

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

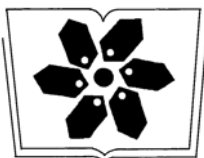
## Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 24 期 Vol.33 No.24 **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 24 期 2013 年 12 月 (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 中国南方红壤生态系统面临的问题及对策 ..... 赵其国, 黄国勤, 马艳芹 (7615)
- 《生态学基础》: 对生态学从传统向现代的推进——纪念 E.P. 奥德姆诞辰 100 周年 .....  
..... 包庆德, 张秀芬 (7623)
- 食物链长度理论研究进展 ..... 张 欢, 何 亮, 张培育, 等 (7630)

### 个体与基础生态

- 天山盘羊夏季采食地和卧息地生境选择 ..... 李 叶, 余玉群, 史 军, 等 (7644)
- 松果梢斑螟对虫害诱导寄主防御的抑制作用 ..... 张 晓, 李秀玲, 李新岗, 等 (7651)
- 菹草附着物对营养盐浓度的响应及其与菹草衰亡的关系 ..... 魏宏农, 潘建林, 赵 凯, 等 (7661)
- 濒危高原植物羌活化学成分与生态因子的相关性 ..... 黄林芳, 李文涛, 王 珍, 等 (7667)
- 四年 O<sub>3</sub> 熏气对小麦根际土壤氮素微生物转化的影响 ..... 吴芳芳, 郑有飞, 吴荣军, 等 (7679)
- 重金属 Cd<sup>2+</sup> 和 Cu<sup>2+</sup> 胁迫下泥蚶消化酶活性的变化 ..... 陈肖肖, 高业田, 吴洪喜, 等 (7690)

### 种群、群落和生态系统

- 不同生境中橘小实蝇种群动态及密度的差异 ..... 郑思宁 (7699)
- 亚热带樟树-马尾松混交林凋落物量及养分动态特征 ..... 李忠文, 闫文德, 郑 威, 等 (7707)

### 景观、区域和全球生态

- 中国陆地生态系统通量观测站点空间代表性 ..... 王绍强, 陈蝶聪, 周 蕾, 等 (7715)
- 雅鲁藏布江流域 NDVI 变化与风沙化土地演变的耦合关系 ..... 李海东, 沈渭寿, 蔡博峰, 等 (7729)
- 高精度遥感影像下农牧交错带小流域景观特征的粒度效应 ..... 张庆印, 樊 军 (7739)
- 高寒草原土壤有机碳及土壤碳库管理指数的变化 ..... 蔡晓布, 于宝政, 彭岳林, 等 (7748)
- 芦芽山亚高山草甸、云杉林土壤有机碳、全氮含量的小尺度空间异质性 .....  
..... 武小钢, 郭晋平, 田旭平, 等 (7756)
- 湘中丘陵区不同演替阶段森林土壤活性有机碳库特征 ..... 孙伟军, 方 晰, 项文化, 等 (7765)
- 东北黑土区片蚀和沟蚀对土壤团聚体流失的影响 ..... 姜义亮, 郑粉莉, 王 彬, 等 (7774)
- 滇西北高原纳帕海湿地土壤氮矿化特征 ..... 解成杰, 郭雪莲, 余磊朝, 等 (7782)
- 红壤区桉树人工林炼山后土壤肥力变化及其生态评价 ..... 杨尚东, 吴 俊, 谭宏伟, 等 (7788)
- 2000—2010 年黄河流域植被覆盖的时空变化 ..... 袁丽华, 蒋卫国, 申文明, 等 (7798)
- 庐山森林景观格局变化的长期动态模拟 ..... 梁艳艳, 周年兴, 谢慧玮, 等 (7807)

暖温带-北亚热带生态过渡区物种生境相关性分析 ..... 袁志良,陈 云,韦博良,等 (7819)

不同生境和去趋势方法下的祁连山柏径向生长对气候的响应 ..... 张瑞波,袁玉江,魏文寿,等 (7827)

资源与产业生态

大小兴安岭生态资产变化格局 ..... 马立新,覃雪波,孙 楠,等 (7838)

生态环境移动数据采集系统研究与实现 ..... 申文明,孙中平,张 雪,等 (7846)

城乡与社会生态

城市遥感生态指数的创建及其应用 ..... 徐涵秋 (7853)

研究简报

大明竹属遗传多样性 ISSR 分析及 DNA 指纹图谱研究 ..... 黄树军,陈礼光,肖永太,等 (7863)

干旱胁迫下 4 种常用植物幼苗的光合和荧光特性综合评价 ..... 卢广超,许建新,薛 立,等 (7872)

基于 ITS2 和 16S rRNA 的西施舌群体遗传差异分析 ..... 孟学平,申 欣,赵娜娜,等 (7882)

两种浒苔无机碳利用对温度响应的机制 ..... 徐军田,王学文,钟志海,等 (7892)

北京山区侧柏林冠层对降雨动力学特征的影响 ..... 史 宇,余新晓,张建辉,等 (7898)

学术信息与动态

景观生态学研究:传统领域的坚守与新兴领域的探索——2013 厦门景观生态学论坛述评 .....  
..... 杨德伟,赵文武,吕一河 (7908)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 296 \* zh \* P \* ¥ 90.00 \* 1510 \* 33 \* 2013-12



**封面图说:**黄土丘陵农牧交错带——黄土丘陵是中国黄土高原的主要地貌形态,由于黄土质地疏松,加之雨季集中,降水强度较大,地表流水冲刷形成很多沟谷,斜坡所占的面积很大。这里千百年来的农牧交错作业,地表植被和生态系统均遭受了严重的破坏。利用高精度影像对小流域景观的研究表明,这里耕地、林地和水域景观相对比较规则简单,荒草地和人工草地景观比较复杂。农牧交错带小流域景观形态具有分形特征,各类景观斑块的分维数对粒度变化的响应不同,分维数随粒度的增大呈非线性下降趋势。

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/stxb201209201330

李忠文, 闫文德, 郑威, 梁小翠, 王光军, 朱凡. 亚热带樟树-马尾松混交林凋落物量及养分动态特征. 生态学报, 2013, 33(24): 7707-7714.

Li Z W, Yan W D, Zheng W, Liang X C, Wang G J, Zhu F. Litter fall production and nutrient dynamic of *Cinnamomum camphora* and *Pinus massoniana* mixed forests in subtropics China. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(24): 7707-7714.

## 亚热带樟树-马尾松混交林凋落物量及养分动态特征

李忠文, 闫文德\*, 郑威, 梁小翠, 王光军, 朱凡

(中南林业科技大学, 长沙 410004; 南方林业生态应用技术国家工程实验室, 长沙 410004;

城市森林生态湖南省重点实验室, 长沙 410004; 湖南会同杉木林生态系统国家野外科学观测研究站, 会同 418300)

**摘要:**选取亚热带典型的针阔混交林作为研究对象, 从 2009 年至 2011 年每月进行凋落物的测定。结果表明:混交林年凋落物总量为  $(4634.723 \pm 337.1427) \text{ kg/hm}^2$ , 且凋落叶 (71.78%) > 凋落枝 (26.24%) > 凋落碎屑 (8.46%) > 凋落果 (3.23%)。凋落总量的月变化趋势明显, 在 11 月份达到了最大值  $1025.6 \text{ kg/hm}^2$ , 而最小值出现在 2 月份  $138.606 \text{ kg/hm}^2$ 。混交林凋落物中大量元素、微量元素含量差异显著。大量元素含量大小顺序:  $\text{C} > \text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{S} > \text{Mg} > \text{P}$ , 微量元素的含量大小顺序:  $\text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co}$ 。C/N 的特征是: 枝 (66.96%) > 果 (63.48%) > 叶 (40.62%)。森林凋落物养分的含量直接决定了其养分的归还量。樟树-马尾松混交林凋落物养分归还总量为  $80.936 \text{ kg/hm}^2$ 。混交林凋落物各元素养分归还量大小顺序特征是:  $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{S} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co}$ 。各组分养分归还特征是: 叶 ( $67.469 \text{ kg/hm}^2$ ) > 枝 ( $14.928 \text{ kg/hm}^2$ ) > 果 ( $2.361 \text{ kg/hm}^2$ )。混交林中 N 的年归还量为  $40.964 \text{ kg/hm}^2$ , 其中凋落叶的 N 归还量较大为  $34.877 \text{ kg/hm}^2$ 。

**关键词:**混交林; 凋落物; 养分; 亚热带; 樟树; 马尾松

## Litter fall production and nutrient dynamic of *Cinnamomum camphora* and *Pinus massoniana* mixed forests in subtropics China

LI Zhongwen, YAN Wende\*, ZHENG Wei, LIANG Xiaocui, WANG Guangjun, ZHU Fan

Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China

South Forestry Ecological Application Technology National Engineering Laboratory, Changsha 410004, China

City of Hunan Province Key Laboratory of Forest Ecology, Changsha 410004, China

Ecological System of Chinese Fir Plantation in Hunan Province National Field Observation and Research Station, Huitong 418300, China

**Abstract:** This study selected typical needle and broadleaved subtropical forests (*camphor* and *pinus massoniana* mixed forests) as the research object; from 2009 to 2011 the litter fall was investigated monthly. The results showed that the annual litterfall production was  $(4634.723 \pm 337.1427) \text{ kg/hm}^2$ , and foliage accounted for 71.78% > branches (26.24%) > litter debris (8.46%) > fruits (3.23%). The total amount of litterfall had the obvious monthly dynamic. In November, its maximum was  $1025.6 \text{ kg/hm}^2$ ; the minimum appears in February which was  $138.606 \text{ kg/hm}^2$ . There were significant differences of macroelements and microelements in mixed forest. The order of the macroelements was  $\text{C} > \text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{S} > \text{Mg} > \text{P}$ , as the microelement was  $\text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co}$ . The features of C/N was: the branch (66.96%) > fruit (63.48%) > leaf (40.62%). The content of litter nutrient directly determines the amount of nutrients return in forest. The amount of litter nutrients return was  $80.936 \text{ kg/hm}^2$  in *Camphor* and *pinus massoniana* mixed forest. The features of litter nutrients return of each element size sequence was:  $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{S} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co}$ . The

**基金项目:**国家“十二五”农村领域科技计划课题资助项目(2011BABAD38B0204); 国家林业公益性科研专项资助项目(200804030); 湖南省教育厅资助项目(12K070); 湖南省自然科学基金创新群体资助项目(湘基金委字[2013]7号)

收稿日期: 2012-09-20; 修订日期: 2013-11-28

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: csfuywd@hotmail.com



characteristics of various components of the nutrients return was: leaf ( $67.469 \text{ kg/hm}^2$ ) > branch ( $14.928 \text{ kg/hm}^2$ ) > fruit ( $2.361 \text{ kg/hm}^2$ ). The amount of N return in mixed forest was  $40.964 \text{ kg/hm}^2$ . Among this, the return amount of N in leaf had a value of  $34.877 \text{ kg/hm}^2$ .

**Key Words:** mixed forest; litter fall; nutrient; subtropical; *camphor*; *pinus massoniana*

我国南方自 20 世纪 80 年代以来大规模植造人工林,森林覆盖率从 20 世纪 80 年代初期的 26% 增加至 90 年代末的 57.1%<sup>[1]</sup>。在此期间,以营造各种纯林为主,如樟树、马尾松、枫香等。长期采取单一树种的纯林经营模式,致使立地衰退,森林生产力出现下降趋势,制约着林业的可持续发展<sup>[2]</sup>。混交林相比人工纯林,增加了林地树种的多样性。随着经济发展水平的提高,这些人工林的生态功能越来越受到重视。对这些林分进行合理的评估,尤其是混交林的研究,可为林分改造和管理,以及提高人工林产量提供科学的依据。

森林凋落物是森林生态系统功能过程的重要组成部分,凋落物维持土壤养分库、影响初级生产力、调节生态系统能量流动与养分循环<sup>[3]</sup>,凋落物转化形成的土壤腐殖质可大幅提高土壤的阳离子交换量<sup>[4-5]</sup>,提高土壤有效养分供应能力。在植物-凋落物-土壤森林生态系统的循环中,植物从土壤中吸收养分形成有机体生长,然后养分随着凋落物落到地面,并主要以有机体形态归还给土壤。在森林生态系统中凋落物养分的归还还是该系统主要的养分输入。因此,研究森林凋落物养分的特征具有重要的意义。早在 1876 年德国学者 Embemayer 便在其名著“森林凋落物产量及其化学组成”中阐述了森林凋落物在养分循环中的重要性<sup>[6]</sup>。其后 Bray 和 Gorham<sup>[7]</sup>曾对世界森林凋落物量做过详细研究。我国对凋落物量的研究从 20 世纪 80 年代开始有较大进展<sup>[8]</sup>。尽管已有大量凋落物研究资料,但全球仍在深入研究各类型森林凋落物的特征<sup>[9]</sup>。亚热带地区凋落物的研究资料也比较多,但是比较着重于研究凋落物的分解,如洪江华<sup>[10]</sup>等模拟酸雨对亚热带典型树种叶凋落物分解的影响,以及樊后保<sup>[11]</sup>等的杉木人工林凋落物量对氮沉降增加的初期响应。对亚热带地区人工林凋落物养分特征研究的并不多。

马尾松 (*Pinus massoniana*) 是亚热带典型的针叶林代表树种,樟树 (*Cinnamomum camphora*) 为亚热带常绿阔叶林的代表树种,它们都是亚热带地区重要的材用和特种经济树种,本文的研究对象是樟树-马尾松混交林。通过对其凋落物的研究,了解其动态变化规律,为混交林的林地养分管理、树种布局 and 合理配置提供科学依据。

## 1 研究地概况和方法

### 1.1 研究地概况

研究地位于湖南省森林植物园 ( $113^{\circ}02' - 03' \text{ E}$ ,  $28^{\circ}06' - 07' \text{ N}$ )。该地区气候属于典型的亚热带湿润季风气候,年均气温约为  $17.2^{\circ}\text{C}$ , 7 月份最热,平均  $29.4^{\circ}\text{C}$ , 极端最高气温  $40.6^{\circ}\text{C}$ ; 1 月份最冷,平均  $4.7^{\circ}\text{C}$ , 极端最低温度  $-11.3^{\circ}\text{C}$ ; 年均日照时数为 1677.1h; 雨量充沛,年平均降水量约为 1422mm; 全年无霜期为 270—310d。试验地海拔 50—100m, 坡度  $12^{\circ} - 21^{\circ}$ ; 地层主要是第四纪更新世的冲积性网纹红土和砂砾,属典型红壤丘陵区。

林下植被主要有青桐 (*Cordia dichotoma* Forst. F.)、喜树 (*Camptotheca acuminata* Decne.)、毛叶木姜子 (*Litsea mollis* Hemsl.)、油茶 (*Camellia oleifera* Abel.)、紫金牛 (*Ardisia corymbifera* Mez)、枸骨 (*Ilex cornuta* Lindl. et Paxt.)、盐肤木 (*Rhus chinensis* Mill.)、满树星 (*Ilex aculeolata* Nakai)、杜荆 (*Vitex canescens* Kurz)、大青 (*Isatis tinctoria* Linnaeus)、黄檀 (*Dalbergia yunnanensis* Franch.)、乌桕 (*Sapium sebiferum* (Linn.) Roxb.)、野柿 (*Diospyros punctilimba* C. Y. Wu)、华山矾 (*Symplocos chinensis* (Lour.) Druce)、白栎 (*Quercus fabri* Hance)、梔子 (*Gardenia jasminoides* Ellis var. *jasminoides*)、小叶女贞 (*Ligustrum quihoui* Carr.)、淡竹叶 (*Lophatherum gracile* Brongn.)、鸡矢藤 (*Paederia scandens* (Lour.) Merr.)、芒箕 (*Dicranopteris ampla* Ching et Chiu)、鳞毛蕨 (*Dryopteris podophylla* (Hook.) O. Ktze)、狗脊蕨 (*Woodwardia unigemmata* (Makino) Nakai)、铁线蕨 (*Adiantum*

*fimbriatum* Christ)、井栏边草(*Pteris multifida* Poir.)、山麦冬(*Liriope spicata* (Thunb.) Lour.)、苔草(*Carex callitrichos* V. Krecz)、一枝黄花(*Solidago decurrens* Lour.)、蛇葡萄(*Ampelopsis sinica* (Miq.) W. T. Wang)等。

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 样地设置

在湖南省森林植物试验区内,设置3块樟树-马尾松混交林 20m×30m 的标准样地,然后在标准样地内随机设置4个凋落物收集器,收集器的尺寸为3m×4m,且用木棍支起,距离地面40cm高。共计12个收集器。本文采用2009年9月至2011年9月2年的观测数据。

### 1.2.2 凋落物生物量的测定

每月月底采集一次凋落物,共采集24次。将收回的凋落物按枝、叶、果、碎屑进行分类并称出鲜重,然后置80℃下烘干至恒重,称重,计算凋落物干量、各组分凋落物占总凋落量的百分比、月凋落量与年凋落量,最后换算成单位面积每公顷凋落量。并按组分收取5g供化学分析使用。

### 1.2.3 凋落物养分元素的测定

将经过烘干处理过后的新鲜凋落物样品,按枝、叶、果标记后,进行粉碎过筛,并测定全C、全N、全P、K、Ca和Mg等营养元素的含量。计算各组分凋落物的养分年归还量。养分元素含量的测定方法为:用浓硫酸-重铬酸钾法测定C含量;用凯氏定氮法测全N含量;用钼锑抗比色法测定全P含量;用火焰光度法测定全K含量;用原子吸收分光光度计测定Ca、Mg等元素含量。

### 1.2.4 数据处理方法

利用Excel 2003和SPSS 13.0统计软件对结果进行分析,采用单因素方差分析方法(One-Way ANOVA)比较凋落量随时间变化的差异性,显著性水平为0.05。采用相关性分析方法(Bivariate correlations)比较养分浓度与凋落量之间的相关性。

## 2 结果与分析

### 2.1 凋落物的年产量及其组成

从表1中看出樟树马尾松混交林的年凋落物总量为(4634.723±337.1427) kg/hm<sup>2</sup>。凋落物的总量由凋落的枝、叶、果、碎屑组成。由表1可见,凋落叶占凋落总量的比例最高,其大小顺序依次是:凋落叶(71.78%)>凋落枝(26.24%)>凋落碎屑(8.46%)>凋落果(3.23%)。

表1 亚热带樟树-马尾松混交林凋落物量(平均值±标准误差)

Table 1 The litter fall of camphor tree and masson pine mixed forest in subtropics

| 类别 Element                                               | 枝 Branch         | 叶 Leaf           | 果 Fruit        | 碎屑 Debris      | 凋落物总量 Total litterfall |
|----------------------------------------------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|------------------------|
| 凋落量/(kg hm <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )<br>Production | 1216.151±346.627 | 3327.001±232.295 | 149.533±15.713 | 391.994±80.313 | 4634.723±337.143       |
| 组分比例 Proportion/%                                        | 26.24            | 71.78            | 3.23           | 8.46           | 100.00                 |

### 2.2 凋落物量的月动态

#### 2.2.1 凋落物总量的月动态

由图1可见樟树-马尾松混交林1年内的凋落物总量的月动态变化,在11月份达到了最大值1.025569t/hm<sup>2</sup>,而最小值出现在2月份0.138606 t/hm<sup>2</sup>。1a的变化幅度比较大,3个峰值分别出现在3月份、8月份、11月份。由曲线可以看出樟树-马尾松混交林的凋落物的主要凋落季节是11—12月份,这2个月份的凋落量占凋落物总量的32%。

#### 2.2.2 凋落叶的月动态

森林凋落物中,凋落叶占主要的部分。叶的凋落量占林分凋落量的60%以上,有的树种达到93.7%<sup>[1]</sup>。由表1可见,本文中的樟树-马尾松混交林的年的凋落量占林分年凋落总量的70%以上,碎屑杂物占10%以下。樟树-马尾松混交林的凋落物总量的月变化趋势与叶凋落量的月变化趋势极为相似(图1,图2)。峰值都

出现在 11 月份,其变化趋势也基本一致。峰值也出现在 3、8、11 月份,且在 11 月份达到最大值  $872.6613 \text{ kg/hm}^2$ 。

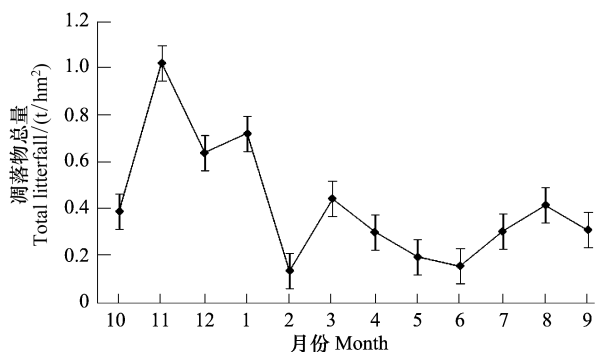


图 1 混交林凋落物总量的月动态变化

Fig.1 Monthly dynamics of litter fall total production in mixed forest

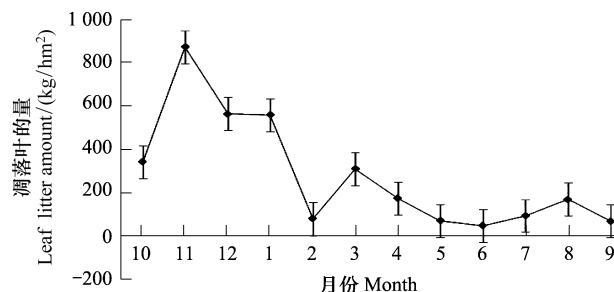


图 2 樟树-马尾松混交林凋落叶的月动态

Fig.2 Monthly dynamics of leaf litter fall production in camphor tree and masson pine mixed forest

### 2.2.3 凋落枝的月动态

森林木质凋落物随机性较大,枝的凋落通常与物候没有直接联系,当月收集到的凋落枝往往是以前枯死于树上的死枝<sup>[12]</sup>。枝的凋落受气候影响很大,尤其是风的影响,风将以前的死枝吹落,随机性造成不同月间的很大变化,樟树-马尾松混交林是先锋群落,凋落枝量所占比例不大,只有 16.89%。

由图 3 可见,该混交林的凋落枝 8 月份凋落的最多,达到  $221.488 \text{ kg/hm}^2$ 。混交林枝的凋落随月份变化明显,峰值分别出现在 11 月、1 月、8 月。枝的凋落的最小值出现在 10 月份,为  $21.64775 \text{ kg/hm}^2$ 。

### 2.2.4 凋落物碎屑杂物的月动态

由图 4 可见,樟树-马尾松混交林的凋落碎屑的月动态变化曲线都有明显的峰值。凋落物的碎屑杂物是由花、果、果壳、树皮等部分组成的,因此花果、果壳等的增加会导致碎屑部分的增加。混交林在 4 月份达到最大值  $86.07471 \text{ kg/hm}^2$ 。花果的月份里,凋落碎屑的量比较大,樟树的花期是 4—5 月份,马尾松的花期是在 3—4 月份。

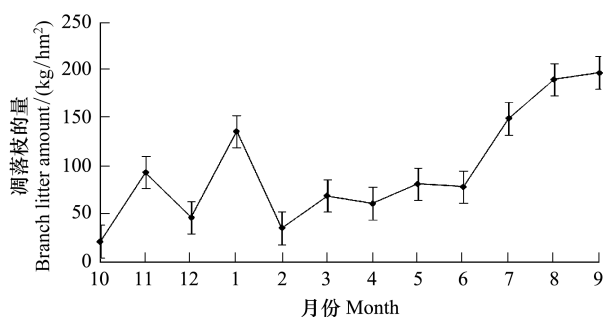


图 3 樟树-马尾松混交林凋落枝的月动态

Fig.3 Monthly dynamics of litter fall branch production in camphor tree and masson pine mixed forest

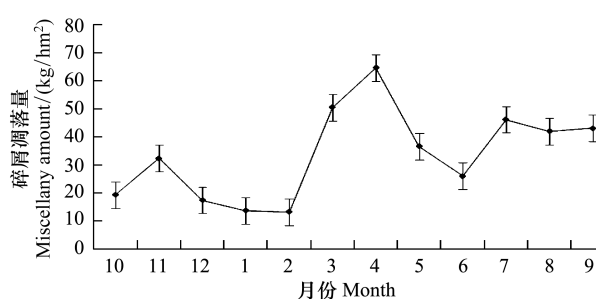


图 4 混交林凋落碎屑的月动态

Fig.4 Monthly dynamics of litter fall debris production in camphor tree and masson pine mixed forest

### 2.3 凋落物各组分的养分含量

森林凋落物中各种营养元素的含量差别很大,不同的森林类型土壤环境都会影响到营养元素的含量,并且凋落物中元素的含量也会有季节性的动态变化,因此分析森林凋落物中营养元素的含量和动态变化,有助于更加系统的认识森林生态系统的功能。

由表 2 可见,针阔混交林-马尾松樟树混交林不同元素的含量差别很大。大量元素的含量大小的顺序:C>

N>Ca>K>Mg>S>P, C 的含量最高, 各组分的含量变动范围是 451.66—457.75 g/kg。N 的含量相对于 C 相差很大, 各组分间的变动范围 6.74—11.27 g/kg。且枝<果<叶。凋落枝 K 的含量最低为 0.98 g/kg。Ca 的含量稍高于 K, 在凋落枝达到 4.67 g/kg。混交林凋落物中微量元素的含量明显低于大量元素如表 2 所示, 均低于 0.1 g/kg。微量元素的含量大小的顺序: Mn>Fe>Zn>pb>Cd>Cu>Ni>Co。重金属元素 Cd 的含量凋落枝为 0.0136 g/kg。C/N 的特征是: 枝(66.96)>果(63.48)>叶(40.62)。碳氮率与凋落物的有机质的分解速度有关, 混交林凋落枝的分解速率相对最慢。由表 2 还可以看出混交林凋落物不同组分的元素含量差别也很大, C: 叶> 果> 枝, N: 叶>枝>果。微量元素 Pb 的含量: 枝(0.0343 g/kg)>叶(0.006 g/kg)>果(0.003 g/kg)。

表 2 樟树-马尾松混交林凋落物组分养分含量(平均值±标准误差)

Table 2 The nutrient content of different litter fall components in camphor tree and masson pine mixed forest

| 元素 Element | 枝 Branch<br>/(g/kg) | 叶 Leaf<br>/(g/kg) | 果 Fruit<br>/(g/kg) | 合计 Total<br>/(g/kg) |
|------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| C          | 451.6586±10.5458    | 457.7526±12.6555  | 457.4454±12.4746   | 1366.857            |
| N          | 6.7448±0.5164       | 11.2698±0.8686    | 7.2058±0.8046      | 25.2204             |
| S          | 0.859355±0.1784     | 1.3739±0.0997     | 0.6460±0.1731      | 2.879255            |
| P          | 0.21202±0.0252      | 0.4009±0.0767     | 0.4044±0.1196      | 1.0173              |
| K          | 0.9790±0.2769       | 2.1865±0.2372     | 3.0680±1.2317      | 6.2335              |
| Ca         | 4.6671±0.1719       | 3.7450±0.2275     | 1.6302±0.3169      | 10.0423             |
| Mg         | 0.4865±0.0413       | 1.4164±0.4690     | 0.5939±0.1389      | 2.4968              |
| Fe         | 0.6008±0.0266       | 0.3694±0.0330     | 0.2296±0.0264      | 1.1998              |
| Mn         | 0.6420±0.1320       | 0.9690±0.1066     | 0.4549±0.2066      | 2.0659              |
| Cu         | 0.0102±0.0015       | 0.0113±0.0047     | 0.0127±0.0058      | 0.0342              |
| Zn         | 0.0435±0.0023       | 0.0361±0.0008     | 0.0213±0.0019      | 0.1009              |
| Cd         | 0.0136±0.0005       | 0.0081±0.0007     | 0.0066±0.0008      | 0.0283              |
| Co         | 0.0034±0.0003       | 0.0046±0.0001     | 0.0029±0.0003      | 0.0109              |
| Ni         | 0.0017±0.0006       | 0.0043±0.0018     | 0.0082±0.0020      | 0.0142              |
| Pb         | 0.0343±0.0057       | 0.0061±0.0005     | 0.0034±0.0005      | 0.0438              |
| 合计 total   | 15.2983             | 21.8014           | 14.2879            | 51.3876             |
| C/N        | 66.96               | 40.62             | 63.48              | —                   |

## 2.4 凋落物各组分的养分归还量

森林凋落物养分的含量直接决定了其养分的归还量, 凋落物养分的归还量直接影响改变这林地的土壤环境, 凋落物的养分归还还是通过凋落物的分解释放元素实现的。其中大量元素的量占主要的部分。

樟树-马尾松混交林各组分的养分归还量如表 3 所示, 樟树-马尾松混交林凋落物各养分归还的总量为 93.2750 kg/hm<sup>2</sup>。混交林凋落物养分归还的大小顺序特征是: N>Ca>K>S>Mg>P> Mn>Fe>Zn>Pb>Cd>Cu>Ni>Co。各组分养分归还的特征是: 叶(72.5336±7.0757) kg/hm<sup>2</sup>>枝(18.6049±14.5030) kg/hm<sup>2</sup>>果(2.1365±0.4530) kg/hm<sup>2</sup>。混交林中 N 的年归还量为(46.7748±3.6380) kg/hm<sup>2</sup>, 其中凋落叶的 N 归还量较大为(37.4947±2.8897) kg/hm<sup>2</sup>。

## 3 结论

(1) 本研究中樟树-马尾松混交林凋落物的总量随着月份变化呈明显的变化曲线, 凋落枝、叶、果、碎屑都有明显的峰值, 该混交林有明显的凋落季节。樟树-马尾松混交林的凋落物总量的月变化趋势与叶凋落量的月变化趋势极为相似。樟树-马尾松混交林凋落的叶、枝、碎屑杂物都有相对的凋落高峰期, 尤其是枝在 8 月份的凋落量很大。叶的凋落同样有相对高峰期, 叶的凋落不仅与风雨等气候因子相关, 还受树种的生理节律的影响。

(2) 本研究中樟树-马尾松混交林年凋落物总量为 4634.723 kg/hm<sup>2</sup>, 凋落枝量所占比例不大, 凋落叶占凋



落总量的比例最高,其大小顺序依次是:凋落叶(71.78%)>凋落枝(26.24%)>凋落碎屑(8.46%)>凋落果(3.23%)。

表 3 樟树-马尾松混交林各组分的养分归还量(平均值±标准误差)

Table 3 Yearly nutrient return of different litter fall components in camphor tree and masson pine mixed forest

| 元素 Element | 枝 Branch<br>/(kg·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ) | 叶 Leaf<br>/(kg·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ) | 果 Fruit<br>/(kg·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ) | 合计 Total<br>/(kg·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ) |
|------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| N          | 8.2027±0.6280                                        | 37.4947±2.8897                                     | 1.0775±0.1203                                       | 46.7748±3.638                                        |
| S          | 1.0451±0.2169                                        | 4.5709±0.3316                                      | 0.0966±0.0259                                       | 5.7126±0.5744                                        |
| P          | 0.2578±0.0307                                        | 1.3339±0.2551                                      | 0.0605±0.0179                                       | 1.6522±0.3037                                        |
| K          | 1.1906±0.3367                                        | 7.2746±0.7891                                      | 0.4588±0.1842                                       | 8.9239±1.3100                                        |
| Ca         | 5.6759±0.2090                                        | 12.4596±0.7568                                     | 0.2438±0.0474                                       | 18.3793±1.0132                                       |
| Mg         | 0.5917±0.0502                                        | 4.7123±1.5603                                      | 0.0888±0.0208                                       | 5.3928±1.6313                                        |
| Fe         | 0.7307±0.0323                                        | 1.2290±0.1098                                      | 0.0343±0.0039                                       | 1.9940±0.1460                                        |
| Mn         | 0.7807±0.1606                                        | 3.2237±0.3546                                      | 0.0680±0.0309                                       | 4.0750±0.6100                                        |
| Cu         | 0.0123±0.0019                                        | 0.0376±0.0158                                      | 0.0019±0.0009                                       | 0.0519±0.0186                                        |
| Zn         | 0.0530±0.0028                                        | 0.1202±0.0028                                      | 0.0032±0.0003                                       | 0.1764±0.0059                                        |
| Cd         | 0.0165±0.0006                                        | 0.0269±0.0022                                      | 0.0010±0.0001                                       | 0.0444±0.0029                                        |
| Co         | 0.0042±0.0004                                        | 0.0153±0.0004                                      | 0.0004±0.0001                                       | 0.0199±0.0009                                        |
| Ni         | 0.0020±0.0008                                        | 0.0144±0.0059                                      | 0.0012±0.0003                                       | 0.0177±0.0070                                        |
| Pb         | 0.0417±0.0069                                        | 0.0204±0.0016                                      | 0.0005±0.0001                                       | 0.0626±0.0086                                        |
| 合计 Total   | 18.6049±14.5030                                      | 72.5336±7.0757                                     | 2.1365±0.4530                                       | 93.2750±9.2066                                       |

(3) 樟树-马尾松混交林凋落物的养分含量差别很大,大量元素的含量大小的顺序:C>N>Ca>K>S>Mg>P。微量元素的含量大小的顺序:Mn>Fe>Zn>pb>Cd>Cu>Ni>Co。凋落枝 K 的含量为 0.98 g/kg, Ca 的含量稍高于 K, P 的含量最低为 1.0173 g/kg。凋落物中微量元素的含量低于大量元素,且变动幅度也小于大量元素。

(4) 林分中营养元素的年归还量大小与营养元素含量大小是一致的。混交林凋落物养分归还量的大小顺序特征是:N>Ca>K>S>Mg>P>Mn>Fe>Zn>Pb>Cd>Cu>Ni>Co。各组分养分归还的特征是:叶(72.5336 kg/hm<sup>2</sup>)>枝(18.6049 kg/hm<sup>2</sup>)>果(2.1365 kg/hm<sup>2</sup>)。6 种大量元素的年归还量顺序为 C>N>Ca>K>Mg>P。

#### 4 讨论

本文樟树-马尾松混交林的凋落物总量的月变化趋势与叶凋落量的月变化趋势极为相似。但是卢立华<sup>[13]</sup>等的对南亚热带 6 种人工林凋落物的初步研究中凋落叶的月变化曲线中的峰值相对于凋落总量的提前或者延迟。樟树-马尾松混交林是先锋群落,凋落枝量所占比例不大,只有 26.24%,而成熟自然森林木质凋落物所占比例通常可达 30%以上<sup>[14]</sup>。混交林凋落物量的大小及组成比例,不仅与林分的结构、树种种类有关,还与气候因子有很大的关系,大风和降雨都会引起枝凋落量的增加。杂物碎屑的凋落主要受花、果、果壳的影响较大,因此花、果的成熟期时,杂物的凋落量较大,不同林地因为树种的花果类型差异也会导致杂物凋落量的不同。同一种林型不同月份的凋落碎屑差异很大,这主要取决于花果的量<sup>[15]</sup>。

本研究中樟树-马尾松混交林年凋落物总量为 4634.723 kg/hm<sup>2</sup>。混交林处于亚热带典型的环境中,海拔相对低(50—100m),温度比较高,湿度大,由表 4 可见,年凋落的总量明显大于小兴安岭岳桦林(670.6 kg/hm<sup>2</sup>),云冷杉林(1074.8 kg/hm<sup>2</sup>),落叶松林(1436.4 kg/hm<sup>2</sup>),阔叶红松林(1837.5 kg/hm<sup>2</sup>)<sup>[16]</sup>,而海拔相对最低。鼎湖山南亚热带常绿阔叶林的年凋落物量为 8450 kg/hm<sup>2</sup><sup>[17]</sup>,明显大于文中的混交林(4634.723 kg/hm<sup>2</sup>),主要是因为鼎湖山处于南亚热带,温度高,且受台风影响比较频繁。本文研究的樟树-马尾松混交林的年凋落量明显高于李洁冰等研究的亚热带樟树纯林的年凋落物总量(3260 kg/hm<sup>2</sup>)<sup>[22]</sup>。由以上可见海拔对凋落量的影响巨大,随着海拔的增加,林分的凋落量逐渐减少。

凋落物中 N 的含量大小,密切影响着凋落物的矿化速度,同时也反映出林地土壤的肥力效应及该生态系

统食物链中微生物的营养源状况<sup>[18]</sup>。据报道,不论是自然群落还是人工群落,磷和钾在落叶前均发生大量的转移<sup>[19-21]</sup>。因亚热带高温多雨,凋落物的淋溶作用强烈,造成易淋溶的 K 被淋洗而丢失,而钙的含量相对稳定,凋落物中 P 含量最低为 1.0173 g/kg,是由于 P 是可再利用元素,凋落前可能部分转移到活体,加以在酸性土壤条件下,磷酸可与 Fe 或 Al 化合,形成难溶性的磷酸铁或磷酸铝,植物体较难吸收,使植物体磷的含量较少。樟树-马尾松混交林 P 的含量低于亚热带樟树林的 2.4136 g/kg<sup>[22]</sup>。凋落物中微量元素的含量低于大量元素,且变动幅度也小于大量元素。

表 4 不同林型凋落物量

Table 4 The amount of litterfall in different forest types

| 林型 Species                                                         | 海拔 Elevation/m | 年凋落物量 Litterfall/(kg/hm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------|
| 岳桦林 <i>Betula ermanii</i> forest                                   | 900            | 670.6                                  |
| 云冷杉林 <i>Spruce-abies</i> forest                                    | 880            | 1074.8                                 |
| 落叶松林 <i>Larix gemelini</i> forest                                  | 620            | 1436.4                                 |
| 阔叶红松林 <i>Pinus koraiensis</i> forest                               | 540            | 1837.5                                 |
| 亚热带樟树马尾松混交林 <i>C.camphora</i> and <i>P.massoniana</i> mixed forest | 50—100         | 4634.7                                 |

林分中营养元素的年归还量大小与营养元素含量大小是一致的。本文中六种大量元素的年归还量顺序为 C>N>Ca>K>Mg>P,与翁轰<sup>[23]</sup>等研究广东鼎湖山常绿阔叶林的 N>K>Ca>Mg>P 稍有些不同,但与他们测定的马尾松针叶林的四种主要营养元素顺序一致(C>N>Ca>K)。鼎湖山针叶林主要营养元素 N、P、K 等总量为 32.09 kg/hm<sup>2</sup>,常绿阔叶林为 219.61 kg/hm<sup>2</sup>。本文针阔混交林 N、P、K 等主要营养元素总量为 51.39 kg/hm<sup>2</sup>。鼎湖山处于广东,属于亚热带气温相对较高,湿润多雨。常绿阔叶林的主要元素总量明显高于针阔混交林,针阔混交林又明显高于针叶林。

## References:

- [ 1 ] Ren H, Huang P, Zhang Q M, Hou C M. Guangdong forest resources and the ecosystem service function. Beijing: China environmental science press, 2002, 62-68.
- [ 2 ] Sheng W T. The studies on recession. Beijing: China science and technology press, 1992; 3-46.
- [ 3 ] Waring R H, Schlesinger W H. Forest Ecosystems: Concepts and Management. New York: Academic Press, 1985; 115-160.
- [ 4 ] Jordan C F. The nutrient balance of an Amazonia rain forest. Ecology, 1982, 61:14-18.
- [ 5 ] Klinge H and Herrera R. Photomaps structure of the Amazon Caatinga ecosystem in Southern Venezuela. 1. Tall Amazon Caatinga. Vegetatio, 1983, 53:65-84.
- [ 6 ] Wu C Z, W Hong, Jiang Z L, Zheng F H. Advances in research of forest litter-fall in China. Acta Agriculture Universitatis Jiangxi ensis, 2000, 90 (3): 405-410.
- [ 7 ] Bray J R, Gorham E. Litter production in forest of the world. Advances in Ecological Research.1964, 2:101-157. [ 8 ] Lu J P, Liu Q H. Litter and its decomposition process in tropical forest in Jian feng ling Hainan Island. In Department of Science and Technology Ministry of Forestry ed. Long-term research on China's forest ecosystems. Harbin: Northeast Forestry University Press,1994; 178-191.
- [ 9 ] Arunachalam A, Arunachalam K M, Pandey H N, Tripathi R S. Fine litterfall and nutrient dynamics during forest regrowth in the humid subtropics of north-eastern India. Forest Ecol Manag, 1998, 110:209-219.
- [ 10 ] Hong J H, Jiang H, Ma Y D, Yu S Q, Li W, Dou R P, Guo P P, Zeng B. The influence of acid on the leaf litter decomposition of three dominant trees in the subtropical forests. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(10):5246-5250.
- [ 11 ] Liu W F, Fan H B, Yuan. Y H, Shen F F, Huang R Z, Li Y Y, Liao Y C. Responses of Litter fall Production in Chinese Fir Plantation to Increased Nitrogen Deposition. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2011, 50(4):106-112.
- [ 12 ] Gosz J R, Likens G E, and Bormann G H. Nutrient content of litter fall on the Hubbard Brook experimental forest, New Hampshire. Ecology, 1972, 53(5):699-784.
- [ 13 ] Lu L H, Jia H Y, He R M, Li J L, Qin S Y. A Preliminary Study on Litter Falls of Six Kinds of Plantations in the Tropical South Asia. Forest Research, 2008, 21(3): 346-352.
- [ 14 ] Zou B, Li Z A, Ding Y Z, Tan W N. Litter fall of common plantations in south subtropical China. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(3):715-721.

- [15] Fang X, Tian D L, Xiang W H, Lei P F. Carbon Release Ratios in the Decomposition Process of Litter. *Journal of Central South University of Forestry&Technology*, 2005, 25(6): 12- 16.
- [16] Wang Q, Zhang Y F, Wang X C. Litter fall production and nutrient dynamics in major forest ecosystem in XiaoXinganling. *Journal of Heilongjiang Vocational Institute of Ecological Engineering*, 2011, 24(5): 7-8.
- [17] Guan L L, Zhou G Y, Zhang D Q, Liu J X and Zhang Q M. Twenty years of litter fall dynamics in subtropical evergreen broad-leaved forests at DINGHUSHAN forest ecosystem research station, 2004, 28 (4) 449-456.
- [18] Lu J P & Liu Q H. Litter-fall in tropical forest at Jianfengling Mountains, Hainan Island. *Aeta Phytoecologia et Geobotanica Sinica*, 1988, 12(2): 104-112.
- [19] Boerner R E J. Foliar nutrient dynamics and nutrient use efficiency of four deciduous tree species in relation to site fertility. *J Appl Ecol*, 1984, 21: 1029-1040.
- [20] Kost J A & Boerner R E J. Foliar nutrient dynamics and nutrient use efficiency in *Comus florida*. *Oecologia (Berlin)*, 1985, 66: 602-606.
- [21] Chapin F S III, Moilanen L. Nutritional controls over nitrogen and phosphorus resorption from Alaskan birch leaves. *Ecology*, 1991, 72: 709-715.
- [22] Li J B, Yan W D, Ma X H. Litter fall production and nutrient dynamics of *cinnamomum camphora* in subtropical. *Journal of Central South University of Forestry&Technology*, 2011, 31(5): 223-228.
- [23] Weng H, Li Z A, Tu M Z, Yao W H. The production and nutrient contents of litter in forests of Ding Hu Shan Mountain. *Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica*, 1993, 17(4): 299- 304.

#### 参考文献:

- [1] 任海, 黄平, 张倩媚, 侯长谋. 广东森林资源及其生态系统服务功能. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 62-68.
- [2] 盛伟彤. 人工林立地衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992: 3-46.
- [6] 吴承祯, 洪伟, 姜志林, 郑发辉. 我国森林凋落物研究进展. *江西农业大学学报*, 2000, 90(3): 405-410.
- [10] 洪江华, 江洪, 马元丹, 余树全, 李巍, 窦荣鹏, 郭培培, 曾波. 模拟酸雨对亚热带典型树种叶凋落物分解的影响. *生态学报*, 2009, 29(10): 5246-5250.
- [11] 刘文飞, 樊后保, 袁颖红, 沈芳芳, 黄荣珍, 李燕燕, 廖迎春. 杉木人工林凋落物量对氮沉降增加的响应. *中山大学学报*, 2011, 50(4): 106-112.
- [13] 卢立华, 贾宏炎, 何日明, 李吉良, 覃书源. 南亚热带 6 种人工林凋落物的初步研究. *林业科学研究*, 2008, 21(3): 346-352.
- [14] 邹碧, 李志安, 丁永祯, 谭万能. 南亚热带 4 种人工林凋落物动态特征. *生态学报*, 2006, 26(3): 715- 721.
- [15] 方晰, 田大伦, 项文化. 杉木人工林凋落物量及其分解过程中碳的释放率. *中南林学院学报*, 2005, 25(6): 12- 16.
- [16] 王 强, 张玉峰, 王希臣. 小兴安岭主要森林生态系统的凋落物量及养分含量. *黑龙江生态工程职业学院学报*, 2011, 24(5): 7-8.
- [17] 官丽莉, 周国逸, 张德强, 刘菊秀, 张倩媚. 鼎湖山亚热带常绿阔叶林凋落物量 20 年动态研究. *植物生态学报*, 2004, 28 (4): 449-456.
- [18] 卢俊培, 刘其汉. 海南岛尖峰岭热带林凋落物研究初报. *植物生态学与地植物学学报*, 1988, 12(2): 104-112.
- [22] 李洁冰, 闫文德, 马秀红. 亚热带樟树林凋落物量及其养分动态特征. *中南林业科技大学学报*, 2011, 31(5): 223-228.
- [23] 翁轰, 李志安, 屠梦照, 姚文华. 鼎湖山森林凋落物量及营养元素含量研究. *植物生态学报*, 2004, 28(4): 449-456.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.24 Dec., 2013 (Semimonthly)

## CONTENTS

### Frontiers and Comprehensive Review

- The problems in red soil ecosystem in southern of China and its countermeasures ..... ZHAO Qiguo, HUANG Guoqin, MA Yanqin (7615)
- Fundamentals of Ecology: promoting ecology from tradition to modern: To Commemorate The 100th Anniversary of E. P. Odum's Birthday ..... BAO Qingde, ZHANG Xiufen (7623)
- Food chain length theory: a review ..... ZHANG Huan, HE Liang, ZHANG Peiyu, et al (7630)

### Autecology & Fundamentals

- Foraging and bed site selection of Tianshan argali (*Ovis ammon karelini*) in Central Tianshan Mountains in Summer ..... LI Ye, YU Yuqun, SHI Jun, et al (7644)
- Inhibition of pine coneworm, larvae *Dioryctria pryeri*, on herbivore-induced defenses of *Pinus tabulaeformis* ..... ZHANG Xiao, LI Xiuling, LI Xingang, et al (7651)
- Response of periphyton to nutrient level and relationships between periphyton and decay degree of *Potamogeton crispus* ..... WEI Hongnong, PAN Jianlin, ZHAO Kai, et al (7661)
- Correlative study between chemical constituents and ecological factors of *Notopterygii Rhizoma* Et Radix of endangered plateau plant ..... HUANG Linfang, LI Wentao, WANG Zhen, et al (7667)
- Induced changes in soil microbial transformation of nitrogen in maize rhizosphere by 4-year exposure to O<sub>3</sub> ..... WU Fangfang, ZHENG Youfei, WU Rongjun, et al (7679)
- Changes of digestive enzyme activity of *Tegillarca granosa* exposed to cadmium and copper ..... CHEN Xiaoxiao, GAO Yetian, WU Hongxi, et al (7690)

### Population, Community and Ecosystem

- Population dynamics and density of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in different habitats ..... ZHENG Sining (7699)
- Litter fall production and nutrient dynamic of *Cinnamomum camphora* and *Pinus massoniana* mixed forests in subtropics China ..... LI Zhongwen, YAN Wende, ZHENG Wei, et al (7707)

### Landscape, Regional and Global Ecology

- Assessing the spatial representativeness of eddy covariance flux observation stations of terrestrial ecosystems in China ..... WANG Shaoqiang, CHEN Diecong, ZHOU Lei, et al (7715)
- The coupling relationship between variations of NDVI and change of aeolian sandy land in the Yarlung Zangbo River Basin of Tibet, China ..... LI Haidong, SHEN Weishou, CAI Bofeng, et al (7729)
- Effects of higher resolution image and spatial grain size on landscape pattern in a small watershed of the farming-pastoral zone ..... ZHANG Qingyin, FAN Jun (7739)
- The changes of soil organic carbon and carbon management index in alpine steppe ..... CAI Xiaobu, YU Baozheng, PENG Yuelin, et al (7748)
- Spatial heterogeneity of soil organic carbon and total nitrogen at small scale in subalpine meadow and *Picea meyeri* forest in Luya Mountain ..... WU Xiaogang, GUO Jinping, TIAN Xuping, et al (7756)
- Active pools of soil organic carbon in subtropical forests at different successional stages in Central Hunan, China ..... SUN Weijun, FANG Xi, XIANG Wenhua, et al (7765)
- The impact of sheet and gully erosion on soil aggregate losses in the black soil region of Northeast China ..... JIANG Yiliang, ZHENG Fenli, WANG Bin, et al (7774)
- Net nitrogen mineralization in soils of Napahai wetland in Northwest Yunnan ..... XIE Chengjie, GUO Xuelian, YU Leichao, et al (7782)



- Variation of soil fertility in *Eucalyptus robusta* plantations after controlled burning in the red soil region and its ecological evaluation ..... YANG Shangdong, WU Jun, TAN Hongwei, et al (7788)
- The spatio-temporal variations of vegetation cover in the Yellow River Basin from 2000 to 2010 ..... YUAN Lihua, JIANG Weiguo, SHEN Wenming, et al (7798)
- Long-term dynamic simulation on forest landscape pattern changes in Mount Lushan ..... LIANG Yanyan, ZHOU Nianxing, XIE Huiwei, et al (7807)
- Species habitat correlation analysis in temperate-subtropical ecological transition zone ..... YUAN Zhiliang, CHEN Yun, WEI Boliang, et al (7819)
- Responses of Qilian junipers radial growth of different ecological environment and detrending method to climate change in Qinghai Province ..... ZHANG Ruibo, YUAN Yujiang, WEI Wenshou, et al (7827)
- Resource and Industrial Ecology**
- The pattern of ecological capital in Daxiaoxinganling, Heilongjiang Province, China ..... MA Lixin, QIN Xuebo, SUN Nan, et al (7838)
- Research and implementation of mobile data collection system for field survey of ecological environment ..... SHEN Wenming, SUN Zhongping, ZHANG Xue, et al (7846)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- A remote sensing urban ecological index and its application ..... XU Hanqiu (7853)
- Research Notes**
- Genetic diversity and DNA fingerprint of *Pleioblastus* by ISSR ..... HUANG Shujun, CHEN Liguang, XIAO Yongtai, et al (7863)
- Comprehensive evaluation on photosynthetic and fluorescence characteristics in seedlings of 4 drought resistance species ..... LU Guangchao, XU Jianxin, XUE Li, et al (7872)
- Stock difference of *Coelomactra antiquata* based on nuclear (ITS2) and mitochondrial (16S rRNA) DNA sequence and secondary structure ..... MENG Xueping, SHEN Xin, ZHAO Nana, et al (7882)
- The mechanism of the characters of inorganic carbon acquisition to temperature in two *Ulva* species ..... XU Juntian, WANG Xuwen, ZHONG Zhihai, et al (7892)
- Research on changes of dynamic characteristics of rainfall though *Platycladus Orientalis* plantation canopy in Beijing Mountain Area ..... SHI Yu, YU Xinxiao, ZHANG Jianhui, et al (7898)

# 《生态学报》2014 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,280 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 丁 平

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 24 期 (2013 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 24 (December, 2013)

|               |                                                                                                                    |                 |                                                                                                                                                                                   |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 编 辑           | 《生态学报》编辑部<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085<br>电话:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>shengtaixuebao@rcees.ac.cn | Edited by       | Editorial board of<br>ACTA ECOLOGICA SINICA<br>Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China<br>Tel: (010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>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<br>中国科学院生态环境研究中心<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085                                                        | Sponsored by    | Ecological Society of China<br>Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS<br>Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China                                  |
| 出 版           | 科 学 出 版 社<br>地址:北京东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717                                                                       | Published by    | Science Press<br>Add: 16 Donghuangchenggen North Street,<br>Beijing 100717, China                                                                                                 |
| 印 刷           | 北京北林印刷厂                                                                                                            | Printed by      | Beijing Bei Lin Printing House,<br>Beijing 100083, China                                                                                                                          |
| 发 行           | 科 学 出 版 社<br>地址:东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717<br>电话:(010)64034563<br>E-mail: journal@cspg.net                         | Distributed by  | Science Press<br>Add: 16 Donghuangchenggen North<br>Street, Beijing 100717, China<br>Tel: (010)64034563<br>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<br>地址:北京 399 信箱<br>邮政编码:100044                                                                         | Foreign         | China International Book Trading<br>Corporation<br>Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China                                                                                         |
| 广告经营<br>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