

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.20230140

# 外来植物刺果瓜的入侵策略与防治研究进展

张梅<sup>1</sup>, 丛培东<sup>1</sup>, 刘宇嘉<sup>2</sup>, 王鹏<sup>2,3</sup>, 刘利<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>辽东学院理学院, 辽宁 丹东 118003; <sup>2</sup>辽东学院农学院, 辽宁 丹东 118003;

<sup>3</sup>辽东学院鸭绿江流域研究院, 辽宁 丹东 118003

**摘要:** 刺果瓜是原产于美国东北部的一年生草质藤本攀援植物, 最初因其观赏价值高而被广泛种植, 现已扩散至欧洲、亚洲的部分国家和地区, 给当地植物的生长造成严重威胁。由于入侵性极强, 刺果瓜已经演变成有害的入侵杂草, 严重危害我国农业生产、城市绿化及生态环境。目前, 对刺果瓜的入侵策略尚无系统的认识, 本文通过综述刺果瓜的分布危害、营养和繁殖生长策略、竞争策略以及防治应用等研究现状, 归纳其入侵策略和防治进展, 以期对刺果瓜的防治工作提供参考。结果发现: 刺果瓜成功入侵的关键在于多样化的适应策略和较强的传播扩散能力; 其对农业生产及生态环境造成危害的主要原因在于攀援绞杀性和占据不同生态位; 刺果瓜防治主要包括人工拔除、化学和生物防治等方法; 刺果瓜在土壤修复、医药价值、农业利用等方面已有所应用。未来应加强刺果瓜在自然生境中的适应机制、应用开发和防治技术等研究。

**关键词:** 刺果瓜; 外来植物; 入侵策略; 防治; 利用



开放科学标识码  
(OSID 码)

## Research progress on the invasion strategies and control measures of *Sicyos angulatus*

ZHANG Mei<sup>1</sup>, CONG Peidong<sup>1</sup>, LIU Yujia<sup>2</sup>, WANG Peng<sup>2,3</sup>, LIU Li<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>College of Science, Liaodong University, Dandong, Liaoning 118003, China;

<sup>2</sup>College of Agriculture, Liaodong University, Dandong, Liaoning 118003, China;

<sup>3</sup>Institute of Yalu River Basin Studies of Liaodong University, Dandong, Liaoning 118003, China

**Abstract:** *Sicyos angulatus* is an annual grassy vine climber native to the northeast United States. It is widely planted because of its ornamental value. It has now spread to most places in Europe and Asia posing a serious threat to the growth of native plants and is considered one of the most problematic invasive plants worldwide. Its mass introduction into China has caused serious harm to agriculture, urban gardens and the environment. The invasion strategy of *S. angulatus* is poorly understood. This paper reviews the distribution and hazard, nutrition and reproductive growth strategies, competitive strategy, prevention, and application of *S. angulatus*, and summarized the research progress to provide a scientific basis for controlling *S. angulatus*. The key factor of *S. angulatus* invasion success is its diversified adaptation strategies and powerful ability to spread. The main reason for its damage to agriculture and the environment is climbing strangulation and occupying different ecological niches. The control methods of *S. angulatus* include manual removal and chemical and biological control. *S. angulatus* has been applied in agriculture, soil remediation, and medicine. Further studies on the adaptive mechanisms in the natural environment, application development, and control methods are needed.

**Key words:** *Sicyos angulatus*; exotic species; invasion strategy; prevention; utilization

在全球经济贸易日益频繁的交互过程中, 伴随着气候和土地覆盖的快速变化, 入侵物种的引入和逃逸已对全球社会和生态系统造成了严重的影响

和破坏, 并引起全世界的广泛关注(Chaffin *et al.*, 2016)。在世界上的每个角落都有外来物种, 即便是南极洲也不例外。这些非本地入侵物种可以通

收稿日期(Received): 2023-11-20 接受日期(Accepted): 2024-01-19

基金项目: 辽宁省教育厅高等学校基本科研项目(JYTMS20230700); 辽东学院鸭绿江流域研究院开放课题(YLJ20220105, YLJ20230105)

作者简介: 张梅, 女, 副教授。研究方向: 生态学。E-mail: ddzm0201@163.com

\* 通信作者(Author for correspondence), 刘利, E-mail: ddll70@163.com

过影响生态过程和群落动态,显著破坏生态系统结构和功能,直接减少本地物种数量,对入侵地的农业、林业、畜牧业和渔业等造成巨大危害(Gandhi & Herms, 2010)。

刺果瓜 *Sicyos angulatus* Linn. 又名刺瓜藤、刺果藤,葫芦科刺果瓜属一年生草质藤本攀援植物,原产于美国东北部,因其生长快速和绿化效果而被广泛种植。由于其归化和排斥其他物种的能力较强,美国特拉华州、印第安纳州和肯塔基州均认为刺果瓜是一种有害的杂草,并采取措施限制其传播(Smeda & Weller, 2001)。19 世纪,刺果瓜作为一种观赏植物被引入欧洲(Zhao *et al.*, 2019),之后很快逃逸到多个欧洲国家,如前南斯拉夫、奥地利、捷克共和国、意大利、罗马尼亚、俄罗斯(欧洲部分和西伯利亚)、瑞典、挪威、法国、英国、西班牙、德国和土耳其等。1952 年,刺果瓜在日本被发现,严重入侵玉米 *Zea mays* L. 农田和未栽培的路边荒地,扩散到当地的植被林分并造成了严重的破坏(Esbenshade *et al.*, 2001)。自 2006 年起,日本环境政府已根据《入侵外来物种法案》将该植物认定为外来入侵物种(OEPP/EPPO, 2010)。近年来,在韩国和印度的部分地区,也有关于刺果瓜分布的报道,其已严重影响当地城市绿化以及流域河岸带景观(Chang *et al.*, 2015; Thakur, 2016)。

2017 年 8 月 28 日,刺果瓜被列入《中国自然生态系统外来入侵物种名单(第四批)》。2022 年,刺果瓜被列入我国农业农村部会同五部委联合制定的《重点管理外来入侵物种名录》,并于 2023 年 1 月 1 日起施行,刺果瓜还被列入我国检疫性恶性杂草。目前,国内关于刺果瓜的研究仅见其入侵我国的一些预测模型探索(何莉莉等, 2022)、幼苗生长机理(司贺龙等, 2019)及其化感作用(李轩等, 2016),其他方面的研究报道较为有限,相关的预警和防控较为困难。因此,本文通过总结归纳国内外对刺果瓜的相关研究,从繁殖扩散策略、营养生长策略和竞争策略等方面,分析刺果瓜的入侵性,揭示影响刺果瓜入侵性的主要内在因素,探究该物种成功入侵的原因,并阐明其主要的防治技术和应用价值,以期对相关决策者了解刺果瓜特性和制定防控策略提供参考。

## 1 刺果瓜在我国的分布及危害

刺果瓜于 1999 年首次在中国台湾被发现,

2002 年在河北张家口、2003 年在辽宁大连和山东青岛被发现,因其具有攀援绞杀性、繁殖快和适应性强等特性,表现出迅速扩散的趋势(张淑梅等, 2007)。2010 年,刺果瓜在北京被发现,后陆续发现其入侵四川、云南等地区(李霄峰等, 2018; 王青等, 2005; 杨冬臣等, 2019),后来在福建、广东也有发现(蒋奥林等, 2016)。刺果瓜适生区大多在环渤海区、黄淮海地区、东南部沿海地区、台湾地区、云贵高原区及四川地区,这些地区亟需加强入侵监管和防控(杨冬臣等, 2019)。此外,刺果瓜还有从东部沿海向内陆逐步扩散传播的趋势(徐艳玲等, 2022),利用 MaxEnt 模型及全球分布点数据预测结果显示,刺果瓜主要发生中国的东部、中部和西部,适生区总面积占中国陆地总面积的 23.29%,特别是覆盖玉米主产区的黄淮海平原,需要加强刺果瓜预防措施,避免人为无意引进。近年来,已经发现刺果瓜在沈阳及周边地区危害玉米田。严飞等(2023)研究表明,刺果瓜在东部适生区略有缩减,但在东北等地区略有增加。玉米种植区是重点监测区域,特别是大连、鞍山、丹东、营口、铁岭和抚顺等地,在农田、荒地等生境中若发现刺果瓜要及时清除(何莉莉等, 2022)。此外,徐艳玲等(2022)研究发现,刺果瓜适生区的质心还有向北移动的趋势,未来的全球气候变化将会导致刺果瓜适生区继续扩大,并呈现出向西北方向以及高纬度地区扩散的趋势。

刺果瓜在中国是极具威胁的外来入侵物种之一,适应性强,生境广泛,路边荒地、农田菜地、沟渠河道等生境中均有分布。刺果瓜往往大面积覆盖农作物,阻遏光合并争夺养料和水分,造成农作物严重减产,在公园、居民区、人行道绿化带生长的刺果瓜,常会破坏城市景观并影响乔灌木植物光合。刺果瓜入侵农田可危害玉米、大豆 *Glycine max* (Linn.) Merr. 等,相关研究表明,当玉米田入侵的刺果瓜达 150~200 株·m<sup>2</sup> 时,可使玉米减产 80%,而当其入侵达到 300~500 株·m<sup>2</sup> 时可致玉米绝产(董杰等, 2014; Tzonev, 2005)。在我国刺果瓜适生区,根据刺果瓜导致玉米田减产的情况,以最小危害面积 0.42×10<sup>3</sup> km<sup>2</sup>、减产率 50% 计算,刺果瓜入侵玉米田后可导致严重减产并增加管理成本,直接经济损失高达 4.3 亿元(何莉莉, 2022)。

2019 年 6 月,课题组在野外踏查时发现,刺

果瓜在丹东市部分公路旁、河岸绿化带有较广泛的分布,已入侵沈大高速公路的护坡以及部分国道路旁等区域,且入侵较为严重,这2处的刺果瓜入侵面积分别约为1570、2050 m<sup>2</sup>。2023年,调查发现,刺果瓜已经扩散到丹东市振安区部分乡镇农田路旁,以及鸭绿江、大沙河的河岸带等地,如不及时采取有效的防控措施进行人为干预,很可能会持续扩散到更广泛区域,入侵趋势也会愈加严重(刘利等,2023)。

## 2 刺果瓜的入侵策略

### 2.1 繁殖扩散策略

刺果瓜具有较强的传播扩散和生存能力,主要归因于有性繁殖。葫芦科多是雌雄同株的双子叶植物,而具有雌雄同株花的植物,一般被认为是植物两性资源分配对环境条件的响应(王娟等,2018)。刺果瓜为雌雄同株单性花,雌雄花自交不亲和,雄花直径6~10 mm,雌花直径较小,为4~6 mm,但数量上要比雄花多得多,这会增加雌蕊接受传粉和受精的机会。雌雄花的花冠都为白色或黄绿色,有绿色条纹,可吸引传粉者,而花冠覆盖浓密的腺毛可以阻止昆虫在花被上行走,减少花冠被啃食(图1)。雌蕊的单一花柱上有3个柱头,通常增大和雄蕊类似,吸引已访问过雄花的传粉者(Rust *et al.*, 2003)。在花期,刺果瓜茎的上半部分长有大量雄花序和雌花序。刺果瓜已发现的传粉者主要有蜜蜂、黄蜂、蝴蝶和各种苍蝇等(Duchen & Renner, 2010)。Zhao *et al.* (2019)研究发现,花期有蚂蚁在刺果瓜雄花上爬行,并在其头部和口器上收集到花粉,推测蚂蚁可能是刺果瓜的传粉者。虽然蚂蚁的传粉机制尚不清楚,但发现新的传粉者也说明刺果瓜可能随着生境的变化而适应进化,并加强蚂蚁与植物之间的互惠关系,提高传粉效率。刺果瓜较强的传粉能力及其传粉机制的多样性,会促进较高的结实率,从而使其传播和扩散速度更快(王亮等,2020)。

入侵植物的果实和种子的大小、形态、数量、寿命和传播方式对植物的传播扩散有直接影响(刘建等,2010)。刺果瓜的果序一般由3~20个长卵圆形果实簇生组成,每株植物上有数百个果序,单个果实外面覆盖甲壳状果皮,内含一个灰黑色光滑的种子。通过分析果实的进化趋势,推断多种子果实是祖先条件,而单种子果实如刺果瓜则是二次进化

(Kocyan *et al.*, 2007)。如果刺果瓜种子受到良好的保护,翌年春天,每颗种子都能成功发芽,将会繁殖出数百株的新植株。刺果瓜主要通过种子繁殖,其发芽率随着种子在耕地中的埋藏深度(0~15 cm)的加深呈下降趋势。其中,种子埋深2 cm时发芽率78%~88%,种子埋深6~8 cm时发芽率30%~38%,而种子埋深10~15 cm时发芽率可由12%降到1%(Önen *et al.*, 2018)。在丹东市振安区野外调查中发现,5月上旬调查点位均有刺果瓜幼苗萌发,植株幼苗大多单个生长,也有成簇生长。因受到休眠机制的调节,刺果瓜种子萌发出苗时间不一致,在整个植物生长季内均可周期性萌发,在丹东地区,刺果瓜种子萌发出苗可一直持续到9月末。此外,刺果瓜当年植株的种子在9月上旬就已成熟且具备繁殖能力。

果实和种子的附生结构对其适应环境的传播和扩散具有重要意义。刺果瓜果序以及单个肉质果实上密被细长的黄褐色刺,刺上有密集的倒刺,可保护果实不受食草动物侵害,倒刺可能与其传播方式有关,可以附着在其他物体、鸟类和食草动物身体上进行长距离传播(Sebastian *et al.*, 2012)。刺果瓜果实成熟过程中,纤细的长刺会逐渐脱落,而果实表面的疣状点会变得像喙状,这种喙状结构可能也是另一种附着在动物的羽毛或皮毛的性状。调查中还发现,在10月份霜降节气左右,刺果瓜叶片彻底萎蔫,果序已经开裂散开,极易传播。刺果瓜属植物种类有不同的果实类型,并且已经发生了快速进化(Sebastian *et al.*, 2012),有些果实是倒卵形的,有肉质纤维性的,尖端迟钝(Lira & Nee, 1999)。此外,刺果瓜可以通过鸟类迁徙扩散到距离原来栖息地数千公里外的地方(Zhao *et al.*, 2019)。

### 2.2 营养生长策略

植物的营养器官结构会形成多种有利于其适应环境的功能性状。刺果瓜从茎基部2~5 cm以上叶腋处开始着生卷须,卷须的顶端与树木等接触,使植株生长中获得固定和攀援支撑;若卷须的顶端不能与树木等接触,主枝将进行二次分枝或者三级分枝,这种多级分支方式使其攀援得更高,覆盖得更广,更有利于刺果瓜和其他植物种间竞争,并获得更多光合作用空间(Zhao *et al.*, 2019)。刺果瓜的叶片表面角质层较薄,气孔数较少,叶肉中仅含

一层栅栏状组织和少量机械组织,叶片结构特征显示其更喜欢相对湿润阴凉的环境,可以在农田、路边、荒地、林缘及河岸的许多开放空间以及受干扰的栖息地生存(张淑梅等,2007)。刺果瓜茎中的厚壁组织将维管组织与皮层分开,使维管束得到较好的保护,从而提高运输效率。

葫芦科植物被认为是一种基于综合长距离信号网络的韧皮部功能分析模型(Lough & Lucas,

2006),除了光合产物和一些小分子外,在韧皮部易位流中还存在多种大分子物质,如蛋白质(Xoconostle-cázares, 1999),以上这些维管组织特点和富含的营养成分,能够有力支持非木质藤本植物的生长功能,使得刺果瓜易于攀缘和覆盖乔灌木植物。调查中发现,刺果瓜较容易形成单一优势群落,种群附近几乎没有其他种类杂草,表明其能够快速生长,在获取阳光和营养方面超过邻近物种。



图 1 刺果瓜形态特征以及对绿化带的破坏

Fig.1 Morphological characteristics of *Sicyos angulatus* and its damage vegetation

A: 雌花序; B: 雄花序; C: 重度危害的绿化带; D: 种子; E: 未成熟的果序。

A: Female inflorescence; B: Male inflorescence; C: Heavily damaged to native vegetation; D: Seeds; E: Immature infructescence.

### 2.3 竞争策略

竞争能力和竞争策略被认为是外来植物成功入侵的一个重要机制(肖宜安,2012)。刺果瓜与本地物种竞争生存空间,通过快速生长和扩散来占据更多的空间资源,建立形成密集的刺果瓜群落,表现出较高的入侵性,这可能与其排挤邻近植物的竞争能力较强有关(Zhao *et al.*, 2019)。刺果瓜通过占据本地物种的生态位,利用自身的优势,如种子周期性萌发、生长速度快、覆盖面积大和抗逆性强等,可以覆盖在高大的乔木、低矮的灌木以及农作物庄稼上,排挤本地植物的种类和数量,并严重阻碍本地物种的光合作用。同时,果实上的白色柔毛和黄褐色细长刺,既有利于传播扩散,也会刺伤其他植物,在竞争中优先占据资源以获取更大的竞争优势。

植物化感作用是指植物之间通过释放化学物质来影响周围环境和生物的行为,是一种重要的生

态适应机制。刺果瓜会分泌化学物质,以抑制其他生物的生长,形成单优群落,减少本地物种的种类和数量,从而影响当地植物多样性和生态平衡,帮助其在竞争激烈的环境中获得生存优势。刺果瓜根茎的甲醇提取物对十字花科的芥菜 *Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss. 和白菜 *Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr.、亚麻科的亚麻 *Linum usitatissimum* L.、禾本科的谷子 *Setaria italica* L.等均具有一定的化感作用(李轩等,2016)。

### 3 防治技术

目前,预防和控制刺果瓜的方法主要包括机械和人工拔除、化学防治、生物防治等(张克亮和于顺利,2015)。常见的机械防除包括在可耕地上深耕后浅耕、有效管理新出现的幼苗,从长远来看,该防除方法有助于耗尽其土壤种子库(Önen *et al.*, 2018)。人工拔除即将刺果瓜连根拔起,早发现早防除,尤其是在幼苗期防除效果较好,但需要较多

人力,因此可将其作为辅助措施(潘萍萍,2015)。除草剂防治是常见的化学防治措施,因其针对性不强且有副作用,存在一定的局限性(孙赞等,2014)。栾云松等(2022)研究发现,在玉米田和大豆田使用7种茎叶除草剂防除刺果瓜幼苗,溴苯腈和氟吡吡氧乙酸药效最好,双草醚、莠去津和二氯吡啶酸药效中等,而苯唑草酮和精喹禾灵药效最差。化学防治的有利时机是幼苗期至开花结果前,在玉米3~5叶期,可用38%莠去津悬浮剂油或4%烟嘧磺隆与38%莠去津混合液全田茎叶喷雾处理;自然生境中可用10%的草铵膦水剂,防治0.5 m长和10~15叶期的刺果瓜,以施用除草剂和人工除草相结合的方式持续性防治(河北省农业农村厅,2019)。郭维洁(2019)研究发现,在玉米田喷施4%烟嘧磺隆油悬浮剂+50%阿特拉津油可湿性粉剂及26%硝·烟嘧·莠油悬浮剂,对刺果瓜抑制明显。司贺龙等(2019)研究发现,用外源激素三碘苯甲酸和矮壮素处理刺果瓜幼苗对其生长有较好抑制作用。此外,由于刺果瓜通过种子进行繁殖,在成苗期防治困难,故其种子发育信息可能有助于制定合适的防治策略。

在生物防治中,具有除草活性的真菌毒素是防治刺果瓜的新型除草剂,其作用模式与现有除草剂不同,杂草病原真菌植物毒素的优势是可能只对杂草有毒性而对作物无毒性,天然除草剂可直接防除农田中各种恶性杂草。如从紫茎泽兰 *Eupatorium adenophora* Spreng. 患病植株上分离出的互隔交链孢菌产生的植物毒素 AAC-毒素,能广谱防除禾本科杂草和双子叶杂草,杀草迅速,具有和百草枯类似的作用,其机理是抑制光系统 II 电子传递活性(孙赞等,2014; 朱赫和纪明山,2014)。此外,绿色防治技术研发,如新型生物除草剂白花丹醌、粘质沙雷氏菌 *Serratia marcescens* 等均是刺果瓜的主要病菌,可用于生防制剂等。

## 4 应用价值

目前,已有利用刺果瓜开发出用于预防、改善或者治疗肝疾病的组合物,在预防或者治疗动脉粥样硬化小鼠模型中也有刺果瓜的相关应用(李哲浩等,2022; Kousar & Park,2023)。已有研究发现,野生棘瓜 *Sicyos angulatus* L. 被用作嫁接黄瓜 *Cucumis sativus* L. 的砧木,对黄瓜果实品质的影响优于利用黑籽南瓜 *Cucurbita ficifolia* Bouche 作为砧木,这也

给刺果瓜的潜在应用提供了参考(张圣平等,2006)。根据刺果瓜的化感作用特点,其根和茎的甲醇提取物有一定生物活性,可以考虑将其作为入侵植物资源,进一步开发植物资源除草剂(李轩等,2016)。可见,刺果瓜的开发应用为其防除治理提供了新的见解,或许会成为一种有开发利用价值的经济植物。

入侵植物可以作为一种有价值的生物质原料,刺果瓜在700℃时热解制备的生物炭,对土壤中的磺胺二甲嘧啶有很高的吸附性(Vithanage *et al.*, 2015)。从刺果瓜中提取的衍生生物炭,抗分解能力强,吸附性能显著,可降低农产品对污染物的富集,可作为一种经济和易获得的吸附剂,用于环境修复,对农业土壤也有较好的改良作用。可见,入侵植物热解生产生物炭能够实现对入侵植物的有效资源利用(Feng *et al.*, 2021)。因此,以入侵植物为原材料加工生物炭去除环境污染物和用于改良土壤,有可能成为未来环境科学等领域的重要研究方向(冯乾伟,2020)。

## 5 展望

外来入侵植物刺果瓜已经给农业生产、城市绿化和人类生活带来一系列危害,目前还处于进一步扩散传播中,现有刺果瓜研究多侧重于分布区预测、防治实验以及化感作用,而对其入侵机制以及与土壤微生物互作研究、风险监控、对农业及环境造成的损失评估还远远不够。亟需加大力度研究刺果瓜入侵机制策略、化感物质的作用机理,为刺果瓜的有效防治找到更好的措施和途径。近年来,刺果瓜在污染场地的土壤修复改良、药用价值和植物资源除草剂等有所涉及,但其深度利用还有待进一步开发和研究。

目前,亟需明确刺果瓜主要传播扩散途径,以及采取有效的技术加以阻止。虽然已有方法对刺果瓜的防治起到一定效果,但刺果瓜的入侵形势仍然严峻,需要综合运用多种方法来防控其传播扩散(赵涛涛等,2005)。如加强植物检疫和普查防治、研究有效的定向除草剂、研制生物防治方法以及综合利用技术等。各适生地亟需建立基于有限信息的风险地图,避免在危害发生时措手不及(Osawa *et al.*, 2016);加强相关监测技术的研发,比如外来入侵物种图像识别监测系统的设计与实现;对人员难以到达的刺果瓜分布区域,结合无人机进行监测和

防治(严飞等,2023)。此外,积极开展对刺果瓜的有效防治和开发利用,也可为其他入侵植物的防治和利用提供参考。

### 参考文献

- 董杰,杨建国,岳瑾,王品舒,袁志强,马永军,郭书臣,2014.北京农田发现外来杂草刺果藤危害.中国植保导刊,34(7):58-60.
- 冯乾伟,陈森,李心清,蒋宗宏,马先杰,王兵,2020.紫茎泽兰制备生物炭及其应用研究进展.地球与环境,48(6):736-746.
- 郭维洁,2019.外来入侵生物刺果瓜的防治.农家参谋(8):60.
- 何莉莉,刘金昌,陈柏,2022.外来入侵植物刺果瓜在辽宁省的潜在分布及农业经济损失预测.沈阳农业大学学报,53(1):119-127
- 河北省农业农村厅,2019.外来入侵植物刺果瓜综合防治技术规程:DB13/T 5101—2019.石家庄:河北省市场监督管理局.
- 蒋奥林,朱双双,李晓瑜,陈雨晴,郭晓明,李仕裕,王发国,王瑞江,2017.2008—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,25(3):288-298.
- 李霄峰,刘振中,张凤山,贾淑贤,2018.新外来入侵植物刺果瓜的传播途径及防控措施.河北农业(2):32-34
- 李轩,卢海博,黄智鸿,2016.刺果瓜甲醇提取物对植物化感作用的研究.杂草学报,34(4):23-27.
- 李哲浩,金用训,卢正兰,崔东熙,黄晶焕,徐润晶,李仁馥,崔靖玄,2022.包含刺果瓜提取物作为有效成分的肝疾病的治疗或预防用组合物.CN108367039B(2022-01-21)[2023-09-01].<https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=CN108367039B&dbname=SCPDTEMP>.
- 刘建,李钧敏,余华,何维明,于飞海,桑卫国,刘国方,董鸣,2010.植物功能性状与外来植物入侵.生物多样性,18(6):569-576.
- 刘利,张梅,姚有庆,季长波,王鹏,杨东霞,2023.鸭绿江口湿地外来入侵植物区系、生活型及种类特征.生物安全学报,32(4):341-347.
- 栾云松,潘庆民,翟强,2022.7种茎叶除草剂对恶性入侵物种刺果瓜的防治效果.新农业(23):6-7.
- 潘萍萍,2015.河北地区外来有害入侵生物刺果瓜的综合防治.河北农业(9):32.
- 司贺龙,刘玉卫,张金林,谷俊涛,刘莉,李明慧,2019.生长素和赤霉素对刺果瓜幼苗生长发育的影响.中国农学通报,35(27):65-71.
- 孙赞,刘卉秋,崔博彩,2014.外来入侵杂草刺果瓜的防治对策.北京农业(30):148.
- 王娟,翟雅芯,张爱勤,2018.新疆郁金香——居群个体性别人7年的动态变化.生物多样性,26(5):519-526.
- 王亮,张锦堂,李宗波,张媛,2020.蚂蚁与植物的互惠共生关系研究进展.西南林业大学学报(自然科学版),40(1):181-188.
- 王青,李艳,陈辰,2005.中国大陆葫芦科一归化属:野胡瓜属.西北植物学报,25(6):1227-1229.
- 肖宜安,周兵,胡文海,李晓红,曾建军,章圣强,刘发添,2012.自然生境下北美车前和车前竞争策略的选择性差异.井冈山大学学报(自然科学版),33(1):96-103.
- 徐艳玲,秦誉嘉,张源,张岳,付卫东,张国良,李志红,赵紫华,2022.基于MaxEnt模型预测外来入侵植物刺果瓜在中国的潜在地理分布.植物保护学报,49(5):1440-1449.
- 严飞,林毅,张悦琳,林哲炜,朱品玲,钟茂生,翁才振,陈舒奕,2023.外来入侵杂草刺果瓜的危险性风险分析.生物灾害科学,46(2):127-131.
- 杨冬臣,王佳颖,李静,杨一洲,张金林,2019.基于Max-ent生态位模型的外来入侵植物刺果瓜在我国的适生区预测.河北农业大学学报,42(3):45-50.
- 张克亮,于顺利,2015.北京境内的新外来入侵植物:刺果瓜.北京农业(1):216.
- 张淑梅,王青,姜学品,栾淑君,李东良,王云锁,2007.大连地区外来植物刺果瓜——刺果瓜(*Sicyos angulatus* L.)对大连生态的影响及防治对策.辽宁师范大学学报(自然科学版),30(3):355-358.
- 张圣平,顾兴芳,王焯,2006.野生棘瓜砧木对黄瓜生长及抗逆性的影响.园艺学报,33(6):1231-1236.
- 赵运涛,李新华,张征文,2005.中国主要外来入侵物种的危害及防治措施.林业调查规划,30(6):113-117.
- 朱赫,纪明山,2014.具有除草活性植物病原真菌毒素的作用模式.杂草科学,32(4):1-7.
- CHAFFIN B C, GARMESTANI A S, ANGELER D G, HERMANN D L, STOW C A, NYSTRÖM M, SENDZIMIR J, HOPTON M E, KOLASA J, ALLEN C R, 2016. Biological invasions, ecological resilience and adaptive governance. *Journal of Environmental Management*, 183: 399-407.
- CHANG W L, KIM D, CHO H, LEE H, 2015. The Riparian vegetation disturbed by two invasive alien plants, *Sicyos angulatus* and *Paspalum distichum* var. *indutum* in South Korea. *Ecology and Resilient Infrastructure*, 2(3): 255-263.
- DUCHEN P, RENNER S S, 2010. The evolution of *Cayaponia* (Cucurbitaceae): repeated shifts from bat to bee pollination and long-distance dispersal to Africa 2-5 million years ago. *American Journal of Botany*, 97(7): 1129-1141.

- ESBENSHADE W R, CURRAN W S, ROTH G W, HARTWIG N L, ORZOLEK M D, 2001. Effect of tillage, row spacing, and herbicide on the emergence and control of burcucumber (*Sicyos angulatus*) in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, 15(2): 229–235.
- FENG Q W, WANG B, CHEN M, WU P, LEE X Q, XING Y, 2021. Invasive plants as potential sustainable feedstocks for biochar production and multiple applications: a review. *Resources, Conservation and Recycling*, 164: 105204.
- GANDHI K J K, HERMS D A, 2010. Direct and indirect effects of alien insect herbivores on ecological processes and interactions in forests of eastern North America. *Biological Invasions*, 12: 389–405.
- KOCYAN A, ZHANG L B, SCHAEFER H, RENNER S S, 2007. A multi-locus chloroplast phylogeny for the Cucurbitaceae and its implications for character evolution and classification. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 44 (2): 553–577.
- KOUSARM, PARK J. 2023. Comparative analysis of the chloroplast genome of *Sicyos angulatus* with other seven species of Cucurbitaceae family. *Genes*, 14: 1776
- LIRA R, NEE M, 1999. A new species of *Sechium* sect. *Frantzia* (Cucurbitaceae, Sicyeae, Sicyinae) from Mexico. *Brittonia*, 51(2): 204–209.
- LOUGH T J, LUCAS W J, 2006. Integrative plant biology: role of phloem long-distance macromolecular trafficking. *Annual Review of Plant Biology*, 57: 203–232.
- OEPP/EPPO, 2010. EPPO data sheet on invasive alien plants: fiches informatives sur les plants exotiques envahissantes *Sicyos angulatus*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 40 (3): 401–406.
- ÖNEN H, FAROOQ S, TAD S, ÖZASLAN C, GUNAL H, CHAUHAN B S, 2018. The influence of environmental factors on germination of burcucumber (*Sicyos angulatus* L.) seeds: implications for range expansion and management. *Weed Science*, 66(4): 1–8.
- OSAWA T, OKAWA S, KUROKAWA S, ANDO S, 2016. Generating an agricultural risk map based on limited ecological information: a case study using *sicyos angulatus*. *Ambio*, 45(8): 895–903.
- RUST R W, VAISSIÈRE B E, WESTRICH P, 2003. Pollinator biodiversity and floral resource use in *Ecballium elaterium* (Cucurbitaceae), a Mediterranean endemic. *Apidologie*, 34: 29–42.
- SEBASTIAN P, SCHAEFER H, LIRA R, TELFORD I R H, RENNER S S, 2012. Radiation following long-distance dispersal: the contributions of time, opportunity and diaspore morphology in *Sicyos* (Cucurbitaceae). *Journal of Biogeography*, 39(8): 1427–1438.
- SMEDA R J, WELLER S C, 2001. Biology and control of burcucumber. *Weed Science*: 49(1): 99–105.
- THAKUR A K, 2016. *Sicyos angulatus* L. (Cucurbitaceae): a new adventive species for the flora of India. *Scientific Correspondence*, 111(5): 789.
- TZONEV R, 2005. *Sicyos angulatus* (Cucurbitaceae): a new adventive species for the flora of Bulgaria. *Phytologia Balcanica*, 11(1): 67–68.
- VITHANAGE M, RAJAPAKSHA A U, ZHANG M, THIELEBRUHN S, LEE S S, OK Y S, 2015. Acid-activated biochar increased sulfamethazine retention in soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 22: 2175–2186.
- XOCONOSTLE-CÁZARES B, XIANG Y, RUIZ-MEDRANO R, WANG H L, MONZER J, YOO B C, MCFARLAND K. C., FRANCESCHI V R. LUCAS W J, 1999. Plant paralog to viral movement protein that potentiates transport of mma into the phloem. *Science*, 283: 94–98.
- ZHAO F X, YAN S H, LI M H, LIU X Y, ZHANG X W, ZHAO H, CAO Y, 2019. Adaptive strategies of structures that enhance invasion in *Sicyos angulatus*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(4): 1323–1330.

(责任编辑:郑姗姗)