

## 百山祖国家公园五岭坑常绿阔叶林甜槠的种群特征

蔡焕满<sup>1</sup>, 吴素美<sup>1</sup>, 吴逸卿<sup>1</sup>, 熊艳云<sup>1</sup>, 林阳<sup>2</sup>, 毛志斌<sup>2</sup>, 吴友贵<sup>1</sup>, 吴秋丰<sup>1</sup>

(1. 钱江源-百山祖国家公园庆元保护中心, 浙江 庆元 323800; 2. 浙江大学 生命科学院, 浙江 杭州 310058)

**摘要:** 甜槠 *Castanopsis eyrei* 是中亚热带常绿阔叶林的主要建群种, 为了阐明其在百山祖国家公园五岭坑常绿阔叶林的种群特征, 了解种群数量动态和发展趋势, 在该群落 3 个不同海拔各建立 1 个 1 hm<sup>2</sup> 固定监测样地, 将每个样地划分成 400 个 5 m × 5 m 的小样方进行群落调查。结果表明: 从径级结构来看, 甜槠种群稳定, 更新能力强; 除了其中 1 个样地的过熟树为随机分布外, 其余的小树、中树、大树、过熟树均为集群分布, 从小树到中树聚集程度逐渐减少; 在 I ~ III 龄级, 甜槠种群具有较大的生命期望, 随着龄级的增加生命期望逐渐下降, 对 3 个样地的甜槠种群密度进行比较, 发现种群密度较小的样地, 由于种内竞争不激烈, 死亡率小, 因而拥有较大的平均生命期望; 甜槠种群的存活曲线符合 Deevey-II 型, 说明种群在各龄级的死亡率基本相近。

**关键词:** 常绿阔叶林; 甜槠; 径级结构; 空间分布格局; 静态生命表; 存活曲线

中图分类号: S718.54; S792.17 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776(2024)01-0001-07

## The Population Characteristics of *Castanopsis eyrei* in Evergreen Broad-leaved Forest in Wulingkeng of Baishanzu National Park

CAI Huanman<sup>1</sup>, WU Sumei<sup>1</sup>, WU Yiqing<sup>1</sup>, XIONG Yanyun<sup>1</sup>, LIN Yang<sup>2</sup>, MAO Zhibin<sup>2</sup>, WU Yougui<sup>1</sup>, WU Qiufeng<sup>1</sup>

(1. Qingyuan Conservation Center of Qianjiangyuan-Baishanzu National Park, Qingyuan 323800, China; 2. College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

**Abstract:** In August 2022, permanent sample plot with 100 m × 100 m were established in main distribution area of *Castanopsis eyrei* at altitude of 705 m, 827 m and 974 m in evergreen broad-leaved forest in Wulingkeng of Baishanzu National Park, Zhejiang province. Investigations were carried out on population of *C. eyrei*. The result showed that the population of *C. eyrei* was stable and had strong regeneration ability from the view of diameter class structure. Small, medium, large, and over-mature trees were contagious distribution in two sample plot except over-matured trees randomly distributed in one plot. The aggregation degree gradually decreased from small trees to medium trees. At ages I to III, the population of *C. eyrei* had higher life expectancy, and gradually decreased with increase of age. Comparison on population density of *C. eyrei* in three sample plots demonstrated that the smaller density, the higher average life expectancy of the population. The population survival curve of *C. eyrei* conformed to Deevey-II type, indicating that the mortality rate at each age class was similar.

**Key words:** evergreen broad-leaved forest; *Castanopsis eyrei*; diameter class structure; spatial distribution pattern; static life table; survival curve

种群是生态学的重要概念之一, 是同种个体通过种内关系组成的一个统一体或系统<sup>[1]</sup>, 是构成群落的基本单位, 在群落和生态系统中起着重要的作用, 是生态学研究最基本的层次<sup>[2]</sup>。种群生态学研究种群的数量、分

收稿日期: 2023-06-07; 修回日期: 2023-09-28

基金项目: 百山祖国家公园科研项目(2021ZDZX01、2021KFLY10); 中央林业改革发展资金项目(财资环〔2021〕82号)

作者简介: 蔡焕满, 助理工程师, 从事生物多样性保护; E-mail: 307864826@qq.com。通信作者: 吴友贵, 高级工程师, 从事生物多样性保护与研究; E-mail: qywyg@sina.com。

布、生活史格局以及种群与其栖息环境中的非生物因素和其他生物种群的相互作用。种群空间分布格局是种群个体在空间上的配置方式,是物种生物学特征、种间关系及其环境条件综合作用的体现,是种群的重要属性之一<sup>[3]</sup>。种群在一定的空间内都会呈现出一定的分布格局,它能够反映出种内种间关系、环境适应机制、空间异质性等<sup>[4]</sup>。种群动态是种群生态学的核心问题,其研究对象是种群数量在时间和空间上的变化规律<sup>[1]</sup>,研究种群分布格局的目的,不仅在于对种群水平结构进行定量的描述,更重要的是揭示格局的成因以及阐述种群及群落的动态变化<sup>[5]</sup>。静态生命表、存活曲线作为种群结构研究的重要手段,可以揭示种群的分布现状和自然更新策略,对其未来的发展趋势进行预测,有助于进一步了解种群的生物学特性及生态学过程<sup>[6-8]</sup>。

甜槠 *Castanopsis eyrei* 为壳斗科 Fagaceae 锥属 *Castanopsis* 高大木本植物,分布于海拔 300~1 700 m 的混交林或常绿阔叶林中,在浙江、福建、广东、安徽等 10 多个省份有分布<sup>[9]</sup>,是中亚热带常绿阔叶林的主要建群种<sup>[10]</sup>。国内有较多关于甜槠的研究报道,大多集中在群落物种多样性、种群结构特征、种群动态、分布格局、种间关联、土壤有机碳等研究<sup>[10-19]</sup>。百山祖国家公园内的五岭坑区块保存着大面积较为完好的原生常绿阔叶林,群落的建群种为甜槠<sup>[20-21]</sup>。优势种群对群落结构的形成和维持等有重要意义,研究群落优势种群的空间结构与动态,可以理解其空间结构和生态过程,以及这种结构在物种共存或群落构建中的意义<sup>[18]</sup>,有助于认识该种群在群落以及中亚热带常绿阔叶林中的地位和作用<sup>[19]</sup>。当前,对该群落的甜槠种群的研究还是空白,本文通过对五岭坑监测样地的数据分析,研究甜槠种群的龄级结构、空间分布格局、静态生命表以及存活曲线,以了解该群落甜槠种群的现状、生态过程,对将来趋势的预测,为进一步认识甜槠林这一中亚热带典型植被类型特征提供参考,并为百山祖国家公园的生物多样性监测、保护和管理等提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区自然概况

研究区位于钱江源-百山祖国家公园内的五岭坑区块,地理位置为 119°3'10" ~ 119°4'38"E, 27°32'26" ~ 27°34'1"N,面积为 439.3 hm<sup>2</sup>。地处我国东南沿海的闽浙丘陵中山区,主要气候类型为亚热带湿润季风气候,温暖湿润,雨量充沛,相对湿度大。海拔 560~1 300.7 m 区域,以侵蚀地貌为主,山地坡度大多在 30° 以上,基岩为侏罗纪火成岩,其中,海拔 800 m 以上区域,土壤以黄壤为主,海拔 800 m 以下区域,土壤为红壤。土层厚度 0.5~1.0 m,呈弱酸性,枯枝落叶层厚 2~5 cm,腐殖质含量高。该常绿阔叶林群落人为干扰较少,是目前我国中亚热带地区罕见的保存完好的天然植被,具有非常重要的保护和研究价值。群落的优势树种为甜槠、米槠 *C. carlesii*、木荷 *Schima superba*、厚皮香 *Ternstroemia gymnanthera* 等<sup>[20-21]</sup>。

### 1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 2022 年 8 月,参照美国史密森热带森林研究中心 (Center for Tropical Forest Science, CTFS) 样地建设方案,在五岭坑原生常绿阔叶林的主要分布区内建立 3 个完整的 1 hm<sup>2</sup> (100 m × 100 m) 样地,按海拔从低到高设为样地 1、样地 2 和样地 3,3 个样地中心的海拔分别约为 705 m、827 m 和 974 m。将每个样地划分为 400 个 5 m × 5 m 小样方,对所有胸径 ≥ 1 cm 的木本植物进行挂牌并记录树种名称,测量其在所在小样方 (5 m × 5 m) 内的坐标,在距离地表 1.3 m 处用围尺测量胸径,并目测株高、生长状况等。若植株距离地表 1.3 m 以下有分枝,则同样测量分枝的胸径、高度等。用罗盘仪测量坡向、坡度,用鱼眼相机法测定平均郁闭度,用 GPS 测量样地中心海拔<sup>[20-21]</sup>。

1.2.2 径级与龄级划分 根据样地调查所得的胸径 (DBH) 数据,按 5 cm 为一个径级,由于  $DBH < 1.0$  cm 的幼树出生和死亡的时间短、变化快,按照 CTFS 的相关规范没有进行调查,  $1.0 \text{ cm} \leq DBH < 5.0 \text{ cm}$  为 I 径级,  $5.0 \text{ cm} \leq DBH < 10.0 \text{ cm}$  为 II 径级,以此类推,  $DBH \geq 50.0 \text{ cm}$  为 XI 径级。

以空间序列代表时间序列,以径级代表龄级,即 I 径级为 I 龄级,以此类推<sup>[22-23]</sup>。

1.2.3 空间分布格局 根据甜槠种群的生活史特点,按胸径大小将甜槠种群划分成 4 等。第 1 等为小树 ( $1.0 \text{ cm} \leq DBH < 10.0 \text{ cm}$ ); 第 2 等为中树 ( $10.0 \text{ cm} \leq DBH < 20.0 \text{ cm}$ ); 第 3 等为大树 ( $20.0 \text{ cm} \leq DBH < 30.0 \text{ cm}$ );

第4等为过熟树 ( $DBH \geq 30.0$  cm)。本研究中, 在  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$  的尺度下, 采用以下指数对甜槠种群不同大小等级结构的分布格局进行测定。

(1) 方差均值比 ( $C_x$ )。种群空间分布格局是指组成种群的个体在其生活空间的位置状态或布局, 最常用且简便的检验指标是方差/平均数比率<sup>[1,24]</sup>。计算方法如下:

$$C_x = V / m$$

$$V = \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2 / (n - 1)$$

式中,  $V$  为样本的个体数方差;  $m$  为样本在样方中的个体数均值;  $n$  为小样方数;  $x_i$  为某种群第  $i$  样方内的个体数。

根据  $C_x$  值的大小判断种群的分布格局: 当  $C_x \approx 1$  时, 种群为随机分布; 当  $C_x < 1$  时, 种群为均匀分布; 当  $C_x > 1$  时, 种群为集群分布。但实际上, 由于种种原因, 理论值与实际测量值会存在偏差, 因而用  $t$  值检验确定两者的偏离程度,  $t = (C_x - 1) / \sqrt{2 / (n - 1)}$ , 当  $t = t_{0.05}$  时, 理论值与实际测量值差异不显著; 当  $t < t_{0.05}$  时, 符合泊松分布 (即随机分布); 当  $t > t_{0.05}$  时, 表示显著偏离泊松分布, 为集群分布 ( $C_x > 1$ ) 或均匀分布 ( $C_x < 1$ )<sup>[2,25]</sup>。

(2) 负二项参数 ( $K$ )。计算公式为:

$$K = m^2 / (V - m)$$

$K$  值用于判别种群中植株的聚集程度,  $K$  值越小聚集程度越大。

(3) 平均拥挤度 ( $m^*$ )。平均拥挤度指的是每个个体在相同的取样单位中遇到其他个体的平均数<sup>[2]</sup>, 计算公式为:

$$m^* = m + V / m - 1$$

1.2.4 种群静态生命表的编制 根据各个样地的甜槠种群实际存活个体数量, 以第1龄级存活个体数量按1000株进行标准化, 以下各龄级的株数按同比例换算, 绘制静态生命表, 不进行平滑处理。

1.2.5 种群存活曲线的编制 存活曲线直观表述了种群各龄级个体的存活状况。利用甜槠种群各龄级的种群标准化存活数的自然对数绘制存活曲线, 并运用 WPS 表格图表工具进行存活曲线的方程拟合, 若指数方程  $N_x = N_0 e^{-bx}$  拟合效果好 ( $N_x$  为  $x$  龄级时的种群标准化存活数  $l_x$  的自然对数,  $N_0$ 、 $b$  分别为方程拟合的系数, 下同), 则存活曲线为 Deevey-II 型, 代表种群中各龄级个体的死亡率相同; 若幂函数  $N_x = N_0 x^{-b}$  拟合效果好, 则存活曲线为 Deevey-III 型, 表示种群中的幼龄个体具有较高的死亡率, 但随着龄级增加死亡率降低且稳定<sup>[1]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 甜槠种群的径级结构

3 个样地共计有甜槠 864 株, 其中样地 1、样地 2 和样地 3 中各有 109 株、373 株、382 株。随着样地海拔的升高, 样地中的甜槠株数增加, 其中样地 1 中的甜槠数量较少, 明显小于样地 2 和样地 3 中的数量。在样地 1、样地 2 和样地 3 中, 胸径 1~30 cm 的甜槠比例分别占 74.31%、91.42% 和 89.53%。虽然样地 1 中的甜槠个体数量少, 但大径级树木 ( $DBH \geq 30$  cm) 的数量占比大。

由图 1 可知, 3 个样地中甜槠的径级分布均有两个高峰, 其中, 样地 1 和样地 2 中的甜槠径级分布高峰均出现在 I、V 径级, 而样地 3 中的甜槠径级分布高峰出现在 I、III 径级。样地 1 中, 甜槠径级在 VI 径级之后有小

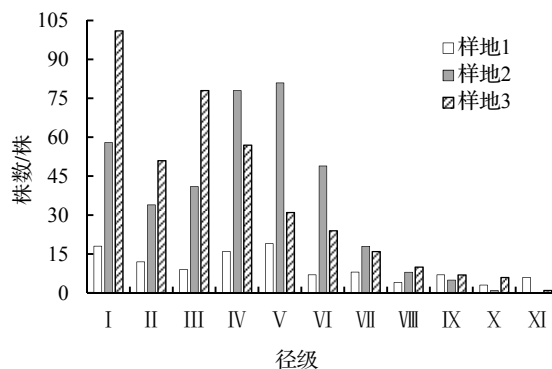


图 1 甜槠种群的径级分布

Fig. 1 Diameter class distribution of *C. eyrei* population

的波动。样地 2 中,甜槠的最大径级为 X 级,在 XI 级的数量为 0。3 个样地的 I ~ III 径级个体均较多,种群更新较好,从发展趋势上看,该群落的甜槠种群比较稳定。

## 2.2 甜槠种群的空间分布格局

由表 1 可知,从方差/均值 ( $C_x$ ) 来看,样地 1 中的小树、中树、大树、过熟树均表现为集群分布。从  $K$  值来看,从小树到中树、大树,聚集程度减少,但从大树到过熟树聚集程度增加。

从方差/均值 ( $C_x$ ) 来看,样地 2 中的小树、中树、大树均为集群分布,但过熟树的  $C_x$  值接近于 1,而且  $t < t_{0.05}(f=99) = 1.984$ ,符合泊松分布,故认为过熟树为随机分布。从  $K$  值来看,从小树、中树、大树到过熟树聚集程度逐渐减少。

从方差/均值 ( $C_x$ ) 来看,样地 3 中的小树、中树、大树、过熟树均表现为集群分布,方差/均值、平均拥挤度都表现出依次减少的规律。从  $K$  值来看,从小树到中树,聚集程度减少,但从中树到大树、过熟树聚集程度增加。

表 1 甜槠种群的分布格局参数  
Tab. 1 Parameters for distribution pattern of *C. eyrei* population

样地	等级	方差 ( $V$ )	平均值 ( $m$ )	方差/均值 ( $C_x$ )	$t$ 值	检验结果	$K$ 值	平均拥挤度 ( $m^*$ )
样地 1	小树	0.576	0.30	1.919	6.467	集群分布	0.326	1.219
	中树	0.371	0.25	1.485	3.411	集群分布	0.516	0.735
	大树	0.356	0.26	1.369	2.597	集群分布	0.704	0.629
	过熟树	0.426	0.28	1.521	3.665	集群分布	0.538	0.801
样地 2	小树	1.286	0.92	1.398	2.802	集群分布	2.310	1.318
	中树	1.751	1.19	1.472	3.319	集群分布	2.522	1.662
	大树	1.808	1.30	1.391	2.750	集群分布	3.326	1.691
	过熟树	0.341	0.32	1.066	0.462	随机分布	4.874	0.386
样地 3	小树	3.646	1.52	2.399	9.841	集群分布	1.087	2.919
	中树	2.149	1.35	1.592	4.164	集群分布	2.281	1.942
	大树	0.856	0.55	1.556	3.915	集群分布	0.988	1.106
	过熟树	0.586	0.40	1.465	3.269	集群分布	0.861	0.865

## 2.3 甜槠种群的静态生命表

以空间序列代表时间序列,以径级代表龄级,将径级从小到大的顺序看作是时间顺序关系,编制甜槠种群静态生命表,结果见表 2。由表 2 可知,在样地 1 中,甜槠种群在 V 龄级的死亡率 ( $q_x$ ) 最大 (63.16%),而在 III、IV、VI、VIII、X 龄级的死亡率为负值,表明这些龄级的种群数量在增长,平均死亡率为 5.72%。从 I 龄级到 III 龄级,甜槠的生命期望 ( $e_x$ ) 增大,在 III 龄级达到最大 (8.28 个龄级),在 III 龄级以后,生命期望快速减少,在 VI 龄级增加,之后有所波动。种群的径级分布波动导致了生命期望波动,平均生命期望为 3.99。

在样地 2 中,甜槠种群除在 XI 龄级没有树木导致 X 龄级的死亡率为 100% 外,在 VI 龄级死亡率最大 (63.27%),而在 II、III、IV 龄级死亡率为负值,平均死亡率为 30.25%,表明这些龄级的种群数量在增长。从 I 龄级到 II 龄级,甜槠的生命期望 ( $e_x$ ) 增大,在 II 龄级达到最大 (8.76 个龄级),在 III 龄级以后,生命期望快速减少,在 VII、VIII 龄级有较小的增加,平均生命期望为 3.00。

在样地 3 中,甜槠种群在 X 龄级死亡率最大 (83.33%),其次为 I 龄级 (49.50%),平均死亡率为 29.01%。甜槠的生命期望最大值也在 II 龄级 (5.01 个龄级),之后逐渐减小,在 V 龄级有较小的增加,平均生命期望为 2.20。

消失率 ( $K_x$ ) 与死亡率表现出一致的规律。

表 2 甜槠种群的静态生命表  
Tab. 2 Static life table of *C. eyrei* population

样地	龄级 ( $x$ )	存活数 ( $A_x$ )	标准化存活数 ( $l_x$ )	$l_x$ 自然对数 ( $\ln l_x$ )	死亡数 ( $d_x$ )	死亡率 ( $q_x$ )	平均存活数 ( $L_x$ )	存活个体总数 ( $T_x$ )	生命期望 ( $e_x$ )	消失率 ( $K_x$ )
样地 1	I	18	1 000	6.91	333	33.33	833	5 556	5.56	40.55
	II	12	667	6.50	167	25.00	583	4 722	7.08	28.77
	III	9	500	6.21	− 389	− 77.78	694	4 139	8.28	− 57.54
	IV	16	889	6.79	− 167	− 18.75	972	3 444	3.88	− 17.19
	V	19	1 056	6.96	667	63.16	722	2 472	2.34	99.85
	VI	7	389	5.96	− 56	− 14.29	417	1 750	4.50	− 13.35
	VII	8	444	6.10	222	50.00	333	1 333	3.00	69.31
	VIII	4	222	5.40	− 167	− 75.00	306	1 000	4.50	− 55.96
	IX	7	389	5.96	222	57.14	278	694	1.79	84.73
	X	3	167	5.12	− 167	− 100.00	250	417	2.50	− 69.31
	XI	6	333	5.81	−	−	167	167	0.50	−
样地 2	I	58	1 000	6.91	414	41.38	793	5 931	5.93	53.41
	II	34	586	6.37	− 121	− 20.59	647	5 138	8.76	− 18.72
	III	41	707	6.56	− 638	− 90.24	1 026	4 491	6.35	− 64.31
	IV	78	1 345	7.20	− 52	− 3.85	1 371	3 466	2.58	− 3.77
	V	81	1 397	7.24	552	39.51	1 121	2 095	1.50	50.26
	VI	49	845	6.74	534	63.27	578	974	1.15	100.14
	VII	18	310	5.74	172	55.56	224	397	1.28	81.09
	VIII	8	138	4.93	52	37.50	112	172	1.25	47.00
	IX	5	86	4.46	69	80.00	52	60	0.70	160.94
	X	1	17	2.85	17	100.00	9	9	0.50	284.73
	XI	0	0	−	−	−	−	−	−	−
样地 3	I	101	1 000	6.91	495	49.50	752	3 282	3.28	68.33
	II	51	505	6.22	− 267	− 52.94	639	2 530	5.01	− 42.49
	III	78	772	6.65	208	26.92	668	1 891	2.45	31.37
	IV	57	564	6.34	257	45.61	436	1 223	2.17	60.91
	V	31	307	5.73	69	22.58	272	787	2.56	25.59
	VI	24	238	5.47	79	33.33	198	515	2.17	40.55
	VII	16	158	5.07	59	37.50	129	317	2.00	47.00
	VIII	10	99	4.60	30	30.00	84	188	1.90	35.67
	IX	7	69	4.24	10	14.29	64	104	1.50	15.42
	X	6	59	4.08	50	83.33	35	40	0.67	179.18
	VI	1	10	2.29	−	−	5	5	0.50	−

注:  $l_x = A_x / A_1 * 1\ 000$ ,  $d_x = l_x - l_{x+1}$ ,  $q_x = d_x / l_x * 100$ ,  $L_x = (l_x + l_{x+1}) / 2$ ,  $T_x = L_x + T_{x+1}$ ,  $e_x = T_x / l_x$ ,  $K_x = (\ln l_x - \ln l_{x+1}) * 100$ 。

2.4 甜槠种群的存活曲线

利用甜槠种群静态生命表的种群标准化存活数的对数值( $\ln l_x$ )及其对应龄级绘制甜槠的种群存活曲线(图 2)。利用 Deevey 所构建的林木 Deevey-Ⅱ、Deevey-Ⅲ型存活曲线的指数和幂函数模型<sup>[1]</sup>, 分别模拟了 3 个样地甜槠种群的存活曲线模型, 所得模型如下:

样地 1 存活曲线模型:

$$N_x = 7.038 e^{-0.023 x} \quad (F = 13.790, R^2 = 0.599, P < 0.01)$$

$$N_x = 7.126 x^{-0.095} \quad (F = 10.175, R^2 = 0.511, P < 0.05)$$

样地 2 存活曲线模型:

$$N_x = 8.695 e^{-0.077 x} \quad (F = 15.567, R^2 = 0.629, P < 0.05)$$

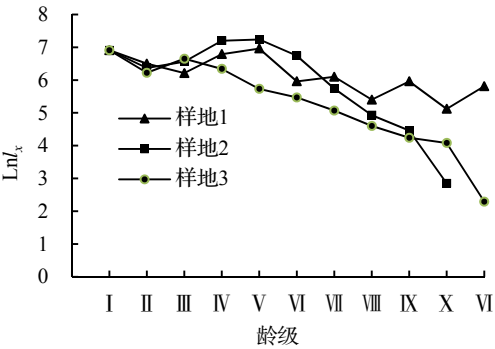


图 2 甜槠种群存活曲线

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

$$N_x = 8.285 x^{-0.247} \quad (F = 7.274, R^2 = 0.383, P < 0.1)$$

样地 3 存活曲线模型:

$$N_x = 8.369 e^{-0.085 x} \quad (F = 55.463, R^2 = 0.789, P < 0.01)$$

$$N_x = 8.406 x^{-0.322} \quad (F = 41.554, R^2 = 0.576, P < 0.01)$$

上述各式中,  $N_x$  为  $x$  龄级时的种群标准化存活数的自然对数值。

从相关系数来看, 3 个样地的指数方程拟合效果均较好, 因此以指数模型用来描述甜槠种群更为贴切, 即 Deevey-Ⅱ 型存活曲线用来描述甜槠种群更加合适, 说明甜槠种群在各龄级的死亡率基本相近。

### 3 结论与讨论

植物种群结构是植物对自然环境因子适应性的体现, 能够反映种群内部个体生长发育的过程, 在不同的演替阶段有不同的种群结构, 所以种群结构能够体现种群的生存现状和发展趋势<sup>[26]</sup>。本研究中, 虽然是在同一座山体, 但因群落所在的海拔不同、地形不同以及干扰强度不同, 甜槠的种群结构并不完全相同。在最低海拔的样地 1 中, 甜槠的重要值 (7.64%) 位列第 2, 米槠的重要值位列第 1 (8.92%), 甜槠的个体数量仅为 109 株, 但  $DBH \geq 30$  cm 的大径级树木占比大 (占 25.69%)。而在海拔较高的样地 2 和海拔最高的样地 3 中, 甜槠的重要值均位列第 1, 分别为 18.39% 和 12.32%, 个体数量均超过 300 株, 但  $DBH \geq 30$  cm 的大径级树木均仅占 10% 左右。人为干扰对森林群落的影响可以通过群落结构的变化而直接显现<sup>[27]</sup>, 杨梅研究认为甜槠在轻度干扰条件下保持较为完整的年龄结构, 而且在受到重度干扰后因其恢复能力强而始终处于优势地位<sup>[13]</sup>。3 个样地的径级分布均除 I 径级高峰外, 还有另外一个高峰 (样地 1 与样地 2 在 V 径级, 样地 3 在 III 径级), 这种径级结构可能与早年的林木采伐有直接关系。经考证, 在 1985 年, 庆元县林业科学研究所曾在该群落间伐过杉木 *Cunninghamia lanceolata* 和马尾松 *Pinus massoniana* 商品材, 形成一定的林隙, 在不同程度上改善了林下光照条件, 从而促进了甜槠幼苗和幼树的生长, 但随着林分的进一步郁闭, 林下光照减弱, 幼苗和幼树的生长受到一定的限制。

种群空间分布格局是生物和生态过程 (生态位、扩散限制、环境过滤、密度制约等过程) 相互作用的结果<sup>[28]</sup>。种群格局的形成, 一方面取决于物种自身特性, 另一方面则与群落环境密切相关, 群落环境包括生物因子和非生物因子<sup>[24]</sup>。集群分布是最为广泛的一种分布格局, 在自然条件下, 大多数植物种群都是集群分布的<sup>[28-30]</sup>。国内对甜槠种群的分布格局研究较多, 甜槠种群大部分为集群分布, 随着种群年龄的增加和径级的增大, 分布格局由集聚分布变为随机分布, 并且集群程度有降低的趋势<sup>[12-19]</sup>。随着树木的生长, 密度制约、非对称竞争、有害生物作用等将导致部分个体死亡, 从而使个体之间的距离增大, 聚集程度会有所降低, 物种空间分布随着径级的增大由聚集变成随机或者均匀分布的趋势已经在多个森林群落中得到验证<sup>[28-31]</sup>。五岭坑常绿阔叶林甜槠种群从小树到大树均表现为集群分布, 过熟树有集群分布 (样地 1 和样地 3), 也有呈随机分布 (样地 2)。该群落甜槠种群的聚集程度有随着径级的增大而减少的趋势, 但样地 1 中的过熟树和样地 3 中的大树、过熟树聚集程度却有所增加。样地 2 中甜槠种群的分布格局与徐学红等对浙江古田山甜槠种群的研究结果基本相同<sup>[19]</sup>, 而样地 1、样地 3 中甜槠种群的分布格局与李立等对古田山 24 hm<sup>2</sup> 固定样地甜槠种群的研究结果基本相似<sup>[18]</sup>。

静态生命表是根据某一特定时间对种群的年龄结构编制的, 假定种群个体经历了同样的环境条件, 虽然有一定的局限性, 但在难以获得动态生命数据时, 如果应用得法, 还是有价值的<sup>[1]</sup>。甜槠种群的期望寿命在 II 龄级或 III 龄级达到最大值, 之后随着龄级的增加而逐渐减小。随着树木的生长, 所需的生存资源和空间增多, 自疏和他疏情况加剧, 所以导致期望寿命逐渐下降<sup>[32]</sup>。相比较而言, 样地 1 中甜槠种群数量少, 种内竞争不激烈, 受密度制约不明显, 死亡率小, 因而其平均生命期望远大于另外两个样地。

利用种群结构特征能够分析种群的过去, 并预测种群将来的发展趋势, 但利用 1 次调查数据进行分析或多或少存在一定的局限性。今后每隔 5 a, 我们将对固定监测样地开展一次复查。如果需要更加全面而准确地掌握

五岭坑常绿阔叶林甜槠及其他物种的种群特征和动态变化情况, 还有赖于积累连续几次的复查数据。

## 参考文献

- [1] 杨持. 生态学: 第2版[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008: 44–67.
- [2] 陈德良, 顾莎莎, 丁炳扬, 等. 百山祖木荷的种群结构与分布格局[J]. 浙江林业科技, 2015, 35(1): 1–7.
- [3] 马世俊. 生态学发展趋势[J]. 生态学进展, 1998, 5(1): 1–2.
- [4] 张育新, 马克明, 祁健, 等. 北京东灵山海拔梯度上辽东栎种群结构和空间分布[J]. 生态学报, 2009, 29(6): 2789–2796.
- [5] 徐连秀. 短花针茅荒漠草原植物群落空间分布格局研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2008.
- [6] 王进, 姚兰, 艾训儒, 等. 鄂西南不同区域亮叶桦种群结构与动态特征[J]. 应用生态学报, 2020, 31(2): 357–365.
- [7] 杨立荣, 张治礼, 云勇, 等. 濒危植物海南龙血树的种群结构与动态[J]. 生态学报, 2018, 38(8): 2802–2815.
- [8] 姜在民, 和子森, 宿昊, 等. 濒危植物羽叶丁香种群结构与动态特征[J]. 生态学报, 2018, 38(7): 2471–2480.
- [9] WU Z Y, PETER H R, HONG D Y. Flora of China (Vol.4)[M]. Beijing: Science Press, 1999: 314–327.
- [10] 赵青, 刘爽, 陈凯, 等. 武夷山自然保护区不同海拔甜槠天然林土壤有机碳变化特征及影响因素[J]. 生态学报, 2021, 41(13): 5328–5339.
- [11] 林苗芳, 叶文, 邓双文, 等. 广东优势群落甜槠林多样性研究[J]. 植物科学学报, 2019, 37(3): 348–355.
- [12] 王甜. 甜槠种群结构与动态规律的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2010.
- [13] 杨梅. 不同人为干扰强度甜槠群落结构特征及种群动态的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2004.
- [14] 李小东, 丁晖, 吴俊, 等. 黄山常绿阔叶林优势种群甜槠的种群动态与点格局分析[J]. 西北植物学报, 2018, 38(11): 2110–2119.
- [15] 颜玉娟, 谢红梅, 陈星可, 等. 湖南阳明山甜槠次生林优势种群结构与分布格局研究[J]. 林业资源管理, 2016(3): 61–66.
- [16] 季凡, 袁位高, 吴初平, 等. 不同树龄次生甜槠木荷林的树种组成与空间结构比较研究[J]. 浙江林业科技, 2019, 39(1): 9–15.
- [17] 许宝坤, 许晓岗, 李垚, 等. 黄山常绿阔叶林甜槠群落优势种群间关联分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(4): 77–84.
- [18] 李立, 陈建华, 任海保, 等. 古田山常绿阔叶林优势树种甜槠和木荷的空间格局分析[J]. 植物生态学报, 2010, 34(3): 241–252.
- [19] 徐学红, 于明坚, 胡正华, 等. 浙江古田山自然保护区甜槠种群结构与动态[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 645–653.
- [20] 周荣飞, 吴友贵, 叶珍林, 等. 百山祖保护区低山常绿阔叶林的群落特征和 $\alpha$ 多样性[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(3): 62–66.
- [21] 周荣飞, 吴义松, 蔡焕满, 等. 浙江五岭坑原生常绿阔叶林群落的动态特征[J]. 浙江林业科技, 2022, 42(5): 1–8.
- [22] 刘贵峰, 程伟燕, 刘玉平, 等. 大青沟自然保护区主要森林群落优势种的种群结构与动态[J]. 西北植物学报, 2014, 34(4): 843–850.
- [23] 吴友贵, 许大明, 兰荣光, 等. 百山祖常绿阔叶林优势种群枯死木的结构特征[J]. 植物研究, 2015, 35(3): 436–442.
- [24] 张金屯. 数量生态学: 第2版[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 248–258.
- [25] 党海山, 江明喜, 田玉强, 等. 后河自然保护区珍稀植物群落主要种群结构及分布格局研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2206–2210.
- [26] 舒琪, 胡璇, 徐瑞晶, 等. 海南岛甘什岭青梅种群结构与动态[J]. 林业科学, 2020, 56(5): 160–167.
- [27] 郝建锋, 王德艺, 唐永彬, 等. 人为干扰对江油地区马尾松人工林群落结构和物种多样性的影响[J]. 生态环境学报, 2014, 23(5): 729–735.
- [28] GUO Y L, LU J M, FRANKLIN S B, et al. Spatial distribution of tree species in a species-rich subtropical mountain forest in central China[J]. Can J For Res, 2013, 43(9): 826–835.
- [29] WANG X G, YE J, LI B H, et al. Spatial distributions of species in an old-growth temperate forest, northeastern China[J]. Can J For Res, 2010, 40(6): 1011–1019.
- [30] LI L, HUANG Z L, YE W H, et al. Spatial distributions of tree species in a subtropical forest of China[J]. Oikos, 2009, 118(4): 495–502.
- [31] 丁文勇. 浙江省几个自然保护区代表性森林群落基本特征及构建机制研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [32] 董灵波, 马榕, 田栋元, 等. 大兴安岭天然林不同演替阶段共优势种群结构与动态[J]. 应用生态学报, 2022, 33(8): 2077–2087.