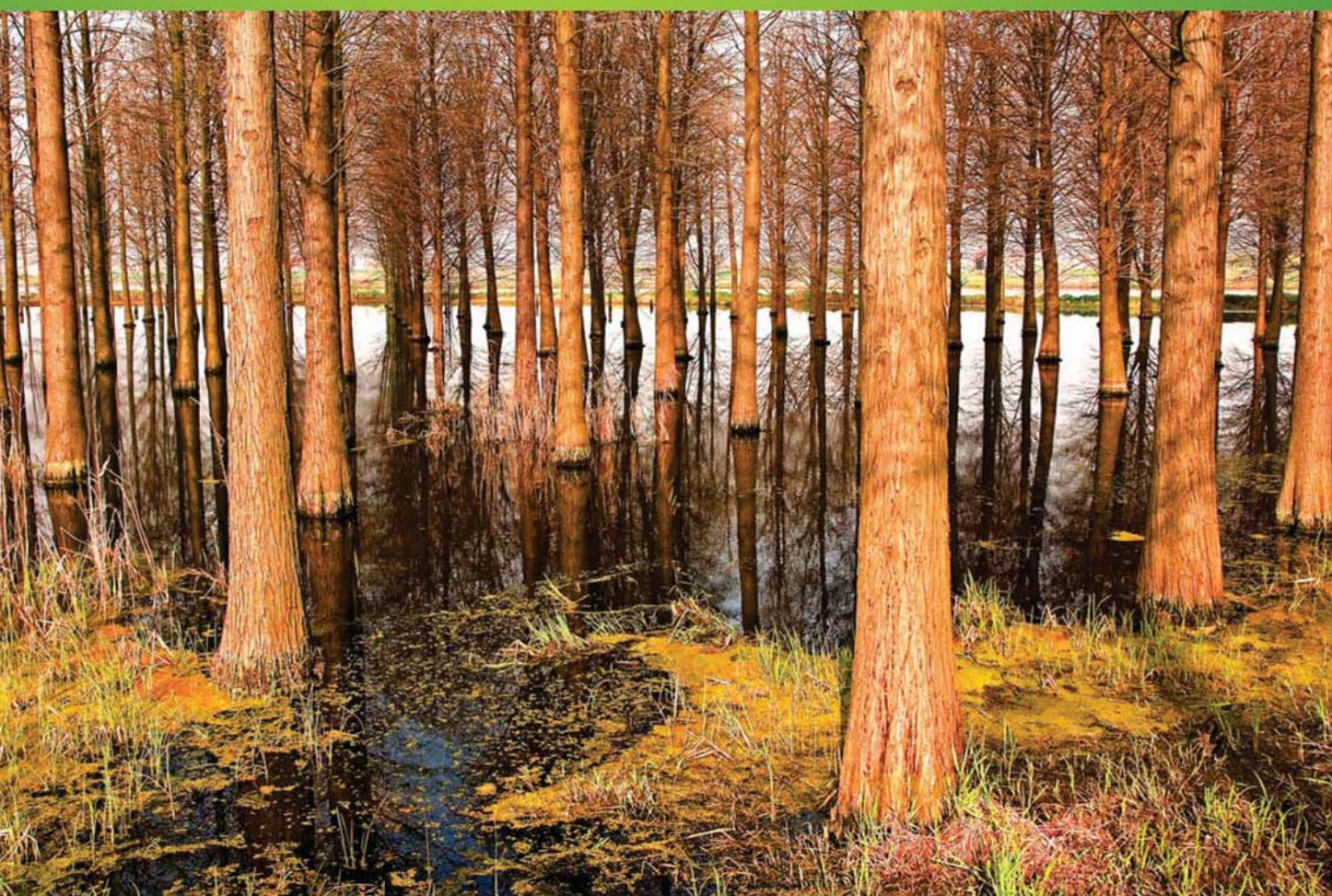


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第3期 Vol.32 No.3 **2012**

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 32 卷 第 3 期

2012 年 2 月 (半月刊)

目 次

夏季可可西里雌性藏原羚行为时间分配及活动节律	连新明, 李晓晓, 颜培实, 等 (663)
热带印度洋黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系	杨胜龙, 张禹, 张衡, 等 (671)
洪湖水体藻类藻相特征及其对生境的响应	卢碧林, 严平川, 田小海, 等 (680)
广西西端海岸四种红树植物天然种群生境高程	刘亮, 范航清, 李春千 (690)
高浓度 CO ₂ 引起的海水酸化对小珊瑚藻光合作用和钙化作用的影响	徐智广, 李美真, 霍传林, 等 (699)
盖度与冠层水深对沉水植物水盾草光谱特性的影响	邹维娜, 袁琳, 张利权, 等 (706)
基于 C-Plan 规划软件的生物多样性就地保护优先区规划——以中国东北地区为例	栾晓峰, 孙工棋, 曲艺, 等 (715)
城市化对本土植物多样性的影响——以廊坊市为例	彭羽, 刘雪华, 薛达元, 等 (723)
利用红外相机调查北京松山国家级自然保护区的野生动物物种	刘芳, 李迪强, 吴记贵 (730)
基于树木起源、立地分级和龄组的单木生物量模型	李海奎, 宁金魁 (740)
千岛湖社鼠种群遗传现状及与生境面积的关系	刘军, 鲍毅新, 张旭, 等 (758)
气候变化对内蒙古草原典型植物物候的影响	顾润源, 周伟灿, 白美兰, 等 (767)
中国西北典型冰川区大气氮素沉降量的估算——以天山乌鲁木齐河源 1 号冰川为例	王圣杰, 张明军, 王飞腾, 等 (777)
植被类型对盐沼湿地空气生境节肢动物功能群的影响	童春富 (786)
黔西北铅锌矿区植物群落分布及其对重金属的迁移特征	邢丹, 刘鸿雁, 于萍萍, 等 (796)
云南中南部季风常绿阔叶林恢复生态系统萌生特征	苏建荣, 刘万德, 张志钧, 等 (805)
筑坝扩容下高原湿地拉市海植物群落分布格局及其变化	肖德荣, 袁华, 田昆, 等 (815)
三峡库区马尾松根系生物量的空间分布	程瑞梅, 王瑞丽, 肖文发, 等 (823)
兴安落叶松林生物量、地表枯落物量及土壤有机碳储量随林分生长的变化差异	王洪岩, 王文杰, 邱岭, 等 (833)
内蒙古放牧草地土壤碳固持速率和潜力	何念鹏, 韩兴国, 于贵瑞 (844)
不同林龄马尾松凋落物基质质量与土壤养分的关系	葛晓改, 肖文发, 曾立雄, 等 (852)
不同丛枝菌根真菌侵染对土壤结构的影响	彭思利, 申鸿, 张宇亭, 等 (863)
不同初始含水率下粘质土壤的入渗过程	刘目兴, 聂艳, 于婧 (871)
不同耕作措施的温室气体排放日变化及最佳观测时间	田慎重, 宁堂原, 迟淑筠, 等 (879)
外源铅、铜胁迫对不同基因型谷子幼苗生理生态特性的影响	肖志华, 张义贤, 张喜文, 等 (889)
温度和盐度对吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼鳃 Na ⁺ -K ⁺ -ATPase 活力的联合效应	王海贞, 王辉, 强俊, 等 (898)
基于元胞自动机的喀斯特石漠化格局模拟研究	王晓学, 李叙勇, 吴秀芹 (907)
边缘细胞对荞麦根尖铝毒的防护效应和对细胞壁多糖的影响	蔡妙珍, 王宁, 王志颖, 等 (915)
川中丘陵区人工柏木防护林适宜林分结构及水文效应	龚固堂, 黎燕琼, 朱志芳, 等 (923)
基于 AHP 与 Rough Set 的农业节水技术综合评价	翟治芬, 王兰英, 孙敏章, 等 (931)
基于 DMSP/OLS 影像的我国主要城市群空间扩张特征分析	王翠平, 王豪伟, 李春明, 等 (942)
生态旅游资源非使用价值评估——以达赉湖自然保护区为例	王朋薇, 贾竞波 (955)
专论与综述	
基于有害干扰的森林生态系统健康评价指标体系的构建	袁菲, 张星耀, 梁军 (964)
硅对植物抗虫性的影响及其机制	韩永强, 魏春光, 侯茂林 (974)

研究简报

光照条件、植株冠层结构和枝条寿命的关系——以桂花和水杉为例	占峰, 杨冬梅 (984)
Bt 玉米秸秆还田对小麦幼苗生长发育的影响	陈小文, 祁鑫, 王海永, 等 (993)
汶川大地震灾后不同滑坡体上柏木体内非结构性碳水化合物特性	陈博, 李志华, 何茜, 等 (999)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 344 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-02



封面图说: 难得的湿地乔木——池杉池杉为落叶乔木, 高达 25 米, 主干挺直, 树冠尖塔。树干基部膨大, 常有屈膝状吐吸根, 池杉为速生树, 强阳性, 耐寒性较强, 耐干旱, 更极耐水淹, 多植于湖泊周围及河流两岸, 是能在在水里生长的极少数的大乔木之一, 故有湿地乔木之称。池杉原产美国弗吉尼亚沼泽地, 中国于本世纪初引种到江苏等地, 之后大量引种南方各省, 尤其是长江南北水网地区作为重要造树和园林树种而大量栽种。

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

DOI: 10.5846/stxb201104190515

肖德荣,袁华,田昆,杨杨.筑坝扩容下高原湿地拉市海植物群落分布格局及其变化.生态学报,2012,32(3):815-822.

Xiao D R, Yuan H, Tian K, Yang Y. Distribution patterns and changes of aquatic communities in Lashihai Plateau Wetland after impoundment by damming. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(3): 815-822.

筑坝扩容下高原湿地拉市海植物群落 分布格局及其变化

肖德荣¹,袁 华²,田 昆^{1,*},杨 杨³

(1. 国家高原湿地研究中心/西南林业大学; 2. 西南林业大学资源学院,昆明 650224;

3. 同济大学生命科学与技术学院,上海 200092)

摘要:基于遥感与地理信息系统技术、结合实地调查与验证,对高原湿地拉市海筑坝扩容 13a 来湿地植物群落类型、物种组成、空间分布格局进行研究,对比分析筑坝扩容前后植物群落变化特征。结果表明,拉市海当前分布有水葱 (*Scirpus tabernaemontani*)、两栖蓼 (*Polygonum amphibium*) 等 2 个挺水植物群落,鸭子草 (*Potamogeton tepperi*)、菱 (*Trapa bispinosa*) 等 2 个浮叶植物群落,穗状狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum*)、篦齿眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*)、菹草 (*Potamogeton crispus*)、穿叶眼子菜 (*Potamogeton perfoliatus*)、小叶眼子菜 (*Potamogeton pusillus*) 等 5 个沉水植物群落,草甸植被分布于湖周。湿地植物物种共计 61 种,隶属于 25 科、48 属,物种丰富度随沉水→浮叶→挺水→草甸逐渐增加。沉水植物群落分布面积最大 (615.08 hm²),其次是草甸 (214.60 hm²)、浮叶植物群落 (140.01 hm²),挺水植物群落分布面积最小 (9.34 hm²),群落垂直层次随沉水→浮叶→挺水呈复杂化的趋势。筑坝 13a 来,拉市海植物群落类型从单一的沉水型植物群落发展成为由沉水、浮叶、挺水型组成的、水平空间多样化配置的湿地植被系统,其中穗状狐尾藻、篦齿眼子菜、小眼子菜等植物群落在筑坝蓄水 13a 后没有发生演替得以保留,而扇叶水毛茛 (*Burtrachium bungei*)、马来眼子菜 (*Potamogeton malaianus*) 和轮藻 (*Chara* spp.) 群落发生演替而消失。研究掌握了筑坝扩容下拉市海湿地植物群落分布格局及其变化特征,为科学评估筑坝蓄水对湿地生态系统的影响提供了基础性数据,同时也为水文改变下高原湿地生态系统的保护、管理以及资源可持续利用提供了一定的理论依据。

关键词:筑坝扩容;高原湿地;植物群落;分布格局;拉市海

Distribution patterns and changes of aquatic communities in Lashihai Plateau Wetland after impoundment by damming

XIAO Derong¹, YUAN Hua², TIAN Kun^{1,*}, YANG Yang³

1 National Plateau Wetlands Research Center, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China

2 Faculty of Natural Resources, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China

3 School of Life Science and Technology, Tongji University, Shanghai 200092, China

Abstract: Damming could alter hydrological cycle in a region rapidly and produce profound influences on ecosystem structures and functions of wetlands. Plants are the essential composition of the wetland ecosystem and the alteration of hydrological conditions caused by damming can directly affect spatial distribution, ecosystem structures and functions of wetlands. The impacts of impoundment by damming on wetland ecosystems have become a worldwide concern.

Lashihai, a typical closed and semi-closed wetland in the northwestern Yunnan Plateau, belongs to the Jinsha River catchment and is also one of the 12 wetlands of international importance in the plateau region. Since 1994, Lashihai has

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)前期研究专项(2010CB434807);国家自然科学基金重点项目(U0933601);国家自然科学基金面上项目(40971285);云南省应用基础研究计划(2011FB069);云南省高校科技创新团队支持计划资助;国家自然科学基金资助项目(40771013)

收稿日期:2011-04-19; 修订日期:2011-10-31

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

changed from a seasonal flooding wetland to a lake with relatively stable water level after a dam establishment. To study the distribution patterns and changes of aquatic communities in Lashihai after impoundment by damming can provide a sound basis for scientific assessment of impacts of dam establishment on wetland ecosystems.

By using the RS and GIS technologies combined with field surveys, the plant communities, species composition and their distribution patterns in the plateau wetlands of Lashihai were studied over 13 years following impoundment by damming. The results of a comparative analysis of changes in plant communities from 1994a to 2006a showed that 13 years after dam establishment, there were two emergent communities (*Scirpus tabernaemontani* and *Polygonum amphibium*), two floating-leaved communities (*Potamogeton tepperi* and *Trapa bispinosa*), five submerged communities (*Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton perfoliatus* and *Potamogeton pusillns*) and lakeside meadow community in Lashihai. The number of species was 61, belonging to 25 families and 48 genera. Plant species richness was the lowest in the submerged communities and increased gradually in the floating-leaved communities and emergent communities, and reached the highest in the lakeside meadows. The current distribution area of the submerged communities amounted to 615.08 hm², the meadows and floating-leaved communities covered 214.60 hm² and 140.01 hm², respectively, and the emergent communities was only 9.34 hm². In the past 13 years after impoundment, the plant communities in Lashihai changed from a simple submerged community to a diverse system of submerged, floating-leaved and emergent communities, where the submerged plant communities of *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus* and *Potamogeton pusillns* remained, and *Butrachium bungei*, *Potamogeton malaianus* and *Chara* spp. communities had disappeared. Damming altered the natural hydrological conditions and changed greatly species composition, community structure and spatial patterns of wetland vegetation in Lashihai. The key driving force for the changes in wetland vegetation was dam construction, as the wetland plants with different strategies of renewal and spreading responded to hydrologic changes by damming. Lashihai wetland has been designated to a wetland of international importance, with a main conservation object of *Ciconia nigra* and other wintering waterfowl, as well as their habitats. The diverse plant communities and regular spatial distribution of wetlands in Lashihai could provide crucial habitat, shelter and food for waterfowl. The number of winter waterfowl increased significantly as compared to that before dam construction. The present stable relationships among hydrology-vegetation-waterfowl provided a foundation to maintain the wetland ecosystem structures and functions. A scientific assessment of dam establishment on wetland ecosystems could provide sound information for plateau wetland conservation, management and wise use.

Key Words: impoundment by damming; plateau wetland; aquatic communities; distribution patterns; LashihaiS

筑坝蓄水是全球水资源利用的主要方式之一^[1-3],能迅速改变区域水文条件^[4],对生态环境的影响具有众多争议^[5]。湿地是敏感的水文系统,任何微小的水文变化都会对湿地生态系统结构和功能产生影响^[6]。筑坝蓄水对湿地生态系统的影响已引起了世界的极大关注^[7]。植物是湿地生态系统结构和功能的核心^[8],淹水条件的变化将直接导致植物群落的空间分布格局改变^[9],进而影响整个湿地生态系统结构与功能。因此,筑坝扩容下湿地植群落分布格局及其变化的研究,是科学评估筑坝扩容对湿地生态系统影响的基础和关键。

滇西北高原湿地拉市海是地处金沙江流域汇水区、闭合和半闭合的独特湿地类型^[10-11],对长江中下游的水量均衡和水位调节,以及生物多样性保护具有重要价值,也是高原地区 12 个国际重要湿地之一。筑坝扩容前,拉市海是一个典型的季节性湖泊湿地^[12],旱季排干后仅有流经湖心的河沟积水^[13],常年淹水面积仅为 123.53 hm²,湿地植物群落较为单一,主要分布有 6 个沉水植物群落^[13]。1994 年,基于丽江城市发展用水需要,在拉市海西南部筑坝进行蓄水扩容,长年淹水面积达 933.0 hm²、水深在 2.5—4.5 m^[14],形成了淹水水位相对稳定的湖泊湿地,成为中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*)、黑鹳(*Ciconia nigra*)、黑颈鹤(*Grus nigricollis*)等众

多国家 I、II 级重点保护野生动物的重要停歇地和越冬地^[12],湿地植被与动物之间形成了相对稳定的生态关系^[15]。筑坝扩容长期水淹所导致的水文条件改变,必将影响到原有植物群落的物种组成、空间分布格局,进而影响湿地生态系统功能。然而,筑坝扩容 13a 来、对拉市海湿地植物群落分布格局及其变化的有关研究尚未见报道。

本研究的内容包括:拉市海筑坝扩容 13a 来的 (1) 现时主要植物群落类型及其物种组成, (2) 现时植物群落空间分布格局, (3) 植物群落类型的变化。通过研究,掌握拉市海湿地植物群落分布格局现状以及变化特征,揭示湿地植物响应筑坝蓄水水文改变的植被演替生态学过程,为筑坝对湿地生态系统影响的科学评估、水文改变后高原湿地的保护和管理对策的制定提供理论依据。

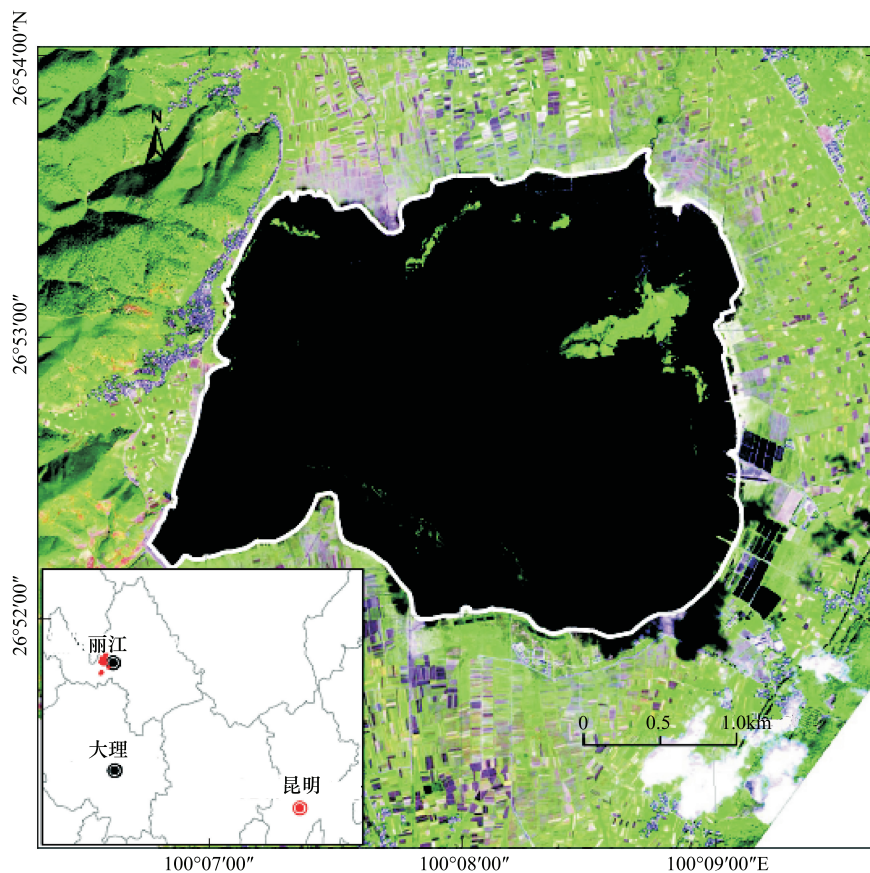


图 1 拉市海位置图及其研究区域

Fig. 1 Location of Lashihai and the study area

1 研究区域概况

拉市海国际重要湿地位于世界文化遗产丽江市境内 ($100^{\circ}06'—100^{\circ}11'E$, $26^{\circ}51'—26^{\circ}55'N$) (图 1), 南北长约 9.3 km, 东西宽 8.2 km, 面积 1006 hm^2 , 为我国滇西北高原闭合半闭合的独特湿地类型。湿地属山地温暖带, 年平均气温 $11.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最高月 7 月均温 $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最低月均温 $3.9\text{ }^{\circ}\text{C}$; 雨季为每年 5—10 月, 年降水量在 900—1200 mm, 其中 6—9 月降水量占全年的 80% 以上; 相对湿度随干湿季节而变化, 年平均湿度 63%; 全日照时数为 2500—2750 h, 年总计辐射热量为 $146.5\times 4.18\text{ J/cm}^2$, 日照率为 60%, 仅次于青藏高原和新疆、甘肃等部分干旱和半干旱地区。

拉市海湿地独特的结构特征孕育了丰富的生物多样性和特有性, 分布有云贵高原特有的海菜花 (*Ottelia acuminata*) 群落, 是珍稀濒危越冬候鸟中华秋沙鸭、黑鹳、黑颈鹤、灰鹤 (*Grus grus*)、大天鹅 (*Cygnus cygnus*) 等国家 I、II 级重点保护野生动物等 84 种水禽的重要停歇地和越冬地, 是云贵高原目前记录到水禽种数最多的

湿地,有着极其重要的生物多样性保护价值。另外,拉市海地处纳西少数民族集居的农牧交错区,是当地农牧业发展、旅游资源开发的基础,生物多样性保护与利用矛盾较为突出,为国内外关注的焦点。

2 研究方法

拉市海水环境较为稳定、水体透明度在 3 m 以上^[14],具有水生植物群落调查的良好条件。依据《中国湿地植被》分类方法^[16]对拉市海湿地植物群落进行研究。2006 年 6 月和 10 月,从拉市海由东向西、每隔 100 m 设置调查样线,由南向北方向、划船沿调查样线对植物群落进行调查,在每类型植物群落分布的典型区域、设置相对固定的 7—10 个 2 m×2 m 小样方,通过带小钩的竹竿采集沉水植物标本,将植物标本带回实验室进行鉴定,记录群落类型、物种组成、分布水深等指标。沿调查样线、用 TrimbleGPS (精度 0.51 m)对植物群落调查点以及群落分布的边界进行定位。

运用 GIS 和 RS 技术,通过 2004 年拉市海 Quickbird 影像 (精度 0.61 m)数据读取、数据辐射校正、几何精校正、色彩均衡、图像增强,在 E-Cognition 软件支持下,基于遥感影像的颜色、纹理、形状以及数字高程和其它矢量数据进行自动区划,得到一个个形状与图像光谱特征具有同质性的生态景观多边形单元^[17]。根据野外 GPS 定位点,通过目视解译分类判读,制作拉市海植物群落分布格局图。2006 年 10 月,运用 TrimbleGPS 对拉市海植物群落分布格局图精度进行野外实地验证,验证分类精度达到 85% 以上,通过实地验证、进一步调整拉市海植物群落分布格局图。

通过收集、整理拉市海筑坝扩容前植物群落分布的有关研究资料,对比坝扩容 13a 来拉市海湿地植物群落类型的主要变化特征,分析筑坝扩容下湿地植物群落的演替途径与规律。

3 研究结果

3.1 现时群落类型和物种组成

筑坝扩容 13a 来,拉市海形成了由沉水、浮叶、挺水、草甸植群落组成的湿地植被生态系统 (表 1),其中,包括水葱 (*Scirpus tabernaemontani*)、两栖蓼 (*Polygonum amphibium*) 等 2 个挺水植物群落,鸭子草 (*Potamogeton tepperi*)、菱 (*Trapa bispinosa*) 等 2 个浮叶植物群落,穗状狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum*)、篦齿眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*)、菹草 (*Potamogeton crispus*)、穿叶眼子草 (*Potamogeton perfoliatus*)、小眼子菜 (*Potamogeton pusillns*) 等 5 个沉水植物群落,以及环拉市海周边分布的草甸植被。沉水植物群落主要分布在 1.2—4.5 m 的深水区域,浮叶植物群落分布于小于 2.0 m、水流相对较缓的浅水区域,而挺水植物群落则分布于水深小于 1.5 m 的浅水区。随着沉水→浮叶→挺水,群落分布的水深呈递减的趋势。

表 1 拉市海植物群落-物种矩阵(2006 年)

Table 1 Communities-species matrix of plant community in Lashihai (2006)

生活型 Life forms	群落 Communities	分布水深 Water depth/m	物种组成 Species composition		
			科 Family	属 Genus	种 Species
挺水型 Emergent	水葱 <i>Scirpus tabernaemontani</i>	0.5—1.5	8	8	10
	两栖蓼 <i>Polygonum amphibium</i>	<0.5	11	12	16
小记			13	15	21
浮叶型 Floating-leaved	鸭子草 <i>Potamogeton tepperi</i>	0.1—1.5	10	10	13
	菱 <i>Trapa bispinosa</i>	1.0—2.0	5	6	6
小记			11	12	15
沉水型 Submerged	穗状狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>	1.2—4.5	4	4	9
	篦齿眼子菜 <i>Potamogeton pectinatus</i>	1.5—3	4	4	5
	菹草 <i>Potamogeton crispus</i>	1.5—4	3	3	5
	穿叶眼子菜 <i>Potamogeton perfoliatus</i>	<2.0	2	2	3
	小眼子菜 <i>Potamogeton pusillns</i>	1.7—2.1	5	5	7
小记			7	7	14
草甸 Meadow		—	12	30	34
小记			12	30	34
总计 Total			25	48	61

拉市海当前分布有湿地植物物种共计 61 种,隶属于 25 科、48 属(表 1)。不同生活型植物群落物种组成丰富度不同,其中,草甸植物物种数为 34 种,隶属于 12 科、30 属,分别占拉市海湿地植物物种总数的 55.7%、48.0%、62.5%;挺水植物物种 21 种,隶属于 13 科、15 属,分别占总数的 34.4%、52.0%、25.0%;浮叶植物物种 15 种,隶属于 11 科、12 属;沉水植物 14 种,隶属于 7 科、7 属。群落物种组成丰富度随沉水→浮叶→挺水→草甸,呈逐渐增加的趋势。

3.2 现时群落空间分布格局

拉市海湿地植物群落随着淹水深度的不同在空间分布上呈现异质性配置(图 2,表 2)。沉水植物群落主要分布在拉市海湖盆中部、淹水较深的大部分区域,分布面积达 615.08 hm²,占总面积的 61.13%;在风浪较小、水面相对静止的东、北部水域,分布着荇菜、菱等浮叶植物群落,分布面积 140.01 hm²,占总面积 13.91%;挺水植物群落主要分布在拉市海周边一些浅水区域,面积仅为 9.34 hm²,占总面积的 0.93%;在拉市海湖周狭长区域分布有草甸植被,面积为 241.60 hm²,占总面积的 24.02%。

不同生活型植物群落在水体中分布层次不同,其中,沉水植物群落层次最为单一,仅有沉水层分布;浮叶植物群落主要以浮叶层为主,具有数量较少的沉水层植物分布;挺水植物群落通常以挺水层植物为主,兼具一定数量的浮叶、沉水层植物分布,垂直结构较为复杂多样(表 2)。

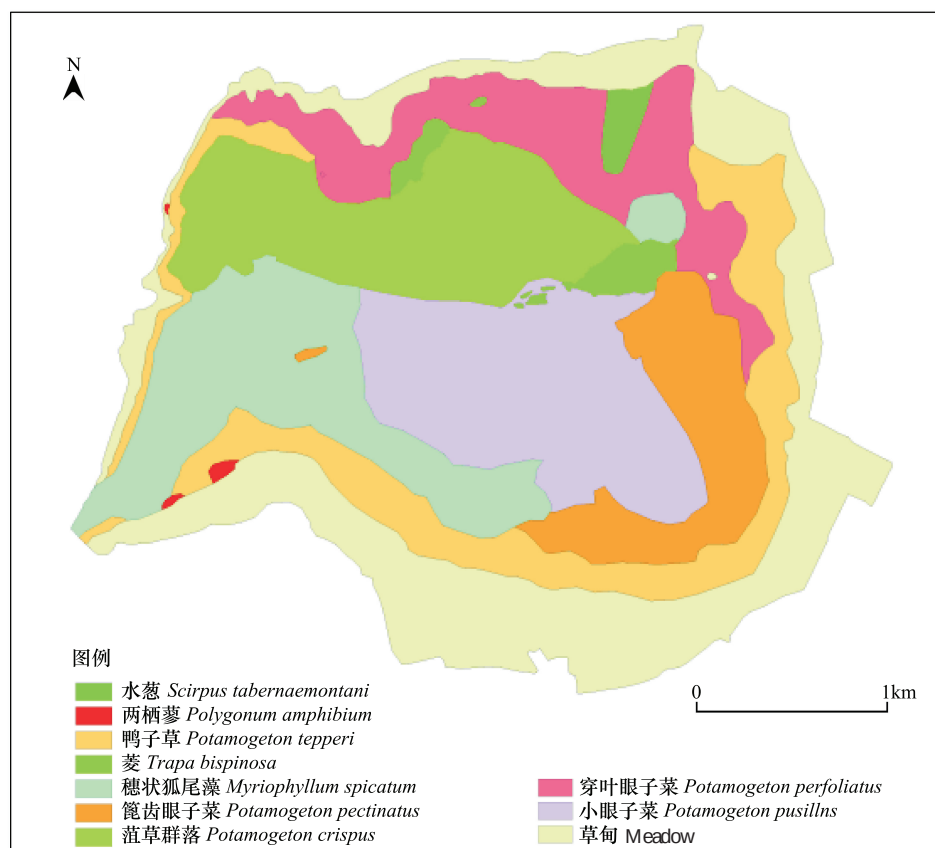


图 2 拉市海湿地植物群落空间分布格局图(2006 年)

Fig. 2 Horizontal distribution patterns of plant community in Lashihai (2006)

3.3 水生植物群落类型的变化

拉市海当前水生植物群落类型较筑坝蓄水前发生了较大变化(表 3)。3 种沉水植物群落消失,新出现 6 种群落类型。筑坝扩容前仅有 6 种沉水植物群落类型,而筑坝扩容 13a 后,形成了 9 种具有沉水、浮叶、挺水生活型分布的、较为复杂的水生植物群落。其中,筑坝扩容前沉水类型中的穗状狐尾藻、篦齿眼子菜、小眼子菜等植物群落,在筑坝蓄水 13a 后,群落类型未发生演替得以保留,而扇叶水毛茛(*Butrachium bungei*)、马来眼

子菜 (*Potamogeton malaianus*) 和轮藻 (*Chara* spp.) 仅存少量物种分布于其他群落中, 群落类型发生演替而消失。

表 2 拉市海植物群落分布面积及其水体层次特征 (2006 年)

Table 2 Distribution area and vertical structures of wetland plant community in Lashihai (2006)

生活型 Life forms	群落 Communities	面积 Area/hm ²	% 面积 % area	垂直结构 Vertical structures		
				挺水层 E	浮叶层 F	沉水层 S
挺水型 Emergent	水葱 <i>Scirpus tabernaemontani</i>	7.87	0.78	✓	✓	✓
	两栖蓼 <i>Polygonum amphibium</i>	1.46	0.15	✓	✓	✓
小记		9.34	0.93			
浮叶型 Floating-leaved	鸭子草 <i>Potamogeton tepperi</i>	123.28	12.25		✓	✓
	菱 <i>Trapa bispinosa</i>	16.74	1.66		✓	✓
小记		140.01	13.91			
沉水型 Submerged	穗状狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>	142.45	14.16			✓
	篦齿眼子菜 <i>Potamogeton pectinatus</i>	80.20	7.97			✓
	菹草群落 <i>Potamogeton crispus</i>	149.62	14.87			✓
	穿叶眼子菜 <i>Potamogeton perfoliatus</i>	104.54	10.39			✓
	小眼子菜 <i>Potamogeton pusillns</i>	138.27	13.74			✓
小记		615.08	61.13			
草甸 Meadow	草甸 Meadow	241.60	24.02	—	—	—
小记		241.60	24.02			
总计 Total		1006.03	100			

表 3 拉市海筑坝蓄水前 (1987 年) 后 (2006 年) 水生植物群落类型比较

Table 3 Comparison of plant communities between before (1987) and after impoundment (2006) in Lashihai

生活型 Life forms	筑坝蓄水前 Before impoundment ^[13]	筑坝蓄水后 After impoundment
挺水群落 Emergent		水葱 <i>Scirpus tabernaemontani</i> 两栖蓼 <i>Polygonum amphibium</i>
浮叶群落 Floating-leaved		鸭子草 <i>Potamogeton tepperi</i> 菱 <i>Trapa bispinosa</i>
沉水群落 Submerged	扇叶水毛茛 <i>Butrachium bungei</i> 穗状狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i> 篦齿眼子菜 <i>Potamogeton pectinatus</i> 马来眼子菜 <i>Potamogeton malaianus</i> 小眼子菜 <i>Potamogeton pusillus</i> 轮藻 <i>Chara</i> spp.	穿叶眼子菜 <i>Potamogeton perfoliatus</i> 穗状狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i> 篦齿眼子菜 <i>Potamogeton pectinatus</i> 菹草 <i>Potamogeton crispus</i> 小眼子菜 <i>Potamogeton pusillns</i>

4 讨论

筑坝扩容迅速增加淹水面积、淹水深度和淹水历时^[18], 使湿地原有淹水环境发生改变^[19]。植物对水文改变响应的差异直接影响湿地植被的更新与扩散^[20], 导致植被的结构组成、演替动态和分布格局发生改变^[9]。拉市海筑坝扩容前属季节性湖泊, 淹水深度季节性变化极大, 相对稳定的水文环境无法形成。响应大幅度变化的水文环境条件, 拉市海在筑坝扩容前主要以单一的沉水植物群落分布为主^[13]。自 1994 年在拉市海西部筑坝扩容后, 拉市海淹水深度从湖心向湖周多保持在 1—4.5 m 之间, 形成了一个水文相对稳定的湖泊湿地环境。筑坝扩容导致拉市海形成了大面积淹水较深的区域, 使得适应深水生境的穗状狐尾藻、篦齿眼子菜、小叶眼子草等得以存活、扩散, 在筑坝 13a 后仍保持较高的优势度而群落未发生演替。随着水文环境的改变, 致使扇叶水毛茛、马来眼子菜、轮藻等原有群落中物种种间竞争关系改变, 物种间相对优势度发生变化而

导致群落发生演替,群落物种间关系随水文变化而演变的生态过程需进一步深入研究。同时,由于拉市海湖盆地形的差异,筑坝扩容形成了一定面积的浅水生境,为浮叶、挺水植物创造了栖息生境,经过 13a 的植物物种与水文环境的协同进化、以及种间关系的发展,形成了以菱、鸭子草为主的浮叶植物群落,以及以水葱和两栖蓼为主的挺水植物群落。

湿地植物群落分布类型以及物种组成,是适应水文环境条件和种间竞争选择的结果^[21],不同的水深区域生活着相异的植物类群^[8, 22]。筑坝扩容后拉市海湿地水文条件相对稳定,响应长期淹水深度较深的水文环境,拉市海整个湖盆分布了众多的沉水植物群落类型,占据了拉市海湿地最大面积。而随着湖盆向湖周区域过渡,形成了一定的浅水区域,且主要是拉市海南岸以及西北岸、受风浪影响较小的狭长区域,分布有一定类型和面积的浮叶植物群落。由于受地形的限制,以及水文长期稳定的影响,拉市海水陆交互作用的浅水区域面积相对较小,导致适合浅水生境的挺水植物群落分布面积最小。可见,筑坝所导致的淹水条件的变化,是引起拉市海湿地植被变化的主要驱动因子,从单一的沉水植物群落发展形成了以沉水、浮叶、挺水类型为主的,空间规律配置的完整水生植被生态系统,这也是对筑坝扩容 13a 来水文条件相互适应、长期自然选择的结果。

近年来,为满足丽江市不断增长的人口和旅游业发展对水资源的需求,当地有关部门于 2009 年在拉市海 1994 年坝址上进行了进一步筑坝扩容。根据筑坝扩容工程设计,到完全蓄水完成,拉市海常年淹水深度在现有水位上将增加 3 m、淹水面积增加 550 hm²。与 1994 年筑坝扩容相比,此次筑坝扩容将大幅度使得拉市海众多区域淹水深度超过 6 m,将会导致这些区域高等水生植物可能无法生长和存活^[22],同时,现有的挺水、浮叶以及草甸分布区将全部淹没,原有植物群落分布的水文条件大幅度改变,必将影响到现有植物群落空间分布格局。另外,拉市海现有丰富的湿地植被类型以及空间规律性配置,为湿地鸟类提供了多样的栖息生境和充足的食物来源,筑坝蓄水后冬季水禽数量较筑坝前具有明显的增加^[14],目前已记录到 84 种,成为以黑鹳等濒危水禽及其越冬栖息生境为保护对象的国际重要湿地。拉市海现有稳定的水文-植被-动物生态关系是维护现有拉市海湿地生态系统结构和功能的基础和关键^[12]。因此,随着再次筑坝扩容淹水水位的快速增加,拉市海现有植物群落将发生什么样的演替? 现有水文-植被-动物之间稳定的生态关系将受到什么样的影响? 影响程度如何? 已成为该区域国际重要湿地保护与资源可持续利用关注的热点,这有待于进一步加强拉市海二次筑坝扩容下湿地植被的定位监测与研究,以科学解答这一地区重大水利工程所面临的湿地保护的难点和热点问题。

References:

- [1] World Commission on Dams (WCD). Dams and Development: A New Framework for Decision-Making. London: Earthscan, 2000.
- [2] Bird J, Wallace P. Dams and development-an insight to the report of the World Commission on Dams. Irrigation and Drainage, 2001, 50(1): 53-64.
- [3] Pardo I, Campbell I C, Brittain J E. Influence of dam operation on mayfly assemblage structure and life histories in two south-eastern Australian streams. Regulated Rivers: Research and Management, 1998, 14: 285-295.
- [4] Bednarek A T. Undamming rivers: a review of the ecological impacts of dam removal. Environmental Management, 2001, 27(6): 803-814.
- [5] Tefera B, Stroosnijder L. Integrated watershed management: a planning methodology for construction of new dams in Ethiopia. Lakes and Reservoirs: Research and Management, 2007, 12(4): 247-259.
- [6] Gilvear D J, McInnes R J. Wetland hydrological vulnerability and the use of classification procedures: a Scottish case study. Journal of Environmental Management, 1994, 42(4): 403-414.
- [7] Mitsch W J, Lu J J, Yuan X Z, He W S, Zhang L. Optimizing ecosystem services in China. Science, 2008, 322(5901): 528-529.
- [8] Xiao D R, Tian K, Yuan H, Yang Y M, Li N Y, Xu S G. The distribution patterns and changes of aquatic plant communities in Napahai Wetland in northwestern Yunnan Plateau, China. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(11): 3624-3630.
- [9] Vervuren P J, Blom C W P M, de Kroon H. Extreme flooding events on the Rhine and the survival and distribution of riparian plant species. The Journal of Ecology, 2003, 91(1): 135-146.
- [10] Xiao D R, Tian K, Zhang L Q. Relationship between plant diversity and soil fertility in Napahai wetland of northwestern Yunnan Plateau. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 3116-3124.

- [11] Tian K, Lu M, Chang F L, Mo J F, Li L C, Yang Y X. The ecological environment degradation and degradation mechanism of Napahai Karst wetland in southwestern Yunnan Plateau. *Journal of Lake Sciences*, 2004, 16(1): 35-42.
- [12] Quan R C, Wen X J, Yang X J. Effects of human activities on migratory waterbirds at Lashihai Lake, China. *Biological Conservation*, 2002, 108(3): 273-279.
- [13] Li H. The lake vegetation of Hengduan Mountains. *Acta Botanica Yunnanica*, 1987, 9(3): 257-270.
- [14] Li C, Ning Z G, Chen Y Q, Yang X J. The change of waterfowl in Lashihai lake Yunnan province. *Territory and Natural Resources Study*, 2000, (3): 58-61.
- [15] Quan R C, Wen X J, Yang X J, Peng G H, Huang T F. Habitat use by wintering ruddy shelduck at Lashihai Lake, Lijiang, China. *Waterbirds*, 2001, 24(3): 402-406.
- [16] Lang H Q, Zhao K Y, Chen K L. *Wetland Vegetation in China*. Beijing: Science Press, 1999: 35-38.
- [17] Tian B, Zhou Y X, Zhang L Q, Yuan L. Analyzing the habitat suitability for migratory birds at the Chongming Dongtan Nature Reserve in Shanghai, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2008, 80(2): 296-302.
- [18] Hopkinson C S, Vallino J J. The relationships among man's activities in watersheds and estuaries: a model of runoff effects on patterns of estuarine community metabolism. *Estuaries*, 1995, 18(4): 598-621.
- [19] Stevens L E, Ayers T J, Bennett J B, Christensen K, Kearsley M J C, Meretsky V J, Phillips A M, Parnell R A, Spence J, Sogge M K, Springer A E, Wegner D L. Planned flooding and Colorado River riparian trade-offs downstream from Glen Canyon Dam, Arizona. *Ecological Applications*, 2001, 11(3): 701-710.
- [20] Wu J G, Huang J H, Han X G, Gao X M, He F L, Jiang M X, Jiang Z G, Primack R B, Shen Z H. The Three Gorges Dam: an ecological perspective. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2004, 2(5): 241-248.
- [21] Wang H Y, Chen J K, Zhou J. Influence of water level gradient on plant growth, reproduction and biomass allocation of wetland plant species. *Acta Phytocologica Sinica*, 1999, 23(3): 269-274.
- [22] Schmieder K, Werner S, Bauer H G. Submersed macrophytes as a food source for wintering waterbirds at Lake Constance. *Aquatic Botany*, 2006, 84(3): 245-250.

参考文献:

- [8] 肖德荣, 田昆, 袁华, 杨宇明, 李宁云, 徐守国. 高原湿地纳帕海水生植物群落分布格局及变化. *生态学报*, 2006, 26(11): 3624-3630.
- [10] 肖德荣, 田昆, 张利权. 滇西北高原纳帕海湿地植物多样性与土壤肥力的关系. *生态学报*, 2008, 28(7): 3116-3124.
- [11] 田昆, 陆梅, 常凤来, 莫剑峰, 黎良才, 杨永兴. 云南纳帕海岩溶湿地生态环境变化及驱动机制. *湖泊科学*, 2004, 16(1): 35-42.
- [13] 李恒. 横断山区的湖泊植被. *云南植物研究*, 1987, 9(3): 257-270.
- [14] 李纯, 宁志光, 陈亚琼, 杨晓君. 云南拉市海高原湿地冬季水禽聚集情况变化. *国土与自然资源研究*, 2000, (3): 58-61.
- [16] 郎惠卿, 赵魁义, 陈克林. *中国湿地植被*. 北京: 科学出版社, 1999: 35-38.
- [21] 王海洋, 陈家宽, 周进. 水位梯度对湿地植物生长、繁殖和生物量分配的影响. *植物生态学报*, 1999, 23(3): 269-274.

CONTENTS

Behavioural time budgets and diurnal rhythms of the female Tibetan gazelles in the Kekexili National Nature Reserve	LIAN Xinming, LI Xiaoxiao, YAN Peishi, et al (663)
The relationship between the temporal-spatial distribution of fishing ground of yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>) and thermocline characteristics in the tropic Indian Ocean	YANG Shenglong, ZHANG Yu, ZHANG Heng, et al (671)
Characteristics of algous facies of planktonic algae in lake honghu and its response to habitat	LU Bilin, YAN Pingchuan, TIAN Xiaohai, et al (680)
Tide elevations for four mangrove species along western coast of Guangxi, China	LIU Liang, FAN Hangqing, LI Chungan (690)
Effects of CO ₂ -induced seawater acidification on photosynthesis and calcification in the coralline alga <i>Corallina pilulifera</i>	XU Zhiguang, LI Meizhen, HUO Chuanlin, et al (699)
Impacts of coverage and canopy water depth on the spectral characteristics for a submerged plant <i>Cabomba caroliniana</i>	ZOU Weina, YUAN Lin, ZHANG Liquan, et al (706)
Prioritizing biodiversity in conservation planning based on C-Plan: a case study from northeast China	LUAN Xiaofeng, SUN Gongqi, QU Yi, et al (715)
Effects of urbanization on indigenous plant diversity: a case study of Langfang City, China	PENG Yu, LIU Xuehua, XUE Dayuan, et al (723)
Using infra-red cameras to survey wildlife in Beijing Songshan National Nature Reserve	LIU Fang, LI Diqiang, WU Jigui (730)
Individual tree biomass model by tree origin, site classes and age groups	LI Haikui, NING Jinkui (740)
Population genetics of <i>Niviventer confucianus</i> and its relationships with habitat area in Thousand Island Lake region	LIU Jun, BAO Yixin, ZHANG Xu, et al (758)
Impacts of climate change on phenological phase of herb in the main grassland in Inner Mongolia	GU RunYuan, ZHOU Weican, BAI Meilan, et al (767)
Atmospheric nitrogen deposition in the glacier regions of Northwest China: a case study of Glacier No. 1 at the headwaters of Urumqi River, Tianshan Mountains	WANG Shengjie, ZHANG Mingjun, WANG Feiteng, et al (777)
Effects of vegetation type on arthropod functional groups in the aerial habitat of salt marsh	TONG Chunfu (786)
The plant community distribution and migration characteristics of heavy metals in tolerance dominant species in lead/zinc mine areas in Northwestern Guizhou Province	XING Dan, LIU Hongyan, YU Pingping, et al (796)
Sprouting characteristic in restoration ecosystems of monsoon evergreen broad-leaved forest in south-central of Yunnan Province	SU Jianrong, LIU Wande, ZHANG Zhijun, et al (805)
Distribution patterns and changes of aquatic communities in Lashihai Plateau Wetland after impoundment by damming	XIAO Derong, YUAN Hua, TIAN Kun, et al (815)
Spatial distribution of root biomass of <i>Pinus massoniana</i> plantation in Three Gorges Reservoir area, China	CHENG Ruimei, WANG Ruili, XIAO Wenfa, et al (823)
Differences in biomass, litter layer mass and SOC storage changing with tree growth in <i>Larix gmelinii</i> plantations in Northeast China	WANG Hongyan, WANG Wenjie, QIU Ling, et al (833)
Soil carbon sequestration rates and potential in the grazing grasslands of Inner Mongolia	HE Nianpeng, HAN Xingguo, YU Guirui (844)
Relationships between litter substrate quality and soil nutrients in different-aged <i>Pinus massoniana</i> stands	GE Xiaogai, XIAO Wenfa, ZENG Lixiong, et al (852)
Compare different effect of arbuscular mycorrhizal colonization on soil structure	PENG Sili, SHEN Hong, ZHANG Yuting, et al (863)
The infiltration process of clay soil under different initial soil water contents	LIU Muxing, NIE Yan, YU Jing (871)
Diurnal variations of the greenhouse gases emission and their optimal observation duration under different tillage systems	TIAN Shenzhong, NING Tangyuan, CHI Shuyun, et al (879)
Effects of exogenous pb and cu stress on eco-physiological characteristics on foxtail millet seedlings of different genotypes	XIAO Zhihua, ZHANG Yixian, ZHANG Xiwen, et al (889)
Combined effect of temperature and salinity on the Na ⁺ -K ⁺ -ATPase activity from the gill of GIFT tilapia juveniles (<i>Oreochromis niloticus</i>)	WANG Haizhen, WANG Hui, QIANG Jun, et al (898)
Pattern simulation of karst rocky desertification based on cellular automata	WANG Xiaoxue, LI Xuyong, WU Xiuqin (907)
The role of root border cells in protecting buckwheat root apices from aluminum toxicity and their effect on polysaccharide contents of root tip cell walls	CAI Miaozen, WANG Ning, WANG Zhiying, et al (915)
The suitable stand structure and hydrological effects of the cypress protection forests in the central Sichuan hilly region	GONG Gutang, LI Yanqiong, ZHU Zhifang, et al (923)
Comprehensive evaluation of agricultural water-saving technology based on AHP and Rough Set method	ZHAI Zhifen, WANG Lanying, SUN Minzhang, et al (931)
Analysis of the spatial expansion characteristics of major urban agglomerations in China using DMSP/OLS images	WANG Cuiping, WANG Haowei, LI Chunming, et al (942)
Evaluation of non-use value of ecotourism resources: a case study in Dalai Lake protected area of China	WANG Pengwei, JIA Jingbo (955)
Review and Monograph	
Assessment indicators system of forest ecosystem health based on the harmful disturbance	YUAN Fei, ZHANG Xinyao, LIANG Jun (964)
Role of silicon in regulating plant resistance to insect herbivores	HAN Yongqiang, WEI Chunguang, HOU Maolin (974)
Scientific Note	
Relationships among light conditions, crown structure and branch longevity: a case study in <i>Osmanthus fragrans</i> and <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	ZHAN Feng, YANG Dongmei (984)
Effects of maize straw with Bt gene return to field on growth of wheat seedlings	CHEN Xiaowen, QI Xin, WANG Haiyong, et al (993)
Studies of non-structural carbohydrates of <i>Cupressus funebris</i> in different landslides after Wenchuan Earthquake	CHEN Bo, LI Zhihua, HE Qian, et al (999)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

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 32 卷 第 3 期 (2012 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 3 2012

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