

# 福建三明栲树种群结构研究

左 政, 郑小贤<sup>\*</sup>

(森林资源与环境管理国家林业局重点实验室, 北京林业大学, 北京 100083)

**摘要:**为了研究福建省三明市将乐林场栲树种群的动态及数量特征, 以种群生命表及生存分析理论为基础, 采用空间代替时间法及分段匀滑技术, 编制栲树种群阳坡、阴坡及总体静态生命表, 分别绘制生存率函数( $S_x$ )、累积死亡率函数( $F_x$ )、死亡密度函数( $f_x$ )和危险率函数( $j_x$ )4个函数曲线, 分析种群数量特征; 运用谱分析方法, 分析栲树种群数量的动态变化。结果表明: 扒树种群结构表现为增长型, 即幼龄林株数较多, 成过熟林株数较少; 扒树种群阳坡、阴坡及林分总体的存活曲线均为Deevey II型; 种群生存分析表明, 扒树种群阳坡、阴坡及林分总体的生存率呈单调下降趋势, 累计死亡率呈单调上升趋势, 阳坡和总体的死亡密度函数曲线与危险率函数曲线分别在V级和VI级达到最大值, 阴坡两者都在VI级达到最大值; 种群谱分析结果揭示出扒树种群主要受基波影响, 在XIII级时, 还存在着小周期波动, 与扒树进入生理衰退期有关。

**关键词:** 扒树; 种群生命表; 谱分析; 种群动态

中图分类号:S792.17 文献标志码:A 文章编号:1001-7461(2016)01-0081-07

Community Structure of *Castanopsis fargesii* Franch Population in Fujian Province

ZUO Zheng, ZHENG Xiao-xian<sup>\*</sup>

(Key Lab of State Forestry Administration for Forest Resources and Environmental Management,  
Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Based on the population life table and the theory of survival analysis, by using the age class structure represented by DBH class and smoothing out technique, a specific life table of *Castanopsis fargesii* population at different aspects in Fujian Province was compiled, and aimed to study more about the quantitative characters and dynamics of this population. The four survival analysis curves were determined: survival function( $S_x$ ), cumulative mortality rate( $F_x$ ), mortality density rate( $f_x$ ), and hazard rate curve( $j_x$ ). Population dynamics were analyzed by spectral analysis. The results showed that the age structures of *C. fargesii* populations were expansive type, manifested by their abundant young individuals and few mature trees. The survival curves of the populations of the sunny-slop stands and shady-slop stands, as well as the whole stands were Deevey type II, from which the survival analysis demonstrated that the survival rates presented downward trends, while the cumulative mortality rates were in upward trends. The speak values of mortality density curve and hazard curve of the sunny-slope stands and total stands appeared at V and VI age classes, respectively, while the two curves of shady-slope stands found their maximum values at VI age class. Spectral analysis of the population showed that there was a marked periodic fluctuation in the process of natural regeneration. Moreover, minor periodic changes could also be found in XIII class.

**Key words:** *Castanopsis fargesii*; population life table; spectral analysis; population dynamic

收稿日期:2015-06-15 修回日期:2015-09-23

基金项目:“十二五”国家科技支撑项目“南方集体林区生态公益林可持续经营技术研究与示范”(2012BAD22B05)。

作者简介:左政,男,博士研究生,研究方向:林业可持续经营。E-mail:494387667@qq.com

\*通信作者:郑小贤,男,教授,研究方向:森林经理。E-mail:zheng8355@bjfu.edu.cn

种群时间和空间上的变动规律是研究种群生态学的核心问题。种群作为群落的基本单位,它的结构不仅对群落结构有直接影响,而且能够揭示和预测群落的发展及演替趋势。生命表又称为寿命表,是按照种群各年龄组的存活率和相应的各年龄组的生殖率的一览表。生命表多用于研究种群结构中数量动态变化和进行种群统计,预测该种群在某些环境条件下存活与繁殖的可能性,估计种群数量动态的趋势。国内外在用生命表分析种群的动态变化方面已做了大量的研究<sup>[1-10]</sup>。

栲类林是中国南方常绿阔叶林的典型类型,主要分布在中亚热带低山丘陵,海拔一般在1 000 m以下,不超过1 500 m。其中栲树、苦槠、米槠、甜槠等是我国常绿阔叶林的主要建群种。近年来,关于栲树种群的种群生态位<sup>[11]</sup>、种群结构<sup>[12-15]</sup>、空间分布格局<sup>[15-16]</sup>等方面已开展了一些较为深入的研究。以种群生命表及光谱分析为基础对栲树种群数量动态特征及动态发展趋势进行初步探讨,综合判断种群的数量变化,预测种群的生命趋势,反映种群从出生到死亡的动态关系,阐明其生存变化规律,为栲树种群的持续经营管理及人工造林奠定基础,并为常绿阔叶林的恢复提供科学依据。

## 1 研究区概况

将乐林场位于福建省三明市西北部将乐县城区,属武夷山脉东南麓,扼闽江支流金溪中下游,介于 $26^{\circ}26' - 27^{\circ}04' N$ 、 $117^{\circ}05' - 117^{\circ}40' E$ 之间,东临顺昌,西接泰宁,南连明溪,北毗邵武,东南与沙县接壤,境内山峰林立,溪流密布,最高峰海拔1 640.2 m。将乐林场土地总面积为7 113.6 hm<sup>2</sup>,森林覆盖率为全省之最,达94.8%,有林地面积6 568.9 hm<sup>2</sup>,其中阔叶林以生态公益林为主,阔叶林乔木层以壳斗科为主。将乐林场属亚热带季风气候,同时具有海洋性和大陆性气候特点,年平均气温18.7℃,雨季时间长,雨量充沛但年度分配不均,年平均降雨量1 703.7 mm,最高年度为2 460.4 mm,最低年度仅1 007.8 mm,年际差异较大。将乐林场土壤属自然土壤,以红壤分布范围最广、面积最大,土壤质地一般为沙壤土或轻壤土,块状结构,紧实度适中,比较潮湿。

将乐林场内主要的阔叶林乔木树种为栲树(*Castanopsis fargesii*)、拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)、木荷(*Schima superb*)、甜槠(*C. eyrei*)、米槠(*C. carlesii*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、苦槠(*C. sclerophylla*)、

南酸枣(*Choerospondias axillaria*)、黄樟(*Cinnamomum porrectum*)、冬青(*Ilex chinensis*)、光叶山矾(*Symplocos lancifolia*)、杨梅(*Myrica rubra*)、櫟木(*Loropetalum chinense*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、檫木(*Sassafras tzumu*)、山矾(*Symplocos sumuntia*)、台湾冬青(*I. formosana*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)、木油桐(*Vernicia montana*)、细叶阿丁枫(*Altingia angustifolia*)、黄毛润楠(*Machilus chrysotricha*)、浙江润楠(*M. chekiangensis*)、柿树(*Diospyros kaki*)、黄瑞木(*Adinandra millettii*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、刨花润楠(*M. pauhoi*)、红柯(*L. fenzelianus*)、乐昌含笑(*Michelia chapensis*)、红楠(*M. thunbergii*)、木蜡树(*Toxicodendron sylvestre*)、刺毛杜鹃(*Rhododendron championiae*)、罗浮锥(*Castanopsis faberi*)等。

## 2 材料与方法

### 2.1 样地设置

在福建将乐县林场全面踏查的前提下,采用典型抽样的方法,选取具有代表性的地段设置样地12块。样地形状为矩形,面积为0.04~0.12 hm<sup>2</sup>,采用相邻格子法将每块样地分成6个10 m×10 m的调查单元,在每个调查单元内进行每木检尺;在样地的中心和四角分别设置5个5 m×5 m小样方,调查并记录样方内幼苗幼树的树种、胸径(树高>1.3 m的测胸径,树高<1.3 m的只测地径)、树高、株数等。在小样方中,再取2 m×2 m样方调查并记录灌木的种类、地径、高度、数量(一丛计一株)和盖度等。在2 m×2 m中,再取1 m×1 m样方调查并记录草本植物种类、高度、数量和盖度等(表1)。

### 2.2 个体大小级确定

以“空间代替时间,横向导向纵向”的方法,依据栲类树种生活史及调查数据的特点,采用立木级结构代替年龄结构的方法对种群个体大小级进行划分。依据刘智慧<sup>[14]</sup>、蔡飞<sup>[17-19]</sup>等研究方法,并结合研究对象的实际情况,将栲树种群划分为16个等级(表2)。

### 2.3 生命表编制

调查所得的数据需满足编制静态生命表的3个假设:1)种群数量是静态的,即密度不变;2)年龄组合是稳定的,即种群年龄结构与时间无关;3)个体迁移是平衡的,即没有移入和移出的差数。福建三明栲树种群静态生命表包括以下9个指标: $x_{-}$ ,大小级的中值; $a_{x-x}$ 级开始时种群实际存活个体数; $l_{x-}$ ,

在 $x$ 级时经标准化处理后的存活数; $d_{x-}$ ,从 $x$ 级到 $x+1$ 级的种群标准化个体死亡数; $q_{x-}$ 从 $x$ 级到 $x+1$ 级间隔期种群个体的死亡率; $L_{x-}$ ,从 $x$ 级到 $x+1$ 级间隔期种群个体存活数; $T_{x-}$ ,从 $x$ 级及以上

各级的个体存活总数; $e_{x-}$ 进入 $x$ 级个体的期望寿命; $K_{x-}$ 各级致死力(损失度)。在分析种群生存情况时,运用生存函数( $S_x$ )、积累死亡率函数( $F_x$ )、死亡度函数( $f_x$ )、危险率函数( $j_x$ )4个函数<sup>[20-22]</sup>。

表1 林分基本情况

Table 1 Introduction of sample plots

样地号	样地面积/ $m^2$	海拔/m	坡度/(°)	坡向	坡位	树种组成
1	600	274	25	西北	中坡	4栲树 2拟赤杨 1枫香 1苦槠 1木荷 1南酸枣+黄樟+冬青+光叶山矾+杨梅-櫟木
2	600	314	23	北	上坡	3栲树 2苦槠 1拟赤杨 1青冈 1杉木 1木荷 1南酸枣-檫木-山矾-冬青
3	600	315	38	西北	中坡	6栲树 1木荷 1苦槠 1杨梅 1青冈+南酸枣+台湾冬青+櫟木+刨花润楠-石栎-木油桐-杉木
4	600	315	37	西	中坡	7栲树 2青冈 1甜槠+细叶阿丁枫+枫香+苦槠
5	600	315	34	西北	中坡	5栲树 2青冈 1南酸枣 1山矾 1木荷+米槠+苦槠-枫香-甜槠
6	600	315	36	东南	中坡	4栲树 2木荷 1黄樟 1甜槠 1青冈 1黄润楠+米槠+山矾+南酸枣-苦槠-浙江润楠-柿树-拟赤杨
7	600	315	35	东南	中坡	3栲树 2拟赤杨 2臭子乔 1木荷 1黄瑞木 1苦槠+黄樟+冬青+南酸枣-青冈-櫟木-黄润楠
8	1 200	297	25	西南	中坡	4栲树 2拟赤杨 1杉木 1南酸枣 1木荷 1苦槠+马尾松+木油桐+光叶山矾+杨梅-檫木-青冈
9	600	412	24	北	下坡	2栲树 2苦槠 1木荷 1刨花润楠 1红柯 1乐昌含笑 1红楠
10	400	422	24	北	下坡	4栲树 1木蜡树 1细叶阿丁枫 1红柯 1红楠 1木荷
11	600	471	36	西	中坡	4栲树 2黄樟 1刺毛杜鹃+苦槠-南酸枣
12	400	335	41	西南	中坡	4栲树 1木荷 1苦槠+罗浮锥-拟赤杨-南酸枣

表2 柯树种群结构划分

Table 2 The division of *C. fargesii* population structure

cm

大小级	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
指标 D	$1 < H < 33$	$33 \leq H < 100$	$H \geq 100$	$2.5 \leq D < 7.5$	$7.5 \leq D < 12.5$	$12.5 \leq D < 17.5$	$17.5 \leq D < 22.5$	$22.5 \leq D < 27.5$
龄级	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
指标 D	$27.5 \leq D < 32.5$	$32.5 \leq D < 37.5$	$37.5 \leq D < 42.5$	$42.5 \leq D < 47.5$	$47.5 \leq D < 52.5$	$52.5 \leq D < 57.5$	$57.5 \leq D < 62.5$	$62.5 \leq D < 67.5$

注:D为胸径;H为树高。

由于调查的样地多为天然林,会存在死亡率为负值的情况,对于这种情况,依据江洪<sup>[23]</sup>等的研究,可采用匀滑(Smooth Out)技术对统计数据进行处理。

#### 2.4 种群数量动态的谱分析方法

谱分析方法用于揭示栲树种群数量变动具有周期性的波动,根据伍业钢<sup>[24]</sup>、吴明作<sup>[25]</sup>、张钦弟<sup>[26]</sup>等的研究,所有植被都具有这种周期性波动。谱分析是富里叶级数的展开,复杂的周期现象可以由不同振幅和相应的谐波组成,其公式为:

$$N_t = A_0 + A_1 \sin(\omega_1 t + \theta_1) + A_2 \sin(\omega_2 t + \theta_2) + \dots + A_p \sin(\omega_p t + \theta_p) = A_0 + \sum_{k=1}^p A_k \sin(\omega_k t + \theta_k)$$

式中, $A_0$ 为周期变化的平均; $A_k$ ( $k=1, 2, \dots, p$ )为各谐波的振幅,标志不同周期其所起作用大小; $\omega_k$ 为各谐波频率; $\theta_k$ 为各谐波相角; $N_t$ 为 $t$ 时刻种群大小。

实际计算中,由于资料内株数分布变异较大,故在计算时先将各地点相同林分类型的样方调查数据进行对数化处理,然后再进行分析计算。

### 3 结果与分析

#### 3.1 大小级分析

以大小级为横坐标,以每级存活株数为纵坐标,绘制栲树种群结构图(图1)。从栲树种群结构图中可以看出,栲树种群结构呈明显左偏,种群结构表现为增长型,即幼苗幼树数量较多,第Ⅰ龄级株数最多,然后随着大小级的增大,株数逐级减少,到第Ⅵ级个体数量急剧减少,第Ⅸ级开始趋于平缓。这与当地气候相关。福建将乐县属热带季风气候,空气比较湿热,有利于栲树种群幼苗的生长发育,故幼苗株数较多。随着树木的生长,种间及种内竞争加剧,才造成第Ⅵ龄级树木株数急剧减少。

### 3.2 生命表数据处理与编制

依据静态生命表的编制方法和生存分析理论，

通过分析 12 块样地的调查结果，编制栲树种群的静态生命表(表 3)。

表 3 栲树种群静态生命

Table 3 Static life table of *C. fargesii* populations

大小级	组中值 $x$	存活数	$a_x$	$l_x$	$\ln l_x$	$d_x$	$q_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$	$K_x$
阳坡	I	252	354	1 000	6.908	71	0.071	965	4315	4.472	0.074
	II	290	329	929	6.834	65	0.070	897	3350	3.735	0.072
	III	362	306	864	6.762	65	0.075	832	2453	2.948	0.079
	IV	5	369	283	799	6.683	67	0.084	766	1621	2.116
	V	10	258	259	732	6.596	447	0.611	509	855	1.680
	VI	15	101	101	285	5.652	243	0.853	164	346	2.110
	VII	20	33	15	42	3.738	2	0.048	41	182	4.439
	VIII	25	15	14	40	3.689	9	0.225	36	141	3.917
	IX	30	6	11	31	3.434	6	0.194	28	105	3.750
	X	35	6	9	25	3.219	5	0.200	23	77	3.348
	XI	40	2	7	20	2.996	6	0.300	17	54	3.176
	XII	45	4	5	14	2.639	3	0.214	13	37	2.846
	XIII	50	1	4	11	2.398	3	0.273	10	24	2.400
	XIV	55	2	3	8	2.079	2	0.250	7	14	2.000
	XV	60	0	2	6	1.792	3	0.500	5	7	1.400
	XVI	65	2	1	3	1.099	3	1.000	2	2	1.000
阴坡	I	215	298	1 000	6.908	70	0.070	965	4173	4.324	0.073
	II	299	277	930	6.835	141	0.152	860	3208	3.730	0.164
	III	273	235	789	6.671	71	0.090	754	2348	3.114	0.095
	IV	5	237	214	718	6.576	117	0.163	660	1594	2.415
	V	10	179	179	601	6.399	252	0.419	475	934	1.966
	VI	15	104	104	349	5.855	279	0.799	210	459	2.186
	VII	20	42	21	70	4.248	6	0.086	67	249	3.716
	VIII	25	17	19	64	4.159	10	0.156	59	182	3.085
	IX	30	6	16	54	3.989	31	0.574	39	123	3.154
	X	35	5	7	23	3.135	3	0.130	22	84	3.818
	XI	40	8	6	20	2.996	3	0.150	19	62	3.263
	XII	45	4	5	17	2.833	4	0.235	15	43	2.867
	XIII	50	1	4	13	2.565	3	0.231	12	28	2.333
	XIV	55	0	3	10	2.303	3	0.300	9	16	1.778
	XV	60	1	2	7	1.946	4	0.571	5	7	1.400
	XVI	65	0	1	3	1.099	3	1.000	2	2	1.000
总体	I	467	627	1 000	6.908	64	0.064	968	4440	4.440	0.066
	II	589	587	936	6.842	64	0.068	904	3472	3.709	0.071
	III	635	547	872	6.771	63	0.072	841	2568	2.945	0.075
	IV	5	606	507	809	6.696	64	0.079	777	1727	2.135
	V	10	437	467	745	6.613	418	0.561	536	950	1.275
	VI	15	205	205	327	5.790	207	0.633	224	414	1.266
	VII	20	75	75	120	4.787	69	0.575	86	190	1.583
	VIII	25	32	32	51	3.932	32	0.627	35	104	2.039
	IX	30	12	12	19	2.944	1	0.053	19	69	3.632
	X	35	11	11	18	2.890	2	0.111	17	50	2.778
	XI	40	10	10	16	2.773	8	0.500	12	33	2.063
	XII	45	8	5	8	2.079	2	0.250	7	21	2.625
	XIII	50	2	4	6	1.792	1	0.167	6	14	2.333
	XIV	55	2	3	5	1.609	2	0.400	4	8	1.600
	XV	60	1	2	3	1.099	1	0.333	3	4	1.333
	XVI	65	2	1	2	0.693	2	1.000	1	1	1.000

由表 3 可以看出，栲树种群死亡率( $q_x$ )与损失度( $K_x$ )动态趋势基本相似。阳坡的栲树种群在第 V 和 VI 级有较高的死亡率和致死力，而阴坡的栲树种群则出现在第 VI 和 IX 级。栲类树种多为耐阴性树种，阳坡的栲树种群生长到 V 和 VI 级，死亡率与损失

度较高更多是受光照、水分等的影响，同时也和失去大树庇护、受外界环境条件如风等的影响有关；阴坡的栲树种群生长到 VI 和 IX 级，死亡率与损失度较高则主要来自于种内竞争。

$e_x$  反映了  $x$  级内个体的生命期望寿命，栲树种

群 $e_x$ 值有2个波峰,分别出现在I级和VII级。I级生命期望值最大,表明耐阴的栲树种群幼龄阶段在大树的庇护下均具有较强的生存能力,而到了第VII级,栲树种群结构已经比较稳定,栲树也处于优势地位,故表现出较高的生命期望。

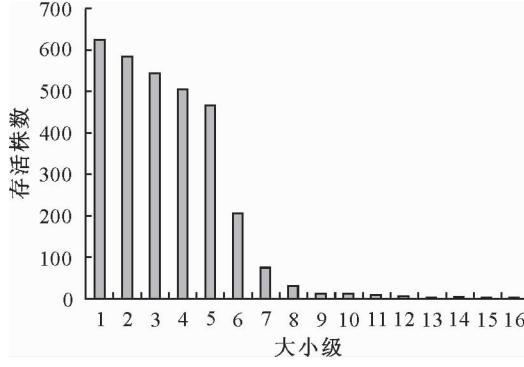


图1 栲树种群结构

Fig. 1 The structure of *C. fargesii* populations

### 3.3 存活曲线分析

存活曲线能够直观反映栲树种群的数量动态的变化趋势及结构特征。以栲树种群大小级为横坐标,以存活量的对数值 $\ln l_x$ 为纵坐标分别构建栲树种群阳坡、阴坡及林分总体的存活曲线。从表3和图2可以看出,生长在阳坡、阴坡及林分总体栲树I~V龄级数量较多,V龄后存活数量迅速下降,是由于种间竞争的强度加大,致使中幼龄个体大量死亡。生长在阳坡、阴坡及林分总体栲树种群分别从VI、VI和IX龄级下降趋势趋于平缓。

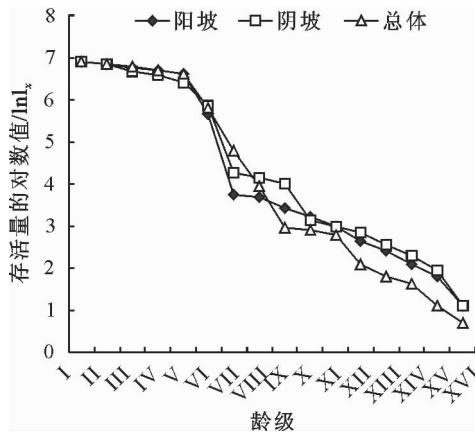


图2 栲树种群的存活曲线

Fig. 2 Survival curve of *C. fargesii* population

以Deevey存活曲线类型划分方法为基础,分别采用指数方程式 $Nx = ae^{-bx}$ 和幂函数式 $Nx = ax^{-b}$ 来估算和检验种群的存活状况是否符合DeeveyⅡ型和DeeveyⅢ型存活曲线。本文采用上述2种模型分别模拟并检验栲树种群阳坡、阴坡和林分总体存活曲线类型,其拟合结果为:阳坡种群2模型分别为 $y = 9.558 \cdot 3e^{-0.114x}$ ( $R^2 = 0.9359$ ),和 $y = 11.63x$

$-0.606$ ( $R^2 = 0.7318$ ),可认为阳坡种群的存活曲线更趋于DeeveyⅡ型;阴坡种群2模型分别为 $y = 9.5767e - 0.109x$ ( $R^2 = 0.9229$ )和 $y = 11.398x - 0.574$ ( $R^2 = 0.7036$ ),于是认为阴坡种群的存活曲线更趋于DeeveyⅡ型;林分总体种群2模型分别为 $y = 11.326e - 0.146x$ ( $R^2 = 0.9225$ )和 $y = 13.917x - 0.756$ ( $R^2 = 0.6792$ ),于是认为林分总体种群的存活曲线更趋于DeeveyⅡ型即直线型,这表明各优势种群处于平稳状态。

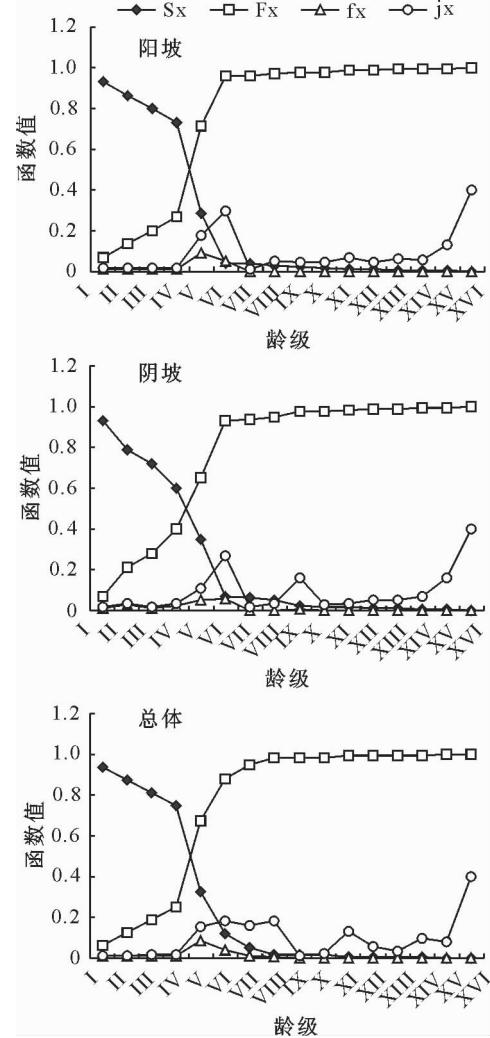


图3 栲树种群总体生存曲线

Fig. 3 Survival curves of total *C. fargesii* population

### 3.4 生存分析函数估计值

以大小级为横坐标,以栲树种群生存率函数( $S_x$ )、累积死亡率函数( $F_x$ )、死亡密度函数( $f_x$ )和危险率函数( $j_x$ )为纵坐标分别构建栲树种群阳坡、阴坡及林分总体生存函数估算值曲线(图3)。

生存函数曲线表明,栲树种群阳坡、阴坡和林分总体的生存率函数值随大小级增大而减小,I~IV级出现较高的生存率,IV~V级急剧下降,以后趋于平缓。栲树种群阳坡、阴坡、林分总体的累积死亡率函数值随大小级增大而增大,I~IV级出现较低的

死亡率,IV~VI级急剧增大,以后趋于平缓。这是由于栲树植物多为耐阴树种,在大树的庇护下,快速生长,到了V级由于种内竞争加剧,生存率降低,而死亡率则增高,到了VI级,种群类型趋于平稳,生存率函数及死亡率函数也趋于平缓。

栲树种群阳坡、阴坡和林分总体的死亡密度函数曲线与危险率函数曲线具有相同的变化趋势,阳坡分别在V级和VI级达到最大值,阴坡两者都在VI

级达到最大值,林分总体分别在V级和VI级达到最大值,在此时栲树种群正是脱离大树庇护、种内竞争加剧时期,故死亡密度和危险率均较高。

### 3.5 种群数量谱分析

栲树种群的谱分析,是通过栲树不同大小级的株数分布波动来验证栲树种群数量变动具有周期性的波动。表4是栲树种群不同大小级振幅值( $A_k$ ),其中 $A_1$ 为基波, $A_2 \sim A_8$ 为各个谐波。

表4 栲树种群的周期性波动

Table 4 Periodic fluctuation of *C. fargesii* populations

谐波	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$
振幅值	2.582	0.938	0.605	0.604	0.529	0.328	0.405	0.389

栲树种群的谱分析结果表明,栲树种群数量呈现出单一递减的波动性,各周期的振幅 $A_k$ 值随周期的减小而减小,从2.582减小到0.389。其中基波 $A_1$ 表现了栲树种群本身所固有的基本周期的波动,由种群波动特性决定。 $A_1$ 值最大,表明栲树种群的数量动态变化过程受基波的影响最显著。栲树种群数量动态变化在 $A_7$ 时表现出小周期波动,此处波动对应于第XIII级,这一小周期的波动可能与栲树的生理特性有关,该龄级的栲树个体进入生理衰退期,使得该种群数量出现小波动。由于所调查栲树种群尚未达到成熟龄阶段,没能完整地表现出具有明显规律性的周期长度,对其规律性还有待于进一步研究与验证。

## 4 结论与讨论

对将乐林场栲树种群的调查显示,该种群结构呈明显左偏,种群结构表现为增长型,这与当地湿热的环境以及栲树幼苗本身生活力较强有关。随着时间的推移,环境压力逐渐增加,种间与种内竞争逐渐加剧,引起种群的自疏或它疏,使种群的密度迅速下降,于是在种群结构图上就显现出了在VI龄级株数急剧减少。但由于丰富的幼苗储备,种群依然表现为增长型。

Hett 和 Louck 的存活曲线的检验估算方法已在多种种群研究中所采用。栲树种群阳坡、阴坡及总体的存活曲线均为DeeveyII型,趋向于直线型,这表明种群处于平稳状态。这与张钦弟<sup>[26]</sup>落叶松种群结构、丁国民<sup>[6]</sup>云杉种群结构等研究相一致,属同一类型存活曲线。

栲树种群生存函数曲线研究表明,4个函数曲线能够直观且合理地反映出栲树种群结构及动态变化。栲树种群阳坡、阴坡和总体的生存函数值随大小级增大而减小,累计死亡率函数则随大小级增大

而增大,两者相互对应,呈互补形式。死亡密度函数与危险率函数的变化趋势基本相似,在低的大小级时变化幅度较大,在高的大小级时变化幅度较小。

栲树种群谱分析结果揭示并验证栲树种群数量动态变化存在着一定的周期性,表现为基波周期内的小周期性波动,在XIII级时的小周期性波动可能与其生理特性有关。关于植物种群谱分析已在多种不同类型种群研究中均有分析及验证,对于了解种群生长、天然更新过程的周期性以及森林的采伐利用,促进森林生长都具有一定的意义。

## 参考文献:

- [1] 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.  
WU C Z, HONG W, XIE J S, et al. Life table analysis of *Tsuga longibracteata* population [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(3): 333-336. (in Chinese)
- [2] 李建贵,潘存德,彭世揆,等.天山云杉种群统计与生存分析[J].北京林业大学学报,2001,23(1):84-86.  
LI J G, PAN C D, PENG S K, et al. Demography and survival analysis of *Picea schrenkiana* [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2001, 23(1): 84-86. (in Chinese)
- [3] 毕晓丽,洪伟,吴承祯,等.武夷山米槠种群生命表分析[J].热带亚热带植物学报,2001,9(3):243-247.
- [4] 程伟,吴宁,罗鹏.岷江上游林线附近岷江冷杉种群的生存分析[J].植物生态学报,2005,29(3):349-353.  
CHENG W, WU N, LUO P. Survival analysis of *Abies faxoniana* populations near timberline on the upper Minjiang River [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2005, 29(3): 349-353. (in Chinese)
- [5] 马宇飞,李俊清.湖北七姊妹山珙桐种群结构研究[J].北京林业大学学报,2005,27(3):12-16.  
MA Y F, LI J Q. Population structure of *Davallia involucrata* in Mt. seven-sister nature reserve of central China's Hubei Province [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2005, 27 (3): 12-16. (in Chinese)
- [6] 丁国民,刘兴明,倪自银,等.甘肃祁连山青海云杉种群数量动

- 态的初步研究[J].植物资源与环境学报,2005,14(4):36-41.
- [7] 李先琨,向悟生,苏宗明.南方红豆杉无性系种群结构和动态研究[J].应用生态学报,2004,15(2):177-180.
- LI X K, XIANG W S, SU Z M. Structure and dynamics of *Taxus chinensis* var. *mairei* clonal population [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(2): 177-180. (in Chinese)
- [8] WRETEN S. Field and laboratory exercises in ecology[M]. London: Edward Arnad Publishers Limited, 1980.
- [9] 韩文娟,张文辉,何景峰,等.不同坡向油松人工林建群种种群结构及群落特征分析[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2012,40(3):47-54.
- HAN W J, ZHANG W H, HE J F, et al. Analysis of population structure and plantation community characteristics of *Pinus tabulaeformis* plantations in Loess Plateau in different slope [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Ed., 2012, 40(3): 47-54. (in Chinese)
- [10] 薛瑞芹,张文辉,何景峰.黄龙山白桦种群结构及其时间序列预测分析[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(12):121-128.
- XUE Y Q, ZHANG W H, HE J F. Study on the population structure and time sequence prediction of *Betula platyphylla* in Huanglong Mountai[J]. Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Ed., 2008, 36(12): 121-128. (in Chinese)
- [11] 杜道林,苏杰,刘玉成.栲树种群生态位动态研究[J].应用生态学报,1997,8(2):113-118.
- DU D L, SU J, LIU Y C. Niche dynamics of *Castanopsis fargesii* population[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1997, 8(2): 113-118. (in Chinese)
- [12] 宋坤,达良俊,杨同辉,等.栲树种群的年龄结构及其生长特征[J].应用生态学报,2007,18(2):254-260.
- SONG K, DA L J, YANG T H, et al. Age structure and growth characteristic of *Castanopsis fargesii* population[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(2): 254-260. (in Chinese)
- [13] 陈平腾.福建南平市延平区常绿阔叶林林分结构和物种多样性研究[D].福州:福建农林大学,2009.
- [14] 刘智慧.四川省缙云山栲树种群结构和动态的初步研究[J].植物生态学与地植物学报,1990,14(2):120-128.
- LIU Z H. A primary study on the structure and dynamics of *Castanopsis fargesii* population on Jinyun Mountain, Sichuan Province [J]. Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica, 1990, 14(2): 120-128. (in Chinese)
- [15] 苏志尧,吴大荣,陈北光.粤北天然林优势种群结构与空间格局动态[J].应用生态学报,2000,11(3):337-341.
- SU Z Y, WU D R, CHEN B G. Structure and spatial pattern dynamics of dominant populations in a natural forest in north Guangdong Province[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(3): 337-341. (in Chinese)
- [16] 兰国玉,雷瑞德.植物种群空间分布格局研究方法概述[J].西  
北林学院学报,2003,18(2):17-21.
- LAN G Y, LEI R D. Brief introduction of spatial methods to distribution patterns of population[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(2): 17-21. (in Chinese)
- [17] 蔡飞,宋永昌.武夷山木荷种群结构和动态的研究[J].植物生态学报,1997,2(2):138-148.
- CAI F, SONG Y C. A study on the structure and dynamics of *Schima superba* population on Wuyi Mountain [J]. Acta Phytocologica Sinica, 1997, 2(2): 138-148. (in Chinese)
- [18] 冯立新,陈荣,朱昌叁,等.桂西北红椿种群年龄结构与空间分布格局[J].西北林学院学报,2015,30(1):46-50.
- FENG L X, CHEN R, ZHU C S, et al. Age structure and spatial distribution pattern of *Toona ciliata* population in northwestern Guangxi [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(1): 46-50. (in Chinese)
- [19] 刘建泉,丁国民,郝虎,等.青海云杉群落特征和动态的研究[J].西北林学院学报,2008,23(1):14-17.
- LIU J Q, DING G M, HAO H, et al. Structure and dynamic of *Picea classifolia* community in Qilian Mountains forest area [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(1): 14-17. (in Chinese)
- [20] 冯士雍.生存分析 I [J].数学的实践与认识,1982(3):72-80.
- FENG S Y. Survival analysis I [J]. Journal of Mathematics in Practice and Theory, 1982(3): 72-80. (in Chinese)
- [21] 冯士雍.生存分析 II [J].数学的实践与认识,1982(4):64-74.
- FENG S Y. Survival analysis II [J]. Journal of Mathematics in Practice and Theory, 1982(4): 64-74. (in Chinese)
- [22] 冯士雍.生存分析 III [J].数学的实践与认识,1983(1):70-76.
- FENG S Y. Survival analysis III [J]. Journal of Mathematics in Practice and Theory, 1983(1): 70-76. (in Chinese)
- [23] 江洪.云杉种群生态学研究[M].北京:中国林业出版社,1992.
- [24] 伍业钢,薛进轩.阔叶红松林红松种群动态的谱分析[J].生态学杂志,1988, 7 (1): 19-23.
- WU Y G, XUE J X. A spectral analysis of the population dynamics of *Pine koraiensis* in the mixed broad-leaved [J]. Chinese Journal of Ecology, 1988, 7(1): 19-23. (in Chinese)
- [25] 吴明作,刘玉萃.栓皮栎种群数量动态的谱分析与稳定性[J].生态学杂志,2000,19 (4): 23-26
- WU M Z, LIU Y C. Spectral analysis of dynamics and stability of *Quercus variabilis* population [J]. Chinese Journal of Ecology, 2000, 19(4): 23-26. (in Chinese)
- [26] 张钦弟,张金屯,苏日古嘎,等.庞泉沟自然保护区华北落叶松种群生命表与谱分析[J].应用与环境生物学报,2010,16(1):1-6.
- [27] 江洪.云杉种群生态学研究[M].北京:中国林业出版社,1992.
- [28] SILVERTOWN J W. 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,1987.