

## 湘西北长果安息香种群数量与分布格局

张程<sup>1a,2</sup>, 彭重华<sup>1a</sup>, 刘晖<sup>1a</sup>, 曹铁如<sup>1b</sup>

(1.中南林业科技大学 a.环境艺术设计学院; b.林学院, 湖南 长沙 410004; 2.株洲市园林科学研究与技术指导中心, 湖南 株洲 412002)

**摘 要:**对湖南石门壶瓶山景关门、桑植龙潭坪茅坪村样地的长果安息香(*Changiostyrax raxdolichocarpa*)种群数量和分布格局进行调查和分析。结果表明:长果安息香种群的年龄结构呈衰退型,个体数量主要集中在小树(IV龄段),幼龄级株数和老龄级株数匮乏;长果安息香种群在进入生理死亡年龄前有 2 个死亡高峰,第 1 个峰值产生于幼树(II、III 龄段),主要原因是种内和种间竞争(主要是光照),第 2 个峰值产生于中树长成大树阶段(V、VI 龄段),除种内、种间对环境的竞争外,生长地土层浅薄、大树倒伏及人为砍伐亦加剧了该峰值的产生;种群整体呈聚集分布类型,小树向中树、大树变化过程表现出聚集分布向随机分布转变,导致长果安息香濒危的主要原因是种子萌发率极低、种群竞争能力较差以及人为干扰等。

**关 键 词:**长果安息香;种群数量;分布格局;湘西北

中图分类号:Q949.755.5 文献标志码:A 文章编号:1007-1032(2011)06-0615-06

## The population quantity and distribution pattern of the endangered plant *Changiostyrax raxdolichocarpa*

ZHANG Cheng<sup>1a,2</sup>, PENG Zhong-hua<sup>1a</sup>, LIU Hui<sup>1a</sup>, CAO Tie-ru<sup>1b</sup>

(1. a.Institution of Environmental Art and Design; b.Institution of Forest, Century South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China; 2.Centre for Zhuzhou Landscape Scientific Research and Technical Guidance, Zhuzhou, Hunan 412002, China)

**Abstract:** The population quantity and distribution pattern of *Changiostyrax raxdolichocarpa* in Hupingshan and Sangzhi, Hunan province, were investigated and analyzed. Age structure analysis showed the population of *Changiostyrax raxdolichocarpa* was a declining one, in which there were mainly small trees (IV age group) with infant and old trees lacked. Before entering the physiological age of death, there were 2 mortality peaks of *Changiostyrax raxdolichocarpa*, one of the which was in the young trees stage (II, III age groups) caused by intraspecific and interspecific competition (mainly for light) and the other was in the stage of the trees growing into big ones (V, VI age groups). Besides, shallow soil, lodging of big trees and man-made cutting intensified the peaks. The whole population presented a gathering distribution, in which sapling trees distributed in a gathering way and big ones in a random way. Through investigation we found that the reasons causing *Changiostyrax raxdolichocarpa* endangered were low seed germination rate, less competitiveness and Man-made interference etc.

**Key words:** *Changiostyrax raxdolichocarpa*; population quantity; distribution pattern; Northwest Hunan

长果安息香(*Changiostyrax raxdolichocarpa* C.T. (Changiostyrax)。该种原置于秤锤树属(*Sinojackia*) ,  
Chen), 隶属于安息香科(Styracaceae)长果安息香属 名为长果秤锤树(*Sinojackia dolichocarpa* C.J. Qi) ,

收稿时间:2011-02-26

基金项目:湖南省研究生科研创新项目(CX2010B333);中南林业科技大学研究生科技创新项目(2008SX19)

作者简介:张程(1985—),男,江苏扬州人,硕士,主要从事野生观赏植物开发利用研究,landscape\_zc@126.com

1995 年,陈涛根据本种的模式建立新属长果安息香属<sup>[1]</sup>。长果安息香仅分布于湖南石门、桑植及湖北秭归,其中湖北秭归四溪自然保护区仅分布 5 株<sup>[2]</sup>。由于数量稀少,分布区狭窄,目前已处于濒危状态,被列为国家 II 级保护植物<sup>[3]</sup>,同时也被国际保护联盟(IUCN)列为受胁物种。自 1981 年被发现以来,对长果安息香的研究主要集中在系统学<sup>[4]</sup>、保育遗传学<sup>[5]</sup>和迁地保护<sup>[6]</sup>等方面。笔者对湖南石门壶瓶山景关门和桑植龙潭坪镇茅垭村长果安息香样地进行了调查,在此基础上,统计分析其种群数量特征及更新状况,以期真实反映长果安息香种群结构,预测其未来发展趋势,为长果安息香种质资源保护与迁地保护提供理论依据。

## 1 研究区概况

研究区位于湖南石门壶瓶山和桑植龙潭坪镇。壶瓶山自然保护区地处武陵山脉的东北端,地理坐标为 110°29′~110°59′E、29°50′~30°09′N,主峰海拔 2 098.7 m。桑植县龙潭坪镇茅垭村,地理坐标为 110°07′E、29°41′N,长果安息香分布区海拔高度 460~900 m。两地地理位置接近,为云贵高原向东部低山丘陵的过渡地带,属典型的季风气候区,为亚热带山地气候,年均气温 9.2℃,日平均气温 10℃以上,极端最低气温为-15℃,年平均日照 1 509.9 h,年降水量 1 600~1 800 mm,年均雪日 42.2 d,均具有气温偏低、春迟冬早、盛夏不暑、隆冬严寒、雨量充沛、湿度较大的特点<sup>[7]</sup>。长果安息香生长于低山山谷及水溪边常绿阔叶林中或林缘。母岩为页岩或石

灰岩,土壤为山地黄壤或褐色石灰土<sup>[8]</sup>。长果安息香群落乔木层伴生种主要有宜昌润楠(*Machilus ichangensis*)、红果黄肉楠(*Actinodaphne cupularis*)、黄心夜合(*Michelia martinii*)、黑壳楠(*Lindera megaphylla*)、青冈栎(*Castanopsis glauca*)、栲树(*C. fargesii*)等;灌木层主要伴生种有球核荚蒾(*Viburnum propinquum*)、香叶子(*Lindera fragrans*)、蜡莲绣球(*Hydrangea strigosa*)、老虎刺(*Pterolobium punctatum*);草本层主要有长毛细辛(*Asarum pulchellum*)、蝴蝶花(*Iris japonica*)、日本蛇根草(*Ophiorrhiza japonica*)、矩圆线蕨(*Colysis henryi*)等<sup>[9-10]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 样地调查

采用样方法进行群落调查,在初步踏察的基础上,兼顾群落分布的海拔和坡向,选择典型性地段,设 2 处样地,每样地设 10 个 20 m×10 m(总计 20 个)的长方形样方(长果安息香群落多沿沟谷分布),记录每个样地的坡向、坡位、海拔和土壤类型等,样地概况见表 1。在每个样方内,对乔木进行每木检尺,识别出乔木种名,测量树高(*H*)、枝下高、冠幅和胸径(*DBH*);在每个样方内按对角线法设置 2 个 5 m×5 m 的灌木样方和 5 个 1 m×1 m 的草本样方,灌木样方内识别出种名,测量每种的高度、冠幅和基径,草本样方识别出种名,测出每种的高度和盖度。

表 1 样地基本状况

Table 1 Environmental condition of the plots

样地	海拔高度/m	坡向	坡度/(°)	地形	坡位	土壤	母岩类型	基岩裸露率/%	郁闭度
壶瓶山景关门	540	东北	50	沟谷	下坡	黄壤	板页岩	10	0.7
龙潭坪茅垭村	510	北	60	沟谷	中坡	黄壤	板页岩	20	0.6

### 2.2 数据分析

1) 绘制年龄/大小结构图。以静态生命表及生存分析理论为基础,采用空间序列代时间变化的方法,以林木径级结构代替年龄结构,编制长果安息香种群年龄/大小结构图。在调查中,对胸径大于 2.5 cm 的长果安息香,测量其胸径(*DBH*)、树高(*H*)及冠幅;胸

径小于 2.5 cm 的,测量其地茎、高度和冠幅,并将长果安息香分成以下立木级<sup>[9]</sup>:*DBH* 小于 2.5 cm 时,*H* 为 0~30 cm,为 1 级幼苗;*H* 为 30~100 cm,为 2 级幼苗;*H* 大于 100 cm,为 3 级幼苗。*DBH* 大于 2.5 cm 的长果安息香,*DBH* 每增加 5 cm 划为 1 级。

2) 编制静态生命表。以下述 3 个假设为前提:

①种群的数量是静态的,即密度不变;②种群的年

龄组合是稳定的，即与时间无关，各年龄的比例不变；③个体的迁移是平衡的，即没有迁入和迁出的差数<sup>[11-12]</sup>。

3) 绘制存活曲线与死亡曲线。以静态生命表中的年龄组(立木级)为横坐标，以相应于各年龄组(立木级)的标准化存活数  $l_x$ 、死亡数  $d_x$  为纵坐标作图。

4) 绘制死亡率曲线与亏损率曲线。以静态生命表中的年龄组(立木级)为横坐标，以相应于各年龄组(立木级)的  $q_x$  值、 $K_x$  值为纵坐标作图<sup>[13-14]</sup>。

5) 分布格局分析。采用扩散指数( $DI$ )、负二项参数( $K$ )、Cassie 指数( $Ca$ )、丛生指数( $CI$ )、聚块性指标( $PAI$ )、Morisita 指数( $I_\delta$ )<sup>[17-20]</sup>对种群分布格局进行分析。

3 结果与分析

3.1 长果安息香种群结构

由于长果安息香为国家保护树种，不能用生长锥测长果安息香的年龄，也无法作长果安息香的解析木，因而用不同的立木级来代表其年龄(I、II、III 分别表示 I、II、III 级幼苗，其他数字均表示立木径级)。

实地调查结果显示，两样地都没有 I 级幼苗，这可能与调查的年份有关，长果安息香结实大小年显著，且种子层积需 1 年以上，致使处于 I 级幼苗的树木为 0；两样地 3 级以下幼苗匮乏，壶瓶山景关门样地中，II 级幼苗仅有 4 株，占样地总株数的 5.71%，III 幼苗为 9 株，占 12.86%；龙潭坪茅垭村样地中，II 级幼苗仅有 2 株，占总株数的 1.74%，III 级幼苗有 18 株，占 18.26%。数量最多的均集中于第 IV 级，分别占各样地总株数的 31.43%和 47.83%。壶瓶山景关门样地种群成树( $DBH \geq 6$  cm)平均  $DBH$  为 12.78 cm，最大者为 22.6 cm；龙潭坪

茅垭村样地中成树平均  $DBH$  为 9.77 cm，最大者为 42.4 cm。图 1、图 2 显示两样地长果安息香种群密度公顷化后的立木级结构。

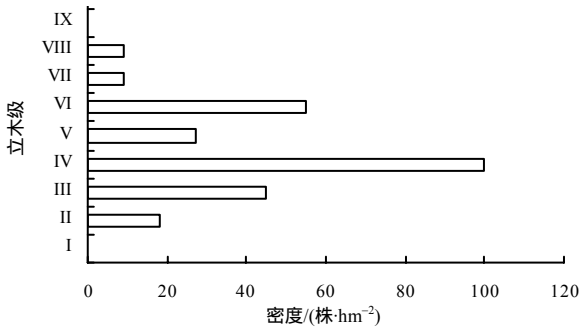


图 1 壶瓶山景关门长果安息香种群立木级结构  
Fig.1 Size structure of *C. raxdolichocarpa* population in Jingguanmen, Mt. Huping

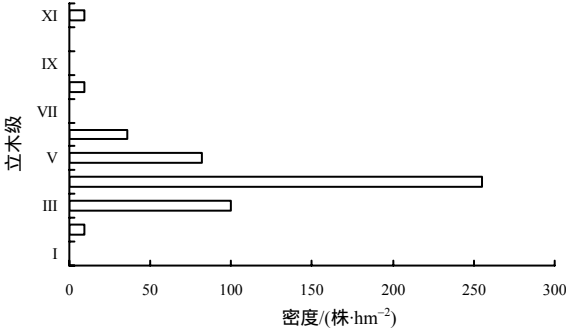


图 2 龙潭坪茅垭村长果安息香种群立木级结构  
Fig.2 Size structure of *C. raxdolichocarpa* population in Maoya country, Longtanping

3.2 长果安息香的静态生命表

由于气候条件以及调查季节的不同可能导致长果安息香在某些径级上数量减少，甚至为 0，在生命表编制过程中会出现死亡率为负的情况，因而采用分段匀滑技术对所得数据进行拟合得  $a'_x$ ，编制长果安息香 2 个种群的静态生命表<sup>[21]</sup> (表 2、表 3)。

表 2 壶瓶山景关门长果安息香种群静态生命表

Table 2 Static life table of *C.raxdolichocarpa* population in Jingguanmen , Mt. Huping

年龄级	$a_x$	$a'_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$	$\ln l_x$	$\lg l_x$	$K_x$
II	4	4	182	-227	-1 247	295.5	2 590.0	8.76	5.204	2.260	-0.352
III	9	9	409	-591	-1 445	704.5	2 294.5	3.26	6.014	2.612	-0.388
IV	22	22	1 000	455	455	772.5	1 590	2.06	6.908	3.000	0.264
V	5	12	545	227	417	431.5	817.5	1.89	6.301	2.736	0.234
VI	11	7	318	182	572	227.0	386	1.70	5.762	2.502	0.368
VII	2	3	136	45	331	113.5	159	1.40	4.913	2.134	0.175
VIII	2	2	91	91	1 000	45.5	45.5	1.00	4.511	1.959	—

$a_x$  存活数； $l_x$  存活量； $d_x$  死亡量； $q_x$  死亡率； $L_x$  区间寿命； $T_x$  总寿命； $e_x$  期望寿命； $K_x$  消失率。下表同。

表 3 龙潭坪茅垭村长果安息香种群静态生命表

Table 3 Static life table of *C.raxdolichocarpa* population in Maoya country, Longtanping

年龄级	$a_x$	$a'_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$	$\ln l_x$	$\lg l_x$	$K_x$
II	2	2	36	-346	-9 611	209.0	2 072.0	9.91	3.584	1.556	-1.026
III	21	21	382	-618	-1 618	691.0	1 863.0	2.70	5.945	2.582	-0.418
IV	55	55	1000	673	673	663.5	1 172.0	1.77	6.908	3.000	0.485
V	18	18	327	127	388	263.5	508.5	1.93	5.790	2.515	0.214
VI	8	11	200	109	545	145.5	245.0	1.68	5.298	2.301	0.342
VII	0	5	91	55	604	63.5	99.5	1.57	4.511	1.959	0.403
VIII	2	2	36	18	500	27.0	36.0	1.33	3.584	1.556	0.301
IX	1	1	18	18	1 000	9.0	9.0	1.00	2.890	1.255	—

3.3 长果安息香的种群存活曲线与死亡曲线

由图 3、图 4 可知，两样地中长果安息香的存活曲线均为左偏正态型，这表明长果安息香种群幼龄级苗木与老龄级苗木株数稀少，IV 级株数最多，但由小树(IV)向大树(VI)发展阶段株数急剧下降，长果安息香在 VIII 龄级后进入生理死亡年龄。壶瓶山景关门样地由于沟谷常年流水，处于东北坡向，山势较处于北坡的龙潭坪茅垭村样地平缓，阳光更充足，种群更新相对较好，较龙潭坪茅垭村样地种群死亡曲线稳定。

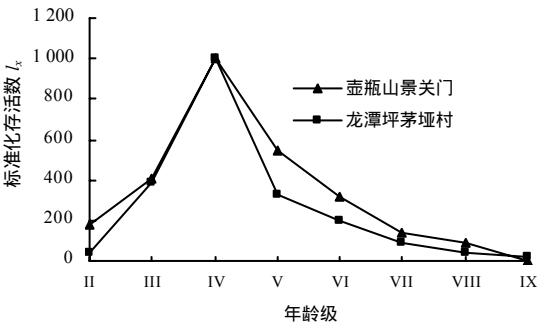


图 3 长果安息香种群存活曲线

Fig.3 Survival curve of *C. raxdolichocarpa* population

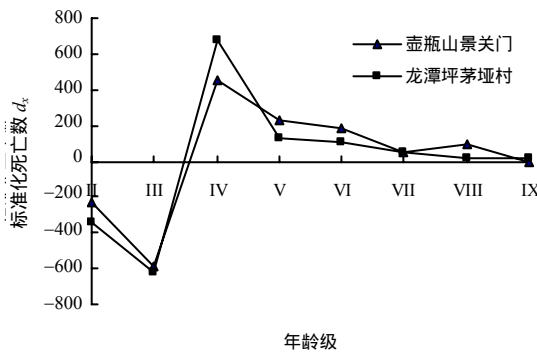


图 4 长果安息香种群死亡曲线

Fig.4 Mortal curve of *C. raxdolichocarpa* population

3.4 长果安息香的死亡率曲线与亏损率曲线

由图 5 可知，II、III 级幼苗死亡率为负值，说明幼苗库严重不足，种群有明显衰退趋势，壶瓶山景关门长果安息香群落由于结实母树被砍伐，造成幼龄级苗木的缺乏，所统计的幼树多是萌发枝，致使第 III、IV 级苗木增加，否则，衰老的趋势将更为明显。桑植龙潭坪茅垭村由于修葺盘山公路，截断了沟谷，造成下坡位小溪断流，长果安息香生境遭到破坏，幼苗株数匮乏，种群年龄结构为衰退型。

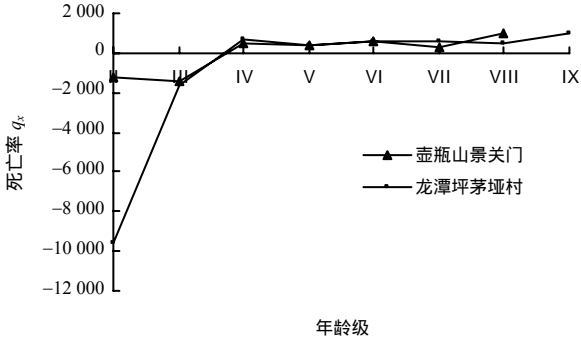


图 5 长果安息香种群死亡率曲线

Fig.5 Mortal rate curve of *C. raxdolichocarpa* population

由图 6 可知，两样地种群亏损率曲线近乎一致。亏损率曲线存在 2 个峰值，第 1 个峰值最高，出现在第 III 至 IV 龄级阶段。长果安息香生长到一定阶段，种内(养分、空间、光照的争夺)和种间(高位芽植物的荫蔽作用)竞争的加剧可能是第 1 个峰值产生的主要原因。第 2 个峰值出现在第 V 至 VI 龄级阶段，生长地多为沟谷林缘，土层浅薄，大树倒伏，人为砍伐亦加剧了该峰值的产生。大树根系固土坚实后，死亡率趋于平缓，直至进入生理死亡年龄。

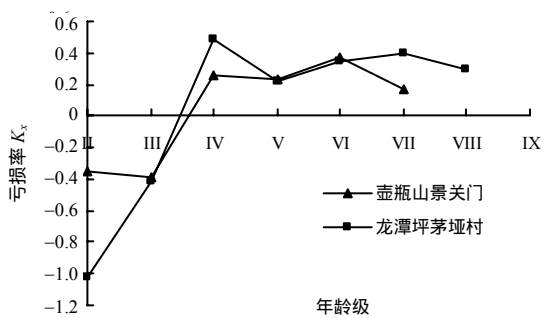


图 6 长果安息香种群亏损率曲线  
Fig.6 Vanish rate curve of *C. raxdolichocarpa* population

3.5 长果安息香种群分布格局

由不同分布格局指数(表 4)可以看出 扩散指数  $DI>1$  , 负二项参数  $K>1$  , Cassie 指数  $Ca>0$  , 丛生指数  $CI>0$  ,聚块性指标  $PAI>1$  ,Morisita 指数  $I_{\delta}>0$  ,  $F_0>F_{0.05}$  , 均表明长果安息香种群分布形式

为聚集分布,但这仅代表取样面积基础上长果安息香种群的分布格局。

长果安息香种群聚集分布格局主要是由自身的生物学特性和生境决定的<sup>[19]</sup>,长果安息香果实产量高,顶端有关节,果实常自关节上脱落,散布在母树周围。高海拔地区种群果实经流水冲刷散布,随着水溪流量的减小或溪流改道,长果安息香种子在沟谷边沉积、萌发,且长果安息香种皮木质化程度高,通过流水冲刷,在砂土旋回,削薄了木质化的种皮,增大了萌发率,所以长果安息香常沿溪流分布,并在低海拔地区相对集中分布<sup>[6]</sup>。所调查的 2 个样地均在低海拔长果安息香相对集中的地段,聚集分布是该种主要分布形式,但随着海拔的升高,长果安息香种群聚集密度减小。

表 4 长果安息香种群分布格局指数

Table 4 Distribution pattern of *C. raxdolichocarpa* population

$\bar{X}$	$S^2$	$DI$	$t$	$t_{0.05}$	$K$	$Ca$	$CI$	$m^*$	$PAI$	$I_{\delta}$	$F_0$	$F_{0.05}$
8.2	42.16	5.141	8.785	2.262	1.980	0.505	4.141	12.341	1.505	1.524	5.716	1.880

$\bar{X}$  均值;  $S^2$  方差;  $DI$  扩散指数;  $K$  负二项参数;  $Ca$  Cassie 指数;  $CI$  丛生指数;  $m^*$  平均拥挤度;  $PAI$  聚块性指标;  $I_{\delta}$  Morisita 指数。

为了分析长果安息香种群分布格局动态,通过丛生指数( $CI$ )、聚块性指标( $PAI$ )、Morisita 指数( $I_{\delta}$ )测定各立木级分布格局。采用等级度结构分析法划分为 5 个等级(表 5):凡幼苗高度在 33 cm 以下为第 I 级苗木(此处缺失);高度在 33 cm 以上而  $DBH$  不

足 2.5 cm 者为第 II 级苗木;  $DBH$  为 2.5~7.5 cm 的幼树,属第 III 级立木;  $DBH$  7.5~22.5 cm 的成年树木,列为第 IV 级;  $DBH$  为 22.5 cm 以上者为第 V 级<sup>[12]</sup>。

表 5 长果安息香种群各立木级分布格局

Table 5 Distribution pattern of size classes of *C. raxdolichocarpa* population

立木级	$CI$	$m^*$	$PAI$	$I_{\delta}$	$F_{0.05(9,\infty)}$	$F_0$	分布格局
II	0.978	2.778	1.543	1.634	1.88	2.198> $F_{0.05}$	聚集分布
III	3.550	7.550	1.888	1.936		5.056> $F_{0.05}$	聚集分布
IV	0.090	2.190	1.043	1.095		1.211< $F_{0.05}$	随机分布
V	0.367	0.333	1.111	3.333		1.518< $F_{0.05}$	随机分布

聚集强度是度量种群分布格局的聚集(丛生、群集或蔓延)程度,从表 4 可以看出,长果安息香从幼树至小树阶段呈聚集分布,小树向中树、大树变化过程表现出聚集分布向随机分布转变。从幼树至小树生长过程中,集聚性增强,主要是由于幼苗耐荫性较强,随着幼树长大,对光照需求增强,林窗及林缘光照充足,分布在此区域类的幼树能够充分生长,林下幼树荫庇至死。从小树至中树、大树生长

过程中,对环境条件要求更高,种内和种间竞争加剧而产生自疏和它疏作用,导致种群由集聚分布向随机分布变化。

4 结论与讨论

长果安息香种群数量统计表明:两样地长果安息香种群年龄结构呈衰退型,在进入生理死亡年龄前有 2 个死亡高峰,第 1 个峰值产生于幼苗阶段,

主要原因是种内和种间竞争(主要是光照);第 2 个峰值产生于中树长成至大树阶段,是由于生长地多为沟谷林缘,土层浅薄,大树倒伏的缘故,人为砍伐亦加剧了该峰值的产生。

长果安息香分布格局测定表明:聚集分布是该种主要分布形式,种群从幼树至小树阶段成聚集分布,小树向中树、大树变化过程表现出聚集分布向随机分布转变。

长果安息香是一个非稳定型种群,有性生殖力较弱。虽有一定的无性繁殖(萌蘖繁殖)能力,但无法满足种群发展,根据资料及调查结果,造成其濒危的原因有以下几个方面:一是地理分布区域狭小。长果安息香是属级水平上的地方特有植物种群,地理分布范围窄小,种群个体数少。二是种子萌发率极低。长果安息香结实率高,但果实有关节,易脱落;种子易败育,种子饱满率仅 5%;种皮木质化,需层积 1 年以上,种子繁殖萌发率极低,仅在 3‰左右<sup>[6]</sup>。三是种群竞争能力较差。长果安息香分布于海拔 1 200 m 以下,主要集中在海拔 450~600 m 区域,与当地常绿阔叶林带优势种宜昌润楠、利川润楠等相比,竞争能力弱,有被演替的趋势,因此,长果安息香多退居到土层浅薄、山势陡峭的环境中。四是对小生境要求苛刻。长果安息香在强光下叶片发黄,生长不良,喜半阴半阳、湿度较大的环境,土壤以砂质壤土为佳<sup>[6]</sup>。自然条件下,多沿沟谷分布,空气湿度大,土层浅薄,坡度陡峭,大树易倒伏,易形成林窗。五是人为干扰严重。在自然条件下,长果安息香种子通过流水冲刷,在砂土旋回,削薄了木质化的种皮,易于种子的萌发,但修路(如桑植龙潭坪)截断沟谷,致使溪流流量但减小或溪流改道,破坏了长果安息香的生境,从而降低了种子萌发率,引发物种消亡。长果安息香分布海拔较低,大多分布在保护区的核心区外,而且植株多分布在沟谷林缘,当地居民主要依靠经营及加工林木为生,或将该种用作薪柴或铺架临时便桥的材料,无意识砍伐较为严重,因此对长果安息香保护的宣传教育力度亟待加强<sup>[6]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 陈涛. 中国安息香科一新属——长果安息香属[J]. 广西植物, 1995, 15(4): 289-292.
- [2] 姚小洪. 秤锤树属与长果安息香属植物的保育遗传学研究[D]. 武汉:中国科学院武汉植物园, 2006: 55-71.
- [3] 傅立国. 中国珍稀濒危植物[M]. 上海:上海教育出版社, 1989: 323.
- [4] 杨庆锋, 蔡雪珍, 陈涛. 长果安息香属和秤锤树属植物叶片脉序研究[J]. 广西植物, 1997(2): 145-148.
- [5] 姚小洪, 叶其刚, 康明, 等. 秤锤树属与长果安息香属植物的地理分布及其濒危现状[J]. 生物多样性, 2005, 13(4): 339-346.
- [6] 叶其刚, 王诗云, 徐惠珠, 等. 长果秤锤树保护现状的初步研究[J]. 生物多样性, 1996, 4(3): 135-138.
- [7] 张国珍, 张代贵. 湖南壶瓶山植物志[M]. 长沙:湖南科学技术出版社, 2008.
- [8] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究, 1991(增刊 IV): 1-139.
- [9] 祁承经. 湖南植被[M]. 长沙:湖南科学技术出版社, 1990.
- [10] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴[M]. 北京:科学出版社, 2002.
- [11] 李景文. 森林生态学[M]. 北京:中国林业出版社, 1981.
- [12] 尚玉昌. 普通生态学[M]. 北京:北京大学出版社, 2002.
- [13] 张志祥. 九龙山自然保护区珍稀濒危植物南方铁杉种群生态学研究[D]. 杭州:浙江师范大学, 2009: 54-64.
- [14] 曲仲湘. 植物生态学[M]. 北京:高等教育出版社, 1983.
- [15] 王明亮. 濒危植物大果青杠的残存分布、群落特性和种群动态研究[D]. 上海:华东师范大学, 2010: 8-35.
- [16] 林永慧, 何平, 何兴兵, 等. 濒危植物缙云卫矛种群数量动态分析[J]. 西南师范大学学报:自然科学版, 2004, 29(1): 109-113.
- [17] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京:科学出版社, 2004: 264-275.
- [18] 王海为, 游水生, 王小明. 锥栗林主要种群空间分布格局[J]. 福建林学院学报, 2004, 24(3): 258-261.
- [19] 罗文, 许涵, 李意德, 等. 海南岛尖峰岭卵叶樟种群结构与分布格局动态研究[J]. 林业科学研究, 2010, 3(5): 87-90.
- [20] 谢宗强, 陈伟烈. 银杉种群的分布格局[J]. 植物学报, 1999, 41(1): 95-101.
- [21] 江洪. 云杉种群生态学[M]. 北京:中国林业出版社, 1992.

责任编辑: 罗慧敏