

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

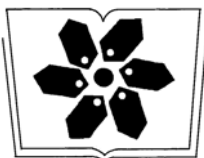
Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 20 期 Vol.33 No.20 **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 20 期 2013 年 10 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 中小尺度下西北太平洋柔鱼资源丰度的空间变异..... 杨铭霞,陈新军,冯永玖,等 (6427)
- 水分和温度对若尔盖湿地和草甸土壤碳矿化的影响..... 王 丹,吕瑜良,徐 丽,等 (6436)
- 荒漠啮齿动物群落对开垦干扰的响应及其种群生态对策..... 袁 帅,付和平,武晓东,等 (6444)
- 转 Bt 基因棉花对烟粉虱天敌昆虫龟纹瓢虫的影响 周福才,顾爱祥,杨益众,等 (6455)
- 微地形改造的生态环境效应研究进展..... 卫 伟,余 韵,贾福岩,等 (6462)

个体与基础生态

- 丹顶鹤春迁期觅食栖息地多尺度选择——以双台河口保护区为例..... 吴庆明,邹红菲,金洪阳,等 (6470)
- 新疆石河子南山地区表土花粉研究..... 张 卉,张 芸,杨振京,等 (6478)
- 鄱阳湖湿地两种优势植物叶片 C、N、P 动态特征 郑艳明,尧 波,吴 琴,等 (6488)
- 基于高分辨率遥感影像的森林地上生物量估算..... 黄金龙,居为民,郑 光,等 (6497)
- 异质性光照下匍匐茎草本狗牙根克隆整合的耗益..... 陶应时,洪胜春,廖咏梅,等 (6509)
- 湘潭锰矿废弃地栎树人工林微量元素生物循环..... 罗赵慧,田大伦,田红灯,等 (6517)
- 接种彩色豆马勃对模拟酸沉降下马尾松幼苗生物量的影响 陈 展,王 琳,尚 鹤 (6526)
- 生物炭对不同土壤化学性质、小麦和糜子产量的影响 陈心想,何绪生,耿增超,等 (6534)
- 延河流域植物功能性状变异来源分析 张 莉,温仲明,苗连朋 (6543)
- 榆紫叶甲赤眼蜂基础生物学特性及其实验种群生命表..... 王秀梅,臧连生,林宝庆,等 (6553)
- 几种生态因子对拟目乌贼胚胎发育的影响 彭瑞冰,蒋霞敏,于曙光,等 (6560)

种群、群落和生态系统

- 海南铜鼓岭灌木林稀疏规律..... 周 威,龙 成,杨小波,等 (6569)
- 青海三江源区果洛藏族自治州草地退化成因分析..... 赵志平,吴晓蕾,李 果,等 (6577)
- 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物基质质量的影响..... 肖银龙,涂利华,胡庭兴,等 (6587)
- 基于光合色素的钦州湾平水期浮游植物群落结构研究 蓝文陆,黎明民,李天深 (6595)
- 基于功能性状的常绿阔叶植物防火性能评价..... 李修鹏,杨晓东,余树全,等 (6604)
- 北京西山地区大山雀与其它鸟类种群间联结分析..... 董大颖,范宗骥,李扎西姐,等 (6614)
- 被动式电子标签用于花鼠种群动态研究的可行性 杨 慧,马建章,戎 可 (6634)

景观、区域和全球生态

- 华北冬小麦降水亏缺变化特征及气候影响因素分析..... 刘 勤,梅旭荣,严昌荣,等 (6643)
- 基于 FAHP-TOPSIS 法的我国省域低碳发展水平评价 胡林林,贾俊松,毛端谦,等 (6652)
- 河漫滩湿地生态阈值——以二卡自然保护区为例..... 胡春明,刘 平,张利田,等 (6662)
- 应用 Le Bissonnais 法研究黄土丘陵区植被类型对土壤团聚体稳定性的影响 刘 雷,安韶山,黄华伟 (6670)
- 不同人为干扰下纳帕海湖滨湿地植被及土壤退化特征..... 唐明艳,杨永兴 (6681)

资源与产业生态

- 近 10 年北京极端高温天气条件下的地表温度变化及其对城市化的响应 李晓萌,孙永华,孟 丹,等 (6694)
- 三峡库区小江库湾鱼类食物网的稳定 C、N 同位素分析 李 斌,徐丹丹,王志坚,等 (6704)

研究简报

- 北京奥林匹克森林公园绿地碳交换动态及其环境控制因子..... 陈文婧,李春义,何桂梅,等 (6712)
- 植被恢复对洪雅县近 15 年景观格局的影响 王 鹏,李贤伟,赵安玖,等 (6721)
- 高盐下条斑紫菜光合特性和 S-腺苷甲硫氨酸合成酶基因表达的变化 ... 周向红,易乐飞,徐军田,等 (6730)

学术信息与动态

- 生态系统服务研究进展——2013 年第 11 届国际生态学大会 (INTECOL Congress) 会议述评 房学宁,赵文武 (6736)
- 生态系统服务评估——2013 年第 6 届生态系统服务伙伴国际学术年会述评 巩 杰,岳天祥 (6741)
- 回顾过去,引领未来——2013 年第 5 届国际生态恢复学会大会 (SER 2013) 简介..... 彭少麟,陈宝明,周 婷 (6744)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 33 * 2013-10



封面图说: 荒漠旱獭——旱獭属啮齿目、松鼠科、旱獭属,是松鼠科中体型最大的一种。旱獭多栖息于平原、山地和荒漠草原地带,集群穴居,挖掘能力甚强,洞道深而复杂,多挖在岩石坡和沟谷灌丛下,从洞中推出的大量沙石堆在洞口附近,形成旱獭丘。荒漠啮齿动物是荒漠生态系统的重要成分,农业开垦对功能相对脆弱的荒漠生态系统的干扰极大,往往导致栖息地破碎化,对动植物种产生强烈影响,啮齿动物受到开垦干扰后对环境的响应及其群落的生态对策,是荒漠生态系统生物多样性及其功能维持稳定的重要基础。

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/stxb201212101778

肖银龙, 涂利华, 胡庭兴, 陈保军, 杨永贵, 张健, 李贤伟, 胡红玲. 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物基质质量的影响. 生态学报, 2013, 33(20): 6587-6594.

Xiao Y L, Tu L H, Hu T X, Chen B J, Yang Y G, Zhang J, Li X W, Hu H L. Effects of simulated nitrogen deposition on substrate quality of litterfall in a *Pleiblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(20): 6587-6594.

模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物 基质质量的影响

肖银龙¹, 涂利华^{1,*}, 胡庭兴¹, 陈保军², 杨永贵²,
张 健¹, 李贤伟¹, 胡红玲¹

(1. 四川农业大学林学院, 雅安 625014; 2. 四川省洪雅县林场, 眉山洪雅 620365)

摘要: 凋落物基质质量是影响凋落物分解速率的决定性因子之一, 研究旨在探究模拟氮沉降对苦竹林凋落物基质质量的影响。2007 年 11 月至 2010 年 12 月每月 1 次连续对华西雨屏区苦竹人工林进行了模拟氮沉降试验, 施氮水平分别为: 对照 ($0 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 低氮 ($5 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), 中氮 ($15 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) 和高氮 ($30 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)。在施氮 2 a 后, 于 2010 年 1 月开始收集各样方的凋落物样品, 连续收集 12 个月, 分析测定凋落物基质质量。结果表明: 施氮显著增加了凋落叶中 N、P 元素含量, 中氮处理显著增加了凋落枝中 N 元素含量, 中氮和高氮处理均显著增加了凋落枝中 P 元素含量; 施氮对凋落物中 C 元素含量影响很微弱, 显著降低了凋落叶中的 C/N, 中氮处理显著降低了凋落枝中的 C/N, 对木质素和纤维素含量均未造成显著影响。由于模拟氮沉降增加了苦竹凋落物的 N、P 含量, 降低了其 C/N, 因此氮沉降可能会促进苦竹凋落物的初期分解速率。

关键词: 模拟氮沉降; 凋落物分解; 基质质量; 苦竹林; 华西雨屏区

Effects of simulated nitrogen deposition on substrate quality of litterfall in a *Pleiblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China

XIAO Yinlong¹, TU Lihua^{1,*}, HU Tingxing¹, CHEN Baojun², YANG Yonggui², ZHANG Jian¹, LI Xianwei¹, HU Hongling¹

¹ College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China

² Forest Farm, Hong Ya County, Mei' shan 620365, China

Abstract: Forest litter is an important part of forest ecosystem and its chemical property is called substrate quality, which is defined as the relative decomposability of litter and depends on the easy decomposition components of the organization. A number of studies have found that the substrate quality of litter is the main factor affecting the litter decomposition process, which is the key process of biological chemical cycle of forest ecological system. In order to investigate the effects of N deposition on the substrate quality of bamboo forest litter, a simulated N deposition experiment was conducted in a *P. amarus* plantation in Rainy Area of West China, from November 2007 to December 2010. Four treatments was installed, i. e., control ($0 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), low nitrogen ($5 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), medium nitrogen ($15 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$) and high nitrogen ($30 \text{ g N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$). From January to December in 2010, litter samples were collected each half month and the basic properties of litter quality (concentration of C, N, P, lignin and cellulose) were measured. The results indicate that simulated N

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31300522); 四川省教育厅项目 (12ZA118); 教育部博士点基金项目 (20125103120018); 国家“十二五”科技支撑计划项目 (2011BAC09B05); 四川农业大学“211 工程”创新团队项目共同资助

收稿日期: 2012-12-10; **修订日期:** 2013-07-08

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

deposition significantly increased the concentration of N and P in leaf litter and medium nitrogen treatment increased the N content of twig litter, meanwhile medium and high nitrogen treatments increased the P content of twig litter; The effects of simulated N deposition on concentration of C, lignin and cellulose were not significant. The C/N ratio of leaf litter and twig litter were decreased significantly. Results suggest that the litter decomposition rate in early stage of decomposition may be stimulated by simulated N deposition because of increasing N (decreased C/N ratio) and P in fresh fallen litter.

Key Words: nitrogen deposition; litter decomposition; substrate quality; *Pleioblastus amarus* plantation; Rainy Area of West China

在过去几十年中,大气 N 沉降迅速增加^[1-2],并且这种增加趋势在未来数十年仍将持续下去^[3]。森林生态系统受到大气 N 沉降增加的强烈影响,集中体现在氮沉降对森林碳循环过程、氮循环过程、生物多样性等方面的影响^[4-6]。

凋落物分解过程是生态系统碳循环和养分循环的关键过程,凋落物基质质量是影响凋落物分解过程的决定性因素^[7-9]。凋落物的基质质量被定义为凋落物的相对可分解性,依赖于构成组织的易分解成分和难分解成分(如木质素)的组合情况、组织的养分含量和组织结构^[10]。N 沉降对凋落物分解过程的影响主要体现在两方面:一是直接影响凋落物各种成分的分解过程而作用于凋落物分解,二是通过改变凋落物化学成分间接影响后续凋落物分解过程^[11]。笔者及所在团队前期对华西雨屏区(全球目前已报道的 N 沉降最严重的地区^[12])3 种竹林凋落物分解过程对模拟 N 沉降的响应进行了研究,结果表明模拟 N 沉降显著影响了竹林凋落物分解进程^[13-16]。氮沉降是否会影响到以及如何影响竹林凋落物基质质量,进而影响后续凋落物分解进程?

以往的研究主要集中于 N 沉降对凋落物分解的直接影响,然而有关 N 沉降对凋落物基质质量的影响却缺乏相应关注^[17]。

本研究以华西雨屏区大面积栽植的苦竹(*Pleioblastus amarus*)林为对象,通过施氮的方式模拟 N 沉降增加情景,研究凋落物基质质量对模拟大气 N 沉降的初期响应,以期预测该地区大气 N 沉降持续增加的情况下森林凋落物分解动态提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于四川省洪雅县柳江镇(29°42' N, 103°14' E)。该地区属于中亚热带湿润性山地气候,年平均气温 14—16 °C, 1 月平均气温 6.6 °C, 7 月平均气温 25.7 °C。20 a (1980—2000 年) 平均年降水量为 1489.8 mm, 年内降水分布不均,主要集中在 6—8 月,年平均相对空气湿度 82%, 试验地为 2000 年退耕还林工程建成的苦竹林,郁闭度为 0.9,株数密度为 52000 株/hm²,平均竹高为 5 m,平均胸径为 2.3 cm,林褥厚度为 1.2 cm (2007 年底),土壤为紫色土。

1.2 试验设计

2007 年 10 月,在苦竹林内选择具有代表性的林分作为 N 沉降的试验样地。在样地中建立 12 个 3 m × 3 m 的样方,每个样方间设 >3 m 宽的缓冲带,用 NH₄NO₃ 进行模拟 N 沉降处理,设 4 个水平:对照 (CK, 0 g N · m⁻² · a⁻¹), 低 N (LN, 5 g N · m⁻² · a⁻¹), 中 N (MN, 15 g N · m⁻² · a⁻¹) 和高 N (HN, 30 g N · m⁻² · a⁻¹), 每个水平 3 个重复。将年施用量平均分成 12 等分,从 2007 年 11 月—2010 年 12 月,每月下旬对各处理定量地施 N,具体方法是将各水平所需 NH₄NO₃ 溶解至 1 L 水中,用喷雾器在该水平样方中的土壤表面来回均匀喷洒,对照只喷洒等量的清水。

1.3 样品采集、处理与测定

于 2009 年 12 月在样地内的每个样方中安放 3 个 0.5 m × 0.5 m × 0.3 m 的方形凋落物收集框,凋落物收集框用 1 mm 孔径的尼龙网制成。于 2010 年 1 月开始每半个月收集 1 次框中的凋落物,具体收集方法为每次施

N 前收集 1 次凋落框中的样品,每次施 N 半个月后收集 1 次凋落框中的样品,每个月将每个样方中的 3 个收集框中 2 次收集到的凋落物合为一个样品,测定凋落组分的碳(C)、氮(N)、磷(P)、木质素和纤维素的含量。N、P 待测液用浓硫酸-高氯酸(LY/T 1271—1999)消煮法制备。N 用凯氏定氮仪测定,P 用钼锑抗比色法测定(LY/T 1270—1999)。C 用外加热重铬酸钾氧化法测定(LY/T 1237—1999)。凋落物木质素、纤维素含量用酸性洗涤纤维法^[13]测定。所有分析均做 3 个重复。

1.4 数据处理

纤维素和木质素含量的计算公式如下:

$$\text{纤维素}\% = \frac{W_1 - W_2}{W_s} \times 100$$

$$\text{木质素}\% = \frac{W_2 - W_3}{W_s} \times 100$$

式中, W_s 为称取植物样品的烘干重; W_1 为抽滤后坩埚的烘干重; W_2 表示降解结束后,经过再次抽滤后的坩埚的烘干重; W_3 表示坩埚在马福炉中加热后的干重。

应用 SPSS16.0 软件(SPSS Inc., USA)对数据进行重复测量方差分析(repeated measures ANOVA),和多重比较以及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 模拟氮沉降对凋落物 C、N 和 P 元素含量的影响

自然状态下(CK),苦竹凋落叶和凋落枝中 C 含量在一年中随着季节的变化有较明显的变化($P < 0.001$),叶和枝中 C 含量波动范围分别为 367—473 mg/g 和 414—492 mg/g(图 1,表 1)。模拟 N 沉降对凋落叶和凋落枝中的 C 含量影响很微弱(P 值分别为 0.067 和 0.065),对凋落叶和凋落枝 C 含量影响范围分别不超过 3.7%和 1.4%(表 1)。

表 1 华西雨屏区苦竹人工林凋落物中几种主要元素和物质含量重复测定方差分析结果

Table 1 Results of repeated measures ANOVA of indices concentrations of substrate quality of litter in a *P. amarus* plantation, Rainy Area of West China

处理 Treatment	叶碳含量 C_leaf/(mg/g)	叶氮含量 N_leaf/(mg/g)	叶磷含量 P_leaf/(mg/g)	叶木质素含量 Lignin_leaf /%	叶纤维素含量 Cellulose_leaf /%	叶碳氮比 C/N_leaf
CK	402±5 b	5.13±0.22 a	1.84±0.13 a	10.74±0.83 a	25.37± 1.01 a	82.00±4.24 c
LN	393±2 ab	6.06±0.02 b	2.14±0.10 b	11.05 ±0.25 a	25.15±0.09 a	68.12±2.31 b
MN	397±8 ab	6.21±0.23 b	2.26±0.04 b	10.83±0.48 a	25.97± 1.11 a	67.20±0.51 b
HN	387±5 a	6.81±0.37 c	2.24±0.03 b	11.18±0.15 a	24.77±0.47 a	59.20±3.75 a
Date effect	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$
Date× N effect	$P = 0.048$	$P = 0.315$	$P = 0.106$	$P = 0.001$	$P = 0.001$	$P = 0.284$
N effect	$P = 0.067$	$P < 0.0001$	$P = 0.0001$	$P = 0.701$	$P = 0.370$	$P = 0.0001$
处理 Treatment	枝碳含量 C_twig /(mg/g)	枝氮含量 N_twig /(mg/g)	枝磷含量 P_twig /(mg/g)	枝木质素含量 Lignin_twig /%	枝纤维素含量 Cellulose_twig /%	枝碳氮比 C/N_twig
CK	440±1 b	3.09±0.16 a	0.81±0.07 a	21.22±0.68 a	22.92±1.52 a	153.95±14.31 b
LN	441±2 b	3.08±0.17 a	0.86±0.03 a	21.70±0.94 a	23.58± 0.35 a	151.29±7.91 b
MN	438±5 ab	3.67±0.30 b	1.04±0.01 b	22.03±0.71 a	23.43±0.47 a	131.44±7.07 a
HN	434±2 a	3.28±0.23 ab	0.97±0.04 b	22.53±0.59 a	23.59±0.52 a	145.37±6.53 ab
Date effect	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$
Date× N effect	$P = 0.642$	$P = 0.095$	$P = 0.001$	$P = 0.128$	$P = 0.241$	$P = 0.343$
N effect	$P = 0.065$	$P = 0.035$	$P = 0.001$	$P = 0.256$	$P = 0.749$	$P = 0.075$

不同字母表示处理间差异显著(重复测量方差分析,LSD 多重比较法, $\alpha = 0.05$)

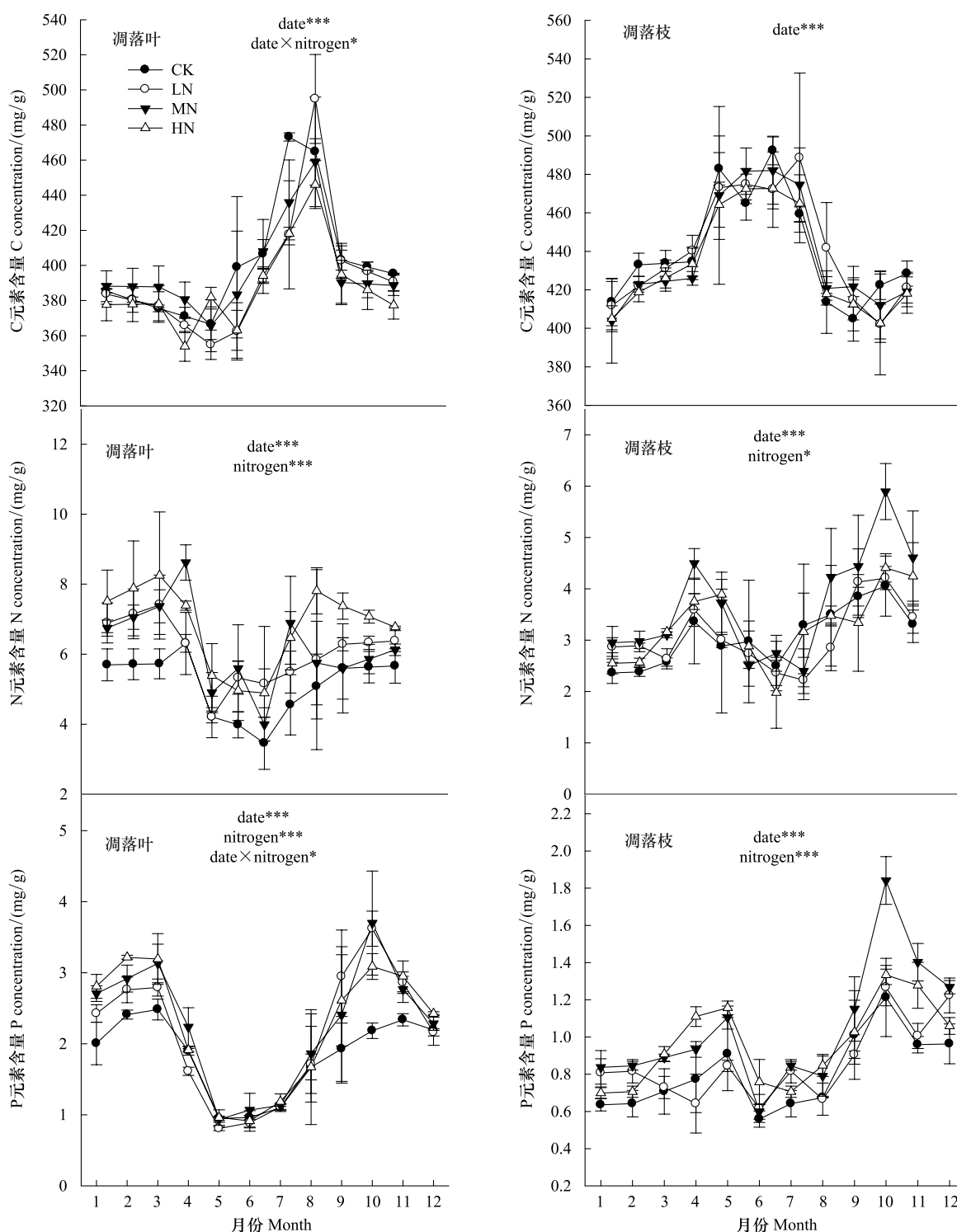


图1 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹人工林凋落叶和凋落枝 C、N 和 P 元素含量的影响

Fig.1 Effects of simulated N deposition on C, N and P concentration of fresh fallen leaves and twigs in a *P. amarus* plantation, Rainy Area of West China

图中斜体单词表示对照与处理之间重复测量方差分析(LSD 多重比较法)结果差异显著(Date 表示时间效应; Date×Nitrogen 表示时间和处理交互效应; *, $P < 0.05$; ***, $P < 0.001$)

自然状态下(CK),苦竹凋落叶和凋落枝 N 元素含量分别为(5.13 ± 0.22) mg/g 和(3.09 ± 0.16) mg/g(图 1,表 1)。与 CK 相比,模拟 N 沉降各处理均显著增加了凋落叶中 N 元素含量,增幅在 18%—33%之间(表 1)。

模拟 N 沉降对凋落枝中 N 含量的影响没有其对凋落叶中 N 含量影响明显,只有 MN 显著增加了凋落枝中的 N 含量,HN 和 LN 与 CK 差异不显著。模拟 N 沉降对两种凋落物组分的 N 元素含量的季节动态均未造成显著影响。

试验期间,虽然在样地中发现有少量凋落箨,但在凋落框中只收集到很少量的凋落箨,未达到单独制取待测样的要求,因此本次实验对其忽略不计。

由图 1 可见,两种凋落物组分 P 元素含量均具有显著的季节动态,其中凋落叶的 P 含量明显表现为春、秋季高,夏季低(图 1)。自然状态下(CK),苦竹凋落叶和凋落枝中 P 元素含量分别为 (1.84 ± 0.13) mg/g 和 (0.81 ± 0.07) mg/g(表 1),模拟 N 沉降各处理显著增加了凋落叶 P 元素含量,增幅为 16%—23%。虽然模拟 N 沉降各处理均表现出增加了凋落枝中 P 元素含量,增幅在 6%—28%之间,但仅有 HN 和 MN 与 CK 之间差异达显著水平。此外,本研究发现凋落叶和凋落枝中 N 和 P 元素含量均呈现线性正相关关系(图 2)。

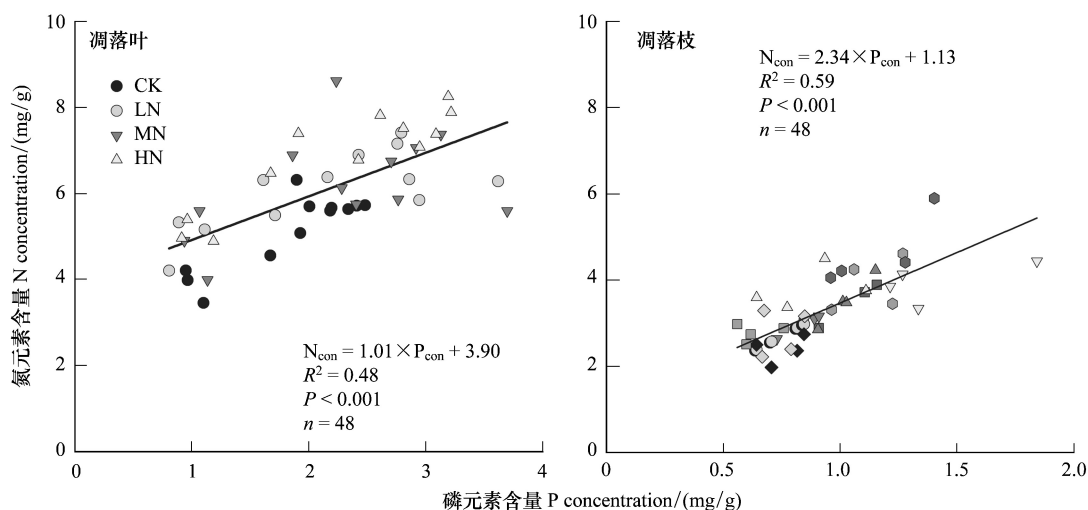


图 2 华西雨屏区苦竹人工林凋落叶和凋落枝氮磷元素含量的关系

Fig.2 Relationships between N and P concentrations of fresh fallen leaves and twigs in a *P. amarus* plantation, Rainy Area of West China

2.2 模拟氮沉降对凋落物木质素和纤维素含量和 C/N 比的影响

自然状态下(CK),苦竹凋落叶中木质素和纤维素含量分别占其干重的 $(10.74 \pm 0.83)\%$, $(25.37 \pm 1.01)\%$,凋落枝中木质素和纤维素含量分别为 $(21.22 \pm 0.68)\%$, $(22.92 \pm 1.52)\%$ (表 1)。凋落枝中的木质素含量高于凋落叶中木质素含量,大约为凋落叶中木质素含量的 2 倍,而凋落叶中的纤维素含量略高于凋落枝的中纤维素含量。模拟 N 沉降处理对凋落叶和凋落枝中木质素与纤维素含量影响均不显著(表 1,图 3)。

自然状态下(CK),苦竹凋落叶和凋落枝中 C/N 比分别为 82.00 ± 4.24 和 153.95 ± 14.31 (表 1)。各处理凋落枝中 C/N 比均大于凋落叶中 C/N 比。相对于 CK,各模拟 N 沉降处理显著降低了凋落叶中 C/N 比,降幅在 16.92%—27.80%之间。虽然各模拟 N 沉降处理均降低了凋落枝中 C/N 比,但仅有 MN 与 CK 达显著水平, MN 处理下,凋落枝中 C/N 比降低幅度为 14.63%。各模拟 N 沉降处理均未对苦竹凋落物两种不同组分的 C/N 比的季节动态造成显著影响(表 1,图 3)。

3 讨论

本研究发现模拟 N 沉降显著增加了苦竹凋落物两种组分中的 N、P 含量,主要可能有以下几个原因:首先,该苦竹林仍处于 N 限制状态^[18],N 沉降有利于土壤有效 N 水平的提升,满足了苦竹生长对 N 素的需求,导致苦竹对 N 素吸收速率相应增加;其次,对该试验地的前期研究发现施 N 增加了苦竹细根的生物量、增强了细根代谢活动水平、增加了土壤微生物生物量 C 以及与 N、P 相关的土壤胞外酶活性^[19-20]。苦竹细根生物量增加和代谢活动增强能够促进地下部分对养分元素的摄入^[21],因此增加了苦竹细根对地上部分养分元素的供应,进而本试验中表现出凋落物中养分元素含量的增加;而苦竹林土壤微生物生物量 C 的增加表明土壤

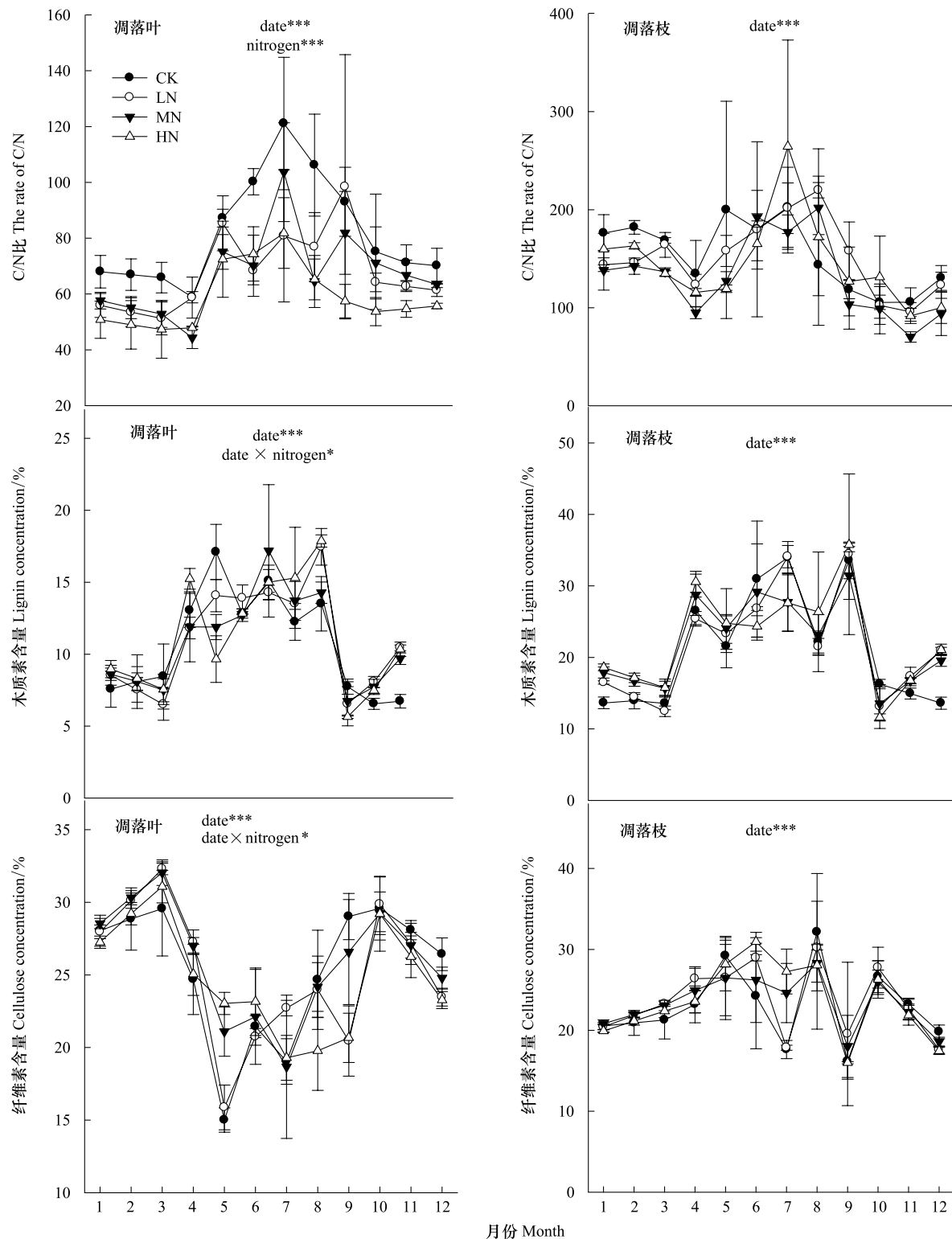


图3 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹人工林凋落叶和凋落枝 C/N 比、木质素含量和纤维素的影响

Fig.3 Effects of simulated N deposition on the rate of C/N, lignin and cellulose concentrations of fresh fallen leaves and twigs in a *P. amarus* plantation, Rainy Area of West China

图中斜体单词表示对照与处理之间重复测量方差分析(LSD 多重比较法)结果差异显著*, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$

微生物的活性有所提高^[22-23],加之苦竹林土壤中与 N、P 相关的土壤胞外酶活性也与模拟 N 沉降呈正响应^[19],表明施 N 有助于加速凋落物中养分元素的释放,加快养分元素循环速度,从而间接增加了苦竹林地下部分对地上部分养分元素的供应量,进而致使本试验中凋落物中养分元素含量的增加;此外,N 沉降会导致衰老叶片中 N 元素再分配的减少^[24],这也可能是造成模拟 N 沉降增加凋落物中元素含量的重要原因。

N、P 元素被认为是植物体内的生理元素,植物为了维持体内平衡,其生理元素之间往往具有某种协调的关系^[25]。本研究发现苦竹两种组分的凋落物中 N、P 元素均表现出正相关关系,与 Stoler 等^[26]对温带阔叶林和针叶林凋落叶中的 N、P 元素含量关系的研究结果一致,本研究结果表明苦竹在吸收利用这两种元素时可能是按照某种比例进行的。由于苦竹凋落物 C 元素含量几乎不受模拟 N 沉降的影响,而苦竹凋落物中 N 元素在模拟 N 沉降处理下显著增加,导致其 C/N 等元素比率显著降低。在众多有关凋落物分解的综述文献中,C/N、N 和 P 都被描述成是决定凋落物初期分解速率的最重要的决定因子之一^[27-28],表现为初始凋落物 N、P 元素含量越高,C/N 越低,凋落物初期分解速率越快,这是因为在凋落物分解初期,凋落物质量损失主要来自于可溶性物质和非木质化碳水化合物的分解^[29]。本研究结果意味着模拟 N 沉降可能会使得新近凋落的苦竹叶初期分解速率加快。

木质素和纤维素作为植物体内的顽固复合物,在凋落物分解后期的释放速率决定了凋落物的质量损失速率,如涂利华等^[14]对华西雨屏区撑绿杂交竹林的凋落物分解研究就发现凋落物中木质素残留率和凋落物质量残留率较为一致;Tu 等^[16]对本实验地的前期研究也发现苦竹凋落物质量残留率与凋落物中木质素残留率和纤维素残留率之间存在极显著的线性正相关关系。本研究结果显示模拟 N 沉降并未对苦竹凋落物中木质素、纤维素含量造成显著影响,这与 Berg 的研究结果不一致。Berg^[30]对苏格兰松(*Pinus sylvestris*)和挪威云杉(*Picea abies*)进行施 N 处理均发现模拟 N 沉降增加了这两种森林凋落物中的木质素含量,造成这种差异的主要原因可能是由于木质素和纤维素在植物体内的形成过程较为复杂,牵涉物质也较为多样,而本研究施 N 时间相对较短(本试验是在对苦竹林施 N 2a 后进行的,而 Berg 对其研究地的施 N 时间超过了 10a),导致本试验的模拟 N 沉降对苦竹林的综合影响不足以改变苦竹体内木质素和纤维素含量,因此本研究中模拟 N 沉降处理后的凋落物中木质素和纤维素含量无显著差异。

综上所述,模拟 N 沉降显著增加了苦竹新鲜凋落物基质 N、P 含量并显著降低了其 C/N,有利于提高苦竹凋落物的初期分解速率;模拟 N 沉降并未对苦竹凋落物基质木质素和纤维素含量造成显著影响。由于大气 N 沉降的全球性和长期性,其对生态系统结构和功能的影响必然是一个长期、复杂的过程,因此,在 N 沉降持续增加的背景下,苦竹林凋落物基质质量是如何变化的,仍需进行长期的研究。

References:

- [1] Mo J M, Xue H, Fang Y T. Litter decomposition and its responses to simulated N deposition for the major plants of Dinghushan forest in subtropical China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(7): 1413-1420.
- [2] Vitousek P M, Aber J D, Howarth R W, Likens G E, Matson P A, Schindler D W, Schlesinger W H, Tilman D G. Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. *Ecological Applications*, 1997, 7(3): 737-750.
- [3] Galloway J N, Dentener F J, Capone D G, Boyer E W, Howarth R W, Seitzinger S P, Asner G P, Cleveland C C, Green P A, Holland E A, Karl D M, Michaels A F, Porter J H, Townsend A R. Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry*, 2004, 70(2): 153-226.
- [4] Bobbink R, Hicks K, Galloway J, Spranger T, Alkemade R, Ashmore M, Bustamante M, Cinderby S, Davidson E, Dentener F, Emmett B, Erisman J W, Fenn M, Gilliam F, Nordin A, Pardo L, de Vries W. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications*, 2010, 20(1): 30-59.
- [5] Lu M, Zhou X, Luo Y, Yang Y, Fang C, Chen J, Li B. Minor stimulation of soil carbon storage by nitrogen addition: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2011, 140: 234-244.
- [6] Liu X, Duan L, Mo J, Du E, Shen J, Lu X, Zhang Y, Zhou X, He C, Zhang F. Nitrogen deposition and its ecological impact in China: An overview. *Environmental Pollution*, 2011, 159: 2251-2264.
- [7] Lavelle P, Blanchart P, Martin A, Martin S. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. *Biotropica*, 1993, 25(2): 130-150.
- [8] Cornwell W K, Cornelissen J H C, Amatangelo K, Dorrepaal E, Eviner V T, Godoy O, Hobbie S E, Hoorens B, Kurokawa H, Perez-Harguindeguy N, Quested H M, Santiago L S, Wardle D A, Wright I J, Aerts R, Allison S D, Bodegom P V, Brovkin V, Chatain A, Callaghan T V, Kazakou E, Klein J A, Read J, Reich P B, Soudzilovskaia N A, Vaieretti M V, Westoby M. Plant species traits are the predominant control on

- litter decomposition rates within biomes worldwide. *Ecology Letters*, 2008, 11(10): 1065-1071.
- [9] Zhang D, Hui D, Luo Y, Zhou G. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. *Journal of Plant Ecology*, 2008, 1(2): 85-93.
- [10] Swift M J, Heal O W, Anderson J M. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. University of California Press, Berkley, California, USA, 1979, 108-109.
- [11] Hobbie S E. Contrasting effects of substrate and fertilizer nitrogen on the early stages of litter decomposition. *Ecosystems*, 2005, 8(6): 644-656.
- [12] Xu Z F, Tu L H, Hu T X, Schädler M. Implications of greater than average increases in nitrogen deposition on the western edge of the Szechwan Basin, China. *Environmental Pollution*, 2013, doi:10.1016/j.envpol.2012.12.031.
- [13] Tu L H, Hu H L, Hu T X, Zhang J, Luo S H, Dai H Z. Response of *Betula luminifera* leaf litter decomposition to simulated nitrogen deposition in the Rainy Area of West China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2012, 36(1): 99-108.
- [14] Tu L H, Dai H Z, Hu T X, Zhang J, Luo S H, Cheng Y. Effect of simulated nitrogen deposition on litter decomposition in a *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocala mopsi* plantation, Rainy Area of West China. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(5): 1277-1284.
- [15] Tu L H, Hu T X, Zhang J, Dai H Z, Li R H, Xiang Y B, Luo S H. Effect of simulated nitrogen deposition on nutrient release in decomposition of several litter fractions of two bamboo species. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(6): 1547-1557.
- [16] Tu L H, Hu H L, Hu T X, Zhang J, Liu L, Li R H, Dai H Z, Luo S H. Decomposition of different litter fractions in a subtropical bamboo ecosystem as affected by experimental nitrogen deposition. *Pedosphere*, 2011, 21(6): 685-695.
- [17] Berg B. Initial rates and limit values for decomposition of Scots pine and Norway spruce needle litter: a synthesis for N-fertilized forest stands. *Canadian Journal of Forestry*, 2000, 30(1): 122-135.
- [18] Tu L H, Hu T X, Zhang J, Li R H, Dai H Z, Luo S H. Short-term simulated nitrogen deposition increases carbon sequestration in a *Pleioblastus amurus* plantation. *Plant and soil*, 2011, 340(1/2): 383-396.
- [19] Tu L H, Hu T X, Zhang J, Li R H, Dai H Z, Luo S H, Xiang Y B, Huang L H. Soil enzyme activities in a *Pleioblastus amurus* plantation in Rainy Area of West China under simulated nitrogen deposition. *Chines Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(12): 2943-2948.
- [20] Tu L H, Hu T X, Zhang J, Li R H, Dai H Z, Luo S H. Response of soil organic carbon and nutrients to simulated nitrogen deposition in *Pleioblastus amurus* plantation, Rainy Area of West China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2011, 35(2): 125-136.
- [21] Tu L H, Hu T X, Zhang J, He Y Y, Tian X Y, Xiao Y L. Effects of simulated nitrogen deposition on the fine root characteristics and soil respiration in a *Pleioblastus amurus* plantation, in Rainy Area of West China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(10): 2472-2478.
- [22] Gavrichkova O, Kuzyakov Y. Ammonium versus nitrate nutrition of *Zea mays* and *Lupinus albus*: effect on root-derived CO₂ efflux. *Soil Biology and Biochemistry*, 2008, 40(11): 2835-2842.
- [23] Samuelson L, Mathew R, Stokes T, Feng Y, Aubrey D, Cpleman M. Soil and microbial respiration in a loblolly pine plantation in response to seven years of irrigation and fertilization. *Forest Ecology and Management*, 2009, 258(11): 2431-2438.
- [24] Clement J M A M, Boer M, Venema J H, Hasselt R P. There is no direct relationship between N-status and frost hardiness in needles of NH₃-exposed Scots pine seedlings. *Phyton*, 2000, 40(3): 21-33.
- [25] Li Z A, Wang B S, Kong G H, Zhang Z P, Weng H. The element content of plants in *Cryptocarya Concinna* community in Dinghushan evergreen monsoon borad-leaf forest. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 1999, 23(5): 411-417.
- [26] Stoler A B, Relyea R A. Leaf litter quality induces morphological and development changes in larval amphibians. *Ecology*, 2013, doi:10.1890/12-2087.1.
- [27] Aerts R. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos*, 1997, 79(3): 439-449.
- [28] Prescott C E. Litter decomposition: what controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils? *Biogeochemistry*, 2010, 101(1/3): 133-149.
- [29] Berg B, Matzner E. Effect of N deposition on decomposition of plant litter and soil organic matter in forest systems. *Environmental Reviews*, 1997, 5(1): 1-25.
- [30] Berg B, Staaf H. Decomposition rate and chemical changes of scots pine needle litter II. Influence of chemical composition. *Ecological Bulletin*, 1980, 32: 373-390.

参考文献:

- [1] 莫江明, 薛花, 方运霆. 鼎湖山主要森林植物凋落物分解及其对 N 沉降的响应. *生态学报*, 2004, 24(7): 1413-1420.
- [13] 涂利华, 胡红玲, 胡庭兴, 张健, 雒守华, 戴洪忠. 华西雨屏区亮叶桦凋落叶分解对模拟氮沉降的响应. *植物生态学报*, 2012, 36(2): 99-108.
- [14] 涂利华, 戴洪忠, 胡庭兴, 张健, 李仁洪, 雒守华, 成姚. 模拟氮沉降对华西雨屏区撑绿杂交竹林凋落物分解的影响. *生态学报*, 2011, 31(5): 1277-1284.
- [15] 涂利华, 胡庭兴, 张健, 戴洪忠, 李仁洪, 向元彬, 雒守华. 模拟氮沉降对两种竹林几种凋落物组分分解过程养分释放的影响. *生态学报*, 2011, 31(6): 1547-1557.
- [19] 涂利华, 胡庭兴, 张健, 李仁洪, 戴洪忠, 雒守华, 向元彬, 黄立华. 华西雨屏区苦竹林土壤酶活性对模拟氮沉降的响应. *应用生态学报*, 2009, 20(12): 2943-2948.
- [20] 涂利华, 胡庭兴, 张健, 李仁洪, 戴洪忠, 雒守华. 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林土壤有机碳和养分的影响. *植物生态学报*, 2011, 35(2): 125-136.
- [21] 涂利华, 胡庭兴, 张健, 何远洋, 田翔宇, 肖银龙. 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林细根特性和土壤呼吸的影响. *应用生态学报*, 2010, 21(10): 2472-2478.
- [25] 李志安, 王伯荪, 孔国辉, 张祝平, 翁轰. 鼎湖山季风常绿阔叶林黄果厚壳桂群落植物元素含量特征. *植物生态学报*, 1999, 23(5): 411-417.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.20 Oct., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Spatial variability of small and medium scales' resource abundance of *Ommastrephes bartramii* in Northwest Pacific YANG Mingxia, CHEN Xinjun, FENG Yongjiu, et al (6427)
- The effect of moisture and temperature on soil C mineralization in wetland and steppe of the Zoige region, China WANG Dan, LV Yuliang, XU Li, et al (6436)
- Response and population bionomic strategies of desert rodent communities towards disturbance of cultivation YUAN Shuai, FU Heping, WU Xiaodong, et al (6444)
- Effects of Bt-cotton on *Propylea japonica*, an Enemy Insect of *Bemisia tabaci* (Gennadius) ZHOU Fucui, GU Aixiang, YANG Yizhong, et al (6455)
- Research progress in the ecological effects of micro-landform modification WEI Wei, YU Yun, JIA Fuyan, et al (6462)

Autecology & Fundamentals

- A multi-scale feeding habitat selection of Red-crowned crane during spring migration at the Shuangtaihekou Nature Reserve, Liaoning Province, China WU Qingming, ZOU Hongfei, JIN Hongyang, et al (6470)
- Surface pollen research of Nanshan region, Shihezi City in Xinjiang ZHANG Hui, ZHANG Yun, YANG Zhenjing, et al (6478)
- Dynamics of leaf carbon, nitrogen and phosphorus of two dominant species in a Poyang Lake wetland ZHENG Yanming, YAO Bo, WU Qin, et al (6488)
- Estimation of forest aboveground biomass using high spatial resolution remote sensing imagery HUANG Jinlong, JU Weimin, ZHENG Guang, et al (6497)
- Cost-benefits of the clonal integration of *Cynodon dactylon*, a stolon herbaceous plant, under heterogeneous lighting condition TAO Yingshi, HONG Shengchun, LIAO Yongmei, et al (6509)
- Biological cycling of *Koeleria paniculata* plantation microelements in Xiangtan Manganese Mine wasteland LUO Zhaohui, TIAN Dalun, TIAN Hongdeng, et al (6517)
- Effects of ectomycorrhizal fungi (*tinctorius* (Pers.) Coker & Couch) on the biomass of masson pine (*Pinus massoniana*) seedlings under simulated acid rain CHEN Zhan, WANG Lin, SHANG He (6526)
- Effects of biochar on selected soil chemical properties and on wheat and millet yield CHEN Xinxiang, HE Xusheng, GENG Zengchao, et al (6534)
- Source of variation of plant functional traits in the Yanhe river watershed: the influence of environment and phylogenetic background ZHANG Li, WEN Zhongming, MIAO Lianpeng (6543)
- The general biology and experimental population life table about *Asynacta ambrostomae* WANG Xiumei, ZANG Liansheng, LIN Baoqing, et al (6553)
- Effect of several ecological factors on embryonic development of *Sepia lycidas* PENG Ruibing, JIANG Xiamin, YU Shuguang, et al (6560)

Population, Community and Ecosystem

- The thinning regular of the the shrubbery at Tongguling National Nature Reserve on Hainan Island, China ZHOU Wei, LONG Cheng, YANG Xiaobo, et al (6569)
- The cause of grassland degradation in Golog Tibetan Autonomous Prefecture in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai Province ZHAO Zhiping, WU Xiaopu, LI Guo, et al (6577)
- Effects of simulated nitrogen deposition on substrate quality of litterfall in a *Pleiblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China XIAO Yinlong, TU Lihua, HU Tingxing, et al (6587)
- Phytoplankton community structure based on pigment composition in Qinzhou bay during average water period LAN Wenlu, LI Mingmin, LI Tianshen (6595)
- Functional trait-based evaluation of plant fireproofing capability for subtropical evergreen broad-leaved woody plants LI Xiupeng, YANG Xiaodong, YU Shuquan, et al (6604)
- Interspecific associations between *Parus major* and other bird communities in Beijing Xishan region DONG Daying, FAN Zhongji, LI Zhaxijie, et al (6614)

- Feasibility analysis of passive integrated transponders in population ecology studies of Siberian chipmunk
 YANG Hui, MA Jianzhang, RONG Ke (6634)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Dynamic variation of water deficit of winter wheat and its possible climatic factors in Northern China
 LIU Qin, MEI Xurong, YAN Changrong, et al (6643)
- Study on the levels' evaluation of provincial low-carbon development in China based on the FAHP-TOPSIS method
 HU Linlin, JIA Junsong, MAO Duanqian, et al (6652)
- An investigation of the safety threshold of a floodplain wetland: a case study of the Er-Ka Nature Reserve, China
 HU Chunming, LIU Ping, ZHANG Litian, et al (6662)
- Application of le bissonnais method to study soil aggregate stability under different vegetaion on the loess plateau
 LIU Lei, AN Shaoshan, Huang Huawei (6670)
- Analysis of vegetation and soil degradation characteristics under different human disturbance in lakeside wetland, Napahai
 TANG Mingyan, YANG Yongxing (6681)

Resource and Industrial Ecology

- Changes of land surface temperature and its response to urbanization under the extreme high-temperature background in recent
 ten years of Beijing LI Xiaomeng, SUN Yonghua, MENG Dan, et al (6694)
- Stable isotope (^{13}C and ^{15}N) analysis of fish food web of the Xiaojiang Bay in Three Gorges Reservoir
 LI Bin, XU Dandan, WANG Zhijian, et al (6704)

Research Notes

- Dynamics of CO_2 exchange and its environmental controls in an urban green-land ecosystem in Beijing Olympic Forest Park
 CHEN Wenjing, LI Chunyi, HE Guimei, et al (6712)
- Effects of vegetation restoration on landscape pattern of Hongya Country in recent 15 years
 WANG Peng, LI Xianwei, ZHAO Anjiu, et al (6721)
- Photosynthetic characteristics and SAMS gene expression in the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda under high salinity
 ZHOU Xianghong, YI Lefei, XU Juntian, et al (6730)

《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,探索生态学奥秘,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

本期责任副主编 宋金明

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 20 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 20 (October, 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

国内外公开发行人

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元