

密花豚草的入侵风险及预警防控

徐 强¹, 吕文刚², 吴海荣¹, 刘海军¹, 武目涛¹, 马 骏¹, 李盼畔^{1*}

(1. 广州海关技术中心, 广州 510623; 2. 佛山海关综合技术中心, 佛山 528303)

摘要 密花豚草 *Ambrosia confertiflora* 是一种原产墨西哥和美国的多年生杂草, 后入侵到多个国家, 给当地的农业、生态、畜牧业等带来了严重危害。除此之外, 密花豚草还是多种有害真菌、昆虫的寄主, 散发难闻气味污染环境, 花粉还会引起易感人群的过敏反应。2018 年欧洲和地中海国家植物保护组织 (EPPO) 将其列入 A2 类检疫性有害生物名单。豚草属杂草已经被列入我国进境植物检疫性有害生物名录, 虽然密花豚草目前我国尚无分布记录, 但是其潜在入侵风险不可忽视。本文通过 CLIMEX 生物学动态仿真模型结合地理信息系统的方法, 分析其在全球以及我国的适生范围和适生程度, 同时对该杂草进入我国的风险等级进行评估。研究结果表明, 与我国贸易往来频繁的一些国家以及我国都存在密花豚草高度适生区, 密花豚草极有可能通过国际贸易而进入我国, 且密花豚草传入我国的风险等级为高度危险。应该提高对该杂草的风险意识, 做好风险预警, 提高对外来入侵生物的知识储备和公众对有害生物的防范意识, 防止密花豚草进入我国, 保护我国的农业、林业以及生态安全。

关键词 密花豚草; 适生性预测; 入侵风险; 预警防控

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2022390

Invasion risk, early warning and control of *Ambrosia confertiflora*

XU Qiang¹, LÜ Wengang², WU Hairong¹, LIU Haijun¹, WU Mutao¹, MA Jun¹, LI Panpan^{1*}

(1. Technology Center of Guangzhou Customs, Guangzhou 510623, China;

2. Comprehensive Technology Center of Foshan Customs, Foshan 528303, China)

Abstract *Ambrosia confertiflora* is a perennial weed native to Mexico and America. It invaded into many countries and brought serious harm to local agriculture, ecology and animal husbandry. In addition, *A. confertiflora* is also the host to a variety of harmful fungi and insects, and contaminates the environment with unpleasant smells. Its pollen can cause allergic reactions in susceptible people. In 2018, the Plant Protection Organization of Europe and Mediterranean Countries (EPPO) added *A. confertiflora* to A2 lists of pest recommended for regulation as quarantine pests. The genus of *Ambrosia* has also been included in the quarantine pests list in China. Although there is no distribution record of *A. confertiflora* in China at present, its potential invasion risk can't be ignored. In this paper, the CLIMEX biological dynamic simulation model and the geographic information system were adopted to analyze the suitable range and degree of *A. confertiflora* in the world and China, and the invasion risk of *A. confertiflora* to China was determined. The results show that *A. confertiflora* has highly suitable areas in China and some countries which have frequent trade with China. Therefore, it is most likely that *A. confertiflora* can be introduced into China through international trade. At the same time, the risk grade of *A. confertiflora* introduced into China is high. Therefore, we should improve the risk awareness and risk warning of this weed, increase knowledge of invasive alien species and public awareness of pest defense, prevent *A. confertiflora* entering our country, and protect China's agriculture, forestry and ecological security.

Key words *Ambrosia confertiflora*; suitable area prediction; invasion risk; early warning and control

密花豚草 *Ambrosia confertiflora* 为菊科 Asteraceae 豚草属 *Ambrosia* 杂草, 原产墨西哥和美

国。后来由于国际贸易、人为等原因入侵到波多黎各、以色列、巴勒斯坦以及澳大利亚^[1], 给这些国家

收稿日期: 2022-07-04

修订日期: 2022-07-22

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFD1400100); 广州海关科研计划(2020GZCK-006)

* 通信作者 E-mail: panda411190351@126.com

的农业和生态带来了极其严重的影响。密花豚草与农作物和果树等争夺营养,给农业和生态系统造成极大危害,其对辣木属 *Moringa* spp. 植物危害尤其严重。密花豚草瘦果上的毛刺可污染羊毛,降低羊毛的品质;同时它会散发难闻的气味而污染环境;密花豚草的花粉会引起易感人群的“枯草热”病和接触性皮炎^[1-3]。该杂草还是危害瓜类的病原菌、节肢动物、病毒等的寄主,如菊科白粉菌 *Erysiphe cichoracearum*^[4]、黄瓜十一星叶甲食根亚种 *Diabrotica undecimpunctata undecimpunctata*、玉米根叶甲西部亚种 *Diabrotica virgifera zea*、路易氏叶螨 *Eotetranychus lewisi*、块茎跳甲 *Epitrix tuberis*、黑潮方胸小蠹 *Eurwallacea kuroshio* 和鸢尾黄斑病毒(iris yellow spot virus)^[5]。在以色列,密花豚草入侵农田、果园、牧场、河岸等,取代本地物种形成优势群落,严重破坏当地的生物多样性^[6-7]。在澳大利亚,密花豚草抑制当地牧草的生长^[2]。2018年欧洲和地中海国家植物保护组织(European and Mediterranean Plant Protection Organization, EPPO)将密花豚草列入 A2 类检疫性有害生物^[8]。我国与 EPPO 部分成员国的贸易往来十分密切,因此积极关注 EPPO 检疫性有害生物信息,对了解外来物种发生情况、预防外来生物入侵具有重大意义。目前豚草属已被列入我国进境植物检疫性有害生物名录^[9],因此应该高度关注密花豚草。密花豚草目前在我国未有分布报道,但是同属的其他种杂草如豚草 *Ambrosia artemisiifolia* 和三裂叶豚草 *Ambrosia trifida* 已经入侵我国部分地区。近些年来,全国各口岸经常在进口粮食中截获豚草属杂草种子,如本文作者经常在美国进口大豆和高粱中截获豚草、三裂叶豚草以及裸穗豚草 *Ambrosia psilostachya*^[10-11]。密花豚草与同属杂草种子一样随进口粮食等货物进入我国的可能性极高,潜在风险绝对不可忽视。

近年来,随着我国进口贸易的持续增长,交通方式的多样化以及物流的迅猛发展,植物检疫性有害生物的发生趋势日益严重,不仅影响了农业的发展和生态安全,还给生态环境、生物多样性以及人类健康带来潜在威胁。2021年农业农村部、自然资源部、生态环境部、海关总署、国家林业和草原局联合印发《关于印发进一步加强外来物种入侵防控工作方案的通知》,其中两项主要工作就是开展外来入侵物种

普查和监测预警,以及加强外来入侵物种口岸防控^[12]。防止外来有害生物侵入的有效手段就是预防,从源头阻止其进入国门,因此做好及时监测尤为重要。每种生物都有其最佳适生环境,对特定的外来生物,提前了解其适生环境,不仅可以针对地进行监测,减少监测的盲目性,还可以减少人力物力财力负担。有害生物适生性评估,是有害生物风险评估的重要内容,其定量评估模型和软件的研发与应用受到国内外广泛关注。有害生物潜在地理分布是有害生物风险评估的主要内容,通过潜在地理分布预测,能够确定有害生物入侵、定殖和扩散的地理范围与具体地点,纵观国内外研究进展,潜在地理分布预测是有害生物定量风险评估最先开展的工作^[13]。CLIMEX 也叫微机生态气候分析系统^[13-14],是澳大利亚联邦科学与工业研究组织开发的商业化软件,其主要原理为利用地点比较模型,分析有害生物已知分布地点的气候条件来对其潜在地理分布和种群的相对丰度进行预测。该模型自问世以来,被国内外很多学者用来进行适生性分析,成为全球最具影响力的定量预测工具^[13-14]。近年来,许多学者应用 CLIMEX 预测了多种外来入侵植物在我国的潜在地理分布,如 3 种异株苋亚属 subgen *Acnida* 杂草^[15]、黄顶菊 *Flaveria bidentis*^[16]、银胶菊 *Parthenium hysterophorus*^[17] 等。本文采用 CLIMEX 模型,结合密花豚草的生物学数据、地理分布等信息,利用其已经发生区域的气候条件,并结合全球气候数据来对密花豚草在全球及我国的潜在适生范围以及适生程度进行预测。

有害生物风险分析(pest risk analysis, PRA)是处理检疫和贸易关系最有效的手段之一^[18]。PRA 通过对某一生物可能存在的危害进行风险分析,提供植物检疫管理科学决策依据, PRA 作为市场准入的双边或多边检疫谈判的科学依据,对打破检疫限制,促进农产品的解禁,扩大农产品出口也发挥着重要作用。随着国际贸易进程的加快和全球一体化进程的不断推进,植物检疫作为非关税贸易壁垒受到了前所未有的挑战。世界贸易组织要求各成员国检疫决策要有科学的评价基础, PRA 不仅能够为此提供科学依据,而且使之规范化、合法化。因此, PRA 可发挥检疫的技术壁垒作用,保护本国农产品市场,维护国家的经济利益免遭损害。杂草作为有害生物的一部分,杂草风险分析(weeds risk analysis,

WRA)也随之产生。从口岸截获植物疫情数据观察发现,杂草截获率占有有害生物截获率的 80% 以上,因此 WRA 作为 PRA 的重要组成部分,得到口岸检疫部门的重视和研究。国家颁布的检疫性杂草名录中的部分检疫性杂草在口岸被频繁截获,通过风险分析得到一个粗略的风险等级作为风险预警的参考^[19]。本文将根据国际植物保护公约(International Plant Protection Convention, IPPC)的《ISPM 第 2 号 有害生物风险分析框架》^[20]和《ISPM 第 11 号 检疫性有害生物风险分析(包括环境风险及活体转基因生物分析)》^[21]的规定,从密花豚草的分布情况、潜在危害性、受害对象的经济重要性、定殖的可能性、管理难度 5 个方面进行定量风险分析,评估其入侵我国的风险等级,为密花豚草的监测以及后续监管等提供技术支撑,为防控预案提供参考,并针对密花豚草等外来有害生物提出一定的风险预警方案,保护我国的农业、林业以及生态环境安全。

1 材料与方法

1.1 基础数据

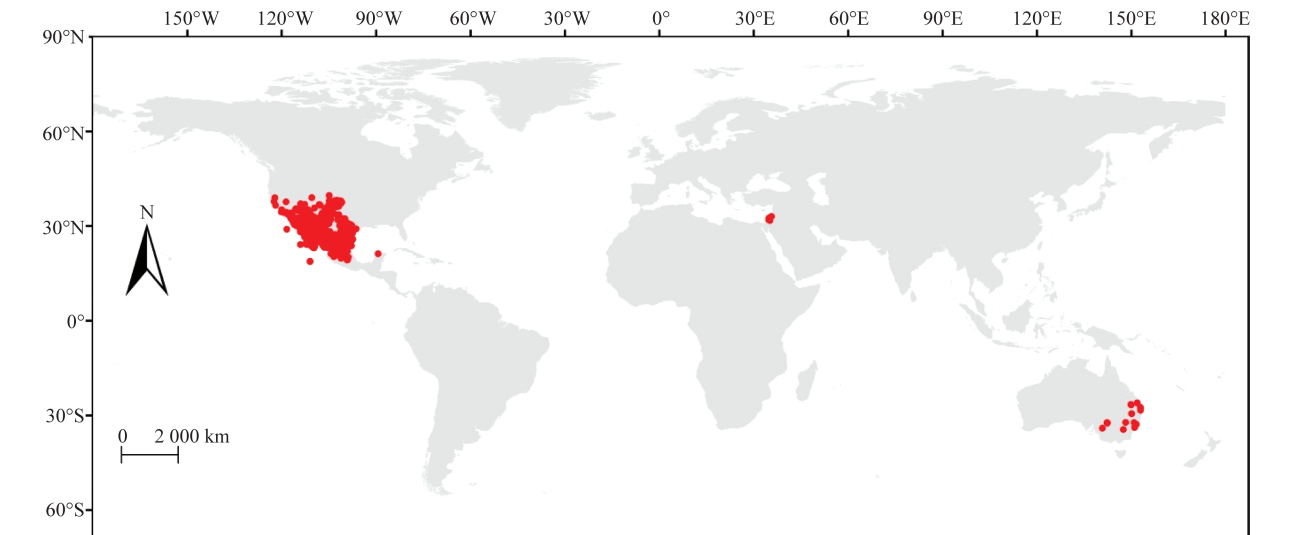
1.1.1 生物学数据

密花豚草为多年生草本植物,株高 20~150 cm,茎基部有时木质化,根系发达。雌雄同株,花序穗形

总状,一株成熟的植株可产生成千上万粒总苞。总苞细小,长 1~5 mm,锥形至梨形,2/3 以上被 10~20 个短钩状棘,总苞内含有 1 粒种子。密花豚草可通过种子繁殖和营养繁殖。种子一般秋季萌发,冬季生根发芽,春季生长,夏季初期开始萌发花芽,花期一直从夏季中期持续到早秋,秋季枯萎;营养生长以根茎上的适应芽来繁殖^[1,22]。密花豚草具有广泛的环境适应性,在干燥或潮湿、贫瘠或肥沃的土壤均可以生长,在-1~35℃,降水量 230~1 040 mm,海拔 10~2 000 m 范围内均可生长^[2,23]。生长试验表明,植株在温暖的条件下(22℃/28℃和 28℃/34℃,夜间/白天)生长得更好,在寒冷的条件下(10℃/16℃和 16℃/22℃,夜间/白天)植株生长较慢;种子最适宜在土壤表面萌发,当种子种植深度超过 4 cm 时无法萌发;在美国加州,密花豚草可以耐受的 pH 范围为 5.4~7.4^[24]。

1.1.2 密花豚草目前在世界的分布数据

通过检索国际应用生物科学中心(Center of Agriculture and Bioscience International, CABI)^[25]和全球生物多样性信息平台(Global Biodiversity Information Facility, GBIF)^[26],以及查阅文献^[1-2],筛选有效数据,最终确认密花豚草目前在世界的分布地区为墨西哥、美国、波多黎各、以色列、巴勒斯坦以及澳大利亚。具体分布见图 1。



审图号 [GS京 (2023) 0650号]

图 1 密花豚草目前在世界的分布情况

Fig. 1 Current worldwide distribution of *Ambrosia confertiflora*

1.1.3 基础地理数据

本研究使用的世界地图和中国地图来源于国家

地理信息系统网站(<http://nfgis.nsd.gov.cn/>)提供的 1:1 000 万的世界矢量地图,以及 1:400 万的

国界和省界地图。

1.1.4 软件分析平台

本研究使用的分析软件为 CLIMEX 3.0(澳大利亚联邦科学与工业研究组织开发)和 ArcGIS 10.2(美国环境系统研究所公司开发)。

1.1.5 气候数据

CLIMEX 中的气候数据来源于系统本身以及中国国家气象信息中心。

1.2 研究方法

1.2.1 适生性预测的研究方法

本研究采用 CLIMEX 地点比较模型,参照豚草属的模型参数预设密花豚草的预测模型初始参数。根据密花豚草的生长发育温度等生物学特性(10℃可萌发、28℃左右适宜其生长,并能耐受-1~35℃范围的温度),调整参数并运行模型,将运算结果与现有地理分布比对。一般将原产地作为物种适宜发生地,对模型运算结果和现有地理分布进行反复比对,最终使预测的潜在地理分布范围与实际地理分布情况达到最大程度的拟合,确认影响密花豚草潜在地理分布的 CLIMEX 参数体系,运算模型后获得全球及中国各站点的生态气候指数(EI),建立适生性评判体系。

为了更直观、全面地反映密花豚草在我国和全球的适生区域和适生程度,并得到可视化的面图,本

文应用 ArcGIS 10.2 软件的空间分析模块工具(spatial analyst tools),对 EI 值进行反距离权重插值分析,并按照适生性评判标准,确定密花豚草在我国和全球的适生范围和适生程度。

1.2.2 适生性评判标准

生态气候指数(EI)的范围为 0~100,该指数代表了物种在特定地点的适生能力。当 EI=0 时,代表该地点不适合物种生存;EI>0,代表在该地点物种可以生存;当 0<EI≤10 时,物种在该地点为低度适生;当 10<EI≤20 时,物种在该地点为中度适生;当 20<EI≤100 时,物种在该地点为高度适生^[27-30]。

1.2.3 传入风险的评估方法

根据有害生物危险性评价的指标体系^[31],对密花豚草的国内分布状况 P_1 、潜在危害性 P_2 、受害对象的经济重要性 P_3 、定殖的可能性 P_4 和管理难度 P_5 共 5 个评判指标进行量化,评估其入侵我国的风险等级。其中共涉及 15 个指标(表 1),入侵风险等级(R)的计算公式为: $R = \sqrt[5]{P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5}$,其中 $P_1 = P_1, P_2 = 0.6P_{21} + 0.2P_{22} + 0.2P_{23}, P_3 = \text{Max}(P_{31}, P_{32}, P_{33}), P_4 = \sqrt[5]{P_{41} \times P_{42} \times P_{43} \times P_{44} \times P_{45}}, P_5 = (P_{51} + P_{52} + P_{53})/3$ 。划分标准为:2.5≤R<3.0 为特别危险,2.0≤R<2.5 为高度危险,1.5≤R<2.0 为中度危险,1.0≤R<1.5 为低度危险。

表 1 有害生物入侵我国危险性评估指标及评估依据
Table 1 Risk assessment index and basis of pests invading China

指标 Index	评判指标 Evaluation indexes	评判标准 Evaluation criteria	评判等级 Evaluation rank
1 分布情况 P_1 1 Distribution P_1	1 国内分布情况 P_1	国内分布面积: $P_1=0$ 国内分布面积: $0 < P_1 \leq 20\%$ 国内分布面积: $20\% < P_1 \leq 50\%$ 国内分布面积: $P_1 > 50\%$	3 2 1 0
2 潜在危害性 P_2 2 Potential hazard P_2	2.1 潜在的经济危害 P_{21}	产量损失: $P_{21} > 20\%$, 严重降低农产品质量 产量损失: $5\% < P_{21} \leq 20\%$, 产量损失较大 产量损失: $1\% < P_{21} \leq 5\%$, 产量损失较小 产量损失: $P_{21} \leq 1\%$, 且对质量无影响	3 2 1 0
	2.2 是否为其他检疫性有害生物 的传播媒介 P_{22}	传带 3 种及以上的检疫性有害生物 传带 2 种检疫性有害生物 传带 1 种检疫性有害生物 不传带任何检疫性有害生物	3 2 1 0
	2.3 国外重视程度 P_{23}	有 20 个及以上国家将其列为检疫对象 有 10~19 个国家将其列为检疫对象 有 1~9 个国家将其列为检疫对象 没有国家将其列为检疫对象	3 2 1 0

续表 1 Table 1(Continued)

指标 Index	评判指标 Evaluation indexes	评判标准 Evaluation criteria	评判等级 Evaluation rank
3 受害对象的经济重要性 P_3 3 Economic significance of the victim P_3	3.1 受害对象的种类 P_{31}	受害对象达 10 种及以上	3
		受害对象达 5~9 种	2
		受害对象达 1~4 种	1
		无受害对象	0
	3.2 受害对象的面积 P_{32}	受害对象的总面积: $P_{32}>350$ 万 hm^2	3
		受害对象的总面积: $150 \text{ 万 } \text{hm}^2 < P_{32} \leq 350 \text{ 万 } \text{hm}^2$	2
		受害对象的总面积: $0 < P_{32} \leq 150 \text{ 万 } \text{hm}^2$	1
		受害对象的总面积: $P_{32}=0$	0
	3.3 受害对象的特殊经济价值 P_{33}	应用价值、出口创汇等价值很高	3
		应用价值、出口创汇等价值较高	2
		应用价值、出口创汇等价值一般	1
		应用价值、出口创汇等价值低	0
4 定殖的可能性 P_4 4 Possibility of colonization P_4	4.1 截获难易 P_{41}	经常被截获	3
		偶尔被截获	2
		从未被截获或历史上只截获过少数几次	1
	4.2 运输中有害生物的存活率 P_{42}	存活率: $P_{42}>40\%$	3
		存活率: $10\% < P_{42} \leq 40\%$	2
		存活率: $0 < P_{42} \leq 10\%$	1
		存活率: $P_{42}=0$	0
	4.3 国外分布广否 P_{43}	国外分布范围: $P_{43}>50\%$	3
		国外分布范围: $25\% < P_{43} \leq 50\%$	2
		国外分布范围: $0 < P_{43} \leq 25\%$	1
		国外分布范围: $P_{43}=0$	0
	4.4 国内的适生范围 P_{44}	国内适生地区范围: $P_{44}>50\%$	3
		国内适生地区范围: $25\% < P_{44} \leq 50\%$	2
		国内适生地区范围: $0 < P_{44} \leq 25\%$	1
		国内适生地区范围: $P_{44}=0$	0
	4.5 传播力 P_{45}	主要通过气流传播	3
		由活动力很强的介体传播	2
		土传或传播力很弱	1
5 管理难度 P_5 5 Difficulty of management P_5	5.1 检验鉴定的难度 P_{51}	现有检验鉴定方法可靠性很差, 花费时间很长	3
		有方法, 但不可靠, 花费时间长	2
		可鉴定但复杂, 花费时间较长	1
		方法可靠、简便、快速	0
	5.2 除害处理的难度 P_{52}	除害率: $P_{52}=0$	3
		除害率: $0 < P_{52} < 50\%$	2
		除害率: $50\% \leq P_{52} < 100\%$	1
		除害率: $P_{52}=100\%$	0
	5.3 根除难度 P_{53}	田间防治效果差, 成本高, 难度大	3
		田间防治效果好, 但成本高, 难度大	2
		田间防治效果好, 简便, 但成本高	1
		田间防治效果好, 简便, 成本低	0

2 结果与分析

2.1 密花豚草适生性参数

根据密花豚草的生物学资料和地理分布资料,初步确定适生性分析参数,并对照现有分布图,对运

行系统的参数进行调试,以最大程度地符合现有实际地理分布情况,最终确定密花豚草的地点比较模型参数(表 2)。然后对模型进行运算,获得全球及中国各站点的生态气候指数(EI),建立适生性评判体系。

表 2 密花豚草的地点比较模型参数¹⁾

Table 2 Site comparison model parameters of *Ambrosia confertiflora*

CLIMEX 参数 CLIMEX parameter	参数含义 Meaning of parameter	参数参考值 ^[32] Reference value	调试后参数值 Parameter value after debugging
DV0	发育起点温度	10℃	6℃
DV1	适宜温度下限	20℃	10℃
DV2	适宜温度上限	34℃	28℃
DV3	发育耐受最高温度	35℃	35℃
PDD	有效积温	1 400 度·日	1 400 度·日
SM0	发育耐受最低土壤湿度	0.13	0.06
SM1	适宜发育的土壤湿度下限	0.18	0.11
SM2	适宜发育的土壤湿度上限	0.85	0.85
SM3	发育耐受最高土壤湿度	1.5	1.2
TTCS	冷胁迫温度阈值	5℃	3℃
THCS	冷胁迫积累速率	0.002 5	-0.000 1
TTHS	热胁迫温度阈值	42℃	35℃
THHS	热胁迫积累速率	0.003	0.001
SMDS	干胁迫阈值	0.09	0.05
HDS	干胁迫积累速率	0.015	-0.001
SMWS	湿胁迫阈值	2	1.2
HWS	湿胁迫积累速率	0.01	0.001

1) PDD 为物种完成 1 个世代所需要的热量;TTCS 为冷胁迫开始积累时的最低温度;TTHS 为热胁迫开始积累时的最高温度;SMDS 表示当周平均湿度低于该阈值时,干胁迫开始积累;SMWS 为当周平均湿度高于该阈值时,湿胁迫开始积累。THCS、THHS、HDS、HWS 表示每周积累的温度或湿度的量。

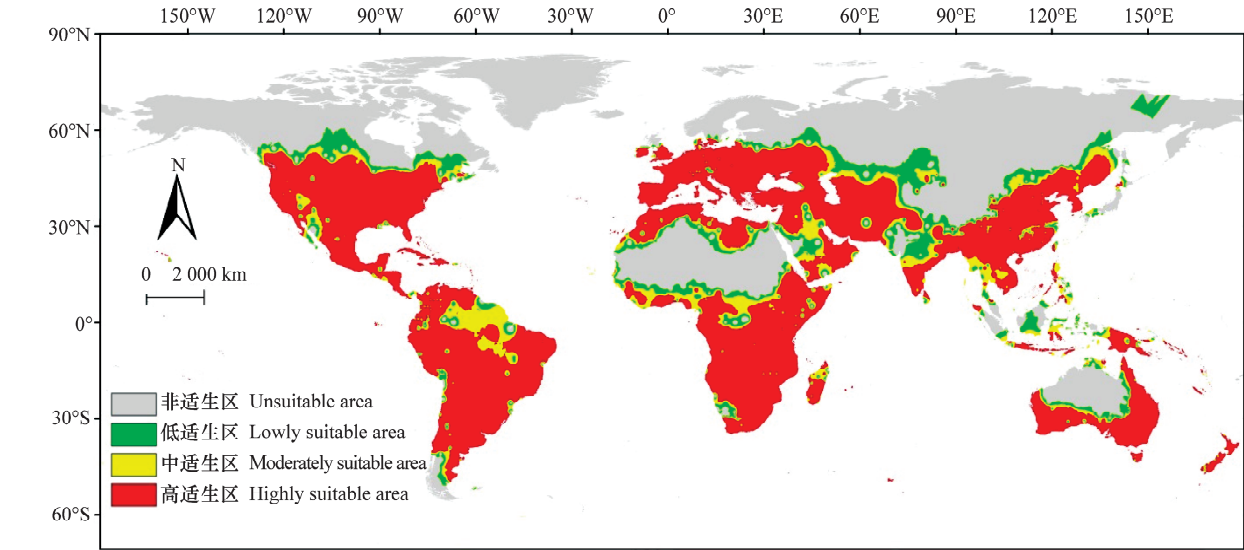
PDD is the amount of heat required to complete one generation for species. TTCS is the lowest temperature when cold stress starts to accumulate. TTHS is the highest temperature when heat stress starts to accumulate. SMDS means when the weekly average humidity is below the threshold, dry stress starts to accumulate. SMWS means when the weekly average humidity is higher than the threshold, the wet stress starts to accumulate. THCS, THHS, HDS, and HWS represent the amount of temperature or humidity accumulated each week.

2.2 密花豚草的适生性预测结果

2.2.1 密花豚草在全球的适生性预测结果

经过 CLIMEX 模型的运算以及 ArcGIS 的等级划分,得到密花豚草在全球的适生性预测结果,如图 2 所示。可以看出密花豚草在全球的适生性范围较广,其中高度和中度适生区除了原产地北美洲的墨西哥

和美国,还包括了南美洲、欧洲、非洲、亚洲和大洋洲的部分国家和地区。其中与我国贸易往来较频繁的部分国家和地区,如美国、巴西、阿根廷、欧盟、澳大利亚等,都具有高度和中度适生区域,说明这些地区都具有密花豚草入侵定殖的条件,且一旦定殖成功,密花豚草极小的总苞或种子极有可能通过藏匿于货物



审图号 [GS京 (2023) 0650号]

图 2 密花豚草在全球的潜在适生区预测

Fig. 2 Prediction of potential geographical distribution of *Ambrosia confertiflora* in the world

或者运输工具等而进入我国,从而入侵到我国。

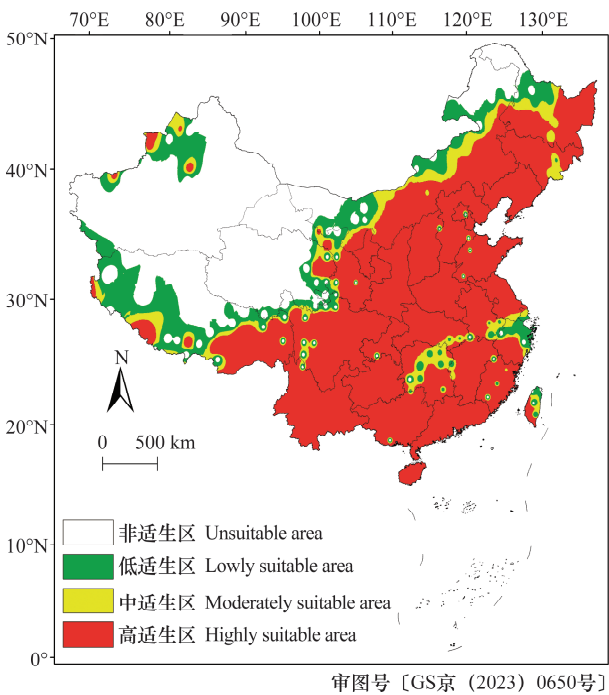
2.2.2 密花豚草在中国的适生性预测结果

根据预测结果(图 3),可看出密花豚草在我国的潜在适生区范围也较广,高度和中度适生区面积较大。其中高度适生区分布在 17°N~46°N 之间,约为 467.04 万 km²,占全国总面积的 48.65%,主要包括西藏东南部、云南、四川中东部、重庆、贵州、广西、广东、海南、湖南南部、江西、福建、台湾东部、浙江南部、江苏、安徽、湖北、河南、陕西、宁夏、甘肃东部、山西、河北、山东、北京、天津、内蒙古南部、辽宁、吉林和黑龙江东部等地区,上述区域的 EI 值均超过 20,说明环境气候非常适合密花豚草的定殖生存;中度适生区范围沿高度适生区略有延伸扩展,同时还包括新疆、西藏和黑龙江小部分区域;低度适生区范围包括新疆、西藏、青海、甘肃、内蒙古、黑龙江、湖南、湖北、安徽、江苏、浙江、上海和台湾等的部分区域。

2.3 密花豚草入侵我国的风险性

根据前期对密花豚草的生物学特性、危害性、分布状况等基础数据信息的研究以及有害生物危险性评价的指标体系,对密花豚草入侵我国的 15 个风险指标进行赋值(表 3),并计算得到密花豚草传入我

国的风险等级 $R=2.38$,为高度危险。



审图号 [GS京 (2023) 0650号]

图 3 密花豚草在中国的潜在适生区预测

Fig. 3 Prediction of potential geographical distribution of *Ambrosia confertiflora* in China

表 3 密花豚草入侵我国危险性评估指标及评估依据¹⁾

Table 3 Risk assessment index and basis for invasion of *Ambrosia confertiflora* in China

指标 Index	评判指标 Evaluation index	赋值 Evaluation	评判依据 Evaluation basis
1 分布情况 P_1 1 Distribution P_1	1 国内分布情况 P_{11}	3	国内暂无分布报道
2 潜在危害性 P_2 2 Potential hazard P_2	2.1 潜在的经济危害 P_{21}	3	在以色列,该杂草严重危害耕地、果园和葡萄园。在澳大利亚,其与农作物争夺养分并在耕地中迅速传播,并与作物混合导致无法正常收割。由于无法通过栽培和机械方法有效控制,该杂草对有机农业影响巨大。刺苞会污染羊毛,降低其价值。奶牛食用密花豚草后产出的牛奶的味道也会受到污染 ^[25]
	2.2 是否为其他检疫性有害生物的传播媒介 P_{22}	0	暂无报道其为我国某种检疫性有害生物的传播媒介
	2.3 国外重视程度 P_{23}	3	EPPO 将其列为 A2 类检疫性有害生物
3 受害对象的经济重要性 P_3 3 Economic significance of victim P_3	3.1 受害植物的种类 P_{31}	3	在以色列,其入侵取代芦笋、海滨三棱草、褐穗莎草、柳叶菜、止痢蚤草、石龙芮、马鞭草等 10 种当地植物,危害耕地、柑橘园和果园,与本土植物争夺养分并影响收割,对辣木属植物危害严重;在澳大利亚,其抑制牧草的生长
	3.2 受害植物的面积 P_{32}	3	影响多种农作物、果树等的生长。我国的农作物、果树等的面积远超过 350 万 hm^2
	3.3 受害植物的特殊经济价值 P_{33}	3	危害多种农作物和果树,受害植物经济价值高
4 定殖的可能性 P_4 4 Possibility of colonization P_4	4.1 截获难易 P_{41}	1	暂未有截获该杂草的报道
	4.2 运输中有害生物的存活率 P_{42}	3	农作物收割时掺杂到籽粒、农业机械、包装物中,未经过灭活,存活率高
	4.3 国外分布广否 P_{43}	1	目前有 6 个国家有分布报道
	4.4 国内的适生范围 P_{44}	3	适生性分析显示,其在国内适生面积在 50% 以上
	4.5 传播力 P_{45}	2	刺苞粘在衣服、毛发、羽毛、车辆以及机械设备上传播,随风、流水传播,可混杂在粮食中进行远距离传播,传播能力强

续表 3 Table 3(Continued)

指标 Index	评判指标 Evaluation index	赋值 Evaluation	评判依据 Evaluation basis
5 管理难度 P_5	5.1 检验鉴定的难度 P_{51}	2	有相似种, 鉴定难度中等
5 Difficulty of management P_5	5.2 除害处理的难度 P_{52}	1	可以通过筛等方法将其筛除, 然后进行焚烧处理
	5.3 根除难度 P_{53}	3	极难根除, 根系具有很强的再生性, 农田耕作或使用机械操作时会刺激根茎上芽的发育 ^[2] ; 含草甘膦或 2, 4-D 的除草剂仅能造成暂时伤害 ^[7] ; 使用含氯氨吡啶酸 (aminopyralid) 的具有环境友好性的除草剂 Milestone [®] 可控制该杂草, 由于种子可在土壤中休眠长达数年, 因此定殖地点需要反复喷施除草剂以保证种子休眠后的萌发得到控制 ^[33]

1) 由于没有造成产量损失的具体数据, P_{21} 为作者根据其对相关国家农业和畜牧业等的危害进行综合评判后得到的一个预估值。由于没有运输中密花豚草的存活率数据, P_{42} 为作者参考在口岸进境粮食中截获其他杂草种子进行萌发率试验后得到的一个预估值。
Since there are no specific data on yield losses, P_{21} is an estimate value obtained by the authors based on a comprehensive evaluation of the damage to agriculture and livestock in other countries. Since there are no data on the survival rate of *Ambrosia conferti flora* in transport, P_{42} is an estimate value obtained by the authors based on the germination rate tests of other weed seeds intercepted from the import grains at port.

3 结论与讨论

近年来,我国在外来物种入侵防控工作中虽然取得了一些积极成就,但是依然存在外来生物入侵风险大、防治难度大、长效机制不健全等问题^[12]。我国是世界上遭受外来物种入侵危害最严重的国家之一,截至 2020 年,我国已经发现 660 多种外来入侵生物^[34],一些外来入侵物种已经成为新的优势种群,危及生物多样性和生态安全,造成巨大的经济损失。因此在对密花豚草的防控中,同样应该积极贯彻“预防为主,综合防治”的植保工作方针,采取“防重于治”的防范原则,建立起以预防为主入侵治理模式,避免发生“先污染后治理”的现象。

3.1 提高风险意识

我国是世界第二大进口国,根据海关统计,2021 年我国从欧盟进口货物货值达 20 028.4 亿元、美国 11 602.8 亿元、澳大利亚 10 656.1 亿元、巴西 7 137.7 亿元、新西兰 1 044.2 亿元、南非 2 147.5 亿元,主要商品包括:粮食饲料、木材、水果、植物种子、花卉、羊毛等动物毛等,且交通运输工具和方式呈现出多样化^[35]。我国是粮食进口大国,粮食是携带检疫性杂草的重要载体,且普遍携带检疫性杂草^[36]。密花豚草容易入侵农田,加之刺苞和种子较小,因此极有可能藏匿于进口的粮食或者交通运输工具而进入国内。目前密花豚草的分布国家如美国、墨西哥、澳大利亚与我国贸易来往极其频繁,且与我国贸易往来较频繁的巴西、阿根廷和欧盟等,都具有密花豚草的高度和中度适生区域,说明从这些国家地区进

口货物均有将密花豚草引入我国的风险。对我国的适生性分析表明,密花豚草在辽宁、天津、山东、江苏、福建、广东、海南、广西和云南口岸传入定殖风险较大,因此这些地区需要特别重视对密花豚草的检疫。密花豚草可通过无性繁殖和有性繁殖进行快速繁殖,且难以一次性根除,因此一旦进入我国定殖,控制和根除将会变得非常困难。因此海关在各口岸需加大对上述相关国家进口货物尤其是进口粮食的检疫力度,加强对该杂草的检验检疫,提高对该杂草的风险意识,在源头上将其拒之国门之外。

3.2 加强风险预警

要加强风险预警,将密花豚草列入重点监控名单,在每年的外来有害生物监测中加强对该杂草的监测,对进口货物的码头堆场、粮食筒仓、车辆等运输沿线、加工厂的下脚料堆场以及周围有可能导致杂草传播定殖的未硬化的地面等进行重点监管,并每年进行持续监测和跟踪防治。同时在国外引种的种植园、下游扩散点、引入种种植地周围进行常态化监测,进行杂草定期铲除,尤其是新发生的杂草,早发现早根除。各职能部门要通力合作、联合防控,加强检疫监管和监测调查,建设分级管理的大数据智能分析预警平台,强化数据共享,并加强外来物种引入管理,依法严格外来物种引入审批,强化引入后使用管理,加大对未经批准擅自引进、释放或者丢弃外来物种行为的打击力度。

3.3 夯实知识储备

外来生物纷繁复杂,防控外来生物入侵任务极

其繁重,要把预防的工作做扎实,就必须提前增加外来有害生物的知识储备。相关部门要定期跟踪密花豚草在国外的扩散定殖情况,并组织专家小组,进行技术交流和讨论,建立翔实的生物基因数据库,提高对密花豚草的检疫鉴定水平。加强科技攻关,加快研发相关关键技术、产品和设备,探索综合防控管理新模式,做好风险预警。除此之外,也要加强与高校和研究所的技术交流与合作,提高口岸对密花豚草的鉴定能力。同时要加强技术培训,提升基层工作人员的专业能力。

3.4 扩大宣传范围

要扩大对密花豚草等外来有害生物的宣传范围,利用互联网、移动终端、电视等媒介进行科普宣传活动,让大众了解这些外来入侵生物的危害,增强守法和防范生物入侵的意识,不要从国外邮寄或携带动植物进境,避免在日常生活中有意或者无意地引进外来物种,更不要随意放生从国外进境的生物物种,形成全社会共同参与的良好氛围。

参考文献

- [1] 李盼畔,魏霜,陈萍,等. 需重视的检疫性杂草——密花豚草[J]. 植物检疫, 2020, 34(5): 64–67.
- [2] EPPO. *Ambrosia confertiflora* DC. [J]. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 2019, 49(1): 50–54.
- [3] EPPO. *Ambrosia confertiflora* DC. [EB/OL]. [2022–02–15]. <https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=AMCO3>.
- [4] EVERITT J H, LONARD R I, LITTLE C R. Weeds in South Texas and Northern Mexico [M]. Texas Tech University Press, 2007: 20.
- [5] EPPO. *Ambrosia confertiflora* (FRSCO) [EB/OL]. [2022–03–17]. <https://gd.eppo.int/taxon/FRSCO/pests>.
- [6] TANNER R, BRANQUART E, BRUNDU G, et al. The prioritization of a short list of alien plants for risk analysis within the framework of the regulation (EU) No. 1143/2014 [J]. NeoBiota, 2017, 35: 87–118.
- [7] YAACOBY T. Control of the invading species *Ambrosia confertiflora* and *Parthenium hysterophorus* with aminopyralid herbicide [C]//15th conference on ecology and management of alien plant invasions. Prague, Czech; Institute of Botany, Průhonice, Czech Academy of Sciences, 2019.
- [8] EPPO. EPPO A1 and A2 lists of pests recommended for regulation as quarantine pests [EB/OL]. [2022–03–17]. https://www.eppo.int/media/uploaded_images/RESOURCES/eppo

- [_standards/pml/pml-002-30-en_A1A2_2021.pdf](#).
- [9] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业部公告 第 862 号(《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》)[EB/OL]. (2007–06–20) [2022–02–15]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2007/dliuq/201806/t20180613_6151927.htm.
- [10] 李盼畔,左然玲,蒋湘,等. 进境美国高粱携带杂草种子萌发率测定[J]. 植物检疫, 2017, 31(5): 21–25.
- [11] 陈萍,李盼畔,刘明航,等. 广州南沙口岸进口大豆截获有害生物疫情分析[J]. 植物检疫, 2020, 34(1): 67–70.
- [12] 农业农村部,自然资源部,生态环境部,海关总署,国家林草局. 关于印发进一步加强外来物种入侵防控工作方案的通知[EB/OL]. (2021–10–13) [2022–02–15]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2021/202102/202110/t20211013_6379284.htm.
- [13] 李志红,秦誉嘉. 有害生物风险分析定量评估模型及其比较[J]. 植物保护, 2018, 44(5): 134–145.
- [14] SUTHERST R W, MAYWALD G F. A computerized system for matching climates in ecology [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 1985, 13(3/4): 281–299.
- [15] 徐晗,宋云,范晓虹,等. 3 种异株克亚属杂草入侵风险及其在我国适生性分析[J]. 植物检疫, 2013, 27(4): 20–23.
- [16] 白艺珍,曹向锋,陈晨,等. 黄顶菊在中国的潜在适生区[J]. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2377–2383.
- [17] 李培培,沈文君,万方浩,等. 全球气候变化对银胶菊在中国的适生区预测的影响[J]. 内蒙古林业调查设计, 2014, 37(1): 112–115.
- [18] 徐汝梅,叶万辉. 生物入侵——理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 110.
- [19] 郭琼霞. 重要检疫性杂草鉴定、化感与风险研究[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 356.
- [20] 国际植物检疫措施标准委员会. 国际植物检疫措施标准 第 2 号 有害生物风险分析框架[S]. 2007.
- [21] 国际植物检疫措施标准委员会. 国际植物检疫措施标准 第 11 号 检疫性有害生物风险分析(包括环境风险和活体转基因生物分析)[S]. 2004.
- [22] EPPO. Mini data sheet on *Ambrosia confertiflora* (Asteraceae) [EB/OL]. [2022–02–15]. <https://gd.eppo.int/taxon/FRSCO/documents>.
- [23] Flora of North America Editorial Committee. Flora of North America North of Mexico, New York and Oxford, vol. 21, 2006 [EB/OL]. [2022–02–15]. http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=250066047.
- [24] EPPO. *Ambrosia confertiflora* (FRSCO) [EB/OL]. [2022–03–17]. <https://gd.eppo.int/taxon/FRSCO/datasheet>.
- [25] CABL. *Ambrosia confertiflora* [EB/OL]. [2022–03–17]. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/120550#todistribution>.
- [26] GBIF. *Ambrosia confertiflora* [EB/OL]. [2022–03–17]. <https://www.gbif.org/species/3110654>.

喷雾机在桃园喷雾中的雾滴沉积分布的影响[J]. 植物保护, 2010, 36(1): 106–109.

- [18] 陶波, 张宇航, 田丽娟, 等. 飞防助剂对植保无人机喷施除草剂雾滴分布的影响[J]. 植物保护, 2021, 47(1): 108–116.
- [19] 陈晓, 刘德江, 王果, 等. 喷雾参数及助剂类型对植保无人机在棉花中期喷雾雾滴沉积分布的影响[J]. 农药学报, 2020, 22(2): 347–352.
- [20] 白微微, 陈晓, 丁瑞丰, 等. 植保无人机喷雾参数及助剂类型对杀虫剂防治棉蚜的增效作用[J]. 农药学报, 2020, 22(2): 333–339.
- [21] 廖娟, 臧英, 周志艳, 等. 作物航空喷施作业质量评价及参数优选方法[J]. 农业工程学报, 2015, 31(S2): 38–46.
- [22] DERKSEN R C, ZHU Heping, ERDAL O H, et al. Determining the influence of spray quality, nozzle type, spray volume,

and air-assisted application strategies on deposition of pesticides in soybean canopy [J]. Transactions of the ASABE, 2008, 51(5): 1529–1537.

- [23] HANNA H M, ROBERTSON A E, CARLTON W M, et al. Nozzle and carrier application effects on control of soybean leaf spot diseases [J]. Applied Engineering in Agriculture, 2009, 25(1): 5–13.
- [24] KNOCH M. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides [J]. Crop Protection, 1994, 13(3): 163–178.
- [25] 米娜, 张起恺, 王海鸿, 等. 烟蓟马趋光规律及不同波长色板田间诱捕效果[J]. 中国农业科学, 2019, 52(10): 1721–1732.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 91 页)

- [27] ROBERT W S, GUNTER M. A climate model of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae): Implications for invasion of new regions, particularly Oceania [J]. Environmental Entomology, 2005, 34(2): 317–335.
- [28] MICHAEL S W, DARREN J K, SAMANTHA A, et al. The hosts and potential geographic range of *Dothistroma* needle blight [J]. Forest Ecology and Management, 2009, 257(6): 1505–1519.
- [29] SUTHERST R W, MAYWALD G F, BOTTOMLEY W, et al. CLIMEX version 3: User's guide [EB/OL]. [2022–02–15]. <https://www.hearne.com.au>.
- [30] 吕文刚, 沈阳, 魏霜, 等. 马铃薯木虱在中国的潜在地理分布及其入侵风险评估[J]. 植物检疫, 2020, 34(3): 69–74.
- [31] 蒋青, 梁忆冰, 王乃扬, 等. 有害生物危险性评价的定量分析

方法研究[J]. 植物检疫, 1995, 9(4): 208–211.

- [32] 钟良平. 几种外来入侵杂草在我国的潜在分布预测[D]. 重庆: 西南大学, 2008.
- [33] Perennial ragweed [EB/OL]. [2022–03–17]. https://www.herbiguide.com.au/Descriptions/hg_Perennial_Ragweed.htm.
- [34] 中华人民共和国生态环境部. 2019 中国生态环境状况公报[EB/OL]. (2020–05–18) [2022–05–24]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkqb/202006/P020200602509464172096.pdf>.
- [35] 中华人民共和国海关总署. 2021 年 12 月进出口商品主要国别(地区)总值表(人民币值) [EB/OL]. [2022–05–24]. <https://www.customs.gov.cn/customs/302249/zfxgk/2799825/302274/302275/4122133/index.html>.
- [36] 李盼畔, 吴海荣, 刘明航, 等. 南沙自贸区进口货物截获杂草疫情分析[J]. 中国口岸科学技术, 2021, 3(5): 75–82.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 120 页)

- [32] KENYON L, TSAI W S, SHIH S L, et al. Emergence and diversity of begomoviruses infecting solanaceous crops in East and Southeast Asia [J]. Virus Research, 2014, 186: 104–113.
- [33] SEEPBAN C, CHAROENVILAISIRI S, WARIN N. Development and application of triple antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assays for begomovirus detection using monoclonal antibodies against tomato yellow leaf curl Thailand virus [J/OL]. Virology Journal, 2017, 14(1): 99. DOI: 10.1186/s12985-017-0763-2.
- [34] YULE S, CHIEMSOMBAT P, SRINIVASAN R. Detection of tomato yellow leaf curl Thailand virus transmitted by *Bemisia tabaci* Asia I in tomato and pepper [J]. Phytoparasitica, 2019, 47(5): 143–153.
- [35] BLAWID R, VAN D T, MAISS E. Transreplication of a tomato yellow leaf curl Thailand virus DNA-B and replication of a

DNA component by tomato leaf curl Vietnam virus and tomato yellow leaf curl Vietnam virus [J]. Virus Research, 2008, 136(1/2): 107–117.

- [36] SAUNDERS K, SALIM N, MALI V R, et al. Characterisation of Sri Lankan cassava mosaic virus and Indian cassava mosaic virus: evidence for acquisition of a DNA B component by a monopartite begomovirus [J]. Virology, 2002, 293(1): 63–74.
- [37] 赵丽玲, 钟静, 施章吉, 等. 复合侵染水茄的两种菜豆金色花叶病毒属病毒基因组结构特征分析[J]. 植物保护学报, 2020, 47(2): 355–364.
- [38] 郭维. 三种双生病毒及其伴随卫星 DNA 的致病性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- [39] 钟静, 赵丽玲, 尹艳艳, 等. 一种侵染鳢肠的双生病毒基因组特征[J]. 植物病理学报, 2017, 47(4): 479–486.

(责任编辑: 杨明丽)