

宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种的生态位和种间联结分析

施晨阳¹, 蒋天雨¹, 赖文峰¹, 徐秀琴², 文国卫¹, 朱晓如¹, 黄秋良¹, 张国防^{1,①}

(1. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002; 2. 宁夏六盘山林业局, 宁夏 泾源 756400)

摘要: 在实地踏查的基础上,对宁夏六盘山 20 个毛榛(*Corylus mandshurica* Maxim.)群落乔木层、灌木层和草本层的物种组成进行了调查,在此基础上,对灌木层优势种(重要值在 1.5%以上)的重要值、生态位宽度(Levins 指数和 Shannon-Wiener 指数)和 Pianka 生态位重叠指数进行了分析,并采用方差比率、 χ^2 检验、Pearson 相关系数、Spearman 秩相关系数和联结系数分析灌木层优势种的种间联结性。结果表明:该群落乔木层、灌木层和草本层植物分别有 15 科 29 属 46 种、26 科 42 属 80 种和 36 科 57 属 70 种;灌木层中 20 种植物的重要值在 1.5%以上,且这些种类的重要值和 2 个生态位宽度指数的排序结果基本一致,其中,毛榛的重要值(7.21%)、Levins 指数(0.71)和 Shannon-Wiener 指数(4.10)均明显大于其他优势种。在灌木层优势种组成的 190 个种对中,多数种对的 Pianka 生态位重叠指数小于 0.5;毛榛与甘肃山楂(*Crataegus kansuensis* Wils.)、紫丁香(*Syringa oblata* Lindl.)和鞘柄菝葜(*Smilax stans* Maxim.)等 8 个优势种的 Pianka 生态位重叠指数在 0.5 以上。总体联结性分析结果(方差比率为 1.16,统计量为 92.95)表明:该毛榛群落灌木层优势种的总体联结性为不显著正联结。 χ^2 检验结果显示:正联结种对有 110 个,负联结种对有 80 个,其中,联结性达到极显著和显著水平的种对分别有 6 和 11 个,二者占比不足 10%。Pearson 相关系数、Spearman 秩相关系数和联结系数的结果与 χ^2 检验结果相同,均以不显著联结的种对为主,毛榛与多数优势种的联结性不显著,仅与个别优势种(如鞘柄菝葜)的联结性显著。综合分析认为,宁夏六盘山毛榛群落灌木层物种较为丰富,灌木层优势种的种间联结性较弱,各种类间相对较为独立。

关键词: 毛榛; 灌木层; 优势种; 生态位; 种间联结; 六盘山

中图分类号: Q948.12⁺2.1; S718.54 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2022)04-0085-10

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2022.04.10

Analyses on niche and interspecific association of dominant species in shrub layer of *Corylus mandshurica* community in Liupan Mountain of Ningxia SHI Chenyang¹, JIANG Tianyu¹, LAI Wenfeng¹, XU Xiuqin², WEN Guowei¹, ZHU Xiaoru¹, HUANG Qiuliang¹, ZHANG Guofang^{1,①}
(1. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Ningxia Liupanshan Forestry Bureau, Jingyuan 756400, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2022, **31**(4): 85-94

Abstract: Species composition of arbor layer, shrub layer, and herb layer of 20 *Corylus mandshurica* Maxim. communities in Liupan Mountain of Ningxia were investigated based on field investigation. On the basis, the importance value, niche breadth (Levins index and Shannon-Wiener index), and Pianka niche overlap index of dominant species (importance value greater than 1.5%) in shrub layer were analyzed, and the interspecific associations among dominant species in shrub layer were analyzed by using

收稿日期: 2022-03-06

基金项目: 宁夏自治区重点研发计划项目(KJA19H01A); 福州·定西水土流失综合治理项目(KH180062A); 福建农林大学科技创新基金(KFA17069A)

作者简介: 施晨阳(1996—),女,山东肥城人,硕士研究生,主要研究方向为森林培育技术与森林生态。

①通信作者 E-mail: fjzgfzgf@fafu.edu.cn

引用格式: 施晨阳, 蒋天雨, 赖文峰, 等. 宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种的生态位和种间联结分析[J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31(4): 85-94.

variance ratio, χ^2 test, Pearson correlation coefficient, Spearman rank correlation coefficient, and association coefficient. The results show that there are 46 species in 29 genera of 15 families, 80 species in 42 genera of 26 families, and 70 species in 57 genera of 36 families in arbor layer, shrub layer, and herb layer of the community, respectively; there are 20 species with the importance values greater than 1.5% in shrub layer, and the ranking results of importance values of these species are basically consistent with those of two niche breadth indexes, in which, the importance value (7.21%), Levins index (0.71), and Shannon-Wiener index (4.10) of *C. mandshurica* are all evidently greater than the other dominant species. Among 190 species pairs composed of dominant species in shrub layer, the Pianka niche overlap indexes of most species pairs are smaller than 0.5; the Pianka niche overlap indexes of *C. mandshurica* with eight dominant species such as *Crataegus kansuensis* Wils., *Syringa oblata* Lindl., *Smilax stans* Maxim. and so on are greater than 0.5. The overall association analysis result (the variance ratio is 1.16 and the statistics is 92.95) shows that the overall association of dominant species in shrub layer of the *C. mandshurica* community is non-significant positive association. The χ^2 test result shows that there are 110 positively associated species pairs and 80 negatively associated species pairs, in which, the associations of 6 and 11 species pairs reach extremely significant and significant levels, respectively, and their percentage is lower than 10%. The results of Pearson correlation coefficient, Spearman rank correlation coefficient, and association coefficient are the same as the result of χ^2 test, which are dominated by species pairs with no significant association. The associations of *C. mandshurica* with most dominant species are not significant, and *C. mandshurica* only has significant associations with a few dominant species (such as *S. stans*). It is suggested that the species in shrub layer of *C. mandshurica* community in Liupan Mountain of Ningxia are relatively abundant, the interspecific associations among dominant species in shrub layer are relatively weak, and each species is relatively independent.

Key words: *Corylus mandshurica* Maxim.; shrub layer; dominant species; niche; interspecific association; Liupan Mountain

植物群落内种间关系复杂,各种类间相互影响,经过长期进化群落物种可逐渐形成相对稳定的状态,各物种和谐共生^[1]。生态位和种间联结性是群落生态学研究的主要内容^[2]。生态位指群落中某植物种群可利用的资源总和,能够反映该种群在群落中的重要性、地位和作用^[2,3];种间联结指群落中不同植物种类在空间上的关联性,具体表现为在特定空间内物种间的相互吸引或相互排斥的属性^[4-6]。生态位和种间联结不仅能够清晰地反映植物在群落中的地位和作用^[7],还能够反映植物群落各阶段的稳定性,为判断植物群落的未来发展提供依据^[8]。因此,研究植物群落内物种的生态位和种间联结,有利于人们正确认识植物群落的结构、功能和演替规律,为有效保护和合理开发利用植物资源提供依据。

中国西北地区水土流失严重且生态环境脆弱,森林生态系统对于该地区生态环境具有重要作用。六盘山国家级自然保护区地处黄土高原西部,是西北地区重要的生态安全屏障和水源涵养地^[9]。六盘山山脉具有明显的过渡性,地形特征较为复杂,林区植被丰富^[10]。但由于滥伐森林、土地利用不合理和过度开垦,六盘山的原生林分遭到严重破坏,现存林分基

本为天然次生林^[11]。研究发现,六盘山林区存在灌木层盖度分布不合理的问题^[12],而灌木层是乔木层与草本层间的桥梁,在植物群落中起到纽带作用^[13]。

毛榛(*Corylus mandshurica* Maxim.)隶属于桦木科(Betulaceae)榛属(*Corylus* Linn.),多为落叶小灌木,广泛分布于中国东北、西北、华北等地区,集中分布在海拔400~1500 m的山坡灌丛或林下,对维持群落更新和演替具有重要作用^[14]。毛榛抗寒能力强,在北方广泛栽植^[15];果实具有果皮薄、果仁纯香可口等优点,为优质坚果^[16];叶片和树皮可提取紫杉醇,具有一定的商业价值^[17]。何小琴等^[18]认为,六盘山毛榛群落的灌木层种类丰富,物种丰富度和个体数量均远大于乔木层和草本层,具有明显的生长优势,这些灌木层植物不仅在群落演替过程中扮演着重要角色,还在地区生态环境保护方面起着重要作用。

鉴于此,作者在实地踏查的基础上,对宁夏六盘山20个毛榛群落乔木层、灌木层和草本层的物种组成进行了调查,对灌木层优势种(重要值在1.5%以上)的Pianka生态位重叠指数进行了分析,采用方差比率分析灌木层优势种间的总体联结性,并采用 χ^2 检验、Pearson相关系数和Spearman秩相关系数对灌

木层各优势种的种间联结性进行了分析,以期揭示宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种的种间关系和群落演替进程,为六盘山的植被恢复和重建及生物多样性保护提供理论依据。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

供试毛榛群落位于六盘山国家级自然保护区内。六盘山国家级自然保护区(东经 106°09′~106°30′、北纬 35°15′~35°41′)位于华北地台与祁连山山地槽之间的过渡带上,总面积 678.6 km²。六盘山山脉狭长,海拔差异显著,平均海拔 2 840 m;无霜期 90~130 d,年日照时数 2 100~2 400 h,年均气温 6.9 °C,气温年较差 22.1 °C,年降水量 600~800 mm,且每年降水主要集中在 6 月至 8 月。该区域土壤类型多样,以山地灰褐土为主,土层较薄,立地条件差,生态环境脆弱^[10]。受人为破坏和自然干扰的影响,林区现存的原生植被稀少,主要以原生林被破坏后形成的天然次生林、灌丛及人工林为主。保护区内毛榛群落结构简

单,灌木层树种主要以毛榛为主,伴生树种有甘肃山楂(*Crataegus kansuensis* Wils.)、紫丁香(*Syringa oblata* Lindl.)、华西箭竹[*Fargesia nitida* (Mitford) Keng f. ex Yi]、唐古特忍冬(*Lonicera tangutica* Maxim.)、蒙古荚蒾[*Viburnum mongolicum* (Pall.) Rehd.]及水栒子(*Cotoneaster multiflorus* Bge.)等。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置及物种调查 在实地踏查的基础上,于 2021 年 4 月至 6 月在六盘山国家级自然保护区内选择人为干扰较少且植物群落发育良好的区域设置 20 个面积 20 m×20 m 的样地,各样地的基本概况见表 1。将每个样地分成 4 个面积 10 m×10 m 的乔木样方;在每个乔木样方的西南角设置面积 5 m×5 m 的灌木样方和面积 1 m×1 m 的草本样方各 1 个。对乔木样方中胸径在 3 cm 及以上的植物进行每木检尺,调查并记录种名、株数、胸径和株高等信息;统计灌木和草本样方中植物的种名、株数、株高和盖度等信息。其中,胸径使用围尺(精度 1 mm)测量,株高使用测高杆(精度 1 cm)测量,盖度采用投影法^[19]测量。

表 1 宁夏六盘山毛榛群落样地的基本概况

Table 1 Basic survey of plots of *Corylus mandshurica* Maxim. community in Liupan Mountain of Ningxia

编号 No.	地点 Locality	海拔/m Elevation	经度 Longitude	纬度 Latitude	坡位 Slope position	坡度/(°) Slope	坡向 Slope aspect	盖度 Coverage
P1	大雪山林场 Daxueshan Forest Farm	2 293.1	E106°22′	N35°17′	中部 Middle	51	东南 Southeast	0.47
P2	东山坡林场 Dongshanpo Forest Farm	2 317.4	E106°14′	N35°35′	中部 Middle	38	北 North	0.32
P3	东山坡林场 Dongshanpo Forest Farm	2 176.9	E106°14′	N35°36′	中部 Middle	47	东北 Northeast	0.35
P4	和尚铺林场 Heshangpu Forest Farm	2 127.8	E106°14′	N35°39′	下部 Lower	32	东北 Northeast	0.17
P5	红峡林场 Hongxia Forest Farm	2 055.0	E106°18′	N35°25′	中部 Middle	37	北 North	0.34
P6	老龙潭林场 Laolongtan Forest Farm	2 336.4	E106°21′	N35°18′	上部 Upper	18	东北 Northeast	0.22
P7	老龙潭林场 Laolongtan Forest Farm	1 968.7	E106°20′	N35°22′	下部 Lower	36	西北 Northwest	0.41
P8	老龙潭林场 Laolongtan Forest Farm	1 835.0	E106°28′	N35°25′	下部 Lower	10	东北 Northeast	0.27
P9	青石嘴林场 Qingshizui Forest Farm	1 856.0	E106°22′	N35°38′	中部 Middle	23	北 North	0.20
P10	青石嘴林场 Qingshizui Forest Farm	1 738.8	E106°26′	N35°37′	下部 Lower	24	北 North	0.20
P11	秋千架林场 Qiuqianjia Forest Farm	1 755.4	E106°24′	N35°35′	下部 Lower	34	东北 Northeast	0.26
P12	秋千架林场 Qiuqianjia Forest Farm	1 704.5	E106°26′	N35°33′	下部 Lower	21	东北 Northeast	0.23
P13	秋千架林场 Qiuqianjia Forest Farm	1 769.0	E106°23′	N35°35′	下部 Lower	5	东北 Northeast	0.24
P14	秋千架林场 Qiuqianjia Forest Farm	1 858.2	E106°20′	N35°34′	下部 Lower	18	北 North	0.24
P15	苏台林场 Sutai Forest Farm	2 609.0	E106°13′	N35°28′	上部 Upper	33	东北 Northeast	0.26
P16	苏台林场 Sutai Forest Farm	2 162.5	E106°11′	N35°25′	下部 Lower	32	北 North	0.18
P17	卧羊川林场 Woyangchuan Forest Farm	1 888.5	E106°20′	N35°39′	下部 Lower	16	北 North	0.23
P18	卧羊川林场 Woyangchuan Forest Farm	1 869.8	E106°20′	N35°40′	下部 Lower	22	西北 Northwest	0.20
P19	西峡林场 Xixia Forest Farm	2 088.3	E106°15′	N35°29′	下部 Lower	47	东 East	0.23
P20	西峡林场 Xixia Forest Farm	2 328.5	E106°13′	N35°30′	下部 Lower	42	东北 Northeast	0.21

1.2.2 优势种分析 根据各层次物种调查结果分别计算乔木层、灌木层和草本层种类的重要值,将重要

值在 1.5% 以上的种类定为优势种^[20]。

1.2.3 生态位特征分析 计算灌木层各优势种的

Levins 指数^[21]和 Shannon-Wiener 指数^[22],根据这 2 个指标判断各种类的生态位宽度;参照相关文献^[23]计算灌木层各优势种间的 Pianka 指数,基于该指数分析各种类间的生态位重叠程度。

1.2.4 总体联结性分析 采用方差比率(VR)^[24]来判定灌木层优势种的总体联结性。根据各优势种在灌木样方内是否出现的二元数据构建零关联模型,通过统计量(W)检验灌木层优势种的总体联结性显著程度^[25]。VR>1,表示总体联结性为正联结;VR<1,表示总体联结性为负联结;VR=1,表示无总体联结性。若 $\chi^2_{0.95}(N) < W < \chi^2_{0.05}(N)$,表示总体联结性不显著(P>0.05);若 $W > \chi^2_{0.05}(N)$ 或 $W < \chi^2_{0.95}(N)$,表示总体联结性显著(P<0.05)。其中,N为样地数。

1.2.5 种间联结性分析 根据已建立的零关联模型,采用以二元数据为标准的 χ^2 统计量定性分析灌木层各优势种的种间联结性^[26]。由于本研究为非连续取样,故采用 Yates 连续校正公式计算 χ^2 值^[27]。 $\chi^2 > 6.635$,表示种间联结性极显著(P<0.01); $3.841 \leq \chi^2 \leq 6.635$,表示种间联结性显著(0.01 ≤ P ≤ 0.05); $\chi^2 < 3.841$,表示种间联结性不显著(P>0.05),基本独立。依据 ad 和 bc 值的大小关系判定种间联结性(a 为种对中的 2 个种均出现的样方数,b 和 c 分别为种对中的 2 个种单独出现的样方数,d 为种对中的 2 个种均未出现的样方数)。ad>bc,表示种对呈正联结;ad<bc,表示种对呈负联结;ad=bc,表示种对无联结。

1.2.6 种间联结性检验 采用 Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数对灌木层优势种的种间联结性进行定量分析,可对 χ^2 检验结果进行完善和补充,从而更准确地分析种间联结程度^[28]。2 个相关系数的域值均为[-1,1],正值表示种对呈正联结,负值表示种对呈负联结,0 表示种对无联结。

为降低 χ^2 检验、Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数对灌木层优势种种间联结性分析的影响,采用联结系数(AC)^[29]对灌木层优势种的种间联结性进行复检。AC 值的域值为[-1,1],数值越趋近-1,表示种间负联结性越强;数值越趋近 1,表示种间正联结性越强;数值为 0,表示种间无联结,完全独立。

1.3 数据处理

采用 EXCEL 2010 软件进行相关数据的计算和绘图;采用 IBM SPSS Stastics 22 软件进行生态位和种间联结性分析。采用 spaa 包的 niche.width()函数分析生态位宽度,采用 spaa 包的 niche.overlap()函数分

析生态位重叠指数,采用 spaa 包的 sp.assoc()函数进行 χ^2 检验,采用 spaa 包的 sp.pair()函数计算 Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数。

2 结果和分析

2.1 各层次物种组成分析

调查及统计结果显示:乔木层植物有 15 科 29 属 46 种,灌木层植物有 26 科 42 属 80 种,草本层植物有 36 科 57 属 70 种,各层次中重要值在 1.5%以上的植物分别有 12、20 和 20 种,详见表 2。由表 2 可见:乔木层中白桦(*Betula platyphylla* Suk.)的重要值最高(23.30%);蒙古栎(*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.)、甘肃山楂和茶条槭[*Acer tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm.]的重要值较高,分别为 18.54%、10.36%和 6.10%;其余种类的重要值均低于 5.0%。灌木层中毛榛的重要值最高(7.21%);甘肃山楂和紫丁香的重要值较高,分别为 6.40%和 5.32%;其余种类的重要值均低于 5.0%。草本层中支柱蓼(*Polygonum suffultum* Maxim.)的重要值最高(8.65%);丝引蔓草(*Carex remotiuscula* Wahlenb.)、穹隆蔓草(*Carex gibba* Wahlenb.)和东方草莓(*Fragaria orientalis* Lozinsk.)的重要值较高,分别为 7.88%、6.55%和 5.89%;其余种类的重要值均低于 5.0%。

表 2 宁夏六盘山毛榛群落各层次优势种(重要值在 1.5%以上)的重要值

Table 2 Importance value of dominant species (importance value greater than 1.5%) in each layer of *Corylus mandshurica* Maxim. community in Liupan Mountain of Ningxia

种类 Species	重要值/% Importance value
乔木层 Arbor layer	
白桦 <i>Betula platyphylla</i>	23.30
蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>	18.54
甘肃山楂 <i>Crataegus kansuensis</i>	10.36
茶条槭 <i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i>	6.10
暴马丁香 <i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>amurensis</i>	3.74
楝木 <i>Cornus macrophylla</i>	2.94
山杨 <i>Populus davidiana</i>	2.78
紫丁香 <i>Syringa oblata</i>	2.59
少脉椴 <i>Tilia paucicostata</i>	2.33
青榨槭 <i>Acer davidii</i>	2.27
山荆子 <i>Malus baccata</i>	2.07
毛樱桃 <i>Cerasus tomentosa</i>	1.60
灌木层 Shrub layer	
毛榛 <i>Corylus mandshurica</i>	7.21

续表2 Table 2 (Continued)

种类 Species	重要值/% Importance value
甘肃山楂 <i>Crataegus kansuensis</i>	6.40
紫丁香 <i>Syringa oblata</i>	5.32
华西箭竹 <i>Fargesia nitida</i>	4.62
唐古特忍冬 <i>Lonicera tangutica</i>	4.05
蒙古荚蒾 <i>Viburnum mongolicum</i>	4.01
水栒子 <i>Cotoneaster multiflorus</i>	3.95
山梅花 <i>Philadelphus incanus</i>	3.57
楝木 <i>Cornus macrophylla</i>	3.18
美蔷薇 <i>Rosa bella</i>	3.08
栓翅卫矛 <i>Euonymus phellomanus</i>	2.76
鞘柄菝葜 <i>Smilax stans</i>	2.46
聚花荚蒾 <i>Viburnum glomeratum</i>	2.44
鸡树条 <i>Viburnum opulus</i> subsp. <i>calvescens</i>	2.20
刺五加 <i>Eleutherococcus senticosus</i>	2.14
土庄绣线菊 <i>Spiraea pubescens</i>	1.90
暴马丁香 <i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>amurensis</i>	1.80
孤帽悬钩子 <i>Rubus pileatus</i>	1.79
蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>	1.76
金银忍冬 <i>Lonicera maackii</i>	1.69
草本层 Herb layer	
支柱蓼 <i>Polygonum suffultum</i>	8.65
丝引藁草 <i>Carex remotiuscula</i>	7.88
穹隆藁草 <i>Carex gibba</i>	6.55
东方草莓 <i>Fragaria orientalis</i>	5.89
人字果 <i>Dichocarpum sutchuenense</i>	4.28
糙苏 <i>Phlomis umbrosa</i>	3.60
林生茜草 <i>Rubia sylvatica</i>	3.60
白鲜 <i>Dictamnus dasycarpus</i>	3.56
贝加尔唐松草 <i>Thalictrum baicalense</i>	3.54
升麻 <i>Cimicifuga foetida</i>	3.28
沙生冰草 <i>Agropyron desertorum</i>	2.98
高乌头 <i>Aconitum sinomontanum</i>	2.63
柳叶菜 <i>Epilobium hirsutum</i>	2.62
甘肃大戟 <i>Euphorbia kansuensis</i>	2.28
山尖子 <i>Parasenecio hastatus</i>	2.27
松潘乌头 <i>Aconitum sungpanense</i>	2.10
臭牡丹 <i>Clerodendrum bungei</i>	1.91
掌叶橐吾 <i>Ligularia przewalskii</i>	1.88
蒙古风毛菊 <i>Saussurea mongolica</i>	1.76
白花碎米荠 <i>Cardamine leucantha</i>	1.60

2.2 灌木层优势种的生态位特征分析

2.2.1 生态位宽度分析 基于 Levins 指数和 Shannon-Wiener 指数对宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种的生态位宽度进行分析,结果见表3。由表3可见:该毛榛群落灌木层优势种的生态位宽度差异较小,其中毛榛的 Levins 指数和 Shannon-Wiener 指数最大,分别为0.71和4.10。

比较发现,供试毛榛群落灌木层优势种的重要值

与2个生态位宽度指数的排序结果基本一致,仅在个别种类上存在差异,如华西箭竹的 Levins 指数和 Shannon-Wiener 指数排名均较其重要值排名明显靠后,金银忍冬 [*Lonicera maackii* (Rupr.) Maxim.] 的 Levins 指数和 Shannon-Wiener 指数排名较其重要值排名明显靠前。

2.2.2 生态位重叠分析 由灌木层优势种间的 Pianka 生态位重叠指数(表4)可见:这些优势种组成的190个种对的 Pianka 生态位重叠指数为0.01~0.67,说明这些优势种在生长过程中均存在一定程度的生态位重叠,多数种对的 Pianka 生态位重叠指数小于0.5,仅15个种对的 Pianka 生态位重叠指数大于0.5,占总种对数的7.9%。毛榛与其他19个优势种的 Pianka 生态位重叠指数为0.30~0.67,尤其是毛榛与甘肃山楂、紫丁香、唐古特忍冬、蒙古荚蒾、山梅花 (*Philadelphus incanus* Koehne)、楝木 (*Cornus macrophylla* Wallich)、美蔷薇 (*Rosa bella* Rehd. et Wils.) 和鞘柄菝葜 (*Smilax stans* Maxim.) 的 Pianka 生态位重叠指数较高,分别为0.67、0.62、0.51、0.58、0.51、0.61、0.55和0.55,表明毛榛与这8个优势种在宁夏六盘山毛榛群落灌木层中存在竞争关系。

表3 宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种的生态位宽度¹⁾
Table 3 Niche breadth of dominant species in shrub layer of *Corylus mandshurica* Maxim. community in Liupan Mountain of Ningxia¹⁾

种类 Species	B _L	B _S
楝木 <i>Cornus macrophylla</i>	0.34	3.38
毛榛 <i>Corylus mandshurica</i>	0.71	4.10
水栒子 <i>Cotoneaster multiflorus</i>	0.37	3.43
甘肃山楂 <i>Crataegus kansuensis</i>	0.56	3.88
刺五加 <i>Eleutherococcus senticosus</i>	0.21	2.98
栓翅卫矛 <i>Euonymus phellomanus</i>	0.26	3.17
华西箭竹 <i>Fargesia nitida</i>	0.32	3.29
金银忍冬 <i>Lonicera maackii</i>	0.23	2.94
唐古特忍冬 <i>Lonicera tangutica</i>	0.43	3.66
山梅花 <i>Philadelphus incanus</i>	0.33	3.33
蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>	0.15	2.55
美蔷薇 <i>Rosa bella</i>	0.35	3.41
孤帽悬钩子 <i>Rubus pileatus</i>	0.15	2.68
鞘柄菝葜 <i>Smilax stans</i>	0.27	3.19
土庄绣线菊 <i>Spiraea pubescens</i>	0.20	2.79
紫丁香 <i>Syringa oblata</i>	0.49	3.74
暴马丁香 <i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>amurensis</i>	0.18	2.71
聚花荚蒾 <i>Viburnum glomeratum</i>	0.26	3.13
蒙古荚蒾 <i>Viburnum mongolicum</i>	0.44	3.64
鸡树条 <i>Viburnum opulus</i> subsp. <i>calvescens</i>	0.25	3.08

¹⁾ B_L: Levins 指数 Levins index; B_S: Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index.

表4 宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种间的 Pianka 生态位重叠指数¹⁾

Table 4 Pianka niche overlap index among dominant species in shrub layer of *Corylus mandshurica* Maxim. community in Liupan Mountain of Ningxia¹⁾

种类 Species	不同优势种间的 Pianka 生态位重叠指数 Pianka niche overlap index among different dominant species																			
	Cm	Ck	So	Fn	Lt	Vm	Cmu	Pi	Cma	Rb	Ep	Ss	Vg	Vo	Es	Sp	Sr	Rp	Qm	
Ck	0.67																			
So	0.62	0.50																		
Fn	0.39	0.38	0.46																	
Lt	0.51	0.46	0.41	0.44																
Vm	0.58	0.61	0.63	0.35	0.53															
Cmu	0.48	0.50	0.32	0.24	0.41	0.41														
Pi	0.51	0.50	0.46	0.34	0.30	0.39	0.35													
Cma	0.61	0.56	0.39	0.14	0.42	0.52	0.45	0.38												
Rb	0.55	0.36	0.49	0.41	0.35	0.38	0.21	0.34	0.28											
Ep	0.44	0.36	0.18	0.05	0.26	0.25	0.33	0.13	0.17	0.19										
Ss	0.55	0.37	0.38	0.27	0.32	0.45	0.16	0.44	0.22	0.27	0.17									
Vg	0.35	0.30	0.29	0.24	0.24	0.16	0.20	0.24	0.13	0.17	0.52	0.29								
Vo	0.47	0.39	0.41	0.23	0.18	0.39	0.26	0.55	0.23	0.31	0.29	0.35	0.37							
Es	0.40	0.26	0.18	0.33	0.33	0.21	0.21	0.29	0.26	0.36	0.32	0.23	0.32	0.10						
Sp	0.43	0.25	0.32	0.10	0.33	0.34	0.12	0.18	0.40	0.28	0.08	0.37	0.03	0.13	0.12					
Sr	0.40	0.32	0.07	0.08	0.25	0.12	0.46	0.10	0.40	0.14	0.45	0.11	0.29	0.01	0.36	0.12				
Rp	0.30	0.15	0.21	0.25	0.29	0.23	0.13	0.14	0.18	0.39	0.32	0.19	0.17	0.13	0.18	0.12	0.08			
Qm	0.33	0.11	0.28	0.08	0.20	0.20	0.30	0.21	0.30	0.12	0.24	0.16	0.42	0.19	0.14	0.20	0.27	0.32		
Lm	0.46	0.42	0.42	0.24	0.23	0.28	0.26	0.35	0.27	0.20	0.20	0.30	0.32	0.45	0.15	0.13	0.19	0.07	0.17	

¹⁾ Cm: 毛榛 *Corylus mandshurica* Maxim.; Ck: 甘肃山楂 *Crataegus kansuensis* Wils.; So: 紫丁香 *Syringa oblata* Lindl.; Fn: 华西箭竹 *Fargesia nitida* (Mitford) Keng f. ex Yi; Lt: 唐古特忍冬 *Lonicera tangutica* Maxim.; Vm: 蒙古荚蒾 *Viburnum mongolicum* (Pall.) Rehd.; Cmu: 水栒子 *Cotoneaster multiflorus* Bge.; Pi: 山梅花 *Philadelphus incanus* Koehne; Cma: 柞木 *Cornus macrophylla* Wallich; Rb: 美蔷薇 *Rosa bella* Rehd. et Wils.; Ep: 栓翅卫矛 *Euonymus phellomanus* Loes.; Ss: 鞘柄菝葜 *Smilax stans* Maxim.; Vg: 聚花荚蒾 *Viburnum glomeratum* Maxim.; Vo: 鸡树条 *Viburnum opulus* subsp. *calvescens* (Rehd.) Sugim.; Es: 刺五加 *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.) Maxim.; Sp: 土庄绣线菊 *Spiraea pubescens* Turcz.; Sr: 暴马丁香 *Syringa reticulata* subsp. *amurensis* (Rupr.) P. S. Green et M. C. Chang; Rp: 蕪帽悬钩子 *Rubus pileatus* Focke; Qm: 蒙古栎 *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.; Lm: 金银忍冬 *Lonicera maackii* (Rupr.) Maxim.

2.3 灌木层优势种的联结性分析

2.3.1 总体联结性分析 宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种的方差比率(VR)为1.16,大于1,表明该群落灌木层优势种的总体联结性为正联结。统计量(W)为92.95,落入 χ^2 检验的临界区间 $[\chi^2_{0.95}(20)=60.39, \chi^2_{0.05}(20)=101.88]$,表明该群落灌木层优势种的总体联结性不显著。

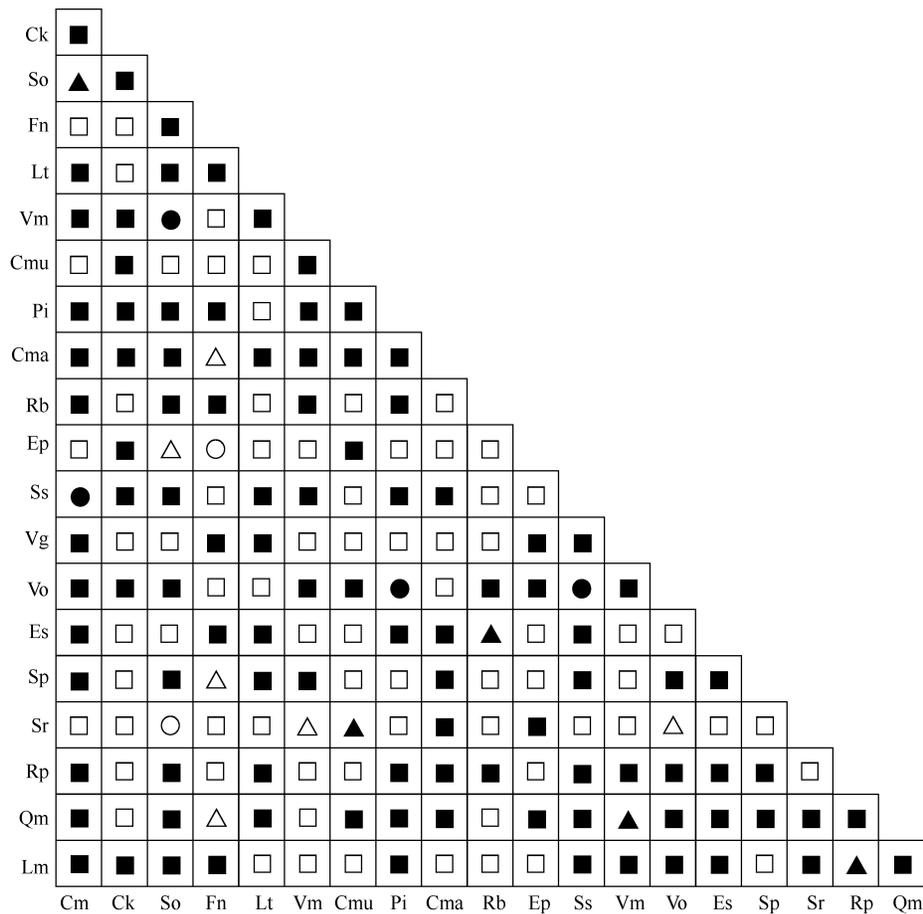
2.3.2 种间联结性分析 χ^2 统计量结果(图1)显示:在宁夏六盘山毛榛群落灌木层20个优势种组成的190个种对中,有110个种对呈正联结,80个种对呈负联结,占比分别为57.9%和42.1%。联结性达到极显著、显著和不显著水平的种对分别有6、11和173个,占比分别为3.2%、5.8%和91.0%。总体而言,该群落灌木层优势种的种间联结性较弱,呈现较为独立的分布格局。毛榛与鞘柄菝葜呈极显著正联结,与紫丁香呈显著正联结,与其他优势种的联结性不显著。

2.3.3 种间联结性检验 对宁夏六盘山毛榛群落灌

木层优势种进行相关性分析,结果见表5。从优势种组成的190个种对的Pearson相关系数看,103个种对呈负联结,82个种对呈正联结,5个种对无联结,占比分别为54.2%、43.2%和2.6%。其中,呈极显著正联结、显著正联结、极显著负联结和显著负联结的种对分别有5、5、4和10个,占比分别为2.6%、2.6%、2.1%和5.3%。毛榛与多数优势种呈不显著联结性,仅与柞木和鞘柄菝葜呈显著正联结。

从各优势种种对的Spearman秩相关系数看,99个种对呈负联结,88个种对呈正联结,3个种对无联结,占比分别为52.1%、46.3%和1.6%。其中,呈极显著正联结、显著正联结、极显著负联结和显著负联结的种对分别有6、5、5和11个,占比分别为3.2%、2.6%、2.6%和5.8%。毛榛与多数优势种呈不显著联结性,仅与柞木呈极显著正联结,与鞘柄菝葜呈显著正联结,与华西箭竹呈显著负联结。

由宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种间的联结系数(表6)可见,联结系数(AC)在-0.5~0.5的种对



●: 极显著正联结 Extremely significant positive association; ▲: 显著正联结 Significant positive association; ■: 不显著正联结 Non-significant positive association; ○: 极显著负联结 Extremely significant negative association; △: 显著负联结 Significant negative association; □: 不显著负联结 Non-significant negative association.

Cm: 毛榛 *Corylus mandshurica* Maxim.; Ck: 甘肃山楂 *Crataegus kansuensis* Wils.; So: 紫丁香 *Syringa oblata* Lindl.; Fn: 华西箭竹 *Fargesia nitida* (Mitford) Keng f. ex Yi; Lt: 唐古特忍冬 *Lonicera tangutica* Maxim.; Vm: 蒙古荚蒾 *Viburnum mongolicum* (Pall.) Rehd.; Cmu: 水栒子 *Cotoneaster multiflorus* Bge.; Pi: 山梅花 *Philadelphus incanus* Koehne; Cma: 柞木 *Cornus macrophylla* Wallich; Rb: 美蔷薇 *Rosa bella* Rehd. et Wils.; Ep: 栓翅卫矛 *Euonymus phellomanus* Loes.; Ss: 鞘柄菝葜 *Smilax stans* Maxim.; Vg: 聚花荚蒾 *Viburnum glomeratum* Maxim.; Vo: 鸡树条 *Viburnum opulus* subsp. *calvescens* (Rehd.) Sugim.; Es: 刺五加 *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.) Maxim.; Sp: 土庄绣线菊 *Spiraea pubescens* Turcz.; Sr: 暴马丁香 *Syringa reticulata* subsp. *amurensis* (Rupr.) P. S. Green et M. C. Chang; Rp: 蕈帽悬钩子 *Rubus pileatus* Focke; Qm: 蒙古栎 *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.; Lm: 金银忍冬 *Lonicera maackii* (Rupr.) Maxim.

图 1 宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种间的 χ^2 统计量

Fig. 1 χ^2 statistics among dominant species in shrub layer of *Corylus mandshurica* Maxim. community in Liupan Mountain of Ningxia

表 5 宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种间的 Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数¹⁾

Table 5 Pearson correlation coefficient and Spearman rank correlation coefficient among dominant species in shrub layer of *Corylus mandshurica* Maxim. community in Liupan Mountain of Ningxia¹⁾

种类 Species	不同优势种间的 Pearson 相关系数(横线下方)和 Spearman 秩相关系数(横线上方) Pearson correlation coefficient (below the line) and Spearman rank correlation coefficient (above the line) among different dominant species																			
	Cm	Ck	So	Fn	Lt	Vm	Cmu	Pi	Cma	Rb	Ep	Ss	Vg	Vo	Es	Sp	Sr	Rp	Qm	Lm
Cm	—	0.14	0.02	-0.24*	-0.08	0.02	-0.02	-0.02	0.30**	0.07	0.08	0.27*	-0.19	0.13	0.12	0.12	0.13	-0.01	-0.03	0.12
Ck	0.11	—	-0.04	-0.07	-0.10	0.24*	0.12	0.14	0.20	-0.20	0.05	-0.03	-0.13	0.01	-0.12	-0.17	-0.04	-0.23*	-0.29**	0.11
So	0.09	-0.06	—	0.11	-0.06	0.32**	-0.21	0.04	0.00	0.11	-0.28*	0.01	-0.04	0.12	-0.18	0.02	-0.38**	-0.08	0.05	0.19
Fn	-0.21	-0.09	0.11	—	0.12	-0.05	-0.17	0.03	-0.30**	0.17	-0.37**	-0.02	0.00	-0.05	0.19	-0.19	-0.20	0.11	-0.19	-0.01
Lt	-0.12	-0.07	-0.10	0.11	—	0.05	-0.09	-0.08	0.03	-0.08	-0.09	0.03	-0.15	-0.20	0.12	0.07	-0.01	0.17	-0.02	-0.12
Vm	0.03	0.22	0.31**	-0.05	0.16	—	0.02	0.03	0.17	-0.02	-0.11	0.13	-0.29**	0.16	-0.16	0.11	-0.25*	-0.01	-0.06	-0.02
Cmu	-0.09	0.09	-0.19	-0.17	0.02	0.01	—	0.02	0.15	-0.24*	0.10	-0.22	-0.19	-0.07	-0.11	-0.23*	0.37**	-0.16	0.06	-0.07

续表5 Table 5 (Continued)

种类 Species	不同优势种间的 Pearson 相关系数(横线下方)和 Spearman 秩相关系数(横线上方) Pearson correlation coefficient (below the line) and Spearman rank correlation coefficient (above the line) among different dominant species																			
	Cm	Ck	So	Fn	Lt	Vm	Cmu	Pi	Cma	Rb	Ep	Ss	Vg	Vo	Es	Sp	Sr	Rp	Qm	Lm
Pi	0.05	0.12	0.09	0.02	-0.13	0.01	0.01	—	0.09	0.02	-0.23*	0.25*	-0.02	0.37**	0.09	-0.10	-0.25*	-0.07	0.03	0.10
Cma	0.26*	0.23*	-0.03	-0.28*	0.06	0.22	0.15	0.07	—	-0.10	-0.11	-0.05	-0.22	-0.11	0.09	0.20	0.15	0.03	0.17	-0.01
Rb	0.12	-0.15	0.13	0.11	-0.07	-0.03	-0.24*	0.00	-0.10	—	-0.25*	-0.03	-0.17	0.07	0.20	0.03	-0.16	0.10	-0.19	-0.15
Ep	0.02	-0.05	-0.29**	-0.35**	-0.11	-0.14	0.03	-0.23*	-0.18	-0.16	—	-0.09	0.25*	0.03	-0.02	-0.17	0.31**	-0.04	0.03	-0.08
Ss	0.24*	-0.04	0.03	-0.03	-0.03	0.16	-0.22	0.20	-0.12	-0.05	-0.13	—	0.08	0.30**	0.11	0.20	-0.11	0.00	0.01	0.14
Vg	-0.18	-0.15	-0.11	-0.07	-0.15	-0.28*	-0.16	-0.08	-0.24*	-0.19	0.34**	0.03	—	0.20	-0.02	-0.25*	-0.01	-0.01	0.22	0.10
Vo	0.10	0.02	0.10	-0.08	-0.23*	0.08	-0.07	0.37**	-0.09	0.01	0.05	0.12	0.15	—	-0.18	-0.03	-0.28*	-0.04	0.02	0.22
Es	0.01	-0.14	-0.22	0.09	0.04	-0.15	-0.11	0.03	-0.02	0.12	0.11	-0.02	0.11	-0.17	—	-0.12	0.12	0.02	-0.06	0.01
Sp	0.13	-0.14	0.02	-0.20	0.06	0.06	-0.21	-0.10	0.19	0.03	-0.20	0.18	-0.26*	-0.12	-0.11	—	-0.05	-0.01	0.12	-0.11
Sr	0.09	0.00	-0.35**	-0.22	-0.04	-0.24*	0.29**	-0.18	0.21	-0.15	0.31**	-0.14	0.10	-0.25*	0.21	-0.09	—	-0.10	0.10	-0.02
Rp	-0.06	-0.24*	-0.09	0.04	0.05	-0.04	-0.14	-0.11	-0.06	0.22	0.16	-0.01	-0.04	-0.08	0.00	-0.07	-0.10	—	0.24*	-0.16
Qm	0.00	-0.29**	0.02	-0.19	-0.07	-0.09	0.09	-0.02	0.09	-0.14	0.05	-0.05	0.28*	0.00	-0.04	0.04	0.13	0.20	—	0.02
Lm	0.12	0.11	0.14	-0.04	-0.12	-0.05	-0.05	0.11	-0.01	-0.11	-0.06	0.07	0.10	0.28*	-0.09	-0.10	-0.01	-0.14	-0.02	—

1) Cm: 毛榛 *Corylus mandshurica* Maxim.; Ck: 甘肃山楂 *Crataegus kansuensis* Wils.; So: 紫丁香 *Syringa oblata* Lindl.; Fn: 华西箭竹 *Fargesia nitida* (Mitford) Keng f. ex Yi; Lt: 唐古特忍冬 *Lonicera tangutica* Maxim.; Vm: 蒙古荚蒾 *Viburnum mongolicum* (Pall.) Rehd.; Cmu: 水栒子 *Cotoneaster multiflorus* Bge.; Pi: 山梅花 *Philadelphus incanus* Koehne; Cma: 株木 *Cornus macrophylla* Wallich; Rb: 美蔷薇 *Rosa bella* Rehd. et Wils.; Ep: 栓翅卫矛 *Euonymus phellomanus* Loes.; Ss: 鞘柄菝葜 *Smilax stans* Maxim.; Vg: 聚花荚蒾 *Viburnum glomeratum* Maxim.; Vo: 鸡树条 *Viburnum opulus* subsp. *calvescens* (Rehd.) Sugim.; Es: 刺五加 *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.) Maxim.; Sp: 土庄绣线菊 *Spiraea pubescens* Turcz.; Sr: 暴马丁香 *Syringa reticulata* subsp. *amurensis* (Rupr.) P. S. Green et M. C. Chang; Rp: 菰帽悬钩子 *Rubus pileatus* Focke; Qm: 蒙古栎 *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.; Lm: 金银忍冬 *Lonicera maackii* (Rupr.) Maxim. * : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$.

表6 宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种种间的联系数¹⁾

Table 6 Association coefficient among dominant species in shrub layer of *Corylus mandshurica* Maxim. community in Liupan Mountain of Ningxia¹⁾

种类 Species	不同优势种间的联系数 Association coefficient among different dominant species																			
	Cm	Ck	So	Fn	Lt	Vm	Cmu	Pi	Cma	Rb	Ep	Ss	Vg	Vo	Es	Sp	Sr	Rp	Qm	Lm
Cm	1.00																			
Ck	0.16	1.00																		
So	0.47	0.08	1.00																	
Fn	-0.23	-0.09	0.17	1.00																
Lt	0.07	-0.04	0.09	0.07	1.00															
Vm	0.24	0.18	0.29	-0.02	0.05	1.00														
Cmu	-0.27	0.19	-0.21	-0.20	-0.07	0.08	1.00													
Pi	0.26	0.22	0.06	0.02	-0.07	0.03	0.10	1.00												
Cma	0.40	0.25	0.00	-0.46	0.13	0.16	0.08	0.10	1.00											
Rb	0.08	-0.18	0.03	0.11	-0.10	0.05	-0.17	0.06	-0.17	1.00										
Ep	-0.33	0.01	-0.37	-0.59	-0.07	-0.16	0.03	-0.33	-0.11	-0.53	1.00									
Ss	0.63	0.01	0.10	-0.05	0.03	0.01	-0.26	0.12	0.01	-0.01	-0.15	1.00								
Vg	-0.11	-0.12	-0.04	0.02	0.01	-0.35	-0.38	-0.11	-0.27	-0.29	0.11	0.09	1.00							
Vo	0.39	0.01	0.13	-0.17	-0.04	0.08	0.02	0.17	-0.27	0.08	0.02	0.18	0.10	1.00						
Es	0.37	-0.02	-0.15	0.09	0.03	-0.24	-0.24	0.08	0.10	0.15	-0.13	0.09	-0.41	-0.42	1.00					
Sp	0.39	-0.11	0.03	-0.66	0.10	0.06	-0.56	-0.06	0.07	0.00	-0.33	0.09	-0.41	0.03	0.03	1.00				
Sr	-0.06	-0.06	-0.67	-0.46	-0.07	-0.51	0.14	-0.50	0.02	-0.39	0.12	-0.26	-0.17	-0.79	-0.79	-0.12	1.00			
Rp	0.19	-0.30	0.03	-0.05	0.05	-0.22	-0.33	0.01	0.07	0.06	-0.24	0.03	0.04	0.01	0.01	0.02	-0.67	1.00		
Qm	0.32	-0.14	0.07	-0.80	0.08	-0.16	0.01	0.03	0.11	-0.48	0.00	0.01	0.09	0.02	0.02	0.04	0.03	0.05	1.00	
Lm	0.31	0.06	0.10	0.00	-0.26	-0.02	-0.25	0.05	-0.13	-0.27	-0.29	0.07	0.03	0.05	0.05	-0.53	0.00	-1.00	-0.14	1.00

1) Cm: 毛榛 *Corylus mandshurica* Maxim.; Ck: 甘肃山楂 *Crataegus kansuensis* Wils.; So: 紫丁香 *Syringa oblata* Lindl.; Fn: 华西箭竹 *Fargesia nitida* (Mitford) Keng f. ex Yi; Lt: 唐古特忍冬 *Lonicera tangutica* Maxim.; Vm: 蒙古荚蒾 *Viburnum mongolicum* (Pall.) Rehd.; Cmu: 水栒子 *Cotoneaster multiflorus* Bge.; Pi: 山梅花 *Philadelphus incanus* Koehne; Cma: 株木 *Cornus macrophylla* Wallich; Rb: 美蔷薇 *Rosa bella* Rehd. et Wils.; Ep: 栓翅卫矛 *Euonymus phellomanus* Loes.; Ss: 鞘柄菝葜 *Smilax stans* Maxim.; Vg: 聚花荚蒾 *Viburnum glomeratum* Maxim.; Vo: 鸡树条 *Viburnum opulus* subsp. *calvescens* (Rehd.) Sugim.; Es: 刺五加 *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.) Maxim.; Sp: 土庄绣线菊 *Spiraea pubescens* Turcz.; Sr: 暴马丁香 *Syringa reticulata* subsp. *amurensis* (Rupr.) P. S. Green et M. C. Chang; Rp: 菰帽悬钩子 *Rubus pileatus* Focke; Qm: 蒙古栎 *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.; Lm: 金银忍冬 *Lonicera maackii* (Rupr.) Maxim.

有176个,占比92.6%;存在较强正联结($AC \geq 0.5$)和较强负联结($AC \leq -0.5$)的种对分别有1和13个,占比分别为0.5%和6.8%。毛榛与大多数优势种的联结性较弱,仅与鞘柄菝葜呈较强的正联结。

3 讨论和结论

群落内物种间的相互作用维持着生态系统的平衡^[30]。生态位宽度可反映物种的环境适应能力和资源利用能力^[31],受物种分布范围的直接影响^[32]。一般而言,物种的重要值越大,其生态位宽度也越大,体现出较强的种间竞争力和环境适应能力^[33]。宁夏六盘山毛榛群落乔木层植物种类较少,仅15科29属46种,灌木层和草本层植物种类较丰富,分别有26科42属80种和36科57属70种。该群落灌木层优势种的重要值与生态位宽度的排名基本一致,毛榛、甘肃山楂和紫丁香的重要值和生态位宽度排名相同,分别排在第1、第2和第3位,说明3个优势种在供试毛榛群落中的分布范围较广,据此认为3个优势种均拥有较强的环境适应能力,对维持群落稳定性和改善群落生态环境有重要作用。暴马丁香[*Syringa reticulata* subsp. *amurensis* (Rupr.) P. S. Green et M. C. Chang]、菰帽悬钩子(*Rubus pileatus* Focke)和蒙古栎等优势种的重要值和生态位宽度均相对较小,说明这些优势种在对群落资源的竞争中处于弱势地位,未来存在被其他物种取代的风险。

一般来说,2个物种的生态位重叠程度越大,表明二者的生活型越相似,对空间和资源的竞争越激烈。本研究结果显示:宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种间的Pianka生态位重叠指数普遍偏低,仅7.9%的种对Pianka生态位重叠指数大于0.5,说明供试毛榛群落灌木层优势种的种间竞争总体不强。通常情况下,生态位宽度与生态位重叠程度呈正相关,即生态位较宽的物种,其资源利用能力较强,分布范围较广,与其他物种的生态位重叠程度相对较大^[34]。本研究结果符合这一规律,如供试群落灌木层生态位宽度最大的毛榛与甘肃山楂、紫丁香、唐古特忍冬、蒙古荚蒾、山梅花、柞木、美蔷薇和鞘柄菝葜的Pianka生态位重叠指数均较高,说明毛榛与这些优势种存在一定的竞争关系,这些优势种在未来群落资源不足时可能会与毛榛争夺生存资源,阻碍毛榛生长。研究还发现,生态位宽度较窄的优势种间也可能存在较大的生

态位重叠,如山梅花与鸡树条[*Viburnum opulus* subsp. *calvescens* (Rehd.) Sugim.]、栓翅卫矛(*Euonymus phellomanus* Loes.)与聚花荚蒾(*Viburnum glomeratum* Maxim.),这可能与六盘山的光照、土壤含水量及养分含量等资源匮乏有关。

群落结构和物种多样性会随着群落的演替更新而日臻完善。张明霞等^[35]认为,群落中正联结种对占比越大,群落的稳定性越强。本研究中,宁夏六盘山毛榛群落灌木层优势种的总体联结性为不显著正联结,其中57.9%的种对呈正联结,且多数种对呈不显著正联结,结合六盘山的环境资源现状,推测供试毛榛群落正趋于稳定。该毛榛群落灌木层中大部分优势种间的联结性不显著,分布较为独立,仅少部分优势种间存在互利或竞争关系;毛榛与灌木层多数优势种的联结性不显著,仅与个别种类存在显著联结性,尤其是与鞘柄菝葜呈显著正联结。值得注意的是,虽然毛榛与灌木层其他优势种间的联结性不显著,但毛榛与甘肃山楂、紫丁香等优势种的Pianka生态位重叠指数均较高,这可能与毛榛的生长习性有关,即毛榛多为集群分布,耐阴性强,对环境条件要求不高,适应性强,有较强的竞争力^[36]。

总体来看,该群落灌木层优势种对资源的利用并不充分,在群落发展过程中,应结合自然环境特点和植被生长习性,加强对与毛榛生态位重叠程度较小且呈正联结的优势种(如金银忍冬)的保护;同时进行一定的人工干预,提高优势种的更新能力,如解决毛榛和甘肃山楂等种类结实率低及自然更新能力差等问题。此外,在保护区自然丰育过程中,建议对郁闭度较高的群落采取适度的人工抚育措施,如适当地间伐、清理枯木和风倒木、适当开辟小林窗等,为群落内植物的生长提供良好的生长环境,引导毛榛群落灌木层自然更新,保护群落和谐、健康发展。

参考文献:

- [1] 陶冶,张元明. 准噶尔沙蒿群落主要物种间的关联性分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(5): 1308-1314.
- [2] 陈龙涛,石晓东,高润梅. 山西陵川南方红豆杉群落种间联结与生态位特征研究[J]. 植物科学学报, 2016, 34(4): 521-529.
- [3] 刘润红,姜勇,常斌,等. 漓江河岸带枫杨群落主要木本植物种间联结与相关分析[J]. 生态学报, 2018, 38(19): 6881-6893.
- [4] 邓莉萍,白雪娇,李露露,等. 辽东山区次生林优势木本植物种间联结与相关分析[J]. 生态学杂志, 2015, 34(6): 1473-1479.
- [5] 杨兆静,张钦弟,李豪,等. 山西五鹿山自然保护区暴马丁香

- 群落木本植物种间联结性分析[J]. 植物科学学报, 2013, 31(1): 42-48.
- [6] 俞筱押, 余瑞, 黄娟, 等. 贵州茂兰国家级自然保护区四药门花群落各层次优势种群的种间联结性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2018, 27(2): 24-32.
- [7] 刘润红, 陈乐, 涂洪润, 等. 桂林岩溶石山青冈群落灌木层主要物种生态位与种间联结[J]. 生态学报, 2020, 40(6): 2057-2071.
- [8] 白晓航, 张金屯. 小五台山森林群落优势种的生态位分析[J]. 应用生态学报, 2017, 28(12): 3815-3826.
- [9] 贡力, 靳春玲. 西北地区生态环境建设和水资源可持续利用的若干问题[J]. 中国沙漠, 2004, 24(4): 513-517.
- [10] 王荣, 王亚琴, 闫浩文. 六盘山山地植被物候地带性分异及其对气候变化的响应[J]. 地理与地理信息科学, 2021, 37(4): 90-98.
- [11] 杜鑫, 赵鹏祥, 陈海波, 等. 六盘山自然保护区38年来植被覆盖与气候变化关系分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(11): 6558-6561, 6601.
- [12] 马杰, 朱天虎, 余治家, 等. 宁夏六盘山地区森林经营研究: 以风台山灌木林改造提升为例[J]. 绿色科技, 2022, 24(3): 163-164, 167.
- [13] 姚贻强, 张忠华, 梁士楚, 等. 桂林岩溶石山青冈栎种群的结构特征[J]. 浙江林业科技, 2008, 28(4): 8-11.
- [14] 王绮, 樊保国, 赵光华. 气候变化下毛榛在中国的潜在适生区预测[J]. 生态学杂志, 2020, 39(11): 3774-3784.
- [15] 霍宏亮, 马庆华, 李京璟, 等. 中国榛属植物种质资源分布格局及其适生区气候评价[J]. 植物遗传资源学报, 2016, 17(5): 801-808.
- [16] 张鹏飞, 张福花, 张茹, 等. 山西省榛属植物居群的SSR遗传多样性研究[J]. 植物科学学报, 2014, 32(2): 131-138.
- [17] 梁林峰, 要元媛, 毕润成, 等. 山西毛榛植物构型特征分析[J]. 植物科学学报, 2017, 35(1): 39-47.
- [18] 何小琴, 吴小舟, 王刚. 六盘山自然保护区森林群落物种多样性研究[J]. 甘肃林业科技, 2013, 38(2): 7-10.
- [19] 方精云, 朱江玲, 郭兆迪, 等. 植物群落清查的主要内容和规范[J]. 生物多样性, 2009, 17(6): 533-548.
- [20] 王育松, 上官铁梁. 关于重要值计算方法的若干问题[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2010, 33(2): 312-316.
- [21] COLWELL R K, FUTUYMA D J. On the measurement of niche breadth and overlap[J]. Ecology, 1971, 52(4): 567-576.
- [22] 李燕芬, 铁军, 张桂萍, 等. 山西蟒河国家级自然保护区人工油松林生态位特征[J]. 生态学杂志, 2014, 33(11): 2905-2912.
- [23] 郭平平, 税伟, 江聪, 等. 退化天坑倒石坡林下优势物种生态位特征[J]. 应用生态学报, 2019, 30(11): 3635-3645.
- [24] SCHLUTER D. A variance test for detecting species associations, with some example applications[J]. Ecology, 1984, 65(3): 998-1005.
- [25] 涂洪润, 李娇凤, 杨丽婷, 等. 桂林岩溶石山青冈群落主要乔木树种的种间关联[J]. 应用生态学报, 2019, 30(1): 67-76.
- [26] 舒琪, 徐瑞晶, 胡璇, 等. 海南岛甘什岭青梅群落主要乔木树种生态位与种间联结[J]. 生态学杂志, 2021, 40(9): 2689-2697.
- [27] LI J, ZHANG X Y, TIAN C M. Spatial pattern of paulownia witches' broom and its effects on the growth of *Paulownia elongata* in Shaanxi Province, China[J]. Forestry Studies in China, 2009, 11(1): 34-38.
- [28] 刘艳, 郑越月, 敖艳艳. 不同生长基质的苔藓植物优势种生态位与种间联结[J]. 生态学报, 2019, 39(1): 286-293.
- [29] 王伯荪, 彭少麟. 亚热带常绿阔叶林种间联结测定技术研究 I. 种间联结测式的探讨与修正[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, 9(4): 274-285.
- [30] 张光明, 谢寿昌. 生态位概念演变与展望[J]. 生态学杂志, 1997, 16(6): 46-51.
- [31] 牛慧慧, 陈辉, 付阳, 等. 柴达木盆地东部荒漠植物生态位特征[J]. 生态学报, 2019, 39(8): 2862-2871.
- [32] 俞筱押, 余瑞, 黄娟, 等. 贵州茂兰喀斯特森林四药门花群落优势种群生态位特征[J]. 生态学杂志, 2017, 36(12): 3470-3478.
- [33] 陈林, 辛佳宁, 苏莹, 等. 异质生境对荒漠草原植物群落组成和种群生态位的影响[J]. 生态学报, 2019, 39(17): 6187-6205.
- [34] 赵家豪, 叶钰倩, 陈斌, 等. 江西武夷山南方铁杉针阔混交林主要植物生态位特征[J]. 林业科学, 2021, 57(1): 191-199.
- [35] 张明霞, 王得祥, 康冰, 等. 秦岭华山松天然次生林优势种群的种间联结性[J]. 林业科学, 2015, 51(1): 12-21.
- [36] 程永生, 苗艳明, 毕润成. 山西霍山毛榛群落区系特征及分布格局的研究[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2012, 26(1): 71-74.

(责任编辑: 佟金凤)