

粤北常绿阔叶林乔木优势种群结构与格局动态

马旭东, 区余端, 刘刚, 黎孟昭, 苏志尧

(华南农业大学林学院, 广东广州 510642)

摘要:在粤北车八岭自然保护区内选择具有代表性的常绿阔叶林群落设置 2 hm² 的固定样地, 应用相邻格子法进行每木调查, 分析乔木层优势种群结构、分布格局及生态位特征, 探讨群落结构和动态及其内在联系. 结果表明: (1) 该群落主要优势种为米锥 *Castanopsis carlesii*, 乔木层优势树种径级结构为“L”型, 群落处于相对稳定的增长阶段; (2) 结合垂直分布型结构与生态位宽度分析, 可知群落中米锥、荷木 *Schima superba* 等占据资源位较多, 个体数量及幼苗储备丰富, 对资源的竞争力最大; 鸭公青 *Neolitsea chunii* 及栓叶安息香 *Styrax suberifolia* 等次之, 尾尖叶桉 *Eurya acuminata* 对资源的利用和竞争力最差; (3) 应用方差均值比、Lloyd 平均拥挤度和聚块指数以及负二项分布指数对优势种群进行格局分析, 各种群整体格局均为集群分布, 但是在不同的发育阶段, 随着径阶增加, 种群格局逐渐由集群分布过渡到随机分布. 这既与物种本身的生态和生物学特性有关, 也与外界环境有密切关系.

关键词:常绿阔叶林; 种群结构; 生态位宽度; 分布格局; 车八岭国家级自然保护区

中图分类号: Q145

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)02-0072-06

Structure and Distribution Patterns of Dominant Populations in an Evergreen Broadleaved Forest in North Guangdong Province

MA Xu-dong, OU Yu-duan, LIU Gang, LI Meng-zhao, SU Zhi-yao

(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Field data were obtained by sampling contiguous grid quadrat method in the 2 hm² evergreen broadleaved forest permanent plot established in Chebaling National Nature Reserve, Shixing County, north Guangdong Province. Through analyses of dominant population structure, distribution pattern and niche characteristics, community dynamics and its underlying relations to the tree layer were discussed. The results indicated that 1) the most dominant tree species in the community was *Castanopsis carlesii* and the size-class distribution of the dominant species showed an L-shaped structure, showing that the community was in a growing and stable increasing period; 2) as for the vertical distribution structure and niche breadth, it was found that *Castanopsis carlesii* and *Schima superba*, which were abundant in individuals and sapling reserves, had greater niche breadth and more superior in resource utilization. The resource utilization ability of some species including *Neolitsea chunii* and *Styrax suberifolia* were less, while *Eurya acuminata* was the least; and 3) the distribution pattern of dominant populations analyzed using *t*-test of variance to mean ratio, Lloyd's index and negative binomial parameter, were clumped as a whole. However, the distribution patterns changed from clumped into random with the time during development period, while the clumped intensity of different populations reduced gradually, which was not only closely related to ecological and biological characteristics of species, but also to its environment.

Key words: evergreen broadleaved forest; population structure; niche breadth; distribution pattern; Chebaling National Nature Reserve

收稿日期: 2009-07-13

作者简介: 马旭东(1986—), 女, 硕士研究生; 通信作者: 苏志尧(1963—), 男, 教授, 博士, E-mail: zysu@scau.edu.cn

基金项目: 广东省科技计划项目(2008A020100013); 广东省林业科技计划项目(2008-10)

种群是构成群落的基本单位,其结构不仅对群落结构有直接影响,并能客观体现群落的发展、演变趋势,在很大程度上反映了种群与环境间的相互关系及他们在群落中的作用和地位^[1-2].因而,种群的结构和空间分布格局是植物种群学家近几十年来所关心的主题和研究热点^[3],研究森林群落优势种群结构和空间分布格局对探讨森林生态系统的原始性、可持续性、群落稳定性、演替规律以及物种的生态学更新特征等非常重要^[4-7].我国亚热带常绿阔叶林群落类型丰富,生物多样性较高,对保护环境、维持全球性碳循环的平衡和人类可持续发展都具有极其重要的作用^[8].车八岭国家级自然保护区位于广东省东北部的始兴县,是南亚热带边缘面积较大、分布较集中、保护较完整的中亚热带常绿阔叶林^[9-10].本研究在车八岭自然保护区中选择具有代表性的地段设置样方进行调查,对群落的优势种群结构和分布格局进行分析,旨在探讨种群动态和分布格局的成因,为车八岭自然保护区乃至华南地区常绿阔叶林种群恢复和保育提供科学依据.

1 研究地概况

车八岭国家级自然保护区地处广东省东北部,位于 $114^{\circ}09'04'' \sim 114^{\circ}16'46''E$, $24^{\circ}40'29'' \sim 24^{\circ}46'21''N$,面积 $7\,545\text{ hm}^2$.该地区属于亚热带季风型气候区,全年热量充分,冷暖交替明显,年平均气温 $19.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均降水量 $1\,500\text{ mm}$ ^[9],降雨主要集中在春末夏初,年平均蒸发量 $1\,356.1\text{ mm}$,年平均相对湿度 79.7% .保护区地质构造复杂,地貌类型多样,基带土壤为红壤.地带性典型植被为亚热带常绿阔叶林,动植物资源丰富^[10],区内的优势物种主要为壳斗科 Fagaceae、樟科 Lauraceae、茶科 Theaceae、木兰科 Magnoliaceae、杜英科 Elaeocarpaceae、安息香科 Styracaceae 和金缕梅科 Hamamelidaceae 等科的植物.

2 研究方法

2.1 样地设计及调查方法

2008年8月在车八岭自然保护区山地常绿阔叶林内设置面积 2 hm^2 的样地,划分为50个 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的样方,记录每个样方的坡度、海拔、坡位以及群落郁闭度等.采用相邻格子法进行调查,对样方内胸径(DBH) 1.0 cm 以上的乔木进行每木检尺,记录植物种名、胸径、树高、枝下高和冠幅等.在样方四角和中心分别设置 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 的小样方,记录乔木幼苗以及灌草植物的种类、高度、多度和盖度.

2.2 数据分析

2.2.1 重要值 重要值 = (相对多度 + 相对频度 + 相对显著度) / 3,运用软件 PCORD5.0 计算群落各物种重要值.其中,相对多度 = 某一物种个体数 / 同一生活型所有物种个体总数 $\times 100\%$,相对频度 = 某一物种频度 / 同一生活型所有物种频度总和 $\times 100\%$,相对显著度 = 某一物种胸径断面积之和 / 同一生活型所有物种胸径断面积之和 $\times 100\%$.

2.2.2 径级划分 林木大小结构等级存在多种划分标准,本文根据样地实测 DBH 的数值分布特点,按照等比递增的原则,将植物种群按以下标准划分为4个径级:I级:DBH为 $1 \sim 5\text{ cm}$;II级:DBH为 $5 \sim 15\text{ cm}$;III级:DBH为 $15 \sim 45\text{ cm}$;IV级:DBH $>45\text{ cm}$.

2.2.3 群落立木级分析 由于优势种胸径与高生长是相关的^[11],故此处用立木径级结构代替林层结构分析种群动态.垂直结构按如下方式处理:I径级立木为L层,II径级为 M_1 层,III径级为 M_2 层,IV径级为U层.以不同林层为一维资源位,采用 Shannon-Wiener 指标^[12]计算生态位宽度.

2.2.4 种群分布格局 对胸径大于 1 cm 的优势种个体进行空间分布的测定,离散分布理论拟合采用方差/均值的 t 检验方法;聚集强度指标采用负二项式分布指数、Lloyd平均拥挤度指数和聚块指数^[7-8].

3 结果与分析

3.1 优势种群的确定

根据重要值确定群落优势种群组成,结果如表1所示.重要值较高的植物均为常绿阔叶树种且多为壳斗科、茶科和樟科植物,如米锥 *Castanopsis carlesii*、荷木 *Schima superba*、黄樟 *Cinnamomum porrectum* 等.该常绿阔叶林群落以米锥为明显优势物种,其重要

表1 群落优势树种重要值

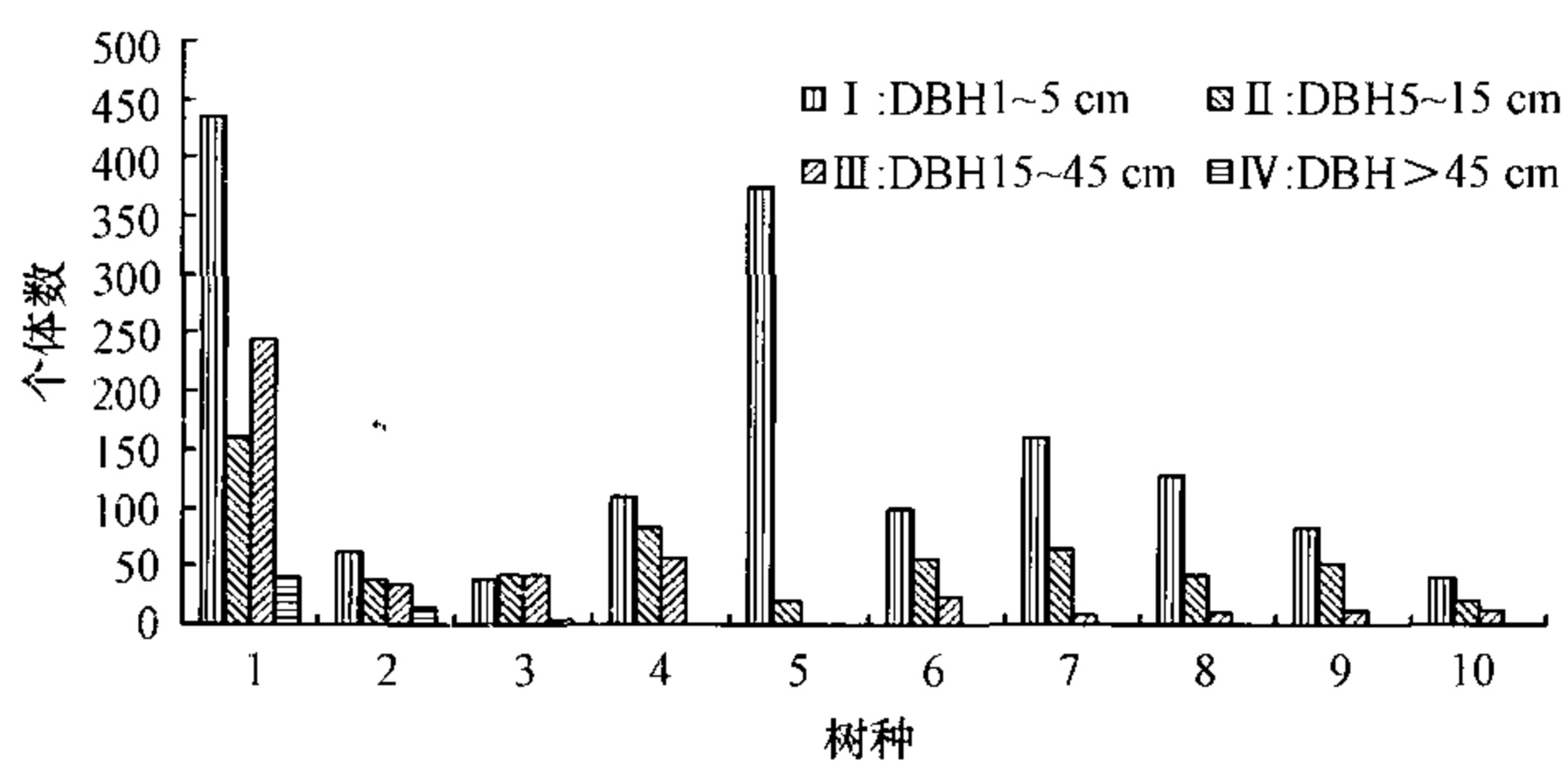
Tab.1 Importance values of dominant tree species in the community

树种	相对频度	相对多度	相对显著度	重要值
米锥 <i>Castanopsis carlesii</i>	4.22	19.99	37.30	20.50
荷木 <i>Schima superba</i>	3.29	3.38	10.82	5.83
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i>	3.29	2.90	8.58	4.92
鸭公树 <i>Neolitsea chunii</i>	3.89	5.67	3.98	4.51
尾尖叶柃 <i>Eurya acuminata</i>	3.63	8.91	0.47	4.34
栓叶安息香 <i>Styrax suberifolia</i>	3.72	4.12	2.84	3.56
华南樟 <i>Cinnamomum austro-sinensis</i>	3.63	5.28	1.27	3.39
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	3.38	4.44	1.40	3.07
微毛山矾 <i>Symplocos wikstroemiiifolia</i>	3.63	3.38	1.00	2.67
黄樟 <i>Cinnamomum porrectum</i>	2.36	1.65	3.41	2.48

值达 20.50,明显高于其他物种,且相对频度、相对多度和相对显著度均居于首位. 荷木的重要值为 5.83,其他物种的重要值均小于 5,如尾尖叶桉 *Eurya acuminata*、华南樟 *Cinnamomum austro-sinensis* 等,虽然数量多但相对显著度较小.

3.2 优势种群结构分析

3.2.1 种群径级结构 种群年龄结构的分析是揭示种群结构现状和更新策略的重要途径之一,是探索种群动态的有效方法^[13],由于天然次生林乔木种群个体年龄难以确定,所以本文采用以立木胸径代替年龄对乔木种群的年龄结构进行分析. 2 hm² 样地群落中主要树种各径级数量统计见图 1. 除栲树 *Castanopsis fargesii* 外,其余几种植物均有一定数量的幼苗储备,径级分布为 L 形,表现为增长趋势种群,说明群落处于相对稳定状态. 栲树在 I 径级数量较 II、III 径级少,分布为倒 L 型,略呈现出衰退趋势.



1:米锥 *Castanopsis carlesii*; 2:荷木 *Schima superba*; 3:栲树 *Castanopsis fargesii*; 4:鸭公树 *Neolitsea chunii*; 5:尾尖叶桉 *Eurya acuminata*; 6:栓叶安息香 *Styrax suberifolia*; 7:华南樟 *Cinnamomum austro-sinensis*; 8:石栎 *Lithocarpus glaber*; 9:微毛山矾 *Symplocos wikstroemiifolia*; 10:黄樟 *Cinnamomum porrectum*.

图 1 优势种群径级结构

Fig. 1 The size-class structure of dominant tree species

3.2.2 水平与垂直结构 各优势种群的水平及垂直结构如表 2 所示. 米锥数量最多,为 882 株,且在样方中出现的频度为 100%,是群落中分布最广泛物

种,其余几种植物在样方中出现频度均在 80% 左右.

在该群落中,垂直结构呈现 U M₁ M₂ L 分布型的树种有米锥、荷木、栲树和黄樟,在群落里占据资源位多,生态位宽度也较大,对群落资源利用充分. 鸭公树 *Neolitsea chunii*、栓叶安息香 *Styrax suberifolia*、华南樟、石栎 *Lithocarpus glaber* 和微毛山矾 *Symplocos wikstroemiifolia* 的分布型均为 M₁ M₂ L,生态位宽度分别为 0.466、0.426、0.322、0.329 和 0.401. 尾尖叶桉虽然数量较多,但呈现出 M₂ L 分布型,说明其主要占据群落中下层,这一方面是由于生境条件影响,另外也与物种生物学特性有密切关系,其生态位宽度最小,仅为 0.094.

表 2 优势种群水平与垂直结构

Tab. 2 Vertical and horizontal structure of dominant tree species

树种	频度/%	株数	垂直分布型	生态位宽度
米锥 <i>Castanopsis carlesii</i>	100	882	U M ₁ M ₂ L	0.502
荷木 <i>Schima superba</i>	78	149	U M ₁ M ₂ L	0.555
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i>	76	129	U M ₁ M ₂ L	0.521
鸭公树 <i>Neolitsea chunii</i>	90	250	M ₁ M ₂ L	0.466
尾尖叶桉 <i>Eurya acuminata</i>	86	392	M ₂ L	0.094
栓叶安息香 <i>Styrax suberifolia</i>	88	186	M ₁ M ₂ L	0.426
华南樟 <i>Cinnamomum austro-sinensis</i>	88	233	M ₁ M ₂ L	0.323
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	82	196	M ₁ M ₂ L	0.329
微毛山矾 <i>Symplocos wikstroemiifolia</i>	90	149	M ₁ M ₂ L	0.401
黄樟 <i>Cinnamomum porrectum</i>	56	74	U M ₁ M ₂ L	0.462

3.3 优势种群分布格局

种群分布格局由种群本身生物学特性和环境条件的综合影响所决定^[14],是种群研究的重要内容,是种群的重要结构特征之一^[15]. 通过对各样方优势种群的测定,分析了该群落内优势种群的分布格局(表 3). 各种群总体均表现为集群分布,米锥、栲树、鸭公树

表 3 优势种群分布格局

Tab. 3 Distribution patterns of dominant tree species

树种	方差/均值	t 值	格局类型 ¹⁾	平均拥挤度	聚块指数	负二项指数
米锥 <i>Castanopsis carlesii</i>	9.075	39.947	C	26.657	1.459	2.180
荷木 <i>Schima superba</i>	3.156	10.672	C	5.176	1.714	1.401
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i>	1.900	4.453	C	3.440	1.354	2.824
鸭公树 <i>Neolitsea chunii</i>	2.205	5.966	C	6.165	1.243	4.116
尾尖叶桉 <i>Eurya acuminata</i>	7.276	31.069	C	14.176	1.794	1.259
栓叶安息香 <i>Styrax suberifolia</i>	2.632	8.081	C	5.272	1.448	2.230
华南樟 <i>Cinnamomum austro-sinensis</i>	3.842	14.068	C	7.502	1.610	1.640
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	3.186	10.822	C	5.786	1.607	1.647
微毛山矾 <i>Symplocos wikstroemiifolia</i>	2.082	5.355	C	4.042	3.097	2.737
黄樟 <i>Cinnamomum porrectum</i>	2.599	7.916	C	1.365	2.080	0.926

1) C: 集群分布.

和栓叶安息香的聚块指数值较小且负二项分布指数值较大,这几个物种的种群分布格局聚集强度弱,荷木、尾尖叶桫等物种的聚集强度大.但是,在不同生长阶段分布格局则逐渐发生变化.由表4可以看出,米锥、荷木、尾尖叶桫、栓叶安息香和华南樟从I径级到IV径级,种群分布格局均由集群分布逐渐向随机分布过渡,鸭公树和石栎在各径级均为集群分布,栲树在I、II径级时表现为随机分布,III、IV径级又

由集群分布转变为随机分布.在种群格局由集群分布向随机分布过渡的过程中,表现出负二项分布指数增加,而聚块指数减小,在II或III径级时负二项分布指数值最大而聚块指数值最小的总体趋势,即随着时间变化,各物种分布格局聚集强度逐渐减小,呈现出扩散趋势.米锥、荷木、栲树和黄樟这4个物种在IV径级均为随机分布,这主要是由于竞争等原因造成该径级的物种数量减少,从而呈现随机分布.

表4 优势种群不同径级分布格局¹⁾

Tab.4 Distribution patterns of dominant tree species grouped by size classes

树种	径级	方差/均值	<i>t</i>	格局类型 ²⁾	平均拥挤度	聚块指数	负二项指数
米锥 <i>Castanopsis carlesii</i>	I	8.155	35.421	C	15.692	1.804	1.216
	II	3.456	12.604	C	5.675	1.773	1.257
	III	4.367	16.668	C	8.180	1.669	1.455
	IV	0.918	-0.404	R	0.700	0.875	-9.800
荷木 <i>Schima superba</i>	I	2.261	6.245	C	2.476	1.965	0.999
	II	2.161	5.746	C	1.897	2.433	0.672
	III	1.467	2.312	C	1.118	1.644	1.456
	IV	0.986	-0.067	R	0.267	0.889	-22.500
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i>	I	1.373	1.845	R	1.105	1.454	2.039
	II	1.378	1.871	R	1.190	1.417	2.222
	III	2.136	5.625	C	1.953	2.271	0.757
	IV	0.939	-0.303	R	0.000	0.000	-1.307
鸭公树 <i>Neolitsea chunii</i>	I	2.579	7.816	C	3.727	1.694	1.393
	II	1.786	3.891	C	2.390	1.457	3.267
	III	1.991	4.907	C	2.071	1.849	1.130
	IV	-	-	-	-	-	-
尾尖叶桫 <i>Eurya acuminata</i>	I	7.392	31.643	C	13.744	1.833	1.173
	II	1.122	0.606	R	0.500	1.250	3.267
	III	-	-	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-
栓叶安息香 <i>Styrax suberifolia</i>	I	2.694	8.386	C	3.640	1.820	1.181
	II	1.468	2.318	C	1.579	1.385	2.434
	III	1.327	1.616	R	0.800	1.600	1.531
	IV	-	-	-	-	-	-
华南樟 <i>Cinnamomum austro-sinensis</i>	I	3.954	14.624	C	6.075	1.898	1.083
	II	2.233	6.106	C	2.469	1.929	1.038
	III	1.063	0.314	R	0.222	1.235	2.835
	IV	-	-	-	-	-	-
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	I	2.872	9.270	C	4.375	1.709	1.367
	II	1.475	2.353	C	1.286	1.531	1.768
	III	1.429	2.122	C	0.600	3.000	0.467
	IV	-	-	-	-	-	-
微毛山矾 <i>Symplocos wikstroemiifolia</i>	I	1.910	4.507	C	2.530	1.524	1.823
	II	1.686	8.396	C	1.692	1.627	1.516
	III	1.383	1.896	R	0.615	2.367	3.746
	IV	-	-	-	-	-	-
黄樟 <i>Cinnamomum porrectum</i>	I	3.163	10.709	C	2.900	3.625	0.370
	II	1.122	0.606	R	0.500	1.250	3.267
	III	1.069	0.342	R	0.308	1.183	3.764
	IV	1.000	0.000	R	0.000	0.000	0.000

1) -:表示样地中缺少该径级分布;2)C:集群分布;R:随机分布.

4 讨论

4.1 种群结构与生态位

车八岭自然保护区森林类型主要是以天然次生林为主,在20世纪50年代遭到破坏后,经过五六十年恢复,现已发展成为比较完整的林型,各主要优势树种已进入主林层,如米锥、荷木等.对该群落胸径大于1 cm的树木进行种群结构分析可知,各主要树种现阶段幼树、中树和成树各径级结构完整,且有一定数量的幼树贮备维持更新,群落处于相对稳定的状态.

生态位理论对于认识种间/种内竞争和森林群落结构及演替的生理生态机制具有重要的意义^[16-17],当物种占据资源位越多且每个资源位的个体数相等也即其对所有资源状态不加区别地利用时,具有较宽的生态位^[12].一个植物群落内部,在最有利于某植物更新繁衍的地方,该物种竞争能力最强,才会完成发育的全过程进而占据这些生态位^[18].将种群结构分析与生态位宽度相结合,能清楚地了解种群的资源利用状况及其在群落中所处的地位和竞争力,对群落结构有更透彻的认识.在车八岭保护区的米锥群落中,米锥、荷木、栲树和黄樟的分布型为UM₁M₂L,生态位宽度分别为0.502、0.555、0.521和0.462,这几种植物在各生态位均有个体分布,能够对群落各个层次资源进行充分利用.分布型为M₁M₂L的种群鸭公树、栓叶安息香、华南樟和石栎径级分布均为L型,且个体数量相差不大,由生态位宽度可以看出,在内部结构和资源利用能力方面,鸭公树优于栓叶安息香,更优于华南樟.尾尖叶栎的分布型只占据2个资源位,且主要分布在I径级,占总数量的94.937%,因此生态位宽度较小,仅为0.094.在各层结构中仅能利用下层资源,对群落资源的利用有明显偏向性,竞争力有限.

4.2 种群分布格局

从整个群落来看,各优势种群分布格局均呈集群分布.有研究^[12,19-20]表明,绝大多数天然优势种群都服从集群分布,集群分布是自然界最常见的分布,该保护区米锥群落主要树种分布格局与这些研究一致.同时,植物种群特别是长生命期的植物,在其发展过程中,分布格局并不是一成不变的,而是随时间变化表现出动态变化过程^[21].Condit等^[4]指出,大径阶种群的聚集强度逐渐变小,该群落中,除栲树外的各主要树种分布格局随径阶增加由集群向随机过渡,负二项分布指数值增加,聚块指数减小,呈现扩散趋势.

种群格局的形成,一方面决定于种自身的特性,另一方面则与群落环境密切相关^[22].幼苗幼树时期,种群分布与种子传播密切相关.在群落中,米锥、荷木、石栎等果实是以重力传播为主,成熟果实和种子都集中分布在母树周围,在种子萌发和幼树生长的相当长时期内群落呈现出集群分布.随着时间和环境的变化,种群个体对环境的要求加强,种间种内的竞争加剧,种群出现自疏现象,密度和聚集强度下降,逐渐趋向于随机分布.种群在幼年阶段聚集强度高有利于存活和发挥群体效应,而成年时个体增大,为获得足够的环境资源数量减少,聚集强度降低,这也是种群的一种生存策略或适应机制^[23].因此,各树种在发育过程中随时间由集群分布走向随机分布.另一方面,赖江山等^[8]也曾指出,种群分布格局和种群数量变化具有相关性,车八岭保护区米锥群落优势种群的分布格局与种群数量的关系也有相似表现,如栲树种群在I、II径阶因数量较少导致格局倾向于随机分布,在III径阶种群数量增多,表现为集群分布.另外,因2 hm²样地不是环境完全等质的地面,地形对分布格局也可能存在影响,具体地形差异与种群分布格局之间的关系,有待于进一步研究.

参考文献:

- [1] 苏志尧,吴大荣,陈北光.粤北天然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.
- [2] 韩路,王海珍,彭杰.塔里木河上游灰叶胡杨种群结构与空间格局研究[J].塔里木大学学报,2008,20(3):67-71.
- [3] 赵常明,陈庆恒,乔永康,等.青藏高原东缘岷江冷杉天然群落的种群结构和空间分布格局[J].植物生态学报,2004,28(3):341-350.
- [4] CONDIT R, ASHTON P S, BAKER P, et al. Species spatial patterns in the distribution of tropical tree[J]. Science, 2000,288:1414-1418.
- [5] MIYADOKORO T, NISHIMURA N, YAMAMOTO S. Population structure and spatial patterns of major trees in a sub-alpine old-growth coniferous forest[J]. Forest Ecology and Management, 2003,182:259-272.
- [6] 刘足根,朱教君,袁小兰,等.辽东山区次生林主要树种种群结构和格局[J].北京林业大学学报,2007,29(1):12-18.
- [7] 黄云鹏.格氏栲群落的林木组成及其空间分布格局[J].西南林学院学报,2009,29(1):17-21.
- [8] 赖江山,张溢,谢宗强.三峡库区常绿阔叶林优势种群的结构和格局动态[J].生态学报,2006,26(4):1073-1079.
- [9] 徐燕千.车八岭国家级自然保护区调查研究综合报告[C]//徐燕千.车八岭国家级自然保护区调查研究论

- 文集. 广州:广东科技出版社,1993:1-7.
- [10] 李石周. 车八岭自然保护区的特点及评价[J]. 生态科学,1991(1):41-45.
- [11] 苏志尧,吴大荣,陈北光. 粤北天然优势种群生态位研究[J]. 应用生态学报,2003,14(1):25-29.
- [12] 李斐,朱金兆,朱清科. 生态位理论及其测度研究进展[J]. 北京林业大学学报,2003,25(1):100-107.
- [13] 岳永杰,余新晓,张振明,等. 北京山区天然次生林群落结构与种群分布格局研究[J]. 水土保持学报,2007,21(6):192-196.
- [14] 金则新. 浙江仙居俞坑森林群落优势种群结构与分布格局研究[J]. 武汉植物学研究,2000,18(5):383-389.
- [15] 蒋雪琴,刘艳红,赵本元. 神农架巴山冷杉 (*Abies fargesii*) 林群落特征及其优势种群结构[J]. 生态学报,2009,29(5):2211-2218.
- [16] 朱春全. 生态位理论及其在森林生态学研究中的应用[J]. 生态学杂志,1993,12(4):41-46.
- [17] 柳静,胡楠,丁圣,等. 伏牛山自然保护区植物功能群组成种的生态位研究[J]. 武汉植物学研究,2008,26(6):595-599.
- [18] 薛智德,朱清科,山中典和,等. 延安地区辽东栎群落结构特征的研究[J]. 西北农林大学学报:自然科学版,2008,36(20):81-87.
- [19] 上官铁梁,张峰. 山西主要山地植被优势种格局与种间联结性研究[J]. 武汉植物学研究,1988,6:357-364.
- [20] 张赟,赵亚洲,张春雨,等. 北京松山油松种群结构及空间分布格局[J]. 应用与环境生物学报,2009,15(2):175-179.
- [21] 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学报,1990,14(2):120-128.
- [22] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京:科学出版社,2004:264-325.
- [23] 蔡飞. 杭州西湖山区青冈种群结构和动态的研究[J]. 林业科学,2000,36(3):67-72.

【责任编辑 李晓卉】

(上接第42页)

3 讨论与结论

界面聚合法是制备微胶囊的常用方法,但由于所采取的原料等的不同,所需要的条件以及得到微胶囊的性能有较大差异. Hong 等^[6]已报道过聚脲微胶囊的制备,Tadatsugu 等^[7]和 Zhang 等^[8]也分别报道了聚脲微胶囊对农药的负载,他们都是在较高温度和较长时间等条件下完成的,增加了大规模生产的难度. 本研究利用含活泼化学结构的单体在常温下利用界面聚合方法制备出毒死蜱包封率高于90%的交联型聚脲微胶囊.

热重和红外数据表明微胶囊已经成功地包裹了毒死蜱农药. 微胶囊的2阶段失重是内含毒死蜱的证据;微胶囊的红外光谱中不仅有膜材的特征吸收,也有毒死蜱的特征峰,这佐证了毒死蜱被成功微胶囊化. 微胶囊在水中的缓释性能研究表明,毒死蜱微胶囊悬浮剂在30 d内的释放率不超过5%,这是微胶囊结构稳定,能有效阻碍毒死蜱的扩散所致;对斜纹夜蛾毒杀能力评价结果表明,水乳剂的 LC_{50} 值8 d内增大2倍多,而微胶囊化制剂只增大10%. 可见处于微胶囊中的毒死蜱能受到囊壁的良好保护,从而免受外界因素的影响,使其生物活性得到长期保持. 当微胶囊被试虫吃进胃后,在体内介质等因素作用下,囊壁被水解而破裂,从而发挥毒杀作用.

参考文献:

- [1] 李志强,任彦荣. 微胶囊技术及其应用研究进展[J]. 化学推进剂与高分子材料,2004,2(6):19-23.
- [2] 袁青梅,杨红卫,周管,等. 生物农药微胶囊壁材料研究[J]. 功能高分子学报,2004,17(4):599-602.
- [3] 李伟,路福绥,陈甜甜,等. 微胶囊技术在农药中应用研究进展[J]. 剂型加工,2009,8:25-28.
- [4] 凌世海. 农药剂型进展评述[J]. 农药,1998,37(8):6-9.
- [5] SCHER H B, RODSON M, LEE K S. Microencapsulation of pesticides by interfacial polymerization utilizing isocyanate or aminoplast chemistry[J]. Pestic Sci,1998,54(4):394-400.
- [6] HONG K, PARK S. Polyurea microcapsules with different structure: Preparation and properties [J]. J Appl Polym Sci,2000,78:894-898.
- [7] TADATSUGU T, YOSHINARI T, MASATO T. Preparation of polyurea microcapsules containing pyrethroid insecticide with hexamethylene diisocyanate isocyanurate [J]. J Appl Polym Sci,2008,107:2000-2006.
- [8] ZHANG Qiang, ZHANG Pei-pei, JIAO Qing-ze. Synthesis and characterization of microcapsules with chlorpyrifos cores and polyurea walls [J]. Chem Res Chinese U, 2006,22(3):379-382.

【责任编辑 李晓卉】