

DOI: 10.5846/stxb202009142401

庞久帅,原阳晨,周苗苗,任俊杰,高鹏,成克武.槭叶铁线莲(*Clematis acerifolia* Maxim.)群落物种生态位研究.生态学报,2022,42(8):3449-3457.
Pang J S, Yuan Y C, Zhou M M, Ren J J, Gao P, Cheng K W. Species niche of *Clematis acerifolia* Maxim. community. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(8):3449-3457.

槭叶铁线莲(*Clematis acerifolia* Maxim.)群落物种生态位研究

庞久帅¹,原阳晨^{1,2},周苗苗¹,任俊杰¹,高鹏¹,成克武^{2,*}

1 河北省洪崖山国有林场,保定 071000

2 河北农业大学,保定 071000

摘要:槭叶铁线莲(*Clematis acerifolia*)为太行山特有植物,但数量稀少且分布零散,其生存状况受到学者和政府部门的高度关注。本文通过对河北省易县葫芦峪沟谷新发现的槭叶铁线莲群落的典型样地调查,以物种重要值作为生态位计量指标,对各物种生态位宽度、生态位重叠和生态位相似性进行了定量分析,对槭叶铁线莲的生存安全状况进行了评估。结果表明:在调查样地中共记录到 14 科 15 属 17 种植物,群落物种组成较为简单,槭叶铁线莲在大部分调查样地中的重要值最大,占据优势地位,其他物种重要值相对较低;群落内所有物种中,槭叶铁线莲的生态位宽度最大($B_i=6.264$),绒毛绣线菊(*Spiraea dasyantha*)次之($B_i=5.144$),其他种类较小;所有物种组成的 136 个种对中,生态位完全重叠($Q_{ik}=1$)、重叠程度较高($0.5 \leq Q_{ik} < 1$)和重叠程度较低($Q_{ik} < 0.5$)的种对比例分别为 8.09%、16.91%和 75.00%,生态位完全相似($C_{ik}=1$)、相似程度较高($0.5 \leq C_{ik} < 1$)和相似程度较低($C_{ik} < 0.5$)的种对比例分别为 8.09%、5.88%和 86.03%,大部分物种之间生态位重叠程度和相似性都处于较低水平;槭叶铁线莲与其他物种构成的 16 个种对中,62.50%的种对生态位重叠程度较低($Q_{ik} < 0.5$),81.25%的种对生态位相似性程度较低($C_{ik} < 0.5$),反映出群落内各物种间对资源和空间的竞争较为温和,群落较为稳定,槭叶铁线莲在其分布生境中生存状况相对安全;本文研究表明,利用生态位分析方法可以作为珍稀濒危物种生存状态和安全风险评估的一种方法。

关键词:生态位;槭叶铁线莲;重要值;生态位宽度;生态位重叠;生态位相似性

Species niche of *Clematis acerifolia* Maxim. community

PANG Jiushuai¹, YUAN Yangchen^{1,2}, ZHOU Miaomiao¹, REN Junjie¹, GAO Peng¹, CHENG Kewu^{2,*}

1 Hebei Hongyashan State Owned Forest Farm, Baoding 071000, China

2 Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China

Abstract: *Clematis acerifolia* is a rare and scattered endemic plants in Taihang Mountain, and its living conditions are highly concerned by scholars and local governments. Based on the investigation of typical sample plots of *Clematis acerifolia* community newly discovered in Huluyu Valley of Yixian County, Hebei Province, this paper quantitatively analyzed the niche breadth, niche overlap and niche similarity of each species, and evaluated the survival safety status of *Clematis acerifolia* taking the species importance value as the niche measurement index. The results showed that 17 species belonging to 15 genera and 14 families were recorded in the survey plots, and the species composition of the community was simple. *Clematis acerifolia* had the largest important value in most of the survey plots and occupied a dominant position, while other species were relatively low. Among all species in the community, the niche breadth of *Clematis acerifolia* was the largest ($B_i=6.264$), *Spiraea dasyantha* was the second ($B_i=5.144$), and other species were smaller, which showed that the

基金项目:国家林业和草原长期科研基地项目(2020132516)

收稿日期:2020-09-14; 网络出版日期:2021-12-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chengkw@163.com

adaptability to the environment and the ability to use resources of *Clematis acerifolia* were stronger than other plants. Among the 136 species pairs composed of all species, 8.09% of which had niche overlap value $Q_{ik} = 1$, 16.91% of which had niche overlap value $0.5 \leq Q_{ik} < 1$, 75.00% of which had niche overlap value $Q_{ik} < 0.5$, the degree of niche overlap between species was relatively low. Meanwhile, among the 136 species pairs, 8.09% of which had niche similarity $C_{ik} = 1$, 5.88% of which had niche similarity $0.5 \leq C_{ik} < 1$, 86.03% of which had niche similarity $C_{ik} < 0.5$, niche similarity value of most species were at a low level, the degree of niche similarity was also low. For all 16 species pairs composed of *Clematis acerifolia* and other species, 62.50% of which had low niche overlap ($Q_{ik} < 0.5$), and 81.25% had low niche similarity ($C_{ik} < 0.5$), the degree of niche overlap and niche similarity between *Clematis acerifolia* and other species was relatively low, too. Niche analysis indicated that the competition among species in the community was mild and the community was relatively stable, the living condition of *Clematis acerifolia* was relatively safe and it could adapt to the special cliff environment of Huluyu Valley. This study shows that niche analysis can be used as a method to evaluate the survival status and safety risk of rare and endangered species.

Key Words: niche; *Clematis acerifolia*; important values; niche breadth; niche overlap; niche similarity

生态位是指生物个体或群体所能利用的各种资源的总和及其与其他生物之间的功能关系^[1-2],生态位宽度、生态位重叠和生态位相似性是描述物种生态位特征的主要指标,可以量化物种间的竞争关系和物种对环境中资源的利用能力,因此,生态位分析已成为评价种间关系和物种在群落中功能地位的重要方法^[3],对于揭示群落内种间关系、群落结构功能、群落动态演替、生物多样性和种群进化等方面具有重要意义^[4]。自1917年 Grinnell 首次提出生态位概念^[5]以来,国内外学者对生态位的相关理论及应用方面进行了深入探究,使其成为生态学研究的重点领域之一。目前,国内外对生态位的研究主要集中在生态位大小测度^[6]、物种共存^[7]、生态位与生境关系^[8-9]、物种适应性策略^[10]方面,对珍稀濒危物种在群落中的生态位及其生存安全性方面的研究相对不足。

槭叶铁线莲 (*Clematis acerifolia*) 是毛茛科铁线莲属多年生灌木植物,花大美丽,花期早,是早春极为珍贵的观赏花卉^[11]。已知的槭叶铁线莲分布范围仅限于太行山北部,包括北京门头沟 6 处(担礼村担礼隧道旁登山古道、妙峰山、担礼村前山、担礼村担礼遂道旁、百花山柳林水附近、丁家滩),房山区 9 处(上房山接待庵、六渡、霞云岭水库、霞云岭公社四合村、十渡镇王老铺村、十渡镇平峪村、四合村、贾峪口村、河北省镇),河北涞水县 2 处(野三坡、杨家坪老坡岭),在昌平区也发现该植物,均生长于石灰岩山地的悬崖峭壁上,多为零星分布,种群数量通常在几株到数十株之间,同时由于人为因素和美国地锦 (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch) 的威胁,至今发现的槭叶铁线莲均处于濒危状态^[11-13]。槭叶铁线莲花期极早、数量稀少、生境独特,已被列入为《北京市一级保护野生植物名录》^[14]。目前对槭叶铁线莲的研究还很少,穆林^[15]等对其属内分类地位进行了探讨,认为该植物系统位置孤立,为铁线莲属在北温带古老类群的孑遗,其他学者对槭叶铁线莲遗传多样性和遗传结构^[16]、个体与种群水平上杂合性和适应性^[17]进行研究,关于槭叶铁线莲生态位方面的介绍还处于空白。本研究在野外群落学调查的基础上,以物种重要值作为生态位计量指标,对新发现的分布于河北省易县葫芦峪沟谷两侧崖壁上的槭叶铁线莲群落中物种的生态位进行研究,以期对槭叶铁线莲的有效保护和合理利用提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于河北省保定市易县流井乡建新村林区,地理坐标 $39^{\circ}28'23.47''$ — $39^{\circ}32'21.34''$ N, $115^{\circ}27'19.98''$ — $115^{\circ}26'34.57''$ E,属太行山北端东麓低山区域。该区属于暖温带大陆性季风气候类型,四季分明,春季多风少雨,夏季高温多雨,秋季干燥气爽,冬季低温少雪。平原地区多年平均气温为 13.5°C ,山区多年平均气温为 9.4°C 。全年 7 月份气温最高,1 月份气温最低,极端情况下,气温最高为 41.6°C ,最低为 -21.4°C 。全年降水

配不匀,7月、8月最多,年均降水为544.8 mm。研究区基岩为石灰岩,地貌主要由葫芦峪主沟及其两侧支沟构成,主沟由南向北弯曲延伸,长约5 km,呈峡谷状,两侧为山脊,坡度陡峭,中下部多为垂直崖壁,崖壁呈不连续状分布,是槭叶铁线莲的主要生长环境。从主沟入口端至沟谷末端沟底海拔范围为120—530 m。

2 研究方法

2.1 样地选择及调查

槭叶铁线莲在葫芦峪沟谷悬崖峭壁上呈斑块状分布,从2020年3月下旬槭叶铁线莲开花开始,对其在葫芦峪分布范围及生境状况进行初步调查,2020年6月上旬采用典型取样方法,选择7块样地对槭叶铁线莲群落进行调查。样方设置采用1 m×1 m网格法,调查各网格(小样方)中出现的植物物种及个体数、频度和盖度,同时记录样地内的海拔、坡向、坡度、坡位和植物总盖度等因子。各样地取样面积分别为(I)33 m²、(II)100 m²、(III)50 m²、(IV)25 m²、(V)50 m²、(VI)25 m²、(VII)9 m²。样地基本概况见表1:

表1 样地基本概况

Table 1 Basic conditions of sample zones

样地 Sample plot	经纬度 Longitude and latitude	海拔 Altitude/m	坡向 Slope aspect	坡度 Slope/(°)	坡位 Slope position	盖度 Coverage/%
I	39°32'6.79"N, 115°26'33.49"E	425	半阳坡	90	下坡	5.69
II	39°31'53"N, 115°26'39.91"E	392	阴坡	90	中、下坡	27.25
III	39°31'42.69"N, 115°26'53.76"E	363	阴坡	90	中、下坡	17.50
IV	39°31'38.22"N, 115°26'51.50"E	367	半阴坡	90	中、下坡	18.00
V	39°31'16.67"N, 115°27'10.40"E	340	半阴坡	90	中、下坡	6.00
VI	39°30'26.05"N, 115°26'48.64"E	270	阴坡	90	中、下坡	22.00
VII	39°29'12.18"N, 115°26'49.02"E	205	阴坡	90	中、下坡	24.90

2.2 生态位指标及研究方法

各个样地作为不同的生态位资源状态,通过各植物种的重要值,对生态位宽度、生态位重叠和生态位相似性比例进行计测和分析^[18],相关计算方法如下:

2.2.1 重要值测定

重要值能够反映出群落中的优势物种,可以客观的表达出各物种在群落中的地位 and 作用,其计算方法^[19—23]为:

$$\text{重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) / 3$$

$$\text{相对密度} = \text{某物种株数} / \text{所有物种株数和} \times 100\%$$

$$\text{相对盖度} = \text{某物种盖度} / \text{所有物种盖度和} \times 100\%$$

$$\text{相对频度} = \text{某物种频度} / \text{所有物种频度和} \times 100\%$$

2.2.2 生态位宽度测定

采用 Levins (1968)^[24—25] 指数测定各物种的生态位宽度,计算公式为:

$$B_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^r P_{ij}^2}$$

式中, i 表示物种, j 表示第几个资源位(样地), r 表示资源位数(样地数)。 B_i 为物种 i 的生态位宽度, P_{ij} 为物种 i 在第 j 个资源位中的重要值与所有资源位中物种 i 重要值之和的比例, $P_{ij} = n_{ij} / N_i$, n_{ij} 为物种 i 在第 j 资源位中的重要值, $N_i = \sum n_{ij}$, $\sum n_{ij}$ 为物种 i 在所有资源位中重要值之和。

2.2.3 生态位重叠

采用 Pianka^[26—31] 指数测定物种间的生态位重叠,计算公式为:

$$Q_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^r P_{ij} P_{kj}}{\sqrt{\sum_{j=1}^r P_{ij}^2 \sum_{j=1}^r P_{kj}^2}}$$

式中, Q_{ik} 为种 i 与种 k 之间的生态位重叠程度, 值域为 $[0, 1]$; i 与 k 分别表示两个不同的物种, j 表示第几个资源位(样地), r 为资源位数(样地数)。 P_{ij} 与 P_{kj} 分别为物种 i 与物种 k 在资源位 j 的重要值与所有资源位中物种 i 与物种 k 重要值之和的比例, P_{ij} 与 P_{kj} 计算方法相同。 P_{kj} 与 P_{ij} 计算方式同生态位宽度。

2.2.4 生态位相似性比例

生态位相似性比例指 2 个物种利用资源的相似性程度, 其计算公式^[32]为:

$$C_{ik} = 1 - 1/2 \sum_{j=1}^r |P_{ij} - P_{kj}|$$

式中, C_{ik} 表示物种 i 与物种 k 的生态位相似性比例, 具有数值范围 $[0, 1]$; 公式中其他字母含义以及 P_{ij} 与 P_{kj} 的计算方式同生态位重叠。

2.3 数据分析

在 Excel 2013 中整理调查数据, 并计算槭叶铁线莲群落中物种的重要值、生态位宽度值、生态位重叠值和生态位相似性比例值。

3 结果与分析

3.1 物种组成及重要值

重要值是表征物种在群落中的地位和作用的一个综合性数量指标, 也能够反映物种在群落中的优势程度^[33]。根据调查统计(表 2), 槭叶铁线莲群落 7 个样地中共包含 17 个植物物种, 分属于 14 科 15 属, 包括 12 种

表 2 槭叶铁线莲群落各物种重要值

Table 2 Important value of each species in *Clematis acerifolia* community

物种 Species	重要值 Important value							合计 Total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
1	51.637	25.577	61.947	23.107	52.917	44.373	29.273	288.831
2		9.613	9.263	13.607	11.527	24.893	10.553	79.456
3	4.937					11.040	33.067	49.044
4	1.993	3.723					3.377	9.093
5	2.167		9.263	13.607	21.250		3.853	50.140
6	3.983	31.590				19.697	19.873	75.143
7	6.680	12.770			14.307			33.757
8	7.147	12.223	10.267	22.867				52.504
9				11.757				11.757
10				15.057				15.057
11			9.263					9.263
12		4.487						4.487
13	3.573							3.573
14	4.453							4.453
15	6.663							6.663
16	3.470							3.470
17	3.293							3.293

以下各表物种和样地编号不变 species and sample plot number sequence not change in thereafter; 1. 槭叶铁线莲 *Clematis acerifolia*; 2. 绒毛绣线菊 *Spiraea dasyantha*; 3. 太行蕨草 *Scirpus schansiensis*; 4. 薄皮木 *Leptodermis oblonga*; 5. 荆条 *Vitex negundo* var. *hetrophyla*; 6. 独根草 *Oresitrophe rupifraga*; 7. 侧柏 *Platycladus orientalis*; 8. 黄栌 *Cotinus coggygria* var. *cinerea*; 9. 本氏木兰 *Indigofera bungeana*; 10. 小叶鼠李 *Rhamnus parvifolia*; 11. 雀儿舌头 *Leptopus chinensis*; 12. 小叶白蜡 *Fraxinus sogdiana*; 13. 鼠李 *Rhamnus davurica* Pall.; 14. 锐齿鼠李 *Rhamnus arguta* Maxim.; 15. 抱茎苦苣菜 *Ixelis sonchifolia*; 16. 紫花地丁 *Viola yedoensis*; 17. 斑种草 *Bothriospermum chinensis*。I、II、III、IV、V、VI 和 VII 分别为槭叶铁线莲群落 7 个样地编号

乔灌木植物和 5 种草本植物, 群落物种组成较为简单。槭叶铁线莲重要值在 5 个样地中位居首位, 在其他 2 个样地中居第二位, 在 7 个样地中重要值总和为 288.831, 占有物种重要值的 41.26%, 7 个样地中其他物种各自的重要值之和均低于槭叶铁线莲, 且各样地中重要值排序也不一致, 反映出槭叶铁线莲群落不同样地在物种组成和数量分布上存在着差异, 槭叶铁线莲在群落中总体上占绝对优势地位。

3.2 生态位宽度

生态位宽度是指植物群落中物种利用生境资源的总和, 可以度量各物种对环境资源的利用情况, 物种生态位宽度大, 对环境具有较强的适应能力, 可以充分利用环境资源^[34]。槭叶铁线莲群落中各物种的生态位宽度 (B_i) 见表 3, 群落内 17 个物种中, 槭叶铁线莲生态位宽度最大, 为 6.264; 其次是绒毛绣线菊, 生态位宽度值为 5.144; 荆条 (*Vitex negundo* var. *heterophylla*)、黄栌 (*Cotinus coggygria* var. *cinerea*)、独根草 (*Oreitrophe rupifraga*)、薄皮木 (*Leptodermis oblonga*) 和侧柏 (*Platycladus orientalis*) 的生态位宽度处于中等水平, 分别为 3.388、3.326、3.143、2.828 和 2.763; 太行蘆草 (*Scirpus schansiensis*) 生态位宽度较窄, 为 1.940; 其他物种生态位宽度值均为 1, 宽度值最小, 他们在所有调查的样地中仅出现 1 次。

物种的生态位宽度越大, 其特化的程度就越小, 越趋于泛化种, 反之为特化种^[35]。泛化种在资源有限的情况下, 具有较强的竞争能力, 而特化种竞争能力较弱, 生态位较窄^[36]。从生态位宽度计算结果可以反映出群落中槭叶铁线莲竞争能力和适应性强, 本氏木兰 (*Indigofera bungeana*)、小叶鼠李 (*Rhamnus parvifolia*) 等多数物种生态位宽度小, 在此环境下趋于特化种。

表 3 槭叶铁线莲群落各物种生态位宽度

Table 3 Niche breadth of each species in *Clematis acerifolia* community

物种 Species	P_{i1}^2	P_{i2}^2	P_{i3}^2	P_{i4}^2	P_{i5}^2	P_{i6}^2	P_{i7}^2	B_i
1	0.032	0.008	0.046	0.006	0.034	0.024	0.010	6.264
2	0.000	0.015	0.014	0.029	0.021	0.098	0.018	5.144
3	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051	0.455	1.940
4	0.048	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.138	2.828
5	0.002	0.000	0.034	0.074	0.180	0.000	0.006	3.388
6	0.003	0.177	0.000	0.000	0.000	0.069	0.070	3.143
7	0.039	0.143	0.000	0.000	0.180	0.000	0.000	2.763
8	0.190	0.054	0.038	0.190	0.000	0.000	0.000	3.326
9	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000
10	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000
11	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
12	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
13	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
14	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
15	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
16	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
17	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

P_{i1}^2 、 P_{i2}^2 、 P_{i3}^2 、 P_{i4}^2 、 P_{i5}^2 、 P_{i6}^2 和 P_{i7}^2 分别为槭叶铁线莲群落样地 I、II、III、IV、V、VI 和 VII 中各物种重要值比例的平方

3.3 生态位重叠程度

槭叶铁线莲群落各物种的生态位重叠情况见表 4, 由群落内 17 个物种组成的 136 个种对中, 完全重叠 ($Q_{ik} = 1$) 的种对有 11 个, 占总对数的 8.09%; 生态位重叠程度较高 ($0.5 \leq Q_{ik} < 1$) 的种对有 23 个, 占总对数的 16.91%; 生态位重叠程度较低 ($0 < Q_{ik} < 0.5$) 的种对有 58 个, 占总对数的 42.65%; 生态位完全不重叠 ($Q_{ik} = 0$) 的种对有 44 个, 占总对数的 32.35%。由于群落中 $Q_{ik} < 0.5$ 的种对数比例高达 75.00%, 表明大部分种对生态位重叠程度较低, 物种间竞争程度相对较低。生态位完全重叠的种对中, 绝大部分出现于同一样地 (样地

I), 该样地所在崖壁裂隙发育程度较高, 崖壁坡向为半阳坡, 坡面有明显的流水痕迹, 较其他样地的生境条件不同, 所以一些喜光和对水分条件要求较高的植物均集中分布于此样地, 植物种类数达到 12 种, 形成较高的生态位重叠, 其他样地由于生境条件的限制, 植物种类数仅有 4—7 个, 生态位重叠程度低, 物种间竞争程度也较低。

群落中槭叶铁线莲与其他所有物种之间生态位都存在不同程度的重叠, 与其他物种形成的 16 个种对中 10 个种对的生态位重叠程度较低 ($0 < Q_{ik} < 0.5$), 占总种对数的 62.50%, 6 个种对 (分别为槭叶铁线莲与绒毛绣线菊、荆条、独根草、侧柏、黄庐、雀儿舌头 *Leptopus chinensis* 构成的种对) 的生态位重叠程度较高 ($0.5 \leq Q_{ik} < 1$), 占总种对数的 37.50%, 最大值为 0.781 (与绒毛绣线菊构成的种对), 反映出槭叶铁线莲整体上与其他物种生态位重叠程度较低, 种间竞争不激烈, 群落结构较为稳定。

表 4 槭叶铁线莲群落各物种生态位重叠

Table 4 Niche overlap value of each species in *Clematis acerifolia* community

物种 Species	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.781	0.422	0.476	0.712	0.505	0.610	0.556	0.200	0.200	0.537	0.222	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447
2		0.506	0.377	0.583	0.676	0.404	0.519	0.388	0.388	0.264	0.274	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3			0.638	0.144	0.599	0.046	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
4				0.118	0.841	0.554	0.384	0.000	0.000	0.000	0.689	0.369	0.369	0.369	0.369	0.369
5					0.074	0.576	0.538	0.500	0.500	0.340	0.000	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
6						0.499	0.340	0.000	0.000	0.000	0.745	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094
7							0.349	0.000	0.000	0.000	0.629	0.329	0.329	0.329	0.329	0.329
8								0.794	0.794	0.357	0.425	0.248	0.248	0.248	0.248	0.248
9									1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10										0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11											0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12												0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13													1.000	1.000	1.000	1.000
14														1.000	1.000	1.000
15															1.000	1.000
16																1.000

3.4 生态位相似性比例

生态位相似性可以反映两个物种利用资源的相似性程度。槭叶铁线莲群落各物种生态位相似性比例情况见表 5, 17 个物种组成的 136 个种对中, 生态位完全相似 ($C_{ik} = 1$) 的种对有 11 个, 占总对数的 8.09%; 生态位相似性比例较高 ($0.5 \leq C_{ik} < 1$) 的种对有 8 个, 占总对数的 5.88%; 生态位相似性比例较低 ($0 < C_{ik} < 0.5$) 的种对有 73 个, 占总对数的 53.68%; 生态位完全不相似 ($C_{ik} = 0$) 的种对有 44 个, 占总对数的 32.35%。由于群落中 $C_{ik} < 0.5$ 的种对数比例高达 86.03%, 且所有物种种对之间相似性平均值为 0.223, 反映出大部分种对生态位相似程度较低, 对环境资源的要求存在差异, 物种间竞争程度也相对较低。

群落中槭叶铁线莲与其他所有物种之间生态位相似性不同, 与其他物种形成的 16 个种对中 13 个种对的生态位相似性程度较低 ($0 < C_{ik} < 0.5$), 占总对数的 81.25%, 3 个种对 (槭叶铁线莲分别与绒毛绣线菊、荆条和黄庐构成的种对) 的生态位相似性程度较高 ($0.5 \leq C_{ik} < 1$), 分别为 0.685、0.568 和 0.501, 占总对数的 18.75%, 反映出槭叶铁线莲与群落中绝大部分的物种之间生态位相似性较低, 对资源的利用存在差异, 相互间竞争程度也较低。

表 5 槭叶铁线莲群落各物种生态位相似性比列

Table 5 Niche proportional similarity of each species in *Clematis acerifolia* community

物种 Species	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.685	0.356	0.369	0.568	0.397	0.451	0.501	0.080	0.080	0.214	0.089	0.179	0.179	0.179	0.179	0.179
2		0.358	0.254	0.510	0.516	0.266	0.409	0.171	0.171	0.117	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3			0.472	0.120	0.543	0.101	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
4				0.120	0.727	0.576	0.369	0.000	0.000	0.000	0.409	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219
5					0.120	0.467	0.499	0.271	0.271	0.185	0.000	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
6						0.431	0.286	0.000	0.000	0.000	0.420	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053
7							0.369	0.000	0.000	0.000	0.378	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198
8								0.436	0.436	0.196	0.233	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136
9									1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10										0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11											0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12												0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13													1.000	1.000	1.000	1.000
14														1.000	1.000	1.000
15															1.000	1.000
16																1.000

4 讨论

4.1 槭叶铁线莲群落生态位宽度特征

重要值和生态位宽度都可以反映物种在植物群落中的地位和作用,但两者具有不同的生态学意义,重要值体现物种在植物群落中的相对重要性和优势程度,而生态位宽度反映物种对生境资源的利用能力和对环境适应性等^[4]。槭叶铁线莲重要值与生态位宽度在群落中均居首位,分别为 288.831 和 6.264,反映出在葫芦峪沟谷崖壁环境中其生态适应幅度相对较广,利用资源能力也较强,处于群落中的优势地位,在群落演替中处于较为安全的地位。其他物种在不同样地中重要值排序各不相同,生态位宽度低于槭叶铁线莲。

槭叶铁线莲群落中大部分物种重要值与生态位宽度呈正相关关系,但部分物种例外,如太行蕪草重要值大于薄皮木,而生态位宽度却比薄皮木小,小叶鼠李的重要值也大于薄皮木,生态位宽度却也小于薄皮木,反映出重要值不是决定生态位宽度的唯一因素,相关研究表明,这一现象与物种的分布频度^[4]或所处的异质性生境^[24]有关。本研究中,物种生态位宽度除与重要值密切相关外,与其分布的资源位数量具有紧密关联,生态位宽度较大的槭叶铁线莲和绒毛绣线菊分布资源位数量多,生态位宽度最小的本氏木兰、小叶鼠李和雀儿舌头仅出现于一个资源位,这与郑晓阳、钱逸凡等^[37-38]研究结论相符。

4.2 槭叶铁线莲群落生态位重叠特征

生态位重叠是反映同一空间中物种对生境资源利用差异以及物种间竞争共同资源的重要指标,生态位重叠程度越高说明物种间对生境资源利用越相似,可能发生激烈竞争^[39]。通常物种生态位越宽,对资源利用能力就越强,分布范围也越广,与群落中其他植物的重叠程度也较大^[40],本研究中生态位宽度较大的槭叶铁线莲、绒毛绣线菊、独根草,他们之间所构成的种对间的生态位重叠值也较大,符合此规律。同时,本研究中也发现个别生态位宽度大(小)的物种间会出现生态位重叠幅度较低(高)的情况,如荆条和独根草各自生态位宽度较大,但种对生态位重叠程度很小,太行蕪草和薄皮木生态位宽度较小,但种对生态位重叠程度却很大,这种情况首先与槭叶铁线莲群落的环境分异有关。槭叶铁线莲虽分布于垂直崖壁上,但不同坡向崖壁的水分条件和光照条件存在差异,导致生态习性不同的物种出现在不同样地中,尽管各自在分布样地中占据较大生态位,但其他物种间共同出现的频率较低,生态位重叠程度低;即便是在同一样地中,岩壁上也会因裂隙变化不

同、雨水补给差异或岩石松动掉落形成微环境和资源的空间异质性,使不同物种呈现斑块状分布,降低生态位重叠程度^[41];其次与其他物种的侵入和定居存在一定的随机性有关,由于槭叶铁线莲分布的崖壁生境严峻,植物生存所需资源匮乏,入侵和定居较为困难,根据竞争抽彩理论^[42],物种的入侵存在随机性,先入侵物种可限制其他物种侵入,导致部分物种出现频率较高,部分种类则很低,甚至仅出现 1 次或没有机会出现。以上原因都会影响个别物种的分布不完全遵循生态位重叠的基本理论。

4.3 槭叶铁线莲群落相似性特征

生态位相似性是衡量物种间资源利用相似程度的重要指标,可以利用其判断物种间是否存在竞争以及群落是否稳定^[39]。整体上槭叶铁线莲群落中各物种间的生态位相似性程度较低,表明物种间竞争不激烈,群落较为稳定,其原因一方面与生境的分异和物种对生境的需求差异有关,另一方面槭叶铁线莲生长的崖壁土壤养分和水分缺乏,环境极为严酷,难以满足更多物种生存所需的资源,物种的生存更趋向于 Grime 的 CSR 理论中的胁迫-忍耐对策(S 选择)^[43]。槭叶铁线莲与群落中绒毛绣线菊的生态位相似性程度较高,它们的生活习性相近,对环境资源需求相似,因而共同出现的频率较高,但与其他种类相似性较低,竞争较低。研究表明,生态位相似性与其生态位宽度呈正相关^[44],本研究中大部分种对间均成正相关,如生态位宽度大的槭叶铁线莲-绒毛绣线菊种对的生态位相似性达 0.685,生态位宽度窄的本氏木兰-雀儿舌头种对生态位相似性为 0。但本研究也出现生态位宽度窄而生态位相似性大的种对,如本氏木兰-小叶鼠李种对和抱茎苦苣菜(*Ixeris sonchifolia*)-紫花地丁(*Viola yedoensis*)种对,主要原因也与各样地的环境差异性以及物种生态特性不同有关,槭叶铁线莲群落分布于不同坡向的垂直崖壁上,崖壁缝隙提供的水分、养分较为缺乏且不均匀,导致物种分布受生境和生态习性影响,同时个别物种的分布也存在一定的偶然性,如在调查的样地中,个别阳坡样方中的崖壁岩石碎裂脱落后形成积土小平台,导致喜光、适应性强的一年生草本植物(抱茎苦苣菜、紫花地丁和斑种草 *Bothriospermum chinensis*)会偶然出现,而通常情况下它们仅分布于土层较厚、水分条件较好的环境,在崖壁上难以生存,这种个别物种出现在某一特定小环境中的情况,造成其物种生态位宽度窄,但种对间的生态位相似性较高的情况出现。

5 结论

生态位分析能揭示群落中不同物种利用资源和空间的能力以及物种间的共存与竞争关系,可以为珍稀濒危物种如槭叶铁线莲的生存状态分析和未来的安全风险评价提供理论依据,但目前在依据此理论进行有关珍稀濒危物种安全风险的研究还较为缺乏,本研究通过对槭叶铁线莲群落物种生态位分析,为濒危物种槭叶铁线莲的生存安全状况评价提供了一种方法途径,有助于其保护和管理策略的制订。

槭叶铁线莲群落中各物种之间的生态位重叠程度较小,生态位相似性较低,物种间在资源利用上存在一定差异、相互竞争不是很激烈,群落结构较为稳定,槭叶铁线莲在群落中的的重要值和生态位宽度最大,占绝对优势,所受到的竞争作用相对较小,处于较为安全的状况。槭叶铁线莲群落生境特殊,在葫芦峪沟谷主要分布于悬崖峭壁上,绝大部分生境处于人为无法触及的地方,人为干扰小,基于严酷的环境条件,物种间自然竞争强度较小,槭叶铁线莲种群整体上能够安全生存,仅沟谷底部局部地段的槭叶铁线莲个体会受到游人活动或放牧影响,需加强就地保护^[16],维持现有的栖息地环境^[17],来保证其安全生存,可在受游人或放牧影响的区域,通过修建围栏、挂立警示标牌等管理措施,以实现槭叶铁线莲的保护与管理。通过对槭叶铁线莲在葫芦峪沟谷的分布数量和年龄结构方面的调查发现,葫芦峪沟谷有 35 个槭叶铁线莲集群,个体数量达 3166 丛,阴坡和阳坡均有其分布,阴坡幼年个体和成熟阶段前期个体比例占优,集群处于增长阶段,阳坡各阶段组成比例接近,集群处于较为稳定状态,年龄结构也表明葫芦峪沟谷槭叶铁线莲种群较为安全^[45]。鉴于目前对槭叶铁线莲生理、生态习性方面研究还较为缺乏,今后应加深对其生物学、生理生态学和遗传学等方面的研究。

参考文献 (References):

[1] 刘润红,姜勇,常斌,李娇凤,荣春艳,梁士楚,杨瑞岸,刘星童,曾惠帆,苏秀丽,袁海莹,傅桂焕,吴燕慧. 漓江河岸带枫杨群落主要

- 木本植物种间联结与相关分析. 生态学报, 2018, 38(19): 6881-6893.
- [2] 李燕芬, 铁军, 张桂萍, 郭华. 山西蟒河国家级自然保护区人工油松林生态位特征. 生态学杂志, 2014, 33(11): 2905-2912.
- [3] 赵永华, 雷瑞德, 何兴元, 贾夏. 秦岭锐齿栎林种群生态位特征研究. 应用生态学报, 2004, 15(6): 913-918.
- [4] 刘润红, 常斌, 荣春艳, 姜勇, 杨瑞岸, 刘星童, 曾惠帆, 傅桂焕. 漓江河岸带枫杨群落主要木本植物种群生态位. 应用生态学报, 2018, 29(12): 3917-3926.
- [5] Grinnell J. The niche—relationships of the California Thrasher. The Auk, 1917, 34(4): 427-433.
- [6] 赵家豪, 叶钰倩, 陈斌, 袁在翔, 刘江南, 杨涛, 袁荣斌, 关庆伟. 江西武夷山南方铁杉针阔混交林主要植物生态位特征. 林业科学, 2021, 57(1): 191-199.
- [7] 金山, 武帅楷. 太行山南段油松林火烧迹地优势草本生态位及种间关系. 北京林业大学学报, 2021, 43(4): 35-46.
- [8] 董雪, 李永华, 辛智鸣, 姚斌, 包岩峰, 脱登峰, 扈凡, 段瑞兵, 李新乐, 汪静, 孙志成, 王海, 陈旭. 敦煌西湖荒漠——湿地生态系统优势物种生态位研究. 生态学报, 2020, 40(19): 6841-6849.
- [9] 李鑫. 生态位理论研究进展. 重庆工商大学学报: 自然科学版, 2008, 25(3): 307-309, 332-332.
- [10] 刘润红, 陈乐, 涂洪润, 梁士楚, 姜勇, 李月娟, 黄冬柳, 农娟丽. 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. 生态学报, 2020, 40(6): 2057-2071.
- [11] 闫双喜. 太行山悬崖特有植物—槭叶铁线莲亚组分类与居群特征研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [12] 河北植物志编辑委员会. 河北植物志. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1991.
- [13] 彭博. 北京野生观赏花卉系列之“槭叶铁线莲”. 绿化与生活, 2011, (8): 55-55.
- [14] 吴征镒, 路安民, 汤彦承, 陈之端, 李德铨. 中国被子植物科属综论. 北京: 科学出版社, 2003.
- [15] 穆琳, 谢磊. 槭叶铁线莲的系统位置初探——来自 ITS 和叶绿体 DNA 序列片段的分析. 北京林业大学学报, 2011, 33(5): 49-55.
- [16] López-Pujol J, Zhang F M, Ge S. Population genetics and conservation of the critically endangered *Clematis acerifolia* (Ranunculaceae). Botany, 2005, 83(10): 1248-1256.
- [17] López-Pujol J, Zhang F M, Ge S. No Correlation Between Heterozygosity and Vegetative Fitness in the Narrow Endemic and Critically Endangered *Clematis acerifolia* (Ranunculaceae). Biochemical Genetics, 2008, 46(7/8): 433-445.
- [18] 钟军弟, 李先琨, 叶铎, 向悟生, 吕仕洪, 张建亮. 广西木论国家级自然保护区铁槐群落优势种群的生态位研究. 植物资源与环境学报, 2009, 18(3): 38-43.
- [19] 郝建锋, 李艳, 齐锦秋, 裴曾莉, 黄雨佳, 蒋倩, 陈亚. 人为干扰对碧峰峡栲树次生林群落物种多样性及其优势种群生态位的影响. 生态学报, 2016, 36(23): 7678-7688.
- [20] 郝建锋, 王德艺, 李艳, 姚小兰, 张逸博, 詹美春, 齐锦秋. 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. 生态学报, 2014, 34(23): 6930-6942.
- [21] 李瑞, 张克斌, 刘云芳, 王百田, 杨晓晖, 侯瑞萍. 西北半干旱区湿地生态系统植物群落空间分布特征研究. 北京林业大学学报, 2008, 30(1): 6-13.
- [22] 王琳, 张金屯. 濒危植物矮牡丹的生态位研究. 生态学杂志, 2001, 20(4): 65-69.
- [23] 林建勇, 唐复皇, 何应明, 李娟, 梁瑞龙. 人为干扰对闽楠群落结构及物种多样性的影响. 西部林业科学, 2019, 48(4): 72-78.
- [24] 陈林, 辛佳宁, 苏莹, 李月飞, 宋乃平, 王磊, 杨新国, 卞莹莹, 田娜. 异质生境对荒漠草原植物群落组成和种群生态位的影响. 生态学报, 2019, 39(17): 6187-6205.
- [25] 张忠华. 桂林岩溶石山阴香种群生态学研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2007.
- [26] Pianka E R. The structure of lizard communities. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4: 53-74.
- [27] 李坤, 邢小艺, 李逸伦, 李晓鹏, 李如辰, 范舒欣, 董丽. 石林风景区不同石漠化人工修复方式对木本植物群落组成及种群生态位的影响. 生态学报, 2020, 40(13): 4641-4650.
- [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. 生态学报, 2019, 39(1): 286-293.
- [29] 井光花, 程积民, 苏纪帅, 魏琳, 史晓晓, 金晶炜. 黄土区长期封育草地优势物种生态位宽度与生态位重叠对不同干扰的响应特征. 草业学报, 2015, 24(9): 43-52.
- [30] 汤景明, 艾训儒, 易咏梅, 李玲, 徐红梅, 宋亚丽. 鄂西南木林子常绿落叶阔叶混交林恢复过程中优势树种生态位动态. 生态学报, 2012, 32(20): 6334-6342.
- [31] 杨倩, 李宁云, 陈丽, 李杰, 闫凯, 赵子娇. 大山包湿地植被群落数量分类及主要种生态位特征研究. 西部林业科学, 2020, 49(2): 36-42.
- [32] 陈俊华, 刘兴良, 何飞, 刘世荣. 卧龙巴朗山川滇高山栎灌丛主要木本植物种群生态位特征. 林业科学, 2010, 46(3): 23-28.
- [33] 闫淑君, 洪伟, 吴承祯, 毕晓丽, 范海兰, 陈睿. 万木林中亚热带常绿阔叶林林隙主要树种的高度生态位. 应用与环境生物学报, 2002, 8(6): 578-582.
- [34] 张峰, 上官铁梁. 翅果油树群落优势种群生态位分析. 西北植物学报, 2004, 24(1): 70-74.
- [35] 南程慧, 伊贤贵, 王华辰, 王贤荣, 汤庚国. 迎春樱群落主要种群生态位研究. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2014, 38(S1): 89-92.
- [36] 侯琳, 雷瑞德, 王得祥, 康博文, 陈书军. 黄龙山林区封育天然油松群落种群生态位特征. 西北植物学报, 2006, 26(3): 585-591.
- [37] 郑晓阳, 赵冲, 刘青青, 冯玉超, 朱晨曦, 王正宁, 刘博. 成熟杉木人工林林下草本层生态位特征. 生态学杂志, 2018, 37(2): 332-338.
- [38] 钱逸凡, 伊力塔, 胡军飞, 张超, 余树全, 沈露, 彭东琴. 普陀山主要植物种生态位特征. 生态学杂志, 2012, 31(3): 561-568.
- [39] 何忠伟, 胡仁传, 黄日波, 谢强. 广西银杉林主要树种种群生态位分析. 林业科学研究, 2012, 25(6): 761-766.
- [40] 陈玉凯, 杨琦, 莫燕妮, 杨小波, 李东海, 洪小江. 海南岛霸王岭国家重点保护植物的生态位研究. 植物生态学报, 2014, 38(6): 576-584.
- [41] 陈露蔓, 吕倩, 刘思泽, 罗艳, 陈小红, 陈雨琴, 陈刚, 范川, 李贤伟. 柏木低效人工林开窗初期草本层植物多样性及生态位. 应用与环境生物学报, 1-13 [2021-07-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1482.q.20200917.1121.002.html>.
- [42] 周淑荣, 刘亚峰, 王刚. 集合种群水平上的抽彩式竞争. 草业学报, 2004, 13(3): 40-46.
- [43] 刘志民, 赵晓英, 范世香. Grime 的植物对策思想和生态学研究理念. 地球科学进展, 2003, 18(4): 603-608.
- [44] 邓莉萍, 白雪娇, 李露露, 牛沙沙, 韩美娜, 秦胜金, 周永斌. 辽东山区次生林优势木本植物种间联结与相关分析. 生态学杂志, 2015, 34(6): 1473-1479.
- [45] 原阳晨, 任俊杰, 周苗苗, 庞久帅, 成克武. 槭叶铁线莲个体形态、生长特性及集群构成状况研究. 西部林业科学, 2021, 50(1): 35-41, 49-49.