

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

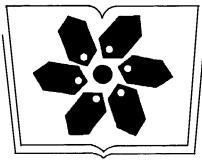
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 24 期 Vol.32 No.24 **2012**

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 32 卷 第 24 期

2012 年 12 月 (半月刊)

目 次

从文献计量角度分析中国生物多样性研究现状.....	刘爱原,郭玉清,李世颖,等 (7635)
CO ₂ 浓度升高和模拟氮沉降对青川箭竹叶营养质量的影响.....	周先容,汪建华,张 红,等 (7644)
陕西中部黄土高原地区空气花粉组成及其与气候因子的关系——以洛川县下黑木沟村为例.....	吕素青,李月从,许清海,等 (7654)
长三角地区 1995—2007 年生态资产时空变化.....	徐昔保,陈 爽,杨桂山 (7667)
基于智能体模型的青岛市林地生态格局评价与优化.....	傅 强,毛 锋,王天青,等 (7676)
青藏高原高寒草地生态系统服务功能的互作机制.....	刘兴元,龙瑞军,尚占环 (7688)
北京城市绿地的蒸腾降温功能及其经济价值评估.....	张 彪,高吉喜,谢高地,等 (7698)
武汉市造纸行业资源代谢分析.....	施晓清,李笑诺,赵吝加,等 (7706)
丽江市家庭能耗碳排放特征及影响因素.....	王丹寅,唐明方,任 引,等 (7716)
基于分布式水文模型和福利成本法的生态补偿空间选择研究.....	宋晓谕,刘玉卿,邓晓红,等 (7722)
设施塑料大棚风洞试验及风压分布规律.....	杨再强,张 波,薛晓萍,等 (7730)
湖南珍稀濒危植物——珙桐种群数量动态.....	刘海洋,金晓玲,沈守云,等 (7738)
云南岩陀及其近缘种质资源群体表型多样性.....	李萍萍,孟衡玲,陈军文,等 (7747)
沙埋和种子大小对柠条锦鸡儿种子萌发、出苗和幼苗生长的影响.....	杨慧玲,梁振雷,朱选伟,等 (7757)
栗山天牛天敌花绒寄甲在栎林中的种群保持机制.....	杨忠岐,唐艳龙,姜 静,等 (7764)
基于相邻木排列关系的混交度研究.....	娄明华,汤孟平,仇建习,等 (7774)
三种回归分析方法在 Hyperion 影像 LAI 反演中的比较.....	孙 华,鞠洪波,张怀清,等 (7781)
红松和蒙古栎种子萌发及幼苗生长对升温与降水综合作用的响应.....	赵 娟,宋 媛,孙 涛,等 (7791)
新疆杨边材贮存水分对单株液流通量的影响.....	党宏忠,李 卫,张友焱,等 (7801)
火干扰对小兴安岭毛赤杨沼泽温室气体排放动态影响及其影响因素.....	顾 韩,牟长城,张博文 (7808)
不同潮汐和盐度下红树植物幼苗秋茄的化学计量特征.....	刘滨尔,廖宝文,方展强 (7818)
腾格里沙漠东南缘沙质草地灌丛化对地表径流及氮流失的影响.....	李小军,高永平 (7828)
西双版纳人工雨林群落结构及其林下降雨侵蚀力特征.....	邓 云,唐炎林,曹 敏,等 (7836)
西南高山地区净生态系统生产力时空动态.....	庞 瑞,顾峰雪,张远东,等 (7844)
南北样带温带区栎属树种种子化学组成与气候因子的关系.....	李东胜,史作民,刘世荣,等 (7857)
模拟酸雨对龙眼叶片 PS II 反应中心和自由基代谢的影响.....	李永裕,潘腾飞,余 东,等 (7866)
沈阳市城郊表层土壤有机污染评价.....	崔 健,都基众,马宏伟,等 (7874)
降雨对旱作春玉米农田土壤呼吸动态的影响.....	高 翔,郝卫平,顾峰雪,等 (7883)
冬季作物种植对双季稻根系酶活性及形态指标的影响.....	于天一,逢焕成,任天志,等 (7894)
施氮量对小麦/玉米带田土壤水分及硝态氮的影响.....	杨蕊菊,柴守玺,马忠明 (7905)
微山湖鸟类多样性特征及其影响因素.....	杨月伟,李久恩 (7913)
新疆北部棉区作物景观多样性对棉铃虫种群的影响.....	吕昭智,潘卫林,张 鑫,等 (7925)
杭州西湖北里湖沉积物氮磷内源静态释放的季节变化及通量估算.....	刘静静,董春颖,宋英琦,等 (7932)
基于实码遗传算法的湖泊水质模型参数优化.....	郭 静,陈求稳,张晓晴,等 (7940)
气候环境因子和捕捞压力对南海北部带鱼渔获量变动的影响.....	王跃中,孙典荣,陈作志,等 (7948)
象山港南沙岛不同养殖类型沉积物酸可挥发性硫化物的时空分布.....	颜婷茹,焦海峰,毛玉泽,等 (7958)
专论与综述	
提高植物抗寒性的机理研究进展.....	徐呈祥 (7966)
植被对多年冻土的影响研究进展.....	常晓丽,金会军,王永平,等 (7981)
凋落物分解主场效应及其土壤生物驱动.....	查同刚,张志强,孙 阁,等 (7991)
街尘与城市降雨径流污染的关系综述.....	赵洪涛,李叙勇,尹澄清 (8001)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 374 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 40 * 2012-12	

封面图说: 永兴岛海滩植被——永兴岛是中国西沙群岛的主岛,也是西沙群岛及南海诸岛中最大的岛屿。国务院 2012 年 6 月批准设立的地级三沙市,管辖西沙群岛、中沙群岛、南沙群岛的岛礁及其海域,三沙市人民政府就驻西沙永兴岛。永兴岛岛上自然植被密布,野生植物有 148 种,占西沙野生植物总数的 89%,主要树种有草海桐(羊角树)、麻枫桐、野枇杷、海棠树和椰树等。其中草海桐也称为羊角树,是多年生常绿亚灌木植物,它们总是喜欢倚在珊瑚礁岸或是与其他滨海植物聚生于海岸沙滩,为典型的滨海植物。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201203270425

刘海洋, 金晓玲, 沈守云, 张日清. 湖南珍稀濒危植物——珙桐种群数量动态. 生态学报, 2012, 32(24): 7738-7746.

Liu H Y, Jin X L, Shen S Y, Zhang R Q. Population quantitative characteristics and dynamics of rare and endangered plant *Davidia involucrata* in Hunan Province. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(24): 7738-7746.

湖南珍稀濒危植物 ——珙桐种群数量动态

刘海洋¹, 金晓玲^{1,*}, 沈守云¹, 张日清²

(1. 中南林业科技大学风景园林学院, 长沙 410004; 2. 中南林业科技大学林学院, 长沙 410004)

摘要:在湖南省珙桐(*Davidia involucrata*)主要分布区八大公山和壶瓶山自然保护区设置了 7 个具有代表性的样地, 采用样方法对珙桐群落的组成进行调查, 研究珙桐种群的年龄结构、静态生命表和生存规律。结果表明: (1) 两个保护区珙桐种群的径级结构和高度结构都近似于倒金字塔型, 并且珙桐种群幼树死亡率高, 珙桐种群有衰退迹象。(2) 珙桐种群结构存在波动性, 幼年阶段的个体数量少, 并且多为萌生苗, 实生苗很少; 成年个体数量相对也较少, 种群趋于 Deevey 的 II 型和 III 型曲线之间。(3) 珙桐种群死亡率和消失率曲线变化趋势基本一致, 均在第 5 龄级阶段出现一个高峰; 珙桐种群的生存率单调上升, 累计死亡率单调下降, 生存率上升趋势前期低于后期, 累计死亡率则相反。(4) 珙桐种群具有前期稳定、中期锐减和后期衰退的特点。

关键词:珙桐; 径级结构; 种群生命表; 存活曲线; 生存分析; 种群数量动态

Population quantitative characteristics and dynamics of rare and endangered plant *Davidia involucrata* in Hunan Province

LIU Haiyang¹, JIN Xiaoling^{1,*}, SHEN Shouyun¹, ZHANG Riqing²

1 College of Landscape Architecture, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004 China

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

Abstract: *Davidia involucrata* Baill is the only species in Davidiaceae. It originated from tertiary period and now is a relic plant known to the world. But now, it becomes one of the world famous ornamental tree for gardens and parks in many countries because its flowers look like flying doves (dove tree). In recent years, the increase of regional developing projects has led to decrease of this ancient and rare plant in nature, especially its habitats and populations. The plant has been listed in the rare and endangered plants in China. *D. involucrata* mainly distributed in very special niche habitats in the mountainous region of Youngzi River in China. To better understand its natural community and propose management strategy, we investigated the population structure and natural succession of *D. involucrata* in Hunan province. Seven plots were established in Badagongshan and Hupingshan Nature Reserves. We developed a static life table of *D. involucrata* based on the population life table and theory of survival analysis. Survivorship curves, mortality rate, killing power, survival rate, mortality density and hazard rate were determined. The results showed that the population structure of *D. involucrata* was an inverse-pyramid type. The death rate of young trees was higher. The *D. involucrata* population in Hunan province was declining. There were fewer young and old *D. involucrata* trees in Badagongshan and Hupingshan Nature Reserves. The young trees mainly belonged to sprouted seedlings. Population structure was fluctuated and the survival curve

基金项目:湖南省“十二五”重点学科(风景园林学)(湘教发[2011]76号);国家林业局野生植物珍稀濒危物种调查监管项目(珙桐野生种群调查及生境评估,编号354)

收稿日期:2012-03-27; 修订日期:2012-09-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jxl0716@hotmail.com

had trend to be the type between Deevey II and III. One peak of mortality rate and killing power existed in the lifespan in the 5th age class period. The population survival rate of *D. involucrata* increased monotonically, whereas the cumulative mortality rate decreased monotonically. Four survival functional curves showed that the *D. involucrata* population grew stably at young age, decreased very quickly in middle age and declined in old age. Limited natural regeneration from seeds was the mainly reason caused *D. involucrata* population decline. After exploring and sampling some natural populations, we summarized that the species became endangered plants mainly because of 1) narrow distribution (niche habitat). Dove tree usually grows in the deep areas of the moun-tain ranges, with warm summer and abundant moisture. 2) Seed abortion. It is very serious and majority of embryos could not develop normally. 3) Difficulty of natural regeneration. The seed of dove tree has a long period of after-ripening and a hard exterior covering. Germination usually occurred after three years, which leads to the significant loss of seed viability. 4) Human disturbance. Habitat loss (logging) and collection of wild seedlings were one of the important reasons to reduce its populations. Dove tree was very sensitive to the change of habitat. The environment change would cause its reproduction difficulty. The number of individuals of dove tree was declined dramatically. Further studies on its protection and habitat restoration should be our priority.

Key Words: *Davidia involucrata*; population life table; survival curve; survival analysis; population quantitative dynamics

珙桐 (*Davidia involucrata* Baill.) 为我国特有的珙桐科 (Davidiaceae) 单型属植物, 是第三纪古热带植物区系的孑遗种^[1]。由于珙桐生境范围狭窄、种子败育现象严重和种子后熟期长等特点, 造成自然更新困难^[2,3], 被列为国家一级保护植物^[4]。珙桐分布区为 26°46'—32°20'N, 02°52'—111°20'E, 主要分布于我国湖南、四川、云南、贵州和湖北等地区, 其自然分布区呈现出一较连续的马蹄形和两个远离马蹄形的孤立种群, 分布区地貌以丘陵、中山和山地峡谷为主, 集中分布于山坡沟谷^[5]。

对珙桐种群的研究主要集中在四川、贵州、甘肃、云南、湖北等地, 研究发现贵州柏箐喀斯特苔原区^[6]、湖北七姊妹山自然保护区^[7]和四川都江堰龙池地区^[8]的珙桐种群为衰退种群, 湖北后河自然保护区属于中衰性种群^[9], 而四川卧龙地区^[10]、湖北省星斗山自然保护区^[11]和甘肃文县的珙桐种群^[12]属于增长型局域种群。湖南是珙桐的主要分布区之一, 刘海洋等对壶瓶山自然保护区珍稀濒危植物珙桐群落进行了研究报道^[13], 然而对湖南省境内珙桐种群数量的动态变化尚未开展。为了解湖南省野生珙桐的种群现状, 以湖南省珙桐的主要分布区八大公山和壶瓶山国家级自然保护区为对象, 以种群生命表及生存分析理论为基础结合样方调查, 对珙桐种群的数量特征进行了初步统计分析, 以期阐明珙桐的濒危机制、保护珙桐植物资源奠定理论基础。

1 研究地概况

八大公山自然保护区位于湘西张家界市桑植县城境内。地理坐标为北纬 29°39'18"—29°49'48", 东经 109°41'45"—110°09'50"。保护区属北亚热带山地湿润季风气候。拥有目前亚热带地区保存最完整的、面积最大的原生性常绿阔叶林。森林植被保存完好, 珍稀、孑遗植物种类丰富, 类型多样, 有植物 216 科, 2876 种, 包括 51 种濒临灭绝的稀有濒危植物和特有种, 极具研究价值。其中珙桐种群集中分布在海拔 700—1500 m 的山谷、山沟地带^[14]。

壶瓶山国家级自然保护区位于湖南省石门县境内。地理位置在 110°29'—110°59'E 和 29°50'—30°09' N 之间, 总面积 66568 hm²。现有原始森林 2700hm², 木本植物 831 种, 其中国家重点保护树种 28 种, 有药用植物 1019 种。本区地处云贵高原向东部低山丘陵的过渡地带, 区内气候受太平洋暖流气候的影响明显, 属亚热带山地气候。中外植物学家证实, 壶瓶山小溪一带的珙桐是目前世界上面积最大的珙桐群落集中地^[15]。

2 研究方法

2.1 样地调查

采用样地调查方法, 在踏察的基础上, 根据群落分布的海拔和坡向, 选择典型性地段, 设立 7 处 40m×20 m

的样地(表 1)。

在样地中选取 6 块 10 m×10 m 的小样方对乔木进行每木调查;在样地的四角及中央位置共设置 5 块 5m×5 m 的灌木层样方,对样方内的灌木(包括胸径 5 cm 以下的乔木幼树)进行每株调查;并在灌木层样方内设置 25 块 1 m×1 m 的草本层样方。

表 1 调查样地的基本情况
Table 1 Situation of the plot

样地 Site	分布地区 Location	样地面积/m ²	海拔/m Elevation	经度(E) Longitude	纬度(N) Llatitude	坡向 Direction of slope	坡位 Sloping field
Q ₁	八大公山亮垭	800	1215	110°50'12"	29°36'02"	北 35°	中下部
Q ₂	八大公山亮垭	800	1264	110°03'42"	29°45'47"	北 35°	中部
Q ₃	八大公山横沟	800	1288	110°03'32"	29°45'53"	东南 40°	中上部
Q ₄	八大公山珙桐湾	800	1512	110°44'48"	29°33'48"	北 42°	中上部
Q ₅	八大公山珙桐湾	800	1544	110°44'23"	29°36'33"	北 42°	上部
Q ₆	壺瓶山珙桐湾	800	1352	110°30'55"	30°04'24"	东南 35°	中上
Q ₇	壺瓶山大梯口	800	1459	110°30'58"	30°03'23"	北 32°	中上

2.2 珙桐种群年龄结构、静态生命表和生存规律分析

珙桐种群年龄结构分析中径级结构的分级标准:Ⅰ级幼苗高<0.33 m;Ⅱ级幼树高≥0.33 m,胸径<2.5 cm;Ⅲ级小树胸径 2.5—7.5 cm;Ⅳ级中树胸径 7.5—22.5 cm;Ⅴ级大树胸径≥22.5 cm,高度结构的分级标准为 1 级高 1.3 m 以下,2 级 1.3—2 m,2 级以上每隔 2 m 为一个高度级。种群静态生命表分析 Wratten^[16]和江洪^[17]的方法进行。种群的生存规律分析按杨凤翔^[18]的方法进行。

3 结果与分析

3.1 珙桐种群年龄结构

采用径级结构对珙桐的种群结构及其动态进行分析,以立木胸径代替年龄对种群的年龄结构进行分析,结果见图 1。从图 1 可以看出,各个样地珙桐种群年龄结构相似,立木级分布图大体呈倒金字塔形,以Ⅲ级小树、Ⅳ级中树和Ⅴ级大树的数量为多而缺乏幼苗。Q₁—Q₆ 样地中都没有Ⅰ级幼苗;Ⅱ级幼树在整个群落中占的数量也不多;Ⅲ级小树在样地都有不同程度的分布,其中以 Q₇ 样地最多;Ⅳ级中树在样地分布最多;Ⅴ级大树在样地各有分布。在 Q₇ 样地中发现了罕见的珙桐实生苗,这可能是由于该样地没有大量砾石碎,地表的枯枝落叶层也比较薄,珙桐种子可以直接接触到土壤,适合珙桐种子的萌发。珙桐样地内Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级幼苗均很少的原因,可能是由珙桐种子被动物取食和种子萌发困难等原因造成的,珙桐的种群径级结构特点与湖北七姊妹山的类似^[19]。从整体调查的结果来看,珙桐在一段时间内仍然是群落中的优势种,但是由于缺乏Ⅰ级幼苗的更新,随着时间的推移珙桐种群会趋向衰退阶段。

3.2 珙桐种群的静态生命表与存活曲线分析

由于研究的珙桐种群为野生分布或自然林,调查所得数据在生命表的编制中出现死亡率为负值的情况,不能满足编制生命表的前提条件。为此,本文采用匀滑技术处理^[20],具体做法如下:

据特定生命表假设,年龄组合是稳定的,各年龄的比例不变。认定区段 1—7 龄级,区段存活数的累积 $T = \sum_{i=1}^7 a_{xi} = 34$,平均数(即组中值)为 $\overline{a_x} = \frac{T}{n} = \frac{34}{7} = 5$ 。另外根据区段的最多存活数和最少存活数的差数(12-2=10),区段的间隔数为 7,相邻年龄组的存活数之间的差数为 10/7≈1。该区段有 7 个龄级,组中龄为第 4 龄级,那么匀滑后的 1—7 龄级的个体数应为 8,7,6,5,4,3,2。用同样的匀滑技术处理在八大公山国家保护区珙桐林的调查资料中发现的龄级时的数据发生波动。最终经匀滑修正后,得到 a_x^* ,据此编制珙桐特定时间生命表(表 2)。

表 2 壶瓶山和八大公山珙桐种群的静态生命表
Table 2 Static life table of *D. involucre* in Hupingshan

地点 Site	龄级 Age class	径级距/cm Diameter class	组中值 Data	a_x	a_x^*	l_x	$\ln l_x$	d_x	q_x	L_x	T_x	e_x	k_x	M_x	S_x
壶瓶山	1	0—5	2.5	12	8	1000	6.908	125	0.125	938	3875	3.875	0.134	0.133	0.875
	2	5—10	7.5	8	7	875	6.774	125	0.143	813	2938	3.357	0.154	0.154	0.857
	3	10—15	12.5	4	6	750	6.620	125	0.167	688	2125	2.833	0.182	0.182	0.833
	4	15—20	17.5	2	5	625	6.438	125	0.200	563	1438	2.300	0.223	0.222	0.800
	5	20—25	22.5	3	4	500	6.215	125	0.250	438	884	1.769	0.288	0.286	0.750
	6	25—30	27.5	2	3	375	5.927	125	0.333	313	456	1.216	0.405	0.400	0.667
	7	30—35	32.5	3	2	250	5.521	—	—	125	153	0.611	—	0.000	—
八大公山	1	0—5	2.5	18	14	1000	6.908	143	0.143	929	3500	3.500	0.154	0.154	0.857
	2	5—10	7.5	16	12	857	6.754	143	0.167	786	2571	3.000	0.182	0.182	0.833
	3	10—15	12.5	6	10	714	6.571	143	0.200	643	1786	2.500	0.223	0.222	0.800
	4	15—20	17.5	5	8	571	6.348	143	0.250	500	1145	2.003	0.288	0.286	0.750
	5	20—25	22.5	5	6	429	6.060	143	0.333	357	647	1.509	0.405	0.400	0.667
	6	25—30	27.5	8	4	286	5.655	143	0.500	214	291	1.019	0.693	0.667	0.500
	7	30—35	32.5	2	2	143	4.962	—	—	71	79	0.551	4.962	0.000	—

l_x 为在 x 径级标准化后的存活个体数, d_x 为从 x 到 $x+1$ 径级内标准化后的死亡个体数, M_x 为死亡率, L_x 为从 x 到 $x+1$ 径级内存活个体数, T_x 为从 x 到超过 x 径级的个体数, e_x 为进入 x 径级, a_x^* 为匀滑后 x 径级内的现存个体数, k_x 为亚生命力的死亡率, q_x 为 x 到 $x+1$ 径级内的死亡数, 个体的生命期望值

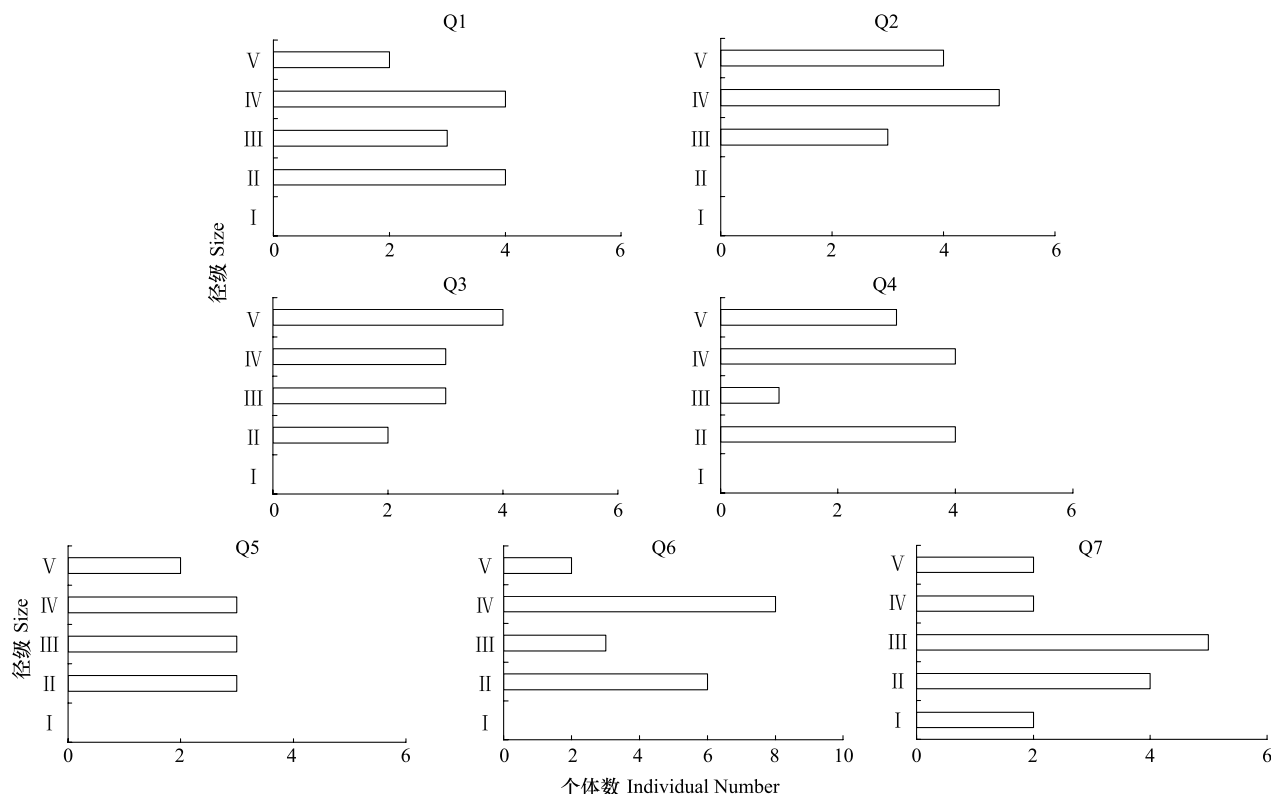


图1 珙桐种群的径级结构

Fig.1 The size class structure of *D. involucrate*

珙桐种群结构存在波动性,幼年阶段的个体不是很多,并且多为萌生的个体。成年个体数量也相对较少。随龄级的增大珙桐种群的个体数量依次减少。 e_x 反映了 x 龄级内个体的生命期望寿命,珙桐的生命期望表明,种群在第1龄级和第2龄级阶段具有很高的期望寿命。按照 Deevey 的划分,种群存活曲线一般有3种基本类型:Ⅰ型是凸曲线、Ⅱ型是直线、Ⅲ型是凹型曲线。根据静态生命表绘制了珙桐的存活曲线(图2),从图2可以看出,两地的曲线的变化趋势介于 Deevey 的Ⅱ型和Ⅲ型曲线之间,幼年时存活个体数随年龄增加而减小,个体数减少的程度一直保持稳定。但八大公山样地的珙桐种群在第5龄级之后显著下降,而壶瓶山样地的珙桐在第5龄级之后种群数量保持相对稳定的状态。

3.3 死亡率和消失率曲线

以死亡率(q_x)和消失率(k_x)为纵坐标,以径级相对的龄级为横坐标,绘制珙桐的死亡率和消失率曲线,见图3。由图3可见,八大公山和壶瓶山两个样地里珙桐种群的死亡率和消失率曲线变化趋势基本一致。珙桐的死亡率和消失率随龄级增加而增加,在第5龄级后有加剧趋势。这可能是由于种内和种间竞争的加剧所致,加上珙桐种群进入生理死亡年龄,个体迅速消亡;另外,珙桐对环境要求严格,所以死亡率一直处于很高的水平。

3.4 珙桐种群的生存分析

7个样地珙桐种群的4个生存函数估算值见表3。

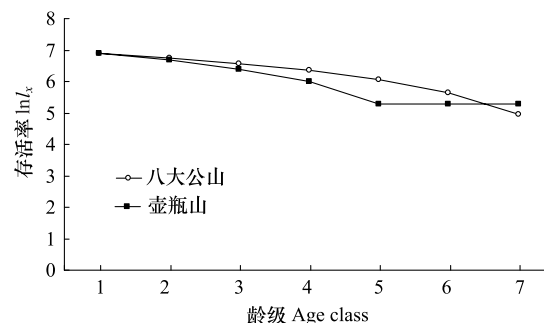


图2 珙桐种群存活曲线图

Fig.2 Survival curve of *D. involucrate* population

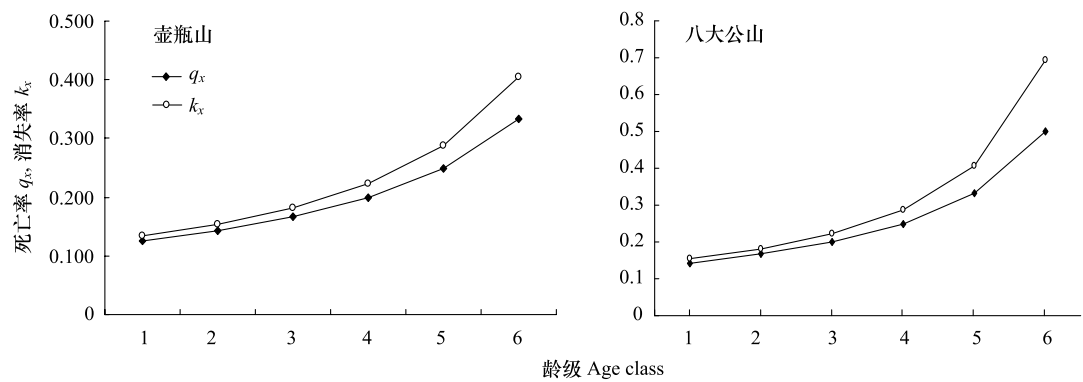


图3 珙桐种群死亡率和消失率曲线

Fig. 3 Mortality rate (q_x) and vanish rate (k_x) value curve of *D. involcrate* population

表3 壶瓶山和八大公山地区4个函数估算值

Table 3 Estimated values of four functions of Hupingshan and Badagongshan							
地点 Site	龄级 Age class	径级距/cm Diameter class	组中值 Data	生存率 Survival Rate $S_{(i)}$	死亡率 Cumulative Mortality Rate $F_{(i)}$	死亡密度 Mortality Density $f_{(i)}$	危险率 Hazard Rate $\lambda_{(i)}$
壶瓶山	1	0—5	2.5	0.875	0.125	0.004	0.027
	2	5—10	7.5	0.857	0.143	0.005	0.031
	3	10—15	12.5	0.833	0.167	0.007	0.036
	4	15—20	17.5	0.800	0.200	0.010	0.044
	5	20—25	22.5	0.750	0.250	0.017	0.057
	6	25—30	27.5	0.667	0.333	0.133	0.080
	7	30—35	32.5	0.000	1.000	0.000	0.000
八大公山	1	0—5	2.5	0.857	0.143	0.005	0.031
	2	5—10	7.5	0.833	0.167	0.007	0.036
	3	10—15	12.5	0.800	0.200	0.010	0.044
	4	15—20	17.5	0.750	0.250	0.017	0.057
	5	20—25	22.5	0.667	0.333	0.033	0.080
	6	25—30	27.5	0.500	0.500	0.100	0.133
	7	30—35	32.5	0.000	1.000	0.000	0.000

$S_{(i)}$ 指种群生存率, $F_{(i)}$ 指累计死亡率, $f_{(i)}$ 指种群死亡密度, $\lambda_{(i)}$ 指种群的危险率

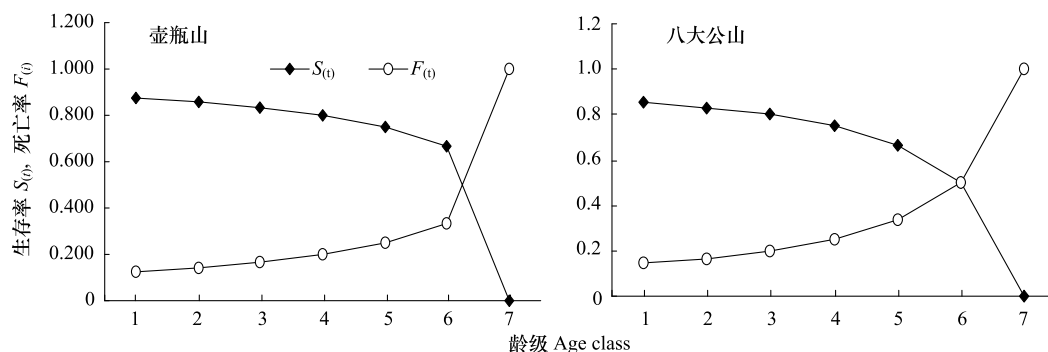
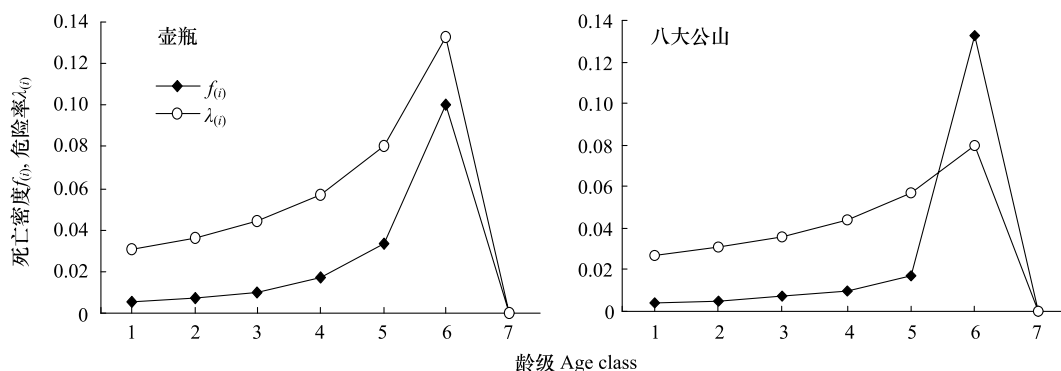
以径级相对应的龄级为横坐标,分别以4个函数值为纵坐标作图,绘制生存率曲线、累计死亡率曲线、死亡密度曲线和危险率曲线,得到图4和图5。

由图4可知,珙桐种群的生存率单调下降,累计死亡率单调上升,二者互补;从第1龄级到第5龄级阶段,种群生存率曲线和累计死亡率曲线的升降都比较平缓,分别呈比较平均逐步下降和上升趋势,种群呈现稳定状态。生存率曲线和累计死亡率曲线都在第6个龄级处出现拐点,生存率锐减,累计死亡率骤增;说明珙桐在此龄级后逐渐进入生理年龄衰老期,种群呈衰退状态。

由图5可知,两个样地的珙桐种群的死亡密度曲线和危险率曲线变化趋势基本一致,两样地都在第6龄级出现峰值。不同的是,八大公山在峰值处,危险率高达13.3%,而生存率只有5%;而壶瓶山样地中危险率为8.0%,生存率在7%左右。4个生存函数曲线表明,珙桐具有前期锐减、中期稳定、后期衰退的特点,这与种群存活曲线、死亡率曲线和消失率曲线的分析结果一致。

4 讨论

珙桐分布在中国西南部复杂的亚热带山地地区,受第四纪冰川作用影响较小才得以残存^[21]。珙桐群落

图4 珙桐种群生存率($S_{(i)}$)和累计死亡率($F_{(i)}$)曲线Fig. 4 Survival rate ($S_{(i)}$) and cumulative mortality rate ($F_{(i)}$) functional curve of *D. involucrate* population图5 珙桐种群死亡密度($f_{(i)}$)和危险率($\lambda_{(i)}$)曲线Fig. 5 Mortality density ($f_{(i)}$) and hazard rate ($\lambda_{(i)}$) functional curve of *D. involucrate* population

处于高海拔、光照少、多云雾且湿度较大、温度较低的山谷地段。由此看出珙桐群落具有由亚热带常绿阔叶林向温带落叶阔叶林过渡的北亚热带常绿、落叶阔叶混交林的外貌特征。

珙桐种群的径级结构和高度结构都近似于倒金字塔型,并且发现珙桐种群幼树死亡率高,可以看出湖南省珙桐种群有衰退迹象。生命表及其相关曲线也显示珙桐种群具有前期稳定、中期锐减和后期衰退的特征,种群个体具有幼苗数量较少,成年个体数量相对较少,种群趋于 Deevey 的Ⅱ型和Ⅲ型曲线之间。这与马宇飞等对湖北七姊妹山珙桐种群结构研究^[11]和梁宏伟等对湖北长阳光叶珙桐群落结构研究结果一致^[22],而与张望等对四川省的珙桐种群存活曲线趋于 Deevey Ⅲ型的研究结果有异^[23]。说明环境特征、植物群落以及所受到干扰强度决定着种群在植物群落中的地位。

珙桐具有有性和无性两种繁殖方式,而且以无性繁殖的方式为主。在7块样地中都发现珙桐的种子,但是萌发成幼苗的并不多,只有在样地7中发现了两株珙桐实生苗,可见自然状态下有性繁殖不是珙桐最佳的繁殖方式。可能的原因是珙桐种子败育现象严重,结实率不到60%,种子重仅占果核的6%;而且,珙桐的种子休眠期在2a以上,加之种子外壳十分坚硬,导致种子发芽困难甚至失去发芽能力^[24]。但是,珙桐的萌蘖能力很强,通过调查,我们发现在各个样地里珙桐的Ⅰ级幼苗虽然很少几乎没有,但Ⅱ级幼树的数量却比较多,且大多是萌生苗,这种萌生能力对维持不适于种子萌发的环境内珙桐种群的繁衍起到重要作用。

生存函数分析结果也表明珙桐在成长的过程中要经过严格的筛选。珙桐种群从第1龄级开始死亡率就不断上升,死亡高峰出现在第6龄级阶段,在整个阶段珙桐种群的幼苗和幼树数量持续锐减,分析认为:(1)对野生珙桐来说,与其他植物的竞争主要表现在对光和空间的争夺,珙桐是典型的阴性树种,常生长气候温凉、湿润、多雨的落叶、常绿阔叶混交林的深山峡谷地带^[2],多处于中上层林冠,虽然珙桐成树较耐荫,但幼株在成长过程中需求充分光照条件,如果上层郁闭度太大,光照不够,则会生长不良甚至死亡。在实地调查中发

现,珙桐群落郁闭度高,日照时间又比较短,地表覆盖有大量的块状岩石以及枯枝落叶层比较厚。这样使得珙桐在群落生境中,处于被动适应的地位,因其生长极其缓慢,在对空间的利用无论是地上还是地下都不占优势,加之幼苗个体小、生长和竞争能力弱,故这一阶段受到强烈的环境筛选。(2)人为因素也是导致这种情况的原因之一。调查发现珙桐一般生长在海拔较高的山区,但是近些年来随着珙桐的声名远扬,对其关注的人也越来越多,人类对其生境的干扰也越来越大。挖掘野生苗、采摘果实,导致珙桐自然种群更新非常困难和分布区的缩小,使野生珙桐资源遭到严重破坏。另外,野生珙桐林内其他类型的人为干扰(如砍伐木材等)也会对珙桐造成影响,常导致一些幼苗幼树的死亡^[7]。

保护濒危物种的关键是保护其现有种群。为此,建议进一步加强对野生珙桐种群的保护,以改善其种群状况^[25]。由于林内荫蔽度过高、频繁的人为干扰都不利于野生珙桐的生存,可在高荫蔽度林中适当间伐乔木层和灌木层常见植物来提高林内透光率,增强种群的天然更新能力;同时采取适当措施减少当地居民对珙桐种群的干扰,并且针对珙桐种群濒危的原因,开展相应的保护工作;打破其种子休眠、提高种子萌发力、加大对珙桐无性繁殖的试验研究;积极地做好珙桐的引种繁殖、扩大其分布范围,专门建立珙桐的繁育基地、扩大人工林规模以期保护和恢复当前珙桐资源^[26-27]。

5 结论

对八大公山及壶瓶山两样地的珙桐种群径级结构、高度结构、静态生命表以及生存分析显示,珙桐种群的径级结构和高度结构大部分都近似于倒金字塔型,并且发现珙桐种群幼树死亡率高,可以看出湖南省珙桐种群有衰退迹象。珙桐种群的存活曲线趋向于 Deevey 的 II 型和 III 型曲线之间,珙桐种群具有前期锐减、中期稳定、后期衰退的种群结构和动态特点。珙桐幼苗主要是萌生苗,实生苗很少,是引起珙桐自然更新能力差一个主要原因。

References:

- [1] Spongberg S A. Exploration and introduction of ornamental and landscape plants from Eastern Asia // Janick J, Simon J E, eds. New Crops. New York: Wiley, 1993: 140-147.
- [2] Wu G, Xiao H, Li J, Ma K M. Relationship between human activities and survival of rare and endangered species *Davidia involucrata*. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(4): 493-496.
- [3] Zhang J X, Li J Q, Zhou B S, Lian X R. Natural distribution of *Davidia involucrata* and introduction Andysis. Journal of Forestry University, 1995, 17(1): 25-30.
- [4] Fu L G, Jin J M. China Plant Red Data Book: Rare and Endangered Plants. Beijing: Science Press, 1992.
- [5] He J S, Lin J, Chen W L. The current status of endemic and endangered species *Davidia involucrata* and the preserving strategies. Chinese Biodiversity, 1995, 3(4): 213-221.
- [6] Yu L F. Study on characteristic *Davididia involucrata* community in Baiqing Karst platform area in Guizhou. Guizhou Science, 2002, 20(9): 44-47.
- [7] Ma Y F, Li J Q. Population Structure of *Davidia involucrata* in Mt. Seven-sister Nature Reserve of central China's Hubei Province. Journal of Beijing Forestry University, 2005, 27(3): 12-16.
- [8] Shen Z H, Lin J, Jin Y X, Chen W L. A Rpeliminary ecological study of *Davidia involucrata* communities at longchi region in Dujiangyan county of Sichuan province. Journal of Wuhan Botanical Research, 1998, 16(1): 54-64.
- [9] Yang X B, Liu S X, Yang F S. A study on the structure of *Davidia involucrata* var. *vilmoriniana* population in Houhe, Hubei Province. Journal of Biology, 2000, 17(1): 15-17.
- [10] Shen Z H, Lin J, Chen W L, Jin Y X. Structure and regeneration of *Davidia involucrata* communities at Wolong Region, Sichuan province. Acta Phytocologica Sinica, 1999, 23(6): 562-567.
- [11] Ai X R, Tan J X. On the population structure of *Davidia involucrata* in Xingdoushan protected region. Journal of Hubei Institute for Nationalities: Natural Science, 1999, 17(1): 12-16.
- [12] Jiao J, Tian B S, Sun X G. Population patterns and dynamics of *Davidia involucrata* community's dominant species in Wen County of Gansu. Journal of Gansu Agricultural University, 1998, 33(3): 266-271.
- [13] Liu H Y, Jin X L, Xue H W, Zhang C, Shi Q H, Zhang R Q. Study on community of rare and endangered Plant *Davidia involucrate* in Hupingshan nature reserve of Hunan Province. Journal of Central South University of Forestry and Technology, 2011, 31(4): 31-36, 41-41.
- [14] Qi C J, Yu X L, Cao T R, Zhou J R. Flora of Hunan Badagongshan Mountains and its Phytogeographical significance. Acta Botanica Yunnanica, 1994, 16(4): 321-332.

- [15] Zhang G Z, Yang D D. Scientific Survey of Hunan Hupingshan National Nature Reserve. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 2004: 1-100.
- [16] Wratten S D, Fry G L A. Field and Laboratory Exercises in Ecology. 2nd ed. London: Edward Arnold, 1980.
- [17] Jiang H. Population Ecology of Yunshan. Beijing: China Forestry Press, 1992: 8-26.
- [18] Yang F X, Wang S Q, Xu H G, Li B Q. The theory of survival analysis and its application to life table. Acta Ecologica Sinica, 1991, 11(2): 153-158.
- [19] Ma Y F, Li J Q. Population structure of *Davidia involucrata* in Mt. Seven-sister natural reserve of central China's Hubei Province. Journal of Beijing Forestry University, 2005, 27(3): 12-16.
- [20] Lin Y M, Hong T, Wu C Z, Hong W, Hu X S, Song P, Fan H L. Life table and survival analysis of *Osmanthus fragrans* wild population. Journal of Beijing Forestry University, 2007, 29(3): 185-188.
- [21] Chen Y H, Peng C L, Li D Y, Huang C Q. Biology and ecology characteristics and man-made promotion blossom in introduced areas of *Davidia involucrata*. Journal of Central South University of Forestry and Technology, 2010, 30(8): 64-67.
- [22] Chen Y, Su Z X. Research on the protection of *Davidia involucrata* populations, a rare and endangered plant endemic to China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(19): 5466-5474.
- [23] Liang H W, Huang G Q, Wang Y B, Chen F J, Li F L. Community structure features of *Davidia involucrata* var. *vilmoriniana* (Davidiaceae) in Changyang county Hubei Province. Ecological Science, 2011, 31(3): 250-256.
- [24] Zhang W, Cao G X, Liu G H, Liu X. Population structure and distribution pattern of *Davidia involucrata* at Labahe nature reserve of Sichuan Province. Journal of Zhejiang Forestry College, 2008, 25(4): 451-457.
- [25] Zhang Z Y, Su Z X, Shen A Y. The biological character, endangered causes and protection of *Davidia involucrata* Baill, an endemic to China. Journal of Huaiyin Teachers College: Natural Science Edition, 2003, 2(1): 66-69, 86-86.
- [26] Wang N N, Hu Z H, Shen Y B. Photosynthetic characteristics of *Davidia involucrata* Baill. seedlings under soil drought stress. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2011, 31(1): 101-108.
- [27] He J, Su Z X, Hu J Y, Wu Q G, Zhang Y. Fingerprint spectroscopy of *Davidia Involucrata* Baill by HPLC. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2011, 28(1): 378-383.

参考文献:

- [2] 吴刚, 肖寒, 李静, 马克明. 珍稀濒危植物珙桐的生存与人为活动的关系. 应用生态学报, 2000, 11(4): 493-496.
- [3] 张家勋, 李俊清, 周宝顺, 廉秀荣. 珙桐的天然分布和人工引种分析. 北京林业大学学报, 1995, 17(1): 25-30.
- [4] 傅立国, 金鉴明. 中国植物红皮书——稀有濒危植物(第一册). 北京: 科学出版社, 1992.
- [5] 贺金生, 林洁, 陈伟烈. 我国珍稀特有植物珙桐的现状及其保护. 生物多样性, 1995, 3(4): 213-221.
- [6] 喻理飞. 贵州柏箐喀斯特台原区珙桐群落特征研究. 贵州科学, 2002, 20(9): 44-47.
- [7] 马宇飞, 李俊清. 湖北七姊妹山珙桐种群结构研究. 北京林业大学学报, 2005, 27(3): 12-17.
- [8] 沈泽昊, 林洁, 金义兴, 陈伟烈. 四川都江堰龙池地区珙桐群落生态初步研究. 武汉植物学研究, 1998, 16(1): 54-64.
- [9] 杨心兵, 刘胜祥, 杨福生. 湖北省后河自然保护区光叶珙桐种群结构的研究. 生物学杂志, 2000, 17(1): 15-17.
- [10] 沈泽昊, 林洁, 陈伟烈, 金义兴. 四川卧龙地区珙桐群落的结构与更新研究. 植物生态学报, 1999, 23(6): 562-567.
- [11] 艾训儒, 谭建锡. 星斗山自然保护区珙桐种群结构特征研究. 湖北民族学院学报: 自然科学版, 1999, 17(1): 12-16.
- [12] 焦健, 田波生, 孙学刚. 甘肃文县珙桐群落优势种群分布格局及动态变化趋势. 甘肃农业大学学报, 1998, 33(3): 266-271.
- [13] 刘海洋, 金晓玲, 薛会雯, 张程, 石求辉, 张日清. 壶瓶山自然保护区珍稀濒危植物珙桐群落的研究. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(4): 31-36, 41-41.
- [14] 祁承经, 喻勋林, 曹铁如, 周建仁. 湖南八大公山的植物区系及其在植物地理学上的意义. 云南植物研究, 1994, 16(4): 321-332.
- [15] 张国珍, 杨道德主编. 湖南壶瓶山国家级自然保护区科学考察报告集. 长沙: 湖南科技出版社, 2004: 1-100.
- [17] 江洪. 云杉种群生态学. 北京: 中国林业出版社, 1992: 8-26.
- [18] 杨凤翔, 王顺庆, 徐海根, 李邦庆. 生存分析理论及其在研究生命表中的应用. 生态学报, 1991, 11(2): 153-158.
- [20] 林勇明, 洪滔, 吴承祯, 洪伟, 胡喜生, 宋萍, 范海兰. 桂花野生种群生命表及生存分析. 北京林业大学学报, 2007, 29(3): 185-188.
- [21] 陈迎辉, 彭春良, 李迪友, 黄承前. 珙桐的生物生态特性和人工引种促花研究. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(8): 64-67.
- [22] 陈艳, 苏智先. 中国珍稀濒危孑遗植物珙桐种群的保护. 生态学报, 2011, 31(19): 5466-5474.
- [23] 梁宏伟, 黄光强, 王玉兵, 陈发菊, 李凤兰. 湖北长阳光叶珙桐群落结构研究. 生态科学, 2011, 31(3): 250-256.
- [24] 张望, 操国兴, 刘光华, 刘欣. 四川省喇叭河自然保护区珙桐种群结构与分布格局. 浙江林学院学报, 2008, 25(4): 451-457.
- [25] 张征云, 苏智先, 申爱英. 中国特有植物珙桐的生物学特性、濒危原因及保护. 淮阴师范学院学报: 自然科学版, 2003, 2(1): 66-69, 86-86.
- [26] 王宁宁, 胡增辉, 沈应柏. 珙桐苗木叶片光合特性对土壤干旱胁迫的响应. 西北植物学报, 2011, 31(1): 101-108.
- [27] 贺静, 苏智先, 胡进耀, 吴庆贵, 张悦. 珙桐 HPLC 指纹图谱研究. 光谱实验室, 2011, 28(1): 378-383.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 24 December, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

A bibliometric study of biodiversity research in China	LIU Aiyuan, GUO Yuqing, LI Shiyong, et al (7635)
Effects of elevated CO ₂ and nitrogen deposition on leaf nutrient quality of <i>Fargesia rufa</i> Yi .....	..... ZHOU Xianrong, WANG Jianhua, ZHANG Hong, et al (7644)
Airborne pollen assemblages and their relationships with climate factors in the central Shaanxi Province of the Loess Plateau: a case in Xiaheimugou, Luochuan County	LÜ Suqing, LI Yuecong, XU Qinghai, et al (7654)
Spatial and temporal change in ecological assets in the Yangtze River Delta of China 1995—2007 .....	..... XU Xibao, CHEN Shuang, YANG Guishan (7667)
Evaluation and optimization of woodland ecological patterns for Qingdao based on the agent-based model .....	..... FU Qiang, MAO Feng, WANG Tianqing, et al (7676)
Interactive mechanism of service function of alpine rangeland ecosystems in Qinghai-Tibetan Plateau .....	..... LIU Xingyuan, LONG Ruijun, SHANG Zhanhuan (7688)
Preliminary evaluation of air temperature reduction of urban green spaces in Beijing .....	..... ZHANG Biao, GAO Jixi, XIE Gaodi, et al (7698)
Resources metabolism analysis for the pulp and paper industry in Wuhan, China .....	..... SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, ZHAO Linjia, et al (7706)
The characteristics and influential factors of direct carbon emissions from residential energy consumption: a case study of Lijiang City, China	WANG Danyin, TANG Mingfang, REN Yin, et al (7716)
Spatial targeting of payments for ecosystem services Based on SWAT Model and cost-benefit analysis .....	..... SONG Xiaoyu, LIU Yuqing, DENG Xiaohong, et al (7722)
The wind tunnel test of plastic greenhouse and its surface wind pressure patterns .....	..... YANG Zaiqiang, ZHANG Bo, XUE Xiaoping, et al (7730)
Population quantitative characteristics and dynamics of rare and endangered plant <i>Davidia involucrata</i> in Hunan Province .....	..... LIU Haiyang, JIN Xiaoling, SHEN Shouyun, et al (7738)
Phenotypic diversity in populations of germplasm resources of <i>Rodgersia sambucifolia</i> and related species .....	..... LI Pingping, MENG Hengling, CHEN Junwen, et al (7747)
Effects of sand burial and seed size on seed germination, seedling emergence and growth of <i>Caragana korshinskii</i> Kom. (Fabaceae) ...	..... YANG Huiling, LIANG Zhenlei, ZHU Xuanwei, et al (7757)
Population-keeping mechanism of the parasitoid <i>Dastarcus helophoroides</i> (Coleoptera: Bothrididae) of <i>Massicus raddei</i> (Coleoptera: Cerambycidae) in oak forest	YANG Zhongqi, TANG Yanlong, JIANG Jing, et al (7764)
Study of mingling based on neighborhood spatial permutation	LOU Minghua, TANG Mengping, QIU Jianxi, et al (7774)
Comparison of three regression analysis methods for application to LAI inversion using Hyperion data .....	..... SUN Hua, JU Hongbo, ZHANG Huaiqing, et al (7781)
Response of seed germination and seedling growth of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Quercus mongolica</i> to comprehensive action of warming and precipitation	ZHAO Juan, SONG Yuan, SUN Tao, et al (7791)
Impacts of water stored in sapwood <i>Populus bolleana</i> on its sap flux	DANG Hongzhong, LI Wei, ZHANG Youyan, et al (7801)
Dynamics of greenhouse gases emission and its impact factors by fire disturbance from <i>Alnus sibirica</i> forested wetland in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China	GU Han, MU Changcheng, ZHANG Bowen (7808)
Different tide status and salinity alter stoichiometry characteristics of mangrove <i>Kandelia candel</i> seedlings .....	..... LIU Biner, LIAO Baowen, FANG Zhanqiang (7818)
Effects of shrub encroachment in desert grassland on runoff and the induced nitrogen loss in southeast fringe of Tengger Desert .....	..... LI Xiaojun, GAO Yongping (7828)
Community structure and throughfall erosivity characters of artificial rainforest in Xishuangbanna .....	..... DENG Yun, [TANG Yanlin], CAO Min, et al (7836)
Temporal-spatial variations of net ecosystem productivity in alpine area of southwestern China .....	..... PANG Rui, GU Fengxue, ZHANG Yuandong, et al (7844)

Relationships between chemical compositions of <i>Quercus</i> species seeds and climatic factors in temperate zone of NSTEC	LI Dongsheng, SHI Zuomin, LIU Shirong, et al (7857)
Effects of simulated acid rain stress on the PS II reaction center and free radical metabolism in leaves of longan	LI Yongyu, PAN Tengfei, YU Dong, et al (7866)
Assessment of organic pollution for surface soil in Shenyang suburbs	CUI Jian, DU Jizhong, MA Hongwei, et al (7874)
The impact of rainfall on soil respiration in a rain-fed maize cropland	GAO Xiang, HAO Weiping, GU Fengxue, et al (7883)
Effects of winter crops on enzyme activity and morphological characteristics of root in subsequent rice crops	YU Tianyi, PANG Huancheng, REN Tianzhi, et al (7894)
Dynamic changes of soil moisture and nitrate nitrogen in wheat and maize intercropping field under different nitrogen supply	YANG Ruiju, CHAI Shouxi, MA Zhongming (7905)
Characteristics of the bird diversity and the impact factors in Weishan Lake	YANG Yuewei, LI Jiuen (7913)
The effect of cropping landscapes on the population dynamics of the cotton bollworm <i>Helicoverpa armigera</i> (Lepidoptera, Noctuidae) in the northern Xinjiang	LU Zhaozhi, PAN Weilin, ZHANG Xin, et al (7925)
The seasonal variations of nitrogen and phosphorus release and its fluxes from the sediments of the Beili Lake in the Hangzhou West Lake	LIU Jingjing, DONG Chunying, SONG Yingqi, et al (7932)
Optimization of lake model salmo based on real-coded genetic algorithm	GUO Jing, CHEN Qiuwen, ZHANG Xiaoqing, et al (7940)
The influence of climatic environmental factors and fishing pressure on changes of hairtail catches in the northern South China Sea	WANG Yuezhong, SUN Dianrong, CHEN Zuozhi, et al (7948)
Seasonal and spatial distribution of acid volatile sulfide in sediment under different mariculture types in Nansha Bay, China	YAN Tingru, JIAO Haifeng, MAO Yuze, et al (7958)
Review and Monograph	
Research progress on the mechanism of improving plant cold hardiness	XU Chengxiang (7966)
Influences of vegetation on permafrost: a review	CHANG Xiaoli, JIN Huijun, WANG Yongping, et al (7981)
Home-field advantage of litter decomposition and its soil biological driving mechanism: a review	ZHA Tonggang, ZHANG Zhiqiang, SUN Ge, et al (7991)
Research progress on the relationship of pollutants between road-deposited sediments and its washoff	ZHAO Hongtao, LI Xuyong, YIN Chengqing (8001)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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

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 32 卷 第 24 期 (2012 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 24 (December, 2012)

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