

桂东北山地五列木种群结构与动态的初步研究

张桂清^{1,2}, 谢强², 李锋¹, 蒋水元¹, 韦霄¹, 蒋运生¹

(1. 广西壮族自治区广西植物研究所, 广西桂林 541006; 2. 广西师范大学生命科学院, 广西桂林 541004)

摘要: 根据四个代表性样地的典型取样资料, 运用数学分析方法, 研究桂东北山地五列木种群的结构与分布格局及其动态。结果表明, 五列木的重要值远高于群落中其它种类, 优势度十分突出, 为优势种群; 分布格局呈聚集分布, 其成因主要是由环境因子的影响所决定的; 幼树数量大, 种群的年龄结构呈发展型。

关键词: 五列木种群; 优势种群; 聚集分布; 发展型

中图分类号: Q948.15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2008)01-0062-05

Preliminary study on population structure and its dynamic development of *Pentaphylax euryoides* in the hilly country of Northeast Guangxi

ZHANG Gui-Qing^{1,2}, XIE Qiang², LI Feng¹, JIANG Shui-Yuan¹, WEI Xiao¹, JIANG Yuan-Sheng¹

(1. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China; 2. College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

Abstract: Based on the data of representative sampling in four representative sample plots in *Pentaphylax euryoides* population distribution area, the structure, distribution patterns and dynamic development of *P. euryoides* population were studied by using mathematical analysis method. The result indicated that the importance value of *P. euryoides* was far higher than other species in these communities, its dominance degree was outstanding, and its distributing pattern was aggregated distribution. This was mainly decided by effect of environmental factors. The number of young trees was large, and the age structure of *P. euryoides* was developing.

Key words: *P. euryoides* population; preponderant population; clusters distribution; development model

五列木(*Pentaphylax euryoides*)为五列木科孤属近孤种植物。在常绿阔叶林中常呈乔木或近灌木状, 高3~10 m, 种子顶端有翅, 生于较湿润的山谷, 林内及灌丛中。常分布于亚洲东南部海拔600~2 000 m的山地中。在广西, 龙胜、临桂、大瑶山、大明山、十万大山和德保等地有分布记载。通常情况下, 五列木在常绿阔叶林中作为伴生种存在, 但作者在广西东北部海拔840 m左右的山脉峰顶发现

以其为单优种群的群落。五列木种群的优势程度似随坡下降, 表现了其在构建群落的作用中存在一定的趋向性规律。为了解五列木作为优势种群在特定环境的种群特征和种群在群落中的构建作用机制及种群发展规律, 以及孤属和近孤种植物的生态适应特征, 在相关基础资料近乎空白的情况下, 本文对五列木种群结构和分布格局及其动态展开研究, 为进一步深入研究打下基础。

收稿日期: 2006-07-12 修回日期: 2007-02-15

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向性项目[Supported by Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences]

作者简介: 张桂清(1965-), 男, 福建上杭人, 硕士研究生, 主要从事植物生理生态和生理生化研究。

1 群落种类组成与自然环境概述

所研究的群落位于广西桂林市临桂县宛田瑶族自治县所辖的船岭东侧山脉峰顶处。地理位置为 104°53.074' E, 24°39.611' N, 海拔 892 m。本研究区属亚热带季风气候区, 炎热多雨, 年均气温为 18~19 °C, 年降雨量 1 800 mm 左右。降水量全年分配不均, 4~7 月占全年的 62%。秋冬雨少, 较为干燥, 冬季气温低, 时有霜雪。群落所在地土壤为红黄壤, 地带性土壤为红壤。

五列木种群在群落中优势度相当突出, 其重要值百分率为 64.38%, 位居第一。尤其是山脉峰顶及其下延的陡坡。局部区间乔木层可呈天然纯林。较缓坡处下延伴生种增多, 乔木层主要树种有: 柞木 (*Xylosma congestum*)、马尾松 (*Pinus massoniana*)、桦木 (*Betula platyphylla*)、日本杜英 (*Elaeocarpus japonicus*)、深山含笑 (*Michelia maudiae*)、建楠 (*Machilus thunbergii*)、白椴 (*Castanopsis fabri*)、米锥 (*Castanopsis chinensis*)、黄杞 (*Engelhardtia roxburghiana*) 等。灌木层有: 杜鹃 (*Rhododendron simsii*)、酸味子 (*Antidesma japonicum*)、矩叶酸藤果 (*Embelia oblongifolia*) 等等。草本层常见的植物有芒萁 (*Dicranopteris dichotoma*)、狗脊 (*Woodwardia japonica*)、东方狗脊 (*W. orientalis*)、茜草 (*Rubia cordifolia*) 等。层间植物常见的如菝葜 (*Smilax china*)、羊角藤 (*Ichnocarpus frutescens*) 等。

2 研究方法

2.1 野外调查

典型取样。在五列木群落中设置 4 个面积为 400 m² 的样地, 合计面积 1 600 m², 每个样地内划分 16 个 5 m×5 m 小样方, 共 64 个。在小样方内调查林木胸径、树高、基径、冠幅等。同时调查小样方内所有的灌木、草本的高度、盖度。

2.2 数据处理

(1) 重要值的计算: 重要值 = 相对密度 + 相对频度 + 相对优势度 (孙儒泳等, 1993)。(2) 五列木种群的年龄结构: 实测样地内所有五列木的胸径和树高。以立木结构代替年龄分析种群动态, 大小结构按两种方式处理: 胸径在 2.5 cm 以下的个体分二级, 胸径大于或等于 2.5 cm 的个体分为 3 级, 具体划分如下 (苏志光等, 2000): I. H < 33 cm, I 级幼苗阶段; II. H > 33 cm, II 级幼苗阶段; III. 2.5 cm < D < 7.5 cm, 幼树阶段, D ≥ 2.5 cm; IV. 7.5 cm, D < 22.5 cm, 中树阶段; V. D > 22.5 cm, 大树阶段。(3) 五列木种群高度结构: 以每增高 1 m 为一高度级统计各高度级内的株数, 以确定五列木种群高度结构。(4) 分布格局: 采用相邻格子取样数据, 将每个样地分成 16 个 25 m² (5 m×5 m) 的样方, 分别统计出每个样方内的株数 (表 1), 然后采用以下 6 个指标对种群的分布格局进行测定: ① 方差/均值的 t 检验; ② 负二项参数 K; ③ 扩散型指数; ④ 丛生指标 (I); ⑤ 平均拥挤指数与聚块性指数 (m*/m) ⑥ Cassie 指标 (金则新, 1996)

表 1 五列木种群各样地方中的株数

Table 1 Tree number of samples in each plot of *Pentaphylax euryoides* population

样地编号 No. of plot	样方编号 No. of sample															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Q1	2	8	25	5	11	28	12	6	3	4	3	3	2	5	1
7	Q2	18	0	1	0	0	3	6	20	0	0	0	22	0	0	2
6	Q3	2	0	1	0	0	3	1	6	6	7	5	1	0	5	2
3	Q4	4	3	4	2	1	2	0	5	2	0	0	0	0	0	5

3 结果与分析

3.1 群落特征

通过对五列木群落乔木层树种的种类、胸径、数量等进行计算得到五列木群落乔木层主要物种重要

值的大小 (表 2)。从表 2 看出, 五列木的重要值为 64.38, 位居第一, 黄杞的重要值为 32.51, 位居第二。厚朴的重要值最小, 为 0.54。从这些看来, 五列木的重要值远高于群落中其它树种的重要值, 其相对密度、相对频度、相对优势度也远远高于其它种类。五列木种群在群落中占据相当重要位置, 为优

表 2 五列木群落(乔木层)18种植物的重要值

Table 2 Importance value of 18 tree species in *Pentaphylax eurycoides* community

树种 Species	相对密度 Relative density	相对频度 Relative frequency	相对优势 Relative dominne	重要值 Importance value
五列木 <i>Pentaphylax eurycoides</i>	15.54	22.1	26.74	64.38
黄杞 <i>Engelhardtia roxburghiana</i>	4.89	11.53	16.09	32.51
米椎 <i>Castanopsis chinensis</i>	2.49	9.13	19.62	31.24
白椴 <i>C. fabri</i>	2.53	12.48	12.85	27.86
深山含笑 <i>Michelia maudiae</i>	1.43	7.69	2.59	11.07
柞木 <i>Xylosma congestum</i>	1.16	7.21	0.06	8.43
日本杜英 <i>Elaeocarpus japonius</i>	0.79	4.8	2.59	8.18
赤楠 <i>Machilus thunbergii</i>	0.17	1.94	2.82	4.93
桦木 <i>Betula platyphylla</i>	0.42	1.45	2.81	4.68
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	0.34	1.91	3.67	3.67
杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i>	0.05	0.62	2.22	2.89
总状山矾 <i>Symplocos botryantha</i>	0.42	0.96	0.8	2.18
檫木 <i>Sassafras tsumu</i>	0.05	0.48	1.18	1.71
冬青 <i>Ilex purpurea</i>	0.17	1.45	0.01	1.63
木兰 <i>Magnolia liliiflora</i>	0.13	1.45	0.02	1.6
厚叶山矾 <i>Crassilimba</i>	0.17	0.96	0.05	1.18
厚朴 <i>Magnolia officinalis</i>	0.05	0.48	0.01	0.54

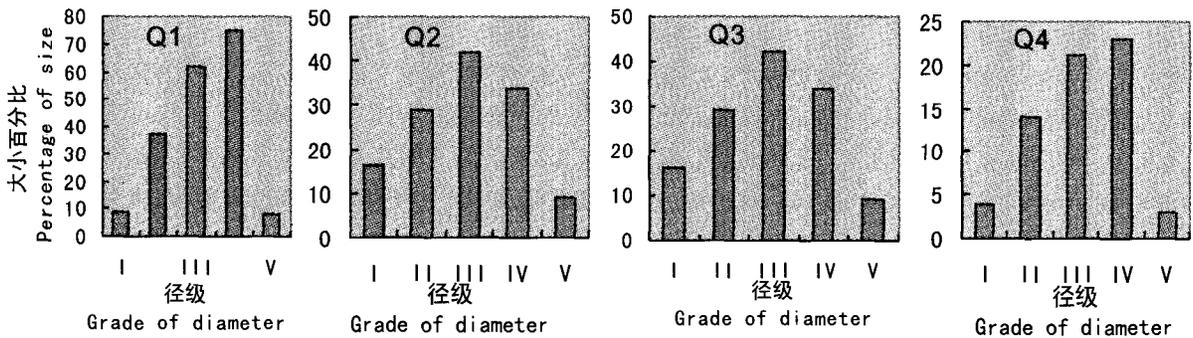


图 1 种群径级结构

Fig. 1 Diameter grade structure of *Pentaphylax eurycoides* population

势种群,也为建种群。

3.2 种群径级结构

对宛田五列木种群的年龄结构进行了分析。由于乔木种群其个体年龄常难以确定,所以在实际工作中采用空间代替时间的方法,即以立木胸径代替年龄对五列木种群的年龄进行分析。从4个样地中均可看出,五列木种群的年龄结构相似(图1)。I级幼苗和V级大树株数最少。除样地Q4外,III级幼树,IV级中树株数最多。如样地Q1:III级幼树62株/400 m²,IV级中树75株/400 m²。Q2:III级幼树42株/400 m²,IV级中树34株/400 m²。Q3:III级幼树21株/400 m²,IV级中树23株/400 m²。由于五列木种群I级幼苗最少,如Q1:I级幼苗9株/400 m²,Q2:16株/400 m²,Q3:4株/400 m²,Q4:4株/400 m²。从种群动态方面分析,幼苗数量较少,

但III级幼树最多。作为乔木种群,其更替主要依靠幼树,因此,五列木种群的年龄结构属于发展型。

3.3 种群高度结构

五列木种群的株数随高度级的分布如图2所示。Q1、Q2、Q3、Q4样地中,除Q1外,高度1~3 m个体数多,占总数的59.4%,其次是4~6 m,占总数的41.9%,7~11 m越来越少,11 m以上的很少。五列木种群高度结构不仅反映个体在垂直空间上的配置,也表明了种群的动态规律。拥有1~3 m这个幼苗储备库,当群落上层遭受破坏后,幼苗和幼树可以迅速补充到上层,实现种群的更新,这进一步证明该五列木种群为发展型种群。

3.4 种群的分布格局

3.4.1 格局类型 采用方差(s^2)/均值(\bar{x})比率和用t-检验判断测得的比率对1.0的离差的显著度的方

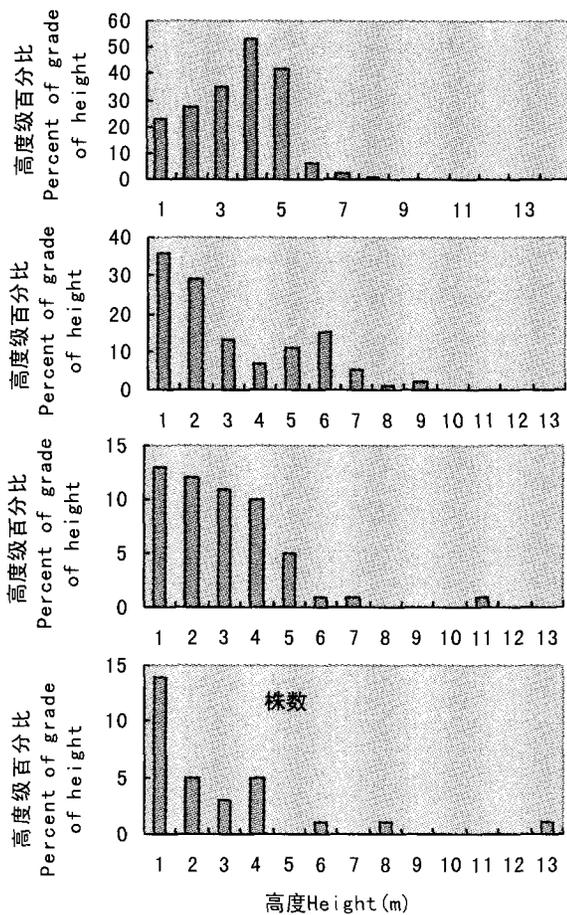


图 2 五列木种群的高度结构

Fig. 2 Height structure of *P. euryooides* population

法确定,当 $s^2/\bar{x}=1$ 时,种群遵循随机分布;当 $s^2/\bar{x}<1$ 时,种群趋于均匀分布;当 $s^2/\bar{x}\geq 1$ 时,种群趋于集群分布。根据对广西桂林市临桂县宛田镇五列

木种群取样并进行数据分析表(3)可知,四个样地 Q1、Q2、Q3、Q4 分别为 8.891 3,12.380 6,2.380 7,1.821 5 都大于 1。四个样地 t 值分别为 21.611 3、31.167 0、3.781 3、2.249 8,经显著检验为极显著,故五列木种群为集群分布。

3.4.2 集聚强度 集聚强度(assembly Intensity)是集聚型种群格局的一个重要参数,表示一个种群空间格局的集聚(丛生、群集或蔓延)程度(梁士楚等,1992)。通过对桂林市临桂县宛田镇五列木种分布格局集聚强度指标的测定结果(表 3),可知各样地五列木种群的扩散指数、聚块性指标 m^*/m 、平均拥挤指数 m 等指标值多对 1.0 有显著的偏离;四个样地的丛生指标 I 值、Cassie 指标都大于 0,K 值分别为 0.942 5、0.433 9、2.037 0、2.358 5 都明显小于 8。这些指标证明了五列木种群不符合随机分布的种群的具有的特征,也不符合均匀分布的种群具有的特征,而是符合集聚分布的种群具有的特征,进一步验证了五列木种群的分布为集群分布。低的 K 值表示集群很显著,具有高的集聚强度。五列木 K 值比较低,即集聚强度高。由表 3 可知,样地 Q2k 值 0.433 9 最低,趋向 0,种群呈强烈聚集分布。样地 Q4 最高,为 2.358 5,不趋向 0,可以推导出样地 Q2 五列木集聚强度最高,样地 Q4 集聚强度最低。聚块性指标常用于分析种群中个体聚集、扩散的趋势。通过比较四个样地,样地 Q2 聚块性指标最高,为 3.304 9,而样地 Q4 聚块性指标最低,为 1.424 0,因此,进一步证明样地 Q2 五列木集聚强度最高,样地 Q4 集聚程度最低。

表 3 五列木种群的分布格局

Table 3 Distribution patterns of *Pentaphyla euryooides* population

样地 Plot	方差 Variance	均值 Mean	方差/ 均值 V./M	t 值 t-value	格局类型 Type of pattern	集聚强度 Pattern Intensity					
						丛生指数 Index of mean crowding (I)	Cassie 指标 Cassie index	负二项 式参数 Negative binomial parameter	平均拥挤 指数 Index of average crowd(m)	聚块性指数 Index of patchiness (m^*/m)	扩散指数 Index of dispersion (I_s)
Q1	66.129	7.437 5	8.891 3	21.611 3	集群分布	7.891 3	1.061	0.942 5	15.328 8	2.061 0	2.198 4
Q2	61.129	4.937 5	12.380 6	31.167 0	集群分布	11.380 6	2.305	0.433 9	16.318 1	3.304 9	3.525 3
Q3	6.696	2.812 5	2.380 7	3.781 3	集群分布	1.380 7	0.491	2.037 0	4.193 2	1.490 9	1.590 3
Q4	3.529	1.9375	1.821 5	2.249 8	集群分布	0.821 5	0.424	2.358 5	2.759 0	1.424 0	1.518 9

3.4.3 分布格局动态 同一种群在不同发育阶段空间分布格局有差异,通过对不同径级集聚强度指标分析,可以预测种群在时间上的动态演变过程。这种由空间推测时间的方法,在植物种群动态分析中具有重要意义。从表 4 可知,五列木种群在 I 幼苗、II

级幼苗、III 级幼树、IV 级中树、V 级大树阶段空间分布都呈集群分布格局,III 级幼树最强,K 值为 1.390 2,IV 级中树次之,K 值为 1.551 3,I 级幼苗和 V 级大树集聚强度相似,II 级幼苗集聚最弱,K 值为 4.347 9。

通常聚块性指标用于分析种群中个体聚集、扩散的趋势(孙冰等,1994)。由表4可看出,从幼苗到幼树, $m^*/m \rightarrow$ 增大,因此在这个阶段呈聚集的趋势。从三级幼树到中树到大树, $m^*/m \rightarrow$ 减少,种群表现为扩散趋势。幼树的集聚程度高是由种子的散布习性和环境的异质性所决定的,在五列木种群的继续发育过程中,随着个体对环境条件的要求加强,使种内、种间竞争加剧,增加了种群个体死亡率。导致了种群密度的剧烈下降势必使同一集群内的个体间出现分化,产生自然稀疏,集聚强度逐渐下降,扩散趋势越来越明显。这可以从表4中看出幼树的扩散指标(I_s)为2.2925,中树的扩散指数为2.1928,大树的扩散指标为1.8010。从幼树 \rightarrow 中树 \rightarrow 大树,

越来越小,得到进一步证明。五列木种群I级幼苗和II级幼苗的集聚比较低,其原因可能包括两方面:一是五列木的果实为蒴果,蒴果为裂果,是干果的一种,果皮失水干燥而开裂,五列木种子顶端有翅,也就是说五列木种子具有远距离传播机能,能随风向远处飘散。而不象其它种类的果实,以重力传播为主,成熟果实和种子都集中在母树周围,种子集聚程度相当高,由种子萌发而成的幼苗的集聚程度也十分高;二是即使种子传播进入有一定隐蔽的林地后,由于种子在林荫下不易萌发,萌发的幼苗死亡率高,使得集聚分布程度减弱。总之,种群在幼年阶段集聚强度高有利于提高种的存活和发挥群体效应。而成年后由于个体增大,集群强度低,有利于获得足够

表4 五列木种群的格局动态

Table 4 Dynamic development of distribution patterns of the *Pentaphylax euryoides* population

个体群 Group of individual	方差 Variance	均值 Mean	方差/ 均值 V./m.	t 值 t-value	格局类型 Type of pattern	集聚强度 Pattern Intensity				
						丛生指数 Index of mean crowding	负二项式参数 Negative binomial parameter(k)	平均拥挤指数 Index of average crowd (m)	聚块性指 Index of patchiness (m/m)	扩散指数 Index of dispersion (I_s)
I级幼苗	32.250	8.25	3.909 1	3.562 9	集群分布	2.909 1	2.835 9	11.159 1	1.352 6	1.803 5
II级幼苗	144.667	23	6.289 9	6.478 7	集群分布	5.289 9	4.347 9	28.289 9	1.230 0	1.640 0
III级小树	699.667	30.5	22.939 9	26.870 8	集群分布	21.939 9	1.390 2	52.439 9	1.719 3	2.292 5
IV级中树	824.667	35	23.561 9	27.632 6	集群分布	22.561 9	1.551 3	57.561 9	1.644 6	2.192 8
V级大树	14.917	5.25	2.841 3	2.255 1	集群分布	1.841 3	2.851 3	7.091 3	1.350 7	1.801 0

的环境资源。

3.4.4 格局成因分析 种群分布格局的成因可分为两类:一为植物本身的生物学特性,二为种群所处环境因子。五列木四个样地株树相差相当大,株数最多有Q1:164株/400 m²、Q2:130株/400 m²、Q3:65株/400 m²、Q4最少只有29株/400 m²。从中可看出,五列木种群格局分布是大规模的,因此我们认为格局成因主要由环境因子所决定,此外,种间关系(如竞争)也导致一定程度的集聚。青钱柳、青榨槭等具翅果的种类,造成集群分布的主要原因是来自于环境条件的不均匀性(金则新,1999)。五列木的果实为蒴果,蒴果为裂果,是干果的一种,果皮失水干燥而开裂,五列木种子顶端有翅,因此,造成五列木集群分布的主要原因是来自于环境条件的不均匀性,这进一步证明了五列木种群分布格局的成因主要是由环境因子的影响所决定的结论。从Q1、Q2、Q3、Q4的Cassie指标看出,Q2的Cassie指标最大2.3047,大于1,Q4的Cassie指标最小0.4240,明显小于1,实验证明Q1、Q2、Q3、Q4四个样地之间的生境异质性是大的。这从实验再次验证了五列木

种群分布格局的成因主要是由环境因子的影响所决定的结论。

4 讨论

生态学上的优势种对整个群落具有控制性影响,如果把群落中的优势种去除,必然导致群落性质和环境的变化;但若把非优势种去除,只会发生较小的或不显著的变化,因此不仅要保护那些珍稀濒危植物,而且也要保护那些建群植物,它们对生态系统的稳态起着举足轻重的作用(孙儒泳等,1993)。通过对分布在广西桂林市临桂县宛田镇的五列木种群结构和分布格局的研究,结果表明,五列木种群的重要值比群落中其它种类的重要值高得多,优势度非常突出,为优势种群。因此通过对五列木种群结构和分布格局及其动态展开研究,可以了解其作为优势种群在特定环境下的种群特征以及种群发展规律,近孤属和近孤种的生态适应特性,进而从特定角度了解物种可能趋于濒危之前的适应动态及规律,(下转第106页 Continue on page 106)

- Walker D J, Bernal M P. 2004. The effects of copper and lead on growth and zinc accumulation of *Thlaspi caerulescens* J. and C. Presl; implications for phytoremediation of contaminated soils [J]. *Water Air & Soil Pollution*, **151**:361-372
- Xu W H, Wang H X, Wang Z Y, et al. 2006. Response of hyperaccumulator ryegrass (*Lolium perenne* L.) to cadmium, zinc and their combined pollution[J]. *Chin Agric Sci Bull*, **22**(6):365-368
- Zhao S L, Duo L A, Liu X J. 2002a. Ecological effect of Pb²⁺ and Cd²⁺ stress on initial growth of *Festuca arundinacea* L. [J]. *Grassland of China*, **24**(4):1-7
- Zhao S L, Duo L A. 2002b. Initial growth effect and ecological threshold of *Festuca arundinacea* L. under progressive stress of Cu²⁺ and Zn²⁺ [J]. *Acta Ecol Sin*, **22**(7):1 098-1 105

匍茎翦股颖对 Cu²⁺、Zn²⁺、Cd²⁺ 与 Pb²⁺ 胁迫的生长响应与阈限浓度

赵树兰, 多立安*

(天津师范大学 化学与生命科学学院, 天津 300387)

摘要: 采用砂培法, 研究了匍茎翦股颖对 Cu²⁺、Zn²⁺、Cd²⁺ 与 Pb²⁺ 胁迫的生长响应及阈限浓度, 结果表明: 种子萌发率随着 4 种重金属浓度的增加而下降。对株高的影响是当重金属浓度小于 100 mg/L 时会促进株高生长, 高于 100 mg/L 则产生抑制作用。Cu²⁺ 显著抑制根系生长, 并随浓度的增加抑制效应愈加显著; 在 Cu²⁺ 浓度为 600 mg/L 时匍茎翦股颖的根长比对照下降了 93.75%。Cu²⁺、Zn²⁺、Pb²⁺ 浓度小于 200 mg/L 时会促进地上生物量的增加, 但高于 200 mg/L 时, 地上生物量会随着 3 种重金属的增加而减少。Cu²⁺、Zn²⁺ 浓度小于 100 mg/L 或 Cd²⁺、Pb²⁺ 浓度小于 200 mg/L 会增加叶绿素的含量, 高浓度会降低叶绿素的含量; Cd²⁺ 在浓度为 600 mg/L 时显著降低叶绿素含量, 与对照相比, 下降了 43.55%。匍茎翦股颖生长的综合效应分析表明, 匍茎翦股颖对 Cu²⁺ 胁迫最敏感, 具有较低的阈限浓度, 而 Zn²⁺ 胁迫对匍茎翦股颖的生长影响最小, 阈限浓度相对较高。

关键词: 重金属胁迫; 匍茎翦股颖; 生长响应; 阈限浓度

(上接第 66 页 Continue from page 66)

为进行物种多样性保护研究提供有益的旁证。为对五列木种群适应特性以及该种群对于群落构建的生态学意义等问题进一步展开研究提供有益帮助。为五列木种群保护和管理提供依据。保护珍稀濒危植物是维持生物多样性必不可少的措施之一, 也是扩大该种群的有效途径, 通过研究五列木种群生态特征, 可为五列木种群保护和管理提供依据。由于五列木种群Ⅲ级小树最多, 发展潜力大, 因此, 五列木种群的年龄结构呈发展型。人为干扰轻, 种群发展趋势良好, 因此深入开展研究和保护是必要的。且重在保护, 尤其是保护其生境, 使种群呈良性发展。怎样进行保护呢? 笔者认为除了对五列木的资源状况、生境和群落特征进行研究外, 还需进一步弄明白五列木种群的濒危机制、濒危过程、该物种生存所需的条件等。

生科院 03 级韦玉梅、叶又玮、苏立宁、陈秋霞、徐作东, 02 级的孟世勇、潘华勇、谢磊林、王亮同学参加了取样工作。对以上同学特以致谢!

参考文献:

孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 1993. 普通生态学[M]. 北京: 高等

教育出版社: 132, 135

- Jiao J(焦健), Tian BS(田波生), Sun XG(孙学刚). 1998. Population patterns and dynamics of *Davidia involucrate* community's dominant species in Wen County of Gansu(甘肃文县珙桐群落优势种群分布格局及动态变化趋势)[J]. *J Gansu Agric Univ*(甘肃农业大学学报), **3**:265-271
- Jin ZX(金则新). 1996. A study on distribution pattern of *Grdonia acuminata* population(四川大头茶种群空间分布格局研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **16**(3):233-238
- Jin ZX(金则新). 1999. Studies on distributive pattern of *Heptacodium miconioides* population in Tiantai Mountain in Zhejiang Province(浙江天台山七子花群落种群分布格局研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **19**(1):47-52
- Liang SC(梁士楚). 1992. A preliminary study on the structure and dynamics of *Pubescent hornbeam* population in karst mountain of Guiyang(贵阳喀斯特山地云贵鹅耳枥种群结构和动态初探)[J]. *Acta Phytoecol et Geobot Sin*(植物生态学与地植物学学报), **16**(2):108-117
- Su ZG(苏志光), Wu DR(吴大荣), Chen BG(陈北光). 2000. Structure and spatial pattern dynamics of dominant populations in a natural forest in North Guangdong Province(粤北天然林优势种群结构与空间格局动态)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **11**(3):337-341
- Sun B(孙冰), Yang GT(杨国亭), Chi FC(迟福昌). 1994. Study on the spatial pattern of *Betula platyphylla* population(白桦种群空间分布格局的研究)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), **14**(2):201-207