

平原湖区外来入侵植物一年蓬群落的生态位特征

郑丹妮, 朱凌寒, 王浩森, 南倩茹, 周文吉, 赵丽娅*

湖北大学资源环境学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年9月26日; 录用日期: 2024年10月17日; 发布日期: 2024年10月28日

摘要

为了解一年蓬植物群落的生态关系, 探究一年蓬入侵机制及危害, 在平原湖区开展了以一年蓬为主的群落调查, 计算了一年蓬及25种主要伴生植物的生态位宽度、生态位重叠及Spearman秩相关系数。结果表明: 1) 一年蓬(*Erigeron annuus*)生态位宽度最大(0.948), 其次是小蓬草(*Erigeron canadensis*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)和稗(*Echinochloa crus-galli*)分别为0.876、0.776和0.773; 2) 一年蓬与主要伴生植物的Pianka生态位重叠指数介于0.107~0.524之间, 与一年蓬生态位重叠度最高的是小蓬草(0.523); 3) 一年蓬与25种主要伴生植物之间存在17个种对的负相关和8个种对的正相关, 表明在以一年蓬为主的植物群落中, 伴生植物与其多表现为竞争关系。

关键词

一年蓬, 生态位宽度, 生态位重叠, Spearman秩相关系数

Niche Characteristics of Alien Invasive Plant *Erigeron annuus* Community in Plain Lake Area

Danni Zheng, Linghan Zhu, Haosen Wang, Qianru Nan, Wenji Zhou, Liya Zhao*

School of Resources and Environment, Hubei University, Wuhan Hubei

Received: Sep. 26th, 2024; accepted: Oct. 17th, 2024; published: Oct. 28th, 2024

Abstract

In order to understand the ecological relationship of *Erigeron annuus* plant community and explore

*通讯作者。

文章引用: 郑丹妮, 朱凌寒, 王浩森, 南倩茹, 周文吉, 赵丽娅. 平原湖区外来入侵植物一年蓬群落的生态位特征[J]. 植物学研究, 2024, 13(6): 545-552. DOI: 10.12677/br.2024.136058

the invasion mechanism and its harmfulness, a community survey was investigated in plain lake area, and the niche breadth, niche overlap and Spearman rank correlation coefficient of *Erigeron annuus* and its 25 main accompanying plants were measured. The results showed that 1) *Erigeron annuus* had the widest niche width (0.948), while *Erigeron canadensis* (0.876), *Cynodon dactylon* (0.776) and *Echinochloa crus-galli* (0.773) had relatively wide niche widths. 2) Pianka niche overlap index of *Erigeron annuus* and its main companion plants is between 0.107 and 0.524, and the highest niche overlap with *Erigeron annuus* is *Erigeron canadensis* (0.523). 3) There are 17 species pairs of negative correlation and 8 species pairs of positive correlation between *Erigeron annuus* and 25 main associated plants, which indicates that in the plant community dominated by *Erigeron annuus*, the associated plants are mostly competitive with them.

Keywords

Erigeron annuus, Niche Breadth, Niche Overlap, Spearman Rank Correlation Coefficient

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

生态位是物种在时间空间上所占据的位置及其与相关物种之间的功能关系与作用[1]。众多假说表明外来物种入侵成功的关键在于本地物种与外来物种间生态位的关系。物种多样性阻抗假说认为群落生物多样性越高,空余生态位越少,外来入侵物种定植越难[2]。空余生态位假说认为外来入侵物种定植成功的主要原因是占据了生态系统中的空余生态位[2]。内禀优势假说认为外来物种具有独特的内禀优势,在新环境中更容易抑制或排挤相同生态位的本地物种[3]。外来物种入侵是导致生物多样性丧失的重要原因之一,生物入侵后以自身优势迅速定植、传播和繁殖,对本地物种造成排挤甚至取而代之[4]。因此研究植物群落的生态位关系对于理解外来物种的入侵机制以及它们的危害具有重要意义。

一年蓬(*Erigeron annuus*), 菊科一年生或二年生草本,原产于北美洲,作为观赏植物引进中国,因繁殖力、适应性、发生量和蔓延力较强,造成生物多样性的丧失以及生态系统的破坏[5],被列入中国外来入侵物种第三批名单。目前,就一年蓬的生物特性、化学成分、防治及开发利用等方面已有不少研究[6]-[9]。但一年蓬与入侵地其他植物的生态位、以及影响更值得探讨。因此,本文对一年蓬植物群落展开研究,探究一年蓬与伴生植物间生态位特征、以及植物群落的种间相关关系,为制定相应防控对策提供科学依据。

2. 研究区域与调查方法

2.1. 研究区域概况

研究区域位于湖北监利市(112°35'~113°19', 29°26'~30°12'),典型的平原湖区,海拔 23.5~30.5 m,属亚热带季风气候,年降水量 1100~1300 mm,年平均气温 15.9℃~16.6℃之间,年日照时数 1800~2000 h,雨热同期,有利于外来入侵物种传播扩散。

2.2. 群落调查

2024年5~7月,在一年蓬为主要优势种的群落中,采用样方法,随机布设 1 m²的群落样方 69个,用于记录植物种类、盖度、高度、多度、生活型等指标。

2.3. 数据处理与分析

2.3.1. 重要值

根据样方内所有植物的平均盖度、平均高度、平均多度，得出相对盖度、相对高度、相对多度，按照下列公式计算重要值[10]：

$$\text{重要值}(IV) = \frac{RC + RH + RA}{3} \quad (1)$$

式中， RC 为相对盖度， RH 为相对高度， RA 为相对多度。

2.3.2. 生态位宽度

以生态重要值为指标计算植物的生态位宽度，采用 Levins [11] 公式中的 Shannon-Weiner 指数计算：

$$B_i = -\frac{1}{\ln r} \sum_{k=1}^r (P_{ik} \ln P_{ik}) \quad (2)$$

式中， B_i 为物种 i 的生态位宽度， $P_{ik} = n_{ik}/N_i$ ， n_{ik} 是第 i 个物种在第 k 个样方中的生态重要值， N_i 是该物种在所有样方的生态重要值之和， r 为样方数。该指数的值域在 0~1 之间，数值越大表示生态位越宽[12]。

2.3.3. 生态位重叠

以生态重要值为指标，选用对称 α 法，即 Pianka [11] [13] 指数计算种间生态位重叠。

$$O_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^r P_{ik} P_{jk}}{\sqrt{\left(\sum_{k=1}^r P_{ik}\right)^2 \left(\sum_{k=1}^r P_{jk}\right)^2}} \quad (3)$$

式中， O_{ij} 为物种 i 和物种 j 的重叠指数， P_{ik} 和 P_{jk} 分别用物种 i 和物种 j 的生态重要值占第 k 个样方中植物生态重要值总和的比例来表示[7]， r 为样方数。该指数的值域在 0~1 之间，数值越大表示生态位重叠度越高[11]。

2.3.4. 种间相关分析

以生态重要值为指标，采用 Spearman 秩相关系数[14]来衡量一年蓬植物群落的种间关系。

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^r (m_{ik} - \bar{m}_i)(m_{jk} - \bar{m}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^r (m_{ik} - \bar{m}_i)^2 (m_{jk} - \bar{m}_j)^2}} \quad (4)$$

式中， r_{ij} 代表物种 i 和物种 j 之间的相关系数， r 为样方数， m_{ik} 和 m_{jk} 分别是物种 i 和物种 j 在第 k 个样方中的生态重要值， \bar{m}_i 和 \bar{m}_j 分别是物种 i 和物种 j 在所有样方中的平均生态重要值[15]。 r_{ij} 值为正值说明正相关，负值说明负相关，绝对值越大，相关性越显著[16]。

2.3.5. 数据处理

运用 Excel2019 软件进行数据整理统计，采用 R4.2.2 软件 spaa 软件包进行 Shannon-Weiner 生态位宽度指数和 Pianka 生态位重叠度指数的计算，使用 SPSS27.0 软件对群落进行 Spearman 种间相关分析。

3. 结果与分析

3.1. 生态位宽度

本次调查共发现 191 种植物，为更好呈现一年蓬植物群落的生态位特征，选取样方内频率高于 5% 的 26 种植物进行分析(表 1)。一年蓬生态位宽度最大(0.948)，其次是小蓬草(*Erigeron canadensis*)、狗牙根

(*Cynodon dactylon*)、稗(*Echinochloa crus-galli*)和喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*), 分别为 0.876、0.776、0.773 和 0.725, 它们是生态适应性较强, 危害相对较重的植物, 说明这些植物对环境的资源利用能力强。原因可能是菊科植物繁殖能力强、种子传播方式多样, 禾本科植物抗干旱能力强且具有更高的养分利用率, 苋科植物喜旱莲子草繁殖迅速、水陆共生, 因此表现出较大的生态位宽度[17]-[19]。其他植物的生态位宽度指数介于 0.362~0.726 之间; 生态位宽度最小的是鳢肠(*Eclipta prostrata*), 为 0.363。

Table 1. Niche breadth of *Erigeron annuus* and its main accompanying plants

表 1. 一年蓬及主要伴生植物的生态位宽度

编号 NO	植物名称 Weed species	生态位 宽度 NB	编号 NO	植物名称 Weed species	生态位 宽度 NB
1	阿拉伯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	0.431	14	木贼 <i>Equisetum hyemale</i>	0.577
2	艾 <i>Artemisia argyi</i>	0.518	15	牵牛 <i>Ipomoea nil</i>	0.540
3	稗 <i>Echinochloa crus-galli</i>	0.773	16	蛇莓 <i>Duchesnea indica</i>	0.520
4	草木樨 <i>Melilotus suaveolens</i>	0.511	17	铁苋菜 <i>Acalypha australis</i>	0.706
5	车前 <i>Plantago asiatica</i>	0.522	18	通泉草 <i>Mazus pumilus</i>	0.451
6	翅果菊 <i>Lactuca indica</i>	0.527	19	乌敛莓 <i>Cayratia juss</i>	0.600
7	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	0.591	20	喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	0.725
8	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	0.776	21	香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	0.711
9	苘草 <i>Arthraxon hispidus</i>	0.495	22	小蓬草 <i>Erigeron canadensis</i>	0.876
10	爵床 <i>Justicia procumbens</i>	0.440	23	野大豆 <i>Glycine soja</i>	0.508
11	鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	0.363	24	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	0.948
12	葎草 <i>Humulus scandens</i>	0.495	25	钻叶紫菀 <i>Symphyotrichum subulatum</i>	0.720
13	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	0.580	26	酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	0.524

3.2. 生态位重叠

生态位重叠指数表明(表 2), 26 种植物群落间生态重叠在 0.5 以上的有 7 个种对, 分别为一年蓬和小蓬草、一年蓬和喜旱莲子草、马唐和钻叶紫菀、鳢肠和铁苋菜(*Acalypha australis*)、苘草(*Arthraxon hispidus*)和香附子(*Cyperus rotundus*)、爵床(*Justicia procumbens*)和马唐、以及爵床和钻叶紫菀。生态位重叠度在 0.3~0.5 之间的有 29 个种对, 其余种对的生态位重叠均在 0.3 以下。

入侵植物一年蓬与伴生植物的生态位重叠介于 0.107~0.524 之间, 与小蓬草的生态位重叠最高, 为 0.523, 原因可能是同属于菊科飞蓬属植物, 其花期相同且种子小而繁多, 容易在相同的生存环境下产生种间竞争。其次是喜旱莲子草和钻叶紫菀(*Symphyotrichum subulatum*), 分别为 0.509 和 0.417。说明这些物种生长所需的环境与一年蓬的生态空间重叠。鳢肠与一年蓬生态重叠最低, 为 0.108。

3.3. 种间相关分析

Spearman 秩相关系数表明(表 3), 26 种植物的 325 个种对间, 存在 16 个种对显著正相关, 占有种对数的 4.92%, 8 个种对显著负相关, 占有种对数的 2.46%。其中稗 - 葎草(*Humulus scandens*)、鳢肠 - 铁苋菜、铁苋菜 - 通泉草(*Mazus pumilus*)、乌敛莓(*Cayratia juss*) - 野大豆(*Glycine soja*)呈极显著正相关, 反映出群落种对间既有对相同环境条件的相互依存、互利共生, 又有对共同资源的激烈竞争[20]。

Table 2. Niche overlap of *Erigeron annuus* and its main accompanying plants**表 2.** 一年蓬及主要伴生植物的生态位重叠

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
2	0.040																									
3	0.138	0.235																								
4	0.025	0.103	0.157																							
5	0.403	0.024	0.073	0.058																						
6	0.000	0.000	0.075	0.106	0.027																					
7	0.043	0.094	0.091	0.168	0.024	0.209																				
8	0.056	0.123	0.266	0.191	0.118	0.388	0.154																			
9	0.308	0.079	0.177	0.150	0.040	0.121	0.093	0.400																		
10	0.007	0.000	0.250	0.101	0.159	0.000	0.000	0.064	0.000																	
11	0.056	0.008	0.020	0.000	0.035	0.048	0.299	0.039	0.000	0.001																
12	0.258	0.038	0.500	0.000	0.137	0.000	0.057	0.193	0.029	0.051	0.011															
13	0.076	0.115	0.212	0.047	0.204	0.013	0.051	0.068	0.146	0.535	0.002	0.205														
14	0.037	0.209	0.162	0.224	0.080	0.210	0.052	0.150	0.100	0.054	0.010	0.018	0.076													
15	0.032	0.135	0.237	0.027	0.012	0.080	0.000	0.198	0.052	0.029	0.092	0.179	0.075	0.070												
16	0.035	0.154	0.031	0.085	0.033	0.007	0.174	0.080	0.089	0.008	0.092	0.015	0.100	0.073	0.122											
17	0.164	0.034	0.141	0.019	0.113	0.125	0.241	0.103	0.013	0.047	0.592	0.133	0.038	0.076	0.404	0.103										
18	0.072	0.084	0.085	0.000	0.024	0.104	0.246	0.027	0.014	0.014	0.011	0.030	0.209	0.056	0.016	0.313	0.213									
19	0.151	0.309	0.184	0.000	0.024	0.199	0.207	0.188	0.116	0.046	0.096	0.050	0.092	0.143	0.026	0.028	0.240	0.076								
20	0.036	0.223	0.114	0.026	0.354	0.096	0.165	0.215	0.048	0.022	0.183	0.025	0.116	0.318	0.006	0.014	0.239	0.049	0.197							
21	0.328	0.062	0.320	0.171	0.058	0.106	0.211	0.328	0.574	0.046	0.177	0.151	0.165	0.073	0.193	0.277	0.252	0.101	0.086	0.098						
22	0.241	0.123	0.375	0.264	0.178	0.173	0.171	0.295	0.140	0.126	0.120	0.223	0.072	0.231	0.339	0.164	0.331	0.238	0.189	0.258	0.242					
23	0.015	0.427	0.141	0.206	0.037	0.171	0.296	0.123	0.073	0.000	0.000	0.012	0.037	0.436	0.021	0.039	0.013	0.000	0.425	0.042	0.013	0.164				
24	0.135	0.272	0.406	0.181	0.231	0.310	0.294	0.349	0.172	0.258	0.108	0.259	0.408	0.320	0.243	0.304	0.251	0.188	0.407	0.509	0.271	0.523	0.247			
25	0.043	0.051	0.231	0.076	0.353	0.155	0.074	0.115	0.200	0.534	0.003	0.040	0.661	0.189	0.146	0.137	0.096	0.158	0.055	0.216	0.230	0.364	0.053	0.417		
26	0.003	0.020	0.250	0.056	0.000	0.182	0.219	0.234	0.000	0.207	0.000	0.060	0.010	0.022	0.028	0.079	0.199	0.037	0.032	0.189	0.090	0.161	0.000	0.280	0.098	

一年蓬与 25 种主要伴生植物间存在 1 个种对的显著负相关，为狗牙根($r = -0.264, P \leq 0.05$)，16 个种对的负相关和 8 个种对的正相关，分别占 64%和 32%。表明在以一年蓬为优势种的植物群落中，伴生植物与一年蓬多为资源竞争关系，对生态资源利用的相似性较小。

4. 结论与讨论

4.1. 一年蓬入侵群落生态位宽度

在平原湖区监利市的调查中，入侵植物一年蓬生态位宽度最大。许多研究表明外来生物入侵成功的一个重要特征是具有较高的生态位[20] [21]。调查也发现一年蓬在监利市所占据的生境类型多样，路边、荒地、河边、农田等多种生境中均有分布。虽然一年蓬喜生于肥沃向阳的土地上，但控制性实验表明，随着土壤含水量逐渐减少，一年蓬叶片膜中过氧化物酶的活性随胁迫程度的加剧而不断升高[22]。充分说明一年蓬具有较强的适应能力，在干燥贫瘠的土壤亦能生长。一年蓬的这种宽生态幅特征为其成功入侵我国温带和亚热带地区奠定坚实的基础。

行治控时, 也需要注意次优势种小蓬草、喜旱莲子草和钻叶紫菀的防治。

4.3. 一年蓬入侵群落种间相关性

一年蓬植物群落间仅有 16 个种对的显著正相关和 8 个种对的显著负相关关系, 群落间各物种尚未形成稳定的群落结构和功能关系。并且群落以一年生草本为主, 多年生草本较少, 处于演替初期, 十分有利于一年蓬的入侵和繁殖[24]。本研究一年蓬与主要伴生植物总体呈不显著负相关, 这与紫茎泽兰和喜旱莲子草入侵群落的特征相似[25][26], 说明一年蓬植物群落大部分物种间存在对光照、水分等资源的竞争, 并且这种竞争会随着资源的耗竭而越发激烈。一年蓬在成功入侵后会向入侵地土壤释放化感物质来抑制其他植物的生长发育[27]。并且具有强大的繁殖能力、庞大的发生量和快速的蔓延力等特点, 会在短时间内形成单一群落。本文的调查也进一步验证, 外来物种一年蓬的入侵严重影响本地植物群落的稳定性, 造成生物多样性的不断下降生长甚至丧失。

基金项目

湖北省农业外来入侵物种普查子课题 - 恩施(2022108002001121)。

参考文献

- [1] 吴姣姣, 向明学, 拉多, 等. 不同放牧强度对拉萨河谷温性草原主要植物生态位及种间联结的影响[J]. 草地学报, 2022, 30(3): 513-522.
- [2] Eltoon, C.S. (1958) *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Methuen, 54.
- [3] Morita, K. (2018) Assessing the Long-Term Causal Effect of Trout Invasion on a Native Charr. *Ecological Indicators*, 87, 189-192. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.058>
- [4] Hulvey, K.B. and Zavaleta, E.S. (2012) Abundance Declines of a Native Forb Have Nonlinear Impacts on Grassland Invasion Resistance. *Ecology*, 93, 378-388. <https://doi.org/10.1890/11-0091.1>
- [5] 刘婷婷, 张洪军, 王晓磊, 等. 外来植物一年蓬对雾灵山生物多样性的影响[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2010, 46(3): 365-370.
- [6] 苑晓雯. 黄河流域河南段菊科主要外来种对不同环境梯度的适应性研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南大学, 2011.
- [7] 赫玉芳, 汲立伟, 张莲珠. 一年蓬研究进展[J]. 黑龙江医药, 2010, 23(5): 736-737.
- [8] 冯卫生, 张靖柯, 宋楷, 等. 一年蓬全草的化学成分研究[J]. 中国医药指南, 2010, 41(4): 868-871.
- [9] 方建新. 野生一年蓬的开发利用[J]. 资源开发与市场, 2006, 22(5): 474-475.
- [10] Wang, C.T., Long, R.J., Wang, Q.J., Ding, L.M. and Wang, M.P. (2007) Effects of Altitude on Plant-Species Diversity and Productivity in an Alpine Meadow, Qinghai—Tibetan Plateau. *Australian Journal of Botany*, 55, 110-117. <https://doi.org/10.1071/bt04070>
- [11] 李翌, 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.
- [12] 张亚芬, 郑子洪, 陈旭波, 骆争荣. 入侵植物藿香蓟与常见伴生杂草的生态位特征[J]. 生态学报, 2022, 42(9): 3727-3737.
- [13] 李德志, 石强, 臧润国, 等. 物种或种群生态位宽度与生态位重叠的计测模型[J]. 林业科学, 2006, 42(7): 95-103.
- [14] Zar, J.H. (1972) Significance Testing of the Spearman Rank Correlation Coefficient. *Journal of the American Statistical Association*, 67, 578-580. <https://doi.org/10.2307/2284441>
- [15] 王建青, 李素清. 晋北不同人工林下苔藓优势种种间关系与生态位[J]. 中国水土保持科学(中英文), 2022, 20(2): 49-57.
- [16] 张金屯. 数量生态学[M]. 第 3 版. 北京: 科学技术出版社, 2018: 79.
- [17] 范建军, 乙杨敏, 朱珣之. 入侵杂草一年蓬研究进展[J]. 杂草学报, 2020, 38(2): 1-8.
- [18] 郭宇恒. 北方草原禾本科与豆科植物养分状况沿干旱梯度的变化规律[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 辽宁大学, 2023.
- [19] 郭佳琦. 平原湖区喜旱莲子草入侵群落特征与种间联结研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北大学, 2023.

- [20] 陈秀芝, 朱莉莉, 郭水良. 长江口九段沙典型潮沟植物群落的物种多样性和之前生态位[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(S2): 20-27.
- [21] 李俊娇, 谷艳芳, 张丽霞, 等. 开封市郊区主要生境外来杂草生态位[J]. 生态学杂志, 2008, 27(9): 1543-1548.
- [22] 王勇. 外来植物春一年蓬入侵生物学研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海师范大学, 2008.
- [23] 江焕, 张辉, 龙文兴, 等. 金钟藤入侵群落的种间联结及生态位特征[J]. 生物多样性, 2019, 27(4): 388-399.
- [24] 胡雪峰. 阴山北麓弃耕地演替初期植被及土壤特征研究[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2023.
- [25] 刘海, 杜如万, 王勇, 等. 紫茎泽兰对四川省凉山州共生植物种间联结性及稳定性的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(15): 5031-5038.
- [26] 郭佳琦, 陈俊辰, 黄旬, 等. 喜旱莲子草入侵群落主要物种生态位和种间联结研究[J]. 生态环境学报, 2021, 30(8): 1607-1616.
- [27] 金攀, 杨利民, 韩梅. 一年蓬水浸液对 5 种植物化感作用的研究[J]. 吉林农业大学学报, 2010, 32(4): 419-424.