

濒危植物格氏栲保护生态学研究进展

刘金福¹ 何中声¹ 洪 伟¹ 郑世群¹ 王兆杰²

(1 福建农林大学林学院 2 山东省临沂市环保局)

摘要: 对珍稀濒危植物格氏栲生物学特性、群落组成与结构、生态系统特征、遗传多样性、森林培育、病虫害防治及生态旅游评价等研究进行综述。福建三明格氏栲天然林是介于中亚热带与南亚热带的一种常绿阔叶林过渡类型, 物种多样性较高, 群落结构复杂。格氏栲种群过熟、物种竞争和人为干扰等均对格氏栲种群数量动态的周期性波动产生影响, 主要表现在格氏栲林已处于衰退之中, 中龄种群个体较少, 格氏栲野外种子萌发困难与幼苗生长缓慢。格氏栲林缘有米槠、木荷和马尾松自然演替趋势, 需对格氏栲幼苗与幼树保护, 促进格氏栲种群更新, 维持格氏栲种群年龄结构的稳定性。此外, 格氏栲天然林的碳库储量、养分库储量、土壤呼吸速率、凋落物量和土壤微生物总量均高于格氏栲人工林, 天然林具有良好的自我培肥功能, 有效维持土壤肥力, 可见应加强保护格氏栲天然林资源, 促进格氏栲天然林实现可持续经营。同时, 对今后格氏栲研究方向进行了展望。

关键词: 格氏栲; 濒危植物; 生态学; 保护

中图分类号: Q941.3; S718.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-1522(2011)05-0136-08

LIU Jin-fu¹; HE Zhong-sheng¹; HONG Wei¹; ZHENG Shi-qun¹; WANG Zhao-jie². **Conservation ecology of endangered plant *Castanopsis kawakamii*. Journal of Beijing Forestry University** (2011) 33 (5) 136-143 [Ch, 30 ref.]

1 College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, 350002, P. R. China;

2 Environmental Protection Agency of Linyi City, Shandong 250012, P. R. China.

The biological characteristic, community composition and structure, ecosystem characteristic, genetic diversity, forest cultivation, disease and pest control and ecotourism assessment of rare and endangered plant, *Castanopsis kawakamii*, were reviewed in this study. With high species diversity and complex community structure, *C. kawakamii* natural forest in Sanming city of Fujian province was a transitional type between central and southern subtropical evergreen broad-leaved forests. The overmature population, species competition and human disturbance all could affect the dynamic periodic fluctuations of *C. kawakamii* populations. Therefore, *C. kawakamii* forest was already in a decline stage, with few individuals in middle age, difficult germination of seeds in field and poor growth of *C. kawakamii* seedlings. Due to the natural succession trend of *C. kawakamii* populations by *Castanopsis carlesii*, *Schima superba* and *Pinus massoniana* in *C. kawakamii* forest edge, it should further strengthen the protection of *C. kawakamii* seedlings and young trees to promote its population regeneration and maintain the stability of the population age structure. In addition, the carbon pool storage, nutrient pool storage, soil respiration rate, litter fall storage and soil total microorganism biomass of *C. kawakamii* natural forest were higher than those of the forest plantation. *C. kawakamii* natural forest had good self-fertility ability, which could effectively maintain the soil fertility. Moreover, the protection of *C. kawakamii* natural forest resource should be strengthened and promoted to realize its sustainable management. Finally, the advance research direction of *C. kawakamii* biological conservation was presented.

Key words *Castanopsis kawakamii*; endangered plant; ecology; conservation

收稿日期: 2010-04-10

基金项目: 福建省自然基金重点项目(2008J0008)、教育部博士点基金项目(200803890011)、中国博士后基金项目(20070410796)。

第一作者: 刘金福, 教授, 博士生导师。主要研究方向: 森林生态学、野生动植物保护与利用、生态旅游。电话: 13003877896 Email: fjljf@

126.com 地址: 350002 福建省福州市福建农林大学林学院。

本刊网址: <http://journal.bjfu.edu.cn>

格氏栲(*Castanopsis kawakamii* Hayata), 也称吊皮锥、青钩栲、赤枝栲(福建)、光叶红椎、大叶苦槠(台湾)、川上氏槠(台湾)、赤栲(台湾)、蓑衣栲(广西)等, 是分布于我国中亚热带地区南缘的第三纪孑遗植物。格氏栲树形美观, 树干挺拔魁伟, 材质坚硬细密, 具有抗湿耐腐等优良特性, 是建筑、桥梁、造船、家俱等的良好用材; 其果实大且富含淀粉, 有“小板栗”之称, 是天然木本粮食植物。格氏栲自然分布范围较为狭窄, 目前我国分布于南亚热带与中亚热带南缘地区, 包括福建、江西、广东、海南与广西南部山地, 台湾省中部地带的玉山及其附近的日月潭、嘉义、南投(模式标本采集地)、台中马太坪山等山地均有零星分布^[1], 多零星生长在海拔 200~1 000 m 的丘陵地的常绿林中, 位于福建三明市西南方的小湖地区有近 700 hm² 以珍稀濒危植物格氏栲占优势的林分, 多由百年以上的大树组成, 是目前全世界独一无二的大面积、纯度高的格氏栲林, 是较为罕见稀有的天然群落, 堪称“世界格氏栲林”。我国自 20 世纪 70 年代以来逐步开展了濒危植物格氏栲研究, 相关报道主要集中在格氏栲生物学、生态学、森林培育、病虫害防治和生态旅游评价等方面。为此, 笔者对其进行综述, 旨在为保护格氏栲林资源提供进一步研究方向。

1 格氏栲生物学特征

1.1 形态特征

格氏栲为中国中亚热带南缘特有的壳斗科(Fagaceae) 高大常绿阔叶乔木, 其树皮呈纵向带浅裂, 老树皮脱落后如蓑衣状吊在树干上, 新生小枝暗红褐色, 枝、叶均无毛; 果序短, 壳斗有坚果一个, 圆球形, 合生至中部或中部稍下呈放射状多分枝的刺束, 将壳壁完全遮蔽; 花期 3—4 月, 果次年 8—10 月成熟^[1]。格氏栲树高可达 40 m, 胸径可达 1.5 m, 系中亚热带珍贵稀有树种之一, 是我国南方林区的营造阔叶混交林混交的树种之一, 通过格氏栲人工林和天然林木材物理力学特征对比表明, 其木材密度、干缩性、顺纹抗压强度、抗弯强度和端面硬度均属中等, 人工林木材密度、顺纹抗压强度和抗弯强度均稍大于天然林^[2]。

1.2 细胞学特征

对格氏栲进行染色体计数和核型分析表明, 格氏栲染色体数目为 $2n = 24$, 染色长度比为 2.39; 其核型类型为 2B 型, 核型公式为 $2n = 18m + 2Sm_{(sat)} + 4Sm$, 格氏栲第 1、3 对染色体为近中部着丝点(Sm), 格氏栲第 8 对染色体短臂上具随体($Sm_{(sat)}$), 其余均为中部着丝点染色体(m)^[3]。

1.3 种子繁殖特征

通过对格氏栲种子发芽率的射线检验发现, 格氏栲种粒大小差异较大, 射线检验格氏栲种子发芽存在一定困难; 格氏栲属顽拗性种子, 种皮内脱落酸含量较高, 种胚中存在少量的赤霉素, 种皮与脱落酸对种子萌发产生双重抑制效应, 使种子对脱落酸浓度差异的敏感性增强, 导致格氏栲野外发芽率偏低^[4-5]。

1.4 遗传结构特征

考虑格氏栲植物体内酚类、多糖等次生物质含量较高, 影响提取总 DNA 产量和质量, 采用改良 CTAB 法可有效去除多糖干扰, DNA 提取纯度较高, 可用于 PCR 扩增^[6]; 通过正交试验设计, 系统分析各影响因子对 ISSR-PCR 扩增效果的影响, 可建立适用于不同引物、稳定的格氏栲 ISSR-PCR 优化体系^[7]。此外, 通过对格氏栲叶绿体分离、DNA 酶处理、裂解、去蛋白和纯化可以快速、简便的提取格氏栲 cpDNA, 且可保持高产率、高纯度、高质量和快速简便等优点, 可有效获得格氏栲 cpDNA^[8]。

2 格氏栲生态学特征

2.1 格氏栲种群生态学特征

胸径分布是林分结构的主要特征, 林木的直径分布型与森林群落的生产结构及机能特性有着密切关系。应用 5 种概率分布对格氏栲保护区主要群落类型的直径结构进行拟合, β 分布函数拟合效果最好, 保护区内种群直径分布范围较大、中径材占多数, 表明格氏栲林分为成熟林^[9]。

种群生命表是研究种群数量动态变化和进行种群统计的重要工具, 以年轮确定种群个体年龄费力、费时且可能造成破坏; 通过目测和定性确定种群个体发育阶段和种群年龄比较粗糙; 采用解析木胸径和树高确定种群个体年龄较为准确, 但其个体树龄精确度依数学模型精确度而定, 技术难度较大。而神经网络方法建立的格氏栲种群个体年龄预测模型仅限于个体年龄较小的格氏栲^[10]。以格氏栲种群个体年龄与胸径、树高有机结合来确定种群个体年龄的一维和多维时间序列预测模型, 可更准确反映个体年龄的组合模型, 精度高, 有效保护格氏栲避免遭受破坏^[11-12]。

格氏栲种群的增长是指其中个体数量随时间的进展而变动。采用谱分析、密度效应模型、Logistic 改进模型、Leslie 矩阵与优势度增长的自适应模型等方法^[13-18] 研究格氏栲种群数量动态变化, 格氏栲为缓慢增长型种群, 种群数量动态呈周期性波动, 格氏栲生长量的周期波动与其种群数量动态

的周期波动特征基本一致,其生长过程呈 Gompertz 曲线,增长动态呈 S 型曲线。不同生境、人为干扰均对格氏栲种群数量动态的波动产生影响,主要表现在格氏栲种子与幼苗生长阶段,老龄阶段对干扰不敏感,需进一步加强对格氏栲幼苗与幼树保护,保持格氏栲种群年龄结构的稳定性。

2.2 群落生态学特征

2.2.1 格氏栲起源与演替发展

格氏栲多零星分布在中亚热带与南亚热带地区,唯福建省三明格氏栲自然保护区成片生长。其起源调查分析表明,格氏栲天然林是在荒废毛竹 (*Phyllostachys edulis*) 林、油茶 (*Camellia oleifera*) 地和抛荒地经天然下种形成,初始发展时间估计在 1796—1823 年,经过约 30 年生长才大量开花结实,至 1839 年左右形成成片格氏栲林。由于毛竹林破坏严重,格氏栲林人为破坏较少,很快就形成单优的森林群落^[19]。格氏栲林多生长在海拔 200 ~ 330 m 山谷偏坡两侧,向北脊延伸,随着高度上升和立地条件变差而逐渐稀少,被马尾松 (*Pinus massoniana*)、丝栗栲 (*Castanopsis fargesii*)、灌木丛等演替;其适宜生长的高度为 200 ~ 280 m,低谷地段水湿条件较大亦不适于格氏栲生长^[20]。格氏栲林目前已处于衰退之中,中一代树少,幼苗天然更新较差,大树已过熟,在格氏栲林缘有米槠 (*Castanopsis carlesii*)、木荷 (*Schima superba*) 和马尾松侵入趋势,如不及时对格氏栲天然林进行人工干预,久之可能被米槠、木荷和马尾松等树种演替。

2.2.2 格氏栲林群落分类研究

采用关联分析、主分量分析对格氏栲天然林植物群落数量分类研究表明,格氏栲林为相当均匀的一片纯林^[21];运用模糊聚类法将格氏栲自然保护区植被类型划分为格氏栲林、米槠林、栲树林 3 个群系,人工植被划分为马尾松林、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 林、建柏 (*Fokienia hodginsii*) 林、楠木 (*Phoebe zhennan*) 林和毛竹林 5 个群系,建柏林和格氏栲林植物区系组成均以热带成分为主^[22-23];采用群落样地乔木层树种重要值为指标,可将格氏栲自然保护区群落类型划分为格氏栲群系、米槠群系、甜槠 (*Castanopsis eyrei*) 群系、刨花楠 (*Machilus pauhoi*) 群系、沉水樟 (*Cinnamomum micranthum*) 群系、观光木 (*Michelia odora*) 群系和闽楠 (*Phoebe bournei*) 群系 7 个群系^[24]。通过对广西格氏栲林研究表明格氏栲林是广西南亚热带丘陵山地常绿阔叶林最有代表性的一种类型,分布比较普遍,但因破坏严重仅在局部地区零星小片地残存,保存不完整^[25]。

2.2.3 格氏栲群落生物多样性研究

物种多样性指数是测定格氏栲群落特征重要指标之一。许多学者相继开展了格氏栲自然保护区典型群落物种多样性、森林土壤类型多样性、植物区系多样性、土壤微生物区系多样性等研究^[26-36]。格氏栲群落物种多样性介于中亚热带常绿阔叶林与南亚热带季风常绿阔叶林之间,群落生态结构水平与相对稳定性均较高,群落多样性、均匀性不断增加,物种竞争更加激烈并最终趋向稳定,群落仍处于进展演替阶段;与格氏栲天然林相比格氏栲人工林层次结构简单,乔木层树种单一,灌木层和草本层发育差,生物多样性较低。象头山自然保护区格氏栲群落较小且呈零星分布,重要值显著低于三明格氏栲自然保护区^[37]。考虑在探讨格氏栲群落物种多样性时,往往忽略富集种和稀有种对群落多样性贡献的差异,且物种多样性是物种丰富度和分布均匀性的综合反映,为此可采用概率分布模型和非参数核估计模型探讨格氏栲主要群落乔木层、灌木层、藤本层、草本层的物种多样性—多度分布规律,格氏栲群落各层次物种—多度分布均符合伽玛分布模型、对数分布模型和非参数核估计模型,拓展格氏栲群落物种多样性的研究方法,验证了格氏栲林是介于中亚热带与南亚热带的一种常绿阔叶林过渡类型,为格氏栲群落稳定性评价、物种多样性保护提供理论依据^[38-41]。

2.2.4 格氏栲群落主要树种竞争规律研究

生态位理论为生态学研究的重要课题之一,在种间联结、物种竞争、生物进化等方面得到广泛应用。格氏栲天然群落主要种群生态位宽度值大小顺序为:木荷、格氏栲、乌饭 (*Vaccinium mandarinorum*)、青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*)、马尾松、石栎 (*Lithocarpus pasania*)、刨花楠、黄瑞木 (*Adinandra millettii*)、米槠、虎皮楠 (*Daphniphyllum oldhami*)、甜槠;种群的生态位宽度越大,与其他种群生态位重叠机会就越大,生态位宽的种群对生态位窄的种群可能有较大的重叠值^[42]。种间联结研究表明,格氏栲优势种群仅与钩栲 (*Castanopsis tibetana*)、檫树 (*Sassafras tzumu*)、罗浮栲 (*Castanopsis fabri*)、香桂 (*Cinnamomum subavenium*)、凉伞树 (*Heteropanax fragrans*) 等 5 个种群呈现显著负联结,与其他大多数树种联结程度较弱,多数物种整体间联结性为显著正联结^[43]。在种群竞争方面,保护区内物种相对丰富、结构复杂,主要共生树种对格氏栲群落的影响是不容忽视的,格氏栲在生长过程中受到了种内种间竞争的控制。采用 Lotka-Volterra 竞争方程分析格氏栲林共优种群(格氏栲、木荷)的

竞争,竞争达到平衡时格氏栲与木荷相对优势度分别为 94.36%、5.64%,仍将由格氏栲和木荷共优种群组成,格氏栲种群占支配地位^[44];中性树种格氏栲种群和米槠种群将逐步演替喜光先锋树种马尾松与木荷种群^[45]。采用 Hegyi 竞争模型分析格氏栲成年期、幼苗期的种内竞争和种间竞争强度,成年格氏栲种间竞争强度的顺序为:马尾松—格氏栲 > 格氏栲—格氏栲 > 木荷—格氏栲 > 杜英 (*Elaeocarpus decipiens*)—格氏栲 > 木姜子 (*Litsea pungens*)—格氏栲 > 老鼠矢 (*Symplocos stellaris*)—格氏栲,当格氏栲胸径达到 35 cm 后,竞争强度变小且差异不明显,群落趋于相对稳定;格氏栲幼苗种间竞争强度的顺序为:桂北木姜子 (*Litsea subcoriacea*) > 梨茶 (*Camellia crapnelliana*) > 黄润楠 (*Machilus grijsii*) > 毛鳞省藤 (*Calamus thysanolepis*) > 矩圆叶鼠刺 (*Itea oblonga*) > 木荷 > 酸味子 (*Antidesma japonicum*) > 狗骨柴 (*Diplospora dubia*) > 少叶黄杞 (*Engelhardtia fenzelii*) > 山黄皮 (*Clausena dentata*) > 光叶山矾 (*Sylocos lancifolia*) > 沿海紫金牛 (*Ardisia punctata*) > 小叶赤楠 (*Syzygium buxifolium*) > 尖叶水丝梨 (*Distyliopsis dunnii*) > 赤楠 (*Syzygium buxifolii*) > 草珊瑚 (*Chloranthus glabra*) > 格氏栲 > 栲树 > 杜茎山 (*Maesa japonica*);格氏栲种内竞争强度随着格氏栲高度和胸径增大而逐渐减少,为格氏栲林经营和保护提供依据^[46-47]。

2.2.5 种群空间格局研究

格氏栲种群空间分布格局及变动趋势是影响种群数量发展的主要因素。通过采用负二项分布—维格局研究表明,格氏栲种群空间格局为聚集度较高的群团型格局,其研究存在取样不足^[48];采用聚集强度各指标、Greig-smith 方法、Kershaw 方法、Taylor 指数、Iwao 方法及分形维数对格氏栲群落主要种群空间分布格局分析表明^[49-51],主要种群分布格局基本呈聚集分布,所采用的样方面积均较小,对空间格局测定可能产生一定偏差。为此,通过扩大取样面积,采用相邻格子法减少样方选择主观性,运用聚集度指标考察测定不同生境的格氏栲种群空间格局,群落类型中格氏栲+木荷+蚊母树 (*Distylium racemosum*) 样地、格氏栲+木荷+马尾松样地的成树阶段空间格局呈随机分布,格氏栲+马尾松+米槠样地则呈聚集型分布;采用无样方距离法研究格氏栲空间分布格局的强度和纹理、应用连续型威布尔分布模型的拟合结果均与聚集度测定指标的测定结果一致,丰富了格氏栲空间格局的研究方法^[52-54]。

2.2.6 林窗特征研究

林窗是森林群落内众多物种共存和生物多样性维持的基础,也是森林群落结构与动态的基础。格氏栲天然林扩展林窗、实际林窗所占面积比例分别为 34.46%、17.81%,年林窗干扰频率分别约为 0.69% 和 0.36%,林窗干扰返回间隔期为 281 年;形成林窗的主要方式是干中折断,其次为枯立;林窗多数是在 10~40 年前形成;林窗分布格局为均匀分布型;林窗形成木主要由格氏栲、乌饭树、山胡椒 (*Lindera glauca*)、狗骨柴组成。格氏栲种群在林窗内呈集群分布,直径分布呈贝塔分布,林窗边缘格氏栲数量较多。不同林窗大小、发育阶段对灌木层的物种多样性影响最大,乔木层其次,草本层影响最小;采用物种多样性指数与生态优势度值测定的林窗边缘效应强度值为 0.3~1.8 之间,林窗面积及林窗群落类型均对不同发育阶段林窗的边缘效应强度产生影响,林窗边缘效应促使林窗边缘区的物种多样性有增大趋势^[55-58]。

2.3 生态系统生态学特征

森林在全球碳平衡和减缓全球气候变化方面发挥着不可替代的作用。通过对格氏栲天然林与人工林的土壤、粗木质残体与枯枝落叶层碳库与养分库的研究表明,1) 0~100 cm 土壤中,格氏栲天然林土壤有机 C 贮量是人工林 1.17 倍;轻组有机 C 贮量是其 1.64 倍;颗粒有机 C 贮量是其 1.60 倍;2) 粗木质残体中,格氏栲天然林粗木质残体的总现存量、C 储量和养分贮量分别是其 2.87、4.11 和 4.88 倍;3) 枯枝落叶层中,格氏栲天然林枯枝落叶层现存量、C 库和养分库分别是其 1.19、1.22 和 1.22 倍。格氏栲天然林碳库与养分库储量均高于人工林,经营人工林前的皆伐、炼山、整地等对林地干扰强度较大导致人工林水土流失及凋落物、枯死细根归还量减少,即应加强对格氏栲天然林保护^[59-65]。

森林土壤呼吸是全球碳循环的重要流通途径之一,其动态变化将直接影响全球 C 平衡。格氏栲天然林与人工林的根系呼吸和土壤异养呼吸的季节变化均呈单峰曲线,最大值出现在春末或夏初,最小值出现在冬季;正常气候年份根系呼吸和土壤异养呼吸主要受土壤温度影响,极端干旱气候年份由于存在水分胁迫,根系呼吸受土壤温度或湿度的影响较小,而土壤异养呼吸主要受土壤湿度的影响;格氏栲天然林根系呼吸年通量、落叶层呼吸年通量与无根土壤异养呼吸年通量分别是人工林的 1.63、1.43 和 1.23 倍;天然林土壤呼吸对干湿交替响应对温度更敏感,人工林土壤有机 C 对干旱的敏

感性高于天然林^[66-68]。

凋落物分解在维持土壤肥力、促进森林生态系统生物循环和养分平衡等起着重要作用。格氏栲天然林活细根生物量、死细根生物量与年均凋落量分别是人工林 1.55、1.30 和 1.15 倍。0~10 cm 表土层格氏栲天然林活细根生物量是人工林的 2.4 倍;天然林细根的年均分解量、死亡量与年均净生产量分别是人工林 1.70、1.68 和 1.62 倍,天然林与人工林年周转速率分别为 1.78 和 1.7 次/年。格氏栲天然林枯枝落叶层能量现存量比人工林高 24.29%。枯枝落叶层及粗木质残体在分解过程中枯叶和枯枝水溶性物质和纤维素含量不断下降,枯枝中苯醇溶性物质和粗蛋白质含量有所上升;格氏栲天然林枯叶和枯枝水溶性物质、木质素、粗蛋白质和纤维素等总贮量较高,人工林苯醇溶性物质总贮量更高,格氏栲天然林粗木质残体中各种有机物质贮量均最高。格氏栲天然林的凋落叶分解量大、分解率高、养分释放快、释养量高且养分再循环短,即天然林具有良好自我培肥地力,可有效维持土壤肥力,加强保护格氏栲天然林资源就成为南方林区实现森林可持续经营的重要措施之一^[69-73]。通过对 5 种不同面积大小格氏栲林窗凋落物枝、皮与叶 1 年分解过程进行研究,小林窗分解速度更快,与其他营养元素相比 K 元素损失率最高,叶的养分归还量比根茎高,凋落物年分解率与土壤湿度存在极显著相关^[74]。格氏栲人工林与同龄杉木相比,胸径和单株材积生长早期较慢,但速生持续期长^[75]。

土壤微生物是土壤生物重要组成部分,参与森林生态系统的物质循环和能量流动,共同维持生态系统的结构与功能。格氏栲天然林土壤平均 pH 值为 4.24,全 N 平均含量为 0.084 2%,全 P(P_2O_5 %) 0.015 5%,有机质为 3.787 8%,土壤全 N、全 P 和有机质均不高^[76-77]。格氏栲天然林层次多,土壤粒径分布的分形维数小,水稳性团聚体即 0.25 mm 团粒含量高,土壤养分除水解性总酸度外,其他含量均较高,土壤团聚体水稳性能良好,土壤具有良好的渗透性,非毛管孔隙发达,自肥能力较强,具有良好自动调节及抗逆性能,受干扰后需要很长时间土壤肥力才能得以恢复^[78]。格氏栲人工林结构单一,凋落物层和表土层薄,土壤结构性能变差,土壤养分含量、水分状况及土壤通透性低于天然林,栽植 23 年后格氏栲人工林土壤肥力远低于天然林^[79]。格氏栲天然林根际与全土土壤微生物区系、土壤酶活性和生化作用强度均比人工林大,根际土壤速效性养分相对富集,人工林则存在亏缺现象;天然林微生物总数、细菌、真菌以及固氮菌等生理类群数

量均高于人工林,而人工林中则是以青霉和木霉为优势种的土壤真菌^[80-81]。对 5 种不同面积的格氏栲林窗凋落物枝皮叶微生物活性与年分解过程进行研究,小林窗分解速度更快,总 N 含量与年分解率呈极显著正相关,土壤湿度最能反映微生物活动;林下总底物诱导呼吸最大,小林窗居中,大林窗最小;同一林窗中叶微生物呼吸速率最高,树皮其次,枝条最低^[82]。此外,格氏栲天然林内土壤种子库的种子组成和地上乔木层植被相似性小,格氏栲种子在种子库中出现频度仅为 5%^[83]。

森林蒸腾影响森林植物进行有机物合成及分解、能量的吸收和转化。格氏栲天然林内大多数植物蒸腾强度日变化呈单峰、双峰形曲线,林下植物的蒸腾速率较小,叶片含水量低且日变化不大;叶绿素含量范围在 0.357 3~0.422 5 g/cm²,叶绿素 a/b 范围在 1.62~2.62。长期遮荫格氏栲的蒸腾系数为 123.72 g/年蒸腾耗水量 965.73 mm,蒸腾率日变化呈单峰与双峰形曲线,季节变化顺序为:夏季>秋季>春季>冬季^[84-85]。

3 森林培育特征

通过阐述吊皮锥的种子处理、播种育苗、苗期管理等技术,为提高吊皮锥人工林成活率提供理论基础^[86]。不同育苗方式对格氏栲幼苗生物产量影响较大,以根蘸药物最佳,营养袋效果最差;1 年生苗木生物产量比 2 年生低,1 年生苗木根叶所占比重较大;2 年生苗木根茎叶逐渐趋于一致,各器官生物量分配呈密切相关^[87]。在营林上,营造格氏栲混交林或纯林均可,混交林比纯林生长更好^[88];23 年生格氏栲人工林蓄积量达 163 m³/hm²,最大单株材积为 0.922 m³^[89];当格氏栲与杉木种植比例为 1:1 时,总蓄积量比杉木纯林高,对土壤改良有显著效果^[90]。

4 病虫害防治

1978 年保护区通过采种育苗并使用 2 年生实生苗进行造林。1979—1982 年对天然林、幼林和苗圃进行全面调查,陆续发现煤病(*Meliola shiiae*)与其他 5 种新病害,以苗木褐斑病(*Cercospora insulana*)危害最严重,发病率高达 95%,发病指数 67.3~70.2,病叶率 73.8%,并开展相应观察研究与防治试验。天然林及人工幼林中的灰斑病(*Marcophoma* sp.)、赤斑病(*Phyllosticta* sp.)、圆斑病(*Oedocephalum* sp.)、膏药病(*Septobasidium* sp.)也不同程度地影响林木的生长量^[91-92]。

5 生态旅游评价

格氏栲自然保护区共有维管束植物 102 科 228 属 425 种, 经济菌类 40 种, 鸟兽类 100 多种, 昆虫两爬类近 2 000 种。选取自然性、多样性、代表性、稀有性、生态脆弱性、面积适宜性、人类威胁等指标得出格氏栲自然保护区综合评价指数为 0.76, 表明保护区生态质量较好^[93]。基于格氏栲自然保护区林业基本图, 采用景观生态学理论对保护区景观格局和破碎化程度进行评价, 保护区总体保存较为完整, 景观破碎化程度较小, 景观具有较好的完整性^[94]。此外, 通过对格氏栲自然保护区森林生态旅游风景资源、旅游环境容量、开发前景等进行分析评价, 提出森林公园建设总体布局, 为发展森林旅游提供了依据^[95-98]。

6 研究展望

尽管许多学者从不同角度、不同研究方向探讨格氏栲林, 但有关珍稀格氏栲林保护研究仍存在尚未解决的问题。格氏栲前期研究局限于生态学濒危机制, 而生物学濒危因素尚未全面展开, 如格氏栲种子萌发机理、繁育特征、生活史和遗传结构特征等; 在分类学研究领域, 目前残存于台湾及大陆东南沿海的吊皮锥与分布于加里曼的 *Castanopsis borneensis* King 有密切的亲缘关系, 《台湾植物志》^[99] 将格氏栲学名定为 *Castanopsis borneensis*, 中文名称为大叶苦槠、赤栲等, 而《中国植物志》^[1] 依其形态相似性将其归并为格氏栲, 探讨格氏栲居群的起源和分化过程, 对植物区系分布及壳斗科栲属分类研究具有科学意义。通过对三明格氏栲林调查发现, 格氏栲种群天然更新较为困难, 成年格氏栲大部分已过熟, 中小径材格氏栲较少, 林窗数量增多, 而格氏栲幼树、中龄树种数量较少, 林下格氏栲更新存在困难, 林窗形成改善了森林微环境条件, 为格氏栲种群更新提供良好条件, 深入探讨格氏栲天然林林窗更新技术对促进格氏栲天然林恢复具有重要实践意义。

参 考 文 献

- [1] 《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志: 第 22 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [2] 林金国, 许春锦, 陈慈禄, 等. 格氏栲人工林和天然林木材物理力学性质的比较[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16(4): 397-400.
- [3] 吴若菁, 郑清芳. 壳斗科格氏栲和栲树的核型分析[J]. 福建林学院学报, 1991, 11(4): 428-432.
- [4] 郑郁善, 郑盛培. 格氏栲等树种种发芽率的射线检验[J]. 福建林学院学报, 1994, 14(1): 23-26.
- [5] 郑郁善. ABA 对米槠和格氏栲种子发育的影响[J]. 应用与环境生物学报, 1999, 5(5): 444-449.
- [6] 宋育红, 陈夜江, 吴新强, 等. 濒危植物格氏栲叶片基因组 DNA 提取方法研究[J]. 三明学院学报, 2008, 25(2): 193-196.
- [7] 林义君, 刘金福, 潘东明, 等. 濒危树种格氏栲 ISSR-PCR 反应体系的建立[J]. 福建林学院学报, 2011, 31(2): 115-119.
- [8] 朱小龙, 张宜辉, 邹娟, 等. 赤枝栲(*Castanopsis kawakamii*) 叶绿体 DNA 的提纯方法研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2003, 42(2): 257-260.
- [9] 刘金福, 洪伟, 林升学. 格氏栲天然林主要种群直径分布结构特征的研究[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(4): 325-328.
- [10] 何东进, 洪伟, 吴承祯. 格氏栲种群个体年龄确定方法的研究[J]. 内蒙古林学院学报, 1999, 21(2): 35-38.
- [11] 刘金福, 洪伟. 格氏栲种群个体年龄与胸径的时间序列模型研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(3): 283-288.
- [12] LIU J F, HONG W, PAN D M, et al. A study on multidimensional time series of individual age's measurement in *Castanopsis kawakamii* population[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(4): 232-236.
- [13] 刘金福, 洪伟. 格氏栲种群数量动态的谱分析研究[J]. 生物数学学报, 2003, 18(3): 357-363.
- [14] 刘金福, 洪伟, 李茂瑾. 格氏栲种群调节模型研究[J]. 热带亚热带植物学报, 1998, 6(4): 309-314.
- [15] 刘金福, 洪伟. 格氏栲种群优势度增长改进模型研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(2): 225-229.
- [16] 刘金福. 格氏栲种群优势度增长动态改进模型新在何处研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(2): 255-256.
- [17] 刘金福, 洪伟. 格氏栲种群增长动态预测研究[J]. 应用与环境生物学报, 1999, 5(3): 247-253.
- [18] 刘金福, 洪伟, 李家和, 等. 格氏栲种群生态学研究Ⅲ: 格氏栲种群优势度增长动态规律研究[J]. 应用生态学报, 1998, 9(5): 453-457.
- [19] 林竞成. 三明小湖地区格氏栲天然林起源与演替发展趋势的分析[J]. 福建林学院学报, 1980, 1(1): 29-35.
- [20] 林竞成. 小湖格氏栲天然林生长的生态环境[J]. 福建林业科技, 1982, 9(2): 36-39.
- [21] 阳含熙, 卢泽愚, 杨周南. 植物群落数量分类的研究[J]. 林业科学, 1979, 15(4): 245-255.
- [22] 游水生, 郭振庭. 用模糊聚类探讨福建三明格氏栲自然保护区植被类型的划分[J]. 武汉植物学研究, 1994, 12(4): 333-340.
- [23] 游水生, 何宗明, 郑燕明, 等. 天然格氏栲林皆伐火烧后栽建柏林区系组成变化研究[J]. 福建林学院学报, 1996, 16(1): 20-23.
- [24] 宋育红, 张君诚, 刘希华. 格氏栲自然保护区常绿阔叶林群落数量分类[J]. 生态科学, 2006, 25(5): 390-394.
- [25] 王献溥, 蒋高明. 广西青钩栲林分类的研究[J]. 广西植物, 2002, 22(2): 97-104.
- [26] 林鹏, 丘喜昭. 福建三明瓦坑的赤枝栲林[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1986, 10(4): 241-253.
- [27] 樊后保. 福建三明格氏栲群落的结构特征[J]. 福建林学院学报, 1996, 16(1): 14-19.
- [28] 樊后保. 格氏栲群落的结构特征[J]. 林业科学, 2000, 36(2): 6-12.
- [29] 胡可喜, 丁莉萍, 李家和, 等. 三明格氏栲保护区生物多样性调

- 查[J]. 福建林业科技, 1999, 26(1): 46-51.
- [30] 朱大前, 陈立栋. 格氏栲群落物种多样性研究[J]. 福建林业科技, 2000, 27(1): 10-13.
- [31] 张宜辉, 洪宁, 阙德海, 等. 福建三明小湖赤枝栲群落组成结构及物种多样性分析[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2002, 41(2): 251-257.
- [32] 陈辉. 33 年生格氏栲人工林与天然林群落特征比较[J]. 福建林学院学报, 2009, 29(2): 97-102.
- [33] 宋晓英, 杨嵘. 三明格氏栲自然保护区常绿阔叶林物种多样性分析[J]. 三明师专学报, 1999(3): 30-33.
- [34] 宋育红, 张新文, 周斌. 格氏栲自然保护区常绿阔叶林群落特征[J]. 生态科学, 2005, 24(3): 228-232.
- [35] 宋育红, 阮训清, 李家和. 格氏栲自然保护区米槠群落物种多样性研究[J]. 三明学院学报, 2005, 22(4): 411-415.
- [36] 宋育红, 阮训清, 李家和, 等. 格氏栲自然保护区常绿阔叶林类型及其群落物种多样性分析[J]. 三明学院学报, 2005, 22(2): 167-171.
- [37] 黄川腾, 庄雪影, 姜斌, 等. 广东象头山吊皮锥种群及其群落结构研究[J]. 广东林业科技, 2010, 26(1): 71-76.
- [38] 刘金福, 洪伟. 福建三明格氏栲林物种多度分布格局研究[J]. 林业科学, 2001, 37(Z1): 200-204.
- [39] 刘金福, 洪伟, 樊后保, 等. 中国珍稀格氏栲林的数量特征[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(1): 14-19.
- [40] 刘金福, 洪伟, 李俊清. 格氏栲天然林物种多度分布的核估计研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(5/6): 120-124.
- [41] 洪伟, 吴承祯, 何东进, 等. 森林生态系统经营研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [42] 刘金福, 洪伟. 格氏栲群落生态学研究——格氏栲林主要种群生态位的研究[J]. 生态学报, 2003, 19(3): 347-352.
- [43] 刘金福, 洪伟, 樊后保, 等. 天然格氏栲林乔木层种群间关联性研究[J]. 林业科学, 2001, 37(4): 117-123.
- [44] 刘金福, 洪伟, 李家和. 格氏栲群落生态学研究 II: 格氏栲林主要种群的竞争研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(1): 24-27.
- [45] 宋晓英. 福建三明格氏栲保护区优势植物种群竞争的初步研究[J]. 江西林业科技, 2000(1): 11-13.
- [46] 刘金福, 洪伟, 李俊清, 等. 格氏栲林优势种竞争关系及其预测动态的研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(3): 211-216.
- [47] 何中声, 刘金福, 洪伟, 等. 中亚热带格氏栲天然林幼苗竞争强度研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2011, 19(3): 230-236.
- [48] 黄健儿, 吕月良, 施友文. 格氏栲空间格局的初步研究[J]. 福建林学院学报, 1991, 11(3): 266-271.
- [49] 郑燕明, 樊后保, 陈祖松. 格氏栲种群及其主要伴生树种的空间格局[J]. 福建林学院学报, 1995, 15(2): 97-102.
- [50] 吴大荣, 苏志尧, 李秉滔, 等. 福建三明莘口青钩栲种群结构和空间分布格局动态初步研究[J]. 林业科学, 2000, 36(3): 27-32.
- [51] 黄云鹏. 格氏栲群落的林木组成及其空间分布格局[J]. 西南林学院学报, 2009, 29(1): 17-21.
- [52] 刘金福, 洪伟, 陈清林. 格氏栲种群生态学研究 V: 格氏栲种群空间格局及其动态的研究[J]. 福建林学院学报, 1999, 19(2): 118-123.
- [53] 刘金福, 洪伟. 格氏栲种群生态学研究 VII: 格氏栲种群分布格局的强度与纹理分析研究[J]. 中南林学院学报, 1999, 19(1): 59-63.
- [54] 刘金福, 洪伟. 格氏栲种群生态学研究 VI: 格氏栲种群空间格局分布的 Weibull 模型研究[J]. 福建林学院学报, 1999, 19(3): 212-215.
- [55] 刘金福, 洪伟, 李俊清, 等. 格氏栲林林窗自然干扰规律[J]. 生态学报, 2003, 23(10): 1991-1999.
- [56] 刘金福, 洪伟, 李俊清, 等. 格氏栲群落林窗边缘效应研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1421-1426.
- [57] 刘金福, 于玲, 洪伟, 等. 格氏栲林林窗物种多样性动态规律的研究[J]. 林业科学, 2003, 39(6): 159-164.
- [58] 刘金福, 洪伟, 李俊清. 格氏栲林林窗更新特征的研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(3): 14-19.
- [59] 杨玉盛, 郭剑芬, 林鹏, 等. 格氏栲天然林与人工林粗木质残体碳库及养分库[J]. 林业科学, 2005, 41(3): 7-11.
- [60] ZHANG J S, GUO J F, CHEN G S, et al. Concentrations and seasonal dynamics of dissolved organic carbon in forest floors of two plantations (*Castanopsis kawakamii* and *Cunninghamia lanceolata*) in subtropical China[J]. *Journal of Forestry Research*, 2005, 16(3): 205-208.
- [61] 杨玉盛, 郭剑芬, 林鹏, 等. 格氏栲天然林与人工林枯枝落叶层碳库及养分库[J]. 生态学报, 2004, 24(2): 359-367.
- [62] 杨玉盛, 刘艳丽, 陈光水, 等. 格氏栲天然林与人工林土壤非保护性有机 C 含量及分配[J]. 生态学报, 2004, 24(1): 1-8.
- [63] 杨玉盛, 陈光水, 王义祥, 等. 格氏栲人工林和杉木人工林碳库及分配[J]. 林业科学, 2006, 42(10): 43-47.
- [64] 陈光水, 杨玉盛, 钱伟, 等. 格氏栲和杉木人工林地下碳分配[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 2824-2829.
- [65] 杨玉盛, 陈光水, 王义祥, 等. 格氏栲人工林和杉木人工林碳吸存与碳平衡[J]. 林业科学, 2007, 43(3): 113-117.
- [66] 陈光水, 杨玉盛, 王小国, 等. 格氏栲天然林与人工林根系呼吸季节动态及影响因素[J]. 生态学报, 2005, 25(8): 1941-1947.
- [67] 杨玉盛, 陈光水, 谢锦升, 等. 格氏栲天然林与人工林土壤异养呼吸特性及动态[J]. 土壤学报, 2006, 43(1): 53-61.
- [68] 杨玉盛, 陈光水, 董彬, 等. 格氏栲天然林和人工林土壤呼吸对干湿交替的响应[J]. 生态学报, 2004, 24(5): 953-958.
- [69] 杨玉盛, 陈光水, 林鹏, 等. 格氏栲天然林与人工林细根生物量、季节动态及净生产力[J]. 生态学报, 2003, 23(9): 1719-1730.
- [70] 杨玉盛, 林鹏, 郭剑芬, 等. 格氏栲天然林与人工林凋落物数量、养分归还及凋落叶分解[J]. 生态学报, 2003, 23(7): 1278-1289.
- [71] 郭剑芬, 杨玉盛, 陈光水, 等. 格氏栲天然林与人工林枯枝落叶层和粗木质残体有机化学组成研究[J]. 亚热带资源与环境学报, 2008, 3(3): 40-45.
- [72] 杨玉盛, 郭剑芬, 林鹏, 等. 格氏栲天然林与人工林凋落叶分解过程中养分动态[J]. 生态学报, 2004, 24(2): 201-208.
- [73] 郭剑芬, 林鹏, 杨玉盛. 格氏栲天然林与人工林枯枝落叶层能量现存量[J]. 福建林学院学报, 2006, 26(1): 41-44.
- [74] ZHANG Q S, LIANG Y W. Effects of gap size on nutrient release from plant litter decomposition in a natural forest ecosystem[J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 1995, 25(10): 1627-1638.
- [75] 陈辉. 福建三明 33 年生格氏栲人工林生长与生物量[J]. 亚热带资源与环境学报, 2009, 4(3): 22-25.
- [76] 连玉武, 朱小龙, 李利峰. 三明小湖赤枝栲林地部分矿质元素及土壤理化性质研究[J]. 福建林业科技, 2002, 29(3): 10-13.

- [77] 张鼎华, 李宝福. 福建三明格氏栲自然保护区土壤条件和肥力演变的研究[J]. 林业科技通讯, 1996(11): 14-17.
- [78] 刘金福, 洪伟. 不同起源格氏栲林地的土壤分形特征研究[J]. 山地学报, 2001, 19(6): 565-570.
- [79] 杨玉盛, 李振问, 刘爱琴, 等. 人工阔叶林取代格氏栲天然林后土壤肥力变化的研究[J]. 东北林业大学学报, 1993, 21(5): 14-21.
- [80] 李家和, 李金锋. 不同起源格氏栲林分下土壤微生物生态分布的初步研究[J]. 亚热带植物通讯, 1991, 20(1): 18-23.
- [81] 杨玉盛, 何宗明, 邹双全, 等. 格氏栲天然林与人工林根际土壤微生物及其生化特性的研究[J]. 生态学报, 1998, 18(2): 198-202.
- [82] ZHANG Q S, ZAK J C. Effects of gap size on litter decomposition and microbial activity in a subtropical forest[J]. *Ecology*, 1995, 76(7): 2196-2204.
- [83] 范繁荣, 阙德海, 龚素莲. 格氏栲自然保护区土壤种子库的初步研究[J]. 林业科技, 1998, 23(1): 12-13, 16.
- [84] 张其水, 李家和, 陈雪娇. 天然赤枝栲林下几种植物的生理生态特性研究[J]. 福建林学院学报, 1991, 11(1): 98-104.
- [85] 连玉武, 苏祖荣. 赤枝栲的蒸腾特性与生态因子相关性[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1997, 36(5): 781-786.
- [86] 黄菊胜. 吊皮锥育苗技术[J]. 广东林业科技, 2009, 25(4): 91-92.
- [87] 连玉武, 张其水. 福建小湖赤枝栲苗期生物产量的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1993, 32(5): 664-667.
- [88] 陈勇. 格氏栲等3种珍贵用材树种栽培模式研究[J]. 江西林业科技, 2006(3): 6-9.
- [89] 廖涵宗, 邱道生, 张春能. 青钩栲人工林生态系统生产力的研究[J]. 林业科学, 1992, 28(5): 439-443.
- [90] 黄云鹏. 杉木格氏栲混交林试验研究[J]. 江西林业科技, 2005(5): 9-10.
- [91] 蔡秋锦. 格氏栲新病害的初步研究[J]. 热带林业科技, 1984(3): 31-35.
- [92] 蔡秋锦. 格氏栲苗褐斑病的研究[J]. 林业科技通讯, 1984(2): 28-29.
- [93] 刘金福, 洪伟. 福建三明格氏栲自然保护区评价[J]. 吉林林学院学报, 1999, 15(2): 70-73.
- [94] 王兆杰, 刘金福, 洪伟, 等. 格氏栲自然保护区景观格局分析及破碎化评价[J]. 福建林学院学报, 2007, 27(1): 30-34.
- [95] 吴大荣, 丁莉萍, 李家和. 三明格氏栲自然保护区野生观赏植物资源[J]. 林业科技开发, 1992(4): 14-16.
- [96] 陈国瑞, 陈永芳, 卓秋萍. 三明格氏栲自然保护区森林生态旅游评价探讨[J]. 林业勘察设计, 2000(1): 24-26.
- [97] 陈国瑞, 黄金荣, 叶卢宗. 福建省三明格氏栲自然保护区森林旅游[J]. 华东森林经理, 1998, 12(3): 68-71.
- [98] 黄金荣. 格氏栲自然保护区建设森林公园总体布局研究[J]. 林业勘察设计, 1999(1): 87-91.
- [99] 《台湾植物志》编辑委员会. 台湾植物志: 第2卷[M]. 台北: 现代关系出版社, 1976.

(责任编辑 赵 勃)

欢迎订阅《北京林业大学学报(社会科学版)》

《北京林业大学学报(社会科学版)》是教育部主管、国内外公开发行的全国性社科类期刊,《北京林业大学学报(社会科学版)》重点研究林业和生态环境建设中的哲学、社会科学问题,力求对林业和生态环境建设中全局性、战略性和前瞻性的重大课题作出科学的理论回答。本刊目前主要设“森林文化”、“林业史”、“森林与环境法律问题”、“环境与艺术”、“农林经济理论与政策”等栏目。本刊为“中文社会科学引文索引”(CSSCI)来源期刊。

本刊为大16开,季刊,季末月出版。国内定价为每期30.00元。国内统一刊号为CN11-4740/C,邮发代号为80-322,欢迎各单位及个人投稿、订阅。订阅也可与编辑部直接联系,联系方式如下:

地址:100083 北京林业大学148号信箱 社会科学版编辑部

电话:010-62337919