

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

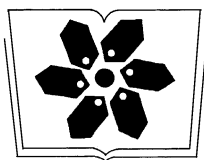
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 13 期 Vol.31 No.13 **2011**

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 31 卷 第 13 期 2011 年 7 月 (半月刊)

目 次

我国东部北亚热带植物群落季相的时空变化	陈效速, 亓孝然, 阿 杉, 等 (3559)
华北低丘山地人工林蒸散的季节变化及环境影响要素	黄 辉, 孟 平, 张劲松, 等 (3569)
东北东部 14 个温带树种树干呼吸的种内种间变异	许 飞, 王传宽, 王兴昌 (3581)
RS 和 GIS 支持的洪河地区湿地生态健康评价	王一涵, 周德民, 孙永华 (3590)
应用光合色素研究广西钦州湾丰水期浮游植物群落结构	蓝文陆, 王晓辉, 黎明民 (3601)
基于不可替代性的青海省三江源地区保护区功能区划研究	曲 艺, 王秀磊, 栾晓峰, 等 (3609)
融雪时间对大卫马先蒿生长和繁殖特性的影响	陈文年, 吴 彦, 吴 宁, 等 (3621)
巴郎山刺叶高山栎叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 对海拔高度的响应	冯秋红, 程瑞梅, 史作民, 等 (3629)
宁南半干旱与半干旱偏旱区苜蓿草地土壤水分与养分特征	任晶晶, 李 军, 王学春, 等 (3638)
南岭小坑藜蒴栲栎群落地上部分生物量分配规律	李 根, 周光益, 王 旭, 等 (3650)
放牧对五台山高山、亚高山草甸牧草品质的影响	章异平, 江 源, 刘全儒, 等 (3659)
短期增温对贡嘎山峨眉冷杉幼苗生长及其 CNP 化学计量学特征的影响	 羊留冬, 杨 燕, 王根绪, 等 (3668)
锰胁迫对垂序商陆叶片形态结构及叶绿体超微结构的影响	梁文斌, 薛生国, 沈吉红, 等 (3677)
土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞的化感潜力	胡琬君, 马丹炜, 王亚男, 等 (3684)
喀斯特城市杨树人工林微量元素的生物循环	王新凯, 田大伦, 闫文德, 等 (3691)
大兴安岭林区多孔菌的区系组成与种群结构	崔宝凯, 余长军 (3700)
铜绿微囊藻和斜生栅藻非稳态营养盐限制条件下的生长竞争特性	赵晓东, 潘 江, 李金页, 等 (3710)
陆地棉萌发至三叶期不同生育阶段耐盐特性	王俊娟, 王德龙, 樊伟莉, 等 (3720)
基于模式生物秀丽隐杆线虫的三丁基锡生态毒性评价	王 云, 杨亚楠, 简风雷, 等 (3728)
大庆油田石油开采对土壤线虫群落的影响	肖能文, 谢德燕, 王学霞, 等 (3736)
若尔盖高寒草甸退化对中小型土壤动物群落的影响	吴鹏飞, 杨大星 (3745)
洞庭湖湿地土壤环境及其对退田还湖方式的响应	刘 娜, 王克林, 谢永宏, 等 (3758)
渭北旱塬苹果园地产量和深层土壤水分效应模拟	张社红, 李 军, 王学春, 等 (3767)
黄土丘陵区不同土地利用下土壤释放 N_2O 潜力的影响因素	祁金花, 黄懿梅, 张 宏, 等 (3778)
东北中部地区水稻不同生育时期低温处理下生理变化及耐冷性比较	宋广树, 孙忠富, 孙 蕾, 等 (3788)
硫对成熟期烤烟叶绿素荧光参数的影响	朱英华, 屠乃美, 肖汉乾, 等 (3796)
高温强光对温州蜜柑叶绿素荧光、D1 蛋白和 Deg1 蛋白酶的影响及 SA 效应	 邱翠花, 计玮玮, 郭延平 (3802)
覆膜对土壤-莴苣体系氮素分布和植物吸收的影响	李丽丽, 李非里, 刘秋亚, 等 (3811)
基于空间分带的崇明东滩水鸟适宜生境的时空动态分析	范学忠, 张利权, 袁 琳, 等 (3820)
驯鹿对苔藓植物的选择食用及其生境的物种多样性	冯 超, 白学良 (3830)
北京城市绿地调蓄雨水径流功能及其价值评估	张 彪, 谢高地, 薛 康, 等 (3839)
专论与综述	
冻土甲烷循环微生物群落及其对全球变化的响应	倪永清, 史学伟, 郑晓吉, 等 (3846)
哺乳动物毛被传热性能及其影响因素	郑 雷, 张 伟, 华 彦 (3856)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-07



封面图说: 滇金丝猴是我国特有的世界珍稀动物之一, 属国家一级重点保护物种。仅生活在滇藏交界处的高寒云冷杉林中, 是我国川、滇、黔三种金丝猴中唯一具有和人类一样美丽红唇的金丝猴。手中的松萝是它最喜爱的食物之一。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

李根,周光益,王旭,吴仲民,邱治军,赵厚本,梁瑞友. 南岭小坑藜蒴栲群落地上部分生物量分配规律. 生态学报, 2011, 31(13): 3650-3658.

Li G, Zhou G Y, Wang X, Wu Z M, Qiu Z J, ZHAO H B, Liang R Y. Aboveground biomass of natural *Castanopsis fissa* community at the Xiaokeng of NanLing Mountain, Southern China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(13): 3650-3658.

南岭小坑藜蒴栲群落地上部分生物量分配规律

李 根¹, 周光益¹, 王 旭¹, 吴仲民^{1,*}, 邱治军¹, 赵厚本¹, 梁瑞友²

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州 510520; 2. 韶关市曲江区国营小坑林场, 小坑 512162)

摘要: 采用皆伐法对南岭小坑 750 m² 天然藜蒴栲群落的生物量进行实测。该群落有 43 个树种, 其中藜蒴栲为优势种, 测定胸径 2.0 cm 以上 267 株树木的树干、枝、叶烘干重数据以及胸径 (D)、树高 (H) 数据; 揭示了该森林群落地上部分总生物量 (AGB) 在森林各层次、各树种及乔木层各器官中的分配规律, 并建立了该群落的生物量回归模型。结果表明, 南岭小坑流域藜蒴栲群落地上部分总生物量 131.149 t/hm², 乔木层 129.895 t/hm², 下木层 1.563 t/hm², 层间植物 0.267 t/hm², 凋落物层 2.424 t/hm²。树干、树枝、树叶生物量分别是乔木层地上部分总生物量的 85.0%、10.6% 和 4.4%。优势树种藜蒴栲和小红栲生物量占乔木层地上部分总生物量的 46.3% 和 9.8%, 这说明在早期演替的藜蒴栲群落中生物量主要集中于少数优势种。乔木层各径阶 ($DBH < 5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, \geq 25$ cm) 生物量占乔木层地上部分总生物量的百分比分别是 1.0%, 13.1%, 52.2%, 26.4%, 4.6% 和 2.7%。天然次生藜蒴栲群落以 D 为自变量的总生物量模型是 $W_{\text{tagb}} = 0.116D^{2.384}$, $R^2 = 0.934$, 该模型估算值比皆伐实测值低 5.0%; 以 D^2H 为自变量的总生物量模型是 $W_{\text{tagb}} = 184.274 (D^2H)^{0.881}$, $R^2 = 0.952$, 模型估算值比皆伐实测值低 6.9%; 这说明针对天然藜蒴栲群落, 以 D 为自变量的总生物量模型更为实用。

关键词: 藜蒴栲群落; 生物量; 生物量分配; 回归模型; 亚热带次生林; 南岭

Aboveground biomass of natural *Castanopsis fissa* community at the Xiaokeng of NanLing Mountain, Southern China

LI Gen¹, ZHOU Guangyi¹, WANG Xu¹, WU Zhongmin^{1,*}, QIU Zhijun¹, ZHAO Houben¹, LIANG Ruiyou²

¹ Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou, 510520, China

² Xiaokeng State Forestry Farm of Shaoguan City, Guangdong province, 512162, China

Abstract: Biomass of natural *Castanopsis fissa* community was measured using the clear cutting method in a 750 m² plot at the Xiaokeng of Nanling Mountain, Southern China, where 43 tree species grew and the *Castanopsis fissa* is distributed as predominant species. We obtained the dried weight of stem, branch and leaf, and measured tree height (H) and diameter at breast height (DBH or D) for all 267 trees with DBH above 2.0 centimeter. Aboveground biomass (AGB) of this forest community and its distribution among different layers, tree species and organs of tree layer were analyzed, respectively. The regression models of biomass were established based on these AGB data. The results suggested that total aboveground biomass of natural *Castanopsis fissa* community is estimated to be 131.149 t/hm². Biomass of tree layer, understory layer, liana and litter layer were 129.895 t/hm², 1.563 t/hm², 0.267 t/hm², 2.424 t/hm², respectively. Tree stem, branch and leaf accounted for 85.0%, 10.6% and 4.4% of total biomass in tree layer, respectively. Biomass of dominant tree species, *Castanopsis fissa* and *C. carlesii* occupy about 46.3% and 9.8% of total biomass of tree layer, respectively, which suggests that biomass of forest community in early succession phase is mainly allocated to a few tree species. The allocation

基金项目: 科技部国际合作项目 (2007DFA31070); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (CAFYBB2008004); 中国林业科学研究院热带林业研究所基本科研业务费专项 (2008-12); 广东南岭森林生态系统定位研究站; 广东省林业科技创新示范工程专项资金项目 (2008KJCX012-02, 2009KJCX015-02)

收稿日期: 2010-09-26; 修订日期: 2011-03-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cawzm@ritf.ac.cn

of total aboveground biomass for each *DBH* class is about 1.0% for <5 cm, 13.1% for 5—10 cm, 52.2% for 10—15 cm, 26.4% for 15—20 cm, 4.6% for 20—25 cm, and 2.7% for >25 cm *DBH* classes, respectively. The distribution of biomass pattern among different *DBH* classes indicated that the forest community was in early succession phase. Using *D* as independent variable, total biomass regression model of single tree species (*Castanopsis fissa*) is expressed as $W_{\text{tagb}} = 0.086D^{2.538}$ ($R^2 = 0.947$). The estimated biomass values by this biomass model is 0.3% lower than the measured values by clear-cutting method; The biomass model using D^2H as independent variable is expressed as $W_{\text{tagb}} = 244.79 (D^2H)^{1.037}$ ($R^2 = 0.968$). The biomass estimated by this model was about 1.7% lower than the measured biomass values. Total biomass regression model using *D* as independent variable for 43 tree species of natural *Castanopsis fissa* community is expressed as $W_{\text{tagb}} = 0.116D^{2.384}$ ($R^2 = 0.934$). The biomass estimated by this model is about 5.0% lower than the measured biomass values. The model using D^2H as independent variable is calculated as $W_{\text{tagb}} = 184.274 (D^2H)^{0.881}$ ($R^2 = 0.952$). The model seems to underestimate about 6.9% than the measured biomass values. Therefore, we suggested that the biomass regression model of *Castanopsis fissa* community using *D* as independent variable had a relatively high precision and more practicality.

Key Words: *Castanopsis fissa* community; aboveground biomass; biomass allocation; regression models; subtropical secondary forest; Nanling Mountain

地上生物量(Aboveground Biomass, AGB)的动态变化过程是碳循环至关重要的一个方面^[1-2], AGB也是评价森林生态系统结构和功能的一个重要因子^[3]。我国森林生物量研究始于20世纪70年代后期,多采用平均木法和相对生长法建立相对生长方程估算生物量^[4-9],天然林生物量方面,仅见少数学者^[10-11]采用皆伐法估算生物量,皆伐面积为200—1500 m²。在生物量模型不相容问题上,唐守正、张会儒等^[11-13]提出了新方法,建立了与材积相容的生物量回归模型。藜蒴栲(*Castanopsis fissa*)群落是华南地区常见的森林群落类型,为次生林的早期演替群落,具有多种生态功能^[14]。部分学者对藜蒴栲人工林生物量和生产力有所研究^[15-17],但天然藜蒴栲群落生物量研究还未见报道。本研究的目的就是根据750 m²皆伐样地的生物量数据,估算天然藜蒴栲群落的地上部分生物量,并建立主要优势种和混合树种的生物量回归模型,以期开展南岭地区天然林碳汇等研究提供基础数据,填补藜蒴栲群落天然林生物量研究的空白。

1 试验地概况与研究方法

1.1 试验地概况

研究地位于广东省韶关市曲江区东南部的国营小坑林场,地处南岭山地的大庾岭南缘,113°49′08″—113°52′12″E, 24°39′42″—24°42′33″N,以中山和丘陵为主。该地区属中亚热带季风气候区,全年气候温和,年均气温20.3℃,年日照时数1706 h,全年无霜期约350 d。年均降雨量1530 mm,年均相对湿度79%。该区域海拔200—1301 m。地带性土壤为山地红壤,成土母质为变质花岗岩。地带性植被类型为中亚热带常绿阔叶林^[18]。现存植被为20—30年生天然次生林群落,优势树种为藜蒴栲和小红栲(*Castanopsis carlesii*)。本试验点位于小坑林场铜坑林区,海拔约550 m,坡向为西南坡;坡度为28°;用于生物量测定的藜蒴栲群落是1986年采伐后自然更新的次生林。

1.2 研究方法

(1)样地调查 2009年10月下旬,在小坑林场铜坑林区选择一块1200 m²的标准样地,并对样地进行调查,对于胸径大于1 cm的树木,记录树种、胸径、树高、枝下高和冠幅,并计算乔木层各树种的立木密度、胸高断面面积(*BA*)、平均胸径($\overline{DBH}$)、平均树高($\overline{H}$)和相对密度(*RA*)、相对频度(*RF*)、相对显著度(*RD*)以及重要值(*IV*)等指标^[19]。

(2)生物量测定 2009年10月对样地的750 m²运用皆伐法获得生物量数据^[10]。在伐倒乔木之前,先进

行下层植被生物量和凋落物测定;在每个 100 m²的样方内,均布设 5 个 1 m²的框,收集并测定框内凋落物层生物量;下层植被生物量是将每个 100 m²的样方内所有 DBH<1 cm 的乔木幼树、幼苗、灌木和所有草本植物收集起来一起称重并取样。胸径>2.0 cm 的乔木按树木编号(1—267 号),依次伐倒,就地称取树干鲜重和枝叶鲜重;同时,对各植物器官进行取样称重,样品带回实验室在 85 ℃ 恒温下烘至绝干,算出含水率,最后,算出所有树木各器官生物量干重。由于花果量极少且难以准确测定,加上其生物量所占比重也很小,故本研究没有进行花果生物量测定。

(3) 数据处理 用 EXCEL 2007 和 SPSS 17.0 进行数据计算及统计分析。

2 结果与分析

2.1 群落学特征分析

群落结构较为复杂,可分为乔木层(I, II)、灌木层、草本层以及层间植物,群落高度 13—15 m,乔木层的主要优势树种为黎蒴栲、小红栲,其次为荷木(*Schima superba*)、石栎(*Lithocarpus glabra*)。林下植物中格药铃(*Eurya muricata*)、罗浮柿(*Diospyros morrisiana*)等较多。草本植物比较稀疏,其中芒萁(*Dicranopteris linearis*)较多,层间植物多为鸡血藤(*Millettia reticulata*)、酸藤子(*Embelia laeta*)和瓜馥木(*Fissistigma oldhamii*)。

根据相关研究^[20],研究群落生物多样性时,亚热带常绿阔叶林群落最小取样面积为 1200—1600 m²,本实验研究设定的 1200 m²样地中有乔木 43 种,其中黎蒴栲、小红栲、荷木、石栎、黄樟(*Cinnamomum parthenoxylon*)、广东润楠(*Machilus kwangtungensis*)、红润楠(*Machilus thunbergii*)、毛栲(*Castanopsis rufotomentosa*)、罗浮柿 9 个树种的重要值之和为 199.31,占了乔木层的 66.44%,其中另外 34 个树种只占 33.56%(表 1)。从图 1 看出, DBH>1 cm 树种的种面积曲线反映了该群落样地面积增加到 1000 m²时,面积再增加,树种数增加缓慢,这说明黎蒴栲群落由于冠层优势树种比较单一,其最小取样面积要比其他群落小。因此在黎蒴栲群落中取 750 m²面积进行生物量测定具有很好的代表性。

表 1 样地各树种密度、胸高断面积、平均胸径、平均树高和重要值

Table 1 Tree density, basal area, average DBH, average tree height and important value/300 of each tree in plot

树种 Species	密度 Density /(株/hm ²)	胸高断面积 BA /(m ² /hm ²)	平均胸径 $\overline{DBH}$ /cm	平均数高 $\bar{H}$ /m	重要值 IV/300
黎蒴栲 <i>Castanopsis fissa</i>	1133.3	17.266	11.90	14.15	83.30
小红栲 <i>Castanopsis carlesii</i>	266.7	3.619	10.85	12.26	23.55
荷木 <i>Schima superba</i>	293.3	2.248	8.07	10.11	19.70
石栎 <i>Lithocarpus glabra</i>	186.7	2.140	13.46	12.28	16.43
黄樟 <i>Cinnamomum parthenoxylon</i>	106.7	2.522	8.62	11.83	15.14
广东润楠 <i>Machilus kwangtungensis</i>	173.3	1.505	8.62	11.83	12.13
红润楠 <i>Machilus thunbergii</i>	106.7	1.303	9.94	8.93	12.08
毛栲 <i>Castanopsis rufotomentosa</i>	80.0	0.721	8.70	10.02	8.71
罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>	80.0	0.556	7.03	10.86	8.29
其他 34 个种 Other 34 species	1133.5	7.969	7.36	8.63	100.69
总计 Total	3560.0	39.849	9.56	11.38	300.00

2.2 生物量组成特征

2.2.1 生物量在森林各层次的分配

根据皆伐生物量数据估算,总地上生物量为 134.149 t/hm²。乔木层地上生物量比重最大,达 96.830%,下木层、层间植物和凋落物层分别占 1.165%,0.199% 和 1.807%(表 2)。黎蒴栲群落乔木层地上部分总生物量为 129.896 t/hm²,其中树干生物量 110.459 t/hm²,树枝生物量 13.733 t/hm²,树叶生物量 5.704 t/hm²,各占乔木层地上部分生物量的 85.0%,10.6% 和 4.4%。

2.2.2 乔木层各树种地上部分生物量及其分配

根据样地实测生物量数据(表 3),可知群落中黎蒴栲和小红栲生物量占绝对优势,分别占乔木层地上部

分生物量的 46.3% 和 9.8%;其他 41 个种的生物量仅占 43.9%。群落中各树种地上部分生物量从 0.042 t/hm²到 60.179 t/hm²不等;树干生物量 0.030—51.494 t/hm²,占乔木层地上部分生物量的 70.9%—96.6%;树枝生物量 0.004—6.369 t/hm²,占乔木层地上部分生物量的 2.2%—20.1%;树叶生物量 0.002—2.316 t/hm²,占乔木层地上部分生物量的 1.2%—10.5%。

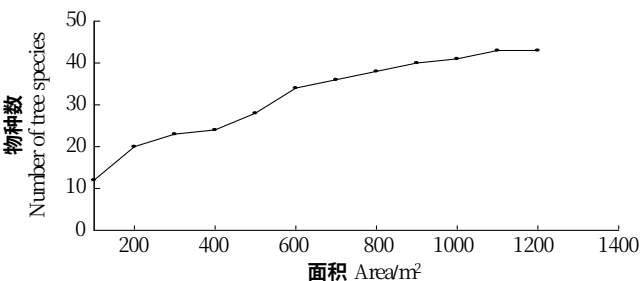


图 1 藜蒗群落种-面积曲线

Fig. 1 Species-area curve of *Castanopsis fissa* community

表 2 藜蒗群落地上部分生物量在森林各层次的分配

Table 2 Allocation of AGB in different forest layers

层次 Layer	生物量 Biomass/(t/hm ²)	占总地上生物量的百分比 Rate/%
树干(带皮) Trunk(including bark)	110.459	82.325
乔木层 树枝 Branch	13.732	10.255
Tree layer 树叶 Leaf	5.704	4.250
小计 Sum	129.895	96.830
下木层 Understory layer	1.563	1.165
层间植物或藤本植物 Liana	0.267	0.199
凋落物层 Litter	2.424	1.807
合计 Total	134.149	100

表 3 藜蒗群落各树种生物量分配

Table 3 AGB of different tree species in *Castanopsis fissa* community

树种 Species	树干生物量(W_s) Stem biomass/(t/hm ²)	树枝生物量(W_b) branch biomass/(t/hm ²)	树叶生物量(W_l) Leaf biomass/(t/hm ²)	总生物量(W_{tagh}) Total biomass/(t/hm ²)
藜蒗 <i>Castanopsis fissa</i>	51.495 (85.6)	6.369 (10.6)	2.316 (3.8)	60.179 (46.3)
小红栲 <i>Castanopsis carlesii</i>	10.897 (85.6)	1.258 (9.9)	0.579 (4.5)	12.735 (9.8)
荷木 <i>Schima superba</i>	6.579 (82.2)	0.964 (12.0)	0.462 (5.8)	8.005 (6.2)
石栎 <i>Lithocarpus glabra</i>	7.050 (90.1)	0.530 (6.8)	0.243 (3.1)	7.822 (6.0)
黄樟 <i>cinnamomum parthenoxylon</i>	5.389 (75.9)	1.203 (16.9)	0.513 (7.2)	7.105 (5.5)
广东润楠 <i>Machilus kwangtungensis</i>	4.691 (89.1)	0.417 (7.9)	0.158 (3.0)	5.267 (4.1)
红润楠 <i>Machilus thunbergii</i>	2.252 (86.5)	0.242 (9.3)	0.110 (4.2)	2.604 (2.0)
毛栲 <i>Castanopsis rufotomentosa</i>	1.628 (81.2)	0.200 (10.0)	0.178 (8.9)	2.006 (1.5)
罗浮栎 <i>Diospyros morrisiana</i>	1.592 (82.0)	0.227 (11.7)	0.123 (6.3)	1.942 (1.5)
其他 34 个种 Other species	18.885 (85.0)	2.322 (10.4)	1.022 (4.6)	22.230 (17.1)
合计 Total	110.459 (85.0)	13.732 (10.6)	5.704 (4.4)	129.895 (100.0)

括号内数字表示 AGB%

2.2.3 乔木层各径阶地上部分生物量及其分配

从表 4 可以看出,群落乔木层地上部分生物量在各径阶及各器官中的分配规律,密度峰值在 5—10 cm 径阶范围,而生物量峰值落后于密度峰值,出现在 10—15 cm 径阶范围;在 10—20 cm 径阶范围内的乔木层地上部分生物量占总乔木层地上部分生物量的 78.6%,说明在此次生林中,地上部分生物量主要分布于 10—20 cm 径阶范围内。

2.3 乔木层地上部分生物量回归模型

采用线性函数($Y=a+bX$)、二次方程($Y=a+bX+cX^2$)、指数函数($Y=ae^{bX}$)、对数函数($Y=a+b\ln X$)以及幂函数($Y=aX^b$),分别拟合藜蒗和混合种生物量模型,并根据各参数 t 值显著水平、标准误以及相关系数大小选出最优方程。

表 4 乔木层各径阶地上生物量及其分配

Table 4 Distribution of tree biomass in DBH classes

径阶 DBH class/cm	平均胸径 DBH / cm	平均树高 H/ m	立木密度 Tree density		生物量 Biomass/(t/hm ²)				占乔木层 生物量比率 Rate of total AGB/%
			个体数 /hm ²	比率 Rate/%	树干 Stem	树枝 Branch	树叶 Leaf	小计 Sum	
<5	3.5	5.9	533.3	15.0	1.023	0.215	0.116	1.354	1.0
5—10	7.1	9.6	1346.7	37.8	14.383	1.807	0.851	17.041	13.1
10—15	12.3	14.4	1280.0	36.0	58.734	6.454	2.601	67.790	52.2
15—20	16.9	15.0	346.7	9.7	28.850	3.810	1.574	34.233	26.4
20—25	21.0	16.5	40.0	1.1	5.097	0.650	0.278	6.025	4.6
≥25.0	25.9	16.0	13.3	0.4	2.372	0.796	0.284	3.452	2.7
合计/平均 Total/Mean	9.6	11.4	3560.0	100.0	110.459	13.732	5.704	129.895	100.0

2.3.1 黎蒴栲(*Castanopsis fissa*)生物量回归模型

无论是用 D 还是用 D^2H 作为自变量拟合回归模型,黎蒴栲树干和地上部分总生物量都表现出很高的相关关系,和皆伐法实测生物量偏差百分比((根据模型估测的生物量-实测生物量)/实测生物量 $\times 100\%$)也都在 $\pm 2\%$ 以内。虽然用 D^2H 作自变量拟合模型的相关系数高于用 D 作自变量拟合的模型,但是偏差百分比的绝对值也稍大。树枝和树叶与 D 和 D^2H 的相关关系则较小,与皆伐法所测的生物量相比,偏差较大(表 5)。

表 5 黎蒴栲单个种地上部分生物量估算模型

Table 5 Regression models for estimating ABG of *Castanopsis fissa*

回归方程 Regression model	参数 Coefficient symbol	参数值 Coefficient value	标准误 Standard error	判断系数 R^2	偏差 Average deviation/%	t 值显著水平 Significance level of t -value
$W_s = aD^b$	a	0.064	0.011	0.945	0.84	<0.001
	b	2.596	0.069			<0.001
$W_b = aD^b$	a	0.009	0.004	0.670	-7.4	0.038
	b	2.514	0.194			<0.001
$W_l = ae^{bD}$	a	0.094	0.022	0.640	-5.2	<0.001
	b	0.230	0.019			<0.001
$W_{tagb} = aD^b$	a	0.086	0.014	0.947	-0.34	<0.001
	b	2.538	0.066			<0.001
$W_s = a(D^2H)^b$	a	219.588	7.526	0.977	-0.85	<0.001
	b	1.066	0.018			<0.001
$W_b = a(D^2H)^b$	a	20.819	3.279	0.627	-15.12	<0.001
	b	0.983	0.083			<0.001
$W_l = ae^{b(D^2H)^2}$	a	0.377	0.052	0.600	-3.8	<0.001
	b	5.969	0.535			<0.001
$W_{tagb} = a(D^2H)^b$	a	244.79	9.591	0.968	-1.7	<0.001
	b	1.037	0.021			<0.001

黎蒴栲样木总株数 85 株(胸径 3.7—22.2 cm,树高 5.8—18 m);各径阶($D<5, 5-10, 10-15, 15-20, \geq 20.0$ cm)的样木株数分别是 2、15、56、11、1 株; W_s 、 W_b 、 W_l 和 W_{tagb} 分别为树干生物量、树枝生物量、树叶生物量和地上部分总生物量

2.3.2 混合种生物量回归模型

胸径(D)和地上部分总生物量表现出很高的相关性,运用多种函数拟合回归方程,其中幂函数回归方程的相关性最高($R^2=0.9342$),回归方程为:

$$W_{tagb} = 0.9324D^{2.384} \quad (\text{模型 1})$$

以 D^2H 作为自变量时,拟合方程的相关系数有所提高($R^2=0.9515$),方程为:

$$W_{\text{tagb}} = 184.274 (D^2 H)^{0.881} \quad (\text{模型 2})$$

模型 2 和模型 1 相比,引进了变量 H ,提高了相关系数值,但是其模拟出的生物量与皆伐生物量相比,低了 6.9%,而模型 1 只比皆伐值低 5.0% (表 6)。

3 讨论

3.1 森林生物量模型及其精度

很多人都认为模型 $W = a (D^2 H)^b$ 的精度要高于模型 $W = aD^b$ [21-24]。本研究中,无论是主要种的生物量模型,还是混合种生物量模型, $W = aD^b$ 的相关系数值均小于 $W = a (D^2 H)^b$,但是前者偏差百分比绝对值小于后者。如何选择合适的回归模型以提高生物量估计的精度,这是一个值得我们思考的问题,而不能仅仅以相关系数的大小来判定回归模型的优劣。

Kittreggt 首次将 CAR 模型 (Constant Allometric Ratio Model, $\ln Y = a + b \ln X$) 引入树木生物量估测方法中,并成功地估算了叶的重量;随后许多研究者纷纷应用该模型估算林木其他器官的重量。后来 Ruark 等人对该模型提出了不同见解,他们认为林木各维量之间相对生长率随林木大小的变化有可能不是一个常数,提出 X 和 Y 的生长率与 X 大小呈线性关系,并建立 VAR 模型 (Variable Allometric Ratio Model, $\ln Y = a + b \ln X + cX$)。我国学者胥辉则认为虽然 VAR 模型用于拟合数据之内的总体估计时,估计精度比 CAR 模型高,但是 VAR 模型用于拟合数据之外的总体估计时,估计精度比 CAR 模型低 [25],并利用华北落叶松部分生物量数据做出了评价,CAR 和 VAR 模型的优劣及其适用对象可能还需要更多的数据来做进一步的验证。本研究树枝和树叶的回归模型的相关系数普遍较小 (R^2 均小于 0.750),在今后进一步的研究中,可以考虑拟合 VAR 模型,并建议加入冠幅、冠长比等参数来拟合枝和叶的回归方程,以提高模型的精度和适用度;由于不同树种木材密度不同,亦考虑在树干生物量模型中考虑加入木材密度来拟合回归方程。

表 6 藜蒭栲群落乔木层地上部分总生物量 (混合种) 模型*

Table 6 Regression models for estimating total AGB of *Castanopsis fissa* community (all 43 tree species)

回归方程 Regression model	参数 Coefficient symbol	参数值 Coefficient value	标准误 Standard error	判断系数 R^2	偏差 Average deviation/ %	t 值显著水平 Significance level of t -value
$W_s = aD^b$	a	0.080	0.007	0.933	-3.5	<0.001
	b	2.471	0.041			<0.001
$W_b = a + bD + cD^2$	a	3.030	0.743	0.721	-2.1	<0.001
	b	-0.926	0.150			<0.001
	c	0.086	0.007			<0.001
$W_l = a + bD + cD^2$	a	1.210	0.291	0.727	-1.0	<0.001
	b	-0.346	0.058			<0.001
	c	0.033	0.003			<0.001
$W_{\text{tagb}} = aD^b$	a	0.116	0.010	0.934	-5.0	<0.001
	b	2.384	0.039			<0.001
$W_s = a (D^2 H)^b$	a	167.682	6.155	0.954	-5.7	<0.001
	b	0.915	0.012			<0.001
$W_b = a + b(D^2 H) + c(D^2 H)^2$	a	0.734	0.281	0.731	-0.2	0.009
	b	11.439	2.322			<0.001
	c	26.956	3.484			<0.001
$W_l = a + b(D^2 H) + c(D^2 H)^2$	a	0.341	0.106	0.750	-17.0	0.001
	b	4.831	0.883			<0.001
	c	10.300	1.319			<0.001
$W_{\text{tagb}} = a (D^2 H)^b$	a	184.274	3.736	0.952	-6.9	<0.001
	b	0.881	0.012			<0.001

黎蒴栲群落 43 个树种样木总株数 267 株(胸径 2.0—25.9 cm, 树高 2.2—18.8 m)。各径阶 ($D < 5, 5—10, 10—15, 15—20, 20—25, > 25.0$ cm) 的样木株数分别是 40、101、96、26、3、1 株。 W_s 、 W_b 、 W_l 和 W_{tagb} 分别为树干生物量、树枝生物量、树叶生物量和地上部分总生物量。

3.2 模型参数及意义

用 D 为自变量, 树干生物量和地上部分总生物量为因变量, 建立幂函数回归模型时, 指数参数 b 的值都大于 2。Bruce W. Nelsona. et 认为胸径 (*Bellucia* spp.) 大于 20 cm 时, 树的大枝(基径大于 1 cm)生物量占整棵树生物量的 30% 以上, 而胸径大于 10 cm 时, 树的大枝生物量仅占整株树生物量的 10% 左右。因此, 随着树木的生长, 树冠部分的重量所占比重也会加大, 相当于树形从锥形向圆柱形方向发展。假定树形不变的话, 其材积(或重量)就会随着胸径平方的增加而增加^[26]。在本研究中, Bruce W. Nelsona 的观点很难解释这一现象, 树枝生物量所占比重很少有大于 25% 的。所以, 关于参数 b 为何大于 2 的问题, 在以后的研究中应做深入探讨, 以便给出更为合理的解释。

3.3 方法改进

在生物量测定中, 平均木法和相对生长法^[27-28]不失为一种较为便捷又能保证一定精度的方法, 但是过少的样本可信度低。而且在自然环境下的林木生长及其生物学、生态学特性各异, 不同树种甚至同一树种各参数(胸径、树高、冠幅、冠长比、枝下高、生物量等)的变异程度也较大, 在建立回归方程的时候, 难以消除其间的差异。在这里, 利用 267 株树实测的生物量数据, 用一种改进的方法建立新的回归方程。即: 以各径阶平均胸径作自变量, 各径阶平均单木生物量作因变量, 建立回归方程(图 2):

$$W_{tagb} = 0.1428D^{2.3088}, R^2 = 0.9986 \quad (\text{模型 3})$$

该模型 3 计算值与皆伐法获得的实测值相比, 其平均偏差百分比是 -3.36%。

而用传统的方法即以胸径作自变量, 单木生物量作因变量, 建立回归方程(图 2):

$$W_{tagb} = 0.1162D^{2.384}, R^2 = 0.9342 \quad (\text{模型 4})$$

该模型 4 计算值与皆伐法获得的实测值相比, 其平均偏差百分比是 -5.0%。

可见, 改进方法获得的模型 3 要明显优于传统方法获得的模型 4, 这可能是因为用各径阶多个树种的平均值, 较好的消除或减小了不同个体各参数之间的变异, 从而降低了生物量模型的离散度, 模拟出精度更高的回归方程。这也从另一方面证实了平均木法和相对生长法的优异之处。

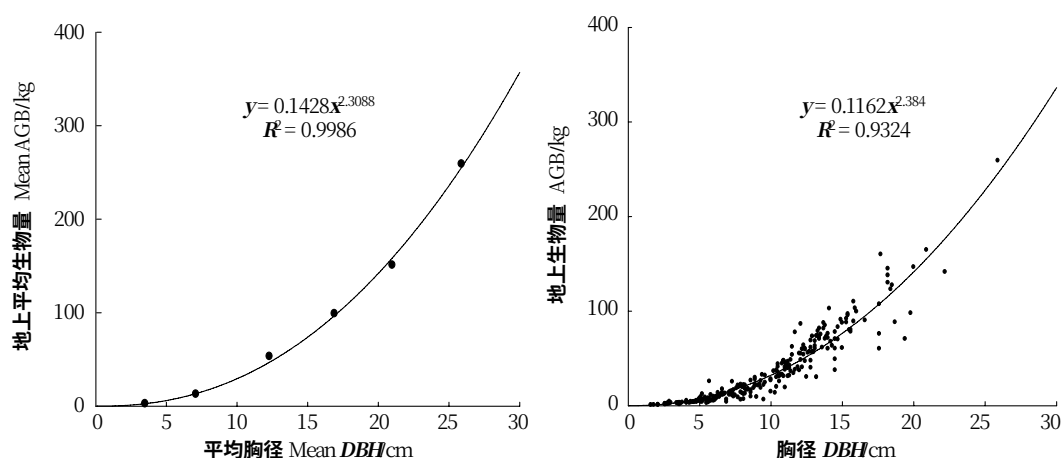


图 2 乔木树地上部分总生物量和胸径的关系

Fig. 2 Relationship between total AGB and tree DBH

3.4 枝叶回归模型

本研究中的黎蒴栲树叶回归模型是指数模型, 混合种树枝和树叶模型均是二次项模型, 其 R^2 值均高于幂函数模型。本研究枝叶所用模型适用于 $2.0 \leq DBH \leq 25.9$ cm 范围, 在此范围用指数模型或二项式模型能拟合

较高的回归方程,超出此范围应根据实际情况重新拟合回归方程。

4 结论

(1)生物量模型中,幂函数模型 $W = aD^b$ (模型 1) 和 $W = a(D^2H)^b$ (模型 2) 的相关系数都较高,由于树高测量难度大,其估测值与实际值偏差较大(模型 2 和模型 1 偏差之间的 P 值 0.254),实践中可优先考虑用模型 1 估算生物量。

(2)森林采伐 24 a 后,天然更新的藜蒴栲群落地上部分总生物量(131.149 t/hm^2)的 96.83% 分布在乔木层中,下木层、层间植物层和凋落物层的生物量很少。优势树种藜蒴栲和小红栲生物量之和占了乔木层地上部分总生物量的 56.2%,说明在早期演替的森林群落中生物量主要集中分布于少数优势种。

(3)乔木层各径阶的生物量分布与各径阶的个体数分布一样,都成近正态分布。立木密度峰值在 5.0—9.9 cm 径阶范围,而生物量峰值落后于密度峰值并出现在 10.0—14.9 cm 径阶范围,78.6% 的生物量分布在 10.0—19.9 cm 径阶范围内,说明幼龄林中等径阶的生物量所占比重最大。

References:

- [1] Ketterings Q M, Coe R, van Noordwijk M, Ambagau Y, Palm C A. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, 2001, 146(1/3): 199-209.
- [2] Chave J, Condit R, Lao S, Caspersen J P, Foster R B, Hubbell S P. Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama. *Journal of Ecology*, 2003, 91(2): 240-252.
- [3] Brown S L, Schroeder P, Kern J S. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. *Forest Ecology and Management*, 1999, 123(1): 81-90.
- [4] Feng Z W, Chen C Y, Zhang J W, Wang K P, Zhao J L, Gao H. Determination of biomass of *Pinus massoniana* stand in Huitong County, Hunan province. *Scientia Silvae Sinicae*, 1982, 18(2): 127-134.
- [5] Xue Li. Nutrient cycling in a Chinese — fir (*Cunninghamia lanceolata*) stand on a poor site in Yishan, Gunagxi. *Forest Ecology and Management*, 1996, 89(1/3): 115-123.
- [6] Chen Z H, Zhang H D, Wang B S, Zhang Z Q. Studies on biomass and its allocation of the evergreen broadleaved forest in Heishiding, Guangdong. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1993, 7(4): 289-298.
- [7] Zhang Z P, Ding M M. Biomass and Efficiency of radiation utilization in monsoon evergreen broadleaved forest in Dinghushan biosphere reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(5): 525-534.
- [8] Song J, Wang B S. The biomass and biomass increment of dominant species *Ixonanthes chinensis* in lower Subtropical evergreen broadleaved forest, Guangdong. *Ecologic Science*, 1996, 15(2): 1-5.
- [9] Fan H B, Li Y Y, Su B Q, Lin D X, Liu C H, Jiang Z K. Allocation pattern of biomass and productivity in the mixed uneven-aged stands of Masson's pine and hardwood species. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(8): 2463-3473.
- [10] Huang Q, Li Y D, Lai J Z, Peng G J. Study on biomass of tropical mountain rain forest in Limushan, Hainan island. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1991, 15(3): 197-206.
- [11] Li Y D. Comparative analysis for biomass measurement of tropical mountain rain forest in HaiNan Island, China. *Acta Ecologica Sinica*, 1993, 13(4): 313-320.
- [12] Tang S Z, Zhang H R, Xu H. Study on establish and estimate method of compatible biomass model. *Scientia Silvae Sinicae*, 2000, 36(21): 19-27.
- [13] Zhang H R, Tang S Z, Wang F Y. Study on establish and estimate method of biomass model compatible with volume. *Forest Research*, 1999, 12(1): 53-59.
- [14] Tan W X, Liang Y F, Luo D. The characteristics and afforestation skill of *Castanopsis fissa* as an excellent indigenous fast-growing tree species. *Forest Inventory and Planning* 2006, 31(2): 109-111.
- [15] Zeng S C, Xie Z S, Gu Y K, Su Z Y, Chen B G, Lin S H. The biomass and water-holding capacities of some forest communities of Baiyunshan Scenic Spot. *Guangzhou Journal of South China Agricultural University: Natural Science Edition*, 2002, 23(4): 41-42.
- [16] Liao H B, Zhang C N, Liu C H, Chen Z Z. A study of *Castanopsis fissa* plantation growth. *Forest Science and Technology*, 1994(5): 15-17.
- [17] Chen H Y, Xu Y B. Study on productivity of mixed forest consisting of *Pinus massoniana* and *Castanopsis fissa*. *Journal of South China Agriculture University*, 1993, 14(1): 144-148.
- [18] Huang Z H, Tian D L, Zhou G Y, Liang R Y. Soil nutrient status of different forest types in Nanling Mountains, Northern Guangdong Province. *Journal of Northeast Forestry University*, 2009, 37(9): 63-67.
- [19] Yang Y, Li Y D, Zeng Q B, Chen B S. Study on community structure and biomass of monsoon forest in Jianfeng Mountain, HaiNan Island. *Natural*

- Science Journal Hainan University University: Natural Science Edition, 1988, 6(4): 26-32.
- [20] Wang B S, Zhang Z Q, Lan C Y, Hu Y J. Studies on sampling techniques of the south-subtropical evergreen broad-leaf forest in Guangdong Province, China. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1982, 6(1): 51-61.
- [21] Zhou G Y, Zeng Q B, Lin M X, Chen B F, Li Y D, Wu Z M. Biomass and nutrient allocation in *Manglietia hainanensis* plantation ecosystem at Jianfengling. *Forest Research*, 1997, 10(5): 453-457.
- [22] Xu W J, Liu Q J, Ma Z Q, Liu Y C. Biomass of *Quercus fabri* population under different ecological restoration regimes in subtropical China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(3): 459-466.
- [23] Li X R, Liu Q J, Chen Y R, Hu L L, Yang F T. Aboveground biomass of three conifers in Qianyanzhou plantation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(8): 1382-1388.
- [24] Liu W Q, Yu S X, Wang Y F, Lian J Y. Comparison of the biomass estimation methods for the forest at heishiding Nature Reserve. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2002, 41(2): 80-84.
- [25] Xu H. A Comparison between CAR and VAR biomass models. *Journal of Southwest Forestry College* 2003, 23(2): 36-39.
- [26] Nelson B W, Mesquita R, Pereira J L G, de Souza S G A, Batista G T, Couto L B. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management*, 1999, 117(1/3): 149-167.
- [27] Ogawa H. Principle and methods of estimating primary production in forests//Shidei T, Kora T, eds. *Primary Productivity of Japanese Forests-Productivity of Terrestrial Communities*. Tokyo: University of Tokyo Press, 1977: 29-38.
- [28] Sails S M, Assis M A, Mattos P P, Pião A C S. Estimating the aboveground biomass and wood volume of savanna woodlands in Brazil's Pantanal wetlands based on allometric correlations. *Forest Ecology and Management*, 2006, 228(1/3): 61-68.

参考文献:

- [4] 冯宗炜, 陈楚莹, 张家武, 王开平, 赵吉录, 高虹. 湖南会同地区马尾松林生物量的测定. *林业科学*, 1982, 18(2): 127-134.
- [6] 陈章和, 张宏达, 王伯荪, 张志权. 广东黑石顶常绿阔叶林生物量及其分配的研究. *植物生态学与地植物学学报*, 1993, 7(4): 289-298.
- [7] 张祝平, 丁明懋. 鼎湖山亚热带季风常绿阔叶林的生物量和光能利用效率. *生态学报*, 1996, 16(5): 525-534.
- [8] 宋君, 王伯荪. 南亚热带常绿阔叶林优势种群生物量与生物量增量. *生态科学*, 1996, 15(2): 1-5.
- [9] 樊后保, 李燕燕, 苏兵强, 林德喜, 刘春华, 蒋宗垠. 马尾松-阔叶树混交异龄林生物量与生产力分配格局. *生态学报*, 2006, 26(8): 2463-2473.
- [10] 黄全, 李意德, 赖巨章, 彭国金. 黎母山热带山地雨林生物量研究. *植物生态学与地植物学学报*, 1991, 15(3): 197-206.
- [11] 李意德. 海南岛热带山地雨林林分生物量估测方法比较分析. *生态学报*, 1993, 13(4): 313-320.
- [12] 唐守正, 张会儒, 胥辉. 相容性生物量模型的建立及其估计方法研究. *林业科学*, 2000, 36(1): 19-27.
- [13] 张会儒, 唐守正, 王奉瑜. 与材积兼容的生物量模型的建立及其估计方法研究. *林业科学研究*, 1999, 12(1): 53-59.
- [14] 谭文雄, 梁银凤, 罗丹. 优良乡土速生树种黎蒴的特性及其造林技术. *林业调查规划*, 2006, 31(2): 109-111.
- [15] 曾曙才, 谢正生, 古炎坤, 苏志尧, 陈北光, 林书豪. 广州白云山几种森林群落生物量和持水性能. *华南农业大学学报: 自然科学版*, 2002, 23(4): 41-42.
- [16] 廖涵宗, 张春能, 刘春华, 陈作智. 黎蒴人工林生长量的研究. *林业科技通讯*, 1994(5): 15-17.
- [17] 陈红跃, 徐英宝. 马尾松-黎蒴混交林生产力的研究. *华南农业大学学报*, 1993, 14(1): 144-148.
- [18] 黄志宏, 田大伦, 周光益, 梁瑞友. 广东南岭不同林分类型土壤养分状况比较分析. *东北林业大学学报*, 2009, 37(9): 63-67.
- [19] 阳云, 李意德, 曾庆波, 陈伯珊. 海南岛尖峰岭热带季雨林群落结构及其地上部分生物量的研究. *海南大学学报: 自然科学版*, 1988, 6(4): 26-32.
- [20] 王伯荪, 张志权, 蓝崇钰, 胡玉佳. 南亚热带常绿阔叶林取样技术研究. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1982, 6(1): 51-61.
- [21] 周光益, 曾庆波, 林明献, 陈步峰, 李意德, 吴仲民. 海南木莲人工林生物量及养分分配. *林业科学研究*, 1997, 10(5): 453-457.
- [22] 徐雯佳, 刘琪璟, 马泽清, 刘迎春. 江西千烟洲不同恢复途径下白栎种群生物量. *应用生态学报*, 2008, 19(3): 459-466.
- [23] 李轩然, 刘琪璟, 陈永瑞, 胡理乐, 杨凤亭. 千烟洲人工林主要树种地上生物量的估算. *应用生态学报*, 2006, 17(8): 1382-1388.
- [24] 刘蔚秋, 余世孝, 王永繁. 练砦钰黑石顶自然保护区森林生物量测定的比较分析. *中山大学学报: 自然科学版*, 2002, 41(2): 80-84.
- [25] 胥辉. 两种生物量模型的比较. *西南林学院学报*, 2003, 23(2): 36-39.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 13 July, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Spatiotemporal variation of plant community aspections in the north-subtropical zone of eastern China	CHEN Xiaoqiu, QI Xiaoran, A Shan, et al (3559)
Seasonal variations and environmental control impacts of evapotranspiration in a hilly plantation in the mountain areas of North China	HUANG Hui, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3569)
Intra- and inter-specific variations in stem respiration for 14 temperate tree species in northeastern China	XU Fei, WANG Chuankuan, WANG Xingchang (3581)
Assessment of the ecological health of wetlands in Honghe supported by RS and GIS techniques	WANG Yihan, ZHOU Demin, SUN Yonghua (3590)
Phytoplankton community structure in Qinzhou Bay during flood season by analysis of HPLC photosynthetic pigment signatures	LAN Wenlu, WANG Xiaohui, LI Mingmin (3601)
Irreplaceability-based function zoning of nature reserves in the Three Rivers Headwater Region of Qinghai Province	QU Yi, WANG Xiulei, LUAN Xiaofeng, et al (3609)
Effects of snowmelt timing on individual growth and reproduction of <i>Pedicularis davidii</i> var. <i>pentodon</i> on the eastern Tibetan Plateau	CHEN Wennian, WU Yan, WU Ning, et al (3621)
Response of foliar $\delta^{13}\text{C}$ of <i>Quercus spinosa</i> to altitudinal gradients	FENG QiuHong, CHENG Ruimei, SHI Zuomin, et al (3629)
Soil water and nutrient characteristics of alfalfa grasslands at semi-arid and semi-arid prone to drought areas in southern Ningxia	REN Jingjing, LI Jun, WANG Xuechun, et al (3638)
Aboveground biomass of natural <i>Castanopsis fissa</i> community at the Xiaokeng of NanLing Mountain, Southern China	LI Gen, ZHOU Guangyi, WANG Xu, et al (3650)
Impacts of grazing on herbage quality of the alpine and subalpine meadows within Wutai Mountain	ZHANG Yiping, JIANG Yuan, LIU Quanru, et al (3659)
Short-term effects of warming on growth and stoichiometrical characteristics of <i>Abies fabii</i> (Mast.) Craib seedling in Gongga mountain	YANG Liudong, YANG Yan, WANG Genxu, et al (3668)
Manganese stress on morphological structures of leaf and ultrastructures of chloroplast of a manganese hyperaccumulator, <i>Phytolacca americana</i>	LIANG Wenbin, XUE Shengguo, SHEN Jihong, et al (3677)
Allelopathic potential of volatile oil from <i>Chenopodium ambrosioides</i> L. on root tip cells of <i>Vicia faba</i>	HU WanJun, MA Danwei, WANG Yanan, et al (3684)
Contents and cycling of microelements in Karst urban poplar plantations	WANG Xinkai, TIAN Dalun, YAN Wende, et al (3691)
Fungal flora and population structure of polypores in the Great Xingan Mountains	CUI Baokai, YU Changjun (3700)
Growth competition characteristics of <i>Microcystis aeruginosa</i> Kutz and <i>Scenedesmus obliquus</i> (Turp.) Kutz under non-steady-state nutrient limitation	ZHAO Xiaodong, PAN Jiang, LI Jinye, et al (3710)
The characters of salt-tolerance at different growth stages in cotton	WANG Junjuan, WANG Delong, FAN Weili, et al (3720)
Assessment of tributyltin ecotoxicity using a model animal nematode <i>Caenorhabditis elegans</i>	WANG Yun, YANG Yanan, JIAN Fenglei, et al (3728)
Effect of oil exploitation on soil nematode communities in Daqing Oilfield	XIAO Nengwen, XIE Deyan, WANG Xuexia, et al (3736)
Effect of habitat degradation on soil meso- and microfaunal communities in the Zoigê Alpine Meadow, Qinghai-Tibetan Plateau	WU Pengfei, YANG Daxing (3745)
Characteristics of the soil environment of Dongting Lake wetlands and its response to the converting farmland to lake project	LIU Na, WANG Kelin, XIE Yonghong, et al (3758)
Modeling the changes of yield and deep soil water in apple orchards in Weibei rainfed highland	ZHANG Shehong, LI Jun, WANG Xuechun, et al (3767)
Potential soil N_2O emissions and its controlling factors under different land use patterns on hilly-gully loess plateau	QI Jinhua, HUANG Yimei, ZHANG Hong, et al (3778)
Comparison between physiological properties and cold tolerance under low temperature treatment during different growing stages of rice in northeast central region of China	SONG Guangshu, SUN Zhongfu, SUN Lei, et al (3788)
Effect of sulfur on chlorophyll fluorescence of flue-cured tobacco at maturation stage	ZHU Yinghua, TU Naimei, XIAO Hanqian, et al (3796)
Effects of high temperature and strong light on chlorophyll fluorescence, the D1 protein, and Deg1 protease in Satsuma mandarin, and the protective role of salicylic acid	QIU Cuihua, JI Weiwei, GUO Yanping (3802)
Effect of plastic film mulching on the distribution and translocation of nitrogen in soil-lettuce system	LI Lili, LI Feili, LIU Qiuya, et al (3811)
An analysis on spatio-temporal dynamics of suitable habitats for waterbirds based on spatial zonation at Chongming Dongtan, Shanghai	FAN Xuezhong, ZHANG Liquan, YUAN Lin, et al (3820)
The bryophyte consumed by reindeers and species diversity of bryophyte in reindeer habitats	FENG Chao, BAI Xueliang (3830)
Evaluation of rainwater runoff storage by urban green spaces in Beijing	ZHANG Biao, XIE Gaodi, XUE Kang, et al (3839)
Review and Monograph	
Advances in methane-cycling microbial communities of permafrost and their response to global change	NI Yongqing, SHI Xuwei, ZHENG Xiaoji, et al (3846)
Heat transfer property of mammal pelage and its influencing factors	ZHENG Lei, ZHANG Wei, HUA Yan (3856)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 13 期 (2011 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 13 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元