不同资源维度上汾河流域下游优势种的生态位*

庞春花[1**] 范 晓[1] 张 峰[2] 倪瑞军[1] 冯晓佳[1] 马晓波[1]
([1]山西师范大学生命科学学院, 山西临汾 041004; [2]山西大学生命科学学院, 太原 030006)

摘 要 采用样方法进行不同资源位群落调查,利用 Shannon 生态位宽度指数和 Pianka 生态位重叠指数,对汾河流域下游湿地优势植物种群在土壤 pH、土壤有机质、全磷、全氮、全钾 5 个资源维上的生态位特征进行研究。结果显示,不同种群在各个资源维上的生态位宽度差异表明对不同资源空间的利用能力和适应性不完全相同。汾河流域下游湿地优势植物主要为风花菜(*Rorippa globosa*)、芦苇(*Phragmites australis*)、齿果酸模(*Rumex dentatus*)和扁秆藨草(*Scirpus planiculmis*),它们的生态位宽度都较大,且对环境有较强的适应能力;而水蓼(*Polygonum hydropiper*)、野艾蒿(*Artemisia lavandulaefolia*)、荠菜(*Capsella bursa-pastoris*)和马蔺(*Iris lactea* var. *chinensis*)的生态位宽度则相对较窄。芦苇、扁秆藨草、风花菜、齿果酸模与其他物种的生态位重叠值比较高,表明,这些物种与其他物种对资源的利用方式相近,对环境资源具有一定的竞争性。

关键词 汾河; 生态位宽度; 生态位重叠; 环境梯度
中图分类号 Q948 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2015)2-0380-07

The niches of dominant species in different resource dimensions in the lower reaches of Fenhe River, Shanxi Province of China.

PANG Chun-hua[1**], FAN Xiao[1], ZHANG Feng[2], NI Rui-jun[1], FENG Xiao-jia[1], MA Xiao-bo[1] ([1] *College of Life Sciences, Shanxi Normal University, Linfen* 041004, *Shanxi, China*; [2] *College of Life Science, Shanxi University, Taiyuan* 030006, *Shanxi, China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2015, **34**(2): 380-386.

Abstract: A field plot sampling method was employed to investigate niches of dominant species in different resource dimensions in the lower reaches of Fenhe River, Shanxi Province of China. Niche breaths and overlaps of 20 main wetland plant species along soil pH, soil SOM, total P, total N and total K were analyzed using Shannon and Pianka formulae. The differences in niche breadth of each species in different resource dimensions show that different species have different abilities to use resources, so they have different ecological adaptability. The dominant species in the region are *Rorippa globosa*, *Phragmites australis*, *Rumex dentatus*, and *Scirpus planiculmis*, and they have higher niche breadth and adaptability to environment. *Polygonum hydropiper*, *Artemisia lavandulaefolia*, *Capsella bursa-pastoris* and *Iris lactea* var. *chinensis* have lower niche breadth. The niche overlaps of *P. australis*, *S. planiculmis*, *R. globosa*, *R. dentatus* with others were relatively larger, which illustrates that these plants make a similar use of natural resources and that there is certain competition among them.

Key words: Fenhe River; niche width; niche overlap; environmental gradient.

生态位(niche)是指每个种在群落中的时空位置及其相关种群之间的功能关系(宋永昌,2001;赵成章等,2013),是现代生态学的重要理论之一,它包括生态位宽度和生态位重叠两个方面。经典的生态位理论认为,物种在某种(或多种)环境资源利用上存在差异,是物种共存的基本机制之一(Chesson,2000),并被广泛用于种间关系、生物多样性、群落结构及演替和种群进化等方面的研究之中(Silvertown,2004)。分析植物种群在环境梯度上的分布规律是研究植物种群生态位的重要方法(张林静等,2002),探究植物群落中植物种生态位分化的环境

*山西省大学生创新性实验项目(WL2014CXCY-12)和山西省软科学研究项目(2012041015-01)资助。
**通讯作者 E-mail: pangch6269@126.com
收稿日期: 2014-06-27 接受日期: 2014-10-10

资源维度是植物生态学者发掘生态位在植物分布与多样性形成机制中重要作用的第一步(Chesson,2000)。目前,已有学者证实了植物种生态位分化的环境资源维度,包括土壤质地(Tuomisto,2006)、土壤养分(McKane *et al.*,2002;Paoli *et al.*,2006)、土壤水分(Pickett *et al.*,1978)、盐分(Kenkel *et al.*,1991;李峰等,2009)等方面,也可能来自于时间维度(Hipondoka *et al.*,2003;Fargione *et al.*,2005)。

湿地群落的生态位研究也越来越受重视,但国内就种群在土壤环境梯度上的生态位研究还不多见(王正文等,2001;杨利民等,2001;林思祖等,2002;张林静等,2002),而土壤是作用于植物的直接因素。因此,本文运用生态位理论,通过对汾河流域下游湿地优势植物种群在土壤环境资源梯度上的生态位研究,探究汾河下游湿地优势植物种群的生态位特征,分析植物种群生态位分化在环境资源维度上的生态位宽度和生态位重叠的变化,探讨生态位在植物分布与多样性形成机制的重要作用,分析不同湿地物种对环境的生态适应特点,对汾河流域的开发治理和山西湿地的保护恢复发挥指导作用。

1 研究地区与研究方法

1.1 自然概况

汾河发源于山西管涔山脉,流经忻州、太原、晋中、吕梁、临汾、运城等市,在万荣县荣河镇庙前村附近汇入黄河,河流长度 695 km,汾河流域面积约 39471 km^2,占全省湿地面积的 1/6。汾河上游为源头至太原上兰村,中游为上兰村至洪洞石滩,下游为石滩至河津(王慧敏等,2012)。

汾河下游位于 34°35′N—36°57′N,110°15′E—112°34′E,属于半干旱、半湿润温带大陆性季风气候区,气候温和,四季分明,降雨量大。年均气温 10 ℃以上,1 月均温-4 ℃以上,7 月均温 23~27 ℃,≥10 ℃的年积温 3600 ℃以上,无霜期 190 d 以上。年平均降水量 430~530 mm,降雨季节性十分明显(翟大彤等,2007)。

1.2 研究方法

1.2.1 样方调查 2012 年 4—9 月,对汾河流域下游湿地植被进行野外调查取样,沿汾河东西河岸线分别设置 1 条样带,选择具有代表性的地段每隔 500 m 设置样方 3~4 个,共设置 1 m×1 m 的草本样方 85 个。调查内容包括:每个样方的总盖度及样方内植物种名、盖度、高度等,并同时用 GPS 记录样方的海拔、经纬度等环境因子。同时在样地内采用五点法取 0~20 cm 土样,混合均匀后带回实验室分析。土壤测定 pH 值采用 pH 仪测定;有机质(SOM)采用重铬酸钾-外加热法;全磷(TP)用 NaOH 熔融-钼锑抗比色法,全钾(TK)用 NaOH 熔融-钼锑抗比色法;全氮(TN)采用凯氏蒸馏定氮法(鲍士旦,2005)。

1.2.2 资源梯度的划分 在生态位的研究中,首先进行资源梯度的划分。根据实验室所测得的土壤数据,应用生态位空间分割法(林思祖等,2002),分别在 pH 值、土壤有机质(SOM)、全磷(TP)、全钾(TK)、全氮(TN)5 个资源维上,按从小到大的顺序,划分为 6 个资源等级,使其具有梯度变化。所测样方的土壤因子变化见表 1。计算各水平植物物种重要值的均值,据此进行后续生态位宽度和生态位重叠的计算。

1.3 数据处理

1.3.1 重要值计算 重要值是综合衡量物种在群落中地位和作用的有效指标,通过对物种重要值的分析可以了解群落的变动情况,其计算公式如下(苏日古嘎等,2010):

重要值=(相对高度+相对盖度)/2

1.3.2 生态位的测定

1)生态位宽度。采用 Levins 公式中的 Shannon 指数,计算种群间生态位宽度(柴宗政等,2012):

表 1 土壤因子的资源等级划分

Table 1 Resource hierarchy of soil factors

序号	pH 值	有机质(g·kg^{-1})	全磷(g·kg^{-1})	全钾(g·kg^{-1})	全氮(g·kg^{-1})
1	8.10~8.25	12.47~24.30	0.51~1.90	7.92~8.83	0.30~0.41
2	8.25~8.40	24.30~36.13	1.90~3.29	8.83~9.75	0.42~0.53
3	8.40~8.55	36.13~47.97	3.29~4.68	9.75~10.66	0.54~0.65
4	8.55~8.70	47.97~59.80	4.68~6.07	10.66~11.58	0.66~0.77
5	8.70~8.85	59.80~71.64	6.07~7.46	11.58~12.50	0.78~0.89
6	8.85~9.00	71.64~83.47	7.46~8.85	12.50~13.41	0.90~1.01

表 2 研究区 20 个优势种
Table 2 20 dominant species at the experimental sites

编号	优势种	重要值	编号	优势种	重要值
1	芦苇 *Phragmites australis*	35.63	11	黄花蒿 *Artemisia annua*	5.38
2	扁秆藨草 *Scirpus planiculmis*	19.55	12	朝天委陵菜 *Potentilla supina*	5.12
3	齿果酸模 *Rumex dentatus*	16.99	13	酸模叶蓼 *Polygonum lapathifolium*	2.79
4	风花菜 *Rorippa globosa*	19.04	14	石龙芮 *Ranunculus sceleratus*	4.08
5	香蒲 *Typha orientalis*	8.51	15	野艾蒿 *Artemisia lavandulaefolia*	1.77
6	无芒稗 *Echinochloa crusgali* var. *mitis*	11.39	16	马蔺 *Iris lactea* var. *chinensis*	1.74
7	水葱 *Scirpus validus*	5.20	17	狼把草 *Bidens tripartita*	1.52
8	黄菖蒲 *Iris pseudacorus*	4.89	18	荠菜 *Capsella bursa-pastoris*	2.89
9	藜 *Chenopodium album*	9.15	19	皱叶酸模 *Rumex crispus*	1.17
10	白茅 *Imperata cylindrica*	7.45	20	水蓼 *Polygonum hydropiper*	4.36

$$B_i = -\sum_{j=1}^{r} P_{ij} \lg P_{ij}$$

式中，$P_{ij} = n_{ij}/N_i$，n_{ij}为种 i 在资源 j 上的优势度(本文为物种重要值)，r 为资源等级数。

2) 生态位重叠。采用 Pianka 公式测定生态位重叠(包也等,2014)：

$$NO = \sum n_{ij} \times n_{kj} / \sqrt{\sum n_{ij}^2 \times \sum n_{kj}^2}$$

式中，NO 为生态位重叠值，n_{ij}和 n_{kj}为种 i 和 k 在资源 j 上的优势度(本文即物种的重要值)。

2 结果与分析

2.1 优势种的确定

选取研究区域重要值>1 的 20 个优势种(表 2)。

2.2 生态位宽度

湿地植物对不同环境资源利用状况的尺度可以用生态位宽度来说明。生态位宽度越宽，说明湿地植物的特化程度越小，对生态环境的适应能力更强，物种在空间分布的范围更广泛。如表 3 所示，不同物种在不同资源维度上的生态位宽度存在差异，反映出汾河流域下游湿地优势植物种群利用不同资源的能力各不相同。

从表 3 可以看出，不同物种在同一资源维上的生态位宽度是不同的，在各资源维上均表现出较宽的生态位的物种大多都是群落中的建群种。如在土壤 pH 资源维上，生态位宽度较大的物种为芦苇、扁秆藨草、朝天委陵菜、齿果酸模；土壤有机质资源维上为芦苇、扁秆藨草、风花菜、酸模叶蓼；土壤全磷资源维上为芦苇、扁秆藨草、石龙芮、朝天委陵菜、齿果酸模、藜；土壤全氮资源维上为扁秆藨草、芦苇、藜、酸模叶蓼、风花菜；土壤全钾资源维上为芦苇、扁秆藨草、风花菜、齿果酸模。芦苇、扁秆藨草、酸模叶蓼、齿果酸模和风花菜等物种在 5 个资源维上均表现出较大的生态位宽度，说明它们对环境的适应能力较强，分布较广泛，特种化程度相对较低，利用不同环境资源的能力较大，对环境的适应性更强，为汾河流域下游湿地的主要建群种和优势种，同时这些物种对维持群落内部环境以及生态环境起着重要作用。在这 5 个资源维上，一些物种的平均生态位宽度较窄，如水蓼、野艾蒿、荠菜、马蔺等。它们对环境变化的适应能力相对较弱，物种更趋向于特种化，对环境的要求更加苛刻，因此，这些物种可能成为局部生境种。其中，虽然狼把草、香蒲、黄花蒿平均生态位宽度都不大，但仍是该湿地的优势种，可能是因为它们分布范围比较小而集中，在某一特性区域数量

表 3 20 个优势种在 5 个资源维上的生态位宽度
Table 3 Niche breadths of 20 species on 5 dimensional axes

编号	pH 值	土壤有机质	土壤全磷	土壤全氮	土壤全钾
1	0.726	0.753	0.552	0.670	0.751
2	0.760	0.672	0.556	0.727	0.653
3	0.662	0.265	0.458	0.239	0.495
4	0.479	0.554	0.372	0.421	0.509
5	0.346	0.238	0.160	0	0.137
6	0.393	0	0.235	0.141	0.260
7	0.461	0.049	0	0.144	0.198
8	0.412	0.148	0.198	0.316	0.293
9	0.553	0.129	0.419	0.477	0.283
10	0.203	0.160	0.040	0.255	0
11	0.351	0.148	0.208	0.160	0.391
12	0.664	0.295	0.472	0.191	0.417
13	0.496	0.443	0.213	0.446	0.383
14	0.427	0	0.489	0.157	0.289
15	0.100	0.157	0	0.157	0
16	0.001	0	0	0	0
17	0.422	0.314	0.302	0.306	0.231
18	0.228	0.159	0.300	0.158	0.148
19	0.436	0.363	0	0.317	0.302
20	0.120	0	0	0	0

较多。马蔺在各个资源维上的宽度都较小,仅在土壤 pH 资源维上是 0.001,在其他的资源维上均是 0,可能是因为自然的演替或者生长环境遭到人为的破坏而导致该物种分布范围较小。

同一物种在不同资源维上的生态位宽度也是不相同的。出现频率相对较大的物种,如芦苇、扁秆藨草、齿果酸模,在 pH 资源维上的生态位宽度分别为 0.726、0.760 和 0.662;土壤全磷资源维上为 0.552、0.556 和 0.458;为 pH 资源维上的 76%、73% 和 69%。再如藜在有机质资源维上的生态位宽度仅为土壤全磷资源维上的 30%。表明,这些物种对不同的环境因子的利用能力差异较大,其利用不同环境因子的大致顺序为 pH>有机质>全氮>全钾>全磷。这些种群适应土壤中不同 pH 梯度的能力较强,对全磷的要求则更加特化,适应性和利用能力较低。

为了更好地分析该 20 个物种的生态位特征,将其生态位宽度划分为 3 个类型。第 1 类是生态位宽度>0.5 的;第 2 类是生态位宽度在 0.2~0.5;第 3 类是生态位宽度<0.2 的。在 pH 梯度下,有 25% 的物种位于第 1 类,60% 的物种位于第 2 类,15% 的物种位于第 3 类。说明大多数物种在土壤 pH 梯度下的生态位宽度位于一个比较适中的范围,其利用能力的差异性相对较小;在土壤有机质资源维下,15% 的物种位于第 1 类,30% 的物种位于第 2 类,而 55% 的物种位于第 3 类。有机质资源维下大部分物种的生态位宽度都<0.2,可能是植物对有机质的利用能力较小;在全磷资源维下,10% 物种位于第 1 类,50% 位于第 2 类,40% 位于第 3 类。大多物种对环境的利用能力属于中等甚至偏下水平,甚至有部分植物在该资源维下的生态位宽度为 0;在全氮资源维下,第 1 类的物种占 10%,第 2 类占 40%,第 3 类占 50%。多数物种都表现出一个较窄的生态位宽度,更倾向于特种化,对环境的要求相对较苛刻;在全钾的资源维下,第 1 类有 15% 的植物,第 2 类为 50%,第 3 类为 35%。植物对土壤中全钾的利用能力较好,基本可以适应该环境,有较好的分布范围。

2.3 生态位重叠

在植物种群演替系列上,每一种植物都分布在一定的空间地段上,但这些地段不是间断,而是相互交错重叠的,种群间生态位重叠程度既能反映这种交错重叠又能体现种群间对共同资源的利用状况。在 pH 资源维上(表 4),芦苇、扁秆藨草、齿果酸模、风花菜、朝天委陵菜、酸模叶蓼等这些物种与其他物种有较高的生态位重叠,尤其是芦苇和扁秆藨草,齿果酸模和黄花蒿,水葱和藜、白茅等在该资源维上都有较高的重叠;在有机质资源维上,芦苇和齿果酸模,齿果酸模和黄花蒿,香蒲和水葱,水葱和白茅等的重叠值较高。在全磷资源维上(表5),芦苇和黄

表 4 汾河流域下游优势种群在土壤 pH 和土壤有机质资源维上的生态位重叠值

Table 4 Niche overlaps of 20 species on pH value and organic mater axes in lower reaches of Fenhe watershed

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		0.82	0.82	0.96	0.71	0.60	0.30	0.85	0.71	0.19	0.48	0.90	0.81	0.76	0.68	0.66	0.72	0.50	0.62	0.57
2	0.74		0.83	0.89	0.48	0.45	0.72	0.68	0.57	0.58	0.80	0.85	0.79	0.71	0.50	0.72	0.89	0.46	0.92	0.48
3	0.74	0.21		0.87	0.63	0.64	0.33	0.77	0.61	0.08	0.48	0.91	0.49	0.87	0.35	0.81	0.74	0.32	0.66	0.49
4	0.76	0.73	0.36		0.65	0.54	0.37	0.87	0.58	0.26	0.50	0.93	0.80	0.73	0.73	0.68	0.76	0.37	0.77	0.48
5	0.58	0.35	0.48	0.12		0.81	0.17	0.90	0.67	0.06	0.33	0.45	0.33	0.54	0.35	0.17	0.47	0.01	0.32	0.05
6	0.30	0.17	0.61	0.35	0.03		0.11	0.65	0.81	0.06	0.44	0.41	0.34	0.79	0.20	0.42	0.25	0.15	0.19	0.37
7	0.36	0.34	0.22	0.26	0.13	0.03		0.21	0.36	0.91	0.92	0.31	0.49	0.25	0.00	0.28	0.77	0.39	0.73	0.16
8	0.75	0.87	0.38	0.56	0.23	0.11	0.40		0.62	0.14	0.39	0.33	0.35	0.51	0.06	0.36	0.32	0.41	0.13	0.43
9	0.37	0.33	0.54	0.31	0.44	0.86	0.06	0.11		0.23	0.64	0.54	0.56	0.83	0.10	0.58	0.52	0.67	0.22	0.69
10	0.72	0.34	0.88	0.43	0.39	0.61	0.63	0.46	0.55		0.86	0.11	0.55	0.07	0.17	0.07	0.51	0.25	0.67	0.05
11	0.67	0.16	0.98	0.33	0.44	0.68	0.02	0.30	0.59	0.78		0.42	0.64	0.54	0.11	0.46	0.72	0.51	0.70	0.40
12	0.56	0.40	0.50	0.81	0.06	0.72	0.33	0.20	0.63	0.63	0.49		0.70	0.79	0.55	0.86	0.77	0.52	0.69	0.64
13	0.65	0.80	0.05	0.91	0.03	0.00	0.26	0.64	0.01	0.16	0.00	0.54		0.55	0.74	0.55	0.60	0.61	0.67	0.62
14	0.33	0.20	0.63	0.37	0.04	1.00	0.11	0.14	0.86	0.66	0.68	0.74	0.02		0.23	0.89	0.53	0.56	0.40	0.78
15	0.72	0.25	0.73	0.25	0.53	0.00	0.61	0.49	0.02	0.77	0.58	0.19	0.16	0.05		0.21	0.26	0.02	0.55	0.16
16	0.41	0.31	0.02	0.80	0.01	0.00	0.10	0.04	0.00	0.06	0.00	0.65	0.75	0.01	0.06		0.58	0.66	0.48	0.85
17	0.75	0.33	0.87	0.40	0.44	0.47	0.66	0.49	0.43	0.98	0.76	0.53	0.17	0.52	0.87	0.06		0.50	0.81	0.35
18	0.38	0.43	0.35	0.22	0.72	0.51	0.19	0.12	0.87	0.42	0.35	0.42	0.04	0.52	0.10	0.02	0.35		0.16	0.89
19	0.50	0.38	0.16	0.86	0.04	0.17	0.27	0.12	0.16	0.27	0.12	0.80	0.76	0.19	0.16	0.97	0.25	0.13		0.16
20	0.30	0.17	0.61	0.35	0.03	1.00	0.03	0.11	0.86	0.61	0.68	0.72	0.00	1.00	0.00	0.00	0.47	0.51	0.17	

对角线上部为 pH 梯度上的重叠,对角线以下是有机质梯度上的重叠。

表5 汾河流域下游优势种群在土壤全磷和土壤全氮资源维上的生态位重叠值

Table 5 Niche overlaps of 20 species on total phosphorus and total nitrogen axes in lower reaches of Fenhe watershed

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		0.68	0.55	0.59	0.41	0.06	0.38	0.91	0.29	0.36	0.21	0.43	0.93	0.20	0.38	0.38	0.35	0.44	0.38	0.38
2	0.78		0.93	0.50	0.58	0.09	0.34	0.34	0.46	0.82	0.42	0.64	0.36	0.34	0.34	0.34	0.65	0.58	0.34	0.34
3	0.53	0.29		0.47	0.59	0.08	0.61	0.14	0.40	0.78	0.42	0.79	0.21	0.34	0.61	0.61	0.70	0.65	0.61	0.61
4	0.83	0.60	0.81		0.43	0.83	0.37	0.47	0.71	0.24	0.86	0.75	0.49	0.90	0.37	0.37	0.77	0.46	0.37	0.37
5	0.41	0.41	0.25	0.29		0.15	0.49	0.21	0.82	0.05	0.15	0.34	0.26	0.35	0.49	0.49	0.17	0.98	0.49	0.49
6	0.41	0.23	0.99	0.73	0.22		0.05	0.03	0.64	0.01	0.90	0.53	0.03	0.96	0.05	0.05	0.66	0.14	0.05	0.05
7	0.70	0.78	0.15	0.65	0.10	0.08		0.14	0.20	0.11	0.14	0.69	0.26	0.18	1.00	1.00	0.35	0.65	1.00	1.00
8	0.92	0.81	0.47	0.85	0.17	0.38	0.89		0.17	0.02	0.04	0.10	0.99	0.08	0.14	0.14	0.05	0.22	0.14	0.14
9	0.58	0.40	0.77	0.73	0.78	0.73	0.19	0.40		0.02	0.57	0.40	0.17	0.77	0.20	0.20	0.41	0.76	0.20	0.20
10	0.68	0.76	0.16	0.67	0.12	0.09	1.00	0.87	0.21		0.43	0.59	0.03	0.19	0.11	0.11	0.71	0.07	0.11	0.11
11	0.50	0.24	0.98	0.83	0.28	0.96	0.17	0.45	0.82	0.19		0.76	0.05	0.95	0.14	0.14	0.91	0.16	0.14	0.14
12	0.60	0.24	0.75	0.86	0.34	0.66	0.31	0.53	0.78	0.35	0.84		0.18	0.68	0.69	0.69	0.92	0.45	0.69	0.69
13	0.85	0.80	0.17	0.64	0.08	0.07	0.92	0.95	0.16	0.90	0.14	0.29		0.09	0.26	0.26	0.09	0.28	0.26	0.26
14	0.53	0.24	0.96	0.86	0.30	0.92	0.20	0.47	0.83	0.23	0.99	0.90	0.16		0.18	0.18	0.78	0.35	0.18	0.18
15	0.86	0.79	0.17	0.62	0.08	0.06	0.88	0.94	0.14	0.84	0.12	0.27	0.99	0.15		1.00	0.35	0.65	1.00	1.00
16	0.71	0.44	0.13	0.30	0.01	0.01	0.30	0.58	0.03	0.24	0.02	0.11	0.64	0.03	0.72		0.35	0.65	1.00	1.00
17	0.71	0.45	0.81	0.67	0.14	0.76	0.20	0.61	0.51	0.17	0.70	0.46	0.42	0.66	0.47	0.64		0.23	0.35	0.35
18	0.47	0.37	0.21	0.38	0.94	0.15	0.19	0.23	0.78	0.22	0.30	0.52	0.16	0.35	0.14	0.03	0.04		0.65	0.65
19	0.81	0.48	0.79	0.76	0.18	0.71	0.29	0.69	0.56	0.26	0.71	0.59	0.51	0.69	0.56	0.71	0.97	0.16		1.00
20	0.46	0.13	0.37	0.65	0.31	0.25	0.33	0.40	0.57	0.38	0.51	0.89	0.27	0.61	0.24	0.05	0.08	0.58	0.28	

对角线上部为全磷梯度上的重叠,对角线以下是全氮梯度上的重叠。

表6 汾河流域下游优势种群在土壤全钾资源维上的生态位重叠值

Table 6 Niche overlaps of 20 species on total potassium axes in lower reaches of Fenhe watershed

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.83	0.84	0.79	0.40	0.49	0.58	0.67	0.65	0.76	0.84	0.77	0.45	0.70	0.51	0.29	0.74	0.64	0.37	0.46
2		0.93	0.72	0.42	0.51	0.61	0.64	0.18	0.55	0.55	0.77	0.49	0.34	0.04	0.39	0.88	0.45	0.46	0.23
3			0.72	0.56	0.51	0.44	0.53	0.23	0.52	0.67	0.87	0.39	0.41	0.06	0.32	0.82	0.60	0.35	0.54
4				0.66	0.78	0.76	0.78	0.45	0.41	0.80	0.86	0.88	0.67	0.28	0.71	0.49	0.72	0.79	0.38
5					0.89	0.39	0.39	0.24	0.11	0.61	0.58	0.57	0.60	0.04	0.80	0.42	0.39	0.72	0.50
6						0.75	0.73	0.26	0.08	0.54	0.55	0.80	0.58	0.04	0.93	0.52	0.46	0.91	0.31
7							0.98	0.20	0.12	0.33	0.49	0.85	0.34	0.04	0.70	0.55	0.52	0.81	0.04
8								0.24	0.14	0.40	0.58	0.80	0.36	0.06	0.60	0.59	0.66	0.72	0.23
9									0.79	0.80	0.22	0.16	0.91	0.97	0.16	0.21	0.25	0.16	0.25
10										0.74	0.33	0.03	0.72	0.80	0.02	0.51	0.09	0.03	0.08
11											0.72	0.45	0.91	0.69	0.41	0.41	0.57	0.42	0.54
12												0.62	0.43	0.06	0.40	0.49	0.84	0.48	0.65
13													0.40	0.01	0.85	0.26	0.56	0.94	0.10
14														0.82	0.49	0.33	0.34	0.46	0.35
15															0.01	0.06	0.08	0.01	0.09
16																0.34	0.22	0.98	0.00
17																	0.25	0.34	0.20
18																		0.34	0.79
19																			0.00

菖蒲、酸模叶蓼,扁秆藨草和齿果酸模、白茅;风花菜和黄花蒿等的重叠值较大;在全氮资源维上,芦苇和黄菖蒲、野艾蒿,齿果酸模和无芒稗,朝天委陵菜和石龙芮等的重叠值最高。在全钾资源维上(表6),无芒稗和皱叶酸模,芦苇和扁秆藨草、齿果酸模等的重叠值较高。总之,在这5种资源维上,尤其芦苇、扁秆藨草、齿果酸模等这些物种与其他物种的重叠程度最高,均>0.5。这是由于这几种植物在各种资源维上的种群生态位宽度较大,成为这一地区的优势种群,与其他种群交叉分布现象突出,因此,与其

他种群的生态位重叠都比较显著。表明,这几个种群之间存在着广泛密切的联系,生态习性较为相近,所以当资源条件不足或各生态因子发生变化时,几个种群之间势必展开激烈竞争,而这种竞争可能会导致在局部地区一个种群衰退,逐渐的被另一个种群取代。在有机质和全钾资源维上,还可以看到,某些物种的生态位重叠为 0。如在有机质资源维上,无芒稗和野艾蒿,马蔺,水蓼和酸模叶蓼,野艾蒿,马蔺等的重叠值都为 0。在全钾资源维上,如马蔺和水蓼,皱叶酸模和水蓼的生态位重叠值为 0,表明 2 物种适应生境的方式可能完全不同,物种的生态位完全分离,物种的生态位宽度较窄,与其他的物种生态位重叠值为 0 的几率越大。

3 讨 论

基于土壤 pH、有机质、全磷、全氮和全钾 5 个资源梯度轴上对汾河流域下游湿地优势植物种进行生态位的研究,相对以前的基于群落为梯度研究生态位的方法,更能反映种群对不同环境资源的利用和适应能力。物种生态位宽度的大小决定于物种对环境资源的利用和适应能力,生态位宽度的变化与环境的变化息息相关,环境改变引起物种对资源的利用和环境适应性的变化(刘加珍等,2004)。生态位宽度反映了物种对群落内各种生长因子适应的综合结果。在不同资源维上的生态位宽度分析表明,汾河流域下游湿地优势植物种在各个资源维上的生态位宽度均不一致,其值的大小不仅能表现该种群对环境的适应能力,还能表现该种群的分布均匀程度。在各个资源维上均表现出来较大生态位宽度的物种为芦苇、扁秆藨草、齿果酸模和风花菜,说明其分布范围比较广泛,可以适应不同的环境,有着良好的生态适应性,在该研究区域内较稳定,构成了汾河流域下游湿地植被的优势种群。而某些物种的平均生态位宽度较小,个别物种甚至表现为 0,且仅出现在少部分样方中,出现的频率较低,说明其对环境的变化比较敏感,适应能力较差,分布范围存在一定局限性,可能更加趋向于特种化,表明其生存可能面临威胁,也反映出汾河流域下游湿地植物群落的不稳定,物种单一。应该指出的是,本文生态位宽度的测定有一定的时间和空间的局限性。随着环境条件和时间的改变,优势种也可能发生变化,相应的生态位宽度也会随之改变,生态位宽度的变化与环境等条件的变化密切相关。随着环境等条件的改变,不同物种对资源利用的强度和幅度也会随之改变。

在一个多维空间中,2 个种群在某些资源维上重叠很明显,而在另一些维度上重叠不显著,甚至不重叠,这种情况与生境的不均匀性以及植物利用资源方式的多样性有关。此外,生态位重叠值的大小与生态位宽度有一定的关系,当 2 个物种均有较宽生态位,其间的生态位重叠值相对较高,当 2 个物种生态位较窄,生态位重叠值一般较小,且生态位重叠值为 0 的几率较大。生态位重叠值越大,表明 2 个物种利用资源的方式越相似或对生境的要求基本一致,从物种竞争的角度看,则表明 2 个物种利用某一资源的竞争排斥越强烈(陈存及等,2004;吴海荣等,2004)。从更大的范围上看,物种的生态位重叠不仅是竞争产生的条件,还是促进物种共同进化的基础。物种的生态位重叠比较复杂,种群的共存与竞争是物种进化的 2 种因素,生态位的分离与重叠是物种共存与竞争的基础,汾河流域下游优势种群在各资源维上的生态位宽度和生态位重叠均不相同,表明优势种群在一个资源维上发生生态位重叠,必然在另一资源维上出现生态位分离,使物种间的相互作用都趋于相互补充,尽量减少直接的竞争,这使多种群组成的生物群落,能有效利用其自然资源和维持较高的功能。生态位宽度大的物种与其他物种的重叠度指数不一定大,二者之间并不存在直接的线性关系,这一现象从另外一个角度说明了湿地生态系统资源环境存在高度的空间异质性。从而就出现了较小的生态位宽度伴随着较高的生态位重叠的现象。表明生态位宽度较窄的种对间本身的生物学特性可能相同,对环境资源的要求可能较为相近,从而导致生态位宽度较窄的种对间有较高的生态位重叠值。这一现象可能对汾河流域下游湿地植被生态系统的恢复具有极大的推动作用。

种群生态位的研究可用于指导汾河流域下游湿地植被保护和恢复,为加快湿地植被的演替,应合理地选择、引入基础生态位较窄的种群。针对不同的生长环境类型,根据物种生态位的特点进行筛选,进而进行植被恢复。通过生态位宽度和生态位重叠的计算,可以更加清楚地认识物种在群落中的地位和作用以及不同物种间的相互关系。在对汾河流域的保护实践中,应充分考虑不同物种的生态位特征,进行物种间的合理配置,使有限的资源得以充分利用。

参考文献

包 也, 孟莹莹, 周旺明, 等. 2014.长白山地区不同林型红

松种群生态位特征. 生态学杂志, **33**(3): 555-559.
鲍士旦. 2005. 土壤农化分析(第3版). 北京: 中国农业出版社.
柴宗政, 王得祥, 张丽楠, 等. 2012. 秦岭山地天然油松群落主要植物种群生态位特征. 生态学杂志, **31**(8): 1917-1923.
陈存及, 陈新芳, 刘金福, 等. 2004. 人工-天然杉阔混交林种群生态位及竞争研究. 林业科学, **40**(1): 78-83.
李 峰, 谢永宏, 陈心胜, 等. 2009. 黄河三角洲湿地水生植物组成及生态位. 生态学报, **29**(11): 6257-6265.
林思祖, 黄世国, 洪 伟, 等. 2002. 杉阔混交林主要种群多维生态位特征. 生态学报, **22**(6): 962-968.
刘加珍, 陈亚宁, 张元明. 2004. 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, **15**(4): 549-555.
宋永昌. 2001. 植被生态学. 上海: 华东师范大学出版社.
苏日古嘎, 张金屯, 张 斌, 等. 2010. 松山自然保护区森林群落的数量分类和排序. 生态学报, **30**(10): 2621-2629.
王慧敏, 庞春花, 张 峰, 等. 2012. 汾河流域中下游湿地植被优势种种间关联性分析. 生态学杂志, **31**(10): 2507-2512.
王正文, 王德利. 2001. 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, **12**(5): 677-681.
吴海荣, 强 胜, 林金成. 2004. 南京市春季外来杂草调查及生态位研究. 西北植物学报, **24**(11): 2061-2068.
杨利民, 周广胜, 王国宏. 2001. 草地群落物种多样性维持机制的研究. Ⅱ: 物种现实生态位. 植物生态学报, **25**(5): 634-638.
翟大彤, 任健美, 张 坤. 2007. 汾河流域生态气候区的划分. 太原师范学院学报:自然科学版, **6**(3): 19-26.
张林静, 岳 明, 张远东, 等. 2002. 新疆阜康绿洲荒漠过渡带主要植物种的生态位分析. 生态学报, **22**(6): 969-972.
赵成章, 张 静, 盛亚萍. 2013. 高寒山区一年生混播牧草生态位对密度的响应. 生态学报, **33**(17): 5266-5273.
Chesson P. 2000. Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **31**: 343-366.
Fargione J, Tilman D. 2005. Niche differences in phenology and rooting depth promote coexistence with a dominant C_4 bunchgrass. *Oecologia*, **143**: 598-606.
Hipondoka MHT, Aranibar JN, Chirara C, *et al*. 2003. Vertical distribution of grass and tree roots in arid ecosystems of Southern Africa: Niche differentiation or competition? *Journal of Arid Environments*, **54**: 319-325.
Kenkel NC, Mcllraith AL, Burchill CA, *et al*. 1991. Competition and the response of three plant species to a salinity gradient. *Canadian Journal of Botany*, **69**: 2497-2502.
McKane RB, Johnson LC, Shaver GR, *et al*. 2002. Resource-based niches provide a basis for plant species diversity and dominance in arctic tundra. *Nature*, **415**: 68-71.
Paoli GD, Curran LM, Zak DR. 2006. Soil nutrients and beta diversity in the Bornean Dipterocarpaceae: Evidence for niche partitioning by tropical rain forest trees. *Journal of Ecology*, **94**: 157-170.
Pickett STA, Bazzaz FA. 1978. Organization of an assemblage of early successional species on a soil moisture gradient. *Ecology*, **59**: 1248-1255.
Silvertown J. 2004. Plant coexistence and the niche. *Trends in Ecology and Evolution*, **19**: 605-611.
Tuomisto H. 2006. Edaphic niche differentiation among *Polybotrya* ferns in western Amazonia: Implications for coexistence and speciation. *Ecography*, **29**: 273-284.

作者简介 庞春花,女,1966年生,硕士研究生,研究方向为植物生态学。E-mail: pangch6269@126.com
责任编辑 王 伟