



草海国家级自然保护区华山松群落特征及物种多样性研究

何斌, 李青, 刘勇

引用本文:

何斌, 李青, 刘勇. 草海国家级自然保护区华山松群落特征及物种多样性研究[J]. *热带亚热带植物学报*, 2020, 28(1): 44–52.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4063>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

粤东亚热带森林群落树种组成对苔藓植物分布的影响

Influence of Tree Species Composition in Subtropical Forest Communities on Bryophyte Distribution in Eastern Guangdong
热带亚热带植物学报. 2019, 27(4): 376–382 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4029>

基于宏基因组的茉莉花内生细菌多样性分析

Analysis of Endophytes Diversity in *Jasminum sambac* (L.) Ait by Metagenomic Technology
热带亚热带植物学报. 2018, 26(6): 633–643 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3925>

广西中越边境喀斯特地区叶附生苔类植物物种多样性研究

Study on Species Diversity of Epiphyllous Liverworts in Karst Region of Guangxi–Vietnam Border
热带亚热带植物学报. 2018, 26(5): 481–489 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3870>

排序法在植物群落与环境关系研究中的应用述评

Overview of Ordination Methods Application in Relationship between Plant Community and Environment
热带亚热带植物学报. 2017, 25(2): 202–208 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3670>

中国两个气候过渡区森林土壤线虫群落的比较研究

Differences in Soil Nematode Community Structure between an Evergreen Broad-leaved Forest and a Deciduous Broad-leaved Forest of China
热带亚热带植物学报. 2016, 24(2): 189–196 <https://doi.org/10.11926/j.issn.1005-3395.2016.02.010>

草海国家级自然保护区华山松群落特征及物种多样性研究

何斌¹, 李青¹, 刘勇²

(1. 贵州省普通高等学校生物资源开发与生态修复特色重点实验室, 贵州工程应用技术学院生态工程学院, 贵州 毕节 551700; 2. 北京林业大学林学院, 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 为探讨喀斯特地区森林群落的演替动态和生物多样性维持机制, 采用样地调查法对草海国家级自然保护区的华山松 (*Pinus armandii*) 群落的物种组成、植物区系特征、种群结构和物种多样性等进行了分析。结果表明, 样地内共有种子植物 37 科 69 属 81 种, 其中乔木 11 种、灌木 32 种、草本 38 种; 群落内植物的科、属区系成分类型多样, 以温带成分为主; 生活型谱主要以高位芽植物(46.91%)和地面芽植物(27.16%)为主; 乔木层华山松的重要值达 58%, 为群落的单优势种; 径级结构呈左偏正态型分布, 树高分布集中在 12~21 m, 冠幅分布呈 V 型; 乔木层与灌木层、草本层间的多样性差异显著 ($P < 0.05$), 物种丰富度指数 S 和 D_M 、多样性指数 H 和 D_s 均为草本层 > 灌木层 > 乔木层, 物种均匀度指数 J 为灌木层 > 草本层 > 乔木层。因此, 草海国家级自然保护区内的华山松群落特征和物种多样性具有明显的地域特点。

关键词: 华山松; 群落特征; 物种多样性; 草海国家级自然保护区

doi: 10.11926/jtsb.4063

Community Characteristics and Species Diversity of *Pinus armandii* in Caohai National Nature Reserve

HE Bin¹, LI Qing¹, LIU Yong²

(1. Key Laboratory of Biological Resources and Ecological Remediation of Guizhou Province, College of Ecological Engineering, Guizhou University of Engineering Science, Bijie 551700, Guizhou, China; 2. College of Forestry, Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to understand the succession dynamics and biodiversity maintenance mechanism of forest community in karst area, the species composition, flora characteristics, species diversity and population structure of *Pinus armandii* forest in Caohai National Nature Reserve by using sample-plot survey. The results showed that there were 81 species of seed plants, belonging to 21 families and 39 genera, including 11 species of trees, 32 species of shrubs and 38 species of herbs. The floristic type of families and genera was complex mainly composed by temperate element. The main life-form spectrum was dominated by phanerophytes (46.91%) and hemicyrptophyte (27.16%). *Pinus armandii* was the single dominant species with importance value of 58%; the diameter structure was a skewed normal distribution (left-biased type), and the distribution of tree height was focused on 12–21 m, and the distribution of e crown was V type. There was a significant difference in the diversity between tree layer with shrub layer and herb layer. The species richness indexes, S and D_M , and diversity indexes, H and

收稿日期: 2019-03-04 接受日期: 2019-04-19

基金项目: 贵州省科技合作计划项目(黔科合 LH 字[2015]7591); 贵州省普通高等学校科技拔尖人才支持计划项目(黔教合 KY 字[2016]099); 贵州省重点学科生态学项目(黔学位合字 ZDXK[2013]11)资助

This work was supported by the Project for Science and Technology Cooperation Planning in Guizhou Province (Grant No. [2015]7591); the Supporting Project for Top Talents in Science and Technology of Education Department of Guizhou Province (Grant No. [2016]099); the Key Discipline of Ecology of Guizhou Province (Grant No. ZDXK[2013]11).

作者简介: 何斌(1980~), 男, 博士, 副教授, 主要从事森林生态学和植物生理生态学研究。E-mail: hebin23kewen@163.com

Ds, were in the order of herbaceous layer>shrub layer>tree layer, and the evenness index (J) was shrub layer>herb layer>tree layer. So, the characteristics of *P. armandii* community and species diversity in Caohai National Nature Reserve have obvious regional features.

Key words: *Pinus armandii*; Community characteristics; Species diversity; Caohai National Nature Reserve

群落结构是群落中各种生物在一定时空条件下的配置状况,是认识群落组成和变化趋势的基础^[1]。群落结构是生态系统功能的基础^[2],可以提供物种组成、水平结构、垂直结构、空间分布等许多潜在的重要生态学信息,对研究群落的物种共存、演替规律及生物多样性维持机制等具有重要意义^[3-5]。近年来,大量固定样地的建立为研究群落结构、物种共存机制和生物多样性保护提供了更多数据支撑和良好平台^[6-7]。但是,由于喀斯特地区生境的破碎化以及长期人为活动的影响,森林群落分布面积小且不连续。因此,采用典型样地调查法来调查森林群落来揭示喀斯特地区森林群落结构特征和生物多样性的维持机制。

华山松(*Pinus armandii*)是松属单维管束五针松组(sect. *Cembra* Spach)中的常绿乔木,为我国特有的乡土针叶树种,因主要分布于陕西华山而得名^[8]。在我国的青海、甘肃、山西、陕西、河南、湖北、四川、云南、贵州、西藏和台湾地区均有分布;垂直分布主要在海拔 1 000~3 300 m。华山松因其树体高大挺拔、冠形优美、生长迅速、适应性强,为我国主要的荒山造林树种之一。由于华山松是优良的用材树种,又多分布在低山丘陵及村民聚居地周围,频繁的人类干扰活动(如放牧、林下层植被收获等)使华山松林生态系统出现严重的退化现象^[9-10]。根据王兵等^[11]的统计,我国南方约有 1/4 的华山松林群落存在不同程度的退化。华山松的群落特征^[12]、种群数量^[13]、更新特征^[14]、分布格局^[15]和生产力^[16]等方面已有研究报道,主要集中于秦岭一带,但是对黔西北地区华山松群落的研究却鲜有报道。

本研究以贵州省草海国家级自然保护区内的华山松群落为研究对象,从物种组成、径级结构、生物多样性等方面开展研究,以期对云贵高原华山松林的可持续经营和退化森林生态系统的恢复与重建提供科学依据。

1 研究区概况

草海国家级自然保护区位于贵州省威宁彝族回族苗族自治县西南侧(26°47'32"~26°52'52" N,

104°10'16"~104°20'40" E),是一个典型的高原喀斯特湿地生态系统,总面积 9 600 hm²。该地区为亚热带高原季风气候区,具有长冬无夏、春秋相连、干湿分明、光照丰富的特点;年平均气温 10.6℃,7月气温最高(17.7℃),1月气温最低(1.9℃);年平均降雨量 950.9 mm,降水集中在夏、秋两季,5-10月的降雨量占全年的 88%。土壤主要为黄棕壤,此外还有棕色石灰土、石质土、沼泽土等。由于草海盆地多样的地貌、优越的气候、丰富的水肥条件,形成了多种类型的植被。在草海周围积水区域内形成了云南松(*Pinus yunnanensis*)、华山松(*P. armandii*)、滇杨(*Populus yunnanensis*)和灌丛等多种森林植被。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

鉴于喀斯特山区群落分布分散、集中连片面积小的实际情况,2017年7-8月对草海国家级自然保护区全面踏查的基础上,采用典型样地法设置 20 m×30 m 的样地 15 块,记录样地的坡向、坡度、海拔及经纬度等基本信息。采用常规群落调查方法,对样地内所有胸径(DBH)≥1cm 的乔木进行每木检尺,记录树种名称、树高、胸径、枝下高和冠幅;在每块样地内设置 5 块 2 m×2 m 的灌木样方和 1 m×1 m 的草本样方,记录各物种的名称、高度、盖度、株(丛)数等。

2.2 优势种群的径级、高度及冠幅划分

研究区内华山松群落乔木层物种组成单一,优势种和建群种均为华山松,依据王添鑫等^[17]的方法,华山松种群胸径划分为 9 个径级,每 3 cm 为 1 个径级,分别为 I(0~3 cm)、II(3~6 cm)、III(6~9 cm)、IV(9~12 cm)、V(12~15 cm)、VI(15~18 cm)、VII(18~21 cm)、VIII(21~24 cm)和 IX(≥24 cm),统计各径级乔木个体数,绘制径级结构图。树高划分为 9 个高度级,每 3 m 为 1 个高度级,分别为 I(3~6 m)、II(6~9 m)、III(9~12 m)、IV(12~15 m)、V(15~18 m)、VI(18~21 m)、VII(21~24 m)、VIII(24~27 m)、

IX(≥ 27 m), 统计各高度级乔木个体数, 绘制高度级结构图。冠幅划分为 9 个级别, 每 10 m^2 为 1 个级别, 分别为 I ($0\sim 10 \text{ m}^2$)、II ($10\sim 20 \text{ m}^2$)、III ($20\sim 30 \text{ m}^2$)、IV ($30\sim 40 \text{ m}^2$)、V ($40\sim 50 \text{ m}^2$)、VI ($50\sim 60 \text{ m}^2$)、VII ($60\sim 70 \text{ m}^2$)、VIII ($70\sim 80 \text{ m}^2$)、IX ($\geq 80 \text{ m}^2$), 统计各冠幅级乔木个体数, 绘制冠幅结构图。

2.3 物种多样性分析

本文对草海国家级自然保护区华山松群落的物种重要值(IV)和多样性指数参考马克平^[18]的方法。乔木重要值(IV)=(相对多度+相对显著度+相对频度)/3, 灌木和草本重要值(IV)=(相对多度+相对盖度+相对频度)/3, Shannon-Wiener 多样性指数(H): $H=-\sum P_i \ln P_i$, Simpson 多样性指数(Ds): $D_s=1-\sum P_i^2$, Pielou 均匀度指数(J): $J=-\sum P_i \ln P_i / \ln S$, Margalef 丰富度指数(D_M): $D_M=(S-1)/\ln N$, 式中, S 为样地中物种总数, N 为所有物种个体数总和, P_i 表示第 i 个物种的个体数与群落总个体数之比。

3 结果和分析

3.1 群落的物种组成

根据调查统计, 华山松群落样地中共有种子植物 81 种, 隶属于 37 科 69 属(表 1), 其中裸子植物 3 科 3 属 4 种, 占总种数的 4.94%; 被子植物 34 科 66 属 77 种, 占总种数的 95.06%; 被子植物中单子叶植物 3 科 8 属 8 种; 双子叶植物 31 科 58 属 69 种。含 3 种以上的有 9 科, 占总科数的 24.32%, 总种数的 53.09%, 分别为唇形科(Labiatae)、菊科(Compositae)、蔷薇科(Rosaceae)、忍冬科(Caprifoliaceae)、小檗科(Berberidaceae)、百合科(Liliaceae)、茜草科(Rubiaceae)、伞形科(Umbelliferae)、桦木科(Betulaceae); 含 2 种的有 10 科, 占总科数的 27.03%, 总种数的 24.69%; 含 1 种的多达 18 科, 占总科数的 48.65%, 总种数的 22.22%。含种较多的科有蔷薇科(12 种), 其次为菊科(6 种)、唇形科(5 种)、忍冬科(4 种)和百合科(4 种)。样地内乔木层几乎为华山松

表 1 华山松群落的科、属、种组成

Table 1 Composition of species, genus and families of *Pinus armandii* community

编号 No.	科 Family	属数 Number of genus	种数 Number of Species
1	柏科 Cupressaceae	1	1
2	车前科 Plantaginaceae	1	1
3	唇形科 Labiatae	5	5
4	豆科 Leguminosae	2	2
5	杜鹃花科 Ericaceae	1	1
6	禾本科 Gramineae	2	2
7	胡颓子科 Elaeagnaceae	1	1
8	堇菜科 Violaceae	1	1
9	菊科 Compositae	5	6
10	壳斗科 Fagaceae	1	2
11	蓼科 Polygonaceae	2	2
12	蔷薇科 Rosaceae	8	12
13	忍冬科 Caprifoliaceae	2	4
14	三白草科 Saururaceae	1	1
15	松科 Pinaceae	1	2
16	藤黄科 Guttiferae	1	1
17	小檗科 Berberidaceae	2	3
18	杉科 Taxodiaceae	1	1
19	杨柳科 Salicaceae	1	2
20	胡桃科 Juglandaceae	1	1
21	百合科 Liliaceae	4	4
22	木犀科 Oleaceae	1	1
23	漆树科 Anacardiaceae	1	1
24	马桑科 Coriariaceae	1	1
25	卫矛科 Celastraceae	2	2
26	鼠李科 Rhamnaceae	2	2
27	山矾科 Symplocaceae	1	1
28	葫芦科 Cucurbitaceae	1	1

续表(Continued)

编号 No.	科 Family	属数 Number of genus	种数 Number of Species
29	牻牛儿苗科 Geraniaceae	1	1
30	茜草科 Rubiaceae	2	3
31	毛茛科 Ranunculaceae	2	2
32	伞形科 Umbelliferae	3	3
33	天南星科 Araceae	2	2
34	龙胆科 Gentianaceae	1	1
35	凤仙花科 Balsaminaceae	1	1
36	报春花科 Primulaceae	1	1
37	桦木科 Betulaceae	3	3
总计 Total		69	81

纯林, 常伴生有云南松、槲栎(*Quercus aliena*); 灌木层的优势种有火棘(*Pyracantha fortuneana*)、扁刺蔷薇(*Rosa sweginzowii*)、滇榛(*Corylus yunnanensis*)、西南栒子(*Cotoneaster franchetii*)、荚蒾(*Viburnum dilatatum*)、金丝桃(*Hypericum monogynum*)等; 草本层主要有菊科的高类、禾本科植物、车前草(*Plantago depressa*)、车轴草(*Galium odoratum*)、鱼腥草(*Houttuynia cordata*)等植物。

按生长类型分类, 乔木有 11 种, 占总种数的 13.58%, 其中常绿乔木 4 种, 落叶乔木 7 种; 灌木有 32 种, 占总种数的 39.51%, 其中常绿灌木 9 种, 落叶灌木 23 种; 草本有 38 种, 占总种数的 46.91%, 其中多年生草本 30 种, 一年生草本 8 种。

依照 Raunkiael^[9]的生活型分类系统, 华山松群落内高位芽植物最多, 有 38 种, 占总种数的 46.91%; 地面芽植物次之, 有 22 种, 占总种数的 27.16%; 地下芽和一年生植物均有 8 种, 分别占总种数的 9.88%; 地上芽植物最少, 仅占总种数的 6.17% (图 1)。这说明研究区具有温暖湿润且海拔较高的环境特征。

3.2 植物区系组成

在科级水平上, 参照李锡文的中国种子植物科的分布区类型划分系统, 样地内 37 科种子植物可划分为 6 个分布区类型(表 2), 主要以世界分布、北温带分布和泛热带分布为主。世界分布有 17 科, 占总科数的 45.95%, 主要包括菊科、蔷薇科、百合科、伞形科、毛茛科、茜草科等; 热带区系成分共 7 科, 占总科数的 18.92%, 其中以泛热带分布为主, 主要包括漆树科、天南星科、山矾科和卫矛科等; 温带区系成分共 13 科, 占总科数的 35.13%, 其中以北温带分布为主, 主要包括胡颓子科、杨柳科、马桑科和壳斗科等。这说明研究区内植物科的分布类型以世界分布和温带分布为主, 具有明显的温带区系特征。

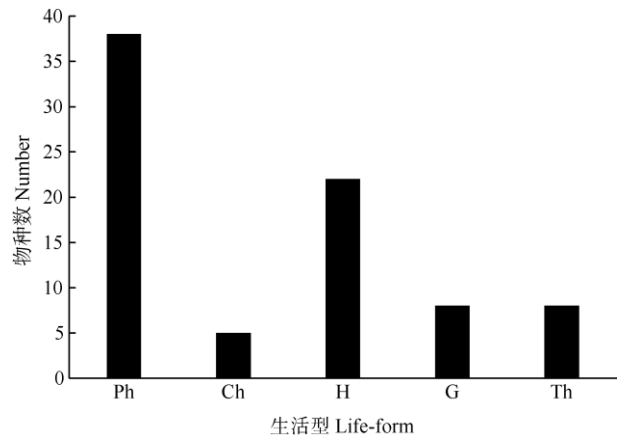


图 1 华山松群落本我的生活型谱。Ph: 高位芽植物; Ch: 地上芽植物; H: 地面芽植物; G: 地下芽植物; Th: 一年生植物。

Fig. 1 Life-form of *Pinus armandii* community. Ph: Phanerophyte; Ch: Chamaephyte; H: Hemicryptophyte; G: Geophyte; Th: Therophyte.

在属级水平上, 参照吴征镒的中国种子植物属的分布区类型的划分方法, 样地内 69 属种子植物分为 11 个分布区类型(表 2), 仅缺乏旧世界热带分布型、热带亚洲至热带大洋洲分布型、地中海区西亚至中亚分布型和东亚分布型 4 个类型, 样地内种子植物属的地理成分复杂多样。世界分布有 11 属, 占总属数的 15.94%, 主要包括悬钩子属(*Rubus*)、鼠李属(*Rhamnus*)、金丝桃属(*Hypericum*)等; 热带区系成分共有 10 属, 占总属数的 14.49%, 以泛热带分布占优势, 主要包括山矾属(*Symplocos*)、刺蕊草属(*Pogostemon*)、卫矛属(*Euonymus*)等; 温带区系成分共有 47 属, 占总属数的 68.12%, 以北温带分布占优势, 其次为东亚分布, 主要包括草莓属(*Fragaria*)、蒿属(*Artemisia*)、蔷薇属(*Rosa*)、忍冬属(*Lonicera*)、小檗属(*Berberis*)、胡颓子属(*Elaeagnus*)等。这说明样地内种子植物属的分布区类型中以温带成分占优势, 显示了该群落的温带性。

表 2 华山松群落植物科、属的分布区类型

Table 2 Areal-types of families and genera of *Pinus armandii* community

分布区类型 Areal-type	科数 Number of family	%	属数 Number of genera	%
1. 世界分布 Cosmopolitan	17	45.95	11	15.94
2. 泛热带分布 Pantropic	6	16.22	7	10.14
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布 Tropic Asia and America disjunct	-	-	1	1.45
6. 热带亚洲至热带非洲分布 Tropic Asia to Tropic Africa	-	-	1	1.45
7. 热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Tropic Asia (Indo-Malesia)	1	2.70	1	1.45
8. 北温带分布 North Temperate	11	29.73	30	43.48
9. 东亚和北美洲间断分布 East Asia and North America disjunct	1	2.70	3	4.35
10. 旧世界温带分布 Old World Temperate	-	-	5	7.25
11. 温带亚洲分布 Temperate Asia	1	2.70	1	1.45
14. 东亚分布 East Asia distribution	-	-	8	11.59
15. 中国特有分布 Endemic to China	-	-	1	1.45
合计 Total	37	100	69	100

3.3 华山松群落结构特征

径级结构能综合反映植物生长与环境间的关系,是植物群落最基本的结构之一,可以用来评价植物群落的生长发育状况、稳定性以及预测群落结构的发展^[20]。从图 2 可见,华山松群落的径级分布呈偏正态分布(左偏型),为单峰曲线。胸径为 0~9 cm 时,植株数逐渐增多,以胸径 III 的株数最多(占 15.19%),此后个体株数又逐渐降低,以胸径 IX 的株数最少(仅占 1.96%)。总体来看,小径级林木(胸径 I~III)株数最多,占 41.67%;中径级林木(胸径 IV~VI)株数次之,占 37.09%;大径级林木(胸径 VII~IX)株数最少,占 21.24%,表明群落处于稳定的增长趋势。

高度级结构是群落垂直结构的重要指标,可以反映出植物群落在垂直空间层次上的物种组成、多样性和动态性^[21],定量分析高度级结构可评价植物群落的复杂性和稳定程度^[22]。从图 2 可见,华山松群落的树高分布集中在高度级 IV~VI 上,植株数占

总数的 46.04%,以高度级 VI 的株数最多,占到了总株数的 19.3%;高度级 I~III 的株数次之,共占总株数的 32.18%;高度级 VII~IX 的株数最少,仅占总株数的 21.78%,说明华山松群落从幼龄到中龄是树高生长的快速期,中龄之后树高生长缓慢。

冠幅大小在一定程度上反映树木的光合作用能力、占有空间的能力和竞争力。从图 2 可见,华山松群落的冠幅分布呈 V 型,主要集中在冠幅级 I~III 上,占总株数的 63.24%,以冠幅级 I 的株数最多,占总株数的 30.39%。冠幅级 IV~VI 和 VII~IX 的株数相近,分别占总株数的 18.63%和 18.13%,以冠幅级 VI 的株数最少,仅占总株数的 2.94%。

3.4 物种多样性

不同层次各物种的重要值可反映不同物种在群落中的地位和对多样性的贡献率。由表 3 可见,华山松群落乔木层结构比较简单,重要值大于 10% 的只有华山松、云南松和云贵鹅耳枥(*Carpinus*

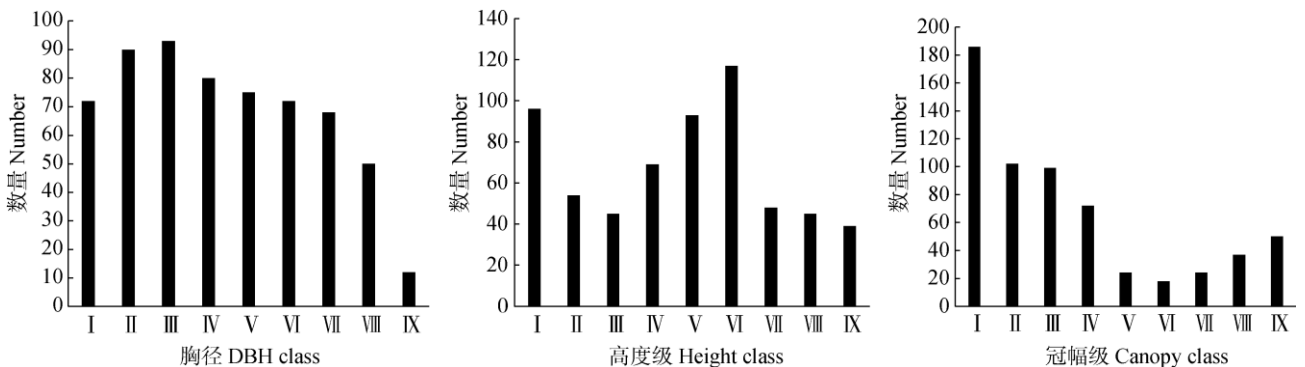


图 2 华山松种群的径级、树高和冠幅结构

Fig. 2 Structure of diameter class, height class and canopy class of *Pinus armandii*

pubescens), 分别为 0.580、0.131 和 0.116, 其中华山松占有绝对优势, 其他物种的重要值均较低。

灌木层物种较丰富, 西南栒子是灌木层的优势种, 其重要值最大, 可达 0.150; 火棘、荚蒾、滇榛、贵州小檗(*Berberis cavaleriei*)、扁刺峨眉蔷薇(*Rosa omeiensis*)、金丝桃重要值也较大, 是灌木层的主要组成成分。

草本层物种丰富, 重要值较大的有老鹳草(*Geranium wilfordii*)、车轴草、车前草和紫花地丁(*Viola philippica*), 草本层中占有优势, 其他物种的重要值均较低。

植物群落不同层次物种多样性能够反映乔灌木的组合状况以及群落的立体结构, 良好的群落层次结构有利于形成稳定的群落环境^[23]。从表 4 可见, 华山松群落乔木层与灌木层、草本层间的多样性指数差异显著($P < 0.05$), 物种丰富度指数(S)和(D_M)、

多样性指数(H)和(D_S)均为草本层 > 灌木层 > 乔木层, 物种均匀度指数(J)为灌木层 > 草本层 > 乔木层。这是由于华山松群落的乔木层物种组成相对单一、存在较多的林窗, 更多的阳光透过林冠层为灌木和草本的生长创造了合适的条件。

4 结论和讨论

植物群落是植物在特定生境下长期生活、与环境条件相适应形成的产物, 常与其所处的地理位置和水热条件有关^[17,24]。草海国家级自然保护区地处亚热带高原季风气候区, 植物群落具有独特特点。本研究表明, 样地内共有种子植物 37 科 69 属 81 种, 其中包括裸子植物 3 科 3 属 4 种, 被子植物 34 科 66 属 77 种; 以蔷薇科、菊科、唇形科、忍冬科和百合科等的种类最多。群落中植物地理成分复

表 3 华山松群落的物种重要值

Table 3 Importance value of species in *Pinus armandii* community

层次 Layer	物种 Species	重要值 Importance value	
乔木层 Tree	华山松 <i>Pinus armandii</i>	0.580	
	云南松 <i>Pinus yunnanensis</i>	0.131	
	云贵鹅耳枥 <i>Carpinus pubescens</i>	0.116	
	榲桲 <i>Quercus aliena</i>	0.068	
	化香树 <i>Platycarya strobilacea</i>	0.068	
	川滇栎木 <i>Alnus ferdinandi-coburgii</i>	0.014	
灌木层 Shrub	西南栒子 <i>Cotoneaster franchetii</i>	0.150	
	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	0.084	
	荚蒾 <i>Viburnum dilatatum</i>	0.075	
	滇榛 <i>Corylus yunnanensis</i>	0.065	
	贵州小檗 <i>Berberis cavaleriei</i>	0.057	
	扁刺峨眉蔷薇 <i>Rosa omeiensis</i>	0.053	
	金丝桃 <i>Hypericum monogynum</i>	0.053	
	马桑 <i>Coriaria nepalensis</i>	0.047	
	杜鹃 <i>Rhododendron simsii</i>	0.040	
	截叶铁扫帚 <i>Lespedeza cuneata</i>	0.039	
	刺果卫矛 <i>Euonymus acanthocarpus</i>	0.039	
	草本层 Herb	老鹳草 <i>Geranium wilfordii</i>	0.091
		车轴草 <i>Galium odoratum</i>	0.070
		车前草 <i>Plantago depressa</i>	0.064
紫花地丁 <i>Viola philippica</i>		0.051	
吉祥草 <i>Reineckia carnea</i>		0.047	
一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>		0.044	
荩草 <i>Arthraxon hispidus</i>		0.042	
沿阶草 <i>Ophiopogon bodinieri</i>		0.042	
猪殃殃 <i>Galium aparine</i>		0.041	
风轮草 <i>Clinopodium polycephalum</i>		0.037	
蛇莓 <i>Duchesnea indica</i>		0.031	
珠光香青 <i>Anaphalis margaritacea</i>		0.028	
鱼腥草 <i>Houttuynia cordata</i>		0.027	
一把伞南星 <i>Arisaema erubescens</i>		0.026	

表 4 草海国家级自然保护区华山松群落物种多样性

Table 4 Species diversity of the *P. armandii* community in Caohai National Nature Reserve

层次 Layer	数量 Number (S)	Margalef 丰富度指数 Margalef richness index (D _M)	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index (H)	Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index (J)	Simpson 多样性指数 Simpson diversity index (D _S)
乔木层 Tree	11b	1.71b	1.23b	0.51b	0.83b
灌木层 Shrub	32a	4.18a	3.28a	0.95a	0.96a
草本层 Herb	38a	4.85a	3.38a	0.93a	0.97a

同列数据后不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Data followed different letters within column indicate significant differences at 0.05 level.

杂, 科、属的分布区类型分别有 6 和 11 种, 其中温带性质的属占 68.12%, 热带性质的属占 14.49%。按照方全等^[25]的方法, 华山松群落的温热比为 4.70, 说明温带分布类型占主导地位。这可能与特殊的地理条件和复杂的地形有关, 草海国家级自然保护区华山松群落分布在海拔 2 171~2 503 m 的区域内, 造成热带地理成分的植物分布受限, 从而导致热带分布类型所占比例降低。这与秦岭华山松群落(热带成分占 17.94%, 温带成分占 71.15%, 北温带分布占优势为 37.18%)和神农架华山松群落(热带成分占 14.76%, 温带成分占 72.12%, 北温带分布占优势为 42.6%)的植物区系特征的相似。生活型是植物群落对生境长期适应的结果, 可以反映群落在组成、结构、外貌等方面的显著差异, 能够提供群落对特定环境因子、空间利用和种间关系等方面的信息^[26]。本研究表明华山松群落的生活型谱中高位芽植物占优势, 地面芽植物次之, 地上芽植物相对缺乏。有研究^[27-28]表明, 植物的生活型会受到海拔、纬度、地形和水热条件的影响。一般来说, 热带、亚热带常绿阔叶林中以高位芽植物为主, 地下芽植物较少; 温带地区, 地面芽和地下芽植物占优势^[29]。这说明研究区内的华山松群落具有亚热带地区群落和温带地区群落的生活型谱特征, 反映出该地区生长季节中水热条件良好、降水充沛, 冬季严寒的特点。

优势种作为群落的重要组成部分, 其结构不仅直接影响群落的结构, 而且能够客观反映群落的生长发育状况和发展趋势。植物群落不同层次的优势种不同, 其中乔木层的优势种对整个群落的构建起着决定作用^[17]。草海国家级自然保护区华山松种群的径级分布呈左偏正态型分布, 小径级林木(胸径 < 9 cm)的株数最多, 表明华山松群落处于稳定的增长趋势, 更新状况良好; 垂直结构分化明显, 树高分布集中在 12~21 m, 说明华山松群落从幼龄到中龄

是树高生长的快速期; 冠幅结构呈 V 型, 主要集中在 < 30 m², 说明华山松群落种内竞争比较激烈。

物种丰富度和多样性是群落稳定性的重要指标, 能客观反映群落结构的复杂程度^[30]。与秦岭华山松群落^[12]相比, 草海国家级自然保护区华山松群落物种少且多样性低, 主要是草本层的物种较多, 乔木层和灌木层物种较少, 这可能是与特殊的生境条件和强烈的人为干扰有关。物种丰富度指数(S 和 D_M)、多样性指数(H 和 D_S)均为草本层 > 灌木层 > 乔木层, 这与兰国玉^[31]的研究结论一致; 物种均匀度指数(J)为灌木层 > 草本层 > 乔木层, 说明乔木层物种呈聚集分布, 灌木层和草本层物种呈均匀分布。

因此, 草海国家级自然保护区内的华山松群落特征和物种多样性因其独特的气候和水热条件具有明显的地域特点。华山松作为重要的荒山造林和用材树种, 具有较强的生态功能, 对草海国家级湿地的保护有重要的作用, 因此有必要加大对草海流域华山松群落的保护力度。但是, 由于华山松群落多为纯林或与云南松的混交林, 树种较为单一, 建议在增加其它阔叶树种, 营造针阔混交林来增加乔木层的多样性, 以便更加有效的防止病虫害的发生和最大限度的发挥其保持水土的作用。

参考文献

- [1] YUAN L, ZHOU H R, ZONG Z L, et al. Structural characteristics and diversity of typical shrub plant community in the Urumqi region [J]. *Acta Bot Boreali-Occid Sin*, 2014, 34(3): 595-603. doi: 10.7606/j.issn.1000-4025.2014.03.0595.
袁蕾, 周华荣, 宗召磊, 等. 乌鲁木齐地区典型灌木群落结构特征及其多样性研究 [J]. *西北植物学报*, 2014, 34(3): 595-603. doi: 10.7606/j.issn.1000-4025.2014.03.0595.
- [2] JELTSCH F, MOLONEY K, MILTON S J. Detecting process from snapshot pattern: lessons from tree spacing in the southern Kalahari [J]. *Oikos*, 1999, 85(3): 451-466. doi: 10.2307/3546695.

- [3] TILMAN D, REICH P B, KNOPS J M H. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment [J]. *Nature*, 2006, 441(7093): 629–632. doi: 10.1038/nature04742.
- [4] SONG H J, YE J, SHI S, et al. Woody plant species composition and community structure in residual fragments of broad-leaved Korean pine mixed forests in Changbai Mountains area [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2014, 25(5): 1239–1249. doi: 10.13287/j.1001-9332.2014.0003.
宋厚娟, 叶吉, 师帅, 等. 长白山阔叶红松林残留片段木本植物物种组成与群落结构 [J]. *应用生态学报*, 2014, 25(5): 1239–1249. doi: 10.13287/j.1001-9332.2014.0003.
- [5] WANG Y Q, TIAN L, ZHONG L, et al. Community structure and species diversity of *Schima superba*-*Pinus massoniana* communities in Dongbaishan Nature Reserve [J]. *J Zhejiang Univ (Sci)*, 2015, 42(1): 38–46. doi: 10.3785/j.issn.1008-9497.2015.01006.
王云泉, 田磊, 仲磊, 等. 东白山自然保护区木荷-马尾松群落结构及物种多样性分析 [J]. *浙江大学学报(理学版)*, 2015, 42(1): 38–46. doi: 10.3785/j.issn.1008-9497.2015.01006.
- [6] MA K P. Large scale permanent plots: Important platform for long term research on biodiversity in forest ecosystem [J]. *J Plant Ecol*, 2008, 32(2): 237. doi: 10.3773/j.issn.1005-264x.2008.02.001.
马克平. 大型固定样地: 森林生物多样性定位研究的平台 [J]. *植物生态学报*, 2008, 32(2): 237. doi: 10.3773/j.issn.1005-264x.2008.02.001.
- [7] LEGENDRE P, MI X C, REN H B, et al. Partitioning beta diversity in a subtropical broad-leaved forest of China [J]. *Ecology*, 2009, 90(3): 663–674. doi: 10.1890/07-1880.1.
- [8] HU T X. Restoration and Reconstruction of Low-efficiency Forest [M]. Beijing: Sino-culture Press, 2002: 85.
胡庭兴. 低效林恢复与重建 [M]. 北京: 华文出版社, 2002: 85.
- [9] SHEN G F, ZHAI M P. Silviculture [M]. 2nd ed. Beijing: China Forestry Press, 2011: 152–153.
沈国舫, 翟明普. 森林培育学 [M]. 第2版. 北京: 中国林业出版社, 2011: 152–153.
- [10] PENG Z H. Forestry Development Strategy of in Beijing [M]. Beijing: China Forestry Press, 2007: 98.
彭振华. 北京林业发展战略 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2007: 98.
- [11] WANG B, LI H J, LI S N, et al. Studies on community types and species diversity of evergreen broad-leaved forests in Dagangshan Mountains [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2005, 27(5): 678–682,699. doi: 10.3969/j.issn.1000-2286.2005.05.009.
王兵, 李海静, 李少宁, 等. 大岗山中亚热带常绿阔叶林物种多样性研究 [J]. *江西农业大学学报*, 2005, 27(5): 678–682,699. doi: 10.3969/j.issn.1000-2286.2005.05.009.
- [12] LAN G Y, LEI R D, CHEN W. Study on community characteristics of *Pinus armandii* in the Qinling mountains [J]. *Acta Bot Boreali-Occid Sin*, 2004, 24(11): 2075–2082. doi: 10.3321/j.issn:1000-4025.2004.11.017.
兰国玉, 雷瑞德, 陈伟. 秦岭华山松群落特征研究 [J]. *西北植物学报*, 2004, 24(11): 2075–2082. doi: 10.3321/j.issn:1000-4025.2004.11.017.
- [13] LAN G Y, LEI R D, AN F, et al. Quantitative classification of *Pinus armandii* communities in Qinling Mountains [J]. *Chin J Ecol*, 2006, 25(2): 119–124. doi: 10.13292/j.1000-4890.2006.0023.
兰国玉, 雷瑞德, 安锋, 等. 秦岭华山松群落数量分类研究 [J]. *生态学杂志*, 2006, 25(2): 119–124. doi: 10.13292/j.1000-4890.2006.0023.
- [14] KANG B, LIU S R, WANG D X, et al. Regeneration characteristics of woody plant seedlings in typical secondary forests in Qinling Mountains [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2011, 22(12): 3123–3130. doi: 10.13287/j.1001-9332.2011.0438.
康冰, 刘世荣, 王得祥, 等. 秦岭山地典型次生林木本植物幼苗更新特征 [J]. *应用生态学报*, 2011, 22(12): 3123–3130. doi: 10.13287/j.1001-9332.2011.0438.
- [15] LAN G Y, CHEN W, LEI R D. Spatial distribution pattern, scale and gap characteristics of *Pinus armandii* population in Qinling Mountains, China [J]. *Front For China*, 2007, 2(1): 55–59. doi: 10.1007/s11461-007-0008-1.
- [16] CHEN C G. Studies on the production of *Pinus armandii* forests in the Qinling mountains biomass and production of the arbor-layers in *Pinus armandii* forests (1) [J]. *J NW For Univ*, 1984(1): 1–18.
陈存根. 秦岭华山松林生产力的研究华山松林乔木层的生物产量(1) [J]. *西北林学院学报*, 1984(1): 1–18.
- [17] WANG L X, HAN H R, CHENG X Q, et al. Community characteristics and population structure of dominant species of *Pinus tabuliformis* forest in the Liaoheyuan nature reserve [J]. *Acta Bot Boreali-Occid Sin*, 2016, 36(8): 1687–1696. doi: 10.7606/j.issn.1000-4025.2016.08.1687.
王砾鑫, 韩海荣, 程小琴, 等. 辽河源自然保护区油松群落特征及优势种群结构 [J]. *西北植物学报*, 2016, 36(8): 1687–1696. doi: 10.7606/j.issn.1000-4025.2016.08.1687.
- [18] MA K P. Measurement of biotic community diversity: α diversity [J]. *Biodiv Sci*, 1994, 2(3): 162–168.
马克平. 生物群落多样性的测度方法, I: α 多样性的测度方法(上) [J]. *生物多样性*, 1994, 2(3): 162–168.
- [19] RAUNKIAER C. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography [M]. London: Oxford University Press, 1934.
- [20] XIE X K, SU D K, LIU Z G, et al. Modeling diameter distribution of primary broadleaf-Korean pine mixed forest in Changbai Mountains [J]. *Chin J Ecol*, 2010, 29(8): 1477–1481. doi: 10.13292/j.1000-4890.2010.0259.

- 谢小魁, 苏东凯, 刘正纲, 等. 长白山原始阔叶红松林径级结构模拟 [J]. 生态学杂志, 2010, 29(8): 1477–1481. doi: 10.13292/j.1000-4890.2010.0259.
- [21] YU W, WAN D, WANG S L, et al. Community structure and species diversity of debris flow deposition area in southeast of Tibet, China [J]. J Mount Sci, 2013, 31(1): 120–126. doi: 10.16089/j.cnki.1008-2786.2013.01.009.
- 喻武, 万丹, 汪书丽, 等. 藏东南泥石流沉积区植物群落结构和物种多样性特征 [J]. 山地学报, 2013, 31(1): 120–126. doi: 10.16089/j.cnki.1008-2786.2013.01.009.
- [22] ZHANG L H, QI J Q, LIU P Y, et al. Effects of stand density on community structure and species diversity of *Eucalyptus robusta* plantation [J]. Acta Bot Boreali-Occid Sin, 2018, 38(1): 166–175. doi: 10.7606/j.issn.1000-4025.2018.01.0166.
- 张柳桦, 齐锦秋, 柳萃玉, 等. 林分密度对桉树人工林群落结构和物种多样性的影响 [J]. 西北植物学报, 2018, 38(1): 166–175. doi: 10.7606/j.issn.1000-4025.2018.01.0166.
- [23] HAO J F, WANG D Y, LI Y, et al. Effects of human disturbance on species diversity of *Phoebe zhennan* communities in Jinfengshan Mountain in western Sichuan [J]. Acta Ecol Sin, 2014, 34(23): 6930–6942. doi: 10.5846/stxb201401140103.
- 郝建锋, 王德艺, 李艳, 等. 人为干扰对川西金凤山楠木次生林群落结构和物种多样性的影响 [J]. 生态学报, 2014, 34(23): 6930–6942. doi: 10.5846/stxb201401140103.
- [24] LI D D, DONG T F, CHEN J, et al. Characteristics of *Fagus hayatae* community and species diversity in Micangshan Nature Reserve, Sichuan [J]. Acta Bot Boreali-Occid Sin, 2016, 36(1): 174–182. doi: 10.7606/j.issn.1000-4025.2016.01.0174.
- 李大东, 董廷发, 陈坚, 等. 四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落学特征及多样性研究 [J]. 西北植物学报, 2016, 36(1): 174–182. doi: 10.7606/j.issn.1000-4025.2016.01.0174.
- [25] FANG Q, LIU Y Z, LIN Z H, et al. Research on *Quercus variabilis* community characteristics and diversity of Yunju Mountain [J]. Plant Sci J, 2015, 33(3): 311–319. doi: 10.11913/psj.2095-0837.2015.30311.
- 方全, 刘以珍, 林朝晖, 等. 云居山栓皮栎群落特征及多样性研究 [J]. 植物科学学报, 2015, 33(3): 311–319. doi: 10.11913/psj.2095-0837.2015.30311.
- [26] JIN H J, MA Q L, ZHANG D K, et al. Analysis on typical shrub plant community characteristics and quantitative characteristics in Ulanbuh desert [J]. Acta Bot Boreali-Occid Sin, 2012, 32(3): 579–588. doi: 10.3969/j.issn.1000-4025.2012.03.022.
- 靳虎甲, 马全林, 张德魁, 等. 乌兰布和沙漠典型灌木群落结构及数量特征 [J]. 西北植物学报, 2012, 32(3): 579–588. doi: 10.3969/j.issn.1000-4025.2012.03.022.
- [27] JIANG H. Study on life form spectrum of plant community in Dongling Mountain [J]. Acta Bot Sin, 1994, 36(11): 884–894.
- 江洪. 东灵山植物群落生活型谱的比较研究 [J]. 植物学报, 1994, 36(11): 884–894.
- [28] YU S L, CHEN L Z, MA K P. Life-form spectrum of vascular plants of *Quercus mongolica* communities in northeast China [J]. Sci Silv Sin, 2000, 36(3): 118–121. doi: 10.3321/j.issn:1001-7488.2000.03.019.
- 于顺利, 陈灵芝, 马克平. 东北地区蒙古栎群落生活型谱比较 [J]. 林业科学, 2000, 36(3): 118–121. doi: 10.3321/j.issn:1001-7488.2000.03.019.
- [29] LIU S J, SU Z X, ZHANG J X, et al. Perspectives of the research on life form in land plant communities [J]. J Sichuan Teach Coll (Nat Sci), 2003, 24(2): 155–159. doi: 10.3969/j.issn.1673-5072.2003.02.004.
- 刘守江, 苏智先, 张璟霞, 等. 陆地植物群落生活型研究进展 [J]. 四川师范学院学报(自然科学版), 2003, 24(2): 155–159. doi: 10.3969/j.issn.1673-5072.2003.02.004.
- [30] LIANG W B, XIE B X, WU T, et al. Characteristics and species diversity analysis of *Quercus variabilis* community in Nanyue [J]. J CS Univ For Technol, 2011, 31(9): 55–59. doi: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2011.09.031.
- 梁文斌, 谢碧霞, 巫涛, 等. 南岳栓皮栎群落特征及多样性分析 [J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(9): 55–59. doi: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2011.09.031.
- [31] LAN G Y, LEI R D, CHEN W. Species diversity of *Pinus armandii* in the Qinling Mountains [J]. J NW For Univ, 2005, 20(2): 57–60. doi: 10.3969/j.issn.1001-7461.2005.02.014.
- 兰国玉, 雷瑞德, 陈伟. 秦岭华山松群落的物种多样性研究 [J]. 西北林学院学报, 2005, 20(2): 57–60. doi: 10.3969/j.issn.1001-7461.2005.02.014.