

输华香蕉种苗传带有害生物的风险分析研究

周 游¹, 李晓霞², 刘 建³, 徐云龙¹, 杨腊英¹, 郭立佳¹, 黄俊生¹, 汪 军^{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. 中国热带农业科学院科技信息研究所, 海南海口 571101; 3. 中华人民共和国菏泽海关, 山东菏泽 274000

摘 要: 本研究对香蕉种苗传带有害生物进行风险分析, 评估其在我国的风险水平, 为其风险管理提供技术支持。通过查阅国内外文献资料 (主要包括中国国家有害生物检疫信息系统等), 确定境外输华香蕉中可能传带的有害生物共有 68 种, 包括昆虫 32 种、真菌 19 种、线虫 9 种、细菌 4 种、软体动物 1 种、螨类 (包括蜘蛛) 3 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、随香蕉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 9 种, 包括真菌 7 种, 细菌 2 种。从入境、定殖、扩散可能性、经济影响等方面对以上 9 种潜在的检疫性有害生物进行定性分析, 并利用构建的检疫性有害生物风险综合评估指标体系对其进行定量分析, 确定了中度风险有害生物 5 种、高风险有害生物 4 种。最终确定富氏葡萄孢盘菌 (*Botryotinia fuckeliana*) 等 9 种有害生物为香蕉种苗输华中需关注的检疫性有害生物, 并提出相应的风险管理措施。

关键词: 香蕉种苗; 有害生物; 风险分析

中图分类号: S436.68 文献标志码: A

Pest Risk Analysis for the Importation of Banana Seedlings

ZHOU You¹, LI Xiaoxia², LIU Jian³, XU Yunlong¹, YANG Laying¹, GUO Lijia¹, HUANG Junsheng¹, WANG Jun^{1*}

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

Abstract: The study was aimed to provide technical support for risk management, risk analysis and risk assessment of pests carried by banana seedlings in China. By consulting domestic and foreign literature (mainly including China's National Pest Quarantine Information System, etc.), a total of 68 species of pests that may be transmitted to bananas exported to China were identified, including 32 species of insects, 19 species of fungi, 9 species of nematodes, 4 species of bacteria, 1 species of mollusca, and 3 species of mites (including spiders). Based on the distribution in China (undistributed or not widely distributed), whether they are officially controlled, and the possibility of being carried with banana seedlings, 9 potential quarantine pests were identified that require further evaluation, including 7 species of fungi and 2 species of bacteria. The 9 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, and 5 species of medium-risk pests and 4 species of high-risk pests were identified. Finally, it was determined that the nine pests including *Botryotinia fuckeliana* were quarantine pests that require attention when banana seedlings were exported to China, and the corresponding risk management measures were put forward.

Keywords: banana seedlings; pest; risk analysis

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.11.017

收稿日期 2024-07-03; 修回日期 2024-08-22

基金项目 海南省自然科学基金项目 (No. 321RC618, No. 721RC631); 海南省重大科技项目 (No. ZDKJ2021016)。

作者简介 周 游 (1983—), 男, 博士, 助理研究员, 研究方向: 有害生物生物防治和风险分析。*通信作者 (Corresponding author): 汪 军 (WANG Jun), E-mail: wjhns@163.com。

香蕉 (*Musa nana* Lour.) 是热带和亚热带地区重要的水果, 同时也是世界贸易的大宗鲜果。我国作为香蕉的原产地之一, 具有上千年的栽培历史^[1-2], 在香蕉种植和消费方面位居世界前列。国家统计局数据显示, 2022 年我国香蕉收获面积达 32.69 万 hm^2 , 2023 年产量达 1170.28 万 t。香蕉产业已发展成为我国热带地区的支柱性产业, 对促进农民增收和热区乡村振兴乃至世界热区农业经济发展都具有深远意义。近年来, 随着国民经济的发展, 香蕉进出口日益频繁, 我国已成为第三大香蕉净进口国^[3-4], 香蕉种植和需求不断增加, 引进、遴选和储备农艺性状优良和适合大面积种植的香蕉种质资源对香蕉产业的可持续发展具有战略性意义^[5-6]。输华香蕉种苗传带有害生物入侵我国并扩散成灾的风险增加, 一些有害生物如雷尔氏菌 (*Ralstonia* sp.) 和尖孢镰刀菌 (*Fusarium oxysporum*) 等危害严重^[6-7], 严重制约香蕉产业的可持续发展。

有害生物入侵是经济全球化过程的必然问题, 造成输入国 (地区) 经济损失和生态破坏, 甚至影响社会稳定。采取有效措施避免、减少外来有害生物入境, 其成本远低于外来有害生物入境后的控制。世界各国 (地区) 越来越重视有害生物分析 (pest risk analysis, PRA) 工作。当前 PRA 是制定检疫制度的前提, 也是维持安全贸易的首要保障^[7]。目前仅报道香蕉种苗上的单一有害生物香蕉枯萎病和香蕉穿孔线虫的风险分析^[8-10]。随着种业的加速发展, 输华植物种质资源也急剧增加, 实时开展 PRA 对我国采取有效检疫措施, 防止外来有害生物传入, 保护我国农作物产业具有重要意义^[11-14]。本研究采用有害生物风险分析方法, 综合评价输华香蕉种苗传带有害生物造成的风险, 以期对香蕉种苗等进境物品有害生物检疫措施和综合防控策略的制订提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

输华香蕉种苗的有害生物种类主要通过查阅国内外文献资料, 包括中国国家有害生物检疫信息系统 (<http://www.pestchina.com>) 等收集, 列出香蕉种苗可能携带的有害生物大名单 68 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、随香蕉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)。

1.2.2 潜在检疫性有害生物风险评估 (1) 定性风险评估。参考刘福秀等^[11]的方法对确定的潜在检疫性有害生物从其入境、定殖、扩散的可能性及其对经济的影响进行评估, 按高、中、低进行判别。

(2) 定量风险评估。参照蒋青等^[15]建立的多指标综合评价方法, 对确定的潜在检疫性有害生物进行定量风险分析。按以下公式计算风险指标值 (R): $R = \sqrt[5]{P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5}$, 其中, $P_2 = 0.6P_{21} + 0.2P_{22} + 0.2P_{23}$; $P_3 = \text{Max}(P_{31}, P_{32}, P_{33})$; $P_4 = \sqrt[5]{P_{41} \cdot P_{42} \cdot P_{43} \cdot P_{44} \cdot P_{45}}$; $P_5 = (P_{51} + P_{52} + P_{53})/3$, 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} 、 P_{53} 均为根据定量风险评估指标的评判标准所得的赋值分。计算出 R 值后, 按照有害生物危险程度标准进行分级^[16], $R < 1.0$, 无风险为 I 级; $1.0 \leq R < 1.5$, 低风险为 II 级; $1.5 \leq R < 2.0$, 中风险为 III 级; $2.0 \leq R < 2.5$, 高风险为 IV 级; $2.5 \leq R < 3.0$, 极高风险为 V 级。

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要关注的检疫性有害生物。

1.2.4 提出风险管理措施 依据风险分析结果, 针对不同等级的有害生物提出相应的风险管理措施。

2 结果与分析

2.1 确定香蕉种苗有害生物大名单

通过查阅国内外相关文献资料, 确定了全球输华香蕉种苗上可能携带的有害生物种类共 68 种, 其中昆虫 33 种, 真菌 19 种, 线虫 9 种, 细菌 3 种, 软体动物 1 种, 螨类 (包括蜘蛛) 3 种。

2.2 筛选潜在的检疫性有害生物

根据在中国的分布情况 (未分布或分布未广)、是否官方管制、随香蕉种苗携带的可能性等对确定的香蕉种苗可能携带的 68 种有害生物进行评估, 确定需要进一步评估的 9 种潜在检疫性有害生物 (QP), 包括 7 种真菌, 2 种细菌 (表 1)。

表 1 需进一步评估的潜在检疫性有害生物 (QP)

Tab. 1 Potential quarantine pests (QP) to be further assessed

编号 No.	中文名 Chinese name	学名 Scientific name
1	富氏葡萄孢盘菌	<i>Botryotinia fuckeliana</i>
2	假弯孢菌	<i>Curvularia fallax</i>
3	桃色欧文氏菌	<i>Erwinia persicina</i>
4	松树脂溃疡病菌	<i>Fusarium circinatum</i>
5	甘蔗凋萎病菌	<i>Gibberella sacchari</i>
6	香蕉小球腔菌	<i>Leptosphaeria musarum</i>
7	枝孢斑点菌	<i>Metulocladosporiella musae</i>
8	蒲桃雷尔氏菌	<i>Ralstonia syzygii</i>
9	古巴尖镰孢	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>

2.3 潜在检疫性有害生物风险评估

根据相关文献^[17-30],对 9 种潜在的检疫性有害生物进行定性与定量风险分析。

2.3.1 定性分析 对 9 种潜在的检疫性有害生物从其入境、定殖、扩散的可能性和经济影响 4 个方面进行分析,判定高风险有害生物 4 种,其中细菌 1 种,真菌 3 种,包括富氏葡萄孢盘菌、甘蔗凋萎病菌、蒲桃雷尔氏菌、古巴尖镰孢;判定中风险有害生物 5 种,其中细菌 1 种,真菌 4 种,包括假弯孢菌、桃色欧文氏菌、松树脂溃疡病菌、香蕉小球腔菌、枝孢斑点菌(表 2)。

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.	有害生物 Pest	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	富氏葡萄孢盘菌	中	高	高	高	高
2	假弯孢菌	中	中	高	高	中
3	桃色欧文氏菌	中	中	高	高	中
4	松树脂溃疡病菌	低	中	高	高	中
5	甘蔗凋萎病菌	低	高	中	高	高
6	香蕉小球腔菌	低	中	中	中	中
7	枝孢斑点菌	中	中	中	中	中
8	蒲桃雷尔氏菌	中	高	高	高	高
9	古巴尖镰孢	中	高	高	高	高

2.3.2 定量分析 本研究构建的 9 种潜在的检疫性有害生物的风险综合评估指标体系包括 5 个一级指标 15 个二级指标,从国内外分布、经济影响、寄主植物、传播与扩散、风险管理方面等方面对二级指标分别赋值(表 3)。根据有害生物风险分析相关公式,分别计算风险指标值(R),根据中国有害生物危险程度标准^[16],判定高风险有害生物 4 种($2.0 \leq R < 2.5$),包括富氏葡萄孢盘菌、甘蔗凋萎病菌、蒲桃雷尔氏菌和古巴尖镰孢;中风险有害生物 5 种($1.5 \leq R < 2.0$),包括假弯孢菌、桃色欧文氏菌、松树脂溃疡病菌、香蕉小球腔菌和枝孢斑点菌(表 3)。

综合 9 种潜在的检疫性有害生物的定量和定性风险分析结果,以所有检疫性有害生物中风险水平最高者作为该植物种苗的检疫风险,因此,判定香蕉种苗的检疫风险为高。

2.4 风险管理措施

依据潜在检疫性有害生物风险分析的结论提

出相应的风险管理措施,通过实施风险管理措施可将输华香蕉种苗风险降低到适宜的风险保护水平之下。

2.4.1 加强封锁与检疫 建议加强封锁与检疫。少量引进(特别应考虑所需隔离检疫设施的实际承载能力),与植物检疫部门合作,加强检疫封锁;做好香蕉种植大国及病虫害发生严重国家入境的检疫工作,阻止病原菌或害虫随寄主材料入境。

2.4.2 进境要求 (1) 检疫审批:香蕉种苗进口前,规定进口商应向海关总署申请办理《进境动植物检疫许可证》。

(2) 进境检疫:香蕉种苗到达进境种苗指定监管场地(指定口岸)后,海关人员将根据有关规定对种苗实施检疫,特别对需关注的潜在检疫性有害生物实施针对性检疫。包装、铺垫材料、集装箱不得黏附土壤、害虫及杂草籽等,经检疫合格的,准予入境。

(3) 隔离种植:根据风险分析结果,进境香

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									
			富氏葡萄孢 盘菌 <i>B. fuckeliana</i>	假弯孢菌 <i>C. fallax</i>	桃色欧文氏菌 <i>E. persicina</i>	松树脂溃疡病菌 <i>F. circinataum</i>	甘蔗凋萎病菌 <i>G. sacchari</i>	香蕉小球腔菌 <i>L. musarum</i>	枝孢斑 点菌 <i>M. musae</i>	蒲桃雷尔氏菌 <i>R. syzygii</i>	古巴尖镰孢 <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>	
传播可能性 (P_4)	运输中有害生物存活率	存活率>40%, $P_{42}=3$; 10%<存活率≤40%, $P_{42}=2$; 0<存活率≤10%, $P_{42}=1$; 存活率为 0, $P_{42}=0$	3	2	2	2	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≤50%, $P_{43}=2$; 0<分布国家≤25%, $P_{43}=1$; 无分布, $P_{43}=0$	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
	国内适生区 (P_{44})	适生地区>50%, $P_{44}=3$; 25%<适生地区≤50%, $P_{44}=2$; 0<适生地区≤25%, $P_{44}=1$; 无, $P_{44}=0$	1	1	1	1	2	2	2	2	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	3	3	1	3	3	3	3	1	1	
危险性管理难度 (P_5) (P_{51})	检验鉴定	方法可靠性很低, 花费时间很长, $P_{51}=3$; 方法非常可靠且简便快速, $P_{51}=0$; 介于以上二者之间, 偏向于 3, $P_{51}=2$; 偏向于 0, $P_{51}=1$	2	2	2	3	3	0	2	2	2	
	除害处理 (P_{52})	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%≤除害率<100%, $P_{52}=1$; 除害率为 100%, $P_{52}=0$	3	2	2	3	3	2	1	2	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, $P_{53}=0$; 介于以上二者之间, 偏向于 3, $P_{53}=2$; 介于二者之间, 偏向于 0, $P_{53}=1$	3	2	3	2	2	2	2	3	3	
综合风险值			2.28	1.94	1.96	1.94	2.26	1.87	1.96	2.35	2.01	

蕉种苗须按每批每品种约 15%的比例进行抽样检查,在具备相应资质、硬件和管理条件的植物隔离检疫圃实施隔离检疫,其余种苗应封存保管,待隔离检疫期满合格后,方可运往引种企业进行种植。

2.4.3 不符合要求的处理 (1)如口岸查验中发现有检疫性有害生物,则该批种苗作退回、销毁或检疫处理;(2)如隔离检疫或种植期间发现检疫性有害生物,根据有关检疫法规对该批种苗进行退回或销毁处理。

2.4.4 有害生物监测 在海关部门的监管下,生产者应在香蕉种苗的生长期和收获期对有害生物进行监测,证明需要关注的检疫性有害生物是否传入。

2.4.5 检疫处理技术研究 加强有害生物检疫处理技术的研究工作。研究有害生物多目标检测技术,以及以微生物菌剂等为核心的绿色靶向检疫处理技术对有害生物去除效率、植株生长和抗病(虫)能力的影响,为检疫部门开展政策制定、有害生物快速检测、检疫处理等工作提供理论依据和技术保障。

2.4.6 加大宣传及与国外的沟通力度 积极开展香蕉种苗传带有害生物危害严重性的科普宣传工作,发现疫情及时上报,同时加强与发现有害生物的国家沟通,建立相应的监测网络、检疫处理技术规程,做到精准识别和有效防除。

3 讨论

有害生物风险分析是植物检疫领域中的重要基础性工作,是国家制定有害生物风险管理策略的理论依据^[7, 10]。本研究通过查询中国国家有害生物检疫信息系统等数据库和有关文献,根据在中国的分布情况(未分布或分布未广)、是否官方管制、随香蕉种苗携带的可能性进行评估,确定了输华香蕉种苗上需要进一步评估的 9 种潜在检疫性有害生物,经定性和定量风险分析表明,高风险有害生物有 4 种,其中富氏葡萄孢盘菌(*B. fuckeliana*)分布在美国、加拿大、巴西、西班牙、日本和印度等国;甘蔗凋萎病菌(*G. sacchari*)分布于洪都拉斯、波兰、美国和孟加拉国等多个国家;蒲桃雷尔氏菌(*R. syzygii*)分布在印度尼西亚;古巴尖镰孢(*F. oxysporum* f. sp. *cubense*)分布在巴拿马、古巴、美国和澳大利亚等多个国家。中风险有害生物有 5 种,其中假弯孢菌(*C.*

fallax)分布在加纳和印度;桃色欧文氏菌(*E. persicina*)分布在美国、澳大利亚、西班牙和日本等多个国家;松树脂溃疡病菌(*F. circinatum*)分布洪都拉斯、美国、澳大利亚和南非等多个国家;香蕉小球腔菌(*L. musarum*)分布在中国台湾;枝孢斑点菌(*M. musae*)分布在古巴、洪都拉斯、加拿大、美国、马来西亚和越南等多个国家。上述有害生物均属于微生物、个体小,肉眼难于观察,不仅为害香蕉种苗,还为害多种寄主植物,早期为害隐蔽性强,潜伏和为害香蕉育苗基质、根、茎和叶等多个部位,难以精准识别,同时香蕉种苗的跨国运输,容易引起输入地有害生物爆发成灾,应该引起足够的重视。

随着经济全球化的不断发展,我国香蕉种植人员和企业与赴越南、柬埔寨等国开展香蕉生产、贸易,以及香蕉种苗资源的引进等活动日益频繁^[8]。本研究中的 9 种潜在检疫性有害生物入侵我国并传播扩散的可能性极大,应严格限制从疫区引进的种苗和带基质的寄主植物,入境后需隔离检疫,同时需高度重视对传病介质昆虫的严格检疫。

风险分析涉及的因素多而复杂,需要有效丰富的数据^[7],常用方法为定性和定量方法相结合用于 1~2 种有害生物的分析,洗晓青等^[31]分析发现番茄潜麦蛾的 *R* 值为 2.64,属于极高风险性农业有害生物。杨腊英等^[8]分析发现香蕉细菌性枯萎病病原菌(*Ralstonia solanacearum* race 2)的综合 *R* 值为 2.32,属于高度危险的农业植物有害生物。谢梅琼等^[10]分析发现香蕉枯萎病菌[尖孢镰刀菌古巴专化型(*F. oxysporum* f. sp. *cubense*)]的 *R* 值为 2.12,属于高度危险的检疫性有害生物。姚卫民等^[9]分析发现香蕉穿孔线虫的 *R* 值为 2.7,在广西属高度危险的有害生物。徐永红等^[32]分析发现柑橘轮斑病菌(*Pseudofabreaa citricarpa*)的 *R* 值为 2.08,处于高度风险等级。陈志云等^[33]分析发现红树林的 2 种有害生物薇甘菊、星天牛最为严重,*R* 值分别为 1.63 和 1.61,均属中度危险的林业有害生物。

本研究应用定性和定量方法对输华香蕉种苗上传带的假弯孢菌等 9 种潜在检疫性有害生物开展风险分析,为检疫部门监测预警和检验检疫提供了理论依据。由于香蕉种苗传带的潜在检疫性有害生物仍缺乏全面和深入的研究,部分指标仍存在一定程度的主观性。总之,香蕉种苗传带有害生物风险评估体系将随着其传带的有害生物生

物学、流行病学、成灾机理、检疫处理技术、田间防控技术和风险评估方法等领域取得新进展而更加完善和科学。

参考文献

- [1] 陈柳, 张焱, 起建凌. 我国香蕉主产区可持续发展能力评价研究[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2024, 18(4): 108-115.
CHEN L, ZHANG Y, QI J L. Evaluation of sustainable development ability in China's banana main production areas[J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Social Sciences), 2024, 18(4): 108-115. (in Chinese)
- [2] 苏祖祥, 许娟, 石云平, 青钟准, 陈河, 陆卫群, 李贤高, 陈霞, 覃永媛, 李丽, 李小泉. 我国特色蕉产业发展现状与建议[J]. 农业研究与应用, 2022, 35(4): 56-59.
SU Z X, XU J, SHI Y P, QING Z J, CHEN H, LU W Q, LI X G, CHEN X, QIN Y A, LI L, LI X Q. Development status and suggestions of characteristic banana industry in China[J]. Agricultural Research and Application, 2022, 35(4): 56-59. (in Chinese)
- [3] 王芳, 谢江辉. 我国香蕉产业“十三五”回顾与“十四五”展望[J]. 中国热带农业, 2022(3): 15-22.
WANG F, XIE J H. Review of Chinese banana industry during the 13th Five-Year Plan period and outlook of this industry during the 14th Five-Year Plan period[J]. China Tropical Agriculture, 2022(3): 15-22. (in Chinese)
- [4] 胡从九. 浅析世界香蕉市场变化及趋势[J]. 中国热带农业, 2020(6): 39-41, 11.
HU C J. Analysis on the change and trend of banana market in the world[J]. Tropical Agriculture in China, 2020(6): 39-41, 11. (in Chinese)
- [5] 刘立娜, 杨宝明, 王永芬, 曾莉, 黄玉玲, 李永平, 尹可锁, 李迅东, 彭学彬, 徐胜涛, 番华彩, 白亭亭, 张晶, 李舒, 郑泗军. 引进的香蕉种质资源对云南枯萎病菌株的抗性评价[J]. 中国南方果树, 2021, 50(6): 63-68, 73.
LIU L N, YANG B M, WANG Y F, ZENG L, HUANG Y L, LI Y P, YIN K S, LI X D, PENG X B, XU S T, FAN H C, BAI T T, ZHANG J, LI S, ZHENG S J. Evaluation of resistance of introduced banana germplasm resources to Yunnan blight strains[J]. Fruit Tree in Southern China, 2021, 50(6): 63-68, 73. (in Chinese)
- [6] 冯慧敏, 张俊, 王志双, 徐小雄, 陈友, 王沛政, 武耀廷. INIBAP 引进香蕉种质资源对枯萎病的抗性评价[J]. 热带农业科学, 2014, 34(8): 37-42.
FENG H M, ZHANG J, WANG Z S, XU X X, CHEN Y, WANG P Z, WU Y T. *Fusarium* wilt resistance of banana germplasm introduced from INIBAP[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2014, 34(8): 37-42. (in Chinese)
- [7] 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)
- [8] 杨腊英, 林培群, 周游, 郭立佳, 汪军, 梁昌聪, 黄俊生. 香蕉细菌性枯萎病(Moko 病)入侵对我国香蕉产业的风险分析[J]. 热带农业科学, 2020, 40(增刊 1): 17-23.
YANG L Y, LIN P Q, ZHOU Y, GUO L J, WANG J, LIANG C C, HUANG J S. Risk analysis of banana bacterial wilt disease (Moko disease) in China[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2020, 40(Suppl. 1): 17-23. (in Chinese)
- [9] 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)
- [10] 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)
- [11] 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)
- [12] 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)
- [13] 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)
- [14] 管旭芳, 于晓云, 王英华, 范栋, 赵洪德, 赵黎明, 封立平. 进口蓝莓有害生物风险分析及风险管理措施[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(4): 613-616. (in Chinese)
GUAN X F, YU X Y, WANG Y H, FAN D, ZHAO H D, ZHAO L M, FENG L P. Risk analysis and risk management measures for imported blueberry pests[J]. Zhejiang Agricultural Sciences, 2018, 59(4): 613-616. (in Chinese)
- [15] 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)
- [16] 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)
- [17] DA SILVA RIPARDO-FILHO H, COCA RUÍZ V, SUÁREZ I, MORAGA J, ALEU J, COLLADO I G. From genes to molecules, secondary metabolism in *Botrytis cinerea*: new insights into anamorphic and teleomorphic stages[J]. *Plants*, 2023, 12: 553.
- [18] 张传清, 张雅, 魏方林, 刘少颖, 朱国念. 设施蔬菜灰霉病菌对不同类型杀菌剂的抗性检测[J]. *农药学报*, 2006, 8(3): 245-249.
- ZHANG C Q, ZHANG Y, WEI F L, LIU S Y, ZHU G N. Detection of resistance of *Botryotinia fuckeliana* from protected vegetables to different classes of fungicides[J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2006, 8(3): 245-249. (in Chinese)
- [19] 巫锡奎, 刘志均, 陈君志. 一种假弯孢菌引起的香蕉叶斑病[J]. *广西农业科学*, 1991(2): 88-89.
- WU X K, LIU Z J, CHEN J Z. A banana leaf spot disease caused by *Curvularia fallax* Boedijn[J]. *Guangxi Agricultural Sciences*. 1991(2): 88-89. (in Chinese)
- [20] 孙正祥, 纪春艳, 李云锋, 王振中. 香蕉枯萎病拮抗细菌的分离筛选与鉴定[J]. *中国生物防治学报*, 2008, 24(2): 143-147.
- SUN Z X, JI C Y, LI Y F, WANG Z, Z. Antagonistic rhizobacteria strain *Bacillus subtilis* S-1 against banana *Fusarium* wilt[J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2008, 24(2): 143-147. (in Chinese)
- [21] ZHANG Z F, NAN Z B. *Erwinia persicina*, a possible new necrosis and wilt threat to forage or grain legumes production[J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2014, 139: 349-358.
- [22] 刘建锋. 松树脂溃疡病菌的风险分析及应对策略[J]. *广东林业科技*, 2006(3): 96-99.
- LIU J F. Pest risk analysis of *Fusarium circinatum*[J]. *Guangdong Forestry Science and Technology*, 2006(3): 96-99. (in Chinese)
- [23] 刘跃庭, 崔铁军, 牛春敬, 罗加凤. 关注甘蔗上的检疫性真菌——甘蔗凋萎病菌[J]. *植物检疫*, 2013(2): 76-79.
- LIU Y T, CUI T J, NIU C J, LUO J F. Pay attention to the quarantine fungus on sugarcane: sugarcane wilt disease[J]. *Plant Quarantine*, 2013(2): 76-79. (in Chinese)
- [24] 桑利伟, 郑服丛. 我国香蕉的主要病害及防治[J]. *安徽农业科学*, 2006(9): 1841-1845.
- SANG L W, ZHENG F C. Main diseases of banana in China and its control[J]. *Anhui Agricultural Sciences*, 2006(9): 1841-1845. (in Chinese)
- [25] CROUS P W, SCHROERS H J, GROENEWALD J Z, BRAUN U, SCHUBERT K. *Metulocladosporiella* gen. nov. for the causal organism of Cladosporium speckle disease of banana[J]. *Mycological Research*, 2006, 110(3): 264-275.
- [26] JONES D R. Handbook of Diseases of Banana, Abacá and Enset[M]. CAB International, 2019: 152-153.
- [27] RAY J D, SUBANDIYAH S, RINCON-FLOREZ V A, PRAKOSO A B, MUDITA I W, CARVALHAIS L C, DRENTH A. Geographic expansion of banana blood disease in Southeast Asia[J]. *Plant Disease*, 2021, 105(10): 2792-2800.
- [28] HO J S, KRISHNEN G, JAFFAR N S, YEAP S K, HO W Y. Pathogenesis study of blood disease bacterium in local bananas of Malaysia[J]. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 2023, 127: 1-10.
- [29] RODRÍGUEZ-YZQUIERDO G, OLIVARES B O, GONZÁLEZ-ULLOA A, LEÓN-PACHECO R, GÓMEZ-CORREA J C, YACOMELO-HERNÁNDEZ M, BETANCOURT-VÁSQUEZ M. Soil predisposing factors to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 on banana crops of La Guajira, Colombia[J]. *Agronomy*, 2023, 13(10): 2588.
- [30] MARYANI N, LOMBARD L, POERBA Y S, SUBANDIYAH S, CROUS P W, KEMA G H J. Phylogeny and genetic diversity of the banana *Fusarium* wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in the Indonesian centre of origin[J]. *Studies in Mycology*, 2019, 92(1): 155-194.
- [31] 洗晓青, 张桂芬, 刘万学, 万方浩. 世界性害虫番茄潜麦蛾入侵我国的风险分析[J]. *植物保护学报*, 2019, 46(1): 49-55.
- XIAN X Q, ZHANG G F, LIU W X, WAN F H. Risk assessment of the invasion of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) into China[J]. *Journal of Plant Protection*, 2019, 46(1): 49-55. (in Chinese)
- [32] 徐永红, 陈力, 唐松, 丁德宽, 杨宇衡. 柑橘轮斑病的适生区预测及风险分析[J]. *中国农业科学*, 2020, 53(21): 4430-4439.
- XU Y H, CHEN L, TANG S, DING D K, YANG Y H. Prediction of suitable area and risk analysis for citrus target spot[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(21): 4430-4439. (in Chinese)
- [33] 陈志云, 李东文, 王玲, 莫美, 孔达卿, 陆建康, 杨华. 广东省中山市 2 种红树林有害生物风险分析及防控策略[J]. *生物安全学报*, 2020, 29(2): 148-156.
- CHEN Z Y, LI D W, WANG L, MO X, KONG D Q, LU J K, YANG H. Hazard risk analysis and prevention strategy of two forest pests in mangrove forest in Zhongshan city, Guangdong province[J]. *Journal of Biosafety*, 2020, 29(2): 148-156. (in Chinese)