

桂林岩溶石山阴香种群结构的研究

张忠华, 梁士楚*, 胡刚

(广西师范大学生命科学学院, 广西 桂林 541004)

摘要:探讨了桂林岩溶石山阴香种群的高度、胸径和冠幅结构以及三者间的相互关系, 并采用分异指数量化了种群个体间高度、胸围和冠幅结构的差异程度。结果表明: 阴香种群个体高度集中分布在 2-8 m; 胸径集中分布在 2-6 cm; 冠幅多集中分布在 1-4 m, 少数分布在 5-7 m 之间; 阴香种群个体的高度、胸围和冠幅多数为中等分异; 阴香种群以幼树和小树个体占多数, 自然更新能力较好, 处于稳定的增长状态, 这将有利于增加种群结构的复杂性和稳定性。

关键词: 阴香; 种群结构; 岩溶石山; 桂林

中图分类号: Q948.157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2007)04-0307-08

Structure of *Cinnamomum burmannii* Population in Karst Hills of Guilin

ZHANG Zhong-hua, LIANG Shi-chu*, HU Gang

(College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

Abstract: The structure of plant height, diameter breast height (DBH) and crown diameter were studied in *Cinnamomum burmannii* population in Karst hills of Guilin, as well as their relationships. Differences in the plant height, perimeter at breast height and crown diameter of individuals of the population were determined by differentiation indices. Most individuals of the population were 2-8 m in plant height and 2-6 cm in DBH. The crown diameters of most individuals were 1-4 m with a few of 5-7 m. The plant height, perimeter at breast height and crown diameter of *C. burmannii* individuals were found moderately differentiated. *C. burmannii* population consisted mainly of young trees with good regeneration, which is beneficial to complexity and stability of the population.

Key words: *Cinnamomum burmannii*; Population structure; Karst hill; Guilin

种群结构是种群最基本的特征。植物种群表现结构是现时和过去生物和非生物力共同作用于种群的结果^[1], 是种群发育过程中每个个体实现其增长机会的一种表达, 也是对立地条件优劣及植物对环境适应性的反映^[2-3]。研究种群结构不仅反映种群个体属性特征的数量分布状况, 揭示种群建立和发展过程中的某些机理, 也反映了种群数量动态及其

发展趋势, 并在很大程度上反映种群与环境间的相互关系及其在群落中的作用和地位^[4-5]。

阴香(*Cinnamomum burmannii*)为樟科(Lauraceae)的常绿阔叶乔木树种, 在我国分布于海南、广东、广西、云南等地, 印度、越南、印度尼西亚、菲律宾也有分布^[6]。阴香通常是生长在非钙质土的生境中, 然而在桂林的岩溶石山, 阴香也较为常见, 多分布在土

收稿日期: 2006-09-11 接受日期: 2007-01-17

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2006CB403207); 广西“新世纪十百千人才工程”专项基金项目(2003228); 广西师范大学博士启动基金项目; 广西研究生教育创新计划项目(2006106020907M29)资助

* 通讯作者 Corresponding author

壤覆盖度较大、土层相对深厚的生境中,并成为森林群落的建群种或优势种,这对于研究岩溶石山森林植被的演替方向和改善岩溶石山生境条件具有重要意义。目前,对我国岩溶植被优势种的生态学研究已有较多报道^[5,7-9],但对阴香种群的生态学研究至今未见报道。岩溶地区生态环境建设的根本是森林植被的恢复,对主要物种进行种群水平的研究可为合理调控植被自然恢复过程提供参考^[9]。本文通过对阴香种群结构的研究,可深入认识种群的结构特征和更新机制,以期为其合理保护与利用以及岩溶地区退化生态系统的植被恢复与重建提供科学依据。

1 研究地概况

研究区位于桂林岩溶地貌区,地处广西壮族自治区东北部,110°9′-110°42′E,24°40′-25°40′N。海拔多在 100-500 m 之间,气候属于中亚热带湿润季风气候,气候温和,雨量充沛。年平均气温 19℃,日照时数 1 465 h。最冷的 1 月份平均气温 8℃,最热的 8 月份平均气温 28℃,全年无霜期 309 d,年平均降雨量为 1 856.7 mm,降雨量年分配不均,秋、冬季干燥少雨,年平均蒸发量为 1 458.4 mm。境内岩溶地貌发育典型,群落类型多样,主要森林群落类型有青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*) 林、榔榆 (*Ulmus parvifolia*) 林、朴树 (*Celtis sinensis*) 林、翅荚香槐

(*Cladrastis platycarpa*) 林、阴香林、桂林白蜡 (*Fraxinus guilinensis*) 林等。

研究样地设在桂林市的普陀山、南溪山和阳朔岩溶石山自然生长的阴香群落内。阴香群落盖度 60%-90%,乔木层以阴香占绝对优势,其它种类有石山桂花 (*Osmanthus fordii*)、侧柏 (*Platycladus orientalis*)、翅荚香槐、菜豆树 (*Radermachera sinica*)、香槐 (*Cladrastis wilsonii*) 等。灌木层盖度 20%-30%,组成种类除部分为上层乔木幼树外,主要有红背山麻杆 (*Alchornea trewioides*)、皱雀梅藤 (*Sageretia rugosa*)、胡颓子 (*Elaeagnus pungens*) 和小叶女贞 (*Ligustrum quihoui*) 等灌木。草本层植物种类少,盖度低,主要有麦冬 (*Ophiopogon japonicus*)、苔草 (*Carex* sp.)、菴草 (*Arthraxon hispidus*) 和剑叶凤尾蕨 (*Pteris ensiformis*) 等。

2 研究方法

2.1 样地选择与调查

根据阴香群落的类型、结构以及生境等特点,共选择了 11 个样地(Q1-Q11)。多数样地的取样面积为 400 m²,少数样地因地势陡峭,组成种类较少,以阴香占绝对优势,采用群落最小取样面积 200 m² 或 100 m² 进行取样,总的取样面积为 3 400 m²。采用每木调查法,测量样地内所有树种胸径 ≥ 2.5 cm 的个体的坐标、株高、胸围、冠幅等数量特征。每个

表 1 阴香群落样地概况

Table 1 Conditions of 11 plots in *C. burmannii* community

样地 Plot	群落盖度 Community overage (%)	坡度 Slope (°)	坡向 Aspect	岩石裸露率 Rock exposed (%)	林龄 Age (a)	土壤有机质 Organic matter (%)	pH	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)
Q1	80	15	SW10°	30	14	5.34	6.16	0.24	0.04	1.11	0.63
Q2	80	5	SW55°	25	18	3.51	4.89	0.20	0.05	1.55	0.31
Q3	80	30	WN16°	20	20	4.54	5.61	0.24	0.05	1.53	0.44
Q4	70	5	WN2°	10	19	3.62	5.59	0.22	0.04	1.52	0.54
Q5	85	15	ES46°	15	13	5.34	5.57	0.27	0.04	1.78	0.48
Q6	75	15	SW16°	20	26	4.02	6.24	0.23	0.05	1.60	0.71
Q7	75	55	WN21°	40	15	7.64	6.70	0.38	0.06	1.76	0.79
Q8	80	50	WN21°	35	15	8.51	5.47	0.40	0.06	1.34	0.75
Q9	90	5	SW10°	10	30	3.51	6.89	0.22	0.11	1.23	0.69
Q10	60	10	N6°	75	34	2.76	6.47	0.20	0.10	1.20	0.36
Q11	85	12	WN10°	10	13	3.45	7.85	0.20	0.05	0.56	0.01

样地设置 5 m×5 m 的小样方,分别统计灌木层和草本层的物种个体数、高度和盖度等。同时,记录样地的群落盖度、岩石裸露率、坡度、坡向等,并取 0-20 cm 土层的土壤作为样品,测定其 N、P、K、Ca、有机质含量、pH 值等理化性质。样地的概况见表 1。

2.2 数据分析

根据阴香种群个体的生长特点,对各样地的每木调查数据进行分组统计整理,其中高度的组间距为 2.0 m,胸径的组间距为 4.0 cm,冠幅的组间距为 1.0 m。

采用分异指数 $T^{[10-12]}$ 分别量化阴香种群个体的高度、胸围和冠幅结构的差异程度。每个个体的分异程度的计算主要基于它和 n 个(一般取 3 或 4)最近邻体的胸围(或树高、冠幅等)大小。胸围(TC)、树高(TH)和冠幅(TCD)的分异指数表达式分别为:

$$TC_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 [1 - \frac{\text{MIN}(C_i, C_j)}{\text{MAX}(C_i, C_j)}], TC = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N TC_i;$$

$$TH_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 [1 - \frac{\text{MIN}(H_i, H_j)}{\text{MAX}(H_i, H_j)}], TH = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N TH_i;$$

$$TCD_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 [1 - \frac{\text{MIN}(CD_i, CD_j)}{\text{MAX}(CD_i, CD_j)}], TCD =$$

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N TCD_i$$

式中, C_i 、 H_i 和 CD_i 分别是个体 i 的胸围、树高和冠幅; C_j 、 H_j 和 CD_j 分别是个体 i 的第 j 个最近邻体的胸围、树高和冠幅, N 为样地中阴香种群的个体总数。其中个体冠幅大小以冠幅直径表示。分异指数取值范围为[0, 1], 如果相邻个体结构特征相似,那么 T 越接近于 0, 说明种群分异程度越小;反之,分异差异越显著。

3 结果和分析

3.1 高度结构

种群高度结构反映了种群个体在空间上的配置,它与生活型、发育进程、环境条件等密切相关^[3]。不同样地的阴香种群个体,因发生年代不同,加上所处的生境条件有一定的差异,从而在发育过程中每个个体的生长状况不同。11 个样地的阴香种群高度级的分布如图 1 所示。图 1 中,不同样地阴香种群高度级有所差异,都存在着不同程度的高度级个体缺失。根据调查,所有样地阴香种群的个体高度都在 14 m 以下。其中,样地 Q1、Q2、Q6、Q7 以高 2-8 m 的个体较多,分别占样地中个体总数的 95%、92.2%、89.4%和 91.5%; 样地 Q3 和 Q5 以高 2-4 m 的个体较多,分别占个体总数的 40.4%和 38.5%; 样地 Q4 以高 6-10 m 的个体较多,占总数的 47.9%;

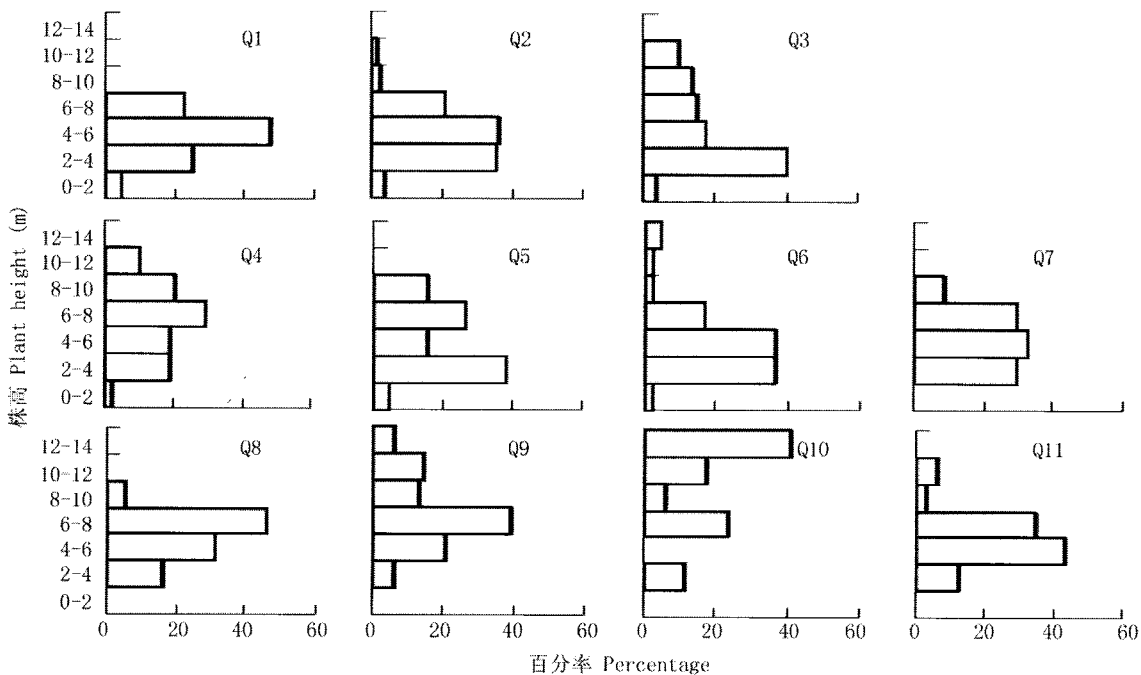


图 1 阴香种群的高度结构

Fig. 1 Plant height structure in *C. burmannii* population

表 2 桂林岩溶石山阴香种群的分异指数
Table 2 Differentiation indices of *C. burmannii* population in Karst hills of Guilin

T值* T Value	样地 Plot										
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
TC	0.321	0.315	0.415	0.383	0.324	0.351	0.319	0.366	0.385	0.377	0.272
TH	0.262	0.307	0.445	0.316	0.352	0.342	0.289	0.272	0.261	0.222	0.241
TCD	0.294	0.309	0.438	0.493	0.305	0.344	0.342	0.294	0.336	0.305	0.227

*T 值在 0-0.2、0.2-0.4、0.4-0.6、0.6-0.8、0.8-1 之间分别表示低分异、中等分异、明显分异、强度分异和极强度分异。T values in 0-0.2, 0.2-0.4, 0.4-0.6, 0.6-0.8 and 0.8-1 indicate low, moderate, clear, strong and extremely strong differentiations, respectively.

样地 Q8、Q9、Q11 以高 4-8 m 的个体较多，分别占总数的 77.8%、59.8% 和 78.1%；样地 Q10 以高 12-14 m 的个体较多，占总数的 41.2%。此外，样地 Q1、Q2、Q3、Q4、Q5 和 Q6 都有高度低于 2 m 的个体，分别占总数的 5%、3.9%、3.8%、2.1%、4.6% 和 2.1%。总体上，阴香种群个体高度偏低，幼树和小树较多，中树有一定数量分布，大树较少。阴香种群个体之间的高度差异除样地 Q3 属于明显分异外，其它样地属于中等分异（表 2）。

3.2 胸径结构

胸径结构是种群中不同大小个体的胸径分配状态，反映了种群个体间的竞争和分异状况，是最

基本的种群结构特征^[4]。不同样地的阴香种群由于林龄、生长条件等的不同，在胸径结构上表现出一定的差异。例如，11 个样地中，阴香种群个体的胸径主要集中在 2-6 cm 之间（图 2），且样地 Q11 中植株胸径在 2-6 cm 的个体最多，占个体总数的 87.5%，而样地 Q10 植株的胸径相对较大，以 6-10 cm 和 18-22 cm 的个体较多，各占总数的 23.5%，胸径最大可达 26-30 cm，这个样地的林龄较大，为 34 a，同时岩石裸露率高达 75%，调查发现林下人类活动频繁，更新层遭到较大的人为干扰，林内阴香幼苗和幼树较少，并且长势较差，因此以中树和大树较多。样地 Q6 和 Q9 林龄也较大，生长条件相对

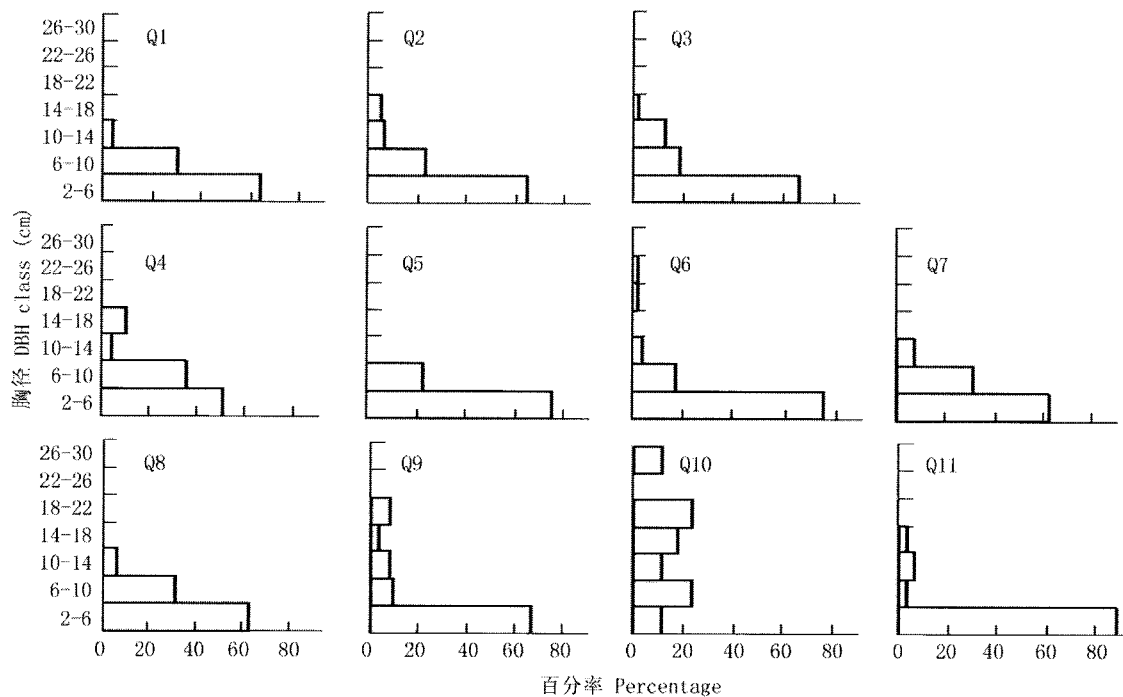


图 2 阴香种群的胸径结构

Fig. 2 Structure of diameter breast height in *C. burmannii* population

较好,在比较多的径阶上均有分布,且最大的个体胸径分别可达22–26 cm和18–22 cm。样地Q5阴香种群个体的胸径仅分布在2–6 cm和6–10 cm这两个径阶,其中2–6 cm的个体高达75.4%,胸径较小,此样地林龄较小,为13 a,是幼龄的阴香种群。种群胸径结构是林龄、自身的生物学特性以及环境条件等综合作用的结果。总体上,阴香种群个体胸径大多集中于小径级(2–6 cm),中间径级和大径级的个体较少,说明该种群具有充足的幼苗和幼树更新补充,目前处于增长状态。阴香种群个体之间的胸围差异除样地Q3属于明显分异,其它样地属于中等分异(表2)。

3.3 冠幅结构

从图3可知,11个样地的阴香种群个体冠幅直径多集中在1–4 m。样地Q1阴香种群树冠直径多集中在2–4 m,占个体总数的71.3%,其次是1–2 m的个体,占总数的16.3%。样地Q2、Q3、Q5–Q9和Q11的阴香种群60%以上个体的冠幅直径均在1–3 m。样地Q4冠幅直径在2–3 m的个体数量较多,占个体总数的43.8%,其次冠幅直径为1–2 m和3–4 m的个体各占总数的18.8%。样地Q10植株的冠幅直径最大,以6–7 m的个体数量较多,占个体总

数的29.4%,冠幅直径在3–4 m之间的个体占总数的23.5%,而冠幅直径1 m以下的个体出现缺乏。样地Q1、Q2、Q4、Q5、Q11植株的最大冠幅直径在5–6 m之间,而样地Q6、Q9、Q10的最大冠幅直径可达6–7 m。总体上,阴香种群个体的冠幅偏小,这与种群的树高和胸径较小有关,也是岩溶石山植物与其严酷生境特点相适应的表现。由表2可知,样地Q3和Q4的冠幅直径差异属于明显分异,其它样地的均属于中等分异。

3.4 阴香树高、胸径和冠幅直径间的相互关系

将阴香个体的树高、胸径和冠幅直径三者数据进行分析,如图4所示,随着胸径的增大,树高初始增长较快,至8–9 m左右开始减缓;阴香的冠幅随胸径的增加而增大,树高相应地随着冠幅的增加而增大,因个体胸径主要分布在2–6 cm,故树高和冠幅也多集中分布在2–8 m和1–4 m左右,三者间通过回归分析呈显著的相关关系。

4 讨论

高度结构是描述植物种群垂直结构的重要组成部分,种群个体的高度分布状况能直观地显示不同高度种群个体在群落垂直结构中的组配现状^[3]。

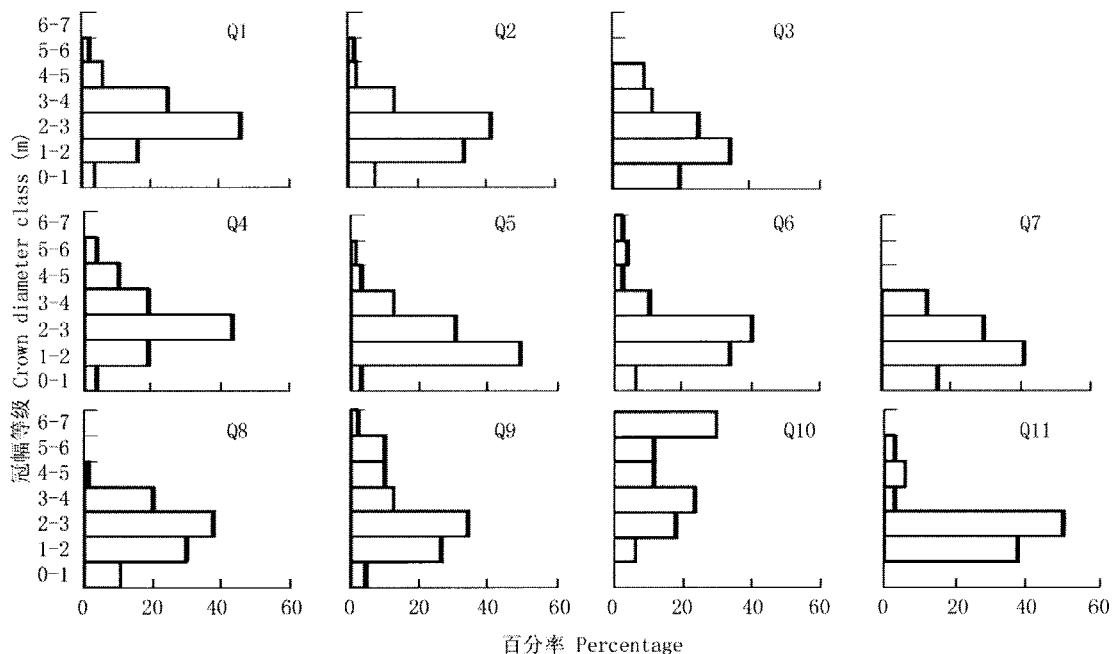


图3 阴香种群的冠幅结构

Fig. 3 Structure of crown diameter in *C. burmannii* population

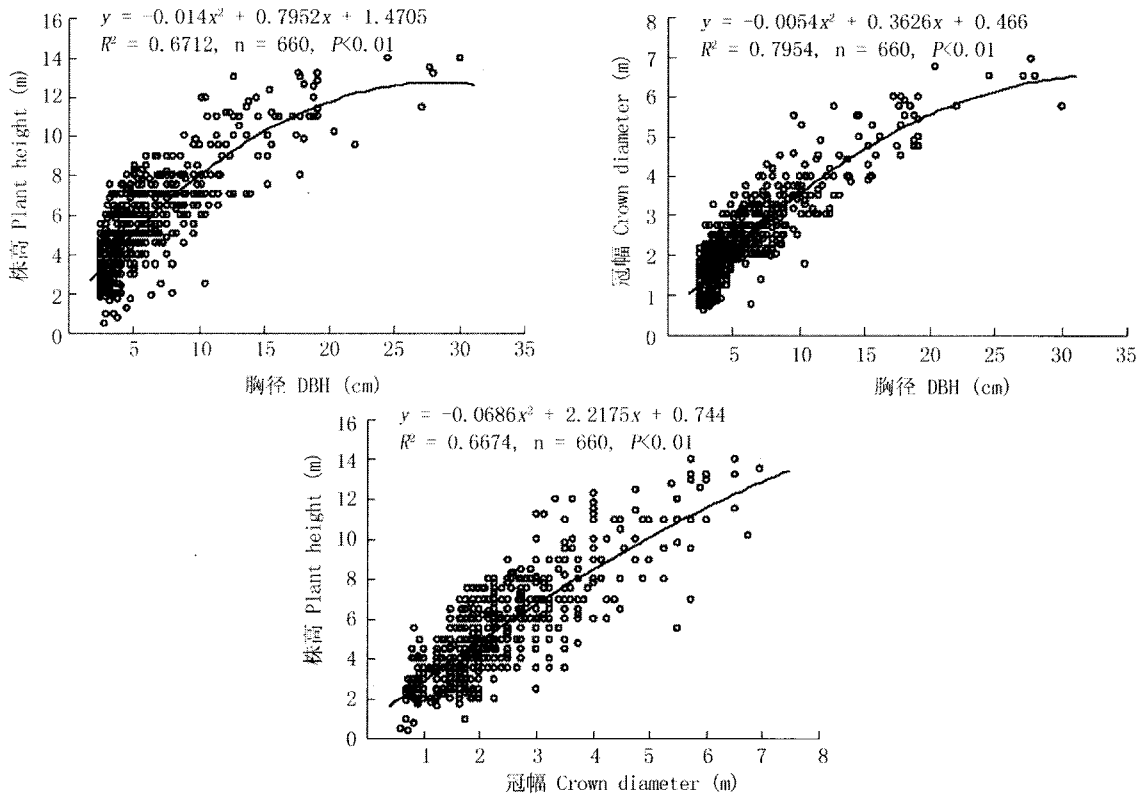


图 4 阴香树高、胸径和冠幅间的相互关系

Fig. 4 Relationships among plant height, DBH and crown diameter in *C. burmannii* population

表 3 阴香种群个体 TH_i 、 TC_i 和 TCD_i 的分布(%)

Table 3 TH_i , TC_i and TCD_i distribution of *C. burmannii* population

样地 Plot	T 值 T Value														
	0-0.2			0.2-0.4			0.4-0.6			0.6-0.8			0.8-1		
	TH_i	TC_i	TCD_i	TH_i	TC_i	TCD_i	TH_i	TC_i	TCD_i	TH_i	TC_i	TCD_i	TH_i	TC_i	TCD_i
Q1	43.8	21.3	28.7	35	50	48.8	17.5	27.5	20	2.5	1.3	2.5	1.2	0	0
Q2	16.9	22.1	29.9	58.4	58.4	45.4	18.2	10.4	22.1	6.5	9.1	2.6	0	0	0
Q3	7.7	9.6	9.6	26.9	38.5	26.9	51.9	42.3	51.9	13.5	9.6	11.5	0	0	0
Q4	29.2	4.2	12.5	35.4	58.3	62.5	29.2	29.2	20.8	6.2	8.3	4.2	0	0	0
Q5	16.9	12.3	16.9	49.2	60	60	29.2	24.6	21.5	4.6	3.1	1.5	0	0	0
Q6	19.1	14.9	12.8	48.9	55.3	53.2	27.7	23.4	27.7	4.3	5.3	6.4	0	2.1	0
Q7	25.5	23.6	18.9	53.8	42.5	41.5	18.9	31.1	34.9	1.9	2.8	4.7	0	0	0
Q8	25.9	11.1	25.9	66.7	53.7	48.1	7.4	31.5	25.9	0	3.7	0	0	0	0
Q9	37.8	18.3	19.5	45.1	42.7	51.2	14.6	24.4	23.2	2.4	12.2	6.1	0	2.4	0
Q10	64.7	0	11.8	11.8	52.9	70.6	17.6	47.1	17.6	5.9	0	0	0	0	0
Q11	50	50	56.3	37.5	34.4	31.3	9.4	6.2	6.2	3.1	9.4	6.2	0	0	0

由图 1 可知, 阴香种群个体高度主要集中在 2-8 m, 少数分布在 10-14 m。然而, 不同样地阴香种群的高度结构表现出较大的差异, 这主要是由于林龄

的不同, 并且所处环境条件存在差异, 其每个个体在发育过程中实现增长的机会表现不同, 由此产生高度分异的现象。种群个体的分异程度变化可反映

整个种群的分异状况^[12],但是从表3可看出,阴香种群43%–70%个体的 TH_i 值低于其平均值,表明阴香种群相邻个体间的高度分异是比较有限的。总体上,阴香种群个体高度偏低,幼树和小树较多,大树较少,自然更新能力较好。

胸径结构也是植物种群结构的重要特征之一。许多学者采用胸径结构代替年龄结构来分析乔木种群的结构及其动态特征^[4,5]。通过分析阴香种群的胸径等级组成,大致可反映出年龄结构的变化状况。阴香种群个体胸径主要集中分布在14 cm以下,特别是胸径为2–6 cm的小树占很大比例。由表3可知阴香种群48%–62%个体的 TC_i 值低于其平均值,因此相邻个体间的胸径分异也比较有限。大多数阴香种群的胸径结构呈典型的金字塔型,小径级个体的大量存在说明阴香种群维持有足够的后续资源,表明阴香种群目前处于稳定的增长状态。

种群冠幅结构,特别是位于群落上层的种群所有个体树冠构成的植冠层,是种群地上部分生命活动最活跃、影响环境最强烈的部分。由图3可知,受个体密度、个体对空间竞争等影响,阴香种群冠幅结构的差异较大。11个样地的阴香种群冠幅以1–4 m的个体数量较多,少数样地的个体冠幅直径分布在5–7 m间,阴香种群48%–65%个体的 TCD_i 值低于其平均值(表3),因此,阴香个体与其最相邻个体的冠幅之间的差别并不是很大,相邻个体间分异比较有限。阴香种群的冠幅较小,主要是由于阴香种群的高度和胸径较小,大树占较小比例,小树和中树较多;其次由于岩溶石山生境严酷,岩石裸露率高,土层浅薄,水分、养分条件差,植被生长缓慢,植株相对瘦弱,冠幅相对较小。但阴香种群密度较大,从而形成较郁闭的林冠层,这对群落小环境的影响甚大,在群落中起着举足轻重的作用。

11个样地中,阴香种群个体高度较小、小胸径或冠幅的种群个体占据一定数量,说明种群维持有足够的后续资源,阴香种群目前处于增长状态,以此维持种群的稳定结构,这将有利于增加阴香种群的结构复杂性和稳定性^[15]。种群高度、胸围和冠幅的分异程度可说明其结构上的复杂性和多样性,阴香种群树高的分异指数低于胸围的,少数例外;而胸围和冠幅的分异指数基本保持一致。总体上该种群属于中等分异,分异程度不明显,说明相邻个体的

大小存在的差异性(分异)不大。通常,林木胸径越大,林木也越高,冠幅也越大,即胸径、树高与冠幅三者之间存在着正相关关系^[16]。由图4可知,三者间的关系可用一元二次多项式方程较好地描述,均表现出显著的相关性,研究结果与实际相符。岩溶生态系统脆弱,环境容纳量小,抗外界干扰能力弱,植被生境条件严酷。调查发现,部分样地人为干扰较大,生境遭到一定的破坏,影响到阴香种群的自然更新,分布范围会逐渐缩小。因此,应针对阴香种群结构特征,采取相应的抚育管理措施,减少人为干扰,为阴香幼苗更新和幼树的生长创造良好条件,从而更好地为岩溶石山的荒山绿化,水土保持等恢复与重建措施发挥作用。

参考文献

- [1] Zhu N(祝宁), Zang R G(臧润国). Study on population ecology of *Acanthopanax senticosus* population structure [J]. Chin J Appl Ecol(应用生态学报), 1993, 4(2):113–119.(in Chinese)
- [2] Zhang W H(张文辉). The Population Ecology on *Adenophora lobophylla* [M]. Haerbin: North-east Forestry University Press, 1998:56–157.(in Chinese)
- [3] Jiang H(江洪). The Population Ecology of Spruce (*Picea asperata*) [M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1992:52–56.(in Chinese)
- [4] Cai F(蔡飞), Song Y C(宋永昌). A study on the structure and dynamics of *Schima superba* population on Wuyi mountain [J]. Acta Phytoecol Sin(植物生态学报), 1997, 21(2):138–148.(in Chinese)
- [5] Liang S C(梁士楚). A preliminary study on the structure and dynamics of *Pubescent hornbeam* population in Karst mountain of Guiyang [J]. Acta Ecol Sin(生态学报), 1992, 16(2):108–117.(in Chinese)
- [6] Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences(中国科学院植物研究所). The Picture Index of Senior China Plant [M]. Beijing: Science Press, 1983:821.(in Chinese)
- [7] Ling S J(宁世江), Zhao T L(赵天林), Tang R Q(唐润琴), et al. Preliminary studies on the phytocoenological features of the *Calocedrus macrolepis* community in Mulun, Huanjiang County, Guangxi [J]. Guihaia(广西植物), 1997, 17(4):321–330.(in Chinese)
- [8] Du D L(杜道林), Liu Y C(刘玉成), Su J(苏杰). A preliminary study on the structure and dynamic of *Pinus kwangtungensis* population in Karst mountain of Maolan, China [J]. Acta Phytoecol Sin(植物生态学报), 1996, 20(2):159–166.(in Chinese)
- [9] Zhu S Q(朱守谦). Ecological Research on Karst Forest (III) [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 2003:11–92.(in Chinese)

- Chinese)
- [10] Kint V. Structural development in ageing temperate Scots pine stands [J]. *For Ecol Manag*, 2005, 214:237–250.
- [11] Kint V, Lust N, Ferris R, et al. Quantification of forest stand structure applied to Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests [J]. *Investigación Agraria: Sistemasy Recursos Forestales, Fuera de serie*, 2000(1):147–163.
- [12] Kint V, van Meirvenne M, Nachtergale L, et al. Spatial methods for quantifying forest stand structure evolution: a comparison between nearest-neighbor indices and geostatistics [J]. *For Sci*, 2003(49):36–49.
- [13] Liang S C(梁士楚), Wang B S(王伯荪). Fractal characteristics of height structure of *Bruguiera gymnorrhiza* population [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学报)*, 2002, 26(4):408–412.(in Chinese)
- [14] Meng X Y(孟宪宇). *Tree Measuring* [M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1994:81–87.(in Chinese)
- [15] Liang S C(梁士楚), Liang M Z(梁铭忠), Xie Q(谢强), et al. A study on the population structure of *Sonneratia caseolaris* at Futian Mangrove Reserve of Shenzhen [J]. *J Guangxi Norm Univ (Nat Sci)*(广西师范大学学报: 自然科学版), 2005, 23(2):94–97.(in Chinese)
- [16] Liu C L(刘翠玲), Pan C D(潘存德), Liang Y(梁瀛), et al. Analysis on the population structure of *Picea schrenkiana* Fisch. et Mey.-*Dryopteris filix-mas* stand [J]. *Arid Zone Res(干旱区研究)*, 2006, 23(1):60–65.(in Chinese)