

DOI: 10.5846/stxb202106231667

俞昀, 白小军, 王志一. 大兴安岭次生林区不同龄级落叶松 (*Larix gmelinii*) 生态位特征和竞争关系. 生态学报, 2022, 42(12): 4912-4921.

Yu Y., Bai X. J., Wang Z. Y. Niche characteristics and competitive relationship of *Larix gmelinii* between different age classes in Greater Khingan Range secondary forest area. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(12): 4912-4921.

大兴安岭次生林区不同龄级落叶松 (*Larix gmelinii*) 生态位特征和竞争关系

俞 昀¹, 白小军^{3,4}, 王志一^{2,*}

1 无锡职业技术学院, 无锡 214000

2 中国地质环境监测院, 北京 100081

3 东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040

4 陕西省神木中学, 神木 719300

摘要: 生态位能够反映物种在群落中的功能地位, 通过生态位可以定量地研究种内、种间、生境三者之间的相互关系。以大兴安岭次生林区优势种群落叶松 (*Larix gmelinii*) 为研究对象, 运用 Levins 公式、Pianka 指数和 Hegyi 单木竞争指数模型分析了该优势种的生态位特征、生态位宽度与重叠度以及重叠程度与竞争作用之间的关系。研究结果表明: 随落叶松个体的发育其生态位呈先增大后减小的规律性变化; 生态位宽度较大的落叶松个体间重叠程度往往也较高, 生态位宽度与重叠度呈显著的线性正相关; 落叶松个体间的生态位重叠程度与彼此之间的竞争作用无明显相关性、种群内存在互利性生态位重叠现象; 生物个体间的竞争作用与研究尺度有关。

关键词: 生态位宽度; 生态位重叠; 竞争作用; 大兴安岭; 落叶松种群

Niche characteristics and competitive relationship of *Larix gmelinii* between different age classes in Greater Khingan Range secondary forest area

YU Yun¹, BAI Xiaojun^{3,4}, WANG Zhiyi^{2,*}

1 Wuxi Institute of Technology, Wuxi 214000, China

2 China Institute of Geo-Environment Monitoring, Beijing 100081, China

3 Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

4 Shenmu Middle School, Shenmu 719300, China

Abstract: Niche can reflect the functional status of species in the community. We can quantitatively study the relationship among intra-species, interspecies and habitat by the niche. In this paper, the dominant species of *Larix gmelinii* in the Greater Khingan Range secondary forest area is used as the research object, and the niche characteristics, niche width, overlap and competition relationship between degrees are analyzed using Levins formula, Pianka index and Hegyi single tree competition index models. Results show that the niche width first increases and then decreases regularly with the development of individual *Larix gmelinii*. The larger niche width tends to have a higher degree of overlap between individuals, and there is a significantly linear positive correlation between the niche width and the degree of overlap. There is no obvious correlation between the degree of niche overlap and the competition between each other, and there is a mutually beneficial niche overlap phenomenon in the *Larix gmelinii* population. The competition between individual organisms is related to the research scale.

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFB0503803); 中国地质调查局地质调查项目 (DD20190701)

收稿日期: 2021-06-23; **网络出版日期:** 2022-02-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 273463988@qq.com

Key Words: niche breadth; niche overlap; competitive role; Greater Khingan Range; *Larix gmelinii* population

生态位是生态学的重要概念和理论之一,是指在一个由一系列环境轴所定义的 N 维空间内种群可以维持存活的一种能力。不同的物种对生境压力的脆弱性不同^[1-2],种群或生物个体对资源的利用能力体现了其自身在群落生态空间内的地位,是种群分布与群落演替的内在动力^[3],也是解释群落内种间共存与植物间竞争机制的基本理论之一^[4-7]。因此通过对种群生态位的研究不仅可以定量地研究种内、种间、生境三者之间的相互关系,而且对于理解群落结构和功能、生物多样性、群落的动态演替和种群进化等方面都具有重要作用^[8-9]。

生态位测度包括生态位宽度和生态位重叠,它们是基于种群在一系列资源状态下的分布数据^[10]。生态位宽度是物种所能利用的各种资源的一个综合指标,一些学者认为,普遍的物种或生态系统都具有较广泛的环境适应范围,其生态位宽度就较大,而分布范围狭窄的物种或生态系统,其生态位宽度就较小^[11-12]。生态位重叠既可以体现生物种群对环境资源的利用状况,又能反映种群间在分布地段的交错程度^[13-14],当多种生物利用同一资源时就会发生生态位重叠,因此生态特征相似或具有近相似环境要求的植物种群在群落中生态位重叠往往也较大^[2]。生态位重叠值的大小与对资源的竞争强弱呈正比^[15-17],如果这种重叠是在环境容量充分饱和的情况下存在,那么便会导致竞争排斥现象的发生,其结果是生态位相似的生物部分死亡或特征置换后得以生存^[15]。以往研究表明,两个物种在竞争相同环境资源的同时如果其他所有的生态因素不变,那么两者是不能共存的^[2]。然而一些研究发现,物种在群落生态空间的地位是可以通过自身的生态策略扭转,即竞争能力较弱的物种可能会在多维的生态空间下选择其中的一小部分进行繁殖和生存,以此来逃避竞争排斥作用。随着时间的推移,物种反而会在受限制的生态空间内占据主导地位,对该资源梯度下其他物种的生态空间产生作用,甚至可能会将其他物种排除在外^[15]。生态位宽度和生态位重叠值的计算对了解各种类在群落中的地位、作用以及种类间的相互关系等具有重要意义,也可为植物资源的保护和城市生态环境的修复以及城市景观生态建设提供重要的理论依据^[18-19]。

截至目前对于生态位的相关研究主要集中在热带、亚热带和温带地区群落内优势种群间^[1-7],对寒温带地区优势种群生态位的研究较少^[20-21],并且研究的都是种群整体的生态位,对种群内部不同龄级个体生态位的研究鲜有报道,而对寒温带单优次生林群落优势种群内部生态位的研究更是比较少见。基于此,本文尝试通过对大兴安岭次生林群落优势种群落叶松(*Larix gmelinii*)不同龄级个体的生态位和种内竞争关系进行了研究,希望能够以此来阐明寒温带地区次生林群落在演替恢复过程中优势种群内部生态位变化规律及生态位分化的原因,进一步明确生态位重叠与竞争作用之间的关系,从而来揭示种内竞争作用的产生机理及影响因素,为生物竞争机制和生态位竞争理论提供实践证据。另外通过对不同龄级植物个体生态位的研究,也可为国家生态建设和城镇化建设以及景观生态构建时植物个体的选择提供理论支持^[22]。

1 材料和方法

1.1 研究地区概况

大兴安岭平均海拔 1200—1300m,最高峰达 2035m。山脉北段较宽,达 306km,南段仅宽 97km。形成于侏罗纪造山运动时期,沿东侧的走向断层掀升翘起,整个山体呈倾斜断块,造成东西两坡的斜度不对称。东面坡度较陡,西坡则向蒙古高原和缓倾斜,海拔 790—1000m。大兴安岭大部为火成岩,地形平滑,山顶浑圆,山坡较平缓。山脉东坡被嫩江及松花江的许多支流深深地切割。夏季海洋季风受阻于山地东坡,东坡降水多,西坡干旱,二者呈明显的对比,但整个山区的气候比较湿润,年降水 500mm 以上。山脉北段是中国东部地区最冷之地,冬季严寒(平均气温-28℃),有大面积多年冻土区。山脉中段与南段温暖干燥得多,1 月气温约-21℃,年降水量 250—300mm,雪量也较少。北段的针叶林在南段逐渐转变成阔叶林,最后是点缀于林地之间的草场。本文所研究的样地属于 1987 年火灾后的天然次生林,物种组成较为简单,群落结构也较为明显,落

叶松为该地区主要的优势物种,也是先锋物种^[23],在群落中占有绝对的优势地位,对群落的结构、功能与演替过程发挥着重要的作用。

1.2 研究方法

1.2.1 样方设置

2014 年 7—10 月,在大兴安岭呼中林区,经过实地查看,选择一块几乎无人因素干扰经林火后恢复的天然次生林地,设置一块 9hm² (300m×300m) 长期固定检测样地,采用全站仪 (TopconGTS—336) 将整个样地按相邻格子法划分为 225 个面积为 20m×20m 的样方,再将每一样方拉绳划为 4 个 10m×10m 的小样方,以东西方向为 X 轴,南北方向为 Y 轴,以每个样方的左下角为坐标原点,检尺记录每一调查乔木个体在各个小样方中的具体坐标 (坐标值精确到 0.1m),同时记录样方中出现的所有乔木物种名、对每棵乔木进行检尺记录胸径、树高、并在每一调查乔木个体胸径处挂铝牌以用长期研究。本文进行生态位及竞争关系研究时在该样地中部选择一块植物相对集中分布、面积大小为 120m×120m 小样地,在该样地四个角与对角线上设置 5 个取样点调查统计 34 个 20m×20m 样方内落叶松的胸径、树高和位置坐标等相关数据进行后期的计算分析^[22—24]。

表 1 研究样地内调查乔木指标统计

Table 1 Study on the statistics of tree indexes in the sample plot

物种 species	最大胸径/cm Max DBH	最小胸径/cm Min DBH	平均胸径/cm Mean DBH	个体数 Numbers	相对多度 RA	显著度 RD	相对频度 RF	重要值 IV
落叶松 <i>Larix gmelinii</i>	122	0.6	19.25	1497	0.44	9.46×10^{-1}	0.4	1.79
偃松 <i>Pinus pumila</i>	73	0.6	19.2	1578	0.48	4.74×10^{-2}	0.41	0.94
赤杨 <i>Alnus japonica</i>	6.8	0.3	2.3	155	0.05	1.54×10^{-3}	0.11	0.16
白桦 <i>Betula platyphylla</i> Suk	9.8	0.9	6.2	68	0.02	5.42×10^{-3}	0.06	0.09

RA: 相对多度 Relative abundance; RD: 显著度 Relative significance; RF: 相对频度 Relative frequency; IV: 重要值 Important value; DBH: 胸径 Diameter at breast height

1.2.2 数据处理及落叶松龄级划分

将野外调查数据先输入 Excel 进行初步处理,后期分析处理、绘图等均在 R 4.0.4 中完成 (生态位宽度和重叠值计算用 spaa 程序包);由于测定树木的年龄比较困难,故采用空间代替时间的方法,用树木的径级结构来代替年龄结构,而目前树木径级结构的划分缺乏统一的标准^[25—27],为了更加贴近落叶松种群的实际发育进程并结合调查数据,本文以落叶松地径作为龄级的划分指标,以胸径 0—5cm 为第一龄级,以后每一龄级均按 3cm 为跨度,每增加 3cm 增加一级,总共将落叶松按胸径大小划分为 15 个龄级,进行落叶松种群不同发育阶段生态位特征以及种内竞争关系的分析研究。

1.3 生态位及竞争指数的测定

1.3.1 生态位宽度的测定

本研究采用广为应用的 Levins 生态位宽度,测算公式为^[28]:

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

B_i 为物种 i 的 Levins 生态位宽度; P_{ij} 为物种 i 对第 j 资源梯度级的利用占它对全部资源利用的百分率, $P_{ij} = \frac{n_{ij}}{N_i}$; $N_i = \sum n_{ij}$; n_{ij} 为物种 i 在资源梯度级 j 的数量特征值 (如盖度、重要值、密度等),本研究为种 i 在第 j 样方的密度; r 为资源等级数,本研究以样方为综合资源维度,该值为样方数。

1.3.2 生态位重叠度的测定

本研究采用 Pianka 生态位重叠,测算公式为^[28]:

$$O_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^r n_{ij} n_{kj}}{\sqrt{(\sum_{j=1}^r n_{ij})^2 (\sum_{j=1}^r n_{kj})^2}}$$

O_{ik} 为物种 i 和物种 k 的生态位重叠值; n_{kj} 种 i 和种 k 在资源梯度级 j 的数量特征, 本研究中种 i 和种 k 在样方中的密度值; r 为样方数。

1.3.3 竞争指数的测定

本研究采用 Hegyi 提出的单木竞争指数模型, 计算公式为^[29-31]:

$$I_c = \sum_{j=1}^N (D_j / D_i) \frac{1}{L_{ij}}$$

其中 I_c 为竞争指数, 以数值大小来衡量竞争的激烈程度, 其值越大, 对象木所受到竞争木的竞争越激烈, D_i 为对象木的胸径, D_j 为竞争木的胸径; L_{ij} 为对象木与竞争木之间的距离; N 为竞争木的株数。

2 结果与分析

2.1 生态位宽度

生态位宽度能够反映植物种群对资源的利用以及对环境的适应能力^[11-12, 32], 经分析(图 1、图 2、表 1)发现: 处在不同发育阶段的落叶松所个体所占生态位宽度不同, 整体上落叶松个体所占生态位宽度随个体的发育呈先增大后减小的规律性变化, 且处在成龄阶段的落叶松个体生态位宽度最大, 说明随着落叶松个体的成长其适应环境的能力逐渐增强, 成龄落叶松适应环境能力、资源利用能力最强, 在种群内占有优势地位, 在次生林群落的恢复演替过程中发挥着关键作用。

2.2 生态位重叠值

不同龄级落叶松个体间生态位重叠可以反应不同个体对资源利用的相似性程度, 以往的研究表明生态位重叠程度通常与生物对资源的竞争程度成正相关^[2, 13-15, 32]。本研究分析表明: 处在不同发育阶段的落叶松个体间生态位重叠指数均较高(表 3、图 4), 说明该种群内部生态位分化程度不高, 也充分说明了同一植物种对环境资源利用特征的高度相同或相似性^[33]。但在具体研究相邻两龄级个体间生态位重叠程度时发现随着落叶松个体的发育, 相邻两龄级个体间的生态位重叠指数也呈先增大后减小趋势(图 3), 这也进一步说明生态位宽度和生态位重叠度在落叶松种群内存在明显的相关性(图 6)。另据研究落叶松个体间龄级差距越大生态位重叠指数越低, 说明随着落叶松个体的生长发育其生态位逐渐发生了分化(图 5), 个体间龄级差距越大资源需求的相似性程度越低, 而落叶松幼龄群体和成龄群体内生态位重叠指数均较高且幼龄与成龄群体间生态位重叠指数也较高(图 4), 说明落叶松老龄个体的生态位分化程度较高, 落叶松老龄个体与幼龄和成龄个体间资源需求存在较大的差异。

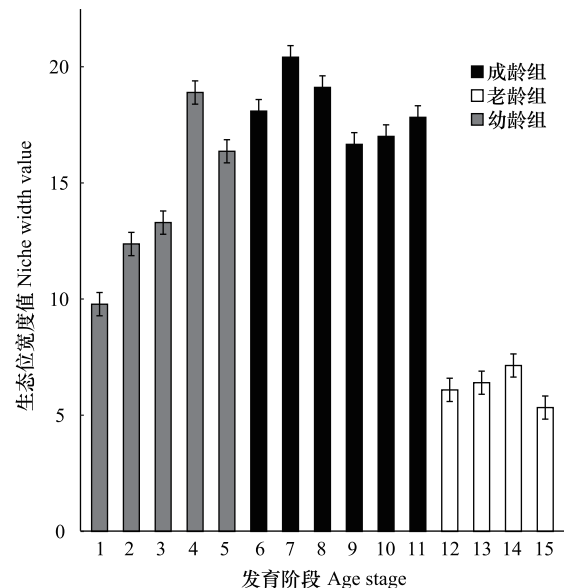


图 1 不同发育阶段落叶松生态位宽度统计

Fig.1 Statistics of niche width of larch at different development stages

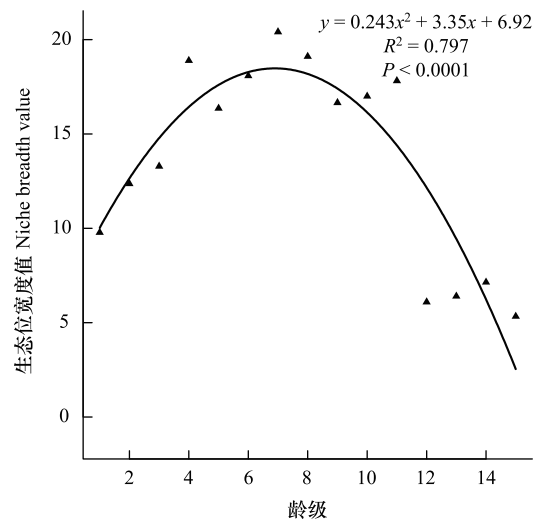


图 2 生态位宽度随龄级变化曲线拟合

Fig.2 Curve fitting of niche width with age class

表 2 落叶松不同发育阶段生态位宽度、重叠值统计

Table 2 Statistics of niche width and overlap value of larch at different development stages

龄级/a Age stage	生态位 宽度值 Breadth value	龄级对 Age pair	生态位 宽度均值 Breadth mean value	生态位 重叠值 Overlap value	龄级对 Age pair	生态位 重叠值 Overlap value	竞争指数 Competition index
7	20.41	7-8	19.76	0.65	5-7	0.84	6.06
8	19.11	8-4	19	0.65	4-8	0.65	6.23
4	18.89	4-6	18.49	0.86	4-7	0.78	5.58
6	18.09	6-11	17.96	0.6	6-7	0.75	12.82
11	17.82	11-10	17.41	0.66	3-6	0.76	3.8
10	17	10-9	16.83	0.47	5-6	0.75	5.58
9	16.66	9-5	16.51	0.56	3-7	0.8	9.52
5	16.36	5-3	14.83	0.72	3-4	0.64	3.41
3	13.29	3-2	12.83	0.69	2-3	0.69	3.35
2	12.37	2-1	11.08	0.4	2-5	0.71	6.63
1	9.78	1-14	8.46	0.33	3-5	0.72	6.97
14	7.14	14-13	6.77	0.51	4-6	0.86	4.45
13	6.4	13-12	6.25	0.24	4-5	0.74	4.8
12	6.09	12-15	5.71	0.4	2-7	0.68	11.03
15	5.33						

“-”表示连接符; * 显著性水平 0.1; * * 显著性水平 0.05; * * * 显著性水平 0.01;

表 3 落叶松种群内不同发育阶段个体间生态位重叠指数

Table 3 Niche overlap index between individuals at different developmental stages in larch population

落叶松龄级编号 Age class No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.40													
3	0.46	0.69												
4	0.43	0.55	0.64											
5	0.36	0.71 *	0.72 *	0.74 *										
6	0.51	0.52	0.76 *	0.86 *	0.75 *									
7	0.39	0.68	0.80 *	0.78 *	0.84 *	0.75 *								
8	0.42	0.58	0.60	0.65	0.55	0.55	0.65							
9	0.34	0.47	0.57	0.52	0.56	0.56	0.58	0.50						
10	0.44	0.49	0.55	0.62	0.61	0.63	0.63	0.60	0.47					
11	0.33	0.55	0.50	0.57	0.57	0.60	0.60	0.60	0.57	0.66				
12	0.16	0.19	0.19	0.31	0.26	0.17	0.33	0.40	0.32	0.56	0.31			
13	0.07	0.23	0.24	0.48	0.34	0.34	0.43	0.38	0.33	0.38	0.23	0.24		
14	0.33	0.62	0.48	0.36	0.53	0.30	0.60	0.45	0.31	0.54	0.16	0.41	0.51	
15	0.24	0.28	0.06	0.26	0.18	0.16	0.28	0.30	0.23	0.34	0.38	0.40	0.37	0.39

2.3 落叶松种内竞争关系

竞争指数模型的分析结果(图 7)表明,落叶松个体受到的竞争作用大小与落叶松个体的龄级大小呈反相关,即龄级越大的个体受到的竞争作用越小,小龄级幼龄或成龄落叶松个体受到竞争作用较强。基于胸径标记点格局分析和先决条件零模型分析(具体分析方法及参数说明,请参见文献^[23])显示,落叶松整个种群内存在竞争作用,而幼龄与成龄群体内或群体间在小尺度下没有检测到明显的竞争作用(图 8)。在较大的研究尺度下表现明显的竞争现象(图 9),说明在小尺度下落叶松种群内的竞争作用是来自老龄个体对幼龄和成龄个体的竞争,而在较大研究尺度下这种竞争作用则来自于幼龄和成龄个体间;落叶松种内生态位重叠与竞争

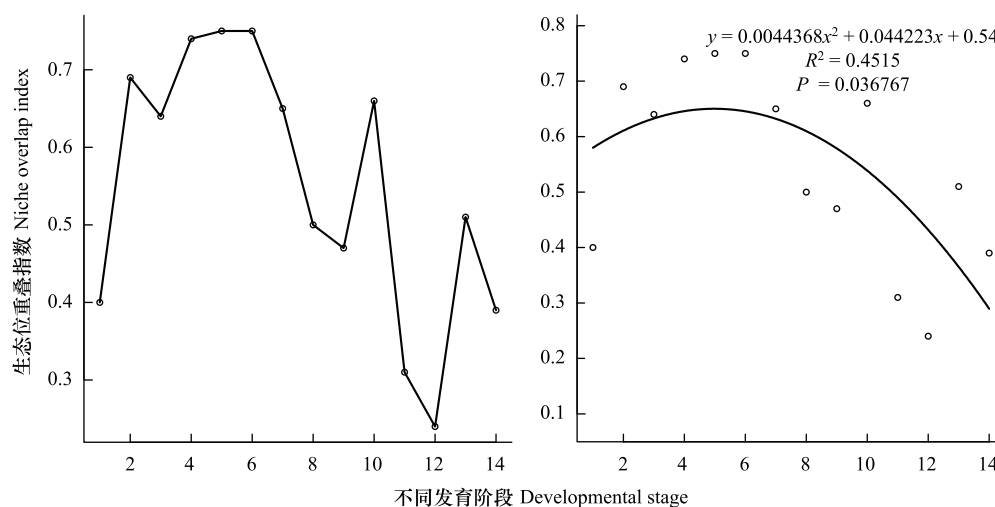


图3 不同发育阶段相邻两龄级个体间生态位重叠指数变化曲线

Fig.3 The curve of niche overlap index between adjacent individuals of two age classes at different developmental stages

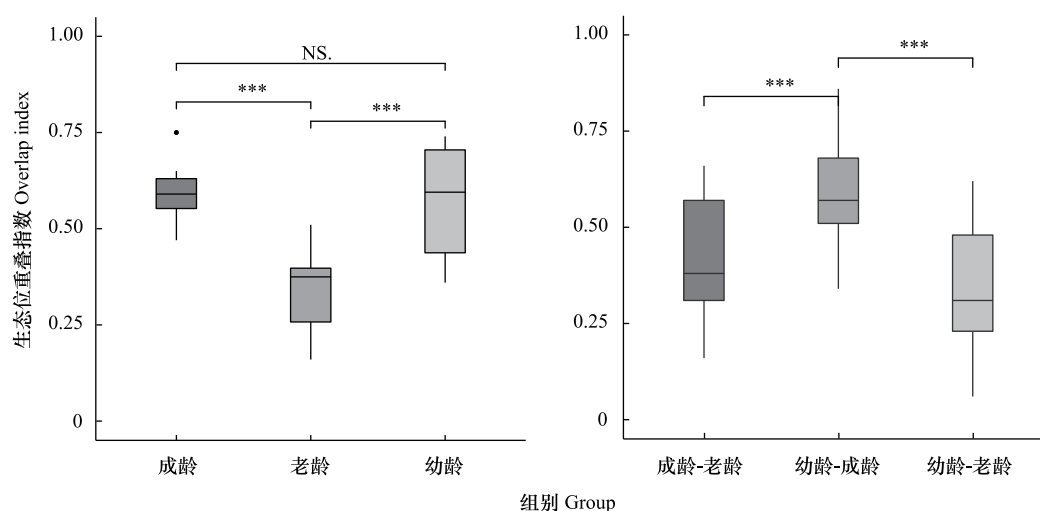


图4 幼龄、成龄和老龄落叶松生态位重叠指数

Fig.4 Niche overlap index of juvenile, adult and old larch

作用大小之间没有明显相关性(相关性检验结果: $P=0.9595$, $R^2=0.01498$),说明生态位重叠度高的龄级对间竞争作用不一定强。

3 讨论与结论

不同龄级落叶松个体所占据的生态位随个体的发育呈现出先增大后减小的规律性动态变化,这与谢强等人研究得出的结论相同^[34-39]。生态位宽度的变化可以反应植物个体适应环境能力的变化,而引起生态位变化的原因被归结为生物对生境需求的变化或者生境本身的变化迫使生物利用资源的方式发生变而导致的^[32,40],另外人为干扰和光照也是影响植物群落内植物生态位发生变化的主要原因^[41]。基于本文所研究样地人为干扰少、光照充足的实际情况,推测落叶松种群内不同龄级个体生态位的变化应该是由不同龄级落叶松个体本身生物学特性的变化对生境需求不同而导致或是由生境条件的变化而引起。生态位可反应生物适应环境的能力,本文研究发现整体上落叶松成龄个体的生态位宽度最大适应环境的能力最强,因此成龄个体

在落叶松种群中占有关键地位,在种群的演化过程中发挥着重要的作用,而落叶松老龄个体虽然受到的竞争作用小但其适应环境能力弱,在种群发展过程中趋于逐渐退化的趋势。

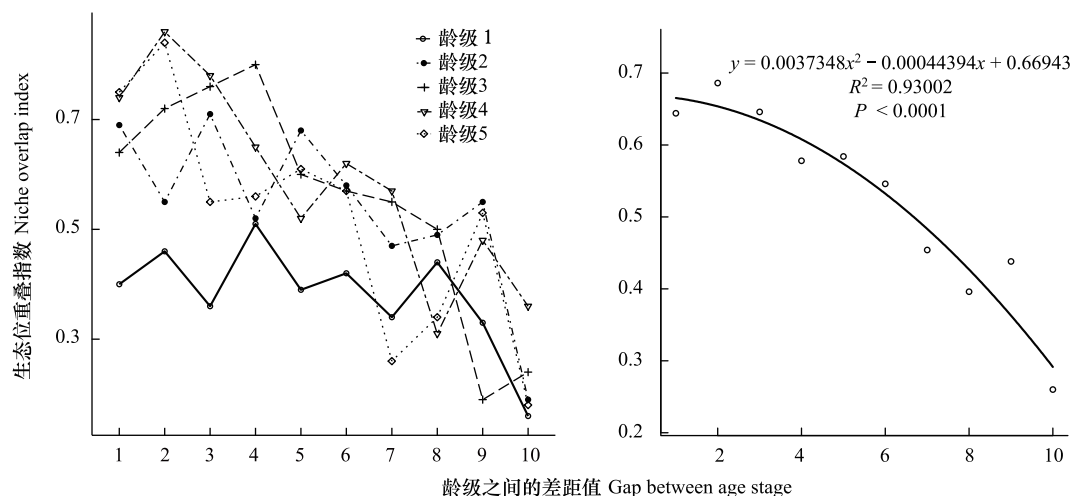


图 5 龄级之间的差距与生态位重叠关系

Fig.5 The relationship between the gap and niche overlap

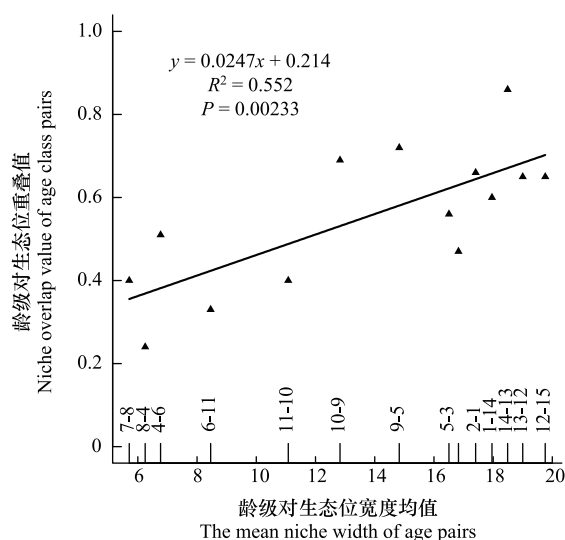


图 6 生态位宽度与生态位重叠指数相关性

Fig.6 Correlation between niche width and niche overlap index

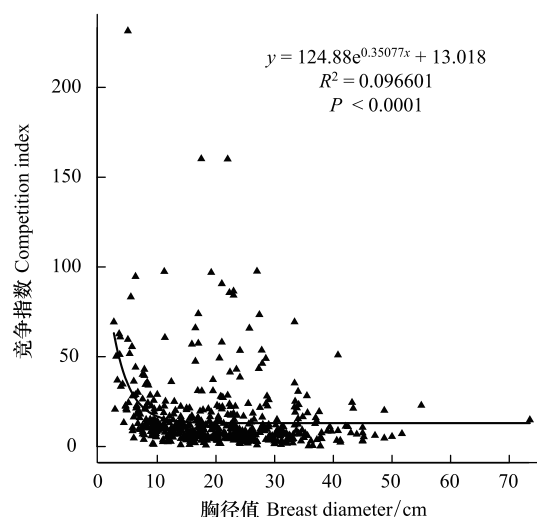


图 7 胸径大小与受到竞争作用大小的关系拟合

Fig.7 Fitting the relationship between the diameter at breast height and the size subject to competition

以往的研究表明生态位宽度较大的种群由于对资源利用能力较强分布较广而与其它种群间的生态位重叠较大^[11-12,30],另外植物分布频度越大,与其他植物形成生态位重叠的机率也越大^[41-42]。本文在对落叶松种群内部不同龄级个体的生态位进行研究时也发现存在类似现象即生态位宽度大的落叶松个体间(主要是幼龄与成龄个体)生态位重叠程度也较大。落叶松种群内生态位宽度与生态位重叠程度呈显著线性正相关,分析认为幼龄与成龄落叶松个体间生态位宽度与重叠度之间的这种线性关系,应该是由于幼龄个体与成龄个体对环境资源需求的高度一致性导致的^[14]。以往在研究不同优势植物种群间生态位宽度与重叠程度之间的关系时发现二者没有明显相关性^[24,33],结合本文及前人的相关研究,说明生态位宽度与生态位重叠度之间的关系应该与群落的演替阶段以及植物的种类等诸多因素有关^[14,19]。

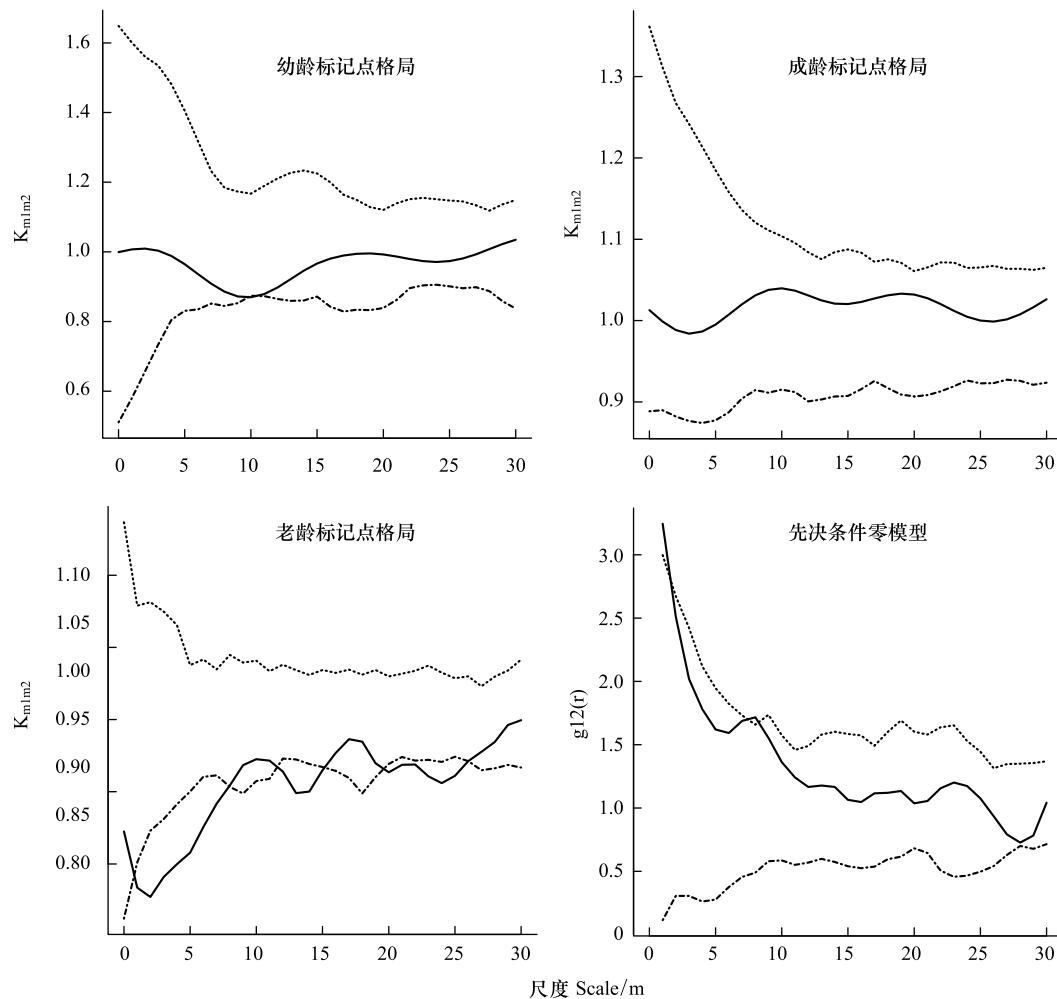


图 8 基于胸径标记竞争作用分析

Fig.8 Analysis of competition based on breast diameter markers

实线代表观测值,虚线代表置信区间

生态位重叠程度通常与物种对资源的竞争程度成比例^[2,13—15,31],而有些研究^[43]认为生态位重叠较大的种群存在 2 种可能:一是种间共享资源的同时存在竞争关系,二是种间资源利用相似的同时彼此之间有促进关系,即生态位重叠程度较高的种间可能存在竞争关系也可能存在互利促进关系,广泛的重叠实际上可能与减低竞争相关联^[12]。本文研究也发现生态位重叠程度较高的落叶松幼龄个体与成龄个体之间并不存在明显的竞争现象,而生态位重叠程度较低的老龄与幼龄和成龄个体之间存在显著的竞争作用,这进一步肯定了上述现象即互利性的生态位重叠现象是普遍存在的。生态位重叠与竞争作用并不一定是正相关的,二者的关系在很大程度上也会受种对间的生物学特性的左右,因此关于生态位重叠和竞争之间的关系我们更倾向于林思祖等人对生态位重叠的认识^[36],即生态位重叠与竞争作用在很大程度上也会受种对间的生物学特性的左右。丁易等人认为当资源供应不足时,作为利用资源多样化的泛化物种(即生态位较宽的物种)具有更强的生态适应、更广的分布范围和更大的存活机会,当资源供应丰富时,在局域小生境范围内,特化物种(即生态位较窄的物种)具有更高的资源利用效率,其竞争能力强于泛化物种^[44],本文研究发现落叶松种群内部存在明显的竞争作用,说明落叶松种群所处的环境资源已充分饱和,所以落叶松幼龄和成龄个体竞争能力强于生态位宽度窄的老龄个体,在群落演替过程中老龄个体逐渐在生境过滤过程中经竞争作用被排除,从而促进落叶松种群的发展^[45]。

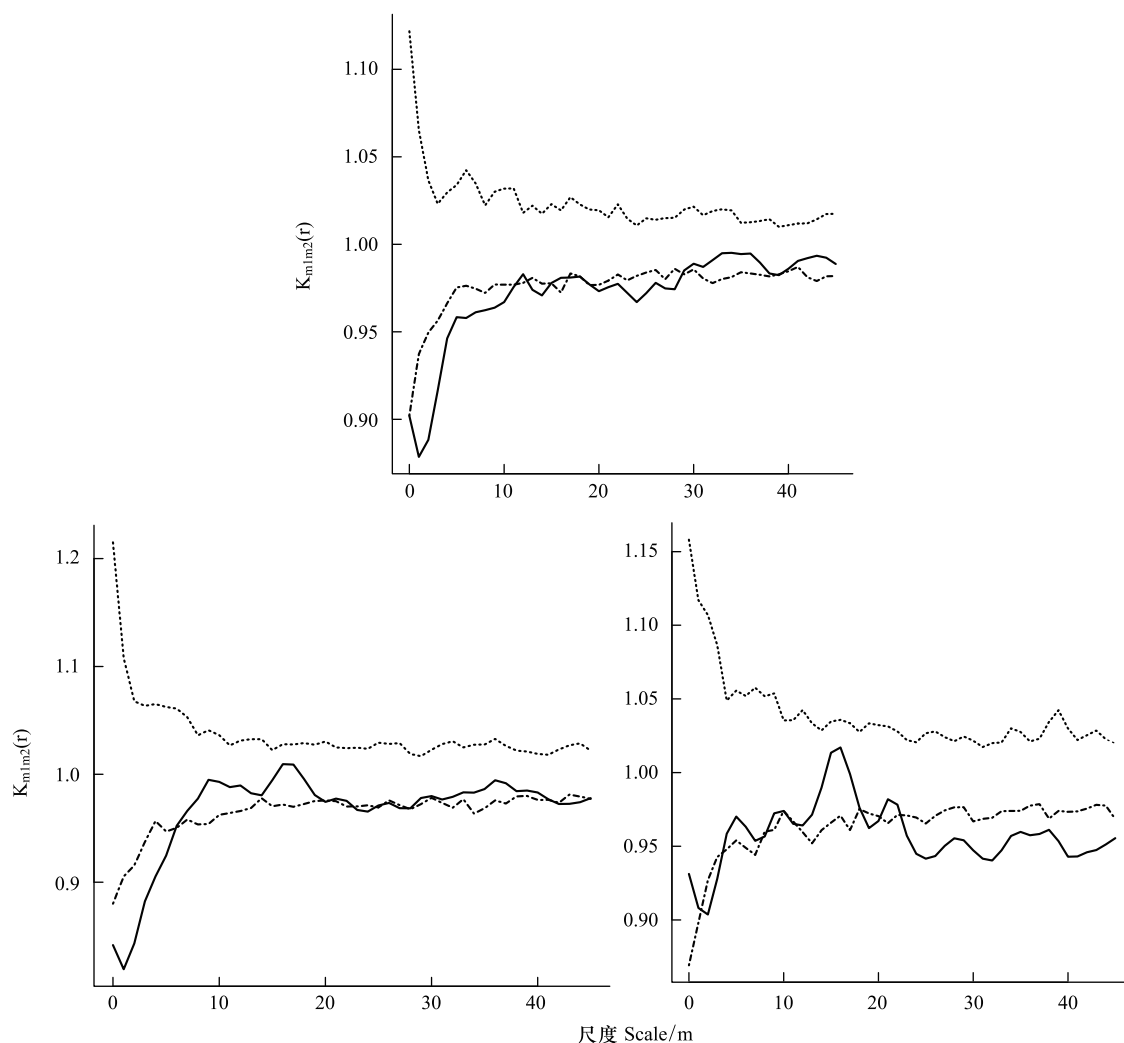


图9 三种高度层次(上层,中层和下层)/三种龄级个体间(老龄、成龄、幼龄)基于胸径(DBH)的双变量标记点格局分析依次为上层与中层(老龄与成龄)、上层与下层(老龄与幼龄)、中层与下层(成龄与幼龄)

Fig.9 Analysis of the pattern of bivariate markers based on DBH at three height levels (upper, middle and lower) as followed upper and middle floors, upper and lower floors, middle and lower

实线代表观测值,虚线代表置信区间

总之,生态位宽度可以反应植物种群对环境资源的利用能力,一般情况下,生态位宽度较大的植物种利用资源的能力强,但这种关系有时也并不一定成立,比如当环境资源供应充足时生态位宽度较小的特化种反而具有更强的资源利用能力和更强的环境适应能力。生态位重叠和植物间的竞争关系并不一定是正相关,生态位重叠和竞争之间可能是正相关,也可能是无相关关系,甚至可能是负相关。本文研究发现,互利性的生态位重叠现象在自然界是存在的,甚至可能是普遍存在的,这种现象或许与降低种内竞争作用从而促进不同物种或个体间的共存有关。另据研究还发现,在研究植物个体间的竞争关系时不能只通过分析种间或者个体间的生态位重叠程度来反映竞争作用的有无和强弱,而应该结合多种方法综合分析,另外在研究植物间的竞争关系时还应该考虑研究尺度的大小。

参考文献 (References):

- [1] 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.

- [2] 段后浪, 赵安, 姚忠. 恒湖农场茶叶港草洲枯水期湿地植物与土壤关系及种群生态位分析. 生态学报, 2017, 37(11): 3744-3754.
- [3] 汪建华, 赵群芬, 李旭光. 南川金佛山甑子岩灌丛群落优势种群生态位特征. 四川师范大学学报: 自然科学版, 2001, 24(5): 499-502.
- [4] 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.
- [5] 李凡, 徐炳庆, 吕振波, 王田田. 莱州湾鱼类群落优势种生态位. 生态学报, 2018, 38(14): 5195-5205.
- [6] 郭全邦, 刘玉成, 李旭光. 缙云山森林次生演替序列优势种群的生态位. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1997, 22(1): 73-78.
- [7] 郝建峰, 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.
- [8] 郗亚栋, 滕德雄, 吕光辉. 干旱荒漠区植物生态位对水盐的响应. 生态学报, 2019, 39(8): 2899-2910.
- [9] 周纪纶, 郑师章, 杨持. 植物种群生态学. 北京: 高等教育出版社, 1992.
- [10] 郭水良, 于晶, 陈国奇. 生态学数据分析——方法、程序与软件. 北京: 科学出版社, 2015.
- [11] Coudun C, Gégout J C. Ecological behaviour of herbaceous forest species along a pH gradient: a comparison between oceanic and semicontinental regions in northern France. Global Ecology and Biogeography, 2005, 14(3): 263-270.
- [12] 奚为民. 怀柔山区灌丛群落优势种群生态位的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(14): 324-330.
- [13] 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. 植物生态学报, 1997, 21(4): 304-311.
- [14] 王子迎, 吴芳芳, 檀根甲. 生态位理论及其在植物病害研究中的应用前景(综述). 安徽农业大学学报, 2000, 27(3): 250-253.
- [15] Clavel J, Julliard R, Devictor V. Worldwide decline of specialist species: toward a global functional homogenization? Frontiers in Ecology and the Environment, 2011, 9(4): 222-228.
- [16] 宋永昌. 植被生态学(第二版). 北京: 高等教育出版社, 2017.
- [17] 梁士楚, 李铭红. 生态学. 武汉: 华中科技大学出版社, 2015.
- [18] 徐春燕, 俞秋佳, 徐凤洁, 胡雪芹, 由文辉. 淀山湖浮游植物优势种生态位. 应用生态学报, 2012, 23(9): 2550-2558.
- [19] 管杰然, 商天其, 伊力塔, 叶诺楠, 余树全. 天目山常绿阔叶阔叶混交林优势种生物量变化及群落演替特征. 生态学报, 2017, 37(20): 6761-6772.
- [20] 王正文, 王德利. 大兴安岭森林草原过渡带白桦及主要草本植物生态位关系的研究. 应用生态学报, 2001, 12(5): 677-681.
- [21] 林英华, 贾旭东, 徐演鹏, 李慧仁, 刘学爽, 徐永波, 韦昌雷, 刘三章, 王立中. 大兴安岭典型森林沼泽类型地表土壤动物群落与生态位分析. 林业科学, 2015, 51(12): 53-62.
- [22] 张晓宁. 生态位在永登县景观格局研究中的应用. 兰州: 甘肃农业大学, 2020.
- [23] 白小军, 贾琳, 谷会岩. 大兴安岭次生林区优势种落叶松分布格局及竞争作用. 生态学报, 2021, 41(10): 4194-4202.
- [24] 林伟强, 贾小容, 陈北光, 谢正生. 广州帽峰山次生林主要种群生态位宽度与重叠研究. 华南农业大学学报, 2006, 27(1): 84-87.
- [25] 杨宁, 邹冬生, 李建国, 陈盛彬, 陈志阳. 衡阳盆地紫色土丘陵坡地主要植物群落自然恢复演替进程中种群生态位动态. 水土保持通报, 2010, 30(4): 87-93.
- [26] 韩路, 王海珍, 彭杰, 梁继业, 马春晖. 不同生境胡杨种群径级结构与格局动态研究. 北京林业大学学报, 2010, 32(1): 7-12.
- [27] 黄三祥, 赵秀海. 山西太岳山天然油松林主要木本植物种群结构及空间分布格局研究. 林业资源管理, 2009, (4): 41-47.
- [28] 王祎玲, 张钦弟, 郝晓杰, 闫桂琴. 山西七里峪茶条槭的种群结构与空间分布格局. 西北植物学报, 2012, 32(5): 1027-1035.
- [29] 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.
- [30] 刘彤, 李云灵, 周志强, 胡海清. 天然东北红豆杉(*Taxus cuspidata*)种内和种间竞争. 生态学报, 2007, 27(3): 924-929.
- [31] 项小燕, 吴甘霖, 段仁燕, 闫玉梅, 张小平. 大别山五针松种内和种间竞争强度. 生态学报, 2015, 35(2): 389-395.
- [32] 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. 应用生态学报, 2004, 15(4): 549-555.
- [33] 马晓, 杨宇明, 杜凡, 王娟. 高黎贡山生物多样性研究——II 印度木荷、硬斗石栎林主要树种生态位研究. 西南林学院学报, 2007, 27(1): 15-19.
- [34] 马丰丰, 潘高, 张灿明, 田景剑. 湖北建始县日本落叶松林下植被生态位特征. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(4): 73-79.
- [35] 谢强, 覃干超, 黄家林. 元宝山冷杉群落主要木本种群的生态位分析. 广西师范大学学报: 自然科学版, 1998, 16(2): 79-85.
- [36] 林思祖, 黄世国, 洪伟, 黄宝龙, 俞新妥. 杉阔混交林主要种群多维生态位特征. 生态学报, 2002, 22(6): 962-968.
- [37] 张继义, 赵哈林, 张铜会, 赵学勇. 科尔沁沙地植物群落恢复演替系列种群生态位动态特征. 生态学报, 2003, 23(12): 2741-2746.
- [38] 付为国, 李萍萍, 卞新民, 吴沿友, 王记章. 镇江内江湿地植物群落演替进程中种群生态位动态. 生态环境, 2008, 17(1): 278-284.
- [39] 王国庆, 杜广明, 聂莹莹, 彭芳华, 沃强. 草甸草原封育演替过程中主要植物种群生态位动态分析. 中国草地学报, 2017, 39(6): 72-78.
- [40] 刘加珍. 新疆塔里木河下游生态退化特征的初探[D]. 北京: 中国科学院文献情报中心, 2003.
- [41] 郑超超. 江山市公益林群落结构特征、种间关系及其影响因素研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2014.
- [42] 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.
- [43] 刘金福, 洪伟. 格氏栲群落生态学研究——格氏栲林主要种群生态位的研究. 生态学报, 1999, 19(3): 347-352.
- [44] 丁易, 李旭光, 熊好琴, 姜文华. 鄂西狮子关常绿阔叶林优势种群生态位研究. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2002, 27(2): 215-218.
- [45] 郝姝珺, 李晓宇, 侯嫚嫚, 赵秀海. 长白山温带森林不同演替阶段群落功能性状的空间变化. 植物生态学报, 2019, 43(3): 208-216.