

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

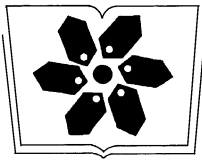
## Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 13 期 Vol.33 No.13 **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 13 期 2013 年 7 月 (半月刊)

## 目次

### 前沿理论与学科综述

- 强度干扰后退化森林生态系统中保留木的生态效应研究综述..... 缪 宁,刘世荣,史作民,等 (3889)
- AM 真菌对重金属污染土壤生物修复的应用与机理..... 罗巧玉,王晓娟,林双双,等 (3898)

### 个体与基础生态

- 东灵山不同林型五角枫叶性状异速生长关系随发育阶段的变化..... 姚 婧,李 颖,魏丽萍,等 (3907)
- 不同温度下 CO<sub>2</sub> 浓度增高对坛紫菜生长和叶绿素荧光特性的影响..... 刘 露,丁柳丽,陈伟洲,等 (3916)
- 基于 LULUCF 温室气体清单编制的浙江省杉木林生物量换算因子..... 朱汤军,沈楚楚,季碧勇,等 (3925)
- 土壤逐渐干旱对菖蒲生长及光合荧光特性的影响..... 王文林,万寅婧,刘 波,等 (3933)
- 一株柠条内生解磷菌的分离鉴定及实时荧光定量 PCR 检测..... 张丽珍,冯利利,蒙秋霞,等 (3941)
- 一个年龄序列巨桉人工林植物和土壤生物多样性..... 张丹桔,张 健,杨万勤,等 (3947)
- 不同饵料和饥饿对魁蚶幼虫生长和存活的影响..... 王庆志,张 明,付成东,等 (3963)
- 禽畜养殖粪便中多重抗生素抗性细菌研究..... 祁诗月,任四伟,李雪玲,等 (3970)
- 链状亚历山大藻赤潮衰亡的生理调控..... 马金华,孟 希,张 淑,等 (3978)
- 基于环境流体动力学模型的浅水草藻型湖泊水质数值模拟..... 李 兴,史洪森,张树礼,等 (3987)

### 种群、群落和生态系统

- 干旱半干旱地区围栏封育对甘草群落特征及其分布格局的影响..... 李学斌,陈 林,李国旗,等 (3995)
- 宁夏六盘山三种针叶林初级净生产力年际变化及其气象因子响应..... 王云霓,熊 伟,王彦辉,等 (4002)
- 半干旱黄土区成熟柠条林地土壤水分利用及平衡特征..... 莫保儒,蔡国军,杨 磊,等 (4011)
- 模拟酸沉降对鼎湖山季风常绿阔叶林地表径流水化学特征的影响..... 丘清燕,陈小梅,梁国华,等 (4021)
- 基于改进 PSO 的洞庭湖水源涵养林空间优化模型..... 李建军,张会儒,刘 帅,等 (4031)
- 外来植物火炬树水浸液对土壤微生物生态系统的化感作用..... 侯玉平,柳 林,王 信,等 (4041)
- 崇明东滩抛荒鱼塘的自然演替过程对水鸟群落的影响..... 杨晓婷,牛俊英,罗祖奎,等 (4050)
- 三峡水库蓄水初期鱼体汞含量及其水生食物链累积特征..... 余 杨,王雨春,周怀东,等 (4059)
- 元江鲤种群遗传多样性..... 岳兴建,邹远超,王永明,等 (4068)

### 景观、区域和全球生态

- 中国西北干旱区气温时空变化特征..... 黄 蕊,徐利岗,刘俊民 (4078)
- 集水区尺度下东北东部森林土壤呼吸的模拟..... 郭丽娟,国庆喜 (4090)
- 增氮对青藏高原东缘高寒草甸土壤甲烷吸收的早期影响..... 张裴雷,方华军,程淑兰,等 (4101)
- 基于生态系统服务的广西水生态足迹分析..... 张 义,张合平 (4111)
- 深圳市景观生态安全格局源地综合识别..... 吴健生,张理卿,彭 建,等 (4125)

庐山风景区碳源、碳汇的测度及均衡..... 周年兴,黄震方,梁艳艳 (4134)

气候变化对内蒙古中部草原优势牧草生长季的影响 ..... 李夏子,韩国栋,郭春燕 (4146)

民勤荒漠区典型草本植物马蔺的物候特征及其对气候变化的响应..... 韩福贵,徐先英,王理德,等 (4156)

血水草生物量及碳贮量分布格局..... 田大伦,闫文德,梁小翠,等 (4165)

5 种温带森林生态系统细根的时间动态及其影响因子 ..... 李向飞,王传宽,全先奎 (4172)

**资源与产业生态**

干旱胁迫下 AM 真菌对矿区土壤改良与玉米生长的影响..... 李少朋,毕银丽,陈咄圳,等 (4181)

**城乡与社会生态**

上海环城林带保健功能评价及其机制..... 张凯旋,张建华 (4189)

**研究简报**

北京山区侧柏林林内降雨的时滞效应 ..... 史 宇,余新晓,张佳音 (4199)

采伐剩余物管理措施对二代杉木人工林土壤全碳、全氮含量的长期效应 .....  
..... 胡振宏,何宗明,范少辉,等 (4205)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 326 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 35 \* 2013-07



**封面图说:** 岳阳附近的水源涵养林及水系鸟瞰——水源涵养林对于调节径流,减缓水、旱灾害,合理开发利用水资源具有重要的生态意义。洞庭湖为我国第二大淡水湖,南纳湘、资、沅、澧四水,北由岳阳城陵矶注入长江,是长江上最重要的水量调节湖泊。因此,湖周的水源涵养林建设对于恢复洞庭湖调节长江中游地区洪水的功能,加强湖区生物多样性的保护是最为重要的举措之一。对现有防护林采取人为干扰的调控措施,改善林分空间结构,将有利于促进森林生态系统的正向演替,为最大程度恢复洞庭湖水源林生态功能和健康经营提供重要支撑。

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/stxb201301230134

朱汤军, 沈楚楚, 季碧勇, 林荫, 王秀云, 张国江, 袁位高. 基于 LULUCF 温室气体清单编制的浙江省杉木林生物量换算因子. 生态学报, 2013, 33(13): 3925-3932.

Zhu T J, Shen C C, Ji B Y, Lin Y, Wang X Y, Zhang G J, Yuan W G. Research on biomass expansion factor of chinese fir forest in Zhejiang Province based on LULUCF greenhouse gas inventory. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(13): 3925-3932.

## 基于 LULUCF 温室气体清单编制的 浙江省杉木林生物量换算因子

朱汤军<sup>1,\*</sup>, 沈楚楚<sup>1,2</sup>, 季碧勇<sup>3</sup>, 林 荫<sup>1,4</sup>, 王秀云<sup>1</sup>, 张国江<sup>3</sup>, 袁位高<sup>1</sup>

(1. 浙江省林业科学研究院, 杭州 310023; 2. 浙江农林大学环境与资源学院, 临安 311300;

3. 浙江省森林资源监测中心, 杭州 310020; 4. 南京林业大学, 南京 210037)

**摘要:**以杉木林为研究对象,在 12 个县市选取浙江省 2009 年 CFI 体系的 95 个杉木林样地,根据样地平均木,在样地外围相似地段确定解析木共计 95 株,联立树高曲线方程和生物量模型,同时使用已公开发表的 20 个杉木生物量模型进行估算,由单株累加获得 CFI 系统样地的生物量,计算样地生物量与蓄积之比即 BEF,建立 BEF 与林分蓄积之间的关系。根据 2009 年浙江省 CFI 体系数据,推算全省杉木林 BEF 为 0.7453 t/m<sup>3</sup>,杉木林总生物量为 3721.54 万 t,不确定性为 5.739%;使用 IPCC(1996)的碳密度缺省值(0.50)计,生长 1 m<sup>3</sup> 杉木吸收 CO<sub>2</sub> 1.3663 t。

**关键词:**生物量换算因子; 生物量模型; 温室气体清单; 杉木; 浙江

## Research on biomass expansion factor of chinese fir forest in Zhejiang Province based on LULUCF greenhouse gas Inventory

ZHU Tangjun<sup>1,\*</sup>, SHEN Chuchu<sup>1,2</sup>, JI Biyong<sup>3</sup>, LIN Yin<sup>1,4</sup>, WANG Xiuyun<sup>1</sup>, ZHANG Guojiang<sup>3</sup>, YUAN Weigao<sup>1</sup>

1 Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, China

2 School of Environment and Resource, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Linan 311300, China

3 Zhejiang Forest Resource Monitoring Center, Hangzhou 310020, China

4 Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China

**Abstract:** Taking Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb. Hook.)) forest as the subjects of this study, 95 sample plots were selected from 12 counties in CFI system (2009) of Zhejiang province. According to the average trees of 95 plots, 95 analytic trees were selected outside the sample plots but similar with them, and simultaneous equations of DBH-H equation and biomass model were established. Then, we compared the estimation outputs of 20 biomass models, calculated the ratio of stand biomass and stand volume which is exactly BEF, established the relationship between stand stock and BEF. According to Zhejiang CFI system 2009 (eighth), we calculated Chinese fir forest BEF in Zhejiang province is 0.7453 t/m<sup>3</sup>, and Chinese fir forest total biomass is 37.2154 million tons, uncertainty for 5.739%. Finally, based on IPCC(1996) carbon density default value (0.50), 1 m<sup>3</sup> growth of Chinese fir forest absorbs CO<sub>2</sub> 1.3663 t.

**Key Words:** BEF; biomass model; greenhouse gas inventory; Chinese fir; Zhejiang Province

基金项目:浙江省重点创新团队(2010R50030);浙江省科技厅公益项目(2012C23115);浙江省林业厅省院合作项目(2012SY11)

收稿日期:2013-01-23; 修订日期:2013-04-18

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhtj1965@163.com



据政府间气候变化专门委员会(IPCC)的第四次评估报告分析,全球变暖有 90% 可能是因为人类活动引起能源消耗增加、温室气体排放量增加造成的<sup>[1]</sup>,而在 IPCC 的第三次评估报告中,这种可能性为 60%<sup>[2]</sup>,表明温室气体导致全球变暖已成为不争的事实。为减缓全球气候变化,保护人类生存环境,1992 年通过了《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)。根据 UNFCCC 第 4 款的规定,所有缔约方均有义务定期更新和公布人为活动引起的温室气体源排放和汇清除清单,即国家温室气体清单,并尽可能降低不确定性<sup>[3]</sup>。土地利用变化和林业(LULUCF)温室气体清单是国家温室气体清单的重要组成部分。我国 2004 年的清单编制中由于缺乏适合国情的计量参数值,大多数采用国际缺省值,以致 LULUCF 温室气体清单的不确定性高达 50%。为了制定更好的减排和适应气候变化的措施,国家已启动对省级温室气体减排进行考核,要求各省(区、市)编制省级温室气体清单。为提高精度,降低不确定性,国家发改委明确要求各省市应努力获取其主要树种的计量参数值。

杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb. Hook.))为我国特有的优良速生针叶树种,广泛栽培于南方 17 个省区,栽培历史悠久<sup>[4]</sup>,在浙江省位列优势树种第一。许多学者对杉木生物量进行了研究,如林分不同组分的分配规律<sup>[5]</sup>、群落各层次的分布特征<sup>[6]</sup>、立地条件(如坡位<sup>[7]</sup>)、林分因子(如林分密度<sup>[8]</sup>、林龄<sup>[9]</sup>)、经营措施<sup>[10]</sup>对杉木生物量分布的影响研究,地上生物量模型和地下生物量模型也有了大量的研究<sup>[16-27]</sup>。在生物量估算上,曾伟生等<sup>[11]</sup>以贵州人工杉木林为对象,利用度量误差模型方法,研究建立了相容性立木材积方程、地上生物量方程及生物量转换函数。为解决样地调查向区域推算的尺度转换,方精云等<sup>[12-13]</sup>建立“换算因子连续函数法”,简化了区域森林生物量的计算方程。这些成果为研究杉木林碳吸收规律奠定了基础。

LULUCF 清单编制的活动水平数据来源于森林资源连续清查(简称 CFI)系统,但 CFI 系统没有生物量数据,需要使用生物量换算因子(BEF)。为降低省级温室气体清单编制的的不确定性,本文以杉木林为研究主体,利用浙江省 CFI 系统样地资料,实地调查得到解析木数据,通过树高曲线与生物量模型的联立研建,实现杉木样地生物量的准确估算,求算样地生物量与蓄积之比即 BEF,建立 BEF 与林分蓄积之间的关系,以掌握浙江省杉木林 BEF 的变化规律。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

浙江省地处中国东南沿海长江三角洲南翼,地理地貌特征丰富,从北部冲积平原,到东西部丘陵,再到南部山区,另有滨海岛屿地貌。全省地势从西南向东北呈阶梯级下降趋势,地形以丘陵山地为主,占全省总面积 70.4%,平原、盆地占 23.2%,河流、湖泊占 6.4%,有“七山一水二分田”之称。

浙江省 CFI 系统始于 1979 年,以省域为抽样总体,采用公里网的系统抽样技术,即样地东西间隔 6 km,南北间隔 4 km 设固定样地,样地为正方形,面积 0.08hm<sup>2</sup>。从 1989 年开始每隔 5a,进行 1 次复查,2009 年复查样地数为 4252 个。据 2009 年(第 8 次)CFI 资料显示,全省土地面积 1018.00 万 hm<sup>2</sup>,其中林地面积 660.74 万 hm<sup>2</sup>,占 64.91%;非林地面积 357.26 万 hm<sup>2</sup>,占 35.09%。林地面积中,森林面积 601.36 万 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率 59.07%。活立木蓄积 24224.93 万 m<sup>3</sup>,其中森林蓄积 21679.75 万 m<sup>3</sup>。全省共有杉木林面积 82.09 万 hm<sup>2</sup>,蓄积达 4993.66 万 m<sup>3</sup>,分别占乔木林总面积和总蓄积的 20.02% 和 23.03%,在全省各县市都有分布;依蓄积量统计杉木林中的人工林占 82.5%、天然林占 17.5%;幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林和过熟林蓄积量占比分别为 1.0%、35.8%、36.0%、24.3% 和 2.9%,每公顷蓄积量分别为 4.86、52.63、87.22、76.82、121.19 m<sup>3</sup>。

### 1.2 研究方法

本文以杉木林为研究主体,在浙江省范围内选取地理分布较均匀的 12 个县市,即淳安县、富阳市、平阳县、开化县、德清县、天台县、武义县、常山县、舟山定海区、嵊州市、遂昌县和云和县,有 2009 年 CFI 体系的杉木林样地 95 个,样地数量及分布情况见图 1。根据样地平均木,在样地外围相似地段依据胸径( $\leq \pm 0.5$ cm)和树高( $\leq \pm 0.5$ m)选取无病虫害、无断梢、生长发育正常的解析木,共计 95 株,基本情况见表 1。

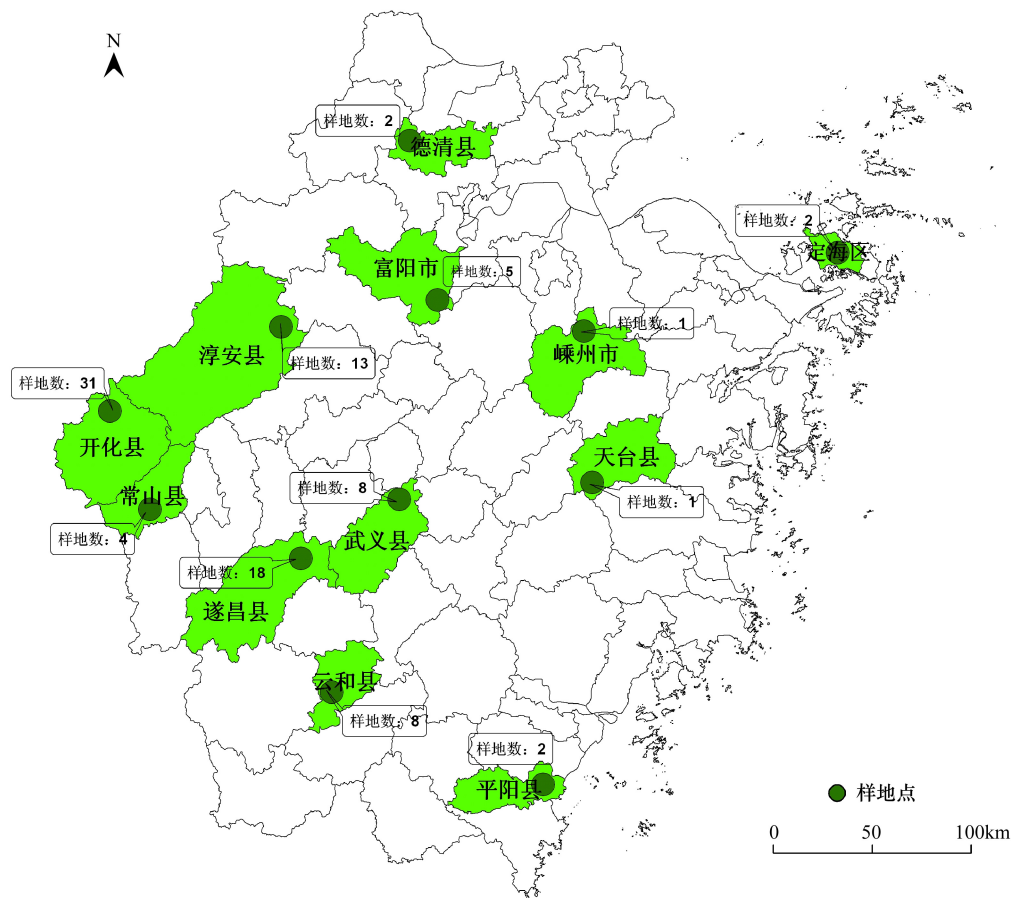


图 1 样地分布图

Fig. 1 Distribution of sample plots

表 1 各县市的样木数量及基本情况

Table 1 The quantity and basic informations of each sample tree

| 研究地<br>Study site | 样木株数<br>Number | 平均胸径/cm<br>DBH | 平均树高/m<br>H | 龄组/a<br>Age Groups | 海拔/m<br>Elevation | 起源<br>Origin |
|-------------------|----------------|----------------|-------------|--------------------|-------------------|--------------|
| 常山县               | 4              | 14.50          | 9.40        | 3—4                | 450—520           | 4 人工         |
| 淳安县               | 13             | 11.97          | 8.78        | 2—4                | 100—730           | 9 人工+4 自然    |
| 富阳市               | 5              | 8.00           | 6.00        | 2—3                | 115—450           | 5 人工         |
| 开化县               | 31             | 10.93          | 8.72        | 1—4                | 159—650           | 31 人工        |
| 遂昌县               | 18             | 11.53          | 8.04        | 2—4                | 302—1196          | 10 人工+8 自然   |
| 天台县               | 1              | 10.40          | 7.20        | 3                  | 520               | 1 人工         |
| 武义县               | 8              | 11.83          | 6.50        | 2—4                | 260—840           | 6 人工+2 自然    |
| 云和县               | 8              | 10.86          | 7.75        | 2—4                | 150—1170          | 5 人工+3 自然    |
| 定海区               | 2              | 10.38          | 7.00        | 3                  | 340,650           | 2 人工         |
| 德清县               | 2              | 15.22          | 12.24       | 2—3                | 150,910           | 2 人工         |
| 平阳县               | 2              | 11.04          | 7.16        | 3                  | 204,490           | 2 人工         |
| 嵊州市               | 1              | 10.45          | 8.83        | 3                  | 350               | 1 人工         |

树干解析时,树高 10m 以上者按 2m 区分段区分,树高 10m 以下者按 1m 区分段区分。枝叶部分采用分层抽样法,将全部枝叶分为 4 级:<1.0cm,1.1—2.0cm,2.1—3.0cm,>3.1cm,在每一级中各选出一个标准枝,称其鲜重及标准枝的叶鲜重。地下部分采用全挖法,hah 要求在土中不留有大于 0.5cm 直径的根系,把根系上附着的泥土掸去称重即为根鲜重。将采集的圆盘、枝叶样品、根系样品在 105℃ 烘干,其干物质量即为生物

量,进而测定解析木各器官的含水率、密度和总生物量。

根据解析木实测数据,联立树高曲线方程和单木生物量模型,计算每木生物量,由单株累加计算样地生物量,计算样地生物量与蓄积之比即 BEF,建立 BEF 与林分蓄积之间的关系,同时使用已公开发表的 20 个杉木生物量模型进行估算。依据浙江省 2009 年 CFI 系统的杉木林分总蓄积和总面积,推算出浙江省杉木平均 BEF 值和全省杉木林总生物量,最后利用 IPCC 碳密度缺省值(0.50)<sup>[14]</sup>计算生长 1 m<sup>3</sup> 杉木吸收 CO<sub>2</sub> 的量。

模型评价指标选用胥辉<sup>[15]</sup>提出的总相对误差( $R_s$ )、平均相对误差( $E_1$ )、平均相对误差绝对值( $E_2$ )和预估精度( $P$ )4 项内容:

$$\begin{aligned} \text{总相对误差} \quad R_s &= \frac{\sum y_i - \sum g_i}{\sum g_i} \times 100\% \\ \text{平均相对误差} \quad E_1 &= \frac{1}{n} \sum \left( \frac{y_i - g_i}{g_i} \right) \times 100\% \\ \text{平均相对误差绝对值} \quad E_2 &= \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_i - g_i}{g_i} \right| \times 100\% \\ \text{预估精度} \quad P &= \left( 1 - \frac{t_{\alpha} \sqrt{\sum (y_i - g_i)^2}}{\overline{g_i} \sqrt{n(n-T)}} \right) \times 100\% \end{aligned}$$

式中,  $y_i$  为实测值,  $g_i$  为估计值,  $n$  为样本容量,  $t_{\alpha}$  为置信水平为  $\alpha = 0.05$  时的  $t$  分布值,  $T$  为回归模型中参数个数,  $\overline{g_i}$  为估计值的平均值即  $\overline{g_i} = \frac{1}{n} \sum g_i$ 。

不确定性计算引用 IPCC 提出的乘除运算误差传递公式<sup>[16]</sup>,当某一估计值为  $n$  个估计值之积时,该估计值的不确定性采用下式计算:

$$U_c = \sqrt{U_{s1}^2 + U_{s2}^2 + \cdots + U_{sn}^2} = \sqrt{\sum_{n=1}^N U_{sn}^2}$$

式中,  $U_c$  (%) 表示  $n$  个相乘的估计值的不确定性;  $U_{s1}, \cdots, U_{sn}$  (%) 表示  $n$  个估计值的不确定性。

## 2 结果与分析

### 2.1 建立单木生物量模型

单木生物量模型采用常见的  $a(D^2H)^b$  模型形式。但由于此模型为二元模型,其中含有树高因子,而 CFI 样地数据中缺乏每木树高数据,因此需要建立树高曲线模型来估计树高。树高曲线模型引用 Goulding(1986 年)模型。为了减少误差,提高模型的估计精度,本研究采用相容性模型思想,将其生物量模型和树高曲线模型进行联立估计,二者联立估计形式如下:

$$\begin{cases} W = a(D^2H)^b \\ H = 1.3 + \left(C + \frac{d}{D}\right)^{-2.5} \end{cases}$$

通过 ForStat 2.1 软件求解上述方程中的 4 个参数,得方程组中参数解为  $a = 0.086904$ ,  $b = 0.819180$ ,  $c = 0.232467$ ,  $d = 2.362912$ , 相关系数  $R^2 = 0.8866$ 。杉木生物量模型及相应评价指标如表 2 所示。

表 2 杉木生物量模型及检验指标

Table 2 Chinese fir biomass model and validation indicators

| 生物量模型 Biomass model                                                                                                              | $R_s/\%$ | $E_1/\%$ | $E_2/\%$ | $P/\%$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|--------|
| $W = 0.00086904 \left\{ D^2 \times \left[ 1.3 + \left( 0.232467 + \frac{2.362912}{D} \right)^{-2.5} \right] \right\}^{0.819180}$ | 4.004    | 6.263    | 15.897   | 95.576 |

## 2.2 建立林分 BEF-V 模型

根据上述生物量模型计算 CFI 系统样地每木生物量,累加得到样地生物量,并换算为每公顷生物量,蓄积量即引用 CFI 系统的蓄积数据。引用方精云“换算因子连续函数法”的 BEF-V 模型,通过 ForStat 2.1 软件求解其参数,建立相关关系如下:

$$BEF = 0.684 + \frac{3.726}{V}$$

式中, $V$  为林分蓄积( $m^3/hm^2$ ), $BEF$  为生物量转换因子( $t/m^3$ ),决定系数  $R^2=0.763$ 。模型各项检验指标如表 3 所示, $BEF-V$  曲线如图 2 所示。

表 3 BEF-V 模型及检验指标

Table 3 BEF-V model for Chinese fir and validation indicator

| BEF-V 模型 BEF-V model | $R_s/\%$ | $E_1/\%$ | $E_2/\%$ | $P/\%$  |
|----------------------|----------|----------|----------|---------|
| $BEF=0.684+3.726/V$  | 0.0475   | 0.1033   | 6.8527   | 98.0191 |

## 2.3 浙江省 BEF 估算结果

根据浙江省 2009 年 CFI 资料显示,浙江省杉木林总蓄积为 4993.66 万  $m^3$ ,总面积为 82.09 万  $hm^2$ ,有林地蓄积抽样精度为 94.835%,有林地面积抽样精度为 97.498%。碳密度按 0.5 计<sup>[14]</sup>。

(1) 浙江省杉木林平均蓄积

$$V = \frac{V_{\text{总}}}{S_{\text{总}}} = \frac{4993.66}{82.09} = 60.83 m^3/hm^2$$

不确定性为:

$$U_v = \sqrt{(1 - 0.94835)^2 + (1 - 0.97498)^2} = 5.739\%$$

(2) 浙江省杉木林 BEF

$$BEF = 0.684 + \frac{3.726}{V} = 0.684 + \frac{3.726}{60.83} = 0.7453 t/m^3$$

根据表 2 的模型预估精度可得不确定性为:  $1 - 98.0191\% = 1.9809\%$ ;

(3) 杉木总生物量

$$B_{\text{总}} = BEF \times V_{\text{总}} = 0.7453 \times 4993.66 = 3721.54 \text{ 万 } t$$

不确定性为:  $U_B = \sqrt{0.019809^2 + (1 - 0.94835)^2} = 5.532\%$ ;

(4) 生长 1  $m^3$  杉木吸收  $CO_2$  的量  $0.7453 \times 0.5 \times \frac{44}{12} = 1.3663 t$ 。

## 3 结论与讨论

### 3.1 生物量模型的估计结果之比较

本研究通过文献查阅,搜集 20 个全国各地已发表的杉木全株生物量模型,用这 20 个生物量模型分别估算样地生物量,依据前述方法,计算浙江省杉木林 BEF 如表 4。

结果显示,使用不同生物量模型计算的 BEF 估计结果在 0.490—1.972  $t/m^3$  之间,最大值和最小值差距达 302.45%。本文估算结果为 0.7453  $t/m^3$ 。在 20 个生物量模型中,有 9 个生物量模型的估算结果小于本文估算结果,有 11 个生物量模型的估算结果大于本文估算结果。

张茂震等<sup>[29]</sup>使用闫文德<sup>[18]</sup>、赵坤<sup>[24]</sup>、周国模<sup>[21]</sup>等 3 个单株生物量模型和参数对浙江省 1994 和 1999 二年的杉木林生物量进行估算,分别为 2019.7、1624.9、2527.4 万  $t$  和 2500、1973.5、3191.7 万  $t$ 。可以发现,在

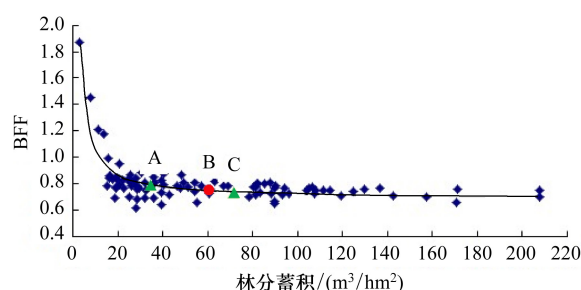


图 2 BEF-V 曲线

Fig.2 BEF-Volume curve

图中,A 点和 C 点是区分 BEF 曲线变化的两个拐点,而 B 点所在的位置是浙江省杉木林平均蓄积的水平



剔除异常模型以后,各模型计算结果之间差异仍然较大。

上述研究表明,虽然同是针对杉木林建立的生物量模型,但由于所研究的地理位置不同、杉木林分对象不同以及研究方法不同等,都会造成估算结果之间的显著差异。因此,在进行区域林分生物量估计时,应建立有针对性的生物量模型,以减少引用生物量模型带来的误差。

表 4 生物量模型的估计结果对比

Table 4 Comparison on biomass model estimations ( $\text{t}/\text{m}^3$ )

| 研究地 Study site                             | 文献 References | 林龄 Tree Age           | BEF   | 研究地 Study site        | 文献 References | 林龄 Tree Age           | BEF   |
|--------------------------------------------|---------------|-----------------------|-------|-----------------------|---------------|-----------------------|-------|
| 南方 11 省 11 provinces in the Southern China | [17]          | 不分林龄 Mixed age        | 0.759 | 湖南会同 Hunan Huitong    | [18]          | 中龄林 Half-mature       | 0.677 |
| 南方 11 省 11 provinces in the Southern China | [17]          | 不分林龄 Mixed age        | 0.752 | 福建福州 Fujian Fuzhou    | [19]          | 中龄林 Half-mature       | 1.530 |
| 浙江省 Zhejiang                               | [20]          | 中幼林 Half-mature&Young | 0.787 | 福建福州 Fujian Fuzhou    | [19]          | 中龄林 Half-mature       | 1.071 |
| 浙江庆元 Zhejiang Qingyuan                     | [21]          | 中幼林 Half-mature&Young | 0.881 | 福建邵武 Fujian Shaowu    | [23]          | 幼龄林 Young             | 0.635 |
| 湖南会同 Hunan Huitong                         | [23]          | 幼龄林 Young             | 1.972 | 福建邵武 Fujian Shaowu    | [23]          | 中龄林 Half-mature       | 0.753 |
| 湖南会同 Hunan Huitong                         | [24]          | 幼龄林 Young             | 0.521 | 福建邵武 Fujian Shaowu    | [23]          | 不分林龄 Mixed age        | 0.640 |
| 湖南朱亭 Hunan Zhuting                         | [24]          | 幼龄林 Young             | 0.638 | 福建邵武 Fujian Shaowu    | [23]          | 不分林龄 Mixed age        | 0.418 |
| 湖南朱亭 Hunan Zhuting                         | [24]          | 幼龄林 Young             | 0.906 | 福建南平 Fujian Nanping   | [25]          | 中龄林 Half-mature       | 0.771 |
| 湖南会同 Hunan Huitong                         | [26]          | 成熟林 Mature            | 0.540 | 四川达州 Sichuan Dazhou   | [27]          | 中幼林 Half-mature&Young | 0.711 |
| 湖南会同 Hunan Huitong                         | [4]           | 成熟林 Mature            | 0.853 | 广西西南 Southern Guangxi | [28]          | 幼龄林 Young             | 0.490 |

### 3.2 本研究结果与全国模型、IPCC 缺省值对比

方精云等<sup>[12]</sup>针对全国杉木林建立了森林蓄积量与生物量转换模型  $\text{BEF} = 0.3999 + 22.5410/V$  ( $R^2 = 0.9409$ ),依据该模型计算,浙江省杉木林 BEF 为  $0.7705 \text{ t}/\text{m}^3$ 。本研究结果  $0.7453 \text{ t}/\text{m}^3$  比该值小  $3.882\%$ 。

根据 IPCC,杉木 BEF 缺省值为  $0.72 \text{ t}/\text{m}^3$  (地上部生物量  $\text{BCEFs}$  为  $0.6$ ,地下部生物量与地上部生物量比例  $R$  为  $0.2$ )。本研究结果  $0.7453 \text{ t}/\text{m}^3$  比该缺省值大  $3.514\%$ 。

### 3.3 Fisher 最优分割法区分 BEF 变化阶段

利用 Fisher 最优分割法将 BEF-V 曲线(图 2)分为 3 段,拐点分别出现在林分蓄积为  $34.72 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  和  $71.45 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  时:

当林分蓄积小于  $34.72 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  时为第 1 阶段,此阶段林分蓄积量低,幼龄林向中龄林过渡阶段,此时根生长占据着绝对的优势,树干生物量和枝叶生物量比重较小,此阶段的 BEF 随着林分蓄积的增长而迅速减小,BEF 维持在较高的水平;第 2 阶段为蓄积在  $34.72 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  至  $71.45 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  时,此阶段杉木林从中幼林转向近熟林,根生长趋于缓慢,干生长占据绝对优势,枝叶亦生长较快,树干生物量占据着地上生物量的主导地位,地上部分生物量的积累速率高于地下部分的生物量,此阶段的 BEF 随着林分蓄积的增长而缓慢地变小;第 3 阶段为蓄积大于  $71.45 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  时,此阶段杉木林一般属近、成、过熟林,根生长已达稳定状态,树干生物量和枝叶生物量的生长也趋于稳定,此阶段的 BEF 渐渐趋向  $0.684 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

浙江省 2009 年杉木林平均蓄积量为  $60.83 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,位于 BEF\_V 曲线(图 2)第二阶段的 B 点,随着林分的逐年生长,可以预见浙江省杉木 BEF 将在当前水平缓慢地变小。

**References:**

- [ 1 ] Metz B, Davidson O R, Bosch P R, Dave R, Meyer L A. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007 [EB/OL]. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/contents.html).
- [ 2 ] IPCC. IPCC Third Assessment Report-Climate Change 2001 [EB/OL]. [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/).
- [ 3 ] UNFCCC. 2001 United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations, 1990.
- [ 4 ] Chen C Y, Liao L P, Wang S L. Ecology of Chinese Fir Plantation. Beijing: Science Press, 2000.
- [ 5 ] Huang Z H, Tian D L, Kang W X, Xiang W H, Yan W D. Dynamics of biomass distribution in first rotation of Chinese fir plantations in Huitong County, Hunan Province. Journal of Central South University of Forestry and Technology, 2011, 31(5): 37-43.
- [ 6 ] Zhang Z X. Biomass of five-year mixed forest of Chinese fir and *Schima superba* and its distribution at different slope position. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 24(5): 13255-13257.
- [ 7 ] Chen Y Q. Biomass and distribution rate of 6-year old mixed forests of *Cunninghamia lanceolata* and *Schima superba* under different slope. Jiangxi Forestry Science and Technology, 2012, 12(1): 3036-3046.
- [ 8 ] Tong J Q. Study on the biomass productivity and growth of Chinese fir plantations of different site and density. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition, 2008, 37(4): 369-373.
- [ 9 ] Tian D L, Zhu F. Study on characteristics of biomass accumulation of two-generation Chinese fir plantation at different ages. Guangxi Forestry Science, 2011, 40(2): 81-84.
- [ 10 ] Lv D W. The biomass in *Cunninghamia lanceolata* forest under different afforestation way. Journal of Shandong Forestry Science and Technology, 2011, 41(5): 36-39.
- [ 11 ] Zeng W S, Xia Z S, Zhu S, Luo H Z. Compatible tree volume and above-ground biomass equations for Chinese fir plantations in Guizhou. Journal of Beijing Forestry University, 2011, 33(4): 1-6.
- [ 12 ] Fang J Y, Liu G H, Xu S L. Biomass and net production of forest vegetation in China. Acta Ecologica Sinica, 1996, 16(5): 497-508.
- [ 13 ] Fang J Y, Chen A P, Zhao S Q, Ci L J. Estimating biomass carbon of China's forests; Supplementary notes on report published in Science (291: 2320-2322) by Fang et al (2001). Acta Phytocologica Sinica, 2002, 26(2): 243-249.
- [ 14 ] IPCC. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[EB/OL]. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.
- [ 15 ] Xu H, Zhang H R. Forest Biomass Model Research. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2002.
- [ 16 ] IPCC. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories [EB/OL]. [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/chinese/gpbaum\\_cn.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/chinese/gpbaum_cn.html).
- [ 17 ] Liu W W, Xiang W H, Tian D L, Yan W D. General allometric equations for estimating *Cunninghamia lanceolata* tree biomass on large scale in southern China. Journal of Central South University of Forestry and Technology, 2010, 30(4): 7-14.
- [ 18 ] Yan W D, Tian D L, He G X. Biomass distribution and dynamics of Chinese Fir plantation in Huitong. Forest Resources Management, 2003, (2): 5-7.
- [ 19 ] Huang X S, Wu C Z, Hong W, Li Z K, Cheng Z P. The relationship between stand density and biomass of two rotation Chinese fir plantations. Journal of Fujian College of Forestry, 2011, 31(2): 102-105.
- [ 20 ] Yuan W G, Jiang B, Ge Y J, Zhu J R, Shen A H. Study on biomass model of key ecological forest in Zhejiang Province. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 2009, 29(2): 1-5.
- [ 21 ] Zhou G M, Yao J X, Qiao W Y, Yang Q H, Zhu G J, Xu W Y. Biomass of Chinese Fir planted forest in Qinyuan of Zhejiang. Journal of Zhejiang Forestry College, 1996, 13(3): 235-242.
- [ 22 ] Li Y, Zhang J G, Duan A G, Xiang C W. Selection of biomass estimation models for Chinese fir plantation. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(12): 3036-3046.
- [ 23 ] Tian D L, Pan H H, Kang W X, Fang H B. A study of the biomass of a second generation Chinese Fir plantation. Journal of Central South Forestry University, 1998, 18(3): 11-16.
- [ 24 ] Zhao K. The Biomass and Productivity Research on Chinese Fir Plantation of Mature Stage in Huitong [D]. Hunan: Zhongnan Forestry University, 1999.
- [ 25 ] Qian N Z, Ye J Z. A study on the biomass of Chinese Fir mixed genealogy stand. Journal of Nanjing Forestry University, 1992, 16(3): 19-24.
- [ 26 ] Tian D L, Kang W X, Wen S Z. Chinese Fir Forest Ecosystem Study. Beijing: Science Press, 2003: 56-56.
- [ 27 ] An H P, Jin X Q, Yang C H. The biomass growth and forest biomass research on the main vegetation types in Banqiao river basin at management

prophase. *Guizhou Forestry Science and Technology*, 1991, 19(4): 20-34.

- [28] Kang B, Liu S R, Cai D X, Lu L H. Characteristics of biomass, carbon accumulation and its spatial distribution in *Cunninghamia lanceolata* forest ecosystem in low subtropical area. *Scientia Silvae Sinicae*, 2009, 45(8): 147-153.
- [29] Zhang M Z, Wang G X. The forest biomass dynamics of Zhejiang province. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(11): 5665-5674.

#### 参考文献:

- [4] 陈楚莹, 廖利平, 汪思龙. 杉木人工林生态学. 北京: 北京科学出版社, 2000.
- [5] 黄志宏, 田大伦, 康文星, 项文化, 闫文德. 湖南会同第1代杉木人工林生物量分配动态. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(5): 37-43.
- [6] 张章秀. 不同坡位5年生杉木木荷混交林生物量及其分配. 安徽农业科学, 2012, 24(5): 13255-13257.
- [7] 陈仪全. 不同坡位6年生杉木木荷混交林生物量分布格局分析. 江西林业科技, 2012, 12(1): 3036-3046.
- [8] 佟金权. 不同地位指数不同密度杉木人工林生产力的比较. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2008, 37(4): 369-373.
- [9] 田大伦, 朱凡. 不同林龄两代杉木人工林生物量积累特征研究. 广西林业科学, 2011, 40(2): 81-84.
- [10] 吕德文. 不同经营模式杉木林的生物量研究. 山东林业科技, 2011, 41(5): 36-39.
- [11] 曾伟生, 夏忠胜, 朱松, 罗洪章. 贵州人工杉木相容性立木材积和地上生物量方程的建立. 北京林业大学学报, 2011, 33(4): 1-6.
- [12] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量. 生态学报, 1996, 16(5): 497-508.
- [13] 方精云, 陈安平, 赵淑清, 慈龙骏. 中国森林生物量的估算: 对 Fang 等 Science 一文 (Science, 2001, 291: 2320-2322) 的若干说明. 植物生态学报, 2002, 26(2): 243-249.
- [15] 胥辉, 张会儒. 林木生物量模型研究. 昆明: 云南科技出版社, 2002.
- [17] 刘雯雯, 项文化, 田大伦, 闫文德. 区域尺度杉木生物量通用相对生长方程整合分析. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(4): 7-14.
- [18] 闫文德, 田大伦, 何功秀. 湖南会同第2代杉木人工林乔木层生物量的分布格局. 林业资源管理, 2003(2): 5-7.
- [19] 黄贤松, 吴承祯, 洪伟, 李周坤, 程周平. 2种杉木人工林密度与立木生物量的研究. 福建林学院学报, 2011, 31(2): 102-105.
- [20] 袁位高, 江波, 葛永金, 朱锦茹, 沈爱华. 浙江省重点公益林生物量模型研究. 浙江林业科技, 2009, 29(2): 1-5.
- [21] 周国模, 姚建祥, 乔卫阳, 杨琪红, 朱国军, 徐文友. 浙江庆元杉木人工林生物量的研究. 浙江林学院学报, 1996, 13(3): 235-242.
- [22] 李燕, 张建国, 段爱国, 相聪伟. 杉木人工林生物量估算模型的选择. 应用生态学报, 2010, 21(12): 3036-3046.
- [23] 田大伦, 盘宏华, 康文星, 方海波. 第二代杉木人工林生物量的研究. 中南林学院学报, 1998, 18(3): 11-16.
- [24] 赵坤. 会同杉木人工林成熟阶段生物量及生产力的研究 [D]. 长沙: 中南林学院, 1999.
- [25] 钱能智, 叶镜中. 福建省洋口林场杉木混合家系人工林的生物量. 南京林业大学学报: 自然科学版, 1992, 16(3): 19-24.
- [26] 田大伦, 康文星, 文仕知. 杉木林生态系统学. 北京: 科学出版社, 2003: 56-56.
- [27] 安和平, 金小麒, 杨成华. 板桥河小流域治理前期主要植被类型生物量生长规律及森林生物量变化研究. 贵州林业科技, 1991, 19(4): 20-34.
- [28] 康冰, 刘世荣, 蔡道雄, 卢立华. 南亚热带杉木生态系统生物量和碳素积累及其空间分布特征. 林业科学, 2009, 45(8): 147-153.
- [29] 张茂震, 王广兴. 浙江省森林生物量动态. 生态学报, 2008, 28(11): 5665-5674.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 13 Jul. ,2013 (Semimonthly)

## CONTENTS

### Frontiers and Comprehensive Review

- A review of ecological effects of remnant trees in degraded forest ecosystems after severe disturbances ..... MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (3889)
- Mechanism and application of bioremediation to heavy metal polluted soil using arbuscular mycorrhizal fungi ..... LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LIN Shuangshuang, et al (3898)

### Autecology & Fundamentals

- Changes of allometric relationships among leaf traits in different ontogenetic stages of *Acer mono* from different types of forests in Donglingshan of Beijing ..... YAO Jing, LI Ying, WEI Liping, et al (3907)
- The combined effects of increasing CO<sub>2</sub> concentrations and different temperatures on the growth and chlorophyll fluorescence in *Porphyra haitanensis* (Bangiales, Rhodophyta) ..... LIU Lu, DING Liuli, CHEN Weizhou, et al (3916)
- Research on biomass expansion factor of chinese fir forest in Zhejiang Province based on LULUCF greenhouse gas Inventory ..... ZHU Tangjun, SHEN Chuchu, JI Biyong, et al (3925)
- Influence of soil gradual drought stress on *Acorus calamus* growth and photosynthetic fluorescence characteristics ..... WANG Wenlin, WAN Yinjing, LIU Bo, et al (3933)
- Isolation, identification, real-time PCR investigation of an endophytic phosphate-solubilizing bacteria from *Caragana korshinskii* Kom. roots ..... ZHANG Lizhen, FENG Lili, MENG Qixia, et al (3941)
- Plant's and soil organism's diversity across a range of *Eucalyptus grandis* plantation ages ..... ZHANG Danju, ZHANG Jian, YANG Wanqin, et al (3947)
- Effects of diet and starvation on growth and survival of *Scapharca broughtonii* larvae ..... WANG Qingzhi, ZHANG Ming, FU Chengdong, et al (3963)
- Multidrug-resistant bacteria in livestock feces ..... QI Shiyue, REN Siwei, LI Xueling, et al (3970)
- Physiological regulation related to the decline of *Alexandrium catenella* ..... MA Jinhua, MENG Xi, ZHANG Shu, et al (3978)
- Numerical simulation of water quality based on environmental fluid dynamics code for grass-algae lake in Inner Mongolia ..... LI Xing, SHI Hongsen, ZHANG Shuli, et al (3987)

### Population, Community and Ecosystem

- Influence of enclosure on *Glycyrrhiza uralensis* community and distribution pattern in arid and semi-arid areas ..... LI Xuebin, CHEN Lin, LI Guoqi, et al (3995)
- The interannual variation of net primary productivity of three coniferous forests in Liupan Mountains of Ningxia and its responses to climatic factors ..... WANG Yunni, XIONG Wei, WANG Yanhui, et al (4002)
- Soil water use and balance characteristics in mature forest land profile of *Caragana korshinskii* in Semiarid Loess Area ..... MO Baoru, CAI Guojun, YANG Lei, LU Juan, et al (4011)
- Effect of simulated acid deposition on chemistry of surface runoff in monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan ..... QIU Qingyan, CHEN Xiaomei, LIANG Guohua, et al (4021)
- A space optimization model of water resource conservation forest in Dongting Lake based on improved PSO ..... LI Jianjun, ZHANG Huiru, LIU Shuai, et al (4031)
- Allelopathic effects of aqueous extract of exotic plant *Rhus typhina* L. on soil micro-ecosystem ..... HOU Yuping, LIU Lin, WANG Xin, et al (4041)
- The impact of natural succession process on waterbird community in a abandoned fishpond at Chongming Dongtan, China ..... YANG Xiaoting, NIU Junying, LUO Zukui, et al (4050)
- Mercury contents in fish and its biomagnification in the food web in Three Gorges Reservoir after 175m impoundment ..... YU Yang, WANG Yuchun, ZHOU Huaidong, et al (4059)



- Microsatellite analysis on genetic diversity of common carp, *Cyprinus carpio*, populations in Yuan River .....  
 ..... YUE Xingjian, ZOU Yuanchao, WANG Yongming, et al (4068)

### **Landscape, Regional and Global Ecology**

- Research on spatio-temporal change of temperature in the Northwest Arid Area ..... HUANG Rui, XU Ligang, LIU Junmin (4078)
- Simulation of soil respiration in forests at the catchment scale in the eastern part of northeast China .....  
 ..... GUO Lijuan, GUO Qingxi (4090)
- The early effects of nitrogen addition on CH<sub>4</sub> uptake in an alpine meadow soil on the Eastern Qinghai-Tibetan Plateau .....  
 ..... ZHANG Peilei, FANG Huajun, CHENG Shulan, et al (4101)
- Analysis of water ecological footprint in Guangxi based on ecosystem services ..... ZHANG Yi, ZHANG Heping (4111)
- The integrated recognition of the source area of the urban ecological security pattern in Shenzhen .....  
 ..... WU Jiansheng, ZHANG Liqing, PENG Jianet al (4125)
- Carbon sources and storage sinks in scenic tourist areas: a Mount Lushan case study .....  
 ..... ZHOU Nianxing, HUANG Zhenfang, LIANG Yanyan (4134)
- Impacts of climate change on dominant pasture growing season in Central Inner Mongolia .....  
 ..... LI Xiazi, HAN Guodong, GUO Chunyan (4146)
- Phenological Characteristics of Typical Herbaceous Plants (*Lris lacteal*) and Its Response to Climate Change in Minqin Desert .....  
 ..... HAN Fugui, XU Xianying, WANG Lide, et al (4156)
- Biomass and distribution pattern of carbon storage in *Eomecon chionantha* Hance .....  
 ..... TIAN Dalun, YAN Wende, LIANG Xiaocui, et al (4165)
- Temporal dynamics and influencing factors of fine roots in five Chinese temperate forest ecosystems .....  
 ..... LI Xiangfei, WANG Chuankuan, QUAN Xiankui (4172)

### **Resource and Industrial Ecology**

- Effects of AMF on soil improvement and maize growth in mining area under drought stress .....  
 ..... LI Shaopeng, BI Yinli, CHEN Peizhen, et al (4181)

### **Urban, Rural and Social Ecology**

- Health function evaluation and exploring its mechanisms in the Shanghai Green Belt, China .....  
 ..... ZHANG Kaixuan, ZHANG Jianhua (4189)

### **Research Notes**

- Time lag effects of rainfall inside a *Platycladus Orientalis* plantation forest in the Beijing Mountain Area, China .....  
 ..... SHI Yu, YU Xinxiao, ZHANG Jiayin (4199)
- Long-term effects of harvest residue management on soil total carbon and nitrogen concentrations of a replanted Chinese fir  
 plantation ..... HU Zhenhong, HE Zongming, FAN Shaohui, et al (4205)

# 《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 彭少麟

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 13 期 (2013 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 13 (July, 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