

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2020.10.023

植物种群结构分析及生命表构建的 实验教学设计^①

施军琼, 魏虹

西南大学 生命科学学院, 重庆 400715

摘要: 为了深化对植物种群结构和生命表的认识和理解, 以西南大学第一运动场附近的山(以下简称 AH 山)上的槐树种群作为研究对象, 设计了植物种群结构分析及生命表构建实验. 结果表明: 槐树种群的结构接近正金字塔型, 为增长型种群. 由静态生命表看出该种群幼年个体数量丰富, 成年个体数量相对较少, 种群的期望寿命存在随龄级增加先增加后减小的趋势. 存活曲线趋向于Ⅲ型, 表现为幼年期死亡率较高. 此实验通过调查自然槐树种群并对其进行分析, 培养了学生的科研能力及科技论文写作能力.

关键词: 槐树; 种群结构; 生命表; 实验教学设计

中图分类号: Q145.1, G642

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)10-0152-05

种群动态是种群生态学研究的核心, 主要研究种群数量在时间和空间上的变动规律及其变动原因^[1-2]. 通过对植物种群个体数量和年龄结构的精准调查, 可以分析出种群的结构、绘制生命表和存活曲线, 而生命表是系统记载和分析种群生死动态的一览表, 是研究种群数量动态变化和进行预测预报的有力工具之一^[3-5]. 对种群动态及影响种群数量和分布的生态因素进行研究, 可以为有害生物的科学管理、生物资源的合理利用与规划、濒危生物的保护等方面提供理论指导. 其相关研究也可以反映种群的数量特征、种群与生境的适合度, 同时结合种群存活和死亡状况及其繁育能力, 从而对种群已经受到的干扰和未来的发展趋势做出估计与预测^[6-9]. 通过分析种群结构特征, 可以了解种群的天然更新情况, 从而为保护区内的群落提供一定的理论依据^[10-11].

种群相关实验也是《生态学实验》的重要组成部分, 但是由于受到课时和实验样地的限制, 种群动态分析实验的开展有一定的难度, 通常仅开设种群分布格局、植物种内和种间关系等^[12-14]相关实验. 而西南大学 AH 山上有自然生长的槐树种群, 因地制宜设计了植物种群结构分析及生命表构建的实验, 对深化学生就该知识的认知和理解, 以及在分析的基础上培养学生的科研能力及科技论文写作能力有重要意义.

1 实 验

1.1 主要仪器设备和工具

罗盘、GPS、皮尺、软尺、铅笔、记录表格.

1.2 研究区概况

本实验的样地位于重庆市北碚区西南大学 AH 山上的常绿落叶混交阔叶林区域(29°49′31.84″N, 106°25′38.64″E); 地处亚热带季风气候区, 气候湿润, 雨热同期, 年平均气温为 18.2℃, 年降水量 1 000 mm

① 收稿日期: 2019-11-13

基金项目: 西南大学实验技术研究项目(SYJ2019027); 国家自然科学基金项目(41877410); 中央高校基本业务费专项资金项目(XDJK2019C044).

作者简介: 施军琼(1977—), 女, 博士, 高级实验师, 主要从事生态学的研究.

以上, 年均日照量约为 1 000~1 400 h, 适宜植物生长; 海拔高度约为 261 m; AH 山在东南面与西北面有陡坡, (其中南坡坡度约 40°, 北坡坡度约 20°); 山上槐树个体分布密集, 群落有明显的分层, 树林郁闭度较大. 植物物种丰富, 有复羽叶栎树、黄葛树、桑树、枇杷、构树等乔木, 蒲葵、朴树、杜仲等乔木的幼年个体和女贞等灌木, 棕叶狗尾草、艾草、白花紫露草等草本植物. 本实验采取总数量调查法, 测定并记录样地内 1.3 m 以下槐树的个体数及 1.3 m 以上槐树的胸围^[15]. 采用了大小结构分析法, 以树木径级代替龄级.

1.3 槐树年龄级别的划分

自然生长的槐树个体其准确年龄较难测定, 但在同一环境下, 同一树种的年龄级和胸径往往具有一致性, 因此采用大小结构分析法^[16]来估计树木的年龄, 即依据槐树胸径的大小来划分年龄级, 按照每个年龄级间隔 2 cm 的原则, 第 I 龄级为株高小于 130 cm, 第 II 龄级胸径为 0~2 cm, 第 III 龄级胸径为 2~4 cm……以此类推. 统计各年龄级的植株数, 以此作为种群年龄的基本数据, 绘制槐树种群年龄结构图、编制种群静态生命表并绘制存活曲线.

1.4 静态生命表的编制

静态生命表是编制某一特定时间内调查的种群不同年龄的个体数量, 多用于长寿命的本本植物种群, 可以了解种群的生活状态及可能的发展趋势. 由于槐树种群是自然种群, 利用“空间代替时间”的方法虽然会出现与数学假设不符的现象, 但仍能提供有用的生态学记录^[8]. 对于这种情况, 可以采用匀滑技术对统计数据进行处理, 本实验利用方程拟合法进行匀滑处理^[8,17]. 在调查中发现, 第 V 龄级至第 XII 龄级(分别为 13,15,7,13,14,11,14 株)存在不同程度的异常, 因此以龄级为自变量, 各龄级的植株数为因变量, 可得到拟合方程 $y=293.4 x^{-1.566} (R^2=0.887 1)$.

槐树静态生命表包括 x (龄级), Ax (x 龄级实际个体存活数), ax (匀滑后的个体数), lx (标准化个体存活数, 一般转化为 1 000), dx (从 x 到 $x+1$ 龄级间隔期间标准化死亡个体数), qx (从 x 到 $x+1$ 龄级间隔期间的死亡率), Lx (从 x 到 $x+1$ 时的平均存活个体数), Tx (从 x 龄级到超过 x 龄级的个体总数), ex (进入 x 龄级个体的平均期望寿命). 本文通过野外调查获得实测值 Ax , 然后求得其余参数, 详细编制方法参见谢婷婷等^[8,16-17].

1.5 存活曲线的绘制

存活曲线是借助存活个体数量来描述特定年龄死亡率的曲线, 它是以特定年龄组的个体数量相对时间作图而得到的. 本实验以存活数的对数值为纵坐标, 以年龄为横坐标作图.

2 结果与讨论

2.1 槐树种群龄级结构分析

由图 1 可以看出, AH 山槐树种群龄级呈现基部宽顶部窄的金字塔型. 在本次调查中各个龄级的植株均有存在, 其中第 I 龄级(株高低于 130 cm)个体数量最多, 占 47.84%; 其次是第 II, III 龄级, 分别占 18.56%, 12.32%; 第 IV, VI, IX, XI 龄级分别占 4.00%, 2.40%, 2.24% 和 2.24%, 其余 8 个龄级个体数量较少, 共占总数量的 10.40%. 总体上第 I—III 龄级的幼苗和小树占槐树种群数量的 78.72%, 种群的结构接近正金字塔型, 为增长型种群. 但由于 AH 山郁闭度较高, 光照强度不能满足槐树幼苗和幼树的生长发育, 故龄级 I—II 数量急剧减少, 达 29.28%; III—IV 龄级的个体数减少了 8.32%, V—XV 龄级个体数变化不大, 所占比例范围为 0.32%~2.40%, 存在一定的倒置的现象, 如第 V—IX 龄级的株数分别为 13,15,7,13,14 株.

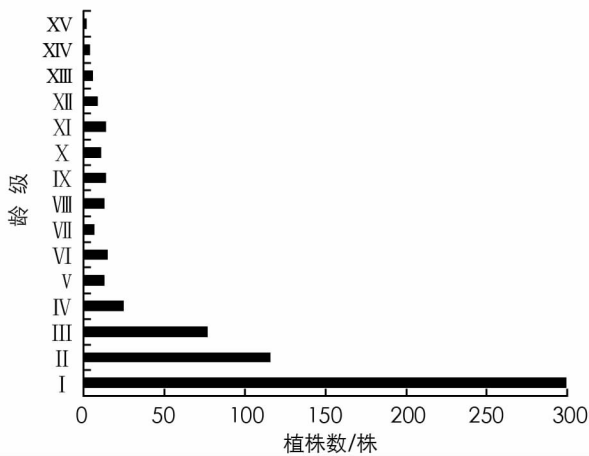


图 1 AH 山槐树种群龄级结构

2.2 槐树种群静态生命表

由 AH 山槐树种群静态生命表(表 1)可以看出,该种群表现为幼年个体数量丰富,成年个体数量相对较少的特征.种群在第 I,II 和 III 龄级出现了个体数量高峰,随后逐渐降低.个体的生命期望值在成年阶段表现出高的生命期望,其中第 VIII 龄级具有最高的期望寿命,而第 I,XIV 及 XV 龄级具有较低的期望寿命.总的来看 AH 山槐树种群的期望寿命存在随龄级增加先增加后减小的趋势.

表 1 AH 山槐树种群静态生命表

龄级	$Ax/\text{株}$	$ax/\text{株}$	$lx/\text{株}$	$dx/\text{株}$	qx	$Lx/\text{株}$	$Tx/\text{株}$	ex	$\ln lx$
I	299	293	1 000	662	0.662	669	1 510	1.510	6.908
II	116	99	338	157	0.465	259	841	2.490	5.823
III	77	53	181	68	0.377	147	582	3.217	5.198
IV	25	33	113	31	0.273	97	435	3.864	4.724
V	13	24	82	20	0.250	72	338	4.125	4.406
VI	15	18	61	14	0.222	55	266	4.333	4.118
VII	7	14	48	10	0.214	43	212	4.429	3.867
VIII	13	11	38	7	0.182	34	169	4.500	3.625
IX	14	9	31	3	0.111	29	135	4.389	3.425
X	11	8	27	3	0.125	26	106	3.875	3.307
XI	14	7	24	3	0.143	22	80	3.357	3.173
XII	9	6	20	3	0.167	19	58	2.833	3.019
XIII	6	5	17	0	0.000	17	39	2.300	2.837
XIV	4	5	17	3	0.200	15	22	1.300	2.837
XV	2	4	14	14	1.000	7	7	0.500	2.614

注: Ax 为实际个体存活数; ax 为匀滑后 x 龄级个体存活数; lx 为标准化个体存活数; dx 为从 x 到 $x+1$ 龄级间隔期间标准化死亡个体数; qx 为 x 到 $x+1$ 龄级间隔期间的死亡率; Lx 为从 x 到 $x+1$ 时的平均存活个体数; Tx 为从 x 龄级到超过 x 龄级的个体总数; ex 为进入 x 龄级个体的平均期望寿命; $\ln lx$ 为 lx 的对数.

2.3 槐树种群存活曲线

存活曲线可以直观地表达种群的存活过程,按照 Deevey 的划分,种群存活曲线可分为 3 种:I 型凸曲线型、II 型直线型和 III 型凹曲线型^[18].本实验以龄级为横坐标,标准化存活数的对数 $\ln lx$ 为纵坐标绘制 AH 山槐树种群的存活曲线(图 2).可以看出,AH 山槐树种群的存活曲线趋向于 III 型,表现为幼年期死亡率较高,曲线斜率较大,环境筛的选择强度大,仅有 4.8% 的槐树穿过此筛进入 VII 龄级;VII 龄以上的个体数量趋于稳定,存活率相对较高.

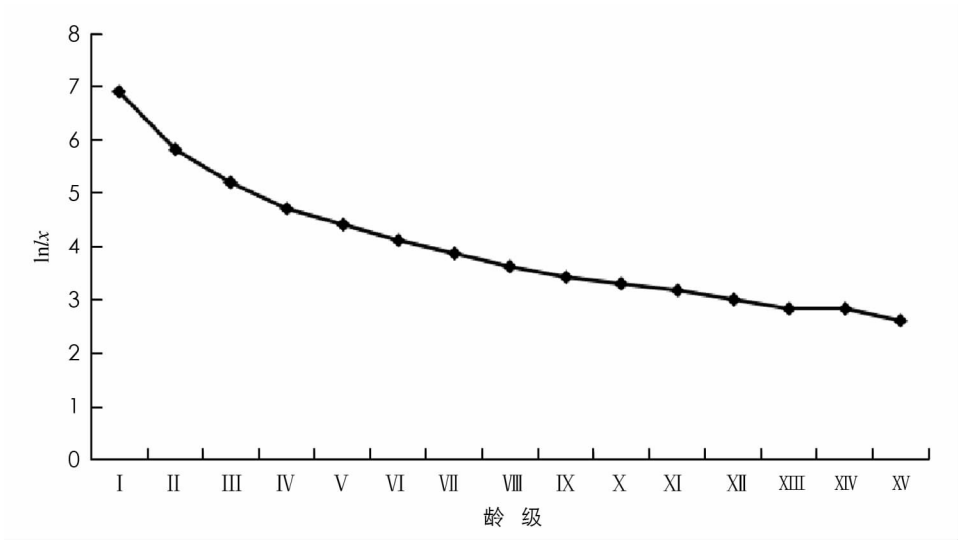


图 2 AH 山槐树种群存活曲线

2.4 实验教学内容的实施

首先, 根据生态学实验课的特点, 教师在完成预实验及数据分析的基础上, 对植物种群结构分析及生命表构建的实验流程进行合理规划。

其次, 提前 1~2 周告知学生本次实验要求, 根据“种群的动态”章节中所学的内容, 以校园内 AH 山的槐树为例, 通过对该种群进行野外调查和室内分析, 设计种群结构分析及生命表构建实验。与此同时, 向学生推荐并讲解 1~2 篇与综合实验相关的论文范文以及查找资料的刊物名称, 指导学生查阅文献; 同时要求学生阅读科技写作的书籍和文章, 并介绍一些科技写作知识和实验课程论文写作要求。

第三, 学生根据实验内容、理论知识及相关文献, 通过主动学习和思考, 对该实验的意义、步骤和测量指标进行组内讨论, 最终达成共识, 形成小组的实验初案。实验初案再通过与指导教师的沟通, 制定出可行性强的具体实施方案并严格按实验方案执行。

最后, 完成野外调查数据后, 要求学生独立对数据进行分析, 并从命题题目、写作规范和写作技巧等方面对学生科研论文的写作进行指导和要求, 让学生顺利完成实验教学内容, 并完成论文规范写作作为本次实验成绩的依据。

3 结 论

本实验以西南大学 AH 山的槐树种群为研究对象, 利用总数量调查法和“空间代替时间”的方法进行槐树种群结构分析及生命表的构建。槐树种群的结构接近正金字塔型, 为增长型种群; 由于存在部分倒置现象, 可利用方程拟合数据进行静态生命表绘制, 期望寿命存在随龄级增加先增加后减小的趋势; 存活曲线趋向于Ⅲ型, 幼年期死亡率较高。该实验设计不仅从理论和实践上掌握了种群动态的相关内容, 而且有效加强了学生实验设计、数据统计分析及科研论文的查阅和撰写能力。

参考文献:

- [1] 牛翠娟, 娄安如, 孙儒泳, 等. 基础生态学 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [2] 杨 持. 生态学 [M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2014: 32-43.
- [3] 谢宗强, 胡 东. 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.
- [4] 张志祥, 刘 鹏, 蔡妙珍, 等. 九龙山珍稀濒危植物南方铁杉种群数量动态 [J]. 植物生态学报, 2008, 32(5): 1146-1156.
- [5] 李俊清. 森林生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 186-192.
- [6] 祖元刚, 张文辉, 阎秀峰. 濒危植物裂叶沙参保护生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [7] 吴俊侠, 张希明, 邓潮州, 等. 塔里木河下游胡杨种群特征与动态分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(8): 164-169.
- [8] 解婷婷, 苏培玺, 周紫鹃, 等. 荒漠绿洲过渡带沙拐枣种群结构及动态特征 [J]. 生态学报, 2014, 34(15): 4272-4279.
- [9] 刘忠权, 董合干, 梁巧玲, 等. 孑遗植物新疆野苹果种群生命表与生存分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(10): 98-103.
- [10] 陈 龙, 安明态, 王加国, 等. 宽阔水保护区白辛树群落物种组成及种群结构分析 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019, 44(3): 55-61.
- [11] 徐德静, 郭能彬, 王鹏鹏, 等. 习水自然保护区桫欏种群结构与分布格局研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(11): 93-98.
- [12] 徐 驰, 刘茂松, 杨雪姣, 等. 生态学野外实习的多样化教学模式探讨 [J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(05): 167-170.
- [13] 马 明, 杜红霞, 王定勇. 生态学教学改革方式探讨 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2014, 39(3): 219-224.
- [14] 李天星. 实验项目设计及创新型人才培养——以生态学实验项目为例 [J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(10): 107-109.
- [15] 周卓玲, 裴会明, 沙 红, 等. 小陇山林区珍稀濒危植物庙台槭种群结构分析 [J]. 温带林业研究, 2019, 2(2): 18-24.

[16] 王青青, 陆亦农, 于瑞德. 准噶尔盆地西南缘艾比湖桦种群年龄结构及动态 [J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(3): 192-197.

[17] 刘建泉, 杨建红. 祁连圆柏种群结构和生活史分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(7): 140-144.

[18] 江 洪. 云杉种群生态学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 11-12.

Experimental Teaching Design of Structure Analysis and Life Table Construction in Plant Population

SHI Jun-qiong, WEI Hong

School of Life Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In order to understand the dynamics characteristic of plant population, an experiment has been designed to analyze the population dynamic characteristics of *Robinia pseudoacacia* L. Age class structure, static life table and survival of a natural population, *R. pseudoacacia* have been surveyed in AH hill of southwest university. The results show that the age structure of the *R. pseudoacacia* population is a pyramid model which is a growing population. The number of young individuals is abundant, while the number of adult individuals is relatively small. Moreover, the life expectancy of population has been showed a trendy with increases first and then decreases with the increase of age class from the stationary life table. The survival curve tends to type III, which indicates a high mortality rate in early childhood. By investigating and analyzing the population of *R. pseudoacacia*, this experiment has cultivated the students' ability of scientific research and writing scientific papers.

Key words: *Robinia pseudoacacia* L; population structure; life table; experimental teaching design

责任编辑 周仁惠