

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第9期 Vol.32 No.9 **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 9 期

2012 年 5 月 (半月刊)

目 次

不同土地覆被格局情景下多种生态系统服务的响应与权衡——以雅砻江二滩水利枢纽为例·····	葛 菁, 吴 楠, 高吉喜, 等 (2629)
放牧对小嵩草甸生物量及不同植物类群生长率和补偿效应的影响·····	董全民, 赵新全, 马玉寿, 等 (2640)
象山港日本对虾增殖放流的效果评价·····	姜亚洲, 凌建忠, 林 楠, 等 (2651)
城市景观破碎化格局与城市化及社会经济发展水平的关系——以北京城区为例·····	仇江啸, 王效科, 逯 非, 等 (2659)
江河源区高寒草甸退化序列上“秃斑”连通效应的元胞自动机模拟·····	李学玲, 林慧龙 (2670)
铁西区城市改造过程中建筑景观的演变规律·····	张培峰, 胡远满, 熊在平, 等 (2681)
商洛低山丘陵区农林复合生态系统光能竞争与生产力·····	彭晓邦, 张硕新 (2692)
基于生物量因子的山西省森林生态系统服务功能评估·····	刘 勇, 李晋昌, 杨永刚 (2699)
不同沙源供给条件下柽柳灌丛与沙堆形态的互馈关系——以策勒绿洲沙漠过渡带为例·····	杨 帆, 王雪芹, 杨东亮, 等 (2707)
桂西北喀斯特区原生林与次生林凋落叶降解和养分释放·····	曾昭霞, 王克林, 曾馥平, 等 (2720)
江西九连山亚热带常绿阔叶林优势种空间分布格局·····	范 娟, 赵秀海, 汪金松, 等 (2729)
秦岭山地锐齿栎次生林幼苗更新特征·····	康 冰, 王得祥, 李 刚, 等 (2738)
极端干旱环境下的胡杨木质部水力特征·····	木巴热克·阿尤普, 陈亚宁, 等 (2748)
红池坝草地常见物种叶片性状沿海拔梯度的响应特征·····	宋璐璐, 樊江文, 吴绍洪, 等 (2759)
改变 C 源输入对油松人工林土壤呼吸的影响·····	汪金松, 赵秀海, 张春雨, 等 (2768)
啮齿动物捕食压力下生境类型和覆盖处理对辽东栎种子命运的影响·····	闫兴富, 周立彪, 刘建利 (2778)
上海闵行区园林鸟类群落嵌套结构·····	王本耀, 王小明, 王天厚, 等 (2788)
胜利河连续系统中蜉蝣优势种的生产量动态和营养基础·····	邓 山, 叶才伟, 王利肖, 等 (2796)
虾池清塘排出物沉积厚度对老鼠簕幼苗的影响·····	李 婷, 叶 勇 (2810)
澳大利亚亚热带不同森林土壤微生物群落对碳源的利用·····	鲁顺保, 郭晓敏, 芮亦超, 等 (2819)
镜泊湖岩溶台地不同植被类型土壤微生物群落特征·····	黄元元, 曲来叶, 曲秀春, 等 (2827)
浮床空心菜对氮循环细菌数量与分布和氮素净化效果的影响·····	唐莹莹, 李秀珍, 周元清, 等 (2837)
促分解菌剂对还田玉米秸秆的分解效果及土壤微生物的影响·····	李培培, 张冬冬, 王小娟, 等 (2847)
秸秆还田与全膜双垄集雨沟播耦合对半干旱黄土高原玉米产量和土壤有机碳库的影响·····	吴荣美, 王永鹏, 李凤民, 等 (2855)
赣江流域底泥中有机氯农药残留特征及空间分布·····	刘小真, 赵 慈, 梁 越, 等 (2863)
2009 年徽州稻区白背飞虱种群消长及虫源性质·····	刁永刚, 杨海博, 瞿钰锋, 等 (2872)
木鳖子提取物对朱砂叶螨的触杀活性·····	郭辉力, 师光禄, 贾良曦, 等 (2883)
冬小麦气孔臭氧通量拟合及通量产量关系的比较·····	佟 磊, 冯宗炜, 苏德·毕力格, 等 (2890)
专论与综述	
基于全球净初级生产力的能源足迹计算方法·····	方 恺, 董德明, 林 卓, 等 (2900)
灵长类社会玩耍的行为模式、影响因素及其功能风险·····	王晓卫, 赵海涛, 齐晓光, 等 (2910)
问题讨论	
中国伐木制品碳储量时空差异分析·····	伦 飞, 李文华, 王 震, 等 (2918)
研究简报	
森林自然更新过程中地上氮贮量与生物量异速生长的关系·····	程栋梁, 钟全林, 林茂兹, 等 (2929)
连作对芝麻根际土壤微生物群落的影响·····	华菊玲, 刘光荣, 黄劲松 (2936)
刈割对外来入侵植物黄顶菊的生长、气体交换和荧光的影响·····	王楠楠, 皇甫超河, 陈冬青, 等 (2943)
不同蔬菜种植方式对土壤固碳速率的影响·····	刘 杨, 于东升, 史学正, 等 (2953)
巢湖崩岸湖滨基质-水文-生物一体化修复····· 陈云峰, 张彦辉, 郑西强 (2960)	

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 336 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-05



封面图说: 在交配的雨蛙——雨蛙为两栖动物, 世界上种类达 250 种之多, 分布极广。中国的雨蛙仅有 9 种, 除西部一些省份外, 其他各省(区)均有分布。雨蛙体形较小背面皮肤光滑, 往往雄性绿色, 雌性褐色, 其指、趾末端多膨大成吸盘, 便于吸附攀爬。多生活在灌丛、芦苇、高秆作物上, 或塘边、稻田及其附近的杂草上。白天匍匐在叶片上, 黄昏或黎明频繁活动, 捕食能力极强, 主要以昆虫为食。特别是在下雨以后, 常常 1 只雨蛙先叫几声, 然后众蛙齐鸣, 声音响亮, 每年在四、五月份夜间发情交配。

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

DOI: 10.5846/stxb201103240372

曾昭霞, 王克林, 曾馥平, 宋同清, 刘孝利, 宋希娟. 桂西北喀斯特区原生林与次生林凋落叶降解和养分释放. 生态学报, 2012, 32(9): 2720-2728.

Zeng Z X, Wang K L, Zeng F P, Song T Q, Liu X L, Song X J. Litter decomposition and nutrient release in typical secondary and primary forests in karst region, Northwest of Guangxi. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(9): 2720-2728.

桂西北喀斯特区原生林与次生林凋落叶 降解和养分释放

曾昭霞^{1,3,*}, 王克林^{1,3}, 曾馥平^{1,3}, 宋同清^{1,3}, 刘孝利², 宋希娟^{1,3}

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所亚热带农业生态过程重点实验室, 长沙 410125;

2. 湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128; 3. 中国科学院环江喀斯特农业生态系统研究观测站, 环江 547200)

摘要:凋落叶降解及养分释放研究对喀斯特生态脆弱区森林生态系统的恢复与重建具有重要指导意义。选取桂西北喀斯特区 3 种原生林与 3 种次生林进行比较, 研究其凋落叶降解与降解过程中的营养元素释放规律以及降解速率的影响因子。结果表明, 原生林凋落叶的降解速率略大于次生林。C、N、K 元素在前 180d 释放速率较快, 随后趋于稳定。次生林凋落叶总 P 含量在降解初始阶段呈净积累, 随后净释放, 而原生林的凋落叶在降解 360d 后仍呈现 P 素净积累。相关分析表明, 凋落叶降解速率与凋落叶初始总 N、木质素含量及木质素:N 比值呈负相关, 与 C:N 比呈正相关。综合比较发现, 次生林圆叶乌柏 (*Sapium rotundifolium* Hemsl) 凋落叶的降解速率与养分释放速率较快, 是喀斯特退化土地及植被恢复过程中潜在的优势种和建群种。

关键词:喀斯特; 原生林; 次生林; 凋落叶降解; 养分释放

Litter decomposition and nutrient release in typical secondary and primary forests in karst region, Northwest of Guangxi

ZENG Zhaoxia^{1,3,*}, WANG Kelin^{1,3}, ZENG Fuping^{1,3}, SONG Tongqing^{1,3}, LIU Xiaoli², SONG Xijuan^{1,3}

1 Key Laboratory of Agro-Ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China

2 College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

3 Station of Karst Ecology in Huanjiang, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Huanjiang 547200, China

Abstract: Karst ecosystem has been shown to be extremely vulnerable under severe water and soil erosion due to improper land uses and human activities. The karst area of Southwestern China covers a land of 550000 km² but 105000 km² of that is suffering from serious rocky desertification. Recently, national and provincial afforestation programs have been developed to protect and/or restore the degraded karst lands. Litter decomposition is the major pathway to provide organic and inorganic elements for the nutrient cycling processes and control nutrient return to the forest ecosystem. So, leaf litter decomposition and nutrient release characteristics play an important and leading role in the forest ecosystem restoration and reconstruction in the fragile karst region. In view of litter fall as the important component of forest ecosystem and the shortage study about karst area in southwest China, confronting the restoration programs. Litter bag decomposition experiments were set up at six sites to compare the litter decomposition differentiation under different karst forest ecosystems from Dec. 2008 until Nov. 2009. In this study, three typical primary forest communities (Dye-tree (*Platycarya longipes* Wu), *Eurycorymbus*

基金项目:中国科学院西部行动计划 (KZCX2-XB3-10); 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-436); 国家自然科学基金 (31100329)

收稿日期: 2011-03-24; 修订日期: 2011-12-06

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

(*Eurycorymbus cavaleriei* Hand. , Wing-hackberry (*Pteroceltis tatarinowii* Maxim)) and three typical secondary forest ones (Round-leaved Tallow-tree (*Sapium rotundifolium* Hemsl), Chinese Alangium (*Alangium chinense* (Lour.) Harms), Negundo Chaste-tree (*Vitex negundo* Linn)) were chosen to elucidate the decomposition characteristics of leaf litter, release pattern of nutrient elements over the course of leaf litter decomposition, decomposition rate and related impact factors in Karst areas of northwest Guangxi of China. The result showed that the decay rates of leaf litter at primary forests were slightly faster than that of secondary forest. Release rates of carbon (C), nitrogen (N) and Potassium (K) were generally higher within initial 180 days and then tended to become stable. The content of total phosphorus (TP) in leaf litter in secondary forest communities displayed a status of net accumulation at the initial stage of decomposition, and subsequently turned to be replaced by a net release. However, the TP content of leaf litter in primary forest communities was remained in net accumulation status till 360 days after litter presence. Correlation analysis showed that decomposition rate of leaf litter was negatively correlated with total initial N content, lignin content and lignin to nitrogen ratio in leaf litter, whereas was positively correlated with leaf C/N ratio. Comprehensive and comparative analysis suggested that leaf litter decomposition rate and nutrient element release rate within the round-leaved tallow tree (*Sapium rotundifolium* Hemsl) community were totally greater in secondary forests than those of primary forest communities. With regard to species choices for the re-establishment of nutrient cycling in disturbed forest ecosystems, species with high nutrient recycling capacity (e.g. species with fast litter decomposition rate) may be favored. In this study, it can be argued that the tallow tree could act as a potential constructive and dominant species in the restoration of degraded Karst land and vegetation. So our study results can provide some support and refer for national and provincial afforestation programs in Karst areas of northwest Guangxi of China.

Key Words: karst; primary forest; secondary forest; leaf litter decomposition; nutrient release

森林凋落物是重要的有机质和养分库,凋落叶的降解与养分释放是陆地生态系统养分循环的重要环节^[1-2],同时是陆地生态系统碳(C)库的重要组成部分,也是维系植物体地上碳库与土壤C库形成循环的主要生态过程^[1-3]。凋落叶降解是森林生态系统生物地球化学循环重要组成部分,其降解速率对生态系统生产力有重要影响^[4-5],并显著影响土壤的理化性质^[6-7]。关于凋落叶降解及其影响因素的研究国内外已有诸多报导^[1,3,8-10],但是在喀斯特生态脆弱区该类研究则不多见。我国桂西北喀斯特区独特的地质环境背景加上不合理的土地开发方式造成该区土壤侵蚀、土壤质量退化严重,区域生态环境质量不断恶化,生态服务功能下降^[11-12]。近年来,政府和地方高度重视喀斯特退化生态系统的植被重建^[13]。在喀斯特植被恢复重建背景下,自然恢复的次生林群落相对于未受干扰原生林群落而言,其凋落物生态功能究竟如何尚为未知。基于此,本文选择桂西北喀斯特区3种典型的原生林群落和3种自然恢复25a的次生林群落,从这几种森林凋落叶的降解与养分释放等方面入手,着重研究凋落叶降解与降解过程中的养分释放动态规律以及凋落叶降解速率的影响因子,以期为该区的生态功能恢复与植被重建提供参考。

1 研究区域概况

研究区地处广西壮族自治区环江毛南族自治县,年均日照 1451.1 h,年均气温 19.3 °C,年有效积温 6260 °C (≥10 °C),无霜期 310 d,年均降雨量 1529 mm。

3个典型原生林群落在本论喀斯特国家自然保护区选取,该区位于环江县西北部(E107°54'01"—108°05'51",N25°07'01"—25°12'22"),林区东西宽 19.80 km,南北长 10.75 km,总面积 89.69 km²,是世界上喀斯特地貌连片面积最大、保存最完整、原生性最强的原生林,森林覆盖率 94.8%。该区石山裸露面积达 80%—90%以上,土被面积不足 20%,土壤仅分布于岩石缝隙间,只有洼地或谷底才见成片土壤。林区主要土壤类型为石灰土和零星分布的硅质土,均属非地带性土壤。该区属中亚热带石灰岩常绿落叶阔叶混交林生态系统,是石灰岩森林植被顶级群落,为典型的喀斯特原始森林。本研究在对实验区进行全面勘察的基础上,设置能代

表不同微生境条件和植物群落类型的连续样地。以 5m×5m 的样方为测量基本单元,对胸径≥1cm 的木本植物个体记录树种名称、胸径、树高、冠幅和生长状况等。研究选取的 3 种代表性原生林的建群种分别为圆果化香(*Platycarya longipes* Wu)、伞花木(*Eurycorymbus cavaleriei* Hand.) 和青檀(*Pteroceltis tatarinowii* Maxim),分别简称为 P1、P2、P3(表 1)。

表 1 群落基本概况

Table 1 The basic characteristics of the three primary and three secondary forests

概况 Outline 群落建群种 Constructive Species	原生林 Primary forest			次生林 Secondary forest		
	圆果化香 Round-fruited Dye-tree	伞花木 Eurycorymbus	青檀 Wing-hackberry	圆叶乌桕 Round-leaved Tallow-tree	八角枫 Chinese Alangium	黄荆 Negundo Chaste-tree
缩写 Abbr.	P1	P2	P3	S1	S2	S3
海拔 a. s. l /m	506	438	513	302	302	324
坡度 Gradient /(°)	38	30	15	10	15	35
坡向 Aspect	N-E	N-E	N-W	N-W	N-E	N
样地面积 Area	35 m×40 m	45 m×30 m	40 m×40 m	30 m×35 m	20 m×40 m	30 m×30 m
裸岩率 Bare rock /%	48	55	70	15	35	12
高度 * Height /m	4.92±0.56	7.67±0.63	8.88±0.71	4.74±0.45	3.56±0.38	1.86±0.23
郁闭度 Canopy density	0.55	0.61	0.48	0.67	0.82	0.74
物种数 Species number	13	17	9	38	33	42
香农-威尔指数 Shannon-Winner index	3.22	3.14	3.48	1.67	1.91	1.54
均匀度 Evenness	0.83	0.77	0.89	0.58	0.62	0.55
辛普森指数 Simpson's index	0.81	0.78	0.95	0.55	0.64	0.52

* 所示高度为建群种平均高

研究选取的次生林位于环江县中国科学院环江喀斯特生态系统研究观测站(108°18′56.9″—108°19′58.4″E, 24°43′58.9″—24°44′48.8″N)。属典型的峰丛洼地喀斯特地貌,地形复杂,坡度>25°的坡面占 62%,洼地基岩裸露面积占 15%,土壤厚度 20—160 cm。坡地基岩裸露面积>30%,土壤为黑色或棕色石灰土,土层较薄,一般为 10—50 cm。该区从 1985 年开始自然恢复,本文选取 3 种代表性群落的建群种分别为圆叶乌桕(*Sapium rotundifolium* Hemsl)、八角枫(*Alangium chinense* (Lour.) Harms) 和黄荆(*Vitex negundo* Linn),简称为 S1、S2、S3(表 1)。

实验期间环江县的月平均气温及降雨量分布见图 1。

2 研究方法

2.1 凋落叶收集

研究按“梅花”五点法布置凋落叶收集框,收集框为孔径 1 mm 尼龙网制成的长宽高为 1 m×1 m×0.25 m 的方形钢架容器,放置时底部距地面 15 cm,每块样地放置 5 个收集框,从 2007 年 12 月开始进行凋落物的收集。每月月底收集框中的凋落物。凋落物样品按叶、其他(枝、花果、树皮等)区分,各称取一部分装入信封,置烘箱中 75 °C 烘至恒重并称重,计算含水率并留作养分分析;剩下的凋落物样风干以备降解实验之用。

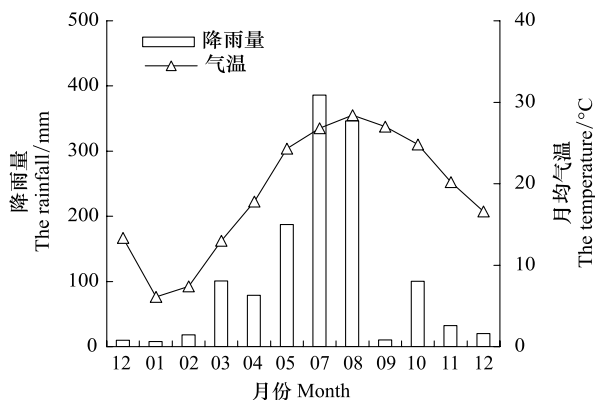


图 1 实验期间(2008 年 12 月至 2009 年 11 月)实验地月降雨量和平均气温

Fig. 1 The monthly rainfall and mean temperature during the study period (from December 2008 to November 2009) in the study site

2.2 凋落叶降解及养分释放研究

凋落叶降解研究采用传统降解袋法^[14],降解袋为缝制的孔径 1mm 尼龙袋,袋规格为 20 cm × 20 cm。于 2008 年 12 月,准确称取风干的凋落叶样品 20 g 置于降解袋中。每样地随机放置 12 个降解袋于地表(拨开枯枝落叶层,贴近土壤),从放置之日起,每隔 3 个月取 1 次样品,一次取 3 袋,共取样 4 次。取回的降解袋风干后小心除去袋上附着的泥土,于烘箱中 75 °C 下烘至恒重,称重后研细,进行养分分析。

2.3 样品分析

凋落叶初始及不同降解期降解袋中样品的有机碳(OC)用重铬酸钾-外加加热法(GB 9834—88)测定,全氮(TN)用半微量凯氏定氮法(GB 7886—87)测定,全磷(TP)、全钾(TK)含量测定方法分别为硝酸-高氯酸消煮-钼锑抗比色法(GB 7887—87)和硝酸-高氯酸消煮-火焰光度计法(GB 7887—87)。

2.4 数据处理

凋落叶的日降解系数沿用 Olson^[15]提出的负指数降解模型:

$$\frac{W_t}{W_0} = \exp(-kt) \quad (1)$$

式中, W_0 指最初凋落叶的质量, W_t 指经过时间 t 后剩余质量。

按照此模型,日降解系数 k 则为:

$$k = -\frac{\ln \frac{W_t}{W_0}}{t} \quad (2)$$

本文数据分析采用 Office 2003 Excel 进行数据的计算与初步分析,用 SPSS 13.0 进行统计分析如 One-Way ANOVA(单因素方差分析)和回归分析等。

3 结果与分析

3.1 凋落叶降解速率

图 2 显示了凋落叶降解过程中质量剩余率随时间的变化,整个实验期间 3 种原生林的凋落叶质量损失率稍快于次生林。降解 360 d 后,原生林中伞花木(P2)凋落叶降解最快,次生林中八角枫(S2)降解最慢,而圆叶乌桕(S1)降解最快,质量剩余率最少。

降解 90 d 后质量损失最大的为次生林 S1,凋落叶剩余量仅为初始质量的 69.3%,原生林中 P2 降解最快,降解 90 d 后剩余质量仅为初始质量的 69.7% (图 2,图 3)。降解 360 d 后,质量损失率最大的为原生林 P2,仅 50% 未降解,次生林 S2 凋落叶质量损失率最小,仍有 59% 未分解。360d 的降解研究发现,次生林 S2 凋落叶的日降解速率最小,原生林 P2 凋落叶的日降解速率最大;次生林中 S1 凋落叶的日降解速率最大(图 3)。

通过研究分析了不同林地凋落叶日降解速率(k)随时间的变化动态,表明凋落叶的日降解速率(k)均随降解时间延长而逐渐降低,前 180 d 的降解速率最快,随后趋于平缓。至 360 d 时,6 个群落凋落叶平均降解速率为 0.0018(图 3)。

3.2 凋落叶初始有机碳与养分含量以及降解过程中的养分释放

原生林与次生林建群种凋落叶的主要养分及木质素含量测定结果见表 2。

由表 2 结果可见,原生林与次生林的凋落叶 OC 含量无明显差异,次生林 S1, S2, S3 凋落叶的 TN、TP 含量显著高于 3 种原生林。原生林 P1, P2, P3 凋落叶中 TK 含量则显著高于次生林,而原生林凋落叶中初始木质

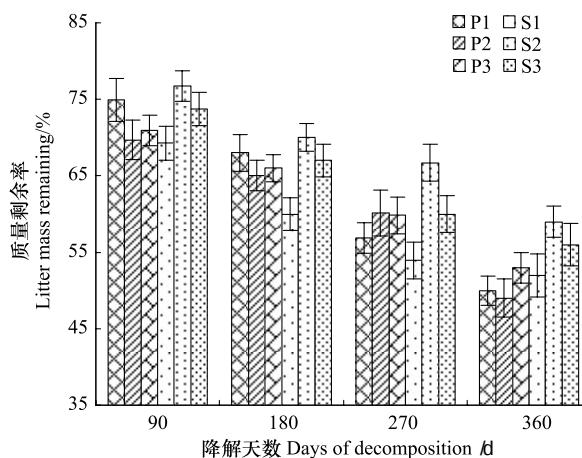


图 2 降解期间凋落叶的质量剩余率

Fig. 2 Dynamics of leaf litter mass remaining during the decomposition period

图中所示为平均值±SE; P1, P2, P3 和 S1, S2, S3 含义见表 1

素含量除了青檀外均显著低于次生林(表2)。

本文还比较分析了3种原生林与3种次生林建群种凋落叶降解袋中的碳、氮、磷、钾养分释放动态(图4)。

降解实验期间各种凋落叶降解袋中有机碳(OC)释放动态呈相似的变化趋势,OC持续释放,180 d后释放速率趋于缓慢(图4),可见凋落叶有机碳释放最快的为前180 d,其中次生林S1凋落叶有机碳释放最快,S2释放最慢,与质量损失率结果规律吻合(图2)。

凋落叶降解袋中总氮(TN)释放规律与OC相似,TN持续释放,前180 d的释放速率较快,其后趋于缓慢(图4)。

凋落叶降解袋中全磷(TP)释放较慢,降解期间凋落袋中TP含量呈现净累积(图4)。次生林降解360 d后,TP呈现净释放,但整个降解期间,原生林凋落叶降解袋中TP一直呈现净积累态势,即降解360 d后,降解袋中TP含量依然大于初始值(图4)。

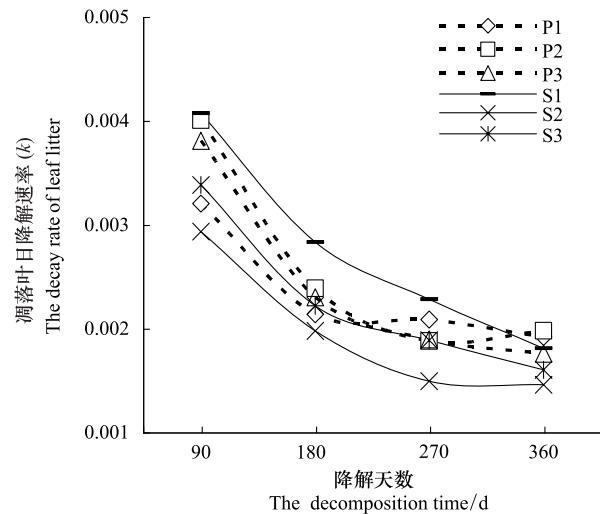


图3 不同降解阶段凋落叶日降解速率(k)

Fig. 3 The daily decay rate (k) of leaf litter in the three primary forests and the three secondary forests

图中所示为平均值 $\pm$ SE。P1, P2, P3 和 S1, S2, S3 含义见表1

表2 不同林地凋落叶初始有机碳与养分含量

Table 2 The initial OC and nutrient content of leaf litter in the study forests

初始 OC 与养分 Initial nutrient	原生林 Primary forest			次生林 Secondary forest		
	P1	P2	P3	S1	S2	S3
OC/%	45.40 $\pm$ 1.42a	46.20 $\pm$ 1.66a	45.80 $\pm$ 1.27a	46.60 $\pm$ 1.80a	47.10 $\pm$ 1.57a	46.80 $\pm$ 1.41a
TN/%	1.44 $\pm$ 0.25a	1.40 $\pm$ 0.32a	1.49 $\pm$ 0.23a	1.60 $\pm$ 0.33b	2.00 $\pm$ 0.36c	1.83 $\pm$ 0.28bc
TP/%	0.10 $\pm$ 0.01a	0.08 $\pm$ 0.01a	0.08 $\pm$ 0.01a	0.18 $\pm$ 0.02b	0.18 $\pm$ 0.01b	0.20 $\pm$ 0.02b
TK/%	0.30 $\pm$ 0.04b	0.32 $\pm$ 0.07b	0.34 $\pm$ 0.08b	0.20 $\pm$ 0.07a	0.18 $\pm$ 0.05a	0.32 $\pm$ 0.08b
木质素 Lignin/%	28.15 $\pm$ 0.74a	26.06 $\pm$ 0.87a	33.27 $\pm$ 1.22b	33.48 $\pm$ 1.42b	49.96 $\pm$ 1.93c	45.14 $\pm$ 1.07c

OC: 有机碳; TN: 全氮; TP: 全磷; TK: 全钾; 表中所示为平均值 $\pm$ SE。P1, P2, P3 和 S1, S2, S3 意义同表1; 同一列数值后面所列字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

各群落降解袋中全钾(TK)释放动态如图4示,在0—90 d里,原生林全钾缓慢释放,而次生林处于稳定状态,而90 d之后,原生林与次生林释放规律相似,即此后的降解过程中,TK均处于释放状态(图4)。

3.3 降解速率与初始养分相关性分析

图5给出了降解360 d后的日降解速率与凋落叶初始C、N、P、木质素、C:N比以及木质素:N比的关系。除了初始C:N比与日降解速率成正相关外,其他因子均与降解速率成明显负相关关系(图5)。

4 讨论与结论

4.1 凋落叶降解

已有研究表明,凋落叶的降解及养分释放过程受凋落叶的理化性质与降解发生地点的环境条件影响较大^[16-17],在桂西北喀斯特区,360d实地降解实验发现,原生林与次生林凋落叶的日降解速率(k)平均值为0.0018(图3、图5),即凋落叶降解损失95%质量所需时间约为1667d。

Vitousek^[18]与Xuluc-Tolosa等^[19]的研究发现次生林凋落叶的降解速率大于原生林,但与Vasconcelos和Laurance^[20]的研究结果相反。本文360d的降解实验结果与后者一致,即圆叶乌桕(S1)、八角枫(S2)和黄荆(S3)3个次生林凋落叶的日降解速率略低于圆果化香(P1)和伞花木(P2)这两种典型的原生林(图3),说明原生林凋落叶的降解能力更强,养分周转速率更高,而养分的储存与累积则略低于次生林,这也从侧面反映了

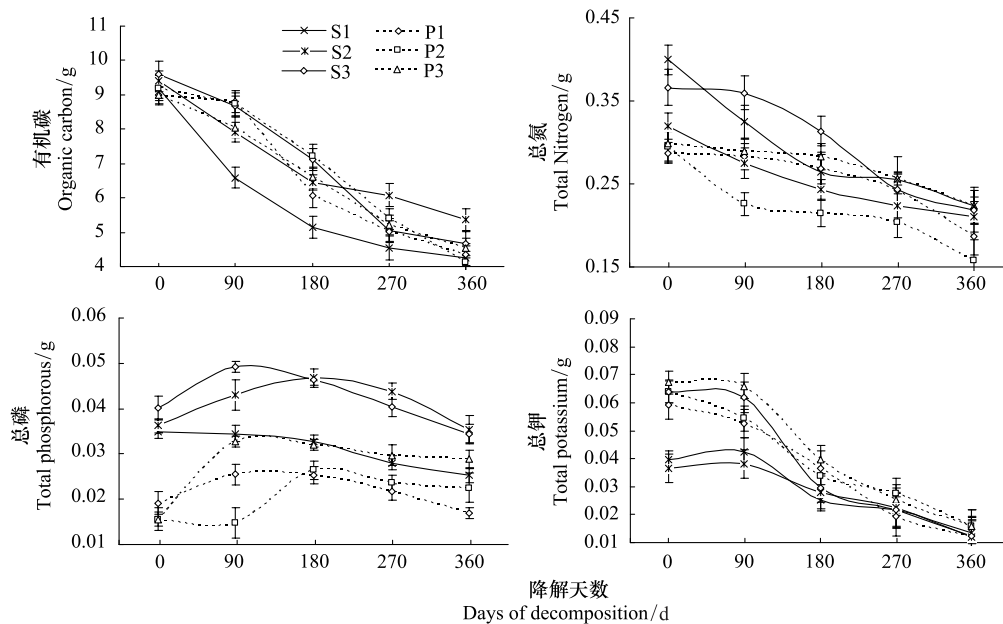


图4 原生林与次生林凋落叶降解袋中有机碳、全氮、全磷、全钾释放动态(g/一个降解袋)

Fig.4 The dynamics of leaf litter TOC, TN, TP and TK release (measuring the nutrients concentration) of three primary and three secondary forests during the leaf litter decomposition experiment period

图中所示为平均值±SE, P1, P2, P3 和 S1, S2, S3 意义见表1的描述

成熟的原生林碳汇能力可能要略弱于次生林。

已有研究认为,在特定区域,凋落叶的化学特征是降解速率的主要决定因素^[16-17],凋落叶降解和养分释放受凋落物 C、N 含量以及其他化学成分的控制,一般认为,高的养分含量尤其 N 含量会促进降解过程的进行^[20-21]。本研究中,原生林与次生林凋落叶质量损失动态与降解速率变化各不相同,而初始 N 含量的大小与降解速率的关系更是与以往的认识相悖:本研究中,降解 360 d 后,原生林的 P2 群落凋落叶质量损失率最大,仅有 50% 未分解(P2 初始 TN 含量最低,仅 1.4%);而初始全氮含量最高(2.0%)的次生林 S2 群落凋落叶降解速率最慢(图 1,表 2)。回归分析还发现,初始全氮(TN)含量与日降解速率(k)呈显著负相关($R^2=0.926$, $P<0.05$),而 C:N 比则与日降解速率(k)呈显著正相关关系($R^2=0.938$, $P<0.05$)(图 5)。

影响凋落物分解速率的因素比较复杂^[22]。Berg 等^[23]的研究指出,在分解初期凋落物中的初始养分含量起主要作用,但到了分解的后期,养分的释放则主要受木质素含量影响。Taylor 等^[24]的研究也发现,叶片凋落物早期的降解速率 80% 由 C/N 决定,但对于初始木质素含量较高的凋落物,C/N 就不能准确预测分解速率^[22]。Melillo 等^[25]在北方硬木区的凋落叶降解研究发现,初始木质素和木质素与 N 含量的比值与凋落叶的降解速率呈强烈负相关关系。Cornelissen^[26]研究了大量的物种之后同样发现木质素/N 和木质素含量均与凋落叶的降解速率呈明显负相关关系。大量研究^[24-26]表明,木质素的含量相比总氮含量更能影响凋落叶的降解速率,研究凋落叶降解速率与初始养分含量关系时往往会得出凋落叶初始 N 含量与降解速率呈负相关关系。本研究中凋落叶初始木质素和木质素与 N 含量的比值与凋落叶降解 360d 的日降解速率(k)的回归分析得出同样结果,即初始木质素和木质素/N 与降解速率均呈显著负相关,且与初始 N 含量亦呈负相关关系(如图 5),这与以往研究结果相符,应该都源于凋落叶较高的初始木质素含量,它一定程度上掩盖了其他初始养分尤其初始 N 含量与降解速率的正相关关系。

以往研究发现,C:N 比是反映凋落叶降解速率快慢的更好的指示因子。一般情况下,更高的 N 含量或者更低的 C/N 值能反映出凋落物更快的降解速率。但本研究发现,凋落叶的初始 C:N 比越高,则凋落叶降解速率也越高,即两者呈现显著正相关(图 5)。Cornelissen^[26]和 Taylor 等^[24]的研究中也出现过这样的结果。这说

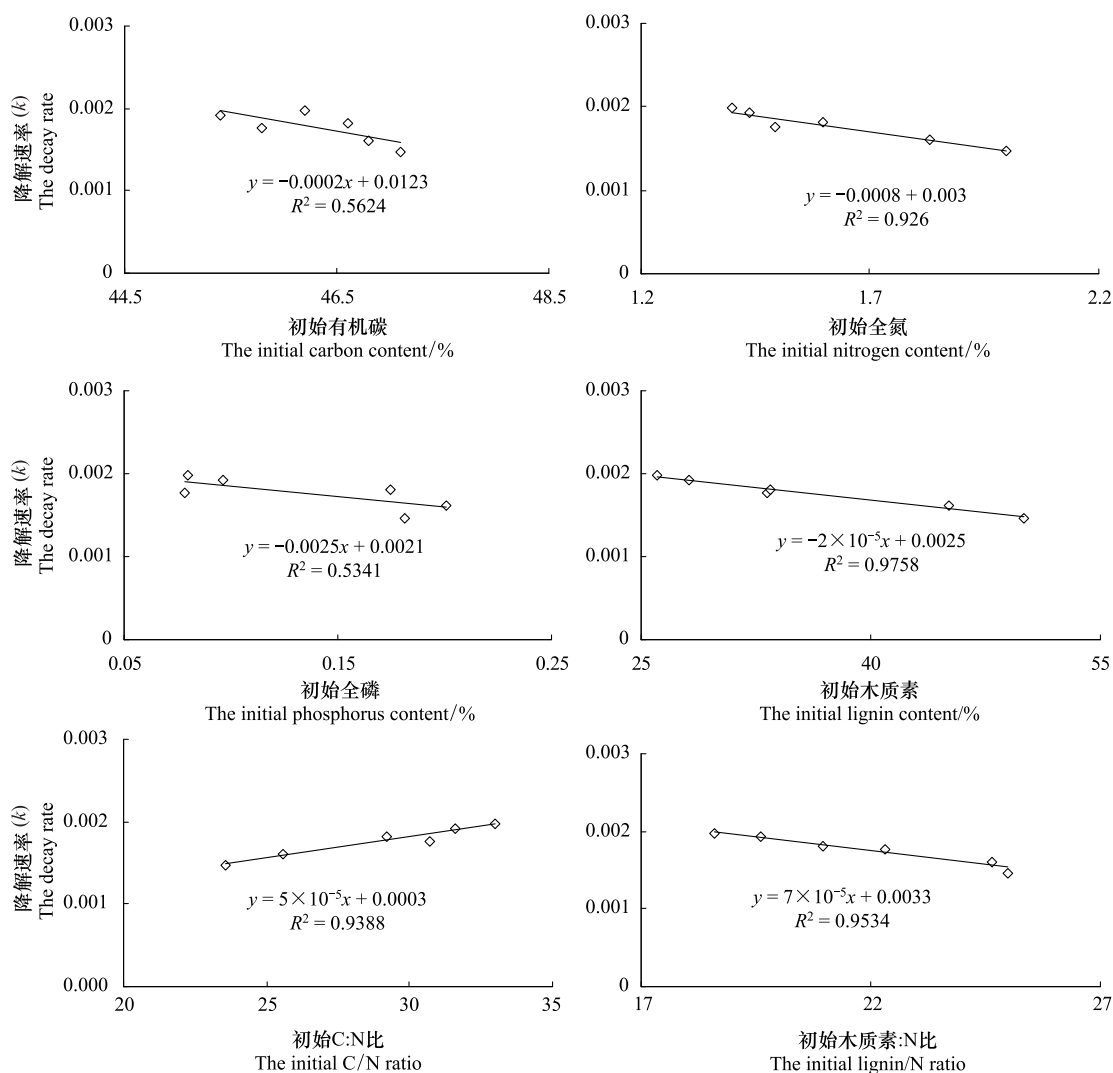


图5 日降解速率(k)与初始 C、N、P、木质素、初始 C/N 以及初始木质素/N(f) 的相关关系,回归方程与 R^2 值也如图所示

Fig. 5 The relationship between the decay rate (k) of leaf litter and the initial C concentration, initial N concentration, initial P concentration, initial lignin concentration, initial C/N and initial lignin/N of leaf litter, and the regression equations and R^2 were shown

明,凋落物降解过程中,可能存在一个初始木质素含量阈值,一旦超过这个阈值,C/N 比值对降解速率的指示作用就被掩盖甚至发生逆转,即一旦木质素大于这个阈值,C/N 比值与降解速率的相关性就由负变正。

初始 C、N、P 和木质素含量以及 C/N、木质素/N 与降解速率(k)之间的回归分析(图 5)结果表明,在喀斯特区,初始 N 和木质素含量以及初始 C/N 和木质素/N 比是凋落物降解的决定因素。其中除了初始的 C/N 与降解速率呈正相关外,其他指数均与降解速率表现负相关关系,初始 N 含量与降解速率关系受初始木质素含量影响较大,C/N 比是反映凋落叶降解速率快慢的最佳指数。

4.2 养分释放

已有研究表明森林生长所需 70%—90% 的养分来自凋落物的降解,且林地建群种凋落叶占据林地总凋落物生物量的绝大部分,因此凋落叶降解过程中的养分释放对维系土壤养分和元素循环具有重要的意义^[1-2,5]。不同林地凋落叶降解研究中发现降解袋中的养分在降解初期会呈现净积累,随后净散失的现象^[21,24,27],即降解袋中会因微生物作用从环境中固定凋落叶自身含量较低的养分,这反映出森林生态系统具有养分保护机制,阻止养分过快流失^[28]。本研究中不同林地凋落叶的养分释放,只有磷素出现初期的净积累,而总氮、总钾均呈现快速流失(图 4),可能是凋落叶初始磷素含量较低因微生物活动从环境中固定而来,

原生林凋落叶的磷素含量低于次生林,因此整个降解研究中一直呈净积累状态(图4)。

不同林地凋落叶养分释放速率不同反映出凋落叶降解速率不同(图2—图4),而凋落叶降解过程中表现出的养分释放速率快慢有助于指导土壤养分总量匮乏的桂西北喀斯特区退化生态系统植被恢复的建群种选择。凋落叶降解速率及养分释放较快的树种是退化土地进行植被恢复和土壤生态功能修复的优先选择,如本研究中的次生林圆叶乌桕,其凋落叶降解速率和养分释放均较快,可作为我国桂西北退化喀斯特区域植被恢复与土壤生态过程修复潜在的优选建群种。

References:

- [1] Zhao Q G, Wang M Z, He Y Q. Forest litter fall and its effect on the soil in Chinese tropic and subtropical regions. *Soils*, 1991, 23(1): 8-15.
- [2] Tufekcioglu A, Raich J W, Isenhardt T M, Schultz R C. Fine root dynamics, coarse root biomass, root distribution, and soil respiration in a multispecies riparian buffer in Central Iowa, USA. *Agroforestry Systems*, 1999, 44(2/3): 163-174.
- [3] Guo P P, Jiang H, Yu S Q, Ma Y D, Dou R P, Song X Z. Comparison of litter decomposition of six species of coniferous and broad-leaved trees in subtropical China. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2009, 15(5): 655-659.
- [4] Zhou C Y. Litter's roles in forest ecosystem and its research progress. *Journal of Hubei Agricultural College*, 2003, 23(2): 140-145.
- [5] Song F Q, Tian X J, Hao J J, Chen B. Decomposing ability of filamentous fungi on leaf litter in *Quercus variabilis* forest. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(1): 89-95.
- [6] Wang Q K, Wang S L, Huang Y. Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. *Forest Ecology and Management*, 2008, 255(3/4): 1210-1218.
- [7] Jiang P, Ni W, Tian X J. Comparison of decomposing ability of fungal communities for litters between *Castanopsis eyrei* and *Pinus massoniana* forests in subtropical area, China. *Forest research*, 2009, 22(4): 574-578.
- [8] Aerts R, De Caluwe H. Nutritional and plant-mediated controls on leaf litter decomposition of *Carex* species. *Ecology*, 1997, 78(1): 244-260.
- [9] Liao J H, Wang H H, Tsai C C, Hseu Z Y. Litter production, decomposition and nutrient return of uplifted coral reef tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 2006, 235(1/3): 174-185.
- [10] Barlow J, Gardner T A, Ferreira L V, Peres C A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 2007, 247(1/3): 91-97.
- [11] Li Y B, Shao J A, Wang S J, Wei C F. A conceptual analysis of karst ecosystem fragility. *Progress in Geography*, 2006, 25(5): 1-9.
- [12] Zhang X N, Wang K L, Zhang W, Chen H S, He X Y. The quantitative assessment of eco-environment vulnerability in karst regions of Northwest Guangxi. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(2): 749-757.
- [13] Wang R, Cai Y L. Management modes of degraded ecosystem in southwest Karst area of China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(4): 1070-1080.
- [14] Vávřová P, Penttilä T, Laiho R. Decomposition of Scots pine fine woody debris in boreal conditions: implications for estimating carbon pools and fluxes. *Forest Ecology and Management*, 2009, 257(2): 401-412.
- [15] Olson J S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 1963, 44(2): 322-331.
- [16] Alhamd L, Arakaki S, Hagiwara A. Decomposition of leaf litter of four tree species in a subtropical evergreen broad-leaved forest, Okinawa Island, Japan. *Forest Ecology and Management*, 2004, 202(1/3): 1-11.
- [17] Berg B, Meentemeyer V. Litter quality in a north European transect versus carbon storage potential. *Plant and Soil*, 2002, 242(1): 83-92.
- [18] Vitousek P M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology*, 1984, 65(1): 285-298.
- [19] Xuluc-Tolosa F J, Vester H F M, Ramírez-Marcial N, Castellanos-Albore J, Lawrence D. Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 2003, 174(1/3): 401-412.
- [20] Vasconcelos H L, Laurance W F. Influence of habitat, litter type, and soil invertebrates on leaf-litter decomposition in a fragmented Amazonian landscape. *Oecologia*, 2005, 144(3): 456-462.
- [21] Yang X D, Chen J. Plant litter quality influences the contribution of soil fauna to litter decomposition in humid tropical forests, southwestern China. *Soil Biology and Biochemistry*, 2009, 41(5): 910-918.
- [22] Wang J, Huang J H. Comparison of major nutrient release patterns in leaf litter decomposition in warm temperate zone of China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(3): 375-380.
- [23] Berg B, Hannus K, Popoff T, Theander O. Changes in organic chemical components of needle litter during decomposition. Long-term decomposition in a Scots pine forest. I. *Canadian Journal of Botany*, 1982, 60(8): 1310-1319.

- [24] Taylor B R, Parkinson D, Parsons W F J. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. *Ecology*, 1989, 70(1): 97-104.
- [25] Melillo J M, Aber J D, Muratore J F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology*, 1982, 63(3): 621-626.
- [26] Cornelissen J H C. An experimental comparison of leaf decomposition rates in a wide range of temperate plant species and types. *The Journal of Ecology*, 1996, 84(4): 573-582.
- [27] Staaf H, Berg B. Accumulation and release of plant nutrients in decomposing Scot pine needle litter. Long-term decomposition in a Scot pine forest II. *Canada Journal of Botany*, 1982, 60(8): 1561-1568.
- [28] Isaac S R, Nair M A. Biodegradation of leaf litter in the warm humid tropics of Kerala, India. *Soil Biology and Biochemistry*, 2005, 37(9): 1656-1664.

参考文献:

- [1] 赵其国, 王明珠, 何园球. 我国热带亚热带森林凋落物及其对土壤的影响. *土壤*, 1991, 23(1): 8-15.
- [3] 郭培培, 江洪, 余树全, 马元丹, 窦荣鹏, 宋新章. 亚热带 6 种针叶和阔叶树种凋落叶分解比较. *应用与环境生物学报*, 2009, 15(5): 655-659.
- [4] 周存宇. 凋落物在森林生态系统中的作用及其研究进展. *湖北农学院学报*, 2003, 23(2): 140-145.
- [5] 宋福强, 田兴军, 郝杰杰, 陈彬. 栓皮栎林下主要丝状真菌的分解能力. *生态学报*, 2005, 25(1): 89-95.
- [7] 蒋平, 倪武, 田兴军. 亚热带甜槠和马尾松林菌群降解能力的比较. *林业科学研究*, 2009, 22(4): 574-578.
- [11] 李阳兵, 邵景安, 王世杰, 魏朝富. 岩溶生态系统脆弱性研究. *地理科学进展*, 2006, 25(5): 1-9.
- [12] 张笑楠, 王克林, 张伟, 陈洪松, 何寻阳. 桂西北喀斯特区域生态环境脆弱性. *生态学报*, 2009, 29(2): 749-757.
- [13] 王荣, 蔡云龙. 西南喀斯特地区退化生态系统整治模式. *应用生态学报*, 2010, 21(4): 1070-1080.
- [22] 王瑾, 黄建辉. 暖温带地区主要树种叶片凋落物分解过程中主要元素释放的比较. *植物生态学报*, 2001, 25(3): 375-380.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 9 May, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Responses and weigh of multi-ecosystem services and its economic value under different land cover scenarios: a case study from Ertan water control pivot in Yalong River	GE Jing, WU Nan, GAO Jixi, et al (2629)
Influence of grazing on biomass, growth ratio and compensatory effect of different plant groups in <i>Kobresia parva</i> meadow	DONG Quanmin, ZHAO Xinquan, MA Yushou, et al (2640)
Stocking effectiveness of hatchery-released kuruma prawn <i>Penaeus japonicus</i> in the Xiangshan Bay, China	JIANG Yazhou, LING Jianzhong, LIN Nan, et al (2651)
The spatial pattern of landscape fragmentation and its relations with urbanization and socio-economic developments: a case study of Beijing	QIU Jiangxiao, WANG Xiaoke, LU Fei, et al (2659)
Cellular automata simulation of barren patch connectivity effect in degradation sequence on alpine meadow in the source region of the Yangtze and Yellow rivers, Qinghai-Tibetan Plateau, China	LI Xueling, LIN Huilong (2670)
Evolution law of architectural landscape during the urban renewal process in Tiexi District	ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (2681)
Competition for light and crop productivity in an agro-forestry system in the Hilly Region, Shangluo, China	PENG Xiaobang, ZHANG Shuoxin (2692)
Evaluation of forest ecosystem services based on biomass in Shanxi Province	LIU Yong, LI Jinchang, YANG Yonggang (2699)
Research on the morphological interactions between <i>Tamarix ramosissima</i> thickets and Nebkhas under different sand supply conditions; a case study in Cele oasis-desert ecotone	YANG Fan, WANG Xueqin, YANG Dongliang, et al (2707)
Litter decomposition and nutrient release in typical secondary and primary forests in karst region, Northwest of Guangxi	ZENG Zhaoxia, WANG Kelin, ZENG Fuping, et al (2720)
Spatial patterns of dominant species in a subtropical evergreen broad-leaved forest in Jiulian Mountain Jiangxi Province, China	FAN Juan, ZHAO Xiuhai, WANG Jinsong, et al (2729)
Characteristics of seedlings regeneration in <i>Quercus aliena</i> var. <i>acuteserrata</i> secondary forests in Qinling Mountains	KANG Bing, WANG Dexiang, LI Gang, et al (2738)
Xylem hydraulic traits of <i>Populus euphratica</i> Oliv. in extremely drought environment	AYOUPU Mubareke, CHEN Yaning, HAO Xingming, et al (2748)
Response characteristics of leaf traits of common species along an altitudinal gradient in Hongchiba Grassland, Chongqing	SONG Lulu, FAN Jiangwen, WU Shaohong, et al (2759)
Changes of carbon input influence soil respiration in a <i>Pinus tabulaeformis</i> plantation	WANG Jinsong, ZHAO Xiuhai, ZHANG Chunyu, et al (2768)
Effects of different habitats and coverage treatments on the fates of <i>Quercus wutaishanica</i> seeds under the predation pressure of rodents	YAN Xingfu, ZHOU Libiao, LIU Jianli (2778)
Nested analysis of urban woodlot bird communities in Minhang District of Shanghai	WANG Benyao, WANG Xiaoming, WANG Tianhou, et al (2788)
Production dynamics and trophic basis of three dominant mayflies in the continuum of Shenglihe Stream in the Bahe River Basin	DENG Shan, YE Caiwei, WANG Lixiao, et al (2796)
Effects of sedimentation thickness of shrimp pond cleaning discharges on <i>Acanthus ilicifolius</i> seedlings	LI Ting, YE Yong (2810)
Utilization of carbon sources by the soil microbial communities of different forest types in subtropical Australia	LU Shunbao, GUO Xiaomin, RUI Yichao, et al (2819)
Soil microbial community characteristics under different vegetation types at the Holocene-basalt Platform, Jingpo Lake area, Northeast China	HUANG Yuanyuan, QU Laiye, QU Xiuchun, et al (2827)
Effect of <i>Ipomoea aquatica</i> Floating-bed on the quantity and distribution of nitrogen cycling bacteria and nitrogen removal	TANG Yingying, LI Xiuzhen, ZHOU Yuanqing, et al (2837)
Effects of microbial inoculants on soil microbial diversity and degrading process of corn straw returned to field	LI Peipei, ZHANG Dongdong, WANG Xiaojuan, et al (2847)

Effects of coupling film-mulched furrow-ridge cropping with maize straw soil-incorporation on maize yields and soil organic carbon pool at a semiarid loess site of China	WU Rongmei, WANG Yongpeng, LI Fengmin, et al (2855)
Residues and spatial distribution of OCPs in the sediments of Gan River Basin ...	LIU Xiaozhen, ZHAO Ci, LIANG Yu, et al (2863)
Analysis on population fluctuation and properties of the white-backed planthopper in Huizhou in 2009	 DIAO Yonggang, YANG Haibo, QU Yufeng, et al (2872)
Evaluation acaricidal activities of <i>Momordica cochinchinensis</i> extracts against <i>Tetranychus cinnabarinus</i>	 GUO Huili, SHI Guanglu, JIA Liangxi, et al (2883)
Stomatal ozone uptake modeling and comparative analysis of flux-response relationships of winter wheat	 TONG Lei, FENG Zongwei, Sudebilige, et al (2890)

Review and Monograph

Calculation method of energy ecological footprint based on global net primary productivity	 FANG Kai, DONG Deming, LIN Zhuo, et al (2900)
Behavioral patterns, influencing factors, functions and risks of social play in primates	 WANG Xiaowei, ZHAO Haitao, QI Xiaoguang, et al (2910)

Discussion

Spatio-Temporal changing analysis on carbon storage of harvested wood products in China	 LUN Fei, LI Wenhua, WANG Zhen, et al (2918)
---	---

Scientific Note

Variations in allometrical relationship between stand nitrogen storage and biomass as stand development	 CHENG Dongliang, ZHONG Quanlin, LIN Maozi, et al (2929)
Effect of continuous cropping of sesame on rhizospheric microbial communities	 HUA Juling, LIU Guangrong, HUANG Jinsong (2936)
Effects of clipping on the growth, gas exchange and chlorophyll fluorescence of invasive plant, <i>Flaveria bidentis</i>	 WANG Nannan, HUANGFU Chaohe, CHEN Dongqing, et al (2943)
Influence of vegetable cultivation methods on soil organic carbon sequestration rate	 LIU Yang, YU Dongsheng, SHI Xuezheng, et al (2953)
Integrated matrix-hydrology-biological remediation technology for bank collapse lakeside zone of Chaohu Lake	 CHEN Yunfeng, ZHANG Yanhui, ZHENG Xiqiang (2960)

《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 9 期 (2012 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 9 (May, 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:100071	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