

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.010

五道峡自然保护区锐齿槲栎群落物种组成与群落特征研究

刘苗苗¹, 邓正斌³, 李怀祥¹, 任帅¹, 祝文龙¹, 汪正祥^{1,2}

(1. 湖北大学 资源环境学院, 湖北 武汉 430062; 2. 区域开发与环境响应湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430062;
3. 五道峡国家级自然保护区管理局, 湖北 保康 441600)

摘要:锐齿槲栎是广泛分布于我国暖温带和亚热带山地中海拔地段的主要优势种,以五道峡国家级自然保护区内的锐齿槲栎群落为研究对象,通过种群年龄结构及数量动态变化,生活型谱及生长模型方面的研究,分析五道峡国家级自然保护区锐齿槲栎群落特征。结果表明,锐齿槲栎龄级结构中,个体数量在Ⅲ~Ⅵ龄级占比最大,种群中低龄个体数量充足;种群数量动态指数显示锐齿槲栎种群呈现增长趋势,但种群稳定性差且抗干扰能力较弱;生活型谱分析发现,占比最高的属于高位芽植物,且呈随海拔升高占比逐渐降低的趋势,植物生活型谱大致呈现“L”型;生长模型的研究表明,三次函数模型的決定系数 R^2 达到最大值,且经过T检验,表明三次函数模型可以很好地用来拟合锐齿槲栎胸径—树高的关系。建议在原地保护的基础上进行科学的管理,并充分调动群众的积极性,为种群营造稳定的生存环境,促进种群的长期发展。

关键词:锐齿槲栎;五道峡自然保护区;龄级结构;数量动态;生活型谱;生长模型

中图分类号:S759.9;S992.18;S718.542 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0053-06

引文格式:刘苗苗,邓正斌,李怀祥,等. 五道峡自然保护区锐齿槲栎群落物种组成与群落特征研究[J]. 林业调查规划,2023,48(3):53-58,213. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.010

LIU Miaomiao, DENG Zhengbin, LI Huaixiang, et al. Species Composition and Community Characteristics of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* in Wudaoxia Nature Reserve[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 53-58, 213. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.010

Species Composition and Community Characteristics of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* in Wudaoxia Nature Reserve

LIU Miaomiao¹, DENG Zhengbin³, LI Huaixiang¹, REN Shuai¹,
ZHU Wenlong¹, WANG Zhengxiang^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Hubei University, Wuhan 430062, China;
2. Hubei Provincial Key Laboratory of Regional Development and Environmental Response, Wuhan 430062, China;
3. Wudaoxia National Nature Reserve Administration, Baokang, Hubei 441600, China)

Abstract: *Quercus aliena* var. *acutiserrata* is a major dominant species widely distributed in mid altitude areas of warm temperate and subtropical mountains in China. This paper selected the *Quercus aliena* var. *acutiserrata* community in Wudaoxia National Nature Reserve as the research object to preliminary analyze the characteristics of community by the study of population age structure and quantity dynamics, life form

收稿日期:2022-01-10.

基金项目:湖北省中央引导地方科技发展专项(2019ZYD050);五道峡动植物样方样线调查与规划专项(214002001004).

第一作者:刘苗苗(1999-),女,陕西安康人,硕士.主要从事植物多样性研究. Email:15129470328@163.com

责任作者:汪正祥(1966-),男,湖北武汉人,博士,教授.主要从事生物多样性保护研究. Email:wangzx66@hubu.edu.cn

spectra, and growth models. The results showed that in the age-class structure of *Quercus aliena* var. *acutiserrata*, the proportion of individual numbers in the III-VI age class was the highest, and the number of young individuals in the population was sufficient; The population dynamic index showed that the population of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* presented an increasing trend, but the population stability was poor and the anti-interference ability was weak; The life form spectrum analysis found that the highest proportion belonged to high bud plants, and the ratio showed a gradual decrease with the increase in altitude, and the plant life form spectrum roughly showed an “L” shape; The study of the growth model showed that the coefficient of determination R^2 of the cubic function model reached the maximum value, and the T test showed that the cubic function model could be used to fit the relationship between the DBH and the height of *Quercus aliena* var. *acutiserrata*. This paper recommended to conduct scientific management on the basis of in situ conservation and fully mobilize the enthusiasm of the masses to create a stable living environment for the population and promote the long-term development of the population.

Key words: *Quercus aliena* var. *acutiserrata*; Wudaoxia Nature Reserve; age structure; quantity dynamics; life form spectrum; growth model

锐齿槲栎属于壳斗科 (Fagaceae) 栎属 (*Quercus* L.) 的落叶乔木, 树高可达 30 m, 主要分布在我国湖北、陕西、河北、山西、辽宁东南部等地区^[1-2]。一些学者对锐齿槲栎进行了相关研究, 陈志刚等^[3-4]分析了林隙与林下环境对锐齿槲栎种群更新的影响, 并在神农架地区研究了锐齿槲栎种群更新与区域的生物多样性保护。全玉琴等^[5]研究了秦岭中段锐齿槲栎天然次生林群落物种多样性。孙怡洁等^[6]研究了宝天曼自然保护区锐齿槲栎林短期的动态变化。任学敏^[7]对太白山锐齿槲栎次生林下乔木更新特征进行了研究。湖北省保康县五道峡国家级自然保护区出现大片原生锐齿槲栎林, 但目前对其研究鲜见报道。通过对五道峡自然保护区锐齿槲栎林种群结构与动态变化, 生活型谱及生长模型的研究, 进一步揭示锐齿槲栎林群落学特征, 为更好地保护五道峡自然保护区原生锐齿槲栎林提供科学支撑。

1 研究区概况

五道峡国家级自然保护区 (以下简称“保护区”) 位于湖北省襄阳市保康县境内, 地理位置为 31°45′23″~31°37′46″N, 111°5′44″~111°27′58″E, 总

面积 20 860 hm²。五道峡国家级自然保护区属于北亚热带大陆性季风气候, 全年均温 8.5℃, 极端最低温 -21.5℃, 极端最高温 35℃, 降雨多集中在夏季, 年均降水量在河谷和低山丘陵地带约为 900 mm。保护区热量丰富, 800 m 以上海拔高度地区无霜期平均为 210 d, 且无霜期具有随海拔每升高 100 m 减少 6 d 的变化规律。保护区内植被的垂直分布规律明显, 主要植被类型以常绿、落叶阔叶混交林为主, 具有中亚热带山地的典型植被类型特征, 保存着比较完整的天然及次生林资源, 是许多古老植物种属的“避难所”。

通过样地调查与分析, 发现五道峡保护区锐齿槲栎林主要分布在海拔 1 400~1 700 m 范围内。分别于海拔 1 430 m (S_1)、1 680 m (S_2) 和 1 690 m (S_3) 处共设置 3 个样地, 样地概况如表 1 所示。

2 研究方法

2.1 样方设置与调查

在五道峡国家级自然保护区锐齿槲栎分布集中地带设置 3 个 20 m×20 m 样地, 通过植物社会学^[8]的方法和结合典型样方设置方法, 每一个样地由 4 个

表 1 五道峡自然保护区锐齿槲栎样地概况

Tab. 1 Overview of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* plots in Wudaoxia Nature Reserve

样地号	海拔/m	经度	纬度	坡度/(°)	坡位	坡向
S_1	1430	111°16′39.36″E	31°41′1.06″N	15	台地	东南 15°
S_2	1480	111°7′51.45″E	31°43′13.62″N	10	台地	东南 10°
S_3	1490	111°7′49.61″E	31°43′13.7″N	35	斜坡, 中坡	东北 30°

10 m × 10 m 乔木样方(T),样地对角线位置的 2 个 10 m × 10 m 的灌木样方(S),4 个角及中心位置的 5 个 1 m × 1 m 草本样方(H)组成,共计 12 个乔木样方、6 个灌木样方和 15 个草本样方(图 1)。记录样方内出现的所有物种,以及建群种锐齿槲栎的数量、胸径、树高等数据;同时记录主要环境因子,包括经纬度、海拔、坡度、坡向、坡位等。

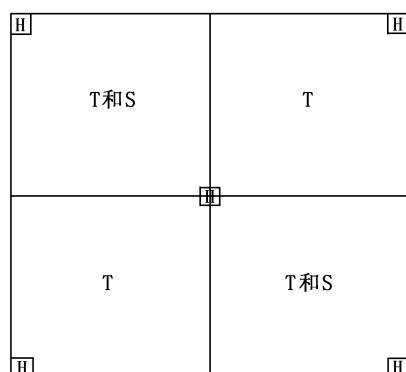


图 1 样方设置

Fig. 1 Sampling plots setting

2.2 数据处理

2.2.1 种群年龄结构及数量变化动态

种群的实际年龄相对胸径较难获取,本研究采用胸径级代替年龄级的方法。根据锐齿槲栎生活特征和野外调查数据特点,将锐齿槲栎种群以 5 cm 为步长划分为 9 个大小级,即第 I 级为 0~5 cm,第 II 级为 5.1~10 cm,以此类推。(I 级:幼龄,II~III 级:低龄,IV~V 级:中龄,VI~VII 级:高龄,VIII~IX 级:老龄)统计每个龄级锐齿槲栎个体数,以及各龄级分布状况。

种群的数量变化动态分析使用陈晓德^[9]的方法,根据胸径结构和数量动态指数,计算锐齿槲栎种群总体数量动态变化指数 V_{pi} (不考虑外部干扰)和 V'_{pi} (考虑随机干扰)以及随机干扰风险极大值 P (即种群结构对随机干扰的敏感性指数),进行种群结构及动态分析。

2.2.2 Raunkiaer 生活型系统及生活型谱分析

根据野外调查数据,统计样地中出现的全部植物种类,记录整体群落植物名录,根据 Raunkiaer 生活型^[10]分类系统确定每种植物的生活型,求得每类生活型物种在全部物种数中的占比,编写各样地植物生活型谱。某一生活型物种的百分率(P)具体计算公式为:

$$P = n_1 / N \times 100\% \quad (1)$$

式中: n_1 表示该区本生活型的植物种数; N 表示该区全部植物的种数。

2.2.3 锐齿槲栎胸径与树高相关模型研究

树高和胸径是进行植物群落调查时两个重要的指标,树高和胸径也是林分的重要因子^[11]。锐齿槲栎在保护区分布范围较广,数量也较多,胸径测量较易,但树高测量难度较大,且费时耗力。根据实地调查所得到的胸径、树高数据,选取 9 种常见的回归模型分析锐齿槲栎胸径与树高间的关系,找到最适合锐齿槲栎胸径—树高的生长模型,为探究五道峡国家级自然保护区锐齿槲栎生长规律提供依据。

3 研究结果

3.1 群落物种组成

在五道峡自然保护区锐齿槲栎林样地中共记录植物物种 126 种,隶属于 48 科、85 属,其中乔木 21 种、灌木 47 种、草本 58 种。保护区内锐齿槲栎多分布在山脊或缓坡的中上部,群落结构较简单,乔木层除锐齿槲栎外主要伴生种还有枹栎 (*Quercus serrata*)、四照花 (*Cornus kousa* subsp. *chinensis*)、青榨槭 (*Acer davidii*)、尾叶樱桃 (*Cerasus dielsiana*)、鹅耳枥 (*Carpinus turczaninowii*) 等。灌木层主要物种有山胡椒 (*Lindera glauca*)、二翅六道木 (*Abelia macrotera*)、西南卫矛 (*Euonymus hamiltonianus*) 等。草本层盖度不大,但种类相对较多,主要物种有紫萼 (*Hosta ventricosa*)、单生莓 (*Rubus simplex*)、浅圆齿堇菜 (*Viola davidii*)、黑花紫菊 (*Notoseris melanantha*)、六叶葎 (*Galium hoffmeisteri*)、苔草 (*Carex* sp.)、中日金星蕨 (*Parathelypteris nipponica*) 等。

3.2 年龄结构

种群年龄结构在一定程度上反映出种群发展动态及趋势,其分布变化体现了种群与生存环境之间的密切关系以及种群自我更新生长的能力。在森林群落研究中,树木的年龄与胸径成正比^[12]。采用径级结构代替年龄结构,用径级结构比例(%)指标表示不同龄级所占比例。根据划分的径级,统计样地中锐齿槲栎各个径级个体数,见表 2。

通过对锐齿槲栎几个代表样地各层分析发现,锐齿槲栎林中 I、II 级苗木数量少,III、IV、V 级苗木数量多。苗木多为实生苗,根据典型锐齿槲栎样地统计结果(表 2)表明,锐齿槲栎种群处于 I 级的个体有 1 株,II 级有 1 株,III 级有 15 株,IV 级有 30 株,V 级有 19 株,VI 级有 11 株,VII 级有 8 株,VIII 级有 4 株,IX 级有 2 株。经统计得出,种群中低龄级个体数

表 2 锐齿槲栎代表样地径级结构分析

Tab. 2 Analysis of the diameter class structure of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* representative plots

项目	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	VI 级	VII 级	VIII 级	IX 级
胸径/cm	≤5.0	5.1~10.0	10.1~15.0	15.1~20.0	20.1~25.0	25.1~30.0	30.1~35.0	35.1~40.0	≥40.1
总株数/株	1	1	15	30	19	11	8	4	2

很充足,样地中锐齿槲栎种群个体主要集中在Ⅲ~Ⅵ龄级,占比可达 82.42%,但幼龄个体数占比较小,锐齿槲栎种群 I 和 II 龄级仅占总数的 2.2%,表明锐齿槲栎种群的幼龄个体数量不足。种群个体数从Ⅶ龄级后逐渐减少,高老龄个体数也逐渐减少,总体呈下降趋势。

3.3 锐齿槲栎种群动态指数分析

种群是构成群落的基本单位,其结构不仅能直接影响群落结构,而且能客观地体现群落的发展趋势,反映种群与环境间的相互关系,对阐明种群生态特性、更新对策乃至群落的形成及其稳定性等都具有重要意义^[13-14]。

为了对锐齿槲栎种群结构特征进行更准确的评价,采用种群数量动态量化指数($V_i\%$)方法分析锐齿槲栎种群各个龄级的结构动态变化。分析结果显示,锐齿槲栎种群在 V_1 龄级中呈现出稳定的结构,种群动态量化指数 V_1 等于 0, V_2 为 -47%, V_3 为 -0.5%,均小于 0,说明种群在Ⅱ~Ⅲ龄级表现出衰退的结构动态关系, $V_4 \sim V_9$ 分别为 36.7%、26.67%、10%、13%、7%、7%,均大于 0,种群在此龄级中表现出增长的结构动态关系。总体来看,种群呈现“稳定、衰退、增长”的动态变化。进一步计算锐齿槲栎种群总体数量动态变化指数,结果显示,锐齿槲栎种群 $V_{pi}(16.14\%) > V'_{pi}(1.93\%) > 0$,这说明锐齿槲栎种群属于增长型种群,而随机干扰风险极大值 $P_{极大} = 0.11$,表明锐齿槲栎种群对外界随机干扰均具有较高的敏感性。

3.4 Raunkiaer 系统生活型及生活型谱分析

依据 Raunkiaer 生活型系统,调查研究区样地内共有高位芽植物 96 种,占比高达 76.38%,在样地中占绝对主导地位;地上芽植物 16 种,占比 12.61%,占比仅次于高位芽植物所占比率,位于第二;地面芽植物 9 种,占比 7.1%,一年生植物 5 种,占比 4.0%,调查样地中未统计到隐芽植物(表 3,表 4 和图 2)。由此可见,本保护区锐齿槲栎群落中种子植物以高位芽植物占优势,充分反映本区属于夏季高温多雨、冬季温和干燥的湿热多湿型气候^[13-14]。

表 3 锐齿槲栎林植物生活型(株数)

Tab. 3 Plant life forms of *Quercus aliena* var. *acutiserrata* forest in Wudaoxia Nature Reserve 株

样地 编号	物种 总数	高位芽 植物	地上芽 植物	地面芽 植物	隐芽 植物	一年生 植物
S1	53	34	9	6	0	4
S2	59	49	5	4	0	1
S3	60	52	4	3	0	1

表 4 锐齿槲栎林不同海拔高度植物生活型谱

Tab. 4 Plant life form spectrum at different altitudes in *Quercus aliena* var. *acutiserrata* forest

海拔 /m	占比/%				
	高位芽 植物	地上芽 植物	地面芽 植物	隐芽 植物	一年生 植物
1430	64.15	16.98	11.32	0	7.55
1680	83.05	8.47	6.78	0	1.69
1690	86.67	6.67	5.00	0	1.67

由表 3、表 4 可以看出,各海拔段植物生活型谱均以高位芽植物和地上芽植物为主,高位芽植物占绝对优势,其次是地上芽植物,一年生植物在 3 个海拔高度均有,但占比不大。不同海拔高度,种群生活型谱存在差异,即随着海拔升高,群落中高位芽植物虽仍占主导地位,但占比有所变化,随着海拔升高逐渐增加,峰值出现在海拔 1490 m 处;地上芽植物占比呈现随海拔升高逐渐减少趋势;地面芽植物和地上芽植物占比变化趋势相同,均表现出随海拔升高而减小;一年生植物在海拔 1430 m 出现最多,占比随海拔升高而减小。从图 2 可以看出,3 个样地锐齿槲栎群落 Raunkiaer 生活型谱大致呈“L”型分布。

3.5 锐齿槲栎胸径—树高生长模型研究

通过做胸径—树高关系的散点图观察其分布及变化趋势,再进行树高—胸径模型拟合,使用 SPSS 软件进行回归分析,锐齿槲栎胸径和树高关系的相关曲线和方程见图 3,表 5。

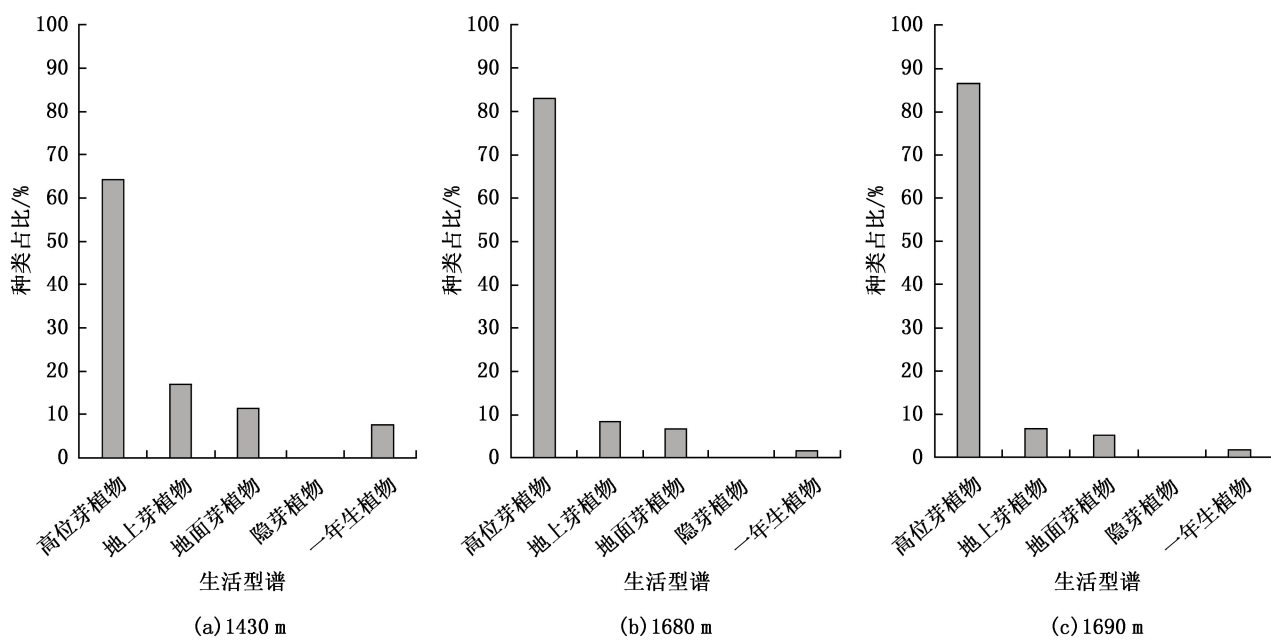


图 2 不同海拔高度样地 Raunkiaer 生活型谱

Fig. 2 Raunkiaer life form spectrum of the sample plots at different altitudes

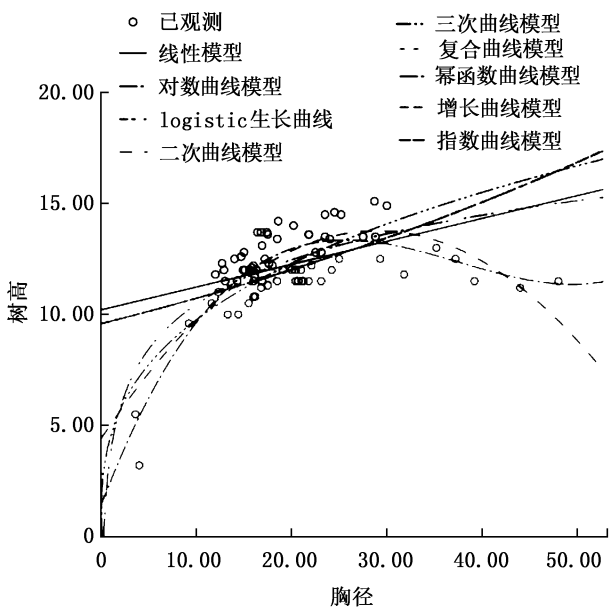


图 3 锐齿槲栎胸径—树高相关曲线

Fig. 3 Correlation curve diagram of DBH–height of *Quercus aliena* var. *acutiserrata*

由表 5 可以看出,8 种曲线模型 P 值 ($P=0<0.05$) 均达到显著相关,说明锐齿槲栎胸径—树高相关性极好,其中,三次函数模型的决定系数 $R^2=0.391$,函数模型表达式: $y=1.126x-0.033x^2+0.0003x^3+1.398$,在 8 种曲线模型中达到最大值,拟合效果最佳,认为是拟合锐齿槲栎胸径—树高的最佳模型。

表 5 锐齿槲栎胸径—树高 8 种曲线拟合结果

Tab. 5 Fitting results of eight curves of DBH–height of *Quercus aliena* var. *acutiserrata*

模型	回归方程	决定系数 R^2	F 值	P 值
线性模型	$y = a + bx$	0.118	12.030	0.00
对数曲线模型	$y = a + b\ln(x)$	0.265	32.520	0.00
二次曲线模型	$y = ax^2 + bx + c$	0.362	25.270	0.00
三次曲线模型	$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$	0.391	18.800	0.00
幂函数曲线模型	$y = ax^b$	0.331	44.510	0.00
增长曲线模型	$z = \exp(a + bx)$	0.134	0.134	0.00
指数曲线模型	$y = a\exp(bx)$	0.125	0.125	0.00
logistic 生长曲线	$y = a / (1 + \exp(-cx))$	0.125	0.125	0.00

对选取的三次函数模型进行 T 检验,将拟进行检验的胸径值带入求得树高预测值,结果表明,锐齿槲栎树高实测值与三次函数模型预测值无显著差异。 ($P=0.341>0.05$),进一步说明三次函数模型可以很好的拟合胸径—树高的关系。

4 结论与讨论

锐齿槲栎林是五道峡国家级自然保护区内典型的落叶阔叶林植被,主要分布于海拔 1 400~1 700 m 的山脊或缓坡的中上部。群落盖度大,锐齿槲栎处于群落的最高层,林下灌木层和草本层较简单。在

五道峡自然保护区所调查的锐齿槲栎样地中,共统计到植物物种 126 种,与张娥等^[15]在崩尖子自然保护区锐齿槲栎林统计到的 75 种物种乔木层种类相当,灌木和草本层较崩尖子自然保护区种类更多,植物科和属组成更丰富。锐齿槲栎种群各龄级中,Ⅰ、Ⅱ级苗木数量少,Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级苗木数量多。经统计得出,样地中锐齿槲栎种群个体主要集中在Ⅲ~Ⅵ龄级,占比高达 82.42%,Ⅰ和Ⅱ龄级仅占总数的 2.2%,说明种群中低龄级个体数很充足,幼龄个体数占比较少。这与太白山锐齿槲栎林更新结果相似^[7]。总体来看,随着径级的增大,个体数逐渐减小,分析原因可能是:小径级的个体通常在群落中表现为幼树或乔木层下的灌木树种,个体较小,而原始森林群落中,郁闭度较大且其他环境因子较均一,这就导致个体较小的幼树能接受到的光照、营养等都处在弱势地位;个体间也可能存在竞争关系,加之再遇上恶劣的天气或病虫害,植株很难通过强烈的环境筛向下一龄级过渡,此外,野外实际调查发现,确实存在胸径范围在幼龄阶段的个体出现枯木、倒木现象,但不存在龄级缺失的现象,说明五道峡自然保护区锐齿槲栎林属于稳定的种群,且种群数量动态分析表明,种群动态量化指数大于零,更加说明锐齿槲栎种群表现为稳定型种群。

在 3 个样地中高位芽植物占比最高,占绝对主导地位,反映出本区温热多湿型的气候特点;地上芽植物和地面芽植物次之;一年生植物占比最小。本研究调查区域中未统计到隐芽植物,原因可能在于五道峡保护区锐齿槲栎群落生境水热条件较充分,抑制了隐芽植物生长。不同海拔的植物生活型谱有所不同,随着海拔升高,高位芽植物占比逐渐增加,地上芽植物和地面芽植物占比呈现随海拔升高逐渐递减趋势;一年生植物占比虽小,但不存在缺失现象,3 个样地植物生活型谱大致呈现“L”型。

胸径—树高生长模型研究中,8 种曲线模型,无论是哪一种曲线模型,胸径—树高均表现出显著相关($P=0$),说明样地中锐齿槲栎种群胸径—树高相关性极好,而三次函数模型决定系数最大,拟合效果最佳,通过 T 检验,是适合锐齿槲栎胸径—树高生长的最优模型。

总之,本研究中通过对五道峡自然保护区锐齿槲栎林中植物种类组成、种群年龄结构及动态分析、生活型谱及相关生长模型研究,初步揭示了五道峡自然保护区天然锐齿槲栎林群落学特征,对于进一步探究五道峡自然保护区植物群落的保护等问题有重要意义和参考价值。而为更好地保护锐齿槲栎种群,保护区存在大量的锐齿槲栎原生林,有的林地距

离村庄较近,周边村民较多,应该采取一定的防护措施,原地保护,减少对其生境地造成破坏;在原地保护的基础上进行科学管理,适当进行择伐,促进林下幼树更新,使各个龄级始终保持一定的个体数,维持种群稳定。定期开展对样地样方的监测,重点监测锐齿槲栎生长状况、植被演替格局以及人类活动干扰等,下一步需增加样地样方数量,涵盖范围更全面,比较分析更详细。

参考文献:

- [1] 吴中伦. 中国森林[M]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [2] 康永祥,张景群,陈铁山,等. 秦岭天然锐齿槲栎林群落区系研究[J]. 西北植物学报,1999,19(5):32-36.
- [3] 陈志刚,樊大勇,张旺锋,等. 林隙与林下环境对锐齿槲栎和米心水青冈种群更新的影响[J]. 植物生态学报,2005,50(3):254-260.
- [4] 陈志刚. 神农架锐齿槲栎种群更新与区域生物多样性保护对策[D]. 北京:中国科学院研究生院(植物研究所),2004:21-22.
- [5] 全玉琴,王军利,韩振江,等. 秦岭中段锐齿槲栎天然次生林群落的物种多样性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(2):69-78.
- [6] 孙怡洁,李镇江,路阳,等. 宝天曼国家级自然保护区锐齿槲栎林短期动态变化[J]. 河南农业大学学报,2020,54(6):962-969,1008.
- [7] 任学敏,朱雅,陈兆进,等. 太白山锐齿槲栎林乔木更新特征及其影响因子[J]. 林业科学,2019,55(1):11-21.
- [8] 汪正祥,雷耘,FUJIWARA K,等. 亚热带山地亮叶水青冈林的群落分类及物种组成与更新[J]. 生物多样性,2006,14(1):29-40.
- [9] 陈晓德. 植物种群与群落结构动态量化分析方法研究[J]. 生态学报,1998,18(2):214-218.
- [10] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海:华东师范大学出版社,2001:114-116.
- [11] 王小明,李凤日,贾炜玮,等. 帽儿山林场天然次生林阔叶树种树高—胸径模型[J]. 东北林业大学学报,2013,41(12):116-120.
- [12] PENG C,ZHANG L,LIU J,et al. Developing and validating nonlinear height-diameter models for major tree species of Ontario's boreal forests[J]. Northern Journal of Applied Forests,2001,18(3):87-94.
- [13] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海:华东师范大学出版社,2001:114-116.

(下转第 213 页)

不断健全生态补偿政策,建立健全森林、草甸、湿地等的生态补偿机制,提高现行国家级公益林保护、天然林保护和退耕还林补偿标准,完善教育、培训、困难补助等民生生态补偿政策,不断提高社区居民生活水平;健全生态管护公益岗位补助政策,加快落实生态管护公益岗位;研究野生动物保护补偿政策和途径;探索资源储备、上游水生态保护、跨流域补偿、后续产业发展等补偿政策及碳汇交易机制。

参考文献:

- [1] 云南省林业调查规划院大理分院. 云南省香格里拉市森林资源规划设计调查报告[R]. 2016.
- [2] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 森林生态系统服务功能评估规范:GB/T 38582-2020[S]. 北京:中国标准出版社,2020.
- [3] 国家林业局. 森林生态系统服务功能评估规范:LY/T 1721-2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [4] 国家林业局昆明勘察设计院. 香格里拉普达措国家公

园总体规划(2019—2025)[Z]. 2020.

- [5] 西南林业大学. 香格里拉普达措国家公园综合科学考察报告[R]. 2021.
- [6] 赵欣,张杰,钟林东. 黑龙江丰林国家级自然保护区生态系统服务价值评估与分析[J]. 北京林业大学学报, 2021,43(7):100-110.
- [7] 王兵,郑秋红,郭浩. 基于 Shannon-Wiener 指数的中国森林物种多样性保育价值评估方法[J]. 林业科学研究, 2008,21(2):268-274.
- [8] 华朝朗. 怒江州森林生态系统服务功能价值评估[J]. 林业调查规划, 2012,37(6):44-48.
- [9] 云南省林业调查规划院大理分院,怒江傈僳族自治州林业局. 怒江傈僳族自治州森林生态系统服务功能价值评估报告[R]. 2016.
- [10] 云南省地方标准. 国家公园基本条件:DB53/T 298-2009[S]. 昆明:云南省质量技术监督局,2009.

责任编辑:刘平书

(上接第 58 页)

- [14] 张忠华,胡刚,梁士楚,等. 桂林岩溶石山阴香种群的年龄结构[J]. 生态学报, 2007,26(2):159-164.
- [15] 张娥,汪正祥,李泽,等. 崩尖子自然保护区锐齿槲栎林种群结构与生活型谱垂直分布规律研究[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2015,37(5):468-472.
- [16] 谢宗强,陈伟烈,路鹏. 濒危植物银杉的种群统计与年龄结构[J]. 生态学报, 1999,19(4):523-528.
- [17] 张宝财,张华,祝业平,等. 辽宁老秃顶子南坡植物生活型谱及其海拔变化[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 2007,30(4):499-502.
- [18] 毕晓丽,洪伟,吴承祯,等. 武夷山米槎种群生命表分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2001,9(3):243-247.
- [19] 胡刚. 桂林岩溶石山青冈栎群落生态学研究[D]. 桂林:广西师范大学, 2007:56-59.
- [20] 张群芳,彭培. 巴山水青冈天然种群结构及动态分析[J]. 河南农业科学, 2015,44(11):120-123.
- [21] 拓锋,刘贤德,黄冬柳,等. 祁连山大野口流域青海云

杉种群数量动态[J]. 生态学报, 2021,41(17):6871-6882.

- [22] 周阳,乔秀娟,黄汉东,等. 湖北省栲类林群落学特征研究[J]. 植物科学学报, 2020,38(6):773-785.
- [23] 熊斌梅,汪正祥,田凯,等. 七姊妹山自然保护区黄杉林群落学特征[J]. 广西植物, 2017,37(4):434-441.
- [24] 马克平,叶万辉,于顺利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性研究Ⅷ. 群落组成随海拔梯度的变化[J]. 生态学报, 1997,16(6):31-38.
- [25] 贺金生,陈伟烈,江明喜,等. 长江三峡地区退化生态系统植物群落物种多样性特征[J]. 生态学报, 1998,17(4):65-73.
- [26] 岳明,任毅,党高弟,等. 佛坪国家级自然保护区植物群落物种多样性特征[J]. 生物多样性, 1999,6(4):263-269.

责任编辑:陈旭