z B. Succession and species replacement of aquatic plant community in East Lake. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, 21(4): 319-327.
- [26] Yu D, Kang H, Xie P, Chen Y Y. A comparative analysis on the species diversity of aquatic plants in Qingling lake and Huanjia lake. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(6): 566-575.
- [27] Zhan C W, Yu D, Wu Z H, Liu C H, Li Z Q. The community ecology of aquatic plant in the water-land ecotone of Liangzi Lake. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(5): 573-580.
- [28] Fu S X. The Vegetation in Hubei Province. Wuhan: Science and Technology Press in Hubei Province, 2002.
- [29] Yang H, Chen H M. Lakes in Wuhan. Wuhan: Wuhan Press, 2003.
- [30] Ma K P, Huang J H, Yu S L, Chen L Z. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China II. Species richness, evenness and species diversities. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(3): 268-277.
- [31] Wang Z G, Ye W H, Cao H L, Lian J Y. Spatial distribution of species diversity indices in a monsoon evergreen broadleaved forest at Dinghushan Mountain. *Biodiversity Science*, 2008, 16(5): 454-461.
- [32] Lopez R D, Fennessy M S. Testing the floristic quality assessment index as an indicator of wetland condition. *Ecological Applications*, 2002, 12: 487-497.
- [33] Zhao K Y, Zheng X F, Yi F K. Conventional wetplants in China//Chen Y Y ed. *Wetland Research in China*. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 1995: 262-268.
- [34] Lang H Q, Zhao K Y, Chen K L. *Wetlands Vegetation in China*. Beijing: Science Press, 1999.
- [35] Cronk J K, Fennessy M S. *Wetland Plants: Biology and Ecology*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 2001.

参考文献:

- [1] 王建华, 吕宪国. 城市湿地概念和功能及中国城市湿地保护. *生态学杂志*, 2007, 26(4): 555-560.
- [4] 李春晖, 郑小康, 牛少凤, 蔡宴朋, 沈楠, 庞爱萍. 城市湿地保护与修复研究进展. *地理科学进展*, 2009, 2(28): 271-279.

- [6] 娄彦景, 赵魁义, 马克平. 洪河自然保护区典型湿地植物群落组成及物种多样性梯度变化. 生态学报, 2007, 27(9): 3883-3891.
- [7] 张绪良, 丰爱平, 隋玉柱, 夏东兴. 胶州湾海岸湿地维管束植物的区系特征与保护. 生态学杂志, 2006, 25(7): 822-827.
- [8] 闫德千, 刘国经, 杨海军, 何松云, 林斌, 李永祥. 亚热带城市水源地受损河岸植物群落修复方法研究. 北京林业大学学报, 2007, 29(3): 40-44.
- [9] 姚成, 万树文, 孙东林, 钦佩. 盐城自然保护区海滨湿地植被演替的生态机制. 生态学报, 2009, 29(5): 2203-2210.
- [10] 周德民, 宫辉力, 胡金明, 赵魁义. 三江平原淡水湿地生态系统景观格局特征研究. 自然资源学报, 2007, 22(1): 86-95.
- [11] 杨志荣, 吴次芳, 刘勇. 快速城市化地区湿地脆弱性评价——以杭州湾湿地为例. 资源科学, 2009, 31(2): 243-249.
- [12] 雷霆, 崔国发, 陈建伟, 张佳蕊, 陈燕, 王德国, 陈元君. 北京市湿地维管束植物多样性及优先保护级别划分. 生态学报, 2006, 26(6): 1675-1685.
- [14] 李瑞, 张克斌, 刘云芳, 边振, 刘晓丹, 路端正, 尤万学. 宁夏哈巴湖自然保护区湿地植被优先保护研究. 北京林业大学学报, 2009, 31(2): 44-49.
- [18] 李智琦, 欧阳志云, 曾慧卿. 基于物种的大尺度生物多样性热点研究方法. 生态学报, 2010, 30(6): 1586-1593.
- [21] 王学雷, 蔡述明, 曾艳红. 湖北省湿地的保护与利用. 长江流域资源与环境, 2002, 11(5): 437-441.
- [22] 郑忠明, 李华, 周志翔, 徐永荣, 滕明君. 城市化背景下近 30 年武汉市湿地的景观变化. 生态学杂志, 2009, 28(8): 1619-1623.
- [23] 向闾, 刘苏, 刘胜祥. 武汉市湿地分布现状调查与分析. 湿地科学, 2006, 4(2): 155-159.
- [25] 严国安, 马剑敏, 邱东茹, 吴振斌. 武汉东湖水生植物群落演替的研究. 植物生态学报, 1997, 21(4): 319-327.
- [26] 于丹, 康辉, 谢平, 陈宜瑜. 青菱湖和黄家湖水生植物多样性的比较分析. 生态学报, 1996, 16(6): 566-575.
- [27] 詹存卫, 于丹, 吴中华, 刘春花, 李中强. 梁子湖水-陆交错区水生植物群落生态学研究. 植物生态学报, 2001, 25(5): 573-580.
- [28] 傅书遐. 湖北植物志 3. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2002.
- [29] 杨洪, 陈红梅. 武汉湖泊. 武汉: 武汉出版社, 2003.
- [30] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 陈灵芝. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II. 丰富度、均匀度和物种多样性指数. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.
- [31] 王志高, 叶万辉, 曹洪麟, 练璐愉. 鼎湖山季风常绿阔叶林物种多样性指数空间分布特征. 生物多样性, 2008, 16(5): 454-461.
- [33] 赵魁义, 郑宣凤, 易富科. 中国湿地植物初录 // 陈宜瑜. 中国湿地研究. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995: 262-268.
- [34] 郎惠卿, 赵魁义, 陈克林. 中国湿地植被. 北京: 科学出版社, 1999.

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 30 卷 第 24 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 24 2010

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