

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.01.001

濒危植物油杉种群生命表与生存分析

刘信朝

(福州市长乐区林业局,福建 福州 350200)

摘要:通过调查福州市长乐区珍稀植物油杉(*Keteleeria fortunei*(Murr.)Carr)种群,探讨其种群生命表和生存曲线,研究油杉种群数量动态变化。结果表明:长乐市油杉种群中树个体数最多,大树其次,幼树最少。油杉种群存活曲线为凹型曲线,属Deevey III型,表现为衰退型种群。油杉种群的个体死亡率和种群消失率曲线变化趋势相似,表现为油杉种群早期死亡率较高,生长到VI龄级时,其种群死亡率呈现逐步下降趋势。油杉种群生存函数曲线表现出该种群前期数量锐减、中期种群稳定和后期种群出现衰退的特征。

关键词:油杉;生命表;生存分析;珍稀植物

中图分类号:S718.5,Q948

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2019)01-0001-04

Life Table and Survival Analysis of an Endangered *Keteleeria fortunei* Population

LIU Xin-chao

(The Forestry Bureau of Changle District, Fuzhou City, Fuzhou 350200, China)

Abstract:Based on the field survey of *Keteleeria fortunei* population, a rare and valuable plant species in Changle District, Fuzhou City, the life table and survival analysis of this population were explored to study the dynamic population variation. The results showed that medium trees formed the largest *K. fortunei* population, followed by the large trees, while the small trees formed the smallest population in Changle City. Meanwhile, the population survival curve was a concave one, which tended to Deevey type III, representing as a decline population. The trend of mortality rate and risk rate in *K. fortunei* population was basically similar. The early mortality rate of *K. fortunei* population was high, while the population mortality rate was relatively low at the age of VI. The population survival curve showed that the *K. fortunei* population decreased rapidly in early age period, stable in middle age period, and declined in old age period.

Key words: *Keteleeria fortunei*, Life table, Survival analysis, Rare and valuable plant

植物种群数量动态发展是植物种群自身对其生境中的非生物环境和生物综合作用的结果,种群数量统计与分析是研究种群数量特征及未来发展动态的重要内容^[1]。其中,编制种群生命表及其对其生存曲线分析是研究某一种群动态变化的核心内容^[2-3]。通过生命表编制,可以从中获取种群的不同龄级出生率、死亡率与存活率等重要参数,为种群

数量统计提供大量信息^[4]。研究植物种群结构、生命表以及存活曲线不仅可客观反映种群生存状况和未来发展动态,并可阐述植物与环境的相互作用关系,对濒危种质资源保育和利用具有重要意义^[5-6]。

油杉(*Keteleeria fortunei*(Murr.)Carr),为松科油杉属常绿乔木,适宜干旱环境,土壤适应性广,酸性红壤或者黄壤中生长较好^[7]。油杉树干端直,木

收稿日期:2018-08-15

基金项目:福建省林业厅项目“长乐市全国重点保护野生植物资源县域调查研究”(〔2014〕19号);福州市林业局项目“长乐市林木种质资源普查”(〔2017〕100号)

作者简介:刘信朝(1978-),男,本科,工程师,从事森林资源经营管理研究;e-mail:1254099956@qq.com。

材黄褐色,具有耐水湿、抗腐性强等多种特点,为建筑、桥梁与家具等珍贵用材树种;其树形优雅美观,具有较高观赏价值,也是优良的园林绿化树种^[8]。油杉是我国特有的古老孑遗树种,但由于自然环境、自身生物学特性以及人为砍伐等因素,导致油杉天然种群已十分稀少。目前,油杉零散分布于福建东南部区域,成片森林极少,多零散分布于阔叶林中。21世纪以来,针对油杉的研究主要集中在生理生化^[9]、物种分布^[10]和人工林生态系统^[11]等方面,而有关油杉种群结构、数量动态及相关濒危机制的研究尚不多见。为此,通过探讨长乐区油杉种群生命表、存活曲线与生存分析,揭示油杉种群结构现状和生存状况,以期阐明油杉种群的濒危机制与动态发展趋势,从而为油杉资源的合理保护与利用提供依据。

1 研究区概况

福州市长乐区(25°40'~26°04'N, 119°24'~119°59'E)地处闽江南岸,总面积658 km²,属低山丘陵区,位中亚热带海洋性季风气候区,水热条件优异,暖和湿润,年平均气温19.3℃,无霜期333 d,降水量1382.3 mm。土壤以红壤为主,腐殖质较丰富。主要植物群落类型有台湾相思(*Acacia confusa* Merr.)群落、台湾相思-木麻黄(*Casuarina equisetifolia* Forst.)群落、高山榕(*Ficus altissima*)群落等,油杉因人为破坏严重,散生于各阔叶林中。长乐市以台湾相思、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、油杉等为主要优势乔木树种,主要伴生种有:豺皮樟(*Litsea rotundifolia* Hemsl. var. *oblongifolia* (Nees) Allen)、龙眼(*Dimocarpus longan* Lour.)与山杜英(*Elaeocarpus sylvestris* (Lour.) Poir.)等。

2 研究方法

2.1 样地调查与龄级划分

根据2015年—2016年对福州市长乐区油杉种群进行踏查和濒危植物群落调查,选取26个典型20 m×20 m样地进行调查,记录样地位置、地形和土壤等生态因子,并测定样地内所有油杉的树高、胸径与冠幅等。

采用空间代时间^[12]将油杉胸径按从小到大顺序排列,根据油杉种群胸径大小将其种群划分为10个径级,第I径级为0~10 cm,第II径级为10 cm~

20 cm,之后每10 cm划分为一个径级(只取下限不取上限),直到第IX径级为大于80 cm,并将树木径级由小到大的顺序来代替树木龄级,即第I径级是第I龄级,第II径级为第II龄级,直到第IX龄级。统计各龄级油杉个体数,根据油杉生长动态,将I龄级定义为幼树,II、III龄级定义为中树,IV-IX龄级定义为大树,进而编制种群静态生命表,分析种群数量动态。

2.2 生命表编制与生存分析

静态生命表是一个特定时间过程的动态变化,反映多个世代重叠的年龄^[13]。由于野外样方调查中取样存在一定系统误差,在生命表编制中可能出现死亡率小于0的情况,为避免与实际情况不一致,本研究依据匀滑技术^[14]对初始个体数进行处理,从而得到修正后该龄级种群个体数,根据修正值编制油杉种群生命表,分析油杉种群的动态变化过程,计算方法见文献^[2]。为深入探讨油杉生存规律,采用生存分析函数进一步研究种群生存力, $S_{(t)}$ —随龄级增加而出现生存率变化的函数, $F_{(t)}$ —随龄级增加而出现积累死亡率变化的函数, $f_{(n)}$ —随龄级增加而出现死亡密度变化的函数, $\lambda_{(n)}$ —随龄级增加而出现危险率变化的函数,计算方法见文献^[2]。

3 结果与分析

3.1 油杉种群的龄级结构

长乐珍稀油杉种群年龄结构见图1,共调查到油杉346株,中树个体数(III、IV和V龄级)最多,有233株,占总体的67.3%;大树其次,有87株,占总体的25.2%;幼树有26株,占总体的7.5%。从龄级来看,I龄级、IX龄级和X龄级个体数较少,III龄级油杉数量最多,为78株。整体上,油杉在各径阶均有分布,随径阶增大,油杉个体数呈先增加后减少的趋势。

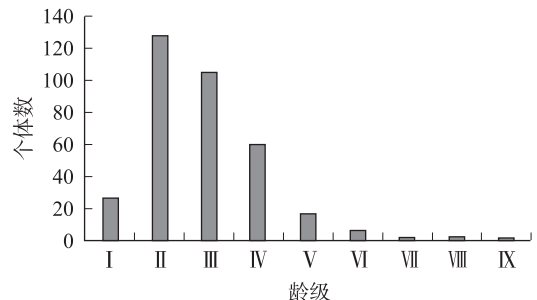


图1 油杉种群年龄结构

Fig. 1 The age structure of *K. fortunei* population

3.2 油杉种群静态生命表

根据油杉胸径级结构代替年龄结构,将胸径级从小到大顺序看作时间顺序,对长乐区油杉种群静态生命表进行编制(见表1)。油杉种群 I - IV 龄级死亡数最多,随后死亡数呈下降趋势。标准化死亡

数、平均存活个数和总存活个数随龄级变化呈逐渐下降趋势。平均期望寿命随龄级变化先下降,在 VI 龄级小幅上升随后呈逐渐下降趋势。种群个体死亡率和种群消失率呈双峰曲线,均在 V 龄级和 IX 龄级达到峰值。

表 1 油杉种群静态生命表

Tab. 1 The static state life table of *K. fortunei* population

龄级	胸径	a_x	a'_x	l_x	$\ln l_x$	d_x	q_x	L_x	T_x	e_x	K_x
I	0 - 10	26	118	1000.0	6.91	211.86	21%	894.07	2 483.05	2.78	0.24
II	10 - 20	128	93	788.1	6.67	211.86	27%	682.20	1 588.98	2.33	0.31
III	20 - 30	105	68	576.3	6.36	211.86	37%	470.34	906.78	1.93	0.46
IV	30 - 40	60	43	364.4	5.90	220.34	60%	254.24	436.44	1.72	0.93
V	40 - 50	17	17	144.1	4.97	93.22	65%	97.46	182.20	1.87	1.04
VI	50 - 60	6	6	50.8	3.93	16.95	33%	42.37	84.75	2.00	0.41
VII	60 - 70	1	4	33.9	3.52	16.95	50%	25.42	42.37	1.67	0.69
VIII	70 - 80	2	2	16.9	2.83	8.47	50%	12.71	16.95	1.33	0.69
IX	80 - 90	1	1	8.5	2.14	8.47	100%	4.24	4.24	1.00	2.14

a_x : 存活个体数; a'_x : 修正后存活个体数; l_x : 标准化存活个体数; $\ln l_x$: 标准化存活个体数对数值; d_x : 标准化死亡数; q_x : 个体死亡率; L_x : 平均存活个数; T_x : 总个体存活数; e_x : 平均期望寿命; K_x : 种群消失率。

3.3 油杉种群存活曲线分析

根据油杉静态生命表编制其存活曲线(见图2),根据 Deevey 存活曲线的划分标准可知油杉种群的存活曲线趋向于 III 型为凹曲线,油杉种群早期死亡率高,生长到 VI 龄级时,其个体死亡率就相对较低。油杉种群的死亡率和消失率曲线(见图3)反映了油杉种群的数量动态变化趋势,从 I 至 VI 龄级,个体死亡率和种群消失率逐渐增大,其中 I 至 III 龄级波动不大,而 IV 至 V 龄级达到一个高峰,到 IX 龄级个体死亡率和种群消失率达最高值,在此阶段仅有少量油杉个体可幸存下来。

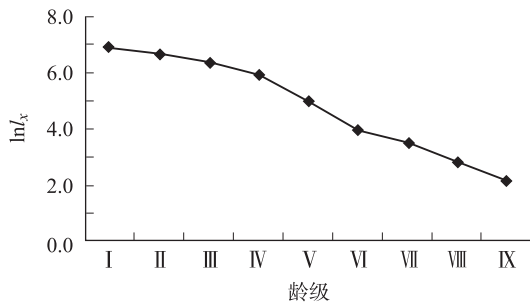


图 2 油杉种群的存活曲线

Fig. 2 Survival curve of *K. fortunei* population

3.4 杉种群生存分析

根据生存分析的 4 个函数估算值(见表2),绘制长乐油杉种群生存曲线、累计死亡曲线、死亡密度曲线与危险率曲线(见图4)。长乐油杉种群的生存率呈单调下降趋势,而种群累计死亡率则表现为递增趋势,其种群生存率曲线和累计死亡率曲线的前 4 个龄级变化幅度明显高于后几个龄级,表明油杉种群生长前期脆弱、死亡率高的特点。油杉生长过程中各种环境因素对其生长历程造成各种可能的影

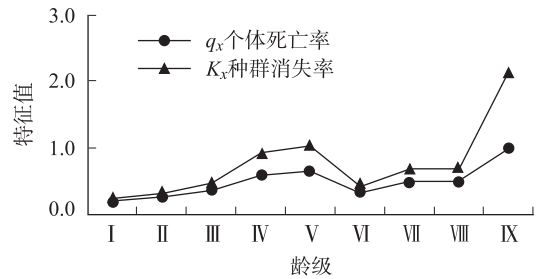


图 3 油杉种群的死亡率和消失率

Fig. 3 Mortality and disappearance rates of *K. fortunei* population

响,幼苗幼树种群数量较少(见表1),累积死亡率随龄级的增加而加大。油杉种群危险率函数在 I 至 VI 龄级较为平缓,VI 龄级达到峰值后快速下降呈波动性变化。油杉种群的危险率函数和死亡密度函数变化曲线呈现趋势不同,死亡密度曲线基本平缓并保持在 4.5% 以下(图4 副坐标轴虚线标识),波动性相对较小。油杉种群死亡密度在 II 至 IV 龄级呈现较

表 2 油杉种群生存分析函数的估算值

Tab. 2 Estimated value of survival analysis functions of *K. fortunei* population

龄级	$S_{(i)}$	$F_{(i)}$	$\lambda_{(n)}$	$f_{(n)}$
I	0.788	0.21	0.0474	0.0253
II	0.576	0.42	0.0621	0.0424
III	0.364	0.64	0.0901	0.0424
IV	0.144	0.86	0.1733	0.0441
V	0.051	0.95	0.1913	0.0186
VI	0.034	0.97	0.08	0.0034
VII	0.017	0.98	0.1333	0.0034
VIII	0.008	0.99	0.1333	0.0017
IX	0.000	1.00	0.4	0.0017

备注: $S_{(i)}$, 种群生存率函数; $F_{(i)}$, 累计死亡率函数; $\lambda_{(n)}$, 危险率函数; $f_{(n)}$, 死亡密度函数。下同。

大波动,表明油杉种群在这些龄级时稀疏作用较强,较弱的个体均被淘汰。根据生存函数曲线分析表明,长乐油杉种群特征表现为前期种群数量锐减,幼苗幼树死亡率较高,中期种群相对稳定与后期由于死亡导致种群衰退,这与油杉种群存活曲线、死亡率曲线和消失率曲线的分析结果一致。

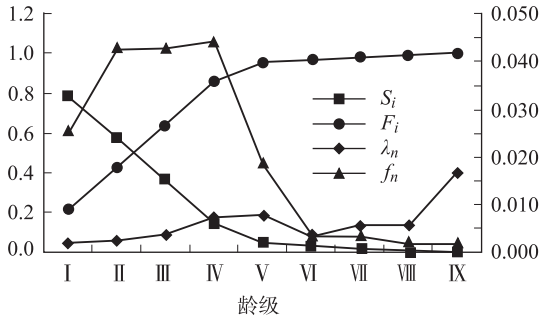


图4 油杉种群生存分析函数曲线

Fig. 4 Survival analysis functions of *K. fortunei* population

4 结论与讨论

种群生命表分析可以了解种群的现存状态,分析种群结构与受干扰状态,从而探讨物种在某些特定条件下存活与繁殖的可能性^[15]。长乐油杉种群中树个体数最多,大树其次,幼树最少,种群存活曲线为凹型曲线,总体趋于 Deevy III型,为衰退型种群,与年龄结构的分析结果一致。油杉种群生命表与其他珍稀树种藏柏 (*Cupressus torulosa*) 和海南风吹楠 (*Horsfieldia hainanensis*) 存活曲线一致,幼苗阶段的高死亡率是导致其种群濒危的重要原因^[16-17]。油杉种群死亡率和消失率曲线变化呈现相同变化规律,早期油杉幼苗与幼树死亡率相对较高,生长到VI龄级时,其种群死亡率就相对较低,再次证实油杉幼苗存在明显的更新障碍^[18]。种群生存分析表明,长乐油杉种群的生存率呈逐渐递减的规律,而种群累计死亡率则相应表现为逐渐增加趋势,生长至III龄级后其种群生存率低于40%,而种群累计死亡率大于60%,表明随着油杉群落的演替发育,个体之间对生态位资源需求增加,油杉个体对光温水及养分需求逐渐增多,从而导致与其他树种间存在较大的生态位重叠,由于资源的有限性及生物间相互作用不能满足种群数量增长要求,林分生境过滤导致种群稀疏效应,从而导致油杉幼苗与幼树面临被淘汰从而出现死亡率增多的趋势。4个生存函数曲线反映长乐油杉种群前期数量锐减,幼苗幼树死亡率较高,中期种群相对稳定与后期种群呈现衰退特征。幼苗更新障碍、群落资源环境限制、种间竞争能

力差和自身繁殖特性制约着长乐油杉种群的更新和发展^[18-20]。

野外调查发现,长乐区油杉种群年龄结构处于中至老龄林阶段,幼苗更新不足,属于衰退型种群。油杉在群落中多以零星散生或孤立木形式存在,且中树和大树占有很大比例,幼树幼苗较少,其天然更新存在障碍。针对油杉种群的濒危现状,应开展相应的保护工作。对现存的油杉天然群落进行调查建档,对成片分布的群落按珍稀树种保护范畴纳入保护小区管理,预防火灾和病虫害危害发生,对百年以上大树纳入古树名木保护范畴;为油杉种群的更新发育创造良好环境,增强其天然更新能力,是当前保护和恢复油杉种质资源的关键。

参考文献:

- [1] 李艳丽,杨华,亢新刚,等. 长白山云冷杉种群结构和动态分析[J]. 北京林业大学学报,2014,36(3):18~25.
- [2] 刘海燕,杨乃坤,李媛媛,等. 稀有濒危植物长柱红山茶种群特征及数量动态研究[J]. 植物科学学报,2016,34(1):89~98.
- [3] 李玲,张光富,王锐,等. 天目山自然保护区银杏天然种群生命表[J]. 生态学杂志,2011,30(1):53~58.
- [4] 吴承祯,洪伟,谢金寿,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.
- [5] 张文辉,王延平,康永祥,等. 濒危植物太白红杉种群年龄结构及其时间序列预测分析[J]. 生物多样性,2004,12(3):361~369.
- [6] 吴明开,沈志君,刘海,等. 梵净山自然保护区珙桐天然种群生命表与生存分析[J]. 生态学杂志,2012,31(6):1419~1424.
- [7] 王丽琴. 油杉人工林生产力研究[J]. 中国林业科学研究院,2015.
- [8] 肖祥希,高楠,何文广,等. 油杉表型差异分析及优树选择[J]. 中南林业科技大学学报,2015,35(7):1~6.
- [9] 牟凤娟,陈丽萍,李军萍,等. 干旱胁迫下旱地油杉生理生化指标动态变化[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(5):180~184.
- [10] 王崇云,马绍宾,吕军,等. 中国油杉属植物的生态地理分布与系统演化[J]. 广西植物,2012,32(5):612~616.
- [11] 高楠,肖祥希,王丽琴,等. 油杉人工林生态系统养分分配格局[J]. 广西林业科学,2015,44(4):352~357.
- [12] 岳春雷,江洪,朱荫澍. 濒危植物南川升麻种群数量动态的分析[J]. 生态学报,2002,22(5):793~796.
- [13] 胡元洁,巨天珍,米彩燕,等. 小陇山国家级自然保护区华山松种群更新动态分析[J]. 广西植物,2013,33(2):247~252.
- [14] 江洪. 云杉种群生态. 北京:中国林业出版社,1992:1~7.
- [15] 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.
- [16] 池翔,郑维列,郭其强,等. 藏柏种群年龄结构数量动态分析[J]. 中南林业科技大学学报,2017,37(12):114~119.
- [17] 蒋迎红,项文化,何应会,等. 极小种群海南风吹楠种群的数量特征及动态[J]. 中南林业科技大学学报,2017,37(8):66~71+80.
- [18] 何国生. 福建江南油杉4种天然林群落物种结构特征[J]. 西南林业大学学报,2011,31(5):1~5.
- [19] 牟凤娟,戴兴芬,李双智,等. 油杉属植物研究动态[J]. 西部林业科学,2012,41(6):92~99.
- [20] 牟凤娟,戴兴芬,马士祝,等. 珍稀植物蕤衣油杉濒危机制的初步研究[J]. 植物研究,2013,33(2):214~219.