DOI: 10. 11686/cyxb2025335 http://cyxb. magtech. com. cn
张琼, 李奕雅, 陆銮眉, 等. 入侵植物翼茎阔苞菊生物学特性和入侵风险分析. 草业学报, 2026, 35(9): 142－153.
ZHANG Qiong, LI Yi-ya, LU Luan-mei, *et al*. Biological characteristics and risk analysis of the alien invasive plant *Pluchea sagittalis*. Acta Prataculturae Sinica, 2026, 35(9): 142－153.

入侵植物翼茎阔苞菊生物学特性和入侵风险分析

张琼*, 李奕雅, 陆銮眉, 陈郑镔, 朱丽霞
(闽南师范大学生物科学与技术学院, 闽台特色园林植物福建省高等学校重点实验室, 福建 漳州 363000)

摘要: 翼茎阔苞菊原产南美洲, 是近年我国多省份陆续报道的外来入侵植物, 在一些地区已经造成了严重的生态危害。本研究通过野外观测对翼茎阔苞菊种群特征、生物量分配模式、开花物候及种子萌发特性进行了系统研究, 并对其入侵性进行定量分析, 探讨其生态适应机制及其入侵潜力, 以期为翼茎阔苞菊的预防和控制提供依据。结果表明: 该物种为多年生草本植物, 呈现典型的集群分布格局; 在营养生长期, 翼茎阔苞菊植株总生物量随株高增加而增加, 两者之间存在极显著的指数函数关系, 其茎器官生物量分配占比最高(达总生物量的 52. 14%), 通过快速高生长策略有效占据生态位并获取光资源; 物候观测显示, 在福建漳州地区其花期持续在 5－11 月, 盛花期集中于夏季(6－8 月), 单花序从现蕾至种子成熟仅需 20～30 d; 该植物兼具根系横向扩展的无性繁殖和异交有性繁殖双重策略, 其头状花序外围着生大量可育雌花, 花粉粒具独特锥状刺突(直径 20. 19 μm), 属于"淀粉型"花粉, 授粉依赖传粉昆虫; 种子自然萌发率达 20. 33%; 翼茎阔苞菊入侵风险值为 68, 依据评估技术规范等级划分标准判定其应严禁引入, 建议列入管制名单。由此可见翼茎阔苞菊生长迅速, 有强大的无性和有性繁殖能力, 入侵风险较高。

关键词: 外来入侵植物; 翼茎阔苞菊; 生长特性; 风险分析

Biological characteristics and risk analysis of the alien invasive plant *Pluchea sagittalis*

ZHANG Qiong*, LI Yi-ya, LU Luan-mei, CHEN Zheng-bin, ZHU Li-xia
School of Biological Sciences and Biotechnology, Key Laboratory of Landscape Plant with Fujian and Taiwan Characteristics of Fujian Colleges and Universities, Minnan Normal University, Zhangzhou 363000, *China*

Abstract: The invasive alien plant *Pluchea sagittalis* is a perennial herb native to South America. This weed has been detected with increasing frequency across multiple regions across China in recent years, and has caused serious ecological harm in some areas. Because of its high reproductive capacity and rapid rate of spread, this species poses a significant invasion risk. In this study, we investigated the population characteristics, biomass allocation, flowering phenology, and seed germination of *P. sagittalis* through fixed-point field observations, and then conducted a quantitative analysis of its invasiveness. The overall aim of this research was to explore the ecological adaptation mechanisms and invasive potential of this invasive plant species to provide a scientific basis for the prevention and control of its spread. The results of the field observations show that *P. sagittalis* has a clumped distribution pattern. During the vegetative growth stage, the total plant biomass increases with plant height, following a highly significant exponential relationship ($P<0.001$). Notably, the stem accounts for the largest proportion of biomass (52. 14% of

收稿日期: 2025-08-18; 改回日期: 2025-11-03
基金项目: 福建省科技厅自然科学基金项目(2020J01810, 2024N0007, 2025J01979)和闽南师范大学本科教研项目(JG202510)资助。
作者简介: 张琼(1980－), 女, 河南郑州人, 副教授, 博士。E-mail: 349369029@qq. com
* 通信作者 Corresponding author. E-mail: 349369029@qq. com

total biomass), reflecting a rapid vertical growth strategy to occupy ecological niches and optimize light interception. Phenological observations in Zhangzhou, Fujian Province, revealed a prolonged flowering period from May to November, with peak flowering occurring in summer (June—August). Our observations revealed that a single capitulum completes development from bud emergence to seed maturation in 20—30 days. Analyses of its reproductive traits indicated that this plant has dual strategies: clonal propagation *via* lateral root expansion and outcrossing sexual reproduction with capitula bearing numerous fertile pistillate flowers on the periphery. Its pollen grains have distinctive conical spines (diameter: 20.19 μm) and are classified as starch-type pollen. The species is self-incompatible, requiring pollinator-dependent cross-fertilization. Seed germination assays demonstrated a natural germination rate of 20.33%. The invasion risk value for *P. sagittalis* was calculated as 68. According to the grading criteria of the technical specifications, the introduction of *P. sagittalis* should be strictly prohibited, and we recommend including it in the regulated control list. The combined traits of rapid growth, dual reproductive modes, and high dispersal efficiency collectively contribute to its strong invasive potential in subtropical ecosystems.

Key words: alien invasion plant; *Pluchea sagittalis*; growth characteristics; risk analysis

全球各地区间日益频繁的经济往来与不断发展的交通运输业，促进了物种的扩散与迁移，导致外来生物入侵风险显著上升，已成为全球共同关注的重要环境问题[1-2]。研究表明，全球近1/6的陆地生态系统易受外来生物入侵的影响，一种外来生物从被发现到形成入侵态势，可能经历数年至上百年的时间跨度，而尽早干预则可有效降低其入侵风险[3]。外来植物的成功入侵往往与其生物学特性密切相关，包括生长特性、繁殖方式以及对环境的适应能力等，如薇甘菊(*Mikania micrantha*)具有较强的环境适应性，能在湿热、干旱、盐碱等生境中快速生长，其叶片和茎均表现出较高的光合速率，且分枝繁茂、茎节生长迅速[4]；飞机草(*Chromolaena odorata*)则能根据生境条件调整生物量分配策略，从而提高其入侵能力[5]。此外，许多入侵植物具备结实率高、萌发迅速等特点，能够快速占据新生境，并常通过根茎等结构进行无性繁殖，进一步扩大其分布范围，如凤眼莲(*Eichhornia crassipes*)不仅能够产生大量种子以实现快速扩散，还可借助匍匐茎进行高效的无性繁殖[6]。因此，系统研究外来入侵植物的生物学特性，不仅是揭示其入侵机制的核心内容，也为外来物种的主动防控与精准治理提供了重要的理论与实践依据。

翼茎阔苞菊(*Pluchea sagittalis*)为菊科阔苞菊属多年生直立草本植物，原产于南美洲，现已成为美国东南沿海地区的归化种，常见于湿润肥沃的砂土或草地，近十几年来在我国台湾、海南、广东、广西、湖南等多地陆续被发现[7-9]。其果实数量多、个体小、具冠毛，能够借助风力、动物或人类活动进行传播，繁殖与扩散能力极强，在《中国外来入侵植物志》[10]中被确定入侵等级为三级，在广州市已占据城市周边大量弃耕地形成优势种群，当地专家将其入侵危害等级提升至一级[9]。翼茎阔苞菊在阿根廷和乌拉圭民间医学中被广泛使用，例如餐前或餐后饮用其制成的消化茶，或外用叶子膏药缓解头痛，国外研究多集中于其有效化学成分，报道了其在治疗胃病和抗炎方面的潜力[11-12]；也有学者发现该植物对重金属铅具有较强的耐性与吸收能力，认为其具备植物修复的应用前景[13]。国内研究目前主要集中于形态特征描述与防控建议[7-9]，关于其生长特性与入侵机制的系统研究较少。本文拟通过野外定点观测，对翼茎阔苞菊的种群特征、生物量分配、开花物候及种子萌发进行研究，并结合相关资料对其入侵风险进行定量评估，旨在深入理解该物种在入侵地的生长适应性与入侵潜力，为其科学防控提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

研究区位于福建省漳州市(116°54′—118°08′ E，23°34′—25°15′ N)，属于亚热带季风性湿润气候，夏季受副热带高压影响高温多雨，冬季受大陆冷高压控制温和少雨；年平均温度约21 ℃，年日照约2000 h，平均无霜期超过330 d，年平均降水量约为1500 mm。2023年5—8月进行生物多样性调查发现漳州市境内有多处翼茎阔苞菊

植株发生，选择龙文区、芗城区和漳浦县7处翼茎阔苞菊发生地持续观测两年(至2025年8月)，其中有5处翼茎阔苞菊当年只有1株或1丛，这5处发生地在所观测的两年中没有发现有其他翼茎阔苞菊生长，其余两处发生地(居民小区和西湖公园)有较多植株分布，本研究以这两个发生地为野外观测点进行调查和取样。

1.2 种群调查

2024年6月下旬在翼茎阔苞菊持续发生的一居民小区，选择集中连片分布的绿化草地设置3处6 m×5 m样地，采用相邻格子法将每块样地划分为30个1 m×1 m的样方，记录每个样方中翼茎阔苞菊的株数，采用扩散系数(diffusion coefficient，C)、负二项参数(negative binomial parameter，K)、平均拥挤度(mean crowding degree，m^*)、丛生指标(cluster index，I)、聚块性指标(clustering index，PI)、Cassie指标(Cassie index，C_A)和Green指数(Green index，GI)综合分析翼茎阔苞菊的分布格局[14-15]。

在同一居民小区绿地上选取翼茎阔苞菊长势良好的草地随机设置58个1 m×1 m的样方，计算调查样方中每种杂草的重要值(重要值=相对盖度+相对频度)，分析伴生植物种类组成和优势度大小。

1.3 植株形态观测和生物量测定

在居民小区和公园观测翼茎阔苞菊形态结构，对翼茎阔苞菊刈割后分析其根茎萌蘖能力，在调查过程中对翼茎阔苞菊进行拍照描述；在居民小区草坪上选取15株处于营养生长或初花期的当年生翼茎阔苞菊植株，按照根、茎、叶3个构件部位进行分离，分别称量记录各构件鲜重，再置于70 ℃烘箱烘干至恒重，取出后置于干燥器中冷却至室温，分别称量记录各构件干重。

各构件生物量分配比计算方法：先计算单株植株总生物量(根、茎、叶干重之和)，再分别计算各构件生物量占总生物量的百分比，最终数据为15株植株各构件分配比的平均值。具体公式为：

$$某构件生物量分配比(\%)=\frac{该构件干重}{植株总干重}\times 100$$

各构件含水量计算方法：根据各构件的鲜重与干重，计算其含水量及含水量百分比，最终数据为15株植株各构件含水量的平均值。具体公式为：

$$某构件含水量(\%)=\frac{该构件鲜重-该构件干重}{该构件鲜重}\times 100$$

1.4 花序开花动态观测

于2024年6—7月在居民小区和公园草坪选取30余个刚长出的花蕾观测，记录每个花蕾从现蕾到种子成熟的时间，包括现蕾、柱头伸出、开始散粉、散粉结束、果实成熟等时间及生长状况。

1.5 花粉特征

野外采集成熟的花粉于光学显微镜(徕卡DM500，德国)下观测其形态和大小，用Image-Pro Plus 6.0软件测定花粉直径(n=65)；采集成熟的花粉用碘-碘化钾染液(I-KI)和苏丹Ⅲ染液检测其花粉的淀粉含量和脂类含量。滴上染液后，含淀粉者会在I-KI染液中呈现褐色或黑色反应，含脂类者在苏丹Ⅲ染液会呈现红色反应[16]。

1.6 翼茎阔苞菊有性繁殖试验

于2024年6—7月在翼茎阔苞菊的花蕾期将整个花序套袋，阻断媒介昆虫对翼茎阔苞菊花的传粉，待种子成熟后，取回套袋种子，也采集正常授粉自然成熟的种子，当年均进行发芽率测试，并且将自然成熟的种子储存1年后进行发芽测试。发芽试验采用滤纸培养皿法，每皿放置50粒种子，设置5个重复，培养皿置于室内实验台上，平均温度为(27±1) ℃。以胚根突破种皮并达到种子长度一半作为发芽标准，试验持续至无新种子发芽。

1.7 翼茎阔苞菊入侵分析评价

依据《外来草本植物安全性评估技术规范》[17]对翼茎阔苞菊的入侵性进行定量评价，此规范是目前外来草本植物引入风险和外来入侵植物风险评估常用的技术规范之一。

1.8 数据处理

采用SPSS软件(23.0)进行数据统计分析。

2　结果与分析

2.1　翼茎阔苞菊种群空间分布格局

用种群分布格局指标(C、K、m^*、I、PI、C_A、GI)判定翼茎阔苞菊种群的空间分布格局,C值为7.352,大于1,且t检验结果为极显著水平;K值为0.383,小于8;m^*为8.782;I为6.352,大于0;PI为3.614,大于1;C_A为15.436,大于0;GI为0.162,大于0;根据以上指标可判断出翼茎阔苞菊种群为聚集分布。

2.2　翼茎阔苞菊种群特征

翼茎阔苞菊种群特征(表1)表明,所调查的样方(1 m×1 m)中密度最小值为1株·m^{-2},最大值为15株·m^{-2},平均值为4.03株·m^{-2};样方中株高平均最小值为10 cm,最大值为250 cm,所有样方株高平均值为64.98 cm,盖度最低为100 cm^2,最高为6000 cm^2,平均为1509.14 cm^2,相对盖度最低为1%,最高为99%,平均为15.51%。

表1　翼茎阔苞菊的种群特征

Table 1　Population characteristics of *P. sagittalis*

指标 Index	最小值 Minimum value	最大值 Maximum value	平均值 Mean value
密度 Density (plant·m^{-2})	1	15	4.03±0.60
平均高度 Average height (cm)	10	250	64.98±7.70
盖度 Coverage (cm^2)	100	6000	1509.14±253.67
相对盖度 Relative coverage (%)	1	99	15.51±3.78

2.3　翼茎阔苞菊种群伴生植物种类组成

在所调查的草地生境中共发现25种草本植物,分别属于13科24属(表2),多为喜湿的阳生杂草,

表2　翼茎阔苞菊分布草地生境中的伴生植物种类

Table 2　Companion plant species in the grassland habitats where *P. sagittalis* is distributed

物种 Species	科名 Family	重要值 Important value
马尼拉草 *Zoysia matrella*	禾本科 Gramineae	0.8661
翼茎阔苞菊 *P. sagittalis*	菊科 Compositae	0.3194
扁穗莎草 *Cyperus compressus*	莎草科 Cyperaceae	0.2402
钻叶紫菀 *Symphyotrichum subulatum*	菊科 Compositae	0.1377
白花蛇舌草 *Scleromitrion diffusum*	茜草科 Rubiaceae	0.0974
一点红 *Emilia sonchifolia*	菊科 Compositae	0.0599
白花鬼针草 *Bidens alba*	菊科 Compositae	0.0566
异型莎草 *Cyperus difformis*	莎草科 Cyperaceae	0.0430
苏门白酒草 *Erigeron sumatrensis*	菊科 Compositae	0.0426
毛蕨 *Cyclosorus interruptus*	金星蕨科 Thelypteridaceae	0.0366
鸡屎藤 *Paederia foetida*	茜草科 Rubiaceae	0.0187
叶下珠 *Phyllanthus urinaria*	叶下珠科 Euphorbiaceae	0.0127
假臭草 *Praxelis clematidea*	菊科 Compositae	0.0072
黄花酢浆草 *Oxalis pes-caprae*	酢浆草科 Oxalidaceae	0.0072
鳢肠 *Eclipta prostrata*	菊科 Compositae	0.0071
铁苋菜 *Acalypha australis*	大戟科 Euphorbiaceae	0.0071
通泉草 *Mazus pumilus*	通泉草科 Mazaceae	0.0069
南雀稗 *Paspalum scrobiculatum* var. *bispicatum*	禾本科 Gramineae	0.0064
马唐 *Digitaria sanguinalis*	禾本科 Gramineae	0.0046
野甘草 *Scoparia dulcis*	车前科 Plantaginaceae	0.0041
藿香蓟 *Ageratum conyzoides*	菊科 Compositae	0.0041
蜈蚣凤尾蕨 *Pteris vittata*	凤尾蕨科 Pteridaceae	0.0037
海金沙 *Lygodium japonicum*	海金沙科 Lygodiaceae	0.0035
黄鹌菜 *Youngia japonica*	菊科 Compositae	0.0035
野茼蒿 *Crassocephalum crepidioides*	菊科 Compositae	0.0035

表明翼茎阔苞菊喜欢阳光充足土壤湿润的环境。菊科出现的种数最多，为10种，其次是禾本科，为3种。所调查的样地主要是马尼拉草地，所以马尼拉草重要值最高，其次是翼茎阔苞菊，重要值为0.3194，第3位和第4位分别是扁穗莎草和钻叶紫菀，重要值分别比翼茎阔苞菊低0.0792和0.1817，表明翼茎阔苞菊是所调查草地的优势种，已经出现明显的入侵性。

2.4 翼茎阔苞菊形态结构与构件特征

野外观测发现，漳州地区翼茎阔苞菊的生活型与其他区域一致，均为多年生草本或亚灌木，表现出通过高大植株获得更高生态位的趋势(图1)，在良好的立地条件下，株高可超过200 cm(图1c)，在树下或立地条件不良情况下，也观测到株高30 cm开花的植株(图1d)。长势较好的翼茎阔苞菊顶端开花后，在花序轴下的侧芽可形成约45°向上生长的分枝，分枝顶端再形成花序，一级分枝侧芽可再次形成二级分枝，一般分枝高度高于顶端，这样能有效利用植株上方的空间和光照资源，构建起更大的繁殖系统(图2a)；翼茎阔苞菊地上部分被刈割后，根茎处能够萌蘖分株，重新生长(图2b)；地下根系可横向生长，向上萌出幼苗形成新的植株(图2b)，尤其是母株刈割后促进幼苗的萌出。



图1 不同立地条件下翼茎阔苞菊植株的生长状况

Fig. 1 The growth status of *P. sagittalis* plants under different site conditions

对营养生长阶段翼茎阔苞菊植株生物量和株高进行回归分析，结果显示，翼茎阔苞菊植株生物量随植株高度的增加而增加，两者之间存在极显著的指数函数关系：$y=0.75e^{0.025x}$($r=0.960$，$P=0.000$，$n=14$)。式中：y代表植株生物量(g)，x代表株高(cm)。

苗期翼茎阔苞菊各构件生物量分配比由大到小的顺序为茎>叶>根，茎生物量占植株生物量的比值最高，为52.14%；叶次之，为31.99%；根占比最小，为15.44%(表3)。



图2 翼茎阔苞菊的分枝和萌蘖

Fig. 2 Branches and sprouts of *P. sagittalis*

表3 翼茎阔苞菊各构件生物量特征

Table 3 Biomass characteristics of each component of *P. sagittalis*

项目 Item	构件比值 Proportion of components (%)	构件 Component	含水量 Water content (%)
根茎比 Root to stem ratio	18.52±1.55	根 Root	62.56±1.10
根生物量占比 Root mass fraction	15.44±1.08	茎 Stem	77.98±0.63
茎生物量占比 Stem mass fraction	52.14±1.94	叶 Leaf	79.87±0.43
叶生物量占比 Leaf mass fraction	31.99±1.52		

各构件含水量由大到小的顺序为叶＞茎＞根，叶片含水量最高，为 79.87%，其次是茎，为 77.98%，根含水量最低，为 62.56%（表 3）。

2.5　花序开放动态

翼茎阔苞菊头状花序现蕾的顺序是由上向下，由内向外，近似三歧聚伞花序，花序轴下方侧芽可再生出侧枝，侧枝形成的花序成螺旋状由上向下依次生长，也发育成近似三歧聚伞花序（图 3）。

在福建漳州地区其花期持续在 5－11 月，盛花期集中于夏季（6－8 月）。夏季翼茎阔苞菊从出现花蕾到初始开花经历 10～12 d，从始花到结实（雌蕊枯黄，种子开始发育）经历 5～10 d，从结实到种子成熟脱落经历 5～12 d，整个现蕾、开花到种子成熟脱落经历 20～30 d。

2.6　花粉形态和组分

显微镜下显示翼茎阔苞菊花粉为球形，表面有锥状刺突，测定直径为（20.1891±0.2711）μm；翼茎阔苞菊滴加 I-KI 染液后呈现黑褐色，滴加苏丹Ⅲ染液后呈现微红色，红色较淡（图 4），说明翼茎阔苞菊花粉含有较多的淀粉和少量的脂类，属于“淀粉型”花粉[16]。

2.7　翼茎阔苞菊种子萌发特性

分别对当年生翼茎阔苞菊套袋种子和正常授粉种子进行发芽率测试，结果表明，正常授粉种子发芽率为 20.33%，整个伞房花序套袋没有种子发芽，由此可以看出翼茎阔苞菊授粉依赖传粉昆虫；对贮存 1 年的种子进行发芽率测试，没有种子发芽，表明贮存 1 年后的种子已经丧失萌发活力。

2.8　翼茎阔苞菊入侵风险定量分析

依据《外来草本植物安全性评估技术规范》[17]对翼茎阔苞菊的入侵性进行评价（表 4）。外来草本植物风险值（R）为基本情况（R_1）、植物生物学属性（R_2）、繁殖与扩散能力（R_3）、环境与危害评估（R_4）、危害控制（R_5）这 5 个一级指标之和。若 $R\geqslant 60$，应严禁引入，建议列入管制名单；若 $30\leqslant R<60$，需要引入时，须主管部门审批，发生区内的外来植物严禁调运至非发生区，对可能携带的植物、植物产品、土壤等严格进行检验检疫，采取各种有效措施对发生区的外来草本植物进行扑灭或控制；若 $15\leqslant R<30$，应适当限制引入；若 $R<15$，可以引入。根据实际调查获取的数据和资料，将翼茎阔苞菊的各项评判指标赋值（表 4），结果表明在基本情况指标上（R_1）得分为 5.5 分，其中国内分布范围为个别省（自治区、直辖市）有零星分布（1 分），目前在台湾、海南、广东、广西、湖南、四川和福建等地陆续报道有翼茎阔苞菊的出现，在部分地区危害较大，在多数发生地未见严重危害的报道（0.5 分）[7－9]，翼茎阔苞菊瘦果可通过混杂于粮食、种子等植物及植物产品中进入国内[18]，通过无意进入国内（2 分）；翼茎阔苞菊在《中国外来入侵植物志》[10]中入侵级为三级，但是在全球入侵物种数据库（Global Invasive Species Databrse，https://www.iucngisd.org/gisd/）中没有被收录，在《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》中也没有，只在少数几个国家被管制，在 1～10 个国家（地区）列为检疫对象（1 分），其在境外分布广，分布区域在 2～3 个气候带（1 分），全球生物多样性数据库（Global Biodiversity Information Facility，GBIF，https://www.gbif.org/species/3132634）显示翼茎阔苞菊主要分布在亚热带季风和湿润气候、热带草原气候、热带雨林气候。

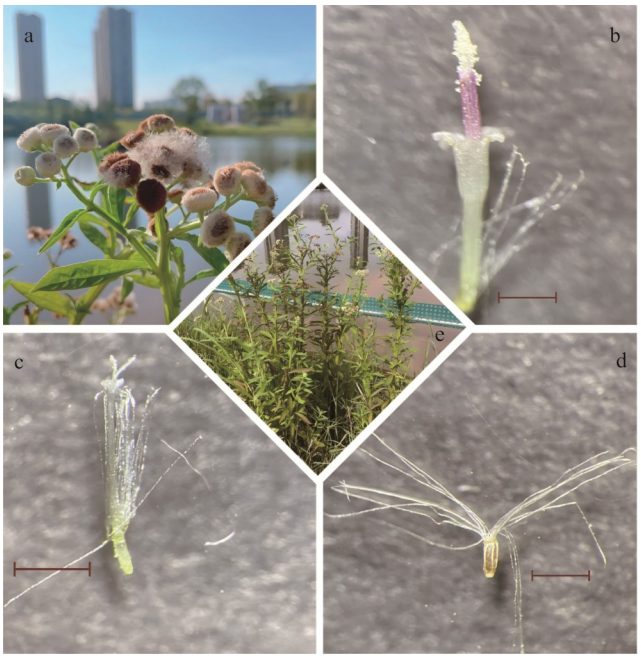


图 3　翼茎阔苞菊及其花与瘦果

Fig. 3　*P. sagittalis* and its flower and achene

a：花序 Inflorescence；b：两性花（不育）Hermaphroditic flower (sterile)；c：雌花 Female flower；d：瘦果 Achene；e：盛花阶段植株 Plant at full-bloom stage. 标尺 Scale bar：1 mm.

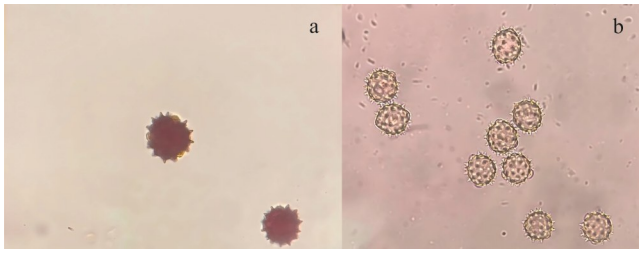


图 4　染色后的翼茎阔苞菊花粉（放大倍率：400×）

Fig. 4　Stained pollen of *P. sagittalis* (Magnification: 400×)

a 为 I-KI 染色后的花粉；b 为苏丹Ⅲ染色后的花粉。a is pollen stained with I-KI; b is pollen stained with Sudan Ⅲ.

表4 翼茎阔苞菊的入侵风险分析

Table 4 Invasion risk analysis of *P. sagittalis*

一级指标(权重) First-level indicators (weights)	二级指标 Second-level indicators	三级指标 Third-level indicators	评价指标 Evaluation indicators	赋值 Assignment	得分 Score
基本情况 Basic information (R_1, 8%)	国内情况 Domestic situation (R_{11})	国内分布范围 Domestic distribution range (R_{111})	个别省(自治区,直辖市)有零星分布 Sporadic distribution in a few provinces (autonomous regions, municipalities)	1	1
			大约1/3省(自治区,直辖市)有分布 Distributed in about 1/3 of provinces (autonomous regions, municipalities)	0.5	—
			大多数省(自治区,直辖市)均有分布 Distributed in most provinces (autonomous regions, municipalities)	0	—
		国内入侵状况 Domestic invasion status (R_{112})	在国内有多处报道其成功入侵危害的情况 Reported in multiple domestic locations with significant damage	1	—
			在国内有报道扩散,但危害并不严重 Domestic spread reported with minor harm	0.5	0.5
		引入途径 Introduction pathway (R_{113})	通过无意进入国内 Unintentional introduction	2	2
			通过自然传入国内 Natural introduction	1	—
			通过合法途径引入国内 Introduced through legal means	0	—
	境外情况 Foreign situation (R_{12})	境外重视程度 International attention level (R_{121})	>10个国家(地区)列为检疫对象 Listed as a quarantine target in more than 10 countries (regions)	2	—
			有1~10个国家(地区)列为检疫对象 Listed as a quarantine target in 1 to 10 countries (regions)	1	1
			属于一般性防治的常规有害生物 Considered a conventional pest under general control measures	0	—
		境外分布情况 International distribution (R_{122})	极广:分布区域>3个以上的气候带 Extremely broad: Distributed across more than 3 climate zones	2	—
			广:分布区域在2~3个气候带 Broad: Distributed across 2—3 climate zones	1	1
			局部:分布区域在1个气候带 Localized: Confined to a single climate zone	0.5	—
植物生物学属性 Plant biological attributes (R_2, 9%)	生活史 Life history (R_{21})	生活周期 Life cycle (R_{211})	多年生草本植物 Perennial herb	2	2
			二年生草本植物 Biennial herb	1	—
			一年生草本植物 Annual herb	0.5	—
	生长能力 Growth capability (R_{22})	抗逆性 Stress resistance (R_{221})	对生长过程中的多种逆境有良好的适应性和耐受性 Strong adaptability and tolerance to multiple environmental stresses	1	—
			对生长过程中的某种逆境有良好的适应性和耐受性 Strong adaptability and tolerance to a specific environmental stress	0.5	0.5
			对逆境耐受能力差 Poor stress tolerance	0	—
	遗传特性 Genetic characteristics (R_{23})	遗传稳定性 Genetic stability (R_{231})	遗传物质10代以内会改变,不稳定 Unstable: Genetic material may alter within 10 generations	1	—
			遗传物质可以保持10代以上不改变,稳定 Stable: Genetic material can remain unchanged for over 10 generations	0	0
	致害性 Harmfulness (R_{24})	对人或动物健康的影响 Impact on human/animal health (R_{241})	植物体有毒或分泌毒素,影响人或动物健康 Toxic: The plant is toxic or secretes toxins, posing a risk to human or animal health	3	—
			植物体无毒或不分泌毒素,不影响人或动物健康 Non-toxic: The plant is not toxic and does not secrete toxins, posing no risk to human or animal health	0	0
	是否携带有害生物 Whether pests are carried (R_{25})	是否是有害生物寄生 Whether it serves as a host for pests (R_{251})	是有害生物寄生 Host to pests	2	—
			不是有害生物寄生 Not a host to pests	0	0

续表 Continued Table

一级指标(权重) First-level indicators (weights)	二级指标 Second-level indicators	三级指标 Third-level indicators	评价指标 Evaluation indicators	赋值 Assignment	得分 Score
繁殖与扩散能力 Reproduction & dispersal capacity (R_3, 43%)	繁殖能力 Reproductive capacity (R_{31})	繁殖方式 Reproduction mode (R_{311})	有性繁殖和无性繁殖皆有 Both sexual and asexual reproduction	15	15
			仅有性繁殖 Sexual reproduction only	8	—
			仅无性繁殖 Asexual reproduction only	3	—
		繁殖体数量 Propagule quantity (R_{312})	每个繁殖周期单株种子产量≥1000粒或单株分生≥10株 Per reproductive cycle, the seed production per plant is ≥1000 grains, or the tillering capacity per plant is ≥10 shoots	7	7
			每个繁殖周期单株200粒≤种子产量<1000粒,或3株≤单株分生<10株 Per reproductive cycle, the seed production per plant is between 200 and 1000 grains (inclusive of 200 but exclusive of 1000), or the tillering capacity per plant is between 3 and 10 shoots (inclusive of 3 but exclusive of 10)	3	—
			每个繁殖周期单株种子产量<200粒,或单株分生<3株 Per reproductive cycle, the seed production per plant is <200 grains, or the tillering capacity per plant is <3 shoots	0	—
		萌芽率 Germination rate (R_{313})	适宜条件下繁殖体萌芽率≥60% Germination rate ≥60% under suitable conditions	2	—
			25%≤适宜条件下繁殖体萌芽率<60% Germination rate is between 25% and 60% (inclusive of 25% but exclusive of 60%) under suitable conditions	1	—
			适宜条件下繁殖体萌芽率<25% Germination rate <25% under suitable conditions	0	0
		种子库种子存活率 Seed viability in the seed bank (R_{314})	种子在土壤中保持较长的活性,时间≥1年 Seeds remain viable in the soil for a long time, with a viability duration of 1 year or more	2	—
			种子在土壤中保持活性的时间<1年 Seeds remain viable in the soil for less than 1 year	0	0
	扩散能力 Dispersal capacity (R_{32})	扩散方式 Dispersal mode (R_{321})	可通过自然因素(风力,水流等)和生物因素(动物和人类)等多种方式进行扩散 Multiple pathways: Capable of dispersal via both natural factors (e.g., wind, water) and biological factors (animals, humans)	4	4
			仅能通过自然因素进行扩散 Natural only: Dispersal relies solely on natural factors	2	—
			仅能通过生物因素进行扩散 Biological only: Dispersal relies solely on biological factors	1	—
		生物扩散力 Biological dispersal capacity (R_{322})	自身及其扩散媒介生物移动能力强(≥1000 m) High mobility: Both the organism itself and its dispersal agents exhibit strong movement capacity (≥1000 m)	8	—
			自身及其扩散媒介生物移动能力较强(10 m≤移动能力<1000 m) Moderate mobility: Movement capacity of the organism and its dispersal agents ranges from 10 to 1000 m	4	4
			自身及其扩散媒介生物移动能力弱(<10 m) Low mobility: Movement capacity of the organism and its dispersal agents is limited to 10 m	0	—
		自然扩散能力 Natural dispersal capacity (R_{323})	能够长距离传播 Long-distance dispersal capability	5	—
			能够短距离传播 Short-distance dispersal capability	2	2
			基本不能够传播 Negligible natural dispersal	0	—
环境与危害评估 Environmental and hazard assessment (R_4, 26%)	环境适应性 Environmental adaptability (R_{41})	温度适宜度 Temperature suitability (R_{411})	原产地温度与评估区域内大多数地区类似 High similarity: Temperatures in the region of origin are largely comparable to those in most parts of the assessment area	2	2
			原产地温度与评估区域内大多数地区差异很大 Low similarity: Temperatures in the region of origin differ significantly from those in most parts of the assessment area	0	—

续表 Continued Table

一级指标(权重) First-level indicators (weights)	二级指标 Second-level indicators	三级指标 Third-level indicators	评价指标 Evaluation indicators	赋值 Assignment	得分 Score
		光照适宜度 Light suitability (R_{412})	原产地光照条件与评估区域内大多数地区类似 High similarity: Light conditions in the region of origin are largely comparable to those in most parts of the assessment area	1	1
			原产地光照条件与评估区域内大多数地区差异很大 Low similarity: Light conditions in the region of origin differ significantly from those in most parts of the assessment area	0	—
		降水量适宜度 Precipitation suitability (R_{413})	原产地降水量与评估区域内大多数地区类似 High similarity: Precipitation levels in the region of origin are largely comparable to those in most parts of the assessment area	1	1
			原产地降水量与评估区域内大多数地区差异很大 Low similarity: Precipitation levels in the region of origin differ significantly from those in most parts of the assessment area	0	—
	生态危害 Ecological hazards (R_{42})	能否高密度占领生境 Capability for high-density habitat occupation (R_{421})	能高密度占领生境 Capable of high-density occupation in habitats	6	6
			仅能占领物种较为单一生境 Can only occupy relatively singular/specific habitat types	3	—
			不能高密度占领生境 Incapable of high-density habitat occupation	0	—
		能否与本地近缘种植物杂交 Capability to hybridize with native congeners/related plant species (R_{422})	能够与本地近缘种植物杂交 Capable of hybridization: Can hybridize with native congeners/related plant species	2	2
			不能够与本地近缘种植物杂交 Incapable of hybridization: Cannot hybridize with native congeners/related plant species	0	—
		对其他物种是否有化感作用 Presence of allelopathy effects on other species (R_{423})	有很强化感作用,抑制其他物种正常生长,形成单一优势群 Strong: Exhibits potent allelopathy effects that suppress normal growth of other species, leading to the formation of monoculture-like stands	7	—
			有化感作用,严重影响部分物种正常生长 Moderate: Demonstrates allelopathy effects that severely impact the normal growth of some species	3	3
			无化感作用,不影响其他物种正常生长 None: Shows no allelopathy effects and does not affect the normal growth of other species	0	—
	生物链影响 Food web impacts (R_{43})	天敌(捕食昆虫、动物和病原菌)控制力 Control by natural enemies (predators, parasitoids & pathogens) (R_{431})	无天敌 Absent: No natural enemies present	3	—
			天敌数量少,控制力弱 Weak: Natural enemy populations are low, with weak control capability	2	—
			天敌控制力强,且广泛存在 Strong: Natural enemies have strong control capability and are widely present	0	0
		竞争种 Competitor species (R_{432})	无竞争种植物 No competing plant species	4	—
			竞争种植物数量一般 Moderate number of competitors	2	2
			竞争种植物广泛存在 Abundant competing species	0	—
危害控制 Hazard control (R_5, 14%)	防控措施 Control measures (R_{51})	检疫难度 Quarantine difficulty (R_{511})	不易辨别,需要专业人员经实验室专业仪器设备才能鉴定 Difficult to distinguish, requires professional personnel and specialized laboratory equipment for identification	1	1
			专业人员现场即可辨别 Field identification possible by professionals	0.1	—
			一般工作人员现场就可以鉴定 Field identification possible by general staff	0	—
		防控方式 Control and prevention measures (R_{512})	目前没有有效防控手段 No effective control measures are currently available	7	—
			防控手段单一,短期内效果显著 Relies on a single control method with significant short-term effects	4	4

续表 Continued Table

一级指标(权重) First-level indicators (weights)	二级指标 Second-level indicators	三级指标 Third-level indicators	评价指标 Evaluation indicators	赋值 Assignment	得分 Score
			物理防治,生物防治,化学防治等多种手段均有显著效果 Multiple methods (physical, biological, chemical control) demonstrate significant efficacy	0	—
	防控难度 Difficulty of control and prevention (R_{52})	除害处理难度 Difficulty of prevention and control treatment (R_{521})	除害处理困难,成本高,效果差 Prevention and control are challenging, with high costs and poor effectiveness	6	6
			效果好,但除害处理较困难,成本高 Good effectiveness, but prevention and control are relatively difficult and costly	3	—
			容易处理,成本低,效果好 Prevention and control are easy, with low costs and good effectiveness	0	—
合计 Total					68

—: 非此标准 Not this standard.

植物生物学属性(R_2)得分为 2.5 分,其中翼茎阔苞菊为多年生草本植物(2 分),在漳州地区可整年生长,但地上部分常被刈割,刈割后会从根茎处重新萌发出幼苗;抗逆性方面翼茎阔苞菊在水边长势良好,生长迅速,在较为干旱的草地也能够生长,生长速度较慢,另一方面翼茎阔苞菊喜阳,但在树下或灌丛中也能够生长,由此表明翼茎阔苞菊对某种逆境有良好的适应性和耐受性(0.5 分);遗传稳定性方面通过中国植物图像库中各地(市)上传的照片,叶、茎和花器官较为一致,可判定遗传物质较为稳定(0 分);翼茎阔苞菊是南美洲传统中药植物,可认为植物体无毒不影响人或动物健康(0 分);据野外观测,翼茎阔苞菊大多长势良好,也不是《全国农业植物检疫性有害生物名单》中的偏好宿主,可认为没有携带有害生物(0 分)。

繁殖与扩散能力(R_3)得分为 32 分,其中野外观测翼茎阔苞菊可开花产生大量种子,也可通过根系横向生长进行无性繁殖,所以认为繁殖方式为有性繁殖和无性繁殖(15 分);野外观测翼茎阔苞菊为头状花序再形成近似三歧聚伞花序,每个头状花序外围为多数雌花,每个繁殖周期单株种子产量≥1000 粒(7 分),本研究结果显示当年种子萌芽率为 20.33%±1.26%(0 分),储存 1 年种子萌芽率为 0,可判定种子在土壤中保持活性的时间小于 1 年(0 分);翼茎阔苞菊种子上有冠毛,可通过自然因素(风力、水流等)和生物因素(动物和人类)等多种方式进行扩散(4 分),自身移动能力较强(4 分),自然扩散能够短距离传播(2 分)。

环境与危害评估(R_4)得分为 17 分,其中环境适应性方面,翼茎阔苞菊原产于南美洲,温度、光照和降水量与漳州地区类似(2 分,1 分,1 分);野外观测翼茎阔苞菊能够高密度占领生境(6 分),翼茎阔苞菊为阔苞菊属(*Pluchea*),漳州地区主要有长叶阔苞菊(*Pluchea eupatorioides*)、光梗阔苞菊(*Pluchea pteropoda*)和阔苞菊(*Pluchea indica*)等亲缘关系较近的杂草,因此可能存在交叉授粉等(2 分);翼茎阔苞菊全株有浓厚气味,含有多种次生代谢物[13],判定具有一定化感作用,但野外没有形成单一优势群(3 分);野外观测到翼茎阔苞菊被多种草食性昆虫啃食,所以认为其天敌控制力强且广泛存在(0 分);翼茎阔苞菊生长的草地上会有长势相当的杂草共同生长,认为竞争种植物数量一般(2 分)。

危害控制(R_5)得分为 11 分,翼茎阔苞菊种子较小,需要体式显微镜进行鉴别(1 分);翼茎阔苞菊防控手段单一,可通过刈割方式去除,短期内效果显著(4 分),但是根茎处很快萌出幼苗,要深翻土壤将其根系全部去除才能彻底清除,所以认为除害处理困难,成本高、效果差(6 分)。

翼茎阔苞菊 5 个一级指标风险值之和为 68 分,依据评估技术规范等级划分标准判定翼茎阔苞菊应严禁引入,建议列入管制名单,入侵风险水平较高。

3　讨论

种群空间分布格局是种群适应环境和与其他种群相互关系的反映,入侵植物通常具有较强的环境适应能力,多呈聚集分布,比如飞机草、肿柄菊(*Tithonia diversifolia*)等[19]。本研究中翼茎阔苞菊呈现聚集分布格局,原因在

于其繁殖方式，当翼茎阔苞菊以种子萌发、定植入侵后，可通过根系横向生长无性繁殖，母株周围萌发许多幼苗，另一方面翼茎阔苞菊种子成熟后会散落在母株周围，最终导致了翼茎阔苞菊聚集分布的空间分布格局。

翼茎阔苞菊在有性繁殖方面以异花授粉为主，其花粉和花蜜多，盛花阶段可以吸引大量昆虫；可产生大量较小的种子，具有冠毛结构，种子成熟后，冠毛枯黄张开，随后飘落，可借助风力传播；种子萌发速率为20.33%。繁殖是入侵植物成功入侵、建立扩散种群所面临的最根本问题，繁殖体压力假说认为外来物种繁殖体引入的数量和频次越高，繁殖体压力越大，入侵成功的可能性就越高[20]。翼茎阔苞菊可产生大量种子，对入侵地区造成较大的繁殖体压力，再加上根系横向生长的无性繁殖，确保了种群成功入侵的概率。

回归分析表明翼茎阔苞菊植株生物量随株高的增加而增加，它们之间存在显著回归关系。可利用资源的总量对植物来说是有限的，植物在不同生境中可通过不同功能资源量之间的分配来适应环境，不同植物以不同的策略调整资源量的分配；资源量的不同分配方式包括植物不同构件之间的分配，比如营养器官和繁殖器官生物量的分配、地上部分和地下部分生物量的分配、高生长和横向生长之间的不同[16,21]。外来植物入侵能力也体现在调节各构件分配比例适应不同生境方面，如银胶菊(*Parthenium hysterophorus*)在草地中由于杂草较多，地下资源的竞争是繁殖成功的关键，所以银胶菊较疏林等生境中根茎比例更高[16]。春夏季节，翼茎阔苞菊的营养生长旺盛，株高可在2 m以上；转入生殖生长后，顶端分生组织发育为花器官，同时植株采取偏向地上部分的生物量分配策略，根系占比较低，以最大化获取地上空间资源。

内禀优势假说认为入侵植物具有生长迅速、繁殖能力强和环境适应性强等生物特性造成较强的入侵性[4,22]，翼茎阔苞菊生长迅速，尤其是株高增长快，能够很快占领草地空间，而且其有性繁殖和无性繁殖能力均较强，根系极发达，易形成连片的单优群落，形成强大的生长优势，具有较强的内禀优势，入侵风险较高，所以在《中国外来入侵植物志》入侵等级被定为三级[10]，本研究依据《外来草本植物安全性评估技术规范》[17]评价翼茎阔苞菊也为入侵风险水平较高。外来生物入侵的生态学特征表现为明显的潜伏期和爆发期，这一过程往往遵循“S型曲线”发展规律，从首次发现到形成入侵态势，通常存在数年的时间窗口期，这为防控工作提供了关键的干预机会。翼茎阔苞菊是近十几年才在我国多地陆续报道的外来物种，但其入侵危害逐步呈现，需要加强防控策略，以降低入侵造成的生态风险。

4 结论

本研究通过对翼茎阔苞菊种群调查分析发现：翼茎阔苞菊在漳州地区为多年生植物，种群空间分布格局为聚集分布，喜阳喜湿；植株通过高生长获得更高生态位，通过顶端分枝可形成多级聚伞花序，同时根系通过横向生长向上萌出幼苗进行无性繁殖构成更大的繁殖系统；夏季翼茎阔苞菊现蕾到种子成熟脱落经历20～30 d，花粉属于“淀粉型”花粉；翼茎阔苞菊授粉依赖传粉昆虫；当年生种子萌发率为20.33%，贮存1年后的种子已经丧失萌发活力；依据《外来草本植物安全性评估技术规范》，翼茎阔苞菊的入侵性风险值为68分，可判定为严禁引入，入侵风险水平较高，建议列入管制名单。

参考文献 References：

[1] Tian X S, Qi G J, Hu X N, *et al*. Advances on early-warning, prevention and control of major agricultural invasive pests in China and the ASEAN region. Journal of Biosafety, 2016, 25(3): 153－160.
田兴山，齐国君，胡学难，等. 中国－东盟重大农业入侵有害生物预警与防控研究进展. 生物安全学报，2016，25(3)：153－160.

[2] Chen J, Zhang Y J, Liu W, *et al*. Distribution patterns and determinants of invasive alien plants in China. Plants (Basel, Switzerland), 2023, 12(12): 2341.

[3] Early R, Bradley B A, Dukes J S, *et al*. Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. Nature Communications, 2016, 7(1): 12485.

[4] Liu B, Yan J, Li W, *et al*. *Mikania micrantha* genome provides insights into the molecular mechanism of rapid growth. Nature Communications, 2020, 11(1): 1－13.

[5] Yu S P, Tian M J, Zhang N N, *et al*. Prediction and risk analysis of suitable growth area of invasive plant *Chromolaena odorata* in Guizhou. Journal of West China Forestry Science, 2021, 50(4): 125－130.
喻三鹏, 田茂娟, 张念念, 等. 入侵植物飞机草在贵州的适生区预测及风险分析. 西部林业科学, 2021, 50(4): 125－130.

[6] Ren M X, Zhang Q G. Clonal diversity and structure of the invasive aquatic plant *Eichhornia crassipes* in China. Aquatic Botany, 2007, 87(3): 242－246.

[7] Chen J, Liu X F, Luo J J, *et al*. First report of invasive species of *Pluchea sagittalis* (Asteraceae) in Sichuan Province, China. Journal of Sichuan Normal University (Natural Science), 2022, 45(6): 797－799.
陈嘉, 刘小凤, 罗俊佳, 等. 首次发现四川省菊科外来入侵杂草——翼茎阔苞菊. 四川师范大学学报(自然科学版), 2022, 45(6): 797－799.

[8] Jiang A L, Zhu S S, Li X Y, *et al*. Dynamic changes in alien invasive plants in Guangzhou during 2008－2016. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2017, 25(3): 288－298.
蒋奥林, 朱双双, 李晓瑜, 等. 2008－2016 年间广州市外来入侵植物的变化分析. 热带亚热带植物学报, 2017, 25(3): 288－298.

[9] Yue M F, Pan B L, Tian X S, *et al*. Investigation and hazard evaluation of exotic invasive plants in agricultural ecosystems in Guangdong Province. Journal of Biosafety, 2011, 20(2): 141－146.
岳茂峰, 樊蓓莉, 田兴山, 等. 广东省农业生态系统外来入侵植物的种类调查与危害评估. 生物安全学报, 2011, 20(2): 141－146.

[10] Ma J S. Alien invasive flora of China. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, 2020.
马金双. 中国外来入侵植物志. 上海: 上海交通大学出版社, 2020.

[11] Figueredua S M, Nascimentoa F P, Freitas C S, *et al*. Antinociceptive and gastroprotective actions of ethanolic extract from *Pluchea sagittalis* (Lam.) Cabrera. Journal of Ethnopharmacology, 2011, 135: 603－609.

[12] Pérez-garcía F, Marín E, Parella T, *et al*. Activity of taraxasteryl acetate on inflammation and heat shock protein synthesis. Phytomedicine, 2005, 12(4): 278－284.

[13] Rossato L V, Nicoloso F T, Farias J G, *et al*. Effects of lead on the growth, lead accumulation and physiological responses of *Pluchea sagittalis*. Ecotoxicology, 2012, 21(1): 111－123.

[14] Zhang J T. Quantitative ecology. Beijing: Science Press, 2004.
张金屯. 数量生态学. 北京: 科学出版社, 2004.

[15] Zhou K H, Wu S L, Ke J H, *et al*. Study on population and community characteristics of invasive plant *Rorippa amphibia*. Pratacultural Science, 2022, 39(5): 888－898.
周凯华, 吴锁龙, 柯杰瀚, 等. 两栖蔊菜种群及其入侵群落特征. 草业科学, 2022, 39(5): 888－898.

[16] Wei C Q. Studies on reproductive biology and ecological adaptability of invasive plant *Parthenium hysterophorus* L. Guilin: Guangxi Normal University, 2010.
韦春强. 入侵植物银胶菊的繁殖生物学与生态适应性研究. 桂林: 广西师范大学, 2010.

[17] Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Technical specification for safety assessment of alien herbaceous plants: NY/T 3669－2020. Beijing: China Agriculture Press, 2020.
中华人民共和国农业农村部. 外来草本植物安全性评估技术规范: NY/T 3669－2020. 北京: 中国农业出版社, 2020.

[18] Fujian Provincial Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau. Detection and identification of *Pluchea sagittalis* (Lam.) Cabrera: DB35/T 1749－2018. Beijing: Standards Press of China, 2018.
福建省出入境检验检疫局. 翼茎阔苞菊检疫鉴定方法: DB35/T 1749－2018. 北京: 中国标准出版社, 2018.

[19] Guo H L, Liu J. Overview of invasion patterns of alien plants and predominant influence in road-region ecosystem. Journal of Yunnan University (Natural Science Edition), 2014, 36(S1): 148－153.
国怀亮, 柳江. 路域生态系统中外来入侵植物分布格局及其影响因素研究综述. 云南大学学报(自然科学版), 2014, 36(S1): 148－153.

[20] Lockwood J L, Cassey P, Blackburn T, *et al*. The role of propagule pressure in explaining species invasions. Trends Ecollogy & Evolution, 2005, 20: 223－228.

[21] Diao S F, Shao W H, Jiang J M, *et al*. Phenotypic diversity in natural populations of *Sapindus mukorossi* based on fruit and seed traits. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(6): 1451－1460.
刁松锋, 邵文豪, 姜景民, 等. 基于种实性状的无患子天然群体表型多样性研究. 生态学报, 2014, 34(6): 1451－1460.

[22] Sax D F, Brown J H. The paradox of invasion. Global Ecology and Biogeography, 2000, 9(5): 363－371.