

巴山水青冈天然种群结构及动态分析

张群芳,彭培好*

(成都理工大学 生态资源与景观研究所,四川 成都 610059)

摘要: 为了分析巴山水青冈天然更新种群的数量特征及其动态,在实地调查的基础上,编制巴山水青冈种群静态生命表,分析其存活曲线、死亡率和消失率曲线,并运用时间序列模型预测种群数量动态。结果表明:巴山水青冈幼龄个体较丰富,中老龄个体较少。考虑外界环境干扰时,种群结构数量变化动态指数 $V'_{pi}=0.03\%$,种群存活曲线趋于 Deevey - II 型。种群死亡率和消失率都表现为生长前期小于生长后期,个体平均期望寿命在第 1 龄级最大。时间序列预测表明,该种群具备一定的恢复能力,但其老龄个体数呈急剧减少趋势,需要加强巴山水青冈林的管理,重点是对现有种群及其生境的保护和维持,减少人为活动的破坏,并采取适当的人工干预措施。

关键词: 巴山水青冈; 种群结构; 静态生命表; 存活曲线; 时间序列预测

中图分类号: S718.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004 - 3268(2015)11 - 0120 - 04

Structure and Dynamic Characteristics of Wild Population of *Fagus pashanica*

ZHANG Qunfang, PENG Peihao*

(Institute of Ecological Resources and Landscape, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: This study was conducted to determine the status, analyze the past population structure and forecast the future population dynamics of *Fagus pashanica* population. Through a field investigation, the population, the life table was established, the survival curve, killing power curve and mortality rate curve were analyzed, and the population dynamics were by a time-sequence model. The results showed that the number of young individuals was larger than that of middle-aged and old individuals. Considering the external enviroment disturbance, $V'_{pi}=0.03\%$, the survival curve trended to Deevey-II type. The killing power curve and the mortality rate curve of population were all showed that the population in early growth stage was smaller than that in later growth stage, the life expectancy of *Fagus pashanica* was highest in age-class one. The time-sequence model predicted that the number of different classes would increase after many years, but the elderly individual number showed a trend of sharp drop. As a result, the crucial factors for the natural regeneration and restoration of *Fagus pashanica* population in research area were the protection of living individuals and their habitat and the revegetation by human.

Key words: *Fagus pashanica*; population structure; static life table; survival curve; time sequence analysis

种群动态是植物种群在环境条件下长期选择和适应的结果,是种群生态学研究的核心内容^[1-2]。种群统计是研究种群数量动态的基本方法,其核心是构建一个按照种群各年龄组排列的存活率和生殖率的一览表,即生命表^[3,4]。通过对种群生命表的

分析,可提供种群年龄结构、数量统计及存活趋势等方面的信息,并能预测未来种群大小和年龄结构^[5]。时间序列分析能有效地预测同龄级种群的波动状态^[6]。因此,这些分析对保护和管理珍稀植物有着重要的作用。

收稿日期:2015 - 04 - 20

基金项目:四川省第二次全国重点保护野生植物资源调查项目(80303 - KZZ031)

作者简介:张群芳(1989 -),女,四川古蔺人,在读硕士研究生,研究方向:植物生理生态。E - mail:991859564@qq.com

* 通讯作者:彭培好(1963 -),男,山东诸城人,教授,博士生导师,主要从事植物生态学研究。E - mail:peihao@163.com

巴山水青冈(*Fagus pashanica*)是我国特有珍稀树种,主要分布于海拔 1 300 ~ 1 900 m 处^[7]。由于其分布范围狭窄,加之不合理地砍伐利用,使得巴山水青冈分布面积和数量都在以惊人的速度减少,所以需要对其进行科学研究和保护。而目前对巴山水青冈的研究主要集中在天然林分结构、分类学地位、遗传多样性和群落物种多样性等方面^[7-13],无种群生态学方面的报道。鉴于此,开展了巴山水青冈种群结构及数量动态方面的研究,以揭示其种群的更新特征及生态对策,为巴山水青冈种质资源的保护和合理利用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于四川省南江县米仓山南麓(32°30' ~ 32°44'N, 106°37' ~ 107°07'E),境内地形复杂,海拔在 370 ~ 2 507 m。属亚热带季风性湿润气候,雨热同季,年均气温为 16.2 °C,年均降水量约 1 200 mm。土壤为山地黄壤和山地黄棕壤,植被为常绿落叶阔叶混交林,乔木层主要组成物种有巴山水青冈(*Fagus pashanica*)、米心水青冈(*Fagus engleriana*)、槲栎(*Quercus aliena*)等。灌木层常见种有箭竹(*Fargesia spathacea*)、莢蒾(*Viburnum erubescens*)等。草本层常见种有贯众(*Cyrtomium fortunei*)、鳞毛蕨(*Dryopteris fuscipes*)等。

1.2 研究方法

1.2.1 调查方法 在研究区选择具有代表性的地段设置 20 m × 20 m 样地 15 个,观测、记录每个样地的生境情况(包括经纬度、海拔、坡度、坡向、盖度、土壤类型及 pH 值)及乔木种名、树高、胸径、冠幅、郁闭度、健康状况、优势种、伴生种及胸径小于 5 cm 的幼苗、幼树的高度和个体数;样地内采用 5 m × 5 m 的相邻格子样方对灌木进行调查,记录其种名、高度、冠幅、优势种及伴生种;采用 1 m × 1 m 相邻格子小样方记录草本种名、高度、盖度、优势种及伴生种;藤本植物按其所在层次进行调查。

1.2.2 年龄结构划分 本研究采用径级代替龄级的方法^[14-15],根据巴山水青冈生活史和野外调查数据特点,将种群划分为 10 个大小级,即第 1 级 0 ~ 4 cm 为幼苗级;第 2 级 4 ~ 10 cm 为幼树级,之后每间隔 10 cm 划为 1 个龄级,统计每个龄级巴山水青冈个体数,编制其静态生命表,进行种群结构及动态分析。

1.2.3 种群年龄结构数量变化动态 巴山水青冈种群的动态特征分析采用陈晓德^[16]的量化方法来

进行,种群结构类型的确定采用 Leak^[17]的划分理论。

1.2.4 种群静态生命表和存活曲线 静态生命表反映的是多个世代重叠的年龄动态过程中的一个特定时间,所以可能会出现死亡率为负的现象,故编制生命表过程中采用江洪^[2]的匀滑技术对原始数据 a_x 进行处理得 a_x^* 。本研究以标准化存活数(l_x)为纵坐标,龄级为横坐标,绘制巴山水青冈种群的存活曲线。种群年龄结构采用一次移动平均法进行模拟和预测^[18]。

2 结果与分析

2.1 种群年龄结构及动态分析

从图 1 可以看出,巴山水青冈种群 1、2 龄级个体数多,占有样本总量的 56.73%;3 ~ 7 龄级占样本总量的 41.81%;而 8 ~ 10 龄级只占样本总量的 1.46%,巴山水青冈幼龄个体比重大,中龄、大龄比例次之,种群的维持有较充足的后备资源。种群变化过程具波动性,第 5 龄级个体数大于第 3、4 龄级,且在第 2 龄级向第 3 龄级转化过程中,种群数量急剧下降,只有不足 1/2 的巴山水青冈个体能进入第 3 级的生长,说明幼龄个体不是连续向成年阶段发育的,由于幼龄个体年龄增长,对光照、空间和上层营养等环境条件的要求增强,环境条件的筛选作用增强,只有少数幼龄个体能进入下一阶段的生长。

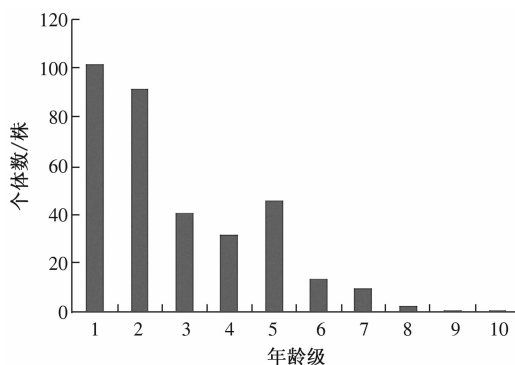


图 1 巴山水青冈种群年龄结构分布

对巴山水青冈种群相邻龄级间个体数量变化动态的分析(表 1)表明,在第 4 龄级种群动态指数 $V_4 < 0$,说明第 4 龄级个体数少于第 5 龄级个体数,呈衰退的结构动态关系; $V_9 = 0$,两相邻龄级间为稳定的结构动态关系。在不考虑外界环境的干扰时,整个种群结构数量变化动态指数 $V_{pi} = 0.31\% > 0$;在考虑受到外部环境干扰时 $V'_{pi} = 0.03\%$,趋近于 0,随机干扰风险极大值 $P = 0.1$,说明巴山水青冈种群结构增长性较低,对外界干扰较为敏感。

表 1 巴山水青冈种群龄级结构的动态变化指数

项目	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_{pi}	V'_{pi}
动态指数/%	9.8	55.43	21.95	-30.43	69.57	28.57	70	66.67	0	0.31	0.03

2.2 种群生命表和存活曲线

从巴山水青冈种群生命表(表 2)中可知, l_x 随着龄级的增加而逐渐减少, e_x 随着龄级增加逐渐降低,且存在波动性。Deevey^[19] 把存活曲线划分成 3 种基本类型:属 I 型的种群大多数能活到该物种的生理年龄,早期死亡率低,到一定生理年龄时,在较短的时间里几乎全部死亡,为凸曲线;属 II 型的种群各年龄死亡率基本相同,为直线;属 III 型的种群早年死亡率高,到某一年龄阶段后,死亡率较低且趋于稳定,为凹曲线。本研究采用 Hett 和 Loucks 使用的

2 种模型^[4]对巴山水青冈种群存活曲线类型进行检验如下:

$$N_x = 2\,713.9e^{-0.492x} (R^2 = 0.947\,9)$$

$$N_x = 2\,802.3x^{-1.814} (R^2 = 0.754\,3)$$

从拟合结果看,指数模型优于幂函数模型,所以巴山水青冈种群存活曲线趋近于 Deevey - II 型(图 2)。其死亡率曲线和消失率曲线变化趋势为种群生长前期小于生长后期,这可能是由于某些环境因素的变化使其生理衰老加速,树体提前衰退而形成较高的死亡率。

表 2 巴山水青冈种群静态生命表

年龄级	径级/cm	a_x	a_x^*	l_x	$\ln l_x$	d_x	q_x	L_x	T_x	e_x	K_x
1	0~4	102	91	1 000	6.908	154	0.154	923	3 302	3.302	0.167
2	4~10	92	77	846	6.741	154	0.182	769	2 379	2.812	0.201
3	10~20	41	63	692	6.540	154	0.222	615	1 610	2.325	0.251
4	20~30	32	49	538	6.289	154	0.286	462	995	1.847	0.336
5	30~40	46	35	385	5.952	253	0.657	258	533	1.386	1.070
6	40~50	14	12	132	4.882	33	0.250	115	275	2.083	0.288
7	50~60	10	9	99	4.594	33	0.333	82	159	1.611	0.405
8	60~70	3	6	66	4.189	33	0.500	49	77	1.167	0.693
9	70~80	1	3	33	3.496	22	0.667	22	27	0.833	1.099
10	80~90	1	1	11	2.397	11	1.000	5	5	0.500	2.397

注: a_x 为各龄级存活个体数; a_x^* 为 a_x 经平滑处理所得; l_x 为标准化存活个体数(一般转化为 1 000); d_x 为标准化死亡数; q_x 为死亡率; L_x 为龄级间存活个体数; T_x 为剩余寿命之和; e_x 为个体的平均期望或生命期望寿命; K_x 为消失率。

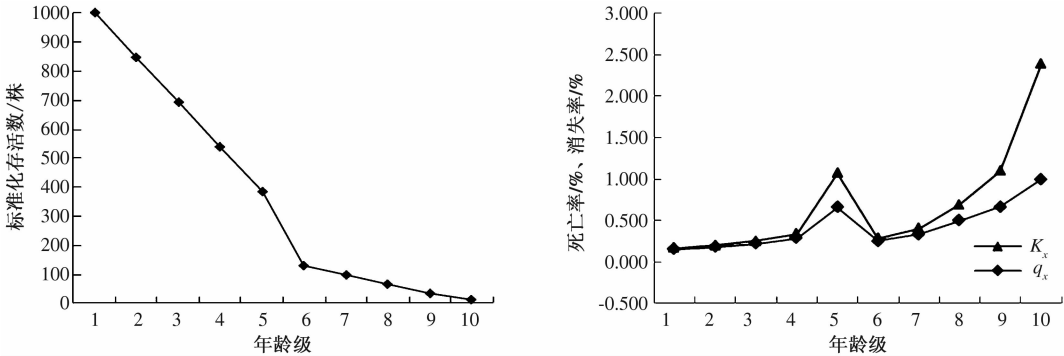


图 2 巴山水青冈群的存活曲线、死亡率和消失率曲线

时间序列分析是研究种群未来年龄结构与发展趋势的有效方法^[20]。由表 3 可知,在 N 个龄级时间后,巴山水青冈种群个体数均呈现增加趋势,说明其幼龄个体较丰富,在一定程度上能补充种群生长所造成的损失,种群自身具有一定的恢复能力。在 8 个龄级时间后,现有的巴山水青冈个体剩余 92 株,剩余率仅有 26.9%,由此可见,现阶段巴山水青冈在研究区生长较为良好,但其老龄个体数在急剧减少,只有加强巴山水青冈林管理,特别是老龄个体的保护管理,才能促进巴山水青冈种群的持续稳定发展。

表 3 巴山水青冈种群动态变化的时间序列预测

年龄级	a_x	$M_2^{(1)}$	$M_4^{(1)}$	$M_6^{(1)}$	$M_8^{(1)}$
1	102				
2	92	97			
3	41	67			
4	32	37	67		
5	46	39	53		
6	14	30	33	55	
7	10	12	26	39	
8	3	7	18	24	43
9	1	2	7	18	30
10	1	1	4	13	19

注: $M_2^{(1)}$ 、 $M_4^{(1)}$ 、 $M_6^{(1)}$ 、 $M_8^{(1)}$ 分别为 2、4、6、8 个龄级时间后种群个体变化情况。

3 结论与讨论

巴山水青冈主要分布于人类活动频繁的米仓山国家森林公园,旅游基础设施建设、民房建设以及土地资源的不合理利用等高强度的人为干扰导致该地区巴山水青冈种群生境破碎,个体数急剧减少;且每年有大量的游客到此地旅游,特别是光雾山红叶节期间,人类活动更为频繁,对巴山水青冈种群的破坏更大。通过研究巴山水青冈天然种群的种群结构及动态可以了解该种群的基本属性,探索该种群的适应性保护和恢复措施。

年龄结构可以反映种群的结构、发展趋势与环境之间的关系。巴山水青冈种群的幼龄个体较多,同时拥有一定数量的大龄级个体,且不存在缺失的现象,所以目前仍属于稳定型种群。虽然巴山水青冈种群结构数量变化动态指数大于 0,但在考虑受到外部环境干扰时指数趋近于 0,进一步证明巴山水青冈种群目前为稳定型种群。时间序列预测也表明,如能保持巴山水青冈分布现状,该物种仍有一定的恢复潜能,但其发展过程仍存在一定的波动性。

生命表是判断植物种群发展趋势的重要指标之一,对其进行分析可以反映种群的现实状况,揭示种群与环境的竞争关系^[14]。巴山水青冈种群存活曲线趋近于 Deevey - II 型,存活数在第 5 龄级锐减,死亡率和消失率出现峰值,这是由于巴山水青冈处于生长旺盛期对空间、光照和养分等环境因素的激烈竞争导致大量个体死亡,所以要加强对该龄级的监测和保护。调查发现,旅游景点内几乎无幼龄个体,灌木草本数也极少;而远离景区的巴山水青冈林郁闭度较高,林内光照条件差,当幼龄个体长到一定程度后,对空间、光照等条件的需求增加,只有因自然或外部干扰等因素使高郁闭度的密林形成林窗时,林下低龄个体才能占领林窗继续生长,这极大地阻碍了巴山水青冈种群的自然更新,形成该物种持续发展的“瓶颈”。

巴山水青冈目前的生态特征和环境条件需要采取适当的保育措施,重点是加强对现有种群及其生境的保护,减少人为活动的干扰破坏,特别是杜绝一切不文明旅游现象和滥砍乱伐的发生;在密林区采取适当的人工干预措施,如疏伐林下过密灌木、草本植物和常见树种来提高林林内的透光率,减少竞争压力,促进幼龄个体的更新,增强种群的天然更新能力,从而保障种群的持续稳定发展。

参考文献:

- [1] 彭少麟. 南亚热带森林群落动态学[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [2] 江洪. 云杉种群生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [3] Menges E S. Population viability analysis for an endangered plant[J]. Conservation Biology, 1990(4): 52-62.
- [4] 周纪伦, 郑师章, 杨持. 植物种群生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992.
- [5] 党海山, 张燕君, 张克荣, 等. 秦岭巴山冷杉 (*Abies fargesii*) 种群结构与动态[J]. 生态学杂志, 2009, 28(8): 1456-1461.
- [6] 何平. 珍稀濒危植物保护生物学[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2005: 140-206.
- [7] 杨钦周. 四川水青冈一新种[J]. 植物分类学报, 1978, 16(4): 100-101.
- [8] 张永田, 黄成就. 壳斗科植物摘录(II) 水青冈属 *Fagus* L. [J]. 植物分类学报, 1988, 26(2): 111-119.
- [9] 李建强, 张敏华. 湖北山毛榉科植物修订[J]. 武汉植物学研究, 1998, 16(3): 241-252.
- [10] 李俊清, 吴刚, 刘雪萍. 四川南江两种水青冈种群遗传多样性初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(1): 42-49.
- [11] 熊莉军, 郭柯, 赵常明, 等. 四川大巴山巴山水青冈群落的物种多样性特征[J]. 生物多样性, 2007, 15(4): 400-407.
- [12] 黎燕琼, 郑绍伟, 龚固堂, 等. 米仓山巴山水青冈群落结构特征及更新状况分析[J]. 四川林业科技, 2014, 35(2): 44-46.
- [13] 胡进耀, 吴庆贵, 杨冬生, 等. 巴山水青冈林生态系统土壤呼吸作用及与温度的关系[J]. 水土保持学报, 2009, 23(2): 244-248.
- [14] Frost I, Rydin H. Spatial pattern and size distribution of the animal-dispersed *Quercus robur* in two spruce-dominated forests[J]. Ecoscience, 2000(7): 38-44.
- [15] Chapman J L, Reiss M J. Ecology: Principles and applications[M]. 2 ed. Cambridge University Press, 1987.
- [16] 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.
- [17] Leak W B. Age distribution in virgin red spruce and northern hardwoods[J]. Ecology, 1975, 56(6): 1451-1454.
- [18] 肖宜安, 何平, 李晓红, 等. 濒危植物长柄双花木自然种群数量动态[J]. 植物生态学报, 2004, 28(2): 252-257.
- [19] Deevey E S. Life tables for natural populations of animals[J]. The Quarterly Review of Biology, 1947, 22(4): 283-314.
- [20] 祖元刚, 张文辉, 阎秀峰, 等. 濒危植物裂叶沙参保护生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 182-224.