

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第5期 Vol.33 No.5 **2013**

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 33 卷 第 5 期 2013 年 3 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 氮沉降对森林土壤有机质和凋落物分解的影响及其微生物学机制..... 王晶苑,张心昱,温学发,等 (1337)
- 工业大麻对重金属污染土壤的治理研究进展..... 梁淑敏,许艳萍,陈 裕,等 (1347)
- 最佳管理措施评估方法研究进展..... 孟凡德,耿润哲,欧 洋,等 (1357)
- 灌木年轮学研究进展..... 芦晓明,梁尔源 (1367)

个体与基础生态

- 华北落叶松夜间树干液流特征及生长季补水格局..... 王艳兵,德永军,熊 伟,等 (1375)
- 土壤干旱胁迫对沙棘叶片光合作用和抗氧化酶活性的影响..... 裴 斌,张光灿,张淑勇,等 (1386)
- 湖北石首麋鹿昼间活动时间分配..... 杨道德,李竹云,李鹏飞,等 (1397)
- 三种杀虫剂亚致死浓度对川硬皮肿腿蜂繁殖和搜寻行为的影响..... 杨 桦,杨 伟,杨春平,等 (1405)

种群、群落和生态系统

- 三沙湾浮游动物生态类群演替特征..... 徐佳奕,徐兆礼 (1413)
- 滇西北高原纳帕海湿地湖滨带优势植物生物量及其凋落物分解..... 郭绪虎,肖德荣,田 昆,等 (1425)
- 安徽新安江干流滩涂湿地草本植物区系及物种多样性 杨文斌,刘 坤,周守标 (1433)
- 湿地芦苇根结合好气细菌群落时空分布及其与水质因子的关系 熊 薇,郭逍宇,赵 霏 (1443)
- 三种温带树种叶片呼吸的时间动态及其影响因子..... 王兆国,王传宽 (1456)
- 不同土壤水分条件下杨树人工林水分利用效率对环境因子的响应..... 周 洁,张志强,孙 阁,等 (1465)
- 不同生态区域沙地建群种油蒿的钙组分特征 薛莘莘,高玉葆,何兴东 (1475)
- 藏北高寒草甸植物群落对土壤线虫群落功能结构的影响 薛会英,胡 锋,罗大庆 (1482)
- 铜尾矿废弃地土壤动物多样性特征..... 朱永恒,沈 非,余 健,等 (1495)
- 环丙沙星对土壤微生物量碳和土壤微生物群落碳代谢多样性的影响 ... 马 驿,彭金菊,王 芸,等 (1506)
- 基于生态水位约束的下辽河平原地下水生态需水量估算 孙才志,高 颖,朱正如 (1513)

景观、区域和全球生态

- 佛山市高明区生态安全格局和建设用地扩展预案..... 苏泳娴,张虹鸥,陈修治,等 (1524)
- 不同护坡草本植物的根系特征及对土壤渗透性的影响 李建兴,何丙辉,湛 芸 (1535)
- 京沪穗三地近十年夜间热力景观格局演变对比研究..... 孟 丹,王明玉,李小娟,等 (1545)
- 窟野河流域河川基流量变化趋势及其驱动因素..... 雷泳南,张晓萍,张建军,等 (1559)
- 模拟氮沉降条件下木荷幼苗光合特性、生物量与 C、N、P 分配格局..... 李明月,王 健,王振兴,等 (1569)
- 铁炉渣施加对稻田甲烷产生、氧化与排放的影响 王维奇,李鹏飞,曾从盛,等 (1578)

资源与产业生态

- 食用黑粉菌侵染对茭白植株抗氧化系统和叶绿素荧光的影响..... 闫 宁,王晓清,王志丹,等 (1584)

佛手低温胁迫相关基因的差异表达..... 陈文荣,叶杰君,李永强,等 (1594)

美洲棘蓟马对不同蔬菜寄主的偏好性..... 朱 亮,石宝才,官亚军,等 (1607)

茉莉酸对棉花单宁含量和抗虫相关酶活性的诱导效应 杨世勇,王蒙蒙,谢建春 (1615)

造纸废水灌溉对毛白杨苗木生长及养分状况的影响..... 王 焱,席本野,崔向东,等 (1626)

基于数据包络分析的江苏省水资源利用效率..... 赵 晨,王 远,谷学明,等 (1636)

研究简报

太岳山不同郁闭度油松人工林降水分配特征..... 周 彬,韩海荣,康峰峰,等 (1645)

基于 TM 卫星影像数据的北京市植被变化及其原因分析 贾宝全 (1654)

薇甘菊萎蔫病毒感染对薇甘菊光合特性和 4 种酶活性的影响..... 王瑞龙,潘婉文,杨娇瑜,等 (1667)

第七届现代生态学讲座、第四届国际青年生态学者论坛通知 (I)

中、美生态学会联合招聘国际期刊主编 (i)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 34 * 2013-03



封面图说:美丽的油松松枝——油松又称红皮松、短叶松。树高可达 30m,胸径达 1m。其树皮下部灰褐色,裂成不规则鳞块;针叶 2 针一束,暗绿色,较粗硬;球果卵形或卵圆形,长 4—7cm,有短柄,与枝几乎成直角。油松适应性强,根系发达,树姿雄伟,枝叶繁茂,有良好的保持水土和美化环境的功能,是中国北方广大地区最主要的造林树种之一,在华北地区无论是山区或平原到处可见,人工林很多,一般情况下在山区生长最好。在山区生长的油松,多在阴坡、半阴坡,土壤湿润和较肥沃的地方。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201208271209

郭绪虎,肖德荣,田昆,余红忠. 滇西北高原纳帕海湿地湖滨带优势植物生物量及其凋落物分解. 生态学报, 2013, 33(5): 1425-1432.

Guo X H, Xiao D R, Tian K, Yu H Z. Biomass production and litter decomposition of lakeshore plants in Napahai wetland, Northwestern Yunnan Plateau, China. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(5): 1425-1432.

滇西北高原纳帕海湿地湖滨带优势植物生物量 及其凋落物分解

郭绪虎¹, 肖德荣^{1,2,*}, 田 昆^{1,2}, 余红忠³

(1. 西南林业大学环境科学与工程学院, 昆明 650224; 2. 国家高原湿地研究中心, 昆明 650224;

3. 云南省香格里拉县林业局保护办, 香格里拉 674400)

摘要: 选取滇西北高原湿地纳帕海湖滨带优势植物茭草 (*Zizania caducifolia*)、水葱 (*Scirpus tabernaemontani*) 和刘氏荸荠 (*Heleocharis liouana*), 研究其生物量及其凋落物分解特征, 结果表明: 水葱、茭草、刘氏荸荠为纳帕海湿地湖滨带单优植物群落, 均具有较高的地上生物量, 不同植物群落地上生物量不同, 其中, 茭草地上生物量 (853.6 ± 58.2) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 显著高于水葱 (730.7 ± 7.8) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 与刘氏荸荠 (338.9 ± 32.6) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 的地上生物量。3 种植物群落凋落物分解速率不同, 并随月平均气温升高均呈增加的趋势, 其中, 刘氏荸荠分解速率 k 值最大 (0.067 ± 0.0026)、茭草 (0.062 ± 0.0072) 其次、水葱最小 (0.039 ± 0.0062)。凋落物经过 1 年的分解, 水葱、茭草和刘氏荸荠凋落物存留率分别为 (62.0 ± 8.8)%、(47.5 ± 9.0)% 和 (44.5 ± 7.9)%。综合 3 种湖滨带植物地上生物量与凋落物年分解, 水葱地上生物量年存留量 (453.1 ± 4.9) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 显著高于茭草 (405.4 ± 27.7) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 和刘氏荸荠 (150.9 ± 14.5) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。研究进一步表明滇西北高原湿地湖滨带植物具有极高的生物量存留率, 成为该类型湿地生态系统碳汇功能的基础, 其碳汇过程及其贡献率需要进一步深入研究。

关键词: 纳帕海湿地; 湖滨带; 优势植物; 生物量; 凋落物分解

Biomass production and litter decomposition of lakeshore plants in Napahai wetland, Northwestern Yunnan Plateau, China

GUO Xuhu¹, XIAO Derong^{1,2,*}, TIAN Kun^{1,2}, YU Hongzhong³

1 School of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China

2 National Plateau Wetlands Research Center, Kunming 650224, China

3 Bureau of Protection, Shangri-La Forestry Administration, Yunnan, Shangri-La 674400, China

Abstract: Biomass production and litter decomposition of wetland plants are two important phases for carbon cycle of wetland ecosystems and its trade-off is essential for the carbon sink function and carbon sequestration research on wetland ecosystems. Napahai wetland, one of the 12 Ramsar plateau wetlands, is located in the northwest Yunnan plateau. It is a typical wetland with enclosed and semi-enclosed character and its high biodiversity and uniqueness has received considerable concern worldwide. However, there is few studies on its ecological function of regional carbon cycle and greenhouse gas trade-off under a chilly and humid plateau climate. In this paper, three dominant lakeshore plants, *Zizania caducifolia*, *Scirpus tabernaemontani* and *Heleocharis liouana* were selected as target species. For each species their community characteristics and aboveground biomass were measured by field survey and harvesting, and their litter

基金项目: 云南省应用基础研究计划 (2011FB069); 国家自然科学基金 (U0933601, 40971285, 41171074); 云南省社会事业发展专项 (2010CA010); 云南省科技创新人才计划 (2012HC007); 973 计划前期研究专项 (2012CB426509)

收稿日期: 2012-08-27; **修订日期:** 2012-12-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xiaoderong1@163.com

decomposition rate was determined by mesh bag method. The aims of this study were 1) to quantify biomass retention among these species and 2) to gain insights into the carbon cycle process of wetland ecosystems and their roles of different lakeshore plants. The results showed that *Zizania caducifolia*, *Scirpus tabernaemontani*, and *Heleocharis liouana* all formed typical lakeshore monoculture communities with high biomass that varied among species. Aboveground biomass of *Zizania caducifolia* (853.6 ± 58.2) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ was significantly higher than those of *Scirpus tabernaemontani* (730.7 ± 7.8) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, and *Heleocharis liouana* (338.9 ± 32.6) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$. In addition of a general trend of increase with rising mean monthly temperatures, their litter decomposition rates differed. The decomposition rate value k of *Heleocharis liouana* (0.067 ± 0.0026) was the largest, followed by *Zizania caducifolia* (0.062 ± 0.0072) and *Scirpus tabernaemontani* (0.039 ± 0.0062). Meanwhile, after one-year decomposition, the litter residual was (62.0 ± 8.8)%, (47.5 ± 9.0)% and (44.5 ± 7.9)% for *Scirpus tabernaemontani*, *Zizania caducifolia* and *Heleocharis liouana* respectively. Further analysis showed that the annual retention of aboveground biomass of *Scirpus tabernaemontani* (453.1 ± 4.9) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ was significantly higher than those of *Zizania caducifolia* (405.4 ± 27.7) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ and *Heleocharis liouana* (150.9 ± 14.5) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$. These results indicated that litter decomposition rate of the lakeshore plants were low under the chilly and humid condition of Napahai wetland. Consequently a large amount of biomass of lakeshore plants could be accumulated into the soil in the form of organic matter, which served as a carbon sink function in such ecosystem. This study obtained a primary picture on carbon sink function and carbon sink process in Napahai wetland in the northwestern Yunnan Plateau and further study on plant-specific processes and their roles is needed to reveal the carbon sequestration processes and functions in this region.

Key Words: Napahai wetland; lakeshore zone; dominant plant; biomass; Litter decomposition

植物是生态系统碳循环重要的生物因子,决定碳输入的数量、形式及存留时间^[1]。植物光合能力、生长速率和凋落物分解强烈影响着生态系统碳的输入和输出过程^[2]。作为物质循环和能量流动基础的植物或优势功能群的性状对生态系统功能起着关键作用^[3-7]。生态系统碳循环与不同植物物种的形态^[8]和化学性状有关^[9]。速生植物光合能力强,能通过输入大量的碳以增加土壤碳库,而慢生植物因光合作用率低、碳输入量相对较低。初级生产力成为土壤碳汇的主要驱动因子^[1]。另外,植物凋落物的分解也是影响土壤碳汇的关键因素。难分解、存留久的植物凋落物能显著增强土壤的碳储存^[10]。因此,不同植物物种对于生态系碳收支的作用不同,从而导致碳汇功能的差异。

滇西北高原湿地属我国封闭与半封闭的独特湿地类型^[11]。因地处高寒区域、常年冷湿环境使得湿地生态系统积累了大量的有机物质,成为滇西北自然生态系统最为重要的碳库之一,对区域碳循环以及大气温室气体的平衡有着重要的功能作用^[12]。滇西北高原湿地湖滨带拥有丰富的湿地植物,其优势物种的生物量及其凋落物分解是该类型湿地碳循环的关键过程,也是掌握该类型湿地碳汇功能及其碳汇过程的基础和重点,但目前尚缺乏研究。因此,选择滇西北高原典型湿地湖滨带优势植物物种,研究其生物量特征及其凋落物分解过程以及相互间的权衡,对于掌握该类型湿地生态系统碳循环过程与规律、不同湖滨带植物在生态系统碳循环中的作用与贡献具有重要理论意义,同时,为进一步揭示滇西北高原湿地碳汇功能与碳汇过程奠定基础。

本研究选取滇西北高原典型湿地纳帕海湖滨带优势植物茭草(*Zizania caduciflora*)、水葱(*Scirpus tabernaemontani*)和刘氏荸荠(*Heleocharis liouana*)作为研究对象,研究3种湖滨带优势植物(1)群落特征及其地上生物量,(2)凋落物分解过程及其特征,(3)地上生物量与凋落物分解的权衡。通过研究,拟掌握滇西北高原湿地生态系统植物库中碳循环的过程与规律,为揭示湖滨带植物碳汇功能及其贡献奠定基础,同时也为滇西北高原湿地的碳汇功能的保护提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

纳帕海湿地位于滇西北横断山脉中段香格里拉县境内($99^{\circ}37' - 99^{\circ}43'E$, $27^{\circ}49' - 27^{\circ}55'N$) (图1),海拔

3260 m, 面积 3100 hm²。该湿地发育在石灰岩母质上、为第三纪陷落湖, 受喀斯特作用的强烈影响、湖盆底部被蚀穿形成落水洞, 湖水潜流 10 km 后汇入金沙江, 为我国低纬度高海拔、拥有“面山-湖滨-湖盆”典型结构的封闭与半封闭的独特湿地类型。纳帕海地处滇西北高原、属寒温带高原季风气候区西部型季风气候区, 冬季又受青藏高原寒流影响, 湿地水量补给主要依靠降雨、地表径流、冰雪融水和湖两侧沿断裂带上涌的泉水, 湿地区域年均降雨 619.9 mm, 干湿季分明, 6—9 月份为明显湿季、降水量充足、湖水上涨, 11 月—翌年 5 月份为明显干季、降水少, 每年 9 月后湖水逐步退落。

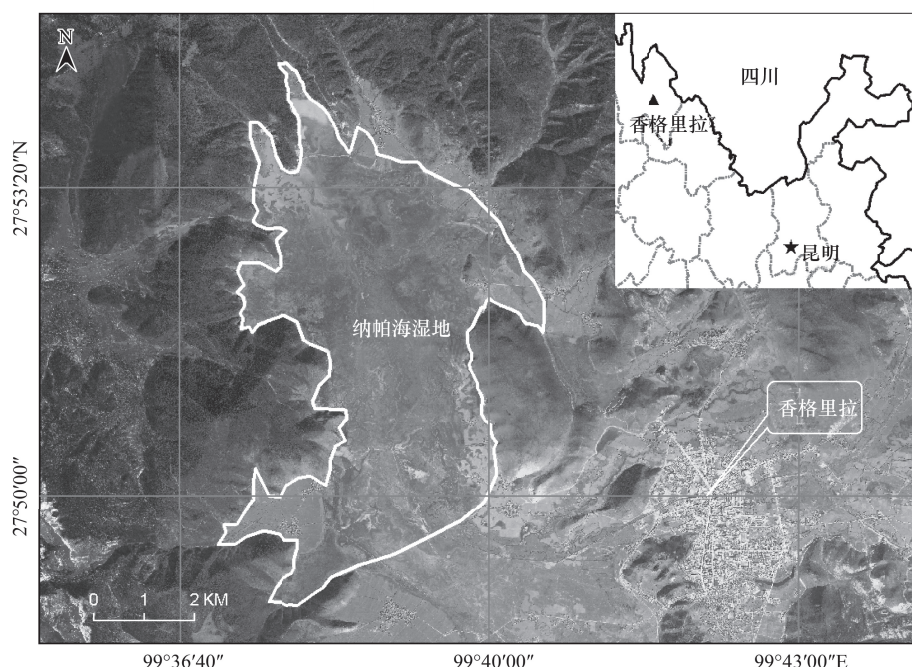


图 1 纳帕海湿地位置图及其研究区域

Fig. 1 Location of Napahai wetland and the study area

纳帕海湿地为众多植物区系成分的交汇区, 分布有世界广布、旧热带、北温带、东亚、极高山地理成分和淡水湖泊特有植物类型六大地理成分, 其中, 湖滨带优势植物包括茭草、水葱和刘氏荸荠等。纳帕海独特的地理环境和丰富的植物多样性为诸如国家 I、II 级保护鸟类黑颈鹤 (*Grus nigricollis*)、黑鹳 (*Ciconia nigra*)、白马鸡 (*Crossoptilon crossoptilon*)、白琵鹭 (*Platalea leucorodia*) 以及国家 I 级保护的地方特有鱼类中甸叶须鱼 (*Ptychobarbus chungtienensis*) 提供了良好的栖息生境, 成为国内外生物多样性保护关注的热点区域。由于地处高寒地区和常年的湿地生境, 植物凋落物分解缓慢, 土壤有机质大量积累, 发生泥炭化及潜育化, 形成沼泽土类型的湿地土壤^[13], 纳帕海成为滇西北高原重要的土壤碳汇区域。

1.2 研究方法

1.2.1 供试植物的选择

前期研究表明, 茭草、水葱、刘氏荸荠等为纳帕海湖滨带分布的优势植物物种^[14]。3 种植物群落分布区域淹水深度均在 20—30 cm。因此, 本研究选取这 3 种湖滨带优势植物作为研究对象, 通过其生物量与凋落物分解过程的研究, 拟掌握纳帕海湖滨带优势植物群落特征与地上生物量, 以及其凋落物分解过程, 分析典型湖滨带植物在碳循环过程中的作用及其碳“汇”效率。

1.2.2 生物量与凋落物分解研究

纳帕海湖滨带植物多为 1 年生植物、生长期相对较短。2010 年 10 月 (湖滨带植物生长末期), 选择茭草、水葱和刘氏荸荠等植物群落主要分布区域 (99°40′10.8″—99°40′14.5″E, 27°49′37.7″—27°49′49.3″N), 分别随机设置 3 个 1 m × 1 m 的样方, 对植物群落进行实地调查、记录群落的外貌特征, 主要包括群落密度、高度、

盖度等指标。同时,在每个调查样方中分别齐地刈割 25 cm × 25 cm 植株,带回实验室放置于 65 °C 的烘箱中、烘干至恒重,用电子天平分别进行称重,研究和分析 3 种湖滨带植物地上生物量。

同时,收集足量的 3 种湖滨带植物凋落物、带回实验室,仔细剔除泥土等杂质,放置 65 °C 的烘箱中烘干至恒重,分别称取样品 10 g、装入已编号的尼龙网袋(网袋大小为 20 cm × 25 cm,网眼为 2 mm × 2 mm)中,每湖滨带植物凋落物 36 袋。将装有凋落物的尼龙网袋分别放回各群落生长的原生自然环境中(20—30 cm 淹水生境),并用尼龙线系于竹竿上以固定。从 2010 年 11 月始,将装有凋落物的尼龙网袋取回(每物种 3 袋),放置于 65 °C 的烘箱中烘干并称重,计算湖滨带植物凋落物每月失重率。在试验期间、通过美国 PORTLOG 便携式自动气象站监测纳帕海湿地地区大气温度指标。

1.3 数据统计与分析

依据 Olson 提出的指数衰减模型^[15],计算纳帕海湖滨带植物凋落物分解速率常数 k 值:

$$x_t/x_0 = e^{-kt}$$

式中, x_0 为凋落物的起始质量(g); x_t 为凋落物分解后的剩余质量(g); t 为凋落物的分解时间(m)。其中, k 值越大表明植物凋落物分解速率越快。

运用 SPSS11.5 统计软件、采用单因素方差分析(One-Way ANOVA),最小显著差数法(LSD)对纳帕海湖滨带植物地上生物量及其凋落物分解的相关指标进行差异性检验,对不符合单因素方差齐性检验的数据进行 $\log(x+1)$ 的处理,显著性水平设定为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 群落特征与地上生物量

茭草、水葱、刘氏荸荠为纳帕海湿地湖滨带单优植物群落,其群落盖度分别为 $(40 \pm 14.1)\%$ 、 $(75 \pm 14.2)\%$ 、 $(65 \pm 14.2)\%$ (图 2)。3 种湖滨带植物群落密度较高,其中,刘氏荸荠群落密度 (1592 ± 57) 株/ m^2 显著高于水葱 (712 ± 11) 株/ m^2 和茭草 (480 ± 45) 株/ m^2 ($P < 0.05$)(图 2)。水葱群落高度最高 (191.5 ± 5) cm,其次是茭草 (135.2 ± 4.8) cm 和刘氏荸荠 (56.7 ± 2.1) cm(图 2)。3 种湖滨带植物群落地上生物量存在差异,茭草、水葱和刘氏荸荠植物群落地上生物量分别为 (853.6 ± 58.2) g· m^{-2} · a^{-1} 、 (730.7 ± 7.8) g· m^{-2} · a^{-1} 和 (338.9 ± 32.6) g· m^{-2} · a^{-1} (图 2),其中,茭草和水葱地上生物量显著高于刘氏荸荠地上生物量($P < 0.05$)。

2.2 植物凋落物分解特征

纳帕海湖滨带植物凋落物月平均分解速率不同(图 3)。2010 年 10 月—2011 年 1 月,随着月平均温度的逐步降低,刘氏荸荠、茭草和水葱凋落物的月分解速率均呈现逐渐减少的趋势,而在 2011 年 2 月—2011 年 9 月,随着区域月平均温度的回升,3 种湖滨带植物凋落物月平均分解速率均呈现不断增加的趋势,其中,2—5 月分解率开始升高,6—7 月分解率最高,分解最快,8、9 月分解率缓慢回落。

纳帕海湖滨带不同植物凋落物分解速率常数不同(图 4),其中,刘氏荸荠、茭草凋落物分解速率常数 k 值分别为 0.067 ± 0.0026 和 0.062 ± 0.0072 ,两者显著高于水葱凋落物分解速率常数 k 值 (0.039 ± 0.0062) ($P < 0.05$),这表明刘氏荸荠凋落物最易分解、其次为茭草凋落物,水葱凋落物最不易分解。

2.3 植物凋落物存留

纳帕海湖滨带植物凋落物通过 1 年的分解,3 种湖滨带植物均具有较高的生物量存留率(图 5),水葱、茭草和刘氏荸荠凋落物年存留率分别为 $(62.0 \pm 8.8)\%$ 、 $(47.5 \pm 9.0)\%$ 和 $(44.5 \pm 7.9)\%$,水葱凋落物年存留率显著高于茭草和刘氏荸荠凋落物年存留率($P < 0.05$)。

基于水葱、茭草和刘氏荸荠 3 种湖滨带植物地上生物量及其凋落物年分解特征,估算 3 种湖滨带植物地上生物量年均存留量分别为 (453.1 ± 4.9) g· m^{-2} · a^{-1} 、 (405.4 ± 27.7) g· m^{-2} · a^{-1} 和 (150.9 ± 14.5) g· m^{-2} · a^{-1} (图 5),水葱、茭草凋落物年存留量显著高于刘氏荸荠凋落物年存留量($P < 0.05$)。

3 讨论

植物初级生产力是湿地生态系统物质循环与能量流动的基础,其生长态势直接指示着区域生态系统健康

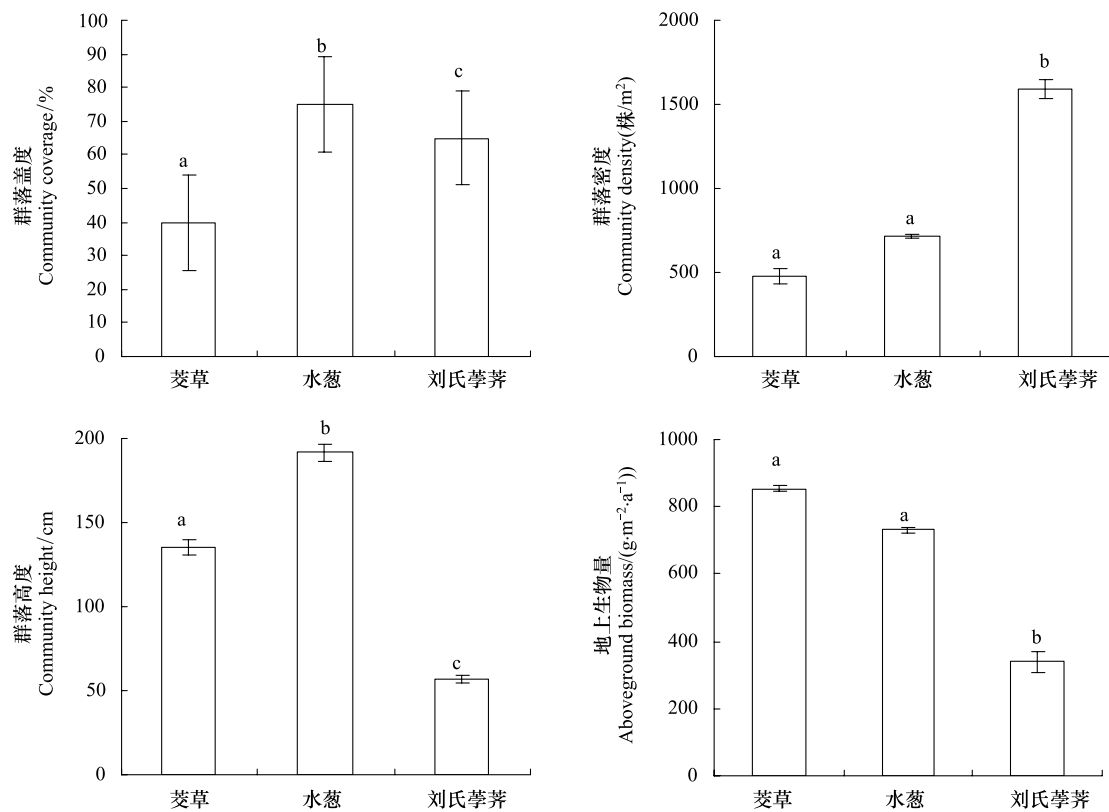


图2 纳帕海3种湖滨带植物群落特征及其地上生物量

Fig. 2 Characteristics of three lakeshore plants community and their aboveground biomass in Napahai

采用单因素方差分析方法对不同湖滨植物群落特征进行差异性检验,不同字母代表存在显著差异 ($P < 0.05$); 茭草 *Zizania caducifolia*; 水葱 *Scirpus tabernaemontani*; 刘氏荸荠 (*Heleocharis liouana*)

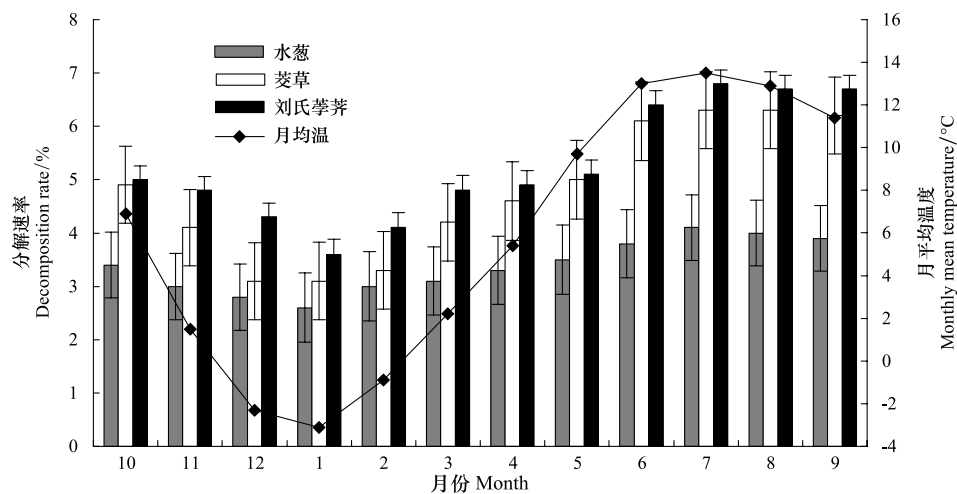


图3 纳帕海区域月平均温度(2010.10—2011.09)及其湖滨带植物凋落物分解速率

Fig. 3 Monthly mean temperature in Napahai and lakeshore plants litter decomposition rate (2010.10—2011.09)

状况^[16]。由于环境条件的差异,不同区域、不同湿地植物物种的初级生产力存在差异。本研究中,滇西北高原湿地湖滨带优势植物茭草、水葱和刘氏荸荠均具有较高的地上生物量,其高于我国三江平原沼泽湿地植物年平均生物量($92.2—675$) $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[17-18]。较高的湖滨带植物生物量为该类型湿地生态系统物质的循环与能量补给奠定了物质基础,成为该区域湿地生态系统结构与功能的核心,驱动着整个湿地生态系统的物质循

环与能量流动。但不同湖滨带植物生物量间存在差异,也表明不同湖滨带植物对于整个湿地生态系统的物质循环功能的贡献率存在差异,这有待于进一步深入研究。

植物凋落物分解是湿地生态系统植物库与土壤库间生物地球化学循环的重要环节^[19],植物凋落物的分解通常与温度有关^[20]。滇西北纳帕海湿地3种湖滨带植物的分解速率7月最快(月平均温度13.5℃),这与高温增强微生物活性,加快有机质和凋落物分解以及元素循环的进行有关;随着当年12月—翌年1月月平均温度的降低(平均温度-3.1℃)起,分解作用的主要微生物处于冬眠状态、淋溶作用基本停止,湖滨带植物凋落物的分解速率最慢,这进一步表明植物凋落物分解速率随温度的升高而不断加快^[21-22]。另外,有机与无机组成种类与数量,即凋落物本身的质量在凋落物分解过程中起关键性的作用^[23]。一般认为,初始C/N较高的凋落物分解得较慢^[24-26]。本研究,3种植物凋落物处于同一水文环境,水体的溶解氧、微生物、温度等外界条件相似,刘氏荸荠凋落物分解速率相对较高,水葱、茭草凋落物分解速率相对较低,这是否与湖滨带植物不同的初始C/N有关,尚需深入研究。

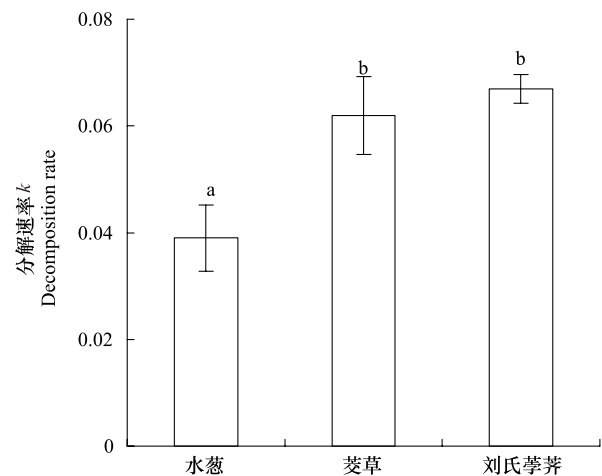


图4 纳帕海3种湖滨带植物凋落物分解速率常数 k 值

Fig. 4 The k value of three lakeshore plants litter decomposition rate in Napahai

采用单因素方差分析方法对不同湖滨植物群落分解速率进行差异性检验,不同字母代表存在显著差异($P < 0.05$)

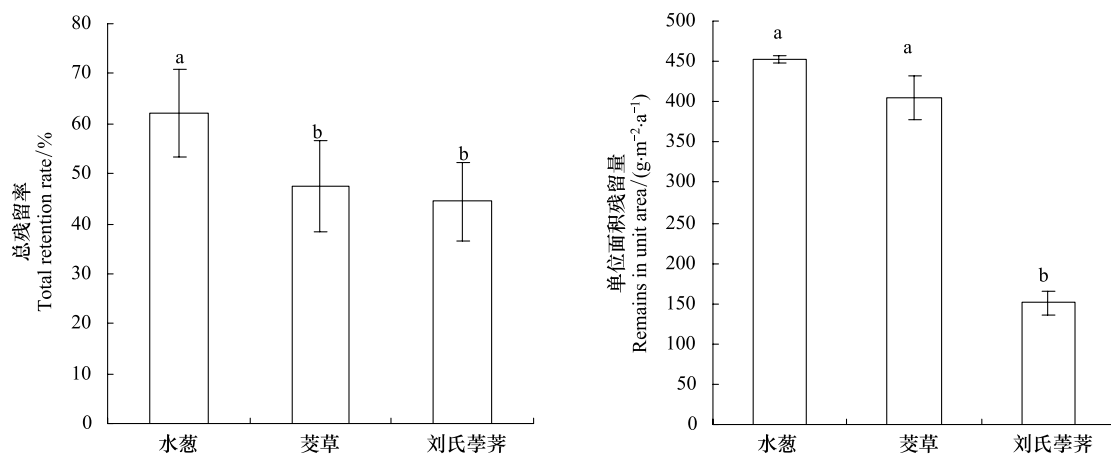


图5 纳帕海湖滨带3种植物凋落物年存留量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

Fig. 5 Aboveground biomass remains per year of three lakeshore plants in Napahai

采用单因素方差分析方法对不同湖滨植物群落残留量进行差异性检验,不同字母代表存在显著差异($P < 0.05$)

植物的生长与凋落物分解连接着生物有机体的合成(光合作用)和分解(有机物的分解和营养元素的释放),其间的权衡决定着湿地生态系统物质的积累与释放。纳帕海湿地是青藏高原东南缘横断山系区的高寒湿地生态系统,高寒、冷湿条件致使植物凋落物分解率低。本研究中的3种湖滨带植物年存留率均在年生物量的40%以上,其中,水葱残留率最高,其次为茭草和刘氏荸荠,这就使得大量湖滨带植物生物量将以有机质的形式在土壤中不断积累,成为纳帕海湿地生态系统碳汇功能的基础。近年来,随着纳帕海区域人为活动干扰加剧,湿地水文环境不断丧失,湿地陆地化进程加速,致使该湿地植物群落类型及其空间分布格局发生改变,原有湖滨带植物不断向中生、旱生演替,其分布面积不断萎缩,这必将对纳帕海湿地生态系统碳沉降功能产生影响^[27-28]。

滇西北高原湿地拥有极高的生物多样性和特有性,受到国内外广泛关注。但是,随着对湿地碳汇功能认识的不断提高,这一区域湿地生态系统植被生产力和固碳潜力如何?目前尚缺乏足够的重视和深入研究。本文对纳帕海湿地3种湖滨带优势植物生物量和凋落物分解进行了初步研究,其湖滨带植物的高生物量与低分解率进一步证实该类型湿地具有极其重要的“碳汇”功能,其碳汇过程及其贡献需要深入研究。

References:

- [1] Wang P, Sheng L X, Yan H, Zhou D W, Song Y T. Plant functional traits influence soil carbon sequestration in wetland ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(24): 6990-7000.
- [2] Fornara D A, Tilman D. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *Journal of Ecology*, 2008, 96(2): 314-322.
- [3] Chapin F S III, Walker B H, Hobbs R J, Hooper D U, Lawton J H, Sala O E, Tilman D. Biotic control over the functioning of ecosystems. *Science*, 1997, 277(5325): 500-504.
- [4] Hooper D U, Vitousek P M. The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science*, 1997, 277(5330): 1302-1305.
- [5] Tilman D, Knops J, Wedin D, Reich P, Ritchie M, Siemann E. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 1997, 277(5330): 1300-1302.
- [6] Wardle D A, Bonner K I, Barker G M, Yeates G W, Nicholson K S, Bardgett R D, Watson R N, Ghani A. Plant removals in perennial grassland: Vegetation dynamics, decomposers, soil biodiversity, and ecosystem properties. *Ecological Monographs*, 1999, 69(4): 535-568.
- [7] Wardle D A, Zackrisson O. Effects of species and functional group loss on island ecosystem properties. *Nature*, 2005, 435(7043): 806-810.
- [8] De Deyn G B, Quirk H, Yi Z, Oakley S, Ostle N J, Bardgett R D. Vegetation composition promotes carbon and nitrogen storage in model grassland communities of contrasting soil fertility. *Journal of Ecology*, 2009, 97(5): 869-875.
- [9] Lang S I, Cornelissen J H C, Klahn T, van Logestijn R S P, Schweikert W, Aerts R. An experimental comparison of chemical traits and litter decomposition rates in a diverse range of subarctic bryophyte, lichen and vascular plant species. *Journal of Ecology*, 2009, 97(5): 886-900.
- [10] Cornelissen J H C, Lang S I, Soudzilovskaia N A, During H J. Comparative cryptogam ecology: a review of bryophyte and lichen traits that drive biogeochemistry. *Annals of Botany*, 2007, 99(5): 987-1001.
- [11] 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.
- [12] Li N Y, Yuan H, Tian K, Peng T. Landscape pattern change and its influence on soil carbon pool in Napahai wetland of Northwestern Yunnan. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(24): 7388-7396.
- [13] Southwest Forestry College. Comprehensive Scientific Survey Report of Yunnan Bidahai Nature Reserve. Kunming: Southwest Forestry College, 2002.
- [14] 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.
- [15] Olson J S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 1963, 44(2): 322-331.
- [16] Wang L, Hu J M, Song C C, Yang T. Influences of water gradients on the aboveground biomass of a typical wetland plant (*Calamagrostis angustifolia*) in the Sanjiang Plain. *Acta Prataculturae Sinica*, 2008, 17(4): 19-25.
- [17] Guo Z X, Wang Z M, Song K S, Liu D W, Zhang B. Spatial features of productivity variability of marsh in the Sanjiang plain. *Wetland Science*, 2008, 6(3): 372-378.
- [18] Liu X T, Ma X H. The Natural Environment Change and Ecological Conservation in Sanjiang Plain. Beijing: Science Press, 2002: 59-82.
- [19] Zhong H P, Du Z C. The relationship between the climatic factors and the litter decomposition of *Trifolium pratense*, *Dactylis glomerata* in mountains of Eastern Sichuan. *Grass of China*, 1997, 6: 29-32.
- [20] Vitousek P M, Turner D R, Parton W J, Sanford R L. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawai'i patterns, mechanisms and models. *Ecology*, 1994, 75(2): 418-429.
- [21] Kalburtji K L, Mamolos AP, Kostopoulou SK. Litter dynamics of *Dactylis glomerata* and *Vicia villosa* with respect to climatic and soil characteristics. *Grass and Forage Science*, 1998, 53(3): 225-232.
- [22] Moore T R, Trofymow J A, Taylor B, Prescott C, Camiré C, Duschene L, Fyles J, Kozak L, Kranabetter M, Morrison I, Siltanen M, Smith S, Titus B, Visser S, Wein R, Zoltai S. Litter decomposition rates in Canadian forests. *Global Change Biology*, 1999, 5(1): 75-82.
- [23] Norby R J, Cotrufo M F. A question of litter quality. *Nature*, 1998, 396(6706): 17-18.
- [24] Neckles H A, Neill C. Hydrologic control of litter decomposition in seasonally flooded prairie marshes. *Hydrobiologia*, 1993, 286(3): 155-165.

- [25] Baker T T, Lockaby B G, Conner W H, Meier C E, Stanturf J A, Burke M K. Leaf litter decomposition and nutrient dynamics in four southern forested floodplain communities. *Soil Science Society of America Journal*, 2001, 65(4): 1334-1347.
- [26] Aerts R, van Logtestijn R, van Staalduinen M, Toet S. Nitrogen supply effects on productivity and potential leaf litter decay of *Carex* species from peatlands differing in nutrient limitation. *Oecologia*, 1995, 104(4): 447-453.
- [27] Yin W Y. A study on the wetland vegetation of the Bitahai Nature Reserve. Southwest Forestry College, 2002, 22(3): 16-19.
- [28] 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 wetland in southwestern Yunnan Plateau. *Lake Sciences*, 2004, 16(1): 35-42.

参考文献:

- [1] 王平, 盛连喜, 燕红, 周道玮, 宋彦涛. 植物功能性状与湿地生态系统土壤碳汇功能. *生态学报*, 2010, 30(24): 6990-7000.
- [11] 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.
- [12] 李宁云, 袁华, 田昆, 彭涛. 滇西北纳帕海湿地景观格局变化及其对土壤碳库的影响. *生态学报*, 2011, 31(24): 7388-7396.
- [13] 西南林学院. 云南碧塔海自然保护区综合科学考察报告. 昆明: 西南林学院, 2002.
- [14] 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.
- [16] 王丽, 胡金明, 宋长春, 杨涛. 水分梯度对三江平原典型湿地植物小叶章地上生物量的影响. *草业学报*, 2008, 17(4): 19-25.
- [17] 国志兴, 王宗明, 宋开山, 刘殿伟, 张柏. 三江平原沼泽湿地植被净初级生产力空间变化特征分析. *湿地科学*, 2008, 6(3): 372-378.
- [18] 刘兴土, 马学慧. 三江平原自然环境变化与生态保育. 北京: 科学出版社, 2002: 59-82.
- [19] 钟华平, 杜占池. 川东中高山地区红三叶、鸭茅凋落物分解速率与气候因子之间的定量关系. *中国草地*, 1997, 6: 29-32.
- [27] 尹五元. 碧塔海自然保护区湿地植被研究. *西南林学院学报*, 2002, 22(3): 16-19.
- [28] 田昆, 陆梅, 常凤来, 莫剑锋, 黎良材, 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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 5 March, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The effect of nitrogen deposition on forest soil organic matter and litter decomposition and the microbial mechanism WANG Jingyuan, ZHANG Xinyu, WEN Xuefa, et al (1337)
- Advances and the effects of industrial hemp for the cleanup of heavy metal pollution LIANG Shumin, XU Yanping, CHEN Yu, et al (1347)
- A review for evaluating the effectiveness of BMPs to mitigate non-point source pollution from agriculture MENG Fande, GENG Runzhe, OU Yang, et al (1357)
- Progresses in dendrochronology of shrubs LU Xiaoming, LIANG Eryuan (1367)

Autecology & Fundamentals

- The characteristics of nocturnal sap flow and stem water recharge pattern in growing season for a *Larix principis-rupprechtii* plantation WANG Yanbing, DE Yongjun, XIONG Wei, et al (1375)
- Effects of soil drought stress on photosynthetic characteristics and antioxidant enzyme activities in *Hippophae rhamnoides* Linn. seedlings PEI Bin, ZHANG Guangcan, ZHANG Shuyong, et al (1386)
- Diurnal activity time budget of Père David's deer in Hubei Shishou Milu National Nature Reserve, China YANG Daode, LI Zhuyun, LI Pengfei, et al (1397)
- Sublethal effects of three insecticides on the reproduction and host searching behaviors of *Sclerodermus sichuanensis* Xiao (Hymenoptera: Bethytidae) YANG Hua, YANG Wei, YANG Chunping, et al (1405)

Population, Community and Ecosystem

- Seasonal succession of zooplankton in Sansha Bay, Fujian XU Jiayi, XU Zhaoli (1413)
- Biomass production and litter decomposition of lakeshore plants in Napahai wetland, Northwestern Yunnan Plateau, China GUO Xuhu, XIAO Derong, TIAN Kun, et al (1425)
- The flora and species diversity of herbaceous seed plants in wetlands along the Xin'anjiang River from Anhui YANG Wenbin, LIU Kun, ZHOU Shoubiao (1433)
- Spatial-temporal variation of root-associated aerobic bacterial communities of *phragmites australis* and the linkage of water quality factors in constructed wetland XIONG Wei, GUO Xiaoyu, ZHAO Fei (1443)
- Temporal dynamics and influencing factors of leaf respiration for three temperate tree species WANG Zhaoguo, WANG Chuankuan (1456)
- Environmental controls on water use efficiency of a poplar plantation under different soil water conditions ZHOU Jie, ZHANG Zhiqiang, SUN Ge, et al (1465)
- An analysis of calcium components of *Artemisia ordosica* plant on sandy lands in different ecological regions XUE Pingping, GAO Yubao, HE Xingdong (1475)
- Effects of alpine meadow plant communities on soil nematode functional structure in Northern Tibet, China XUE Huiying, HU Feng, LUO Daqing (1482)
- Soil fauna diversity of abandoned land in a copper mine tailing area ZHU Yongheng, SHEN Fei, YU Jian, et al (1495)
- Effects of ciprofloxacin on microbial biomass carbon and carbon metabolism diversity of soil microbial communities MA Yi, PENG Jinju, WANG Yun, et al (1506)
- Estimation of ecological water demands based on ecological water table limitations in the lower reaches of the Liaohe River Plain, China SUN Caizhi, GAO Ying, ZHU Zhengru (1513)

Landscape, Regional and Global Ecology

- The ecological security patterns and construction land expansion simulation in Gaoming SU Yongxian, ZHANG Hong'ou, CHEN Xiuzhi, et al (1524)
- Root features of typical herb plants for hillslope protection and their effects on soil infiltration LI Jianxing, HE Binghui, CHEN Yun (1535)

The dynamic change of the thermal environment landscape patterns in Beijing, Shanghai and Guangzhou in the recent past decade	MENG Dan, WANG Mingyu, LI Xiaojuan, et al (1545)
Change trends and driving factors of base flow in Kuye River Catchment	LEI Yongnan, ZHANG Xiaoping, ZHANG Jianjun, et al (1559)
Photosynthetic characteristics, biomass allocation, C,N and P distribution of <i>Schima superba</i> seedlings in response to simulated nitrogen deposition	LI Mingyue, WANG Jian, WANG Zhenxing, et al (1569)
Effect of iron slag adding on methane production, oxidation and emission in paddy fields	WANG Weiqi, LI Pengfei, ZENG Congsheng, et al (1578)

Resource and Industrial Ecology

Antioxidative system and chlorophyll fluorescence of <i>Zizania latifolia</i> Turcz. plants are affected by <i>Ustilago esculenta</i> infection	YAN Ning, WANG Xiaoqing, WANG Zhidan, et al (1584)
Analysis of cold-regulated gene expression of the Fingered Citron(<i>Citrus medica</i> L. var. <i>sarcodactylis</i> Swingle)	CHEN Wenrong, YE Jiejun, LI Yongqiang, et al (1594)
Hosts preference of <i>Echinothrips americanus</i> Morgan for different vegetables ...	ZHU Liang, SHI Baocai, GONG Yajun, et al (1607)
Induction effects of jasmonic acid on tannin content and defense-related enzyme activities in conventional cotton plants	YANG Shiyong, WANG Mengmeng, XIE Jianchun (1615)
Effects of irrigation with paper mill effluent on growth and nutrient status of <i>Populus tomentosa</i> seedlings	WANG Ye, XI Benye, CUI Xiangdong, et al (1626)
Water use efficiency of Jiangsu Province based on the data envelopment analysis approach	ZHAO Chen, WANG Yuan, GU Xueming, et al (1636)

Research Notes

Characteristics of precipitation distribution in <i>Pinus tabulaeformis</i> plantations under different canopy coverage in Taiyue Mountain	ZHOU Bin, HAN Hairong, KANG Fengfeng, et al (1645)
Driving factor analysis on the vegetation changes derived from the Landsat TM images in Beijing	JIA Baoqun (1654)
Effects of <i>Mikania micrantha</i> wilt virus infection on photosynthesis and the activities of four enzymes in <i>Mikania micrantha</i> H. B. K.	WANG Ruilong, PAN Wanwen, YANG Jiaoyu, et al (1667)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 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 33 卷 第 5 期 (2013 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 5 (March, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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 90.00 元