

文章编号: 1001-1498(2008)02-0176-06

白桂木的种群结构和空间分布格局研究

范繁荣^{1,2}, 潘标志³, 马祥庆¹, 沈琼桃², 谢荣樟⁴

(1. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350000; 2. 福建三明林业学校, 福建 三明 365001;
3. 福建省林业厅, 福建 福州 350003; 4. 福建省三明市梅列区林业局, 福建 三明 365000)

摘要:采用空间序列代替时间序列的方法,对白桂木 5 个种群进行统计分析,编制种群的特定时间生命表,应用聚集强度指数进行种群分布格局分析。结果表明:白桂木种群结构呈纺锤形,幼苗严重不足,种群有衰退趋势;存活曲线基本接近 Deevey 型;种群分布格局整体呈聚集分布。

关键词:濒危植物;白桂木;种群结构;分布格局

中图分类号: S718.54 文献标识码: A

A Study on Structure and Spatial Distribution Pattern of *Artocarpus hypargyreus* Population

FAN Fan-rong^{1,2}, PAN Biao-zhi³, MA Xiang-qing¹, SHEN Qiong-tao², XIE Rong-zhang⁴

(1. Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350000, Fujian, China; 2. Fujian Sanming Forestry School, Sanming 365001, Fujian, China; 3. Forestry Department of Fujian Province, Fuzhou 350003, Fujian, China; 4. Forestry Bureau of Meilie District of Sanming City, Fujian Province, Sanming 365000, Fujian, China)

Abstract: With the method of spatial series substituting for time series, five populations of *Artocarpus hypargyreus* were analyzed, its time-specific life table was analyzed, its distribution pattern was discussed by assembling intensity index. The results showed that the population structure of *Artocarpus hypargyreus* was a spindle type. The age structure of the population of *Artocarpus hypargyreus* was declining due to lack of seedlings; the survival curve of *Artocarpus hypargyreus* population belonged to Deevey type; the overall population distribution followed a assembled

Key words: endangered species; *Artocarpus hypargyreus*; population structure; spatial distribution pattern

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,其大小结构能很好地反映种群动态的变化^[1],种群分布格局能在很大程度上反映该种群与生境的关系及其在群落中的作用和地位。研究种群分布格局的目的不仅是对种群的水平结构进行定量描述,更重要的是用以揭示格局的成因,阐述种群及群落的动态变化等,也可为保护措施的制定提供一定的科学依据。

白桂木 (*Artocarpus hypargyreus* Hance) 是桑科 (Moraceae) 波罗蜜属 (*Artocarpus* Forst.) 常绿乔木,有乳汁,可提取硬性胶,果实和种子可生食,味似柠檬,酸味,也可作蜜饯、饮料的原料;种子含有丰富的白桂木凝集素,正引起医学界的广泛注意;其根入药,味甘、淡,性温,具有祛风利湿、活血通络等功效,在民间应用较广。白桂木喜光、喜湿,多生于土层深厚肥沃的村边疏林、中低海拔丘陵或山谷的森林中,由于天然更新困难,加上人们的掠夺性利用,这一珍

收稿日期: 2007-12-07

基金项目: 福建省林业厅科研项目“珍贵树种白桂木的驯化研究”(闽林[2001]科12-9)

作者简介: 范繁荣(1967—),男,福建宁化人,高级工程师,在职博士研究生,主要从事森林生态培育研究。

贵树种现只有少量散生于福建、江西、湖南、广东、云南等地的常绿阔叶林中,现存数量有限,濒临灭绝,被列为国家 级保护树种^[2]。目前国内对白桂木的研究很少,仅局限于其药用化学成分的研究^[3-7]、形态特征和一般生态特性及地理分布的报道^[8],关于自然群落中白桂木的种群结构和分布格局方面未见报道。对白桂木种群结构和空间分布格局的研究,有助于了解种群数量动态及发展趋势,这不仅对于白桂木种群濒危机制的探索、种群的合理保护和增殖具有重要的理论和现实意义,同时也为白桂木群落生态学的进一步研究提供理论基础。

1 研究地自然概况

通过文献收集和实地踏查,发现白桂木虽然在华东、华南、西南部分地区都有分布报道,但很多都是单株孤立的老龄树,因此,为了解其群落特征,作者选择群落保存较为完整的福建省梅列陈大(种群 A)、永春牛姆林(种群 B)、清流沙芜(种群 C)、永安贡川(种群 D)、三元小湖(种群 E)做为研究地点。各分布点的环境因子见表 1,调查区域的地带性植物为亚热带常绿阔叶林,主要分布树种有甜槠(*Castanopsis eyrei* (Champ.) Tutch)、拟赤杨(*Alniphyllum fortune* (Hensl.) Perk)、石栎(*Lithocarpus glabra* (Thunb.) Nakai)、木荷(*Schinus superba* Gardn et Champ.)、南酸枣(*Choerospondias axillaries* (Roxb.) Burt et Hill)、乌桕(*Sapium sebiferum* (Linn.) Roxb.)、枫香(*Liquidambar formosana* Hance)、闽粤栲(*Castanopsis fissa* Rehd et Wils)、杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook)等。

表 1 白桂木种群分布调查样地的环境因子

环境因子	永春牛姆林	永安贡川	梅列陈大	三元小湖	清流沙芜
纬度	25 23 ~ 25 25	25 33 ~ 25 36	26 14 ~ 26 25	26 10 ~ 26 11	26 20 ~ 26 21
经度	117 55 ~ 117 57	117 40 ~ 117 45	117 30 ~ 117 47	117 27 ~ 117 28	116 38 ~ 116 45
海拔高 /m	500 ~ 1 100	150 ~ 1 100	100 ~ 1 500	250 ~ 600	300 ~ 1 000
年均温 /	17.5	19.1	19.5	19.5	17.9
年降水量 /mm	2 000	1 569	1 725	1 700	1 788

2 研究方法

2.1 材料收集

在 5 个白桂木分布的区域设置 15 块 900 m²的样地,在每块样地中采用相邻格子抽样法进行调查,

格子大小为 10 m × 10 m,共设 135 个样方,对每个小样方进行每木调查,记录样方内白桂木的树高、胸径、冠幅、枝下高、盖度及生长情况,同时记录环境因子。

2.2 白桂木种群结构的研究方法

用立木级结构代替年龄结构分析种群动态,大小结构按两种方式处理^[9],即:胸径 2.5 cm 以下个体按树高分为 3 级,Ⅰ级高 1 ~ 33 cm,Ⅱ级高 33 ~ 100 cm,Ⅲ级高大于 100 cm;胸径大于 2.5 cm 的个体,按胸径大小分级,每增加 10 cm 为一级,把树木径级从小到大的顺序看作是时间顺序关系,第一径级对应第一龄级,第二径级对应第二龄级,如此一一对应,统计各龄级株数,编制白桂木静态生命表,并绘制存活曲线。

特定时间生命表一般包括如下内容:

a_x ——在 x 龄级内现有个体数;

l_x ——在 x 龄级开始时标准化存活个体(一般转化成 1 000);

d_x ——从 x 到 $x + 1$ 龄级间隔期内标准化死亡数;

q_x ——从 x 到 $x + 1$ 龄级间隔期间的死亡率;

L_x ——从 x 到 $x + 1$ 龄级间隔期间还存活的个体数;

T_x ——从 x 龄级到超过 x 龄级的个体总数;

e_x ——进入 x 龄级个体的生命期望或平均期望寿命;

K_x ——消失率(损失度)。

2.3 白桂木种群空间分布格局的研究方法

测定种群空间分布格局的方法很多^[10-14],本文采用聚集度指标进行测定。聚集度指标是度量一个种群空间分布的聚集程度(随机、均匀或聚集),它克服了频次比较法出现种群同时属于多种分布的混乱矛盾的解释状态^[13]。具体指标计算如下:

2.3.1 扩散系数(C)

$$C = \frac{S^2}{\bar{X}} \quad (1)$$

式中: S^2 为种群多度的方差, \bar{X} 为种群多度均值。扩散系统是检验种群扩散是否为随机型的一个系数,当 $C < 1$ 时,为均匀分布; $C = 1$ 时,为随机分布; $C > 1$ 时,为聚集分布。

2.3.2 聚集度指数(I)

$$I = \frac{S^2}{\bar{X}} - 1 \quad (2)$$

当 $I < 0$ 时,为均匀分布;当 $I = 0$ 时,随机分布;

当 $I > 0$ 时,为聚集分布。

2.3.3 平均拥挤度 (M^*)

$$M^* = \bar{X} + \left[\frac{S^2}{\bar{X}} - 1 \right] \quad (3)$$

平均拥挤度表示生物个体在一个样方中的邻居数,它反映了样方内生物个体的拥挤程度。当 $M^* > \bar{X}$ 时,为聚集分布;当 $M^* = \bar{X}$ 时,为随机分布;当 $M^* < \bar{X}$ 时,为均匀分布。

2.3.4 聚块性指数 (PAI)

$$PAI = \frac{M^*}{\bar{X}} \quad (4)$$

当 $PAI < 1$ 时,为均匀分布;当 $PAI > 1$ 时,为聚集分布;当 $PAI = 1$ 时,为随机分布。

2.3.5 聚集指数 (C_a)

$$C_a = \frac{I}{\bar{X}} \quad (5)$$

当 $C_a < 0$ 时,种群为均匀分布;当 $C_a = 0$ 时,种群为随机分布;当 $C_a > 0$ 时,种群为聚集分布。

2.3.6 负二项分布指数 (K)

$$K = \frac{\bar{X}^2}{(S^2 - \bar{X})} \quad (6)$$

当 $K < 0$ 时,种群为均匀分布;当 $K > 0$ 时,种群为聚集分布;当 $K > 8$ 时,种群为随机分布。

3 结果与分析

3.1 种群结构

3.1.1 种群的径级结构 年龄结构是种群的重要特征之一,种群年龄结构的分析是探索种群动态的有效方法。由于乔木种群个体年龄难于确定,所以采用以立木胸径代替年龄对白桂木种群的年龄结构进行分析,结果如图 1。

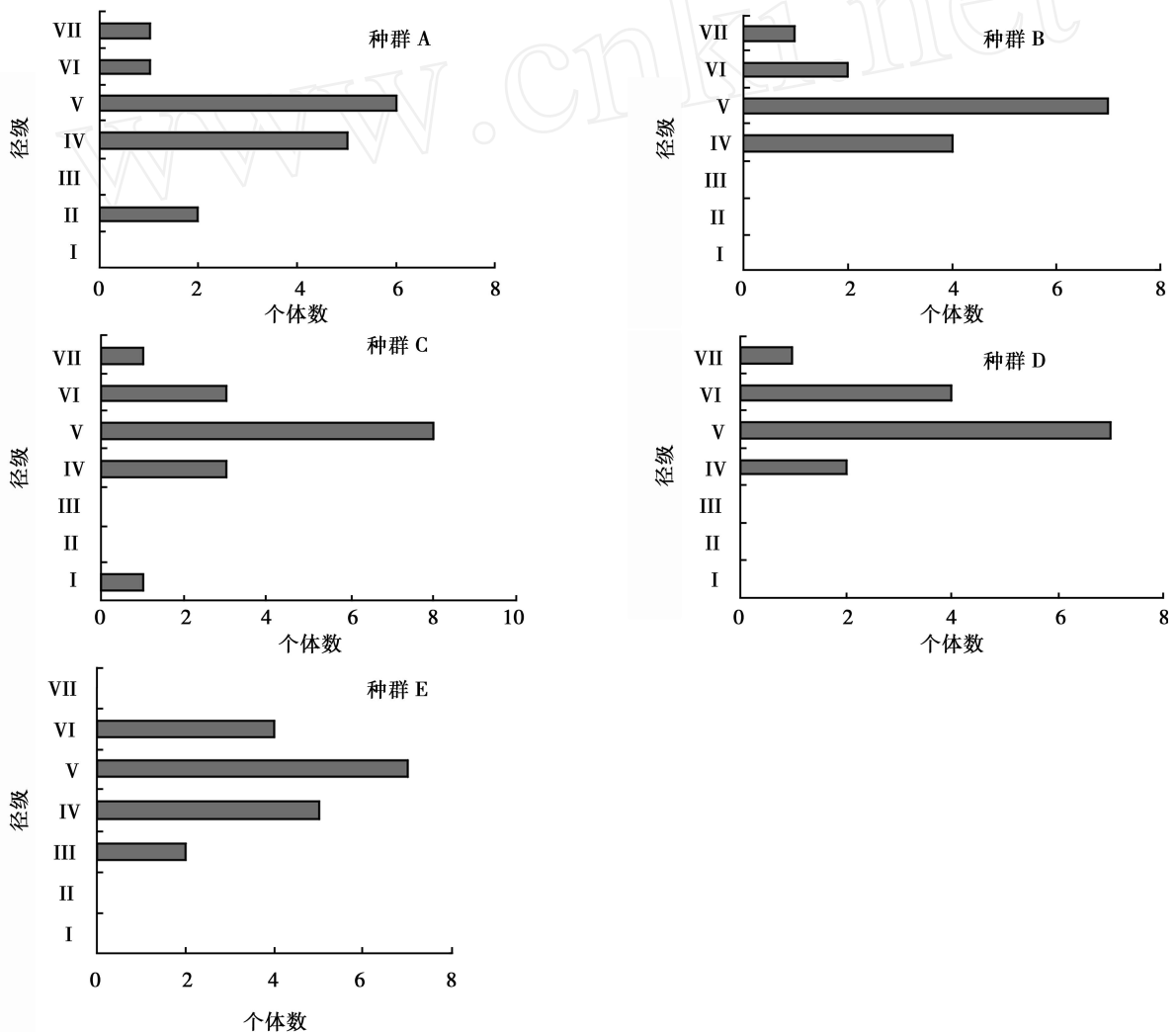


图 1 白桂木的径级结构

从图 1 可以看出,5 个分布点中的白桂木种群的年龄结构相似,均为纺锤形。其中 M 级小树和 V 级中树的数量较多,Ⅱ级幼苗仅在清流沙芜的样地中有 1 株,其他 4 个分布点皆为 0 株,Ⅰ级幼树仅在梅列陈大的样地中有 2 株,Ⅲ级幼树则在三元小湖的样地中发现 2 株。由此可见,白桂木种群的年龄结构中幼苗幼树严重缺乏,成年树木所占比例大,呈纺锤形,表明白桂木种群呈衰退趋势。

3.1.2 种群静态生命表 静态生命表是用同一时期收集到的植物样地内一个种群所有个体的年龄数据编制而成的生命表。它反映多个世代重叠的年龄动态历程中的一个特定时间,而不是对这一种群的全部生活史追踪^[15]。通过种群生命表编制,可从中分析出生率、死亡率等重要参数,提供更多关于种群年龄结构和数量统计方面的信息。根据白桂木群落调查资料,按不同径级把年龄分为 7 个龄级,将 5 个种群相对应的龄级株数合并,编制白桂木种群静态生命表。

由于是由“空间推时间”,而且调查中可能存在

系统误差,因此,在生命表的编制中出现了死亡率为负值的情况。对这种情况,S. D. Wretten 等认为生命表分析中产生的一些负值,这与数学假设技术不符,但仍能提供有用的生态学记录,即表明种群并非静止不动,而是在迅速发展或衰落之中^[16]。据此,本研究采用江洪在云杉种群生命表的编制过程所采用的匀滑技术对数据进行处理^[16],具体作法如下:

数据在第 I 龄级和第 III、IV、V 龄级时发生波动,分别小于第 I 龄级和相邻后一龄级的存活数。根据时间生命表假设,年龄组合是稳定的,各年龄的比例不变。因此,计算从 I 龄级到 V II 龄级存活数的累积:

$$T = \sum_{i=1}^7 a_{xi} = 77$$

平均数为 $\bar{a}_x = \frac{T}{n} = \frac{77}{7} = 11$,认为 11 是区间组中值,另外,据区间最多存活数和最小存活数差数 34 及区间间隔数 7,可以确定每一相邻龄组存活数之间差数为 5,故经匀滑修正后得到修正后的 a_x (表 2),然后据此编制出白桂木种群的特定时间生命表。

表 2 白桂木种群静态生命表

龄级	存活数 a_x	匀滑后 a_x	存活量 l_x	死亡率 d_x	区间存活量 L_x	总寿命 T_x	期望寿命 e_x	$\ln l_x$	$\lg l_x$	消失率 K_x	死亡率 q_x
I	1	26	1 000	192	810	2 560	2 560	6.908	3	0.213	0.192
II	2	21	808	193	712	1 750	2 166	6.695	2.907	0.273	0.239
III	2	16	615	192	519	1 038	1.688	6.422	2.789	0.375	0.312
IV	19	11	423	192	327	519	0.844	6.047	2.626	0.605	0.454
V	35	6	231	192	135	192	0.831	5.442	2.364	1.804	0.831
VI	14	1	38	0	38	57	1.500	3.638	1.580	0.000	0.000
VII	4	1	38	-	19	19	0.500	3.638	1.580	3.638	-

从表 2 可以看出,白桂木种群死亡率最高的龄级是 V 龄级,死亡率最小的是 I 龄级。说明该种群幼苗严重不足,种群要保证持续发展至少需要补充相应数量的幼苗,否则,种群将走向衰退。V 龄级的死亡率高与种间竞争有关,从白桂木种群的种间关系研究中可知,白桂木只是群落中的偶见种,竞争力弱。V 龄级和 VI 龄级的消失率大,与生理衰老有关。白桂木种群生命表是不同生境的 5 个群落的平均值,它基本反映了白桂木种群的基本规律,说明白桂木种群正处于濒危状态。

3.1.3 种群存活曲线 存活曲线是一条反映种群个体在各年龄的存活状况的曲线,是种群统计中最常见和最直观的方法,它是借助于存活个体数量来描述特定年龄死亡率,通过特定年龄组的个体数量相对时间作图而得到的。其绘制方法有两种,一是

以存活量的对数值 $\lg l_x$ 为纵坐标,以年龄为横坐标作图;另一种方法是用存活量对年龄作图,但年龄用平均寿命期望的百分离差来表示^[16]。按 E. S. Devey 的划分^[17],存活曲线一般有 3 种基本类型,Ⅰ型是凸曲线,属于该型的种群绝大多数都能存活到该物种年龄,早期死亡率较低。但当存活到一定生理年龄时,短期内几乎全部死亡;Ⅱ型是直线,也称对角线型,属于该型的种群各年龄的死亡率基本相同;Ⅲ型是凹曲线,早期死亡率高,一旦存活到某一年龄,死亡率就较低。本研究采用第一种方法,以存活量的对数为纵坐标,以径级相对的年龄为横坐标,绘制白桂木种群的存活曲线。

由图 2 可见,白桂木种群的存活曲线接近 Devey Ⅱ型,种群在 V ~ VI 龄级死亡率最高,VI 龄级以后死亡率平稳。这是因为生长到 V ~ VI 龄级时,

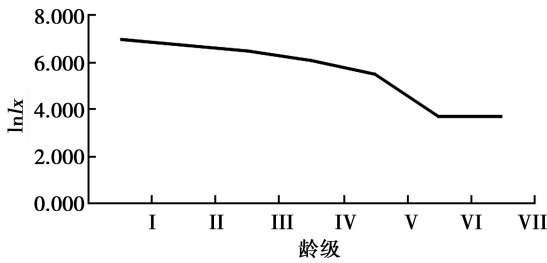


图 2 白桂木种群的存活曲线

林木个体不断长大,阳光和营养需求量增大,且由于此时的白桂木与其伴生树种处于同一层次中,种间和种内存在剧烈竞争,因而出现死亡率的高峰。不同生境的白桂木种群有一定差异,但均表现幼龄株数少,更新不良,种群基本呈衰退特征。

3.2 种群分布格局

种群是物种的生存形式,其分布格局可侧面反映种群的发展动态^[18]。群落中植物物种的水平空间分布格局是物种与环境长期相互适应、相互作用的结果,它不仅决定于物种自身的形态结构、生理生态特性,同时也与自然生境条件(包括土壤、地形、地貌等)及其所处群落中其他种群的竞争排斥等生态效应密切相关。研究濒危植物的分布格局,对揭示

濒危植物内在濒危机制具有重要参考价值。从表 3 可看出:5 个种群的平均拥挤度 M^* 均大于各自的平均值,都为聚集分布;聚集度指数 I 除种群 B 外均大于 0,为聚集分布;聚块性指数 PAI 均大于 1,为聚集分布;聚集指数 C_a 均大于 0,为聚集分布;扩散系数 C 均大于 1,为聚集分布;负二项分布指数 K 均大于 0 且小于 8,为聚集分布。6 个聚集度指标皆显示 5 个白桂木种群的分布格局都与大多数种群一样,服从集群分布,且集群强度都较高,白桂木种群表现出这种高聚集性与其种子传播方式和生境异质性有密切关系。白桂木种子是随其聚合果成熟后受重力作用掉落在母树周围,在天然林中一般只能靠重力传播,致使种子散布的距离不远,树木高度聚集;白桂木对生境要求较为严格,一般仅生长在较为阴湿、呈酸性富含有机质的下坡或山谷溪边,异质性的自然生境限制了白桂木的分布,使其只能在适宜的生境片断聚集生长。同时人为的毁林开荒、乱砍滥伐和生态旅游开发,极大地破坏了它的适应生境,加速了种群的减少,使得其分布区呈收缩趋势。自然分布区被分割、隔离和逐步孤立,造成的间断式片段化分布提高了其分布的聚集程度。

表 3 白桂木种群的分布格局

种群	均值 \bar{x}	平均拥挤度 M^*	聚集度指数 I	聚块性指数 PAI	聚集指数 C_a	扩散系数 C	负二项分布指数 K	结果
种群 A	0.556	2.498 9	1.943 3	4.497 7	3.497 7	2.943 3	0.285 9	聚集分布
种群 B	0.518	1.353 8	0.835 3	2.611 0	1.611 0	1.835 3	0.620 7	聚集分布
种群 C	0.593	2.092 6	1.500 0	3.531 2	2.531 2	2.500 0	0.395 1	聚集分布
种群 D	0.518	1.650 4	1.131 9	3.183 1	2.183 1	2.131 9	0.458 1	聚集分布
种群 E	0.667	2.320 4	1.653 7	3.480 4	2.480 4	2.653 7	0.403 2	聚集分布

4 讨论

白桂木种群的年龄结构呈现幼龄个体数少,中老年个体数量大的特征,表明种群呈衰退趋势,这与银杉 (*Cathaya argyrophylla* Chun et Kuang)、鹅掌楸 (*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.) 等十分相似^[19-20],可能是古老、长寿命的子遗濒危物种的共同特征。在自然条件下,喜光树种只要有足够种源,出现林窗,这些种群幼苗就可能发育。白桂木是喜光喜湿树种,除需要足够的种源外,还需要阴湿的土壤环境。自然状态下白桂木以种子繁殖,只有足够数量的种子才能满足种群更新所需,但实际上,白桂木由于个体数量少,雄、雌花序的分布不利于授粉,开花时期雨水多等原因造成结实量低,加上动物的取食,自然状态下可供更新的有效种子数量少。同

时,种子含水量高,不易贮存,且其胚有后熟现象,在自然条件下发芽困难,种子成苗率低,这是自然种群中白桂木幼苗稀少的一个重要原因。因此,白桂木种群衰退状态与自身适应能力差有关。

白桂木种群存活曲线接近 Deevy II 型,种群在 V ~ V 龄级死亡率最高,VI 龄级以后死亡率平稳,这是幼龄个体数量少、中老年个体数量多的濒危植物种群的一个现象,说明种群幼苗缺乏。因此,提高结实量,提高种子向幼苗的转化率是白桂木种群恢复的关键环节。

聚集度指标对白桂木种群空间分布格局的测定具有良好的一致性,白桂木种群整体呈聚集分布,这是由白桂木的生物生态学特性所决定的。虽然种子的初始分布格局对其萌发的幼苗的分布并不一定存在密切相关^[21],但由群落本身产生的种子分布,由

于重力作用则较多地趋于集聚分布,也影响幼苗的分布格局。由于高度地聚集生长、种子更新困难、缺乏无性繁殖、年龄结构不合理、小种群间基因流受阻和遗传漂变的增加,造成种群生态适应能力差,共同促进了环境对其强烈的过滤作用。同时,人类对其生境的破坏,也成为其濒危的直接而致命的影响因素。

白桂木在群落中仅处于劣势的伴生地位,对生态空间的占据能力小,不利于其生存和发展,因此在建立自然保护区进行就地保护的同时,更重要的是进行迁地保护,通过人工更新的方法来保护和恢复白桂木这一濒危种群。

参考文献:

- [1] 吴晓莆,郑 豫,马克平.北京东灵山地区辽东栎、大叶白蜡和五角枫种群分布格局与动态[J].植物学报,2002,44(2):212-223
- [2] 傅立国.中国植物红皮书[M].北京:科学出版社,1992:98
- [3] 甘茂罗,欧阳胜,谢 平,等.白桂木的化学成分研究[J].中草药,2005,36(7):988-989
- [4] 陈黎明,谢 平,肖庆青,等.白桂木化学成分研究[J].中草药,2007,38(6):815-818
- [5] 周德义,杨尔滨,邓 勇,等.白桂木凝集素的纯化与性质的研究[J].生物化学与生物物理学报,1995,17(1):61-66
- [6] 吴耀生,张 红,周素芳,等.酶标白桂木凝集素糖蛋白结合特性的分析[J].中国生物化学与分子生物学报,2000,16(2):210-214
- [7] 邓 勇,周德义,关祺芳,等.红桂木、白桂木、木菠萝种子凝集素生物学性质的比较分析[J].广西医科大学学报,1995,12(2):183-185
- [8] 陈开团,张宗华,蒋延生.福建省 25 种珍贵树种的分布现状与保护对策的初步研究[J].福建林业科技,2003,30(2):70-73
- [9] 刘智慧.四川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,1999,14(2):120-128
- [10] 丁岩钦.昆虫种群数学生态学原理与方法[M].北京:科学出版社,1980:84-148
- [11] 洪 伟,康 宏,龚其锦.毛竹在杉木林与毛竹混交林中的空间分布型的研究[J].竹子研究汇刊,1990,9(2):56-64
- [12] 洪 伟,罗顺跃,陈顺利.油茶主要病虫害空间生态分布规律的研究[J].应用生态学报,1992,3(4):308-312
- [13] 洪 伟.闽江流域森林生态研究[M].厦门:厦门大学出版社,2000:176-183
- [14] Kershaw K A. An empirical approach to the estimation of pattern intensity from density and cover data[J]. Ecology, 1970, 51: 729-734
- [15] 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
- [16] 江 洪.云杉种群生态[M].北京:中国林业出版社,1992:1-7
- [17] Deevey E S. Life table for natural population of animals[J]. Q Ver Biol, 1947, 22: 283-314
- [18] 谢宗强,陈伟烈,路 鹏,等.濒危植物银杉的种群统计与年龄结构[J].生态学报,1999,19(4):523-528
- [19] 谢宗强,陈伟烈.中国特有植物银杉林的现状和未来[J].生物多样性,1994,2(1):11-15
- [20] 贺善安,郝日明.中国鹅掌楸自然种群动态及其致危生境的研究[J].植物生态学报,1999,23(1):87-95
- [21] Houle G. Spatial relationship between seed and seedling abundance and mortality in a deciduous forest of north eastern North American [J]. Journal of Ecology, 1992, 80: 99-108