



模拟植食性昆虫取食对3种苍耳属杂草竞争力的影响

何健霄 肖永康 阿马努拉·依明尼亚孜

Effects of simulated herbivorous insect feeding on the competitiveness of three *Xanthium* species

HE Jianxiao, XIAO Yongkang, Amanula · Yimingniyazi

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0573>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

增温对喜旱莲子草入侵和竞争力的影响

Warming affects the invasion ability and competitiveness of the invasive plant *Alternanthera philoxeroides*

草业科学. 2020, 37(6): 1047 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0619>

不同饲草作物间作模式对地上生物量及竞争力的影响

Effects of different forage crop intercropping patterns on above-ground biomass and competitiveness

草业科学. 2020, 37(11): 2284 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0084>

基于结构方程模型的中国牧草企业竞争力

Competitiveness analysis of forage enterprises in Northwest China based on a structural equation model

草业科学. 2021, 38(11): 2313 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0230>

蝗虫取食对毛花雀稗防御酶活性的影响

Defense enzyme activity of dallisgrass in response to grasshopper feeding

草业科学. 2021, 38(11): 2294 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0394>

基于结构方程模型的草原旅游目的地竞争力分析：以赛里木湖和那拉提草原为例

Competitiveness analysis of grassland tourist destinations based on a structural equation model taking Sayram Lake and Narati Grassland as examples

草业科学. 2020, 37(9): 1749 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0260>

草地补播对甘南草原高寒草甸高原鼯鼠食性的影响

Effects of grassland sowing on the feeding habits of *Eospalax baileyi* in the Gannan alpine meadow

草业科学. 2021, 38(5): 967 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0382>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0573

何健霄, 肖永康, 阿马努拉·依明尼亚孜. 模拟植食性昆虫取食对3种苍耳属杂草竞争力的影响. 草业科学, 2023, 40(7): 1802-1809.

HE J X, XIAO Y K, Amanula·Yimingniyazi. Effects of simulated herbivorous insect feeding on the competitiveness of three *Xanthium* species. Pratacultural Science, 2023, 40(7): 1802-1809.

模拟植食性昆虫取食对3种苍耳属 杂草竞争力的影响

何健霄¹, 肖永康¹, 阿马努拉·依明尼亚孜²

(1. 新疆农业大学草业学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业大学生命科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 竞争力是决定外来植物能否成功入侵到新生境的关键因素。入侵生态学中, 提高竞争能力的进化假说认为, 外来植物在传入地生长繁殖压力减小, 是因为逃离了原产地的寄生虫、病原体和动物等限制因素, 从而使入侵植物的资源分配由防御转向生长, 促进外来植物的入侵。本研究以刺苍耳 (*Xanthium spinosum*)、意大利苍耳 (*X. italicum*) 和苍耳 (*X. sibiricum*) 为研究对象, 对比研究植食性昆虫未取食、轻度取食、中度取食和重度取食对3种苍耳相对生长速度和生物量等特征的影响。结果表明, 植食性昆虫的轻度取食会使刺苍耳和苍耳的相对生长速度和生物量增加, 从而增加竞争能力; 而意大利苍耳在植食性昆虫取食下其相对生长速度和生物量均显著降低 ($P < 0.05$)。植食性昆虫的取食使苍耳的根冠比增加, 改变了苍耳的生长-防御策略, 减少了营养生长投入, 从而增强其防御能力。植食性昆虫取食对3种苍耳的影响表现为意大利苍耳 > 苍耳 > 刺苍耳。由于植食性昆虫取食3种苍耳的同时也会取食其他植物, 因此能否用植食性昆虫防治刺苍耳和意大利苍耳还需要进一步的试验进行论证。

关键词: 植食性昆虫; 入侵植物; 竞争力; 生长-防御策略; 资源分配

文献标识码: A 文章编号: 1001-0629(2023)07-1802-08

Effects of simulated herbivorous insect feeding on the competitiveness of three *Xanthium* species

HE Jianxiao¹, XIAO Yongkang¹, Amanula·Yimingniyazi²

(1. College of Grassland Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China;

2. College of Life Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China)

Abstract: Competitiveness is the key factor to determine whether foreign plants can successfully invade new habitats. In invasion ecology, the evolutionary hypothesis of improving competitiveness believes that the pressure of growth and reproduction of alien plants in the place of introduction is reduced because they escape from restrictive factors such as parasites, pathogens, and animals in the country of origin, thus making the resource allocation of invasive plants transition from defense to growth and promoting the invasion of alien plants. In this study, *Xanthium spinosum*, *X. italicum*, and *X. sibiricum* were used as the research objects for comparing the effects of nonporous, light, moderate, and heavy herbivorous insects on the relative growth rate and biomass of the three species of *X. sibiricum*. The results showed that the relative growth rate and biomass of *X. spinosum* and *X. sibiricum* increased with the light feeding of phytophagous insects, thus increasing their competitiveness; however, the relative growth rate and biomass of *X. italicum* significantly decreased ($P <$

收稿日期: 2022-07-14 接受日期: 2022-09-27

基金项目: 新疆森林、草原、湿地生态系统外来入侵野生植物普查项目 (XJLCRQSW-3); 第三次新疆综合科学考察项目 (2022xjkk0401)

第一作者: 何健霄 (1996-), 男, 新疆尉犁人, 在读硕士生, 主要从事植物入侵生态学研究。E-mail: 1303153979@qq.com

通信作者: 阿马努拉·依明尼亚孜 (1984-), 男 (维吾尔族), 新疆莎车人, 讲师, 博士, 主要从事植物入侵生态学研究。E-mail: aixjau812@163.com

0.05). The feeding of phytophagous insects increased the root-to-shoot ratio of *X. sibiricum*, changed its growth—defense strategy, and reduced the input of nutrient growth to enhance its defense ability. The effects of herbivorous insects on the three species of *X. sibiricum* were Italian *X. italicum*, *X. sibiricum* and *X. spinosum*. Since phytophagous insects feed on three kinds of *X. sibiricum* and other plants, further experiments are required to demonstrate whether they can be used to control *X. spinosum* and *X. italicum*.

Keywords: herbivorous insects; invasive plants; competitiveness; growth—defense strategy; resource allocation

Corresponding author: Amanula·Yimingniyazi E-mail: aixjau812@163.com

植食作用是指植食性动物以植物为食的现象^[1]。在植食作用中,植食性动物通过直接取食植物的茎、叶、花和果实等器官,获取营养物质和水分,改变寄主植物光合速率,进而影响寄主植物的生长和发育等生长特性和竞争能力^[2]。因此,研究植食性动物对植物的影响,在理解植物个体的生长和繁殖,以及物种在自然群落中的组成、分布及生态系统结构和功能等方面具有重要的生态学意义^[3]。

植食性昆虫的取食对外来植物竞争能力的影响有密切的关系^[4]。植食性昆虫的取食与外来植物竞争能力相关的主要假说有提高竞争能力的进化假说和降低竞争能力的进化假说^[5]。这些假说认为外来植物竞争能力的改变与逃逸天敌、生长—防御权衡以及生境稳定性等密切相关。其中,提高竞争能力的进化假说提出入侵植物在新生境生长繁殖压力减小,是因为逃离了原产地的寄生虫、病原体、动物等天敌,从而使其防御资源转向生长发育资源^[6-7]。入侵植物会比原产地生长更高或产生更多的种子等,这些生物特性的改变会增加植物的竞争力,以促使入侵植物的扩散^[8]。降低竞争能力的进化假说提出如果入侵范围内的竞争较少,并且竞争涉及具有适应性成本的特征,那么入侵种会选择可能对其产生不利影响的方面进化,入侵植物在进入新的栖息地之后植株变得更为矮小,从而减少种内相互作用^[9-10]。

新疆农业大学入侵生态课题组在野外考察发现,新疆乌鲁木齐市三坪农场周边区域的刺苍耳(*Xanthium spinosum*)、意大利苍耳(*X. italicum*)和苍耳(*X. sibiricum*)植株上有棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)、异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)和双斑萤叶甲(*Monolepta hieroglyphica*)等植食性害虫,且会取食 3 种苍耳的叶片等器官。因此提出假设:由于 3 种苍耳原产地不同,植食性昆虫取食可能会使 3 种苍耳生长速度和生物量分配的影响程度上有差异。但

有关植食性昆虫取食对 3 种苍耳竞争能力的影响未见相关报道。为此,以刺苍耳、意大利苍耳和苍耳为研究对象,对比研究植食性昆虫未取食、轻度取食、中度取食、重度取食对 3 种苍耳生长速度和生物量等特征的影响,以期解决以下 3 个科学问题:1) 植食性昆虫取食对 3 种苍耳植株生长速度有何影响?——验证提高/降低竞争能力的进化假说。2) 植食性昆虫取食对 3 种苍耳生物量分配(生长—防御策略)是否有影响?如果有,具体表现在哪些方面?——验证生长—防御权衡假说。3) 比较在植食性昆虫取食胁迫下的竞争能力,不同苍耳之间是否有差异?

1 材料与方 法

1.1 种子收集

2020 年 3 月—4 月,在新疆农业大学三坪农场实习基地内的农田附近采集刺苍耳、意大利苍耳及苍耳的种子,然后贮存于低湿贮藏箱中。刺苍耳(*X. spinosum*)是隶属于菊科苍耳属的一年生入侵杂草,原产于南美洲^[11],由于该物种的入侵性强,目前已广泛分布于欧洲的中部和南部及西北太平洋地区。我国首先在河南郸城县发现,随后在河南东部、安徽西北部、北京丰台区、辽宁大连、内蒙古呼和浩特和宁夏等地相继被发现^[12]。新疆境内于 2009 年首先在伊宁县发现,目前已分布于昌吉市、伊宁市、伊宁县、巩留县、特克斯县、新源县、察布查尔县、霍城县和尼勒克县^[13]。刺苍耳能很好地在温带地区的适宜环境中生存,如河岸、农田、草原和荒漠化草原等生境中成功定居并生长^[11];具有生长繁殖能力强、种子产量大、萌发率高、扩散媒介多样和蔓延速度快等特性,从而迅速占据大面积的区域,抑制本土植物与农作物的生长、繁殖^[14];该物种植株具有微毒,且叶柄基部两侧长有大量的三叉型尖锐黄色硬刺,刺入肉中会产生较长时间的强烈疼痛,因此

牛羊均不采食,故而会直接或间接影响畜牧业的发展^[15]。意大利苍耳(*Xanthium italicum*)是隶属于菊科苍耳属一年生杂草,原产于北美洲^[16],意大利苍耳在全球范围内扩散蔓延,已扩张至欧洲、亚洲、大洋洲的多个国家和地区^[17];1991年首次在北京昌平区发现有分布,现在已经蔓延至山东、河北、深圳、新疆、辽宁等国内的多个省(市、区),在新疆主要分布于伊犁、博州、阿勒泰、吉木乃、石河子、昌吉、乌鲁木齐等地区^[18]。由于该物种根系发达、生态适应性强、生长量大、结实率高、种子传播途径广且种子带有倒刺,对当地生态环境以及畜牧业和农业产生严重的影响和危害^[18]。

1.2 试验地基本情况

试验地位于新疆农业大学三坪农场实习基地,地理坐标为43°56' N, 87°20' E,海拔790 m左右。该地属于准噶尔盆地南缘的冲积平原,具有典型的大陆性温带荒漠气候。水渠北侧为绿洲,南侧为荒漠。1971—2000年的年平均气温为7.2℃,年平均降水量为194.3 mm,土壤为荒漠粘土。

1.3 试验处理

本研究采用室外控制性试验,为验证植食性昆虫在不同程度的取食对3种苍耳竞争力的影响,设计了以下试验。试验所用土壤来自三坪农场,在整个试验过程中不打药、不施肥,并且需要定期除草,以确保试验所用的花盆中只生长试验材料,去除其他因素的干扰。参考Callaway等^[19]、Kleunen和Schmid^[20]的研究方法,将所有试验材料分为未取食、轻度取食、中度取食、重度取食4种处理(表1),2021年5月9日,将上述采集的3种苍耳种子播种到花盆中共计120个花盆(3种苍耳×4种处理×

10个重复),待3种苍耳幼苗长至15 cm左右时,选取长势一致的幼苗,每盆保留2株。其中一株做模拟植食性昆虫取食处理,并做标记,另一株不做处理。根据在植物生长的不同时期进行取食做模拟取食处理,苗期取食:使用剪刀将植物叶片剪去50%,并在切口处涂抹茉莉酸;苗期和花期取食:使用剪刀将植物叶片和花剪去50%,并在切口处涂抹茉莉酸;苗期、花期和果期取食:使用剪刀将植物叶片、花和果实剪去50%,并在切口处涂抹茉莉酸。

1.4 采样与测量

在进行苗期取食处理后的一周开始每间隔15 d使用直尺测量一次各植株的株高。2021年10月,待苍耳果实成熟后,将3种苍耳植株按根、茎、叶分离后在105℃杀青20 min后,再70℃烘干至恒重,测量3种苍耳各构件生物量。

1.5 数据处理

采用SPSS 26.0进行数据分析,其中采用双因素方差分析植物物种和取食处理对苍耳竞争力的影响;单因素方差分析对比每种苍耳在不同取食处理下的差异。

相对生长速度(relative growth rate, R):

$$R = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

式中: W_1 为首次测量的株高, W_2 为再次测量的株高, $t_2 - t_1$ 为两次测量的时间间隔。

2 结果与分析

3种苍耳的生物量等特性均受到植物物种和植食性昆虫取食处理的影响($P < 0.05$) (表2)。此外,3种苍耳的根生物量、果实生物量、地上生物量、总生物量、根冠比、根生物量比和地上生物量比也受到苍耳物种和植食性昆虫取食处理的交互影响($P < 0.05$)。

植食性昆虫的取食能够显著影响3种苍耳的相对生长速度($P < 0.05$)。刺苍耳的相对生长速度在轻度取食条件下高于其他3个处理,在中度取食与重度取食处理下显著高于未取食处理。意大利苍耳在植食性昆虫的取食下其相对生长速度随着取食程度加重呈现下降趋势。苍耳在植食性昆虫的取食下其相对生长速度在轻度取食处理下最大,显著高于重度取食处理,比未取食处理和中度取食处理高,但差异不显著(图1)。

表1 昆虫取食处理
Table 1 Insect gnawing treatment

项目 Item	昆虫取食处理 Insect gnawing treatment
未取食 Not feeding	整个生长阶段不发生昆虫取食 No insect feeding occurred during the whole growth stage
轻度取食 Mild feeding	苗期取食 Seedling feeding
中度取食 Moderate feeding	苗期和花期取食 Feed at seedling stage and flowering stage
重度取食 Severe feeding	苗期、花期和果期取食 Feed at seedling, flowering and fruiting stages

表 2 在不同取食条件下 3 种苍耳生物量变化的方差分析结果
Table 2 Variance analysis of biomass changes of *Xanthium* under different feeding conditions

指标 Index	物种 Species			处理 Treatment			物种 × 处理 Species × treatment		
	均方 Mean square	F	P	均方 Mean square	F	P	均方 Mean square	F	P
相对生长速度 Relative growth rate	1.085	23.833	< 0.001	0.001	26.39	< 0.001	0.001	1.854	0.095
根生物量 Root biomass	94.058	34.643	< 0.001	3.042	1.287	0.028	5.123	2.674	0.018
茎生物量 Stem biomass	439.198	31.173	< 0.001	20.576	1.38	0.025	15.398	1.661	0.136
叶生物量 Leaf biomass	360.331	29.608	< 0.001	17.776	1.461	0.020	20.088	1.651	0.140
果实生物量 Fruit biomass	2358.528	37.476	< 0.001	71.067	1.098	0.035	56.905	11.21	0.001
地上生物量 Aboveground biomass	7281.691	35.026	< 0.001	334.153	15.003	0.001	222.110	14.036	0.001
总生物量 Total biomass	9030.353	36.190	< 0.001	382.341	14.601	0.001	280.601	15.740	0.001
根冠比 Root to shoot ratio	0.082	17.722	< 0.001	0.013	4.581	0.004	0.018	4.265	0.001
根生物量比 Root biomass ratio	0.040	16.659	< 0.001	0.006	4.214	0.007	0.009	4.05	0.001
茎生物量比 Stem biomass ratio	0.040	4.167	0.018	0.001	0.627	0.599	0.008	1.078	0.379
叶生物量比 Leaf biomass ratio	0.451	38.335	< 0.001	0.001	0.276	0.842	0.030	1.673	0.133
果实生物量比 Fruit biomass ratio	1.069	47.463	< 0.001	0.008	1.766	0.011	0.041	1.692	0.128
地上生物量比 Aboveground biomass ratio	0.040	16.659	< 0.001	0.006	4.214	0.007	0.009	4.05	0.001

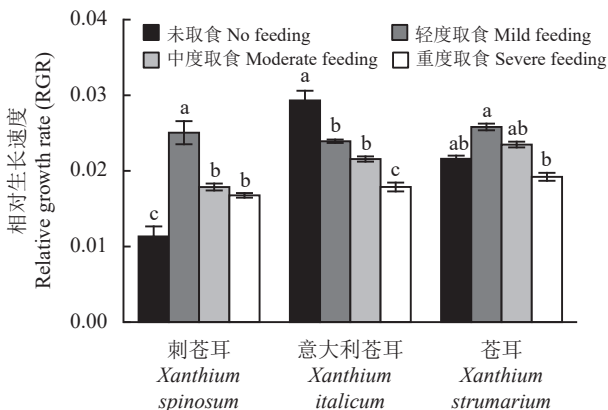


图 1 模拟植食性昆虫取食对 3 种苍耳相对生长速度的影响

Figure 1 Simulated effects of herbivorous insect feeding on the relative growth rates of three *Xanthium* species

同一物种不同小写字母表示不同昆虫取食处理下差异显著 ($P < 0.05$); 下同。

Different lowercase letters of the same species indicate significant differences under different insect feeding treatments at the 0.05 level. This is applicable for the following figures and tables as well.

植食性昆虫的取食均会影响 3 种苍耳的生物量。与未取食对照相比, 刺苍耳的总生物量在植食性昆虫的取食下显著增加 ($P < 0.05$), 增加了 51% (叶生物量)~71% (根生物量); 与未取食对照相比, 意大利苍耳的各构件生物量在植食性昆虫的取食下均呈现显著降低趋势 ($P < 0.05$), 其生物量降低了

26% (根生物量)~62% (叶生物量); 与未取食对照相比, 苍耳在植食性昆虫轻度取食下其总生物量、地上生物量、根生物量、茎生物量和果实生物量显著增加 ($P < 0.05$), 增加了 16% (叶生物量)~56% (果实生物量), 在中度和重度取食下呈现下降趋势, 但与对照相比并无明显差异。可见植食性昆虫在适度的取食下会使得刺苍耳和苍耳的生物量增加, 植食性昆虫的取食对 3 种苍耳生物量的影响依次为意大利苍耳、刺苍耳和苍耳 (图 2)。

比较 3 种苍耳的根冠比, 在未取食和其他取食处理间刺苍耳和意大利苍耳都不存在显著差异 ($P > 0.05$), 而苍耳的根冠比随植食性昆虫的取食程度加重而显著增加 ($P < 0.05$)。3 种苍耳在不同取食程度下其地上生物量比并不存在明显变化。意大利苍耳的茎生物量比在重度取食条件下显著高于未取食处理, 苍耳的茎生物量比则是在轻度取食下显著高于未取食处理, 在中度取食与重度取食条件下又呈现下降趋势, 但与未取食处理并不存在明显差异。刺苍耳的果实生物量比在植食性昆虫的取食下显著增加, 意大利苍耳和苍耳的果实生物量比在植食性昆虫的取食下则显著降低。可见, 植食性昆虫不同取食程度均会影响 3 种苍耳的生物量分配比例 (图 3)。

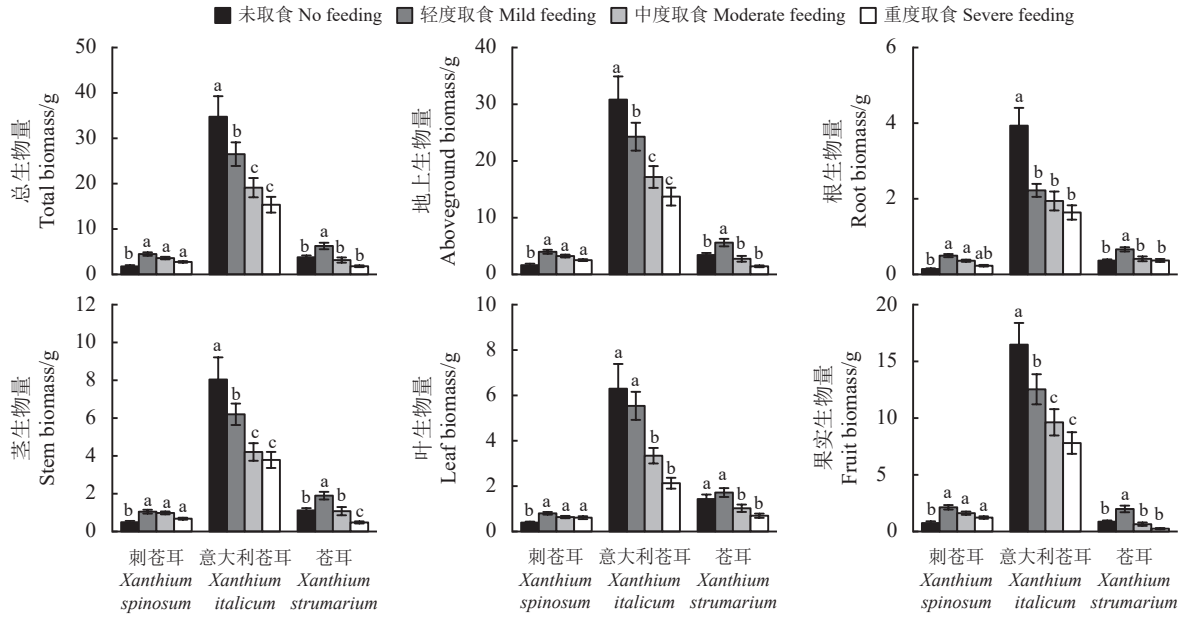


图2 模拟植食性昆虫取食对3种苍耳生物量的影响

Figure 2 Simulated effects of herbivorous insect feeding on the biomass of three *Xanthium* species

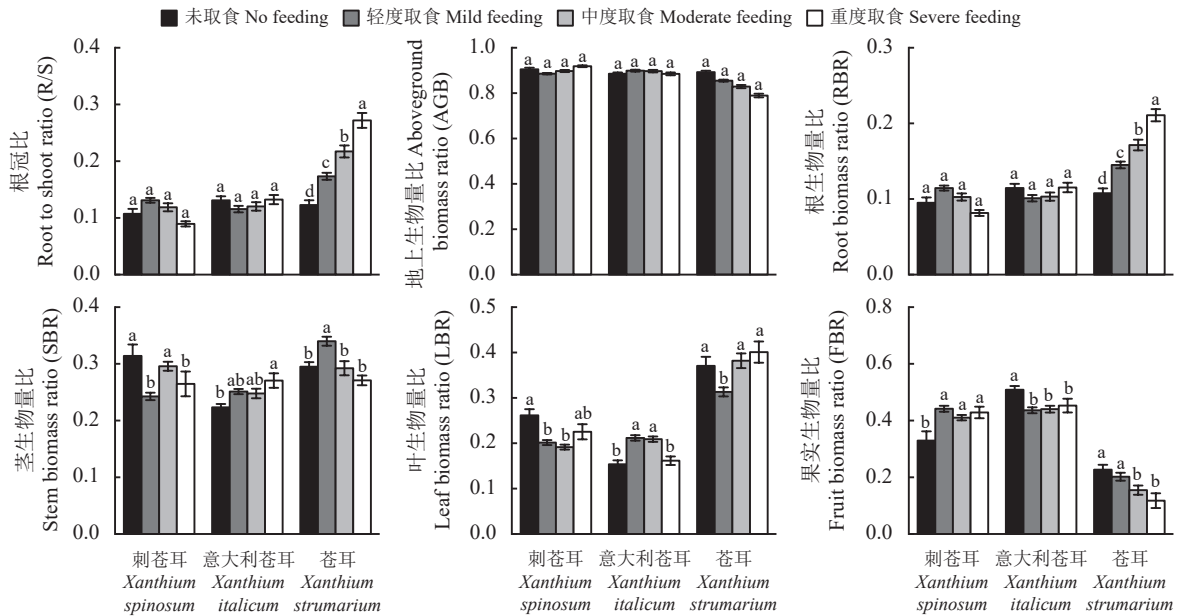


图3 模拟植食性昆虫取食对3种苍耳生物量分配的影响

Figure 3 Simulated effects of herbivorous insect feeding on the biomass allocation of three *Xanthium* species

3 讨论

竞争力是入侵植物能否成功入侵到新生境的决定因素之一^[21],即较强的竞争能力使植物与周围植物的资源竞争过程中占优势,有利于外来植物入侵;而较弱的竞争能力对外来植物入侵是不利的^[22]。植食性昆虫在适度取食下会提高刺苍耳和苍耳的竞争能力,尤其在轻度取食下其竞争能力显著提高。植食性昆虫取食使得刺苍耳和苍耳的相对生长

速度和生物量均有增加;而意大利苍耳的相对生长速度和生物量则受到抑制,这与万方浩等^[23]豚草卷蛾 (*Epiblema strenuana*) 和苍耳螟 (*Ostrinia orientalis*) 取食豚草 (*Ambrosia artemisiifolia*) 可以显著控制豚草生物量的结果一致。天敌逃逸假说认为天敌(如捕食者和病原体)是生物种群的重要调节者,外来生物种群的重建受到天敌的控制^[24-25]。外来植物入侵的相关快速进化假说认为,在入侵地外来种能快速的

遗传变化,以适应新的环境,成功的定殖和扩散^[26]。关于外来昆虫的啃食对外来植物竞争能力的影响有提高竞争能力、降低竞争能力和不变 3 种观点^[27]。本研究表明,植食性昆虫在适当取食程度会提高刺苍耳和苍耳的竞争能力,而意大利苍耳的竞争能力则呈现降低趋势。植食性昆虫取食会影响 3 种苍耳的竞争能力,植食性昆虫与刺苍耳之间的取食关系支持提高竞争能力的进化假说,与意大利苍耳之间的取食关系支持降低竞争能力的进化假说。

生物量是表征植物入侵性的重要参数之一,也是植物竞争能力的直接表现,具有较高生物量的植物往往具有较强的繁殖能力以及较高的适合度^[28-29]。入侵植物刺苍耳与意大利苍耳在植食性昆虫取食下其根冠比没有明显的变化,而苍耳在植食性昆虫取食下其根冠比为显著增加趋势,可见植食性昆虫的取食改变了苍耳的生物量分配。关于环境变化和植物生物量分配有关的假说有生长-防御权衡假说和资源可利用性假说。其中,生长-防御权衡假说认为植物在生长与防御之间存在着权衡,即植物在逆境环境下,如受到温度、水分、养分等非生物因子的胁迫,或受到食草动物、昆虫等生物因子的伤害时,将会通过减少对自身生长的投资,而加大对防御能力的投资,如增加防御物质等^[30];资源可利用性假说认为,天敌与资源可利用性的关系会导致植物的生长-防御权衡发生改变^[31]。从寄主植物的生物量分配变化来看,苍耳在受到植食性昆虫取食后,通过重新权衡生长与防御的能量分配,资源由“生长”向“防御”的再分配使得自身的防御能力增强。因此,苍耳与植食性昆虫之间的取食关系支持生长-防御权衡假说和资源可利用性假说。这种投资的权衡策略将有利于苍耳的生存、扩张及快速进化。

生境稳定性学说认为,在植物受到外界压力时(如天敌取食等),植物会将更多的资源分配给生长和繁殖等结构,以便在竞争中获得更多的光照和其他资源来进行繁殖,因此,外界压力将有利于高的生殖分配^[32]。刺苍耳和苍耳在植食性昆虫取食下其生物量出现先增加再降低的趋势,在轻度取食下生物量增加并显著高于未取食处理组,马森和李博^[33]

在模拟昆虫取食加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*)证实,较轻度的取食会促进加拿大一枝黄花根、茎和叶的生长一致。本研究中,3 种苍耳的生殖分配会随着取食程度的轻重而提高或降低,将使苍耳更快适应新的生境。

本研究得出昆虫取食可以抑制意大利苍耳入侵,而对于刺苍耳一定程度的取食会促进其入侵。本研究中 3 种苍耳属植物分别为单种对比,并不涉及种间竞争。但实际上对野外群落和生态系统而言,入侵发生的过程往往伴随着近缘物种之间的竞争。同时,模拟取食并不能完全真实地反映植食性昆虫对入侵植物的影响,因此关于竞争对入侵植物入侵能力及在入侵地的繁殖和扩散还有待进一步研究。

4 结论

1) 植食性昆虫取食改变了 3 种苍耳的生长策略,使得刺苍耳的相对生长速度增长。这种投资的权衡策略将有利于入侵植物刺苍耳在入侵地的生存、扩张及快速进化将具有重要的意义(支持提高竞争能力的进化假说)。

2) 植食性昆虫取食可以改变 3 种苍耳的生物量配比,其中刺苍耳果实生物量比在植食性昆虫的取食下显著增加,说明其减少营养生长而将更多资源移向繁殖,这种特性有利于刺苍耳的生长及扩散(支持生境稳定性学说);而苍耳在植食性昆虫的取食下其根冠比显著增加,果实生物比显著降低,说明苍耳将更多的资源分配用来增加地下生物量,以抵抗植食性昆虫的取食(支持生长-防御的权衡假说)。

3) 植食性昆虫取食对 3 种苍耳的竞争力造成了显著影响,植食性昆虫在适当的取食程度下会提高刺苍耳和苍耳的竞争能力,尤其是在植食性昆虫的轻度取食和中度取食时其竞争力显著提高,意大利苍耳的竞争力显著降低,影响了 3 种苍耳的繁殖和扩散,对防治入侵植物刺苍耳和意大利苍耳提出了相关依据,但由于植食性昆虫会取食其他植物,会引起潜在的生态安全问题,因此,能否通过植食性昆虫防治入侵植物刺苍耳和意大利苍耳还需要进一步的试验论证。

参考文献 References:

[1] 骆杨青,余梅生,余晶晶,郑诗璐,刘佳佳,于明坚. 千岛湖地区常见木本植物性状和相对多度对幼苗植食作用的影响. *植物生*

- 态学报, 2017, 41(10): 1033-1040.
- LUO Y Q, YU M S, YU J J, ZHENG S L, LIU J J, YU M J. Effects of common woody plant traits and relative abundance on the feeding effect of seedlings in the Qiandao Lake area. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2017, 41(10): 1033-1040.
- [2] 钟志伟, 李晓菲, 王德利. 植物-植食性动物相互关系研究进展. *植物生态学报*, 2021, 45(10): 1036-1048.
- ZHONG Z W, LI X F, WANG D L. Research progresses of plant - herbivore interactions. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2021, 45(10): 1036-1048.
- [3] 徐道龙. 西鄂尔多斯荒漠6种珍稀植物菌根及共生微生物多样性研究. 呼和浩特: 内蒙古大学博士学位论文, 2021.
- XU D L. Diversity of mycorrhizal and symbiotic microorganisms of six rare plants in western Ordos Desert. PhD Thesis. Hohhot: Inner Mongolia University, 2021.
- [4] 司超. 入侵植物香菇草对环境变化的响应. 北京: 北京林业大学博士学位论文, 2020.
- SI C. Responses of the invasive plant *Hydrocotyle vulgaris* to environmental variation: Comparison of genotypes from native versus invasive ranges. PhD Thesis. Beijing: Beijing Forestry University, 2020.
- [5] 赵远征. 3裂叶豚草与生物因子的互作对其入侵的影响研究. 沈阳: 沈阳农业大学博士学位论文, 2020.
- ZHAO Y Z. Interactions of *Ambrosia trifida* and biotic factors and the effects on invasion. PhD Thesis. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2020.
- [6] REINHART K O, PACKER A, VAN DER PUTTEN W H. Plant - soil biota interactions and spatial distribution of black cherry in its native and invasive ranges. *Ecology Letters*, 2003, 6(12): 1046-1050.
- [7] FELKER-QUINN E, SCHWEITZER J A, BAILEY J K. Meta-analysis reveals evolution in invasive plant species but little support for evolution of increased competitive ability (EICA). *Ecology and Evolution*, 2013, 3(3): 739-751.
- [8] 韩彩霞. 外来入侵植物豚草挥发物化感作用研究. 乌鲁木齐: 新疆大学博士学位论文, 2021.
- HAN C X. Study on the allelopathy of volatile components of an exotic invasive plant *Ambrosia artemisiifolia*. PhD Thesis. Urumqi: Xinjiang University, 2021.
- [9] 冯玉龙. 外来入侵杂草的进化. // 第九届全国杂草科学大会论文摘要集. 西宁: 杂草科学大会, 2009.
- FENG Y L. Evolution of alien invasive weeds. // Proceedings of the 9th National Weed Science Conference. Xining: Weed Science Conference, 2009.
- [10] 任光前. 全球变暖背景下入侵植物加拿大一枝黄花对氮沉降的生态适应及其机制. 镇江: 江苏大学博士学位论文, 2020.
- REN G Q. Ecological adaptation and mechanisms of invasive species *Solidago canadensis* L. to nitrogen deposition under global warming. PhD Thesis. Zhenjiang: Jiangsu University, 2020.
- [11] ZHAO L Q, ZANG C X, YANG J. Distribution of an invasive *Xanthium spinosum* L. in Inner Mongolia and Ningxia. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*, 2006, 37(3): 308-310.
- [12] CHEN Y L, CHEN S R. A new synonym of *Xanthium sibiricum* Patr. ex Widder. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 2004, 42(2): 191-192.
- [13] 宋珍珠, 谭敦炎, 周桂玲. 入侵植物刺苍耳在新疆的分布及其群落特征. *西北植物学报*, 2012, 32(7): 1448-1453.
- SONG Z Z, TAN D Y, ZHOU G L. Distribution and community characteristics of invasive *Xanthium spinosum* in Xinjiang. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2012, 32(7): 1448-1453.
- [14] 顾威. 外来入侵植物刺苍耳与本地植物苍耳繁殖生态学特性的比较研究. 石河子: 石河子大学硕士学位论文, 2019.
- GU W. Comparative study on reproductive ecology of invasive plant *Xanthium spinosum* L. (Asteraceae) and native plant *Xanthium sibiricum* Patr. ex Widder. Master Thesis. Shihezi: Shihezi University, 2019.
- [15] 顾威, 马淼. 外来入侵植物刺苍耳的繁殖生物学特性研究. *石河子大学学报(自然科学版)*, 2019, 37(3): 332-338.
- GU W, MA M. Study on reproductive biology characteristics of invasive plant *Xanthium spinosum* L. *Journal of Shihezi University (Natural Science Edition)*, 2019, 37(3): 332-338.
- [16] 塞依丁·海米提, 努尔巴依·阿布都沙力克, 迈迪娜·吐尔逊, 阿尔曼·解思斯, 阿腾古丽. 外来入侵植物意大利苍耳在新疆的潜在分布及扩散趋势. *江苏农业科学*, 2019, 47(13): 126-130.
- Saiyiding·Haimiti, Nuerbayi·Abudushalike, Maidina·Tuerxun, Aerman·Jiesisi, Tengjiangguli. Study on potential distribution and spreading trend of *Xanthium italicum* in Xinjiang. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2019, 47(13): 126-130.
- [17] LI J, MA M. Seeds over-wintering characteristics of Italian cocklebur and stab cocklebur: Two invasive plants in Xinjiang, China. *South African Journal of Botany*, 2019, 121(4): 216-218.
- [18] 杜珍珠, 徐文斌, 阎平, 王少山, 郭一敏. 新疆苍耳属3种外来入侵新植物. *新疆农业科学*, 2012, 49(05): 879-886.

- DU Z Z, XU W B, YAN P, WANG S S, GUO Y M. Three newly recorded alien invasive plants of *Xanthium* in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2012, 49(05): 879-886.
- [19] CALLAWAY R M, MARLER M J, ZABINSKI C A. Mycorrhizae indirectly enhance competitive effects of an invasive forb on a native bunchgrass. *Ecology*, 1999, 80(4): 1180-1186.
- [20] KLEUNEN M V, SCHMID B. No evidence for an evolutionary increased competitive ability in an invasive plant. *Ecology*, 2003, 84(11): 23-31.
- [21] 王舒. 不同程度干旱对入侵植物刺苋和本地植物苋菜生长竞争力及土壤酶活性的影响与机理. 镇江: 江苏大学硕士论文, 2021.
WANG S. Effects and the mechanisms of different degrees of drought on the growth competitiveness of invasive plant species *Amaranthus spinosus* and native plant species *A. tricolor* and soil enzyme activities. Master Thesis. Zhenjiang: Jiangsu University, 2021.
- [22] CARBONI M, LIVINGSTONE S W, ISAAC M E, CADOTTE M W. Invasion drives plant diversity loss through competition and ecosystem modification. *Journal of Ecology*, 2021, 109(10): 3587-3601.
- [23] 万方浩, 马骏, 郭建英, 游兰韶. 豚草卷蛾和苍耳螟对豚草的联合控制作用. *昆虫学报*, 2003, 46(4): 473-478.
WAN F H, MA J, GUO J Y, YOU L S. Integrated control effects of *Epiblema strenuana* (Lepidoptera: Tortricidae) and *Ostrinia orientalis* (Lepidoptera: Pyralidae) against ragweed, *Ambrosia artemisiifolia* (Compositae). *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 46(4): 473-478.
- [24] 冯玉龙, 廖志勇, 张茹, 郑玉龙, 李扬苹, 类延宝. 外来入侵植物对环境梯度和天敌逃逸的适应进化. *生物多样性*, 2009, 17(4): 340-352.
FENG Y L, LIAO Z Y, ZHANG R, ZHENG Y L, LI Y P, LEI Y B. Adaptation and evolution of invasive alien plants to environmental gradients and escapes from predators. *Biodiversity Science*, 2009, 17(4): 340-352.
- [25] ALLEN W J, YOUNG R E, BHATTARAI G P, CROY J, LAMBERT A M, MEYERSON L A. Multitrophic enemy escape of invasive *Phragmites australis* and its introduced herbivores in North America. *Biological Invasions*, 2015, 17(12): 3419-3432.
- [26] 刘佳. 植物入侵对土壤线虫群落的影响. 武汉: 中国科学院大学(中国科学院武汉植物园)博士学位论文, 2019.
LIU J. Effects of invasive plants, *Alternanthera philoxeroides* and *Triadica sebifera*, on soil nematode communities. PhD Thesis. Wuhan: University of Chinese Academy of Sciences (Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences), 2019.
- [27] SIEMANN E, ROGERS W E. Increased competitive ability of an invasive tree may be limited by an invasive beetle. *Ecological Applications*, 2003, 13(6): 56-67.
- [28] 黄凯. 物种和群落水平上外来入侵植物与共生本地植物叶功能性状和养分循环的差异及环境的影响. 沈阳: 沈阳农业大学博士学位论文, 2021.
HUANG K. Species-and community-level differences in leaf functional traits and nutrient cycles between invasive and co-occurring native plants and the effects of environments. PhD Thesis. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2021.
- [29] 柳晓燕, 朱金方, 李飞飞, 赵彩飞. 豚草入侵对新疆伊犁河谷林下本地草本植物群落结构的影响. *生态学报*, 2021, 41(24): 9613-9620.
LIU X Y, ZHU J F, LI F F, ZHAO C F. Effect of invaded *Ambrosia artemisiifolia* on understory native plant community structure in Yil River Valley of Xinjiang. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(24): 9613-9620.
- [30] 郭素民, 李钧敏, 李永慧, 闫明. 空心莲子草响应南方菟丝子寄生的生长-防御权衡. *生态学报*, 2014, 34(17): 4866-4873.
GUO S M, LI J M, LI Y H, YAN M. The trade-off between growth and defense in *Alternanthera philoxeroides* parasitized by *Cuscuta australis*. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(17): 4866-4873.
- [31] LONSDALE W M. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology*, 1999, 80(5): 1522-1536.
- [32] 操国兴. 缙云山川鄂连蕊茶生殖生态学及土壤与植被演替关系研究. 重庆: 西南农业大学博士学位论文, 2003.
CAO G X. Reproductive ecology of *Camellia rosthornina* and relationships between soil and vegetational succession in Jinyun Mountain. PhD Thesis. Chongqing: Southwest Agricultural University, 2003.
- [33] 马淼, 李博. 不同土壤肥力条件下人工模拟昆虫去叶对加拿大一枝黄花光合作用及生长的影响. 成都: 中国植物学会七十周年年会. 2003.
MA M, LI B. Effects of soil fertility and artificial defoliation on photosynthesis and growth of *Solidago canadensis*. Chengdu: The 70th Anniversary Annual Meeting of the Botanical Society of China, 2003.

(责任编辑 王芳)