

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早稻幼苗根的影响 ·····	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

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.

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.

中国珍稀濒危孑遗植物珙桐种群的保护

陈 艳, 苏智先*

(绵阳师范学院生态安全与保护四川省重点实验室, 四川绵阳 621000)

摘要: 珙桐 (*Davidia involucrata* Baill.) 为我国特有的珙桐科单型种, 第三纪孑遗植物, 素有“活化石”之称, 是国家一级重点保护珍稀濒危植物, 其特殊的分类地位决定它在全球生物多样性保育中具有不可替代的作用。从珙桐濒危状况和原因、保育技术、保护策略 3 个方面回顾和总结了珙桐种群保护的研究, 并对未来研究方向提出一些建议。

关键词: 珙桐; 濒危机制; 种群保护; 研究综述

Research on the protection of *Davidia involucrata* populations, a rare and endangered plant endemic to China

CHEN Yan, SU Zhixian*

Ecological Security and Protection Key Laboratory of Sichuan Province, Mianyang Normal University, Mianyang Sichuan 621000, China

Abstract: *Davidia involucrata* Baill., the only species in Family Davidiaceae, is a rare and endangered plant endemic to China surviving from the Tertiary. It is listed in the China Plant Red Data Book under first-grade state protection, and is irreplaceable for global biodiversity protection due to its special species status. We summarized the research progress on its population protection, concentrating on three questions: its endangered situations and the potential mechanisms, nursing techniques and protection strategies. Then we gave our suggestions for future research.

Key Words: *Davidia involucrata*; endangered mechanism; population protection; review

珙桐 (*Davidia involucrata* Baill.) 为我国特有的珙桐科 (Davidiaceae) 单型属植物, 起源古老, 第三纪时曾广泛分布于世界各地, 受第四纪冰期的影响多数种群灭绝, 现仅局限于我国西南亚热带山区。珙桐适应性较差, 自然更新困难, 素有“活化石”之称, 被《中国植物红皮书》和《中国珍稀濒危保护植物名录》收录, 列为国家一级重点保护珍稀濒危植物。

珙桐特殊的分类地位决定它在全球生物多样性保育中具有不可替代的作用, 自 1869 年被再次发现和命名以来它便引起世界的广泛关注。迄今为止, 珙桐的研究已覆盖解剖形态学、生物学、生态学、组织化学、群落特征、人工引种等^[1-3]。这些研究为拯救这一珍稀濒危植物奠定了一定的基础, 但其保护中的关键问题还远未解决, 因此我们回顾和总结珙桐种群保护的研究进展, 以期这一濒危孑遗植物的保护提供参考。

1 珙桐种群的濒危状况和原因

1.1 濒危状况

珙桐间断分布于我国长江流域 27°1'—31°7'N, 98°6'—111°1'E 湿润亚热带山地, 在甘肃、陕西、湖北、湖

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31170319); 四川省教育厅资助项目 (2006ZD052, 09ZX009, 10ZB048); 生态安全与保护四川省重点实验室开放基金项目 (ZDS1003)

收稿日期: 2011-06-20; **修订日期:** 2011-07-13

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zxsu@ mnu. cn

南、贵州、四川、云南、重庆有分布。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(图 1)。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^[4]。

目前多数珙桐种群不稳定,年龄结构以倒金字塔型为主,种群处于衰退状态^[5-8]。2010 年的调查显示珙桐资源衰退非常严重,一些种群已无有性生殖的实生苗,如四川省绵竹白云山自然保护区、湖南省永顺县自然保护区;一些种群出现个体成片死亡的现象,如四川雅安荣经县龙苍沟;而一些地区的珙桐种群已几近灭绝,如重庆市巫山县梨子坪。

张清华等根据气候变化预测模型对珙桐分布区的模拟显示,2030 年珙桐的适宜生境将比现在减少 20%^[9];吴建国等的模拟显示,气候变化将使珙桐的适宜分布区向我国西部和西南部迁移,现有分布区的片断化程度将加剧^[10]。预测的气候变化下珙桐分布区的以上变化将使珙桐的保护形势更加严峻。

1.2 濒危原因

1.2.1 自然更新困难

珙桐可通过有性和无性两种方式进行繁殖,但其繁殖、特别是有性繁殖各环节的特征均限制了种群的更新(表 1)。

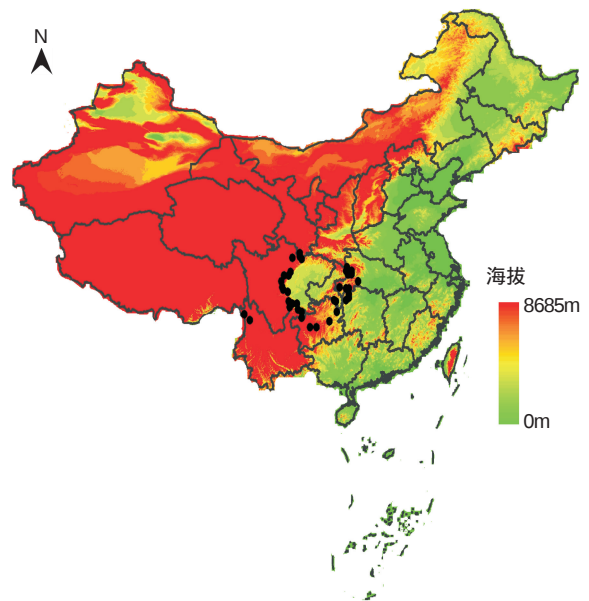


图 1 珙桐自然种群分布图

Fig. 1 The distribution of *Davidia involucrata* Populations, highlighted by black dots. The elevations were indicated by colour

● 珙桐种群

表 1 珙桐种群自然更新各环节的限制因素及可能机制

Table 1 The productive constraints and their potential mechanisms on the natural regeneration of *Davidia involucrata* populations

繁殖阶段 Reproductive stages	限制因素 Constraints	可能机理 Potential mechanisms	参考文献 References
初花	晚,实生苗 15—20a 才能开花	生长缓慢	[11-12]
结实	千花一果,结籽率低	花粉竞争	[13]
		雄配子败育	[13]
		柱头可受期与胚囊发育不协调	[13]
种子	败育现象严重、强休眠性	种胚形态结构不健全	[16]
		生理后熟	[17, 20]
		种皮和果皮的机械限制	[21-23]
		抑制性物质的作用	[17-19, 24]
幼苗、幼株	死亡率高	环境筛	[11, 26]
		种内竞争剧烈	[29-30]

自然条件下珙桐生长极为缓慢,种子萌发的实生苗一般需要 15—18a 才能进入初花期^[11],一些地区珙桐的初花期甚至达到 20a 以上^[12]。

珙桐的有性繁殖以异交为主,部分自交亲和^[13],自然状况下珙桐的结籽率非常低,素有“千花一果”之说。实验显示,自花授粉结籽率低于自然授粉、更低于人工同株异花授粉和人工异株授粉(图 2)。而珙桐种群的花期比较集中,两性花花粉的散落时间与柱头可接受期有重叠^[14],加之珙桐两性花极高的花粉-胚珠比^[15]可能导致同花花粉对柱头的提前占据,同花花粉对异花花粉的竞争可能是珙桐低结籽率的重要原因^[13]。其它影响因素,如柱头可受期与胚囊发育的协调性、近交衰退等导致的败育在珙桐低结籽率中的作用

尚待进一步研究。

珙桐种子败育现象严重,尽管珙桐两性花具有 6—10 枚胚囊,但多数果实仅有 1—3 枚种子发育成熟,许多果实甚至没有种子^[11],且种子落地后一般需休眠 2—3a 才能萌发。珙桐种子休眠的原因很多,其种子落地时种胚并未发育完全,胚芽原基仅微微隆起,内部结构不健全,需层积 1—2a 才能完成形态后熟作用^[16]。珙桐果实各个部分均含有大量的抑制性物质^[17-19],这些物质的降解相当缓慢,完成形态后熟的种子仍需完成生理后熟过程。其生理后熟由内源性激素调节,当胚根突破种皮 0.05cm 时,种子内的 IAA 等促萌发激素的相对含量达到最大,但内果皮内此类激素相对量却降到最低,导致种子的二次休眠。随着生理后熟的完成,种子和内果皮中 IAA、GA 等促进性激素迅速增加,种子萌发(图 3)。其他一些因素也影响珙桐种子的萌发,如坚硬内种皮较强的机械阻力、较差的透水和透气性^[21-23];有毒金属元素的抑制作用,如镍元素^[24]。近年来研究者开始探究珙桐休眠的分子机理,已构建休眠种子的 cDNA 文库^[25],但控制珙桐种子休眠的基因尚待确定。

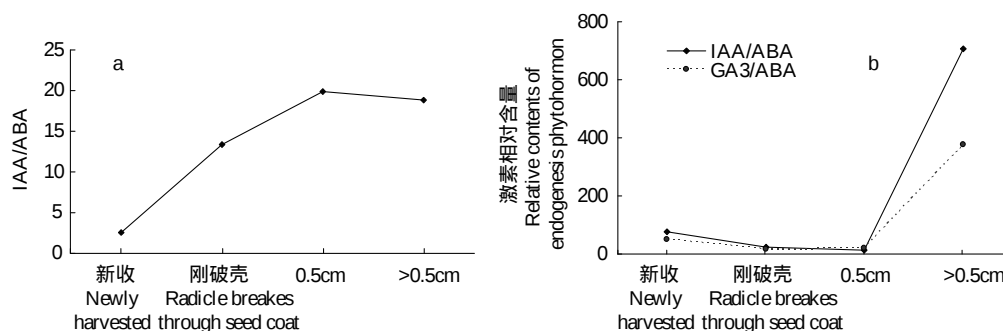


图 3 层积期间珙桐种子 (a) 和内果皮 (b) 内源激素的变化^[20]

Fig. 3 The relative contents of endogenesis phytohormones in seeds (a) and endocarps (b) of *Davidia involucreata* during stratification periods

横坐标表示种子的 4 个阶段:新采收,胚根突破种皮(刚破壳),胚根 0.05cm,胚根>0.05cm

休眠期长导致的出苗不整齐,种子腐烂、动物取食等极大地降低了珙桐种子的成苗率,而从幼苗到成株,又将层层经历环境筛的作用,最终可长成繁殖个体的是极少数。在自然状况下珙桐种子的萌发率仅在 3% 左右^[11],形成的幼苗在过度潮湿、强光、动物啃食等因素的影响下,死亡率相当高。苏瑞军等对卧龙自然保护区的调查显示,该种群每年最多有 2.1% 的种子形成幼苗,尽管 16 个样地中种子数以千计,而幼苗仅 14 棵,幼树仅 8 株^[26]。

珙桐种子较重,一般落于母树周围,加之其自然种群的更新以萌蘖繁殖为主^[3, 27],而有性生殖的贡献随珙桐在群落中重要值的上升而下降^[28],导致个体的聚集型分布格局,增加了种内竞争的强度。珙桐的种内竞争较之与其它物种的竞争更为剧烈,尤其是幼苗和幼树之间^[29],幼苗、幼树的死亡率极高^[30]。

1.2.2 基因流受限和小种群效应

珙桐自然种群以点状、零星分布为主,萌蘖繁殖为主的更新方式更是加剧了种群内和种群间基因流的限制;隔离导致的小种群效应降低了种群的遗传多样性,最终影响其进化和适应潜力。一些研究者根据生态^[31]

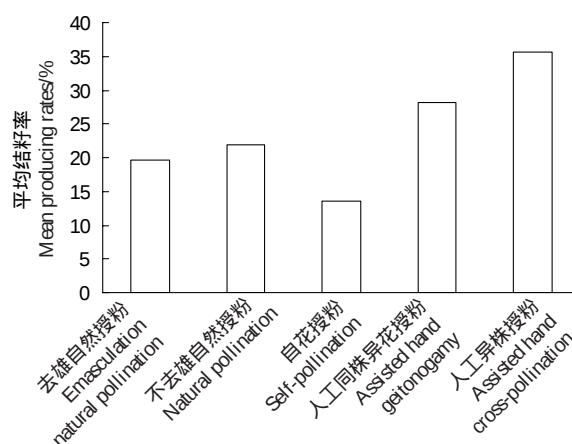


图 2 珙桐在不同实验条件下的平均结籽率(根据彭红丽等的结果整理^[13])

Fig. 2 The mean rate of seed setting of *Davidia involucreata* on different conditions

和遗传研究结果^[32]提出基因流受限和小种群效应可能是珙桐濒危的重要原因。

对于珙桐种群的基因流水平目前尚有争议,特别是历史基因流和现行基因流对珙桐自然种群遗传格局的相对贡献。已有研究显示珙桐部分自然种群间的遗传相似度非常高,李建强等,李雪萍等提出这是种群间频繁的基因流所致^[33-34],而徐刚标等提出如此高的遗传一致度非现实基因流可以达到^[35]。利用 cpDNA 标记对珙桐 20 个自然种群的初步分析显示,部分种群高度的遗传一致度可能与冰期后的扩散历史有关,支持徐刚标等的推断。目前珙桐种群遗传格局和基因流的相关研究多数仅涉及 4—5 个种群,而种群精细空间尺度的遗传格局还未见报道,珙桐种群基因流状况究竟如何,是否是珙桐有性繁殖的障碍尚待进一步研究。

1.2.3 人为干扰

珙桐树姿优美,其花序如白鸽展翅,是驰名中外的优良绿化观赏树种,被誉为鸽子花、和平树;它还是良好的用材树种;树皮、果皮可以提取栲胶或作为活性碳原料^[36]。利益驱使,人类对之采摘、采伐和采挖现象严重,特别是对珙桐果实的采摘导致许多地区严重缺乏实生苗,影响了种群的更新和遗传多样性的维持,研究证实人类活动对珙桐的种群结构和更新已造成严重的影响^[5-6]。

2 珙桐的保育技术

2.1 繁殖技术

目前珙桐的人工繁殖主要有 3 条途径:种子育苗、扦插繁殖和组织培养。

珙桐种子的长休眠期极大地限制了种子育苗的整齐率和成苗率,我国研究者在突破珙桐种子休眠和提高成苗率方面做了大量工作^[37],包括去除果皮^[18];敲击种子使种子缝合线裂开^[38];湿沙层积以加速种子的形态和生理后熟^[17];生长调节剂处理^[39];酸处理^[40]等。目前广泛使用的毛种露天低温层积法可使珙桐种子出芽时间缩短到 1a 以内,发芽率可达 98%^[41-42];芽苗移栽技术,解决了同一果实中多粒种子胚根扎堆的问题,提高成苗率 2—3 倍^[43]。

茎内无先生根原基影响了珙桐扦插生根的成活率^[70],目前珙桐的扦插繁殖尚未获得理想效果^[3, 44],母树和枝条的年龄、扦插的时间均显著影响插枝成活率^[42]。

在组织培养方面,研究者已利用珙桐多个器官作为外植体成功诱导愈伤组织,如芽^[45-46]、叶片^[47]、下胚轴^[48]等,但褐化问题限制了从愈伤组织诱导不定芽。目前珙桐植株再生还主要来源于外植体直接诱导的丛生芽,金晓玲等利用茎段、李月琴等、余阿梅等利用成熟胚、邹利娟等利用冬芽诱导丛生芽获得完整植株^[49-52]。

2.2 栽培技术

2.2.1 营造最适生长环境

珙桐、尤其是珙桐幼苗对生长条件的要求较高,干旱胁迫将破坏幼苗的光反应系统,并降低其水分利用效率^[53];过高或过低的光照强度都会改变珙桐幼苗叶绿素含量及组成,最终导致光合效率的降低^[54, 56];热胁迫下珙桐不能启动常见的耐热应答反应^[55],因而不能耐受 38℃ 以上的高温^[11]。这些影响因素中以光照对幼苗和幼树生长的影响最为显著,光强和光质影响了幼苗的形态建成和光合效率,适度遮荫有利于生长,红光和黄光对生长最为不利(图 4)。

2.2.3 合理配置群落结构

珙桐幼苗喜阴、成树喜阳,稳定而结构合理的群落结构是保障其种群自然更新的必要条件。珙桐群落具有过渡性植被的性质,热带和温带成分兼备,偏向温带成分;群落垂直结构明显,乔木、灌木、草本层物种均很丰富。在配置珙桐群落时需兼顾不同区系和不同生活型植物。一般珙桐群落中高位芽植物兼有常绿和落叶树种,而地面芽和地下芽植物以落叶种类为主^[27]。

3 珙桐种群的保护策略

3.1 就地保护

目前珙桐的许多自然种群均位于自然保护区中,然而除云南省袁家湾珙桐市级自然保护区外,还没有其

它专门针对珙桐的自然保护区。人力、物力的限制决定我们不可能也没必要保护所有的珙桐原生种群, 优先保护种群的确定就成为珙桐就地保护成功与否的关键。有研究者提出优先保护大种群的策略, 然而大种群能否维持珙桐的长期生存, 保持其进化潜能有待进一步研究。

物种保护的最终目的是保护物种的遗传多样性和进化潜能, 种群的遗传特征直接影响着物种的适合度^[57], 对环境波动的抵抗和恢复能力^[58], 对环境的适应潜能及长期生存能力^[59-60], 同时还影响了物种所在群落的生态过程和格局^[61]。研究显示具有克隆繁殖特性的植物其种群大小与遗传组成相关性较小, 根据种群大小制定的保护措施不足以保护此类物种^[62]。珙桐自然种群以萌芽繁殖为主, 根茎部的萌枝能力极强, 一株母株可形成数十个萌芽条^[11, 22], 其种群大小与遗传组成的相关性尚待进一步研究。目前珙桐种群遗传格局的研究尚十分缺乏^[2-3], 仅见少数珙桐或光叶珙桐种群的研究^[63, 32-35], 珙桐的遗传格局及形成原因、基因流特点等保护策略制定的关键依据尚不明确, 难以有效确定珙桐就地保护的优先种群。

3.2 引种繁殖与迁地保护

3.2.1 引种栽培范围

20 世纪 70 年代末, 我国开始对珙桐进行规模性引种栽培, 1980 年张家勋将珙桐引种到郑州航空学院, 开创了国内珙桐北移的先河。珙桐原生地气候凉爽, 低温对珙桐引种限制不大, 2008 年入住北京奥林匹克公园的 66 株珙桐全部成活, 并在奥运会期间开出了 107 朵美丽的“鸽子花”。目前我国引种珙桐的省市达 11 个, 较其自然分布区向北推进了 11 个纬度^[64]。尽管珙桐已于 2008 年引入台湾, 但目前的研究显示高温和干旱可能是珙桐引种的限制因子^[2], 干热风对其影响尤为明显, 珙桐对干热气候的适应性驯化将是未来引种研究的一个重要方面^[64]。

3.2.2 迁地保护策略

目前河南鸡公山国家级自然保护区、湖北五峰后河自然保护区、浙江西天目山等地的珙桐人工种群已有一定规模, 为珙桐的迁地保护奠定了良好的实践基础。然而珙桐迁地保护策略的科学性及成效尚无研究探讨, 调查显示, 许多地区的人工种群采种范围狭窄, 种群遗传多样性相当低, 难以维持珙桐的长期生存和进化潜能。

近年来迁地保护种源的选择开始受到研究者的关注, 拓展引种范围被列为珙桐迁地保护的重要策略之一^[64]。宋丛文等利用 RAPD 标记分析了 5 个珙桐自然种群的遗传格局, 提出迁地保护应以其中的 4 个种群, 即甘肃文县、四川峨眉山、湖北神农架、贵州梵净山种群为种源采集地^[32]。2001 年北京林业大学和山东昆仑山国家级自然保护区进行了珙桐种源选择和区域栽种实验, 分别在四川雷波县、湖北恩施、湖南八大公山等地采种。

引种范围的拓展有利于保护珙桐的遗传多样性, 然而不同种源地种苗混种可能导致的远交衰退等问题尚未在珙桐的迁地保护中引起重视。生境异质性和自然选择可能导致种群对原生境的局域适应, 而在多个基因位点上形成共适应基因复合体, 来源于不同种源地个体间的交配可能导致这些复合体的打破和稀释, 降低种

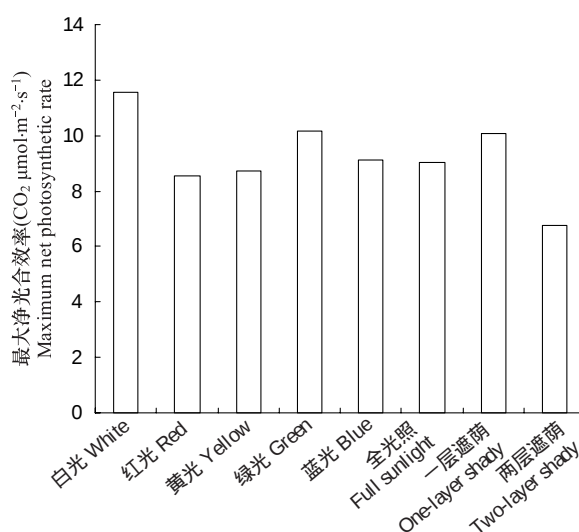


图 4 光质和光强对珙桐幼苗光合效率的影响 (根据李尤结果整理^[56])

Fig. 4 Maximum net photosynthetic rate of *Davidia involucre* seedlings under different light waves (white, red, yellow, green and blue) and light intensities (full sunlight, one-layer, two-layer shady)

群的适合度。研究显示古老植物可能较冰期后起源的植物有更强的局域适应^[65]。对覆盖整个珙桐分布区的 20 个种群的初步研究显示,其东部和西部种群的遗传组成有明显差异,cpDNA 单倍型完全不同,这与宋丛文等的结果一致^[32],来源于这些种群的个体能否混种应引起研究者的重视。

4 展望

自珙桐定名以来,其保育就受到广泛关注,研究者从其生物学特性、群落和种群生态、生理和遗传特征等多方面探讨了该物种濒危状况、濒危原因,并在人工引种繁殖、就地和迁地保护方面做了许多有益的尝试,为拯救和保护这一珍稀濒危物种奠定了基础,但其保护中的关键问题还远未解决,今后应加强以下几方面的研究。

(1) 珙桐分布格局的形成机理:珙桐种群马蹄形分布的东西两线均为南北走向的线状分布(图 1),这种格局可能来源于冰期后种群的蹬脚石扩散或冰期种群的同时隔离,这两种模式导致的遗传后果和遗传格局完全不同,对应的保护策略也完全不同。

(2) 现有分布格局下珙桐种群的发展趋势。吴建国等的模拟显示气候变化下珙桐的适宜分布区将向我国西部和西南部迁移,在此背景下珙桐南北走向为主体的分布格局又会发生怎样的变化,其种群能否成功迁移和定居。

(3) 现有分布格局下珙桐的种质资源可否长期保存,珙桐现有分布格局对其种群的遗传多样性和基因流有何影响,种群进化潜力如何。

(4) 建立系统的珙桐种群自然、人工繁殖成套技术。

(5) 确定珙桐优先保护种群,对其所在区域进行生物多样性本底调查和评价,合理规划珙桐自然保护区空间结构。

(6) 确定珙桐的迁地保护策略,包括种源地的确定、种群的采种方式以及不同种源地个体的栽培配置等。

(7) 探讨珙桐物种演变与古地史变化的规律,厘清珙桐在被子植物分类系统 APGIII 中的地位。

References:

- [1] Hu J Y, Su Z X, Li Y X. Research advance on dovetree biology. Chinese Wild Plant Resources, 2003, 22(4): 15-19.
- [2] Li Y X. Present state and perspectives of the biological study on *Davidia involucrata*. Journal of China West Normal University (Natural Science), 2003, 24(3): 269-275.
- [3] Si J Y, Lei N Y, Si P Y, Li J Q. Review of studies on *Davidia involucrata* Baill. Science Technology and Engineering, 2009, 9(13): 3713-3719, 3725-3725.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Yu L F. Study on characteristic *Davidia involucrata* community in Baiqing Karst platform area in Guizhou. Guizhou Science, 2002, 20(3): 44-47.
- [7] 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.
- [8] Luo B Q, Du F, Wang J, Shi C Y, He S L. Study on characteristics of community structure of *Davidia involucrata* in Northeastern Yunnan. Forest Inventory and Planning, 2009, 34(1): 15-20.
- [9] Zhang Q H, Guo Q S, Xu D Y, Yan H. Influence of climate changes on geographical distribution of *Davidia involucrata*, the precious and endangered species native to China. Scientia Silvae Sinicae, 2000, 36(2): 47-52.
- [10] Wu J G, Lü J J. Potential effects of climate change on the distribution of dove trees (*Davidia involucrata* Baill) in China. Research of Environmental Sciences, 2009, 22(12): 1371-1381.
- [11] 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.
- [12] 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 (Natural Science), 2010, 30(8): 64-67.
- [13] Peng H L, Su Z X, Wang Y, Miao L J, Shen Y X. Study on flowering dynamics and breeding system of *Davidia involucrata* Baill. Journal of Anhui

- Agricultural Sciences, 2009, 37(18): 8445-8448.
- [14] Peng H L. Studies on Floral Morphogenesis and Biology of Fertilization in the Endangered Plant *Davidia involucrata*. Nanchong: China West Normal University, 2006.
- [15] Cao G X, Yan J, Luo C. A preliminary study of the mating system of the rare and endangered plant species, *Davidia involucrata* Baill. Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2007, 29(4): 124-126.
- [16] Chen K R. The dormancy of *Davidia involucrata* seeds. Plant Physiology Communications, 1998, 25(3): 24-28.
- [17] Chen K R, Chen Y H, Tian G H, Ye R X, Li T S. Changes in isoperoxidase patterns of dovetree *Davidia involucrata* seeds during stratification. Journal of Southwest Forestry College, 1998, 18(3): 143-147.
- [18] Lei N F, Su Z X, Chen J S, Guo J H. Germination inhibitors in fruit of rare and endangered *Davidia involucrata*. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2003, 9(6): 607-610.
- [19] Fan C, Li X W, Xian J R, Chen X H. Research on pericarp of *Davidia involucrata* affecting the viability of seeds. Journal of Sichuan Agricultural University, 2005, 23(4): 495-497.
- [20] Wang W W. Study on Physiology of Fruits Development and An HPLC Procedure for the Quantification of Phytohormones in *Davidia involucrata*. Nanchong: China West Normal University, 2006.
- [21] Wan C K. Anatomic study on seed dormancy of dove tree (*Davidia involucrata*). Journal of Central South Forestry University, 1988, 8(1): 35-39.
- [22] Zhang J X, Li J Q, Lian X R. Morphology and biological characteristics of *Davidia involucrata*. Journal of Beijing Forestry University, 1994, 16(4): 33-37.
- [23] Luo S J. Study on the anatomic structure of Seed of *Davidia involucrata*. Journal of Hubei Institute for Nationalities(Natural Sciences), 2002, 20(4): 18-19.
- [24] Dai D L, Wen Y, Shi H M. X-ray microanalysis of Nickel and Calcium in the pericarp of *Davidia involucrata* Baill. Journal of Chinese Electron Microscopy Society, 1995, 14(2): 99-103.
- [25] Qi G, Su Z X, Li J T, Ruan Q P. Construction of cDNA library and analysis of the expressed sequenced tags (ESTs) characteristics of dormant seeds of *Davidia involucrata*. Scientia Silvae Sinicae, 2009, 45(10): 69-73.
- [26] Su R J, Su Z X. Study on relations of seed dispersal, germination and age-class distribution of population in *Davidia involucrata*. Scientia Silvae Sinicae, 2005, 41(3): 192-195.
- [27] Su Z X, Zhang S L. The reproductive phenology and the influencing factors of *Davidia involucrata* population. Journal of Sichuan Teachers College (Natural Science), 1999, 20(4): 313-318.
- [28] 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.
- [29] Li Y, Su Z X, Zhang S L, Hu J Y, Guo X P, Zhu L J. Intraspecific and interspecific competition in *Davidia involucrata* (Davidiaceae) community. Acta Botanica Yunnanica, 2006, 28(6): 625-630.
- [30] Luo S J, Bao M Z, Zhao S X, Xie Z G, Yang Y J. Spatial distribution pattern of *Davidia involucrata* population in Longcanggou in Daxiangling Nature Reserve. Journal of Biomathematics, 2009, 24(3): 531-536.
- [31] Lei N Y, Chen Y, Li J Q, Tang X J. Regeneration and stability of *Davidia involucrata* population in Xiaoliangshan Mountain, Sichuan Province. Journal of Beijing Forestry University, 2007, 29(1): 26-30.
- [32] Song C W, Bao M Z. Study on genetic differentiation for geographic population of *Davidia involucrata* by RAPD marker. Forest Research, 2004, 17(5): 605-609.
- [33] Li J Q, Zhang M H, Huang H W, Cai Q. On the allozymic loci variation of *Davidia involucrata*. Journal of Wuhan Botanical Research, 2000, 18(3): 247-249.
- [34] Li X P, He Z Q, Chen F J, Liang H W, Li F L. RAPD analysis for the genetic diversity of four populations of *Davidia involucrata* Baill. in Shennongjia area, Hubei Province. Journal of Beijing Forestry University, 2006, 28(3): 66-70.
- [35] Xu G B, Yu Y T, Shen X B. Studies of genetic diversity of dove trees (*Davidia involucrata*) in West Hunan and Hubei by RAPD. Journal of Central South University of Forestry and Technology(Natural Science), 2007, 27(6): 5-9.
- [36] Yu Y T, Xu G B, Wang X P. Literature review of researches on *Davidia involucrata* Baill. Nonwood Forest Research, 2006, 24(4): 92-94, 98-98.
- [37] Wang W W, Su Z X. Research state of the dormancy and pregermination of *Davidia involucrata* seed. Seed Science and Technology, 2005, 23(6): 338-340.
- [38] Wang X P, Li J Q, Zhang J X. Bioecological characteristics and cultivation of the dove tree in China. Guihaia, 1995, 15(4): 347-353.
- [39] Wan B, Qin F. Techniques to promote the germination of *Davidia involucrata* seeds. Southwest Horticulture, 2005, 33(2): 9-9.
- [40] Chen D X, Yang J Y. Breeding technology of *Davidia involucrata* Baill. Hubei Forestry Science and Technology, 2005, (5): 61-62.
- [41] Tang X J. Techniques of raising *Davidia involucrata* seedlings. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2002, 23(3): 56-57.
- [42] Xu H, Song X B, Guo S J, Liu Y H. Experiment of *Davidia involucrata* seedling breeding in mountainous area. Journal of Southwest Forestry College, 2007, 27(6): 35-38.

- [43] Li X, Xia X M, Peng C L. Study on nurserying technique of seedling-transplanting. *Journal of Hunan Environment-Biological Polytechnic*, 2001, 7(4): 16-20.
- [44] Wu D K, Dai Y Q, Li S L, Mou R B. Research on propagation techniques of *Davidia involucrata*. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2010, 31(5): 118-120.
- [45] Bi S R, He L M, Kong F L, Xu Z L, Su C R. Tissue culture of *Davidia involucrata*. *Plant Physiology Communication*, 1983, (4): 43-44.
- [46] Li Z F, Li H, Liu F, Tang L, Tan X L. Callus culture of *Davidia involucrata*, a state protecting plant in China. *Journal of Leshan Teachers College*, 2007, 22(12): 52-53.
- [47] Luo S J. Study on tissue culture of *Davidia involucrata*. *Forestry Science and Technology*, 2006, 31(4): 4-6.
- [48] Mao Y P, Su Z X, Hu J Y, Chen Y, Zhong X C. Callus induction and preliminary study of cell suspension culture in an endangered plant, *Davidia involucrata*. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2010, 28(4): 510-515.
- [49] Jin X L, Wu A X, Shen S Y, Zhang H Y. A preliminary Study on the *in vitro* culture of endangered plant *Davidia involucrata* Baill. *Acta Horticulturae Sinica*, 2007, 34(5): 1327-1328.
- [50] Li Y Q, Lei N F, Lin S, Qin X B, Xu Y, Chen F. Study on the rare and endangered plant *Davidia involucrata* Baill tissue culture. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35(18): 5369-5369, 5372-5372.
- [51] Yu A M, Su Z X, Wang L Q, Fang Z R, Zou L J. Embryo germination and rapid propagation of rare and endangered plant *Davidia involucrata*. *Chinese Bulletin of Botany*, 2009, 44(4): 491-496.
- [52] Zou L J, Su Z X, Hu J Y, Wu Q G, Su R J, Yu A M. Tissue culture and plant regeneration of endangered plant *Davidia involucrata* Baill. *Bulletin of Botanical Research*, 2009, 29(2): 187-192.
- [53] 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.
- [54] Wang N N. Responses of Photosynthetic Characteristics of *Davidia involucrata* Baill Seedlings to Drought Stress, Shading and Carbon Dioxide Elevation. Beijing: Beijing Forestry University, 2010.
- [55] Li Y Q, Lei N F, Xu Y, Chen F. Effects of high temperature stress on physiological and biochemical indicators of *Davidia involucrata* leaves. *Journal of Sichuan University (Natural Science Edition)*, 2009, 46(3): 809-813.
- [56] Li Y. Study on the Effects of Shade and Light Quality on the Growth and Development of *Davidia involucrata* Seedling. Nanchong: China West Normal University, 2007.
- [57] Reed D H, Frankham R. Correlation between fitness and genetic diversity. *Conservation Biology*, 2003, 17(1): 230-237.
- [58] Reusch T B H, Ehlers A, Hämmerli A, Worm B. Ecosystem recovery after climatic extremes enhanced by genotypic diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005, 102(8): 2826-2831.
- [59] Chen X Y, Lu H P, Shen L, Li Y Y. Identifying populations for priority conservation of important species. *Biodiversity Science*, 2002, 10(3): 332-338.
- [60] Jump A S, Marchant R, Peñuelas J. Environmental change and the option value of genetic diversity. *Trends in Plant Science*, 2009, 14(1): 51-58.
- [61] Hughes A R, Inouye B D, Johnson M T J, Underwood N, Vellend M. Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology Letters*, 2008, 11(6): 609-623.
- [62] Bushakra J M, Hodges S A, Cooper J B, Kaska D D. The extent of clonality and genetic diversity in the Santa Cruz Island ironwood, *Lyonothamnus floribundus*. *Molecular Ecology*, 1999, 8(3): 471-475.
- [63] Peng Y L, Hu Y Q, Sun H. Allozyme analysis of *Davidia involucrata* var. *vilmoriniana* and its biogeography significance. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003, 25(1): 55-62.
- [64] Dai Y J, Wu D K. Strategy and exploration on moving protection situation and technology of *Davidia involucrata* Baillon. *Hubei Forestry Science and Technology*, 2009, (6): 46-48.
- [65] Kramer A T, Havens K. Plant conservation genetics in a changing world. *Trends in Plant Science*, 2009, 14(11): 599-607.

参考文献:

- [1] 胡进耀, 苏智先, 黎云祥. 珙桐生物学研究进展. *中国野生植物资源*, 2003, 22(4): 15-19.
- [2] 黎云祥. 珙桐生物学研究现状与展望. *西华师范大学学报(自然科学版)*, 2003, 24(3): 269-275.
- [3] 司继跃, 雷妮娅, 司培燕, 李俊清. 珙桐 (*Davidia involucrata* Baill) 研究综述. *科学技术与工程*, 2009, 9(13): 3713-3719, 3725.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [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(3): 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): 12-16.
- [8] 罗柏青, 杜凡, 王娟, 石翠玉, 赫尚丽. 滇东北珙桐群落结构特征研究. *林业调查规划*, 2009, 34(1): 15-20.
- [9] 张清华, 郭泉水, 徐德应, 阎洪. 气候变化对我国珍稀濒危树种——珙桐地理分布的影响研究. *林业科学*, 2000, 36(2): 47-52.
- [10] 吴建国, 吕佳佳. 气候变化对珙桐分布的潜在影响. *环境科学研究*, 2009, 22(12): 1371-1381.

- [11] 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.
- [12] 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(自然科学版), 2010, 30(8): 64-67.
- [13] 彭红丽, 苏智先, 王颖, 苗利军, 申雨璇. 珙桐开花动态及繁育系统的研究. 安徽农业科学, 2009, 37(18): 8445-8448.
- [14] 彭红丽. 濒危植物珙桐 (*Davidia involucrata*) 的花形态发生及受精生物学研究. 南充: 西华师范大学, 2006.
- [15] 操国兴, 严娟, 罗畅. 珍稀濒危植物珙桐繁育系统的初步研究. 西南大学学报(自然科学版), 2007, 29(4): 124-126.
- [16] 陈坤荣. 珙桐种子休眠原因研究初报. 植物生理学通讯, 1998, 25(3): 24-28.
- [17] 陈坤荣, 陈玉惠, 田广红, 叶如欣, 李桐森. 珙桐种子层积期间过氧化物酶同工酶的变化. 西南林学院学报, 1998, 18(3): 143-147.
- [18] 雷泞菲, 苏智先, 陈劲松, 郭家洪. 珍稀濒危植物珙桐果实中的萌发抑制物质. 应用与环境生物学报, 2003, 9(6): 607-610.
- [19] 范川, 李贤伟, 鲜俊仁, 陈小红. 珙桐外中果皮对贮藏种子生活力的影响. 四川农业大学学报, 2005, 23(4): 495-497.
- [20] 王伟伟. 珙桐果实生长期生理生化特征与果实内源激素的 HPLC 定量研究. 南充: 西华师范大学, 2006.
- [21] 万朝琨. 珙桐种子休眠的解剖学研究. 中南林学院学报, 1988, 8(1): 35-39.
- [22] 张家勋, 李俊清, 廉秀荣. 珙桐的形态和生物学特性. 北京林业大学学报, 1994, 16(4): 33-37.
- [23] 罗世家. 珙桐种子的解剖研究. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2002, 20(4): 18-19.
- [24] 戴大临, 文艺, 施寒梅. 珙桐果皮中镍、钙元素的 EDS 分析. 电子显微学报, 1995, 14(2): 99-103.
- [25] 齐刚, 苏智先, 李劲涛, 阮期平. 休眠期珙桐种子 cDNA 文库构建及 EST 分析. 林业科学, 2009, 45(10): 69-73.
- [26] 苏瑞军, 苏智先. 珙桐种子散布、萌发及其种群龄级分配的关系研究. 林业科学, 2005, 41(3): 192-195.
- [27] 苏智先, 张素兰. 珙桐种群生殖物候及其影响因子研究. 四川师范学院学报(自然科学版), 1999, 20(4): 313-318.
- [28] 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.
- [29] 李尤, 苏智先, 张素兰, 胡进耀, 郭晓萍, 朱利君. 珙桐群落种内与种间竞争研究. 云南植物研究, 2006, 28(6): 625-630.
- [30] 罗世家, 包满珠, 赵善雄, 谢知格, 杨友军. 大相岭龙苍沟珙桐种群空间分布格局研究. 生物数学学报, 2009, 24(3): 531-536.
- [31] 雷妮娅, 陈勇, 李俊清, 唐晓军. 四川小凉山珙桐更新及种群稳定性研究. 北京林业大学学报, 2007, 29(1): 26-30.
- [32] 宋丛文, 包满珠. 利用 RAPD 标记对珙桐地理种群遗传分化的研究. 林业科学研究, 2004, 17(5): 605-609.
- [33] 李建强, 张敏华, 黄宏文, 蔡清. 珙桐的等位酶位点变异分析. 武汉植物学研究, 2000, 18(3): 247-249.
- [34] 李雪萍, 何正权, 陈发菊, 梁宏伟, 李凤兰. 神农架 4 个珙桐居群遗传多样性的 RAPD 分析. 北京林业大学学报, 2006, 28(3): 66-70.
- [35] 徐刚标, 禹玉婷, 申响保. 湘鄂西地区珙桐天然群体遗传结构的研究. 中南林业科技大学学报(自然科学版), 2007, 27(6): 5-9.
- [36] 禹玉婷, 徐刚标, 汪晓萍. 珙桐研究进展. 经济林研究, 2006, 24(4): 92-94, 98-98.
- [37] 王伟伟, 苏智先. 珙桐种子休眠及催芽问题的研究进展. 种子科技, 2005, 23(6): 338-340.
- [38] 王献溥, 李俊清, 张家勋. 珙桐的生物生态学特性和栽培技术. 广西植物, 1995, 15(4): 347-353.
- [39] 万斌, 秦帆. 促进珙桐种子发芽的技术研究. 西南园艺, 2005, 33(2): 9-9.
- [40] 陈大新, 杨敬元. 珙桐繁育技术. 湖北林业科技, 2005, (5): 61-62.
- [41] 唐晓军. 珙桐育苗技术. 四川林业科技, 2002, 23(3): 56-57.
- [42] 徐华, 宋晓斌, 郭树杰, 刘永红. 珙桐山地育苗试验. 西南林学院学报, 2007, 27(6): 35-38.
- [43] 李轩, 夏晓敏, 彭春良. 珙桐芽苗移栽育苗技术研究. 湖南环境生物职业技术学院学报, 2001, 7(4): 16-20.
- [44] 吴代坤, 戴应金, 李双龙, 牟仁斌. 珙桐繁殖技术研究现状. 四川林业科技, 2010, 31(5): 118-120.
- [45] 毕世荣, 何立明, 孔凡伦, 徐正兰, 苏成瑞. 珙桐组织培养. 植物生理学通讯, 1983, (4): 43-44.
- [46] 李仲芳, 李卉, 刘芳, 汤莉, 谭小莉. 国家一级保护植物珙桐的愈伤组织培养. 乐山师范学院学报, 2007, 22(12): 52-53.
- [47] 罗世家. 珙桐组织培养研究. 林业科技, 2006, 31(4): 4-6.
- [48] 毛艳萍, 苏智先, 胡进耀, 陈艳, 钟小翠. 濒危植物珙桐愈伤组织的诱导及悬浮细胞培养初探. 武汉植物学研究, 2010, 28(4): 510-515.
- [49] 金晓玲, 吴安湘, 沈守云, 章怀云. 珍稀濒危植物珙桐离体快繁技术初步研究. 园艺学报, 2007, 34(5): 1327-1328.
- [50] 李月琴, 雷泞菲, 林莎, 秦小波, 徐莺, 陈放. 濒危植物珙桐的组织培养技术研究. 安徽农业科学, 2007, 35(18): 5369-5369, 5372-5372.
- [51] 余阿梅, 苏智先, 王立强, 方志荣, 邹利娟. 珍稀濒危植物珙桐胚的萌发与快速繁殖. 植物学报, 2009, 44(4): 491-496.
- [52] 邹利娟, 苏智先, 胡进耀, 吴庆贵, 苏瑞军, 余阿梅. 濒危植物珙桐的组织培养与植株再生. 植物研究, 2009, 29(2): 187-192.
- [53] 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.
- [54] 王宁宁. 珙桐苗木光合特性对干旱、光照强度和二氧化碳浓度的响应. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [55] 李月琴, 雷泞菲, 徐莺, 陈放. 高温胁迫对珙桐叶片生理生化指标的影响. 四川大学学报(自然科学版), 2009, 46(3): 809-813.
- [56] 李尤. 遮荫和光质对珙桐幼苗生长发育的影响研究. 南充: 西华师范大学, 2007.
- [59] 陈小勇, 陆慧萍, 沈浪, 李媛媛. 重要物种优先保护种群的确定. 生物多样性, 2002, 10(3): 332-338.
- [63] 彭玉兰, 胡运乾, 孙航. 光叶珙桐的等位酶分析及其生物地理学意义. 云南植物研究, 2003, 25(1): 55-62.
- [64] 戴应金, 吴代坤. 珙桐迁地保护现状及技术策略探讨. 湖北林业科技, 2009, (6): 46-48.

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>Platyclus 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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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