

砒砂岩区人工油松林下草本植物的生态位特征

孙成¹, 秦富仓¹, 包雪源², 李龙¹, 杨振奇³, 董晓宇¹, 李艳¹

(1.荒漠生态系统保护与修复国家林业和草原局重点实验室, 内蒙古呼和浩特 010018;

2.内蒙古自治区林业和草原工作总站, 内蒙古呼和浩特 010010; 3.水利部 牧区水利科学研究所, 内蒙古呼和浩特 010020)

摘要: [目的] 探究砒砂岩区油松(*Pinus tabulaeformis*)人工林下草本植物生态位特征, 为当地油松人工林维护生物多样性和群落稳定提供基础数据。[方法] 选取长势良好的油松林地, 实地调查记录各样地草本植物的类型及数量、平均株高及盖度等基本情况; 基于调查数据, 采用 Shannon 和 Levins 生态位宽度指数、Levins 生态位重叠指数及生态响应, 分析油松人工林下草本层植物生态位特征。[结果] ①砒砂岩区油松人工林草本层植物共计 35 种, 其中本氏针茅的生态位宽度指数最大, 表现出较强的适应性, 明显处于群落优势地位。②整体生态位宽度及生态位重叠指数普遍不高, 林下草本物种存在分化现象。③林下草本物种有 37.15% 的物种为发展物种, 62.86% 的物种为衰退性物种, 14 种优势物种中, 11 类属于发展性物种, 其中资源占有量较大的物种为本氏针茅(0.188 5)、阿尔泰狗娃花(0.053 1)、糙隐子草(0.037 9)。[结论] 砒砂岩区油松人工林下草本植物种间竞争微弱, 群落物种对资源环境的利用能力欠佳。主要优势草本物种绝大部分处于发展阶段, 表明现阶段油松人工林群落趋于相对稳定状态。

关键词: 砒砂岩; 人工林; 生态位; 生态响应; 草本植物

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)03-0081-06

中图分类号: Q948.15

文献参数: 孙成, 秦富仓, 包雪源, 等. 砒砂岩区人工油松林下草本植物的生态位特征[J]. 水土保持通报, 2021, 41(3): 81-86. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2021.03.012; Sun Cheng, Qin Fucang, Bao Xueyuan, et al. Niche characteristics of herbaceous plants under artificial *Pinus tabulaeformis* forest in feldspathic sandstone region [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(3): 81-86.

Niche Characteristics of Herbaceous Plants Under Artificial *Pinus Tabulaeformis* Forest in Feldspathic Sandstone Region

Sun Cheng¹, Qin Fucang¹, Bao Xueyuan², Li Long¹, Yang Zhenqi³, Dong Xiaoyu¹, Li Yan¹

(1. Key Laboratory of State Forest and Grassland Administration for Desert Ecosystem

Protection and Restoration, Hohhot, Inner Mongolia 010018, China; 2. Inner Mongolia

Autonomous Region Forestry Work Station, Hohhot, Inner Mongolia 010010, China; 3. Institute of Water

Resources for Pastoral Area of the Ministry of Water Resources of China, Hohhot, Inner Mongolia 010020, China)

Abstract: [Objective] The niche characteristics of understory herbaceous plants in *Pinus tabulaeformis* plantation forests in the feldspathic sandstone area were explored in order to provide basic data for local *Pinus tabulaeformis* plantations to maintain biodiversity and community stability. [Methods] The types, quantity, average plant height, and coverage of various herbaceous plants were recorded by field investigation in a well-growing *P. tabulaeformis* forest area. Based on the survey data, the Shannon and Levins niche breadth index, Levins niche overlap index, and ecological response were used to analyze the niche characteristics of understory herbaceous plants. [Results] ① There were 35 species of herbaceous plants in the *P. tabulaeformis* plantation forest in the arsenic area. Among them, *Stipa bungeiensis* had the largest niche breadth indexes with better performance. Because of this species's strong adaptability, its community was in an obviously advantageous

收稿日期: 2021-03-21

修回日期: 2021-05-21

资助项目: 内蒙古科技计划项目“黄河粗沙集中来源区典型流域生态修复技术体系研究”(201802106)

第一作者: 孙成(1994—), 男(汉族), 四川省达州市人, 硕士研究生, 主要从事水土保持方面的研究。Email: 1047597300@qq.com。

通讯作者: 秦富仓(1966—), 男(汉族), 内蒙古自治区呼和浩特市人, 教授, 博士生导师, 主要从事水土保持与荒漠化防治、林业教学与研究。Email: qinfu@126.com。

position. ② The overall niche width and niche overlap index were generally not high, and understory herbaceous species were differentiated. ③ 37.15% of understory herbaceous species were developing species, and 62.86% of species were declining species. Among the 14 dominant species, 11 were developing species. The developing species with the largest resource occupancies were *S. bungeana* (0.188 5), *Heteropappus altaicus* (0.053 1), and *Cleistogenes squarrosa* (0.037 9). [Conclusion] Competition among understory herbaceous plants in *P. tabulaeformis* plantations in the arsenic area was weak, and the community species had poor utilization of resources and environment. Most of the dominant herbaceous species were in the developing stage, indicating that the *P. tabulaeformis* plantation community tended to be relatively stable at this stage.

Keywords: feldspathic sandstone; plantation; niche; ecological response; herbaceous plants

生态位理论最初由 Grinnell 提出并首次用于表达生物单元在环境空间单位的地位,即空间生态位^[1];后生态学家 Hutchinson 从多维角度提出了较为现代的 n 维生态位理论^[2]。目前,常用生态位宽度和生态位重叠这两个特定指标对某物种群落生态位进行客观评价研究,其原理主要是通过生态位宽度可反应出物种群落对于环境资源支配力的范围幅度,而生态位重叠主要是对相关物种对环境资源重叠利用的具体量化。通过这两个指标的分析,进而探索物种间竞争状况及彼此共存现状^[3]。随着生态位理论不断发展演化,该理论在生态学领域备受关注,较多用于研究自然群落物种间及群落与环境之间的耦合关系^[4-5]。

林下植被是人工林生态系统的重要组成部分,对维护物种多样性和生态系统稳定性等方面具有不可忽视的作用^[6]。揭示人工林林下物种组成、结构、共存关系,是评估人工林生态功能和判断生态功能恢复的一个重要途径^[7]。生态位研究是解决人工林林下草本植物共存和相互适应的主要手段,对评估人工林林下草本植物生长发育特征、种间关系及种群在群落中功能地位和促进人工林物种多样性及生态功能恢复均具有重要的理论和现实意义^[8]。

砒砂岩区是我国侵蚀产沙、水土流失最严重的地区之一,砒砂岩独特的成岩机理使其在水力、风力交互作用下极易产生剥蚀现象,生态修复难度极大^[9];自 20 世纪 80 年代开始生态治理并持续营造人工林,现如今,砒砂岩区局部植被得到恢复,水土流失得以控制,生态环境明显改善^[10]。目前,国内外关于砒砂岩区人工林营林成果较为丰富,陈鹏等^[11]研究了砒砂岩区土壤生态化学计量分布特征与该区退耕还林措施措施的响应,为生态修复营林措施提供依据;杨振奇等^[12]对人工沙棘林林下草本物种进行了多样性调查和环境解释,探明林下草本物种多样性与环境的关系;吴晓光^[13]、袁勤等^[14]研究了砒砂岩区主要造林树种与土壤理化性质的关系,旨在阐明该区人造林

改良水土的功效。然而,鲜有对砒砂岩区人工林物种多样性维护及生态稳定的研究。

油松是砒砂岩区人工营林的主要乔木种,是优良的造林针叶树种,具有适应性强、生长迅速、根系发达等优点,在保育水土、涵养水源、林业生产等方面有重要作用^[15]。对油松人工林群落的研究多集中在对林下草本植物群落的丰富度、均匀度和多样性指数等方面^[16-17],对林下草本群落生态地位、功能结构及种间共存竞争等方面却很少涉及。基于此,本研究尝试运用生态位理论,量化生态位宽度及生态位重叠指数,对油松林下主要草本层群落特征进行分析,以期了解林下草本层群落各物种的地位以及对环境资源利用的现状,探索林下草本生物内在发展规律,为深入研究油松群落结构与稳定以及可持续发展提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于内蒙古自治区,鄂尔多斯市,准格尔旗砒砂岩区水土保持示范园鲍家沟流域(110°31′—110°35′E,39°46′—39°48′N)。流域地势由北向南倾斜,海拔 1 100~1 300 m,属温带半干旱大陆性气候,冬季干燥且漫长,夏季温热且短暂。该区年平均气温 7.2 °C,年均降雨量 400 mm,无霜期 150 d 左右。土壤类型主要以栗钙土及风沙土为主。研究区油松人工林样地是 2008 年同一批次栽种,现存有林分密度为 833 株/hm²,平均树高 2.73 m,平均冠幅 2.19 m。研究区主要灌木有沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、柠条(*Caragana korshinskii*)等,主要草本有本氏针茅(*Stipa bungeana*)、百里香(*Thymus mongolicus*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)等。

1.2 研究方法

1.2.1 样方设置与数据采集 经实地勘察,依据流域地形和人工林分布特点,于 2019 年 7 月在该地选

取长势良好且海拔、坡度、坡向等基本一致的 3 块油松林为研究对象。各样地基本情况见表 1。在每块油松林按四角及中心共设置 5 个 10 m×10 m 的大样地,调查记录每个大样地中乔木的株数、树高、冠

幅、郁闭度,同时记录各样地的海拔、坡向、坡度。在每个大样方内按对角线法在右上角,左下角及中心选取 3 个 1 m×1 m 的草本样方,调查记录草本物种类型及数量、平均株高及盖度等数据。

表 1 样地基本情况

样地编号	海拔/m	土壤含水率/%	坡度/(°)	坡向	土壤有机质/(g·kg ⁻¹)	郁闭度
1	1 207	13	5	ES	4.33	0.54
2	1 205	16	9	N	5.39	0.49
3	1 213	15	10	EN	4.82	0.46

1.2.2 重要值 重要值是反映某个物种在群落中的作用和地位的综合数量指标^[18],计算公式如下:

重要值=(相对盖度+相对高度+相对密度)/3

式中:相对盖度=(样方内某种植物的盖度/该样方内全部植物种类盖度之和)×100%;相对高度=(样方内某种植物的平均高度/该样方内全部植物种平均高度之和)×100%;相对密度=(样方内某种植物的个体数/该样方内全部植物种的个体数)×100%。

1.2.3 生态位宽度^[19-20] 生态位宽度采用 Shannon-Wiener 和 Levins 计算公式:

$$B_{(sw)i} = - \sum_{j=1}^r (P_{ij} \ln P_{ij}) \quad (1)$$

$$B_{(L)i} = 1 / (r \sum_{j=1}^r P_{ij}^2) \quad (2)$$

$$P_{ij} = n_{ij} / \sum_{j=1}^r n_{ij} \quad (3)$$

式中: $B_{(sw)i}$ 为物种 i 的 Shannon-Wiener 生态位宽度指数,值域为 $[0, \ln r]$; $B_{(L)i}$ 为物种 i 的 Levins 生态位宽度指数,值域为 $[1/r, 1]$; P_{ij} 为物种 i 在第 j 资源位上的重要值和该物种在全部资源水平上的重要值的比例; n_{ij} 为物种 i 在第 j 资源位的重要值; r 为资源位总位数(本文代表样方数),下同。

1.2.4 生态位重叠^[21] 生态位重叠采用 Levins 生态位重叠指数,计算公式:

$$L_{ih} = B_{(L)i} \sum_{j=1}^r P_{ij} P_{hj} \quad (4)$$

$$L_{hi} = B_{(L)h} \sum_{j=1}^r P_{ij} P_{hj} \quad (5)$$

式中: L_{ih} 表示物种 i 对物种 h 的重叠指数; L_{hi} 表示物种 h 对物种 i 的重叠指数,二者值域皆为 $[0, 1]$; P_{hj} 为物种 h 在第 j 资源位上的重要值和该物种在全部资源水平上的重要值的比例; $B_{(L)h}$ 为物种 h 的 Levins 生态位宽度指数。

1.2.5 生态响应^[7] 生态响应是植物在与环境资源综合作用下彼此竞争表现出发展性或衰退性结果,反映物种对生态环境资源的响应速率。首先基于生态位重叠指数,满足 $i = h$,求得 $\sum_{h=1}^n L_{ih}$ 与 $\sum_{i=1}^m L_{ih}$ 差值,即

$\Delta L_{ih} = (\sum_{h=1}^n L_{ih} - \sum_{i=1}^m L_{ih})$ ($\sum_{h=1}^n L_{ih}$ 是指种群 i 占用其他种群的资源总量; $\sum_{i=1}^m L_{ih}$ 是指种群 h 被其他种群侵占的资源总量)评判两个种群之间的相互关系。当 $\Delta L_{ih} > 0$ 时,说明种群 i 侵占种群 h 的资源,种群 i 为发展性物种;当 $\Delta L_{ih} < 0$ 时,说明种群 i 被种群 h 侵占资源,种群 h 为发展性物种;当 $\Delta L_{ih} = 0$ 时,说明种群间无资源侵占,属于中性物种。其次是利用物种 $B_{(L)}$ 与 ΔL_{ih} 的比值,反应物种对资源利用的速率来衡量物种对生态环境的响应。生态响应的速率 R 的公式:

$$R = B_{(L)} / \Delta L_{ih} \quad (i = h) \quad (6)$$

2 结果与分析

2.1 林下草本层优势物种生态位宽度

经过样方调查,砒砂岩区油松人工林林下草本层共调查植物种 35 种,在所调查到的这些物种中生态位宽度指数小于 2 的物种占 77.14%,且有 45.71%的物种生态位宽度指数小于 1,而 62.86%的物种 $B_{(L)}$ 生态位宽度指数均小于 0.1。依据重要值大小,本文筛选出的 14 种优势草本物种中,本氏针茅、百里香、糙隐子草、阿尔泰狗娃花等物种的 $B_{(sw)}$ 和 $B_{(L)}$ 生态位宽度指数相对较大,尤其是本氏针茅,无论 $B_{(sw)}$ 指数(3.183 8)还是 $B_{(L)}$ 指数(0.302 3)均居所有草本层物种生态位宽度首位。由表 2 可以看出,优势物种绝大多数的 $B_{(sw)}$ 和 $B_{(L)}$ 生态位宽度指数均呈现逐渐递减的趋势,且普遍数值偏低,表明林下草本物种整体生态位狭小,对环境资源支配能力较低,种群发展受到限制。

通过对表 2 中资源位、重要值及生态位宽度分析,生态位宽度与物种的重要值有一定联系,重要值大的物种其生态位宽度往往也很大,但彼此并非呈单一线性关系,部分重要值小的物种其生态位宽度却很大;然而对于生态位宽度较大的物种往往有着较大资源位占有量;可以看出,物种生态位宽度大小与物种重要值及资源位占有量均有联系。例如排在第 11 位的狭叶米口袋(*Gueldenstaedtia stenophylla*)的重要

值为 0.12, 其 $B_{(sw)}$ 生态位宽度(2.056 4)和资源位占有量(24)均处于靠前; 而排在第 5 位的大针茅(*Stipa grandis*)的重要值位(0.62), 其 $B_{(sw)}$ 生态位宽度(1.174 8)和资源位占有量(13)均略显靠后。

表 2 林下草本层优势物种生态位宽度

序号	物种名	科属	资源位	重要值	生态位宽度	
					$B_{(sw)}$	$B_{(L)}$
1	本氏针茅(<i>Stipa bungeana</i>)	禾本科	37	1.05	3.183 8	0.302 3
2	百里香(<i>Thymus mongolicus</i>)	唇形科	23	1.02	2.022 8	0.160 7
3	糙隐子草(<i>Cleistogenes squarrosa</i>)	禾本科	31	0.92	2.586 7	0.212 1
4	阿尔泰狗娃花(<i>Heteropappus altaicus</i>)	菊科	35	0.78	3.162 4	0.278 6
5	大针茅(<i>Stipa grandis</i>)	禾本科	13	0.62	1.174 8	0.103 8
6	尖叶丝石竹(<i>Gypsophila licentiana</i>)	石竹科	25	0.47	2.098 2	0.170 7
7	兴安胡枝子(<i>Lespedeza daurica</i>)	豆科	28	0.47	2.416 3	0.186 8
8	斜茎黄芪(<i>Astragalus adsurgens</i>)	豆科	30	0.26	2.543 3	0.209 6
9	草木樨状黄芪(<i>Astragalus melilotoides</i>)	豆科	10	0.15	0.489 9	0.071 4
10	艾蒿(<i>Artemisia argyi</i>)	菊科	15	0.14	1.365 8	0.122 5
11	狭叶米口袋(<i>Gueldenstaedtia stenophylla</i>)	豆科	24	0.12	2.056 4	0.166 7
12	细叶韭(<i>Allium tenuissimum</i>)	百合科	15	0.09	1.373 9	0.123 5
13	细叶远志(<i>Polygala linarifolia</i>)	远志科	10	0.08	0.753 5	0.080 0
14	砂蓝刺头(<i>Echinops gmelini</i>)	菊科	12	0.08	1.124 7	0.100 0

2.2 林下草本层优势物种生态位重叠度

由图 1 可知, 草本层生态位重叠指数为 0 的物种占 17.03%, 生态位重叠指数在 $[0, 0.02)$, $[0.02, 0.04)$, $[0.04, 0.06)$, $[0.06, +\infty)$ 分别占 36.26%, 32.97%, 9.34%, 4.4%, 可以看出物种间生态位重叠指数普遍较小。

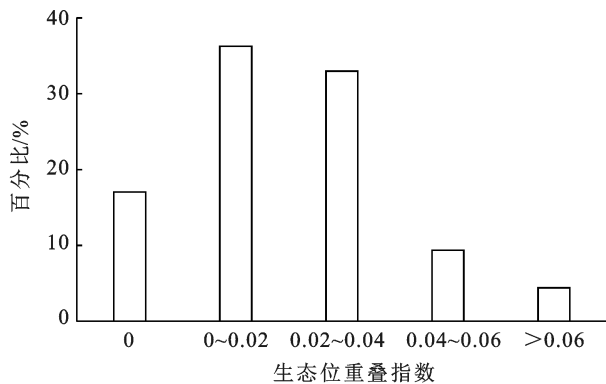


图 1 生态位重叠指数分布格局

由生态位重叠指数结果(表 3)显示, 生态位宽度最大的 2 个物种, 本氏针茅和阿尔泰狗娃花与其他主要物种间具有相对较高的生态位重叠度, 如本氏针茅—百里香(1~2, 0.063 2), 本氏针茅—大针茅(1~5, 0.052 4), 本氏针茅—尖叶丝石竹(1~6, 0.047 3), 阿尔泰狗娃花—糙隐子草(4~3, 0.051 6), 阿尔泰狗娃花—斜茎黄芪(4~8, 0.038 8), 阿尔泰狗娃花—艾蒿(4~10, 0.059 4)等; 生态位宽度较小的少数物种表现出生态位有较大的重叠, 如草木樨状黄芪—砂蓝刺

头(9~14, 0.088 0), 细叶韭—砂蓝刺头(12~14, 0.081 1); 对同一物种作比较, 存在彼此相对生态位重叠指数差异化明显, 这种现象尤其体现在生态位宽度差距较大的物种之间, 例如本氏针茅—细叶远志的 L_{hi} 为 0.024 5, 而细叶远志—本氏针茅 L_{hi} 仅为 0.006 5。从总体分布格局来看, 油松人工林下草本层物种生态位重叠度指数普遍偏低, 草本层物种间对环境资源支配力相似性不高。

2.3 林下草本层物种的生态响应

生态响应是植物在与环境资源综合作用下彼此竞争表现出发展性或衰退性结果。在调查的 35 种草本植物中, 有 37.15% 的物种为发展物种, 62.86% 的物种为衰退性物种。而对于选出的 14 种优势物种中, 11 类属于发展性物种, 且对资源占有量较大的物种为本氏针茅(0.188 5)、阿尔泰狗娃花(0.053 1)、糙隐子草(0.037 9); 3 类属于衰退性物种, 分别是细叶韭、细叶远志和砂蓝刺头。

R 值是基于生态位宽度, 反应物种的生态响应速率。在所调查的 14 种优势草本层物种中, R 值较大的物种分别是兴安胡枝子($R=60.470 7$)和斜茎黄芪($R=36.820 1$), 较小的物种为细叶韭($R=-115.671 5$)。从 R 值分布(表 4)可以看出, 14 种草本层优势物种中, 除细叶韭、细叶远志和砂蓝刺头之外, 其余物种均表现发展性, 随着发展性物种不断对资源的利用, 表现衰退性物种的环境资源将被占有, 其生存空间将逐渐缩小甚至覆灭。

表 3 林下草本层优势物种生态位重叠度

物种序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1		0.033 6	0.016 9	0.027 9	0.018 0	0.033 7	0.022 8	0.012 0	0.002 2	0.016 7	0.038 5	0.013 1	0.006 5	0.008 6
2	0.063 2		0.002 8	0.003 7	0.000 0	0.006 1	0.029 8	0.015 3	0.005 8	0.000 0	0.037 3	0.011 4	0.017 3	0.007 5
3	0.024 1	0.017 8		0.051 6	0.023 1	0.014 8	0.002 2	0.021 9	0.002 5	0.000 0	0.026 0	0.000 0	0.012 4	0.000 0
4	0.030 3	0.002 1	0.039 3		0.020 9	0.033 7	0.011 5	0.029 2	0.025 0	0.026 1	0.038 6	0.008 5	0.003 2	0.008 5
5	0.052 4	0.000 0	0.006 3	0.036 0		0.038 0	0.015 4	0.015 3	0.000 0	0.030 8	0.030 4	0.000 0	0.012 6	0.000 0
6	0.047 3	0.015 7	0.018 4	0.008 3	0.035 3		0.004 2	0.018 6	0.000 0	0.032 8	0.032 5	0.014 6	0.000 0	0.009 6
7	0.036 9	0.025 6	0.002 5	0.017 1	0.023 0	0.003 9		0.041 5	0.057 9	0.039 0	0.029 6	0.027 1	0.014 9	0.024 7
8	0.017 3	0.024 1	0.104 5	0.038 8	0.027 6	0.015 2	0.037 0		0.050 8	0.019 9	0.005 3	0.020 8	0.012 2	0.020 9
9	0.003 9	0.015 5	0.003 1	0.001 9	0.000 0	0.000 0	0.063 1	0.074 3		0.049 0	0.001 9	0.051 2	0.002 3	0.051 3
10	0.041 3	0.000 0	0.000 0	0.059 4	0.043 1	0.045 6	0.029 0	0.034 1	0.028 6		0.001 7	0.002 5	0.000 0	0.002 6
11	0.039 8	0.036 0	0.007 7	0.031 1	0.031 4	0.033 3	0.033 1	0.026 6	0.001 9	0.049 2		0.000 0	0.001 7	0.000 0
12	0.032 1	0.014 9	0.000 0	0.019 1	0.000 0	0.020 2	0.041 1	0.035 4	0.067 3	0.000 0	0.000 0		0.000 0	0.001 4
13	0.024 5	0.034 8	0.032 9	0.011 3	0.026 4	0.000 0	0.011 4	0.032 0	0.004 9	0.000 0	0.071 8	0.000 0		0.000 0
14	0.026 0	0.012 1	0.000 0	0.023 7	0.000 0	0.016 3	0.046 1	0.043 8	0.088 0	0.038 9	0.000 0	0.081 1	0.000 0	

注:表 3 中序号所对应物种与表 2 相同。

表 4 草本层优势物种生态响应

物种序号	ΔL_{ih}	R	物种序号	ΔL_{ih}	R
1	0.188 5	1.603 4	8	0.005 7	36.820 1
2	0.031 9	5.032 3	9	0.017 4	9.877 6
3	0.037 9	5.594 4	10	0.014 6	8.396 5
4	0.053 1	5.245 8	11	0.021 8	7.651 0
5	0.011 4	9.103 6	12	-0.001 1	-115.671 5
6	0.023 3	7.313 4	13	-0.166 9	-0.479 4
7	0.003 1	60.470 7	14	-0.240 8	-0.415 3

注:表 4 中序号所对应物种与表 2 相同。

3 讨论

物种生态位特征即表征了其群落在环境中的地位与功能,也反映其对环境资源的支配能力,生态位宽度指数越大,物种对环境的适应能力越强,对环境资源的支配力就越好,在环境中更容易处于优势地位,成为优势群落^[22-24]。本研究中,砒砂岩区油松人工林草本层植物整体生态位宽度普遍较小,只有本氏针茅、阿尔泰狗娃花、糙隐子草等少数喜阳且耐寒、耐旱物种生态位宽度较大,可以看出,砒砂岩区目前油松人工林下草本层中阳性耐寒等物种处于优势地位,这与当地的生境及物种适应性有密切联系,一方面是由于油松林林分密度较小,郁闭度不大,对草本层植物造成遮蔽现象不明显,使得阳性草本植物居多;另一方面是由于砒砂岩区独特的生存环境迫使具有较强的生态适应性物种发展,致使该区生物多样性不佳。

生态位重叠指数反映了不同物种对同一类环境资源支配力的共性,是判断物种间生态相似性及竞争性的重要指标^[25-26]。本研究得出,砒砂岩区油松人工林下草本层物种整体生态位重叠指数不大。一般说来,分布范围广、重要值较大的物种,其生态位宽度越

大,更能与其他物种有较大的生态位重叠^[27]。但该区油松人工林下生态位较宽的物种间生态位重叠指数普遍很低,这可能与砒砂岩区特殊的地质条件造成草本物种分布不连续有关,也可以看出林下优势草本物种间竞争不激烈,植被相对稳定。对于生态位重叠指数为零的物种,其生态习性及对环境资源利用要求完全不同,彼此不存在竞争关系^[28]。本研究得出有大约 1/4 的物种生态位重叠指数为零,说明该区油松林下草本物种群落生态位分化比较明显,这可能与砒砂岩区浅薄土层与砒砂岩石镶嵌导致土壤理化性质不同而形成的生境异质性有关。

该区油松人工林下草本层物种表现出的发展性和衰退性是物种与环境资源综合作用下彼此竞争的生态响应。本研究得出油松人工林下草本层有 1/2 以上的种群呈衰退现象,但大多衰退强度并不强烈,仅表现为微弱的衰退趋势;同时,对于优势群落物种,整体表现为发展趋势,仅个别优势种表现衰退迹象,这可能是因为随着该区生态治理,生态环境逐步改善,部分优势种间竞争加剧,导致演化淘汰的结果。目前,油松人工林林下植被相对稳定,种类及数量呈上升状态,但多数阳性植物的发展必将受到油松林冠不断增大的限制,因此,群落生物多样性将有待提高。

由研究结果可以看出砒砂岩区油松林林下植被生态位宽度与生态位重叠指数普遍较小,虽整体处于发展性状态,但不难得出林下群落物种对资源环境的利用程度不大,物种多样性有待提高。砒砂岩区属于我国侵蚀产沙、生态恶劣的区域之一,随着生态环境高质量发展的要求,对于砒砂岩区生态修复工作已不再是治标则范,而是要在已有的生态建设基础上,考虑物种多样性、结构功能等促使生态稳定的因素,使

其该区生态建设可持续稳定发展^[29-30]。本文研究未结合土壤理化性质分析对植被群落分布的影响,下一步将从植物功能性状角度出发,结合土壤理化性质,深入解析林下生境特征与功能性状的响应关系,并从功能多样性角度了解林下植物的生态位空间分布。

4 结论

(1) 砒砂岩区油松人工林下草本植物共计 35 种,多以阳性耐寒、耐旱物种为主,优势种多为禾本科和豆科植物。

(2) 油松人工林下优势草本植物平均 $B_{(sw)}$ 和 $B_{(L)}$ 生态位宽度分别为 1.88, 0.16; 各物种之间生态位重叠指数介于 0~0.04 的占 86.26%, 少数大于 0.04; 整体生态位宽度和重叠指数均偏小, 说明油松人工林下草本植物对资源环境利用程度偏小且种间竞争微弱。

(3) 林下草本层主要优势物种中 11 种处于发展阶段, 只有极少数物种处于衰退阶段, 表明现阶段的油松人工林群落趋于相对稳定状态。

[参 考 文 献]

- [1] Grinnell J. The niche-relationships of the California thrasher [J]. *The Auk*, 1917, 34(4): 427-433.
- [2] Hutchinson G E. Concluding Remarks: Population Studies and Animal Ecology and Demography [M]. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. New York: The Biological Laboratory, 1957: 415-427.
- [3] 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.
- [4] 周文嵩, 韩海荣, 康峰峰, 等. 山西太岳山华北落叶松人工林种内与种间关系[J]. *生态学杂志*, 2017, 36(2): 335-342.
- [5] Turnbull LA, Isbell F, Purves D W, et al. Understanding the value of plant diversity for ecosystem functioning through niche theory [J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2016, 283: 20160536.
- [6] Hong Q, Karel K, Bela S. Diversity of the understory vascular vegetation in 40 year-old and old-growth forest stands on Vancouver Island, British Columbia [J]. *Journal of Vegetation Science*, 1997, 8(6): 773-780.
- [7] 郑晓阳, 赵冲, 刘青青, 等. 成熟杉木人工林林下草本层生态位特征[J]. *生态学杂志*, 2018, 37(2): 332-338.
- [8] Márialigeti S, Tinya F, Bidló A, et al. Environmental drivers of the composition and diversity of the herb layer in mixed temperate forests in Hungary [J]. *Plant Ecology*, 2016, 217(5): 549-563.
- [9] 秦富仓, 杨振奇, 李龙. 砒砂岩区土壤侵蚀机理与生态修复技术研究进展[J]. *北京林业大学学报*, 2020, 42(12): 142-150.
- [10] 肖培青, 姚文艺, 刘慧. 砒砂岩地区水土流失研究进展与

- 治理途径[J]. *人民黄河*, 2014, 36(10): 92-94, 109.
- [11] 陈鹏, 郭建英, 董智, 等. 达拉特旗砒砂岩裸露区退耕还林土壤生态化学计量分布[J]. *中国水土保持科学*, 2020, 18(1): 25-34.
- [12] 杨振奇, 秦富仓, 张晓娜, 等. 砒砂岩区不同立地类型人工沙棘林下草本物种多样性环境解释[J]. *生态学报*, 2018, 38(14): 5132-5140.
- [13] 吴晓光, 刘龙, 张宏飞, 等. 砒砂岩区主要造林树种枯落物持水性能及土壤物理性质[J]. *水土保持学报*, 2020, 34(4): 137-144.
- [14] 袁勤, 崔向新, 乔荣. 砒砂岩区不同人工林对土壤理化性质的影响[J]. *北方园艺*, 2013(18): 52-55.
- [15] 姚文艺, 肖培青, 王愿昌, 等. 砒砂岩区侵蚀治理技术研究进展[J]. *水利水电科技进展*, 2019, 39(5): 1-9, 15.
- [16] 周文洁. 陕北黄土区沙棘林下植被特征及群落稳定性研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2020.
- [17] 仇苏倩. 砒砂岩区不同林龄油松林林下生物多样性及土壤生态特征[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2019.
- [18] 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.
- [19] Petraitis P S. Likelihood measures of niche breadth and overlap [J]. *Ecology*, 1979, 60(4): 703-710.
- [20] Denniston C. Evolution in changing environments: Some theoretical explorations by Richard Levins [J]. *American Anthropologist (New Series)*, 1969, 6: 1194-1195.
- [21] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 111-112.
- [22] 程占红, 牛莉芹. 五台山南台山地草甸种群对旅游干扰响应的识别[J]. *应用与环境生物学报*, 2008, 14(3): 324-327.
- [23] 王仁忠. 放牧影响下羊草草地主要植物种群生态位宽度与生态位重叠的研究[J]. *植物生态学报*, 1997, 21(4): 304-311.
- [24] 刘加珍, 陈亚宁, 张元明. 塔里木河中游植物种群在四种环境梯度上的生态位特征[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(4): 549-555.
- [25] 陈玉凯, 杨琦, 莫燕妮, 等. 海南岛霸王岭国家重点保护植物的生态位研究[J]. *植物生态学报*, 2014, 38(6): 576-584.
- [26] Tilman G D. Plant dominance along an experimental nutrient gradient [J]. *Ecology*, 1984, 65(5): 1445-1453.
- [27] Spies T A, Franklin J F, Klopsch M. Canopy gaps in Douglas-fir forests of the Cascade Mountains [J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 1990, 20(5): 649-658.
- [28] 刘润红, 常斌, 荣春艳, 等. 漓江河岸带枫杨群落主要木本植物种群生态位[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(12): 3917-3926.
- [29] 刘巍, 曹伟. 长白山云冷杉群落主要种群生态位特征[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(8): 1766-1774.
- [30] 姚文艺, 肖培青, 张攀. 补强砒砂岩区治理短板筑牢黄河流域生态安全屏障[J]. *中国水土保持*, 2020(9): 61-65.