

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

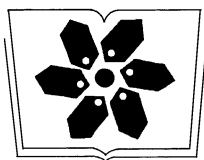
中国生态学会2011年学术年会专辑



第31卷 第19期 Vol.31 No.19 **2011**

中国生态学会
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 19 期

2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

卷首语	本刊编辑部 (I)
我国生态学研究及其对社会发展的贡献	李文华 (5421)
生态学的现任务——要在混乱和创新中前进	蒋有绪 (5429)
发展的生态观:弹性思维	彭少麟 (5433)
中国森林土壤碳储量与土壤碳过程研究进展	刘世荣,王 晖,栾军伟 (5437)
区域尺度陆地生态系统碳收支及其循环过程研究进展	于贵瑞,方华军,伏玉玲,等 (5449)
流域尺度上的景观格局与河流水质关系研究进展	刘丽娟,李小玉,何兴元 (5460)
中国珍稀濒危孑遗植物珙桐种群的保护	陈 艳,苏智先 (5466)
水资源投入产出方法研究进展	肖 强,胡 聃,郭 振,等 (5475)
我国害鼠不育控制研究进展	刘汉武,王荣欣,张凤琴,等 (5484)
基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究	李辉霞,刘国华,傅伯杰 (5495)
毛乌素沙地克隆植物对风蚀坑的修复	叶学华,董 鸣 (5505)
近 50 年黄土高原地区降水时空变化特征	王麒麟,范晓辉,王孟本 (5512)
森林资源可持续状况评价方法	崔国发,邢韶华,姬文元,等 (5524)
黄土丘陵区景观格局对水土流失过程的影响——景观水平与多尺度比较	王计平,杨 磊,卫 伟,等 (5531)
未来 10 年黄土高原气候变化对农业和生态环境的影响	俄有浩,施 茜,马玉平,等 (5542)
山东近海生态资本价值评估——近海生物资源现存量价值	杜国英,陈 尚,夏 涛,等 (5553)
山东近海生态资本价值评估——供给服务价值	王 敏,陈 尚,夏 涛,等 (5561)
特大冰冻灾害后大明山常绿阔叶林结构及物种多样性动态	朱宏光,李燕群,温远光,等 (5571)
低磷和干旱胁迫对大豆植株干物质积累及磷效率的影响	乔振江,蔡昆争,骆世明 (5578)
中国环保模范城市生态效率评价	尹 科,王如松,姚 亮,等 (5588)
污染足迹及其在区域水污染压力评估中的应用——以太湖流域上游湖州市为例	焦雯珺,闵庆文,成升魁,等 (5599)
近二十年来上海不同城市空间尺度绿地的生态效益	凌焕然,王 伟,樊正球,等 (5607)
城市社区尺度的生态交通评价指标	戴 欣,周传斌,王如松,等 (5616)
城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例	李 锋,叶亚平,宋博文,等 (5623)
中国居民消费隐含的碳排放量变化的驱动因素	姚 亮,刘晶茹,王如松 (5632)
煤矿固废资源化利用的生态效率与碳减排——以淮北市为例	张海涛,王如松,胡 聃,等 (5638)
城市遮阴环境变化对大叶黄杨光合过程的影响	于盈盈,胡 聃,郭二辉,等 (5646)
广东永汉传统农村的聚落生态观	姜雪婷,严力蛟,后德仟 (5654)
长江三峡库区昆虫丰富度的海拔梯度格局——气候、土地覆盖及采样效应的影响	刘 晔,沈泽昊 (5663)
东南太平洋智利竹筴鱼资源和渔场的时空变化	化成君,张 衡,樊 伟 (5676)
豚草入侵对中小型土壤动物群落结构特征的影响	谢俊芳,全国明,章家恩,等 (5682)

我国烟粉虱早春发生与秋季消退·····	陈春丽, 鄧军锐, 戈 峰, 等 (5691)
变叶海棠及其伴生植物峨眉小檗的水分利用策略 ·····	徐 庆, 王海英, 刘世荣 (5702)
杉木人工林不同深度土壤 CO ₂ 通量·····	王 超, 黄群斌, 杨智杰, 等 (5711)
不同浓度下四种除草剂对福寿螺和坑螺的生态毒理效应·····	赵 兰, 骆世明, 黎华寿, 等 (5720)
短期寒潮天气对福州市绿地土壤呼吸及组分的影响·····	李熙波, 曾文静, 李金全, 等 (5728)
黄土丘陵沟壑区景观格局对流域侵蚀产沙过程的影响——斑块类型水平·····	王计平, 杨 磊, 卫 伟, 等 (5739)
气候变化对物种分布影响模拟中的不确定性组分分割与制图——以油松为例·····	张 雷, 刘世荣, 孙鹏森, 等 (5749)
北亚热带马尾松年轮宽度与 NDVI 的关系 ·····	王瑞丽, 程瑞梅, 肖文发, 等 (5762)
物种组成对高寒草甸植被冠层降雨截留容量的影响·····	余开亮, 陈 宁, 余四胜, 等 (5771)
若尔盖湿地退化过程中土壤水源涵养功能 ·····	熊远清, 吴鹏飞, 张洪芝, 等 (5780)
桂西北喀斯特峰丛洼地不同植被演替阶段的土壤脲酶活性·····	刘淑娟, 张 伟, 王克林, 等 (5789)
利用混合模型分析地域对国内马尾松生物量的影响 ·····	符利勇, 曾伟生, 唐守正 (5797)
火烧对黔中喀斯特山地马尾松林土壤理化性质的影响·····	张 喜, 朱 军, 崔迎春, 等 (5809)
不同培育时间侧柏种基盘苗根系生长和分布·····	杨喜田, 董娜琳, 闫东锋, 等 (5818)
Cd ²⁺ 与 CTAB 复合污染对枫香幼苗生长与生理生化特征的影响 ·····	章 芹, 薛建辉, 刘成刚 (5824)
3 种入侵植物叶片挥发物对旱稻幼苗根的影响 ·····	张凤娟, 徐兴友, 郭艾英, 等 (5832)
米槠-木荷林优势种群的年龄结构及其更新策略 ·····	宋 坤, 孙 文, 达良俊 (5839)
褐菖鲉肝 CYP 1A 作为生物标志物监测厦门海域石油污染状况 ·····	张玉生, 郑榕辉, 陈清福 (5851)
基于输入-输出流分析的生态网络 φ 模式能流 ρ 模式能流测度方法 ·····	李中才, 席旭东, 高 勤, 等 (5860)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 444 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 50 * 2011-10	



封面图说: 胡杨是我国西北干旱沙漠地区原生的极其难得的高大乔木, 树高 15—30 米, 能忍受荒漠中的干旱环境, 对盐碱有极强的忍耐力。为适应干旱气候一树多态叶, 因此胡杨又称“异叶杨”。它对于稳定荒漠河流地带的生态平衡, 防风固沙, 调节绿洲气候和形成肥沃的森林土壤具有十分重要的作用。秋天的胡杨林一片金光灿烂。

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

宋坤, 孙文, 达良俊. 米槠-木荷林优势种群的年龄结构及其更新策略. 生态学报, 2011, 31(19): 5839-5850.

Song K, Sun W, Da L J. Age structure and regeneration strategy of the dominant species in a *Castanopsis carlesii*-*Schima superba* forest. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(19): 5839-5850.

米槠-木荷林优势种群的年龄结构及其更新策略

宋 坤¹, 孙 文¹, 达良俊^{1,2,*}

(1. 华东师范大学环境科学系, 上海 200062; 2. 浙江天童森林生态系统野外科学观测研究站, 宁波 315114)

摘要:通过年轮分析, 构建了浙江天童米槠-木荷林优势种木荷、米槠、石栎的年龄结构, 分析了高生长和径向生长及萌枝策略随年龄的变化规律, 探讨了干扰对群落动态的影响。研究表明: (1) 3 个物种的胸径、高度与年龄的关系均可用 logistic 曲线和线性模型拟合, 但随年龄增加胸径、高度与年龄的关系显著下降。 (2) 随年龄增加 3 树种的 DBH/H 逐渐增加, 米槠、石栎幼龄个体 (1—20a) 的有萌个体率和有萌个体萌枝数逐渐下降; 米槠和石栎幼苗的主干较木荷细长、多萌枝, 木荷和石栎成树主干较米槠细长; 体现了米槠的更新策略具开拓性, 木荷的具保守性, 石栎在幼龄期具开拓性, 成年期转为保守性。 (3) 米槠和石栎的年龄结构呈逆 J 型, 幼龄个体充足, 但中龄段 (21—40a) 存在更新断层, 这与其高消耗的开拓性策略有关; 木荷的年龄结构呈间歇型, 各龄级均存有个体, 这与其保守性策略有关; (4) 3 物种在大龄级上 (52—60a) 均存在更新高峰, 与该地区的择伐干扰时间一致, 高强度的干扰促生了次生演替, 形成了以木荷为第一优势种的群落。 (5) 米槠、木荷、石栎的年龄结构是更新策略和干扰的综合表现, 它不仅与径级结构一样可展现种群更新特征、预测种群发展动态, 更能精确地反映群落动态事件的发生频次和发生时间。

关键词:常绿阔叶林; 群落动态; 树木年轮; 更新类型

Age structure and regeneration strategy of the dominant species in a *Castanopsis carlesii*-*Schima superba* forest

SONG Kun¹, SUN Wen¹, DA Liangjun^{1,2,*}

1 Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China

2 Tiantong National Station of Forest Ecosystem, Ningbo 315114, China

Abstract: Evergreen broadleaved forests (EBLFs) is the zonal forest ecosystem of the subtropical zone in east China and have been degraded from intense recent anthropogenic disturbance. Studies of age structure of main tree species in EBLFs may provide an insight into their regeneration patterns and understand the role of disturbances in EBLFs, which are helpful to restoration of the degraded EBLFs. We constructed age structure of *Schima superba*, *Castanopsis carlesii* and *Lithocarpus glaber* which are the dominant species in an EBLF in Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province, east China. All trees in two 20m×20m plot were collected and dendroecological technique was used to measure the age of individual taller than 1.5m, while the age of individual lower than 1.5 was determined by counting bud scale scars. The regression relationship between DBH/H and age were established and were used to calculate the age of individuals that can not be directly measured. The value of DBH/H was used to indicate the slender degree of trunk, meanwhile the percentage of multi-stemmed individuals in all individuals (PMSI) and the sprouts number of multi-stemmed individuals (NSMS) were used to indicate the sprouting ability. The trends of DBH/H , PMSI and NSMS with increasing age were compared among 3 species. The results were shown as follows: (1) The relationship between $DBH/height$ and age could be well fitted by

基金项目:国家自然科学基金项目 (30721140306, 40971041); 华东师范大学“211 工程”三期重点学科建设项目

收稿日期:2011-06-19; **修订日期:**2011-07-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ljda@des.ecnu.edu.cn

linear regression and logistic regression for three species, but these relationships collapsed with increasing age. (2) The value of DBH/H increased with age for three species and the value of PMSI and NSMS decreased with age at the young stage for *Castanopsis carlesii* and *Lithocarpus glaber*. The seedlings and saplings of *Castanopsis carlesii* and *Lithocarpus glaber* had more slender trunk and more sprouts than *Schima superba*, but the adults of *Castanopsis carlesii* had more thick truck than *Schima superba* and *Lithocarpus glaber*. It indicated that *Castanopsis carlesii* performed an exploiting regeneration strategy and *Schima superba* performed a conserved regeneration strategy in the whole life history, while *Lithocarpus glaber* changed the exploiting strategy in young stage into conserved strategy in mature stage. (3) The age structure of *Castanopsis carlesii* and *Lithocarpus glaber* exhibited an inverse-J type with plenitudinous recruitments, but there were a gap in the middle age class (21—40 year old) which was determined by its exploiting strategy with high exhaustion rate. The age structure of *Schima superba* exhibited a multimodal type with stead death rate, which was related to its conserved strategy. (4) There was a recruitment peak in the 52—60 year age class for three species, which was in accord with the time of documented selective-logging period. This intense disturbance led to secondary succession and created a high-light environment for abrupt recruitment of *Schima superba*. (5) All the results suggested that the age structure of each species was the synergy consequence of the regeneration strategy and historical disturbances. The age structure not only could be used to show the regeneration pattern and predict the dynamics progress as with the size distribution, but also could accurately reveal the frequency and timing of vital dynamics events.

Key Words: evergreen broadleaved forest; community dynamics; tree-ring; regeneration type

研究一个种群的年龄结构可以深入了解其更新动态和更新方式^[1]。一个稳定的种群常具有稳定的更新速率和死亡率,并随年龄增加逐渐减小或保持不变,年龄结构多呈现逆J型^[2]。物种的年龄结构是由不同年龄段个体死亡率和增补率决定的,多种因素会影响更新和死亡速率。作为内因,物种本身具有特有的更新方式,在不同年龄段呈现特定的增补率和死亡率,且不同物种对外界环境变化的响应不同,因而不同种群间存在不同的年龄结构^[3];作为外因,自然干扰、气候变化、种间竞争以及人为干扰都会对特定年龄段个体产生影响,使种群的年龄结构偏离原有形状^[1,4-9]。通过对比不同物种的年龄结构,尤其是优势种,可以重现群落所经历的重大历史动态事件^[1,10],推断出它们在群落中地位的动态变化过程,对群落未来的物种组成、群落结构和发展趋势进行预测^[2,11]。

由于获取树木真实年龄很困难,以往对树木种群年龄结构的研究多采用空间代替时间的方法,即以胸径级(或高度级)代替年龄进行分析^[4,12-13]。虽然这种方法已被广泛应用,并被很多学者所接受,但树木的高度、胸径受众多因素的影响,与年龄并不常具有良好的相关性^[6]。很多研究已经表明真实的年龄结构与径级结构存在一定的差异^[3,11],在反映种群动态方面,年龄结构更准确,提供的信息更多^[1]。

在我国常绿阔叶林种群年龄结构的研究中,大多数研究采用了空间代替时间的方法^[14-18],鲜见运用实测年龄进行研究。因而本研究以米槠-木荷林为对象,通过实测年龄,对群落优势种木荷(*Schima superba*)、米槠(*Castanopsis carlesii*)和石栎(*Lithocarpus glaber*)进行种群年龄结构分析,回答以下3个问题:1)米槠、木荷、石栎的真实年龄结构和径级结构是否存在差异;2)随着年龄的变化,物种的更新策略如两向生长(径向生长和高生长)的调节和萌枝策略是否发生了变化,种间是否存在差异;3)物种的更新策略和干扰事件对种群更新和群落动态的影响如何。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

研究区域为浙江天童国家森林公园,地理位置 29°48'N,121°47'E。最高海拔 602.89 m,属典型亚热带气候,年平均气温 16.2℃,最热月(7月)平均气温 28.1℃,最冷月(1月)平均气温 4.1℃。年均降水量为 1374.7 mm,多集中于 6—8月,约占全年的 35%—40%。由于多雨和临海,年相对湿度高达 82%。土壤为山

地黄红壤,成土母质为中生代的沉积岩、部分酸性火成岩以及石英砂岩和花岗岩的残积风化物。该区域完好地保存了中国东部典型常绿阔叶林,极少受到人为干扰^[2,19]。

米槠-木荷林是天童常绿阔叶林的常见群落类型之一^[2,20]。其优势种米槠是我国东部典型常绿阔叶林演替后期的优势种,具耐荫性;木荷为演替系列群落的优势种并常见于演替后期的群落之中;石栎是演替中后期的常见伴生种。3 者间米槠具有最快的生长速度,木荷具最强的生长可塑性^[21]。

1.2 样地调查与年龄测定

于天童放羊山东南坡米槠-木荷林内设置了 5 个临近的 20m×20m 样方,海拔高度 260m,坡度 25°—30°,并对其进行每木调查。将每个样地分为 16 个 5m×5m 网格,对每个网格内所有高度超过 1.5m 的木本植物进行每木调查。鉴别植物种类,编号标定,测定每株植物的胸径(DBH , cm)、高度(H , m)、枝下高(H_b , m)、叶下高(H_L , m),并定位。对植株中高度超过 1.5m 的萌枝同时测定胸径。为研究受损常绿阔叶林退化和恢复机制,开展干扰模拟实验,对样地进行了砍伐处理^[22],其中样方Ⅱ、Ⅲ清除所有植被,为研究优势种群的真实年龄结构提供了机遇;并结合择伐大树($H>8.0$ m)的样方Ⅰ中的实测个体,进行优势种的更新策略研究(表 1)。

表 1 采样及年龄获取方式的基本概况

Table 1 Description of the sampling and data form for the three species

种名 Species	≥1.5 m 的个体数 No. trees ($H \geq 1.5$ m)		<1.5 m 的个体 No. trees ($H < 1.5$ m)		最大实测年龄 Oldest age
	实测 Measured	估测 Estimated	实测 Measured	估测 Estimated	
米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>	154(9)*	57	84	214	56
木荷 <i>Schima superba</i>	52(15)	11	4	10	78
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	24(2)	3	18	18	58

* 括号内为Ⅰ号样方高度大于 8m 的个体数量

对高度大于 1.5m 的个体,从基部截取年轮盘。所有年轮盘经打磨、抛光后用 WinDENDROTm 2003 年轮分析仪读取年龄。少量个体(以幼树为主)因采样、运输的损失和髓心缺失或腐烂,年龄不能直接测定。因而,运用线性和 logistic 曲线拟合胸径、高度与年龄的关系;并分段进行线性拟合,其中胸径以 10cm 划分径级,高度以 8m 为界分两级;择优选取模型进行年龄估算。

对高度小于 1.5 m 的个体,随机选取 19 个 5m×5m 样格,通过芽鳞痕确定年龄,并建立树高(x)与年龄(y)之间的关系,并以此反推Ⅱ、Ⅲ号样方中所有高度小于 1.5 m 个体的年龄。其中米槠: $y=0.0689x+1.5121$ ($R=0.789, P<0.001$);木荷: $y=0.0571x+0.643$ ($R=0.956, P<0.05$);石栎: $y=0.0639x+1.1675$ ($R=0.941, P<0.001$)。

1.3 年龄结构分析

以每 4 年划分年龄段,运用指数方程(1)和幂函数方程(2)来拟合年龄结构^[12]:

$$y = y_0 e^{-bx} \quad (1)$$

式中, y 为某一年龄段的个体数, x 为年龄段; b 和 y_0 均为常数项, b 表示死亡率, y_0 表示增补率;在此模型中,死亡率和增补率均是固定的^[1]。

$$y = y_0 x^{-b} \quad (2)$$

式中, y 为某一年龄段的个体数, x 为年龄段; b 和 y_0 均为常数项, b 表示死亡率, y_0 表示增补率;在此模型中,增补率是固定的,但死亡率则随年龄而变化^[1]。

虽然自然界中几乎不存在拥有恒定增补率和死亡率的种群,但运用指数方程和幂函数方程来模拟经验数据可揭示实际种群年龄结构偏离拟合模型的程度,以此挖掘种群经历的波动^[1]。所有数据在对数转化后进行参数拟合,由于大年龄级上的个体数多为零,因而在进行对数转化时所有年龄级的个体数量都加 1。

为比较真实年龄结构与径级(高度级)结构的相似性,每 1cm 划分胸径级,建立胸径级结构;每 1m 划分高度级,建立高度级结构。

1.4 更新策略分析

潜在高度较高、生长快的物种在生长更新过程中具有较为狭长的树干,其生长转以径向生长为主的时间较迟,在林窗出现时,可较快地占据上层空间;耐性较强、生长慢的物种,树干相对粗短,其生长转以径向生长为主的时间较早。本文以 DBH/H 为指标^[1],探究径向生长和高生长随年龄的变化规律,并比较种间差别。

萌枝作为树木的重要生活史对策,在更新和受损恢复过程中起到重要作用^[18,23-24]。本文以有萌个体率(PMSI)和有萌个体萌枝数(NSMS)来表征萌枝特性^[20],分析两指标随树龄的变化趋势及其种间差异。PMSI=有萌个体数/总个体数;NSMS=有萌个体除主干外的萌枝数。

2 结果与分析

2.1 年龄与高度、胸径的关系

拟合结果表明,树高、胸径与年龄的关系,均以 logistic 模型拟合效果较好,但线性拟合的 R 值均大于 0.85, $P < 0.01$,在 95% 的预测区间上,可较好的拟合观测值(图 1,图 2)。无论是线性拟合还是 logistic 曲线拟合,木荷的拟合效果最差,石栎最好;同龄木荷个体间的高度、胸径变异最大。3 物种胸径与年龄的拟合效果都要好于高度与年龄的拟合效果(图 1,图 2),从侧面反映出 3 物种的高生长受光照的影响较径向生长大。因而,应用胸径与年龄的关系来推断年龄比用高度与年龄的关系来推断要更为准确。

比较不同高度级和胸径级中的高度、胸径与年龄的相关性可知:随高度、胸径增加,3 物种的高度、胸径与年龄的相关性均降低(图 3,图 4)。这是由树木生长过程中经历的生长释压和抑制事件不均一,导致生长速度差异较大而致^[21]。

2.2 年龄结构

以接近实测个体的年龄频率分布为模型选择标准(假设前提:个体的缺失是随机行为)。以米楮为例,对比 DBH -Age 的整体线形模型与分段线性模型估算的幼树($1.5\text{m} < H < 8.0\text{m}$)年龄频率分布可知,后者的估算结果与实测个体的年龄频率分布更为接近(图 5)。因而选用 DBH -Age 分段线性模型估算丢失幼树的年龄。成树选用 DBH -Age 的整体线形模型估算。

3 物种的年龄结构如图 6 所示:米楮的年龄结构从整体上呈逆 J 型,木荷呈双峰型,石栎由间歇型向逆 J 型过渡。米楮在 9—12 龄段后出现了死亡高峰,并在 28—40 龄段上出现了更新断层。与此相似,石栎种群也在 9—12 龄段后出现了死亡高峰,并在 20—56 龄段上出现了更新断层。木荷种群年龄结构最长,各年龄段上均存有个体(除 32—36 龄段),其更新高峰主要在 53—56 龄段。

3 物种在不同的年龄段上个体数量存在差异,在大龄级上($>50\text{a}$),木荷个体多于米楮;在 0—16 龄段上,米楮更新个体充足,木荷缺少更新个体,石栎更新个体也较少。

通过运用指数方程和幂函数方程拟合米楮、木荷、石栎的年龄结构发现,幂函数具有较好的拟合效果。幂函数可解释米楮和石栎年龄结构 75% 以上的变化,而对木荷年龄结构的解释率小于 25%,表明了米楮和石栎的年龄结构更趋于稳定。

现实年龄结构偏离幂函数拟合模型的程度可通过模拟方程的残差来解读^[1]。从图 7 可看出,较大的正偏离发生在米楮和石栎的 0—12 龄段以及 3 个种群的 52—60 龄段;较大的负偏离出现在中段龄上,其中米楮和石栎为 21—40 龄段、木荷为 25—44 龄段。3 个物种中最大的正偏离出现在木荷的 52—56 龄段,最大的负偏离出现米楮的 29—32 龄段。

2.3 更新对策随年龄的变化

随着年龄增加,3 物种的 DBH/H 值逐渐增加,径向生长逐渐替代高生长。幼龄期,木荷的 DBH/H 值大于米楮和石栎;成年期($>40\text{a}$),米楮的 DBH/H 值大于木荷和石栎。木荷和米楮 DBH/H 值的大小关系在 20—30 龄段对换;而石栎在幼龄期接近于米楮,在成年期接近于木荷,在 3 者之中一直最小(图 8)。这说明米楮和石栎幼苗的主干相对细长,木荷的相对粗短,而木荷和石栎成树的主干相对细长,而米楮的相对粗短。

在环境压力小、竞争激烈的环境中,萌枝作为物质形式的能量储存体,被认是争夺资源的有效手段^[24]。

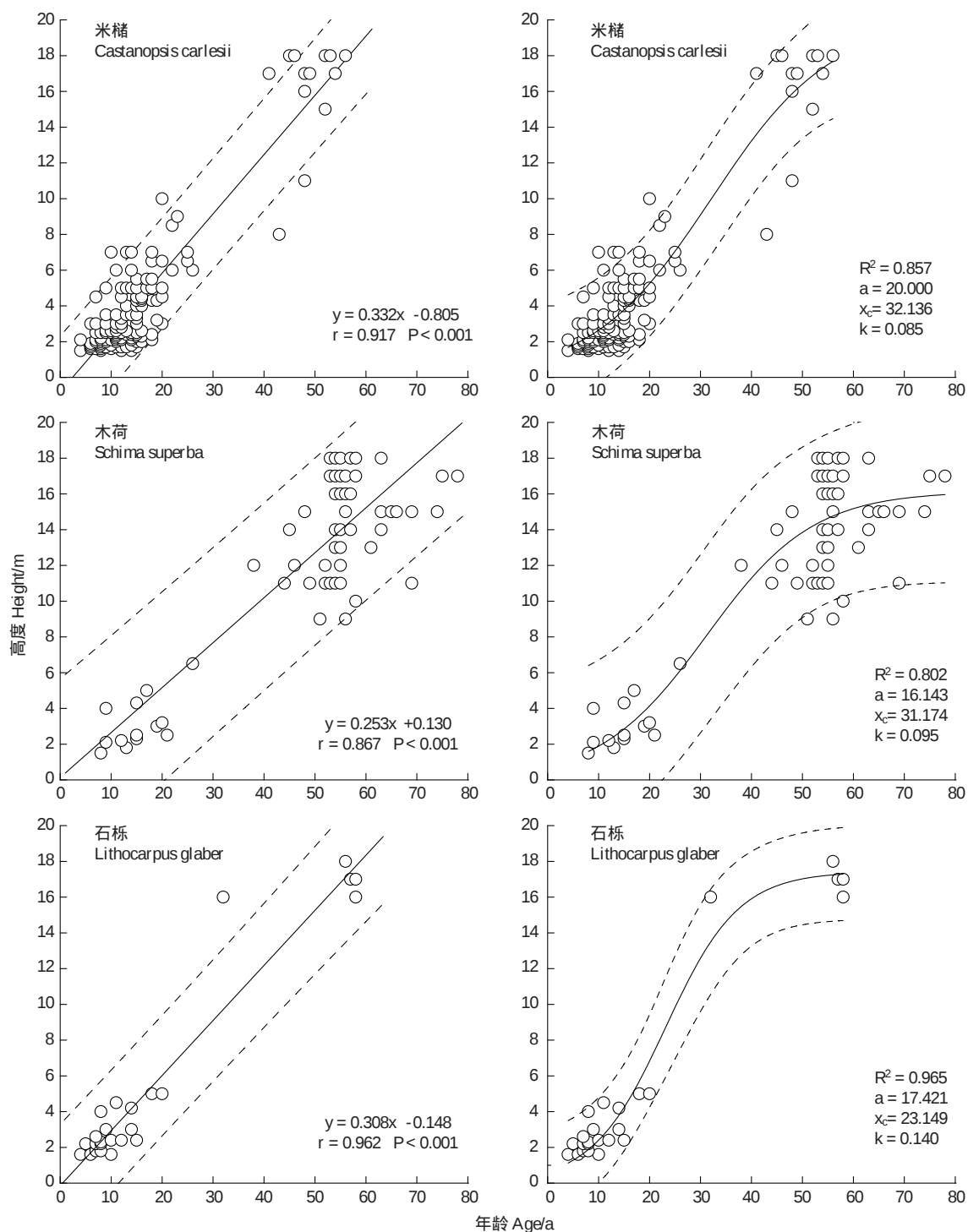


图1 树高与年龄的关系

Fig. 1 The relationship between height and age

图中实线为拟合曲线,虚线为在 95% 水平上的预测区间;其中左半幅图为线性拟合,右半幅为 logistic 拟合,所采用的 logistic 模型为 $y = a / (1 + \exp(-kx(x - x_c)))$

木荷在各年龄段上鲜有萌枝个体,而米槠和石栎在各年龄段上都存有萌枝个体(图 9)。1—10a 的米槠和石栎个体有萌个体率超过 50%,平均有萌个体萌枝数大于 3 株;随着年龄增加,1—20a 个体的有萌个体萌枝数的最大值逐渐降低。米槠和石栎的成树个体亦有一定数量的萌枝,且有萌个体率高。

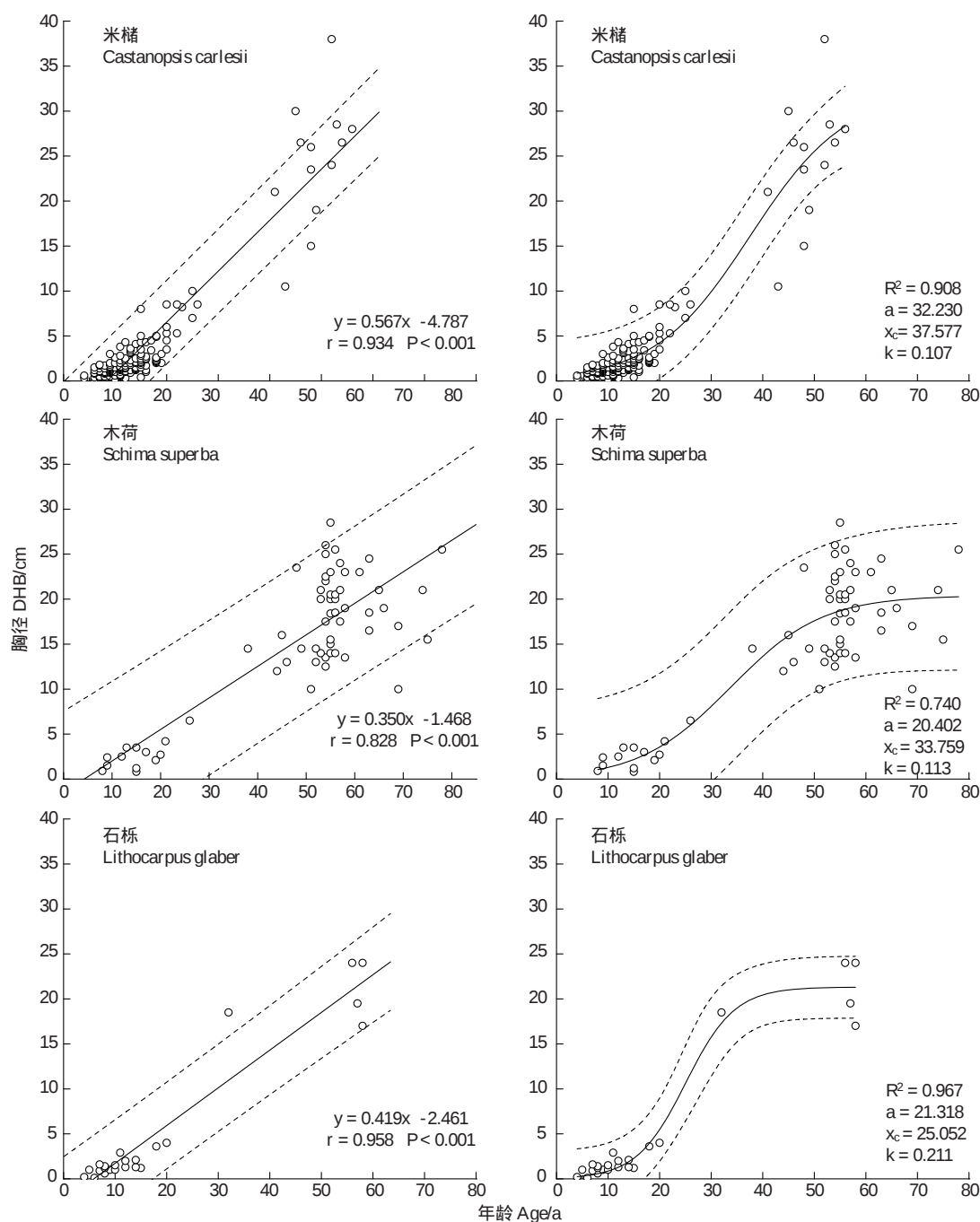


图2 胸径与年龄的关系

Fig. 2 The relationship between diameter at the 1.5m height (DBH) and age

3 讨论

3.1 年龄结构与径级结构的关系

米槠和石栎的胸径级结构和高度级结构整体上都呈现出逆J型,木荷呈现出间歇型(图10),与很多研究结果是一致的^[2,14,20]。

尽管线形模型和 logistic 模型均可很好地拟合年龄与胸径、高度之间的关系,但同一年龄个体在胸径和高度上存在较大差异,尤其是木荷;因而径级结构与真实的年龄结构并不是完全相同的。相比于年龄结构,径级结构中更多的个体集中在小径级上,这点在很多有关研究中都得以体现^[1,11,25]。3 物种尤其是木荷,大径级的个体在年龄结构上分布集中,可反映种群的一次重大更新;而在径级结构中比较分散,模糊了这次更新事件。

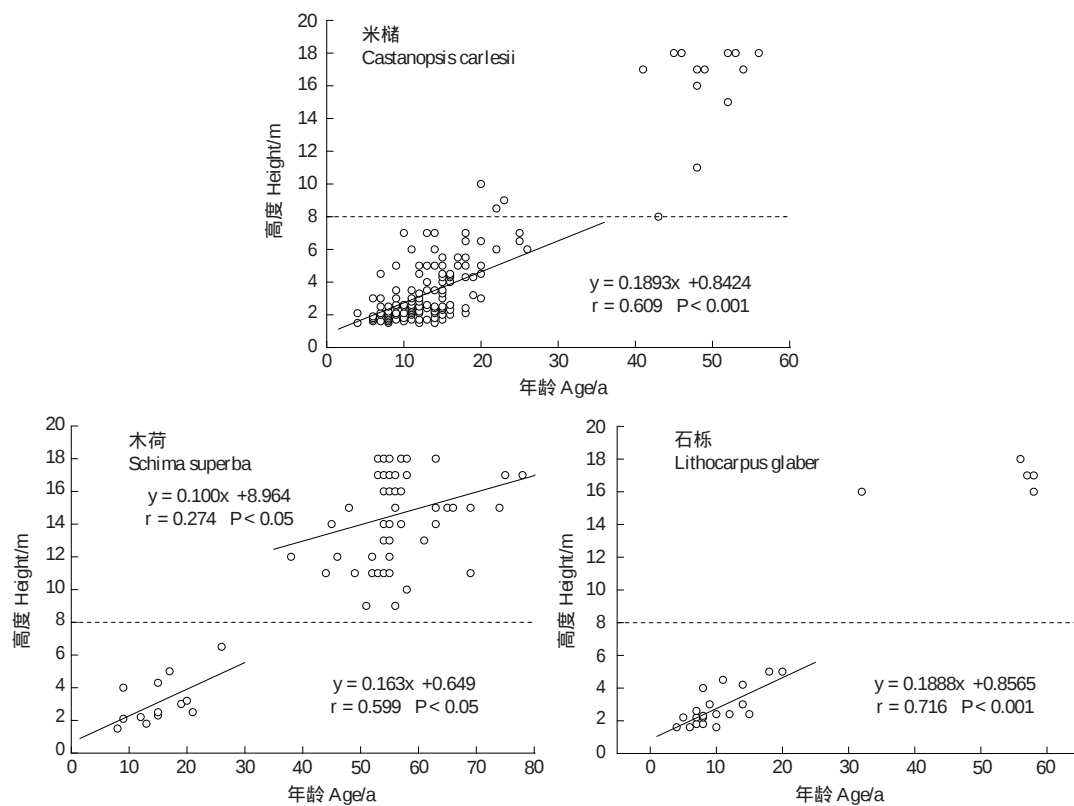


图3 不同高度级树高与年龄的关系

Fig. 3 The relationship between height and age in different height class

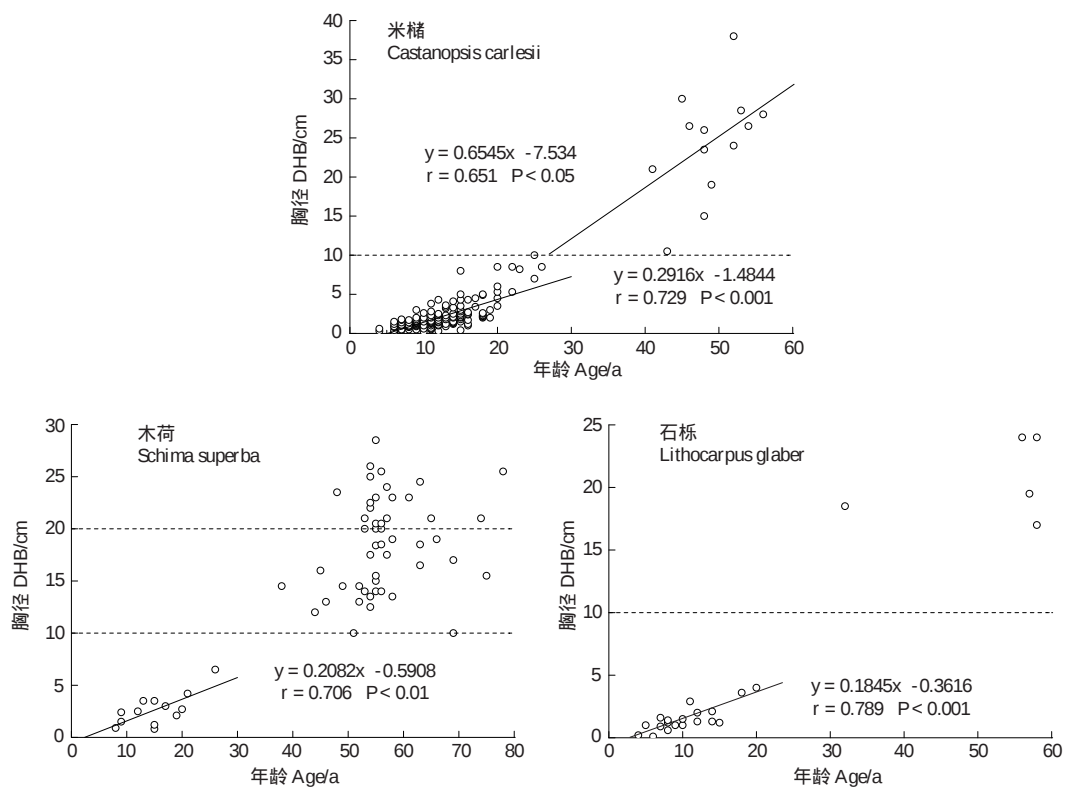


图4 不同胸径级胸径与年龄的关系

Fig. 4 The relationship between DBH and age in different DBH class

干扰后幼龄个体的生长速度不同,并且可快速扩展树冠、遮蔽其它个体,因而同龄林的个体径级分布易成多峰形^[4]。因此种群年龄结构可以提供很多径级结构不能反映的信息。总的来说,米楮、木荷和石栎的真实种群年龄结构与径级结构在展现种群更新特征和预测种群发展动态上是一致的;但真实的年龄结构能更精确地反映种群动态事件的发生频次和发生时间。

3.2 更新策略及其对年龄结构的影响

米楮的幼苗和幼树相对细长、且多萌枝,有利于在林下截取光照,其成树树干粗壮有利于支撑树冠和传导水分,表明其在整个生活史阶段采用开拓性策略。这与本研究区域演替后期物种叶性状所表现出来的短寿命、N 含量高和养分利用效率低等高消耗策略一致^[26]。木荷的幼苗和幼树相对粗短,而成树细长,表明其在整个生活史阶段采用保守性策略以减少自身消耗。石栎幼苗的粗细和萌枝能力与米楮相近,而成树则与木荷具有

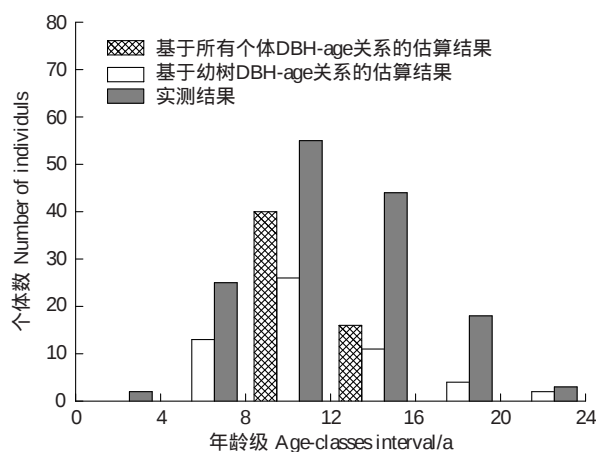


图5 不同 DBH-Age 线性模型估算的米楮幼树年龄分布与实测幼树个体年龄分布的比较

Fig. 5 The frequency distribution of sampling ($1.5\text{ m} < H < 8\text{ m}$) ages produced by two DBH-H linear regression model and observed sampling ages

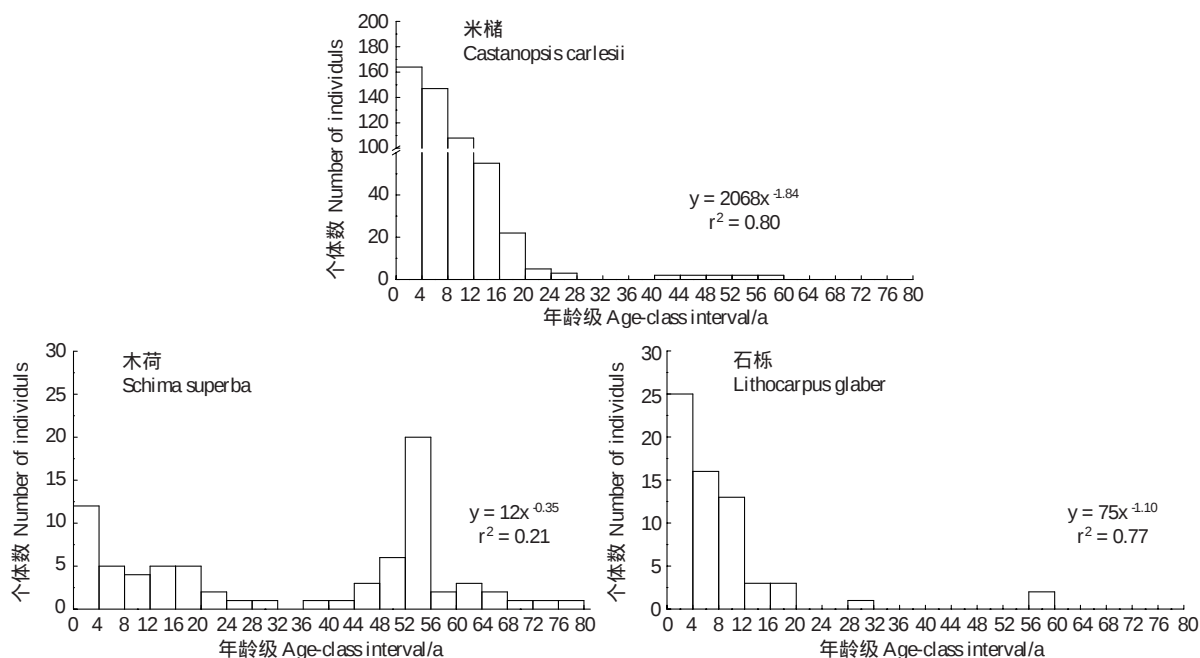


图6 3 物种的年龄结构

Fig. 6 The age-structure of tree studied species

相似的主干,表明其在生活史前期采用开拓性策略,后期转为保守性策略。

已有的研究表明米楮和石栎的种子萌发率较高和幼苗更新能力强^[27],且均具有较强的萌枝能力,可形成大量的幼苗库和萌枝库,因而两者的年龄结构常具有大量幼龄个体。米楮由于采用开拓性策略,消耗大,在林下因光照受限死亡率较高,易在中年龄段上出现更新断层。这一现象也在本研究地区栲树 (*Castanopsis fargesii*) 种群上得以体现^[28]。

木荷种子量大、可通过风力传播,但其种子萌发和幼苗更新需要充足的光照,因而在林冠郁闭的生境中幼苗很少^[14]。此外,木荷虽在强干扰生境中也会产生大量的萌枝^[29],但在群落结构完整、无干扰或少干扰的群

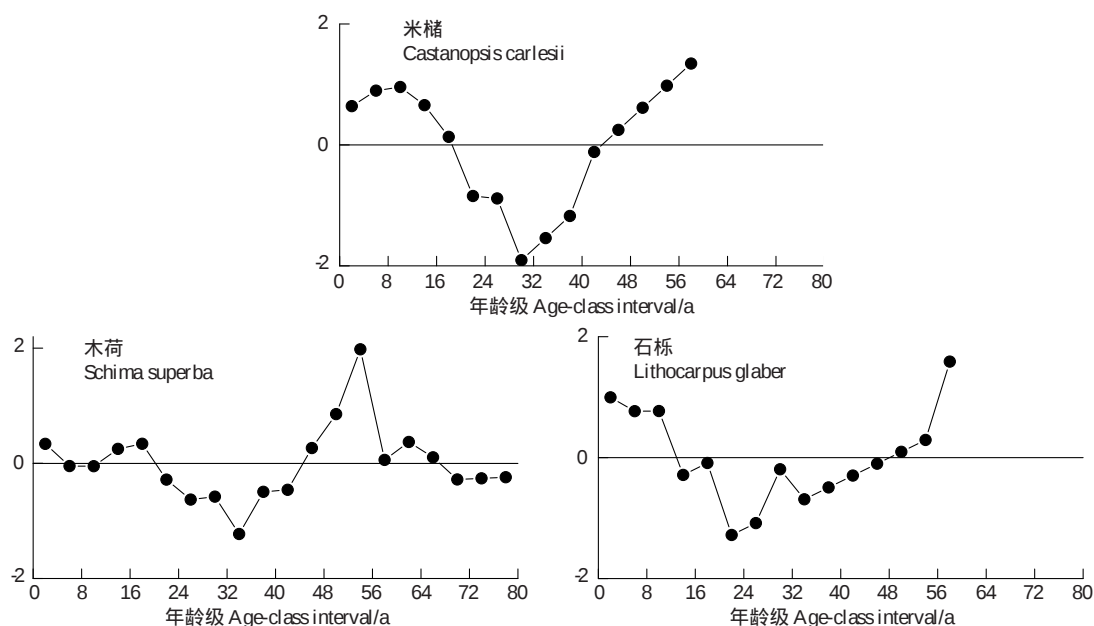


图7 幂函数拟合3物种年龄结构的残差图

Fig. 7 Residuals from the power-function model for the age-structure of three studied species

落中,很少产生萌枝^[20]。因而在林相完整的群落中木荷的年龄结构缺少幼龄个体。木荷由于采用保守性策略,其幼苗及幼树生长速率慢,存活时间长,且具有较强的可塑性,可利用林窗快速完成林冠进程^[21],因而可形成连续的年龄结构。

3.3 干扰对年龄结构的影响

结合干扰事件与种群年龄结构是探究干扰对物种更新影响的常用手法^[7,10,30]。本研究区域在20世纪50年代中后期遭受过大面积的择伐,并在之后的50a间经历频繁地台风带来的林窗干扰^[30]。本研究中米槠、木荷的种群年龄结构均在45—48龄段上出现了更新高峰,与择伐时间一致。

不同类型、强度及影响范围的干扰对物种更新的影响是不同的^[10,31]。大面积的择伐,更有利于木荷种群的更新、发展,形成了以其为优势种的群落;此后的林窗干扰更有利于米槠和石栎幼苗和幼树的更新。已有的

研究表明高强度、大面积的人为砍伐不仅使得光照骤增,而且对伐树的清理、运输以及雨水的冲刷使土壤环境发生改变,甚至造成水土流失,因而这种大规模的干扰易使群落的演替发生逆转或改向,回到演替前期^[32]。木荷作为顶级性先锋物种^[32],适应能力强、耐贫瘠^[14],更易在这种干扰条件下形成更新高峰。而由台风造成的林窗干扰,虽然改善了林下光照,但对土壤的干扰较小,更有利于米槠和石栎种群的更新。对木荷而言,大尺度、高强度的干扰易形成大规模的更新,高频率、低强度的干扰有助于幼苗和幼树完成林冠进程。

4 总结

本研究表明了米槠、木荷、石栎的年龄结构是更新策略和历史干扰事件的综合表现。林下米槠个体丰富、

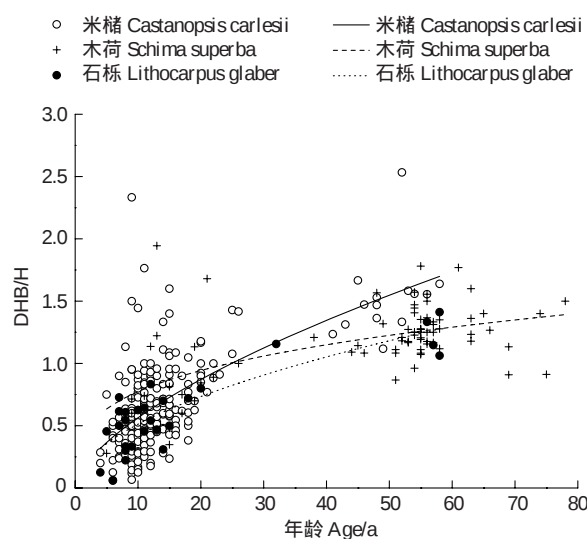


图8 DBH/H值随年龄的变化趋势

Fig. 8 The trend of DBH/H with increasing age

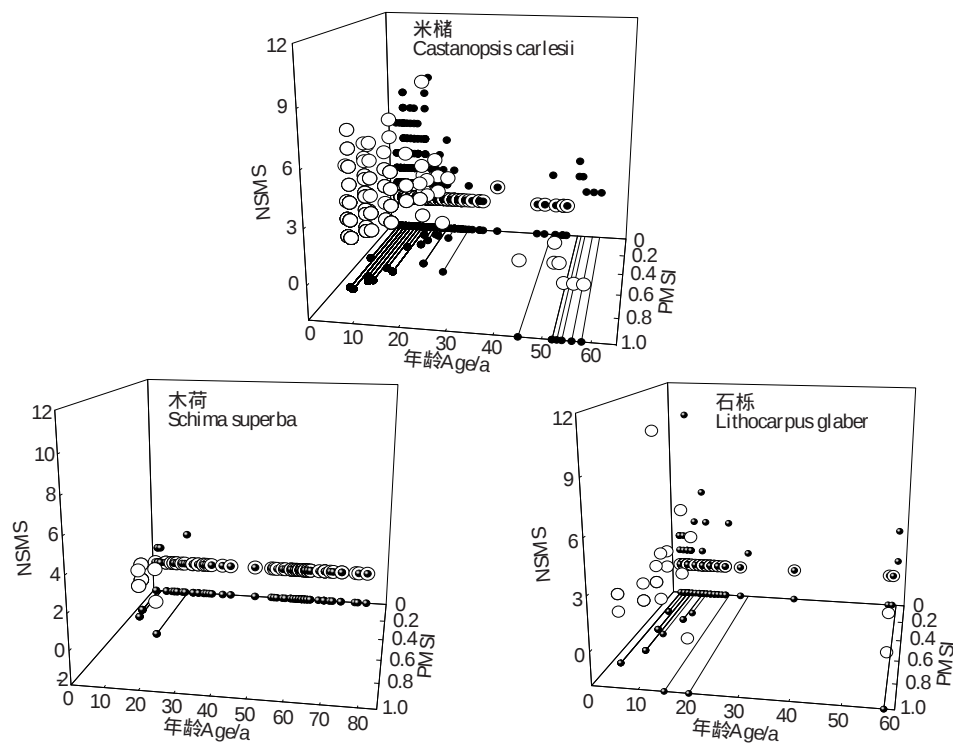


图9 萌枝特性随年龄的变化趋势

Fig. 9 The trend of sprout traits with increasing age

白点表示所有个体,黑点为其投影;水平基面上的黑色实线的长短表示有萌枝个体率(PMSI)的大小

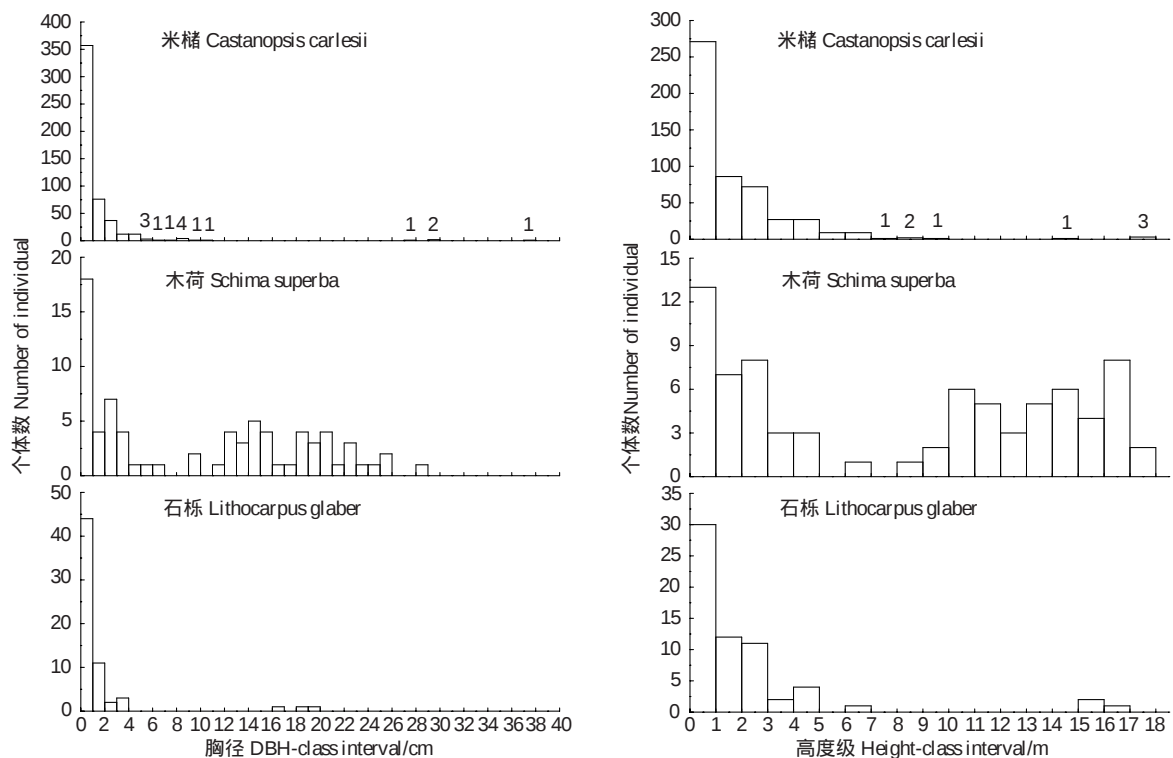


图10 胸径级分布频率图与高度级分布频率图

Fig. 10 The size distribution of three studied species

竞争力强,如没有大规模干扰,它将维持逆J型的更新方式,逐渐取代木荷成为群落中的第一优势种;木荷虽然缺少林下个体,但大量母体的存在和较强的种子散布能力,及频繁台风的干扰,将使其存留于群落之中。

致谢:本研究调查、取样及处理过程得到华东师范大学李德志教授、宁波农科院杨同辉博士以及华东师范大学方和俊、李琳和中国科学院植物研究所宋垚斌等同学的帮助,特此致谢。

References:

- [1] Ågren J, Zackrisson O. Age and size structure of *Pinus sylvestris* populations on mires in central and northern Sweden. *Journal of Ecology*, 1990, 78(4): 1049-1062.
- [2] Da L J, Yang Y C, Song Y C. Population structure and regeneration types of dominant species in an evergreen broadleaved forest in Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province, eastern China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(3): 376-384.
- [3] Knowles P, Grant M C. Age and size structure analyses of Engelmann spruce, ponderosa pine, lodgepole pine, and limber pine in Colorado. *Ecology*, 1983, 64(1): 1-9.
- [4] Lorimer C G. Age structure and disturbance history of a southern Appalachian virgin forest. *Ecology*, 1980, 61(5): 1169-1184.
- [5] Butson R G, Knowles P, Farmer R E Jr. Age and size structure of marginal, disjunct populations of *Pinus Resinosa*. *Journal of Ecology*, 1987, 75(3): 685-692.
- [6] Huff M H. Forest age structure and development following wildfires in the western Olympic Mountains, Washington. *Ecological Applications*, 1995, 5(2): 471-483.
- [7] Rozas V. Regeneration patterns, dendroecology, and forest-use history in an old-growth beech-oak lowland forest in Northern Spain. *Forest Ecology and Management*, 2003, 182(1/3): 175-194.
- [8] Wang T, Liang Y, Ren H B, Yu D, Ni J, Ma K P. Age structure of *Picea schrenkiana* forest along an altitudinal gradient in the central Tianshan Mountains, northwestern China. *Forest Ecology and Management*, 2004, 196(2/3): 267-274.
- [9] Wangda P, Ohsawa M. Structure and regeneration dynamics of dominant tree species along altitudinal gradient in a dry valley slopes of the Bhutan Himalaya. *Forest Ecology and Management*, 2006, 230(1/3): 136-150.
- [10] Lusk C, Ogden J. Age structure and dynamics of a podocarp-broadleaf forest in Tongariro National Park, New Zealand. *Journal of Ecology*, 1992, 80(3): 379-393.
- [11] Hoshino D, Nishimura N, Yamamoto S. Age, size structure and spatial pattern of major tree species in an old-growth *Chamaecyparis obtusa* forest, Central Japan. *Forest Ecology and Management*, 2001, 152(1/3): 31-43.
- [12] Hett J M, Louchks O L. Age structure models of Balsam Fir and Eastern Hemlock. *Journal of Ecology*, 1976, 64(3): 1029-1044.
- [13] Li W L, Zhang X P, Hao C Y, Wu J X, Wang L, Wang J, Zhang S S, Cheng D S, Huang H M. Age structure and point pattern analysis of four *Cercidiphyllum japonicum* populations in three provinces of Hunan, Hubei and Anhui. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(6): 3221-3230.
- [14] Cai F, Song Y C. A study on the structure and dynamics of *Schima superba* population on Wuyi mountain. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, 21(2): 138-148.
- [15] Cai F. A study on the structure and dynamics of *Cyclobalanopsis glauca* population at hills around West Lake in Hangzhou. *Scientia Silvae Sinicae*, 2000, 36(3): 67-72.
- [16] Xie J Y, Deng Z P. Spatial pattern and size structure of *Castanopsis castanopsis* population in Wuyun Mountain. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22(5): 35-39.
- [17] Lai J S, Zhang M, Xie Z Q. Structure and distribution pattern of dominant populations in the evergreen broad-leaved forest in Three Gorges Reservoir Area. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1073-1079.
- [18] Miura M, Yamamoto S I. Structure and dynamics of a *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* population in an old-growth, evergreen, broad-leaved forest; the importance of sprout regeneration. *Ecological Research*, 2003, 18(2): 115-129.
- [19] Yang Q S, Ma Z P, Xie Y B, Zhang Z G, Wang Z H, Liu H M, Li P, Zhang N, Wang D L, Yang H B, Fang X F, Yan E R, Wang X H. Community structure and species composition of an evergreen broad-leaved forest in Tiantong's 20 ha dynamic plot, Zhejiang Province, eastern China. *Biodiversity Science*, 2011, 19(2): 215-223.
- [20] Yang Y C, Da L J, Chen B. Population structure and spatial patterns for the main tree species in *Castanopsis carlesii*-*Schima superba* community in Tiantong, Zhejiang Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(9): 2927-2938.
- [21] Song K, Yang X F, Kang M M, Da L J. Experimental ecology research on destroyed evergreen broad-leaved forests in TNFP, Zhejiang (II): the growth patterns of dominant evergreen trees determined by tree ring analysis. *Journal of East China Normal University(Natural Science)*, 2008(4): 12-24, 57-57.
- [22] Da L J, Song K. Experimental ecology research on destroyed evergreen broad-leaved forests in TNFP, Zhejiang (I): ecological restoration experiments and long-term ecological study. *Journal of East China Normal University(Natural Science)*, 2008, (4): 1-11.
- [23] Bellingham P J, Sparrow A D. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. *Oikos*, 2000, 89(2): 409-416.

- [24] Clarke P J, Knox K J E, Wills K E, Campbell M. Landscape patterns of woody plant response to crown fire; disturbance and productivity influence sprouting ability. *Journal of Ecology*, 2005, 93(3): 544-555.
- [25] Parish R, Antos J A. Structure and dynamics of an ancient montane forest in coastal British Columbia. *Oecologia*, 2004, 141(4): 562-576.
- [26] Yan E R, Wang X H, Huang J J. Shifts in plant nutrient use strategies under secondary forest succession. *Plant and Soil*, 2006, 289(1/2): 187-197.
- [27] Song Y C, Cheng X Y. *Degradation Mechanism and Ecological Restoration of Evergreen Broad-Leaved Forest Ecosystem in East China*. Beijing: Science Press, 2007.
- [28] Song K, Da L J, Yang T H, Yang X F. Age structure and growth characteristic of *Castanopsis fargesii* population. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(2): 254-260.
- [29] Wang X H, Yan X, Yan E R, Jin Y. Primary study on sprout regeneration of several dominant species of evergreen broad leaved forest after logging in Tiantong. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2004, 22(1): 52-57.
- [30] Song K, Yu Q, Shang K K, Yang T H, Da L J. The spatio-temporal pattern of historical disturbances of an evergreen broadleaved forest in East China: a dendroecological analysis. *Plant Ecology*, 2011, 212: 1313-1325.
- [31] Canham C D, Marks P L. The response of woody plants to disturbance: patterns of establishment and growth//Pichett S T A, White P S, eds. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. New York: Academic Press, 1985: 197-216.
- [32] Bhujra D R, Ohsawa M. Patch implications in the maintenance of species richness in an isolated forest site. *Biological Conservation*, 2001, 98(1): 117-125.

参考文献:

- [2] 达良俊, 杨永川, 宋永昌. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林主要组成种的种群结构及更新类型. *植物生态学报*, 2004, 28(3): 376-384.
- [13] 李文良, 张小平, 郝朝运, 吴建勋, 王磊, 王静, 张姗姗, 程东升, 黄海明. 湘鄂皖连香树种群的年龄结构和点格局分析. *生态学报*, 2009, 29(6): 3221-3230.
- [14] 蔡飞, 宋永昌. 武夷山木荷种群结构和动态的研究. *植物生态学报*, 1997, 21(2): 138-148.
- [15] 蔡飞. 杭州西湖山区青冈种群结构和动态的研究. *林业科学*, 2000, 36(3): 67-72.
- [16] 谢佳彦, 邓志平. 杭州五云山米槠种群幼苗大小结构及空间分布格局研究. *生态学杂志*, 2003, 22(5): 35-39.
- [17] 赖江山, 张謐, 谢宗强. 三峡库区常绿阔叶林优势种群的结构和格局动态. *生态学报*, 2006, 26(4): 1073-1079.
- [19] 杨庆松, 马遵平, 谢玉彬, 张志国, 王樟华, 刘何铭, 李萍, 张娜, 王达力, 杨海波, 方晓峰, 阎恩荣, 王希华. 浙江天童 20ha 常绿阔叶林动态监测样地的群落特征. *生物多样性*, 2011, 19(2): 215-223.
- [20] 杨永川, 达良俊, 陈波. 天童米槠-木荷群落主要树种的结构及空间格局. *生态学报*, 2006, 26(9): 2927-2938.
- [21] 宋坤, 杨徐烽, 康敏明, 达良俊. 浙江天童受损常绿阔叶林实验生态学研究 (II): 主要常绿树种的生长格局. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2008(4): 12-24, 57-57.
- [22] 达良俊, 宋坤. 浙江天童受损常绿阔叶林实验生态学研究 (I): 生态恢复实验与长期定位. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2008, (4): 1-11.
- [27] 宋永昌, 陈小勇. *中国东部常绿阔叶林生态系统退化机制与生态恢复*. 北京: 科学出版社, 2007.
- [28] 宋坤, 达良俊, 杨同辉, 杨徐烽. 栲树种群的年龄结构及其生长特征. *应用生态学报*, 2007, 18(2): 254-260.
- [29] 王希华, 严晓, 闫恩荣, 金毅. 天童几种常绿阔叶林优势种在砍伐后萌枝更新的初步研究. *武汉植物学研究*, 2004, 22(1): 52-57.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 19 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Ecology research and its effects on social development in China	LI Wenhua (5421)
The current mission of ecology-advancing under the situation of chaos and innovation	JIANG Youxu (5429)
Resilience thinking: development of ecological concept	PENG Shaolin (5433)
A review of research progress and future prospective of forest soil carbon stock and soil carbon process in China	LIU Shirong, WANG Hui, LUAN Junwei (5437)
Research on carbon budget and carbon cycle of terrestrial ecosystems in regional scale: a review	YU Guirui, FANG Huajun, FU Yuling, et al (5449)
Advances in the studying of the relationship between landscape pattern and river water quality at the watershed scale	LIU Lijuan, LI Xiaoyu, HE Xingyuan (5460)
Research on the protection of <i>Davidia involucrata</i> populations, a rare and endangered plant endemic to China	CHEN Yan, SU Zhixian (5466)
Progress on water resources input-output analysis	XIAO Qiang, HU Dan, GUO Zhen, et al (5475)
Research advances of contraception control of rodent pest in China ...	LIU Hanwu, WANG Rongxin, ZHANG Fengqin, et al (5484)
Response of vegetation to climate change and human activity based on NDVI in the Three-River Headwaters region	LI Huixia, LIU Guohua, FU Bojie (5495)
Remediation of blowout pits by clonal plants in Mu Us Sandland	YE Xuehua, DONG Ming (5505)
Precipitation trends during 1961—2010 in the Loess Plateau region of China	WANG Qixiang, FAN Xiaohui, WANG Mengben (5512)
An evaluation method for forest resources sustainability	CUI Guofa, XING Shaohua, JI Wenyuan, et al (5524)
Effects of landscape patterns on soil and water loss in the hilly area of loess plateau in China: landscape-level and comparison at multiscale	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5531)
The impacts of future climatic change on agricultures and eco-environment of Loess Plateau in next decade	E Youhao, SHI Qian, MA Yuping, et al (5542)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: standing stock value of biological resources	DU Guoying, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5553)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: provisioning service value	WANG Min, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5561)
The dynamics of the structure and plant species diversity of evergreen broadleaved forests in Damingshan National Nature Reserve after a severe ice storm damage in 2008, China	ZHU Hongguang, LI Yanqun, WEN Yuanguang, et al (5571)
Interactive effects of low phosphorus and drought stress on dry matter accumulation and phosphorus efficiency of soybean plants	QIAO Zhenjiang, CAI Kunzheng, LUO Shiming (5578)
The eco-efficiency evaluation of the model city for environmental protection in China	YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (5588)
Pollution footprint and its application in regional water pollution pressure assessment: a case study of Huzhou City in the upstream of Taihu Lake Watershed	JIAO Wenjun, MIN Qingwen, CHENG Shengkui, et al (5599)
Ecological effect of green space of Shanghai in different spatial scales in past 20 years	LING Huanran, WANG Wei, FAN Zhengqiu, et al (5607)
Assessing indicators of eco-mobility in the scale of urban communities ...	DAI Xin, ZHOU Chuanbin, WANG Rusong, et al (5616)
Spatial structure of urban ecological land and its dynamic development of ecosystem services: a case study in Changzhou City, China	LI Feng, YE Yaping, SONG Bowen, et al (5623)
The carbon emissions embodied in Chinese household consumption by the driving factors	YAO Liang, LIU Jingru, WANG Rusong (5632)
The research on eco-efficiency and carbon reduction of recycling coal mining solid wastes: a case study of Huabei City, China	ZHANG Haitao, WANG Rusong, HU Dan, et al (5638)
Effects of urban shading on photosynthesis of <i>Euonymus japonicas</i>	YU Yingying, HU Dan, GUO Erhui, et al (5646)

Ecological view of traditional rural settlements: a case study in Yongnan of Guangdong Province	JIANG Xueting, YAN Lijiao, HOU Deqian (5654)
The altitudinal pattern of insect species richness in the Three Gorge Reservoir Region of the Yangtze River: effects of land cover, climate and sampling effort	LIU Ye, SHEN Zehao (5663)
Spatial-temporal patterns of fishing grounds and resource of Chilean jack mackerel (<i>Trachurus murphyi</i>) in the Southeast Pacific Ocean	HUA Chengjun, ZHANG Heng, FAN Wei (5676)
Impacts of <i>Ambrosia artemisiifolia</i> invasion on community structure of soil meso- and micro- fauna	XIE Junfang, QUAN Guoming, ZHANG Jiaen, et al (5682)
Appearance in spring and disappearance in autumn of <i>Bemisia tabaci</i> in China	CHEN Chunli, ZHI Junrui, GE Feng, et al (5691)
Water use strategies of <i>Malus toringoides</i> and its accompanying plant species <i>Berberis aemulans</i>	XU Qing, WANG Haiying, LIU Shirong (5702)
Analysis of vertical profiles of soil CO ₂ efflux in Chinese fir plantation	WANG Chao, HUANG Qunbin, YANG Zhijie, et al (5711)
Eco-toxicological effects of four herbicides on typical aquatic snail <i>Pomacea canaliculata</i> and <i>Crown conchs</i>	ZHAO Lan, LUO Shiming, LI Huashou, et al (5720)
Effects of short-term cold-air outbreak on soil respiration and its components of subtropical urban green spaces	LI Xibo, ZENG Wenjing, LI Jinqian, et al (5728)
Effects of landscape pattern on watershed soil erosion and sediment delivery in hilly and gully region of the Loess Plateau of China: patch class-level	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5739)
Partitioning and mapping the sources of variations in the ensemble forecasting of species distribution under climate change: a case study of <i>Pinus tabulaeformis</i>	ZHANG Lei, LIU Shirong, SUN Pengsen, et al (5749)
Relationship between masson pine tree-ring width and NDVI in North Subtropical Region	WANG Ruili, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (5762)
Effects of species composition on canopy rainfall storage capacity in an alpine meadow, China	YU Kailiang, CHEN Ning, YU Sisheng, et al (5771)
Dynamics of soil water conservation during the degradation process of the Zoigê Alpine Wetland	XIONG Yuanqing, WU Pengfei, ZHANG Hongzhi, et al (5780)
Soil urease activity during different vegetation successions in karst peak-cluster depression area of northwest Guangxi, China	LIU Shujuan, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (5789)
Analysis the effect of region impacting on the biomass of domestic Masson pine using mixed model	FU Liyong, ZENG Weisheng, TANG Shouzheng (5797)
Influence of fire on a <i>Pinus massoniana</i> soil in a karst mountain area at the center of Guizhou Province, China	ZHANG Xi, ZHU Jun, CUI Yingchun, et al (5809)
The growth and distribution of <i>Platykladus orientalis</i> Seed-base seedling root in different culture periods	YANG Xitian, DONG Nalin, YAN Dongfeng, et al (5818)
Effects of complex pollution of CTAB and Cd ²⁺ on the growth of Chinese sweetgum seedlings	ZHANG Qin, XUE Jianhui, LIU Chenggang (5824)
The influence of volatiles of three invasive plants on the roots of upland rice seedlings	ZHANG Fengjuan, XU Xingyou, GUO Aiying, et al (5832)
Age structure and regeneration strategy of the dominant species in a <i>Castanopsis carlesii</i> - <i>Schima superba</i> forest	SONG Kun, SUN Wen, DA Liangjun (5839)
A study on application of hepatic microsomal CYP1A biomarkers from <i>Sebastiscus marmoratus</i> to monitoring oil pollution in Xiamen waters	ZHANG Yusheng, ZHENG Ronghui, CHEN Qingfu (5851)
The method of measuring energy flow ϕ and p in ecological networks by input-output flow analysis	LI Zhongcai, XI Xudong, GAO Qin, et al (5860)

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 19 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 19 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