

文章编号: 1001-1498(2010)04-0515-08

云南松天然林及人工林群落结构和物种多样性比较

王健敏¹, 刘娟¹, 陈晓鸣^{1*}, 温庆忠², 段兆尧³, 赖兴会²

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 国家林业局资源昆虫培育与利用重点实验室, 云南昆明 650224;

2. 云南省林业调查规划院昆明分院, 云南昆明 650200; 3. 云南省林业科学院, 云南昆明 650204)

摘要: 通过对云南省滇中地区云南松天然林和人工林的群落结构调查及物种多样性研究, 结果表明: 干扰较少的云南松天然林具有较为稳定、合理的群落结构, 其乔木层优势种群具有较强的自然更新能力和长远的演替潜力, 并且物种多样性和生境多样性。干扰较少的云南松天然林的这些特性均优于干扰较大的云南松天然林, 干扰较大的云南松天然林又优于人工林。随着森林起源过程中干扰(人为干扰和自然干扰)程度的逐渐增加, 云南松群落的稳定性、生物多样性、协调平衡能力及自然修复能力相应下降; 而入侵种紫茎泽兰的分布范围和数量则相应上升, 提示其或可作为森林群落生物多样性、干扰程度和森林健康评价的指示生物。

关键词: 云南松; 天然林; 人工林; 干扰; 群落结构

中图分类号: S791.257

文献标识码: A

Comparison of Community Structures and Species Diversity in Natural Forests and Forest Plantation of *Pinus yunnanensis*

WANG Jian-min¹, LIU Juan¹, CHEN Xiao-ming¹, WEN Qing-zhong², DUAN Zhao-yao³, LAI Xing-hui²

(1. Research Institute of Resource Insects, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Breeding and Utilization of Resource Insects

of State Forestry Administration, Kunming 650224, Yunnan, China; 2. Kunming Branch of Yunnan Institute of Forestry and

Planning, Kunming 650200, Yunnan, China; 3. Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, Yunnan, China)

Abstract: Community structures and species diversity in natural and man-made *Pinus yunnanensis* forests in central Yunnan were investigated. The results showed that, fewer interferential natural *Pinus yunnanensis* forest had the most stable and reasonable community structures, populations of the dominant species of tree stratum had the strongest ability in naturally regenerating and succession potential, and also the species diversity and habitat diversity were the most abundant. The features of fewer interferential natural forest described above were all superior to that of the more interferential natural *Pinus yunnanensis* forest; and more interferential natural forest preceded forest plantation. The more the interference (both natural and artificial) increased during the originating process of the forests, the more the community stability, biodiversity, harmonious and balanced capacity and renewing capacity declined. However, the distribution range and quantum of the invasive species *Ageratina adenophora* increased in accompany with the increases of artificial interference, this perhaps indicated that *Ageratina adenophora* could be the bio-indicator of evaluating forest biodiversity, interference extent and forest health.

Key words: *Pinus yunnanensis*; natural forest; forest plantation; interference; community structure

收稿日期: 2009-12-22

基金项目: 云南省应用基础研究重点项目“利用蛀干害虫诊断森林健康研究”(2006C0015Z); 国家林业局 948 项目(2009-4-37); 国家林业局林业公益性行业专项(200904052)

作者简介: 王健敏(1982—), 男, 云南昆明人, 在读博士生, 主要研究方向: 昆虫生态学。

* 通讯作者: 陈晓鸣, 男, 研究员, 博士生导师, 主要从事资源昆虫学研究。E-mail: xmchen@vip.km169.net

云南松(*Pinus yunnanensis* Franch.)是我国西南地区的特有速生造林树种,以云南省为分布中心,四川的西南部、西藏的东南部、贵州和广西的西部也有分布。云南松在我国西南地区形成大面积的天然林和人工林,是一个生态、经济、社会效益高的森林生态系统^[1];然而近几十年,云南省一些地区云南松的健康状况不容乐观,云南松80%为同龄纯林,林分组成简单、分化严重、林分密度差异大。随着人工林面积的不断扩大,全球气候变化及人为干扰影响的增加,云南松林健康状况逐步恶化,出现了诸多生态问题,如病虫害日益严重、生态环境恶化和生物多样性严重减少等^[2-4],严重影响其应有的经济和生态效益。针对这些问题,需要研究如何实现森林健康的早期诊断,尽早采取有效地科学措施改善云南松林的整体健康状况,而不是在健康状况已明显恶化并出现诸多问题时才进行管理。要诊断和评价云南松林的健康状况,首先必须充分掌握和比较不同地区、不同林分类型云南松群落的现状。在这一方面,前人开展过相关研究^[5-11],获得了一些基础信息,但从评价云南松林整体健康状况的角度看,目前所获信息量仍然不够,有待进一步补充和完善。该文在前人工作的基础上,通过对不同地区、不同干扰程

度的云南松天然林和人工林群落结构及物种多样性的调查,丰富云南松群落的基础研究资料,为日后评价和改善云南松林健康状况提供参考。

1 研究区自然概况

研究区域为云南省滇中地区的昆明市金殿林区^[12]、玉溪市红塔区北山林场、玉溪市易门县金竹箐和楚雄永仁县白马河林场^[8](表1),以上4个地区均为中亚热带低纬高原山地季风气候。红塔区干湿季分明,雨季集中在5—10月,年平均气温15.9℃,极端最高气温31.9℃,极端最低气温0.5℃,年均降水量814.3 mm,全年日照平均1 955.2 h。易门县同样干湿季分明,雨季集中在5—9月,年均气温16.8℃,极端最高气温38.2℃,极端最低气温-1.5℃,年均降水量923.4 mm,全年日照平均1 930.8 h。以上地区除金殿林区为丘陵地貌外,其余地区均属中山地貌,土壤以砂岩和石灰岩发育的山地红壤和黄壤为主。地带性植被为亚热带半湿润常绿阔叶林,除干热河谷区外,现以暖温性云南松林类型为主。主要乔木树种有云南松、华山松(*Pinus armandi* Franch.)、旱冬瓜(*Alnus nepalensis* D. Don)、滇油杉(*Keteleeria evelyniana* Mast.)等。

表1 各样地概况

研究区 (森林类型)	位置坐标	气候带	样地号	海拔/ m	林龄/ a	林分 郁闭度	坡向	坡度/ (#)	坡位	土壤类型
白马河林场 (干扰较少的天然林)	26°22' N, 107°37' E	中亚热带	1	2 340		0.4	W	15	上部	黄壤
			2	2 330	35 鹈 45	0.6	S	35	上部	黄壤
			3	2 124		0.8	N	22	下部	黄壤
易门金竹箐 (干扰较少的天然林)	24°38' N, 102°16' E	中亚热带	4	2 030		0.7	W	25	中部	红壤
			5	2 023	50 鹈 60	0.7	NW	20	中部	红壤
			6	1 983		0.7	NW	20	下部	红壤
			7	2 044		0.5	SW	15	中部	红壤
			8	2 057		0.6	S	12	上部	红壤
			9	2 090	18 鹈 28	0.3	SW	22	上部	红壤
			10	2 085		0.8	S	20	上部	红壤
			11	2 029		0.6	E	15	中部	红壤
			12	2 050		0.6	SE	16	上部	红壤
金殿林区 (干扰较大的天然林)	25°5' 鹈 25°6' N, 102°46' 鹈 102°48' E	中亚热带	13	2 066		0.5	NW	15	上部	红壤
			14	2 075	42 鹈 45	0.5	N	12	上部	红壤
			15	2 016		0.6	SE	12	下部	红壤
			16	2 060		0.4	W	7	上部	红壤
			17	2 030	35 鹈 40	0.6	NW	15	上部	红壤
红塔区北山林场 (人工林)	24°20' 鹈 24°23' N, 102°35' 鹈 102°36' E	中亚热带	18	1 760		0.7	S	15	下部	红壤
			19	1 980		0.3	NW	15	上部	红壤
			20	1 768	27 鹈 33	0.4	S	10	中部	红壤
			21	1 780		0.5	S	10	下部	红壤

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

利用云南省林业调查规划院收集的云南省滇中地区的 SPOT5 卫星影像,结合实地踏查,按照典型性和区域代表性原则,分别选择云南松天然林和人工林相对集中的地区作为研究区域;在各研究区域内根据云南松林的生长状况、群落结构、立地条件和生境差异分别设置具有代表性的样地,干扰较少的天然林设置 6 块样地,干扰较大的天然林设置 9 块,人工林设置 6 块(各样地基本情况见表 1),每块样地大小为 25.82 m × 25.82 m;调查记录样地的立地及群落特征等环境因子,并对样地内胸径(DBH) 5 cm 的乔木进行每木检尺,记录种名、株数、胸径、健康状况等因子,其中乔木优势种的径级结构参考曲仲湘^[13]分级标准(有改动)分析: Ⅰ级为胸径小于 5 cm 的幼苗和幼树; Ⅱ级为胸径 5.0 ㎝ 至 7.5 cm 范围的小树; Ⅲ级为胸径 7.6 ㎝ 至 22.5 cm 范围的中树; Ⅳ级为胸径大于 22.5 cm 的大树。然后在样地的四角和中央位置设置 5 个 3 m × 3 m 的小样方,调查灌木层植物的种类、数量、盖度和平均高度等;最后在每一个灌木样方内随机设置 1 个 1 m × 1 m 的小样方,调查草本植物的种类、数量、盖度、平均高度及其它重要生态特征。

2.2 数据分析与计算

各项指标采用下列计算公式^[14-18]:

(1) 乔木重要值 $I = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对优势度}) \times 100/3$

(2) 灌木和草本重要值 $I = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度}) \times 100/3$

(3) 物种丰富度: $S = \text{出现在样地中的物种总数}$

(4) Shannon-Wiener 指数: $H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$

(5) Simpson 指数:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

(6) Pielou 均匀度指数: $E = H' / \ln S$

(7) Sorenson 群落间物种相似性系数:

$$Sm = 2a / (b + c)$$

式中: N 为样方中所有物种的个体数之和; n_i 为第 i 个种的个体数; $P_i = n_i / N$; S 为物种数目; a 为 2 个群落共有的物种数, b 和 c 分别为 2 个群落各自拥有的物种数。

3 结果与分析

3.1 干扰较少的云南松天然林群落结构特征

永仁县白马河林场所选的 3 块样地都是以 35 年 45 年生云南松(重要值 I 为 50.1) 为优势树种的针阔混交林,林中植物共涉及 33 科 46 属 48 种。3 块样地平均林木株数为 35 株,平均蓄积量 $232.5 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$,平均树高 $(19.3 \pm 6.5) \text{ m}$,平均胸径 $(27.3 \pm 10.4) \text{ cm}$,郁闭度见表 1。3 块样地群落的垂直结构可分为乔木层、灌木层和草本层 3 层结构,其中乔木层又可大致分为上、下两层,乔木上层平均树高 19.3 m,层盖度 51%,主要为云南松;下层平均树高 5 m,层盖度 15%,有栓皮栎(*Quercus variabilis* Blume.)、锥连栎(*Q. franchetii* Skan.)、旱冬瓜和滇油杉,局部没有混生。为降低自然火灾的发生和蔓延,研究区林下的灌木层和草本层都经过人工放火清理,因此试验调查的灌木和草本的种类、数量都比人为干预前有所下降。灌木层包括 3 m 以下的幼树(苗)及灌木,高度 0.1 至 2 m,盖度 0% 至 30%,主要物种有天然云南松苗、长小叶十大功劳(*Mahonia lomariifolia* Takeda)、老鸦泡(*Vaccinium fragile* Franch.)、南烛(*Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude)、截叶铁扫帚(*Lespedeza cuneata* (Dum. de Cours.) G. Don)、碎米花杜鹃(*Rhododendron speciferum* Franch.) 等。草本层高 0.01 至 1.00 m,盖度 10% 至 90%,主要种类有野古草(*Arundinella anomala* Steud.)、旱茅(*Schizachyrium delavayi* (Hack.) A. Camus)、白茅(*Imperata cylindrical* (Linn.) Beauv.)、匍匐风轮菜(*Clinopodium repens* (D. Don) Wall.)、紫茎泽兰(*Eupatorium adenophora* Spreng.) 等。由表 2 可以看出:乔木层中,云南松对整个群落的结构和林地环境有重要影响,而乔木下层主要被其它阔叶树种占据(重要值 I 均小于 21),预示着阔叶树种对群落未来演替具有一定的影响,但影响力仍有限;灌木层中,云南松幼苗(I 为 39.2) 占据重要地位,能够实现自然更新,因此该云南松群落属于稳定增长型。该群落总体结构稳定、合理,入侵种紫茎泽兰在数量和分布上对群落的影响很有限。

易门县金竹箐所选的 3 块样地是以 50 年 60 年生云南松(I 为 27.7) 为主体的针阔混交林,林中植物共涉及 35 科 53 属 54 种。3 块样地平均林木株数为 38 株,平均蓄积量 $319.5 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$,平均树高 $(19.4 \pm 6.4) \text{ m}$,平均胸径 $(29.5 \pm 13.2) \text{ cm}$,郁闭度

0.7。群落垂直结构明显分出乔木、灌木、草本 3 层, 乔木层又包括上、下两层, 乔木上层平均树高 20.2 m, 层盖度 90%, 主要为云南松和旱冬瓜, 下层平均树高 8 m, 层盖度 22%。乔木种类除云南松和旱冬瓜外, 还有滇青冈 (*Cyclobalanopsis glaucoides* Schott.)、西南桦 (*Betula alnoides* Hamilt.)、元江栲 (*Castanopsis orthacantha* Franch.)、滇油杉、盐肤木 (*Rhus chinensis* Mill.)、川楝 (*Melia toosendan* Sied. et Zucc.), 在树种组成上变化较大。灌木层高度 0.1 鹈 3.5 m, 盖度 1% 鹈 70%, 主要种类包括小铁仔 (*Myrsine africana* L.)、丝线吊芙蓉 (*Rhododendron moulmainsense* Hook.)、西南桦幼树(苗)、川滇小檗 (*Berberis jamesiana* Forrest et W. W. Smith)、滇青冈

幼树(苗)、华西小石积 (*Osteomeles schwerinae* Schneid.) 等。草本层高 0.1 鹈 0.7 m, 盖度 5% 鹈 70%, 常见种类有紫茎泽兰、牛膝 (*Achyranthes bidentata* Blume.)、茅叶荩草 (*Arthraxon prionodes* (Steud.) Dandy)、凤尾蕨 (*Pteris cretica* L.)、刚莠竹 (*Microstegium ciliatum* (Trin.) A. Camus) 等。从表 2 中可看出: 乔木层中云南松占主要优势, 但与亚优势树种旱冬瓜 (*I* 为 20.8) 相比优势不太显著, 乔木下层中其余阔叶树种的种类和数量相对较多, 且灌木层中缺乏云南松幼苗, 云南松难以实现自然更新, 存在一定数量的滇青冈、西南桦和旱冬瓜幼树(苗), 预示了群落未来的演替方向, 因此该云南松群落属于不稳定的演替型。

表 2 不同类型云南松林优势种重要值

森林类型	气候带 (类型)	垂直层次	种 类	重要值	森林类型	气候带 (类型)	垂直层次	种 类	重要值
干扰较少的天然林 (白马河林场)	中亚热带 半湿润气候	乔木层	云南松	50.1	干扰较大的天然林 (金殿林区)	中亚热带 湿润气候	乔木层	云南松	78.7
			栎树	20.7				华山松	10.7
		灌木层	云南松幼苗	39.2			灌木层	老鸦泡	29.9
			长小叶十大功劳	26.1				小铁仔	28.0
			野古草	19.4				草本层	紫茎泽兰
草本层	旱茅	18.5	草本层	野古草	28.7				
干扰较少的天然林 (易门金竹箐)	中亚热带 半湿润气候	乔木层	云南松	27.7	人工林 (北山林场)	中亚热带 半湿润气候	乔木层	云南松	91.0
			旱冬瓜	20.8				灌木层	老鸦泡
		灌木层	小铁仔	20.1			羊耳菊		30.4
		丝线吊芙蓉	18.7	草本层			紫茎泽兰		41.3
		草本层	紫茎泽兰	29.7			草本层	旱茅	36.7
			牛膝	20.8					

3.2 干扰较大的云南松天然林群落结构特征

昆明金殿林区的 9 块云南松样地可分为 2 个龄级: 18 鹈 28 年生云南松样地 6 块(平均树高(5.9 ± 1.4) m, 平均胸径(8.7 ± 2.6) cm, 郁闭度见表 1) 和 42 鹈 45 年生云南松样地 3 块(平均树高(10.4 ± 6.0) m, 平均胸径(15.5 ± 7.1) cm, 郁闭度见表 1), 9 块样地几乎都是以云南松(*I* 为 78.7) 为单一优势树种的纯林, 林中植物共涉及 44 科 79 属 89 种, 部分样地中零星分布有少量华山松、旱冬瓜、滇油杉, 除样地 7 的乔木混交比例占 31.5% 外, 其余样地混交度都低于 10%。9 块样地平均林木株数为 88 株, 平均蓄积量 51.0 m³ · hm⁻²。9 块样地群落的垂直结构明显可分为乔木层、灌木层和草本层 3 层结构, 其中 18 鹈 28 年生松林样地中乔木层为单层, 树种有云南松、华山松、旱冬瓜和滇油杉, 平均树高 5.9 m, 盖度 54%; 42 鹈 45 年生松林中乔木层分上、下两层, 上层平均树高 12.9 m, 层盖度 29%, 主要为云南

松, 下层平均树高 4.9 m, 层盖度 30%, 主要也是云南松。9 块样地的灌木层高度 0.1 鹈 3.0 m, 盖度 1% 鹈 80%, 主要种类有老鸦泡、小铁仔、羊耳菊 (*Inula cappa* DC.)、碎米花杜鹃、南烛、沙针 (*Osyris wightiana* Wall. ex Wight) 等。草本层高 0.03 鹈 1.50 m, 盖度 1% 鹈 80%, 常见种类有紫茎泽兰、野古草、旱茅、黄背草 (*Themeda triandra* Forsk.)、云南兔儿风 (*Ainsliaea yunnanensis* Franch.) 等。结合表 2 可看出: 乔木层中云南松对整个群落的结构和林地环境的控制作用, 但不论是低龄级(18 鹈 28 年生) 松林还是高龄级(42 鹈 45 年生) 松林, 林下灌木层中云南松和其它针、阔叶树种的幼树(苗) 极少, 云南松较难实现自然更新或演替, 虽然 9 块样地乔木总体林龄不太大, 但难以更新或更新速度过缓, 从长远看该云南松群落仍属于逐渐衰退型; 同时, 群落组成单一和结构的不合理, 也体现在草本层紫茎泽兰 (*I* 为 30.8) 的过度蔓延。

3.3 云南松人工林群落结构特征

红塔区北山林场选择的6块样地为人工种植的云南松(I 为91.0)纯林,林中植物共涉及31科61属62种。6块样地平均林木株数为58株,平均蓄积量 $93.0 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$,可分为2个龄级:27 龄 33年生云南松样地3块(平均树高 $(9.3 \pm 0.1) \text{ m}$,平均胸径 $(12.9 \pm 3.0) \text{ cm}$,郁闭度见表1)和35 龄 40年生云南松样地3块(平均树高 $(13.2 \pm 0.1) \text{ m}$,平均胸径 $(15.1 \pm 5.3) \text{ cm}$,郁闭度见表1)。6块样地群落的垂直结构大致可分为乔木层、灌木层和草本层3层结构(其中样地16、17、20灌木层衰弱,灌木种类和个体数极少,且分布稀疏),乔木层全部为云南松单层结构,平均树高11.2 m,盖度48%。灌木层高度0.1 龄 1.5 m,盖度0% 龄 60%,主要种类有老鸦泡、羊耳菊、华西小石积、小铁仔、小叶栒子(*Cotoneaster microphyllus* Wall. ex Lindl.)等。草本层高0.05 龄 2.00 m,盖度10% 龄

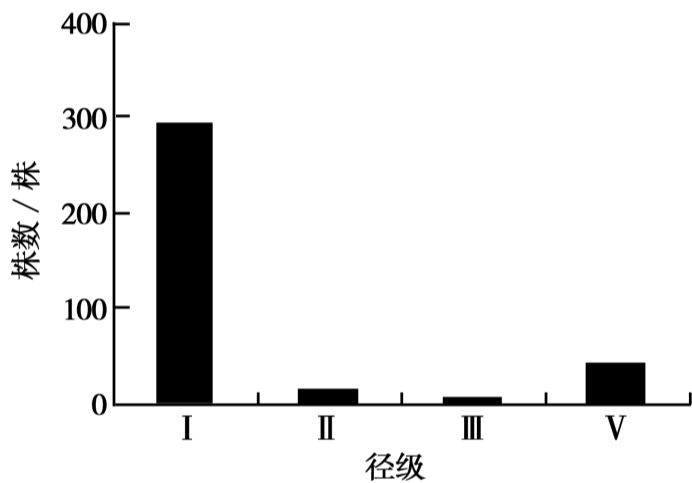


图1 干扰较小云南松天然林径级结构

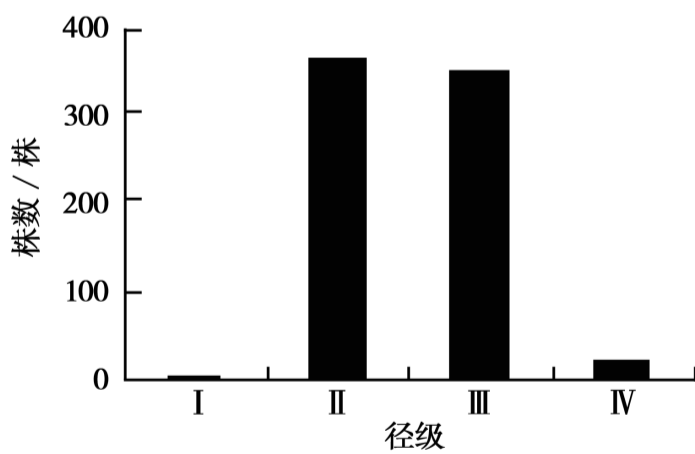


图3 干扰较大云南松天然林径级结构

从图1可看出:白马河林场干扰较少的天然林中,云南松植株径级总体偏小, I级幼苗幼树的数量显著大于其它各级,其次为能够影响和决定群落特征的大树,中间级别小树和中树的数量最少,进一步证明该群落中云南松种群属于稳定的增长型。从图2可见:易门金竹箐的云南松径级特征与白马河林场的正好相反:大树最多,中树次之,小树和幼树(苗)最少,总体径级较大;旱冬瓜的径级特征与云南松相似;而滇青冈和西南桦则表现出相反的规律:

95%,常见种类有紫茎泽兰、旱茅、野古草、硬毛金茅(*Eulalia quadrinervis*(Hack.) O. Ktze)、黄背草等。结合表2可看出:该人工林群落树种组成单一,结构简单,林下灌木层中缺乏云南松和其它针、阔叶树种的幼树(苗),且作为人工林,群落总体林龄偏大(基本在30年以上),云南松难以实现自然更新或演替,因此该云南松群落属于衰退型;其草本层紫茎泽兰(I 为41.3)已达到蔓延成灾的程度。

3.4 云南松天然林和人工林优势种群径级结构

植物种群年龄结构和径级结构分析,可用来推测种群未来的发展趋势^[19]。有时,径级是比年龄更好的繁殖产量的预测者^[20]。以乔木层优势种群云南松(金竹箐云南松林属于不稳定的演替型,故对优势阔叶树种一并进行分析)的径级为横轴,以株数为纵轴,对干扰程度不同的云南松天然林和人工林径级结构的分析见图1 龄 4。

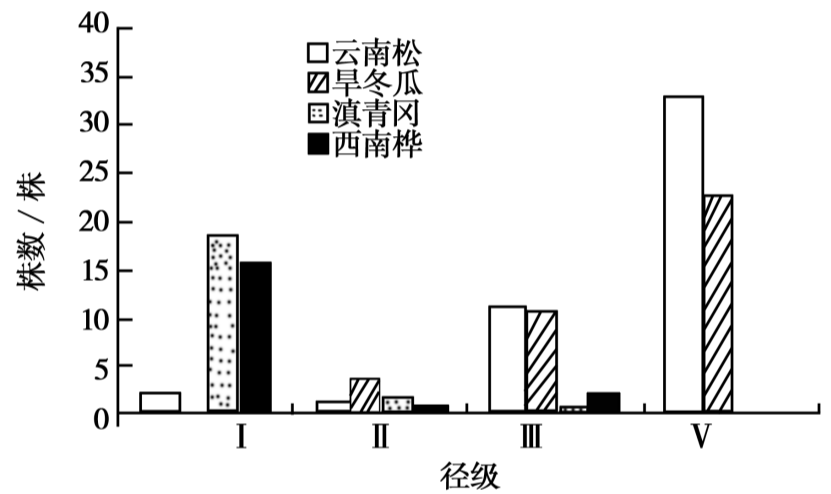


图2 干扰较少云南松天然林乔木优势种群径级结构

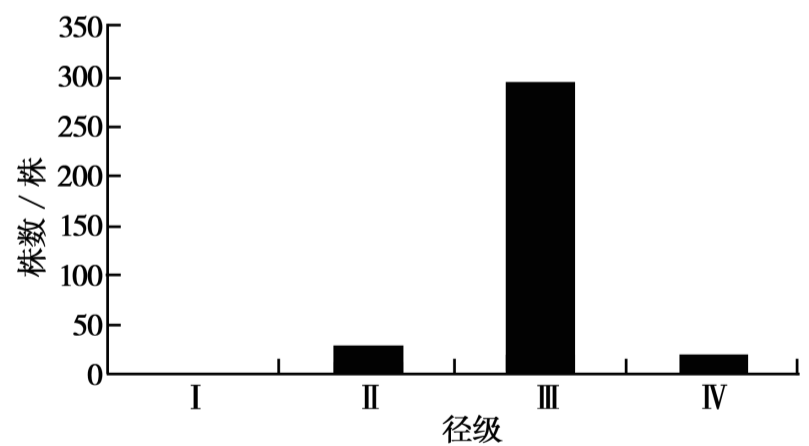


图4 云南松人工林径级结构

幼树(苗)最多,径级越大数量越少,说明这是一个云南松种群趋于衰退而阔叶树种逐渐发展壮大不稳定的演替型群落。金殿林区干扰较大的天然林中的云南松(图3)径级适中,主要为小树和中树,大树很少,幼苗和幼树极少,说明该群落中云南松种群仍有一定的成长空间,但幼苗和幼树数量的严重失衡预示着云南松未来的衰退迹象。从图4可以看出:北山林场云南松人工林径级偏大,主要为中树,小树很少,幼苗和幼树极少,云南松种群的发展已十分受

限,属于衰退型云南松群落。综合来看,自然干扰和人为干扰较少的云南松天然林群落结构更趋于稳定、合理,更易实现自然更新或演替,这些特性优于干扰较大的天然林;同理,干扰较大的天然林又优于人工林。

3.5 云南松天然林和人工林群落物种多样性(多样性)比较

物种多样性是物种丰富度和分布均匀性的综合反映,体现了群落类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异^[21]。该研究以大规模筛选和调查为基础,最终选择干扰程度不同的云南松天然林和人工林均分布在受亚热带季风气候影响的滇中高原,地形、地貌和土壤等自然条件比较接近,但涵盖的林龄范围(18 龄 60 年)较宽,在调查的样地中,35 年(含)以下有干扰较大的天然林和人工林;35 龄 45 年有干扰较少的天然林、干扰较大的天然林和人工林都有;45 年(含)以上有干扰较少的天然林和干扰较大的天然林。因此,按照这 3 个林龄段分别对不同类型的云南松林群落进行物种多样性比较(表 3 龄 5)。从表 3 可以看出:35 年以下云南松天然林中乔、灌、草 3 层的物种丰富度(S)均高于人工林,天然林中乔木层的 Shannon-Wiener 指数(H')、Simpson 指数(D)和 Pielou 均匀度指数(E)及灌木层的 Shannon-Wiener 指数也均高于人工林,人工林的草本层多样性指数和均匀度指数高于天然林。表 4 表明:35 龄 45 年干扰较少的云南松天然林乔木层的物种丰富度、多样性指数和均匀度指数都远高于干扰较大的云南松天然林和人工林。由于干扰较少的云南松天然林中乔木层生长较好,乔木层与林下灌、草间存在资源竞争,致使林下植被的光等环境条件受到限制,同时林下灌、草在调查前已经过放火清理,其多样性相应下降,因此,结果中反映出灌木层

和草本层中物种丰富度、多样性指数和均匀度指数均以干扰较大的天然林为最高,干扰较少的天然林与人工林相差不大。表 5 可见:45 年以上干扰较少的天然林中乔木层的物种丰富度、多样性指数、均匀度指数均远高于干扰较大的天然林,灌木层中除物种丰富度外,干扰较少的天然林的其余指数也均高于干扰较大的天然林,干扰较大的天然林草本层的物种丰富度、多样性指数和均匀度指数高于干扰较少的天然林。以上结果说明,干扰较少的云南松天然林的乔木层物种多样性和树种分布的均匀性高于干扰较大的天然林,干扰较大的天然林又高于人工林。这个结果反映出干扰较少的云南松天然林自然协调和平衡能力强,稳定性最高,且树种的更新和演替能力最强,其次为干扰较大的天然林,人工林树种单一,多样性差,最不稳定,也不易自然更新和演替。综合表 3 龄 5 的灌木层来看,物种丰富度反映出的规律是:干扰较大的天然林 > 干扰较少的天然林 > 人工林; Shannon-Wiener 指数体现出干扰较少的天然林 > 干扰较大的天然林 > 人工林(排除火烧干扰); Simpson 指数和均匀度指数在三类云南松林间规律不明显。综合表 3 龄 5 的草本层来看,物种丰富度为:干扰较大的天然林 > 人工林 > 干扰较少的天然林;草本多样性指数和均匀度指数在人工林中较高,原因在于人工林中乔木树种的多样性和均匀度较低,创造了相对较多的林窗,阳光可以更多的透过林冠层直接照射到林下,为林下灌、草的生长提供了适宜的条件,且人工林中灌木种类和数量最少,大大降低了灌、草间的资源竞争,为草本植物的生长创造了更多的空间。综合从乔木、灌木和草本层物种多样性来看,不同干扰程度的天然林和人工林中几乎都表现为:草本层 > 灌木层 > 乔木层,反映了云南松林群落垂直层次的物种多样性格局。

表 3 35 年(含)以下云南松天然林与人工林的物种多样性比较

森林类型	乔木层				灌木层				草本层			
	S	H	D	E	S	H	D	E	S	H	D	E
6	0.275	0.149	0.262	23	1.507	0.684	0.663	36	1.767	0.747	0.733	
1	0.000	0.000	0.000	13	1.372	0.716	0.803	27	2.050	0.828	0.806	

注:表中森林类型的 、 、 分别对应干扰较少的天然林、干扰较大的天然林、人工林,下同。

表 4 35 龄 45 年不同干扰程度云南松天然林与人工林的物种多样性比较

森林类型	乔木层				灌木层				草本层			
	S	H	D	E	S	H	D	E	S	H	D	E
4	0.786	0.469	0.669	15	1.001	0.475	0.509	29	2.110	0.830	0.799	
1	0.000	0.000	0.000	26	1.745	0.706	0.668	42	2.266	0.859	0.818	
3	0.056	0.022	0.081	12	1.186	0.561	0.570	32	2.101	0.819	0.773	

表 5 45 年(含)以上不同干扰程度云南松天然林间的物种多样性比较

森林类型	乔木层				灌木层				草本层			
	S	H	D	E	S	H	D	E	S	H	D	E
10	1.398	0.701	0.736	25	2.265	0.866	0.844	19	1.731	0.754	0.728	
1	0.000	0.000	0.000	26	1.745	0.706	0.668	42	2.266	0.859	0.818	

3.6 云南松天然林和人工林群落间物种相似性比较

物种相似性是指群落间或样地间植物种类组成的相似程度,是群落分析的一个重要基础,它作为定量数据,超出区系植物对比范围,对植被分析有着更大的意义^[22]。采用 Sorenson 群落间物种相似性系数(S_m)来测度不同干扰程度的云南松天然林和人工林群落物种组成的相似性(多样性),相似性系数越高,表明群落间物种在组成上越相似(共有种越多),则多样性越小;反之则相反。

表 6 云南松天然林和人工林群落间物种相似性系数比较

Sorenson 系数	干扰少天然林 1	干扰少天然林 2	干扰大天然林	人工林
干扰少天然林 1	1			
干扰少天然林 2	0.294	1		
干扰大天然林	0.380	0.308	1	
人工林	0.382	0.310	0.411	1

注:表中干扰少天然林 1、干扰少天然林 2、干扰大天然林、人工林分别对应白马河林场、金竹箐、金殿林区、北山林场。

从表 6 可以看出:干扰较大的云南松天然林群落与人工林群落之间在物种组成上相似性最高(S_m 为 0.411),多样性最小;人工林群落与白马河林场干扰较少天然林(调查前林下灌、草曾经过人工放火清理)群落间物种相似性(0.382)居其次;干扰较大的天然林群落与白马河林场干扰较少天然林群落间物种相似性(0.380)排第三;而两个不同地区干扰较少的云南松天然林群落间物种相似性最低(0.294),多样性最大。以上相似性系数的排序规律充分反映出:干扰较少的云南松天然林群落间物种种类最为复杂,生境差异最大;干扰较少天然林、干扰较大天然林、人工林,随着森林起源过程中干扰(人为干扰和自然干扰)程度的逐渐增加,云南松林的群落组成和生境状况有趋同的倾向,群落间共有种逐渐增加,而生境多样性(多样性)逐渐减少,这或许是群落结构和物种多样性走向单一和不稳定的一个危险信号,预示着部分对干扰表现敏感的植物物种在群落中的逐渐消亡和灭绝。

4 结论与讨论

滇中地区干扰较少的云南松天然林群落结构稳

定、合理,乔木层优势种群具有较强的自然更新能力和长远的演替潜力,其群落内的物种多样性和群落间的生境多样性也较为丰富,这充分体现出现在人为干扰和自然干扰较少的情况下,在植被生长发育的原生境中,大自然本身所具备的协调、平衡能力,自稳能力和自我修复潜力。干扰较大的天然林群落组成、结构、物种多样性和生境多样性都亚于干扰较少的天然林群落,但强于人工林群落,云南松总体长势一般,自然更新能力弱,同时尚缺乏群落演替的潜力,部分样地受松墨天牛(*Monochamus alternatus* Hope)等蛀干害虫攻击较重。云南松人工林由于树种组成单一,群落结构简单,物种多样性和生境多样性最低,人为干扰过大,导致群落的稳定性较差,建群种云南松径级偏大,且总体长势较弱,病虫害(主要有纵坑切梢小蠹(*Tomicus piniperda* L.)和横坑切梢小蠹(*T. minor* Hartig)等健康问题也最为严重。

不同干扰程度的云南松天然林和人工林中,物种多样性顺序在垂直层次上均表现为:草本层 > 灌木层 > 乔木层,反映了云南松林群落垂直层次的物种多样性格局。

由于人为干扰和森林退化程度的不同,外来入侵种紫茎泽兰在分布范围和数量上基本符合人工林 > 干扰较大天然林 > 干扰较少天然林的规律,进而不同程度地影响到建群种云南松的自然更新,因此,在紫茎泽兰的传播、分布区域内,环境适生性相近的情况下,紫茎泽兰的数量和分布状况指标或可作为森林群落生物多样性、干扰程度和森林健康评价的指示生物。

目前,干扰较少的云南松天然林数量已经很少,且同一区域内几乎找不到同龄的不同干扰程度的云南松天然林和人工林同时存在的情况。在综合分析比较了地理位置、气候、林龄、土壤等因子对森林的作用后,该文所选的研究区和样地都充分考虑了区域性和典型性,并尽可能缩小其它影响因子可能造成的差异,三类森林所处地区均在滇中,自然环境和气候状况很接近,但地区间和样方间具体的生境状况和林内小气候特征的差异无法避免;另外,三类森林调查的样方数不等,因此,对三类森林生物多样性

进行直接分析比较仍需进一步补充和完善。

参考文献:

- [1] 金振洲, 彭 鉴. 云南松[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004
- [2] 罗天诰, 李文政. 云南松纯林生态效益的初步调查[J]. 云南林学院学报, 1983, 13(1): 76 - 81
- [3] 云南森林编写委员会. 云南森林[M]. 昆明: 云南科技出版社/中国林业出版社, 1986
- [4] 徐德应, 张小全. 森林生态系统管理科学——21世纪森林科学的核心[J]. 世界林业研究, 1998, 11(2): 1 - 7
- [5] 王震洪, 张 玲, 段昌群, 等. 滇中三种典型人工林群落结构与土壤侵蚀关系研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 74 - 79
- [6] 蔡年辉, 李根前, 束传林, 等. 云南松天然林区植物群落结构的动态研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(10): 2119 - 2124
- [7] 蔡年辉, 李根前, 朱存福, 等. 云南松人工林与天然林群落结构的比较研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(2): 1 - 4
- [8] 李贵祥, 施海静, 孟广涛, 等. 云南松原始林群落结构特征及物种多样性分析[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24(4): 396 - 400
- [9] 李贵祥, 孟广涛, 方向京, 等. 抚育间伐对云南松纯林结构及物种多样性的影响研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(5): 164 - 167
- [10] arvis D I, Liu H L. Vegetation patterns in the *Pinus yunnanensis*-sclerophyllous broadleaved forests, Mianning county, Sichuan province, China [J]. J. Biogeography, 1993, 20: 505 - 524
- [11] Young S S, Wang Z J. Comparison of secondary and primary forests in the Ailao Shan region of Yunnan, China [J]. Forest Ecology and Management, 1989, 28: 281 - 300
- [12] 王健敏, 刘 娟, 陈晓鸣, 等. 昆明金殿林区云南松次生林健康状况与土壤相关性分析[J]. 林业科学研究, 2009, 22(6): 865 - 871
- [13] 曲仲湘, 文振旺, 朱克贵. 南京灵谷寺森林现状分析[J]. 植物学报, 1952, 1(1): 18 - 49
- [14] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 多样性的测度方法(上)[J]. 生物多样性, 1994, 2(3): 162 - 168
- [15] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231 - 239
- [16] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 . 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268 - 277
- [17] 何友均, 崔国发, 邹大林, 等. 三江源自然保护区主要森林群落物种多样性研究[J]. 林业科学研究, 2007, 20(2): 241 - 245
- [18] 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1995, 3(1): 38 - 43
- [19] Parker A J, Peet R K. Size and age structure of conifer forest [J]. Ecology, 1984, 65: 1685 - 1689
- [20] Harper J I. Population biology of plant [M]. New York: Academic Press, 1977: 102 - 108
- [21] 茹文明, 张金屯, 张 峰, 等. 历山森林群落物种多样性与群落结构研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 561 - 566
- [22] 胡喜生, 洪 滔, 宋 萍, 等. 木荷天然林与人工林群落结构特征比较[J]. 福建林业科技, 2007, 34(1): 24 - 28