

输华胡椒种苗传带有害生物的风险分析研究

汪 军¹, 陈平亚³, 刘 建², 周 游¹, 黄俊生¹, 梁昌聪¹, 杨腊英^{1*}

1. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海南海口 571101; 2. 中华人民共和国菏泽海关, 山东菏泽 274000; 3. 海口海关技术中心, 海南海口 570311

摘 要: 对输华胡椒种苗传带有害生物的潜在危害开展风险分析和评估, 为检疫部门制定风险管理策略提供理论依据。通过查阅国内外相关研究进展, 确定境外输华胡椒中可能传带的有害生物共有 127 种, 包括真菌 27 种、细菌 6 种、线虫 24 种、昆虫 68 种、杂草 2 种。根据在中国的分布情况 (未分布或分布未广)、是否官方管制、随胡椒种苗携带的可能性进行评估, 确定需要进一步评估的潜在检疫性有害生物 14 种, 包括真菌 5 种, 细菌 2 种, 线虫 2 种, 昆虫 5 种。从入境、定殖、扩散可能性、经济影响和多指标综合评价方面对这 14 种潜在的检疫性有害生物进行定性和定量分析, 结果表明, 极高风险有害生物 4 种、高风险有害生物 9 种、中风险有害生物 1 种。最终确定有害红皮孔菌 (*Pyrrhoderma noxium*) 等 14 种有害生物为输华胡椒种苗需关注的检疫性有害生物, 并提出风险管理方案。

关键词: 胡椒种苗; 有害生物; 风险分析

中图分类号: S435.73 文献标志码: A

Pest Risk Analysis for the Importation of Pepper Seedlings

WANG Jun¹, CHEN Pingya³, LIU Jian², ZHOU You¹, HUANG Junsheng¹, LIANG Changcong¹, YANG Laying^{1*}

1. Institute of Environment and Plant Protection, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China; 2. Heze Customs, People's Republic of China, Heze, Shandong 274000, China; 3. Haikou Customs Technical Center, Haikou, Hainan 570311, China

Abstract: In this study, the potential hazards of pests carried by pepper seedlings exported to China were analyzed and evaluated, which provided theoretical basis for the quarantine department to formulate risk management strategies. By consulting research progress at home and abroad, a total of 127 species of pests that may be transmitted to peppers imported into China were identified, including 27 species of fungi, 6 species of bacteria, 24 species of nematodes, 68 species of insects, and 2 species of weeds. Based on the distribution in China (undistributed or not widely distributed), whether they are officially controlled, and the possibility of being carried with pepper seedlings, 14 potential quarantine pests were identified that require further evaluation, including 5 species of fungi, 2 species of bacteria, 2 species of nematodes, 5 species of insects. The 14 potential quarantine pests were qualitatively and quantitatively analyzed one by one in terms of entry, colonization, diffusion possibility, economic impact and multi-index comprehensive evaluation. The results showed that there were 4 extremely high-risk pests, 9 high-risk pests, and 1 medium risk pest. Finally, it was determined that the 14 pests such as *Pyrrhoderma noxium* were quarantine pests concerned by China when pepper seedlings were imported into China, and the risk management plan was proposed.

Keywords: pepper seedlings; pest; risk analysis

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2025.01.021

收稿日期 2024-09-05; 修回日期 2024-09-20

基金项目 海南省胡椒产业技术体系项目 (No. HNARS-09-ZJ03); 海南省重大科技项目 (No. ZDKJ2021016); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (No. 1630042022010)。

作者简介 汪 军 (1981—), 男, 博士, 助理研究员, 研究方向: 有害生物风险分析和生物防治。*通信作者 (Corresponding author): 杨腊英 (YANG Laying), E-mail: layingyang1980@163.com。

胡椒 (*Piper* spp.) 是多年生木质藤本植物, 素有“香料之王”的美誉, 是世界重要的香辛作物之一, 在药用价值和工业价值方面扮演重要的角色^[1]。我国是世界胡椒主产国之一, 胡椒自 1947 年引入中国, 已成为我国热区乡村振兴的主要热带经济作物产业, 截至 2017 年胡椒种植面积近 3 万 hm^2 , 年产量 3.60 万 t, 居世界第五^[2], 但中国胡椒在国际市场上占有率不高, 2020 年收获面积达 1.84 万 hm^2 (占全球的 3.00%), 单产 1.81 t/ hm^2 (占全球的 4.67%), 生产规模和发展空间潜力巨大^[1]。胡椒品种单一、老化、抗性差等问题是影响胡椒产量和品质的主要原因, 因此, 引进和选育具有抗病虫能力强、产量高的优良品种对胡椒产业的转型升级至关重要^[1, 3]。我国曾先后从柬埔寨、马来西亚和斐济等国引进卡瓦胡椒、小叶种和大叶种胡椒等品种^[4-6], 而引种过程中随胡椒种苗传带的病原微生物、害虫等有害生物入侵我国, 使产业发展和生态安全的潜在风险增加^[7], 一些有害生物, 如辣椒疫霉 (*Phytophthora capsici*)、地毯草黄单胞杆菌 (*Xanthomonas axonopodis*)、腐皮镰孢胡椒专化型 (*Fusarium solani* f. sp. *piperis*) 和香蕉穿孔线虫 (*Radopholus similis*) 等危害严重^[8-11], 严重制约胡椒产业的可持续发展。

随着种业领域国际贸易事务的迅速发展, 有害生物随进口植物种苗等材料入侵导致的潜在经济和生态危害不容忽视。开展植物种苗传带有害生物风险分析 (pest risk analysis, PRA), 提出科学风险管理方案, 可避免疫情爆发, 大幅降低有害生物入侵后的防控成本^[12-14]。目前有关输华胡椒种苗传带有害生物的风险研究尚无报道, 本研究采用定性和定量分析相结合的方法, 综合分析和评估输华胡椒种苗传带有害生物的风险等级, 为国际贸易中胡椒种苗等种质资源的风险防控提供理论指导和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

输华胡椒种苗的有害生物种类主要通过查阅国内数据库, 包括中国国家有害生物检疫信息系统 (<http://www.pestchina.com>) 等, 列出胡椒种苗上可能携带的有害生物大名单 127 种。

1.2 方法

1.2.1 潜在检疫性有害生物的筛选 根据有害生物在中国的分布情况 (未分布或分布未广)、是否

官方管制、随胡椒种苗携带的可能性进行评估, 确定需要进一步评估的潜在检疫性有害生物 (quarantine pests, QP) 14 种。

1.2.2 潜在检疫性有害生物的进一步评估 (1) 定性分析。对需进一步评估的潜在 14 种检疫性有害生物, 参考刘福秀等^[15]的方法从其入境、定殖、扩散的可能性及其对经济的影响作出评估。

(2) 定量分析。参考有害生物分析方法^[16], 从中国分布 (P_1)、潜在经济危害 (P_2)、寄主植物的经济重要性 (P_3)、传播可能性 (P_4)、危险性管理难度 (P_5) 5 个方面对需进一步评估的有害生物进行定量分析。按以下公式计算风险指标值 (R):

$R = \sqrt[5]{P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5}$, $P_2 = 0.6P_{21} + 0.2P_{22} + 0.2P_{23}$; $P_3 = \text{Max}(P_{31}, P_{32}, P_{33})$; $P_4 = \sqrt[5]{P_{41} \cdot P_{42} \cdot P_{43} \cdot P_{44} \cdot P_{45}}$; $P_5 = (P_{51} + P_{52} + P_{53})/3$ 。其中, 一级指标 P_1 , 二级指标 P_{21} 、 P_{22} 、 P_{23} 、 P_{31} 、 P_{32} 、 P_{33} 、 P_{41} 、 P_{42} 、 P_{43} 、 P_{44} 、 P_{45} 、 P_{51} 、 P_{52} 和 P_{53} 均根据定量风险评估指标的评判标准得到的赋值分。计算出 R 值后, 按照有害生物危险程度标准进行分级^[17]: I 级 ($R < 1.0$, 无风险)、II 级 ($1.0 \leq R < 1.5$, 低风险)、III 级 ($1.5 \leq R < 2.0$, 中风险)、IV 级 ($2.0 \leq R < 2.5$, 高风险)、V 级 ($2.5 \leq R < 3.0$, 极高风险)。

1.2.3 风险评估结论 依据 1.2.2 的结果, 将中风险及以上等级的有害生物列为我国需关注的检疫性有害生物。

1.2.4 提出风险管理措施 依据风险分析判定结果, 提出风险管理方案。

2 结果与分析

2.1 胡椒种苗上有害生物大名单的生成

通过查阅有害生物数据库和文献等, 确定相关贸易国家或地区输华胡椒种苗中可能携带的有害生物共 127 种, 包括真菌 27 种、细菌 6 种、线虫 24 种、昆虫 68 种、杂草 2 种。

2.2 筛选潜在的检疫性有害生物

针对 2.1 中的有害生物大名单, 根据在中国的分布情况 (未分布或分布未广)、是否官方管制、随胡椒种苗携带的可能性进行评估, 确定需要进一步评估的潜在检疫性有害生物 (QP) 14 种, 其中真菌 5 种, 细菌 2 种, 线虫 2 种, 昆虫 5 种 (表 1)。

2.3 评估潜在检疫性有害生物

根据 14 种胡椒种苗上潜在的检疫性有害生

表 1 需要进一步评估的潜在检疫性有害生物 (QP) 名单
Tab. 1 List of potential quarantine pests (QP) to be further assessed

编号 No.	中文名 Chinese name	学名 Scientific name	编号 No.	中文名 Chinese name	学名 Scientific name
1	有害红皮孔菌	<i>Pyrrhoderma noxium</i>	8	香蕉穿孔线虫	<i>Radopholus similis</i>
2	辣椒疫霉	<i>Phytophthora capsici</i>	9	短小根结线虫	<i>Meloidogyne exigua</i>
3	油棕猝倒病菌	<i>Globisporangium splendens</i>	10	海灰翅夜蛾	<i>Spodoptera littoralis</i>
4	腐皮镰孢胡椒专化型	<i>Fusarium solani</i> f.sp. <i>piperis</i>	11	蔗根象	<i>Diaprepes abbreviatus</i>
5	菜豆拟茎点霉	<i>Phomopsis phaseoli</i>	12	无花果蜡蚧	<i>Ceroplastes rusci</i>
6	地毯草黄单胞菌胡椒致病变种	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>betlicola</i>	13	木瓜秀粉蚧	<i>Paracoccus marginatus</i>
7	丁香假单胞菌丁香致病变种	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>	14	茶刺盲蝽	<i>Helopeltis theivora</i>

物的相关研究进展^[8-11, 18-55], 对其开展定性与定量分析。

2.3.1 定性分析 根据 2.2 的结果, 从有害生物入境、定殖、扩散的可能性和经济影响 4 个方面进行分析和评估, 判定高风险有害生物 13 种, 其中真菌 5 种, 细菌 2 种, 线虫 2 种, 昆虫 4 种, 包括有害红皮孔菌 (*P. noxium*)、辣椒疫霉 (*P. capsici*)、油棕猝倒病菌 (*G. splendens*)、腐皮镰孢胡椒专化型 (*F. solani* f.sp. *piperis*)、菜豆拟茎点霉 (*P. phaseoli*)、丁香假单胞菌丁香致病变种 (*P. syringae* pv. *syringae*)、地毯草黄单胞菌胡椒致病变种 (*X. axonopodis* pv. *betlicola*)、香蕉穿孔线虫 (*R. similis*)、短小根结线虫 (*M. exigua*)、海灰翅夜蛾 (*S. littoralis*)、蔗根象 (*D. abbre-*

viatus)、木瓜秀粉蚧 (*P. marginatus*) 和无花果蜡蚧 (*C. rusci*); 判定中风险有害生物 1 种, 为昆虫, 茶刺盲蝽 (*H. theivora*) (表 2)。

2.3.2 定量分析 根据有害生物风险分析公式和赋值标准, 从中国分布、潜在经济危害、寄主植物的经济重要性、传播可能性、危险性管理难度 5 方面进行赋值, 计算有害生物风险指标值 (*R*)^[16], 依据有害生物危险程度分级标准^[17], 判定极高风险有害生物 4 种 ($R \geq 2.5$), 包括地毯草黄单胞菌胡椒致病变种 (*X. axonopodis* pv. *betlicola*)、丁香假单胞菌丁香致病变种 (*P. syringae* pv. *syringae*)、香蕉穿孔线虫 (*R. similis*) 和海灰翅夜蛾 (*S. littoralis*); 高风险有害生物 9 种 ($2.0 \leq R < 2.5$), 包括有害红皮孔菌 (*P. noxium*)、辣椒疫

表 2 潜在的检疫性有害生物 (QP) 定性风险评估
Tab. 2 Qualitative risk assessment of potential quarantine pests (QP)

编号 No.	中文名 Chinese name	进入可能性 Entry possibility	定殖可能性 Colonization possibility	扩散可能性 Diffusion possibility	经济影响 Economic impact	整体风险 Overall risk
1	有害红皮孔菌	高	高	高	中	高
2	辣椒疫霉	高	高	高	高	高
3	油棕猝倒病菌	高	高	中	中	高
4	腐皮镰孢胡椒专化型	高	高	中	中	高
5	菜豆拟茎点霉	高	高	中	高	高
6	地毯草黄单胞菌胡椒致病变种	高	高	中	中	高
7	丁香假单胞菌丁香致病变种	高	高	中	中	高
8	香蕉穿孔线虫	高	高	高	高	高
9	短小根结线虫	高	高	高	高	高
10	海灰翅夜蛾	高	高	高	高	高
11	蔗根象	高	高	中	中	高
12	木瓜秀粉蚧	高	高	高	高	高
13	无花果蜡蚧	高	高	高	高	高
14	茶刺盲蝽	中	中	中	中	中

霉 (*P. capsici*)、油棕猝倒病菌 (*G. splendens*)、腐皮镰孢胡椒专化型 (*F. solani* f. sp. *piperis*)、菜豆拟茎点霉 (*P. phaseoli*)、短小根结线虫 (*M. exigua*)、蔗根象 (*D. abbreviatus*)、木瓜秀粉蚧 (*P. marginatus*) 和无花果蜡蚧 (*C. rusci*)；中风险有害生物 1 种 ($R < 2.0$)，为昆虫，茶刺盲蝽 (*H. theivora*) (表 3)。

基于上述定性和定量评估结果，判定我国需要关注的胡椒种苗传带的有害生物有 14 种，其中极高风险 4 种，高风险 9 种，中风险 1 种。以上述 14 种有害生物中风险水平最高等级作为胡椒种苗的风险等级，判定输华胡椒种苗的检疫风险为极高。

2.4 风险管理方案

根据 PRA 评估结论提出风险管理方案，开展输华胡椒种苗传带有害生物风险的有效防控。

2.4.1 技术方案 口岸检疫时要求输华胡椒种苗无机械伤、不得携带任何杂物，喷施化学或生物杀菌剂控制真菌、细菌类有害生物，喷施化学或生物杀虫剂控制线虫、昆虫类有害生物；难以检疫的有害生物应要求输出方出具官方证明材料说明该有害生物在输出国或地区未发生；针对有害生物种类和特点，研发低成本、周期短的快速隔离检疫处理技术，提高有害生物防控水平。

2.4.2 行政方案 入境前与输出国或地区签订书面合同，明确输华胡椒传带有害生物的检疫性和非检疫性、入境前除害、入境后检疫处理、运输等方面的要求；入境后对不符合双方贸易合同要求的，中方应实施退回、销毁或检疫处理措施，并暂停引种；按照 15% 比例对每批次输华胡椒种苗抽样后实施隔离检疫，待检疫合格后该批次种苗才能获批入境。

2.4.3 引种区域 从未发生疫情的国家或地区引种可以控制有害生物扩散传播；由于多数胡椒种苗的输出国或地区属于疫情发生区域，从该类区域引种，应实施严格的检疫措施，贸易双方的损失控制在最低水平。

2.4.4 国际合作 充分利用国际植物保护公约等平台，积极参与国际植物检疫制度的制定、PRA 分析等事务，与相关国家开展疫情监测与防控合作，最大限度降低有害生物入侵对我国造成的经济损失。

3 讨论

当前我国种质资源（种苗）进出口需求快速

增长，种质资源传带有害生物、传播扩散有害生物风险大幅增加，开展 PRA 有利于检疫部门制定风险防控方案，降低种苗传带有害生物对经济和生态造成的损失^[13-14]。本研究通过查询数据库和有关文献开展 PRA，确定输华胡椒传带的有害生物中风险 1 种，高风险 9 种，极高风险 4 种。需要高度关注 4 种极高风险的有害生物，其中地毯草黄单胞菌胡椒致病变种 (*X. axonopodis* pv. *bettilicola*) 分布在巴西、柬埔寨、马来西亚和印度；丁香假单胞菌丁香致病变种 (*P. syringae* pv. *syringae*) 和香蕉穿孔线虫 (*R. similis*) 广泛分布于北美洲、南美洲、大洋洲、欧洲、非洲和亚洲，丁香假单胞菌丁香致病变种分布在巴拿马、加拿大、美国、阿根廷和意大利等多个国家，香蕉穿孔线虫 (*R. similis*) 分布在美国、加拿大、巴西、意大利和印度等多个国家；海灰翅夜蛾 (*S. litoralis*) 广泛分布于非洲、欧洲和亚洲，以及分布在南非、法国、西班牙和土耳其等多个国家。上述有害生物可为害胡椒种苗等多种寄主植物，特别是早期潜伏于生长基质、植株多个部位，难以准确检疫，应重视研发适合口岸检疫的快速检测和靶向清灭技术，避免其入侵我国爆发成灾。

随着居民健康消费需求的增长，胡椒产业表现出供不应求的现状，从国外引进和选育农艺性状优良的胡椒品种是加快胡椒产业发展的有效途径之一^[1]，有害生物风险分析需要生物学、生态学和经济学等多方面的数据，还需选择科学的方法^[12-13]。本研究采用定性和定量方法对胡椒种苗传带有害生物开展 PRA，为有关部门制定检疫制度和有害生物防控方案提供依据。我国学者主要采用定性和定量相结合的方法开展 PRA^[12-13]。谢梅琼等^[56]分析发现香蕉枯萎病病菌尖孢镰刀菌古巴专化型 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) 为害我国香蕉的风险值为 2.12，属于高度危险等级。时涛等^[57]分析发现南美叶疫病危害我国橡胶产业风险值为 2.38，属高度危险等级。闫超杰等^[58]分析发现树莓疫霉根腐病菌 (*Phytophthora rubi*) 对中国树莓产业的综合风险值为 2.22，属于高风险有害生物。吕朝军等^[48]研究发现无花果蜡蚧 (*C. rusci*) 在海南为害槟榔的风险值为 2.56，属特别危险等级，应及时开展疫情防控。卢辉等^[51]分析得出，木瓜秀粉蚧 (*P. marginatus*) 在中国为害水果、蔬菜和园林植物的风险值为 2.25，属于高风险等级。徐艳玲等^[39]和赵浩翔等^[40]分析发现气

表 3 潜在的检疫性有害生物 (QP) 定量风险评估
Tab. 3 Quantitative risk assessment of potential quarantine pests (QP)

一级指标 Primary index	二级指标 Secondary index	判断标准 Assessment standard	赋值分 Valuation									
			有害红皮 孔菌 <i>P. noxium</i>	辣椒 疫霉 <i>P. capsici</i>	油棕猝倒 病菌 <i>G. splendens</i>	腐皮镰孢胡椒 专化型 <i>F. solani</i> f. sp. <i>piperis</i>	菜豆拟茎 点霉 <i>P. phaseoli</i>	丁香假单胞菌 丁香致病变种 <i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i>	地毡草黄单胞菌 胡椒致病变种 <i>X. axonopodis</i> pv. <i>betlicola</i>			
中国分布 (P_1)	潜在经济危害 (P_2) (P_{21})	中国无分布, $P_1=3$; 0<分布面积 $\leq 20\%$, $P_1=2$; 20%<分布面积 $\leq 50\%$, $P_1=1$; 分布面积 $>50\%$, $P_1=0$	2	1	2	2	2	3	3			
	其他检疫性有害生物的传播媒介 (P_{22})	减产 20%以上或严重降低产品质量, $P_{21}=3$; 减产 5%~20%, 和/或有较大质量损失, $P_{21}=2$; 减产 1%~5%, 和/或有较小质量损失, $P_{21}=1$; 减产 $\leq 1\%$, 且对质量无影响, $P_{21}=0$	0	0	0	0	0	0	0			
	寄主植物	可传播 3 种以上, $P_{22}=3$; 传播 2 种, $P_{22}=2$; 传播 1 种, $P_{22}=1$; 不传播, $P_{22}=0$	0	0	0	0	0	0	0			
	的经济重	20 个以上的国家列为检疫性名录, $P_{23}=3$; 10~19 个国家, $P_{23}=2$; 1~9 个国家, $P_{23}=1$; 无, $P_{23}=0$	1	1	1	0	2	2	1			
	要性 (P_3)	受害的农作物寄主达 10 种以上, $P_{31}=3$; 寄主为 5~9 种, $P_{31}=2$; 寄主为 1~4 种, $P_{31}=1$; 无寄主, $P_{31}=0$	3	3	3	1	3	3	2			
传播可能 性 (P_4)	积 (P_{32})	受害寄主种植面积 ≥ 350 万 hm^2 , $P_{32}=3$; 150 万~350 万 hm^2 , $P_{32}=2$; 小于 150 万 hm^2 , $P_{32}=1$; 无, $P_{32}=0$	3	3	3	1	3	2	1			
	经济价值 (P_{33})	从应用价值、出口创汇等情况, 由专家判断定级, P_{33} 为 3、2、1、0	3	3	3	3	3	3	3			
	截获难易 (P_{41})	经常, $P_{41}=3$; 偶尔, $P_{41}=2$; 从未或历史上少数几次, $P_{41}=1$; 因现有检验技术原因, 本项不设 0 级	1	2	2	1	2	1	2			
	运输中有害生物存活率 (P_{42})	存活率 $>40\%$, $P_{42}=3$; 10%<存活率 $\leq 40\%$, $P_{42}=2$; 0<存活率 $\leq 10\%$, $P_{42}=1$; 存活率为 0, $P_{42}=0$	3	3	3	3	3	3	3			
	国外分布 (P_{43})	在世界 50%以上国家有分布, $P_{43}=3$; 25%<分布国家 $\leq 50\%$, $P_{43}=2$; 0<分布国家 $\leq 25\%$, $P_{43}=1$; 无分布, $P_{43}=0$	1	2	1	1	1	3	1			
危险性管 理难度 (P_5)	国内适生区 (P_{44})	适生地区 $>50\%$, $P_{44}=3$; 25%<适生地区 $\leq 50\%$, $P_{44}=2$; 0<适生地区 $\leq 25\%$, $P_{44}=1$; 无分布, $P_{44}=0$	3	3	3	3	3	3	3			
	传播力 (P_{45})	气传, $P_{45}=3$; 由活动力很强的介体传播, $P_{45}=2$; 土传及传播力很弱, $P_{45}=1$; 该项不设 0 级	2	2	2	2	2	3	2			
	检验鉴定 (P_{51})	现有方法的可靠性很低, 花费的时间很长, $P_{51}=3$; 非常可靠且简便快速, $P_{51}=0$; 介于二者之间, 偏向于 3, $P_{51}=2$; 偏向于 0, $P_{51}=1$	2	2	2	2	2	3	2			
	除害处理 (P_{52})	现有除害处理几乎完全不能杀死有害生物, $P_{52}=3$; 除害率 $<50\%$, $P_{52}=2$; 50% $\leq$ 除害率 $<100\%$, $P_{52}=1$; 除害率为 100%, $P_{52}=0$	3	3	3	3	2	3	3			
	根除 (P_{53})	田间防治效果差, 成本高, 难度大, $P_{53}=3$; 田间防治效果显著, 成本很低, 简便, $P_{53}=0$; 介于二者之间, 偏向于 3, $P_{53}=2$; 介于二者之间, 偏向于 0, $P_{53}=1$	3	3	3	3	2	3	3			
综合风险值			2.25	2.07	2.31	2.20	2.22	2.70	2.50			

续表 3 潜在的检疫性有害生物 (QP) 定量风险评估
Tab. 3 Quantitative risk assessment of potential quarantine pests (QP) (continued)

一级指标 Primary index	二级指标 Secondary index	判断标准 Assessment standard	赋值分 Valuation									
			香蕉穿孔 线虫 <i>R. similis</i>	短小根结线 虫 <i>M. ne exigua</i>	海灰翅 夜蛾 <i>S. lit- toralis</i>	蔗根象 <i>D. abbre- viatus</i>	无花果 蜡蚧 <i>C. rusci</i>	木瓜秀粉介 <i>P. margina- tus</i>	茶刺盲蝽 <i>H. theivora</i>			
中国分布 (P_1)	潜在经济 危害 (P_2) (P_{21})	中国无分布, $P_1=3$; 0<分布面积 $\leq 20\%$, $P_1=2$; 20%<分布面积 $\leq 50\%$, $P_1=1$; 分布面积 $>50\%$, $P_1=0$	3	2	3	3	2	2	1			
		减产 20%以上或严重降低产品质量, $P_{21}=3$; 减产 5%~20%, 和/或有较大质 量损失, $P_{21}=2$; 减产 1%~5%, 和/或有较小质量损失, $P_{21}=1$; 减产 $\leq 1\%$, 且对质量无影响, $P_{21}=0$	3	2	3	2	2	3	3			
		其他检疫性有害生 物的传播媒介 (P_{22})	3	0	0	0	0	2	0			
寄主植物 的经济重 要性 (P_3)	受害寄主种植面 积 (P_3)	可传带 3 种以上, $P_{22}=3$; 传带 2 种, $P_{22}=2$; 传带 1 种, $P_{22}=1$; 不传带, $P_{22}=0$	3	3	3	3	3	3	3			
		国外重视程度 (P_{23}) 20 个以上的国家列为检疫性名录, $P_{23}=3$; 10~19 个国家, $P_{23}=2$; 1~9 个国 家, $P_{23}=1$; 无, $P_{23}=0$	3	1	3	3	3	1	0			
		受害寄主种类 (P_{31}) 受害的农作物寄主达 10 种以上, $P_{31}=3$; 寄主为 5~9 种, $P_{31}=2$; 寄主为 1~4 种, $P_{31}=1$; 无寄主, $P_{31}=0$	3	3	3	3	3	3	3			
传播可能 性 (P_4)	截获难易 (P_{41})	受害寄主种植面 积 (P_3)	3	3	3	3	3	3	3			
		受害寄主种植面 积 (P_3)	3	3	3	3	3	3	3			
		从应用价值、出口创汇等情况, 由专家判断定级, P_{33} 为 3、2、1、0	3	3	3	3	3	3	3			
危险性 管理 (P_5)	除害处理 (P_{52})	经常, $P_{41}=3$; 偶尔, $P_{41}=2$; 从未或历史上少数几次, $P_{41}=1$; 因现有检验技 术原因, 本项不设 0 级	2	2	2	2	3	2	2			
		存活率 $>40\%$, $P_{42}=3$; 10%<存活率 $\leq 40\%$, $P_{42}=2$; 0<存活率 $\leq 10\%$, $P_{42}=1$; 存活率为 0, $P_{42}=0$	3	3	3	3	3	3	3			
		在世界 50%以上国家有分布, $P_{43}=3$; 25%<分布国家 $\leq 50\%$, $P_{43}=2$; 0<分布 国家 $\leq 25\%$, $P_{43}=1$; 无分布, $P_{43}=0$	2	1	2	1	2	1	1			
危险性管 理难度 (P_5)	根除 (P_{53})	国内适生区 (P_{44})	3	3	3	3	3	3	3			
		传播力 (P_{45})	2	2	2	2	2	2	2			
		现有方法的可靠性很低, 花费的时间很长, $P_{51}=3$; 非常可靠且简便快速, $P_{51}=0$; 介于二者之间, 偏向于 3, $P_{51}=2$; 偏向于 0, $P_{51}=1$	2	2	2	2	3	2	2			
危险性管 理难度 (P_5)	根除 (P_{53})	现有除害处理几乎完全不能杀死有害生物, $P_{52}=3$; 除害率 $<50\%$, $P_{52}=2$; 50% $\leq$ 除害率 $<100\%$, $P_{52}=1$; 除害率为 100%, $P_{52}=0$	3	3	2	2	3	2	2			
		田间防治效果差, 成本高, 难度大, $P_{53}=3$; 田间防治效果显著, 成本很低, 简便, $P_{53}=0$; 介于二者之间, 偏向于 3, $P_{53}=2$; 介于二者之间, 偏向于 0, $P_{53}=1$	3	3	3	2	3	2	2			
		综合风险值	2.79	2.15	2.60	2.31	2.42	2.26	1.86			

温、寄主及降水是影响海灰翅夜蛾 (*S. littoralis*) 潜在地理分布的主导生物气候因子, 在我国具有广泛的适生区, 建议有关部门加强监测和预警。姚卫民等^[59]分析发现香蕉穿孔线虫 (*R. similis*) 入侵广西的风险值为 2.70, 在广西属高度危险的有害生物, 应加强多部门协同监管。谢传峰等^[60]分析发现扶桑绵粉蚧 (*Phenacoccus solenopsis*) 入侵山东的风险值分别为 2.24, 属高度危险等级, 应加强监测和科普宣传。

本研究应用定性和定量方法开展 PRA, 明确了输华胡椒种苗上传带的 14 种潜在检疫性有害生物种类包括真菌、细菌、线虫和昆虫。开展 PRA 需要多学科的文献、数据库等资料支撑, 随着 PRA 研究方法和体系的不断创新, 将会获得更加客观准确的结果, 为我国胡椒产业的发展提供有力保障。

参考文献

- [1] 曾小红, 李光辉, 王小芳, 胡杰. 中国胡椒生产和贸易发展分析[J]. 热带农业科学, 2023, 43(9): 108-113.
ZENG X H, LI G H, WANG X F, HU J. An analysis of pepper production and trade situation in China[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2023, 43(9): 108-113. (in Chinese)
- [2] 郝朝运, 邬华松, 范睿, 秦晓威, 谭乐和, 胡丽松. 我国胡椒种质资源描述符研究与应用[J]. 中国热带农业, 2017(5): 4-8.
HAO C Y, WU H S, FAN R, QIN X W, TAN L H, HU L S. Research and application of pepper germplasm resource descriptors in China[J]. Tropical Agriculture in China, 2017(5): 4-8. (in Chinese)
- [3] 邬华松, 杨建峰, 林丽云. 中国胡椒研究综述[J]. 中国农业科学, 2009, 42(7): 2469-2480.
WU H S, YANG J F, LIN L Y. A summary of pepper research in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(7): 2469-2480. (in Chinese)
- [4] 郑维全, 杨建峰, 鱼欢, 李志刚, 祖超, 王灿, 桑利伟, 刘爱勤. 我国胡椒产业现状与创新发展探析[J]. 热带农业科学, 2017, 37(12): 102-108.
ZHENG W Q, YANG J F, YU H, LI Z G, ZU C, WANG C, SANG L W, LIU A Q. Present status and innovation development of black pepper industry in China[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2017, 37(12): 102-108. (in Chinese)
- [5] 鱼欢, 邬华松, 闫林, 杨建峰, 谭乐和. 胡椒栽培模式研究综述[J]. 热带农业科学, 2010, 30(3): 56-61.
YU H, WU H S, YAN L, YANG J F, TAN L H. A review on cultivation mode of pepper[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2010, 30(3): 56-61. (in Chinese)
- [6] 鱼欢, 邓文明. 卡瓦胡椒的研究进展[J]. 热带农业科学, 2010, 30(11): 68-71.
YU H, DENG W M. Research progress on Kava[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2010, 30(11): 68-71. (in Chinese)
- [7] 王坤, 石娟, 孙双艳. 植物种质资源引进风险分析方法概述[J]. 生物安全学报, 2024, 33(1): 1-6.
WANG K, SHI J, SUN S Y. Overview of risk analysis methods for the introduction of plant germplasm resources[J]. Journal of Biosafety, 2024, 33(1): 1-6. (in Chinese)
- [8] 高圣风, 付华菲, 海龙, 苟亚峰, 孙世伟, 刘世超, 薛超, 田甜, 温思为. 20 种卵菌杀菌剂对海南万宁胡椒瘟病菌的室内抑菌活性[J]. 农药学报, 2023, 25(5): 1085-1092.
GAO S F, FU H F, HAI L, GOU Y F, SUN S W, LIU S C, XUE C, TIAN T, WEN S W. Inhibitory activity of 20 oomycetes fungicides against *Phytophthora capsici* in Wanning city of Hainan province[J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2023, 25(5): 1085-1092. (in Chinese)
- [9] 桑利伟, 谭乐和, 刘爱勤, 邬华松, 孙世伟, 苟亚峰. 海南省胡椒主要病害现状初步调查[J]. 植物保护, 2010, 36(5): 133-137, 148.
SANG L W, TAN L H, LIU A Q, WU H S, SUN S W, GOU Y F. A survey on the status of main pepper diseases in Hainan province[J]. Plant Protection, 2010, 36(5): 133-137, 148. (in Chinese)
- [10] TRINDADE R, ALMEIDA L, XAVIER L, ANDRADE E H, MAIA J G, MELLO A, SETZER W N, RAMOS A, DA SILVA J K R. Influence on secondary metabolism of *Piper nigrum* L. by co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and *Fusarium solani* f. sp. *piperis*[J]. Microorganisms, 2021, 9(3): 484.
- [11] KOSHY P K, SOSAMMA V K, SAMUEL R. Bio-control of *Radopholus similis* on black pepper, *Piper nigrum* L. under field conditions[J]. Indian Journal of Nematology, 2003, 33(1): 43-46.
- [12] 吕飞, 杜予州, 周奕景, 杨文晏. 有害生物风险分析研究概述[J]. 植物检疫, 2016, 30(2): 7-12.
LYU F, DU Y Z, ZHOU Y J, YANG W Y. Overview of pest risk analysis research[J]. Plant Quarantine, 2016, 30(2): 7-12. (in Chinese)
- [13] 刘慧, 赵守歧, 马晨. 我国农业植物有害生物风险分析工作探讨[J]. 中国植保导刊, 2023, 43(1): 84-86, 43.
LIU H, ZHAO S Q, MA C. Discussion on risk analysis of agricultural plant pests in China[J]. China Plant Protection, 2023, 43(1): 84-86, 43. (in Chinese)

- [14] 孙双艳, 周明华, 白娟, 王振华, 王建东, 马菲. 欧洲和地中海植物保护组织有害生物风险分析工作介绍[J]. 植物检疫, 2022, 36(3): 54-59. (in Chinese)
SUN S Y, ZHOU M H, BAI J, WANG Z H, WANG J D, MA F. Introduction to the pest risk analysis work of the European and Mediterranean Plant Protection Organization[J]. Plant Quarantine, 2022, 36(3): 54-59. (in Chinese)
- [15] 刘福秀, 杨祖江, 蔡波, 李伟东, 李娜, 林明光. 输华去皮毛椰子传带有害生物的风险分析研究[J]. 植物检疫, 2015, 29(2): 65-68.
LIU F X, YANG Z J, CAI B, LI W D, LI N, LIN M G. Pest risk analysis for the importation of dehusked coconut[J]. Plant Quarantine, 2015, 29(2): 65-68. (in Chinese)
- [16] 蒋青, 梁忆冰, 王乃扬, 姚文国. 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.
JIANG Q, LIANG Y B, WANG N Y, YAO W G. Study on the quantitative analysis methods of pest hazard assessment[J]. Plant Quarantine, 1995, 9(4): 208-211. (in Chinese)
- [17] 董丹丹, 刘崇怀, 樊秀彩, 孙海生, 张国海, 王忠跃. 葡萄根瘤蚜在中国的风险性分析[J]. 植物检疫, 2011, 25(1): 21-26.
DONG D D, LIU C H, FAN X C, SUN H S, ZHANG G H, WANG Z Y. Risk analysis of grape phylloxera *Viteus vitifoliae* Fitch in China[J]. Plant Quarantine, 2011, 25(1): 21-26. (in Chinese)
- [18] PANCHALINGAM H, ASHFIELD-CROOK N, NAIK V, FRENKEN R, FOSTER K, TOMLIN R, KURTBÖKE D İ. Testing the biocontrol ability of a *Trichoderma-Streptomyces* consortium against *Pyrrhoderma noxium* (Corner) LW Zhou and YC Dai in soil[J]. Journal of Fungi, 2022, 9: 1-13.
- [19] ADRA C, PANCHALINGAM H, FOSTER K, TOMLIN R, HAYES R A, KURTBÖKE D İ. *In vitro* biological control of *Pyrrhoderma noxium* using volatile compounds produced by termite gut-associated streptomyces[J]. Frontiers in Plant Science, 2024, 15: 1-13.
- [20] NYSANTH N S, DIVYA S, NAIR C B, ANJU A B, PRAVEENA R, ANITH K N. Biological control of foot rot (*Phytophthora capsici* Leonian) disease in black pepper (*Piper nigrum* L.) with rhizospheric microorganisms[J]. Rhizosphere, 2022, 23: 1-10.
- [21] KOLLAKKODAN N, ANITH K N, NYSANTH N S. Endophytic bacteria from *Piper colubrinum* suppress *Phytophthora capsici* infection in black pepper (*Piper nigrum* L.) and improve plant growth in the nursery[J]. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 2021, 54(1/2): 86-108.
- [22] NAGASHIMA S, YOU X, UZUHASHI S, TOJO M. Stem and root rot in hydrangea caused by *Pythium myriotylum* and *Globisporangium* spp. and susceptibility of hydrangea cultivars[J]. Journal of General Plant Pathology, 2021, 87: 148-153.
- [23] UZUHASHI S, IKEDA H, KAMEKAWA A, RADMER L E, KOBAYASHI-YAMAZAKI S, KURODA K, TOJO M. Presence of two species-level groups in *Globisporangium splendens* isolates in Japan[J]. European Journal of Plant Pathology, 2019, 154: 751-766.
- [24] COSTA S S, MOREIRA G M, PFENNING L H. Development of a PCR protocol for the identification and detection of *Fusarium solani* f. sp. *piperis* from soil and roots of black pepper (*Piper nigrum*)[J]. Tropical Plant Pathology, 2017, 42: 55-59.
- [25] DOS SANTOS R A A, D'ADDAZIO V, SILVA J V G, FALQUETO A R, BARRETO DA SILVA M, SCHMILDT E R, FERNANDES A A. Antifungal activity of copper, zinc and potassium compounds on mycelial growth and conidial germination of *Fusarium solani* f. sp. *piperis*[J]. Microbiology Research Journal International, 2019, 29(6): 1-11.
- [26] MAXIMINO S C, DUTRA J A, RODRIGUES R P, GONÇALVES R C, MORAIS P A, VENTURA J A S, BORGES W. Synthesis of eugenol derivatives and evaluation of their antifungal activity against *Fusarium solani* f. sp. *piperis*[J]. Current Pharmaceutical Design, 2020, 26(14): 1532-1542.
- [27] NISHMITHA K, DUBEY S C, KAMIL D. Diversity analysis of different *Diaporthe* (*Phomopsis*) species and development of molecular marker to identify quarantine important species *Phomopsis phaseolorum*[J]. 3 Biotech, 2022, 12(31): 1-15.
- [28] 陈吴健, 范宇博, 严颖鹏, 林晓佳, 任琰, 吴志毅, 程帆, 郭利川, 应清界. 大豆北方茎溃疡病菌荧光 RAA 检测方法的建立[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(7): 1382-1384, 1446.
CHEN W J, FAN Y B, YAN Y P, LIN X J, REN Y, WU Z Y, CHENG F, GUO L C, YING Q J. Establishment of a fluorescent RAA method for the detection of soybean northern stem canker[J]. Zhejiang Agricultural Science, 2021, 62(7): 1382-1384, 1446. (in Chinese)
- [29] RAMIRO J, CIAMPI-GUILLARDI M, CALDAS D G, DE MORAES M H, BARBIERI M C, PEREIRA W V, MASSOLA J R N S. Quick and accurate detection of *Sclerotinia sclerotiorum* and *Phomopsis* spp. in soybean seeds using qPCR and seed-soaking method[J]. Journal of Phytopathology, 2019, 167(5): 273-282.
- [30] BOTELHO A O, CAMPOS V P, DA SILVA J C P, FREIRE E S, DE PINHO R S C, BARROSA F, OLIVEIRA KHATUA D C, MONDAL B, BHATTACHAYYA R. A selective medium for *Xanthomonas axonopodis* pv. *betlicola*, bacterial pathogen of betelvine[J]. African Journal of Agri-

- cultural Research, 2013, 8(49): 6388-6393.
- [31] DUTTA P, SAUD B K, KUMARI A, DEORI M, SAIKIA B. Organic management of disease complex of betelvine caused by fungus, *Colletotrichum capsici* and bacterium, *Xanthomonas axonopodis* pv. *betlicola*[J]. IJCS, 2019, 7(5): 2932-2934.
- [32] ISLAM M S, SULTANA R, HASAN M A, ALAM M S, SIKDAR B, KAMARUZZAMAN M, ISLAM M A. Characterization and biocontrol measures of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* associated with citrus blast disease[J]. Vegetos, 2020, 33: 555-569.
- [33] SHAHRYARI F, RABIEI Z, SADIGHIAN S. Antibacterial activity of synthesized silver nanoparticles by sumac aqueous extract and silver-chitosan nanocomposite against *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*[J]. Journal of Plant Pathology, 2020, 102: 469-475.
- [34] RAVICHANDRA N G, KAVITHA T R. Biomanagement of the burrowing nematode (*Radopholus similis*) in black pepper[J]. Annals of Agricultural Research, 2022, 43(2): 237-240.
- [35] PERVEZ R, EAPEN S J. Management of burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb, 1893), Thorne, 1949 in black pepper nurseries[J]. Indian Journal of Nematology, 2021, 51(2): 175-180.
- [36] BOTELHO A O, CAMPOS V P, DA SILVA J C P, FREIRE E S, DE PINHO R S C, BARROS A F, OLIVEIRA D F. Physicochemical and biological properties of the coffee (*Coffea arabica*) rhizosphere suppress the root-knot nematode *Meloidogyne exigua*[J]. Biocontrol Science and Technology, 2019, 29(12): 1181-1196.
- [37] GONÇALVES W, ANDRADE V T, DOS REIS FATOBENE B J, DE BRITO CAIXETA L, PADILHA L, OLIVEIRA C M G, GUERREIRO FILHO O. Selection strategy of a *Coffea canephora* rootstock with simultaneous nematode resistance to *Meloidogyne exigua*, *M. incognita* and *M. paranaensis*[J]. European Journal of Plant Pathology, 2021, 160(1): 81-95.
- [38] QUIRÓS-CASTRO A, PERAZA-PADILLA W. Evaluation of a biological nematicide and a root biostimulant on *Meloidogyne exigua* in coffee in Naranjo, Costa Rica[J]. Agronomía Costarricense, 2023, 47(1): 25-36.
- [39] 徐艳玲, 杨海林, 秦誉嘉, 刘珏廷, 李志红, 赵紫华. 外来物种海灰翅夜蛾的潜在地理分布研究[J]. 植物检疫, 2023, 37(2): 74-80.
- XU Y L, YANG H L, QIN Y J, LIU J T, LI Z H, ZHAO Z H. Potential geographical distribution of the alien species *Spodoptera littoralis* (Boisduval) in China[J]. Plant Quarantine, 2023, 37(2): 74-80. (in Chinese)
- [40] 赵浩翔, 冼晓青, 郭建洋, 张桂芬, 王瑞, 刘万学, 万方浩. 基于优化的 MaxEnt 模型预测海灰翅夜蛾潜在地理分布区[J]. 植物保护, 2022, 48(6): 16-22, 48.
- ZHAO H X, XIAN X Q, GUO J Y, ZHANG G F, WANG R, LIU W X, WAN F H. Prediction of the potential geographical distribution of *Spodoptera littoralis*[J]. Plant Protection, 2022, 48(6): 16-22, 48. (in Chinese)
- [41] NTONIFOR N N, MUELLER-HARVEY I, VAN EMDEN H F, BROWN R H. Antifeedant activities of crude seed extracts of tropical African spices against *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. International Journal of Tropical Insect Science, 2006, 26: 78-85.
- [42] DIAB M K, MEAD H M, KHEDR M A, NAFIE M S, ABU-ELSAOUD A M, HANORA A, EL-SHATOURY S A. Endophytic actinobacteria from wild medicinal plants are a natural source of insecticide to control the African cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*)[J]. AMB Express, 2023, 13(1): 47.
- [43] RENKEMA J M, KREY K L, LAHIRI S. Control of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) with *Steinernema riobrave* (Rhabditida: Steinernematidae) in plasticulture Florida strawberry[J]. Florida Entomologist, 2021, 104(2): 124-130.
- [44] CINTRON-BERRIOS K, SANTIAGO-RODRÍGUEZ T M, FIGUEROA-PRATTS P G, LATIMER-FANTAUZZI S, GUERRA-MONTENEGRO M, TORANZOS G A. A first look at possible diet-induced variations in the fecal microbiota of the agricultural pest *Diaprepes abbreviatus*[J]. Caribbean Journal of Science, 2023, 53(2): 411-430.
- [45] SYLVESTER T, ADAMS R, HUNTER W B, LI X, RIVERA-MARCHAND B, SHEN R, MCKENNA D D. The genome of the invasive and broadly polyphagous *Diaprepes* root weevil, *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera), reveals an arsenal of putative polysaccharide-degrading enzymes[J]. Journal of Heredity, 2024, 115(1): 94-102.
- [46] KUMAR A, PANDEY R. New host plant records of fig wax scale *Ceroplastes rusci* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Coccomorpha: Coccidae) from India[J]. Journal of Threatened Taxa, 2022, 14(2): 20606-20614.
- [47] SHAN Y, GAO X, HU X, HOU Y, WANG F. Current and future potential distribution of the invasive scale *Ceroplastes rusci* (L., 1758) (Hemiptera: Coccidae) under climate niche[J]. Pest Management Science, 2023, 79(3): 1184-1192.
- [48] 吕朝军, 芮凯, 钟宝珠. 进境植物检疫性有害生物无花果蜡蚧在海南首次报道及其风险分析[J]. 生物安全学报(中英文), 2024, 33(3): 300-304.
- LYU C J, RUI K, ZHONG B Z. The first report and risk analysis of the imported plant quarantine pest *Ceroplastes rusci* in Hainan province, China[J]. Journal of Biosafety, 2024, 33(3): 300-304. (in Chinese)

- [49] 李倩, 赵守歧, 刘慧, 李志红, 赵紫华, 秦誉嘉. 无花果蜡蚧在中国的潜在分布区预测[J]. 中国植保导刊, 2023, 43(7): 86-92.
- LI Q, ZHAO S Q, LIU H, LI Z H, ZHAO Z H, QIN Y J. Prediction of the potential distribution area of *Ceroplastes rusci* in China[J]. China Plant Protection, 2023, 43(7): 86-92. (in Chinese)
- [50] 陈燕婷, 史梦竹, 傅建伟, 赵紫华, 刘万学, 李建宇. 气候变化条件下木瓜秀粉蚧在中国的潜在适生区预测[J]. 植物保护学报, 2023, 50(6): 1491-1498.
- CHEN Y T, SHI M Z, FU J W, ZHAO Z H, LIU W X, LI J Y. Potential distribution of papaya mealybug *Paracoccus marginatus* in China under global warming[J]. Journal of Plant Protection, 2023, 50(6): 1491-1498. (in Chinese)
- [51] 卢辉, 唐继洪, 吕宝乾, 卢芙蓉, 何杏, 陈琪. 木瓜秀粉蚧在中国的风险分析[J]. 中国植保导刊, 2020, 40(2): 73-75, 92.
- LU H, TANG J H, LYU B Q, LU F P, HE X, CHEN Q. Risk analysis of *Paracoccus marginatus* in China[J]. China Plant Protection, 2020, 40(2): 73-75, 92. (in Chinese)
- [52] KRISHNAMOORTHY R, ARUL JOSE P, JANAHIRAMAN V, INDIRA GANDHI P, GANDHI GRACY R, JALALI S K, ANANDHAM R. Function and insecticidal activity of bacteria associated with papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae)[J]. Biocontrol Science and Technology, 2020, 30(8): 762-778.
- [53] 王政, 朱茜, 孟倩倩, 孙世伟, 高圣风, 刘爱勤. 温度和药剂胁迫下茶刺盲蝽内参基因稳定性分析[J]. 植物保护学报, 2019, 46(3): 530-541.
- WANG Z, ZHU Q, MENG Q Q, SUN S W, GAO S F, LIU A Q. Stability evaluation of reference genes in tea mosquito bug *Helopeltis theivora* under temperature and pesticide stress[J]. Journal of Plant Protection, 2019, 46(3): 530-541. (in Chinese)
- [54] SIVAKUMAR T, YESHWANTH H M. *Helopeltis theivora* (Heteroptera, Miridae) as a pest of betel vine (*Piper betle*)[J]. The Indian Journal of Agricultural Sciences, 2020, 90(2): 242-243.
- [55] SIVAKUMAR T, YESHWANTH H M. New hosts of tea mosquito bug, *Helopeltis theivora* Waterhouse on eggplant (*Solanum melongena* L.) and amaranth (*Amaranthus* sp. L.) from India[J]. Phytoparasitica, 2019, 47(4): 499-503.
- [56] 谢梅琼, 杨媚, 杨迎青, 姜子德, 周而勋. 香蕉枯萎病菌的风险性分析[J]. 果树学报, 2011, 28(2): 284-289.
- XIE M Q, YANG M, YANG Y Q, JIANG Z D, ZHOU E X. Risk analysis of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* the causal agent of banana *Fusarium* wilt[J]. Journal of Fruit Science, 2011, 28(2): 284-289. (in Chinese)
- [57] 时涛, 刘先宝, 李博勋, 郑肖兰, 冯艳丽, 黄贵修. 橡胶树南美叶疫病入侵中国的风险分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(9): 81-84, 43.
- SHI T, LIU X B, LI B X, ZHENG X L, FENG Y L, HUANG G X. Risk analysis of South American leaf blight of rubber trees invading China[J]. China Plant Protection, 2019, 39(9): 81-84, 43. (in Chinese)
- [58] 闫超杰, 付海滨, 胡姝. 树莓疫霉根腐病入侵我国的风险分析[J]. 生物安全学报, 2022, 31(1): 41-45.
- YAN C J, FU H B, HU S. Risk analysis of the raspberry phytophthora root rot (*Phytophthora rubi*) in China[J]. Journal of Biosafety, 2022, 31(1): 41-45. (in Chinese)
- [59] 姚卫民, 刘铮, 韦斌. 香蕉穿孔线虫入侵广西的风险分析[J]. 植物检疫, 2011, 25(6): 43-44.
- YAO W M, LIU Z, WEI B. Risk analysis of *Radopholus similis* invading Guangxi[J]. Plant Quarantine, 2011, 25(6): 43-44. (in Chinese)
- [60] 谢传峰, 商明清, 金扬秀, 张德满, 杜小康, 张小冬, 朱佩群. 扶桑绵粉蚧入侵山东的风险分析及管控对策[J]. 中国植保导刊, 2024, 44(2): 78-82, 86.
- XIE C F, SHANG M Q, JIN Y X, ZHANG D M, DU X K, ZHANG X D, ZHU P Q. Risk analysis and control countermeasures of the invasion of *Phenacoccus solenopsis* in Shandong [J]. China Plant Protection, 2024, 44(2): 78-82, 86. (in Chinese)