



马尾松人工林发育过程中林下灌草群落 优势种生态位动态分析

姚 珊, 郭其强*, 盘金文, 张亚琴, 罗丝琼

(贵州大学 林学院, 贵州省森林资源与环境研究中心, 贵阳 550025)

摘 要: 该研究以贵州省孟关林场不同林龄马尾松人工林为研究对象并开展典型样地调查, 采用空间代替时间的方法, 根据 Shannon、Levins 公式和 Pianka 公式分析不同发育阶段林下灌草群落优势种生态位动态特征。结果表明: (1) 同一优势种重要值在不同林分中存在差异, 8a、18a 林分中榲桲重要值分别为 50.89%、47.32%, 28a 林分中铁仔重要值为 50.49%, 36a 林分中菝葜重要值为 50.62%, 芒萁重要值在各发育阶段始终排第一。(2) 榲桲和菝葜生态位宽度占绝对优势, 南烛、茅栗随着年龄的递增生态位宽度值增大, 芒萁生态位宽度值随林分林龄的增加而递增, 边缘鳞盖蕨和野青茅随林分林龄的增加呈先增加后减少的趋势, 灌草重要值与生态位宽度不存在绝对的正负关联关系, 同一物种在不同时期对环境的适应及资源的利用能力不同。(3) 榲桲与菝葜、铁仔与茅栗、乌蕨与边缘鳞盖蕨、野青茅与荩草等物种种对间表现出极强的生态学或生物学特性相似性, 生态位宽度值大的物种与其他物种生态位重叠值并不同步。

关键词: 马尾松人工林; 灌草群落; 生态位宽度; 生态位重叠值

中图分类号: Q948.15⁺4; S718.54 **文献标志码:** A

Dominant Species of Shrub-grass Community under Forest during the Development of *Pinus massoniana* Plantation Niche Dynamic Analysis

YAO Shan, GUO Qiqiang*, PAN Jinwen, ZHANG Yaqin, LUO Siquang

(College of Forestry, Institute for Forest Resources & Environment, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: This paper uses space instead of time to lay out typical plots in *P. massoniana* plantations of different ages in Mengguan Forest Farm in Guizhou Province. Shannon and Levins formulas, Pianka formulas are used to analyze the niche dynamics of dominant species in shrub-grass communities at different development stages. The results showed that: (1) the important values of the same dominant species is different in different forest stands. The important value of *Quercus aliena* in the 8a and 18a forest stands are 50.89% and 47.32%, respectively, and the important value of *Myrsine africana* in the 28a forest stands is 50.49% and for 36a, the important value of *Smilax china* is 50.62%, and the important value of *Dicranopteris dichotoma* always ranks first in each developmental stage. (2) *Q. aliena* and *S. china* have an absolute advantage in the niche width, *Vaccinium bracteatum* and *Castanea seguinii* increase in niche width with increasing age, and *D. dichotoma* niche width increases with the increase in stand age. *Microlepia marginata* and *Deyeuxia arundinacea* show a trend of first increasing and then decreasing with the in-

收稿日期: 2021-04-22; 修改稿收到日期: 2021-07-08

基金项目: 贵州省农业攻关项目([2019]2314); 贵州省科技厅平台人才项目(黔科合[2018]5261)

作者简介: 姚 珊(1992—), 女, 在读硕士研究生, 主要从事人工林培育研究。E-mail: ysnh2021@163.com

* 通信作者: 郭其强, 博士, 副教授, 主要从事森林培育与植物生态学研究。E-mail: hnguoqiqiang@126.com

crease of stand age. There is no absolute positive or negative relationship between the importance values of shrub and grass and the width of niche. The same species adapts to the environment and resources in different periods. The utilization capacity is different. (3) *Q. aliena* and *S. china*, *M. africana* and *C. seguinii*, *Stenoloma chusanum* and *M. marginata*, *D. arundinacea* and *Arthraxon hispidus* and other species pairs show strong similarities in ecological or biological characteristics. Species with large niche width values are not synchronized with other species' niche overlap values.

Key words: *Pinus massoniana* plantation; shrub herb community; niche width; niche overlap value

群落物种对环境的适应及对资源的利用能力与物种在生态系统中的地位适应,在时间、空间上所占的重要性一般用生态位来表征^[1-2]。生态位理论广泛运用于动植物群落研究中^[3],普遍认为生态位宽度值越大,表明物种对环境的适应能力越强。生态位重叠值越大,表示物种生态学或生物学特性相似性越高^[4]。赵永华等^[5]研究认为物种生态位宽度大对环境资源有效利用率高,种群间生态位重叠值高,种间竞争就强。吴颖莹在分析南京市宝山森林公园灌草优势种群生态位后认为,不同优势种群在不同林龄林分中的生态位宽度存在差异,种群生态位宽度越大则对环境越适应,对资源的利用能力也越强^[6]。因此,用生态位解释物种种间关系和群落结构具有成熟的理论基础。通过数理统计定量分析,可以更好地阐述林下物种间的竞争演替及协同适应关系,实现森林生态系统物种选择优化配置,对构建丰富稳定的森林群落具有重要的理论指导意义。

马尾松(*Pinus massoniana*)是松属(*Pinus*)中分布最广的重要用材和造林树种,种植面积大,具有耐干旱适应性强等优点,全树综合利用程度高^[7],广泛运用于建筑用材、造纸、采脂等。贵州省位于中国长江和珠江上游,分布着 2 175.57 万 hm^2 马尾松人工纯林。但随着社会经济发展,环境问题日益引起人们的关注。例如森林资源类型单一、受干扰程度增加等原因,导致纯林存在抗性弱、生物多样性指数低^[8]、物种丰富度不高^[9]、经济生态效益发挥不充分等问题^[10]。本研究选取位于贵州省中部的贵阳市花溪区孟关林场不同发育阶段马尾松人工林中灌草为研究对象,定量计算分析林下灌草生态位宽度及生态位重叠值,探讨林下灌草物种在不同发育阶段的马尾松林中对资源的利用变化规律,以揭示不同发育阶段马尾松林下灌草物种搭配及自我调控方式^[11],为马尾松人工林的可持续发展提供理论依据。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

孟关林场位于贵州省贵阳市花溪区东南部

($106^{\circ}43'20.8''\sim 106^{\circ}44'12''\text{E}$, $26^{\circ}21'54.6''\sim 26^{\circ}22'30''\text{N}$),距贵阳市区 23 km,毗邻黔南州龙里县和惠水县,横跨青岩等 5 个乡镇,其中在黔陶乡种植面积最广,是贵阳市的二环林带。平均海拔 1 100~1 300 m,相对高差 100~200 m,平均坡度约 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$,日照时间短,雨量充沛,年均气温 14.9°C ,无霜期 275 d,属于中亚热带湿润季风气候。土壤呈微酸性黄壤^[12],肥力适中。林场为炼山后使用马尾松实生苗按照 $1\text{ m}\times 2\text{ m}$ 株行距种植,造林的第 3 年进行砍灌等管理,在幼龄和中龄中期各进行一次抚育间伐后自然生长。孟关林场现存幼龄林面积为 58.30 hm^2 ,中龄林面积为 181.30 hm^2 ,近熟林面积为 671.06 hm^2 ,成熟林面积为 36.82 hm^2 ,森林覆盖率为 80.43%,属于马尾松 II 类产区。林场以马尾松人工纯林为主,灌木层主要由茅栗(*C. seguinii*)、榲桲(*Q. aliena*)、杜鹃(*Rhododendron simsii*)、铁仔(*M. africana*)等构成,草本层主要有芒箕(*G. linearis*)、边缘鳞盖蕨(*M. marginata*)、野青茅(*D. arundinacea*)等^[13]。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置与调查 本研究在在林场内选取海拔、坡向、坡位、土壤类型等立地条件相近,并根据《中华人民共和国林业行业标准:主要树种龄级与龄组划分》(LY/T 2908—2017)为依据,选择 8a、18a、28a 及 36a 生的马尾松人工纯林,分别代表幼龄林、中龄林、近熟林和成熟林,通过踏查确定布设典型样方,各年龄组各设置 3 个 $20\text{ m}\times 20\text{ m}$ 的样地,记录每个样地海拔、坡度、坡向、坡位等基本信息,测定样地内马尾松树种胸径(幼苗测基径)、树高、冠幅、枝下高、林分密度和郁闭度。在每个样地中沿对角线设置 3 个 $5\text{ m}\times 5\text{ m}$ 的灌木样方和 3 个 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 的草本样方,记录样方内灌木和草本的物种名称及其数量,测量高度并测算其盖度。

1.2.2 重要值计算 以马尾松人工林年龄组(8a、18a、28a 及 36a)为统计单位,用群落中物种的密度、频度和盖度为指标确定相对密度(RD)、相对频度(RF)以及相对盖度(RC),以重要值作为优势种的

度量指标。

多度:样方中物体个体数目;

频度:物种在样方中出现的次数;

盖度:植物地上部分植物投影的面积占地面的比率;

灌草物种的重要值(IV)计算公式为:

$$IV = (RD+RF+RC) \times 100/3^{[14]}$$

1.2.3 生态位宽度计算 以物种多度为参数计算生态位宽度,采用 Levins 和 Shannon-Wiener 生态位宽度指数来计算^[15]。

Levins (1968) 生态位宽度计算公式:

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

Shannon-Wiener 生态位宽度计算公式:

$$B_a = -\sum_{j=1}^r (P_{ij} \ln P_{ij})$$

Levins (1968)生态位宽度 B_i 侧重于分析物种在样方中出现的概率情况。 j 表示样方, P_{ij} 为物种 i 在第 j 样方的个体数占该物种的所有个体数的比例, r 为样方总数 B_i 的值域 $[1, r]$ 。若物种 i 只出现在一个样方中时,则 B_i 值为 1,当物种 i 以近似的数量出现在所有样方中时,则 B_i 则越接近 r 。

Shannon-Wiener 生态位宽度 B_a 反映种群个体对资源的利用程度。 j 、 P_{ij} 及 r 的意义同上, B_a 值域为 $[0, \ln r]$,当 B_i 为 0 时,表示物种只利用一个资源位,当 B_i 为 1 时,则表示物种利用全部资源。

上述计算方式操作方便,计算简单,忽略物种对环境生态因子的适应能力不同对物种生态位宽度的影响,使用两种计算方法能更客观地表达群落优势种间生态位宽度关系。

1.2.4 生态位重叠计算 生态位重叠采用 Pianka 来计算,直观地反映出物种种对间生态位重叠及变化情况。

$$O_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^r P_{ij} P_{kj}}{\sqrt{\sum_{j=1}^r p_{ij}^2 \cdot \sum_{j=1}^r p_{kj}^2}} \quad j = (1, 2, \dots, r)$$

式中, O_{ik} 为物种 i 和物种 k 的生态位重叠值, P_{ij} 表述的意义同上, P_{kj} 为物种 k 在第 j 个样方的个体数占该物种的所有个体数的比例, r 为样方总数,域值为 $[0, 1]$ 。当生态位重叠值接近 0 时,说明两个物种种对间生态学相似性低,不存在竞争或者竞争很小;当越接近 1 时表明两物种种对间生态学

相似性高,利用环境资源的方式相似,资源有限时竞争犹为激烈。

1.2.5 数据处理 以原始数据为基础,分别以 8a、18a、28a、36a 林分为单位,通过 R 语言计算,采用 Excel 2016 绘制相应图表。

2 结果与分析

2.1 优势种重要值分析

通过计算并列重要值(IV)排名为前 11 的物种,并人为的定义其为优势种,结果如表 1 所示。

灌木层中:随着林分年龄的变化绝对优势种重要值也会发生改变。8a 林分中槲栎重要值达 50.89%,构树、山莓、金银木为独有优势种,林分郁闭度小,光照、土壤、水分、温度等条件为适应能力极强的构树等阳性树快速繁殖,进而改变林内环境;18a 林分中槲栎重要值为 47.23%,野蔷薇和柃木为 8a 和 18a 林分中共有优势种,具有耐半阴等特性在生长发育过程对光的需求不强。28a 林分中槲栎、菝葜、铁仔等重要值都在 43%以上,但铁仔重要值最大,菝葜为 8a 和 28a 林分共有优势种;36a 林分中南烛重要值为 40.94%,通过自然整枝等作用,枝下高变大,给南烛提供了更大的生长空间,在 18a 和 36a 林分为共有优势种。槲栎在各林龄林分中重要值均大于 32%,相对优势较为突出,竞争能力强。

草本层中:8a 林龄中边缘鳞盖蕨重要值分别为 41.56%,对土壤适应性强且耐半荫的醉浆草和黄精为幼龄阶段独有种;18a 林龄边缘鳞盖蕨重要值达 25.98%;28a 林龄乌蕨等重要值为 43.85%;36a 林龄黑足鳞毛蕨重要值为 38.27%;边缘鳞盖蕨为 8a 和 28a 林龄共有优势种;乌蕨为 8a 和 28a 林龄中为共有优势种;荇草为 8a、18a、28a 林龄中的特有优势种;割鸡芒、牛膝和羊茅在 8a、18a 林龄中为共有种;芒萁、野青茅、乌蕨为所有林分显著优势种,芒萁在各林龄林分中草本中芒萁重要值始终排第一位,其下茎及强有力的不定根,加之耐干旱耐贫瘠喜酸性土壤等生物学特点,常常在林地中成为显著的优势种。

2.2 生态位宽度分析

在表 1 可看出用不同的计算方法计算出的生态位宽度值(B_i 和 B_a)结果呈现相同趋势。灌木层中:28a 林龄中槲栎和菝葜 B_i 值分别为 6.78 和 6.31, B_a 值分别为 2.03 和 1.99,生态位宽度占绝对优势,表明它们竞争能力最大,适应性也最强;南烛随年龄的递增生态位宽度值逐渐变大,说明它对环境资源的

表 1 不同林龄马尾松人工林林下灌草优势种重要值(IV)及生态位宽度(B₁、B₂)

Table 1 Important values and niche widths of dominant species of shrubs and grasses in *P. massoniana* plantations with different ages

林层 Forest layer	物种名称 Species name	8a			18a			28a			36a		
		IV	B ₁	B _a	IV	B ₁	B _a	IV	B ₁	B _a	IV	B ₁	B _a
灌木层 Shrub layer	槲栎 <i>Quercus aliena</i>	50.89	2.55	1.02	47.32	3.25	1.27	47.66	6.78	2.03	32.99	4.34	1.65
	菝葜 <i>Smilax china</i>	37.96	2.28	0.92	36.08	3.85	1.37	43.77	6.31	1.99	50.62	3.34	1.61
	茅栗 <i>Castanea seguinii</i>	37.29	1.80	0.64	17.40	2.00	0.69	13.42	2.67	1.04	19.85	2.72	1.04
	南烛 <i>Vaccinium bracteatum</i>	32.10	1.60	0.56	39.49	—	—	—	5.50	1.88	40.94	5.77	1.84
	柃木 <i>Eurya japonica</i>	17.49	1.00	0.00	8.72	—	—	—	—	—	—	—	—
	云实 <i>Caesalpinia decapetala</i>	15.67	1.00	0.00	17.46	2.00	0.69	10.71	2.00	0.69	8.18	1.60	0.56
	铁仔 <i>Myrsine africana</i>	12.90	1.00	0.00	34.78	1.23	0.34	50.49	5.69	1.88	18.54	3.14	1.26
	野蔷薇 <i>Rosa multiflora</i>	12.78	1.00	0.00	9.84	1.00	0.00	—	—	—	—	—	—
	构树 <i>Broussonetia kazinoki</i>	12.63	1.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	山莓 <i>Rubus corchorifolius</i>	12.63	1.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
草本层 Herb layer	金银木 <i>Lonicera maackii</i>	12.45	1.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	芒萁 <i>Dicranopteris dichotoma</i>	44.85	1.47	0.50	28.04	1.72	0.61	46.38	5.99	1.85	41.73	6.16	1.89
	边缘鳞盖蕨 <i>Microlepia marginata</i>	41.56	2.84	1.07	25.98	2.96	1.09	21.61	3.22	1.34	—	2.05	0.83
	乌蕨 <i>Stenoloma chusanum</i>	40.33	2.56	1.00	8.57	1.00	0.00	43.85	5.29	1.90	25.94	3.27	1.33
	野青茅 <i>Deyeuxia arundinacea</i>	35.88	2.31	0.94	10.34	3.31	1.29	23.37	5.49	1.74	23.77	5.12	1.72
	黑足鳞毛蕨 <i>Dryopteris fuscipes</i>	16.73	1.00	0.00	19.52	1.00	0.00	—	—	—	38.27	5.10	1.70
	荩草 <i>Arthraxon hispidus</i>	13.72	1.76	0.62	20.81	1.00	0.00	3.75	1.00	0.00	—	—	—
	牛膝 <i>Achyranthes bidentata</i>	12.29	1.00	0.00	10.53	1.00	0.00	—	—	—	—	—	—
	羊茅 <i>Festuca ovina</i>	12.07	1.00	0.00	8.64	1.00	0.00	—	—	—	—	—	—
	酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	11.73	1.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	割鸡芒 <i>H. nemorum</i>	11.47	1.00	0.00	8.41	1.00	0.00	—	—	—	—	—	—
	黄精 <i>Polygonatum sibiricum</i>	11.43	1.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—

利用能力不断增强,36a 时生态位宽度值超过槲栎和菝葜;茅栗也随林龄的增加生态位宽度值呈上升趋势,但竞争能力始终小于槲栎和菝葜,铁仔和云实随林龄的增长生态位宽度值先增加后减少,在 28a 时最大;8a 时金银木、柃木、野蔷薇、构树以及山莓生态位宽度相等,野蔷薇及柃木在 8a 林龄、18a 林龄中表现出生态位宽度值相同,反映出它们的竞争力相同,对环境资源的利用能力相似。

在草本层中:乌蕨、野青茅、芒萁生态位宽度占绝对优势且竞争能力强;芒萁生态位宽度值随林分林龄的增加呈递增状态,在 36a 林龄时生态位宽度值最大值,对资源的利用能力最大;边缘鳞盖蕨和野青茅随着林分林龄的增加呈现先增加后减少的趋势;野青茅的竞争能力随林分年龄的增长速度比边缘鳞盖蕨迅速;乌蕨随林分年龄的增长呈先上升后下降的趋势,在 18a 林龄时竞争力最低;黑足鳞毛蕨在 8a 和 18a 林龄时生态位宽度值相同,在 36a 林龄时生态位宽度值与野青茅相似,但随着林分发育成为竞争能力最大的物种。种植初期,马尾松冠幅小

林间稀疏,充足的光照为野青茅等喜光灌木植物提供良好的生存条件。随着马尾松冠幅增大,大林分郁闭度增加,林下松针等凋落物逐渐堆积且不易分解等原因导致物种对生存空间和养分的需求加剧物种竞争激烈^[16],林内光照、水分等发生变化,如芒萁等耐阴植物生长依旧良好,野青茅等喜光或一年生物种逐渐减少或消失。

2.3 生态位重叠分析

当两个物种占有利用同一资源时,就会出现生态位重叠现象,当重叠值越大时其生态学或生物学相似性就越高。各林龄灌木层中优势物种间重叠值如表 2 所示,在不同发育阶段,各物种种间生态位重叠值不同。

灌木层中:8a 林龄中生态位重叠的有 33 对,占物种种对的 70.2%;18a 林龄中生态位重叠的有 17 对,占物种种对的 80.9%;28a 林龄中生态位重叠的有 14 对,占物种种对的 93.3%;36a 林龄中生态位重叠的有 15 对,占物种种对的 100%。结果表明种对数随林龄增加而减少,在同一生境中,物种的生物

表 2 不同林龄灌木层物种对间生态位重叠值

Table 2 Niche overlap values between species pairs of shrub layer with different forest ages

林龄 Forest age	物种名称 Species name	菝葜	槲栎	金银木	栓木	茅栗	南烛	野蔷薇	铁仔	构树	山莓	云实 <i>C. decapetala</i>
8a	菝葜 <i>S. china</i>		0.82	0.55	0.36	0.44	0.69	0.36	0.55	0.09	0.36	0.09
	槲栎 <i>Q. aliena</i>			0.53	0.25	0.58	0.73	0.25	0.53	0.22	0.25	0.22
	金银木 <i>L. maackii</i>				0.00	0.60	0.71	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	栓木 <i>E. japonica</i>					0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	茅栗 <i>C. seguinii</i>						0.67	0.00	0.33	0.67	0.00	0.67
	南烛 <i>V. bracteatum</i>							0.00	0.75	0.25	0.00	0.25
	野蔷薇 <i>R. multiflora</i>								0.00	0.00	1.00	0.00
	铁仔 <i>M. africana</i>									0.00	0.00	0.00
	构树 <i>B. kazinoki</i>										0.00	1.00
	山莓 <i>R. corchorifolius</i>											0.00
18a	菝葜 <i>S. china</i>		0.88		0.30	0.60		0.20	0.36			0.60
	槲栎 <i>Q. aliena</i>				0.42	0.70		0.09	0.50			0.70
	栓木 <i>E. japonica</i>					1.00		0.00	0.32			1.00
	茅栗 <i>C. seguinii</i>							0.00	0.55			1.00
	野蔷薇 <i>R. multiflora</i>								0.00			0.00
	铁仔 <i>M. africana</i>											0.86
28a	菝葜 <i>S. china</i>		0.90			0.43	0.64		0.49			0.20
	槲栎 <i>Q. aliena</i>					0.29	0.65		0.56			0.10
	茅栗 <i>C. seguinii</i>						0.82		0.37			0.00
	南烛 <i>V. bracteatum</i>								0.56			0.27
	铁仔 <i>M. africana</i>											0.29
36a	菝葜 <i>S. china</i>		0.28			0.25	0.33		0.24			0.15
	槲栎 <i>Q. aliena</i>					0.60	0.88		0.69			0.47
	茅栗 <i>C. seguinii</i>						0.70		0.97			0.53
	南烛 <i>V. bracteatum</i>								0.33			0.19
	铁仔 <i>M. africana</i>											0.61

学特性相似。槲栎和菝葜在所有林分中生态位重叠都最大,二者利用生境资源的方式近似;具有同科属的物种生态学特性越相似,如山莓和野蔷薇生态位重叠值为 1。山莓-云实、构树-铁仔等多对物种间重叠值为 0,且这些物种生态位宽度相等,反映出它们占据着相对独立的资源,构成了一个有机整体互不干扰;优势种槲栎、菝葜、南烛等与其他种对间生态位重叠值在 0.09~0.82 之间波动。

各林龄草本层中优势种物种间生态位重叠值见表 3。

草本层中:8a 林龄生态位重叠的有 43 对,占林分种对的 78.18%;18a 林龄生态位重叠的有 21 对,占林龄种对的 58.33%;28a 林龄生态位重叠的有 8 对,占林分种对的 80%;36a 林龄生态位重叠的有 9 对,占林分种对的 90%。边缘鳞盖蕨-乌蕨种对在

不同林龄中均存在不同的重叠,表明两个物种对环境资源的利用方式相似;芒萁生态位宽度最大,但与其他草本的生态位重叠于 0~0.86 之间浮动,物种间生态学或生物学特性存在差异,在不同发育阶段林分种对间的生态位重叠值不同。同一优势种与不同物种种对间生态位重叠值存在差异,如槲栎-菝葜、铁仔-茅栗、乌蕨-边缘鳞盖蕨、野青茅-荩草等物种种对间生态位重叠值较大,表现出极强的生态学相似特性。

3 讨 论

林下空间被一定数量灌木、草本占有并构成一个有机整体,在不同的发育阶段,物种间或竞争或互利共生充分利用着林下环境资源^[1-2,17]。本研究使用 Levins 和 Shannon 两种方式对物种生态位宽度进

表 3 不同林龄草本层物种对间生态位重叠值

Table 3 Niche overlap between species pairs of herbaceous species in different forest ages

林龄 Forest age	物种名称 Species name	边缘鳞 盖蕨	酢浆草	割鸡芒	黑足鳞 毛蕨	黄精	苎草	芒萁	牛膝	乌蕨	羊茅	野青茅 <i>D. arundinacea</i>
8a	边缘鳞盖蕨 <i>M. marginata</i>		0.22	0.22	0.22	0.39	0.48	0.57	0.22	0.94	0.39	0.69
	酢浆草 <i>O. corniculata</i>			1.00	1.00	0.00	0.71	0.00	1.00	0.36	0.00	0.87
	割鸡芒 <i>H. nemorum</i>				1.00	0.00	0.69	0.00	1.00	0.36	0.00	0.66
	黑足鳞毛蕨 <i>D. fuscipes</i>					0.00	0.74	0.00	1.00	0.36	0.00	0.68
	黄精 <i>P. sibiricum</i>						0.55	0.29	0.00	1.07	1.00	0.26
	苎草 <i>A. hispidus</i>							0.09	0.69	0.58	0.31	0.96
	芒萁 <i>D. dichotoma</i>								0.00	0.84	0.20	0.67
	牛膝 <i>A. bidentata</i>									0.36	0.00	0.71
	乌蕨 <i>S. chusanum</i>										0.42	0.63
	羊茅 <i>F. ovina</i>											0.26
18a	边缘鳞盖蕨 <i>M. marginata</i>			0.00	0.00		0.00	0.62	0.00	0.31	0.00	0.90
	割鸡芒 <i>H. nemorum</i>				1.00		1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.55
	黑足鳞毛蕨 <i>D. fuscipes</i>						1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.55
	苎草 <i>A. hispidus</i>							0.00	1.00	0.00	1.00	0.55
	芒萁 <i>D. dichotoma</i>								0.00	0.30	0.00	0.68
	牛膝 <i>A. bidentata</i>									0.00	1.00	0.55
	乌蕨 <i>S. chusanum</i>										0.00	0.55
	羊茅 <i>F. ovina</i>											0.55
28a	边缘鳞盖蕨 <i>M. marginata</i>						0.00	0.37		0.97		0.95
	苎草 <i>A. hispidus</i>							0.86		0.11		0.00
	芒萁 <i>D. dichotoma</i>									0.54		0.48
	乌蕨 <i>S. chusanum</i>											0.75
36a	边缘鳞盖蕨 <i>M. marginata</i>				0.00			0.75		0.93		0.43
	黑足鳞毛蕨 <i>D. fuscipes</i>							0.70		0.20		0.67
	芒萁 <i>D. dichotoma</i>									0.38		0.44
	乌蕨 <i>S. chusanum</i>											0.87

行计算,结果表明,在灌草群落中两种计算结果总体趋势一致。通过对比不同发育阶段的马尾松人工林下灌木及草本物种的重要值认为,不能单一地以重要值大小来判断物种对资源的占有利用能力,需要结合生态位宽度来分析,这一观点与魏凯^[18]、武秀娟^[19]等研究的结果相似。

大量学者做了重要值、生态位宽度及生态位值的关系的研究,本研究认为物种重要值与生态位宽度不存在绝对的正负关联关系,生态位宽度值会受到物种在样方中出现的频度大小的影响,且会随着所处的时间及空间环境变化而发生改变。这与董冬等^[20]研究古树群落主要种群生态位的动态变化的结果相似。曹恒等^[21]分析了人工林下灌木植物的生态位宽度以及重叠情况,认为人工林群落结构的改善和物种多样性有着不可分割联系。重要值大的

植物对群落的构建及生态位功能起决定性作用,生态位宽度反映出种群对空间的占据能力,生态位重叠表示物种种对对环境资源的共享能力,在不同发育阶段的林分中配置不同的优势种可提高群落稳定性及抗性^[22]。生态位重叠与种对间竞争与共存有关,物种只有在生态位重叠且环境资源有限的情况下竞争才会加剧,用生态位理论来指导植物种间配置具有现实意义。

光照和水分是限制林下植物生长和分布的主要因素^[23-24],根据贵州喀斯特地貌特点和立地条件,按照植物对土壤酸碱度的适应需求,本着适地适树的原则,在不同的时期选择适应能力强的本土灌木和草本,充分考虑光照条件在不同林龄发育阶段对马尾松林下物种进行配置:幼龄林阶段林木冠幅小,阳光充足,选择生态位宽度相似,生态位重叠值小且

与现有优势种生态效益互补的喜光物种,同时采取适当的人工干预措施^[25],提高物种存活率;中龄林阶段,一些喜光的灌草物种竞争能力变弱,这时配置喜阴耐阴的灌草物种如云实、柃木、茅栗、铁仔、蕨类等植物,来改善马尾松林下物种组成,提高物种多样性;近、成熟林阶段,马尾松成熟已达到采伐条件,人为干扰加剧,可配置榲桲、菝葜、野青茅、芒萁等生长适应能力强的植物来提高林内环境资源的利用率。

参考文献:

[1] 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.
ZHANG G M, XIE S C. Developement of niche concept and its perspectives: a review[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1997, **16**(6): 46-51.

[2] 朱春全. 生态位理论及其在森林生态学研究中的应用[J]. 生态学杂志, 1993, **12**(4): 41-46.
ZHU C Q. Niche theory and its application in forest ecology research[J]. *Journal of Ecology*, 1993, **12**(4): 41-46.

[3] LI X S, YU Z H, SUN S, *et al.* Ecological niche breadth and niche overlap of dominant species of fish assemblage in Yangtze River estuary and its adjacent waters[J]. *The Journal of Applied Ecology*, 2013, **24**(8): 2 353-2 359.

[4] SHAMSUTDINOV Z S, UBAJDULLAEV S R, BLAGORA-ZUMOVA M V, *et al.* Differentiation of ecological niches of some dominant plant species in [*Haloxylon aphyllum* (Minkw) Iljin] phytogenic crowfoot in Karnabchul desert[J]. *Arid Ecosystems*, 2013, **3**(4): 191-197.

[5] 赵永华, 雷瑞德, 何兴元, 等. 秦岭锐齿栎林种群生态位特征研究[J]. 应用生态学报, 2004, **15**(6): 913-918.
ZHAO Y H, LEI R D, HE X Y, *et al.* Niche characteristics of plant populations in *Quercus aliena* var. *acuteserrata* stands in Qinling Mountains[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, **15**(6): 913-918.

[6] 吴颖莹. 南京聚宝山森林公园优势种群生态位研究[D]. 南京:南京林业大学, 2015.

[7] 邓伦秀, 李 茂. 马尾松人工林研究现状及展望[J]. 安徽农业科学, 2009, **37**(7): 2 968-2 971.
DENG L X, LI M. The research present situation and prospects on the *Pinus massoniana* lamb. plantation[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, **37**(7): 2 968-2 971.

[8] 黄新荣, 黄承标, 岑国峰, 等. 不同林龄马尾松人工林林下植物多样性研究[J]. 农业研究与应用, 2013, (4): 1-6.
HUANG X R, HUANG C B, CEN G F, *et al.* A study on species diversity of undergrowth vegetation in different age Masson pine plantation[J]. *Agricultural Research and Application*, 2013, (4): 1-6.

[9] 孟祥江, 何邦亮, 马正锐, 等. 我国马尾松林经营现状及近自然育林探索[J]. 世界林业研究, 2018, **31**(3): 63-67.
MENG X J, HE B L, MA Z R, *et al.* Current situation of Masson pine forest management and its practice of close-to-nature silviculture in China[J]. *World Forestry Research*, 2018, **31**(3): 63-67.

[10] 戴 冬, 彭楚才, 黄 鑫, 等. 鄂中地区马尾松人工林群落演替特征研究[J]. 林业科学研究, 2019, **32**(6): 48-55.
DAI D, PENG C C, HUANG X, *et al.* Community succession characteristics of *Pinus massoniana* plantation in central Hubei Province[J]. *Forest Research*, 2019, **32**(6): 48-55.

[11] 程 雯. 喀斯特石漠化治理中林灌草群落配置机理与优化调控技术[D]. 贵阳:贵州师范大学, 2019.

[12] 盘金文, 郭其强, 余大龙, 等. 不同林龄马尾松人工林优势种径级结构及物种多样性分析[J]. 西北植物学报, 2019, **39**(4): 722-728.
PAN J W, GUO Q Q, YU D L, *et al.* Analysis on the diameter class structure and species diversity of dominant species of *pinus massoniana* plantations of different ages[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2019, **39**(4): 722-728.

[13] 丰 霞, 全文选. 孟关林场森林资源分析及可持续经营对策初探[J]. 山地农业生物学报, 2013, **32**(1): 52-55.
FENG X, QUAN W X. Preliminary investigation in the current status of forest resources and sustainable management countermeasures in Mengguan forestry farm[J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2013, **32**(1): 52-55.

[14] 陈胜群, 韦小丽, 安明态, 等. 贵州百里杜鹃自然保护区不同演替阶段植物群落物种多样性[J]. 西北植物学报, 2019, **39**(7): 1 298-1 306.
CHEN S Q, WEI X L, AN M T, *et al.* Species diversity of plant communities at different succession stages in Baili Rhododendron Nature Reserve in Guizhou[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2019, **39**(7): 1 298-1 306.

[15] 张克荣, 刘应迪, 朱晓文, 等. 岳麓山马尾松生态位分析[J]. 生态学杂志, 2009, **28**(2): 197-202.
ZHANG K R, LIU Y D, ZHU X W, *et al.* Niche analysis of *Pinus massoniana* in yuelu mountain of Hunan Province, China[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, **28**(2): 197-202.

[16] 郭其强,盘金文,李慧娥,等. 贵州高原山地马尾松人工林土壤碳、氮、磷生态化学计量特性[J]. 水土保持学报, 2019, **33**(4): 293-298.

GUO Q Q,PAN J W, LI H E, *et al.* Ecological stoichiometry of soil carbon, nitrogen and phosphorus in *Pinus massoniana* plantations in the mountainous areas of Guizhou plateau [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2019, **33**(4): 293-298.

[17] 李 斐,朱金兆,朱清科. 生态位理论及其测度研究进展[J]. 北京林业大学学报, 2003, **25**(1): 100-107.

LI J,ZHU J Z,ZHU Q K. Research progress on niche theory and its measurement[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2003,**25**(1): 100-107.

[18] 魏 凯,郑建忠,杨 铭,等. 平潭光幼屿典型植物群落优势种生态位特征[J]. 森林与环境学报, 2020, **40**(3): 290-297.

WEI K, ZHENG J Z, YANG M, *et al.* Niche characteristics of dominant species in typical plant communities in Guangyou Island, Pingtan[J]. *Journal of Forest and Environment*, 2020, **40**(3): 290-297.

[19] 武秀娟,奥小平. 芦芽山阴坡华北落叶松-云杉天然次生林林下灌草生态位特征[J]. 中南林业科技大学学报, 2020, **40**(7): 99-106.

WU X J, AO X P. Niche characteristics of shrub and herb species within *Larix principis-rupprechtii*-*Picea* spp. secondary forests on north slope of Luyashan[J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2020, **40**(7): 99-106.

[20] 董 冬,许小天,周志翔,等. 安徽九华山风景区古树群落主要种群生态位的动态变化[J]. 生态学杂志, 2019, **38**(5): 1 292-1 304.

DONG D, XU X T, ZHOU Z X, *et al.* Niche dynamics of main populations of old-tree communities in Jiuhua Mountain Scenic Area of Anhui Province[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2019, **38**(5): 1 292-1 304.

[21] 曹 恒,杨海龙,贺康宁,等. 青海高寒区不同人工林配置下灌木种群的生态位研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, **42**(5): 84-90.

CAO H, YANG H L, HE K N, *et al.* Niche of shrub populations in different plantation communities in Alpine region of Qinghai Province[J]. *Journal of Northwest A & F University* (Natural Science Edition), 2014, **42**(5): 84-90.

[22] 王 晶,毕润成,张钦弟,等. 山西太岳山辽东栎群落优势种生态位研究[J]. 生态科学, 2016, **35**(4): 62-70.

WANG J, BI R C, ZHANG Q D, *et al.* Niche characteristics of dominant plant species in a *Quercus wutaishanica* community in Taiyue Mountain Shanxi Province[J]. *Ecological Science*, 2016, **35**(4): 62-70.

[23] 李婷婷,鱼舜尧,吴傲森,等. 林分因子对云顶山不同人工林林下植物多样性的影响[J]. 西北植物学报, 2019, **39**(8): 1 463-1 471.

LI T T, YU S Y, WU A M, *et al.* Effects of stand factors on the diversity of understory plants in different artificial forests in Yunding Mountain[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2019, **39**(8): 1 463-1 471.

[24] 李小芳,张朝晖,李承义,等. 贵州猴耳天坑地下森林苔藓植物多样性特征研究[J]. 西北植物学报, 2018, **38**(12): 2 324-2 333.

LI X F, ZHANG Z H, LI C Y, *et al.* Study on the characteristics of bryophytes diversity in Hou'er Tiankeng underground forest in Guizhou[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2018, **38**(12): 2 324-2 333.

[25] 郑兰英,王晓荣,庞宏东,等. 择伐抚育对不同类型马尾松人工林林下生物多样性的影响[J]. 西部林业科学, 2017, **46**(3): 6-12.

ZHENG L Y, WANG X R, PANG H D, *et al.* Effects of selective cutting on the biodiversity of different *Pinus massoniana* plantations types[J]. *Journal of West China Forestry Science*, 2017, **46**(3): 6-12.

(编辑:潘新社)