

# 安徽大蜀山五角枫种群年龄结构与动态分析

程红梅, 吴旺宝, 田兴军\*

(南京大学 生命科学院, 江苏 南京 210093)

摘要: 五角枫 (*Acer mono*) 落叶阔叶林是江淮丘陵大蜀山重要森林群落之一。为了更好地了解五角枫种群的数量动态, 根据样地调查和数据统计, 对五角枫种群的年龄结构、静态生命表及其与环境因子之间的关系进行了分析。结果表明: 五角枫种群个体数量主要集中在IV (胸径为 15~ 20 cm) 和V龄级 (胸径为 20~ 25 cm) (个体数量比例占 42.86%), 中老龄个体数量多, 幼龄个体数量较少, 种群处于成熟阶段。种群死亡趋势是生长后期高于生长前期, 在VII~ VIII龄级的年龄阶段出现死亡率高, 存活曲线趋于Deevey-I型。引入生命表栏目中的几个函数很好地说明了种群的结构。更新方式为实生苗繁殖, 幼龄期发展不稳定, 量化分析现阶段整体为稳定型种群, 结构增长性很低。

关键词: 五角枫; 种群数量; 结构动态; 大蜀山

中图分类号: S718.54+2 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2010)06-1158-05

## Structure and Dynamics of *Acer mono* Population in Mountain Dashu, Anhui, China

CHENG Hong-mei, WU Wang-bao, TIAN Xing-jun\*

(School of Life Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract** *Acer mono* deciduous broad-leaved forest is one of the main secondary forests in Mountain Dashu in the hill terrain between the Yangtze and Huaihe River. In order to understand the population quantity and structure dynamics of *A. mono* population, the quadrat investigation was conducted on its age structure, life table and fecundity according to the population structure of diameter class. The results showed that most individuals concentrated in the age IV and V class (42.86%) (the age of 15~ 25), indicating that the population was in the growing and maturing stage. The peak of mortality was from VII to VIII diameter class, the survival curve of the population trends to the type of Deevey-I, and the death rate of the population was higher in the later stage than in the former stage. The population was stable in the whole community at the present stage. The functions used in the static life table could well explain the structure and dynamics of *A. mono* population. The regeneration of the population was of seed germination and unstable at young stage.

**Key words** *Acer mono*; population quantity; structure dynamics; Mountain Dashu

受生长环境制约和人为因素的干扰, 植物种群数量不可能是无限增长, 随着年龄增长, 种群数量将逐渐减<sup>[1-2]</sup>。对种群结构和动态量化分析, 研究其出生率、死亡率和生存函数等重要参数, 可提供更多关于种群年龄结构和数量动态方面的信息, 了解物种在特定条件下存活与繁殖的可能性, 反映其与环境

收稿日期: 2010-03-12 修回日期: 2010-06-30

基金项目: 国家林业局 948项目 (2006-4-13)

作者简介: 程红梅 (1979-), 女, 博士生, 主要从事植物生态学和植物多样性方面的研究, E-mail: Chenghm929@126.com

\* 通讯作者: 田兴军, 教授, 博士生导师, E-mail: tianxj@nju.edu.cn

间的相互关系以及在群落中的作用和地位<sup>[3-9]</sup>。关于植物种群数量和动态变化方面的研究较多,也相对比较成熟。

五角枫 (*Acer mono*) 是槭树科、槭树属落叶阔叶乔木, 主要分布于东北、华北及长江流域各省。五角枫树冠广阔、树体高大, 且季相变化明显、适应性强, 是著名的秋色叶树种和优良的园林风景树种。20 世纪 50 年代, 曲仲湘对安徽滁州琅琊山 (118° 18' E, 32° 18' N) 植被研究时指出, 青檀 (*Pteroceltis tatarinowii*)、五角枫和榉树 (*Zelkova schneideriana*) 等种群耐荫性强, 对石灰岩土壤这一特殊环境具有较好适应性, 将发展成琅琊山顶极群落的优势种群<sup>[10]</sup>。大蜀山与琅琊山地理位置较近, 地质上都属于江淮丘陵的一部分。现阶段五角枫已发展成为大蜀山顶极群落的优势种群之一, 也是相对稳定的植被类型和地带性植被。但却缺乏对该区五角枫种群生态学和群落生态学的相关研究。笔者在实地调查的基础上, 利用“空间代时间”的方法编制五角枫种群静态生命表, 对生存函数进行分析, 以期真实反映该种群数量动态, 对了解五角枫种群的演替发展规律以及维持大蜀山森林植被的生态平衡具有重要的现实意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究地大蜀山位于安徽省合肥市, 属于北亚热带湿润季风气候, 年均气温 15~16 °C, 年降水量 900~1 000 mm, 年均蒸发量 1 538 mm, 年均相对湿度 74%~78%, 全年无霜期 230 d, 土壤类型主要为黄棕壤、黄褐土、粗骨土和水稻土。五角枫种群主要分布在海拔 120~160 m 的东坡, 地理位置约 117°10'39"E~117°10'50"E, 31°50'42"E~31°50'65"N, 地形较为陡峭, 坡度 8~21°。植被类型是以五角枫为主的落叶阔叶林, 群落结构明显, 乔木层高 15~17 m, 有五角枫、麻栎 (*Quercus acutissima*)、马尾松 (*Pinus massoniana*) 和乌桕 (*Sapium sebiferum*) 等树种; 灌木层主要有六月雪 (*Serissa serissoides*)、圆菱叶山蚂蝗 (*Desmodium oblongum*)、白檀 (*Symplocos paniculata*) 和扁担杆 (*Gravilla biloba*) 等; 草本层有绵枣儿 (*Scilla scilloides*)、天葵 (*Semioquilegia adoxoides*)、苕麻 (*Boehmeria nivea*)、蛇莓 (*Duchesnea indica*)、心叶堇菜 (*Viola concordifolia*) 和明党参 (*Changium snyderioides*) 等; 层外植物有葛 (*Pueraria lobata*)、络石 (*Trachelospermum jasminoides*)、南蛇藤 (*Celastrus orbiculatus*)、小果蔷薇 (*Rosa cymosa*) 和菝葜 (*Smilax china*) 等。

### 1.2 野外调查方法

以五角枫种群为研究对象, 在大蜀山以五角枫为优势种的代表性地段设置 6 块 20 m × 20 m 的乔木样方。同时在每块乔木样方内设置 2 m × 2 m 灌木层 (含乔木更新层) 小样方 5 个, 1 m × 1 m 的草本层小样方 5 个。对胸径 ≥ 4 cm 的乔木进行每木检尺, 记录树高、胸径、冠幅和株数等基本指标。统计灌木和更新层各物种的数量、基径、高度和盖度等, 以及草本层和层外植物的名称、盖度和高度等, 并记录各样地的生境条件和植被概况。

### 1.3 年龄结构分析

由于缺乏五角枫解析木资料, 只能以径级代替龄级进行分析。依照林木胸径大小进行分级, 每级间隔 5 cm, 即 0~5 cm 为第 1 径级, 5~10 cm 为第 2 径级……, (上限排外)。第 1 径级对应第 I 龄级, 第 2 径级对应第 II 龄级, 以此类推, 统计各个龄级数量, 组成五角枫种群的年龄结构基本数据。以龄级为横坐标, 以各龄级株数为纵坐标绘制种群年龄结构图。采用量化方法<sup>[11]</sup>, 推导出衡量五角枫种群年龄结构的动态指数, 定量描述种群动态。

### 1.4 生命表的编制

特定时间生命表包括如下内容<sup>[13-4]</sup>:  $x$  为单位时间内年龄等级的中值;  $a_x$  为在  $x$  龄级内现有个体数;  $l_x$  为在  $x$  龄级开始时标准化存活个体数 (一般转换为 1 000);  $d_x$  为从  $x$  到  $x+1$  龄级间隔期内标准化死亡数;  $q_x$  为从  $x$  到  $x+1$  龄级间隔期间死亡率;  $L_x$  为从  $x$  到  $x+1$  龄级间隔期间还存活的个体数;  $T_x$  为从  $x$  龄级到超过  $x$  龄级的个体总数;  $e_x$  为进入  $x$  龄级个体的生命期望或平均期望寿命;  $K_x$  为亏损率 (损失度)。以上各项相互关联, 通过实测值  $a_x$  或  $d_x$  求得, 其关系为:  $l_x = a_x / a_0 \times 1\ 000$ ;  $d_x = l_x - l_{x+1}$ ;

$$q_x = d_x / l_x \times 100\%; L_x = (l_x + l_{x+1}) / 2; T_x = \sum_x L_x; e_x = T_x / l_x; K_x = \lg l_x - \lg l_{x+1}$$

为了更好地分析五角枫种群的结构形式, 阐明其生存规律, 引入生存分析中的 4 个函数, 即生存率函数、累积死亡率函数、死亡密度函数和危险率函数, 具体计算方法见参考文献 [ 1, 3- 4]。

## 2 结果与分析

### 2.1 种群径级结构分析

根据对 6 块样地数据统计, 得出五角枫种群年龄结构, 如图 1 所示。从种群结构来看, 各个立木级均有分布, 以 IV 级和 V 级立木数量较多, 二者数量占种群总数的 42.86%。最大年龄为 44.20 a, 0~5 a 的个体数量占总数的 20.95%, 5~10 a 的个体数量仅占总数的 4.76%, 在幼龄阶段个体出现一定程度缺失。在 I~II 龄级出现较大的波动, 尤其 II、II 龄级数量均少于后一龄级。IV 龄级以后, 种群则又趋于稳定。种群以中老龄立木为主, 处于生长成熟阶段, 幼龄阶段发展不稳定, 幼苗幼树数量相对较少。

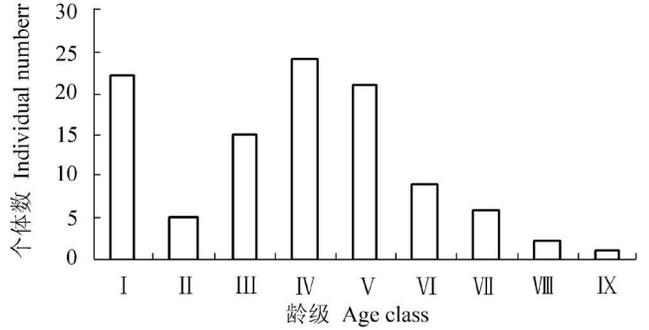


图 1 五角枫种群年龄结构

Fig 1 Age structure of *Acer mono* population

依据量化分析方法, 五角枫种群相邻各级间个体数量变化动态为:  $V_1 = 70.83\%$ ,  $V_2 = -41.67\%$ ,  $V_3 = -37.5\%$ ,  $V_4 = 12.5\%$ ,  $V_5 = 50\%$ ,  $V_6 = 12.5\%$ ,  $V_7 = 16.67\%$ ,  $V_8 = 4.17\%$ , 整个种群年龄结构的动态指数  $V_{p_i} = 22.67\%$ ; 在考虑到种群的外部干扰时,  $V_{p_i} = 2.42\% > 0$  现阶段种群整体较为稳定, 数量动态指数虽为正值, 但数值很小, 种群结构增长性很低。

### 2.2 五角枫种群静态生命表

2.2.1 生命表中的数据处理 结合实际调查资料, 将种群划分为 9 个径级, 每级间隔 5 cm, 统计各个龄级数量, 编制种群静态生命表。因调查的数据不完全满足编表的 3 个假设, 采用匀滑 (smoothout) 技术<sup>[2]</sup>进行数据处理。检查调查数据发现在 I、II、III、IV 龄级的数据发生波动, 据特定时间生命表假设, 认定区段 I~V 龄级, 计算区段存活数累积:  $T = \sum_{i=1}^5 (a_{x_i}) = 87$ , 平均数即组中值为  $\bar{a}_x = \frac{T}{n} = 87/5 = 17.4 \approx 17$ 。另外, 根据区段的最多存活数和最少存活数的差数为:  $24 - 5 = 19$ , 区段的间隔数为 5 可以确定每一相邻年龄组的存活数之间的差数为 3 左右, 经匀滑修正后, 得  $a_x$ 。

2.2.2 生命表的编制 根据调查数据编制五角枫种群静态生命表 (表 1), 可以看出种群在 45 a 范围内的死亡 ( $q_x$ ) 变化趋势: 在幼龄时个体死亡率低, 在 I 龄级的死亡率仅为 0.130 随着个体的生长, 死亡率有逐渐增加的趋势, 死亡率高峰出现在 VII、VIII 龄级, 死亡率分别增大到 0.667 和 0.506 在 VI 龄级表现出最大值。死亡率在 IV 龄级出现一定的波动, 死亡率有一定增加, 随后又下降。种群死亡趋势总体上表现为生长后期高于生长前期。在 IV 龄级死亡率有一定的增加, 此期个体由幼年阶段向成年阶段发育, 处于生理活动旺盛期, 对空间环境资源的要求增大而具有一定的竞争, 个体间的竞争加强。在进入 VI 龄级死亡率再次升高达最大值, 可能与生理衰老有关, 在进入主林层以后, 个体树冠增大, 对光照、养分和空间竞争趋于激烈, 同时树木趋于成熟, 对风害、雪灾等自然灾害以及虫害的抗性降低, 环境筛的选择强度大, 导致种群数量减少。

种群期望寿命 ( $e_x$ ) 在种群发展前期较高, 最高值出现在 II 龄级, 说明五角枫种群从幼年到成年阶段的生存质量较好, 生理活动旺盛, 随着年龄的增加, 种群的生理能力减弱。亏损率 ( $K_x$ ) 和死亡率动态变化趋势基本一致, 幼龄时亏损率低, 随着年龄增长有逐渐增加的趋势。

### 2.3 存活曲线分析

存活曲线和死亡率曲线分别反映各年龄阶段存活率和死亡率的变化状况, 从整体上反映了种群的数量动态变化趋势及结构特征。根据 Deeevey 对存活曲线的划分<sup>[12]</sup>, 五角枫种群的存活曲线趋向于 Deeevey-I 型 (图 2)。种群的前期存活值较高, 中期存活值较为稳定, 后期数量逐渐下降。从死亡曲线来

表 1 五角枫种群静态生命表

Tab 1 Static life table of *A. mono* population

龄级 Age class	径级 / cm DBH class	$A_x$	$a_x$	$l_x$	$\lg(l_x)$	$d_x$	$q_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$	$K_x$
I	0~ 5	22	23	1 000	3 000	130	0.130	935	3 058	3 058	0.061
II	5~ 10	5	20	870	2.939	131	0.151	805	3.023	3.475	0.070
III	10~ 15	15	17	739	2.869	130	0.176	674	2.218	3.001	0.085
IV	15~ 20	24	14	609	2.784	131	0.215	544	1.544	2.535	0.104
V	20~ 25	21	11	478	2.680	87	0.182	435	1.000	2.092	0.087
VI	25~ 30	9	9	391	2.593	130	0.332	326	565	1.445	0.177
VII	30~ 35	6	6	261	2.416	174	0.667	174	239	0.916	0.477
VIII	35~ 40	2	2	87	1.939	44	0.506	65	65	0.747	0.301
IX	40~ 45	1	1	43	1.638						

$A_x$  为种群实际存活数,  $a_x$  为匀滑后种群个体数。  $A_x$  Survival numbers,  $a_x$  Survival numbers after smoothed

看, 死亡趋势是种群生长后期大于生长前期, 中期死亡率最小, 在 VII 龄级死亡数量最大。说明中龄时个体生理活动最为强烈, 而到老龄就趋向成熟后死亡。聚集生长在一起的五角枫个体在向成年阶段的发展过程中, 个体间对环境资源的需求逐渐增大, 植株间竞争加大, 局域内的光照、土壤、养分和空间等因子不能满足其要求, 导致死亡率增高。加上其它因素如林下土层较薄、虫害以及大雪和风害等自然灾害天气都会对成年植株的生存造成一定程度的损失。

五角枫种群存活曲线趋于 Deevey - I 型, 是幼龄级个体数量少, 中大径级个体多的现象, 也与其幼苗缺乏程度密切相关。可见存活曲线在很大程度上与种群天然更新能力及更新层数量密切相关, 同时受到生长环境条件的制约。

### 2.4 种群生存函数分析

五角枫种群生存率函数单调下降, 累积死亡率函数单调上升 (表 2)。种群死亡密度函数曲线呈现较为平缓的特点, 而危险率函数随着龄级的增加有增大的趋势, 在 VIII 龄级出现峰值 (图 3)。径级达 35 cm

表 2 生存分析函数估算值

Tab 2 Estimated values of survival analysis functions

龄级 Age class	生存率函数 $S(t)$ Function of survival rate	累积死亡率函数 $F(t)$ Function of accumulated mortality rate	死亡密度函数 $f(t)$ Function of mortality density	危险率函数 $\lambda(t)$ Function of hazard rate
I	0.870	0.130	0.026	0.030
II	0.739	0.261	0.026	0.035
III	0.609	0.391	0.026	0.043
IV	0.478	0.522	0.017	0.036
V	0.391	0.609	0.026	0.066
VI	0.261	0.739	0.035	0.134
VII	0.087	0.913	0.009	0.103
VIII	0.043	0.957	0.009	0.209
IX	0.000	1.000	0.000	0.000

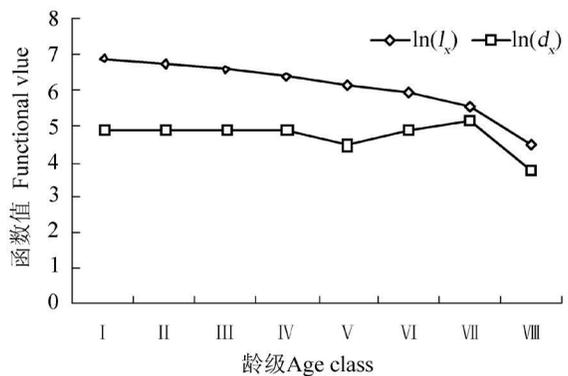


图 2 五角枫种群存活曲线和死亡曲线

Fig 2 Survived curve and mortality curve of *A. mono* population

时, 累计死亡率超过 90%, 生存率小于 5%, 反映出种群在径级达 35~40 cm 呈现明显衰退的特点。五角枫种群存活数在 VI 龄级向 VIII 龄级发展时急剧下降, 此期环境筛选强度大, 只有 8.7% 的个体能够进入 VIII 龄级。后期死亡率高的特性与个体的生物学特性和环境因素有关。

此时, 五角枫发育为成熟个体, 到达生理年龄时种群开始衰退, 个体间对环境资源的需求逐渐增大, 以致与其它种群间对光照、土壤、养分和空间等因子不能满足其要求, 植株间竞争加大, 个体间分化现象严重, 导致死亡率增高。

### 3 结论和讨论

大蜀山五角枫种群个体数量以中大径级较多, 处于中老龄阶段, 种群趋于成熟, 量化分析整体为稳定型种群, 结构增长性很低。五角枫种群数量统计的特定生命表表明, 种群早期死亡率低, 后期死亡率高, 死亡率高峰出现在 VII-VIII 龄级的年龄阶段, 种群存活曲线为 Deeevey-I 型。幼龄个体数量较少, 早期死亡率低, 中期发展阶段较为稳定, 生理活动旺盛, 而在达到一定生理年龄时, 种群开始衰退。幼年时个体之间的竞争不是很激烈, 但是随着树龄的增加, 对生存空间、光照、养分以及与其他树种存在一定的资源和空间竞争。种群生存分析生存率函数单调下降, 累积死亡率函数单调上升。种群死亡密度函数曲线呈现较为平缓的特点, 而危险率函数随着龄级的增加有增大的趋势, 在 VIII 龄级出现峰值。

五角枫种群林下多大型裸露岩石, 土层浅薄、肥力贫瘠, 不利于种子在土壤中的保存以及萌发。五角枫是一种喜阳树种, 而群落郁闭度高, 林内光照条件差, 使林冠下的低龄级个体生长受抑, 导致更新层五角枫幼龄数量很少甚至缺损。在种群发展前期出现较大波动, 尤其 II 龄级数量极为缺乏, 因此, 应在 I、II 龄级过渡阶段加强抚育管理, 促进幼年个体的成长。更新方式为种子繁殖, 由于立地环境坡度较大, 土层薄, 加之人为活动影响强烈, 种子更新具有一定的困难, 现阶段已处于群落演替的近顶极阶段。

五角枫是一种优良的色叶树种, 季相变化明显, 在江淮丘陵地区用于植被恢复和经济用材林树种均有很大的发展空间。对五角枫种群的经营利用应充分考虑其生物学特性, 在自然条件下, 五角枫是通过种子繁殖的, 虽然果实较多, 但五角枫林冠郁闭度高, 只能在林窗和林中空地更新, 这些特点决定了光照、养分资源是有限的, 对林下个体的更新也具有一定的抑制作用。在幼龄期应进行适度的人为干扰, 尤其加强幼龄林的抚育管理, 保持种群的稳定持续发展。

#### 参考文献:

[1] 吴承祯, 洪伟, 吴继林, 等. 珍稀濒危植物长苞铁杉种群生命表分析 [J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 333-336  
 [2] 江洪. 云杉种群生态学研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 1-7.  
 [3] 王凯博, 上官周平. 黄土高原子午岭天然柴柏林种群结构与动态研究 [J]. 西北植物学报, 2006, 26(12): 2553-2559.  
 [4] 陈远征, 马祥庆, 冯丽贞, 等. 濒危植物沉水樟的种群生命表和谱分析 [J]. 生态学报, 2006, 26(12): 4267-4272  
 [5] Sara D, Camen M, Sergio A C. Structure and population dynamics of *Pinus lagunae* M. 2F. Passini [J]. Forest Ecology and Management 2000 134: 249-256  
 [6] 王伯荪, 李鸣光, 彭少麟. 植物种群学 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1995.  
 [7] 彭少麟. 森林群落波动的探讨 [J]. 应用生态学报, 1993, 4(2): 120-125  
 [8] 谢宗强, 陈伟烈, 路鹏, 等. 濒危植物银杉的种群统计及年龄结构分析 [J]. 生态学报, 1991, 19(4): 523-528  
 [9] 张文辉, 许晓波, 周建云, 等. 濒危植物秦岭冷杉种群数量动态 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(10): 1799-1804  
 [10] 曲仲湘, 文振旺. 琅琊山林木现状的分析 [J]. 植物学报, 1953(3): 349-369.  
 [11] 陈晓德. 植物种群与群落结构动态量化分析方法研究 [J]. 1998, 18(2): 214-217.  
 [12] Silvertown JW. 植物种群生态学导论 [M]. 祝宁, 译. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1982: 19-74

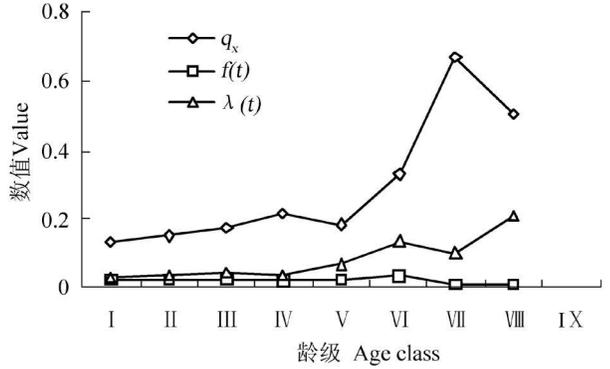


图 3 五角枫种群死亡率、死亡密度函数和危险率函数曲线  
 Fig 3 Functional value of mortality function, mortality density function and hazard rate function of A. mono population