DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2025.02.010

入侵植物刺苍耳在干旱与半干旱区不同生境中的种群分布及危害特征研究

张萌[1]，　张一凡[1]，　刘忠权[3]，　董合干[1,2]，　陈宝雄[4]

1. 石河子大学 生命科学学院，新疆 石河子 832000；
2. 中国农业科学院西部农业研究中心，新疆 昌吉 831100；
3. 伊犁州职业技术学院，新疆 伊犁 835000；
4. 农业农村部农业生态与资源保护总站，北京 100000

摘　要：一年生入侵杂草刺苍耳(*Xanthium spinosum* Linn.)已经广泛入侵至干旱与半干旱区的新疆。为明确其入侵区域的发生、分布与危害特征，在刺苍耳核心分布区伊犁河谷和昌吉回族自治州设置样地，分析路边、荒地、居民区、农田边 4 种生境下，刺苍耳及本地植物种群密度(相对密度)、盖度(相对盖度)、鲜重生物量(相对鲜重生物量)特征，植物物种多样性特征及其在空间上的变化趋势，探究刺苍耳的种群分布及危害特征。结果表明：在干旱与半干旱区的新疆，刺苍耳在路边、荒地、居民区、农田边 4 种生境中的平均密度、平均盖度、平均鲜重生物量分别为 5.7 株/m^2、24.5%、149.1 g/m^2，平均相对密度、平均相对盖度、平均相对鲜重生物量分别为 0.278 9、0.463 3、0.553 2，即刺苍耳已经广泛形成单优势种群落；对比路边、荒地、居民区和农田边 4 种入侵生境，刺苍耳在农田边生境危害更大，同时干旱与半干旱区低海拔、高经度区域的刺苍耳危害更大。建议加强干旱与半干旱区刺苍耳核心发生区的集中灭除和未发生区的监测与预防，尤其重视农田边刺苍耳的防除。

关　键　词：刺苍耳；干旱区与半干旱区；生境；单优势种群落；植物多样性

中图分类号：S451　　**文献标志码：**A

文 章 编 号：2097-1354(2025)02-0081-10

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Population Distribution and Harmful Characteristics of Invasive *Xanthium spinosum* Linn. in Different Habitats of Arid and Semi-arid Regions

收稿日期：2024-05-22
基金项目：2023 年度兵团指导性科技计划项目(2023ZD051)，新疆维吾尔自治区自然科学基金(2021D01F06)。
作者简介：张萌，本科生，研究方向为生态学。
通信作者：董合干，副教授。

ZHANG Meng[1], ZHANG Yifan[1], LIU Zhongquan[3], DONG Hegan[1,2], CHEN Baoxiong[4]

1. School of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China;
2. Western Agricultural Research Center, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changji, Xinjiang 831100, China;
3. Yili Vocational and Technical College, Yili, Xinjiang 835000, China;
4. Agricultural Ecology and Resource Protection Station, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100000, China

Abstract: The annual invasive weed *Xanthium spinosum* Linn. has widely invaded Xinjiang, an arid and semi-arid region.To clarify the occurrence, distribution, and harm characteristics of its invasion area, set up sample plots in the core distribution area of *Xanthium spinosum* Linn., Yili Valley, China and Changji Hui Autonomous Prefecture, China, analyze the characteristics of *Xanthium spinosum* Linn. The population density (relative density), coverage (relative coverage), fresh weight biomass (relative fresh weight biomass) characteristics, plant species diversity characteristics, and spatial variation trends of *Xanthium spinosum* Linn. were analyzed in four habitats: roadside, wasteland, residential area, and farmland edges. The population distribution and harm characteristics of *Xanthium spinosum* Linn. and its local plants were explored. The results showed that in the arid and semi-arid region of Xinjiang, the average density, average coverage, average fresh weight biomass and average relative density, average relative coverage, and average relative fresh weight biomass of *Xanthium spinosum* Linn. in the four habitats of the core distribution area reached 5.7 plants/m^2, 24.5%, 149.1 g/m^2, 0.278 9, 0.463 3, and 0.553 2, respectively. This indicates that *Xanthium spinosum* Linn. has formed a single dominant species community widely. Compared with the four invasive habitats of roadside, wasteland, residential areas, and farmland edges, *Xanthium spinosum* Linn. poses greater harm in farmland edge habitats; At the same time, the harm of *Xanthium spinosum* Linn. is greater in low altitude and high longitude areas of arid and semi-arid regions. It is recommended to strengthen the centralized eradication of core *Xanthium spinosum* Linn. occurrence areas and the monitoring and prevention of non-occurrence areas, especially paying attention to the prevention and control of farmland edge *Xanthium spinosum* Linn.

Key words: *Xanthium spinosum* Linn.; arid and semi-arid region; different habitats; single dominant species communities; plant diversity

生物入侵会危害生态系统的结构与功能、导致入侵地的生物多样性丧失，对人类健康、农牧业生产带来严重威胁，造成巨大的经济损失[1-2]。外来入侵物种通过改变群落组成，影响生物多样性，对生态系统造成负面影响[3-4]。我国地域辽阔、气候多样，是遭受外来物种入侵危害最为严重的国家之一[5]，近年来，中国西北干旱、半干旱区被越来越多的外来植物入侵[6-9]，这些地区生态系统相对更脆弱，生物多样性相对不丰富，这增加了入侵植物的危害和防控难度[10-11]。

一年生入侵杂草刺苍耳(*Xanthium spinosum* Linn.)是原产于南美洲的菊科植物，于 1932 年入侵中国大陆[12]，广泛分布于河南、安徽、北京、辽宁、内蒙古、甘肃和宁夏等地[13]。2009 年刺苍耳入侵至新疆伊犁河谷伊宁县，这是首次在新疆发现[14]，后扩散至新疆北部的大部分县(市)，目前在新疆伊犁河谷、昌吉回族自治州(以下简称昌吉州)大部分县(市)有密集分布，这两个区域是刺苍耳在新疆的核心分布区与重灾区[15]。

刺苍耳种子具构刺，易随人、畜活动传播[16-17]，能在多种生境(尤其是水肥条件贫瘠的生境)快速定植、取得种间竞争优势的能力，极易在入侵地形成单优势种群落[18-20]。据野外观测

发现，刺苍耳在新疆主要分布在路边、荒地、居民区、农田边等生境，在部分分布区已经形成单优势种群落(表 1)，有引发生态灾难的可能。不同生境干扰程度、水肥条件、种间竞争环境存在差异，入侵植物在不同生境有不同适应性和危害性[21]，干旱与半干旱区刺苍耳在各类生境的种群分布以及其危害特征如何，还未见相关研究。

表 1　刺苍耳在不同入侵生境中的典型特征

生境	生境图片		特征
路边生境			水肥条件较差；车辆、畜牧干扰多；本土物种数量少，植物种间竞争弱
荒地生境			水肥条件中等；干扰少；本土物种数量少，植物种间竞争弱
居民区生境			水肥条件中等；人类、畜牧干扰多；本土物种数量少，植物种间竞争弱
农田边生境			水肥条件好；人类活动、除草剂干扰多；本土物种主要为杂草且数量多，植物种间竞争强

通过在新疆刺苍耳核心分布区伊犁河谷和昌吉州内的路边、荒地、居民区、农田边生境分别设置多个样地，统计刺苍耳及本地植物种群密度、盖度、鲜重生物量等特征，并计算各类生境植物物种多样性特征，结合刺苍耳鲜重生物量占比等特征，研究刺苍耳种群分布、危害特征及其在空间上的变化趋势，这将为干旱与半干旱区科学、精准防控刺苍耳提供理论基础。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

伊犁河谷(80°16′－84°95′E，42°23′－44°88′N)位于中国新疆西部，准噶尔盆地西南缘，属温带大陆性干旱气候，年平均气温 10.4 ℃，年平均降水量 417.6 mm，是新疆最湿润的地区[22]。

昌吉回族自治州(85°17′－91°32′E，43°20′－45°00′N)位于新疆天山北麓、准噶尔盆地东南缘，属温带大陆性气候，年平均气温 6.8 ℃，年平均降水量 190 mm[23]。

1.2 试验设计

2023 年 7－8 月，在刺苍耳核心分布区伊犁河谷及昌吉州内的 4 种生境选择 75 个样地，其中，农田边生境 6 个，荒地生境 18 个，路边生境 22 个，居民区生境 29 个。由于刺苍耳在伊犁河谷入侵更早，分布更广，故在伊犁河谷选择 60 个样地，在昌吉州选择 15 个样地，记录各样地经度、纬度及海拔。

每个样地均采用五点取样法设置 5 个 1 m×1 m 的样方，对样方中刺苍耳及本地植物的种类、密度(相对密度)、盖度(相对盖度)、鲜重生物量(相对鲜重生物量)、辛普森指数、香农-威纳指数等指标进行测量、统计和计算，分析不同生境间刺苍耳种群分布及危害特征，并分析各指标与经度、纬度和海拔等空间指标的线性关系。

1.3 数据处理

该研究选用的指标包括密度、盖度、鲜重生物量、相对密度、相对盖度、相对鲜重生物量、辛普森指数、香农-威纳指数，其计算公式如下[24]：

密度：$PD=N/S$，N 表示样方内某种植物的个体数量，S 表示样方面积。

盖度：$C_p=(S_p/S)\times100\%$，S_p 为植物地上部分垂直投影面积，S 为样地面积。

鲜重生物量：植物新鲜状态下的重量。

平均密度：农田边、荒地、路边、居民区 4 种生境样地中所有刺苍耳密度的均值。

平均盖度：农田边、荒地、路边、居民区 4 种生境样地中所有刺苍耳盖度的均值。

平均鲜重生物量：农田边、荒地、路边、居民区 4 种生境样地中所有刺苍耳鲜重生物量的均值。

相对密度：$RD=N_i/N$，N_i 表示第 i 个物种的个体数，N 表示所有物种个体数之和。

相对盖度：$RC=C_i/C$，C_i 表示第 i 个物种的盖度，C 表示所有物种盖度之和。

相对鲜重生物量：$RW=M_i/M$，M_i 表示第 i 个物种的个体鲜重生物量，M 表示所有物种鲜重生物量之和。

辛普森指数：$D=1-\sum_{i=1}^{s}(N_i/N)^2$，$N_i$ 表示第 i 个物种的个体数，N 表示所有物种的个体数之和，S 表示物种数目。辛普森指数越接近于 1，表示多样性越大；辛普森指数越接近于 0，表示多样性越小。

香农-威纳指数：$H=-\sum_{i=1}^{s}P_i\log_2 P_i$，$S$ 表示物种数目，P_i 为 i 物种个体数占总个体数的比例。香农-威纳多样性指数是用来描述物种个体出现的紊乱和不确定性指标。香农-威纳指数越大，不确定性越大，表示该群落中熵值越大，生物多样性越丰富。

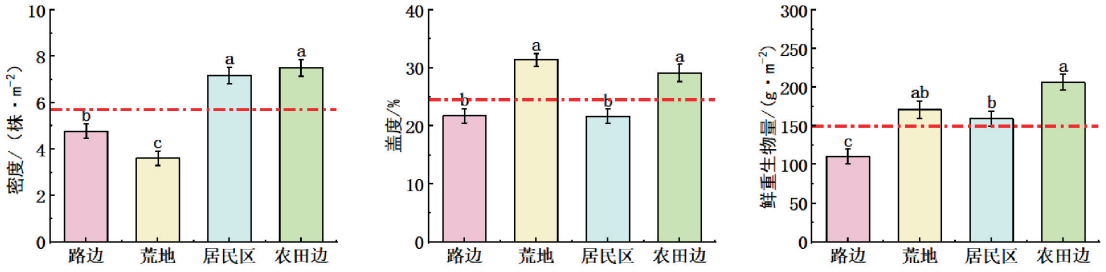
所有调查数据用 Excel 进行统计，用 SPSS 16.0 进行数据分析，用 Origin 2024 绘制方差分析、线性拟合图。

2 结果与分析

2.1 不同入侵生境刺苍耳种群分布特征

居民区和农田边刺苍耳密度显著高于其他生境，荒地显著低于其他生境，农田边与居民区分别是荒地的 2.1 倍、2.0 倍，分别达到 7.5 株/m²、7.2 株/m²；荒地和农田边刺苍耳盖度显著高于路边和居民区，荒地与农田边分别是居民区的 1.4 倍、1.3 倍，分别达到 31.4%、29.1%；农田边刺苍耳鲜重生物量高于路边及居民区，与荒地没有显著性差异，路边显著低于其他生境，农田边分别是路边与居民区的 1.9 倍、1.3 倍，达到 207.0 g/m²(图 1)。根据统计数据可得，刺苍耳在核心分布区 4 种生境中的平均密度、平均盖度、平均鲜重生物量分别达 5.7 株/m²、

24.5%、149.1 g/m^2。

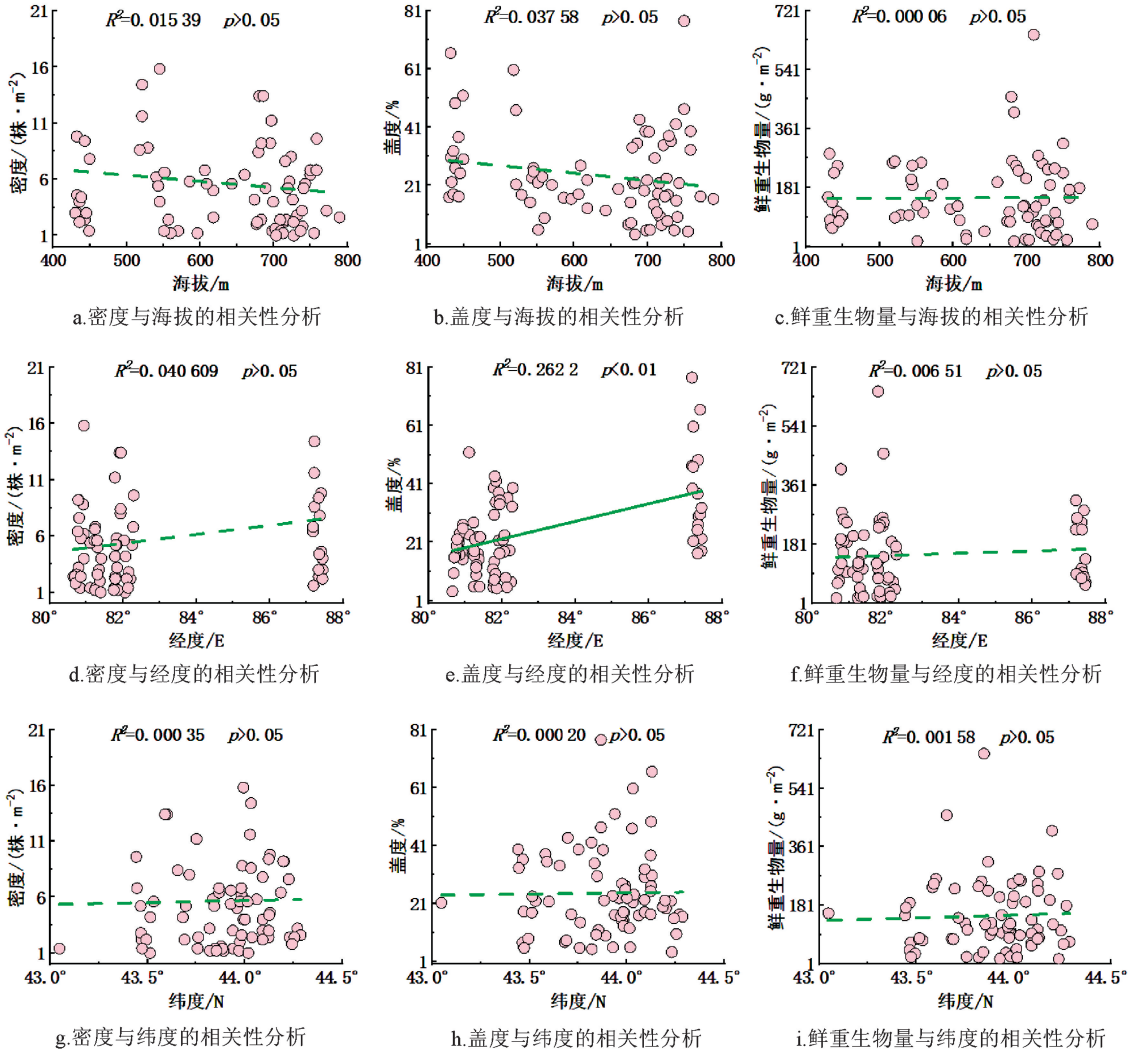


a.密度在4种生境中的分布特征　　b.盖度在4种生境中的分布特征　　c.鲜重生物量在4种生境中的分布特征

图中的红色虚线代表所有样地的平均值，图中小写字母不同代表组间数据比较差异具有统计学意义($p<0.05$)(下同)。

图 1　刺苍耳种群密度、盖度、鲜重生物量在 4 种生境中的分布特征

通过刺苍耳密度、盖度、鲜重生物量与海拔、经度、纬度回归分析发现，除盖度与经度之间呈显著正相关外，其余相关性趋势不显著(图 2)。



a.密度与海拔的相关性分析　　b.盖度与海拔的相关性分析　　c.鲜重生物量与海拔的相关性分析

d.密度与经度的相关性分析　　e.盖度与经度的相关性分析　　f.鲜重生物量与经度的相关性分析

g.密度与纬度的相关性分析　　h.盖度与纬度的相关性分析　　i.鲜重生物量与纬度的相关性分析

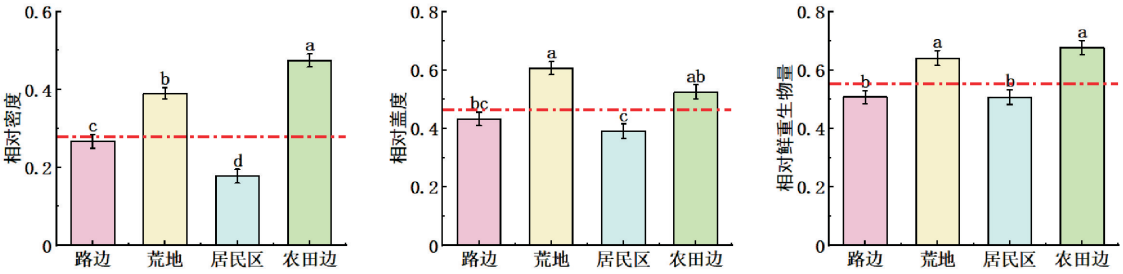
R^2>0.1 且 p<0.05 时，拟合趋势线用实线表示，反之用虚线表示(下同)。

图 2　刺苍耳密度、盖度、鲜重生物量与海拔、经度、纬度相关性分析

2.2　不同入侵生境刺苍耳危害特征

农田边刺苍耳相对密度显著高于其他生境，居民区显著低于其他生境，农田边是居民区的 2.7 倍，达到 0.5。荒地刺苍耳相对盖度高于居民区和路边，与农田边差异不显著，居民区低于

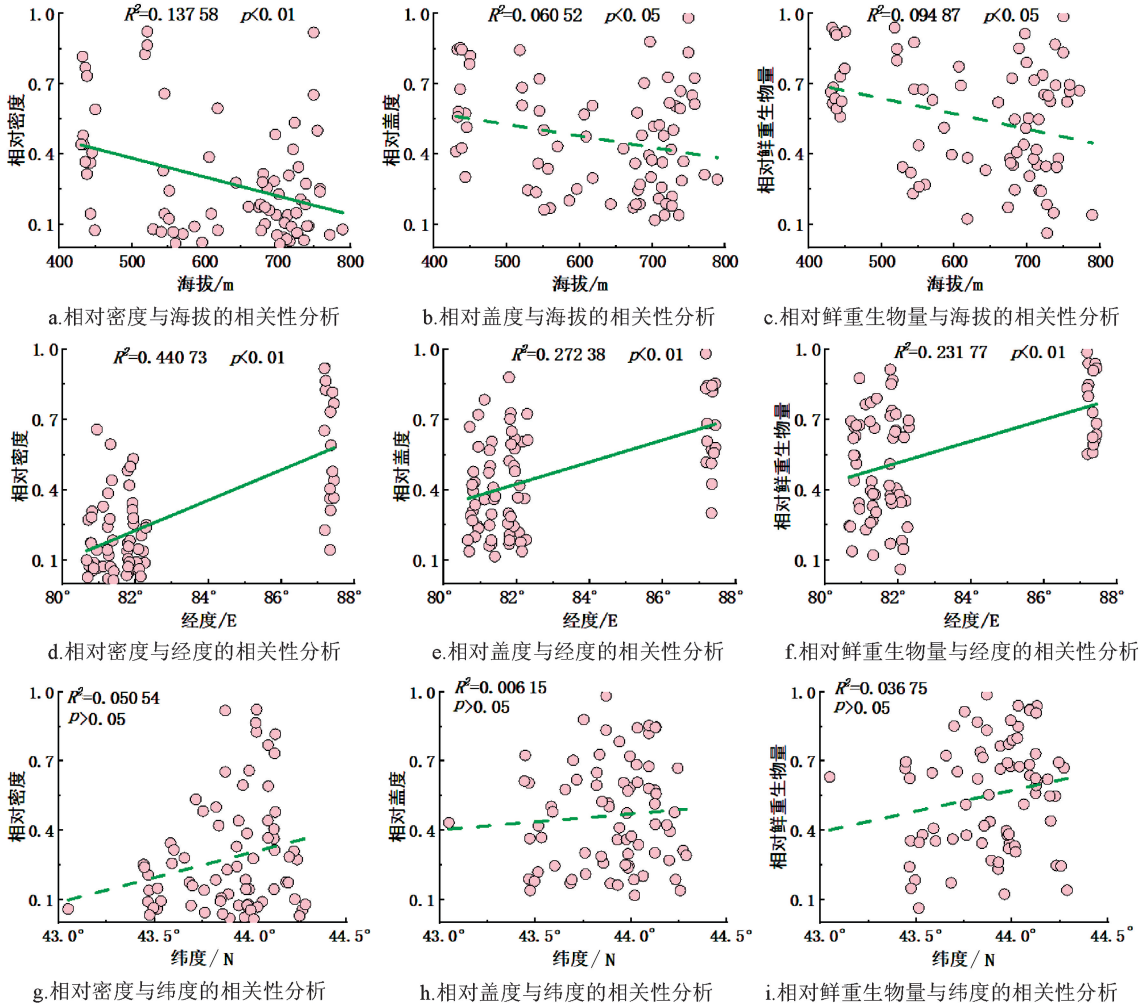
其他生境，荒地是居民区的 1.6 倍，达到 0.6。农田边刺苍耳相对鲜重生物量高于其他生境，居民区低于其他生境，农田边是居民区的 1.3 倍，达到 0.7(图 3)。根据统计数据可得，刺苍耳在核心分布区的 4 种生境中的平均相对密度、平均相对盖度、平均相对鲜重生物量分别达 0.278 9、0.463 3、0.553 2。



a.相对密度在4种生境中的分布特征 b.相对盖度在4种生境中的分布特征 c.相对鲜重生物量在4种生境中的分布特征

图 3 刺苍耳种群相对密度、相对盖度、相对鲜重生物量在 4 种生境中的分布特征

通过刺苍耳种群相对密度、相对盖度、相对生物量与海拔、经度、纬度回归分析发现，刺苍耳种群相对密度与海拔(负相关)、经度(正相关)存在显著线性关系；相对盖度与海拔(负相关)、经度(正相关)存在显著线性关系；相对鲜重生物量与海拔(负相关)、经度(正相关)存在显著线性关系；相对密度、相对盖度、相对鲜重生物量与纬度相关性均不显著(图 4)。



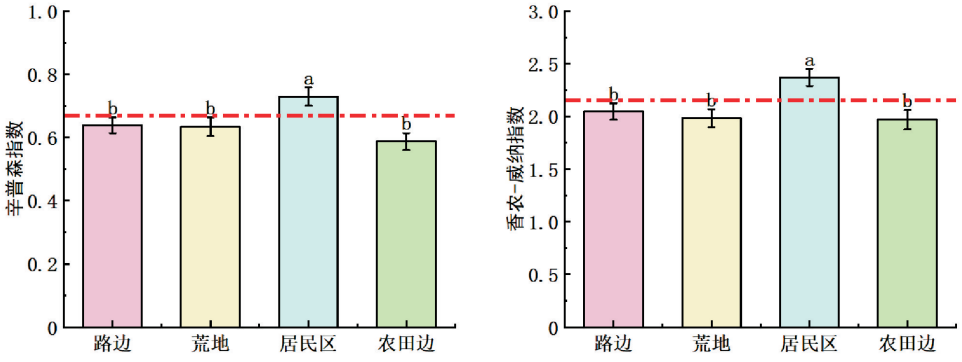
a.相对密度与海拔的相关性分析 b.相对盖度与海拔的相关性分析 c.相对鲜重生物量与海拔的相关性分析

d.相对密度与经度的相关性分析 e.相对盖度与经度的相关性分析 f.相对鲜重生物量与经度的相关性分析

g.相对密度与纬度的相关性分析 h.相对盖度与纬度的相关性分析 i.相对鲜重生物量与纬度的相关性分析

图 4 刺苍耳相对密度、相对盖度和相对鲜重生物量与海拔、经度、纬度的相关性分析

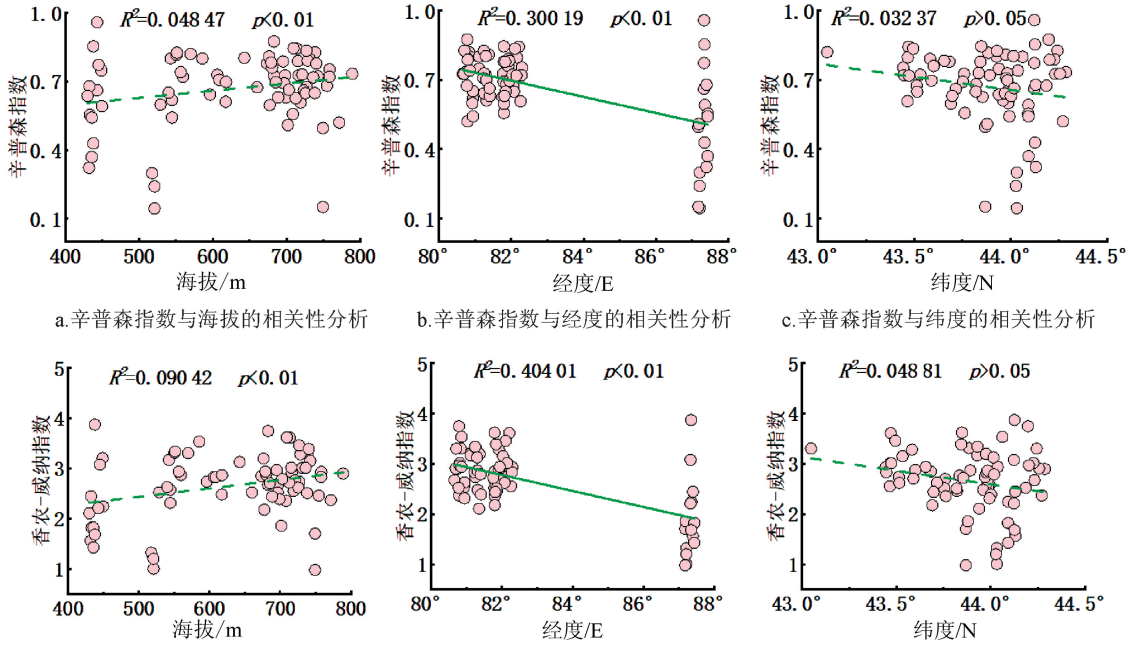
居民区辛普森指数高于其他生境，其余 3 个生境无显著差异，居民区是农田边的 1.2 倍，居民区达到 0.7；居民区香农-威纳指数高于荒地生境，其余 3 个生境无显著差异，居民区是农田边的 1.2 倍，居民区达到 2.4(图 5)。



a. 4种生境中的辛普森指数　　b. 4种生境中的香农-威纳指数

图 5　刺苍耳入侵路边、荒地、居民区、农田边生物多样性特征

通过线性回归分析辛普森指数、香农-威纳指数与海拔、经度、纬度的相关性发现：辛普森指数与海拔(正相关)、经度(负相关)均存在显著线性关系；香农-威纳指数与海拔(正相关)、经度(负相关)均存在显著线性关系，与纬度相关性不显著(图 6)。



a.辛普森指数与海拔的相关性分析　b.辛普森指数与经度的相关性分析　c.辛普森指数与纬度的相关性分析

d.香农-威纳指数与海拔的相关性分析　e.香农-威纳指数与经度的相关性分析　f.香农-威纳指数与纬度的相关性分析

图 6　刺苍耳辛普森指数和香农-威纳指数与海拔、经度、纬度的相关性分析

3　讨论

3.1　刺苍耳在干旱与半干旱区的新疆已经广泛形成单优势种群落

干旱与半干旱区由于水肥条件较差，普遍认为不是一年生入侵植物的重点危害区，然而，

近年来豚草、三裂叶豚草、刺萼龙葵、刺苍耳、意大利苍耳等已经在干旱与半干旱区成功入侵，其中豚草和三裂叶豚草已经广泛形成单优势种群落[26-28]。由结果分析可知，刺苍耳在核心分布区的 4 种生境中的平均密度、平均盖度、平均鲜重生物量和平均相对密度、平均相对盖度、平均相对鲜重生物量分别达 5.7 株/m^2、24.5%、149.1 g/m^2、0.278 9、0.463 3、0.553 2，已达到较高水平，说明刺苍耳已经广泛形成单优势种群落。

刺苍耳有极强的环境适应性、繁殖能力和种间竞争能力[29]，加之干旱与半干旱区生态系统脆弱，生物多样性低[30-31]，致使刺苍耳入侵后，生物多样性极易丧失，这是刺苍耳在新疆入侵区广泛形成单优势种群落的主要原因。同时，刺苍耳在新疆的分布远未达到饱和，其适宜生境位于新疆北部大部分地区[30]，根据在伊犁河谷和昌吉州的分布特征推测，刺苍耳若广泛入侵新疆北部，将大范围形成单优势种群落，对经济和生态造成的危害极大。

3.2 干旱与半干旱区刺苍耳入侵农田边生境危害最大

干旱与半干旱区不同生境条件下干扰程度、水肥条件、生物多样性等特征不同，加之植物在不同环境的适应性不同，因此，一年生入侵植物在不同生境通常表现出不同的入侵危害特征[21]。对比路边、荒地、居民区和农田边 4 种入侵生境，农田边和居民区刺苍耳密度显著高于其他生境；荒地和农田边刺苍耳盖度显著高于路边和居民区，农田边刺苍耳鲜重生物量高于其他生境；农田边刺苍耳相对密度显著高于其他生境，农田边刺苍耳相对鲜重生物量显著高于其他生境。统计同时表明刺苍耳在农田边的密度、鲜重生物量、相对密度和相对鲜重生物量均最高，刺苍耳分布的农田边生物多样性也显著低于居民区。由此可见，刺苍耳入侵农田造成的危害最大。

农田边水、肥、光等条件好于居民区、路边和荒地，为刺苍耳的个体生长提供了有利条件，同时农田边大多数杂草种间竞争能力不足，留给刺苍耳更多空余生态位和资源[32]，农田边受人类活动、除草剂等干扰程度较高，这会促进刺苍耳扩散和更好的形成单优势种群落，这些都是刺苍耳入侵农田边危害最大的主要原因。农牧民往往重视农田里面的杂草防除，而不重视农田边的杂草防除，这导致入侵植物在农田边形成了大量的土壤种子库[33]，从而产生农作物减产等危害[34]，这与豚草在干旱与半干旱区的农田危害特征一致[9]。

3.3 干旱与半干旱区低海拔、高经度区域刺苍耳危害更大

海拔、经纬度等环境因子影响刺苍耳种群分布[30]。本研究发现随着海拔的增加，刺苍耳的相对密度、相对盖度、相对鲜重生物量呈显著下降趋势，多样性指数呈上升趋势；随着经度的增加，刺苍耳的相对密度、相对盖度、相对鲜重生物量呈显著上升趋势，多样性指数显著下降。说明干旱与半干旱区低海拔、高经度区域的刺苍耳危害更大。

4 结论

在干旱与半干旱区的新疆，刺苍耳已经广泛形成单优势种群落，对比路边、荒地、居民区和农田边 4 种入侵生境，刺苍耳在农田边的种群密度、鲜重生物量、相对密度、相对鲜重生物量均最高，而农田边植物群落多样性显著低于居民区，这说明刺苍耳在农田边生境危害更大。如不及时防除，刺苍耳在新疆北部将大面积扩散，在大多数分布区将形成单优势种群落，对经济和生态造成的危害极大，尤其在农田边的危害将更为严重。建议加强刺苍耳核心发生区的集中灭除和未发生区的监测与预防，尤其重视农田边刺苍耳的防除。

参考文献:

[1] 陶媛媛. 刺苍耳幼苗生长对模拟增温和氮沉降的响应[D]. 伊犁：伊犁师范大学，2022.

[2] 张顺合，张志华，陈冬东. 外来有害植物入侵对我国生态安全的影响[J]. 植物检疫，2015，29(4)：4-7.

[3] YURKONIS K A，MEINERS S J，WACHHOLDER B E. Invasion Impacts Diversity through Altered Community Dynamics[J]. Journal of Ecology，2005，93(6)：1053-1061.

[4] KUEFFER C. Plant Invasions in the Anthropocene[J]. Science，2017，358(6364)：724-725.

[5] 任正涛，李世刚，李宇然，等. 苋科(广义)入侵植物墙生藜在中国的新记录[J]. 广西植物，2023，43(4)：670-675.

[6] 柳晓燕，朱金方，李飞飞，等. 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[J]. 生态学报，2021，41(24)：9613-9620.

[7] 阿腾古丽·艾思木汗. 入侵植物小蓬草在新疆的群落特征及气候变化下的潜在分布估计[D]. 乌鲁木齐：新疆大学，2022.

[8] 刘璇，崔东，刘文新，等. 伊犁河谷不同入侵程度意大利苍耳各器官的生态化学计量特征[J]. 草业科学，2023，41(0)：1-12.

[9] ZHAO W X，XUE Z F，LIU T，et al. Factors Affecting Establishment and Population Growth of the Invasive Weed *Ambrosia artemisiifolia*[J]. Frontiers in Plant Science. 2023，14：1251441.

[10] YU H L，ZHAO X Y，HUANG W D，et al. Drought Stress Influences the Growth and Physiological Characteristics of *Solanum rostratum* Dunal Seedlings from Different Geographical Populations in China[J]. Frontiers in Plant Science. 2021，12：733268.

[11] CAVIERES L A. Facilitation and the Invasibility of Plant Communities[J]. Journal of Ecology，2021，109(5)：2019-2028.

[12] 陈艺林，陈淑荣. 苍耳的一个新异名[J]. 植物分类学报，2004，42(2)：191-192.

[13] 宋晓悦，贺俊英. 外来入侵植物刺苍耳的研究现状与展望[J]. 杂草学报，2023，41(3)：1-7.

[14] 宋珍珍，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[J]. 西北植物学报，2012，32(7)：1448-1453.

[15] 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[D]. 石河子：石河子大学，2019.

[16] 董芳慧，刘影，蒋梦娇，等. 入侵植物刺苍耳对小麦和苜蓿种子的化感作用[J]. 干旱区研究，2014，31(3)：530-535.

[17] 张斯斯，肖宜安. 中国外来入侵植物生活型与性系统多样性[J]. 植物研究，2013，33(3)：351-359.

[18] 袁着耕，刘影，邵华，等. 不同生长期入侵植物刺苍耳的化感作用[J]. 生态科学，2017，36(6)：107-113.

[19] 陶媛媛，赵玉，胡云霞，等. 模拟氮沉降对恶性入侵植物刺苍耳幼苗生长特征的影响[J]. 生态学杂志，2020，39(12)：3971-3978.

[20] 龚莉，翟伟，吕丹，等. 不同生境入侵植物北美车前繁殖器官性状变异与权衡特征[J]. 植物研究，2022，42(4)：544-555.

[21] DONG H G，SONG Z L，LIU T，et al. Causes of Differences in the Distribution of the Invasive Plants *Ambrosia Artemisiifolia* and *Ambrosia Trifida* in the Yili Valley，China[J]. Ecology and Evolution，2020，10(23)：13122-13133.

[22] 梁巧玲，陆平，洪智强. 豚草在伊犁河谷的发生现状及生物学特性观察[J]. 中国植保导刊，2015，35(8)：67-68.

[23] 陈春波，李均力，赵炎，等. 新疆草地时空动态及其对气候变化的响应——以昌吉回族自治州为例[J]. 干旱区研究，2023，40(9)：1484-1497.

[24] 牛翠娟等编著. 基础生态学. 2 版.[M]. 北京：高等教育出版社，2007.

[25] 董合干，周明冬，刘忠权，等. 豚草和三裂叶豚草在新疆伊犁河谷的入侵及扩散特征[J]. 干旱区资源与环境，

2017，31(11)：175-180.

[26] 孙明明. 豚草和三裂叶豚草入侵伊犁河谷的空间分布格局及群落特征[D]. 石河子：石河子大学，2022.

[27] 周全来，曹伟，张悦，等. 外来入侵植物刺萼龙葵的入侵特征与防治策略[J]. 生物安全学报，2023，32(4)：314-322.

[28] 朱强，曾继娟，白永强. 2 种苍耳属入侵植物在宁夏的分布[J]. 杂草学报，2021，39(3)：28-34.

[29] WEBER E，LI B. Plant Invasions in China：What is to be Expected in the Wake of Economic Development? [J]. BioScience，2008，58(5)：437-444.

[30] 塞依丁·海米提，努尔巴依·阿布都沙力克，许仲林，等. 气候变化情景下外来入侵植物刺苍耳在新疆的潜在分布格局模拟[J]. 生态学报，2019，39(5)：1551-1559.

[31] 邵华，胡云霞，袁着耕，等. 新疆外来入侵植物三剑客：入侵机理与生物防治[C]. 第五届全国入侵生物学大会——入侵生物与生态安全，2018.

[32] 陈宝明，韦慧杰，陈伟彬，等. 外来入侵植物对土壤氮转化主要过程及相关微生物的影响[J]. 植物生态学报，2018，42(11)：1071-1081.

[33] DONG H G，SUN H，LIU T，et al. Spatiotemporal Variation of Common Ragweed Soil Seed Bank Density in Cornfields[J]. Agronomy Journal，2021，113(2)：786-793.

[34] 阿马努拉·依明尼亚孜，阿地力·沙塔尔，何健霄，等. 南方菟丝子寄生对苍耳属三种杂草生长发育的影响[J]. 干旱区资源与环境，2021，35(6)：170-175.

责任编辑 杨光明